

물질의 입자성과 문제 해결 전략을 강조한 컴퓨터 보조 수업이 고등학생들의 화학 학습에 미치는 효과

노태희 · 김창민 · 차정호 · 전경문
(서울대학교)

The Influences of Computer-Assisted Instruction Emphasizing the Particulate Nature of Matter and Problem-Solving Strategy on High School Students' Learning in Chemistry

Noh, Taehee · Kim, Changmin · Cha, Jeongho · Jeon, Kyungmoon
(Seoul National University)

ABSTRACT

This study examined the influences of computer-assisted instruction(CAI) upon high school students' conceptual understanding, algorithmic problem solving ability, learning motivation, and attitudes toward chemistry instruction. CAI programs were designed to supply animated molecular motions for emphasizing the particulate dynamic nature of matter and immediate feedbacks according to students' response types at each stage of four stage problem-solving strategy(understanding, planning, solving, and reviewing). The CAI and control groups (2 classes) were selected from a girls high school in Seoul, and taught about gas law for four class hours. Data analysis indicated that the students at the CAI group scored significantly higher than those at the control group in the tests on conceptual understanding and algorithmic problem solving ability. In addition, the students at the CAI group performed significantly better in the tests on the learning motivation and attitudes toward chemistry instruction.

Key words : computer-assisted instruction, problem solving, conceptual understanding, high school, animation, particulate nature of matter.

I. 서 론

화학에서 도입되는 정보들은 개념적 형태나 수리적 형태로 제시될 수 있으며, 학생들이 이러한 두 가지 유형의 내용을 이해할 때 성공적인 학습이 이루어진다(Mason, Shell, & Crawley, 1997). 따라서 개념 이해

도와 문제 해결력을 동시에 향상시킬 수 있는 수업이 요구되며, 이를 위해 여러 가지 교수 전략들이 제안되어 왔다. 특히, 물질의 동적인 입자성은 대부분의 화학 개념을 이해하기 위한 필수적인 구인이며(Williamson & Abraham, 1995) 화학 문제 해결에서도 분자 수준의 표상이 중요하기 때문에(Gabel, 1993), 수업이나 문제 해

*1998년 3월 14일 받음

결 과정에서 물질의 입자성을 강조하여 개념 이해도와 문제 해결력을 향상시키고자 하는 시도들이 많이 이루어졌다. 대부분의 연구들이 칠판에 그리거나 궤도, TP 등을 이용하여 분자 수준의 표상을 제시하였는데, 이러한 정적인 시각 자료를 이용한 교수 전략들은 개념 이해도 향상에는 효과적이었지만 문제 해결력 향상에는 효과적이지 못했다(Gabel, Samuel & Schrader, 1987; Noh & Scharmann, 1997). 이에 대해 노태희와 전경문(1997)은 분자 수준의 그림을 이용하여 현상의 정성적인 측면을 강조할 수 있도록 문제 해결 전략을 보완하여 문제 해결력 향상을 도모하였지만 역시 개념 이해도만 향상되었고 문제 해결력을 향상시키지는 못하였다. 이러한 이유는 교수 과정에서 학생들이 문제 해결 전략을 제대로 습득하고 있는지를 효과적이고 효율적으로 점검할 수 있는 방법들이 사용되지 못했기 때문이라고 제안되었다(노태희와 전경문, 1997). 따라서 문제 해결력을 향상시키기 위해서는 적절한 문제 해결 전략을 교수함과 동시에 각 단계마다 개별적이고 즉각적인 피드백을 줌으로써 최대한 효과적으로 전략을 습득하게 할 필요가 있다.

컴퓨터는 이러한 교수 전략을 위한 수업 도구로 사용될 수 있다. 특히, 컴퓨터 보조 수업(computer-assisted instruction: CAI)은 학생 개인의 속도에 알맞게 학습하게 하고, 즉각적인 피드백을 제공하며, 완전학습의 수준까지 반복학습을 하게 하는 등 상호작용을 제공하기 때문에(Magidson, 1977) 교육적인 활용도가 매우 높다. 화학교육에서도 이러한 CAI가 효과적으로 적용될 수 있는데, 많은 연구들이 CAI가 성취도를 향상시킨다고 보고하고 있다(김재현, 홍섭표, 장권수, 1990; Boblick, 1972; Castleberry, Culp, & Lagowski, 1973; Cavin & Lagowski, 1978; Culp & Castleberry, 1971; Geban, Aşkar, & Özkan, 1992; Yalçınalp, Geban, & Özkan, 1995). 뿐만 아니라 정적인 시각 자료가 화학에서 조사되는 많은 현상의 동적인 본성을 묘사하지 못하는 데 비해(Williamson & Abraham, 1995), 컴퓨터는 3차원적인 애니메이션을 제시함으로써 물질의 입자성에 대한 학생들의 올바른 이해를 도모할 수 있다.

