

문제 해결 전략에서 시각적 조직화와 협동학습의 효과

노태희 · 여경희 · 전경문 · 김창민 · 안충희*
(서울대학교) · *(광신고등학교)

The Effects of Visual Organization and Cooperative Learning in Problem-Solving Strategy

Noh, Taehee · Yeo, Kyeonghee · Jeon, Kyungmoon
Kim, Changmin · Ahn, Choong Hee*
(Seoul National University) · *(Kwang Shin High School)

ABSTRACT

In this study, the effects of visual organization and cooperative learning in problem-solving strategy were investigated. Three classes (N=127) at a high school were assigned to SV (Strategy-Visual organization) group, SVC (Strategy-Visual organization-Cooperative learning) group, and control group. After instructions, students' multiple-choice problem-solving ability, strategy performing ability, anxiety about chemistry learning, perception of involvement, and motivation to learning science were examined. Although multiple-choice problem-solving ability was not different significantly, there was a significant main effect in strategy performing ability. The scores of the SV and SVC groups were significantly higher than those of the control group, especially in the subcategories of problem understanding and recalling related principles. In the tests of perception of involvement and motivation to learning science, the scores of the SV and SVC groups were also significantly higher than those of the control group. However, problem-solving strategy using visual organization could not alleviate anxiety about chemistry learning.

Key words : visual organization, problem-solving strategy, problem-solving ability.

I. 서 론

문제 해결은 조건, 개념, 절차 지식, 수리적 조작 등이 요구되는 복잡한 과정이다(Johnstone, 1993). 학생들의 문제 해결력을 향상시키기 위해 분자 수준의 그림으로 정성적인 개념을 강조하고 과정적인 지식을 전략화하는 교수 방법을 개발하여 그 효과를 조사한

결과, 개념 이해에는 효과적이었으나 문제 해결력이 유의미하게 향상되지 않았다(노태희와 전경문, 1997). 또한, 많은 학생들은 문제 해결 전략이 복잡하고 적용하기 어려운 것으로 인식하고 있었다(전경문, 여경희, 노태희, 1999).

신피아제 이론에서 단기 기억 용량은 문제 해결의 중요한 변인 중 하나로 제안되었다. 즉, 인간이 동시

에 처리할 수 있는 정보량에 한계가 있으며 한계 이상의 정보가 포함된 문제에서는 문제 해결 성공률이 낮아진다(최병순과 김경희, 1996). 전문가와 초보자의 문제 해결 과정을 분석한 결과에서도 전문가는 중요한 개념과 절차를 하나의 단위로 조직함으로써 문제를 빨리 인식하고 필요한 정보에 효과적으로 접근하였다(Zajchowski & Martin, 1993). 반면, 초보자는 조직화가 이루어지지 않아 문제 해결에 많은 시간이 걸리고 기억 용량 측면에서도 부담을 느끼는 것으로 나타났다(Carey, 1986). 따라서 초보자인 학생들이 문제 해결 과정에서 느끼는 인지적인 부담을 줄여줄 수 있는 방안이 강구되어야 하며, 그 예로 시각적 조직화(visual organization)나 협동학습을 들 수 있다(Foley, 1995).

시각적 조직화는 정보들간의 관계를 서로 연결하여 나타내는 것으로 주로 개념 학습에서 활용되어 왔으나, 문제 해결 영역에서도 문제 해결 과정을 도식화하는 형태로 활용될 수 있다. 이는 개념간의 관계를 파악함으로써 학습 내용을 명확히 인식하게 하거나, 문제 해결 과정의 한 단계에서 다음 단계로의 이동을 구체적으로 안내할 것으로 기대된다(Foley, 1995; Roth, 1994). 한편, 협동학습은 동료와의 학습을 통해 개인이 생각하지 못한 개념이나 해결 방법을 다른 조원이 제공할 수 있다는 점에서, 학생들의 인지적인 부담을 줄여 줄 수 있을 것이다. 선행 연구들에 의하면 협동학습 환경에서 개념간의 관계나 문제 해결 과정을 시각적으로 조직하여 제시한 수업은 학생들의 문제 해결력 향상이나 학습 불안 감소에 효과적인 것으로 조사되었다(Foley, 1995; Roth & Roychoudhury, 1993).

