

중학교 과학교육에서 변인통제 능력 향상 프로그램 적용 효과

김희진* · 김희수¹
옥정중학교, ¹공주대학교

The Effect of an Enhancing Program for Variable Control Abilities Applied to the Science Education in Middle School

Hee-Jin Kim* · Hee-Soo Kim¹
Okjung Middle School, ¹Kongju National University

Abstract : In this study, we develop 15 learning programs to enhance the variable identification and control abilities for the middle school students and analyze the effect of the programs applied to the class. To increase the learning effect of the variable identification and control abilities, we design the programs so that the students can monitor their thinking processes and also they can evaluate the results from their cognitive activities objectively. We analyze the effect of the programs applied to the class and the results show that the test group, which uses the program, marks higher scores in the variable identification abilities compared to the control group. Also, the test group has the increased level of logic to control the variables. Especially, the effect is higher with the students who do not have any logic to control the variables. From the results, we know that it is possible to improve the variable identification and control abilities of the students through the meta-cognitive learning programs developed by us. Furthermore, the results show that the score of variable control abilities positively correlate with that of meta-cognitive level. It means that the meta-cognitive strategy meaningfully increases the variable control abilities of middle school students.

keywords : variable control, variable identification, enhancing program, science education

I. 서론

1. 연구의 필요성

과학교육의 목표는 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르는 것이다(교육과학기술부, 2008). 이처럼 과학 학습에서

과학지식의 습득뿐 아니라 과학적 사고능력을 향상시키는 것도 중요한 목적이 되었다. 여러 가지 탐구요소 중 변인 찾기 및 통제 능력은 통합탐구과정의 기초적인 단계로 탐구문제의 인과관계를 밝히는 데 필수적인 능력이며(한효순 등, 2002), 일상에서의 과학적인 문제 해결을 위해서도 반드시 습득해야 하는 능력이다.

1980년부터 2000년까지 학술지에 게재된 논문을 분석하여 중학생들의 논리적 사고 능력을 메타 분석 하였더니, 변인 통제 논리 형성 정도가 중학

*교신저자 : 김희진(heejin-98@hanmail.net)

2012년 10월 19일 접수, 2012년 12월 12일 수정원고 접수, 2012년 12월 16일 채택

교 1학년의 경우 19.5%, 2학년은 26.9%, 3학년은 36.1%로 나타났다(김영민과 김수현, 2009). 비슷한 시기에 조사된 Mattheis et al.(1992)의 연구에 의하면 일본 중학생들의 경우는 변인통제 논리 형성 정도가 50.7%로, 우리나라 중학생들의 변인 통제 논리 형성 정도가 일본 중학생에 비해 많이 떨어지는 것을 알 수 있다.

그러나, 정규 수업에서는 변인통제 능력을 향상시키기 위해 학생들에게 변인을 판별하고 통제하면서 실험 설계를 해보도록 하는 것이 현실적으로는 어렵다. 그러므로, 변인 통제 능력과 변인을 추론하는 능력을 향상시키기 위해서 특별히 고안된 프로그램을 제공할 필요가 있다(김선자와 최병순, 2005; 김재우 등, 1999; 백명화, 2007; 양일호 등, 2006; Ross, 1988). 이러한 프로그램을 통한 훈련으로 변인 통제 능력이 일부 형성될 수 있으며(Siegler et al., 1973), 이러한 훈련에 의한 학습이 구체적 조작단계의 학생들에게 효과적이었다(Lawson & Wollman, 2003).

또한, 여러 프로그램들 중 메타인지 전략 활동이 포함된 프로그램의 경우 변인 통제 능력향상에 효과가 있으며, 그 효과가 지속적이었다(허병철, 2002). 더 나아가 메타인지 전략 활동은 과학 탐구 기능 향상에도 효과적이며, 과학적 문제 해결력과 상관관계가 있는 것으로 나타났다(이은주, 2010; Pearsall, 1999; Rozencajg, 2003).

우리나라 학생들의 변인 통제 능력 형성정도가 낮고, 학년이 올라가도 형성정도가 크게 향상되지 않음에도 불구하고 현장에 적용할 수 있는 변인 통제 능력 향상 프로그램이 거의 개발되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 중학교 학생들의 변인 판별 및 통제 능력을 효과적으로 신장시킬 수 있도록 메타인지 전략 활동이 포함된 프로그램을 개발하고자 하였다. 또한, 이를 적용하여 개발된 프로그램들이 변인 판별 및 통제 능력 신장과 변인 통제 논리 형성에 효과가 있는지를 검증하여, 그 수업 효과를 분석하고자 하였다.

2. 연구의 제한점

본 연구는 서울특별시에 소재한 중학교 2학년 학생 185명을 표본으로 연구하였기 때문에, 본 연구 대상 학교와 상황이 다른 전체 중학교에 이 결과를 적용하여 일반화하기에는 제한이 따른다. 또한, 주어진 학교 환경 및 수업 환경 외에 다른 개인차 변인을 총체적으로 고려하지 못한 제한점이 있다. 마지막으로, 본 연구에서 사용하는 변인 판별 및 통제 능력에 대한 검사 도구는 사전, 사후 동형의 검사지를 사용하므로 사전 검사의 경험이 사후 검사의 결과에 영향을 미칠 수도 있다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 과정 및 대상

본 연구에서는 중학교 학생들의 변인 판별 및 변인 통제 능력을 신장시킬 수 있는 학습 프로그램을 개발하였다. 개발된 15개의 프로그램은 변인 판별 및 통제 학습 효과와 메타 인지적 학습이 되도록 하는데 타당한지를 확인하기 위해 과학교육과 교수 4명, 물리-화학-생물-지구과학과 대학원생 8명으로부터 그 타당성을 검증받고 수정 보완하여 재정리한 것이다.

