

과학교사를 위한 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램의 효과

정진수*

대구대학교

Effects of the Teaching and Learning Programs for Science Teachers' Scientific Hypothesis Testing-method Invention

Jeong, Jin-Su*

Daegu University

Abstract: The purpose of this study was to analyze the effects of the teaching and learning programs for science teachers' scientific hypothesis testing-method invention. Subjects were 30 secondary school science teachers. The potato juice task was administered to the subjects before and after instructional treatments. The four-step strategy including the steps of identifying factors, identifying variables, selecting variables and inventing methods, was applied to the development of the teaching and learning programs for the science teachers. The programs were developed by 6 experts through the R&D method. The results of this study revealed that the number and elaborateness of science teachers' scientific hypothesis testing-methods increased after the instructional treatments. The testing ability of testing-methods invented by science teachers in the posttest was stronger than the one of the methods invented in the pretest. This study also discussed the implications of these findings for teaching and learning in science education.

Key words: teaching and learning program, scientific hypothesis, testing method, science teacher

I. 서론

인과적 과학지식은 귀추적 방법을 통해서 생성되고, 연역적 방법을 통해서 정당화된다(Lawson, 1995). 다시 말하면, 귀추적 방법을 통해서 현상에 대한 잠정적 설명인 가설이 생성되고, 연역적 방법을 통해서 가설검증방법이 고안되고 수행되어 가설이 검증됨으로써 새로운 과학지식이 생성된다(정진수와 권용주, 2007). 따라서 과학지식의 생성과정에서 가장 중요한 것 중에 하나는 가설검증방법을 고안하는 것이라고 할 수 있다 (McPherson, 2001).

과학교육에서도 가설검증방법 고안은 매우 중요하게 다루어지고 있고(박종원, 2003), 관련된 연구들도 활발하게 수행되고 있다(권용주 등, 2003; 권용주 등, 2008; 김재우 등, 1999; 정진수와 권용주, 2007; 조정일과 주동기, 1996; 박순화 등, 2005; 박종원, 1998, 2003; 이재경, 2003; 허명, 1984; AAAS, 1990; APU, 1982; Klahr, 2000; Lawson, 2002; McPherson, 2001; NAGB,

2007; Ostlund, 1992). 그러나 선행 연구들은 대부분 가설검증방법 고안의 사고 과정이나 검증 구조, 탐구 학습의 일부분으로써 실험 설계 능력의 향상, 가설검증방법 고안의 하위 요소 추출 등에 집중되어 있을 뿐, 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차를 자세하게 제시 하였거나 프로그램을 개발하여 교육적 효과를 분석한 연구는 많지 않다.

예를 들어서 허명(1984)은 과학적 탐구 평가목록(SIEI)에 가설검증방법 고안과 관련된 탐구 요소로 변인통제, 실험과정 개발, 실험방법 개발, 실험의 설계 등을 제시 하였지만 가설검증방법 고안 학습을 위해서 이 요소들을 어떤 순서로 나열해야할지에 대해서는 언급하지 않았으며, 각각의 요소 또한 명확하게 절차적 과정으로 구분하지 않았다.

권용주 등(2003)은 가설검증방법이 변인을 조작하는 방법과 이에 따라 나타날 현상을 관찰하는 방법을 포함한다고 주장했다. 그리고 NAGB(2007)는 과학지식을 검증하기 위해서는 문제를 확인하여 진술하고, 가설

*교신저자: 정진수(jjs@daegu.ac.kr)

**2008.07.24(접수) 2008.09.01(1심통과) 2008.09.08(2심통과) 2008.09.08(최종통과)

***이 논문은 2007학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

을 설정하며, 변인을 통제하고 조절할 계획을 세우고, 자료를 수집하고, 자료를 분석하여 해석하고, 결론을 도출하는 등의 절차가 필요하다고 주장하였다. 그러나 이들의 주장에 제시된 가설검증방법의 하위 과정은 변인조작 혹은 통제 방법 고안과 변인관찰방법 고안뿐이어서 가설검증방법 고안을 위한 교수-학습 절차로 활용하기에 충분하지 않다.

또한 이재경(2003)은 변인동정, 변인의 논리적 조작, 논리적 평가기준고안, 변인의 구체적 조작, 구체적 평가기준고안, 고안한 구체적 조작방법과 과거의 유사 경험 상황비교, 검증수행방법선택 등의 일련의 순차적 사고 과정을 통해서 가설검증방법이 고안된다고 제안하였다. 그리고 권용주 등(2008)도 과학적 설명을 검증하기 위한 계획은 설명을 인식하고, 설명의 요소를 동정하고, 요소에 해당하는 실험의 변인을 동정하고, 변인의 조작과 통제방법을 고안하고, 설명의 평가기준을 고안하는 과정을 포함한다고 제안하였다. 이들 연구는 비록 가설검증방법 고안의 사고 과정을 분석한 것이지만 연구 결과에 드러난 사고 과정들은 가설검증방법 고안 학습을 위한 교수-학습 절차를 개발하는 데 많은 시사점을 준다고 할 수 있다.

한편, 가설검증방법 고안 학습을 포함한 과학 탐구 학습에서 과학교사는 매우 중요한 변인으로 인식되고 있다(박국태 등, 2005). 그리고 세계 각국은 과학교사의 탐구학습 실행 능력을 향상시키기 위한 인식 조사뿐만 아니라 프로그램 개발이나 모듈 개발과 적용 연구를 매우 활발하게 수행하고 있다(손영민, 2001). 이 중 이수아 등(2007)이 과학교사들을 대상으로 과학수업에서 겪는 교사의 어려움에 대해서 분석한 결과에 의하면, 연구 대상 과학교사들 중 초등 교사의 78%와 중등 과학교사의 36%가 물리적 여건뿐만 아니라 적절한 탐구학습 지도 방법을 적용하는 것에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다. 이 연구에서 드러난 탐구학습 지도의 어려움은 아마도 교사의 탐구학습 수행에 대한 경험 부족에서 초래된 것이라고 생각할 수 있다. 대부분의 교사들이 강의식 수업에 익숙한 이유는 대학 교육을 마치기까지 수없이 많은 강의식 수업에 노출되어왔기 때문이라고 할 수 있다. 반면에 탐구학습 지도에 어려움을 겪는 이유는 교사가 탐구학습 지도를 받아본 경험이 충분하지 않기 때문이라고 할 수 있다. 실제로 진순희와 장신희(2007)의 연구에 의하면 연구에 참여한 과학교사의 157명 중 절반에도 못 미치는 75명만이 대학 재학 중 탐구학습을 경험했다고 응답했다. 다시 말하면 이 연구의 50%이상의 교사들은 탐구과정

