

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.1.441>

JCCT 2022-1-51

## 스마트 러닝 시스템을 활용한 수학 문제 풀이 맥락에서 메타인지 훈련의 효과

### The Effects of Metacognitive Training in Math Problem Solving Using Smart Learning System

김성태\*, 강현민\*\*

Sungtae Kim\*, Hyunmin Kang\*\*

**요약** 학습 환경에서 메타인지를 활용한 훈련은 1990년대부터 꾸준히 연구되어온 주제 중 하나다. 메타인지는 크게 선언적 메타인지 지식과 절차적 메타인지 지식 (메타인지 기술)로 나누어 볼 수 있고 이에 따라 메타인지 훈련 역시 두 메타인지 지식 중 하나에 초점을 맞추어 연구가 이루어졌다. 본 연구에서는 메타인지 기술의 훈련이 수학 문제 풀이 맥락에서 어떤 역할을 하는지 살펴보고자 하였다. 구체적으로 학습자는 정해진 시간 안에 여러 난이도의 문제가 섞인 수학 문제들을 푸는 시험 맥락에서 문제 난이도 예측, 풀이시간 예측, 정답 여부 예측을 실시하였으며 이를 총 5주간에 걸쳐 5회 반복하였다. 분석 결과, 훈련 전보다 훈련 후에 세 가지 예측 지표 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며 훈련을 통해 학습자의 문제 풀이 전략에 도움을 줄 수 있다는 사실을 밝혔다. 또한 메타인지 훈련을 실시하지 않고 동일한 학습 과정을 진행한 조건과 시험불안 정도의 차이가 있는지 분석하였다. 그 결과, 훈련을 실시한 조건의 학습자가 5주차에 더 적은 정서 불안과 관계 불안을 보고한 것을 알 수 있었다. 메타인지 기술 훈련을 통한 이러한 효과는 학습자의 시험 상황에 필요한 학습 전략 향상에 도움이 될 것으로 예상된다.

**주요어** : 메타인지, 수학 문제 풀이, 스마트 러닝 시스템, 메타인지 훈련

**Abstract** Training using metacognition in a learning environment is one of the topics that have been continuously studied since the 1990s. Metacognition can be broadly divided into declarative metacognitive knowledge and procedural metacognitive knowledge (metacognitive skills). Accordingly, metacognitive training has also been studied focusing on one of the two metacognitive knowledge. The purpose of this study was to examine the role of metacognitive skills training in the context of mathematical problem solving. Specifically, the learner performed the prediction of problem difficulty, estimation of problem solving time, and prediction of accuracy in the context of a test in which problems of various difficulty levels were mixed within a set, and this was repeated 5 times over a total of 5 weeks. As a result of the analysis, we found that there was a significant difference in all three predictive indicators after training than before training, and we revealed that training can help learners in problem-solving strategies. In addition, we analyzed whether there was a difference between the experiment group and control group in the degree of test anxiety and math achievement. As a result, we found that learners in the experiment group showed less emotional and relationship anxiety at 5 weeks. This effect through metacognitive skill training is expected to help learners improve learning strategies needed for test situations.

**Keywords** : Metacognition, Math Problem Solving, Smart Learning System, Metacognitive Training

\*정회원, Able Edutech CEO (제1저자)

\*\*정회원, Able Edutech Senior Researcher (교신저자)

2021년 12월 31일, 수정완료일: 2022년 1월 5일

게재확정일: 2022년 1월 8일

Received: December 31, 2021 / Revised: January 5, 2022

Accepted: January 8, 2022

\*Corresponding Author: neets11@naver.com

Data Science Lab, Able Edutech, Korea

## I. 서론

메타인지 (metacognition)는 교육학, 심리학 분야에 서 빈번하게 사용하는 개념으로 학습과 관련된 많은 서비스, 기술이 메타인지를 사용하여 발전해왔다. 메타인지라는 개념은 1970년대 초 메타기억 (metamemory)이라는 개념을 시작으로 발전해 왔으며 학습의 관점에서는 학습자가 자기 스스로의 인지과정을 이해하고 사고 및 문제 해결과정을 계획, 수행, 평가, 수정하는 기능을 하는 것으로 알려져있다 [1, 2]. 초기에 메타인지는 8-9세에 발달이 끝나는 것으로 알려져 왔으나 이후 연구에서는 성인이 되어서도 발달할 수 있음이 주장되기도 하였다 [3, 4]. 이러한 메타인지는 학생들의 수학과목 성취도와 정적인 상관성이 있는 것으로 알려져 있으며 수학 불안과 상호작용하여 학업 성취도에 영향을 주는 것으로 나타났다 [5, 6].

메타인지 훈련에 대한 연구 역시 많이 이루어져왔다. 선행연구들은 다양한 형태의 훈련을 통해 메타인지 능력이 변화될 수 있고 학생들의 수학 학습 수행 또한 증가함을 알려주었다 [7, 8]. 이러한 연구들 중에는 마스터 (Math Mathematics Strategy Training for Educational Remediation, MASTER), 임프루브 (Introducing new material, Metacognitive questioning, Practicing, Reviewing, Obtaining mastery on higher and lower cognitive processes, Verification, and Enrichment and remedial, IMPROVE) 라는 메타인지 훈련 프로그램을 제작한 연구도 있으며, 많은 후속 연구들이 이 프로그램을 사용하여 다양한 학생들에게 효과가 있음을 연구해왔다 [9, 10].

본 연구에서는 메타인지 기술에 대한 훈련이 학생들의 문제 풀이에 효과가 있는지 검증하고자 하였다. 특히 COVID-19로 인하여 비대면 학습이 주된 학습 경로 중 하나로 있으나 온라인 환경에서 메타인지 훈련을 실시한 연구는 찾아보기 힘들다 [11]. 따라서 스마트 학습 시스템을 활용하여 학생들의 문제 풀이 맥락에서 메타인지 기술을 훈련할 수 있는 방안을 논의하고 실험을 통해 그 효과를 검증하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 메타인지와 훈련

메타인지는 세 가지 주요 측면으로 설명된다 [12]. 먼저 메타인지 지식 (metacognitive knowledge)은 선언적 메타인지 지식으로 사람의 마음과 그 행위와 관련된 일련의 지식을 의미한다. 메타인지 경험 (metacognitive experiences)은 문제 해결 상황에서의 개인의 자각 (awareness)과 느낌 (feelings)을 의미한다. 마지막으로 메타인지 기술 (metacognitive skills)은 구두 대화, 주의, 기억과 같은 인지 활동에 중요한 역할을 한다. 이 메타인지 기술은 사람의 절차 지식, 그 중에서도 본인의 인지에 대한 모니터링과 자기통제 기능과 관련이 있다 [13]. 이 후 메타인지는 선언적 메타인지 지식과 절차적 메타인지 지식으로 모델화되었고 이것은 앞선 분류에서 메타인지 지식 및 메타인지 기술과 유사한 개념이다 [14].

메타인지는 학습과 연관되어 수십년간 많은 연구가 이루어졌다. 특히 학습자의 문제 해결 실패가 지식의 부족이 아닌 문제 해결 능력이 부족하다는 관점과 성공적인 문제 해결을 위해서는 메타인지 통한 수학적 사고과정의 경험이 필요하다는 관점은 메타인지의 중요성을 부각시켜 주었다 [15, 16]. 학습과 관련한 메타인지의 중요성이 대두되면서 메타인지가 불변하는 특성인지, 아니면 훈련을 통하여 메타인지를 더 높일 수 있는지에 대한 관심이 등장하였다. 이에 따라 많은 선행연구에서는 메타인지 지식과 기술에 대한 훈련이 효과가 있는지 연구하기 시작하였고 대부분의 연구에서는 메타인지 훈련이 효과가 있다는 결과를 보고하였다. 그리고 이는 수학 과목을 대상으로 진행한 메타인지 훈련 실험에서도 동일하게 나타났다 [17-19].

