

# 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향

박은미 · 강순희\*

이화여자대학교

## The Influence of Hypothetico-deductive Teaching Programs on Creative Thinking, Critical Thinking and Scientific Attitude

Park, Eun Mi · Kang, Soonhee\*

Ewha Womans University

**Abstract:** This research was conducted with an intention to develop a teaching program that possesses a goal of elevating higher thinking ability within the science class and to investigate its effect. The hypothetico-deductive teaching model was developed and its' program was designed to be directly put into the practical use, and apply it in class. The application of the hypothetico-deductive teaching program had a positive effect in the improvement of students' creative thinking ability and critical thinking ability. And it had a positive influence on scientific attitudes. After completing the program the opinions of the students who participated in this research by a poll were gathered and analyzed. The students felt uneasy and had a lot of difficulties during the program activity because they had to keep on thinking newly, critically, and scientifically, but they admitted that they gained the ability to think on their own when the program was completed.

Key words: hypothetico-deductive, creative thinking, critical thinking, scientific attitude

### I. 서론

필요한 정보를 언제 어디서나 손쉽게 구할 수 있는 현대 사회에서 요구되는 교육은 많은 사실 내용을 저장하는 사람을 기르는 것이 아니라, 스스로 문제를 발견하여 정확히 인식하고, 필요한 자료를 찾아 새로운 해결책을 마련하는 사람을 기르는 것이라고 할 수 있다. 문제 상황에서 왜 그런지 의문을 갖고, 대안을 상상하고, 비판적으로 판단하여 적절한 해결책을 찾기 위해서는 기초적이고 일반적인 사고가 아니라, 창의적 사고와 비판적 사고 등과 같은 고등 사고력이 요구된다. 이러한 고등 사고력은 삶의 과정에서 당면하게 되는 문제에 현명하고 합리적으로 대처하고, 더 나아가 지식 기반 사회의 창의적 인간으로서의 삶을 영위하기 위한 필수 요건이라고 할 수 있다.

사고력을 신장시키기 위해서는 교과와 상관없이 사고력을 직접적으로 가르치자는 주장과 교과와 통합하여 가르치자는 주장이 있어왔는데, 최근에는 교과 지식

을 통해 사고 기술을 가르치자는 주장이 더 의미 있게 받아들여지고 있다(조연순, 2001; 홍은숙, 1999; McPeck, 1981/2002; Zohar, Weinberger, & Tamir, 1994). 교과 교육과 사고력 교육을 통합적으로 수행하려는 시도는 구체적인 교과 내용과 형식적인 사고의 통합을 통해 균형적이고 쓸모 있는 사고력을 총체적으로 길러줄 수 있다는 점에서 그 의미를 찾을 수 있다. 결국 교과 지식을 가르치면서 그 교과 내에서 고등 사고력의 향상을 가져올 수 있는 교수 전략을 수립하는 작업이 요구된다고 할 수 있다.

과학적 방법론에서는 과학의 탐구 과정을 가설-연역적 방법으로 설명하고 있다(Kerr, 1998). 가설-연역적 방법은 잠정적이고 아직 정당화되지 않은 가설을 제시하고, 그것으로부터 논리적 추론을 통해 결론을 이끌어 내는 과정으로 진행된다. 이 방법론에 따르면 과학자들은 과학적 지식을 생성하기 위하여 인과적 의문을 상상하고, 의문에 대한 잠정적인 해답인 가설을 생성하며, 생성한 가설을 검증하기 위해 검증 방법을 고안하

\*교신저자: 강순희(shkang@ewha.ac.kr)

\*\*2006.11.07(접수) 2007.03.03(1심통과) 2007.03.30(2심통과) 2007.04.01(최종통과)

고, 검증 방법에 따라 실험을 실시했을 때 얻어질 결과를 미리 예상한다. 그런 후 실제 실험을 실시하여 얻은 결과와 예상한 결과를 비교함으로써 가설을 검증한다(Lawson, 1995). 가설의 생성 및 검증 능력은 일상생활의 상황에서 활용되고 있는 일반적 사고 중에서 비판적 사고와 가장 관련이 있는 것으로 분석되었으며(허경철 등, 1990), 가설의 생성 또는 검증 과정의 발달은 학생들의 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 창의적 사고의 발달에 매우 밀접하게 관련되어 있음이 연구되어져 왔다(윤덕근 등, 2004; Adsit & London, 1997; Lawson, 1995). 과학적인 모든 아이디어는 귀추로부터 나온다고 주장했던 Hanson(1958/1995)은 귀추적 방법에 의해서 제안된 가설들은 가설-연역적 방법과 실험적 방법에 의해서 더욱 진지하게 탐구됨으로써 과학적인 법칙으로 발전될 수 있다고 보았다. 과학자의 사고는 가설을 생성, 형성, 창조하는 발견의 맥락과 형성된 가설의 설득력을 평가, 분석, 사정하는 정당화의 맥락 사이에서 일어나며, 발견의 맥락에서는 창의적 사고가, 정당화의 맥락에는 비판적 사고가 유용하게 작용한다(Popper, 1959, 1968/1994). 즉, 과학의 과정으로 일컬어지는 가설-연역적 과정에는 창의적 사고와 비판적 사고가 함께 작용하는 것으로 볼 수 있다.

창의적 사고의 입장에 서면 비판적 사고는 창의적 사고의 한 요소가 된다. 그것은 창의적 사고에서 문제를 인식하고 해결의 방향을 결정하는 단계에는 상황에 대한 판단이 개재될 수밖에 없다는 점과 심지어 도약의 단계에서조차도 기존의 체계에 대한 이해와 이것을 넘는 대안적 사고가 요구된다는 점 때문이다. 이와는 역으로 비판적 사고를 중심으로 창의적 사고를 고찰할 때, 창의적 사고는 비판적 사고의 한 요소가 된다. 비판적 사고에는 창의적 사고의 대안 탐색의 부분이 논리적으로 포함되어 있고, 보다 적절한 비판을 위해서는 기존의 잣대가 아닌 새로운 기준이 요구되기 때문이다. 즉, 비판적 사고와 창의적 사고는 완전한 별개의 것이 아니고 서로 일정 영역을 공유하는 사고라고 볼 수 있다. Lawson(1995)은 과학의 과정을 진행할 때 요구되는 과학적 사고력을 창의적이고 비판적인 사고력(creative and critical thinking skill)이라고 명명하면서, 이러한 사고력이 과학자들이 사용하는 창의적이고 비판적인 사고 기술을 총망라하지는 않는다고 할지라도, 가설을 생성하거나 검증할 때 과학자들이 사용하는 중요한 사고 유형을 이해할 수 있는 대체적인 틀을 제공해준다고 설명하였다.