을 실행해보지 못한 상태에서 학생들의 과학 탐구를 가르치고 있다는 것을 말해주고 있다. 이러한 결과는 수업의 주체인 과학교사가 학습자 위치에서 탐구학습을 수행하는 것에 관련된 연구의 필요성을 드러낸 것이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 문헌 연구와 전문가집단의 논의를 통해서 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차를 개발하고, 이에 따라 과학교사를 위한 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 R&D 방식으로 개발하여 투입하며, 사전과 사후에 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 유형 및 가설 검증력을 비교함으로써 교수-학습 프로그램의 효과를 분석하는 것이다. 그리고 이를 통해 과학교사를 위한 가설검증방법 고안 교수-학습 방법뿐만 아니라 초·중등 학생들의 가설검증방법 고안 능력을 신장시켜주기 위한 교수-학습 방법에 관한 시사점을 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

교육대학원에서 과학교육학을 전공하는 과학교사 30명이 연구 대상이었다. 이들 중 남자 교사는 13명, 여자 교사는 17명이었다. 전공별로는 물리 전공이 8명, 화학 전공이 11명, 생물 전공이 7명, 지구과학 전공이 4명이었다. 또한 중학교 교사가 15명, 고등학교 교사가 15명이었고, 경력이 10년 미만인 교사가 18명, 10년 이상인 교사가 12명이었다(표 1).

표 1
연구 대상 과학교사

성 별	경력	물리		화학		생물		지구과학		계
		중	고	중	고	중	고	중	고	
남	10년 미만	·	1	2	·	1	2	1	1	8
	10년 이상	2	·	1	·	1	·	·	1	5
여	10년 미만	1	1	3	3	1	1	·	·	10
	10년 이상	·	3	1	1	·	1	1	·	7
계		3	5	7	4	3	4	2	2	30

2. 연구 절차

이 연구의 절차를 요약하면 그림 1과 같다. 먼저, 가설검증방법 고안에 관한 선행 연구들을 토대로 교수-학습 절차를 개발하였고, 이 절차에 따라 10개의 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램들을 개발하였다. 또한, 개발한 교수-학습 프로그램들을 투입하기 이전에 ‘감자즙 과제’를 이용하여 연구 대상 과학교

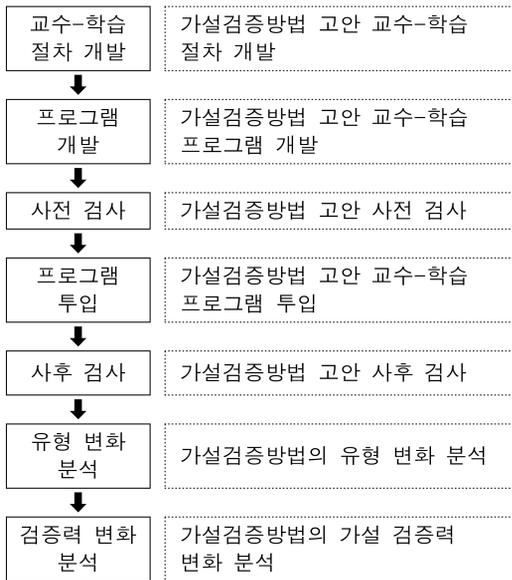


그림 1 연구 절차

사들이 고안하는 가설검증방법의 유형과 가설검증방법의 가설 검증력을 사전 검사하였으며, 교수-학습 프로그램들을 투입한 이후 다시 ‘감자즙 과제’를 이용하여 가설검증방법 고안에 관한 사후 검사를 실시하였다. 마지막으로 사전 검사와 사후 검사를 비교함으로써 가설검증방법의 유형과 가설 검증력의 변화를 분석하였다.

3. 교수-학습 절차 개발

연구자는 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 개발하기에 앞서, 문헌 연구와 전문가집단과의 논의를 통해서 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차를 개발하였다. 즉, 가설검증방법 고안 과정에 관련된 선행 연구

들(권용주 등, 2003; 권용주 등, 2008; 박종원, 2003; 이재경, 2003; 정진수와 권용주, 2007; 허명, 1984; AAAS, 1990; APU, 1982; NAGB, 2007)에 포함된 탐구과정과 가설검증방법 고안 과정의 하위 요소들을 추출한 후 과학교육전문가 3명과 중등학교 교사 3명이 포함된 연구 집단과 5회의 세미나를 통해서 교수-학습 절차를 개발하였다(표 2).

개발한 전체 교수-학습 절차는 “현상 제시 → 인과적 의문 생성 → 가설 생성 → 가설검증방법 고안 → 실험 수행 및 가설 평가” 과정이었다. 이 과정 중에서 가설검증방법 고안 과정은 표 2와 같이 크게 ‘요소동정(Identifying factor)’, ‘변인동정(Identifying variable)’, ‘변인선택(selecting variable)’, ‘방법고안(inventing method)’ 등의 하위 과정으로 구성되었다.

위의 절차에서 생물 분류학의 용어인 동정(同定)이란 단어의 의미는 여러 가지 대상물들 중에서 필요한 것을 찾아 뽑아내는 것을 의미한다. 따라서 요소동정이란 가설에서 검증해야할 요소들을 찾아 뽑아내는 것을 의미한다. 즉, 요소동정 과정은 가설 속에 포함된 설명 요소들을 추출하여 구조도로 표현하는 과정이며, 가설 인식과 요소추출이라는 하위 과정을 포함한다. 예를 들어, “감자즙 속의 효소와 과산화수소가 반응하여 산소가 발생했다.”라는 가설이 있을 때, 가설인식은 가설에 포함된 ‘감자즙’, ‘효소’, ‘과산화수소’, ‘반응’, ‘산소’, ‘발생’ 등의 개념과 개념들의 관계를 인식하거나 확인하는 과정이다. 그리고 요소추출은 정진수(2007)가 제안한 방식에 따라 그림 2와 같이 가설의 구조도를 작성하는 과정이다.