연구 대상은 서울특별시에 소재한 남녀공학 중학교 2학년 6개 학급 185명이다. 이 중 3개 학급 92명을 실험집단, 나머지 3개 학급 93명을 비교집단으로 선정하고, 이들을 대상으로 사전검사를 실시하였다(3월 초순). 두 집단의 변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램의 효과를 알아보기 위하여, 실험집단은 본 연구자가 개발한 학습 프로그램을 과학시간에 정규 교육과정과 병행하여 실시하였고(3월 2주~7월 1주, 약 4개월간), 비교집단은 정규 교육과정만 실시하였다. 연구 설계를 그림으로 나타내면 다음 <그림 1>와 같다.

실험 집단 :	O ₁	X ₁	O ₂
비교 집단 :	O ₃	X ₂	O ₄

O1, O3 : 사전 변인 판별 및 통제 능력 검사
 X1 : 정규 교육과정 + 변인 판별 및 통제 학습 프로그램 처치
 X2 : 정규 교육과정
 O2, O4 : 사후 변인 판별 및 통제 능력 검사

그림 1. 연구의 설계

학습 프로그램은 조절 변인 찾기, 종속 변인 찾기, 통제 변인 찾기 활동과, 다른 학생의 실험을 평가하는 활동 등으로 구성되어 있다. 사전수업까지 포함하여 총 16차시 분량으로 1차시 분량은 A4용지 1장으로, 15분 가량이면 학생이 충분히 문제를 해결할 수 있다. 프로그램의 문제를 해결하도록 한 후 바로 교사가 정답과 오답에 대한 지도를 하였다. 프로그램을 투입하기 전, 탐구의 정의와 탐구 방법의 종류, 과학적 탐구 과정에 대한 설명과 실험군, 대조군에 대한 설명을 하였다. 또한, 변수와 변인에 대한 정의와, 조절 변인, 종속 변인, 통제 변인에 대한 정의 등을 설명하여 변인 통제와 관련된 기본적인 사항을 알려주는 사전 수업을 먼저 실시한 후에 개발한 프로그램을 투입하였다. 프로그램은 난이도가 낮은 것부터 높은 것으로 순차적으로 투입되었다. 프로그램 투입 후 매시간 마다, 실험에서 어떤 변인들이 있는지 찾도록 유도하고, 실험 설계를 위해 여러 변인 중 한 가지를 제외하고 나머지는 동일하게 유지하는 변인 통제가 필요함을 설명하였다. 변인이 통제가 되지 않으면 종속 변인에 영향을 미치는 조절 변인을 찾을 수 없으므로 변인 통제가 중요함을 강조하였다.

15가지의 변인 판별 및 통제 학습 프로그램 투입이 완료 후 사후 검사를 실시하였다(7월 중순). 그리고, 실험집단과 비교집단의 변인 통제 논리 형성 정도를 형성, 과도기, 미형성 세 단계로 나누어 보고, 변인 판별 및 통제 학습 프로그램 투입 후 변인 통제 논리 형성 정도가 어떻게 변화되었는지 알아보았다. 또한, 실험 집단 내에서 변인 통제 학

습 프로그램을 투입하기 전의 변인 통제 논리 형성 정도에 따라, 변인 판별 및 통제 능력 향상 정도가 사전 검사에 비해 사후 검사에 얼마나 향상 되었는지 알아보았다. 마지막으로, 변인 통제 능력과 메타인지 수준과의 관계를 알아보았다.

2. 검사 도구

1) 변인통제 능력 검사 도구

개발한 학습 프로그램이 변인 판별 및 통제 능력 향상에 효과적인지 알아보기 위해 과학탐구기능 측정검사 도구인 TIPS II (Test of Integrated Process Skill) 검사지를 활용하였다. 이 검사지는 Burns et al.(1985)에 의해 개발된 것으로, 총 6개의 탐구기능으로 구성되어 있다. 이 중 변인 찾기 영역에 해당하는 12문항을 사전·사후 검사지로 활용하였다. 본 검사지의 내적 신뢰도(Cronbach α)는 0.86이며, 평균 난이도 지수는 0.53, 변별도 지수는 0.35이다. 이 검사지의 채점은 정답이면 1점, 오답이면 0점으로 하여 총점은 12점이며, 검사시간은 15분으로 하였다.

2) 변인통제 논리 형성 검사 도구

학생들의 변인 통제 논리 형성정도 변화를 분석하기 위해 GALT (Group Assessment of Logical Thinking) 검사지를 활용하였다. 이 검사지는 Roadrangka et al.(1983)에 의해 개발된 것으로, 6개의 논리유형을 측정하도록 구성되어 있는 GALT 축소본 중에서 변인 통제 논리를 측정하는 2문항(4문제)을 검사지로 사용하였다. 검사지의 타당도 계수는 0.71이며, 신뢰도는 Cronbach's Alpha 계수가 0.85이고, 문항의 평균난이도는 0.40이다. 검사지는 정답을 묻는 문제와 그 정답을 택한 이유를 묻는 문제로 되어 있어, 학생들이 정답(○로 표시)과 오답(×로 표시)으로 답할 수 있는 유형은 네 가지로 나타나는데, 최병순과 허명(1987)이 제안한 방법처럼 1, 2, 3, 4로 구분하여 분석하였다(표 1).