또한, CAI는 다양한 색상을 이용하며 움직임을 묘사하는 컴퓨터 그래픽이나 개별적이고 즉각적인 피드백 등을 제공함으로써, 학습자의 동기를 유발하며(Heinich, Molenda, & Russell, 1992) 교과에 대한 학생들의 태도에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 이와 관련하여

Kulik, Bangert, Williams(1983)는 기존의 CAI에 대한 연구들을 메타 분석한 결과, 80% 정도가 과목에 대한 태도 증진 효과를 얻었다고 보고하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 물질의 동적인 입자성을 강조하고 학습자의 반응 유형에 따라 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI 프로그램을 개발·적용하여 학생들의 개념 이해도, 수리문제 해결능력, 그리고 학습 동기 및 화학 수업에 대한 태도에 미치는 효과를 조사하였다.

본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

1. CAI가 학생들의 개념 이해도에 미치는 효과를 조사한다.
2. CAI가 학생들의 수리문제 해결능력에 미치는 효과를 조사한다.
3. CAI가 학생들의 학습 동기 및 화학 수업에 대한 태도에 미치는 효과를 조사한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구에서는 고등학교 화학 II의 'IV. 물질의 상태와 용액' 중 '1. 기체, 액체, 고체', '2. 기체 상태' 단원에 대하여 물질의 동적인 입자성을 강조하고 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI를 실시하여, 그 교수 효과를 전통적인 강의식 수업과 비교하였다.

2. 연구 방법

1) 연구 대상 및 절차

본 연구의 대상은 서울시에 위치한 여자 고등학교 2학년 이과 학생으로, 중간고사 화학 성적이 유사한 두 학급을 선정하여 학급별로 CAI 집단과 통제 집단으로 우선배치하였다.

본 연구의 절차는 Fig. 1과 같다.

2) CAI 프로그램 개발

본 연구에서 사용한 CAI 프로그램은 Merrill(1983)의 내용 요소 제시 이론에 의거하여, 수준의 다양성을 구현하였고 학습자 통제 방식으로 구성하였다. 프로그램은 1972년에 개발되었던 TICIT(time-shared interactive computer controlled instructional television) 시스템을 바탕으로, 컴퓨터라는 매체의 특성을 가미하

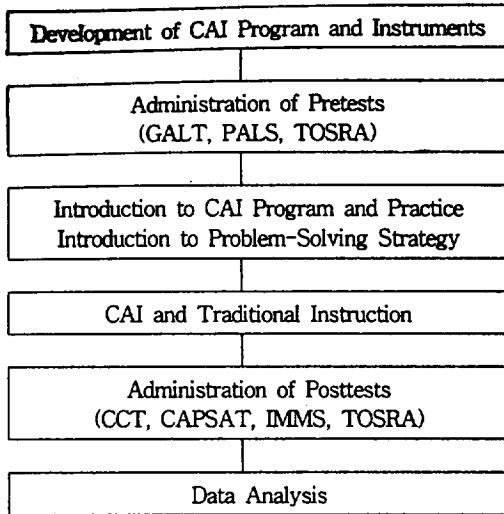


Fig. 1 Research procedures used in this study

여 만들어진 Alessi와 Trollip(1985)의 8단계 코스웨어 개발 모델에 기초하여 개발하였다. 저작 도구로는 애니메이션 구현에 적절한 디렉터(Director) 5.0을 이용하였다.

개념 이해도 향상을 위하여 물질의 동적인 입자성을 강조하는 애니메이션을 사용하였다. 1~3차시에서 사용된 CAI 프로그램에는 개념 학습과 문제 해결 연습이 함께 포함되어 있고 4차시 CAI 프로그램은 문제 해결 연습만으로 구성되어 있는데, 애니메이션은 개념 학습뿐만 아니라 문제 해결 전략에서도 사용되었다.