그리고 변인동정 과정은 작성한 가설의 구조도를 보고 조작변인, 종속변인, 통제변인을 동정하는 과정이다.

표 2 과학적 가설검증방법 고안 능력 향상을 위한 교수-학습 절차

	절 차	내 용
요소 동정	가설인식	가설의 내용을 인식하는 과정
	요소추출	가설에 포함된 설명요소들을 추출하여 가설의 구조도로 표현하는 과정
변인 동정	조작변인동정	가설의 구조도에 포함된 조작변인들을 동정하는 과정
	종속변인동정	조작변인에 따라 변화될 종속변인들을 동정하는 과정
	통제변인동정	조작변인 이외에 종속변인에 영향을 줄 수 있는 변인들을 동정하는 과정
변인 선택	조작변인선택	동정한 조작변인들 중 실험에 적절한 변인을 선택하는 과정
	종속변인선택	선택한 조작변인에 따라 변화될 종속변인을 선택하는 과정
	통제변인선택	선택한 조작변인 이외에 종속변인에 영향을 줄 수 있는 변인들을 선택하는 과정
방법 고안	변인조작방법고안	선택한 조작변인을 구체적으로 조작할 수 있는 방법을 고안하는 과정
	변인관찰방법고안	선택한 종속변인을 구체적으로 관찰할 수 있는 방법을 고안하는 과정
	변인통제방법고안	선택한 통제변인을 구체적으로 통제할 수 있는 방법을 고안하는 과정



그림 2 가설의 구조도 예시

예를 들어, 조작변인동정은 그림 2의 구조도에서 ‘감자즙의 양’, ‘감자즙의 농도’, ‘효소의 양’, ‘효소의 농도’, ‘과산화수소의 양’, ‘과산화수소의 농도’, ‘반응의 정도’ 등의 변인을 동정하는 과정이다. 그리고 종속변인동정은 조작변인에 의해서 변화될 수 있는 ‘산소의 발생량’과 ‘산소의 발생 속도’ 등을 동정하는 과정이다. 또한 통제변인동정은 ‘비커의 크기’, ‘반응 온도’, ‘거름종이를 떨어뜨리는 속도’ 등의 기타 변인들을 동정하는 과정이다.

또한 변인선택 과정은 동정한 조작변인, 종속변인, 통제변인들 중에서 실험을 수행할 변인들을 선택하는 과정이다. 위의 가설에서 ‘과산화수소의 농도’를 조작변인으로 선택하고 ‘산소의 발생 속도’를 종속변인으로 선택했다면, 나머지 변인들은 모두 통제변인으로 선택되는 것이다.

마지막으로, 방법고안 과정은 조작변인과 통제변인을 구체적으로 조작하고 통제할 방법을 고안하고, 조작에 의해서 나타날 종속변인의 현상을 관찰할 수 있는 방법을 고안하는 과정이다. 예를 들어서 “과산화수소의 농도를 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 구분하여 각각 200mL씩 250mL 비커에 넣는다.”와 같은 구체적인 실험 방법을 고안하는 과정이다.

한편, 개발한 가설검증방법 고안 교수-학습 절차는 단회의 직선적 모형이 아니다. 이것은 그림 3과 같이 다회의 순환적 모형이다. 다시 말하면, 연구자들은 피험자들이 하나의 변인을 선택해서 방법을 고안한 후 또 다른 변인을 선택하기 위해서 곧바로 변인선택 과정으로 되돌아갈 수 있도록 하거나, 첫 번째 과정인 요소동정이나 두 번째 과정인 변인동정 과정으로 환류할 수 있도록 교수-학습 절차를 적용하였다.

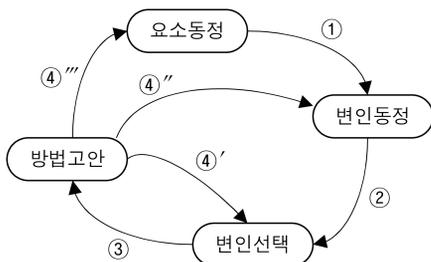


그림 3 검증방법고안의 순환적 모형

4. 교수-학습 프로그램 개발

연구자는 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 R&D 방식에 따라 개발하였다. 즉, 먼저 연구자가 교수-학습 절차에 따라서 1차 프로그램을 개발한 후에 3명의 과학교육전문가와 3명의 중등학교 교사가 포함된 전문가집단에서 검토·수정하여 예비 과학교사 10여명에게 투입하였다. 그리고 투입 결과를 분석하여 전문가 집단의 협의를 통해 프로그램을 보완한 후 2차 프로그램을 개발하고 또다시 예비 투입하는 과정을 반복하여서 최종적으로 10개의 교수-학습 프로그램을 표 3과 같이 개발하였다.

5. 사전 및 사후 검사와 교수-학습 프로그램의 투입

사전과 사후 검사를 위해서 ‘감자즙 과제’를 이용하였다. 약 1cm² 정도 크기의 거름종이를 감자즙에 묻혀서 과산화수소수에 떨어뜨리면, 거름종이가 처음에는 가라앉았다가 몇 초 후 다시 과산화수소수 표면으로 떠오른다. 연구 대상 과학교사들은 이 현상의 원인에 대한 의문을 떠올렸고 조별 토의를 통해 그 원인을 인과적으로 설명하는 가설을 생성했다. 연구자는 과학교사들의 토의를 종합하여 “감자즙 속의 효소와 과산화수소가 반응하여 산소가 발생했다.”라는 가설을 제시해주었다. 또한 가설 제시 후에 과학교사들에게 각자 그 가설을 검증할 수 있는 방법을 고안하여 배부한 검사지에 기록하도록 요구하였다. 사전과 사후 검사는 각각 약 50분간 진행되었으며, 이 중 가설검증방법을 고안하는 데 사용한 시간은 약 25분이었다.

연구자는 10개의 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램들을 3주에 걸쳐 교육대학원에서 과학교육을 전공하는 30명의 과학교사들에게 투입하였다. 각각의 프로그램은 현상 제시에서 시작되어 가설 평가에 이르러 종결되기까지 약 3시간동안 연속적으로 진행되었다. 투입한 프로그램의 교수-학습 과정은 그림 4와 같았다.