메타인지 훈련은 주로 전략 사용, 문제 해결, 시간, 정확도 모니터링과 같은 메타인지적 사고에 주의를 기울이도록 하는 일련의 행위를 포함하고 있다 [20]. 또한 메타인지 훈련을 다룬 선행 연구들은 계획, 모니터링, 피드백 측면의 메타인지를 모두 포함하는 넓은 범위로 훈련을 진행하기도 했으며, 단일한 요인, 예를 들면 정답 예측, 피드백 등에 대한 좁은 범위의 메타인지 훈련의 효과를 살펴보기도 하였다. 먼저 넓은 범위의 메타인지 훈련을 사용한 연구를 살펴보면, 한 선행연구에서는 수학에서의 메타인지 훈련을 네 가지로 실시하였다 [19]. 이들은 문제에 대한 이해와 이전 지식과 새로운 지식의 연결, 문제 해결을 위한 적절한 전략의 사용, 처리와 해결에 대한 회고를 하도록 6주간의 훈련을 실시한

조건과 통제 조건을 비교하였다. 그 결과, 메타인지 훈련을 실시한 조건이 통제 조건보다 매우 높은 점수를 얻는 것을 알 수 있었다. 또 다른 연구에서는 초등학교 3학년 학생을 대상으로 전반적인 메타인지 훈련을 실시하기도 하였다 [21]. 이들은 메타인지 지식을 설문문을 통하여 측정하고 메타인지 예측은 정확도 예측을 통해 측정했다. 그리고 메타인지 기술의 훈련은 훑어보기, 천천히 보기, 이전 지식 활성화시키기, 정신적 통합, 도식화 등을 포함하는 일련의 지시를 통하여 실시하였다. 그 결과 훈련을 실시한 집단이 통제 집단보다 사후 검사의 메타인지 지식 점수도 높았고, 예측 정확도도 증가하였다. 그리고 문제 해결 점수 또한 상승한 것으로 나타나 전반적인 메타인지 훈련의 효과를 입증하였다.

몇몇 연구들은 좁은 범위의 메타인지 훈련을 실시하였다. 이들은 하나, 혹은 두 가지 정도의 메타인지 훈련을 실시한 후 그 효과에 대해 보고하였으며 정확도 예측에 대한 연구가 주를 이룬다. 선행 연구를 살펴보면 한 연구에서는 초등학교 3학년을 대상으로 난이도 예측과 정답 예측에 대한 메타인지 훈련을 실시하였다 [18]. 그 결과, 메타인지 훈련을 실시하지 않은 집단에 비해 유의하게 예측 정확도가 증가한 것을 확인할 수 있었다. 또 다른 연구는 정확도 예측에 대한 메타인지 훈련의 효과를 살펴보았다 [22]. 이들의 연구에서는 일련의 과제를 진행하고 자신이 정답을 맞추었는지 틀렸는지 여부를 측정하였다. 그 결과, 수행이 낮은 사람일수록 자신의 수행을 과대평가하는 결과가 나왔고 이것이 논리적 추론 기술에 대한 훈련을 실시한 후에 많이 조정(calibration)되는 것을 알 수 있었다. 또한 정확 수행 예측과 피드백을 통한 메타인지 훈련의 효과를 살펴본 연구가 있었다 [23]. 이들은 Optimal reminder task에서 메타인지 훈련을 실시한 집단이 정확도에 대한 판단을 향상시키는 효과가 있었다. 또한 노년층을 대상으로 정확 수행 예측과 학습 시간 예측에 대한 메타인지 훈련의 효과를 검증한 연구가 존재했다 [24]. 해당 연구는 2주동안 각자의 집에서 실시하였으며 단어 쌍 기억 과제를 사용하였다. 그 결과, 훈련을 실시한 집단이 통제 집단보다 정확 회상 비율이 높은 것을 발견하였다.

## 2. 메타인지 훈련과 문제 풀이

본 연구에서는 수학 문제를 풀이하는 맥락에서 예측할 수 있는 세 가지 메타인지에 대한 훈련을 학습 전략과

관련하여 살펴보고자 한다. 학습 전략은 크게 세 가지 카테고리로 살펴볼 수 있다. 먼저 인지 전략, 그리고 메타인지 전략, 마지막으로 자원 관리가 있다 [25]. 인지 전략은 학습 방법을 개선하는 전략, 정교화 전략, 조직화 전략을 의미하며 메타인지 전략은 학습자의 학습과정을 계획하고 통제하고 모니터링 할 수 있는 능력을 말한다. 마지막으로 자원 관리는 학습자가 자신의 주의 자원을 적절히 할당하는 것, 그리고 시간을 관리하는 능력을 포함한다.

대부분의 수학 학습은 평가를 수반하고, 그 평가는 정해진 시간 안에 일련의 수학 문제를 풀이해야 하는 활동으로 진행된다. 수학 문제들은 보통 상이한 난이도로 구성되어 있으며 시간 제약이 존재하는데 선행 연구에 따르면 난이도와 시간 제약은 학습 성과를 예측하는 변인 중 하나다 [26]. 이 때 학습자는 메타인지 전략과 자원 관리를 적절히 사용함으로써 더 좋은 수행을 기대할 수 있으며 만약 학습자가 일련의 문제들의 대략적인 난이도와 자신이 해당 문제를 풀 때 소요되는 시간을 예측할 수 있다면 이는 수행에 큰 도움이 될 것이다. 실제로 메타인지 기술이 난이도와 시간 제약이 있는 학습 상황에서 학습 성과를 유의미하게 예측하는 것이 발견되었다 [27]. 메타인지 기술이 높은 학생들은 메타인지 전략과 자원 관리를 적합하게 사용하는 것으로 보이며 메타인지 전략은 일련의 평가 과정에 대한 풀이 계획 및 모니터링을 돕고 자원 관리는 시간을 어떻게 분배해야 할지, 얼마나 주의 자원을 할당할지에 영향을 주어 좋은 수행을 나타낸 것으로 분석된다. 또한 몇몇 선행 연구는 자신이 문제를 정확하게 맞았는지를 평가하도록 하는 훈련이 학습 수행에 정적인 영향을 미친다는 사실을 보고하고 있다 [18, 28]. 따라서 본 연구에서는 난이도 예측, 풀이 시간 예측, 그리고 풀이 정확도 예측을 훈련의 도구로 사용하고자 하였으며 일련의 훈련이 학생들에게 어떤 효과가 있는지 확인하고자 하였다.

마지막으로 메타인지 훈련을 실시한 연구들은 대부분 대면 상황에서 이루어졌으며 온라인 환경에서 훈련의 효과가 동일한지에 대해서는 살펴보지 않았다. Covid-19로 인하여 비대면 학습에 대한 수요가 크게 증가한 시점에서 메타인지 훈련의 효과가 스마트 학습 시스템을 통한 이터닝에서 동일하게 나타나는지 살펴보고자 하였다.