수리문제 해결능력 향상을 위하여 학습자의 반응 유형에 따라 즉각적인 피드백이 제공되도록 프로그램을 구성하였다. 문제 해결 전략으로는 분자 수준의 그림을 이용하여 현상의 정성적인 측면을 강조하는 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략(노태희와 전경문, 1997)을 사용하였다. 문제 해결 과정에서 학생들의 반응 유형에 따라 다양한 피드백을 각 단계별로 제공함으로써 효과적으로 문제 해결 능력을 향상시키고자 하였으며, 이해 단계와 검토 단계에서는 물질의 동적인 입자성을 강조하는 애니메이션을 사용하여 수리문제 해결능력뿐만 아니라 개념 이해도를 향상시킬 수 있도록 구성하였다.

프로그램은 학습자 통제 방식으로 구성하여 하이퍼 텍스트의 기능을 구현하였으며, 아이콘 구성은 TIC-

CIT 프로그램 방식을 따랐다. 모든 프로그램의 좌측에는 소단원 목차를 제시하여 학습자가 항상 원하는 내용으로 이동할 수 있도록 하였으며, 좌측 하단에는 이전 화면이나 다음 화면으로 이동할 수 있는 아이콘을 주고, 화면의 제일 상단에는 그 화면에서 학습해야 하는 수업 목표를 제시하였다.

3) 수업 처치

2년 경력의 현직 교사가 두 집단의 수업을 모두 실시하였으며, 연구자가 수업을 참관하였다. 수업 처치에 앞서 CAI 집단과 통제 집단이 아닌 다른 반을 대상으로, 연구에서 사용할 수업 방법을 적어도 한 번 이상 교사가 연습하도록 하였다. 통제 집단에는 전통적인 강의식 수업을 하였고, CAI 집단에는 연구자가 개발한 프로그램을 이용하여 CAI를 실시하였다. 컴퓨터 시설의 한계로 컴퓨터 한 대당 두 명의 학생이 프로그램을 통해 학습하도록 하였다. 수업은 총 4차시에 걸쳐 진행되었으며, CAI 집단에는 본 수업에 들어가기 전에 한 차시에 걸쳐 컴퓨터 사용 및 4단계 문제 해결 전략에 대해 소개하였다. 학생들이 4단계 문제 해결 전략에 익숙해지도록 하기 위해 처치 내용과는 무관한 '화학 반응식' 관련 문제를 과제로 내주어 문제 해결 전략을 연습하도록 하였다.

CAI는 컴퓨터를 통한 학습 및 문제 해결지 작성으로 이루어졌으며, 교사는 전시 학습 확인 및 본시 학습 도입을 하고, 학습한 내용을 정리해 주며, 학생들의 질문을 받아주고, 학생들을 격려해 주는 조력자의 역할만 하였다. 통제 집단은 문제 해결지 작성대신 개별 노트에 문제를 풀도록 하였다.

3. 검사 도구

1) 논리적 사고력 검사

논리적 사고력 검사는 12문항으로 구성된 축소본 GALT(short-version Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)를 이용하였다. 이 검사지의 내적 일치도 계수는 .60 이상으로 보고되었으며(Bunce & Hutchinson, 1993), 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .59였다.

2) 화학 개념 검사

화학 개념 이해도를 측정하기 위해 CCT(Chemistry Conceptions Test)를 개발하였다. CCT는 분자 수준의 그림으로 답하고 그에 대한 설명을 하는 주관식 서술형

문항으로, 압력-부피 관계, 온도-부피 관계, 압력-부피-온도 관계, 압력-몰수 관계, 압력-온도 관계에 해당하는 5문항으로 구성되어 있다. 온도-부피 관계, 압력-온도 관계를 묻는 문항은 노태희, 임희준, 우규환(1995)의 개념 검사 문항을 사용하였고, 압력-몰수 관계를 묻는 문항은 Noh와 Scharmann(1997)의 CCT 문항을 사용하였으며, 압력-부피 관계, 온도-압력-부피 관계를 묻는 문항은 연구자가 개발하였다. 과학교육 전문가 2인으로부터 타당도를 검증받았으며, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .66이었다.

3) 화학 수리문제 해결능력 검사

수리문제 해결능력을 측정하기 위해 CAPSAT(Chemistry Algorithmic Problem Solving Ability Test)을 개발하였다. CAPSAT은 화학 개념 검사 문항과 쌍을 이루는 다섯 개의 주관식 문항으로 구성되어 있다. 모든 문항은 공식을 사용하여 풀 수 있는 것으로, 화학 교과서나 학교 화학 시험에서 제시되는 유형과 유사하다. 과학교육 전문가 2인으로부터 타당도를 검증받았으며, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .83이었다.