창의적 사고 능력과 비판적 사고 능력의 신장이 과학 교육의 중요한 목표임에도 불구하고, 과학 교과 내에서 이러한 고등 사고력을 신장시키고자 하는 수업

전략에 관한 연구가 미흡한 것이 우리의 실정이다. 우리나라의 중등학교 과학 교사를 대상으로 한 설문 조사에서 교사들은 사고력 개발의 필요성을 절실히 느끼고 있었으나, 학교 현장의 과학 교육을 통해 창의력이나 과학적 사고력 교육이 수행되기에는 어렵다고 응답하였다(정완호, 등 2000). 이러한 인식을 반영하듯이 실질적으로 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 적용한 여러 연구들은 과학적 개념의 획득이나 과학적 탐구 능력의 향상에 목표를 두고 진행되었으며(김광수, 정완호, 1996; 김한호, 권재술, 1995; 윤덕근 등, 2004), 학생들의 창의적 사고력이나 비판적 사고력의 향상까지 목표를 확장하여 연구가 진행된 것은 찾아보기 어려웠다. 과학적 의문점을 해결하려면 과학 지식이나 과학적 탐구 능력뿐만 아니라 창의적인 사고가 필요하고, 합당한 창의를 위해서라면 필연적으로 비판적인 사고를 거쳐야 함을 전제로 과학 교과 내에서 고등 사고력의 향상까지 목표를 확장한 수업 프로그램이 개발되어야 한다. 이와 같은 필요성에 의해서 본 연구에서는 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 개발하고, 이 모형을 학교 현장에서 실질적으로 적용할 수 있는 수업 프로그램을 고안하여 수업 프로그램의 현장 적용이 학생들의 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상과 절차

이 연구는 서울시에 소재한 인문계 남녀공학 고등학교의 1학년 학생 114명을 대상으로 진행하였다. 실험 집단은 특별활동으로 과학반을 선택한 학생 56명(남학생 28명, 여학생 28명)이었으며, 통제 집단은 같은 학년의 일반 학급 2개 반의 58명(남학생 29명, 여학생 29명)이었다.

선행 연구에 의하면, 가설 생성 능력은 인지 수준에 따라 유의미한 차이를 나타내므로(박은미, 강순희, 2006a) 본 연구에 앞서 실험 집단과 통제 집단에 대하여 GALT-short version을 이용하여 인지 수준을 검사하고 독립표본 t-검증을 실시한 결과, 표 1과 같이 두 집단 사이에는 인지 수준에 있어서 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 1  
연구 대상 집단의 인지 수준 비교

	평균	표준 편차	t	p
실험 집단	2.21	.780	1.017	.311
통제 집단	2.07	.746		

표 2

연구 대상 집단의 과학적 태도 비교

	평균	표준 편차	t	p
실험 집단	3.30	.4017	-1.238	.218
통제 집단	3.39	.3855		

또한 실험 집단은 특별 활동으로 과학반을 선택한 학생들이고 통제 집단은 일반 학급의 학생들이므로, 인지 수준이나 과학적 능력이 유사하다고 하여도 과학적 태도에서 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 두 집단을 대상으로 김효남 등(1998)이 개발한 과학적 태도 검사를 실시하고 독립 표본 t-검증한 결과, 표 2와 같이 두 집단 간에는 과학적 태도에 있어서 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다

이 연구는 사전-사후 검사 통제 집단 설계(pretest-posttest control group design)의해서 진행되었다. 이 연구에서 사용한 교수법은 지식의 획득이나 개념의 이해 혹은 학업 성취도 등이 향상되기를 기대하는 ‘교과 지향 교수 전략(subject matter centered instruction)’이 아니라, 일반적으로 인지 수준이나 사고력 등을 향상시키기 위하여 정규 교과 시간 이외에 부가적으로 적용하는 ‘간섭 교수 전략(intervention study program)’의 일환이므로 실험 집단과 통제 집단에 모두 사전 검사를 실시한 후에 실험 집단에만 모듈식 수업 프로그램을 투입하고 두 집단 모두에 사후 검사를 실시하였다.

## 2. 가설-연역적 수업 모형 및 수업 프로그램의 개발

### 1) 가설-연역적 수업 모형

가설-연역적 과정을 모형화한 여러 연구들(강순희 등, 2004; 권용주 등, 2003; 박종원, 2004; 조희형 등, 1995; 허명, 1984; Fisher, 2001; Lawson, 1995)을 기초로 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 개발하였는데 결과는 그림 1과 같다. 이 모형은 가설-연역적 과정에 대한 기존의 모형들이 탐구의 본질을 반영하지 못하거나, 가설의 생성 과정을 전략적으로 설명하지 못하고, 오로지 가설의 검증 과정에서만 활용되는 등의

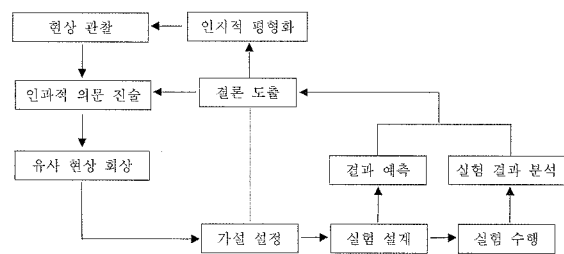


그림 1 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형

문제점을 보완하였다. 이 모형은 크게 두 단계로 구성되는데, 먼저 귀추에 의하여 가설이 생성되는 과정과 연역에 의하여 가설이 검증되는 두 단계가 그것이다. 또한 이 모형은 넓게는 가설-연역적 과정의 결과로 형성된 과학 지식이 인지 구조에 변화를 가져오고, 이렇게 확장된 인지 구조를 통해 새로운 현상을 관찰하여 다시 인과적 의문을 느끼는 순환적 과정을 이룬다.