먼저, 연구자는 표 3에 제시된 프로그램의 현상을

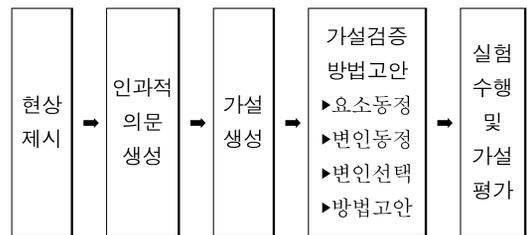


그림 4 프로그램의 교수-학습 과정

표 3

가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램 내용

순	주제	현상	가설
1	통각 감소	모서리에 무릎을 부딪치면 매우 아프다. 이때 그 곳을 비벼주면 고통이 감소한다.	통각기에서 뇌로 전달되는 신경의 시냅스 부위에서 비벼주는 촉각의 신호가 간섭하여 통각의 신호를 감소시킨다.
2	물 젖은 성냥개비	3개의 성냥개비를 한 번 꺾어서 마주 놓고 증상에 물을 떨어뜨리면 성냥개비가 다시 퍼지면서 삼각형을 만든다.	물이 모세관 현상으로 성냥개비의 틈 사이로 흡수되면서 꺾인 부분이 퍼진 것이다.
3	깔때기 탁구공	깔때기에 탁구공을 넣고 세게 불면 탁구공이 날아가지 않고 깔때기 안에 머물러 있다.	탁구공과 깔때기 사이에 좁은 틈이 만들어지고, 그 틈사이로 공기가 빠르게 이동하여 압력이 낮아졌기 때문이다.
4	해안 절벽	해안 절벽의 바위 아랫부분이 붉은색을 띄고 있다.	철을 함유한 절벽의 바위가 바닷물에 의해서 산화되었다.
5	연주제비나비	연주제비나비의 유입으로 두 가지 흰띠제비나비 암컷들의 개체수 비율이 달라졌다.	연주제비나비가 독성을 가지고 있어서 포식자인 새가 연주제비나비와 닮은 암컷Ⅱ형의 포식을 꺼려했기 때문이다.
6	산개구리	많은 수의 산개구리들이 나뭇가지 위에 모여 있다.	암컷이 내는 울음소리를 듣고 수컷들이 모여들었다.
7	캔버라 마른 호수	호주 캔버라 근처의 마른 호수는 10년을 주기로 물이 차오른다.	이 지역이 10년을 주기로 우기의 강수량이 증가하여 물이 마른 호수에 고이는 것이다.
8	감자전분 반죽	감자전분의 반죽은 힘을 주면 고형의 반죽이 되고, 힘을 주지 않으면 흘러내린다.	감자전분의 분자가 내부에 공간을 가지고 있어서 힘을 주면 그 공간 안으로 물이 들어가고, 힘을 주지 않으면 공간 안에서 물이 나오기 때문이다.
9	일액현상	습도가 높은 이른 아침에 식물의 잎 끝에 작은 물방울들이 맺혀있다.	식물이 과대하게 빨아들인 수분을 잎의 물관을 통해 잎 밖으로 내보낸 것이다.
10	말뭉버섯	말뭉버섯에서 하얀 연기 같은 것이 피어오른다.	건조한 날 말뭉버섯의 포자낭이 터지면서 공기중으로 포자가 퍼져나가기 때문이다.

제시하고, 인과적 의문을 생성하게 하였다. 그리고 모든 교사들이 개인별로 가설을 생성하게 하고, 조별 토의를 통해 의견을 수렴하게 한 이후, 전체 토의를 통해 검증해야 할 최종 가설을 생성할 수 있도록 교수-학습을 진행하였다. 또한 요소동정, 변인동정, 변인선택, 방법고안의 과정을 순환적으로 거치게 함으로써 최종 가설의 검증방법을 고안하게 했다. 마지막으로 고안한 검증방법에 따라 실험을 실시하여 과학교사들이 스스로 가설을 평가하도록 교수-학습을 진행하였다.

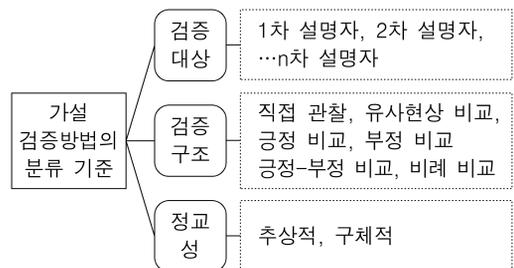


그림 5 가설검증방법의 분류 기준(정진수와 권용주, 2007)

6. 가설검증방법의 유형 및 가설 검증력 변화 분석

사전과 사후에 투입된 감자즙 과제에서 과학교사들이 생성한 가설검증방법의 유형 변화를 분석하기 위해서 정진수와 권용주(2007)가 그림 5와 같이 개발한 가설검증방법의 분류 기준을 적용하였다.

이 분류 기준에 의하면 가설검증방법에 나타난 검증 대상이 가설의 몇 차 설명자인가에 따라 검증방법을 1차, 2차, 3차 ... 등으로 분류할 수 있다. 그러나 본 연

구에서 제시한 감자즙 과제의 가설은 1차 설명자만 포함하고 있기 때문에 검증대상에 따른 분류는 의미가 없었다. 그 대신 감자즙 과제의 가설에서 중요한 설명요소인 ‘효소’, ‘과산화수소’, ‘산소’에 따라 가설검증방법을 분류하여 사전과 사후 검사 결과를 비교하였다. 그리고 검증구조와 정교성에 따라서도 가설검증방법을 분류하여 사전과 사후 검사 결과를 비교하였다. ‘설명요소’, ‘정교성’, ‘검증구조’에 따라 사전과 사후에 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 유형을 분석한 틀

표 4
가설검증방법 유형 분석틀

구분	추상적			구체적			계		
	효	과산화	산소	효	과산화	산소	효	과산화	산소
직접 관찰									
유사현상 비교									
긍정 비교									
부정 비교									
긍정-부정 비교									
비례 비교									
계									
합계									

을 제시하면 표 4와 같다.