표 1. 정답과 이유를 묻는 문항에 대한 응답 구분

정답을 묻는 문제	이유를 묻는 문제	구분
○	○	4
×	○	3
○	×	2
×	×	1

이를 <그림 2>에서와 같이 두 문항의 교차확인 방법을 활용하여 형성, 과도기, 미형성의 세 단계로 구분하였다.

문항	1번				
	구분	4	3	2	1
2번	4	형성	도		과
	3				미
	2				형
	1	성			

그림 2. 변인 통제논리 형성정도를 알아보기 위한 교차확인 방법

3) 메타인지 검사 도구

학생들의 메타인지를 측정하기 위해 과제와 상관 없이 일반적으로 사용하는 영역 독립 메타인지 검사지를 사용하였다. 영역 독립 메타인지 검사지는 Pintrich & De Groot(1990)와 양명희(2000)의 메타인지 전략의 사용 측정 문항을 이은주(2010)가 수정 보완하여 제작한 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 메타인지적 기능의 하위 요소인 ‘계획’, ‘모니터’, ‘조절’, ‘평가’ 로 구성되어 있으며, 총 18문항으로 총점은 90점이다. 본 검사지의 내적 신뢰도(Cronbach α)는 0.72이다.

3. 자료처리 및 분석

본 연구 결과에서 얻은 모든 자료의 통계 분석은 SPSS/WIN 9.0 프로그램을 사용하였다. 첫째, 개발한 학습 프로그램 적용 전에, 실험 집단과 비교 집단의 동질성 여부를 분석하기 위하여 독립표본

t-검정을 실시하였다. 둘째, 학생들의 변인 판별 및 통제 능력 향상 정도가 통계적으로 의미 있는 차이가 있는지를 알아보기 위해, 학습 프로그램 적용 후에는 실험 집단과 비교 집단 간의 독립표본 t-검정과, 실험 집단 내에서 사전·사후 검사의 대응표본 t-검정을 실시하였다. 셋째, 변인 통제 논리 형성정도 변화를 분석하기 위해 프로그램 투입 전과 투입 후의 변인 통제 논리 형성정도를 형성, 과도기, 미형성의 세 단계로 구분하여 백분율을 계산하였다. 넷째, 변인 통제 논리 형성정도에 따른 변인 통제 능력 향상정도를 알아보기 위해 형성 단계 별로 사전 검사 평균과 사후 검사 평균의 차이를 계산하였다. 마지막으로, 변인 통제 능력과 메타인지 수준의 상관관계 분석을 실시하였다.

4. 변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램 개발

중학교 과학교과서에 나와 있는 탐구 실험 소재 중 변인 찾기 및 변인 통제 학습의 효과를 높일 수 있는 주제를 물리 영역, 화학 영역, 생물 영역, 지구과학 영역에서 선정하였다. 또한, 실생활의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기르기 위해 실생활 영역에서의 탐구 주제도 선정하였다. 각 영역에서 3가지씩 총 15가지의 프로그램을 개발하였는데, 본 연구에서 개발한 프로그램의 주제와 탐구 실험의 변인들은 다음 <표 2>와 같다.

대부분의 프로그램은 조절 변인과 종속 변인인 한 가지이며, 탐구 1의 경우는 조절 변인이 3개, 탐구 3의 경우는 조절 변인이 2개가 제시되어 서로가 조절 변인과 통제 변인으로서 역할을 하도록 제작하였다. 탐구 5와 탐구 13의 경우 여러 가지 변인들을 찾아서, 어떤 변인을 변화시켜야하며, 어떤 변인을 통제해야하는지, 또 어떤 변인을 측정해야 하는지를 인식하고 가설을 검증하기 위한 실험 설계를 직접 해보도록 개발하였다.

중학교 과학 교과서에서는 변인에 대한 구체적인 서술이 없어 조절 변인이나 종속 변인, 통제 변인과 같은 단어를 프로그램에 사용하지 않았다.