### 2) 가설-연역적 수업 프로그램

가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 학교 현장에서 실질적으로 활용할 수 있도록 모형을 구체화하여 가설-연역적 수업 프로그램을 고안하였는데, 수업 프로그램의 전개도는 그림 2와 같다.

#### (1) 귀추에 의한 가설의 생성 과정

귀추에 의한 가설의 생성 과정의 시작 단계는 ‘현상 관찰하기’와 ‘인과적 의문점 진술하기’이다(강순희 등, 2006). 이 단계에서 교사는 학생들에게 단순한 관찰뿐만 아니라 조작적 관찰의 기회를 충분히 제공하고 적절한 질문과 자극을 통하여 관찰을 적극적으로 유도하여 스스로 의문을 느껴서 진술할 수 있도록 하였다. 이어지는 단계는 ‘유사 경험 떠올리기’인데, 사전 연구에 따르면 가설을 설정하는 단계에서는 의문 상황과 유사한 경험을 다양하게 제공하여 주는 것이 귀추에 의한 가설 설정에 실질적인 도움을 주므로(박은미, 강순희, 2006a), 교사가 미지의 현 상황과 유사한 경험을 다양하게 제공해 줄 뿐만 아니라 학생 스스로도 유사 경험이나 사전 과학 지식을 적극적으로 회상하도록 하고, 각자의 경험에서 찾아낸 설명자를 거침없이 발언하는 기회를 제공하였다. 이러한 과정을 통해서 ‘다양한 가설 제안하기’가 이루어지는데, 다양한 가설이 발명될 수

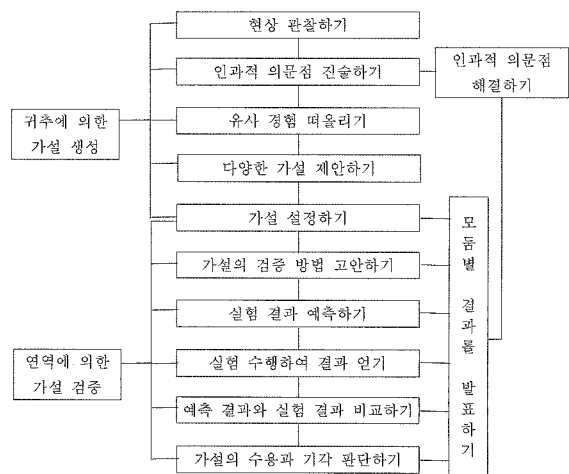


그림 2 가설-연역적 수업 프로그램의 전개도

록 그럴듯한 가설이 설정될 가능성이 높아지고, 어떤 가설도 비판받지 않는 허용된 분위기 속에서 학생들은 자신의 의견을 발표하는 일에 두려움을 갖지 않게 된다. 이렇게 발명된 많은 가설 중에서 모둠원간의 토론을 통하여 가장 적절한 가설을 설정하도록 하는 ‘가설 설정하기’ 단계가 이어지도록 하였다. 이러한 전략은 학생들의 고등 사고력의 향상에 기여할 수 있는데, 가설을 생성하고 아이디어를 생각해내는 단계에서는 창의적 사고 성향이 작용할 수 있고, 이미 발명된 여러 가설을 다듬고 정교화하고 가장 적절한 가설을 선택하는 단계에서는 학생들의 비판적 사고 성향이 보다 강하게 작용할 수 있기 때문이다.

(2) 연역에 의한 가설의 검증 과정

연역에 의한 가설의 검증 과정의 시작 단계는 ‘가설의 검증 방법 고안하기’이다. 선행 연구에 의하면 학생들은 가설 속에 포함된 변인을 추출하고 변인들을 조작하는 실험 방법을 고안하는 것에 큰 어려움을 겪는 것으로 나타났으며(황성원 등, 2001; 김재우 등, 1999), 과학자들처럼 처음부터 아무런 도움 없이 가설을 검증하는 방법을 스스로 고안하는 실험을 실시했다고 대답한 학생들은 단지 3.6%에 불과했다(이운중, 1997). 따라서 교사는 학생들이 실험을 설계하는 과정을 지나치게 막연하다고 느끼지 않도록 실험 설계의 내용에는 조작 방법과 관찰 방법이 모두 포함되고 그 방법이 구체적으로 계획되도록 안내하였다. 실험 설계가 이루어진 후에는 이러한 설계에 따라 실험을 수행하였을 때 얻어질 것으로 예측되는 결과를 기술하는 ‘실험 결과 예측하기’ 단계를 진행하여, 실험의 수행 이후에 실제로 얻어질 결과를 변인간의 관계를 통해 기록하도록 하였다. 이후 ‘실험 수행하여 결과언기’ 단계에서 얻어진 실제 결과와 전 단계의 예측 결과를 비교하여 ‘가설의 수용과 기각 판단하기’의 단계를 통해 가설의 수용 여부를 평가할 수 있도록 하였다.

(3) 가설 생성과 가설 검정의 순환적 과정

학교 현장에서 가설-연역적 수업 프로그램을 적용할 때 맞닥뜨리게 되는 실질적인 어려움은 가설이 기각되었을 때 가설의 검증 과정을 다시 반복하기에는 시간이 부족하다는 점이다. 또한 미국의 학생들도 이러한 전략에 필수적인 자기들에게 제기되는 인과적 질문에 대하여 다양하게 설명(가설)하는 상황을 대단히 싫어하고, 힘들어 할 뿐만 아니라, 미국 교사들도 똑같이 그런 상황을 지도하기가 힘들고 싫다고 하며, 우리나라의 교사나 학생들도 똑 같이 그런 과정을 힘들어 하고 싫