또한, 프로그램 투입 이전과 이후에 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 가설 검증력 변화를 비교하기 위해서 ‘검증방법의 수’, ‘정교성지수’, ‘검증구조지수’, ‘가설 검증력’ 등의 사전-사후 검사 결과를 t-검증 하였다. 검증방법의 수는 주어진 가설을 검증하기 위해서 연구 대상 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 수를 세서 점수화한 것이다. 정교성지수는 각각의 가설검증방법이 추상적인 경우에는 1점을 부여하고 구체적인 경우에는 2점을 부여한 후 각각의 점수들을 합산하여 산출하였다. 여기에서 구체적인 방법이란 가설검증방법이 정량적으로 제시되어 있고, 실험에 사용할 준비물들이 명확하게 기술되어 있는 것을 의미한다. 검증구조지수는 직접 관찰 유형에 1점, 유사현상 비교에 2점, 긍정 비교와 부정 비교에 3점, 긍정-부정 비교에 4점, 비례 비교에 5점을 부여하여 산출하였다. 이 지수는 각 방법의 논리적 완전성과 인지적 복잡성을 근거로 산출하였다(박순화 등, 2005; 정진수와 권용주, 2007, Losee, 2001).

그리고 가설 검증력은 한 사람이 고안한 가설검증방법들이 얼마나 포괄적이고 정교하게 가설을 검증할 수 있는지를 나타내는 수치, 즉 검증방법의 수, 정교성지수, 검증구조지수 등을 모두 고려한 값이며 아래와 같은 방식에 따라 산출하였다.

$$\text{가설 검증력} = \text{첫 번째 검증방법의 (검증구조지수} \times \text{정교성지수)} + \text{두 번째 검증방법의 (검증구조지수} \times \text{정교성지수)} + \dots + \text{n 번째 검증방법의 (검증구조지수} \times \text{정교성지수)}$$

교사 A가 3개의 가설검증방법을 고안했는데, 첫 번째 가설검증방법의 검증구조지수가 3이고 정교성지수는 2, 두 번째 가설검증방법의 검증구조지수가 2이고 정교성지수는 1, 세 번째 가설검증방법의 검증구조지수가 5, 정교성지수는 2인 경우 가설 검증력은 “(3 × 2) + (2 × 1) + (5 × 2)”와 같은 연산을 통해서 18이라는 값으로 산출된다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 가설검증방법의 유형 변화

교수-학습 프로그램 투입에 따른 가설검증방법의 유형 변화를 분석하기 위해서 사전과 사후 검사에서 연구 대상 과학교사들이 고안한 가설검증방법들을 ‘설명요소’, ‘정교성’, ‘검증구조’에 따라서 분류하였다. 먼저 유형 분류 방법을 구체적으로 설명하기 위해서 그림 6에 교사 A가 고안한 가설검증방법을 예시적으로 제시하였다. 이 그림에서 (a)는 사전에 고안한 가설검증방법이고, (b)는 사후에 고안한 가설검증방법이다.

그림 6의 (a)와 (b)에 기록된 가설검증방법의 의미를 분석해보면, 모두 감자즙의 유무에 따라 거름종이가 떠오르는지 확인하는 가설검증방법이다. 즉 설명요소에 따라 (a)와 (b)의 유형을 분류하면, 이 방법들은 모두 ‘효소’라는 설명요소의 영향을 검증한 것이라고 할 수

1. 같은 양의 과산화수소를 준비한다. (두개)
 2. 같은 크기의 종이컵을 준비한다. (두개)
 3. 리나는 감자즙을 묻히고 다른 하나는 물을 묻혀 주 과산화수소가 띄어뜨린다. → 감자즙이 떠오르기 하누기 확인

(a) 사전

1. 500ml 바에 과산화수소 300ml를 넣은 것을 두 개를 준비한다.
 2. 0.5mm짜리 바늘 가진 거름종이 20장을 준비한다. 
 3. 10장은 감자즙을 묻히고 10장은 물을 묻힌다.
 4. 감자즙 묻힌 10장은 과산화수소가 담긴 비커에 넣고 또 다른 비커에 물 묻힌 거름종이 10장을 받는다.
 5. 거름종이 주위에 기포 발생 여부를 관찰하고 거름종이가 떠오르는지 확인한다.

(b) 사후

그림 6 교사 A가 고안한 가설검증방법의 정교성 변화 예시

있다. 또한 검증구조에 따라 분류하면, 이 방법들은 모두 원인이 가해진 경우와 원인이 가해지지 않은 경우를 비교함으로써 가설의 진위를 검증하는 방법을 사용하였기 때문에 ‘긍정-부정 비교법’이라고 할 수 있다. 따라서 교사 A가 사전과 사후에 고안한 검증방법은 설명요소와 검증구조 측면에서 변화가 없다고 할 수 있다.

그러나 가설검증방법의 정교성 측면에서 그림 6의 (a)와 (b)는 서로 많은 차이를 보인다. 즉, (a)의 가설검증방법에는 정량적 정보가 없고 실험 도구들의 명칭도 불명확하게 기술되어 있다. 반면에 (b)의 가설검증방법에는 과산화수소의 양, 거름종이의 수와 크기, 과산화수소수에 넣는 거름종이의 수 등이 정량적으로 제시되어 있을 뿐만 아니라 실험에 사용할 준비물의 명칭이 명확하게 기술되어 있다. 따라서 (a)는 추상적 수준의 가설검증방법이고 (b)는 구체적 수준의 가설검증방법이다. 결국 교사 A가 고안한 가설검증방법은 정교성 측면에서 사전에는 추상적인 수준이었으나 사후에는 구체적인 수준으로 변화되었다고 할 수 있다.

한편, 그림 7은 교사 B가 사전과 사후에 고안한 가설검증방법을 예시적으로 보여준다.

그림 7의 (a)와 (b)에 제시된 가설검증방법들은 모두 증류수와 과산화수소에 감자즙이 묻은 거름종이를 떨어뜨려 봄으로써 가설을 검증하고자 했다. 즉, 두 방법은 모두 과산화수소의 유무에 따라 반응이 나타나는지를 확인하는 실험을 포함하고 있다. 그러나 (b)의 경우

감자즙 종이로 물과 과산화수소에 동시에 2광 떨어뜨린다.
물에 넣은 종이는 가시없고 과산화수도에 넣은 종이도
기껏은 반생사기며 때옴으로 감자즙이 과산화수도와
반응함을 확인한다.

