

CAS 계산기를 활용한 메타인지 활동이 고등학교 1학년 수학학습부진아의 대수학업성취도에 미치는 영향

공주교육대학교 김인경
margikim@naver.com

한국교원대학교 류희찬
hclew@knue.ac.kr

본 논문은 수학수업에서 점점 소외되고 있는 수학학습부진아가 대수학업성취도를 신장시키기 위해 좀 더 나은 효과를 얻을 수 있는 방법을 모색하고자 하였다. 이를 위해 수학학습부진아를 선정하여 두 집단으로 나누었다. 한 집단은 처치집단으로 CAS 계산기를 사용하여 활동지를 학습하고, 다른 집단은 통제집단으로 지필을 사용하여 활동지를 학습하였다. 각 집단은 활동지를 통해서 메타인지 활동을 하였다. 수업 전과 후에 두 집단 모두 지필로 수학학업성취도를 실시하여 비교 분석한 결과, 처치집단이 통제집단보다 여러 가지 측면에서 더 나은 효과를 나타내는 것을 확인하였다.

주제어 : 대수학업, CAS 계산기, 메타인지, 수학학습부진아, 수학학업성취도

0. 서론

계산기는 단순한 산술적 도움을 주는 것에서 강력한 휴대용 컴퓨터로 발달하고 있다. 초기보다 크기도 줄어들었고 매우 빠르게 가격도 낮아지고 있다. 계산기는 모든 수준의 수학 수업에서 충분히 사용할 수 있는 강력함을 가지고 있고 세계의 모든 학교에서 학생들이 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 그리하여, 수학교실에서 점차 강력한 도구가 되었고 현재 수학교육 연구의 가장 큰 초점이 되었다([14], [38]).

현재, 수학교육에서 컴퓨터가 강력한 영향력을 가지고 교육적 기회를 제공하는 것이 가능하게 되었지만, 몇몇 연구자들은 계산기가 컴퓨터 이상의 큰 이익을 가져온다고 믿는다([34]). 왜냐하면, 계산기가 컴퓨터만큼 능력이 되는 세련된 장치들을 휴대할 수 있고, 학생들이 구입하기에 적당하기 때문이다. 또한, 수학 교실에서 계산기의 역

할은 학생들이 계산을 하는 것뿐만 아니라 수학을 학습하는데 도움을 주기 때문이다. 이렇게 기술공학, 계산기를 사용하는 목적은 문제를 보는 다른 방법을 탐구하여 학생들의 개념적인 이해를 증가시키는데 있다. 즉, 기술공학은 교육의 형태를 제한한다기보다 오히려 탐구하는 감각을 학생들에게 주는 것이다([34]). 1998년, TIMSS는 시험에 참가한 세계의 학생들 중 80% 이상이 적어도 한 주에 한 번은 학교의 안과 밖에서 계산기를 사용하고 있다는 것을 발견했다. 대부분의 학생들은 TIMSS 시험에서도 유용하게 계산기를 사용했다. 또한, TIMSS는 여러 나라에서 계산기의 사용 빈도가 확실히 수학적 소양과 관련이 있다는 것도 발견했다([30]). 이것은 국제적인 시험에서도 계산기 사용과 수용이 의미있게 증가하고 있고, 계산기가 세계 여러 나라의 교실에서 흔하게 되었음을 나타낸다.

본 연구는 수학수업에서 점점 소외되고 있는 수학학습부진아를 수업에 동참시켜야 할 필요성이 있다는데서 출발한다. 그 방법으로 CAS 계산기를 사용하는 것이다. 본 연구의 목적은 수학학습부진아들이 CAS 계산기 사용을 통한 메타인지 활동을 하여 수학학업성취도를 신장시키는 것이다. 그리하여, 수학학습부진아가 학교 수학 수업에 잘 참여할 수 있고, 다른 학생들과 같이 진행되고 있는 학교 수학 수업의 진도를 잘 따라갈 수 있도록 하기 위함이다. 이에 따라 본 연구는 수학학습부진아를 대상으로 CAS 계산기를 사용한 학습을 실시하여, 수학학습부진아의 대수학업에서 학업성취도의 변화를 살펴보았다.

1. 이론적 배경

(1) 컴퓨터 대수 체계(CAS)

1996년 이전, 즉, CAS 그래픽 계산기의 발명이전, 수학자들은 NCTM에 의해 주장된 기술공학 기준을 수행할 수 없을 것이라고 걱정했다. 이는 ‘컴퓨터 실습실에 갖추어진 데스크톱 컴퓨터와 값비싼 소프트웨어에 의지하는 것은 수학에서 중요한 기술공학 기반 교육과정 개정을 수행하는데 큰 장애이다’([37])라고 말한 것에서 알 수 있다. 그러나 1996년 CAS 그래픽 계산기가 소개됨에 따라 NCTM의 기술공학 기준에 따라 수업을 실시할 수 있게 되었다. 21세기 현재, 컴퓨터상에서 사용할 수 있는 유용한 계산기 프로그램도 있고, 이 계산기의 프로그램을 쉽게 업그레이드를 할 수 있기 때문에, 세계의 여러 나라, 특히 미국과 호주의 많은 학교에서 사용되고 있다.

CAS는 자료를 다루는데 그래픽과 수치를 포함한 수학적 특징을 사용한다. 비록 사람들이 Mathematica와 Maple과 같은 강력한 컴퓨터 소프트웨어가 있음에도 불구하고, ‘CAS’ 용어를 들을 때, 대부분 그래픽 계산기를 생각한다([16]). 이는 주로 그러한 의미로 사용해 왔기 때문일 것이다. 대부분의 연구자들이 사용하는 CAS 계산기의 의미는 CAS 기능이 들어있는 계산기를 말한다. CAS는 주로 컴퓨터 대수 체계

(Computer Algebra Systems)의 약자이기도 하지만 CAS 기능이 들어있는 계산기의 의미도 포함하고 있다. 그리하여, ‘CAS 사용’이라는 말은 컴퓨터 대수 체계를 사용한다는 의미와 CAS 기능이 들어있는 계산기를 사용한다는 의미 모두 담고 있다([1]). 또한, CAS가 컴퓨터 대수 체계를 의미함에도 불구하고, 그래프, 수치, 기호 기능을 가지고 있기 때문에 컴퓨터 수학 체계(Computer Mathematics Systems)를 표현하는데 사용하기도 한다([15]).

CAS 계산기는 학생들이 수학을 무엇보다 대수적으로 탐구할 수 있도록 해준다. 그렇지만 CAS 계산기만으로 대수적 탐구를 해서는 안 된다. 학생들은 지필기술을 가져야 한다. 하지만 이는 때로 시간 낭비이거나 성가시다. 그렇다고 학생들이 계산기만 사용한다면 계산 능력이 떨어지거나 실세계 문제나 개념의 통찰력이 떨어지게 된다([14]). 그러므로 계산기 사용과 지필기술 모두 중요하게 다루어져야 한다. 그 이유는 CAS 계산기를 도입한다고 해서 기본적인 능력인 지필 기술을 소홀히 다루어서는 안 되며, 지필 기술만을 강조하여 새로운 형식인 CAS를 도입하지 않는 것은 수학적 진보를 막는 것이기 때문이다.