4) 학습 동기 검사

학생들이 수업 전에 가지고 있는 일반적 특성으로서의 학습 동기를 검사하기 위하여 PALS(Patterns of Adaptive Learning Survey; Anderman & Young, 1994) 중에서 학습 전략에 관한 12문항을 제외한 21문항을 사전 학습 동기 검사로 사용하였다. 각 문항은 5단계의 리커트 척도로 구성되어 있으며, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .89였다.

수업을 통해서 유발되는 학생들의 상황 특수적인 상태로서의 학습 동기를 측정하기 위하여 IMMS(Instructional Materials Motivation Scale; Keller, 1983)에서 하위 범주별로 5문항씩 20문항을 사후 학습 동기 검사로 사용하였다. IMMS는 Keller의 ARCS 이론에 근거하여 주의(attention), 관련성(relevance), 자신감(confidence), 만족감(satisfaction)의 네 가지 하위 범주에 대하여 5단계 리커트식 척도로 학습 동기를 측정한다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .91이었다.

5) 화학 수업에 대한 태도 검사

화학 수업에 대한 태도를 측정하기 위해 TOSRA(Test of Science-Related Attitudes; Fraser, 1981) 중 '과학 수업의 즐거움' 관련 10문항을 사전·사후에 사용

하였으며, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 각각 .90, .92였다.

4. 자료 분석 방법

1) 화학 개념 검사의 분석

CCT는 Noh와 Scharmann(1997)의 채점 기준을 사용하여 채점하였다. '비과학적인 이해'는 0점, '오개념이 포함된 부분적 이해' 및 '오개념이 없는 최소한의 이해'는 1점, '오개념이 하나 포함된 충분한 이해' 및 '부분적 이해'는 2점, '과학적 이해'는 3점씩 총 15점 만점으로 채점하였으며, 두 명의 분석자간 일치도는 .93이었다.

2) 화학 수리문제 해결능력 검사의 분석

CAPSAT은 각 문항당 3점씩 총 15점 만점으로 되어 있다. 문제를 전혀 풀지 못하거나 임의적으로 계산하는 등 이해 단계에서 실패하면 0점, 관련된 개념이나 법칙을 회상하지 못하는 등 계획 단계에서 실패하면 1점, 이해나 계획 단계에서는 성공하였으나 계산 실수, 단위 환산 오류 등 풀이 단계에서 실패하면 2점, 성공하면 3점으로 채점하였다. 두 명의 분석자간 일치도는 .94였다.

3) 통계 방법

본 연구의 종속 변인은 CCT 점수, CAPSAT 점수, IMMS 점수, TOSRA 점수이다. 이들 종속 변인에 대하여 CAI의 효과를 알아보기 위한 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하기 위해 기본 가정들을 검토하였다. CCT 점수는 공변량 분석의 기본 가정을 만족하지 않았기 때문에 대수 변환(logarithmic transformation; Hair et al, 1995; Sachs, 1984)을 통하여 GALT 점수를 공변인으로 하는 공변량 분석을 실시하였고, 변수 변환으로도 가정을 만족시키지 못하는 CAPSAT 점수는 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U test를 사용하여 분석하였다. 또한, CCT 및 CAPSAT의 문항별 분석에도 Mann-Whitney U test를 사용하였다. IMMS 점수와 TOSRA 점수에 대해서 PALS 점수 및 사전 TOSRA 점수를 공변인으로 사용하여 공변량 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 통계 패키지를 사용하였다.

III. 결과 및 논의

1. 화학 개념 이해도에 미치는 효과

대수 변환한 CCT 점수는 $\log_{15}(\div 1.18)$ 점 만점으로, 평균, 표준 편차, 교정 평균 그리고 공변량 분석 결과를 Table 1에 제시하였다. CCT 전체 점수에서 CAI 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 .01 수준에서 유의미하게 높았다. 이는 물질의 동적인 입자성을 강조한 CAI가 전통적인 강의식 수업에 비해 기체 법칙에 대한 학생들의 이해도를 효과적으로 향상시켰음을 의미한다. 이러한 결과는 정적인 시각 자료를 사용하여 학생들의 개념 이해도를 향상시켰던 선행 연구들(노태희와 전경문, 1997; Gabel, Samuel, & Schrader, 1987; Noh & Scharmann, 1997)이나 컴퓨터 또는 레이저디스크의 애니메이션이 개념 변화에 효과적이었다고 보고한 선행 연구들(Williamson & Abraham, 1995; Zeidler & McIntosh, 1990)의 결과와도 일치한다.