어하는 것은 마찬가지이다(김지영, 강순희, 2006). 따라서 이러한 문제점을 해소하기 위하여 ‘현상 관찰하기’로부터 ‘가설의 수용과 기각 판단하기’까지의 과정을 진행한 후에, 전체 토론 시간을 통해 모둠별로 자신들이 설정한 가설로부터 검증에 이르는 전 단계를 구체적으로 발표하고 다른 모둠의 학생들은 그 내용을 보고서에 기록함으로써 가설 검증의 순환적인 과정을 반복하는 효과를 피하였고, 더불어 다른 모둠의 발표를 들으면서 보완해야 할 과정이나 잘못된 판단에 대하여 토론함으로써 사고력을 증진할 수 있는 기회를 마련하였다. 자신들이 설정한 가설을 지지하는 실험 결과를 얻었다고 할지라도 자신들이 세운 가설이 무조건 참이라고 단정하는 후견 긍정의 오류에 빠지지 않도록, 일단은 가설이 옳다는 결론을 유보한 채 다른 가능한 가설이 존재할 수 있는지를 살펴보는 것이 필요하므로 다른 모둠에서 설정한 가설에 대하여 호의를 가지고 가설의 평가 단계에 동참하는 과정이 필요하다. 이러한 일련의 단계에 따라 수업을 진행하여 최초의 인과적 의문을 해결함으로써 과학의 과정을 직접 수행하면서 사고력 교육이 동시에 이루어지도록 의도하였다.

(4) 가설-연역적 수업 프로그램의 주제

고안한 가설-연역적 수업 프로그램에 따라 개발된 7개의 수업 주제는 표 3과 같다. 먼저 수업 프로그램의 원활한 적용을 위해서 1차시의 오리엔테이션 시간을 가졌으며, 이후 진행된 수업 프로그램 1주제 당 소요 시간은 대략 120분 내외였다. 실험 집단의 학생들은 4명이 한 모둠이 되도록 구성하였는데, 인지 수준과 성에 따라 이질적으로 편성하였다. 7개의 모둠 단위로 2개 반을 구성하여 격주로 토요일 오후에 수업 프로그램을 적용하였다.

표 3  
 커추에 근거한 가설-연역적 수업 프로그램의 주제

번호	주제
	가설-연역적 수업 프로그램 오리엔테이션/연습
1	관마다 왜 다른 소리가 날까?
2	왜 이 부분의 잔디만 노란색일까?
3	가젤은 위급한 상황에서 왜 도망을 가지 않고 뿔뿔이를 할까?
4	고래는 어떻게 열을 잃지 않고 체온을 일정하게 유지할 수 있을까?
5	음료수 캔의 밑 모양은 왜 다를까?
6	철로 된 클립이 물에 뜨는 이유는 무엇일까?
7	양초가 꺼지면 왜 물이 올라올까?

### 3. 검사 도구

#### 1) 인지 수준 검사지

연구 대상 학생들의 인지 수준을 측정하기 위하여 Roadranka, Yeany & Padilla(1983)가 개발한 GALT (Group Assessment of Logical Thinking)-short version 을 사용하였다. 검사지는 보존 논리, 비례 논리, 확률 논리, 변인 통제 논리, 상관 논리, 조합 논리의 6개의 사고 유형에 관련된 문항으로 구성되어 있다. 객관식 문항의 경우에는 답과 이유가 모두 맞을 경우만 정답으로 처리하고, 조합 논리에 관한 주관식 문항은 문항별로 1~2개를 빠뜨린 경우까지 정답으로 처리하였다.

#### 2) 창의적 사고력 검사지

수업 프로그램 적용 전·후에 학생들의 창의적 사고의 변화를 알아보기 위하여 ‘한국판 TTCT-언어 검사’를 사용하였다. 이 검사는 Torrance(2002/2004)의 ‘Torrance Tests of Creative Thinking: Thinking Creatively with Words, Form A’를 편역한 것이다.

한국판 TTCT-언어 검사의 결과는 유창성, 융통성, 독창성의 세 요소로 평가된다. ‘유창성(fluency)’ 점수는 많은 수의 아이디어를 생산해 낼 줄 아는 능력을 의미하는 것으로서, 학생이 생성해낸 적절한 반응의 총수이다. ‘융통성(flexibility)’은 다양한 종류의 아이디어를 생산해 내고, 여러 가지 다른 전략을 사용할 줄 아는 능력을 의미하는 것으로서, 학생이 생성해낸 반응의 상이한 범주의 수이다. ‘독창성(originality)’은 자명하거나 평범하고 상투적이거나 진부하거나 또는 기정 사실 같은 것과는 거리가 먼 아이디어를 생산해 낼 수 있는 능력을 의미하는 것으로서, 학생이 생성해낸 반응 중 빈번하지 않은 반응의 수이다. 창의적 사고력 검사에 대한 채점은 ‘한국판 TTCT(언어)-검사’를 공급하는 공급처의 전문가에게 의뢰하였고, 검사 결과는 세 요소의 ‘표준 점수’와 창의력 수준을 전체적으로 가장 잘 보여주는 세 요소의 표준 점수 평균값인 ‘평균 표준 점수’를 이용하여 해석하였다.

#### 3) 비판적 사고력 검사지

수업 프로그램 적용 전·후에 학생들의 비판적 사고의 변화를 알아보기 위하여 ‘Watson - Glaser Critical Thinking Appraisal(WGCTA), Short Form’을 사용하였다. 비판적 사고력 검사는 5개의 하위 검사로 이루어져 있는데, 추론, 가정의 인지, 연역, 해석, 논거의 평가에 대하여 총 40개의 문항으로 구성되어 있다. ‘추론(inference)’은 주어진 자료에서 끌어낸 추론들의 진실성과 허구성의 정도를 판단하는 내용으로 구성되어 있고, ‘가정의 인지(recognition of assumptions)’는 각각

의 진술에 대하여 가정이 당연한 것인지 아닌지를 판단하는 내용으로 구성되어 있다. ‘연역(deduction)’은 주어진 문장이나 전제의 정보에서 어떤 결론이 필연적으로 이끌어지는지를 결정하는 내용으로 구성되어 있고, ‘해석(interpretation)’은 합리적인 의문점에 의하여 결론이 형성된 것인지를 판단하는 내용으로 구성되어 있다. ‘논거의 평가(evaluation of arguments)’는 논쟁 중인 특정한 문제에 대하여 강하고 관련성이 있는 논거와 약하고 관련성이 없는 논거를 구분하는 내용으로 구성되어 있다. 비판적 사고력 검사지의 모든 문항은 선다형으로 구성되어 있으며, 항목 별 정답수를 하위 항목의 점수로, 각 하위 항목 점수의 총합을 비판적 사고력 총점으로 해석하였다.

