

# 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용

정진수 · 원희정 · 권용주\*

한국교육대학교

## Application of the Triple Abduction Model for Improving the Skills of Scientific Hypothesis Generation

Jeong, Jin-Su · Won, Hee-Jeong · Kwon, Yongju\*

Korea National University of Education

**Abstract:** The purpose of this study was to test effects of the Triple Abduction Model (TAM) for improving the skills of scientific hypothesis generation in science learning. Twenty-six students were selected for the TAM group and 27 others were selected for a traditional group from one high school. Researchers developed and administered 10 TAM and traditional-style activities. The degree of hypothesis explanation was evaluated during the experimental treatment. Each Subjects' ability in scientific hypothesis generation was assessed by the Science Knowledge Generation Test A and B. Test A was used as a pretest and B for a posttest. The results of this study revealed that the degree of hypothesis explanation of TAM was significantly higher than the degree of the traditional group, and the mean of the TAM group was equal to the mean of traditional group on the pretest. Additionally, the mean of the TAM group was significantly higher than the mean of the control group on the posttest. Therefore, instruction with TAM was more effective than the instruction using traditional method for increasing students' hypothesis generation skills.

Key words: science learning, the Triple Abduction Model (TAM), scientific hypothesis, hypothesis generation skill

### I. 서론

#### 1. 연구의 필요성과 목적

자연 현상을 연구 대상으로 하는 과학은 자연 현상을 기술하는 지식뿐만 아니라 자연 현상을 설명하는 지식을 생성하는 것을 목적으로 한다(Ohlsson, 1992). 이러한 과학 지식 생성에서 가설 생성은 자연 현상을 기술하는 지식에서 설명하는 지식으로 진입하는 관문의 역할을 하기 때문에 가장 핵심적인 과정으로 여겨져 왔다(권용주 등, 2000; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn *et al.*, 1988; Lawson, 1995; Wenham, 1993). 또한, 가설 생성 기능의 발달이 과학 성취도 향상, 논리 및 창의적 사고력 발달과 밀접하게 관련되어 있기 때문에, 학생들의 가설 생성 활동은 과학 수업에서 매우 중요한 것으로 인식되어 있다(Lawson, 1995; Kwon *et al.*, 2002).

이러한 과학 연구와 과학 교육의 필요성에 따라 가설 생성의 사고 과정에 관한 연구는 계속되어 왔다(예, Hanson, 1958; Lawson, 1995; 권용주 등, 2000, 2003; Kwon *et al.*, in press; 정진수, 2004). 먼저, Hanson(1958)과 Lawson(1995)은 가설의 생성 과정을 귀추적 추론 과정으로 설명하였다. Hanson(1958)은 귀추란 하나의 사실을 관찰한 다음 그 사실의 원인이 무엇인지를 말하도록 하는 것이라고 정의했다. 즉, 귀추는 설명 대상(explicanda)으로부터 설명자(explicans)로 진행되는 사고 과정이라는 것이다. 그리고 Lawson(1995, 2002)에 의하면 가설은 이전의 어떤 한 상황의 성공적인 설명을 새로운 상황에 빌려와서 적용하는 귀추를 통해서 생성된다. 그에 의하면 가설은 현재 상황을 관찰해서 곧바로 만들어지는 것이 아니라 의문 현상과 비슷한 과거 경험을 바탕으로 생성된다.

\*교신저자: 권용주(kwonyj@knu.ac.kr)

\*\*2004.12.6(접수) 2005.5.23(1심통과) 2005.9.22(최종통과)

또한 권용주 등(2000)과 정진수(2004)는 가설이 귀추를 포함한 일련의 복잡한 사고 과정을 통해서 생성된다고 제안하였다. 권용주 등(2000, 2003)과 Kwon *et al.* (in press)에 의하면 가설은 ‘의문 상황’ 동정, ‘경험 상황’ 표상, ‘원인적 설명자’ 표상, ‘가설적 설명자’ 차용 등의 과정을 통해서 가설이 생성된다고 제안했다. 그리고 정진수(2004)는 가설 생성 과정을 삼원귀추모형(TAM: triple abduction model)으로 설명하였다. 이 모형에 의하면 가설은 의문분석 과정(SAQ: stage of analyzing question), 설명자탐색 과정(SSE: stage of searching explicans), 가설구성 과정(SCH: stage of constructing hypothesis)을 통해서 생성된다.