CCT의 문항 분석 결과를 Table 2에 제시하였다. 압력-부피 관계 문항을 제외한 모든 문항에서 CAI 집단의 평균순위가 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 즉, 물질의 동적인 입자성을 강조한 CAI는 온도나 몰수의 변화에 따른 기체의 압력이나 부피 변화에 대한 이해에는 효

과적이었으나, 외부 압력이 변화 되었을 때 기체 분자들이 충돌할 수 있는 용기의 면적이 변함으로써 기체의 압력이 변한다는 사실에 대해서는 효과적이지 못하였다.

2. 수리문제 해결능력에 미치는 효과

CAPSAT 점수에 대한 Mann-Whitney U test 결과를 Table 3에 제시하였다. 두 집단의 GALT 점수에서 유의미한 차이가 나지 않았으므로 두 집단을 동질 집단으로 취급할 수 있다. 분석 결과, CAI 집단의 평균순위가 통제 집단에 비해 .01 수준에서 유의미하게 높았다. 즉, 물질의 동적인 입자성을 강조하고 학습자의 반응 유형에 따라 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI가 학생들의 개념 이해도와 수리문제 해결능력을 동시에 유의미하게 향상시켰다. 이는 개념 이해도는 향상시켰지만 문제 해결력은 향상시키지 못했던 교수 전략들(노태희와 전경문, 1997; Gabel, Samuel, & Schrader, 1987; Noh & Scharmann, 1997)보다 CAI가 수리문제 해결능력 향상을 위해 더 효과적임을 보여

Table 1 Results of analysis of covariance in the CCT

	M(SD)	Adj. M	df	MS	F	p
CAI(n=51)	.86(.11)	.87	1	.21	18.35	.000
Control (n=55)	.78(.12)	.78				

Table 2 Results of Mann-Whitney U Test in test items of the CCT

	Mean rank		U	Z	p
	CAI	Control			
1. Relationship of P & V	56.64	53.50	1396.5	- .5892	.556
2. Relationship of T & V	61.42	49.14	1148.0	-2.5248	.012
3. Relationship of P, V, & T	60.08	50.37	1218.0	-1.9650	.049
4. Relationship of P & n	60.62	49.88	1190.0	-2.3819	.017
5. Relationship of P & T	62.71	47.96	1081.0	-2.9066	.004

Table 3 Results of Mann-Whitney U Test in the CAPSAT

		Mean rank	U	Z	p
GALT	CAI(n=51)	47.78	1111.0	-1.8717	.061
	Control(n=57)	58.80			
CAPSAT	CAI(n=51)	63.84	977.0	-2.9749	.003
	Control(n=57)	46.14			

Table 4 Results of Mann-Whitney U Test in test items of the CAPSAT

	Mean rank		U	Z	p
	CAI	Control			
1. Relationship of P & V	59.64	49.90	1191.5	-2.3819	.017
2. Relationship of T & V	55.87	53.27	1383.5	-.6803	.496
3. Relationship of P, V, & T	54.84	54.19	1436.0	-.1700	.865
4. Relationship of P & n	63.18	46.74	1011.0	-2.8507	.004
5. Relationship of P & T	61.76	48.00	1083.0	-2.5965	.009

준다.

CAPSAT의 문항 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. 모든 문항에서 CAI 집단의 평균순위가 높았으며, 온도-부피 관계와 압력-부피-온도 관계에 대한 문항을 제외한 모든 문항에서 CAI 집단의 평균순위가 통제 집단보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 온도-부피 관계에 대한 문항에서는 CAI 집단의 학생들이 답의 단위를 잘못 적거나 적지 않은 학생들이 많았고, 압력-부피-온도 관계에 대한 문항에서는 복잡한 계산 과정으로 인한 계산 실수가 많았다.

물수 변화에 따른 압력의 변화와 관련된 문항에 대하여 CAI 집단의 CCT, CAPSAT 점수가 모두 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 이 문항은 '보일의 법칙'(압력-부피 관계), '샤를의 법칙'(온도-부피 관계), '보일-샤를의 법칙'(압력-부피-온도 관계) 등과 같이 법칙으로 배운 것이 아니라 기체 상태 방정식을 사용하여 관계를 유추하여야 하는 응용 문제에 속한다. 따라서 이 문항에

대하여 CAI 집단의 CCT 점수와 CAPSAT 점수가 모두 높다는 사실은 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공한 CAI가 학생들의 적용 영역의 문제 해결에도 효과적이라는 것을 의미한다.

