

‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 중학생들의 변인 통제 전략과 변인의 효과를 추론하는 능력에 대한 분석

이상권* · 백명화 · 이종백 · 최병순¹ · 박종윤²

전남대학교 · ¹한국교육대학교 · ²이화여자대학교

Analysis of the Ability to Infer the Effects of Variables and Variable-Controlling Strategy in Middle School Students who experienced ‘Thinking Science’ Activities

Lee, Sang Kwon* · Paek, Myeong Hwa · Ree, Jongbaik · Choi, Byung-Soon¹ · Park, Jong-Yoon²
Chonnam National University · ¹Korea National University of Education · ²Ewha Womans University

Abstract: The purpose of this study was to analyze variable-controlling strategy (below vcs) and the ability to infer the effect of variables in Middle school students who experienced ‘Thinking Science’ activities in a CASE program. For this study, 71 9th grade students experienced in CASE program for 2 years were selected as the experimental group and 72 students were selected as the control group. All students were tested with Science Reasoning TaskVII. The five types of variable-controlling strategy were extracted from students' response. According to the result of this study, the students experienced in CASE program was more successful in the variable-controlling strategy of length, quality, and shape than the control group. The types of reasoning ability of the variable effect intuitively were categorized as possibility of reasoning, impossibility of reasoning, and impossibility of reversible thinking. It has shown that the reasoning ability of the experimental group was higher than that of the control group in the length and thickness variable effect. The results of this study implied that the variable controlling activities in CASE program could be effective for learning variable controlling, and eventually, for the development of reasoning ability of the variable controlling effect. In the ability to infer the effects of variables to get difficult Intuitively, both groups were similar to the rate of cognitive level reached to the formal operation in generalization, and the student of experimental group was 1.5 times faster than the control group

Key words: CASE program, cognitive level, control variables, reasoning ability

I. 서 론

과학 탐구 능력이란 어떤 문제에 직면했을 때 이를 과학적인 사고를 가지고 과학적인 방법으로 해결하는 것을 의미한다. 과학 탐구 능력은 문제 해결의 기반을 제공하는 일반적인 의미의 기초탐구능력과 문제 해결의 직접적인 도구로 쓰이는 고차원적인 능력인 통합 탐구능력으로 구분할 수 있다(Karplus, 1977).

우리나라 과학과 교육과정에서 기초탐구 기능으로는 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상과 같은 탐구 활동 요소를 포함하고 있으며 통합탐구 기능에는 문제인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료변환 및 해석, 결론 도출,

일반화와 같은 탐구 활동 요소가 포함된다.

이 가운데 변인 통제는 문제 상황의 모든 변인을 고려하여, 특정 변인을 조사하는 동안 다른 변인들은 체계적으로 고정하고, 이와 동일하게 나머지 변인들의 영향을 조사해 보는 능력이다. 이러한 변인 통제 능력은 과학 문제 해결 과정에서 요구되는 인지 능력 중 과학을 학습하는 학생들에게 필수적으로 요구되는 능력으로 탐구 능력 뿐 아니라 형식적 사고를 구성하는 기본적인 논리 요소 중의 하나이다. 변인 통제 논리는 15세를 전후로 형성되며 단순변인 통제 능력은 구체적 조작기에서, 복합변인 통제능력은 형식적 조작기에서 가능한 것으로 밝히고 있다(Linn,

*교신저자: 이상권(isk1213@jnu.ac.kr)

**2011.02.15(접수) 2011.05.27(1심통과) 2011.05.31(최종통과)

***이 논문은 2008년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

1980).

이러한 변인 통제 능력을 기르기 위해서는 전통적인 강의식 수업으로 형성되기가 어렵고 다른 논리 요소들과 마찬가지로 사회적, 물리적 환경과의 상호 작용이 요구되며, 학습자의 경험에 따라 달라지므로 (Inhelder & Piaget, 1958) 특별한 훈련이나 처치에 의하여 향상될 수 있다(Lawson & Wollman, 1976; Rosental, 1979).

우리나라 중학생들의 탐구 문제에 대한 변인판별 및 변인 통제에 관한 연구에서 1학년 학생들은 충분히 안내된 실험을 제시하여도 변인판별 및 변인 통제를 적절하게 수행하지 못하는 특징을 보이고 있다(김재우 등, 1999). 변인 통제 능력에 대한 연구에서는 1, 2, 3학년이 각각 약 20%, 27%, 36% 정도만이 변인 통제 논리가 형성되어 있는 것으로 나타났는데(김영민 등, 2009) 이는 중학교 과학 수업의 탐구 활동에서 문제 해결에 필요한 변인을 구분하고 통제하는 활동이 거의 없으며 주어진 실험 과정을 그대로 따라하는 경우가 대부분이므로 변인 통제 능력을 기를 수 있는 기회나 경험을 갖기 어렵기 때문이다. 그러므로 대부분의 학생들은 탐구 문제를 해결할 때 변인을 통제하거나 배제해야 한다는 것을 직관적으로 알아내지 못한다는 것이다. 그러므로 학교 수업에서 변인에 대한 인식을 할 수 있게 하는 학습 지도 또는 프로그램 제공의 필요성을 주장하고 있다(김재우, 1999).

학생들의 인지 발달을 가속시킬 수 있는 CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) 프로그램을 활용하여(Adey & Shayer, 1990, 1992, 1993; 최병순 등, 2002a, 2002b) 변인 통제 능력을 향상시키는 다양한 연구들이 계속적으로 이루어지고 있다. 초등학교 6학년(김영식, 1999), 5학년(한효순, 2002), 중학교 1학년(한윤덕, 2001) 학생들에게 CASE 프로그램 중의 변인 통제 활동을 처치한 결과 구체적 조작기 학생에게서 효과가 크게 나타났으며 변인 통제 능력의 특수전이 효과의 가능성을 밝히고 있다. 변인 통제 능력이 요구되는 문제해결 활동에서는 인지수준이 높은 학생이나 혹은 교사와의 상호작용을 통하여 문제를 인식하고 해결하였다(남정희, 2002). 초등학교 6학년을 대상으로 문제 해결 과정에서 실험설계와 증거제시의 특성을 분석한 결과, 실험설계에 비해서 증거제시에서의 변인 통제 정도가

훨씬 낮게 나타났다(김선자, 2005).

변인 통제의 문제해결 과정에서는 과학적 추론 과정이 필수적으로 수반되는데 추론은 알고 있는 전제를 가지고 새로운 판단이나 결론을 추출해 내는 것으로서 관찰이나 실험에서 얻은 데이터를 수집하여 이들간의 관계나 이유를 생각하여 직접 관찰이 안된 새로운 사실을 이끌어 내는 과정이다. Lawson(1993)은 과학적 사고를 연역적 추론과 귀납적 추론의 원리에 맞춰서 논리적인 논제들을 평가하고 생성하는 과정이라고 보았다. 문제 해결로서의 과학적 사고력에 대한 관점은 과학적 사고력이라고 표현하기보다는 과학적 탐구 능력 또는 탐구 과정 등으로 표현하고 있다. 이러한 과학적 사고력에서 추론은 탐구 활동의 자료해석 단계에서 주로 사용된다. 변인 통제의 문제해결 활동에서는 변인을 통제하거나 배제하는 과정과 변인 통제 실험 결과를 해석하는 과정에서 연역적인 추론 과정이 필요하게 된다.