### 3. 시험불안

불안은 존재와 관련된 불안, 사회적 불안, 그리고 과업성취에 대한 불안으로 분류할 수 있으며 시험불안은 과업성취에 대한 불안에 속한다 [29]. 시험불안은 학교나 가정에서 시험성적이 늘 좋기를 기대 받는 상황에서 학습자가 이를 위협적으로 받아들일 때 발생할 수 있다 [30]. 특히 과거에 시험 실패의 경험이 있는 학습자는 이를 더욱 위협적으로 느끼게 되고, 불안은 더욱 증가되어 시험시간에 아무런 생각도 나지 않는 현상, 안절부절 못함, 지연행동, 시험공부의 포기과 같은 증상을 나타내기도 한다. 이는 또 다른 시험 실패로 이어지게 되고 시험불안을 가중시키는 원인이 된다 [31].

시험불안을 살펴본 몇몇 연구를 종합해보면 시험불안에 영향을 미치는 요인은 인지적 요인 (학업성취, 지능, 인지), 정의적 요인 (동기, 신념, 정서, 성격), 관계적 요인 (가정환경, 학습환경)으로 분류할 수 있다 [32-36]. 먼저 인지적 요인에서 인지는 지능, 메타인지, 학업성취 등을 포함한다. 이 때, 시험불안은 1) 지능과 관련된 작업을 방해하고 제한하며 2) 낮은 지능을 실패에 대한 직면으로 불안을 증가시켜 선입견, 낮은 자존감, 무기력감, 낮은 성취 등을 발생시키게 된다 [33]. 시험불안과 메타인지의 관계를 연구한 연구자들은 시험도중 또는 시험기간에 자기선입견, 걱정중심의 사고, 시험과 관련 없는 사고로 인하여 시험불안이 발생한다고 설명하고 있다 [37].

시험불안의 정의적 요인으로 시험불안과 동기, 자기효능감, 학문적 자기개념, 자존감, 우울, 성격 등이 있다. 시험불안이 높은 학생들은 비교적 낮은 수준의 자기효능감, 숙달지향목표, 내적 동기, 자기조절감을 보이며, 이는 저조한 학업수행의 결과로 이어지게 된다 [38]. 또한 시험불안이 높은 학생들은 자존감이 낮고, 부정적인 자기평가를 하고 시험불안이 낮은 학생들보다 친구관계도 좋지 못한 경향이 있었다 [35]. 관계적 요인은 가정에서의 부모양육태도, 애착, 학습지원 등과 관련있고 학습환경에서의 교사 지도, 학교에서의 태도, 지지, 기대 등과 관련있다 [32].

시험불안을 낮추기 위한 방법으로 몇몇 연구는 학습기술과 시험치기 전략의 훈련이 효과적이라 밝혔다 [39, 40]. 예를 들면, 연습, 복습을 하는 것과 시간관리를 하는 것, 시험치기 전략을 학습하는 것이 시험불안을 낮추는 효과가 있다 [41, 42]. 본 연구에서 실시하는 메타

인지 훈련은 시간을 추정하고 문제의 난이도를 추정하는 시간관리 및 시험치기 전략과 관련이 있다. 따라서 이러한 메타인지 훈련이 시험불안 역시 감소할 수 있을 것으로 기대된다.

## III. 연구 방법

본 연구에서는 스마트 학습 시스템을 활용한 수학 문제 풀이 환경에서 학습자의 메타인지 기술 훈련이 효과가 있는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 수학 문제의 난이도 예측, 풀이시간 판단 및 결과 예측을 메타인지 훈련에 사용하였으며 종속 변인으로는 세 가지 메타인지 기술 지표와 시험불안, 학업성취도를 사용하였다. 먼저 메타인지 훈련을 실시하는 집단과 실시하지 않는 집단을 구분하여 5주에 걸쳐 실험을 진행하였고 훈련 진행 여부 (유, 무) \* 측정시기 (1주차, 5주차)에 따라 시험불안과 학업 성취도에 차이가 있는지 확인하였다. 또한 메타인지 훈련을 실시한 집단에 한하여 1주차와 5주차의 메타인지 훈련 지표의 차이가 있는지 분석하였다.

### 1. 실험 참가자

실험 참가자는 초등학교 6학년부터 고등학교 1학년 까지 총 108명의 학생이 부모의 동의하에 실험에 참가하였다 (초 6: 15명, 중 1: 15명, 중 2: 40명, 중3: 30명, 고 1: 8명). 모든 학생들은 무작위로 통제 조건 및 실험 조건에 할당되었으며 각 조건에 54명씩 실험을 참가하였다. 실험은 5주간에 걸쳐 진행되었으며 5주차까지 완료하지 못한 16명의 학생들은 분석에서 제외하였다. 또한 분석에 사용되는 1주와 5주의 데이터가 제대로 입력되지 않은 5명과 극단값 ( $M \pm 3SD$ )이 전체 데이터의 50% 이상 나타난 2명을 분석에서 제외하였다. 따라서 분석에 사용된 최종 인원은 85명이었고 메타인지 훈련을 실시하지 않는 집단 (이하 통제 집단)에 41명, 메타인지 훈련을 실시한 집단 (이하 실험 집단)에 44명이 할당되었다.

### 2. 실험 자극

본 실험을 위해 메타인지 훈련을 실시할 수 있는 상의 학습 프로그램을 제작하였다. 참가자들은 5주에 걸쳐 매주 1회, 총 다섯 번의 수학 모의시험을 실시하고

모의시험을 실시할 때 집단에 따라 메타인지 훈련을 실시하기도 하고 생략하기도 한다. 수학 시험을 실시하는 프로그램은 JAVA를 통하여 제작되었고 데이터베이스 서버는 My SQL을 사용하였다. 또한 비대면 상황에서 이루어졌기 때문에 실험자는 영상을 제작하여 실험 전반에 대한 안내 및 실험 방법을 상세하게 알려주었다. 모의시험은 총 21문항으로 구성되어 있으며 문항들은 국내 A 교육기업 내의 데이터베이스를 통해 분류된 문항들을 사용하였다. 각 문항들은 수백 명의 학생들의 풀이시간 및 정답률에 기초하여 난이도가 사전에 설정되어 있었으며 정답률 30% 미만은 상, 정답률 40% - 70%는 중, 정답률 80% 이상은 하로 구분되었다. 전체 시험은 100점을 총점으로 하고 난이도 하 문제는 9문항 (각 4점), 난이도 중 문제는 8문항 (각 5점), 난이도 상 문제는 4문항 (각 6점)으로 구성되었다. 수학 모의시험은 각 학생들의 학년의 학습 단계에 맞는 범위로 실시하였고 총 5번의 시험이 진행되었으므로 실험에 사용된 모든 문항은 총 105개 였다.

2-4주차에 학습자에게 제공된 수학 모의시험은 21문항과 더불어 메타인지 훈련을 포함하는 시험세트와 메타인지 훈련을 포함하지 않고 21문항의 모의시험만 제시하는 시험세트의 두 가지가 있었다. 이 세트 문제는 동일하나 통제 조건과 실험 조건에 따라 서로 다른 방식으로 제공되었다. 메타인지 훈련을 포함하는 모의시험 세트는 21문항의 모의시험을 치루는 동시에 메타인지에 대한 질문을 함께 제공받았다. 실험집단에 제공되는 질문은 한 문항마다 난이도 예측 (그림 1a), 문제풀이 (그림 1b), 제출한 답안의 정답 예측 (그림 1c), 문제풀이에 소요된 시간 판단(그림 1d)이 있었고 통제집단의 경우 문제풀이 (그림 1b)만 제공되었다.