이러한 CAS는 불가피하게 수학의 교수와 학습에 영향을 주게 될 것이다. CAS는 교수의 새로운 차원을 열게 될 것이며, 주제 내에서 초점의 이동과 주제의 변화를 일으킬 수 있다. 이에 따라, 수학 수업의 목적도 변화되어야만 할 것이다. CAS는 수학적 개념의 이해와 수학적 개념의 적용을 가르치는 것을 추구할 수 있도록 해주는 도구이기 때문이다([26]). 학교 수학에 CAS를 도입하는데 적극적인 수학교육학자들은 CAS를 도입함으로써 다음과 같은 목표를 실현할 수 있다고 생각한다([15]). 첫째, 학생들이 보다 나은 수학 사용자가 될 수 있다. 둘째, 학교 수학과 일상생활의 수학 사이에 일치성을 증가시킬 수 있다. 셋째, 학생들이 보다 깊은 학업 성취를 할 수 있다. 넷째, 교육과정에서 강조하는 틀에 박힌 절차에서 문제해결과 개념 탐구로 옮길 수 있다. 다섯째, 교육과정에 새로운 주제를 도입할 수 있다. 여섯째, 불충분한 대수적 기술을 가진 학생들도 다양한 수학적 주제에 접근할 수 있다. 이러한 목표를 위해 CAS 사용하면 학생들은 짧은 시간에 많은 예과 반례를 제시할 수 있으며, 세부적인 관찰과 추측을 장려할 수 있다. 또한, 귀납적으로 규칙들을 발전시킬 수 있고, 다양한 표현, 그래프, 수치를 제시할 수 있다. 그리고, 학생들의 태도와 수업참여를 향상시킬 수 있으며, 실수를 하는 것에 대한 불안을 감소시킬 수 있다([13], [23], [24], [25], [27], [28], [29], [35]).

(2) 메타인지와 수학학습부진아

① 메타인지와 문제해결

1980년대부터 여러 학자들이 다양하게 메타인지를 정의하였다. 주로 인지와 비교하여 메타인지를 정의하는데 가장 널리 알려진 정의는 “인지에 관한 인지—인간의 인지 과정의 지식과 기억, 주의, 지식, 추측, 환상과 같은 상태—”([21])이다. Garofalo와

Lester는 인지가 단순한 행위인 반면, 메타인지는 실행해야 할 것이 무엇인가에 대한 선택, 계획, 실행하는 것에 대한 모니터링 행위라고 정의하였다([22]). 메타인지에 대한 과학적 접근을 시도하기 위해 Flavell의 메타인지에 대한 분류를 모체로 하여 다양한 연구가 진행되었다([19], [20]). 그의 분류에 의하면 메타인지는 메타인지적 지식과 메타인지적 경험으로 분류된다. 이를 바탕으로 여러 학자들이 다양하게 분류를 하였지만, 대부분의 연구들은 메타인지를 메타인지적 지식과 메타인지적 기능으로 분류하고 있으며, 주로 메타인지적 지식은 Flavell의 분류를 따르고, 메타인지적 기능은 Garfalo와 Lester의 분류를 따른다.

본 연구에서는 Garfalo와 Lester([19])의 메타인지적 기능에 초점을 두었다. 그들은 감시, 평가, 제어로 메타인지적 기능을 나누었다. 감시 기능은 인지작용의 진행 상태를 직접적으로 확인하며, 메타인지적 지식에 비추어 자기의 인지활동을 진행한다. 문제해결의 실패는 문제에서 제공된 정보를 제대로 해석하지 않고 자신의 문제해결 활동의 진전을 감시하지 않거나 그 결과를 제대로 확인하지 않는 데서 비롯된다. 학생들은 효과적인 감시 활동을 위해서 무엇을 그리고 언제 감시할 것인가를 아는 것뿐만 아니라 그렇게 하기 위하여 필요한 방법을 알아야 한다. 평가 기능은 인지작용의 결과를 메타인지적 지식과 조합해 직접적으로 판단하는 기능이며, 자신의 인지활동 성과를 평가하는 기능이다. 이 기능은 과제를 평가하는 능력과 자기의 수행을 평가하는 능력으로 구분된다. 과제와 수행 상황을 평가하는 능력의 부족은 문제해결에서 최종적인 실패를 가져올 수 있다. 성공적인 문제해결자는 문제 풀이 중에 수시로 자신의 문제해결 활동을 평가하면서 진행할 것이다. 그러나 경험이 부족한 문제해결자는 그러한 것을 의식하지 못하고 단순히 문제 풀이만 계속하기도 한다. 제어 기능은 평가에 기초하여 인지 작용을 직접적으로 제어하는 기능이며, 수학적 문제 상황을 성공적으로 이끌기 위하여 유용한 인지적 자원의 정리와 그에 따른 후속적인 조치, 문제를 해결하는 동안 자기 행동의 조정과 관련한 작용을 포함한다. 특히 제어는 문제에서 주어진 조건을 해석하고 탐구하는데 필요한 인지 활동의 과정을 위하여 계획을 세우거나 전략을 선택하고 조직하는 활동, 문제해결 활동의 진전을 통제하는 활동, 비생산적인 계획과 전략을 수정하거나 포기하기 등의 활동과 관련이 있다. 성공적인 문제해결자일수록 자신의 문제해결 활동에 대한 제어 활동을 잘 한다고 한다. 메타인지적 기능에서는 감시-평가, 감시-제어, 평가-제어 등의 메타인지 기능간의 상호작용도 존재할 수 있다. 더 나아가 메타인지적 지식과 기능이 상호작용함으로써 문제해결 활동을 돕는다고 볼 수 있다([10] 참고). 또한, Schoenfeld도 문제해결 활동에서 감시, 평가, 제어에 의한 결정적 인지 활동의 중요성을 강조하고 있다([31]). Schoenfeld는 감시와 제어가 수학 문제를 해결할 때 문제해결의 전문가로서 갖추어야 되는 특성으로, 경험이 부족한 문제해결자는 이러한 메타인지적 기능이 부족하다는 것을 지적하고 있다([12]). 또한, 학생들이 문제해결에 실패하는 것은 그들이 가지고 있는 정보 자원의 부족이라기보다 문제해결 과정을 효과적으로 관리할 수 있는 능력의 결여라고 지적하

였다([31], [32]).

메타인지와 Polya의 문제해결 단계를 연결해보면 <표 1-1>과 같다. 본 연구는 무엇보다 CAS 계산기를 사용하여 메타인지적 기능 중에서 감시와 평가에 초점을 두었다. CAS 계산기를 이용하여 대상학생들이 문제 풀이 과정과 정답을 확인하도록 하였다. 문제 풀이 과정을 비교확인하는 것은 계획실행 단계로 메타인지적 기능 중 감시와 평가에 초점을 둔 활동이다. 답을 비교확인하는 것은 반성 단계로 제어와 평가에 해당하지만 본 연구에서는 수학학습부진아를 대상으로 하였으므로 어려운 활동인 제어보다 평가에 초점을 두어 활동하였다.

<표 1-1> Polya의 문제해결 4단계와 메타인지([10], 수정)

단계	메타인지 영역
문제 이해	메타인지적 지식 : 인간, 과제, 전략
계획 수립	메타인지적 지식 : 과제, 전략
계획 실행	메타인지적 기능 : 감시, 평가
반성	메타인지적 기능 : 제어, 평가

② 수학학습부진아와 메타인지

학습부진아의 개념에 관한 분류는 학자들마다 다르지만, 다음 네 가지 측면으로 정리해 보았다([5]). 첫째, 신경기능적인 무기능이나 뇌 손해를 당한 학습자로서, 학습부진을 신체기관의 원인론으로 규명하려는 시도로 신경학적으로 무기능한 것을 말한다. 둘째, 불균형 성장 패턴을 가진 학습자로서, 능력의 불규칙한 발달로 보는 것을 말한다. 셋째, 학과 수업에서 곤란을 가지는 학습자로서, 뇌 기능 부족이나 정서, 행동장애에서 볼 수 있는 결과로 읽기, 쓰기, 글짓기, 산수 등의 과정에서 하나 또는 그 이상의 발달 장애나 지진에서 오는 것을 말한다. 그러나 정신박약, 감각기관의 장애, 문화실조, 교수문제 등에서 오는 것은 배제한다. 넷째, 학업성취의 가능성의 차이를 가진 학습자로서, 학습할 수 있는 가능성과 실제 성적과의 의미있는 차이가 있을 때를 말한다. 본 연구에서 대상으로 하는 수학학습부진아는 수학의 측면에서 위의 네 번째 분류에 속하는 학생이라고 볼 수 있다.