표 2. 개발한 프로그램의 주제와 탐구 실험의 변인

영역	프로그램 번호	투입 차시	탐구 주제	변인 통제 개수	조절 변인	종속 변인	통제 변인
물리	탐구 1	4	관에 따른 음의 높낮이	3	관의 재질, 굵기, 길이	음의 높낮이	관의 재질, 굵기, 길이
	탐구 2	6	전압과 전류의 관계	1	전압	전류	저항
	탐구 3	15	전자석의 세기에 영향을 주는 요인	2	전류의 세기, 코일의 감은 수	전자석의 세기	코일의 감은 수, 전류의 세기, 코일의 굵기, 못의 크기
화학	탐구 4	1	온도에 따른 용해도	1	온도	설탕의 녹는양	물의 양
	탐구 5	7	농도에 따라 어는점 변화	1	소금물의 농도	어는 온도	물의 양, 비커크기
	탐구 6	12	마그네슘과 염산반응	1	염산의 양	발생한 수소기체의 부피	마그네슘의 양, 염산의 농도
생물	탐구 7	2	운동량과 맥박수	1	운동량	맥박수	측정하는 시간, 운동의 종류
	탐구 8	8	증산작용	1	잎의 수	줄어든 물의 양	처음 물의 양, 놓는 장소, 식물의 종류
	탐구 9	13	광합성량	1	빛의 세기	기포수	이산화탄소농도, 온도
지구과학	탐구 10	3	유수대의 기울기에 따른 침식정도	1	유수대의 기울기	흙의 침식정도	붓는 물의 양, 넣는 흙의 양
	탐구 11	9	스테아르산의 결정만들기	1	냉각속도	결정크기	스테아르산의 상태
	탐구 12	14	높이에 따른 대기의 온도	1	구리판과 온도계의 거리	온도계의 온도	온도계의 처음 값, 동시에 온도 읽기, 온도계의 반응 정도, 전구와 온도계 사이의 거리, 전구가 비추는 방향
실생활	탐구 13	5	튀어 오르는 공	1	공을 떨어뜨리는 높이	튀어 오르는 정도	공의 재질, 공의 무게, 바닥의 상태
	탐구 14	10	세제의 세정력 비교	1	세제의 종류	천 조각에 남아 있는 기름때의 양	물의 온도와 양, 세제의 양, 기름 때의 양
	탐구 15	11	온도에 따른 점성변화	1	온도	통과시간	물질, 깔대기 위에 붓는 양

조절 변인의 경우 ‘이 실험에서 변화시켜주어야 할 것은?’ , 또는 ‘다르게 해주어야 하는 것은?’ 으로, 종속 변인의 경우 ‘변화되는 것은?’ 으로, 통제변인의 경우 ‘같게 해주어야하는 것은?’ 등으로 표현하였다.

본 프로그램은 변인 판별 및 통제 학습 효과를 높이기 위하여 메타 인지적 학습이 되도록 개발하였다. 즉, 메타 인지적 기능의 하위 요소인 ‘계획, 모니터, 조절, 평가’ 요소가 들어가도록 구성되어 있다. 다음 <그림 3>의 ‘탐구 10 - 흐르는 물은

지표를 어떻게 변화시킬까?’ 라는 프로그램을 예를 들어보면 1)번~4)번 문항의 경우, 여러 가지 변인을 판별하는 내용인면서 메타인지 요소 중, ‘계획’ 요소와 ‘조절’ 요소가 담겨있다. 5)번, 6)번 문항의 경우 ‘모니터’ 요소가 담겨 있고, 7)번 문항의 경우 변인 통제 학습 내용인면서 ‘평가’ 요소가 담겨

있다. 8)번과 9)번 문항의 경우 변인 판별과 변인 통제에 관한 내용인면서 ‘평가’ 및 ‘모니터’ 요소가 담겨있다. 과제를 수행해가면서 자신의 문제풀이 과정에 대해 계획하고, 인지하며, 자신의 사고과정과 인지 활동 결과에 대해 객관적으로 평가하고, 그 평가에 따라 자신의 문제풀이 과정을 모니터할

3차시

탐구 10 - 흐르는 물은 지표를 어떻게 변화시킬까?

유수대의 기울기에 따라 흙이 침식되는 정도가 어떻게 달라지는지를 알아보고자 다음과 같이 실험하였다. 두 개의 유수대에 같은 양의 흙을 평평하게 담고 유수대의 기울기를 달리하여 기울여 놓는다. 유수대의 높은 쪽 흙 표면에서 고무관으로 같은 양의 물을 흘려보내면서 흐르는 물이 흙 표면을 얼마나 침식시키는지 관찰한다.



- 1) 이 실험 내용에 관련된 요인에는 어떤 것들이 있을까? 모두 써보자.
- 2) 이 실험에서 다르게 해주어야 하는 것은 무엇인가?
- 3) 위 2)번에 의해 이 실험에서 변화되는 것은 무엇인가?
- 4) 이 실험에서 일정하게 해주어야 하는 것을 모두 쓰면?
- 5) 위 2)~4)번 같이 생각한 이유는?
- 6) 위 3)번 답에 영향을 주는 또 다른 변인은 없을까? 있다면 모두 써보자.
- 7) 위 탐구주제에 결론을 내리기 위하여 민섭이와 승원이는 다음과 같은 두 개의 유수대에서 흙이 얼마나 침식되었는지를 비교하였다. 적합한 방법으로 실험하였는지를 점수로 적어보자. (완벽하다면 100점)

민섭	30° 기울인 유수대에 1L의 물을 흘림
	30° 기울인 유수대에 2L의 물을 흘림

승원	15° 기울인 유수대에 1L의 물을 흘림
	30° 기울인 유수대에 1L의 물을 흘림

민섭 ()점

승원 ()점

그렇게 점수를 준 이유는?

- 8) 민섭이와 승원이의 실험을 보고 위 2)~4)번 문제에서 여러분이 쓴 답에 대해 점수를 준다면 몇 점을 주겠는가? (완벽하다면 100점) _____ 점
왜 그러한 점수를 주었는지 적어보자.
- 9) 이 실험에서 생길 수 있는 오차는 어떤 것이 있을까? 왜 그런 오차가 생겼을까?

4차시

탐구 1 - 어떤 관이 가장 높은 소리를 낼까?

서진이는 관을 불었을 때 소리가 나는 것을 보고, 관의 재질과 굵기, 길이에 따라 소리의 높낮이가 어떻게 달라지는지를 알아보기 위하여 다음과 같이 두 가지의 관을 짝을 지어 높낮이를 비교해 보았다.