문제의 난이도 판단은 기존에 나누어진 기준과의 비교를 위하여 상, 중, 하로 평정하게 하였고 별점 (별 1개-하, 별 2개-중, 별 3개-상)을 사용하였다. 정답 예측의 경우 “지금 푼 문제를 맞힌 것 같나요?” 라는 질문이 제시되었고, 이에 학습자는 ‘O’ 또는 ‘X’ 로 응답할 수 있었다. 마지막으로 풀이 시간 판단은 문제를 풀 때 걸린 시간이 얼마인지를 주어진 수직선 위를 터치하여 초 단위로 0초부터 300초 사이에 응답하도록 하였다.

시험불안 정도를 측정하기 위해 초기에 제작된 시험불안 검사지를 변안한 시험불안 검사 도구 (Test Anxiety Inventory, TAI)를 사용하였다 [43, 44]. TAI는

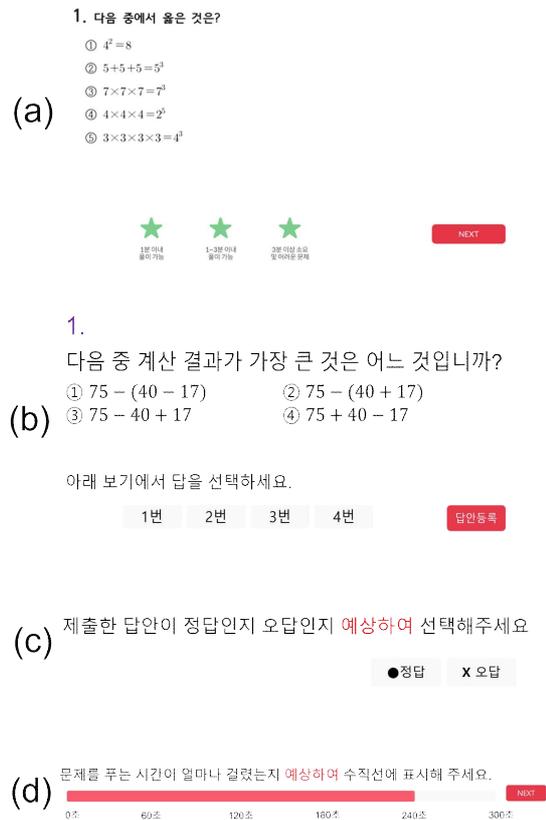


그림 1. 메타인지 훈련 화면 (a): 난이도 예측, (b): 문제 풀이, (c): 정답 예측, (d): 풀이시간 판단  
 Figure 1. Metacognitive training screen (a): difficulty prediction, (b): problem solving screen, (c): accuracy prediction, (d): solving time estimation

정서적 요인 (5문항), 결과적 요인 (5문항), 관계적 요인 (5문항), 일반적 요인 (5문항)의 네가지 하위요인 (총 20문항)을 리커트 7점 척도를 통해 측정하였다. 수학 학습을 연구한 선행연구에서 수학 불안 (Mathematics Anxiety Scale for Children, MASC)에 대해 따로 검사 도구를 만들고 사용한 경우도 존재하지만[45], 본 연구에서는 메타인지 훈련을 통한 난이도, 시간, 정답에 대한 지각이 단지 수학과 관련된 불안이 아닌 전반적인 시험 불안에 미치는 영향을 보고자 하였기 때문에 TAI 설문을 사용하고자 하였다. TAI는 사전 검사 단계에 한 번 측정 후 사후 검사 단계에서 다시 한 번 측정하였다. 실험에 사용된 TAI의 신뢰도는 정서적 요인 .911, 결과적 요인 .900, 관계적 요인 .829, 일반적 요인 .915로 높았다.

### 3. 실험 절차

실험참가자 모집에 응하여 실험에 참가하기로 한 학생은

1시간 가량의 실험에 관한 실험자의 설명을 영상으로 시청하였다. 이 후 자신의 컴퓨터에서 이름과 학교, 학년을 입력하면 자동으로 통제 조건 혹은 실험 조건에 무선 할당되어 실험이 진행되었다. 실험은 총 5주 동안 진행되며 첫 주에는 통제 조건과 실험 조건 모두 TAI를 작성하였다. 그리고 21문항의 사전 학업성취도 검사가 시작되었다. 이후 2주차부터 4주차까지는 통제 조건과 실험 조건의 실험 방식이 다르게 진행되었다. 통제 조건은 3주 동안에 세 번의 모의시험을 치르는 동안 메타인지 훈련을 하지 않고 모의시험 문제만 풀었으며 훈련 조건은 모든 모의시험에서 메타인지 훈련을 함께 하였다. 마지막 5주차에서는 두 집단 모두 사후 학업성취도 검사를 실시하였고 모든 모의시험이 끝나면 TAI를 다시한번 작성하였다. 모든 시험 절차는 그림 2에 도식화 하였다.

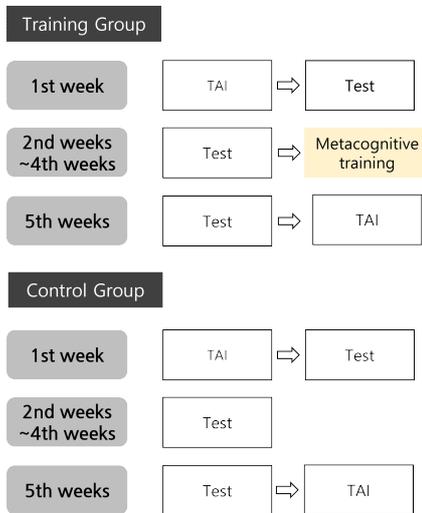


그림 2. 실험 절차  
Figure 2. Experiment procedure

#### 4. 종속 변인

먼저 메타인지 훈련에 사용된 변인은 난이도 예측, 정답 예측, 풀이시간 판단이 있었다. 난이도 예측은 예측 편차값을 사용하였으며 문제를 보고 예측한 난이도에서 사전에 설정된 실제 난이도를 뺀 값들의 평균을 활용하였다. 난이도 예측 값이 양수면 실제 난이도보다 문제를 어렵게 예측한 것이고 음수면 실제 난이도보다 더 쉽게 예측한 것이다. 정답 예측의 경우 전체 문항 중 정확히 예측한 문항의 비율을 사용하였다. 풀이 시간 판단은 실제로 문제를 푸는데 걸린 시간에서 추정된 시간을 뺀 값들의 평균을 구하여 사용하였다. 풀이 시간 판단 값이 양수면 예측한 시간보다 더 많이 걸린 것이고 음수면 예측 시간보다 빨리 푼 것으로 판단할 수 있다. 메타인지 훈련에 사용된 세 변인의 경우 메타인지 훈련을 실시한 실험 집단만 해당하므로 실험 집단의 2주차와 4주차에서 세 변인의 차이가 있는지 비교하였다. 이를 통하여 메타인지 훈련이 반복됨에 따라 어떻게 변화하는지 살펴볼 수 있었다.

실험집단과 통제집단의 비교에 사용된 종속 변인은 TAI와 학업 성취도였다. 앞서 언급했듯이 TAI는 7점 척도로 측정되었고 학업성취도는 100점 척도로 측정되었고 분석을 통하여 메타인지 훈련을 실시한 집단과 그렇지 않은 집단간의 시험불안 정도와 수학 학업 성취도를 비교할 수 있었다.