이에 본 연구에서는 문제 해결 전략(노태희와 전경문, 1997)을 사용하는 과정에서 학생들이 느끼는 인지적인 부담을 줄여주기 위하여, 개념간의 관계와 전략의 각 단계를 시각적으로 조직하여 제시한 후, 협동학습 환경에서 문제를 해결하도록 하였다. 이를 개별학습 환경에서 문제를 해결하도록 한 수업 방식 및 전통적 수업 방식과 비교하였다. 본 연구의 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

1) 새로운 수업 방식이 학생들의 객관식 문제 해결

력에 미치는 효과를 조사한다.

2) 새로운 수업 방식이 문제 해결 전략 수행 능력에 미치는 효과를 조사한다.

3) 새로운 수업 방식이 화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도, 학습 동기에 미치는 효과를 조사한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

연구 대상은 서울시에 소재한 인문계 고등학교 2학년 자연 계열 남학생 127명이었다. 중간 고사 화학 성적이 유사한 세 학급을 선정하여 동질 집단임을 확인한 후($MS=151.04$, $F=.55$, $p=.578$), 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략을 개별적으로 사용한 집단(SV: Strategy-Visual organization)과 협동학습 환경에서 사용한 집단(SVC: Strategy-Visual organization-Cooperative learning), 그리고 통제 집단으로 배치하였다.

선행 연구를 토대로 처치 집단(SV, SVC)의 교수-학습 자료를 제작하였다. 사전 검사로 화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도, 학습 동기 검사를 실시하였다. 수업 처치 전 SV 집단과 SVC 집단에서 연구 대상 단원과 무관한 내용으로, 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략에 대해 오리엔테이션을 3차시에 걸쳐 실시하였다. SVC 집단에는 협동학습에 대한 오리엔테이션도 1차시 실시하였다.

기체 단원에 대해 총 5차시의 수업을 진행하였는데, 새로운 수업 방법은 교사가 다른 학급에서 연습한 후 실시하도록 하였다. 사후 검사로 객관식 문제 해결력, 문제 해결 전략 수행 능력, 화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도, 학습 동기 검사를 실시하였다.

2. 수업 방법

두 처치 집단에서는 기체 단원에서 학습할 개념들 및 문제 해결 전략(이해, 계획, 풀이, 검토)을 시각적으로 조직화하여 제시하였다. 먼저 관련된 변인들을 선으로 연결한 후, 변인들 사이의 관계식을 적고 분

자 수준에서의 변화를 그림으로 나타내었다. 또한, 전략의 각 과정을 흐름도로 나타내었다. 이해 단계에서는 주어진 조건과 구해야 할 것을 연결하도록 하고, 이를 바탕으로 계획 단계에서는 관련 법칙이나 개념을 회상·연결하도록 하였다. 풀이가 끝나면 처음으로 되돌아가 모든 과정을 검토하도록 안내하였다.

매차시 교사는 시각적으로 조직화한 전략을 이용해 교과서 예제를 해결하였고, 학생들은 이를 토대로 연습 문제를 해결하였는데, SV 집단은 개별적으로, SVC 집단은 협동학습 환경에서 진행하였다. 협동학습을 위한 소집단은 사전 성취 수준의 측면에서 이질적인 3인 1조로 구성하였고, 조장, 질문자, 기록자의 역할을 분담하여 매차시 교대로 수행하도록 하였다. 조 점수는 문제 해결 활동지와 협동 정도에 따른 조별 보너스 점수로 구성하였고, 모든 조원들이 같은 점수를 공유하도록 하였다. 각 처치 집단에서 교사는 학생들의 문제 해결 활동을 순회 지도하였고, 활동이 끝난 후 정리 자료를 제공하였다. 한편, 통제 집단에서는 전통적인 강의식 수업과 문제 풀이를 실시하였다.