학생들이 수리문제를 해결하지 못한 실패 요인들에 대한 빈도를 Table 5에 제시하였다. CAI 집단과 통제 집단의 전체적인 빈도 비율이 각각 27.8%와 39.3%로서 CAI 집단의 실패 요인 빈도가 낮았다. 이해 단계 및 계획 단계에서 실패한 빈도 비율은 CAI 집단이 각각 7.8%, 1.2%로서 통제 집단(16.1%, 8.8%)에 비해 월등히 낮았고, 풀이 단계에서 실패한 빈도 비율은 CAI 집단이 다소 높았다. 즉, 학습자의 반응 유형에 따라 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI가 이해 및 계획 단계에서 효과적으로 적용되었고, 이러한 이유로 전체적인 문제 해결 능력이 향상된 것으로 파악된다. 풀이 단계에서 CAI 집단의 실패 빈도 비율이 다소 높게 나타난 것은 통제 집단의 경우 이해 단계나 계획 단계조

Table 5 Errors in solving the algorithmic problems

Types of errors	CAI (n=51)	Control (n=57)
Errors in solving stage (2 points)	48(18.8)	41(14.4)
Error in calculation	10(3.9)	1 (0.4)
No unit transformation	1(0.4)	1 (0.4)
Inadequate unit	16(6.3)	27 (9.5)
Misuse of information	21(8.2)	12 (4.2)
Errors in planning stage (1 point)	3 (1.2)	25 (8.8)
Failure in planning	1(0.4)	7 (2.5)
Inadequate planning	2(0.8)	18 (6.3)
Errors in understanding stage (0 point)	20 (7.8)	46(16.1)
Randomized calculation	7(2.7)	12 (4.2)
No attempt	13(5.1)	34(11.9)
Total	71(27.8)	112(39.3)

차 거치지 못하고 문제 해결을 포기한 학생들이 많은 반면, CAI 집단에서는 많은 학생들이 이해 및 계획 단계를 거친 다음 풀이를 하는 과정에서 계산 실수나 단위의 부적절한 사용 등의 오류를 범했기 때문이다. CAI 집단이나 통제 집단 모두 풀이 단계에서의 실패율이 높은 편인데, 이러한 실수들은 검토 단계에서 교정이 가능한 것들로서 이는 문제 해결 전략을 적용할 때 검토 단계를 중요하게 다루어야 함을 의미한다.

3. 학습 동기 및 화학 수업에 대한 태도에 미치는 효과

IMMS 및 각 하위 검사, 그리고 TOSRA 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균, 그리고 공변량 분석 결과를 Table 6에 제시하였다. IMMS 점수에 대한 공변량 분석 결과, 전체 점수 및 네 가지 하위 요소 중 주의, 자신감, 만족감 영역에서 CAI 집단의 검사 점수가 통제 집단에 비해 .01 수준에서 유의미하게 높았다. 학습 동기는 교수-학습에서 필수적인 요소로서 학습자가 컴퓨터 프로그램과 상호작용할 때 향상될 수 있으며, CAI의 그래픽적 요소와 게임적 요소는 효과적으로 학생들의 주의를 집중시킬 수 있다(Forcier, 1996). 뿐만 아니라 학습자의 반응 유형에 따라 즉각적인 피드백을 제공하고 수업의 내용을 적절히 조절하여 제시함으로써, 학습 내용에 대해 자신감을 갖게 하였으며, 수업 내용에 만족하게 한 것으로 파악된다. 다만, 관련성 영역에서는 CAI 집단과 통제 집단 사이에 유의미한 차이가 나지 않았는데, 프로그램을 설계할 때 학생들의 선행 개념과 현실적인 내용을 연관지어 구성하려고 노력하였으나 실제로 학생들은 자신의 경험적인 사실과 연결하기 힘들었던 것으로 분석된다.

TOSRA 점수에 대한 공변량 분석 결과, CAI 집단의 점수가 통제 집단에 비해 .05 수준에서 유의미하게 높았다. 즉, 물질의 동적인 입자성을 강조하고 학습자의 반응 유형에 따라 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI가 학생들의 화학 수업에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 이는 CAI를 실시한 후 학습자의 교과에 대한 태도가 향상되었다고 한 선행 연구들(Geban, Aşkar, & Özkan, 1992; Yalşınalp, Geban, & Özkan, 1995)의 결과와 일치한다.