따라서 본 연구에서는 CASE 프로그램의 교수·학습 교재인 ‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 학생들과 이를 경험하지 못한 학생들을 비교하여 변인 통제 문제해결 과정에서 효과적으로 변인 통제 전략을 적용하는지, 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과와 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과를 연역적으로 추론하는 능력은 어떠한가를 분석하여 변인 통제의 문제해결 능력의 향상을 위한 처치 프로그램과 교수 학습 전략에 대한 시사점을 찾고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상 및 절차

대도시와 중소도시의 중학교 1학년을 대상으로 2년 동안 CASE 프로그램을 투입하여 ‘생각하는 과학’ 활동을 경험하게 하였다. 프로그램을 투입한 후, 1년이 지난 중학교 3학년 학생 가운데 대도시와 중소도시에서 각각 1개 학교씩 총 2개 학급의 73명을 군집표집하여 실험집단으로 선정하였다. 그리고 실험학교와 유사한 환경에 있는 대도시와 중소도시에서 각각 1개 학교씩 총 2개 학급의 74명을 역시 군집표집하여 통제집단으로 선정하였다.

실험집단과 통제집단 학생들 모두에게 인지발달 검사 도구 SRT VII을 투입하여 CASE 프로그램의 ‘생각

하는 과학' 활동을 경험한 중학생들과 경험하지 못한 학생들의 변인 통제 전략과 변인의 효과를 추론하는 능력에 대해 분석하였다. 실험집단과 통제집단 학생 가운데 활동지의 응답 내용을 전혀 불성실하게 답한 경우 각각 2명씩은 제외하고 분석하였다.

2. 검사 도구 및 자료 수집

SRT VII은 학생들의 인지 수준과 과학적 이해력과 의 관계를 조사하기 위해 1973년에서 1978년 사이에 Chelsea College의 CSMS(The Concepts in Secondary Mathematics and Science)팀에 의해 개발된 검사도구이며 Inhelder와 Piaget(1958)의 'The Growth of Logical Thinking'에 기초하여 만들어졌다.

SRT VII은 금속막대가 휘어지는 데 영향을 미치는 길이, 굵기, 재질, 모양, 추의 무게 등의 다섯 가지 변인들의 효과를 분류해 낼 수 있는 능력을 조사하기 위한 것으로 12개의 문항으로 구성되어 있다. 학생들이 실험을 할 때 변인들을 통제해야 하는 필요성을 아는 지, 효과적으로 변인 통제 전략을 적용하는지를 검사한다. 그리고 학생들이 직관적으로 알 수 있는 변인들, 즉 길이, 굵기, 추의 무게 등의 효과를 연역적으로 추론하는 능력과 직관적으로 얻기 힘든 변인들, 즉 모양과 재질의 효과를 연역적으로 추론하는 능력을 검사한다. 표 1은 SRT VII의 12개 문항 중 본 연구의 분석에 사용된 문항으로 각 문항이 어떤 능력을 측정할 수 있는지를 나타내었다.

표 1에서 보여주는 바와 같이 SRT VII을 사용한 검사의 각 문항의 응답 결과를 수집하고 조사하여 변인

통제 전략과 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과, 그리고 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과를 추론하는 능력을 분석하였다. 그리고 변인 통제 전략의 적용과 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과와 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과 추론 능력에 대해서 학생들의 응답을 유형화하여 살펴보았다. 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과 추론 분석에서는 변인이 재질인 경우, 학생에 따라서는 구리와 철의 단단함의 차이를 지식적으로 알고 있으면 직관적으로 알 수 있는 변인이 되므로 본 연구의 변인의 효과 추론 분석에서는 제외하였다.

이상의 평가 및 자료 분석은 연구자를 포함한 과학 교육 전문가 2인, 과학 교육을 전공하는 대학원생 5인의 협의를 통해 이루어졌다. SRT VII 검사도구의 공인된 신뢰도(Wylam & Shayer, 1980)는 Kuder-Richardson의 신뢰도 계수로 $r = 0.85$ 이며 타당도는 공인타당도로 $r = 0.74$ 로 알려져 있으며, 본 연구에서의 신뢰도는 학생들의 검사 결과를 토대로 Cronbach's α 의 신뢰도 계수를 구한 결과 0.81이었다.

SRT VII의 검사 방법은 표 2에 정리된 9개의 막대(A~I)를 사용하여 교사가 절차에 따라 각 막대에 추를 달고 휘어지는 정도를 측정하는 시범 실험을 하면서 검사지의 질문에 대해 교사가 설명을 해주고 학생들이 답을 적는 형식으로 되어 있다.

검사에 소요되는 시간은 50분이다. 검사 방법상 연구 대상 학생들의 검사는 SRT VII의 검사 방법에 대한 연수를 받고 실제 초등학교 및 중학교를 대상으로 3회 이상 검사 경험이 있는 교사에 의해 실시되었다.

실험 집단과 통제 집단 학생들의 인지 수준은 SRT

표 1 세 가지 측정 능력과 관련된 SRT VII의 문항 분석표

측정 능력	문항 번호	간략한 내용
변인 통제 전략	1(c)	길이의 효과 측정을 위한 막대 쌍의 선택
	4(c)	재질의 효과 측정을 위한 막대 쌍의 선택
	6(c)	모양의 효과 측정을 위한 막대 쌍의 선택
직관적으로 알 수 있는 변인의 효과 추론 능력	1(a), (b)	길이가 막대에 휘어지는 정도에 미치는 영향
	2(a), (b), (c); 3	굵기가 막대에 휘어지는 정도에 미치는 영향
	8	가역적 사고
직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과 추론 능력	5	재질이 막대에 휘어지는 정도에 미치는 영향
	6(a), (b); 9	모양이 막대에 휘어지는 정도에 미치는 영향

표 2
SRT VII 검사에서 사용된 9개의 다양한 막대

막대	재질	길이	굽기	모양
A	철	짧다	굽다	○
B	구리	짧다	가늘다	○
C	철	중간	가늘다	○
D	구리	중간	굽다	□
E	구리	짧다	가늘다	□
F	구리	길다	굽다	□
G	철	짧다	가늘다	○
H	구리	중간	가늘다	○
I	철	길다	굽다	○

VII 검사 결과 자료로부터 측정하여 일반적으로 분류해온 인지수준 발달 단계를 세분화한 Genevan 척도(Adey & Shayer, 1994)를 사용하여 구분하였다. SRT VII의 인지 수준 측정 범위는 Genevan 척도로 '구체적 조작기 후기' 이하(2B-) 부터, '구체적 조작기 후기' (2B, 5점), '과도기' (2B/3A, 6점), '형식적 조작기 전기' (3A, 7점), '형식적 조작기 중기' (3A/3B, 8점) '형식적 조작기 후기' (3B, 9점) 까지이다.