Slife 외는 메타인지가 문제해결에 미치는 효과에 관한 연구에서 학습부진아와 정상아를 비교한 결과, 학습부진아는 메타인지적 지식과 제어 기능이 뒤떨어졌다고 주장한다([33]). 학습부진아는 일반적으로 심리처리과정에 문제가 있고 메타인지 전략 사용에서 융통성이 부족하며, 문제해결시 충분하고 깊은 사고를 하지 않으며 충동적으로 행동하는 경향을 보인다는 것이다([17]). 주로 학습부진아의 메타인지에 관한 연구들은 문제해결 상황에서 수동적이며, 비활동적이고, 비조직적인 특성을 나타내기 때문에 전략상의 결함이 있다고 한다([36]). 그러나 O'Sullivan과 Pressley는 구체적인 전

략 지식의 제공이 전략 행동에 긍정적 효과가 있고, 특히 일정 수준의 메타인지를 획득하지 못한 학생들에게 전략에 대한 지식이 학습 과제에 대한 성취도를 더욱 향상시킬 수 있음을 주장하였다. 학습자가 전략의 효과나 가치를 인정하게 되면, 훈련 후에도 전략을 계속 사용할 가능성이 커지기 때문에 학습의 파지효과 및 전이효과도 높아진다는 것이다([2], 재인용).

2. 연구방법 및 절차

(1) 연구대상

광역시 소재 인문계고등학교 1학년 495명 중 2007년 한 해 동안의 중간고사, 기말고사, 모의고사를 모두 합하여 수학학업성취도가 하위 20%이내에 속하는 학생 70명을 선발하였다. 이 학생들을 35명씩 평균이 동일하게 두 집단으로 구성하였다. 그 다음, 연구에 참여하고자 하는 학생들로만 2차 선발되었다. 그리하여, 통제집단은 원래대로 35명이 참여하였고, 처치집단은 32명이 참여하여 총 67명으로 구성되었다. 처치집단의 학생들은 이전에 한 번도 공학용 계산기나 수학교육용 계산기를 다루어보지 않았다.

(2) 연구설계

본 연구는 2008년 1월 한 달 동안 하루에 50분씩 실시되었다. 처치집단은 2학년 11반 교실에서, 통제집단은 2학년 12반 교실에서 두 명의 수학교사가 각각 수업을 실시하였다. 사전검사는 두 교실에서 동시에 지필로 실시되었다(<표 2-1> 참고). 그 다음, 처치집단은 한 차시의 CAS 계산기 사용법에 대한 수업이 실시되었다. 그 다음부터 매 수업마다 교사가 학습내용을 설명한 후, 학생들은 각자 활동지를 사용한 학습을 하였다. 이 학습은 주로 학생이 CAS 계산기로 문제를 해결하는 것에 초점을 두었다. 이 때, 학생들이 메타인지 학습을 하도록 구성하였다. CAS 계산기의 사용법에 대한 수업을 실시할 때부터 활동지를 사용한 수업내내 처치집단의 학생들은 CAS 계산기를 제공받았다. 통제집단은 사전검사, 사후검사, 활동지를 사용한 수업 14차시, 총 16차시를 실시하였고, 처치집단은 CAS 계산기 사용에 관한 수업을 더해 총 17차시를 실시하였다. 사후검사는 사전검사와 동형으로 실시되었다. 사전검사와 사후검사의 내용은 활동지의 내용과 동일하다. 사전-사후 검사 문항은 총 25문항으로, 중학교 8-가 단계, 9-가 단계, 고등학교 10-가 단계, 10-나 단계의 수와 연산, 방정식과 부등식(문자와 식), 함수를 중심으로 출제하였다. 활동지는 한 차시당 활동지 하나를 사용하도록 구성되었다. 각 차시의 활동지는 처치집단을 위한 CAS 계산기를 사용하는 활동지와 통제집단을 위한 지필을 사용하는 활동지로 구성되어있다. 처치집단과 통제집단의 활동지 내용과 문항은 모두 동일하게 이루어졌다. 두 활동지는 처음에 교사가 15분정도의

수업을 하도록 제시되어있다. 그 다음에 학생들이 각자 35분정도 문제를 풀도록 되어 있다. 이 때, 처치집단과 통제집단의 활동지 답안작성방식이 다르게 제시되었다. 처치 집단의 활동지는 각 문제를 지필로 해보고, CAS 계산기로도 하고나서 두 값을 비교 하여 반성해보도록 하였다. 통제집단의 활동지는 25분정도 각 문제를 지필로 직접해 보고, 10분정도 교사가 제시하는 답안지의 답을 보고 두 값을 비교하여 반성해보도록 하였다.

<표 2-1> 사전-사후 검사의 평가항목 및 평가내용

단원	문항	평가항목	평가내용
I. 수와 연산	1	절댓값 계산	절댓값 계산
	2	유리수 계산	유리수 계산
	3	무리수 계산	무리수 계산
	4	분모 유리화	분모 유리화
II. 방정식과 부등식 (문자와 식)	5	단항식 계산	단항식의 곱셈과 나눗셈
	6		단항식의 덧셈과 뺄셈
	7	다항식의 계산	분배법칙을 적용한 다항식의 덧셈과 뺄셈
	8		등식의 변형
	9		x 에 관한 식으로 변형
	10		식의 전개
	11		인수분해
	12	연립방정식	연립방정식 중 가감법을 이용한 풀이
	13		연립방정식 중 대입법을 이용한 풀이
	14	이차방정식	이차방정식의 해 구하기
	15	이차부등식	이차부등식의 해 구하기
	16	부등식	부등식 계산
	17	연립부등식	연립부등식 계산
III. 함수	18	일차함수	기울기, x 절편과 y 절편 구하기
	19		서로 평행한 식 찾기
	20		그래프의 평행이동 그리기
	21		일차방정식 그래프 그리기
	22	이차함수	이차방정식 그래프 그리기
	23	일차함수	연립방정식의 계수의 성질
	24		y 절편과 한 점으로 식 구하기
	25		두 점으로 식 구하기

(3) 연구 자료 수집 및 분석

수학교사가 제공하는 대상학생의 2007년 한 해 동안의 중간고사, 기말고사, 모의고사에 관한 점수, 사전검사와 사후검사인 수학학업성취도 검사지와 학생의 활동지 등

의 문서자료를 수집하였다. 특히 수학학업성취도 변화를 분석하기 위해 처치집단과 통제집단의 사전검사, 사후검사를 통해 얻은 점수를 세부적으로 비교분석하고, 결과로 나타나는 특징들을 비교분석하였다.

3. 결과분석

본 연구의 대상은 처치집단 32명, 통제집단 35명이었지만 최종 분석 대상은 처치집단 26명, 통제집단 30명이 되었다. 학생이 줄어든 이유는 여러 번의 보강이 있었음에도 불구하고, 사전검사, 사후검사, 활동지 14개 중 하나라도 참여하지 않은 부분들이 있으면 제외되었기 때문이다.

(1) 각 집단의 수학학업성취도의 변화

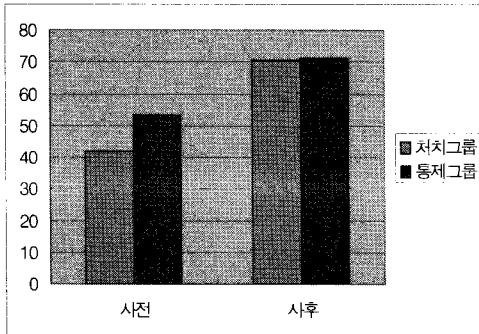
처치집단과 통제집단의 사전검사와 사후검사 점수의 평균을 비교해보면 <표 3-1>과 같다. 처치집단의 사전검사 점수는 100점 만점에서 평균이 약 41.94점이었고, 통제집단의 사전검사 점수는 평균이 약 53.46점이었다. 처음 두 집단으로 나눌 때, 2007년 한 해 동안 모의고사, 중간고사, 기말고사 중 수학 성적으로 동일하게 나누었다. 하지만 본 연구가 대수에 관한 것이어서 사전검사를 실시하였을 때, 기존의 성적과 다르게 두 집단이 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 3-1> 처치집단과 통제집단의 수학학업성취도에 관한 사전-사후 검사 결과 비교