IV. 결론 및 제언

개념 이해와 문제 해결은 화학 학습에서 중요한 목표로 물질의 입자성에 기초한 정적인 시각 자료나 분자 수준의 표상을 강조한 문제 해결 전략을 사용한 많은 교수 전략들이 제안되어 왔다. 그러나, 이러한 교수 전략들은 학생들의 개념 이해도 향상에는 효과적이었지만, 문제 해결력 향상에는 효과적이지 못하였다. 이에 본 연구에서는 고등학교 이과 여학생들을 대상으로 물질의 동적인 입자성을 강조하고 학습자의 반응 유형에 따라 문제 해결 단계별로 즉각적인 피드백을 제공하는 CAI가 학생들의 개념 이해도, 수리문제 해결능력, 학습 동기, 그리고 화학 수업에 대한 태도에 미치는 교수 효과를 조사하였다.

연구 결과 CAI 집단 학생들의 화학 개념 이해도와 문제 해결 능력이 전통적인 수업을 실시한 집단의 학생들보다 모두 유의미하게 향상되었다. 개념 설명과 문제 해결 연습 과정에서 물질의 동적인 입자성을 강조하고, 문제 해결 전략의 각 단계별로 학습자의 반응 유형에 따른 즉각적인 피드백을 제공한 것이 개념 이해도뿐만 아니라 수리문제 해결능력 향상에도 크게 작용한 것으로 파

Table 6 Results of analysis of covariance in the IMMS, its subtests, and TOSRA

	CAI		Control		df	MS	F	p
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M				
IMMS ^a	62.58(8.32)	60.71	52.39(8.39)	54.26	1	970.52	22.52	.000
Attention ^b	16.56(2.82)	16.05	12.88(2.68)	13.38	1	166.28	29.66	.000
Relevance ^b	15.68(2.32)	15.26	14.36(2.46)	14.78	1	5.43	1.23	.269
Confidence ^b	14.98(2.68)	14.48	12.63(2.47)	13.13	1	42.77	9.11	.003
Satisfaction ^b	15.36(2.55)	14.92	12.54(2.68)	12.98	1	88.16	16.26	.000
TOSRA ^c	33.10(5.20)	31.56	27.84(5.71)	29.38	1	106.65	6.64	.011

^a Total score = 100 points, ^b Total score = 25 points, ^c Total score = 50 points.

약된다. 특히, 전통적인 수업 집단의 경우 문제를 해결하려는 시도조차 하지 못한 학생들이 많았던 반면에, CAI 집단에서는 컴퓨터를 통해 체계적으로 문제 해결 전략을 교수함으로써, 학생들이 문제를 이해하고 문제를 해결하기 위한 계획을 세우는 능력이 향상되었다. 이러한 이해 단계와 계획 단계에서의 향상이 전반적인 수리문제 해결능력의 증진을 가져온 것으로 생각된다. 또한, CAI 집단의 학생들은 수업 시간에 배웠던 공식을 그대로 사용하는 문제뿐만 아니라 공식을 변형하여 해결해야 하는 응용 문제도 전통적인 수업 집단 학생들보다 더 잘 해결하였다. CAI 집단과 전통적인 수업 집단 모두 문제 해결 과정 중 풀이 단계에서 실수가 많았는데, 이러한 사실이나 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략을 적용했던 CAI 집단 학생들의 화학 수리문제 해결능력 검사 결과에서도 검토 단계가 나타나지 않았던 사실은, 검토 단계를 명확하게 구체화할 수 있는 문제 해결 교수 전략을 개발해야 할 필요성을 시사한다.

다양한 색상을 이용하고 움직임을 묘사하는 애니메이션을 사용하고, 학습자와 상호작용하여 학습자의 응답에 개별적이고 즉각적인 반응을 제공함으로써 효과적으로 문제 해결 전략을 습득하도록 한 CAI는 학생들의 학습 동기를 효과적으로 유발시켰으며, 화학 수업에 대한 긍정적인 태도를 갖게 하였다. 그러나 본 연구의 CAI는 관련성에 대한 효과 측면에서 다소 미흡한 것으로 나타났다. 따라서 CAI 프로그램은 학생들의 선수 지식이나 일상적인 경험들과 연관이 되도록 구성될 필요가 있다.