### IV. 연구 결과

#### 1. 사전 검사 비교

그림 3에 제시한 결과와 같이, 집단 (통제 조건 vs. 실험 조건)에 따라 1회차에 실시한 검사 (시험불안, 학업성취도 점수)에 차이가 있는지 확인하기 위하여 독립

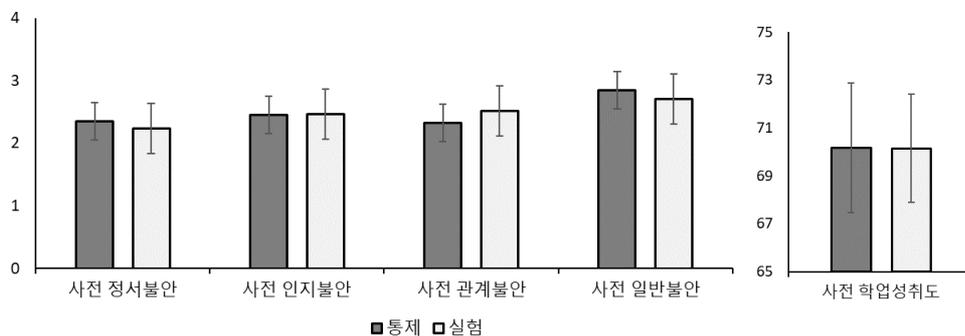


그림 3. 사전 검사에서의 차이  
Figure 3. Differences in pre-test phase between control and experimental groups

표본 t검정을 사용하였다. 사전에 차이가 존재한다면 이는 실험 처치의 효과가 아닌 사전에 차이가 영향을 주었음을 고려해야 하므로 추후 실시할 분석에 적합하지 않다. 분석 결과, 집단에 따른 1회차 검사 측정치들의 차이는 모두 발견되지 않았다.

### 2. 메타인지 훈련 지표 분석

실험집단의 메타인지 훈련 지표가 2주차와 4주차 간에 차이가 있는지 살펴보기 위해 훈련 시기 (훈련 전 vs. 훈련 후)에 따른 메타인지 측정치 (난이도 예측, 정답 예측, 풀이 시간 판단) 간 차이를 대응 표본 t검정으로 분석하였고 그 결과를 그림 4에 제시하였다. 분석 결과, 난이도 예측에서는 훈련 전과 훈련 후 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다,  $t(42) = -2.65, p = 0.01$ . 훈련 전보다 훈련 후에 더 높은 난이도 값을 보였으며 이는 곧 훈련 전 ( $M = -0.32, SD = 0.38$ )보다 훈련 후 ( $M = -0.18, SD = 0.40$ )에 더 문제들의 난이도를 실제 난이도와 유사하게 예측했음을 의미한다 (그림 4a). 풀이 시간 추정의 역시 훈련 전과 훈련 후에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다,  $t(41) = -2.24, p = 0.03$ . 훈련 전 ( $M = 5.06, SD = 29.02$ )보다 훈련 후 ( $M = -6.65, SD = 31.67$ )에 더 추정 값이 줄어들었다. 이것이 의미하는 것은 훈련 전에는 자신의 문제 풀이 시간을 실제보다 더 짧게 예측했으나 훈련 후에는 오히려 실제 풀이 시간보다 더 길게 예측한 것을 알 수 있다. 학습 전략의 관점에서는 풀이 시간을 보수적으로 설정함으로 문제 풀이를 할 수 있는 예비 시간을 남기는 이 점이 존재할 수 있다. 마지막으로 정답 예측에 대한 분석 결과, 훈련 전 ( $M = 72.14, SD = 17.54$ )보다 훈련 후 ( $M = 78.57, SD = 14.64$ )에 더 정확하게 자신이 맞추었는지 틀렸는지를 예측하는 것으로 나타났다. 많은 선행 연구에서는 메타인지 훈련의 효과로 정답 예측을 사용하였으며 본 연구에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다 [46, 47].

### 3. 메타인지 훈련이 시험불안과 학업성취도에 미치는 영향 분석

다음으로 집단 (통제 조건 vs. 실험 조건)과 측정시기 (1회차 vs. 5회차)에 따른 학생들의 시험 불안 (정서, 인지, 관계, 일반)의 차이를 확인하고자 반복측정 분산 분석을 실시하였다. 모든 결과의 그래프는 그림 5에 제시하였다.

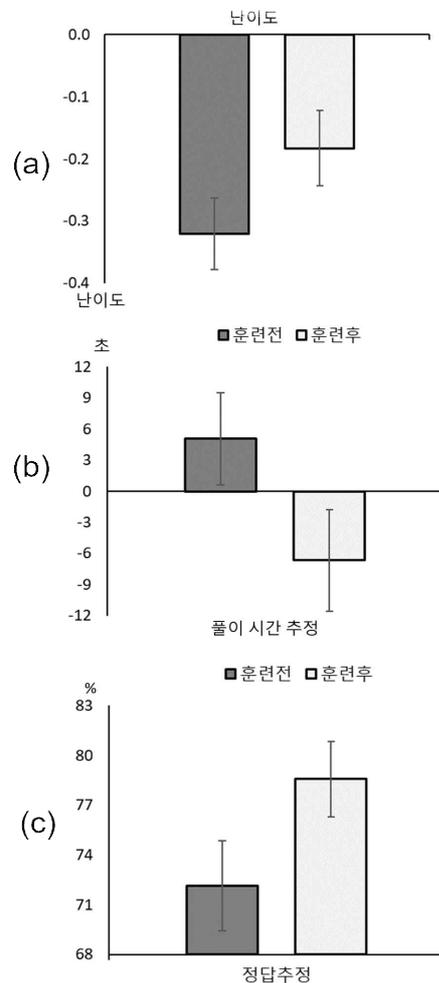


그림 4. 메타인지 훈련 지표 비교 (a): 난이도 판단, (b): 풀이 시간 판단, (c): 정답 예측

Figure 4. Comparison of metacognitive abilities (a): difficulty prediction, (b): solving time estimation, (c): accuracy prediction

먼저, 정서 불안에 대해 분석한 결과, 집단의 주효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 1.69, p = 0.20, \eta_p^2 = 0.02$ . 하지만 측정시기의 주효과는 유의하였다,  $F(1, 83) = 75.81, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.47$ . 1회차의 정서불안 ( $M = 2.27, SD = 1.08$ )보다 5회차의 정서불안 ( $M = 3.33, SD = 0.63$ )이 유의하게 높았다. 이것은 모든 시험불안의 하위 요인에서 동일하게 나타났다. 그 이유는 학생들의 측정시기가 진행될수록 실제 학교의 시험 날짜와 가까워지기 때문으로 보인다. 주목할 점은 집단과 측정시기의 상호작용 효과가 유의하였다,  $F(1, 83) = 6.29, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.07$ . 이를 구체적으로 살펴보기 위하여 측정 시기 내에서 각 집단의 차이를 단순 주효과 분석 (simple main effect analysis)을 통해 살펴보았다. 그

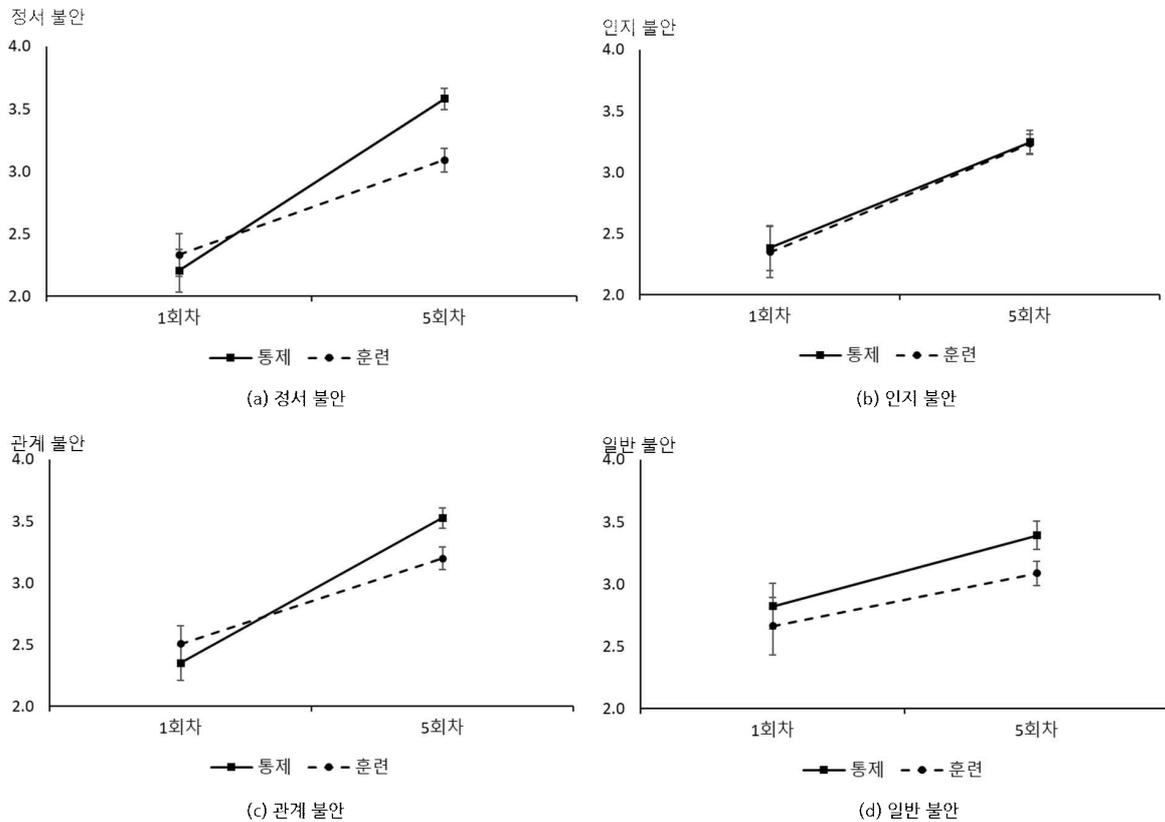


그림 5. 집단 간 시험 불안에서의 차이  
Figure 5. Differences in test anxiety between groups

결과, 1회차에서는 통제 조건과 훈련 조건 간에 정서불안 정도의 차이는 유의하지 않았다 ( $p = 0.59$ ). 하지만 5회차에 측정된 정서 불안 결과에서는 훈련 조건이 통제 조건보다 유의하게 불안이 낮은 것을 확인할 수 있었다 ( $p < 0.001$ ). 정리하자면, 5회차가 되면서 시기적으로 시험 기간이 가까워 왔고 모든 학생들의 시험 불안 점수가 1회차에 비해 증가하였다. 하지만 메타인지 훈련을 실시한 학생들은 훈련하지 않은 학생들보다 정서불안의 증가폭이 적었다. 이것은 메타인지 훈련이 단순히 시간 추정과 정답 추정에만 긍정적인 효과를 보인 것이 아니라 정서 불안을 감소시키는 데에도 도움을 준 것으로 볼 수 있다.

다음으로 인지 불안에 대해 분석한 결과, 집단의 주효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 0.02, p = 0.88, \eta_p^2 = 0.00$ . 하지만 측정시기의 주효과는 유의하였다,  $F(1, 83) = 38.91, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.31$ . 1회차의 인지 불안 ( $M = 2.36, SD = 1.26$ )보다 5회차의 인지 불안 ( $M = 3.24, SD = 0.56$ )이 유의하게 높았다. 이는 모든 시험불안의 하위 요인에서 동일하게 나온 결과다. 인지 불안

에서의 집단과 측정시기의 상호작용 효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 0.00, p = 0.94, \eta_p^2 = 0.00$ .

다음은 관계 불안에 대해 분석하였다. 먼저, 집단의 주효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 0.50, p = 0.48, \eta_p^2 = 0.01$ . 다른 불안 요인과 마찬가지로 측정시기의 주효과는 유의하였다,  $F(1, 83) = 78.39, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.48$ . 1회차의 관계 불안 ( $M = 2.43, SD = 0.93$ )보다 5회차의 관계 불안 ( $M = 3.36, SD = 0.57$ )이 유의하게 높았다. 관계 불안에서는 집단과 측정시기의 상호작용 효과가 유의하였다,  $F(1, 83) = 5.17, p = 0.03, \eta_p^2 = 0.06$ . 이를 구체적으로 살펴보기 위하여 측정 시기 내에서 각 집단의 차이를 단순 주효과 분석을 통해 살펴보았다. 그 결과, 1회차에서는 통제 조건과 훈련 조건간에 관계 불안 정도의 차이는 유의하지 않았다 ( $p = 0.45$ ). 하지만 5회차에 측정된 관계 불안 결과에서는 훈련 조건이 통제 조건보다 유의하게 불안이 낮은 것을 확인할 수 있었다 ( $p = 0.01$ ). 다시 말해, 메타인지 훈련을 실시하였을 때 관계 불안 역시 줄어드는 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 일반 불안의 경우, 집단의 주효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 2.37, p = 0.15, \eta_p^2 = 0.02$ . 또한 측정시기의 주효과는 유의하였다,  $F(1, 83) = 9.58, p = 0.003, \eta_p^2 = 0.10$ . 1회차의 일반 불안 ( $M = 2.74, SD = 1.33$ )보다 5회차의 일반 불안 ( $M = 3.23, SD = 0.69$ )이 유의하게 높았다. 일반 불안에서의 집단과 측정시기의 상호작용 효과는 유의하지 않았다,  $F(1, 83) = 0.21, p = 0.65, \eta_p^2 = 0.00$ .

다음으로 집단간 학업성취도에서 차이가 있는지 살펴해보았다. 그 결과, 집단 간 주효과는 발견되지 않았다.  $F(1, 82) = 0.56, p = 0.46$ . 사전과 사후 학업 성취도 검사에서 메타인지 훈련 여부에 따른 차이가 발견되지 않은 것이다. 하지만 검사 시기에 따른 주효과는 발견되었다,  $F(1, 82) = 12.52, p = 0.001$ . 사전 검사보다 사후 검사가 유의하게 높은 점수를 보인 것을 알 수 있다. 집단과 검사시기의 상호작용 역시 유의하였다,  $F(1, 82) = 4.28, p = 0.04$ . 이는 그림 6에서 볼 수 있듯이 통제 집단의 사전 사후 학업 성취도 점수 차이보다 훈련집단의 사전 사후 학업 성취도 점수 차이가 더 크기 때문에 발생한 것으로 볼 수 있다.

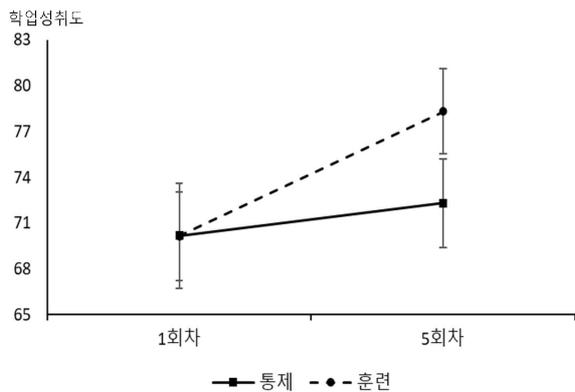


그림 6. 집단 간 학업 성취도 차이  
 Figure 6. Differences in academic achievement between groups

## V. 결론 및 논의

본 연구는 온라인에서의 메타인지 기술에 대한 훈련이 문제 풀이 맥락에서 학습자의 시험불안과 학업성취도에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저 훈련을 실시하였을 때 비록 짧은 기간이었지만 학생들의 메타인지와 관련된 능력 (난이도 예측, 풀이 시간 판단, 정답 예측)이

향상된다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 학생들에게 문제 풀이와 관련된 메타인지를 훈련하는 자체가 수험 시험을 칠 때 필요한 메타인지 능력을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

두 번째로 메타인지 훈련을 실시하였을 때 시험불안에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 특히 정서 불안이나 관계 불안에서 상호작용 효과가 발견되었으며 훈련을 실시한 집단은 사후에 더 적은 정서, 관계 불안을 느끼는 것을 알 수 있었다.