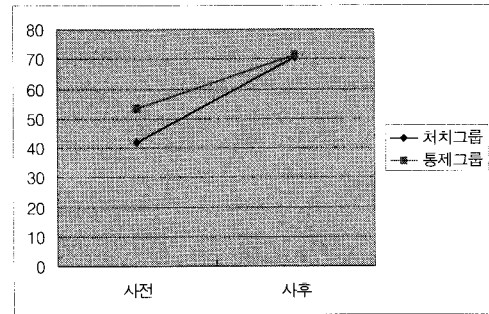
구분 집단별	N	사전검사		사후검사	
		평균	표준편차	평균	표준편차
처치집단	26	41.9423	22.11566	70.4654	13.70133
통제집단	30	53.4633	25.12392	71.2933	22.10264
합계	56	48.1143	24.26426	70.9089	18.52271

약 한 달 동안의 활동지를 이용한 수업이 끝난 후, 사후검사에서 처치집단의 평균이 약 70.47점이었고, 통제집단의 평균은 약 71.29점이었다. 사후검사에서 처치집단의 평균이 약 28.53점 증가했으며, 이는 사전검사에 비해 68.03%가 상승한 것이다. 통제집단의 평균도 약 17.83점 증가했으며, 이는 사전검사에 비해 33.35%가 상승했다. 증가한 비율만 보아도 처치집단이 월등히 상승했음을 알 수 있다. 또한, 평균뿐만 아니라 표준편차도 월등이 나왔다. 통제집단이 표준편차를 약 3점 정도밖에 줄이지 못한 반면, 처치집단은 표준편차를 약 8.4점을 줄였다. 처치집단과 통제집단의 점수 차이가 통계적으로 의미가 있는지를 알아보기 위해 사전검사의 점수를 공변인으로 하고 사후

검사의 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석(ANCOVA)¹⁾을 실시하였다.



[그림 3-1] 처치집단과 통제집단의 수학학업성취도 점수 평균의 변화



[그림 3-2] 처치집단과 통제집단의 수학학업성취도 점수 평균의 변화

<표 3-2> 처치집단과 통제집단의 수학학업성취도에 관한 공분산분석

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
공변인(사전검사)	12373.956	1	12373.956	101.106*
집단간	20139.845	2	10069.922	82.280*
오차	6486.481	53	122.386	

* : $p < .001$

<표 3-2>에 의하면, 사전검사 점수를 공변인으로 하고 사후검사 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석을 한 결과 통계적으로 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다 ($F=82.280, p < .001$). 이 결과는 수학학업성취도 향상에 있어서 CAS 계산기를 사용한 학습이 지필을 사용한 학습보다 수학학습부진아에게 효과적임을 나타낸다.

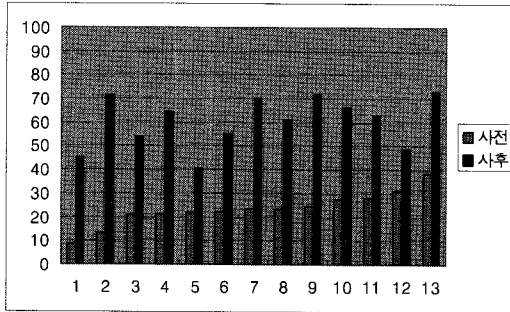
(2) 각 집단 내 각 학생들의 수학학업성취도 점수 변화

① 처치집단 내 각 학생들의 수학학업성취도 점수 변화

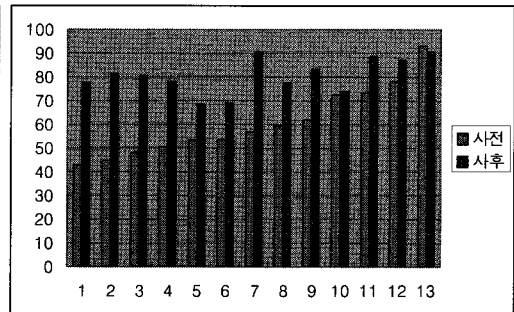
처치집단의 학생을 사전점수를 근거로 하여 두 집단—하위집단 13명과 상위집단 13명—으로 나누었다. 하위집단과 상위집단의 사전점사와 사후검사 점수는 [그림 3-3]과 [그림 3-4]로 나타내었다. [그림 3-3]에서 하위집단은 사전점수보다 모두 18점 이상 올랐고, 최대 58.7점까지 오른 것을 알 수 있다. [그림 3-4]에서 사전검사 중 최고점수 92.7점을 얻은 학생이 사후검사에서 90.3점으로 떨어진 것을 제외하고, 다른 학생들의 점수는 작게는 1.6점에서 크게는 36.4점까지 상승했다. 여기서, 상위집단보다 하위집단

1) '공변량분석'이라고도 함. 여기서는 SPSS를 사용함.

이 사후검사의 점수가 큰 폭으로 상승했음을 알 수 있다(<표 3-3> 참고). 또한, 처치 집단의 하위집단과 상위집단의 사전검사 평균의 차가 37.1점이었지만, 사후검사 평균의 차는 20.1점으로 줄어들었음을 알 수 있다.



[그림 3-3] 처치집단 사전검사에서 하위 13명인 학생들의 점수 변화

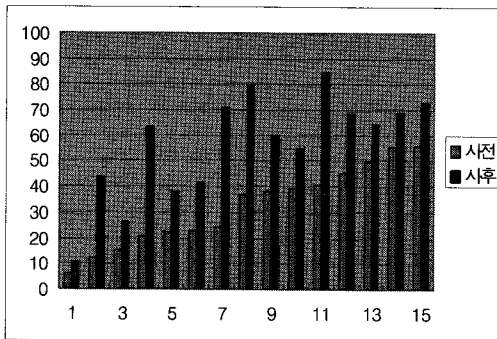


[그림 3-4] 처치집단 사전검사에서 상위 13명인 학생들의 점수 변화

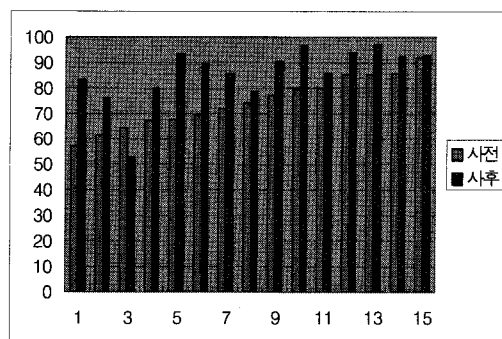
<표 3-3> 처치집단의 하위집단과 상위집단의 수학학업성취도 변화 비교

	사전검사 평균	사후검사 평균	상승 점수
하위 13명	23.4	60.4	37
상위 13명	60.5	80.5	20

② 통제집단 내 각 학생들의 수학학업성취도 점수 변화



[그림 3-5] 통제집단 사전검사에서 하위 15명인 학생들의 점수 변화



[그림 3-6] 통제집단 사전검사에서 상위 15명인 학생들의 점수 변화

통제집단의 학생을 사전점수를 근거로 하여 두 집단—하위집단 15명과 상위집단 15명—으로 나누었다. 하위집단과 상위집단의 사전검사와 사후검사 점수는 [그림 3-5], [그림 3-6]으로 나타내었다. [그림 3-5]에서 하위 15명의 성적이 모두 올랐음을 알 수 있다. 그 오름폭은 최저 4.8점에서 최고 46.8점이다. [그림 3-6]에서 왼쪽 세 번째 학

생이 64.1점에서 52.8점으로 11.3점이나 감소한 것을 제외하고, 다른 학생들은 작게는 0.7점, 크게는 26.1점까지 상승했음을 알 수 있다. 여기서, 통제집단의 학생들도 처치집단의 학생들과 마찬가지로, 상위집단보다 하위집단이 사전검사의 점수에 비해 사후검사의 점수가 큰 폭으로 상승했다(<표 3-4> 참고). 그리고, 하위집단과 상위집단의 사전검사 평균의 차가 42.2점이 낮었지만 사후검사 평균에서는 29.2점으로 줄어들었음을 알 수 있다.