#### 4) 과학적 태도 검사지

수업 프로그램 적용 전·후에 학생들의 과학적 태도의 변화를 알아보기 위하여 김효남 등(1998)이 개발한 ‘국가 수준의 과학과 관련된 정의적 영역 평가 체제’ 중 과학적 태도에 관한 21개 문항을 사용하였다. 과학적 태도 검사는 개방성, 호기심, 비판성, 협동성, 자신성, 끈기성, 창의성의 7개 하위 범주로 세분화되어 있으며, 각 평가 문항은 5단계 리커트 척도로 제작되었다.

#### 5) 수업 프로그램에 대한 설문지

수업 프로그램이 종료된 후에 수업 프로그램에 참여한 학생들의 의견을 묻기 위하여 총 7개의 문항으로 구성된 설문지를 제작하였다. 설문지에서는 수업 프로그램 활동을 수행하면서 좋았던 점, 어려웠던 점, 자신에게 도움이 되었다고 생각하는 점 등을 질문하였다. 또한 활동 과정 중 창의적인 생각, 과학적인 생각, 비판적인 생각, 모둠원들과의 토론이 가장 많이 필요했던 단계와 그 이유는 무엇인가라는 내용으로 구성하였다. 설문지의 문항은 완전 개방형으로, 학생들은 특별한 제한 없이 자신의 생각을 자유롭게 기술할 수 있도록 구성하였다.

### 4. 분석 방법

수업 프로그램의 실시 과정에서 이루어진 직접적인 관찰과 수업 프로그램의 진행 후에 실시한 설문 조사 내용은 질적으로 분석하였고, 사전-사후 검사에 따른 모든 통계 처리는 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 창의적 사고 분석

가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 연구 대상 학

생들의 창의적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 표 4와 같다.

분석 결과 창의적 사고 점수에 있어서 실험 집단의 교정 평균은 통제 집단의 교정 평균보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 이것은 가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 창의적 사고력에 향상을 가져왔음을 의미한다. 창의적 사고를 구성하는 하위 항목에 대하여 살펴보면, 유창성( $p < .01$ )과 융통성( $p < .05$ )에 있어서는 실험 집단이 통제 집단에 비하여 통계적으로 유의미한 향상을 나타내었으나, 독창성에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 가설-연역적 수업 프로그램이 많은 수의 아이디어를 생산해 내는 능력과 다양한 종류의 아이디어를 생산하고 아이디어의 생산에 있어서 여러 가지 다른 전략을 사용할 줄 아는 능력의 향상에는 효과적이나, 기발하고 독특한 아이디어를 생산하는 능력에는 긍정적인 효과를 나타내지 못했음을 의미한다. 이러한 결과는 미지의 현상에 대한 과학적 원인을 추론하고 설명하는 과정에서 요구되는 능력은 단순히 상투적이거나 진부하거나 또는 기정사실과 거리가 먼 독특한 아이디어를 생산해 내는 능력이 아니라, 주어진 상황에 적절한 아이디어를 다양하고 풍부하게 생산 능력이라는 사실을 알려준다.

창의적 사고의 증진이 과학 교육의 오랜 목적이었음에도 불구하고, 학교 교육은 많은 학생들의 창의적 사고를 향상시키는 데 성공적이지 못했는데, 가설-연역적 수업 프로그램의 적용에 따른 연구 결과는 학생들에게 문제를 스스로 인식하게 하고, 그것을 해결할 수 있는 자신들의 방법을 제안하고 이를 직접 수행해보는 활동에 참여함으로써 창의적 사고를 증진시킬 수 있음을 보여준다.

2. 비판적 사고 분석

가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 연구 대상 학생들의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 표 5와 같다.

분석 결과 비판적 사고 점수에 있어서 실험 집단의 교정 평균은 통제 집단의 교정 평균보다 높게 나타났으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 이것은 가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 비판적 사고력에 향상을 가져왔음을 의미한다. 이러한 결과는 가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 객관적 증거에 바탕을 두어 인과관계를 밝히고, 그것으로부터 결론을 맺는 사고인 비판적 사고 능력의 증진에 기여한다는 사실을 알려준다.

Zohar, Weinberger, & Tamir(1994)에 의하면 일반적인 비판적 사고를 구성하는 사고 기능의 목록은 과학적인 탐구 기능의 목록과 부분적으로 일치되는데, 예를 들어 가설의 검증, 변인 통제를 포함한 실험 설계, 타당한 결론의 도출 등은 일반적인 비판적 사고 기능 목록과 과학적인 탐구 기능의 목록에서 모두 발견된다고 설명하였다. 즉, 과학적 탐구 기능(scientific inquiry skills)과 일반적인 비판적 사고 기능(general critical thinking skills)은 부분적으로 중첩되어 과학적인 비판적 사고 기능(scientific critical thinking skills)을 형성한다는 것이다. 본 연구에서 개발된 가설-연역적 수업 프로그램은 과학적이고 비판적인 사고력의 향상을 위해서 일반적인 비판적 사고 기능과 과학적 탐구 기능이 적절히 상호 작용할 수 있는 장을 마련하는 역할을 했다고 볼 수 있다. 하지만 비판적 사고력을 구성하는 각각의 하위 항목에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았는데 이는 비판적 사고 능력을 판단하기 위해서는 개별적인 하위 검사를 구체적으로 평가하는 것보다 이

표 4 수업 프로그램에 따른 학생들의 창의적 사고 점수 변화

항목	처치	사전 검사 평균(표준편차)	사후 검사 평균(표준 편차)	교정 평균	자유도	평균 자승화	F	p
창의적 사고	실험 집단	88.75(12.58)	108.02(16.18)	109.25	1	586.361	3.998	.048*
	통제 집단	91.93(13.40)	105.86(14.99)	104.68				
유창성	실험 집단	86.04(11.62)	106.77(15.43)	108.04	1	1008.281	7.390	.008**
	통제 집단	89.24(13.19)	103.28(14.90)	102.04				
융통성	실험 집단	88.96(14.84)	108.20(20.04)	108.81	1	884.210	4.063	.046*
	통제 집단	90.55(14.43)	103.83(16.77)	103.23				
독창성	실험 집단	91.25(12.67)	108.68(14.10)	110.25	1	42.729	.307	.581
	통제 집단	96.00(14.01)	110.52(15.07)	109.00				