셋째로 메타인지 훈련이 학업 성취도를 증가시킨다는 대면 환경에서의 선행연구와 동일하게 비대면 온라인으로 실시된 본 연구의 메타인지 훈련에서도 학업 성취도가 증가한 것을 알 수 있었다.

본 실험은 메타인지 훈련이 이러닝 상황에서도 가능할 수 있음을 시사하는 점에서 의의가 있다. 이러닝은 하나의 학습체제이기 때문에 이러닝이 어떠한 알고리즘과 프로그램, 콘텐츠로 구성되었느냐에 따라 그 효과는 달라질 수 있을 것이다. 초기에는 영상을 이용한 학습에서 학습자의 경험을 살펴보는 연구같이 가볍게 이루어졌으나 학습의 전반적인 효과에 대해 제시하기 위해서는 교수-학습 모델을 기반으로 한 연구가 필수적이다 [42]. 강의 중심의 전통적인 교수-학습에서도 수업 내용에 맞춰진 교수-학습 설계는 학습의 효과는 높아지기도 하고 낮아지기도 한다. 교수-학습에 이러닝을 도입한다고 해서 그 효과성이 바로 나타나는 것은 아니기 때문에 이러닝을 설계하거나 제작하는데 이러닝의 특징과 장점을 잘 파악하고 이러한 것을 어떻게 적용할 것인지 많은 고민이 필요할 것이다. 뿐만 아니라 오랫동안 연구되어온 전통적인 교수-학습 상황에서 밝혀진 효율적인 학습의 원리를 파악하고 이를 이러닝 환경에서 적용할 수 있는 방법을 연구해야 한다. 메타인지 훈련이 이러닝 환경에서도 효과가 있고 특히 시험불안과 학업성취도에 영향을 줄 수 있음을 통하여 이러닝의 학습 모델에 메타인지 훈련이 하나의 중요 요인으로 판단될 수 있을 것이다.

한가지 흥미로운 사실은 메타인지 훈련을 통해 시험불안이 감소되는 과정에서 정서 불안과 관계 불안이 유의하게 감소했다는 점이다. 이를 통하여 인지적 불안의 경우 실제적인 시험의 결과가 동반되어야 감소할 수 있다는 가능성을 제시할 수 있다. 본 연구를 통하여 이를 증명할 수 없으나 추후에 시험불안의 하위요인에 초점을

맞추어 상이한 결과가 나오는 원인을 찾아볼 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에는 몇몇 한계점이 존재한다. 첫째, 5주간의 실험기간 내에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인을 통제하지 못하였다. 연구 기간 동안에 동일한 장소에서 동일한 시간에 시험을 진행하도록 지시하였으나 그 외에 추가적인 학습의 양, 다른 매체 사용, 동기요인 등을 통제하는 것은 매우 힘든 일이었다. 추후에는 학습에 영향을 미칠 수 있는 변인들을 더 통제할 수 있는 실험 설계를 고안하여 메타인지 훈련의 직접적인 효과에 대하여 잘 드러낼 수 있는 연구가 필요할 것으로 보인다. 둘째, 다양한 메타인지 요인이 고려되지 않은 점이다. 대부분의 메타인지 기술을 훈련하는 연구가 몇몇 요인에 국한되어 실험을 진행한 것은 사실이지만, IMPROVE와 MASTER와 같은 학습 전반에 걸친 메타인지 지식 및 기술 훈련 연구도 존재한다. 온라인이라는 점, 문제 풀이 맥락이라는 점 등 본 연구에서는 초점이 매우 좁혀져 있고 이에 관련된 메타인지 기술 훈련을 선행연구에서 추출하여 사용하였으나 추후에는 더 다양한 메타인지 요인을 훈련할 수 있는 연구가 필요할 것으로 제안한다.

## VI. 결 론

본 연구는 온라인 스마트 학습 시스템을 통해 메타인지 훈련을 실시한 효과에 대해 살펴보았으며 본 연구가 줄 수 있는 실제적 함의는 다음과 같다. 본 연구는 이전 연구에서 이루어지지 않은 이러닝 환경에서의 메타인지 훈련 효과를 살펴보았다. 이것은 추후 이러닝 학습 모델 설계에서 메타인지 훈련을 위한 프로그램 혹은 콘텐츠가 필요함을 시사하며 추후 인공지능 학습 연구와 결합하여 메타인지 훈련이 어떤 개인차 변인과 관련이 있으며 이를 통해 개인화된 메타인지 훈련 프로그램 또한 설계할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 개인화된 학습과 관련하여 본 메타인지 훈련은 학습전략, 자기조절 학습과도 관련있다. 추후에는 학습을 설명하는 자기조절 학습 모델과 같은 더 확장된 모델과 결합하여 개인화 학습 시스템에 대한 논의가 가능할 것으로 기대된다.

## References

- [1] J. H. Flavell, "First discussant's comments: What is memory development the development of?," *Human development*, Vol. 14, No. 4, pp. 272-278, 1971.
- [2] J. H. Flavell, Metacognitive aspects of problem solving, In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 231-236, 1976.
- [3] M. A. Kreuzer, C. Leonard, J. H. Flavell, and J. W. Hagen, "An interview study of children's knowledge about memory," *Monographs of the society for research in child development*, 1-60, 1975. doi: 10.2307/1165955
- [4] A. L. Brown, Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 77 - 165, 1978.
- [5] G. Özsoy, "An investigation of the relationship between metacognition and mathematics achievement," *Asia pacific education review*, Vol. 12, No. 2, 227-235, 2011. doi:10.1007/s12564-010-9129-6
- [6] A. M. Legg and Jr, L. Locker, "Math performance and its relationship to math anxiety and metacognition," *North American Journal of Psychology*, Vol. 11, No. 3, pp. 471-485. 2009.
- [7] C. Cornoldi, D. Lucangeli, B. Caponi, G. Falco, R. Focchiatti, and M. Todeschini, *Matematica e Metacognizione*. Trento: Erickson.
- [8] A. Desoete, H. Roeyers, and A. De Clercq, "Can offlinemetacognition enhance mathematical problem solving?," *Journal of Educational Psychology*, Vol. 95, No. 1, pp. 188 - 200, 2003. doi:10.1037/0022-0663.95.1.188
- [9] J. E. H. Van Luit and E. H. Kroesbergen, Teachingmetacognitive skills to students with mathematical disabilities, In A. Desoete and M. Veenman (Eds.), *Metacognition in mathematics education*, Hauppauge, NY: NovaScience, pp. 177 - 190, 2006.
- [10] Z. R. Mevarech and B. Kramarski, "IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms," *American educational research journal*, Vol. 34, No. 2, 365-394, 1997. doi:10.3102/00028312034002365
- [11] S. Kim, H. Kang, and Y. Park, "An Effects of Smart Learning Math Class on Academic Achievement, Mathematical Interest, and Attitude," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, Vol. 7. No. 2, pp. 217-226, 2021.
- [12] J. H. Flavell, "Metacognitive and Cognitive