관	재질	굵기	길이	음의 높낮이	
실험 1	A	금속	굵다	짧다	같다
	B	플라스틱	굵다	짧다	
실험 2	C	금속	굵다	길다	같다
	D	플라스틱	가늘다	길다	
실험 3	E	금속	가늘다	길다	낮은음
	F	금속	가늘다	짧다	높은음
실험 4	G	플라스틱	굵다	짧다	같다
	H	플라스틱	가늘다	짧다	
실험 5	I	금속	굵다	길다	낮은음
	J	금속	가늘다	짧다	높은음

- 1) 이 실험 내용에 관련된 요인에는 어떤 것들이 있을까? 모두 써보자.
- 2) 이 실험에서 다르게 해주어야 하는 것은 무엇인가?
- 3) 위 2)번에 의해 이 실험에서 변화되는 것은 무엇인가?
- 4) 위 3)번 답에 영향을 주는 또 다른 변인은 없을까? 있다면 모두 써보자.
- 5) 위 결과로 보아 음의 높낮이는 무엇에 의해 영향을 받는가?
또, 몇 번째 실험을 보고 이것을 알 수 있는가? 그렇게 생각한 이유는?
- 6) 진수는 실험 5를 보고 굵은 관이 가는 관보다 낮은음을 낸다고 하였다. 진수가 내린 결론이 맞는가? 그렇게 생각한 이유는?
- 7) 진수가 내린 결론과 위 5)번 문제에서 여러분이 내린 결론을 비교해보자. 여러분이 쓴 5)번 답에 대해 점수를 준다면 몇 점을 주겠는가? (완벽하다면 100점)
 _____ 점
 왜 그러한 점수를 주었는지 적어보자.
- 8) 이 실험에서 생길 수 있는 오차는 어떤 것이 있을까? 왜 그런 오차가 생겼을까?

그림 3. 개발된 변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램 예

수 있도록 구성하였다.

프로그램의 기본 틀은 다음과 같다. <그림 3>의 ‘탐구 10’ 프로그램을 보면 “1) 이 실험 내용에 관련된 요인에는 어떤 것들이 있을까? 모두 써보자.”

라는 질문을 통해 실험 내용에 관련된 요인들을 모두 찾도록 하여 먼저 변인 찾기를 생각하게 하였다. 다음으로 “2) 이 실험에서 다르게 해주어야 하는 것은 무엇인가?”, “3) 위 2)번에 의해 이

실험에서 변화되는 것은 무엇인가?”, “4) 이 실험에서 일정하게 해주어야 하는 것을 모두 쓰면?”이라는 질문을 통해 변화시켜야 할 요인, 변화되는 요인, 일정하게 해주어야 할 요인을 찾도록 하여 조절 변인, 종속 변인, 통제 변인을 구별할 수 있게 하였다. “5) 위 2)~4)번 같이 생각한 이유는?”이란 질문으로 여러 가지 요인들 중에서 그 요인을 조절 변인, 종속 변인, 통제 변인으로 고른 이유에 대해 생각해보게 하였다. “6) 위 3)번 답에 영향을 주는 또 다른 변인은 없을까? 있다면 모두 써보자.”라는 질문으로 본인이 찾은 변인들 외에 종속 변인에 영향을 주는 또 다른 변인은 없는지 생각해 보도록 하였다. 또한, “7) 위 탐구주제에 결론을 내리기 위하여 민섭이와 승원이는 다음과 같은 두 개의 유수대에서 흙이 얼마나 침식되었는지를 비교하였다. 적합한 방법으로 실험하였는지를 점수로 적어보자. 그렇게 점수를 준 이유는?”이라는 질문을 통해 다른 학생이 실험한 내용을 보고 맞는지 틀린지를 분석해 볼 수 있도록 하였다. “8) 민섭이와 승원이의 실험을 보고 위 2)~4)번 문제에서 여러분이 쓴 답에 대해 점수를 준다면 몇 점을 주겠는가? 왜 그러한 점수를 주었는지 적어보자.”라는 질문으로 자신이 쓴 조절 변인, 종속 변인, 통제 변인에 대한 답에도 점수를 주도록 하고 그렇게 점수를 준 이유를 써 보도록 하였다. 변인 통제 학습 효과를 높이기 위하여 이렇게 자신의 사고 과정과 인지활동 결과에 대해 객관적으로 평가해 볼 수 있는 기회를 제공하고, 그 평가에 따라 자신의 문제풀이 과정을 다시 한 번 생각해 볼 수 있게 하는 메타 인지적 학습이 되도록 하였다. 실험과정에서 포함된 오차를 찾아야 다음 실험 때는 그 오차를 줄이기 위한 노력을 하게 되므로, 실험에서 생길 수 있는 모든 오차를 찾아보도록 하고 그 오차가 왜 생겼는지를 생각해 볼 수 있도록 하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 개발된 변인 통제 학습 프로그램의 수업 효과 분석

1) 실험 집단과 비교 집단의 동질성 여부 분석

실험 집단과 비교 집단의 동질성 여부를 분석하기 위해 TIPSⅡ 검사지를 이용하여 두 집단의 변인 판별 능력에 대한 사전 검사를 실시하였다. 그 결과, 총점이 12점일 때 실험 집단의 평균은 7.22점, 비교 집단의 평균은 7.25점으로 0.03점의 차이가 있었다. 사전검사의 독립표본 t 검정에서 실험 집단과 비교 집단의 변인 판별 및 통제 능력에 대한 수준은 p값이 0.05보다 크므로 두 집단은 동질 집단임이 확인되었다(표 3).