III. 연구결과 및 논의

1. 실험 집단과 통제 집단의 인지 수준

실험 집단과 통제 집단의 인지 수준별 분포를 그림 1에 나타내었다. 형식적 조작기에 도달한 학생의 비율은 실험 집단이 65.8%, 통제 집단이 44.6% 이었으며, 아직 구체적 조작기에 머물고 있는 학생의 비율은 실험 집단이 17.8%였으며 통제 집단은 32.4%로 거의 실험 집단의 2배에 달하였다. 두 집단 간의 형식적 조작기에서의 차이는 전기(3A) 보다 후기(3B)에서 더 크게 나타났다.

두 집단의 인지 수준을 t-검정한 결과, 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(표3). 두 집단의 평균 인지 수준을 보면 실험집단이 7.01, 통제집단이 6.36으로 실험 집단이 통제 집단보다 0.65 정도의 큰 차이를 보였다. 실험 집단 학생들이

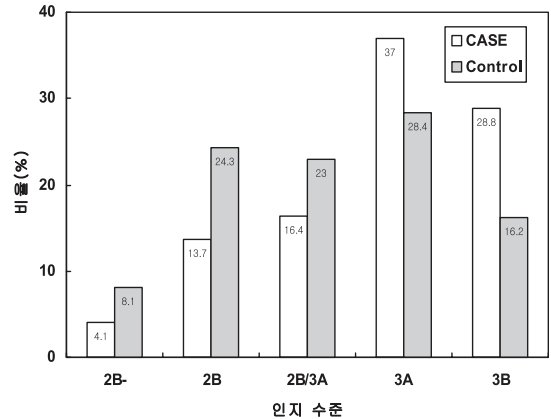


그림 1 실험집단과 통제집단의 인지수준 분포

의 인지 수준이 평균적으로 형식적 조작기 전기 이상임을 나타내며, 통제집단은 아직 평균적으로 과도기에 머물고 있음을 설명한다. 이는 중학교 3학년 학생들의 자연적인 성숙을 제외하고도 CSAE 프로그램의 '생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들의 인지 수준이 경험하지 못한 학생들의 인지 수준보다 투입종료 1년 후에도 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

2. 변인 통제 전략의 적용

변인 통제 전략을 묻는 문항은 표 2에 제시된 길이, 굽기, 재질, 모양 등이 다른 9개의 다양한 막대의 그림을 보면서 변인 통제 문제를 해결할 수 있도록 제시되었다. 표 1에 제시된 바와 같이 길이의 효과, 재질의

표 3
실험집단과 통제집단의 인지 수준에 대한 t-검증 결과

구분	표본수	평균	표준편차	t	p
CASE	71	7.01	1.51	2.631	.009*
Control	72	6.36	1.49		

* p < .05

효과, 모양의 효과에 각각 해당하는 1(c), 4(c), 6(c) 문항에 대한 학생들의 응답을 가지고 변인 통제 전략을 분석하였다. 이 가운데 길이의 효과에 대한 문항은 다음과 같다.

문항 1(c):

- 막대 길이의 효과를 정확하게 알아보기 위해 필요한 막대의 쌍을 모두 찾아서 보기와 같이 쓰시오.

막대(무게)	A(100g)와 I(100g);
--------	-------------------

이 검사의 문항별 지침에서는 교사가 길이 효과를 나타내어 비교할 수 있는 막대를 모두 골라서 어떻게 실험하여야 하는지 질문하고, 가능한 모든 쌍의 막대를 골라야 되며, 그것은 길이 효과를 확실하게 나타내는 것이어야 한다는 것을 명확히 알려주도록 하고 있다. 또한 글 상자에 있는 예를 보고 그 아래에 그와 같이 써야하며, 특히 괄호 속에 무게표시를 해야함을 지적하여 말해준다. 이 문항은 각 쌍마다 무게를 같게 하여 BH, CG, DF 등의 3쌍을 모두 적어야하며, 다른 쌍이 첨가 되어있으면 오답 처리하도록 하고 있으며 형식적 조작기 전기(3A) 수준의 문항으로 분류하고 있다.

길이 효과에 대한 변인 통제 문제를 해결하기 위해서 이를 단계별로 적용되는 전략을 설명하면 첫째, 독

립변인과 종속변인을 구분하여 독립변인 가운데 검증하고자 하는 조작변인이 '길이'임을 인식한다. 둘째, 조작변인을 제외한 모든 변인들을 통제하여야 함을 인식한다. 셋째, 무게를 포함한 굵기, 재질, 모양 등의 4가지 독립변인들의 변인 값을 보고 이러한 변인 통제에 적합한 모든 가능한 쌍을 찾아서 동일한 무게를 표시하여 정확하게 제시한다.

이렇게 세 가지 단계로 학생들의 응답을 분석하여 5가지로 유형화 할 수 있었다. 변인 통제 전략을 효과적으로 적용하여 가능한 쌍의 답을 모두 제시한 변인 통제 성공형(A), 가능한 답의 일부만 제시한 변인 통제 부분 성공형(B), 통제변인을 일부만 통제한 부분 통제형(C), 통제변인을 전혀 통제하지 못한 통제 불가능형(D), 조작변인을 인식하지 못한 변인 통제 실패형(E) 등으로 유형화 할 수 있었다. 이를 간단히 도식화하여 그림 2에 나타내었다.

이와 같이 분류한 변인 통제 전략적용의 유형별로 응답률을 조사하여 비교한 결과를 그림 3에 나타내었다.

조작변인이 길이인 경우(그림 3a), 가능한 쌍의 답을 모두 제시한 변인 통제 성공형(A)이 가장 많았는데 CASE 프로그램을 경험한 학생들은 63.0%가 효과적으로 변인 통제 전략을 사용 하였고 통제 집단은 49.7%가 성공하여 두 집단간에 큰 차이를 보이지 않았다. 조작변인이 재질인 경우(그림 3b)는 변인 통제

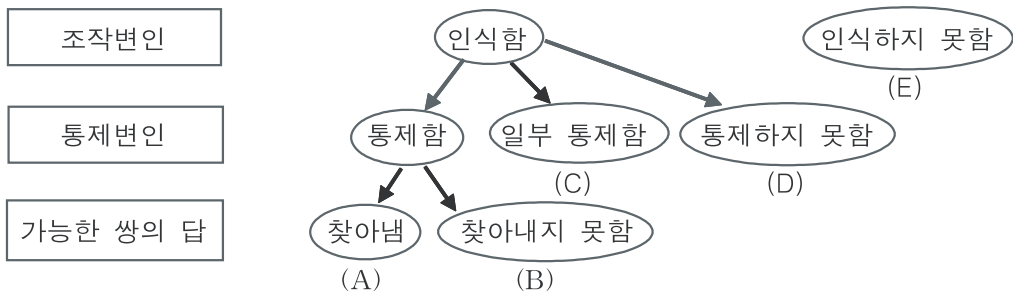
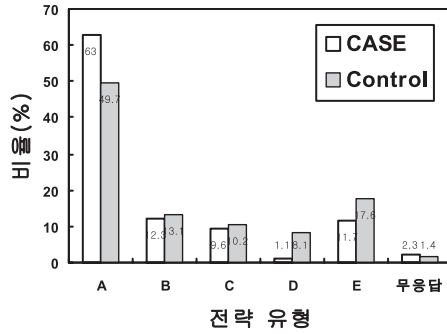
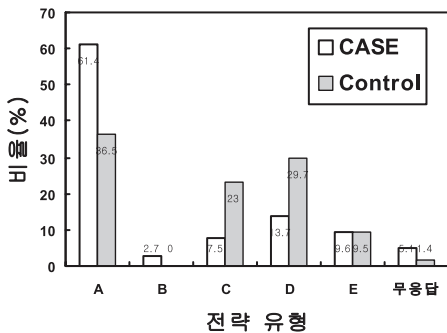