<표 3-4> 통제집단의 하위집단과 상위집단의 수학학업성취도 변화 비교

	사전검사 평균	사후검사 평균	상승점수
하위 15명	32.4	56.7	24.4
상위 15명	74.6	85.9	11.3

③ 처치집단과 통제집단 각 학생들의 수학학업성취도 점수 변화 비교

앞의 [그림 3-3]과 [그림 3-5]에서 처치집단과 통제집단의 하위집단을 비교해보면, 처치집단 중 하위집단의 사후검사 점수가 50점대를 중심으로 분포되어있다. 그러나 통제집단 중 하위집단의 사후검사 점수는 10점대에서 80점대까지 상승의 일정한 폭을 찾아보기 힘들다. 또한, 사전검사에서 처치집단 중 하위집단의 점수—23.4점—가 통제집단 중 하위집단의 점수—32.4점—보다 낮았지만, 사후검사에서는 처치집단 중 하위집단의 점수—60.4점—가 통제집단 중 하위집단의 점수—56.7점—보다 높음을 알 수 있다. [그림 3-4]와 [그림 3-6]에서 처치집단과 통제집단의 상위집단을 살펴보면, 이 두 집단은 유사한 특징을 가지고 있음을 알 수 있다.

처치집단 중 하위집단의 상승점수와 통제집단 중 하위집단의 상승점수는 각각 37점과 24.4점을 나타낸다. 처치집단 중 상위집단의 상승점수와 통제집단 중 상위집단의 상승점수는 각각 20점과 11.3점을 나타내고 있다. 두 비교에서 모두 처치집단이 더 나은 향상을 보였다. 처치집단의 상위집단과 하위집단의 점수차는 37.1점에서 20.1점으로 줄어들었고 통제집단의 상위집단과 하위집단의 점수차도 42.2점에서 29.2점으로 줄어들었다. 처치집단의 두 집단 점수차가 17점이나 줄어든 반면에, 통제집단의 두 집단 점수차는 13점으로 줄었다. 그리고 두 집단의 하위집단이 상위집단보다 더 나은 향상을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 비교를 통해서 처치집단이 통제집단보다 더 나은 향상을 보였음을 알 수 있다.

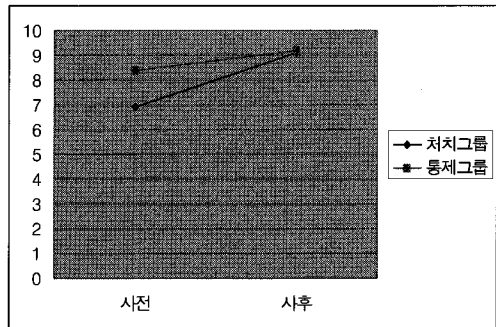
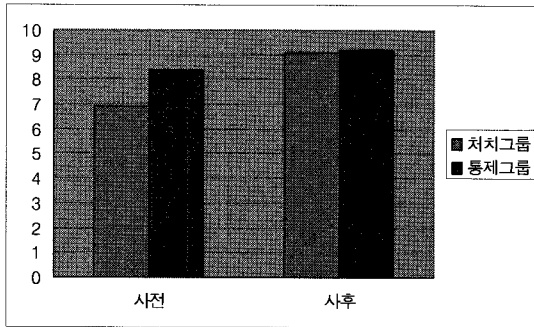
(3) 각 집단의 내용별 점수의 변화

① 수와 연산

수와 연산은 사전검사와 사후검사의 문항 1에서 문항 4까지이다. 각 문항당 3점으로 총 12점이다. 각 집단의 수와 연산 점수는 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 처치집단과 통제집단의 수와 연산에 관한 사전-사후 검사 결과

집단별	구분	N	사전검사		사후검사	
			평균	표준편차	평균	표준편차
처치집단		26	6.9308	2.71761	9.1115	1.71122
통제집단		30	8.4233	2.46012	9.1600	2.33410
합계		56	7.7304	2.66690	9.1375	2.05042



[그림 3-7] 처치집단과 통제집단의 수와 연산 [그림 3-8] 처치집단과 통제집단의 수와 연산 점수 평균의 변화

이전에 전체 성적을 비교한 것과 마찬가지로 처치집단과 통제집단의 사전점수는 차이가 나는 것으로 나타났지만, 사후검사는 거의 동일하게 나타났다.([그림 3-7], [그림 3-8] 참고) 처치집단의 사후검사 점수 평균은 사전검사 점수 평균보다 약 2.18점 상승하였고, 이는 약 31.45% 상승한 것이다. 통제집단의 사후검사 점수 평균은 사전검사의 점수보다 약 0.74점 상승하였고, 이는 약 8.07% 상승한 것이다. 또한 표준편차에 관해서도 처치집단은 사전검사에 비해 사후검사에서 약 10점을 줄였다. 그에 비해, 통제집단은 약 0.13점을 줄였다. 그리하여, 처치집단이 점수 평균과 표준편차 모두 통제집단보다 나은 향상을 보였음을 알 수 있다.

<표 3-6> 처치집단과 통제집단의 수와 연산에 관한 공분산분석

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
공변인(사전검사)	113.936	1	113.936	51.497*
집단간	161.333	2	80.667	36.460*
오차	117.262	53	2.212	

* : $p < .001$

처치집단과 통제집단의 점수 차이가 통계적으로 의미가 있는지를 알아보기 위해 사

사전검사 중 수와 연산 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 수와 연산 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

<표 3-6>에 의하면, 사전검사 중 수와 연산 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 수와 연산 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석을 한 결과 통계적으로 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다($F=36.460, p < .001$). 이 결과는 수와 연산의 수학학업성취도 향상에서 CAS 계산기를 사용한 학습이 지필을 사용한 학습보다 효과적임을 나타낸다.

② 방정식과 부등식(문자와 식)

방정식과 부등식(문자와 식)은 사전검사와 사후검사의 문항 5에서 문항 17까지이고, 총점은 51점이다. 각 집단의 방정식과 부등식 점수는 <표 3-7>과 같다.

<표 3-7> 처치집단과 통제집단의 방정식과 부등식(문자와 식)에 관한 사전-사후 검사 결과

집단별 \ 구분	N	사전검사		사후검사	
		평균	표준편차	평균	표준편차
처치집단	26	27.0615	13.90540	40.9615	8.15589
통제집단	30	32.3233	14.84557	40.5900	11.13436
합계	56	29.8804	14.52957	40.7625	9.77951

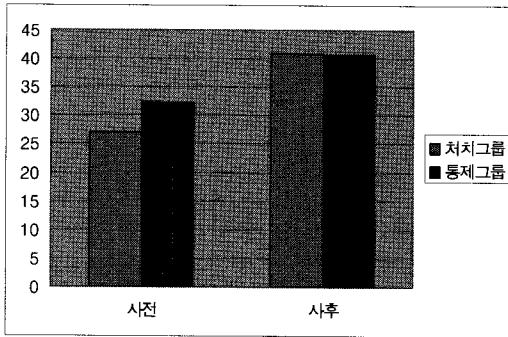
이전에 살펴보았던 것처럼, 처치집단과 통제집단의 사전검사 점수가 차이가 나는 것을 알 수 있다. 사후검사에서 전체점수의 결과나 수와 연산의 결과와 약간 다를 수 있다. 사전검사에서 처치집단과 통제집단의 평균에 관한 이전의 결과들처럼 처치집단의 점수가 통제집단의 점수보다 낮게 나왔다. 하지만 사후검사에서 미세한 차이—0.3715점차—이지만 처치집단의 평균이 통제집단의 평균보다 높게 나왔다([그림 3-9], [그림 3-10] 참고). 처치집단의 사후검사 점수 평균이 사전검사보다 약 13.9점이 상승했으며, 이는 약 51.37%가 상승한 것이다. 통제집단의 사후검사 점수 평균이 사전검사에 비해 약 8.27점 상승했으며, 이는 약 25.59%가 상승한 것이다. 또한, 이전의 수와 연산 영역과 마찬가지로 표준편차도 처치집단이 통제집단보다 확연히 줄었음을 알 수 있다. 통제집단이 표준편차를 약 3.71점 줄인 반면에, 처치집단은 약 5.75점 줄여서, 처치집단이 점수 평균과 표준편차 모두 통제집단보다 나은 향상을 보였음을 알 수 있다.