표 3. 실험 집단과 비교 집단의 변인 판별 능력에 대한 사전 검사 t 검정 결과

처리 여부	N 인원 수	M 평균	SD 표준 오차	t	자유도	p 유의도
실험 집단	92	7.22 (백분위 60.2%)	2.975	0.072	183	0.943
비교 집단	93	7.25 (백분위 60.4%)	2.689			

2) 실험 집단과 비교 집단 간의 사후 검사 t 검정

변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램을 실험 집단에 투입한 후, TIPSⅡ 검사지를 이용하여 실험 집단과 비교 집단의 변인 판별 능력 사후 검사를 실시하였다. 그 자료를 분석한 결과 <표 4>에서와 같이 총점이 12점일 때 실험 집단의 평균은 8.88점, 비교 집단의 평균은 7.44점으로 사후 검사에서는 실험 집단의 평균이 비교 집단 보다 1.44점 높았다. 두 집단의 차이를 알아보기 위한 독립표본 t-검정 결과 실험집단이 $\alpha=0.001$ 수준에서 통계적으로 유의미한 차이로 높은 점수를 나타냈다.

표 4. 실험 집단과 비교 집단의 변인 판별 능력에 대한 사후 검사 t 검정 결과

처리 여부	N 인원 수	M 평균	SD 표준 오차	t	자유도	P 유의도
실험 집단	92	8.88 (백분위 74.0%)	2.812	3.340	183	0.001
비교 집단	93	7.44 (백분위 62.0%)	3.045			

3) 실험 집단 내에서 사전-사후 검사 대응표본 t-검정

본 연구자가 개발한 프로그램을 투입했을 때 변인 판별 능력 향상 정도가 유의미한지를 알아보기 위해 TIPS II 검사지를 이용하여 측정한 실험 집단의 사전검사와 사후 검사의 대응표본 t 검정을 실시하였다. 그 결과는 다음 <표 5>과 같다.

표 5. 변인 판별 능력에 대한 실험 집단 사전-사후검사의 대응표본 t 검정 결과

시기	N 인원 수	M 평균	SD 표준 오차	t	자유도	P 유의도
사전 검사	92	7.22 (백분위 60.2%)	2.975	-7.060	92	0.000
사후 검사		8.88 (백분위 74.0%)	2.812			

총점이 12점일 때 사전검사의 평균은 7.22점, 사후검사의 평균은 8.88점으로 사후검사의 평균이 사전검사의 평균보다 1.66점 높았다. 또한, 사전과 사후의 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시한 결과 $\alpha=0.001$ 수준에서 사후검사가 유의미한 차이로 높은 점수를 나타냈다.

따라서 본 연구에서 개발한 변인통제 학습 프로그램은 변인 판별 및 통제 능력 향상에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 변인 판별 및 통제 학습 프로그램 적용으로 변인 판별 능력을 향상시킬 수 있다는 것을 의미하며, 훈련에

의해서도 변인 판별 및 통제 능력이 습득된다는 Lawson & Wollman(2003), Siegler et al.(1973)의 연구 결과와도 일치한다.

4) 프로그램 투입 전과 후의 변인 통제 논리 형성 정도 분석

GALT검사지를 이용하여 연구 대상 학생들의 프로그램 투입 전과 후의 변인 통제 논리 형성 정도를 알아보았다. 실험집단의 경우 개발한 프로그램을 투입하기 전에 사전 검사를 실시한 결과 변인 통제 논리 형성 정도는 형성의 비율이 29.3%, 과도기의 비율이 34.8%, 미형성의 비율이 35.9%로 나타났다. 개발한 프로그램을 투입한 후에 실시한 사후 검사 결과 형성의 비율이 38.0%, 과도기의 비율이 33.7%, 미형성의 비율이 28.3%로 나타났다. 개발한 학습 프로그램을 투입하기 전에 비해 형성의 비율은 8.7%P 증가하였고, 미형성의 비율은 7.6%P 감소하였다(표 6). 비교집단의 경우 개발한 학습 프로그램을 투입하기 전에 비해 형성의 비율은 1.1%P 증가하였고, 미형성의 비율은 1.1%P 감소하였다(표 7). 이는 개발한 학습 프로그램 투입 후, 실험집단이 비교집단에 비해 변인 통제 논리 형성 정도가 더 많이 향상되었음을 보여주고 있다. 변인 통제 논리가 미형성 단계인 학생들의 경우(TIPS II 검사결과 6.36점) 형성 단계(8.15점), 과도기 단계(7.22점)인 학생들에 비해 변인판별 능력이 다소 떨어졌다. 1회성 점수만으로 학생들의 변인통제 논리 수준을 판정하는데 다소 무리가 있으나 금번의 연구결과와는 이와 같다.