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$

**표 5**  
수업 프로그램에 따른 학생들의 비판적 사고 점수 변화

항목	처리	사전 검사 평균 (표준 편차)	사후 검사 평균 (표준 편차)	교정 평균	자유도	평균 자승화	F	p
비판적 사고	실험 집단	20.14(3.675)	21.96(4.023)	22.16	1	70.425	4.849	.030*
	통제 집단	20.90(2.984)	20.76(4.260)	20.57				
추론	실험 집단	2.39(1.246)	2.86(1.394)	2.86	1	4.200	2.007	.159
	통제 집단	2.46(1.172)	2.48(1.513)	2.48				
가정의 인지	실험 집단	5.21(1.155)	5.46(1.464)	5.42	1	2.801	.863	.355
	통제 집단	4.90(1.552)	5.07(2.118)	5.11				
연역	실험 집단	4.75(1.430)	5.18(1.685)	5.27	1	5.747	2.041	.156
	통제 집단	5.17(1.216)	4.90(1.823)	4.81				
해석	실험 집단	3.00(1.265)	3.79(1.558)	3.82	1	1.437	.885	.349
	통제 집단	3.31(1.245)	3.62(.970)	3.60				
논거의 평가	실험 집단	4.79(1.461)	4.68(1.503)	4.67	1	.015	.005	.941
	통제 집단	5.07(1.241)	4.69(1.779)	4.70				

\*p<.05

들이 복합적으로 작용하여 나타난 전체 점수로 해석하는 것이 바람직하다는 Watson & Glaser(1994)의 견해와 일치된 결과를 나타낸 것으로 해석된다.

### 3. 과학적 태도 분석

가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 연구 대상 학생들의 과학적 태도에 미치는 영향을 알아보기 위하여

사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 표 6과 같다.

분석 결과 과학적 태도 점수에 있어서 실험 집단의 교정 평균은 통제 집단의 교정 평균보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다(p<.01). 이것은 가설-연역적 수업 프로그램이 과학적 태도를 긍정적으로 변화시켰음을 의미한다. 과학적 태도를 구성하는 각각의 하위 항목에서는 비판성, 협동성, 끈기성, 창의성에 있

**표 6**  
수업 프로그램에 따른 학생들의 과학적 태도 점수 변화

항목	처리	사전 검사 평균 (표준 편차)	사후 검사 평균 (표준 편차)	교정 평균	자유도	평균 자승화	F	p
과학적 태도	실험 집단	3.30(.402)	3.46(.429)	3.49	1	1.177	12.010	.001**
	통제 집단	3.40(.386)	3.32(.428)	3.29				
개방성	실험 집단	3.43(.401)	3.48(.599)	3.59	1	.262	.909	.342
	통제 집단	3.71(.430)	3.60(.651)	3.49				
호기심	실험 집단	3.42(.646)	3.57(.654)	3.63	1	.822	2.990	.087
	통제 집단	3.60(.697)	3.51(.653)	3.45				
비판성	실험 집단	3.25(.600)	3.46(.612)	3.45	1	2.336	6.611	.011*
	통제 집단	3.23(.734)	3.16(.721)	3.17				
협동성	실험 집단	3.55(.533)	3.70(.612)	3.72	1	1.688	5.744	.018*
	통제 집단	3.63(.595)	3.49(.570)	3.48				
자진성	실험 집단	3.30(.599)	3.43(.666)	3.41	1	.753	2.233	.138
	통제 집단	3.24(.642)	3.23(.734)	3.25				
끈기성	실험 집단	3.06(.617)	3.14(.638)	3.22	1	1.061	4.442	.037*
	통제 집단	3.28(.707)	3.10(.723)	3.03				
창의성	실험 집단	3.13(.592)	3.42(.604)	3.41	1	1.731	4.700	.032*
	통제 집단	3.08(.676)	3.15(.704)	3.16				

\*p<.05 \*\*p<.01

어서 실험 집단에서 유의미하게 점수가 높아졌다( $p < .05$ ). 김효남(1998) 등은 이전 연구에서 과학적 태도를 구성하는 7개의 요인 중에서 비판성과 창의성에서만 부정적인 경향이 나타났음을 보고하면서, 창의성과 비판성에 대한 인식 전환을 위하여 교육 활동이나 교수법이 필요함을 제안하였는데 가설-연역적 수업 프로그램의 적용에 따른 연구 결과는 본 연구에서 개발한 수업 프로그램이 그러한 역할을 담당할 수 있음을 보여준다. 또한 모둠별 실험을 실시하였으므로 협동성도 주요한 요인이었고, 비교적 장시간에 걸쳐 쉽지 않은 주제를 가지고 실험이 진행되었으므로 끈기 있게 문제를 해결하기 위해 노력하는 과정을 통해서 끈기성에도 변화를 가져온 것으로 판단된다. 그러나 수업 프로그램의 적용은 다른 학생의 의견을 경청하고 자신의 생각과 다른 의견을 받아들이는 개방적인 태도나, 자연 현상의 인과적 과정이나 새로운 것에 대한 호기심 면에서는 직접적인 성장을 가져오지 못한 것으로 나타났다. 또한 조별 활동을 통해서 과제를 해결하도록 구성되었기 때문에 자신이 해야 할 일이나 과제를 자기 주도적으로 해결해나가는 자진성의 측면에서도 유의미한 향상을 가져오지 못한 것으로 판단된다. 이와 관련 연구(박은미, 강순희, 2006b)에서도 역시 중학생과 고등학생, 남학생과 여학생에 따른 과학적 태도와 과학적 가설 생성 능력 사이에는 모두 유의미한 정적 상관관계가 나타났다( $p < .001$ )고 보고하고 있다.

#### 4. 수업 프로그램에 대한 의견 분석

수업 프로그램이 종료된 후에 설문 조사를 통해서 수업 프로그램에 대한 연구 대상 학생들의 의견을 묻고 결과를 분석하였다. 학생들은 수업 프로그램을 수행하면서 가장 좋았던 점에 대하여 주로 여러 가지 실험을 실제로 해 본 것과 모던한 사실을 알게 된 점을 들었다. 그 밖에도 평소에 하지 않던 생각을 다양하게 많이 해 본 것이나 토론을 통해서 다른 친구들의 여러 생각을 들을 수 있었던 점이라고 서술하였다.

수업 프로그램 활동을 하면서 가장 어려웠던 점은 계속 생각을 해야 하는 것, 가설을 세우는 것, 실험을 구상하는 것, 가설이 기각되었을 때 실망했던 것 등의 의견을 나타내었다. 수업 프로그램 활동이 자신에게 도움을 준 점으로는 스스로 생각하는 능력이 생겼다, 새로운 생각을 할 수 있게 해주었다, 궁금증이 해결되었다, 가설이 기각되어도 실패한 것이 아님을 알게 되었다, 과학 관련 분야에 대하여 예전보다 관심이 많아졌다, 친구들과 토론을 통해서 문제를 해결하는 방법을 배웠다 등의 의견을 나타냈다.

수업 프로그램의 활동 과정 중 창의적 생각이 필요했던 단계나 과학적인 생각이 필요했던 단계에 대해서 가장 많은 학생들이 가설을 설정하는 단계라고 대답하였고, 그 다음으로 실험을 고안하는 단계라고 진술하였다. 비판적인 생각이 필요했던 단계에 대하여서는 가설의 평가 단계가 가장 높은 비율을 나타내었다.

수업 프로그램에 참여한 학생들은 수업 프로그램을 진행하는 과정에서 과학적인 생각, 새로운 생각, 비판적인 생각을 계속 해야 하는 것에 어려움을 느끼고 부담스러워했으나, 수업 프로그램이 종료된 후에는 스스로 생각하는 능력이 생겼다고 진술하였다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구는 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형의 개발과 그에 따라 고안된 수업 프로그램의 현장 적용이 창의적 사고, 비판적 사고 및 과학적 태도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 목적으로 실시되었다.

먼저, 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 개발하였고, 개발한 모형을 직접 활용할 수 있도록 수업 프로그램을 고안하여 학교 현장에 적용하였다. 수업 프로그램의 적용 전후에 실시한 TTCT-언어 검사 결과는 귀추에 근거한 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고력을 향상시켰음을 보여주었다. 하위 범주별로는 유창성과 융통성에서 통계적으로 유의미한 향상을 가져오는 것으로 나타났으나 독창성에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 미지의 현상에 대한 과학적 원인을 추론하고 설명하는 과정에서 요구되는 능력은 단순히 상투적이거나 진부하거나 또는 기정 사실과 거리가 먼 독특한 아이디어를 많이 생산해 내는 능력이 아니라, 주어진 상황에 적절한 아이디어를 풍부하고 다양하게 생산하는 능력이라는 사실을 알려준다. 또한 수업 프로그램의 적용 전후에 실시한 WGCTA 검사 결과는 가설-연역적 수업 프로그램이 비판적 사고력도 향상시켰음을 보여주었다. 즉, 가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 객관적 증거에 바탕을 두어 인과관계를 밝히고, 그것으로부터 결론을 맺는 사고인 비판적 사고 능력의 증진에 기여한다는 사실을 알 수 있다. 그러나 비판적 사고를 구성하는 하위 범주별로는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 가설을 설정하고 검증하는 과정에서 요구되는 비판적 사고 능력을 어느 하나의 범주만 가지고 해석하는 것은 적절하지 않다는 사실을 암시해준다.

가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 창의적 사고력 뿐만 아니라 비판적 사고력에서도 긍정적인 효과를 나타낸 것은 가설-연역적 수업 프로그램이 귀추적 과정



에 의하여 다양한 가설을 생성하고, 생성한 가설 중에 가장 적절한 가설을 선택하고, 연역적 과정에 의하여 선택된 가설을 검증하는 과정을 총괄적으로 경험하도록 구성되었기 때문에 나타난 결과라고 볼 수 있다. 과학적 상황의 문제를 해결하는 과정에는 확산적 사고와 수렴적 사고가 상호 보완적인 역할을 하며, 미지의 과학적 현상에 대한 이유나 원인을 생각하고, 자신의 주장을 전개하고, 사례를 들어 보일 때는 다분히 창의적인 사고가 작용하며, 그러한 창의력을 위하여 정형화된 사고의 틀을 깨고 절차를 뛰어넘기 위해서는 기존의 기준에 대한 비판적 사고가 작용함을 알 수 있다. 또한 이러한 결과는 창의적 사고나 비판적 사고와 같은 고등 사고력의 향상이 교과 교육을 통해서 가능함을 보여준다.

이어서 수업 프로그램의 적용 전후에 실시한 과학적 태도 검사 결과는 가설-연역적 수업 프로그램의 적용이 과학적 태도에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 보여주었다. 하위 범주별로는 비판성과 협동성, 끈기성, 창의성에서는 통계적으로 유의미한 향상을 가져오는 것으로 나타났으나, 개방성, 자진성, 호기심에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 가설을 설정하고 검증하는 과정에 비판성과 창의성이 작용하고, 모둠별 실험을 실시하였으므로 협동성도 주요한 요인이 되었으며 쉽지 않은 문제를 오랜 동안 계속해서 해결해 나가는 과정을 통해 끈기성이 향상된 것으로 판단할 수 있다.

끝으로 수업 프로그램에 참여한 학생들을 대상으로 수업 프로그램에 대한 의견을 설문 조사한 결과, 학생들은 수업 프로그램을 진행하는 과정에서 과학적인 생각, 새로운 생각, 비판적인 생각을 계속 해야 하는 것에 어려움을 느끼고 부담스러워했으나, 수업 프로그램이 종료된 후에는 스스로 생각하는 능력이 생겼다고 진술하였다.

고등 사고력의 신장이 현대 과학 교육의 중요한 목표라고 할 때, 이 연구에서 개발한 가설-연역적 수업 프로그램은 학교 과학 실험을 통해서도 학생들이 호기심에서 출발하여 스스로 만든 문제를 창의적으로 해결하기 위한 실험 계획을 세워서 실제로 이를 검증해 보는 과학 학습을 통해 우리의 교육 현실에서 창의적 사고 능력과 비판적 사고 능력 등의 고등 사고 능력이 향상될 수 있다는 사실을 보여주었다. 다만, 이 연구에서 실시한 수업 프로그램은 다양한 소재와 범과학 교과적인 내용을 다루었고, 1주제 당 120분 내외의 시간이 소요되었으므로, 과학의 정규 교과 시간에 정규 학습 내용을 가지고 다루었을 때 동일한 효과를 나타낼 수 있는지에 대한 검증은 이루어지지 않았다. 추후에는 정규 과학 교과 시간에 이러한 수업 프로그램을 적용하

였을 때의 효과를 알아보기 위한 연구가 필요할 것이다.

## 국문 요약

이 연구는 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형의 개발과 그에 따라 고안된 수업 프로그램의 현장 적용이 창의적 사고, 비판적 사고 및 과학적 태도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 목적으로 실시되었다.

먼저, 가설-연역적 방법론에 따른 수업 모형을 개발하였고, 개발한 모형을 직접 활용할 수 있도록 수업 프로그램을 고안하여 학교 현장에 적용하였다. 연구 결과 수업 프로그램의 적용은 창의적 사고력 및 비판적 사고력을 향상시키는 것으로 나타났다. 또한 가설-연역적 수업 프로그램은 과학적 태도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 끝으로 수업 프로그램에 참여한 학생들을 대상으로 가설-연역적 수업 프로그램에 대한 의견을 설문 조사한 결과, 학생들은 수업 프로그램을 진행하는 과정에서 과학적인 생각, 새로운 생각, 비판적인 생각을 계속 해야 하는 것에 어려움을 느끼고 부담스러워했으나, 수업 프로그램이 종료된 후에는 스스로 생각하는 능력이 생겼다고 진술하였다.

## 참고 문헌

- 강순희, 김지영, 박은미(2004). 에너지 때문에 상태가 변했어요-중학교 1학년 과학 탐구수업 지도자료⑦, 서울: 교육인적자원부서울대학교 과학교육연구소.
- 강순희, 김덕희, 김효진, 박인숙, 윤이진, 이선향, 이윤하, 이은주, 홍혜인(2006). 물질 변화에서의 규칙성-중학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료⑤, 서울: 교육인적자원부서울대학교 과학교육연구소.
- 권용주, 정진수, 박은복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학 철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.
- 김광수, 정완호 (1996). 생물 실험 지도에 있어서 가설 검증 수업 모형의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 16(4), 365-375.
- 김재우, 오원근, 박승재 (1999) 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-673.
- 김한호, 권재술 (1995). 발견학습모형과 가설검증모형에 대한 이론적 분석과 현장 적용 연구. 한국초등과학교육학회지, 14(2), 149-162.
- 김지영, 강순희 (2006). 중등학교 과학 교사들의 탐구 과정의 활용 정도와 가설에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 26(2), 258-267.
- 김효남, 정완호, 정진우 (1998). 국가 수준의 과학에

관련된 정의적 특성의 평가 체제 개발. 한국과학교육학회지, 18(3), 357-369.

박은미, 강순희 (2006a). 유사경험의 제공이 귀추에 의한 가설 설정에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 26(3), 356-366.

박은미, 강순희 (2006b). 과학적 태도와 과학적 가설 생성 능력의 관계 분석. 교육과정평가연구, 9(2), 357-371.

박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.

윤덕근, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호 (2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물 실험 모듈의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 556-564.

이운중 (1997). 현행 중등학교 과학 실험, 실습 교육 실태 조사 및 그 운영 진단(I). 한국과학교육학회지, 17(4), 435-450.

정완호, 김영신, 권용주, 박윤복 (2000). 초·중·고등학교의 교과 내용, 평가와 과학적 사고력의 분석에 대한 연구. '99년도 한국생물교육학회 동계학술대회 및 논문발표회. 인천교육대학교.

조연순 (2001). 창의적·비판적 사고력과 교과 지식의 융합을 위한 교수-학습 모형으로서의 문제 중심 학습(PBL) 고찰. 초등교육심리, 14(3), 295-316.

조희형, 이문원, 조영신, 지찬수, 강순희, 박종원, 허명, 김찬중 (1995). 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습 지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지, 15(1), 54-67.

허경철, 김홍원, 조영태, 임선하, 양미경, 한순미, 이혜원, 김용선 (1990). 사고력 신장을 위한 프로그램 개발 연구(IV). 연구 보고 RR90-17. 한국 교육개발원.

허명 (1984). 과학 탐구 평가표의 개발. 한국과학교육학회지, 4(2), 57-63

홍은숙 (1999). 지식과 교육. 서울: 교육과학사

황성원, 김희경, 유준희, 박승재 (2001). 중학교 3학

년 학생들의 개방적 탐구에서 과학적 탐구기능에 대한 자기 평가 수행 분석. 한국과학교육학회지, 21(3), 506-515.

Adsit, D. J., & London, M. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery task. Journal of General Psychology, 124(1), 19-35.

Fisher, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. Foundations of Science, 6, 361-383.

Hanson, N. R. (1995). 과학적 발견의 패턴: 과학의 개념적 기초에 관한 탐구(송진웅·조숙경 역). 서울: 민음사(원저 1958 출판).

Kerr, N. L. (1998). Harking: Hypothesizing after the results are known. Personality and Social Psychology Review, 2(3), 196-217.

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

McPeck, J. E. (2002). 비판적 사고와 교육(박영환·김공하 역). 서울: 배영사(원저 1981년 출판).

Popper, K. R. (1994). 과학적 발견의 논리(박우석 역). 서울: 고려원(원저 1959, 1968 출판).

Roadranka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking. paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas.

Torrance, E. P. (2002/2004). Torrance TTCT(언어) A형 (김영채 역). 대구: 토란스 창의력 한국 FPSP/현곡 R&D(원저 2002).

Watson, G. & Glaser, E. (1994). Watson-Glaser critical thinking appraisal. Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

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.