처치집단과 통제집단의 점수 차이가 통계적으로 유의미한가를 알아보기 위해 사전검사 중 방정식과 부등식(문자와 식) 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 방정식과 부등식(문자와 식) 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

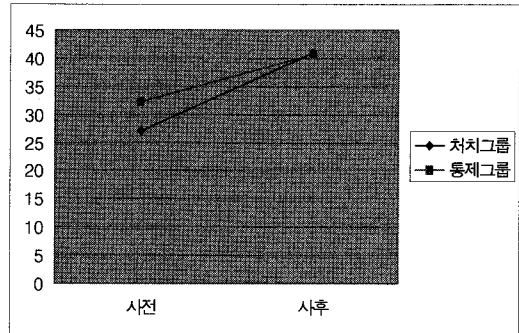
<표 3-8> 처치집단과 통제집단의 방정식과 부등식(문자와 식)에 관한 공분산분석

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
공변인(사전검사)	2985.362	1	2985.362	69.615*
집단간	7226.873	2	3613.437	84.261*
오차	2272.846	53	42.884	

* : $p < .001$



[그림 3-9] 처치집단과 통제집단의 방정식과 부등식(문자와 식) 점수 평균의 변화



[그림 3-10] 처치집단과 통제집단의 방정식과 부등식(문자와 식) 점수 평균의 변화

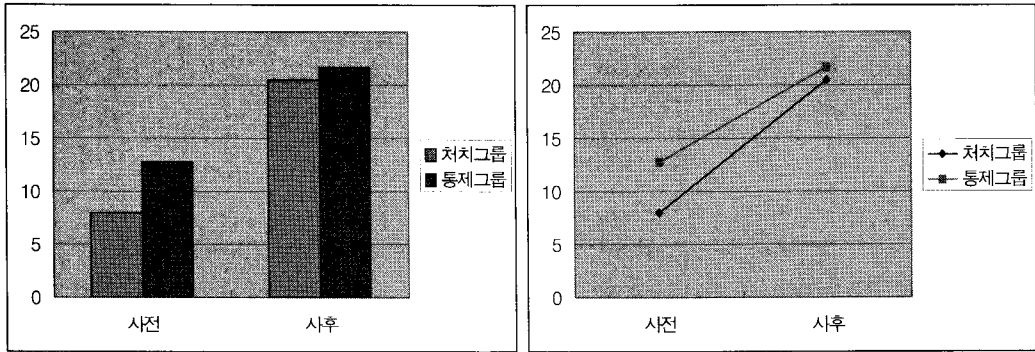
<표 3-8>에 의하면, 사전검사 중 방정식과 부등식(문자와 식) 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 방정식과 부등식(문자와 식) 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석을 한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=84.261, p < .001$). 이 결과는 방정식과 부등식(문자와 식)의 수학학업성취도 향상에 있어서 CAS 계산기를 사용한 학습이 지필을 사용한 학습보다 효과적임을 나타낸다. 이로써, CAS 계산기를 사용한 학습이 일반적인 계산인 수와 연산뿐만 아니라, 문자 계산인 방정식과 부등식(문자와 식)에서도 뚜렷한 효과가 있음을 알 수 있다.

③ 함수

함수는 사전검사와 사후검사의 문항 18에서 문항 25까지이며, 총점은 37점이다. 각 집단의 함수 점수는 <표 3-9>과 같다.

<표 3-9> 처치집단과 통제집단의 함수에 관한 사전-사후 검사 결과

집단별	구분	N	사전검사		사후검사	
			평균	표준편차	평균	표준편차
처치집단		26	8.0115	8.64450	20.4808	6.53226
통제집단		30	12.7200	10.00977	21.6133	9.98049
합계		56	10.5339	9.61310	21.0875	8.49954



[그림 3-11] 처치집단과 통제집단의 함수 점수 [그림 3-12] 처치집단과 통제집단의 함수 점수 평균의 변화

이전의 전체 점수, 수와 연산, 방정식과 부등식(문자와 식)과 마찬가지로 사전점수에서 처치집단과 통제집단의 차이가 있다. 그러나 사후검사에서 처치집단과 통제집단이 거의 비슷한 점수를 나타내었다([그림 3-11], [그림 3-12] 참고). 처치집단의 상승점수는 약 12.47점이며, 사전검사에 비해 약 155.68%가 상승했다. 통제집단의 상승점수는 약 8.89점이며, 사전검사에 비해 약 69.89%가 상승했다. 또한, 표준편차에서도 처치집단이 사전검사에 비해 약 2.11점을 줄인 반면에, 통제집단은 겨우 0.03점 정도를 줄인 것을 알 수 있다. 사전검사에서 처치집단과 통제집단의 평균 점수차가 약 4.7점이었지만, 사후검사에서 약 1.1점으로 나타났다. 그리하여, 처치집단이 통제집단보다 많은 효과가 있었음을 알 수 있다. 처치집단과 통제집단의 점수 차이가 통계적으로 의미가 있는가를 알아보기 위해 사전검사 중 함수 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 함수 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

<표 3-10> 처치집단과 통제집단의 함수에 관한 공분산분석

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
공변인(사전검사)	2124.978	1	2124.978	61.527*
집단간	5228.561	2	2614.280	75.694*
오차	1830.477	53	34.537	

* : $p < .001$

<표 3-10>에 의하면, 사전검사 중 함수 점수를 공변인으로 하고 사후검사 중 함수 점수를 종속변인으로 하여 공분산분석을 한 결과 통계적으로 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다($F=75.694$, $p < .001$). 이는 함수의 수학학습성취도 향상에 있어서 CAS 계산기를 사용한 학습이 지필을 사용한 학습보다 효과적임을 나타낸다. 이로써, CAS 계산기를 사용한 학습 일반적인 계산인 수와 연산, 문자 계산인 방정식과 부등

식(문자와 식)과 마찬가지로 함수에서도 뚜렷한 효과가 있음을 알 수 있다.

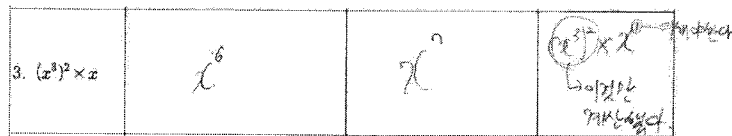
(4) 논의

본 연구의 결과를 바탕으로 몇 가지 논의를 하고자 한다.

첫째, 수학학습부진아가 CAS 계산기를 사용한 학습으로 지필로 학습한 것보다 대수학업성취도를 높였다. ‘계산기는 수학적 교수를 확장시킬 수 있고, 향상된 교수와 학습을 가지게 해주고, 수학적 성취를 증가시킬 수 있는 유용한 도구이다.’([18])라고 말한 것을 바탕으로 실시한 본 연구가 대수학업성취를 증가시켰음을 증명한 것이다. 특히, 본 연구가 일반 학생을 대상으로 한 것이 아니라 수학학습부진아를 대상으로 하였다는 것에 좀 더 의미가 있을 것이다. 뿐만 아니라, Palmiter의 대학생을 대상으로 한 연구는 실험적인 CAS 집단이 전통적인 통제집단과 같은 몇 시간의 과정을 마치고, 개념적인 시험과 계산적인 시험에서 모두 전통적인 통제집단보다 성적이 우수했음을 보였다([29]). 본 연구가 수학학습부진아에게 CAS 계산기를 사용하여 계산적인 시험에서 좋은 성적을 얻을 수 있다는 것을 제시하였지만, 개념적인 측면까지 지도하여 개념적인 시험에서도 좋은 성과를 이룰 수 있는지 살펴보는 연구도 필요하다.