(a) 사전

감자즙의 양을 달리하면 증류수와 과산화수에 감자즙 묻힌 거름종이를 넣은 현상은 관찰한다 각 상황별로 거름종이 때옴은 시간이 지남에 따라
감자즙 10% 20% 30% 과산화수도
감자즙 10% 20% 30%
감자즙의 양을 달리하면 증류수와 과산화수에 감자즙 묻힌 거름종이를 넣은 현상은 관찰한다 각 상황별로 거름종이 때옴은 시간이 지남에 따라
감자즙의 양을 달리하면 증류수와 과산화수에 감자즙 묻힌 거름종이를 넣은 현상은 관찰한다 각 상황별로 거름종이 때옴은 시간이 지남에 따라
감자즙의 양을 달리하면 증류수와 과산화수에 감자즙 묻힌 거름종이를 넣은 현상은 관찰한다 각 상황별로 거름종이 때옴은 시간이 지남에 따라

(b) 사후

그림 7 교사 B가 고안한 가설검증방법의 검증구조 변화 예시

에는 과산화수소의 유무뿐만 아니라 감자즙의 농도 변화, 즉 효소의 농도 변화에 따른 반응의 변화를 관찰하고자 했다. 결국 교사 B가 사전에 고안한 검증방법에는 과산화수소라는 설명요소만이 포함되어 있지만, 사후에 고안한 것에는 과산화수소뿐만 아니라 효소도 포함되어 있다. 따라서 설명요소 측면에서 비교해볼 때 교사 B가 고안한 가설검증방법은 사전에 비교해서 사후에 변화가 있었다고 할 수 있다. 그러나 두 실험 모두 제한적인 정량적 정보만을 포함하고 있기 때문에 검증방법의 정교성 부분에는 큰 차이가 없었다.

한편, 그림 7의 (a)와 (b)는 검증구조에 차이가 있다. (a)의 방법은 변인의 유무에 따라 나타날 현상의 차이를 기대했기 때문에 긍정-부정 비교법으로 분류될 수 있고, (b)의 방법은 감자즙의 농도를 비례적으로 변화 시킴에 따라 나타날 현상의 변화를 기대했기 때문에 비례 비교법으로 분류될 수 있다. 즉 교사 B의 가설검증방법은 검증구조 측면에서 사전에는 긍정-부정 비교 유형이었지만 사후에는 비례 비교법으로 정교화 되었다고 할 수 있다.

이상의 예시와 같은 방법으로 연구 대상 과학교사들이 고안한 가설검증방법들을 ‘정교성’, ‘설명요소’, ‘검증구조’에 따라서 분류하여 표 5에 제시하였다.

표 5에 의하면 30명의 과학교사들은 사전 검사에서 52개의 가설검증방법을 고안하였고 사후 검사에서는 85개의 가설검증방법을 고안하였다. 그리고 이러한 수적인 증가뿐만 아니라 다양한 측면에서 가설검증방법의 유형에도 변화가 나타났다. 먼저, 사전과 사후 검사에서 나타난 두드러진 변화는 가설검증방법의 정교성 측면에서 나타났다. 사전에서는 52개의 가설검증방법 중에서 48개(92%)가 추상적 수준이었고 단지 4개(8%)만이 구체적 수준이었다. 반면에 사후에는 85개 중에서 3개(4%)만이 추상적 수준이었고 82개(96%)가 구체적 수준이었다. 즉, 사전에 과학교사들이 고안한 가설검증방법은 대부분 추상적 수준에 머물렀지만 교수-학습 프로그램 투입된 이후에는 대부분 구체적 수준으로 정교화 되었다(그림 8).

그리고 설명요소 측면에서는 과산화수소에 대한 가설검증방법의 수에 큰 변화가 나타났다. 즉 사전에는 과산화수소에 대한 가설검증방법이 단지 3개(6%)에 불과했으나 사후에는 19개(22%)로 크게 증가하였다. 설명요소에 관한 사전과 사후의 가설검증방법의 비율 변화를 그래프로 나타내면 그림 9와 같다.

마지막으로 검증구조 측면에서는 직접관찰, 부정비교, 긍정-부정 비교 등은 사전에 비교해서 사후에 수가

표 5

사전과 사후 검사의 가설검증방법 유형

구분	추상적			구체적			계		
	효소	과산화수소	산소	효소	과산화수소	산소	효소	과산화수소	산소
사전	직접 관찰		24			1			25
	유사현상 비교								
	공정 비교						6	1	
	부정 비교	6	1						
	공정-부정 비교	14	2		1		15	2	
	비례 비교	1			2		3		
	계	21	3	24	3		1	24	3
합계		48		4			52		
사후	직접 관찰		1			30			31
	유사현상 비교								
	공정 비교						2		
	부정 비교				2				
	공정-부정 비교	2			6	1	8	1	
	비례 비교				25	18	25	18	
	계	2		1	33	19	30	35	19
합계		3		82		85			
총계		51		86		137			

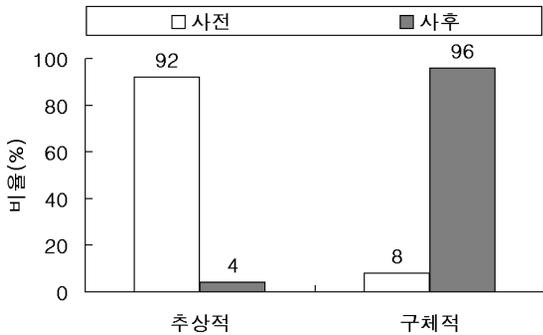


그림 8 가설검증방법의 정교성 변화 비교

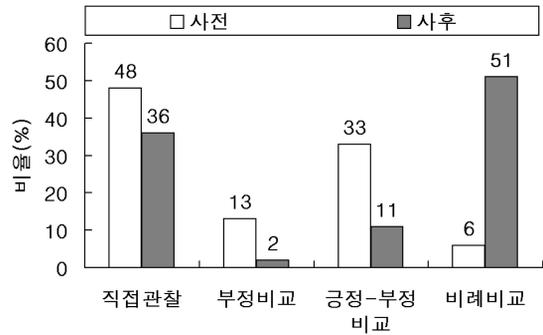


그림 10 가설검증방법의 검증구조 변화 비교

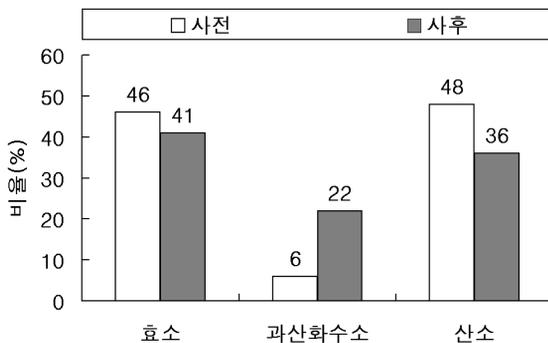


그림 9 가설검증방법의 설명요소 변화 비교

감소했으나 비례비교는 크게 증가하였다. 즉 사전에 단

지 3개(6%)에 불과했던 비례비교가 사후에는 무려 43개(51%)로 크게 증가하였다. 검증구조에 관한 사전과 사후의 가설검증방법의 비율 변화를 그래프로 나타내면 그림 10과 같다.