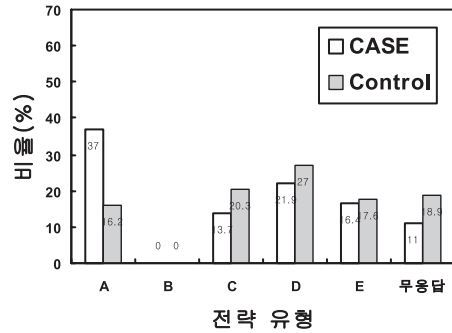
그림 2 변인 통제 전략 유형



(a) 길이



(b) 재질



(c) 모양

그림 3 조작변인에 따른 변인 통제 전략 유형의 분포

전략 성공형(A)이 실험집단에서는 61.4%로 길이인 경우와 비슷한 결과를 나타내었으나 통제집단은 36.5%로 길이인 경우보다 큰 폭으로 감소하였다. 모양인 경우(그림 3c)에서는 성공형(A)이 길이와 재질의 경우와 비교할 때 두 집단 모두에서 큰 폭으로 감소하였다. 성공형(A)이 실험집단에서는 37%인데 반해 통제집단은 16.2%로 실험집단의 절반에도 미치지 못할 정도로 통제집단과의 차이는 더욱 크게 벌어졌다.

이러한 결과를 통해, 세 경우 모두 실험집단에서 성공형이 높게 나타난 것은 CASE 프로그램을 경험한 학생들이 변인의 구별, 변인 통제의 필요성에 대한 인식과 복합변인 통제에 대한 경험 등을 통하여 적절한 변인 통제 전략을 통제집단에 비해 정확하고 효과적으로 사용하고 있음을 알 수 있다. 그리고 길이와 재질의 경우는 성공형의 비율이 실험집단에서 형식적 조작기에 속한 학생들의 비율과 비슷한 분포를 보이고 있다.

길이의 경우는 실험집단과 통제집단에서 성공형의 차이가 그다지 크지 않으나 재질, 모양으로 갈수록 차

이가 2배 이상으로 크게 벌어지고 있다. 길이에 대해서는 익숙하고 직관적으로 알 수 있는 변인이어서 변인 통제 전략을 그대로 적용할 수 있지만, 재질인 경우는 철과 구리의 단단함의 차이를 알지 못하기 때문에, 그리고 모양인 경우 ○와 □의 차이가 어떤 결과를 나타낼지 직관적으로 예측 불가능하기 때문에, 길이에서와 동일한 방법으로 변인 통제 전략을 사용하면 해결할 수 있음에도 불구하고 잘 적용하지 못하기 때문에 나타난 현상이라고 보여진다. 변인이 경험적으로나 지식적으로 익숙하지 않는 경우에는 상황의존적이 되어 동일한 변인 통제의 전략을 사용하는데 어려움을 겪는 것으로 보여진다.

조작변인이 길이인 경우(그림 3a), 변인 통제 불가능형(D)과 변인 통제전략 실패형(E)이 실험집단의 12.8%이었으나 통제집단은 25.7%로 실험집단보다 2배 이상 높게 나타났다. 가능한 답의 일부만 제시한 변인 통제 전략 부분 성공형(B)과 통제변인을 일부만 통제한 부분 통제형(C)은 두 집단에서 비슷하게 나타났다. 조작변인이 재질인 경우(그림 3b), 변인 통제 불

가능형(D)과 변인 통제 전략 실패형(E)은 실험집단이 23.3%이었으나 통제집단은 39.2%로 높게 나타났다. 변인 통제 전략 부분 성공형(B)은 실험집단에서만 2.7%로 나타났으며 부분 통제형(C)은 통제집단이 3배 정도 더 많이 나타났다. 조작변인이 모양인 경우(그림 3c)는 가능한 쌍이 한가지 밖에 없는 관계로 가능한 답의 일부만 제시한 변인 통제전략 미완성형(B)유형은 존재하지 않는다. 부분 통제형(C), 변인 통제 불가능형(D), 실패형(E)에 대부분의 학생들이 분포해있으며 상대적으로 통제집단 학생들의 비율이 높았고 무응답의 비율도 높은 편이었다. 변인 통제 불가능형(D)과 변인 통제 전략 실패형(E)은 실험집단이 38.3%, 통제집단이 44.6%로 많은 학생들이 어려움을 느끼는 것을 알 수 있었다.

이렇게 변인 통제 전략을 잘 적용하지 못함으로써 실패하는 이유를 알아보기 위하여 검사지의 응답을 분석한 후 면담을 실시하였다. 그 결과, 유형B 학생은 가능한 3쌍 중에 일부만 찾아낸 경우로 집중력의 부족이거나 모든 쌍을 찾지 않는 실수에 의한 것이었으며 유형C는 1~2쌍은 올바르게 적었으나 나머지는 틀린 쌍을 고른 경우로 김선자 등(2005)이 밝힌 것과 같이 선행신념을 강하게 가지고 있어서 특정 변인을 변화시켰기 때문임을 알 수 있었다. 예를 들면, 모양의 경우는 차이가 없다는 판단을 하여 BE쌍을 추가한 경우가 있었다.

유형D는 조작변인을 알고 있었으나 나머지 4개의 변인에 대한 통제를 정확하게 하지 못하였으며 유형E는 조작변인과 통제변인을 구별하지 못하였는데 이 두 영역에 속한 학생들은 전부 구체적 조작기에 속한 학생들이었고 4가지에 달하는 복합변인의 통제에 대해 어려움을 느끼고 있었기 때문이었다.

3. 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과 추론 능력

'생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들이 통제집단과 비교하여 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과를 추론하는 능력이 어떠한지 알아보았다.

일반적으로 변인 통제 능력은 변인 통제 실험의 설계 과정을 통해서 평가하거나, 결론을 도출하기 위한 증거제시 과정에서 변인을 효과적으로 통제하는지를 평가하는 것이다. 그러한 변인 통제 문제는 조작변인 한 가지만 변화시키고 나머지 변인은 모두 통제하는 되어야 하는 경우가 대부분이다.

그러나 SRT VII 검사지에서 사용하는 변인 통제 문항은 완벽하게 통제되지 않는 조건에서 시범 실험을 수행한 결과로부터 변인 통제의 효과를 추론하여 종속변인에 대한 결론을 도출하는 것이다. 이러한 경우 통제되지 않은 변인 가운데 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과를 보상 논리 조작이 가능한 가역적 사고를 통하여 연역적으로 추론할 수 있어야 문제해결이 가능하다.