둘째, 수학학습부진아를 대상으로 메타인지 활동을 하였다. 대부분의 연구([3], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11])가 일반 학생이나 수학영재를 대상으로 메타인지 활동을 하였다. 이는 수학학습부진아를 대상으로 메타인지 활동을 하는데 어려움이 많이 따르기 때문일 것이다. 수학학습부진아를 대상으로 메타인지 활동을 한 연구가 외국에 약간 있기는 하지만 그러한 연구들이 국내에서도 많이 이루어져야 할 것이다.

셋째, 메타인지 활동을 강조하기 위해 CAS 계산기를 사용하였다는 것이다. 이전에 대부분의 메타인지를 강조한 연구([3], [6], [7], [8], [9])가 주로 교사의 발문을 중심으로 한 활동을 하고 있다. 그러나 그러한 연구들은 많은 학생들을 대상으로 한 것이 아니라 소수의 학생들을 대상으로 하여 실제로 학교에서 도입하기가 쉽지 않았다. 본 연구는 교사가 일상적인 수업을 하면서 CAS 계산기를 이용하여 학생들의 메타인지를 강조하도록 하였다. 실제로 처치집단의 학생들이 CAS 계산기를 사용하여 활동지를 학습하면서 메타인지를 한 예들을 살펴보면 [그림 3-13]과 [그림 3-14]와 같다.



[그림 3-13] 처치집단 학생 I의 활동지

[그림 3-13]은 학생 I의 수와 연산 영역에서 식을 계산하는 문제를 푼 과정을 나타낸 것이다. 첫 번째 칸은 문제를 제시한 것이다. 두 번째 칸은 학생이 지필로 푼 과정

이나 답을 쓰는 곳이고, 세 번째 칸은 학생이 CAS 계산기를 이용하여 풀 과정이나 답을 쓰는 곳이다. 마지막 칸은 비교란으로, 두 번째 칸과 세 번째 칸, 즉, 지필로 풀 과정이나 답을 CAS 계산기로 풀 과정이나 답과 비교하여 쓰는 곳이다. 학생 I은 두 번째 칸에 x^6 이라고 지필로 풀 답을 썼고, 세 번째 칸에 x^7 이라고 CAS 계산기로 풀 답을 썼다. 그리고 마지막 칸에 비교하여 서술하였다. 여기에 자신이 앞의 $(x^3)^2$ 만을 계산하여 x^6 을 썼다고 나타내면서, 뒤에 x 를 한 번 더 곱하여 지수에 1을 더 더해야 함을 나타내었다. 이는 누구도 가르쳐주지 않은 활동이며, 본 연구가 원하였던 학생들이 스스로 메타인지 활동을 하여 풀이과정과 답을 하였음을 알 수 있다. 이 학생의 이러한 활동 중 계산 결과를 비교하여 자신이 어느 곳을 어떻게 틀렸는지 스스로 (메타인지적 기능 중) 평가하였음을 알 수 있다. 또한, 두 계산과정을 비교하여 반성하는 감시 기능도 이루어졌음을 알 수 있다.

* 다음 일차함수의 x 절편과 y 절편을 구하시오.

1.

$$y = -\frac{1}{2}x + 4$$

<직접 해보기>

$$\begin{aligned} x\text{절편} &= \frac{1}{2} \\ y\text{절편} &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2x &= 4 \\ x &= 2 \end{aligned}$$

<CAS 계산기로 해보기>

$$\begin{aligned} x\text{절편} &= 2 \\ y\text{절편} &= 4 \end{aligned}$$

<두 값을 비교해 보기>

- 두 값의 차이가 있습니까? 있다면 왜 그럴까요?

직접과 컴퓨터가 같음.

[그림 3-14] 처치집단 학생 II의 활동지

[그림 3-14]는 학생 II가 <직접해보기>에 지필로 풀 답은 x 절편이 $\frac{1}{2}$ 이고 y 절편은 4임을 나타내었고, <CAS 계산기로 해보기>에서 x 절편이 2이고 y 절편은 4임을 나타내었다. 그 다음 <두 값을 비교해보기>란에 x 절편의 값이 틀리다고 나타내었다. 그리하여 학생 II는 다시 <직접 해보기>와 <CAS 계산기로 해보기> 사이의 공간에 x 절편을 다시 구하여, $x=2$ 를 나타내었다. 어느 누구도 그 과정에서 잘못 구한 곳을 지적하거나 수정하여 제시하지 않았다. 하지만 학생 II는 스스로가 어디가 틀렸는지 생각하고 다시 문제를 풀었고 왜 잘못되었는지 스스로 반성하고 있음을 알 수 있다. 즉,

이 학생 또한 계산 결과를 비교하여 자신이 어느 곳을 어떻게 틀렸는지 스스로 평가하였고, 두 계산과정을 비교하여 반성하는 감시 기능도 이루어졌음을 알 수 있다. 이러한 예를 통하여 처치집단의 학생들이 CAS 계산기를 사용하여 활동지를 풀면서 메타인지 활동을 하였다는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 제언

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 대수에서 CAS 계산기를 사용하여 활동지를 학습한 수학학습부진아가 지필을 사용하여 활동지를 학습한 수학학습부진아보다 통계적으로 유의미하게 나은 수학학업성취도 점수 향상을 하였다. 즉, 수학학습부진아는 일반적인 지필로 학습하는 것보다 CAS 계산기의 도움을 받아 학습한 것이 더 나은 효과를 나타냈다. 이는 더 나아가 일반적인 학생들도 CAS 계산기를 이용하면 지필보다 더 나은 점수 향상을 가져올 것이라고 추측해 볼 수 있다.

둘째, CAS 계산기를 사용하여 활동지를 학습한 수학학습부진아 중 하위집단이 다른 집단보다 통계적으로 유의미하게 더 나은 성취도 향상을 보였다. 처치집단의 상위집단과 하위집단을 비교하였을 때, 상위집단보다 하위집단이 더 나은 향상을 보였다. 처치집단의 하위집단과 통제집단의 하위집단을 비교하여도 처치집단의 하위집단이 더 나은 결과를 얻었다. 그리하여, 무엇보다 처치집단의 하위집단에 속하는 학생들이 가장 큰 효과를 가져올 수 있음을 알 수 있다.

셋째, CAS 계산기를 이용하여 활동지로 학습한 수학학습부진아는 대수 중 함수에서 제일 높은 점수 향상을 이룰 수 있다. CAS 계산기를 사용한 활동지로 학습한 것이 대수학습 중에서도 함수학습에 제일 큰 영향을 주었다. 함수 풀이를 할 때, 지필을 사용한 것보다 그래프와 표 등을 그리는데 사용할 수 있는 CAS 계산기를 사용하여 학습한 것이 더욱 큰 효과를 나타내었음을 알 수 있다.

본 연구의 결과와 결론을 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, CAS 계산기를 이용하여 대수학습에 관한 연구뿐만 아니라 수학의 다른 분야에 관한 연구가 필요하다. CAS는 Computer Algebra Systems로 대수 영역에 한정되어 있는 것처럼 보이지만, 이론적 배경에서도 언급한 것처럼 현재는 Computer Mathematics Systems로도 불리는 만큼 여러 영역에 적용하여 효과를 살펴보는 연구가 우리나라에서도 필요하다. 또한, CAS 계산기를 이용하여 교수, 학습, 교육과정, 평가 등의 여러 측면에서의 연구도 필요하다.

둘째, 본 연구는 CAS 계산기의 인지적인 측면에서 효과를 살펴보았으나, 정의적인 측면에서 효과에 관한 연구도 필요하다. CAS 계산기가 도입되었을 때 학습자 입장, 교사의 입장에서 어떤 정의적 영향을 받는지 살펴보는 것이 CAS 계산기뿐만 아니라

기술공학의 전체적인 측면에서도 많은 도움이 될 것이다.