본 연구에서는 컴퓨터 시설의 한계를 고려하여 두 사람이 한 대의 컴퓨터를 사용하여 CAI를 실시하였다. 여기에는 두 사람 사이의 상호작용 효과가 작용할 수 있으므로 한 사람이 한 대의 컴퓨터를 사용했을 때의 효과와 다를 수 있다. 또한, 협동학습 등을 통해 보다 효과적인 상호작용을 유발함으로써 CAI의 효과를 더 높일 수도 있다. 한편, 본 연구의 결과는 고등학교 여학생들만을 대상으로 한 것으로, 컴퓨터 조작 능력이나 사고력이 고등학생보다 떨어지는 어린 학생들이나, 성별이 다른 남학생 또는 남녀공학의 학생들을 대상으로 CAI의 효과를 계속적으로 조사할 필요가 있다.

적 요

본 연구에서는 CAI가 고등학생들의 개념 이해도, 수리문제 해결능력, 학습 동기, 그리고 화학에 대한 태도에 미치는 효과를 조사하였다. CAI 프로그램은 물질의

동적인 입자성을 강조하기 위해 애니메이션을 사용하여 분자 운동을 제시하였고, 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략에 대하여 학습자의 반응 유형에 따라 단계별로 즉각적인 피드백을 주도록 구성하였다. 서울시에 소재한 여자 고등학교 두 반을 선택하여 기체 법칙에 대하여 4차시 동안 CAI와 전통적 수업을 실시하였다. 분석 결과 화학 개념 검사, 화학 수리문제 해결능력 검사에서 CAI 집단 학생들의 검사 점수가 통제 집단에 비해 유의미하게 높았다. 또한, CAI 집단 학생들의 학습 동기 및 화학 수업에 대한 태도가 통제 집단 학생들에 비해 유의미하게 향상되었다.

참고 문헌

- 김재현, 홍섭표, 장권수(1990). 중학교 과학 교육용 컴퓨터 프로그램 개발 및 CAI의 효과 연구. 화학교육, 17(3), 224-238.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-453.
- 노태희와 전경문(1997). 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 313-321.
- Allessi, S., & Trollip, S. (1985). *Computer-based instruction*. NJ: Prentice-Hall.
- Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 811-831.
- Boblick, J. M. (1972). Writing chemical formulas: A comparison of computer assisted instruction with traditional teaching techniques. *Science Education*, 56(2), 221-225.
- Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.
- Castleberry, S. J., Culp, G. H., & Lagowski, J. J. (1973). The impact of computer based instructional methods in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 50(7), 469-476.

- Cavin, C. S., & Lagowski, J. J. (1978). Effects of computer simulated or laboratory experiments and student aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 455-463.
- Culp, G. H., & Castleberry, S. J. (1971). Computer-assisted instruction in undergraduate organic chemistry: An evaluation of selected programs. *Science Education*, 55(3), 423-430.
- Forcier, R. C. (1996). *The computer as a productivity tool in education*. NJ: Prentice-Hall.
- Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes: Handbook*. Hawthorn: The Australian Council for Educational Research.
- Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Schrader, C. (1987). *The particle nature of matter approach: Its effectiveness on chemistry achievement*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Washington, DC.
- Geban, Ö., Aşkar, P., & Özkan, İ. (1992). Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research*, 86(1), 5-10.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1995). *Multivariate data analysis*. NJ: Prentice-Hall.
- Heinich, R., Molenda, M., & Russell, J. D. (1992). *Instructional media and the new technologies of instruction: Keys to success*. NJ: Prentice-Hall.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kulik, J. A., Bangert, R. L., & Williams, G. W. (1983). Effects of computer-based teaching on secondary school student. *Journal of Educational Psychology*, 75(1), 19-26.
- Magidson, E. M. (1977). One more time: CAI is not dehumanizing. *Audiovisual Instruction*, 22(8), 20-21.
- Mason, D. S., Shell, D. F., & Crawley, F. E. (1997). Differences in problem solving by non-science majors in introductory chemistry on paired algorithmic-conceptual problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 905-923.
- Merrill, D. M. (1983). CDT: Component Display Theory. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- Sachs, L. (1984). *Applied Statistics: A handbook of techniques*. New York, Springer-Verlag.
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.
- Yalçınalp, S., Geban, Ö., & Özkan, İ. (1995). Effectiveness of using computer-assisted supplementary instruction for teaching the mole concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1083-1095.
- Zeidler, D. L., & McIntosh, W. J. (1989). *The effectiveness of laser disc generated models on conceptual shifts in college students*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco.