

## 중학생들의 변인 통제 논리력과 변인 통제 유형 분석

이윤하 · 강순희\*

이화여자대학교

### The Analysis of the Ability to Control Variables and the Types of Controlling Variables by Junior High School Students

Lee, Yoonha · Kang, Soonhee\*

Ewha Womans University

**Abstract:** The purpose of this study was to analyze the ability to control variables and the ways by which variables are controlled. First, the assessment criteria for evaluating the students' ability to control variables were developed for 8th grade students. Second, the ways variables are controlled were classified from student activity reports. These students' answers were categorized into six types (type A ~ type F). Type A is defined as the group that excelled in recognizing the importance of controlling variables, eliminating unnecessary variables and identifying manipulated, dependent and controlled variables. Third, the scores of ability to control variables (CV score) and the classroom test of scientific reasoning (Lawson SRT) scores were measured. The results indicated that the CV score was highly correlated with Lawson SRT scores ( $r=.67$ ,  $p<.01$ ). Therefore, the assessment criteria developed in this study was used to evaluate the ability to control variables (CV score) and to measure the students' scientific reasoning.

**Key words:** variables, control variables, scoring rubric of controlling variable, ways of controlling variables, scientific reasoning, reasoning of controlling variable

### I. 서 론

현실에서 접하는 대부분의 문제들은 원인으로 여겨지는 여러 가지 요인들이 한꺼번에 작용하기 때문에 무엇이 원인이 되어 나타나는 결과인지 쉽게 알아보기 어렵다. 문제를 해결하기 위해서는 원인을 찾아야 하는데, 그러기 위해서는 관련이 없거나 적어보이는 요인을 배제하고, 핵심이 될 만한 요인을 하나씩만 바꾸어가면서 결과를 살펴봐야 한다. 그러므로 문제와 관련된 변인을 찾아내고, 문제와 관련이 희박한 변인을 배제하는 능력은 문제 해결의 시작이 된다(양일호 등, 2006). 다시 말하면 우리가 살아가면서 접하는 문제를 과학적으로 잘 해결하기 위해서는 변인을 통제하고 배제하는 능력이 상당히 필요하다.

또한 변인 통제는 형식적 사고를 가능하게 하는 주요한 논리적 사고 중 하나이다. 논리적 사고에 대한 연구(Adey & Shayer, 1994; Inhelder & Piaget, 1958; Lawson, 1995)를 보면, 형식적 조작기의 논리

적 사고를 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 조합 논리, 확률 논리, 상관 논리 등의 대략 여섯 가지 유형으로 분류하고 있다. Inhelder와 Piaget(1958)는 변인이 복잡하게 관련되어 나타나는 모순된 상황을 해결하기 위한 시도를 하고, 변인들을 여러 가지 방법으로 분류하고 조작해 보는 과정에서 학생들의 사고 수준이 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 전이된다고 하였다. 또한 Zohar 등(1994)은 비판적 사고 기능과 과학 탐구 기능을 사용하는 사고 영역에 가설의 검증, 변인 통제를 포함한 실험 설계, 타당한 결론의 도출 등의 활동이 속한다고 하였다. 변인 통제 논리와 논리적 사고의 상관성이 높기 때문에 몇몇 연구자들은 변인 통제 논리를 측정함으로써 학생들의 과학적 사고인 논리 사고력을 판별하기도 한다(Shayer & Adey, 1989). Shayer와 Adey는 CSMS(Concepts in Secondary Mathematics and Science Programme)을 개발하면서 학생들의 논리 사고력을 측정하기 위해 Piaget의 면담 방식대신 SRT(Scientific

\*교신저자: 강순희(shkang@ewha.ac.kr)

\*\*2010.07.19(접수) 2010.11.27(1심통과) 2010.12.15(2심통과) 2011.01.05(최종통과)

Reasoning Tasks; 이하 영국 SRT) 검사를 제작하여 지금까지 사용하고 있다. 이 검사 도구를 이용하여 대규모 학생들의 인지 수준이 구체적 조작 수준인지 형식적 조작 수준인지를 우선적으로 알아내고, 그 후에 해당 학생들의 인지 수준을 고려한 다양한 과학 수업 내용들을 개발하고 그 효과를 연구하였다(Adey, 1988, Adey *et al.*, 1995; Shayer & Adey, 1992, 1993). 영국 SRT 검사 도구에는 7가지 과제(7 TASK)가 있으며 각각 독립적으로 학생들의 인지 수준을 판단하는데 사용된다. 이 중에서 변인 통제 논리에 해당하는 과제Ⅲ을 지금까지도 학생들의 인지 수준을 판단하는데 많이 사용하고 있다(강순희, 2002; Shayer & Adey, 1989).

많은 과학적 탐구는 무엇이 어떤 일을 일으키는 원인이 되는지 알아보는 것을 근간으로 하고 있어서 과학적 탐구 활동에 익숙한 과학자들은 특정한 변인들을 무시하거나, 특정한 요소에 대한 특성을 기술하지 않거나, 외삽을 하여 극한 상황인 '0' 이나 '무한대'를 추론하거나, 특정 요소들이 일정한 값을 갖거나 균일하다고 생각하여 변인을 통제하거나 배제한다(박종원 등, 1998a; 1998b). 그러나 과학적 방법에 익숙하지 못한 대부분의 학생들은 탐구에서 변인을 통제하거나 배제해야 한다는 것을 직관적으로 알아내지 못한다.

조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 판별하고, 실험을 설계할 때 실험 조건을 통제하고 변인을 측정하는 것으로 변인 통제 능력을 세분화할 수 있다(한효순 등, 2002). 변인 통제 능력이 부족한 학생들은 주어진 문제 상황에서 관련된 변인을 잘 인식하지 못하거나, 일부 변인만 찾아낸다. 또는 불필요 변인을 포함하기도 한다. 또한 조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 구별하지 못하여 통제 변인을 변화시키거나, 조작 변인을 고정시키기도 하고, 모든 변인을 변화시키기도 한다(김선자, 최병순, 2005; 김재우 등, 1999; 남정희 등, 2002; 최미화, 2002). 이러한 연구 결과는 문제 상황에서 변인을 찾아내지 못하거나, 가설과 관련 없는 변인을 조작하거나 실험 설계에서 통제 변인을 고정하지 못하는 등 변인 통제를 잘 하지 못한다는 기존 연구(Germann *et al.*, 1996; Linn, 1980; van Joolingen & de Jong, 1991)와도 비슷하다.

우리나라 중학생 중 변인 통제 논리가 형성되어 있는 것으로 나타난 학생의 비율이 1학년 학생들의 경우

는 약 20%, 2학년 학생들의 경우 약 27%, 3학년의 경우 약 36% 정도로 나타났다(김영민, 김수현, 2009). 제7차 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서의 과학 탐구 과정을 분석한 연구(김희령, 여성희, 2004; 박효순, 조희형, 2003; 성민웅 등, 2004; 유모경, 조희형, 2003; 하소현 등, 2001)에 따르면, 전체 탐구 과정 기능 중에서 변인 통제 과정 기능을 사용하는 정도가 상당히 낮게 나타났다. 또한 변인 통제 기능을 사용하더라도 학생들 스스로 주어진 문제에서 필요한 변인을 찾아 통제하기보다는 주어진 실험 과정대로 따라하는 형태가 대부분이다. 왜냐하면, 제한된 시간 안에 학습해야 할 개념을 익히기 위해서는 불필요 변인을 모두 배제하고 필요 변인들 사이의 관계를 찾아야 하기 때문이다. 이러한 상황에서는 학생들이 변인들을 배제 또는 통제할 기회나 경험을 갖기 어려우므로 변인을 배제하거나 통제하는 능력을 기르기 어렵다.

학생들의 변인 통제 능력을 객관적으로 평가하려면 변인 통제 평가 기준과 그에 따른 구체적인 채점 기준이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 변인 통제 능력을 평가하기 위한 채점 기준을 개발하여, 학생들의 변인 통제 논리력을 평가하였다. 동시에 학생들이 실험을 설계할 때 어떻게 변인 통제하는지 몇 가지 유형으로 나누었다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 학생들의 변인 통제 논리력을 평가할 수 있는 채점 기준은 무엇인가?

둘째, 실험을 설계할 때 학생들의 변인 통제 활동을 어떤 유형으로 분류할 수 있는가?

셋째, 학생들의 변인 통제 논리력과 과학적 사고 수준에 따라 변인 통제 유형이 어떻게 달라지는가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상 및 자료 수집

이 연구는 서울시에 소재한 중학교 2학년 학생 30명을 대상으로 진행하였다. 변인 통제 능력을 구체적으로 평가하고, 변인 통제 활동에서 어떤 유형이 나타나는지를 알아보기 위한 연구 절차는 Fig. 1과 같다. 변인 통제 논리력을 측정할 수 있는 채점 기준을 개발하고, 변인 통제 논리를 측정할 수 있는 문항이 포함되어 있는 과학적 사고 수준 검사를 실시하였다. 이어

학생들에게 실험을 설계하도록 하는 문제 상황을 완전히 개방된 형태로 제시하는 검사지를 개발하고 적용하였다. 이러한 과정으로 얻어진 학생들의 변인 통제 논리력과 변인 통제 유형을 분석하였다.

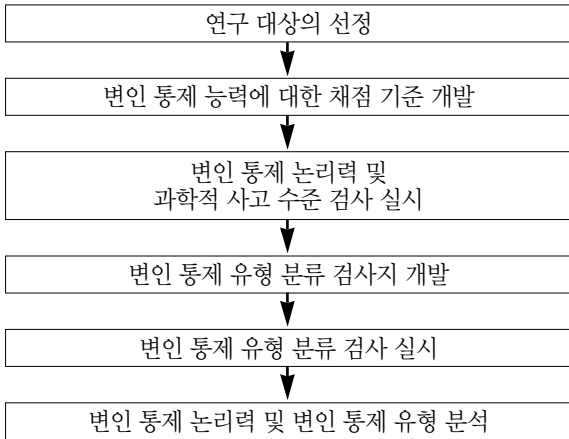


Fig. 1 연구 절차

## 2. 검사 도구

### 1) 변인 통제 논리력 검사 도구

김영채(2004)는 어떤 사고 요소에 대한 사람들의 '사고'나 '주장', '생각'을 추리(reasoning)라 정의하고, 더 나아가 어떤 사고 요소에 대하여 '보다 나은 사고', '보다 나은 주장' 또는 '보다 나은 추리'를 해당 요소에 대한 '보다 나은 비판적 사고'라고 정의하고 있다. 비판적 사고는 '더 나은' 판단에 이르기 위한 사고이므로 어떤 사람이 사고를 잘하고 있는지를 평가하려면 '사고의 요소'를 사용하는지를 확인하고, 그 '사고의 요소'들을 적절한 '지적인 수행 준거'에 따라 어느 정도로 비판적으로 사용하고 있는지를 평가해야 한다(강순희, 2010; 김영채, 2004). 즉 비판적 사고는 추리의 요소에 대하여 적절한 준거에 따라 관련 사고 과정을 적용해 가는 것이다. Lipman(2003/2005)은 비판적 사고를 했는지 확인하게 해주는 준거로 정확성, 일관성, 적절성, 수용가능성, 충분성을 제시하고 있다. Paul과 Elder(2006)는 분명함, 정확성, 명료성, 적절성, 중요성, 깊이, 폭넓음, 논리성, 공정성의 9가지 준거를 제시하였으며, Nosich(2009)는 분명함, 정확성, 명료성, 적절성, 중요성, 깊이, 폭넓음, 충분성의 8가지 준거를 제시하였다. 이와 비슷하게 김영채(2004)는 명료성, 정확성, 엄밀성, 적

절성, 복잡성, 광범성, 논리성, 중요성의 8가지 준거를, 김영정(2005)은 적절성, 중요성, 논리성, 분명함, 정확성, 명료성, 다각성, 심층성, 충분함의 9가지 준거를 제시하고 있다. 강순희(2010)는 과학 교과의 특성을 고려하여 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성의 7가지 준거를 제시하였다.

본 연구에서는 과학적 사고에서 나타나는 논리 요소의 인지 요구도와 아동들의 인지 수준을 이원화하여 만든 인지 수준 분류틀(강순희, 2002; Shayer & Adey, 1989)과 Table 1에 제시한 강순희(2010)가 개발한 7가지 평가 준거에 대한 평가 기준을 참고하였다. 이를 바탕으로 하여 변인 통제 논리력을 측정하기 위한 채점 기준을 개발하였다.

### 2) 과학적 사고 수준 검사 도구

Lawson(1995)은 보존 논리, 비례 논리, 분류 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관 논리의 7가지 논리 요소를 사용하여 학생들로 하여금 비판적으로 추리해내도록 하는 과학적 사고 검사 도구(Classroom Test of Scientific Reasoning, 이하 Lawson SRT)를 개발하였다. 이 검사의 1~10, 12번 문항은 주어진 답안을 선택하고 그 이유를 서술하도록 하며, 11번은 해당하는 모든 경우를 나열하도록 하는 서술형이다. 이 검사 도구의 점수 분포에 의하여 학생들의 사고를 세 수준으로 분류할 수 있다. Lawson SRT의 최고 점수는 12점이며, 0~4점을 경험 귀납적 사고기, 5~8점을 과도기, 9~12점을 가설 연역적 사고기로 구분할 수 있다.

### 3) 변인 통제 유형 분류 검사 도구

학생들이 실험을 설계할 때 어떤 방식으로 변인 통제를 하는지 알아보고 몇 가지 유형으로 분류하기 위하여 '변인 통제 유형 분류 검사(Test of Control Variables)'를 개발하였다(부록1). 검사 문항의 소재는 양일호 등(2006)이 초등학생을 대상으로 변인 통제의 필요성을 인식하도록 한 활동지에서 인용한 것으로, 중학생에게 맞게 독립 변인의 수와 난이도를 조절하였다. 또한 이 검사는 중학교 2학년 학생 10명을 대상으로 예비 검사를 하여 수정한 것으로 과학 교육 전문가 3인에 의해 내용타당도 검증 받았다.

본 검사는 크게 세 단계의 활동으로 이루어져 있다.

**Table 1**  
본 연구에서의 변인 통제 논리에 대한 평가 준거와 평가 기준

평가 준거	평가 기준
검증 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 영향을 주지 않는 변인을 배제하고, 한 번에 한 가지의 변인만을 조작하고, 그 외 변인을 통제함으로써 적절하게 실험을 구성하여 요인의 영향을 검증할 수 있다.</li> <li>▶ 자연 변동의 통제가 불가능하므로 적절한 표본 추출을 통해 요인의 효과를 검증할 수 있다.</li> </ul>
광범성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 명시된 변인 이외에 영향을 미칠 수 있는 다른 변인들을 찾아내어 배제, 통제, 조작할 수 있다.</li> </ul>
일관성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 가능한 변인들의 조합을 통해 만들 수 있는 다양한 실험을 할 때 해당 변인의 영향 유무를 알아낼 수 있는 실험을 선택할 수 있고 변인들의 상호작용에 의한 효과를 해석할 수 있다.</li> <li>▶ 독립 변인과 종속 변인의 인과관계를 모순됨이 없이 진술한다.</li> </ul>
정확성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 변인 값을 기록:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 값(계산값, 측정값)이 참값에 가깝다.</li> <li>- 수의 조작 과정(계산 과정)이 바르다.</li> </ul> </li> </ul>
정밀성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 변인 값을 기록:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유효숫자의 개수를 바르게 나타내고 상황에 적합한 수준으로 나타낸다.</li> <li>- 동일한 조건에서 반복된 측정을 통해 얻어진 결과들이 서로 일치한다.</li> <li>- 구체적인 수치를 근거로 제시한다.</li> </ul> </li> </ul>
중요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 주어진 요인의 영향을 알아내려고 할 때 영향이 없는 요인들을 배제할 수 있다.</li> </ul>
타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 독립 변인과 종속 변인, 통제 변인과 조작 변인을 각각 바르게 구분하고, 과학적인 용어를 사용하여 분명하게 진술한다.</li> <li>▶ 관련 없는 변인을 배제하는 이유를 분명하게 진술할 수 있다.</li> </ul>

이 검사의 세 단계를 모두 수행하는데 걸리는 시간은 약 45분이다. 이 검사지의 첫 번째 단계에서는 학생들에게 활동의 주제와 목표를 제시하여 활동의 의의와 분위기를 조성한 후, 제시된 실험 결과로부터 결론을 이끌어내고 그 결론을 되돌아보도록 하였다. 학생들이 이 변인이 통제되지 않은 실험에서 얻어진 결과에 대해 어떻게 생각하는지를 적게 하였다. 이 단계에 대한 학생들의 응답으로 ‘변인 통제의 필요성 인식 여부’에 대해 판단할 수 있다. 두 번째 단계에서는 학생들이 가장 빨리 계단을 오르내리는 사람을 알아내기 위한 활동을 직접 계획하도록 하였다. 이 단계의 응답으로 ‘불필요 변인 배제 여부’, ‘통제 변인 설정 여부’, ‘조작 변인이나 종속 변인 설정 여부’에 대해 판단하여 변인 통제 유형을 분류할 수 있다. 마지막 단계에서는 학생들이 이전 단계에서 계획대로 실험을 수행하여 결과를 얻어내고 이를 바탕으로 결론을 이끌어내고, 이렇게 얻어진 결론에 대해 반성적으로 판단하도록 하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 변인 통제 논리력을 평가하기 위한 채점 기준

Lawson SRT는 보존 논리, 비례 논리, 분류 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관 논리의 7 가지 논리 사고에 해당하는 문항으로 이루어진 검사 도구이다. 이 중 5, 6, 7, 8번 문항은 변인 통제 논리에 해당하는 문항이다(부록2). 본 연구에서는 이 네 문항에 맞추어 채점 기준을 개발하였다.

Lawson SRT 5번과 6번 문항은 진자를 소재로 한 문항으로 진자가 왕복하는데 걸리는 시간이 어떤 변인에 따라 달라지는지 알아보기 위한 실험을 설계하도록 하고 있다. 주어진 문제에서 학생들은 독립 변인(실의 길이, 추의 질량) 중에서 조작 변인을 찾아내고, 나머지 변인을 통제할 수 있어야 한다. ‘검증 가능성’은 하나의 조작 변인만을 설정하고, 조작 변인을 제외한 나머지 독립 변인을 통제하여 적절하게 실험을 구성하여 요인의 영향을 검증할 수 있는지를 평가하는 준거이다. 이에 따라 5번과 6번 문항을 ‘검증 가능성’에 근거하여 Table 2와 같이 3점 척도로 구체적인 채점 기준을 마련하였다.

Lawson SRT 7번과 8번 문항은 중력과 빛에 대한 파리의 반응을 소재로 한 문항이다. 중력과 빛 변인이 모두 작용하는 관 I 과 빛 변인만 작용하는 관 II, 중력 변인만 작용하는 관 III, 빛과 중력 변인이 작용하지 않

**Table 2**  
Lawson SRT 5번 ~ 8번 문항에 대한 채점 기준

검증 가능성	상(2점)	중(1점)	하(0점)
5번 문항	▶ 조작 변인인 '실의 길이'는 다르게 하고, 통제 변인인 '추의 무게'는 같게 해야한다.	▶ '실의 길이'를 다르게 함을 서술하거나, 또는 '추의 무게'를 동일하게 유지해야 함을 서술한다.	▶ 조작 변인과 통제 변인을 구분하지 못하거나, 잘못 구분하여 서술한다.
6번 문항	▶ 조작 변인인 '추의 무게'는 다르게 하고, 통제 변인인 '실의 길이'는 같게 해야한다.	▶ '추의 무게'를 변화시켜야 함을 서술하거나, 또는 '실의 길이'는 동일하게 유지해야 함을 서술한다.	▶ 조작 변인과 통제 변인을 구분하지 못하거나, 잘못 구분하여 서술한다.
일관성	상(2점)	중(1점)	하(0점)
7, 8번 문항	▶ 중력에 대한 반응을 알아보기 위해 빛 조건은 동일하고, 중력 조건만 다른 관Ⅲ을 비교한다. 또한 빛에 대한 반응을 알아보기 위해 중력 조건이 동일하고, 빛 조건만 다른 관Ⅱ와 Ⅳ를 비교한다.	▶ 중력 조건만 다른 관Ⅲ을 비교한다. 또는 중력 조건이 동일하고, 빛 조건만 다른 관Ⅱ와 Ⅳ를 비교한다.	▶ 중력에 대한 반응과 빛에 대한 반응을 알아보기 위해 서로 비교해야 하는 관을 언급하지 못한다.

는 관Ⅳ를 비교하여 파리가 어떤 변인에 반응하는지를 알아보는 문항이다. '일관성'은 가능한 변인들의 조합을 통해 만들 수 있는 다양한 실험을 할 때 해당 변인의 영향 유무를 알아낼 수 있는 실험을 선택할 수 있고 변인들의 상호작용에 의한 효과를 해석할 수 있는지를 평가하는 준거이다. 주어진 문제에서 학생들은 독립 변인(중력 변인, 빛 변인) 중에서 조작 변인을 찾아내고, 나머지 변인을 통제하여 파리의 반응에 대한 결론을 내릴 수 있어야 한다. 따라서 독립 변인과 종속 변인과의 인과관계를 진술하는데 관련된 준거인 '일관성'에 근거하여 Table 2와 같이 3점 척도로 구체적 채점 기준을 마련하였다.

## 2. 변인 통제 논리력 측정

학생들의 변인 통제 능력을 점수화하기 위해 채점 기준을 개발하고, 이를 이용하여 Lawson SRT 5번 ~8번 문항에 대한 학생 30명의 답변을 채점하였다. 이렇게 측정된 점수를 변인 통제 논리력이라 하였으

며 Table 3에 결과를 나타내었다.

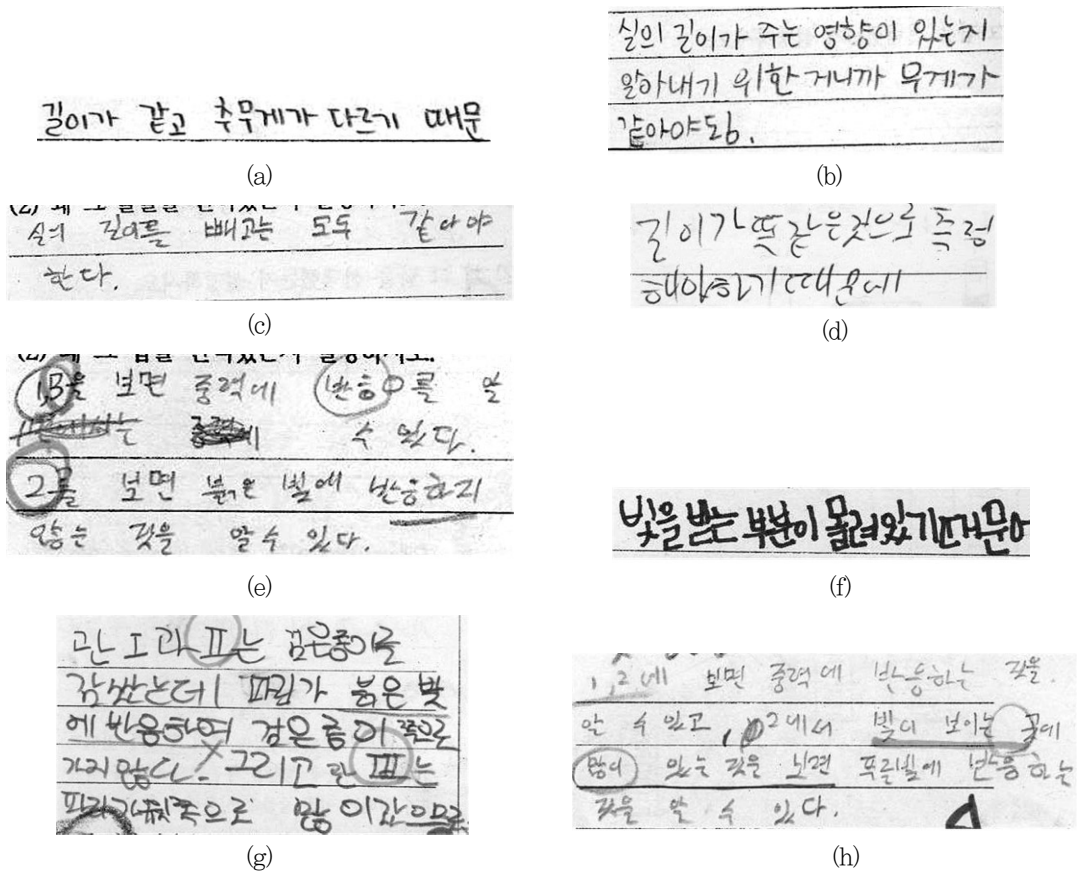
두 가지의 독립 변인 중에서 한 가지의 조작 변인을 골라 변인 통제된 실험을 계획하는 5번과 6번 문항에 대해 '상' 수준으로 응답한 학생들이 5번 문항의 경우 30.0%, 6번 문항의 경우 40.0%였다. 그러나 변인을 통제하여 실험 결과를 해석하는 문항에 대해 7번 문항의 경우 6.7%, 8번 문항의 경우 3.3%로 매우 적은 수의 학생들만이 '상' 수준에 해당하였다. 이러한 경향을 각 문항의 평균 점수를 비교하여 확인할 수 있다. 5번 문항에 대한 평균 점수가 0.69점, 6번 문항에 대한 평균 점수가 1.10점인데 비해, 7번 문항에 대한 평균 점수는 0.41점, 8번 문항에 대한 평균 점수는 0.31점으로 매우 낮았다.

학생들의 답변을 구체적으로 살펴보면 그 경향을 더욱 명확하게 확인할 수 있다. 5번과 6번 문항에서 '상' 수준의 학생들은 Fig. 2의 (a), (c)와 같이 '실의 길이'와 '추의 무게'라는 2가지의 독립 변인을 모두 고려하여 실험 설계를 하였다. 그러나 '중' 수준의 학생들은 Fig. 2의 (b), (d)에서 보는 바와 같이 조작 변

**Table 3**  
변인 통제 논리력 점수 분포

평가 준거	문항	점수			평균(표준편차)
		상(2점)	중(1점)	하(0점)	
검증가능성	5번	9(30.0)	2(6.7)	19(63.3)	0.69 (0.93)
	6번	12(40.0)	8(26.7)	10(33.3)	1.10 (0.68)
일관성	7번	2(6.7)	8(26.7)	20(66.7)	0.41 (0.63)
	8번	1(3.3)	7(23.3)	22(73.3)	0.31 (0.54)

단위 : 명(%)



- (a) 5번 문항에 대한 '상' 수준의 답변, (b) 5번 문항에 대한 '중' 수준의 답변,
- (c) 6번 문항에 대한 '상' 수준의 답변, (d) 6번 문항에 대한 '중' 수준의 답변,
- (e) 7번 문항에 대한 '상' 수준의 답변, (f) 7번 문항에 대한 '중' 수준의 답변,
- (g) 8번 문항에 대한 '상' 수준의 답변, (h) 8번 문항에 대한 '중' 수준의 답변

Fig. 2 Lawson의 SRT 5번~8번 문항에 대한 학생들의 응답 예시

인만 변화시키거나 통제 변인만 일정하게 통제하는 등 변인 중에 일부분만 통제하여 실험 설계를 하였다.

학생들은 주어진 실험 결과를 변인 통제하여 해석해야 하는 7번과 8번 문항을 더 어려워하는 것으로 나타났다. 이 활동을 성공적으로 수행하기 위해서는 학생들은 빛과 중력의 두 가지 독립 변인을 따로 고려하여 파리의 반응(중속 변인)을 해석해야 한다. 중력에 대한 반응은 빛의 영향이 없는 관Ⅲ에 있는 파리의 개체수를 비교하여야 한다. 또한 빛에 대한 반응은 중력에 대한 영향이 없는 관Ⅱ와 관Ⅳ를 비교하여 검은 종이로 싸 부분과 아닌 부분의 파리 개체수를 비교해야 한다. '상' 수준의 학생은 Fig. 2에 제시한 (e), (g)처럼 각각의 변인을 고려하여 독립 변인에 대한 종속 변

인의 변화를 해석하였다. 그러나 약 25%의 학생들이 Fig. 2의 (f)와 (h)와 같이 두 가지 변인 중 한 가지만을 바르게 해석해내었으며, 약 70%의 학생들은 변인을 통제하여 실험을 해석해내지 못하였다.

### 3. 변인 통제 유형 분류

학생들이 변인을 통제하여 실험 설계를 하는 활동에서 나타나는 공통점을 분석하고, 이를 기준으로 하여 몇 가지 대표적인 유형으로 분류하였다. 이를 위하여 부록1에 제시한 '변인 통제 유형 분류 검사(Test of Control Variables)'를 연구 대상인 30명 학생들에게 적용하였다. 먼저 두 학생이 서로 다른 조건으로



계단 오르내리기 시합을 한 결과를 보고 가장 빨리 이동한 사람을 찾아내도록 하였다. 이어 연구 대상인 30명 학생 중에서 가장 계단을 빨리 오르내리는 사람이 누구인지를 알아내는 실험을 구체적으로 계획하도록 하였다. 이렇게 작성된 활동지의 응답 내용을 분석하여 중학교 학생들은 변인 통제를 포함한 실험 설계를 어떻게 하였는지 알아보았다.

변인 통제 유형을 분류하기 위해 ‘변인 통제의 필요성을 인식하는가’, ‘불필요 변인을 배제하는가’, ‘조작 변인이나 종속 변인과 구별하여 통제 변인을 설계하는가’, ‘조작 변인이나 종속 변인을 찾아내어 바르게 설계하는가’의 4가지 분류 기준을 추출하였다. 이를 이용하여 다음과 같이 유형A~유형F의 여섯 가지 유형으로 분류하였다. 유형A에 3명, 유형B에 7명, 유형C에 7명, 유형D에 2명, 유형E에 5명, 유형F에 6명의 학생이 해당하였다.

#### 1) 유형A: 통제 변인과 조작 변인, 종속 변인을 모두 바르게 설정할 수 있는 유형

이 실험에서는 달리는 사람을 조작 변인으로, 시간을 제외한 다른 조건들은 통제 변인으로 설계해야 한다. 계단의 종류나 왕복 횟수 등은 반드시 통제해야 하는 변인이며, 그 밖에도 공정한 실험을 하기 위해서는 신발의 종류나 옷차림 등의 조건을 일정하게 유지시켜야 한다. 동시에 키나 몸무게처럼 통제할 수 없는 변인이나 출발 시간과 같이 통제할 필요가 없는 변인은 배제해야 한다. 이와 같이 변인 통제의 필요성을 인식하고 불필요 변인을 배제한 후, 조작 변인, 종속 변인을 설정하고 이와 구분하여 통제 변인을 설정한 학생들을 유형A로 분류하였다. 이 유형에 속하는 학생들은 Fig. 3의 (A-1), (A-2)와 같이 조작 변인인 ‘사람, 30명’을 구체적으로 언급했으며, 종속 변인으로 ‘누가 빠른지 시간을 측정’해야 함을 언급하였다. 학생에 따라서 통제 변인을 ‘왕복하는 방법’ 외에도 ‘신발, 옷차림, 오르는 칸 수’ 등에 대해 구체적으로 언급한 정도는 다르나 모든 변인을 바르게 구분할 수 있다는 점에서 같은 유형으로 분류하였다.

#### 2) 유형B: 통제 변인을 바르게 설정하며, 통제 변인과 구별하여 조작 변인 또는 종속 변인을 설정할 수 있는 유형

실험에 관여하는 변인들 중에서 통제 변인만 언급

하는 것이 아니라, 이와 구별하여 조작 변인이나 종속 변인을 설정할 수 있는 학생들이 속하는 유형이다. 이 유형에 속하는 학생들은 Fig. 3의 (B-1)과 같이 조작 변인인 ‘30명 전부(사람)’을 언급하였다. 또한 (B-2)에서 보는 바와 같이 통제 변인인 ‘계단의 종류, 옷차림, 계단 칸의 수’ 등을 같은 조건으로 해야 함을 언급하였으며, 종속 변인인 ‘걸리는 시간’을 측정해야 함을 표현했다.

#### 3) 유형C: 통제 변인을 바르게 설정하나, 조작 변인과 종속 변인을 설정하지 못하는 유형

이 유형에 속하는 학생들은 변인 통제의 필요성을 인식하고 있는 학생들로서 Fig. 3의 (C-1), (C-2)와 같이 실험 중에 같은 조건으로 유지해야 할 통제 변인을 구체적으로 언급하였다. 그러나 조작 변인이나 종속 변인에 대한 언급은 전혀 없어 완전하게 실험 설계를 한다고는 할 수 없다. 이 유형에 속하는 학생들이 설정한 통제 변인의 개수는 학생마다 다르나, 이들은 불필요 변인을 배제할 수 있으며, 변인 통제를 인식하고, 통제 변인을 바르게 설정할 수 있는 능력을 가지고 있다고 볼 수 있다.

#### 4) 유형D: 불필요 변인을 배제하나, 통제 변인을 설정하지 못하는 유형

이 유형은 실험 설계에서 불필요 변인을 배제할 수는 있으나, 통제 변인을 바르게 설정하지 못하는 유형이다. 이 유형에 속하는 학생들은 Fig. 3의 (D-1)과 같이 종속 변인과 통제 변인을 구분하지 못하고, 종속 변인으로 ‘걸린 시간’을 설정한 후 다시 통제 변인에 ‘시간’을 설정하기도 하였다. 또는 Fig. 3의 (D-2)와 같이 ‘계단’은 통제 변인으로 설정하나, ‘계단을 왕복하는 방법’은 통제하지 못하는 학생이 이 유형에 속한다.

#### 5) 유형E: 변인 통제의 필요성을 인식하나, 불필요 변인을 배제하지 못하는 유형

이 유형에 속하는 학생들은 실험 중에 같은 조건으로 유지시켜야 하는 변인을 언급하였다. 이를 보면 변인 통제에 대한 인식을 하고 있다고 여겨진다. 그러나 Fig. 3의 (E-1), (E-2)와 같이 키나 몸무게, 출발 시간과 같은 불필요 변인을 배제하지 못하는 학생들이 속한다.

#### 6) 유형F: 변인 통제의 필요성을 인식하지 못하고,

평균은 30명. 30명보다 많은 사람만  
 평균보다 적은 사람만  
 평균보다 적은 사람만  
 평균보다 적은 사람만

(A-1)

오늘과 다른 날에 다시 하는 것이다.  
 방법은 그나마 조금 빠른 사람들 까지 모여서 같은 계단  
 에서 같이 해보는 것이다. 그러면 누가 빠른지 알 수 있을 것이다.

(B-1)

오늘과 다른 날에 다시 하는 것이다.  
 방법은 그나마 조금 빠른 사람들 까지 모여서 같은 계단  
 에서 같이 해보는 것이다. 그러면 누가 빠른지 알 수 있을 것이다.

(C-1)

변인 통제	변인	조건
평균보다 많다 적은 사람만	같은 계단	2번 반복
평균보다 적은 사람만	같은 계단 같은 계단	남·여 속도를 다르게 3번 반복
평균보다 적은 사람만	같은 계단 같은 계단	3번 반복

(D-1)

신발의 종류, 끈의 칸수, 높이, 성별, 키, 옷차림  
 비슷하게 맞춰주는 것이다.

(E-1)

시간을 차서  
 줄을 차서  
 조

(F-1)

먼저 사람을 제외한 모든 조건을 똑같이 한다.  
 신발, 끈, 끈의 칸수 등을 똑같이 한다. 발의 높이는 같은 계단에서  
 같이 해보는 것이다. (이것이 조건)

(A-2)

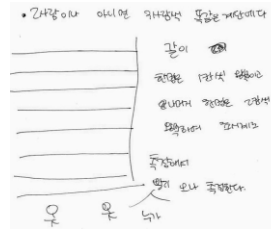
- 어디까지만 반복할 것이다.  
 - 한사람씩 두사람씩 정렬할 것이다.  
 - 평균을 구한다.  
 - 각 조건을 비교하고 평균이 높은 쪽에서 반복해본다.

(B-2)

<조건> : 일정한 하향  
 - 같은 계단의 계단  
 - 같은 계단의 계단  
 - 같은 계단의 계단  
 - 성별  
 - 옷차림  
 - 같은 날

이러한 것들을 맞춰줄 방법을 한다.

(C-2)



(D-2)

2차로가 동시에 계단을 내려옴.

같이 해야 할 조건: 장소, 줄 칸수, 내려오는 칸수, 성별

(E-2)

키 (높이)  
 성별  
 신발  
 옷차림  
 키  
 몸무게  
 걸음  
 안경  
 모는 계단 수

한번 계단을 오르는데 후에 위에 있는 것들을 체크해본다.  
 그리고 기록을 적은 후에 평균을 낸다.  
 사람들의 기록들을 비교해 본다!!!

(F-2)

- (A-1), (A-2) 유형A에 속하는 학생의 응답
- (B-1), (B-2) 유형B에 속하는 학생의 응답
- (C-1), (C-2) 유형C에 속하는 학생의 응답
- (D-1), (D-2) 유형D에 속하는 학생의 응답
- (E-1), (E-2) 유형E에 속하는 학생의 응답
- (F-1), (F-2) 유형F에 속하는 학생의 응답

Fig. 3 변인 통제에 대한 유형별 학생들의 응답 예시



**실험 설계를 하지 못하는 유형**

이 유형에 속하는 학생들은 실험을 설계할 때 통제 변인을 언급하지 않는 학생들로, 변인 통제의 필요성을 전혀 인식하지 못하는 학생이라 할 수 있다. Fig. 3의 (F-1), (F-2)에서 보는 바와 같이 ‘시간을 재는 것’, ‘기록을 적은 후’와 같이 단순히 실험에 대해 언급만 할 뿐 어떻게 실험할지에 대해 구체적으로 설계하지 못하였다. 또는 실험과 관련된 변인은 찾아낼 수 있으나, 변인을 구체적으로 어떻게 조작하거나 통제할지에 대해 전혀 계획하지 못하였다.

**4. 변인 통제 논리력과 과학적 사고 수준에 따른 변인 통제 유형 빈도**

Lawson SRT 중 변인 통제 논리에 대한 5번~8번 문항을 각각 최고점 2점으로 하여 채점하면 최고 점수는 8점이 된다. 이렇게 해서 얻어진 점수의 총점으로 구간을 나누고, 각 점수 구간에 해당하는 학생들의 변인 통제 유형 빈도를 앞에서 나타난 6개 유형에 따라 나타내 보면 Table 4와 같다.

Table 4에 나타난 분포를 보면, 변인 통제 논리력 점수가 ‘중’ 수준 이상인 5점에서 8점을 획득한 학생들은 총 5명이고 그 중 유형A와 유형B에 해당하는 학생들이 4명(80%)이며, 유형C~유형F에 해당하는 학생은 1명(20%)이다. 또한 ‘중’ 수준 이하의 점수인 0점에서 4점을 획득한 학생들은 총 25명이고 그중에서 19명(76%)이 유형C~유형F에 해당하였다.

Table 4의 자료를 전체적으로 볼 때, 변인 통제 논리력 점수가 높은 학생들은 유형C~유형F보다는 유형A나 유형B에 많이 분포하고 있다. 이러한 자료로부터 변인 통제 논리력 점수가 높을수록 학생들이 변인 통

제의 필요성을 느끼고, 불필요 변인을 배제하여 통제 변인을 설정하고, 조작 변인과 종속 변인을 구분할 수 있게 된다고 해석할 수 있다. 다시 말하면, 본 연구에서 개발한 채점 기준을 이용하여 측정한 변인 통제 논리력이 실험 설계에서의 변인 통제 활동을 예상할 수 있다는 것이다. 이 결과는 연구에 참여한 학생이 30명으로 일반화할 수 있는 결론은 아니나, 변인 통제 논리력 점수가 높을수록 변인 통제된 실험을 바람직하게 설계할 수 있다는 경향은 확인할 수 있었다.

그러나 변인 통제 논리력 점수가 4점 이하이면서도 유형A나 유형B에 속하는 학생이 6명, 변인 통제 논리력 점수가 4점 보다 높은데도 유형E에 속하는 학생이 1명이 있었다. 본 연구에서는 유형을 분류할 때 제시한 변인의 개수를 고려하지 않고, 변인을 바르게 구분하여 통제하는지를 기준으로 한다. 따라서 다양한 변인을 고려할 수 있는 능력을 가진 학생의 경우 변인 통제 논리력 점수는 높더라도 변인을 올바르게 통제하지 못하기 때문에 낮은 유형으로 분류될 수 있다. 반대로 다양한 변인을 고려하지 못하여 변인 통제 논리력 점수는 낮으나 변인을 바르게 통제할 수 있는 학생이 높은 유형으로 분류될 수 있다. 이는 본 연구가 30명 학생을 대상으로 하여 사례수가 적기 때문에 나타나는 현상일 수도 있고, 변인 통제 유형을 분류하면서 ‘다양한 변인을 고려하는지’를 기준으로 하지 않았기 때문일 수도 있다. 이러한 현상이 나타나는 이유를 알아보기 위해 대규모의 학생을 대상으로 하여 추가 연구를 해야 할 필요가 있다.

Table 5는 Lawson SRT 점수로 학생들을 세 가지의 과학적 사고 수준으로 분류하고, 그에 따른 변인 통제 유형의 빈도를 나타낸 것이다. 중학교 2학년인 본 연구 대상 총 30명 학생 중에서 가설 연역적 사고

**Table 4**  
변인 통제 논리력 점수에 따른 변인 통제 유형 빈도

변인 통제 논리력 총점(점)	변인 통제 유형						총 사례수 (명)
	유형A	유형B	유형C	유형D	유형E	유형F	
0	1	1	1	1	-	2	6
1, 2	1	1	4	1	2	4	13
3, 4	-	2	2	-	2	-	6
5, 6	-	2	-	-	1	-	3
7, 8	1	1	-	-	-	-	2
총 사례수(명)	3	7	7	2	5	6	30

**Table 5**  
과학적 사고 수준에 따른 변인 통제 유형 빈도

단위 : 명(%), 해당 사례수/총 사례 수 30명)

과학적 사고 수준	변인 통제 유형						총 사례수 (명)
	유형A	유형B	유형C	유형D	유형E	유형F	
경험 귀납적 사고기	1 (3.3)	5 (16.7)	6 (20.0)	2 (6.7)	3 (10.0)	5 (16.7)	22 (73.3)
과도기	1 (3.3)	2 (6.7)	1 (3.3)	-	2 (6.7)	1 (3.3)	7 (23.3)
가설 연역적 사고기	1 (3.3)	-	-	-	-	-	1 (3.3)

기에 해당하는 학생은 1명이었으며, 그 학생의 변인 통제 유형은 조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 잘 구분하는 유형A였다. 연구 대상 중 22명 학생들이 경험 귀납적 사고기였으며, 이들의 변인 통제 유형은 조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 잘 구분하는 유형A에 속하는 학생이 1명이었으며, 나머지 21명의 경험 귀납적 사고기 학생들은 유형B에서부터 유형F까지 고루 퍼져 있음을 알 수 있었다. Table 5에 제시되어 있는 자료로부터 학생들의 사고 수준과 유형별 관계를 분명하게 설명하기는 어려우나, 전체적인 분포로 볼 때 학생들의 사고 수준이 경험 귀납적 사고기로 갈수록 조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 잘 구분하는 유형 A보다는 변인을 잘 구별하지 못하는 나머지 변인 통제 유형에 속하고 있음을 볼 수 있었다.

학생들의 변인 통제 논리력 점수와 과학적 사고력인 Lawson SRT 점수의 상관 계수는 .67로, 변인 통제 논리력과 과학적 사고력과의 상관이 높은 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 이는 변인 통제 능력을 측정하여 학생들의 과학적 사고인 논리 사고력을 판별하기도 한 Shayer와 Adey(1989)의 생각과도 일관되는 관점으로, 본 연구에서 측정한 변인 통제 논리력 점수를 이용하여 학생들의 과학적 사고력을 측정할 수 있다고 해석할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 먼저 사고력을 평가할 수 있는 일반적인 7가지 평가 준거와 그에 따른 평가 기준을 기초로 하여 Lawson SRT 중 변인 통제 논리 4개의 문항에 대한 채점 기준을 개발하였다. 채점 기준은 3점 척도로 개발하였으며 이를 이용하여 연구 대상 학생들

의 변인 통제 논리력을 평가하였다. 이어 '변인 통제 유형 분류 검사지'를 개발하였으며, 이 검사를 활용하여 변인 통제하여 실험을 설계하는 활동에서 나타나는 공통점을 분석하고, 이를 기준으로 하여 학생들의 활동 내용을 6가지 유형으로 분류하였다. 이러한 유형 분류는 학년 별 또는 학교 별 모든 학생들의 변인 통제 유형으로 일반화할 수는 없으나, 그러한 연구의 밑거름이 되는 자료가 될 것으로 사료된다.

또한 이렇게 얻어진 중학교 2학년 학생들의 변인 통제 논리력 점수와 과학적 사고력인 Lawson SRT 점수와의 상관 계수는 .67로 높은 상관을 보였다 ( $p < .01$ ). 12개의 문항으로 이루어진 Lawson SRT 점수와 그 중 4개의 변인 통제에 해당하는 문항을 다른 채점 기준으로 측정한 변인 통제 논리력 사이에 상관이 높다는 것은 본 연구의 채점 기준이 사고력 평가로 사용하기에 타당하다는 것이라 생각된다. 또한 학생들의 변인 통제 논리력 점수로서 학생들의 과학적 사고의 수준도 예측할 수 있음을 상기하여, 이러한 정적인 상관관계를 현장 교수 활동에 활용하기를 기대한다.

본 연구 대상 학생들의 사고 수준이 대부분 경험 귀납적 사고기와 과도기 학생들이었으며 이들의 변인 통제 유형은 조작 변인, 종속 변인, 통제 변인을 잘 구분하는 유형A보다는 변인을 잘 구별하지 못하는 유형인 유형B~유형F에 대부분 속하고 있었음을 알아내었다. 즉 중학교 학생들에게 변인 통제 활동을 포함하는 교수 활동을 통하여 변인 통제 논리력이 신장될 수 있는 방안을 찾아야 할 필요가 있음을 알게 되었다. 중학교 저학년년부터 점차 변인 통제 논리력을 신장시킬 수 있는 탐구 활동을 강화하고, 이러한 변인 통제 활동을 자주 접하도록 하여 변인 통제 능력을 신장시키고 과학적 사고를 향상시키도록 해야 한다.

마지막으로 본 연구 결과를 일반화하기 위해서는 연구 대상 학생 수를 늘리고, 성별, 지역별, 학급별, 학년별에 따라 대상을 달리하여 추가 연구를 해야 할 필요가 있다.

## 국문 요약

본 연구에서는 학생들의 변인 통제 논리력과 변인 통제 활동을 분석하고자 하였다. 이를 위해 먼저 변인 통제 능력에 대한 구체적인 채점 기준을 개발하였다. 이어서, 중학교 2학년에 재학 중인 30명의 학생을 대상으로 학생들의 변인 통제 유형을 알아보았다. '계단 빨리 왕복하기' 전략을 설계하도록 하는 과제를 부여한 후 얻어진 학생들의 응답 내용을 바탕으로 변인 통제 유형을 분석하였다. 변인 통제의 필요성 인식 여부, 불필요 변인의 배제 여부, 통제 변인의 설계 여부, 조작 변인과 종속 변인의 설계 여부의 네 가지 측면에 따라 유형A~유형F의 여섯 가지 유형으로 분류하였다. 그리고 Lawson의 과학적 사고 수준 검사 문항 중 변인 통제 논리에 해당하는 4개 문항에 대한 답변을 본 연구에서 개발한 채점 기준으로 채점하여 변인 통제 논리력을 측정하였다. Lawson이 개발한 과학적 사고 검사지로 측정된 점수와 변인 통제 논리력 점수의 상관 계수는 .67로 과학적 사고력과 변인 통제 논리력의 상관은 높은 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 이는 본 연구에서 개발한 채점 기준이 학생들의 변인 통제 능력을 객관적으로 평가할 수 있다고 판단할 수 있으며, 또한 학생들의 과학적 사고력을 측정하는데 이용할 수 있음을 의미하는 것이다.

## 참고 문헌

- 강순희 (2002). 과학 교수 전략에서 학생의 인지 수준과 교과 내용의 인지 요구 수준. 이화교육총서 교과교육연구소 2002-01. 이화여자대학교 사범대학.
- 강순희 (2010). 과학 창의적 문제 해결력 평가 도구와 평가 준거. 이화교육총서 교과교육연구소 2010-13. 이화여자대학교 사범대학.
- 김선자, 최병순 (2005). 변인통제 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.
- 김영정 (2005). 인문, 역사 : 비판적 사고와 토목공학 9 ; 비판적 사고의 9요소와 9기준. 자연과 문명의 조화(구 토목-대한토목학회지), 53(11), 217-225.
- 김영채 (2004). 사고력: 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.
- 김재우, 오원근, 박승재 (1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.
- 김희령, 여성희 (2004). 제7차 교육과정에 따른 중학교 2학년 과학교과서의 과학 탐구 과정과 학생들의 과학 탐구 능력 실태 분석. 한국생물교육학회지, 32(4), 390-397.
- 남정희, 김성희, 강순희, 박종윤, 최병순 (2002). 변인통제 문제해결 활동에서 학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 22(1), 110-121.
- 박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 I - 이상화의 의미와 특성을 중심으로 -. 한국과학교육학회지, 18(2), 209-219.
- 박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 II - 이상화가 물리 학습에 주는 시사점을 중심으로 -. 한국과학교육학회지, 18(2), 245-256.
- 박효순, 조희형 (2003). 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(3), 239-245.
- 성민웅, 광대오, 성호건 (2004). 제7차 중학교 과학교과서의 탐구 기능 요소 분석. 수록처 : 경상대학교 과학교육연구센터 엮음. 제7차 교육과정과 교과서 : 과학, (pp. 135-168). 서울: 교육과학사.
- 양일호, 권용주, 장신호, 이해정, 최현동 (2006). 초등학교 과학탐구과정요소별 지도자료 - 사다리 타고 오르는 통합 탐구 여행. 교육인적자원부. 한국교육원대학교 과학교육연구소.
- 유모경, 조희형 (2003). 중학교 1학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(5), 494-504.