직관적으로 알 수 있는 변인을 길이와 굵기 변인으로 분류하여 표 1에 제시된 바와 같이 각각 1(a)와 2(c) 문항에 대한 학생들의 응답을 가지고 변인의 효과 추론 능력을 분석하였다. 이 가운데 굵기 변인에 해당하는 문항은 다음과 같다.

문항 2(c) :

■200g의 추를 매단 A와 100g의 추를 매단 G

막대	금속	길이	굵기	모양	추의무게	결과
A	철	짧다	굵다	○	200g	0.5cm
G	철	짧다	가늘다	○	100g	1.8cm

(c) 위에서 선택한 실험은 막대 굵기가 막대의 휘어지는 정도에 미치는 효과를 어떻게 보여 주는가?

굵기 변인의 효과를 확인하기 위해서는 5가지의 독립변인 중 조작변인인 굵기만을 변화시키고 나머지 모든 변인은 통제하여야 하지만 문항 2(c)에서는 굵기와 추의 무게를 동시에 모두 변화시키고 있다. 비록 변인이 완벽하게 통제되지 않았지만 교사의 시범실험을 통해 알게 된 휘어진 정도에 대한 실험 결과를 가지고 굵기 변인의 효과를 추론할 수 있어야 한다. 먼저, 막대의 휘어진 정도에는 굵기와 추의 무게가 서로 영향을 줄 수 있다는 인식을 가져야 한다. 다음으로 추의 무게가 무거우면 막대가 힘을 받아 더 휘어지고 가벼우면 덜 휘어져야 하는데, 무게가 200g으로 더 무거움에도 불구하고 100g 일 때 보다 덜 휘어진 것으로 보아 무게 변인에 의한 영향을 굵기 변인이 상쇄시키고도 남아서 더 크게 영향을 미쳤다는 것을 추론할 수가 있어야 이 문제를 해결 할 수 있다.

이 검사의 문항별 지침에서는 막대 쌍이 어떻게 굽기 효과를 더 잘 나타내고 있는지 설명하도록 요구한

다. 여기서 대답을 살펴보면, 가장 능력 있는 학생의 경우 보상 논리를 사용한다. 예를 들어 “비록 가벼운 것을 달았지만 가는 막대가 더 휘어진다.” 등과 같이 추론할 수 있어야 한다. 그리고 “무게가 작은 것이 가는 막대에 있기 때문이다.” 라는 표현이 있을 때는 3A 수준의 답으로 평가하고 “G가 무게는 작지만 더 많이 휘어진다.” 라는 표현이 있을 때는 3B 수준으로 평가하도록 하고 있다.

이와 같이 변인이 완벽하게 통제되지 않았지만 교사의 시범실험을 통해 휘어지는 정도에 대한 실험 결과를 알게 되면 그 결과값으로부터 학생들은 직관적으로 알 수 있는 변인들에 대한 보상 논리 조작이 가능한 가역적 사고를 통하여 변인의 효과를 추론할 수 있다.

SRT VII 검사지에서 학생들이 변인의 효과를 추론하기 위해서 요구되는 가역적 사고가 가능한지의 여부를 알아보기 위한 문항은 다음과 같다.

문항 8 :

두 막대 X와 Y가 있는데 X는 굵고, 둥근 모양의 구리막대이고 똑같은 길이의 Y는 가늘고, 둥근 모양의 철 막대이다. 휘어진 정도가 똑같은 이유를 설명 하시오. 어떤 변인이 어떻게 도움을 주는지 혹은 방해가 되는지 설명하시오.

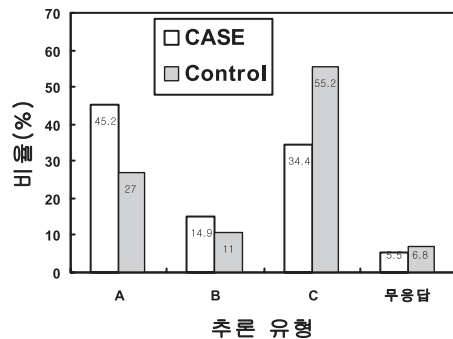
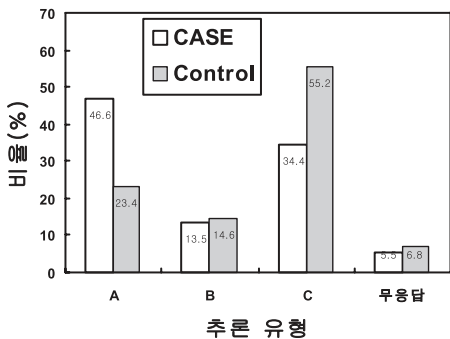
가역적 사고는 한 변인이 다른 변인의 영향을 보완, 혹은 상쇄해주는 관계를 이해하는 사고로써 학생들이 재질과 굵기 효과를 모두 감안하여 변인의 영향에 대해 답을 했을 경우 가역적 사고가 형성되었다고 보았다. 이 검사의 문항별 지침에서는 문항을 읽어주고 단지 하나의 변인만을 원인으로 답하면 안 된다는 것

을 주의시킨다. 그리고 재질과 굵기 효과를 모두 감안해서 답을 했을 경우는 정답처리 한다. 예를 들어 “X는 구리라서 잘 휘어지지만, 두껍기 때문에 조금 휘어진다.” 등의 표현은 형식적 조작기 전기(3A) 수준으로 평가한다.

직관적으로 알 수 있는 변인의 효과를 추론하는 능력은 가역적 사고가 가능한지의 여부와 실험 결과를 보고 보상 논리를 적용하여 변인의 효과를 추론 할 수 있는지에 따라 유형화할 수 있었다. 가역적 사고를 통하여 변인의 효과를 추론할 수 있는 변인효과 추론 가능형(A), 가역적 사고는 가능하였으나 변인의 효과를 추론하지 못한 변인효과 추론 불가능형(B), 가역적 사고를 하지 못하는 가역적 사고 불가능형(C)으로 유형화하였다. 가역적 사고를 하지 못하는 경우는 변인의 효과 추론을 전혀 하지 못하였다.

이와 같이 분류한 추론 유형별로 응답률을 조사하여 비교한 결과를 그림 4에 나타내었다.