2. 가설검증방법의 가설 검증력 변화

사전과 사후에 고안한 가설검증방법의 가설 검증력에 관한 정량적 특성을 비교하기 위해서 가설검증방법의 수, 정교성지수, 검증구조지수, 가설 검증력 등의 평균값, 표준편차, t-검증 결과를 산출하여 표 6에 제시하였다.

연구 대상 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 수

표 6
가설검증방법의 수, 정교성지수, 검증구조지수, 가설
검증력에 대한 사전-사후 검사 t-검증 결과 (N=30)

	검사	M	SD	df	t	p
검증방법의 수	사전	1.73	0.58	29	7.94	0.00
	사후	2.83	0.70			
정교성지수	사전	1.83	0.83	29	12.99	0.00
	사후	5.57	1.46			
검증구조지수	사전	4.30	2.22	29	8.26	0.00
	사후	9.53	2.81			
가설 검증력	사전	4.67	3.59	29	11.15	0.00
	사후	18.90	5.82			

는 사전에 평균 1.73개였는데 사후에는 2.83개로 증가하였다. 이러한 증가는 통계적인 유의미 수준($p < 0.01$)에서 의미 있는 차이를 보였다. 그리고 정교성지수도 사전에는 평균 1.83이었는데 사후에는 5.57로 통계적인 유의미 수준($p < 0.01$)에서 의미 있는 차이를 나타냈다. 또한 검증구조지수의 평균값도 사전에는 4.30이었으나 사후에는 9.53으로 통계적으로 유의미한 수준($p < 0.01$)에서 의미 있게 증가하였다. 더 나아가 한 사람이 고안한 가설검증방법들이 얼마나 포괄적이고 정교하게 가설을 검증할 수 있는지를 나타내는 수치인 가설 검증력의 평균값도 사전에는 4.67에 불과했으나 사후에는 18.90으로 크게 증가하였으며, 이러한 증가도 통계적인 유의수준($p < 0.01$)에서 유의미한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램 투입을 통해 증가한 가설 검증력이 검증방법의 수, 정교성지수, 검증구조지가 모두 증가하여 얻어진 결과를 보여준다. 즉, 이 연구에서 개발하여 투입한 교수-학습 프로그램들은 과학교사들의 과학적 가설검증방법 고안 기능 학습에 효과적임을 보여준다고 할 수 있다.

또한, 본 연구의 결과는 과학지식생성력 향상에 관한 김영학(2004)의 연구나 정진수 등(2005)의 연구 결과와도 일치할 뿐만 아니라 과학 탐구력 신장에 관련된 연구 결과들과도 일치한다(예, Freedman, 1997; Gerber *et al.*, 2001; Musheno & Lawson, 1999). 특히 Gerber *et al.*(2001)은 수업 효과의 원인을 학습자의 직접 경험과 사회적 상호작용의 확대에서 설명하였다. 이러한 측면에서 본 연구의 결과는 투입한 가설검증방법 교수-학습 프로그램들이 연구 대상인 과학교사들이 다양한 상황에서 직접적으로 가설을 검증할 수 있는 방법을 고안하는 기회를 제공했으며, 요소동정, 변인동정, 변인선택, 방법고안 등의 교수-학습 절차에

서 연구 대상 과학교사들 사이의 활발한 상호작용을 촉진하였기 때문에 나타난 것이라고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서 연구자는 요소동정, 변인동정, 변인선택, 방법고안의 교수-학습 절차에 따라 10개의 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 고안하여 30명의 과학교사들에게 투입하고 과학교사들이 사전과 사후에 감사증 과제에서 고안한 가설검증방법의 유형 및 가설 검증력을 분석하였다.

연구 결과 30명의 과학교사들은 사전과 사후 검사에서 모두 137개의 가설검증방법을 고안하였다. 사전에 고안한 52개의 가설검증방법 중에서 구체적 수준의 방법은 단지 4개(8%)에 불과했으나 사후에는 85개 중에서 82개(96%)로 증가하였다. 그리고 설명요소에 대한 분석 결과에 의하면 사전에 단지 3개(6%)에 불과했던 과산화수소에 대한 검증이 사후에는 19개(22%)로 증가하였다. 또한 가장 복잡한 사고를 요구하는 비례비교 검증방법 유형도 3개(6%)에서 43개(51%)로 크게 증가하였다. 이러한 결과는 과학교사들이 고안한 가설검증방법이 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 통해서 보다 구체적이고 다양한 설명요소를 포함할 수 있도록 변화되었을 뿐만 아니라 논리적으로도 보다 정교한 유형으로 변화되었음을 보여준다고 할 수 있다.

그리고 사전과 사후에 과학교사들이 고안한 가설검증방법의 정량적 특성을 비교한 결과는 과학교사들이 고안한 가설검증방법이 교수-학습 프로그램 투입을 통해서 보다 포괄적이고 정교하게 가설을 검증할 수 있는 방법으로 변화되었음을 보여준다고 할 수 있다.

이상의 결론은 가설검증방법 고안에 관한 교수-학습과 연구에 몇 가지 시사점을 준다. 먼저, 이미 정규 과학교사 양성 과정을 끝낸 교사들의 가설검증방법 고안 능력이 개선될 수 있는 가능성을 이 연구가 보여주었다고 할 수 있다. 물론 가설검증방법 고안 능력 변화에 대한 보다 엄밀한 연구가 수행되어야 내릴 수 있는 결론이기는 하지만, 이 연구 결과에서 드러난 가설검증방법의 정교화는 교사들의 가설검증방법 고안 능력의 향상에서 비롯되었다고 생각할 수 있다. 가설검증방법 고안을 포함한 탐구 과정에 대한 체계적인 교수-학습 프로그램을 개발하여 교사 재교육에 활용한다면 교사들의 탐구능력을 향상시킬 수 있을 것이고, 이를 통해 학교 현장에서 탐구학습이 확대되는 것을 기대할 수 있게 될 것이다.

그리고 이 연구에서 개발한 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차와 프로그램은 과학교사뿐만 아니라 학생들에게도 유용한 방법으로 적용될 수 있을 것이다. 더 나아가 이 절차는 가설-연역적 방법을 포함하는 기존의 수업 모형을 개선하는 데에도 적용될 수 있을 것이다. 예를 들어서 가설 검증 수업 모형은 ‘실험 설계’ 과정에서 학생들이 실험 설계를 하지 못하는 상황에서 교사가 대처할 수 있는 방법을 제시하지 못한다. 그러나 본 연구에서 개발한 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차를 단계적으로 적용한다면 이 상황에서 실험 설계를 하지 못하는 학생들을 도울 수 있게 될 것이다.

뿐만 아니라 가설검증방법 고안 능력을 평가하는 도구를 개발할 때에도 이 연구에서 개발한 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차는 적용될 수 있을 것이다. 즉, 요소동정, 변인동정, 변인선택, 방법고안 등의 하위 요소를 평가 구인으로 생각하고 각 구인을 측정할 수 있는 문항을 개발한다면 가설검증방법 고안 능력을 측정할 수 있는 도구를 개발할 수 있을 것이다.

국문 요약

본 연구는 문헌 연구와 전문가집단의 논의를 통해서 가설검증방법 고안의 교수-학습 절차를 개발하였고, 이에 따라 과학교사를 위한 가설검증방법 고안 교수-학습 프로그램을 R&D 방식으로 개발하여 투입하였으며, 과학교사들이 사전과 사후에 고안한 가설검증방법의 유형 및 가설 검증력 변화를 분석하였다. 연구 결과에 의하면 사전 검사에 비교해서 사후 검사의 가설검증방법의 정교성, 설명요소의 다양성, 검증구조의 논리성 등이 증가된 유형으로 변화되었다. 그리고 사전 검사에 비교해서 사후 검사의 가설검증방법의 수, 정교성지수, 검증구조지수, 가설 검증력 등의 평균이 향상되었다. 이러한 결과는 가설검증방법 고안 교수-학습을 통해서 과학교사의 가설검증방법이 보다 포괄적이고 정교하게 변화되었음을 의미한다. 뿐만 아니라 이 연구의 결과는 과학교사들의 탐구능력 향상의 가능성, 기존의 수업 모형 개선, 검증방법고안 능력 평가를 위한 도구 개발에 시사점을 제공하였다.

참고 문헌

권용주, 고경태, 정진수 (2003). 생물학 가설의 검증에서 연역적 과학지식의 구조와 생성 과정. 한국생물교육학회지, 31(3), 236-245.

권용주, 정진수, 이준기, 이일선 (2008). 과학지식의

생성과 평가. 서울: 메이드.

김영학 (2004). 중학생을 위한 과학적 지식 생성 학습 프로그램의 개발. 한국교원대학교 석사학위 논문.

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

박국태, 박현주, 김경미 (2005). 현직 중등과학교사의 과학탐구능력 발달을 위한 프로그램의 개발과 적용 효과에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 25(4), 472-479.

박순화, 고경태, 정진수, 권용주 (2005). 생물학 탐구에서 학생들이 생성한 가설 검증 방법의 유형. 한국과학교육학회지, 25(2), 230-238.

박종원 (1998). 과학활동에서 연역적 사고의 역할. 한국과학교육학회지, 18(1), 1-17.

박종원 (2003). 과학적 가설 검증을 위한 학생들의 실험 설계 내용 분석. 한국과학교육학회지, 23(2), 200-213.

손영민 (2001). 지식 기반 사회의 교사교육을 위한 PDS. 교육사회학연구, 11(2), 77-100.

이수아, 전영석, 홍준의, 신영준, 최정훈, 이인호 (2007). 초등 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움 분석. 초등과학교육, 26(1), 97-107.

이재경 (2003). 과학적 탐구에서 가설검증 방법고안의 사고과정 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.

정진수 (2007). 동물학 과제에서 초등학교 예비 교사들이 생성한 과학적 가설의 구조와 유형. 초등과학교육, 26(2), 201-208.

정진수, 권용주 (2007). 감자즙 과제에서 예비 과학 교사들이 생성한 가설 검증 방법. 한국생물교육학회지, 35(2), 320-327.

정진수, 원희정, 권용주 (2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원기추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.

조정일, 주동기 (1996). 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사. 한국과학교육학회지, 16(2), 200-209.

진순희, 장신호 (2007). 과학 탐구에 대한 초등 교사들의 지도 경험. 초등과학교육, 26(2), 181-191.

허명 (1984). 과학 탐구 평가표의 개발. 한국과학교육학회지, 4(1), 57-64.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990). Science - A Process Approach (SAPA II). Delta Education, Inc.

Assessment of Performance Unit (APU) (1982). Science in schools. London: HMSO.

Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 34(4), 343-358.

Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L., & Marek, E. A. (2001). Relationships among informal learning environments,

teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, 23(5), 535-549.

Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. London: The MIT Press.

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

Lawson, A. E. (2002). What does Galileo's discovery of Jupiter's moons tell us about the process of scientific discovery? *Science & Education*, 11, 1-24.

Losee, J. (2001). *A historical introduction to philosophy of science* (4th ed). London: Oxford University Press.

McPherson, G. R. (2001). Teaching & learning the scientific method. *The American Biology Teacher*, 63(4), 242-245.

Musheno, B. V., & Lawson, A. E. (1999). Effects of learning cycle and traditional text on comprehension of science concepts by students at differing reasoning levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 23-28.

National Assessment Governing Board (NAGB) (2007). *Science framework for the 2005 national assessment of educational progress*. Washington, DC: The author, U.S. Department of Education.

Ostlund, K. L. (1992). *Science process skills: Assessing hands-on student performance*. Parsippany, NJ: Dale Seymour Publications.