표 6. 실험집단의 변인 통제 논리 형성 정도 사전사후 검사 결과

변인통제 논리 형성정도	사전 검사		사후 검사		증감
	인원수(명)	비율(%)	인원수(명)	비율(%)	
형성	27	29.3	35	38.0	+8.7%P
과도기	32	34.8	31	33.7	-1.1%P
미형성	33	35.9	26	28.3	-7.6%P

표 7. 비교집단의 변인 통제 논리 형성 정도 사전·사후 검사 결과

변인통제 논리 형성정도	사전 검사		사후 검사		증감
	인원수(명)	비율(%)	인원수(명)	비율(%)	
형 성	26	27.9	27	29.0	+1.1%P
과도기	33	35.5	33	35.5	0%P
미형성	34	36.6	33	35.5	-1.1%P

5) 변인 통제 논리 형성 정도에 따라 변인 판별 능력 향상정도

실험 집단 내에서 프로그램을 투입하기 전의 변인 통제 논리 형성 정도에 따라, 변인 판별 능력이 학습 프로그램 투입 전에 비해 프로그램 투입 후에 얼마나 향상되었는지 알아보았다. TIPS II 검사지로 프로그램 투입 전에 검사한 점수의 평균과, 프로그램 투입 후에 검사한 점수의 평균을 비교해보았다. 그 결과 총점이 12점일 때 실험 집단 내에서 프로그램 투입 전에 변인 통제 논리가 ‘형성’ 단계였던 학생들의 경우 1.37점이 향상되었고, ‘과도기’ 단계였던 학생들의 경우 1.72점, ‘미형성’ 단계였던 학생들의 경우 1.78점 향상되었다(표 8).

표 8. 변인 통제 논리 형성 정도에 따른 변인 판별 능력 향상 정도

형성 정도	프로그램 투입 전 평균	프로그램 투입 후 평균	향상 정도
형 성	8.15	9.52	+1.37
과도기	7.22	8.94	+1.72
미형성	6.36	8.14	+1.78

따라서 개발한 본 프로그램은 프로그램 투입 전에 변인 통제 논리 형성 정도가 ‘미형성’ 단계였던 학생들에게 효과적이었음을 알 수 있다.

6) 변인 판별 능력과 메타인지 수준의 상관관계

변인 판별 및 통제 능력 신장을 위한 학습 프로그램을 투입한 후에 연구 대상 학생 모두의 변인 판별 능력 점수와 메타인지 수준 점수 간에 상관관계를 알아보았더니, $r=0.782$ 의 정(+)적인 상관관계를 보였다($p<0.01$). 즉, 메타인지 수준이 높을수록 변인 판별 능력도 높음을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과는 메타인지적 지식과 자기조정은 과학적 문제해결 전략과 0.50 정도의 상관을 보인다고 보고한 Paulette(2003)의 연구와도 일치한다. 메타인지 수준이 높을수록 변인 통제 능력도 높아지므로, 메타인지 전략을 사용한 변인 통제 학습 프로그램이 변인 통제 능력을 향상시키는데 효과적이라고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학 탐구 능력의 중요한 요소일 뿐만 아니라, 일상생활의 문제를 과학적으로 해결하기 위해서도 반드시 습득해야 하는 능력인 변인 통제 능력을 향상시키기 위해서, 변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 중학교 과학교과서에 나와 있는 탐구 소재 중 물리 영역, 화학 영역, 생물 영역, 지구 과학 영역, 실생활 영역에서 각각 3가지씩 총 15가지의 학습 프로그램으로 구성되어 있다. 변인 판별 및 통제 학습 효과를 높이기 위하여 메타인지적 학습 프로그램으로 개발하였는데, 자신의 사고 과정과 인지 활동 결과에 대해 객관적으로 평가할 수 있도록 구성하였으며, 자신의 문제 풀이 과정에 대해 모니터하고 인지하도록 구성하였다.

변인 통제 능력 향상 정도를 분석하기 위해 독립표본 t-검정과, 대응표본 t-검정 결과 본 연구에서 개발한 변인 판별 및 통제 능력 향상을 위한 학습 프로그램은 변인 판별 및 통제 능력 향상에 유의미한 효과가 있으며, 변인통제 논리 형성에도 효과가 있음이 입증되었다. 또한 학생들의 변인 통제 논리 형성 정도에 따라 변인 통제 능력 신장을

분석한 결과 변인 통제 논리가 미형성 단계인 학생들의 학습효과가 가장 높았다. 또한, 메타인지 수준과 변인 판별 능력과의 상관관계를 분석한 결과 상관계수 0.782의 높은 상관관계가 나타났다($p < 0.01$). 이는 본 연구에서 개발한 변인 통제 학습 프로그램에서 메타인지 전략을 사용한 것이 변인 판별 능력을 유의미하게 향상시키는데 도움을 주었으며, 변인 통제 능력을 향상시키기 위한 교육과정과 교수-학습 방법에 메타인지적 접근의 가능성을 제공한다.

본 연구에서 개발한 프로그램은 실험 내용에 관련된 요인들을 먼저 모두 찾도록 하여 여러 변인에 대한 구별을 쉽게 할 수 있었으며, 다양한 주제를 가지고 변화시켜야 할 요인, 변화되는 요인, 일정하게 해주어야 할 요인을 찾도록 하여 조절 변인, 종속 변인, 통제 변인을 구별할 수 있는 훈련과 직접 실험 설계를 하는 훈련을 통해 변인통제 능력이 향상되었다고 보여진다.