- Monitoring: A New Area of Cognitive-Developmental Inquiry,” *American Psychologist*, Vol. 34, No. 10, pp. 906–911, 1979. doi:10.1037/0003-066X.34.10.906
- [13] A. L. Brown, J. D. Bransford, R. A. Ferrara, and J. C. Campione, Learning, remembering, and understanding. In J. H. Flavell & E. M. Markham (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 3. Cognitive development*, New York: Wiley, pp. 77 - 166, 1983.
- [14] J. G. Borkowski, W. Schneider, and M. Pressley, “The Challenges of Teaching Good Information Processing to Learning Disabled Students,” *International Journal of Disability, Development and Education*, Vol. 36, No. 3, pp. 169–185, 1989. doi:10.1080/0156655893603002
- [15] A. H. Schoenfeld, What’s all that fuss about metacognition?, In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 189 - 215, 1987.
- [16] Kilpatrick, J. (1985). Reflection and recursion. *Educational Studies in Mathematics*, 16(1), 1-26.
- [17] B. Kramarski and Z. R. Mevarech, “Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training,” *American Educational Research Journal*, Vol. 40, No. 1, pp. 281–310, 2003. doi:10.3102/00028312040001281
- [18] C. Masui and E. De Corte, “Enhancing learning and problem solving skills: orienting and self-judging, two powerful and trainable learning tools,” *Learning and instruction*, Vol. 9, No. 6, pp. 517–542, 1999. doi:10.1016/S0959-4752(99)00012-2
- [19] B. Kramarski, Z. R. Mevarech, and M. Arami, “The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks,” *Educational studies in mathematics*, Vol. 49, No. 2, pp. 225–250, 2002. doi:10.1023/A:1016282811724
- [20] G. Polya, *How to solve it* (2nd ed.). New York: Doubleday, 1957.
- [21] V. Pennequin, O. Sorel, I. Nanty, and R. Fontaine, “Metacognition and low achievement in mathematics: The effect of training in the use of metacognitive skills to solve mathematical word problems,” *Thinking & Reasoning*, Vol. 16, No. 3, pp. 198–220, 2010. doi:10.1080/13546783.2010.509052
- [22] J. Kruger and D. Dunning, “Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one’s own incompetence lead to inflated self- assessments,” *Journal of personality and social psychology*, Vol. 77, No. 6, p. 1121, 1999.
- [23] N. C. Engeler and S. J. Gilbert, “The effect of metacognitive training on confidence and strategic reminder setting,” *Plos one*, Vol. 15, No. 10, e0240858, 2020. doi:10.1371/journal.pone.0240858
- [24] Bailey, H., Dunlosky, J., & Hertzog, C. (2010). Metacognitive training at home: Does it improve older adults’ learning?. *Gerontology*, 56(4), 414–420.
- [25] M. Bannert and C. Mengelkamp, “Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning?,” *Metacognition and Learning*, Vol. 3, No. 1, pp. 39–58, 2008. doi:10.1007/s11409-007-9009-6
- [26] B. J. Zimmerman, D. Greenberg, and C. E. Weinstein, Self-regulating academic study time: A strategy approach, In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 181 - 199, 1994.
- [27] M. V. Veenman, P. Wilhelm, and J. J. Beishuizen, “The relation between intellectual and metacognitive skills from a developmental perspective,” *Learning and instruction*, Vol. 14, no. 1, pp. 89–109, 2004. doi:10.1016/j.learninstruc.2003.10.004
- [28] J. Kincannon, C. Gleber, and J. Kim, “The Effects of Metacognitive Training on Performance and Use of Metacognitive Skills in Self-Directed Learning Situations,” in *Proc. 21st AECT*, pp. 171–186, 1999.
- [29] S. M. Kang and H. S. Sim, “The Impact of Resilience and Parents’ Learning Involvement on the Test Anxiety for the Elementary School Students,” *Korea Journal of Counseling*, Vol. 11, No. 4, pp. 1827–1840, 2010.
- [30] C. D. Spielberger, H. P. Gonzales, C. J. Taylor, W. D. Anton, and B. Algaze, *Examination stress and test anxiety*. NY: Wiley, pp. 167–191, 1978.
- [31] S. H. Bae, S. B. Lee, and S. T. Hwang, “The Effects of Group Therapy-RPG (Role Playing Game) form on Reducing Test and Academic Anxiety in Adolescent,” *Korean Journal of Youth Studies*, Vol. 23, No. 3, pp. 187–213, 2016.
- [32] S. I. Im and B. G. Bak, “Meta-analysis Study of TEST Anxiety on a Domestic and International level,” *The Korean Journal of*

- Educational Psychology*, Vol. 27, No. 3, pp. 529–553, 2013.
- [33]M. Zeidner, “Coping with examination stress: Resources, strategies, outcomes,” *Anxiety, stress, and coping*, Vol. 8, No. 4, pp. 279–298, 1995. doi:10.1080/10615809508249379
- [34]S. Tobias, “Anxiety research in educational psychology,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 71, pp. 573–582, 1979. doi:10.1037/0022-0663.71.5.573
- [35]R. Hembree, “Correlates, causes, effects, and treatment of test anxiety,” *Review of educational research*, Vol. 58, No. 1, pp. 47–77, 1988. doi:10.3102/00346543058001047
- [36]Spielberger, C. D. (1966). Theory and research on anxiety. *Anxiety and behavior*, 1(3).
- [37]I. G. Sarason and B. R. Sarason, Test anxiety, In *Handbook of social and evaluation anxiety*, Springer, Boston, MA, pp. 475–495, 1990.
- [38]A. Bandura, Self-regulation of motivation and action through goal systems, In *Cognitive perspectives on emotion and motivation*, Springer, Dordrecht, pp. 37–61, 1988.
- [39]M. Benjamin, W. J. Mckeachie, Y. G. Lin, and D. P. Holinger, “Test anxiety: Deficits in information processing,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 73, pp. 816–824, 1981. doi:10.3102/00346543058001047
- [40]Paulman, R. G. Test anxiety and exam-taking skills as mediators of information processing in college students, Ph.D. Thesis. University of North Texas, USA., 1982.
- [41]Peters, C. E. ). A comparison of treatments for the reduction of math anxiety among eighth grade girls, Ph.D. Thesis. The Ohio State University, USA. 1982.
- [42]T. M. Sherman, Proven strategies for successful learning. Columbus, Ohio: Bell & Howell, 1984.
- [43]C. D. Spielberger, Test Anxiety Inventory: Preliminary Professional Manual. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1980.
- [44]M. J. Kim, “A Study on Test Anxiety and Social Psychological Factors Affecting It,” *Educational Psychology Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 91–110, 1990.
- [45]L. H. Chiu and L. L. Henry, “Development and validation of the Mathematics Anxiety Scale for Children,” *Measurement and evaluation in counseling and development*, Vol. 23, No. 3, pp. 121–127, 1990.
- [46]N. C. Engeler and S. J. Gilbert, “The effect of metacognitive training on confidence and strategic reminder setting,” *Plos one*, Vol. 15, No. 10, e0240858, 2020. doi:10.1371/journal.pone.0240858
- [47]H. Bailey, J. Dunlosky, and C. Hertzog, “Metacognitive training at home: Does it improve older adults’ learning?,” *Gerontology*, Vol. 56, No. 4, pp. 414–420, 2010. doi:10.1159/000266030