구체적 조작기에서 형성되는 가역적 사고를 하지 못하는 학생들의 비율이 실험집단은 34.4%, 통제집단은 55.2%였다. 이는 그림 1의 인지발달 단계에서 나타나는 구체적 조작기와 과도기에 속하는 비율의 합인 34.2%와 55.4%에 거의 동일한 결과를 보이고 있다. 일반적으로는 구체적 조작기에서 가역적 사고가 형성되지만 이러한 조작적 논리가 구체적 사물이나 현상에만 국한되어 적용된다는 한계를 가지고 있다. 그것은 구체적 조작기에서의 조작적 논리가 하나의 구조화된 전체로서 통합되어 있지 않기 때문이다 (Ginsburg & Opper, 1979). SRT VII에서와 같이 실험 결과로부터 변인들의 보완·상쇄하는 관계를 이용하여 그 영향을 추론하는 단계까지 나아가는 데는 한계가 있음을 보여준다. 또한 학생들이 문항 8과



(a) 길이 (b) 굵기
그림 4 직관적으로 알 수 있는 길이와 굵기 변인의 효과 추론 유형

같이 4가지의 변인들이 서로 상보적인 관계에 있는 것과 없는 것이 혼재되어 있는 복잡한 경우 상보적인 관계에 있는 변인들을 추출하여 어떻게 서로 상쇄·보완하고 있는지를 설명하여야 하는데 이러한 과정을 어려워하고 있다. SRT VII의 문항별 평가에서도 문항 8의 경우는 형식적 조작기 전기(3A) 수준으로 평가하고 있다. 이런 점에서 가역적 사고를 하지 못하는 학생들의 비율이 높게 나타났다고 보여진다. 전체 학생들의 가역적 사고 능력의 유무는 8번 문항에 대한 결과를 나타낸 것이다. 앞으로 설명하게 될 직관적으로 알 수 있는 길이, 굽기 변인과 직관적으로 얻기 힘든 모양 변인의 효과 추론 능력은 가역적 사고가 가능한 학생들만이 보상논리를 사용한 조작이 가능하였으므로 가역적 사고를 하지 못하는 학생들의 비율은 모두 동일하게 나타내었다(그림 4와 5).

길이 변인(그림 4a)을 추론하는 능력은 변인효과 추론 가능형(A)이 실험집단은 46.6%, 통제집단은 23.4%였고, 굽기 변인(그림 4b)에서는 실험집단은 45.2%, 통제집단은 27.0%이었다. 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과 추론에 대한 길이와 굽기 변인의 유형별 분포는 서로 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 길이와 굽기 변인은 둘 다 직관적으로 그 효과를 알 수 있는 것이기 때문에 한 변인의 문제를 해결할 수 있는 경우, 다른 변인의 문제도 같은 방법으로 해결할 수 있었기 때문이다. 또한 실험집단과 통제집단에서 가역적 사고가 형성되어 있는 학생들 중 변인의 효과를 추론할 수 있는 학생들의 비율은 '생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들이 2배 이상 월등히 높았다.

가역적 사고는 가능하지만 변인효과 추론 불가능형(B)에 속한 학생들의 응답 내용을 분석한 후 면담을 실시한 결과는 다음과 같다.

[사례1]

T: 8번 문항은 잘 해결했는데, 2번의 (c)는 왜 '알 수 없다.'고 답을 했나요?

S: 저... 변인 통제는..., 아!... 모두 고정하고 한 변인만 바꿔야 되는데 동시에 두 개를 변화시켰으니깐 알 수 없지 않아요?

첫째, 두 개의 변인을 동시에 변화시켰으므로 완벽한 변인 통제가 이루어지지 않아 결과를 알 수 없다고

생각하는 학생들의 비율이 높았다. 이런 유형의 학생들은 변화시킨 두 변인들의 관계를 통하여 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과를 추론하고자하는 생각을 전혀 가지고 있지 않았다.

[사례2]

T: 8번 문항은 잘 해결했는데, 2번의 (c)는 왜 답을 쓰지 않았나요?

S: 엄청 어려워요. 변인이 너무 많아서 생각하기 힘들어요.

T: 그러면, 먼저 얼마나 휘어졌는지 실험 결과를 보고 나서 8번 문제 풀 듯이 하면 될 것 같은데.

S: 그렇긴 한데요.... 어려워요.

둘째, 변인의 수가 많아서 어떻게 어디에서부터 설명해야할 지 난감해 하는 경우가 있었다. 실험 결과를 보고 변화시킨 변인들이 무엇인지 확인한 다음, 변인의 효과를 추론하는 과정으로 나아가야 하는데 실험 결과는 더 휘어지고, 덜 휘어지는 결과가 나왔지만 변인이 5가지나 되어서 어떤 것이 어떻게 영향을 미쳤는지 전혀 정리가 되지 못해 다음 단계로 나아가지 못하였다.

이외에 소수의 학생들은 자신이 가지고 있는 선행신념과 실험 결과가 일치하지 않아서 갈등을 일으키는 경우, 선행신념으로 인해 특정 독립변인 값에 집착하다보니 논리적인 설명이 안 되는 경우 등으로 다양하게 나타났다.

4. 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과 추론 능력

직관적으로 얻기 힘든 모양 변인에 대해 표 1에 제시된 바와 같이 6(a)와 (b) 문항에 대한 학생들의 응답을 가지고 변인의 효과 추론 능력을 분석하였다.

문항 6(a), (b) :

(a) 앞에서 해본 모든 실험을 종합하여 막대 모양의 효과에 대해 설명해보시오.

(b) 앞에서 해본 모든 실험을 이용하여 그 이유를 설명해보시오.

이 문제를 해결하기 위해서는 앞에서 수행했던 5가

지 실험 가운데 직관적으로 얻기 힘든 모양의 효과를 종합하여 설명할 수 있는 실험은 문항 4의 C와 E막대 비교 실험과 문항 5의 B와 C막대 비교 실험이 이에 해당된다.

문항 4 : [실험 4]

■ 각각 200g의 추를 매단 C와 E

막대	금속	길이	굽기	모양	추의무게	결과
C	철	중간	가늘다	○	200g	6.8cm
E	구리	짧다	가늘다	□	200g	4.5cm

문항 5 : [실험 5]

■ 각각 100g의 추를 매단 B와 C

막대	금속	길이	굽기	모양	추의무게	결과
B	구리	짧다	가늘다	○	100g	3.5cm
C	철	중간	가늘다	○	100g	3.5cm

이 검사지의 평가 지침서에서는 모양에 대한 효과를 추론하기 위해서는 공통적으로 들어있는 C를 기준으로 C와 B 그리고 C와 E의 실험 결과를 들어 설명하거나 실험 4와 5를 설명을 하면 형식적 조작 후기 수준으로 평가한다. 예를 들어 “실험 4에서 E는 C보다 덜 휘어지고 실험 5에서는 C는 B와 같은 정도로 휘어진다. 그러므로 E는 B보다 덜 휘어질 것이다.”와 비슷한 수준의 설명을 요구한다.

직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과를 추론하는 능력은 다음 과정을 통해서 분석하였다. 첫째, 가역적 사고가 가능한지의 여부와 둘째, 여러 가지 실험 결과를 비교해 보고 막대 모양의 효과를 도출해 낼 수 있는 실험만을 추출해 낼 수 있는지의 여부와 셋째, 실험 결과를 종합하고 보상 논리를 적용하여 변인의 효과를 추론 할 수 있는지에 따라 유형화할 수 있었다. 이러한 과정을 완벽하게 소화하여 문제를 해결한 변인효과 추론 가능형(A), 가역적 사고는 가능하였으나 변인의 효과를 추론하지 못한 변인효과 추론 불가능형(B), 가역적 사고를 하지 못하는 가역적 사고 불가능형(C)으로 유형화하였다. 직관적으로 얻기 힘든 모양 변인의 효과 추론에 대한 응답 결과는 그림 5에 나타내었다.