셋째, 본 연구는 한 학교에서 수학학습부진아 70명을 대상으로 실시하였으나, 여러 학교의 많은 학생들을 대상으로 한 연구가 필요하다. 본 연구가 여러 가지 제약으로 인해, 일반 인문계 고등학교에서 70명만을 대상으로 실시되었지만, 많은 학교, 많은 학생들을 대상으로 연구가 이루어지면 더 많고 풍부한 결과를 알아볼 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. 김인경, 대수학습에서 CAS 계산기를 활용한 메타인지 활동이 수학학습부진아의 수학학습성취도에 미치는 영향, 한국교원대학교 대학원 박사학위논문, 2008.
2. 김재찬, 메타인지 활동이 학습부진학생의 수학적 문제해결과 신념에 미치는 영향, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 2004.
3. 문성환, 메타인지적 수업에서 나타난 수학학습 태도와 학습과정의 특징 연구, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 2006.
4. 박정환, 우옥희, PBL(Problem-Based Learning)이 학습자의 메타인지 수준에 따라 문제해결 과정에 미치는 효과, 교육공학연구, 5 (1999) No.3, 55-81.
5. 이경준, 학습부진아의 인지특성분석과 효율적인 교수전략탐색연구, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 1983.
6. 이광상, 중학교에서의 메타인지적 수업이 수학적 문제해결에 미치는 효과, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 1999.
7. 이봉주, 문제해결 과정에서 메타인지적 활동 안내를 통한 고등학생의 메타인지 능력 활성화 가능성 탐색, 수학교육, 43 (2004) No.3, 217-231.
8. 이양기, 메타인지적 사고를 향상시키기 위한 수업의 형태가 문제해결력에 미치는 영향 분석, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 1997.
9. 장선명, 반성활동에 초점을 둔 증명지도 사례연구-8단계를 중심으로, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 2004.
10. 조재영, 수학 교수활동 과정에서 학생의 메타인지적 능력 신장 방안 탐색, 한국교원대학교 대학원 박사학위논문, 1996.
11. 최은희, 김민경, 메타인지 전략을 활용한 수업에서의 초등학생의 수학적 추론과 표현에 미치는 효과에 관한 연구, 교과교육학 연구, 10 (2006) No.1, 191-207.
12. Artzt, A. F. & Armour-Thomas, E., Protocol analysis of group problem solving in mathematics : A cognitive-metacognitive frame-work for assessment, Boston, MA., In *The Annual Meeting of the American Educational Research Association*, (1990) 1-3. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 320 927).

13. Bennett, G., Calculus for general education in a computer classroom, *The International DERIVE Journal*, 2 (1995) No.2, 3-11.
14. Blozy, T. A., *An analysis of performance on calculus questions by students using CAS and Non-CAS graphing calculators*, Doctoral Dissertation, Columbia University, 2002.
15. Cuoco, A. & Levasseur, K., Classical Mathematics in the Age of CAS, In Fey. J. T., Cuoco, A., Kleran, C., McMullin, L., & Zbiek, R. M.(Eds.), *Computer Algebra Systems in Secondary School Mathematics Education*, chapter 6, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2003.
16. Dick, T. P., Dion, G. S., & Wright, C. L., Case Study: Advanced Placement Calculus in the Age of the Computer Algebra System, *The Mathematics Teacher*, 96 (2003) No.8.
17. Dickman, S. J., Functional and Psychology impulsivity : Personality and cognitive correlates, *Journal of Personality and Social Psychology*, 58 (1990) 95-102.
18. Dunham, P. H., Highlights from Research on Graphing Calculators, *Proceedings of the T3 International Conference on Mathematics Education*, 2000.
19. Flavell, J. H., *Cognitive development*, NJ : Prentice-Hall, Inc., 1985.
20. Flavell, J. H., *Speculations about the nature and development of metacognition*, In Weinert, F. E. & Kluwe, R. H.(Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1987.
21. Forrest-Pressley, D. L., MacKinnon, G. E., & Waller, T. G.(Eds.), *Metacognition, cognition, and human performance : Instructional Practices (Vol. 2)*, NY : Academic Press, 1985.
22. Garofalo, J. & Lester, F. K. Jr., Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance, *Journal for Research in Mathematics Education*, 16 (1985) No.3, 163-176.
23. Heid, M. K., Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool, *Journal for Research in Mathematics Education*, 19 (1988) No.1, 3-25.
24. Heid, M. K. & Zbiek, R. M., A technology-intensive approach to algebra, *The Mathematics Teacher*, 88 (1995) No.8, 650-656.
25. Hirschorn, D. B. & Thompson, D. R., Technology and reasoning in algebra and geometry, *The Mathematics Teacher*, 89 (1996) No.2, 138-142.
26. Kokol-Voljc, V., Exam Questions When Using CAS for School Mathematics

- Teaching, *proceedings of the T3 World-Wide conference*, Tokyo, Japan, 6-8 August, 2000.
27. Llorens-Fuster, J., A mathematics course with DERIVE at technical colleges, *The International DERIVE Journal*, 2 (1995) No.2, 33-39.
 28. Mayes, R. L., Computer use in Algebra: And now the rest of the story, *The Mathematics Teacher*, 86 (1993) No.7, 38-541.
 29. Palmiter, J. R., Effects of computer algebra systems on concept and skill acquisition in calculus, *Journal for Research in Mathematics Education*, 22 (1991) No.2, 51-156.
 30. Schmidt, W. H., McKnight, C. C., et al., *Facing the Consequences: Using TIMSS for a closer look at U. S. mathematics and science education*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
 31. Schoenfeld, A. H., *Mathematical problem solving*, San Diego, CA : Academic Press, 1985.
 32. Schoenfeld, A. H., *What's all the fuss about metacognition?*, In Schoenfeld, A. H.(Ed.), *Cognition Science and Mathematics Education*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, (1987) 189-215. 대한수학교육학회, 8. 메타인지가 도대체 무엇인데 이 야단인가? 제 39회 수학교육학 집중세미나, 2002.
 33. Slife, B. D., Weiss, J., & Bell, T., Separability of metacognition and cognition : Problem solving in learning disabled and regular students, *Journal of Educational Psychology*, 77 (1985) No.4, 437-445.
 34. Stewart, S., Concerns Relating to the CAS Use at University Level, *Proceedings of the Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*. Held at RMIT, Melbourne, 7-9 July, 2005.
 35. Taylor, M., Calculators and computer algebra systems-their use in mathematics examinations, *The Mathematics Gazette*, 79 (1995) No.4, 68-73.
 36. Torgensen, J. K., The role of nonspecific factors in the task performance of learning-disabled children : A theoretical assessment, *Journal of Learning Disabilities*, 10 (1977) 27-34.
 37. Waits, B. K. & Demana, F., A Computer for All Students-Revisited, *The Mathematics Teacher*, 89 (1996) No.9, 712-714.
 38. Waits, B. K. & Demana, F., *Calculators in Mathematics Teaching and Learning: Past, present and future*, In *Learning for a New Century: 2000 yearbook of the National Council of teachers of Mathematics*. Chapter 5. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.

The effect of metacognitive activity using CAS calculator on high school first grade mathematics slow-learners' achievement of Algebra

Gongju National University of Education In Kyung Kim
Korea National University of Education Hea Chan Lew

This paper observed the effect of CAS calculator usage while studying algebra on the achievement of low-achievement students. Participants were composed of 70 low-achievement tenth grade students from a high school located in a metropolitan city. That had never used a mathematics educational calculator before. Target participants were divided into two groups: an experiment group that studied activity papers with the aid of a CAS calculator, and a control group that studied the same activity papers using only paper-and-pencil. The content of the activity papers for the two groups was the same, but the structure differed. Content consisted of numbers and operations, equations and inequalities(character and expressions), and functions. Students in the experiment group exhibited metacognition learning using a CAS calculator. The two groups completed mathematics achievement tests both before and after the activity papers. Therefore, ANCOVA analysis results showed that compared to the pretest, results of the experiment group improved considerably more than the control group.

Key Words : Algebra learning(대수학습), CAS calculator(CAS 계산기), metacognition(메타인지), mathematics slow-learner(수학학습부진아), mathematics achievement(수학학업성취도).

2000 Mathematics Subject Classifications : 97U70

ZDM Subject Classifications : Q30

접수일 : 2009년 1월 12일 수정일 : 2009년 2월 10일 게재확정일 : 2009년 2월 18일