이상과 같이 가설 생성의 교육적 중요성으로 인하여 가설의 생성 과정을 밝히는 연구는 비교적 활발하게 수행되어왔다. 그러나 이 연구들의 결과를 교육적으로 적용한 연구는 김영학(2004)의 연구 이외에 찾아보기 어렵다. 김영학(2004)은 중학생을 대상으로 과학 지식 생성 프로그램을 개발하여 적용하는 연구를 수행하였다. 이 연구의 결과에 포함된 귀추적 지식 생성력의 향상을 위해서는 단순히 가설을 생성하라고 요구하는 수업 방법보다 가설 생성의 중간 과정을 학습자가 단계적으로 경험하게 하는 수업이 가설 생성력 향상에 효과적이었다. 그러나 김영학(2004)의 연구는 중학생만을 대상으로 한 연구였고, 대부분 생물과 화학 영역의 주제가 수업 처치에 이용되었다.

따라서 이 연구는 고등학교 물리 수업에 TAM을 적용하여 이 모형이 학생들의 과학적 가설 생성력 향상에 미치는 효과를 검증하고자 했다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 가. 수업 처치 과정에서 TAM 집단은 전통 집단보다 설명도가 높은 과학적 가설을 생성하는가?
- 나. 수업 처치를 통해서 TAM 집단은 전통 집단보다 과학적 가설 생성력이 향상되는가?

**2. 과학적 가설의 생성 과정**

권용주와 그의 동료들(권용주 등, 2000, 2003; Kwon *et al.*, in press)에 의하면, 가설은 현재의 ‘의문 상황’을 구성하는 정성적 하위 특성들을 동정하는 첫 번째 단계, 현재의 ‘의문 상황’과 유사성 정도가 높다고 판단되는 과거의 ‘경험 상황’을 동정하는 두 번째 단계, 이 ‘경험 상황’을 설명해주는 기지의 ‘원인적 설명자’를 동정해 내는 세 번째 단계, 마지막으로 이러한 ‘원인적 설명자’들 중에서 현재의 의문 상황을 가장 효과적으로 설명한다고 판단되는 ‘가설적 설명자’를 차

용하는 네 번째 단계 등을 통해서 가설이 생성된다 (Fig. 1). 더 나아가, 권용주 등(2003)은 과거 경험이 구체적으로 어떻게 설명자를 생성하게 하는지를 보여주고 있다.

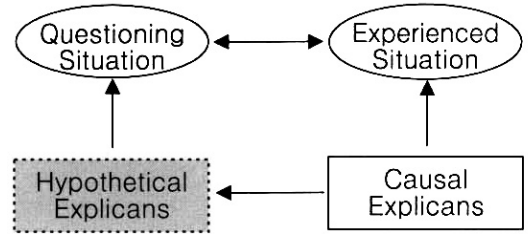


Fig. 1 The model of hypothesis generation process by Kwon

정진수(2004)는 권용주와 그의 동료들(권용주 등, 2000, 2003; Kwon *et al.*, in press)의 가설 생성에 관한 설명들을 바탕으로 경험적 연구를 통해서 가설의 생성 과정을 구체적으로 설명하는 삼원귀추모형(TAM: triple abduction model)을 개발하였다. 이 모형에 의하면 가설은 의문분석 과정(SAQ: stage of analyzing question), 설명자탐색 과정(SSE: stage of searching explicans), 가설구성 과정(SCH: stage of constructing hypothesis)을 통해서 생성된다. 이 과정을 그림으로 나타내면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2와 같이 TAM은 흰색의 배경 도형, 배경의 일부를 나타내는 부분 도형, 그리고 색칠된 색 도형

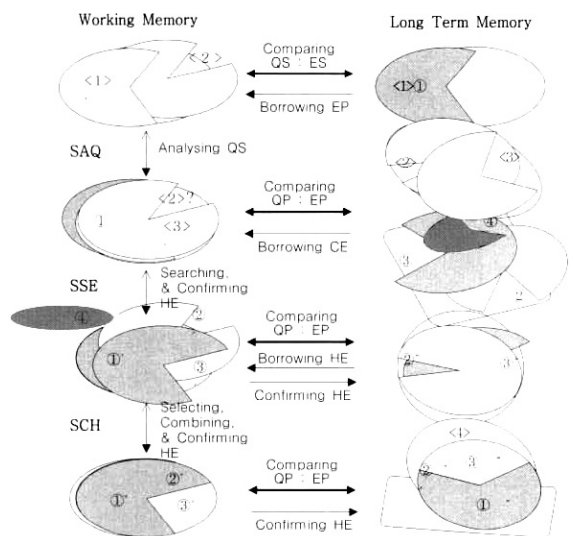


Fig. 2 The Triple Abduction Model. SAQ is the stage of analysing question. SSE is the stage of searching explicans. SCH is the stage of constructing hypothesis

등 모두 세 가지 유형의 도형과 ‘ $\Leftrightarrow$ ’, ‘ $\leftarrow$ ’, ‘ $\rightarrow$ ’, ‘ $\Uparrow$ ’, 등의 화살표를 포함하고 있다. 세 가지 유형의 도형들은 서로 다른 선형적 지식들을 표현한 것이고, 화살표들은 이 선언적 지식들이 표상하기 위한 절차적 지식들을 의미한다.

먼저, 세 가지 도형 중 배경 도형은 ‘상황’을 표현하고 있다. 이 상황은 사건이나 현상들이 일어났거나 일어나고 있는 전체라고 할 수 있다. Fig. 2에서 왼쪽 열의 작업 기억(working memory)에 포함된 QS(questioning situation)는 과학적 의문을 갖게 한 상황, 즉 ‘의문 상황’을 의미하고, 오른쪽 열의 장기 기억(long term memory)에 포함된 ES(experienced situation)는 의문 상황과 유사한 ‘경험 상황’을 의미한다. 부분 도형은 감각 기관을 통해서 지각되는 사실, 사건, 움직임 등과 같이 상황을 구성하고 있는 ‘현상’을 표현한 것이다. 이 현상들은 <1>, <2>, <3>, <4> 등의 문자로 표현되어 있다. 왼쪽 열의 작업 기억에 포함된 QP(questioning phenomena)는 의문 상황의 일부분인 ‘의문 현상’을 의미하고, 오른쪽 열의 장기 기억에 포함된 EP(experienced phenomena)는 의문 현상과 유사한 ‘경험 현상’을 의미한다. 마지막으로, 색 도형은 현상의 원인적 설명자들을 의미한다. 이 원인적 설명자들은 ①, ②, ③, ④ 등의 문자로 표현되어 있다. 작업 기억에 포함된 HE(hypothetical explicans)는 의문 현상을 원인적으로 설명하는 ‘가설적 설명자’이고, 장기 기억에 포함된 CE(causal explicans)는 경험 현상을 원인적 설명하는 ‘원인적 설명자’이다. 또한 TAM에 포함된 4가지 종류의 화살표 중에서 작업 기억과 장기 기억 사이의 ‘ $\Leftrightarrow$ ’ 화살표는 ‘유사성 비교 사고’를 뜻한다. ‘Comparing QS : ES’는 의문 상황과 경험 상황을 비교한다는 의미이고, ‘Comparing QP : EP’는 의문 현상과 경험 현상을 비교한다는 의미이다.

장기 기억에서 작업 기억 방향으로 진행되는 ‘ $\leftarrow$ ’ 화살표는 장기 기억에 표상된 지식을 빌려오는 ‘차용 사고’를 의미한다. ‘Borrowing EP’는 경험 현상을 차용한다는 의미이고, ‘Borrowing CE’는 원인적 설명자를, ‘Borrowing HE’는 가설적 설명자를 차용한다는 의미이다. 작업 기억에서 장기 기억 방향으로 진행되는 ‘ $\rightarrow$ ’ 화살표는 ‘확인 사고’를 의미한다. ‘Confirming HE’는 가설적 설명자나 가설적 설명자의 조합을 확인한다는 의미이다. 마지막으로, ‘ $\Uparrow$ ’ 화살표는 가설 생성의 단계들을 의미한다.

TAM 모형은 위로부터 의문분석 과정(SAQ: stage of analyzing question), 설명자탐색 과정(SSE: stage

of searching explicans), 가설구성 과정(SCH: stage of constructing hypothesis)을 통해서 가설이 생성됨을 보여주고 있다. TAM 모형에 따라 가설이 생성되는 과정을 단계별로 기술하면 다음과 같다.

첫 번째 단계인 의문분석 과정은 인과적 의문이 생성된 이후, 그 의문 상황에 포함된 현상들을 분석하고 그 현상들의 설명자들을 찾는 과정이다. 이와 관련된 사고는 ‘Comparing QS : ES’, ‘Borrowing EP’, ‘Comparing QP : EP’, ‘Borrowing CE’ 등이다. 이 단계에서 의문 상황을 구성하는 현상들은 의문 상황과 경험 상황의 유사성을 비교하고 경험 상황에 포함된 경험 현상을 차용함으로써 표상된다. 또, 이 의문 현상들을 원인적으로 설명하는 설명자들은 의문 현상과 경험 현상의 유사성을 비교하고, 경험 현상의 원인적 설명자들을 차용함으로써 생성된다. 만약 이 과정에서 모든 의문 현상들이 설명자들을 갖게 된다면 하위 의문들은 생성되지 않을 것이다. 그러나 설명되지 못한 현상들이 있다면 그것은 하위 의문으로 남게 된다.

두 번째 단계인 설명자탐색 과정은 구체화된 의문 현상들에 대한 가설적 설명자들을 찾아가는 과정이다. 이와 관련된 사고는 ‘Comparing QP : EP’, ‘Borrowing CE’, ‘Borrowing HE’, ‘Confirming HE’ 등이다. 이 단계에서 가설적 설명자들은 의문 현상과 유사한 경험 현상을 찾고, 그 유사 경험 현상의 인과적 설명자를 차용함으로써 생성된다. 또, 가설적 설명자들은 의문 현상과 유사한 또 다른 경험 현상을 찾아서 유사성을 비교함으로써 확인된다.

마지막으로, 세 번째 단계인 가설구성 과정은 설명자탐색 과정에서 생성된 가설적 설명자들 중 최적의 것을 선택하고, 선택된 설명자들을 조합하여 가설을 구성하는 과정이다. 이 과정은 생성된 가설을 초기 의문 상황을 설명할 수 있는지 확인하는 과정을 포함한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구는 대도시의 Y 고등학교 2학년 남학생 53명을 연구 대상으로 하였다. 연구 대상은 이미 편성된 학급에 따라 26명은 TAM 집단으로, 나머지 27명은 전통 집단으로 배정되었다.

### 2. 연구 절차

이 연구는 먼저 TAM 집단과 전통 집단의 수업 처치를 위해 10개의 가설 생성 활동으로 구성된 교수-학습 프로그램을 개발하였다. 그리고 수업 처치 이전

Table 1

## Activities for instructional treatment

Activity	Situation	Question
1	If an ebonite rod that has been rubbed with a piece of wool is brought near a faucet with a thin, steady stream of water, the water stream will usually be attracted to the ebonite rod.	Why is the water stream attracted to the ebonite rod?
2	If a blown-up balloon that has been rubbed with wool or cotton cloth is brought near a small piece of paper, the paper will usually be attracted to the balloon.	Why is the paper attracted to the balloon?
3	If an iron core that has been placed in the center of a coil through which electricity flows is brought near a paper clip, the paper clip will be attracted to the iron core.	Why is the paper clip attracted to the iron core?
4	If a complete circuit is set up with a light bulb, insulated wire, and a flashlight cell as a power source, the light bulb will be turn on.	How does the complete circuit make the light turn on?
5	Try hanging the same hoop by two long pieces of thread, each thread attaching to the side of the hoop. Try moving a bar magnet towards and away from the hoop. The hoop is shaken by moving the bar magnet.	Why dose this occur?
6	An opera singer hits a high note and this breaks a glass in the drawing room. This may have appeared in the movies, but is it really possible to break glass with sound?	How is the glass broken?
7	When a magnet is dropped through a vertical copper pipe, it falls much slower than a steel ball would.	Why dose this occur?
8	Sound waves travel the slowest through gases, faster through liquids, and fastest through solids.	Why do sound waves travel most quickly through solids?
9	When a laser beam is directed at a stream of water, the end of the water stream is lit up.	Why dose this occur?
10	Draw a picture on a card. Wrap the card up in a cellophane paper and immerse it in water. The picture is invisible.	Why does the picture disappear?

에 두 집단의 가설 생성력의 동질성을 확인하기 위해서 사전 검사를 실시하였다. 사전 검사 이후에 10개의 가설 생성 활동을 집단에 따라 투입하였다. 이 때 피험자의 가설설명도 변화경향을 분석하기 위하여 1, 4, 7, 10차의 수업 처치에서는 TAM 집단과 전통 집단이 생성한 가설의 설명도를 비교하였다. 모든 수업 처치가 종료된 이후 가설 생성력의 향상정도를 측정하기 위해서 사후 검사를 실시하여 사전 검사와의 차이를 검증하였다.

### 3. 프로그램 개발

연구자들은 과학교육 전문가 2명과 고등학교 교사 2명과의 정기적인 세미나 및 워크숍을 통해 R & D 방식으로 물리 영역의 가설 생성 활동 프로그램을 개발하였다. 프로그램 개발은 먼저 10개의 주제를 선정하여 1차 가설 생성 활동 프로그램을 개발하고, 세미나에서 전문가들의 논의를 바탕으로 수정 보완하여 2차 프로그램을 개발하였다. 그런 이렇게 개발한 2차

프로그램을 연구자들은 수업 처치 학교의 예비 반에 투입한 후 학생들의 반응 결과에 따라 수정하여 최종 프로그램을 확정하였다. 개발한 프로그램에 포함된 10개의 활동 내용은 Table 1과 같다.

### 4. 수업 처치

연구자들은 수업 방식에 따른 가설 생성 능력 향상의 차이를 비교하기 위해서 두 종류의 수업을 처치하였다. TAM 집단에게는 삼원귀추모형이 적용된 가설 생성 수업이 처치하였고, 전통 집단에게는 전통적인 탐구 학습 모형의 가설 생성 활동 방법에 따라 수업을 진행하였다. TAM 집단과 전통 집단의 수업 처치 과정은 Table 2와 같다.

Table 2와 같이 TAM 집단의 가설 생성 활동은 상황 관찰, 의문 생성, 의문 분석, 설명자 탐색, 가설 구성 등으로 크게 5단계로 구분되었고, 이중에서 의문 분석, 설명자 탐색, 가설 구성 단계는 각각 두 개의 하위 단계로 다시 구분되어서 수업이 처치되었다. 반

**Table 2**  
Procedures of the TAM and the traditional treatments

Step	TAM group	Step	Traditional group
1	Observing situation	1	Observing situation
2	Generating question	2	Generating question
3	Analysing Question	3	First hypothesis generation
	Observing question-situation		
Generating sub-questions			
Representing experienced phenomenon			
4	Searching Explicans	4	Second hypothesis generation
	Borrowing causal explicans		
5	Constructing Hypothesis		
	Making hypothesis		
	Confirming hypothesis		

면에 전통 집단의 가설 생성 활동 과정은 상황 관찰, 의문 생성, 첫 번째 가설 생성, 두 번째 가설 생성 등으로만 구분되어 처치되었다. 수업 처치는 4개월간 10회에 걸쳐 실시되었고, 각 처치는 100분간 진행되었다.

**5. 가설의 설명도 비교**

연구자들은 각각의 실험 처치에서 피험자들이 생성한 가설의 설명도가 수업의 차수가 진행될수록 어떻게 변화하는지를 분석하기 위해서 각 집단의 1, 4, 7, 10차 활동에서 피험자들이 기록한 활동지의 최종 가설을 정량적으로 평가하였다. 가설의 설명도는 피험자들이 생성한 가설이 의문 상황을 얼마나 포괄적으로 설명하는지를 수량화한 값이다.

연구자들은 피험자들의 가설 중에 포함된 설명 요소들을 조합하여 가설을 만들고, 이 가설에 포함된 요소들을 5가지로 구분하여, 이것을 기준으로 다른 피험자의 설명 요소의 수를 비교하여 설명도를 산출했다. 즉, 의문 상황을 설명하기 위해서 5개의 설명 요소들을 포함한 가설은 5점, 세 개의 설명 요소를 포함한 경우는 3점, 한 개만을 포함한 경우는 1점 등으로 가설의 설명도를 정량화하였다.

예를 들어서, 예보나이트 막대를 가는 물줄기에 가까이 가져갔을 때 물이 휘는 현상을 보고, 피험자가 “털가죽 같은 것으로 예보나이트 막대를 문지르면/ 털가죽의 전자가 예보나이트 막대로 이동하고/ 예보나이트 막대는 대전된다./ 대전된 예보나이트 막대의 전기와 물의 전기가 작용하여/ 전기적인 인력이 생겨서 물이 휘다.”라는 가설을 생성했다고 하자. 이 때 이 가설에는 ‘ / ’ 표시로 5개의 설명 요소가 포함되어 있다. 이와 같이 5개의 설명 요소가 모두 포함된 가설

은 5점으로 평가되었다. 그러나 “예보나이트 막대가 대전되어서/ 예보나이트 막대와 물 사이에 전기적인 인력이 생겨서 물이 휘다.”라는 가설에는 단지 2개의 설명 요소만을 포함하고 있다. 따라서 이러한 가설은 2점으로 평가되었다.

가설의 설명도를 수치화하기 위해서 개발한 채점표의 타당도를 확인하기 위해서 과학교육 전문가 2인과 과학교사 5인에게 의뢰하여 얻은 안면 타당도는 0.92이었다. 또, 초기 채점자간 신뢰도는 0.91이었고, 협의 후에는 100%의 일치된 결과를 얻을 수 있었다.

**6. 가설 생성력 비교**

TAM을 적용한 수업이 가설 생성력 향상에 효과적 인지를 검증하기 위해서 각 집단의 가설 생성력을 사전과 사후에 검사하였고 검사 결과를 분석하였다. 이때 권용주 등(2004)이 개발한 ‘과학 지식 생성력 검사’의 귀추적 지식 생성력 검사 부분을 사용하였다. 귀추적 지식 생성력 검사는 인과적 의문 생성, 의문 분석, 경험상황 표상, 인과적 설명자 동정, 가설구성의 5개 범주에 대해서 각 범주별로 1문항씩 구성되어 있다. 각 문항에서는 제시된 자연현상에 대해 피험자가 각 범주의 지식을 생성하여 기술하도록 요구하고 있다. 또한 이 검사도구는 반복검사에서 오는 기억에 의한 효과를 배제하기 위하여 타당도와 신뢰도가 확보된 2개(A형과 B형)의 동형검사를 사용하고 있다. 문항의 채점은 하위요소별로 표준점수로 변환한 다음 전체 가설지식 생성력을 산출하였다. 따라서 이 검사도구를 통해 산출된 점수는 평균이 50이고 표준편차가 10인 표준점수로 환산된 점수를 사용하고 있다.

이 연구의 사전 검사에는 A형을 사용하였고, 사후 검사에는 B형을 사용하였다. 이 검사도구의 평가틀의

**Table 3**  
T-test for equality of means of degree of explanation

Group	Activity 1			Activity 4			Activity 7			Activity 10			Total		
	M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t
TAM (N = 26)	1.69	0.84	1.03	2.96	0.96	3.84**	2.23	1.14	3.18**	2.42	1.06	2.62*	2.33	0.55	5.24**
Traditional (N = 27)	1.48	0.64		2.15	0.53		1.44	0.58		1.81	0.56		1.72	0.24	

Note. \*p < 0.05, \*\*p < 0.01, N = Number of subjects, M = Mean score, SD = Standard deviation

내용 타당도는 A형은 0.92, B형은 0.91이고, 문항의 내용 타당도는 A형의 경우 0.93, B형은 0.90이다. 그리고 채점표의 내용 타당도는 A형의 경우 0.92, B형은 0.90이다. 공인 타당도는 A형의 경우 0.71, B형의 경우 0.73이다. 검사의 내적 일치 정도를 나타내는 Cronbach's alpha 값은 A형은 0.76, B형은 0.70이다. 그리고 동형검사 신뢰도는 0.66, 각 문항의 변별도는 0.36 ~ 0.56이다.

TAM 집단과 전통 집단의 가설 생성력 향상의 통계적 차이를 검증하기 위해서, TAM 집단의 사전 검사와 전통 집단의 사전 검사의 차이, TAM 집단의 사후 검사와 전통 집단의 사후 검사의 차이, TAM 집단의 사전 검사와 사후 검사의 차이, 전통 집단의 사전 검사와 사후 검사의 차이를 T-검증 방법으로 확인하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 가설의 설명도

TAM 집단과 전통 집단이 실험 처치 과정에서 생성한 가설의 설명도를 과제별로 평균, 표준편차, 집단간의 통계적 차이는 Table 3과 같았다.

Table 3과 같이 TAM 집단에서 전체 가설의 평균 설명도는 2.58이었고, 전통 집단에서는 1.90으로 나타났으며, 이 값은 통계적으로 유의미한 수준(p < 0.01)에서 차이가 있음이 검증되었다. 따라서 TAM 집단이 전통 집단보다 실험 처치 중에 설명도가 높은 가설을 생성함을 알 수 있다.

또 가설 생성 활동별 설명도를 보면, 첫 번째 활동에서는 TAM 집단과 전통 집단의 가설 설명도가 통계적으로 유의미한 수준이 아니었지만, 이후의 활동들에서 모두 통계적으로 의미 있는 수준에서 TAM 집단이 높게 나타났다.

#### 2. 가설 생성력

**Table 4**  
Mean score of TAM and Traditional groups

Group	Pretest		Posttest	
	M	SD	M	SD
TAM (N = 26)	53.82	5.21	58.47	3.59
Traditional (N = 27)	51.92	5.58	52.30	5.26

Note. N = Number of subjects, M = Mean score, SD = Standard deviation

TAM 집단과 전통 집단의 사전, 사후 가설 생성력 검사의 평균과 표준편차는 Table 4와 같다.

Table 4와 같이 TAM 집단의 사전 가설 생성력 검사 평균은 53.82였고, 사후에는 58.47이었다. 전통 집단은 사전 검사 평균이 51.92였고, 사후에는 52.30이었다. 이와 같은 변화를 그래프로 나타내면 Fig. 3과 같다.

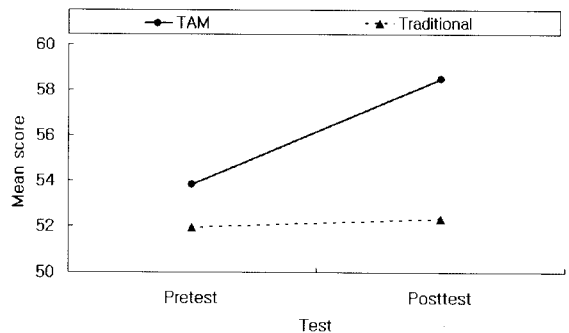


Fig. 3 Variation of the mean score

Table 5와 Fig. 3은 TAM 집단은 실험 처치를 통해 가설 생성력이 향상되는 경향을 보이고, 전통 집단은 같은 수준에 머무르고 있음을 보여주고 있다. 이러한 변화의 통계적 유의미성을 확인하기 위해 실시한 T-test 결과는 Table 5와 같다.

Table 5와 같이 TAM 집단과 전통 집단의 사전 검사를 비교한 결과 두 집단의 가설 생성력 차이가 통계적으로 유의미한 수준(p < 0.05)이 아님을 알 수

**Table 5**  
*T-test for equality of means of ability of scientific hypothesis generation*

	TAM Pr - Tra Pr	TAM Po - Tra Po	TAM Pr - TAM Po	Tra Pr - Tra Po
t	1.28	4.97	-3.85	-0.26
Sig.	0.206	0.000	0.001	0.796

Note. TAM = TAM group, Tra = Traditional group, Pr = Pretest, Po = Posttest, t = t-value, Sig. = ignificance

있다. 그러나 사후 검사에서는 가설 생성력이 통계적으로 유의미한 수준( $p < 0.01$ )에서 차이를 보였다. 또한 TAM 집단에서 사전과 사후의 가설 생성력을 비교한 결과도 의미 있는 수준( $p < 0.01$ )에서 차이가 나타났다. 그러나 전통 집단에서 사전과 사후의 가설 생성력의 차이는 통계적으로 유의미한 수준( $p < 0.05$ )이 아니었다. 이상의 T-검증 결과를 종합해 볼 때 실험 처치를 통해서 TAM 집단의 가설 생성력 검사 점수는 의미 있게 높아졌으나, 전통 집단은 의미 있게 달라지지 않았음을 알 수 있다.

이러한 결과는 김영학(2004)의 연구 결과와 일치한다. 또한 이 연구의 결과는 다양한 수업모형 기반 과학수업에서 과학적 추론 능력이 향상된다는 결과들과 유사한 경향을 보여주고 있다 (예, Anderson, 1997; Freedman, 1997; Gerber *et al.*, 2001; Glasson, 1989; Lazarowitz *et al.*, 1994; Musheno & Lawson, 1999). 구체적으로 이 연구에서 제시한 학습의 목표인 가설의 생성과 과학적 추론의 한 범주인 변인의 인식과 통제의 일부분과 연관되어 있다고 생각할 수 있다. 따라서 이 연구에서 적용된 교수전략은 과학적 추론과 사고에 관련된 과학학습에 효과적인 교수전략으로 고려될 수 있다고 판단된다. Gerber 등(2001)은 이와 같은 수업 효과의 원인을 직접 경험과 사회적인 상호작용에서 찾았다. 실제로 TAM 수업은 전통적인 수업보다 의문 상황을 보다 자세하게 관찰하게 함으로써 학생들의 직접 경험의 기회를 보다 많이 제공할 뿐만 아니라 가설을 생성하기까지 여러 단계의 중간 과정을 돕으로써 교사가 학생을 적절히 도울 수 있는 기회, 즉 교사와 학생간의 사회적인 상호작용을 보다 풍부하게 제공한다고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이상의 결과에 나타난 바와 같이 수업 처치 기간에 TAM 집단이 생성한 가설의 설명도는 평균 2.58 이었고, 전통 집단이 생성한 가설의 설명도는 1.90 이었

으며, 두 집단의 차이는 통계적으로 유의미했다( $p < 0.01$ ). 따라서 수업 처치 과정에서 TAM 집단은 전통 집단보다 설명도가 높은 가설을 생성한다고 할 수 있다.

또한, TAM 집단과 전통 집단의 사전 검사를 비교한 결과 두 집단의 가설 생성력 차이가 통계적으로 유의미한 수준( $p < 0.05$ )이 아니었으나, 두 집단의 사후 검사 비교 결과는 유의미 했으며, TAM 집단의 사후 검사 점수 사전 보다 유의미하게 높아졌다( $p < 0.01$ ). 따라서 수업 처치를 통해서 TAM 집단은 전통 집단보다 가설 생성력이 향상되었다고 할 수 있다.

이상의 결론에 비추어볼 때 과학수업에서 TAM은 교수 전략의 기본 골격으로 매우 유용한 모형임을 알 수 있다. 또한 이 모형을 다른 과학학습에 적용하였을 때 나타날 긍정적인 효과도 예상해볼 수 있다. 더 나아가 이 모형을 가설 생성 과정을 포함하고 있는 다른 탐구 학습 모형들, 예를 들어서 순환 학습 모형이나 가설 검증 모형 등에 적용한다면, 그 모형들을 더욱 정교화 시켜서 탐구 학습 모형의 효과를 제고할 수 있을 것이다.

#### 국문 요약

이 연구의 목적은 과학학습에서 가설 생성력 향상에 미치는 삼원귀추모형(TAM)의 적용 효과를 검증하는 것이다. 이를 위해 TAM의 가설 생성 절차에 따른 가설 생성 활동 10개와 전통적인 방법에 따른 가설 생성 활동 10개를 개발하여 각각 26명의 고등학생으로 구성된 TAM 집단과 27명의 전통 집단에 투입하였다. 가설 생성 활동 10개가 투입되는 과정에서 4개의 활동에서 학생들이 생성한 최종 가설의 설명도를 평가하였다. 또한 가설 생성력의 향상 정도를 검증하기 위해서 과학 지식 생성력 검사 A형과 B형을 사전과 사후에 각각 투입하여 연구 대상 학생들의 가설 생성력을 검사하였다. 연구 결과 TAM 집단이 생성한 가설의 설명도가 전통 집단의 가설보다 통계적으로 의미 있는 수준에서 높았다. 가설 생성력 검사에서는 TAM 집단과 전통 집단의 검사 점수가 사전 검사에서는 통계적으로 유의미한 수준에서 차이가 없었으나 사후에는 TAM 집단이 의미 있게 높았다. 따라서 TAM을 적용한 가설 생성 활동은 전통적인 방법보다 가설 생성력 향상에 효과적이라고 할 수 있다.

#### 참고 문헌

권용주, 정진수, 박윤복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구 - 귀납적,

귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.

권용주, 정진수, 고경태, 박윤복 (2004). 과학지식 생성력 측정 도구의 개발. 한국생물교육학회지, 32(1), 67-78.

권용주, 양일호, 정원우 (2000). 예비과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.

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

정진수 (2004). 과학적 가설 생성에 대한 삼원 귀추 모형의 개발과 적용. 한국교원대학교 박사학위논문.

Anderson, O. R. (1997). A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education*, 81, 67-89.

Barnhart, C. L. (1953). *The American College Dictionary*. New York: Harper & Brothers.

Fischer, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundation of Science*, 6, 361-383.

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.

Glasson, G. E. (1989). The effects of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 121-131.

Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into conceptual foundations of science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Buckingham, UK: Open University Press.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.

Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.

Kwon, Y., Jeong, J., & Park, Y. (in press). Roles of Abductive Reasoning and Prior Belief in Children's Generating Hypotheses on Pendulum Motion. *Science & Education*.

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

Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? and What does that imply about the nature of knowledge?. *Science & Education*, 9, 577-598.

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.

Lazarowitz, R., Hertz-Lazarowitz, R., & Baird, J. H. (1995). Learning science in a cooperative setting: Academic achievement and affective outcomes. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1121-1131.

Moore, R., Clark, W. D., & Vodopich, D. S. (1998). *Botany*, 2nd ed. New York, NY: The McGraw-Hill, Inc.

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.

Ohlsson, S. (1992). The Cognitive Skill of Theory Articulation: A Neglected Aspect of Science Education? *Science & Education*, 1, 181-192.

Wenham, M. (1993). The nature and the role of hypothesis in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.