최미화 (2002). 'Thinking Science' 활동이 중학생의 인지 가속에 미치는 효과 및 인지 수준과 동기 유형에 따른 'Thinking Science' 문제 해결 과정 분석. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.

하소현, 곽대오, 성민웅 (2001). 초·중·고등학교 탐구 기능요소에 대한 6차와 7차 과학 교육과정의 비교. 한국과학교육학회지, 22(4), 706-716.

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

Adey, P. (1988). Cognitive acceleration: Review and prospects. *International Journal of Science Education*, 10(2), 121-134.

Adey, P. & Shayer, M. (1994). Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement. London: Routledge.

Adey, P., Shayer, M. & Yates, C. (1995). *Thinking science*(2nd ed.). London: Thomas Nelson and Sons Ltd.

Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.

Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. London: Routledge & Kegan Paul.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Linn, M. C. (1980). When do adolescents

reason?. *European Journal of Science Education*, 2(4), 429-440.

Lipman, M. (2005). *고차적 사고력 교육*(박진환, 김혜숙 역). 경기 : 인간사랑. (원저 2003 출판)

Nosich, G. M. (2009). *Learning to think things through*(3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Paul, R. & Elder, L. (2006). *Critical thinking*(2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Shayer, M. & Adey, P. (1989). *Towards a science of science teaching*. Oxford, London: Heinemann Educational Books Ltd.

Shayer, M. & Adey, P. (1992). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 81-92.

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

van Jooligen, W. R. & de Jong, T. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 384-404.

Zohar, A., Weinberger, Y. & Tamir, P. (1994). The effect of the biology critical thinking project on the development of critical thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 183-196.

## 부록1 - 변인 통제 유형 분류 검사지

### 누가 가장 빠른가?

2학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

1. 오늘의 목표 : 누가 가장 빨리 계단을 왕복하는지 알아낸다.

2. 실험 내용

선희와 지원이는 다음과 같은 조건으로 계단을 3번씩 오르내리는 시합을 하여 누가 빠른지를 알아보았다.

이름	선희	지원
성별	여학생	남학생
장소	운동장 계단	1층과 2층 사이의 계단
계단 칸 수	17칸	15칸
계단 한 칸의 높이	16.5cm	14cm
옷차림	체육복	교복
안경	안경을 씀	안경을 쓰지 않음
키	152cm	165cm
몸무게	38kg	60kg
오르내릴 때 칸수	1칸씩	2칸씩
걸린 시간	15초	12초

3. 실험 결론

이 결과를 볼 때 계단을 빨리 왕복하는 사람은 \_\_\_\_\_이다.

내가 이렇게 생각하는 이유는,

\_\_\_\_\_이기 때문이다.

4. 나의 의견 되돌아보기

- 지금 내린 결론이 옳다고 생각하는가?     예     아니오  
 그렇게 생각하는 이유는 무엇인지 의견을 밝혀보자.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

5. 실험 계획하기

- 가장 빨리 계단을 오르내리는 사람을 알아내기 위한 활동을 계획해 보자.

■ 실험의 결과를 정리해 보자.

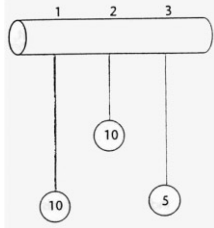
■ 이 결과를 볼 때 계단을 빨리 왕복하는 사람은 \_\_\_\_\_이다.  
왜냐하면, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. 나의 의견 되돌아보기

■ 지금 내린 결론이 옳다고 생각하는가?     예     아니오  
그렇게 생각하는 이유는 무엇인지 의견을 밝혀 보자.

부록2 - Lawson SRT 5번~8번 문항

[5~6] 그림과 같이 막대기에 세 개의 줄이 매달려있다. 세 개의 줄 끝에는 금속 추가 매달려 있다.



- 1번 줄과 3번 줄의 길이는 같고, 2번 줄은 짧다.
- 1번 줄과 2번 줄에는 10g의 추가 매달려 있고, 3번 줄에는 5g의 추가 매달려 있다.

세 개의 줄들(그리고 매달려 있는 추들)을 앞뒤로 흔들어 한번 왕복하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

5. (1) 실의 길이가 앞뒤로 왕복하는 시간에 영향을 주는지 알아내기 위해서는 어떤 줄들을 사용해야 할까?

- ① 1과 2                      ② 1과 3                      ③ 2와 3

(2) 왜 그 줄들을 선택했는지 설명하십시오.

---



---

6. (1) 줄 끝에 매달려있는 추의 무게가 앞뒤로 왕복하는 시간에 영향을 주는지의 여부를 알아내기 위해서는 어떤 줄들을 사용해야 할까?

- ① 1과 2                      ② 1과 3                      ③ 2와 3

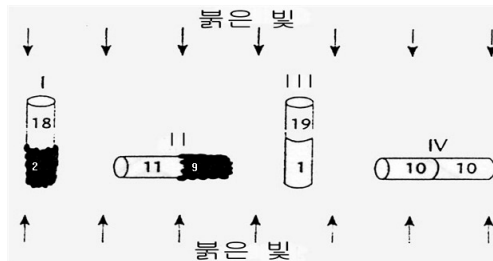
(2) 왜 그 줄들을 선택했는지 설명하십시오.

---



---

[7~8] 그림에 보이는 4개의 유리관 안에 각각 20마리의 파리를 넣고 밀봉하였다. 관 I 과 II는 부분적으로 검은색 종이로 싸여 있고, 관 III과 IV는 검은 종이로 싸여 있지 않다. 보이는 것처럼 줄을 이용해 관을 공중에 매달고 5분 동안 붉은빛에 노출시켰다. 각각의 관에 적혀 있는 숫자는 파리의 수이다.





7. (1) 이 실험 결과를 보면, 파리는 무엇에 반응하는가?

(반응은 무엇으로 향해 가거나 무엇으로부터 멀리 가려는 것을 의미한다.)

- ① 붉은빛에 반응하나 중력에는 반응하지 않는다.
- ② 중력에 반응하나 붉은빛에는 반응하지 않는다.
- ③ 붉은빛과 중력 모두에 반응한다.
- ④ 붉은빛과 중력 모두에 반응하지 않는다.

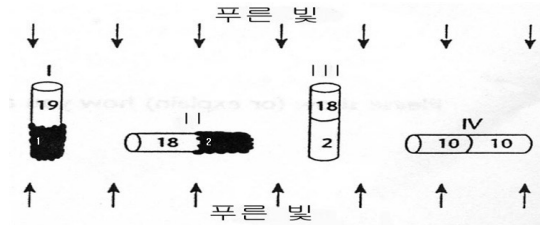
(2) 왜 그 답을 선택했는지 설명하시오.

---



---

8. 두 번째 실험에서 붉은빛 대신 푸른빛을 사용하였더니 다음과 같은 결과가 나타났다.



(1) 이 결과를 보면, 파리는 무엇에 반응하는가?

- ① 푸른빛에 반응하나 중력에 반응하지 않는다.
- ② 중력에 반응하나 푸른빛에 반응하지 않는다.
- ③ 푸른빛과 중력에 모두 반응한다.
- ④ 푸른빛과 중력 모두에 반응하지 않는다.

(2) 왜 그 답을 선택했는지 설명하시오.

---



---