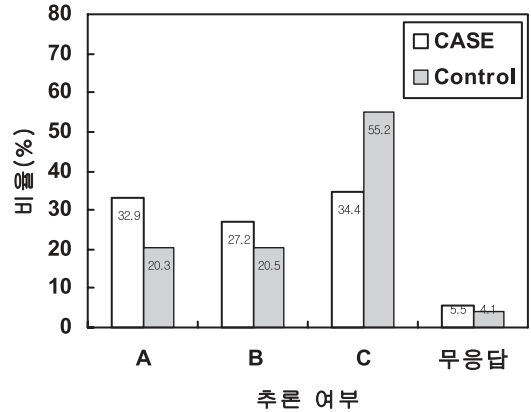


그림 5 직관적으로 얻기 힘든 모양 변인의 효과 추론 유형

모양 변인의 효과 추론 그림에서 나타난 바와 같이 실험집단의 32.9%만이 모양 변인의 효과를 추론하는데 성공하였으며 통제집단은 20.3%로 매우 낮게 나타났다. 이 결과를 인지 수준 분포와 비교해 보면, 형식적 조작기 후기에 도달한 실험집단 학생은 28.8%, 통제집단은 16.2%이었는데 여기에 소수의 형식적 조작기 전기의 학생들이 포함되어서 이보다는 약간 높은 정도의 비율로 나타났음을 알 수 있다. 대체적으로 직관적으로 얻기 힘든 모양 변인의 효과를 추론하는 능력은 형식적 조작기 후기 수준이어야 해결이 가능한 문제로 판단된다. 가역적 사고를 하지 못하는 학생들은 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과 추론을 전혀 하지 못하는 것으로 나타났다.

가역적 사고는 가능하지만 변인효과 추론 불가능형(B)에 속한 경우의 응답 내용을 분석한 후 면담을 실시한 결과는 다음과 같이 나타났다.

[사례3]

T: 왜 막대 모양의 효과는 답을 쓰지 않았나요?

S: 실험 4가 침으로 모양이 틀린 것 갖고 실험하잖아요.... 근데, 모양만 틀리면 결과를 알겠는데, 다른 것도 다 틀려서 모르겠어요.

T: 실험 4하고, 또 다른 실험하고 서로 비교해서 막대 모양의 효과가 어떻다고 할 수는 없나요?

S:

첫째, 앞에서 해본 다섯 가지 실험 가운데 모양의 효과를 도출해낼 수 있는 관련실험을 추출해내지 못한 경우가 대부분이었다. 관련실험을 추출해 낸 경우

는 보상 논리를 사용하여 연역적으로 추론하는데 대부분 성공하였다. 추론 내용을 부실하게 적은 경우도 면담결과, 올바른 추론을 하고 있음을 알게 되었다. 이는 모양의 효과를 알기 위해서는 관련실험을 추출해 내기 전에 이미 보상 논리를 사용하여 비교 설명이 가능한 경우를 어느 정도 예상하고 거기에 관련된 실험을 추출하기 때문에 성공하는 비율이 높은 것으로 보인다. 이러한 선행적 사고를 하지 못하는 경우는 추출과정과 연역적 추론과정에서 실수를 거듭하는 관계로 시간의 소모가 많거나 결국은 실패하는 경우가 많았다.

[사례4]

T: 동근 막대 B가 네모 막대 E 보다 잘 휘어진다고 적었는데, 그 이유에 대한 설명이 없어요. 왜 그렇게 생각했나요?

S1: 그냥, 동근 막대가 네모 막대보다 더 잘 휘거라고 생각했어요. 네모는 각이 저있어서 잘 휘거가지 않아요.

[사례5]

T: 왜 동근 막대 B가 네모 막대 E 보다 잘 휘어진다고 생각했어요?

S2: 실험4에서 철보다 구리 길이가 더 짧으니까... 비슷한 정도로 휘어져야 하잖아요? 근데 구리가 더 적게 휘어졌으니까 네모 때문이죠.

T: 왜 비슷한 정도로 휘어져야 한다고 생각했어요?

S2: 앞에서든 그런 실험 했었어요!

둘째는 직관적으로 얻기 힘든 변인을 자신의 경험이나 지식, 선입견 등으로 생긴 선행신념으로 인하여 직관적으로 알 수 있다고 생각하는 경우가 있었다. 예를 들면 ○안에 □가 들어간다거나, 혹은 그 역으로 자신의 생각을 고정하여 모양의 크기가 다르므로 굽기가 가능해진다거나 혹은 굽어져서 등으로 설명을 시도하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 학생들의 인지발달 수준을 검사하는 도구인 SRT VII을 활용하여 CASE 프로그램의 '생각하는 과학'의 모든 활동을 경험한 중학생들과 이를 경

험하지 못한 중학생들의 변인 통제 전략의 적용과 변인의 효과 추론 능력에 대해서 알아보았다. 학생들의 응답 및 면담을 바탕으로 분석한 결론은 다음과 같다.

첫째, 변인 통제 전략의 적용에 있어서 CASE 프로그램을 경험한 학생들이 변인의 구별, 변인 통제의 필요성에 대한 인식과 복합변인 통제에 대한 경험으로 인해 실험집단이 통제집단보다 더 효과적으로 변인 통제 전략을 사용하였다. 조작변인이 길이, 재질과 모양으로 갈수록 실험집단과 통제집단의 차이는 더 크게 벌어졌으며 두 집단 모두 문제 해결에 어려움을 느끼는 것으로 나타났다. 이는 모양과 같이 익숙하지 않은 변인인 경우 상황의존적이 되어 길이와 같이 익숙한 변인에서 적용했던 동일한 전략을 사용하는데 어려움을 겪는 것으로 보여진다. 변인 통제 전략 유형으로는 조작변인의 인식과 변인 통제의 여부에 따라 변인 통제전략 성공형, 변인 통제전략 미완성형, 부분 통제형, 통제 불가능형, 변인 통제전략 실패형으로 구분하여 유형화할 수 있었다. 부분통제형의 경우에는 선행신념을 강하게 가지고 있어서 특정 변인을 변화시켰기 때문이었으며 통제 불가능형과 실패형의 경우는 변인 구별에 실패하였고 4가지에 달하는 복합변인의 통제에도 어려움을 느끼고 있었다.

둘째, 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과를 추론하는 능력은 가역적 사고가 가능한지의 여부와 변인의 효과를 추론 할 수 있는지에 따라 변인효과 추론 가능형, 변인효과 추론 불가능형, 가역적 사고 불가능형으로 구분하여 유형화할 수 있었다. 가역적 사고를 하지 못하는 학생들의 비율은 두 집단 모두 구체적 조작기와 과도기에 속하는 비율의 합과 거의 같았으며 통제 집단은 학생들의 반 이상이 가역적 사고 불가능형에 속하였다. 직관적으로 알 수 있는 길이와 굽기 변인의 효과 추론 능력은 실험집단 학생들이 변인효과 추론 가능형에서 통제 집단보다 두 배 이상 많았으며 두 변인의 추론 유형의 분포는 거의 비슷하게 나타났다. 가역적 사고는 가능하지만 변인효과 추론 불가능형에 속한 학생들은 두 개의 변인을 동시에 변화시켰으므로 완벽한 변인 통제가 이루어지지 않아 결과를 알 수 없다고 생각하는 학생들의 비율이 높았다.

셋째, 직관적으로 얻기 힘든 모양 변인의 효과 추론의 경우, 두 집단 모두 추론 가능형이 모두 매우 낮게 나타났으나 실험집단이 약 1.5배 정도 많았으며 형식적 조작 후기의 인지수준 비율과 유사하였다. 변인

효과 추론 불가능형에 속한 경우 모양의 효과를 도출해낼 수 있는 관련실험을 추출해내지 못한 경우가 대부분이었으며 직관적으로 얻기 힘든 변인을 자신의 선행신념으로 인하여 직관적으로 알 수 있다고 생각하는 경우가 있었다. 성공형에서는 대부분 보상 논리를 사용하여 선행적 사고를 하기 때문에 추출과정과 추론과정에서 성공하는 비율이 높았다.

넷째, 변인 통제 전략의 적용은 변인 통제 실험 설계와 연관이 있는데 길이와 재질인 경우 실험집단에서 완벽하게 수행한 경우는 61.4~64.0%로 높게 나타난 반면 제시된 실험 결과로부터 변인 통제 관계를 추론할 수 있는 학생은 32.9~46.6%로 낮게 나타났다. 제시된 여러 가지 실험 결과로부터 완전한 변인 통제 관계를 제시할 수 있는 학생은 대부분 변인이 통제된 실험을 설계할 수 있으나, 실험설계에서 변인 통제를 할 수 있어도 증거제시에서는 변인 통제에 어려움을 겪는 것으로 나타난 연구 결과(김선자, 2005)와 동일하다고 볼 수 있다. 또한 본 연구에서 이러한 증거제시의 경우 성공형의 비율이 특별히 낮게 나타난 것은 두 개의 변인을 모두 변화시키고 얻은 실험 결과를 통하여 직관적으로 혹은 논리적인 관계를 종합하여 증거를 제시하여야 하기 때문에 더욱 난이도가 높았기 때문으로 보인다.

CASE 프로그램의 '생각하는 하는 과학' 활동을 통해 실제적 경험을 한 중학생들이 이를 경험하지 못한 학생들과 비교하여 변인 통제 전략을 더 효과적으로 적용하였으며, 변인의 효과를 추론하는 능력에서도 큰 차이를 보였다. 따라서 과학을 학습하는 학생들에게 필수적으로 요구되는 능력인 변인 통제 문제해결 과정에서 변인 통제 능력과 변인의 효과를 추론하는 능력을 향상시키기 위해서 CASE와 같이 정규 과학 교육과정 이외에 특별히 고안된 프로그램의 기회 제공이 필요하며, 추론 등과 같이 여러 가지 탐구 과정요소를 포함하고 있으면서 변인 통제 능력을 발달시킬 수 있는 다양한 프로그램의 개발이 필요하다.

국문 요약

이 연구에서는 '생각하는 과학' 활동을 경험한 중학생들이 이를 경험하지 못한 통제집단과 비교하여 변인 통제 전략의 적용과 변인의 효과를 추론하는 능력에 대해 분석하였다. 연구 결과 변인 통제 전략 유형

은 조작변인의 인식과 변인 통제의 여부에 따라 변인 통제전략 성공형, 변인 통제전략 미완성형, 부분통제형, 통제 불가능형, 변인 통제전략 실패형으로 구분하였다. 실험집단이 통제집단에 비해 변인 통제 전략을 보다 정확하고 효과적으로 사용하였다. 직관적으로 알 수 있는 변인의 효과 추론 능력을 분석한 결과 가역적 사고가 가능한지의 여부와 변인의 효과를 추론할 수 있는지에 따라 변인효과 추론 가능형, 변인효과 추론 불가능형, 가역적 사고 불가능형으로 구분하여 유형화하였다. 실험집단 학생들이 변인효과 추론 가능형에서 통제집단보다 두 배 이상 많았다. 보상논리 조작을 포함하는 가역적 사고가 가능한 학생들은 형식적 조작기 이상의 학생들에게서 가능하였다. 직관적으로 얻기 힘든 변인의 효과를 추론하는 능력은 두 집단 모두 형식적 조작기 후기에 도달한 인지 수준의 비율과 비슷하였으며, 추론에 성공한 학생들의 비율은 실험집단이 통제집단 학생들 보다 1.5배 정도 더 많았다. 따라서 변인 통제능력과 변인을 추론하는 능력을 향상시키기 위해서는 '생각하는 과학' 활동 프로그램이 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

- 김선자, 최병순 (2005). 변인 통제 문제해결 과정에서 나타난 초등학생의 실험설계 및 증거제시 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.
- 김영식 (1999). 학생의 인지 발달 수준에 따른 변인 통제 능력의 형성과 특수 전이 효과에 대한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김재우, 오원근, 박승재 (1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별과 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.
- 남정희, 김성희, 강순희, 박중윤, 최병순 (2002). 변인 통제 문제해결 활동에서 학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 22(1), 110-121.
- 최병순, 최미화, 남정희, 이상권 (2002a). Thinking Science 프로그램의 적용이 중학교 1학년

학생들의 인지발달에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(3), 422-431.

최병순, 한효순, 강성주, 이상권, 강순희, 박종윤, 남정희 (2002b). CASE 프로그램에 의한 중학생들이 인지가속 효과. 한국과학교육학회지, 22(4), 837-850.

한윤덕 (2001). CASE의 변인 통제 학습 프로그램이 중학교 1학년 학생들의 변인 통제 능력 신장에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위 논문.

한효순, 최병순, 강순민, 박종윤 (2002). '생각하는 과학' 프로그램의 변인활동이 초등학생의 변인 통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.

Adey, P., & Shayer, M. (1990). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 267-285.

Adey, P., & Shayer, M. (1992). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. III: Testing the permanency of effect. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1101-1115.

Adey, P., & Shayer, M. (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. IV: Three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.

Adey, P., & Shayer, M. (1994). Really raising standards. London and New York.

Ginsburg, H., & Oppen, S. (1979). Piaget's theory of intellectual development. NJ:

Prentice-Hall, Inc.

Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. University of California: Berkely, CA.

Lawson, A. E., & Wollman, W. T. (1976). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning an experiment. *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 413-430.

Lawson, A. E. (1993). Deductive reasoning, brain maturation, and science concept acquisition: Are they linked?. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1029-1051.

Linn, N. C. (1980). When do adolescents reason?. *European Journal of Science Education*, 2(4), 429-440.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1958). The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books, INC.

Rosental, D. (1979). The acquisition of formal operations: The effects of two training procedures. *Journal of Genetic Psychology*, 134, 125-140.

Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta-analysis of training strategies. *Review of Educational Research*, 58(1), 405-437.

Wylam, H., & Shayer, M. (1980). CSMS science reasoning tasks. NFER Publishing Co.: New York.