이상의 연구 결과는 의도적으로 구성된 변인 통제 학습 프로그램을 통한 훈련에 의해 학생들의 변인 판별 및 통제 능력을 향상시키는 것이 가능함을 보여준다. 선행연구에서처럼 우리나라 학생들의 경우 변인통제 논리 형성 정도가 낮고, 학년이 올라가도 크게 향상되지 않는 현실에서 본 연구에서 개발한 학습 프로그램이 과학교육에 기여를 할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 학생들의 변인 판별 능력을 지필 검사를 통해 알아보았다. 변인 판별 능력과 통제 능력이 실제 탐구 과정에서 어떻게 영향을 미치는지 알아보기 위해 학생들의 실험 수행과정을 직접 관찰하고, 그들이 작성한 보고서를 통해서 알아보는 등의 인지적 영역과 정의적 영역의 연계를 통한 연구가 필요하다. 또한, 변인 통제 논리 형성 정도를 알아보기 위해 GALT 검사지를 사용하였는데, 한 번의 측정으로 변인 통제 논리 형성 정도를 단정 짓는 것은 다소 무리가 있으며, 다양한 방법을 통한 측정이 필요하다고 본다. 그리고, 본 연구는 연구 대상 학생들의 학년, 지역, 사회·경제적 환경 등이 제한적이기 때문에 다른 다양한 집단을 대상으로 한 후속 연구를 해 볼 필요가 있다고 판

단된다.

본 연구에서 개발한 학습 프로그램을 학교 현장에서 적용하여 현행 우리나라 과학교육과정에 부족한 변인 통제에 대한 훈련 및 학습 기회를 제공할 수 있다는 점에서 그 의의가 있다고 하겠다.

참고 문헌

교육과학기술부 (2008). 중학교 교육과정 해설(III) -수학, 과학, 기술·가정-. 교육과학기술부.

김선자, 최병순 (2005). 변인통제 문제해결 과정에서 나타난 초등학생의 실험설계 및 증거 제시 특성. 한국과학교육학회지, 25(2), 111-121.

김영민, 김수현 (2009). 우리나라 중학생들의 논리적 사고 능력에 대한 메타 분석 -1980~2000년까지의 학술지 게재 논문을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 29(4), 437-449.

김재우, 오원근, 박승재 (1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.

백명화 (2007). CASE 프로그램을 경험한 중학생들의 변인 통제 전략과 변인의 효과 추론에 대한 능력. 전남대학교 교육대학원 석사학위 논문.

양명희 (2000). 자기조절 학습의 모형 탐색과 타당화 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

양일호, 권용주, 장신호, 이해정, 최현동 (2006). 초등학교 과학탐구과정요소별 지도자료 -사다리 타고 오르는 통합 탐구 여행. 서울: 한국교원대학교 과학교육연구소.

이은주 (2010). 메타인지를 활용한 직접적 탐구 기 능 수업 전략에 대한 연구. 이화여자대학교 대학원 박사학위 논문.

최병순, 허명 (1987). 중학생들의 인지 수준과 과학교과 내용과의 관계 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-32.

한효순, 최병순, 강순민, 박종윤 (2002). '생각하는 과학' 프로그램의 변인활동이 초등학생의 변인

- 통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.
- 허병철 (2002). 중학교 1학년 학생들의 변인 통제 능력 향상을 위한 메타전략 활동의 효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- Burns, J. C., Okey, J. R., and Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skills test. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(2), 169-177.
- Lawson, A. E. and Wollman, W. (2003). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning an experiment. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(supplement), 533-550.
- Mattheis, F. E., Spooner, W. E., Coble, C. R., Takamura, S., Matsumoto, K., and Yoshida, A. (1992). A study of the logical thinking skills and integrated process skills of junior high school students in North Carolina and Japan. *Science Education*, 76(2), 211-222.
- Pearsall, S. H. (1999). Effects of metacognitive exercise on the development of scientific reasoning. Unpublished Ph. D. dissertation, Columbia University, New York, United States.
- Pintrich, P. R. and De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., and Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of the group assessment of logical thinking(GALT). Unpublished D. Ed. dissertation, Georgia University, Georgia, United States.
- Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta-analysis of training studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405-437.
- Rozencajg, P. (2003). Metacognitive factors in scientific problem-solving strategies. *European Journal of Psychology of Education*, 18(3), 281-294.
- Siegler, R., Liebert, D., and Liebert, R. (1973). Inhelder and Piaget's pendulum problem: Teaching adolescents to act as scientists. *Developmental Psychology*, 9(1), 97-101.

국 문 요 약

본 연구에서는 중학교 학생들의 변인 판별 및 변인 통제 능력을 신장시킬 수 있는 15가지의 학습 프로그램을 개발하고, 이를 적용하여 수업효과를 분석하였다. 변인 판별 및 통제 학습 효과를 높이기 위하여 자신의 사고 과정을 모니터하고 인지 활동 결과에 대해 객관적으로 평가할 수 있도록 구성하였다. 이 프로그램의 수업 효과를 분석한 결과, 프로그램을 투입한 실험집단이 비교집단에 비해 변인 판별 점수가 높았으며, 변인통제 논리 형성정도도 증가하였는데, 특히 변인통제 논리 형성정도가 미형성 단계인 학생들에게 효과가 크게 나타났다. 이는 우리가 개발한 학습 프로그램을 통해 학생들의 변인 판별 및 통제 능력을 향상시키는 것이 가능함을 보여준다. 또한, 변인 통제 능력 점수와 메타 인지 수준 점수 간에 정(+)적인 상관관계를 보였다. 이는 메타인지 전략이 변인 통제 능력을 유의미하게 향상시키는 효과가 있다고 할 수 있다.

주요어 : 변인통제, 변인 판별, 향상 프로그램, 과학 교육