3. 검사 도구

객관식 문제 해결력 검사는 5지 선다형으로 각 하위 영역별로 2문항씩 총 8문항으로 구성되었다(노태희, 여경희, 전경문, 1999). 본 연구에서 구한 내적 신뢰도(크론바하 α)는 .54였다. 문제 해결 전략 수행 능력 검사는 일상적인 상황을 소재로 한 주관식 문항으로서 문제 해결 과정과 사고 과정을 자세히 기술하도록 되어 있다. 먼저 선행 연구(전경문, 안충희, 노태희, 제출중)에 기초하여 예비 문항을 제작하였다. 이에 대해 과학교육 전문가 3인으로부터 각각 4번 타당도를 검증 받는 작업을 반복하여, 주요 학습 내용을 포함하면서도 학생들의 전략 수행 여부가 잘 드러날 수 있도록 수정·보완하였다.

화학 학습에 대한 불안 검사는 Science Anxiety Measurement Scale(이재천, 1992) 중 '과학 학습 내용' 영역 13문항을 사용하였는데, 본 연구에서 구한 크론바하 α 는 사전, 사후 각각 .84, .87이었다. 수업

참여도 검사는 Classroom Environment Scale(Trickett & Moos, 1973) 중에서 '참여도' 영역에 해당하는 10문항을 사용하였다. 이 검사의 크론바하 α 는 사전, 사후에 각각 .71, .77이었다. 과학 학습 동기 검사는 Instructional Material Motivation Survey(Keller, 1993)로 '주의력', '관련성', '자신감', '만족감'의 4개 영역 총 36문항을 사용하였으며, 본 연구에서 구한 크론바하 α 는 사전, 사후에 각각 .66, .73이었다.

4. 분석 방법

문제 해결 전략 수행 능력 검사의 채점들은 선행 연구(Heller & Hollabaugh, 1992)에 기초하여 '문제 이해', '관련 법칙 회상', '수리적 수행', '검토'의 4개 범주 12점 만점으로 구성하였다. 각 하위 영역별로 올바르게 수행하였으면 3점, 부분적으로 바르게 수행하였으면 2점, 전략 수행을 시도하나 틀렸으면 1점, 시도하지 않았으면 0점을 배당하였다. 수업 처치와 사전 성취 수준을 고려하여 선정한 12명의 응답에 대해 연구자 2인이 논의하는 과정을 반복하였고, 분석자간 일치도가 91%에 도달한 후 연구자 1인이 모든 응답을 채점하였다.

객관식 문제 해결력 검사는 이전 학기 중간 고사 화학 성적, 화학 학습에 대한 불안 검사는 사전 검사 점수를 공변인으로 한 일원 공변량 분석(one-way ANCOVA)을 실시하였다. 공변인과 종속 변인 사이에는 .01 수준에서 유의미한 상관관계가 존재하였다. 문제 해결 전략 수행 능력 검사와 수업 참여도에 대한 인식 검사 점수는 등회귀선 가정이 만족되지 않아 ($MS = 32.05$, $F = 4.91$, $p = .009$; $MS = 204.81$, $F = 11.41$, $p = .000$), 동질 집단임을 확인한 후 일원 변량 분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 학습 동기 검사와 전략 수행 능력 검사의 각 하위 영역별 점수는 모수 통계의 기본 가정 중 동변량성이 만족되지 않았으므로, 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis 검증을 실시하였다. 사후 검증으로는 모수 통계의 경우 Tukey 검증을, 비모수 통계의 경우 Dunn의 방법(Siegel & Castellan, 1988)을 사용하였다.

III. 결과 및 논의

1. 객관식 문제 해결력에서의 수업 처치 효과

객관식 문제 해결력 검사(총 8점 만점)의 평균과 교정 평균을 Table 1에 제시하였다. SV 집단(4.36)과 SVC 집단(4.15)의 교정 평균이 통제 집단(3.93)보다 높았으나, 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다($MS=1.97, F=.60, p=.548$). 이는 협동학습 환경에서 시각적 조직화를 사용한 수업이 학생들의 물에 관한 문제 해결력을 유의미하게 향상시킨 결과(Foley, 1995)나 불안이 높은 학생들의 문제 해결에 효과적이었다는 연구 결과(Phillips, 1989)와 상이한 것이다. 학생들의 연습 활동과 시간이 문제 해결력 향상에 미치는 영향(Alvermann & Boothby, 1984; Larson, 1997)을 고려할 때, 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략이 학생들의 객관식 문제 해결력을 향상시키기에는 본 연구의 수업 처치가 부족했던 것으로 생각된다. 또한, 물 단원에 비해 수리적 공식이 많은 기체 단원을 대상으로 한 것도 이 결과에

Table 1. Means, standard deviations, and adjusted means of the multiple-choice problem-solving ability test scores

	M	SD	Adj. M
Control(n=43)	3.91	1.84	3.93
SV(n=41)	4.42	1.86	4.36
SVC(n=42)	4.12	1.86	4.15

Table 2. Means and standard deviations of the problem-solving strategy performing ability test scores

	Control(n=43)	SV(n=42)	SVC(n=42)
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
Strategy performing ability(12)	6.70(2.41)	8.24(1.88)	8.07(2.04)
Problem understanding(3)	1.79(.74)	2.17(.70)	2.24(.76)
Recalling related principles(3)	1.95(1.05)	2.71(.55)	2.64(.73)
Algorithmic execution(3)	2.35(.81)	2.60(.73)	2.43(.77)
Reviewing(3)	.60(.85)	.76(.93)	.76(1.01)

영향을 미친 것으로 파악된다.

2. 문제 해결 전략 수행 능력에서의 수업 처치 효과

문제 해결 전략 수행 능력 검사의 전체 및 하위 영역별 평균을 Table 2에 제시하였다. SV 집단(8.24)과 SVC 집단(8.07)의 평균이 통제 집단(6.70)보다 유의미하게 높았다($MS=30.48, F=6.76, p=.002$). 사후 검증(Tukey) 결과, 두 처치 집단(SV, SVC)과 통제 집단 사이에 유의미한 차이가 나타났다($p<.05$). 이는 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략 수업이 개별 혹은 협동학습 환경에 관계없이 학생들의 문제 해결 전략 수행 능력을 향상시킬 수 있음을 의미한다.

Kruskal-Wallis 검증을 사용하여 하위 영역별로 분석한 결과(Table 3), 주어진 조건과 구해야 할 것을 파악하는 '문제 이해'와 이에 기초하여 필요한 개념이나 법칙을 찾아내는 '관련 법칙 회상' 영역에서 SV 집단과 SVC 집단의 평균이 통제 집단보다 유의미하게 높았다(Dunn, $p<.05$). 문제 이해 영역에서 두 처치 집단의 점수가 높았던 것은 주어진 조건과 구해야 할 것을 서로 연결해 보도록 함으로써 문제의 시작점과 도달점을 명확히 제시했기 때문인 것으로 파악된다. 또한, 두 처치 집단 학생들이 관련 개념 법칙을 잘 회상하여 수행한 것은 시각적 조직화가 개념간의 관계를 파악하게 하여 학습 내용을 명확하게 하고, 이전 학습 내용을 연결하여 정보 회상을 용이하게 한 데에서 기인한 것으로 여겨진다. 이는 시각적

조직화가 지식을 확장할 뿐 아니라 조절과 재생을 쉽게 한다는 선행 연구와 그 맥을 같이 한다. 또한, 시각적 조직화가 학생들의 개념 이해나 주관식 문제 해결력에 효과적인 선행 연구와 일치한다(Roth & Roychoudhury, 1993; Phillips, 1989). 문제 해결 전략에 대한 인식 조사에서 학생들이 전략을 복잡하게 생각하고 관련 법칙을 회상하기 어려워하는 것을 고려할 때(전경문, 여경희 등, 1999), 개념들 간의 관계와 문제 해결 전략을 시각적으로 조직화하는 것은 학생들의 어려움을 완화시키는 방안이 될 수 있을 것이다.

3. 화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도 및 학습 동기에서의 수업 처치 효과

화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도, 학습 동기 검사의 평균을 Table 4에 제시하였다. 화학 학습에 대한 불안 검사에서는 SV 집단의 교정 평균(47.04)이 통제 집단(48.58)과 SVC 집단(48.49)보다 낮은 경향을 보였으나, 공변량 분석 결과 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다($MS = 31.30$, $F = 1.13$, $p = .326$). 즉, 시각적 조직화가 학생들의 불안을 감소시킨 선행 연구(Roth & Roychoudhury, 1993; Phillips, 1989)와 달리 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략 수업은 학생들의 불안을 감소시키지 못했다.

수업 참여도에 대한 인식 검사에서는 SV 집단(30.43)과 SVC 집단(29.50)의 평균이 통제 집단(26.37)보다 유의미하게 높았다($MS = 192.55$,

$F = 10.61$, $p = .000$). 사후 검증(Tukey) 결과 두 처치 집단과 통제 집단 사이에 유의미한 차이가 나타났으며, 이는 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략이 개별적·협동적 환경에 관계없이 학생들의 수업 참여도에 효과적임을 의미한다. 선행 연구(노태희, 여경희 등, 1999)에서 문제 해결 전략을 개별적으로 사용할 경우 수업 참여도가 낮아졌던 점을 고려할 때, 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략 수업이 전략 사용 과정에서 학생들이 겪는 어려움과 인지적인 부담을 완화시켜 준 것으로 해석할 수 있다.

학습 동기 검사의 전체 점수 및 모든 하위 영역(주 의력, 관련성, 자신감, 만족감)에서도 수업 처치의 주 효과가 유의미하였다(Table 5). 사후 검증 결과(Dunn), 두 처치 집단(SV, SVC)과 통제 집단 사이에 유의미한 차이가 있었다($p < .05$). 즉, 관련 개념이나 전략의 각 단계를 시각적으로 조직화하여 제시한 것이 개별 혹은 협동학습 환경에 관계없이, 학생들의 주의를 집중시키고 학습 내용간의 관련성을 파악하게 하며 학습에 대한 자신감과 만족감을 향상시켰다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 문제 해결 전략을 사용하는 과정에서 학생들이 겪는 어려움과 인지적인 부담을 감소시키기 위해 개념간의 관계와 전략의 각 단계를 시각적으로 조직화하여 제시하였다. 이를 개별학습과 협동학습 환경에서 사용하도록 한 후, 그 효과를 전통적 수업 방식과 비교하였다.

연구 결과 객관식 문제 해결력에서는 집단간 차이

Table 3. Results of Kruskal-Wallis tests for the problem-solving strategy performing ability test scores

	Mean rank			χ^2	p
	Control	SV	SVC		
Problem understanding	51.33	68.98	72.00	9.09	.011*
Recalling related principles	48.05	72.79	71.55	17.16	.000**
Algorithmic execution	58.64	71.27	62.21	3.48	.176
Reviewing	60.47	66.69	64.93	.79	.673

* $p < .05$, ** $p < .01$

Table 4. Means, standard deviations, and adjusted means of the test scores on anxiety, involvement, and motivation

	Control (n=43)			SV (n=42)			SVC (n=42)		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
Anxiety(65)	48.56	5.95	48.58	46.81	8.05	47.04	48.74	8.24	48.49
Involvement(50)	26.37	3.96		30.43	3.81		29.50	4.93	
Motivation(180)	92.23	16.59		104.43	22.46		104.13	12.94	
Attention	32.63	6.67		36.59	5.92		34.88	4.87	
Relevance	26.67	4.15		28.33	5.48		28.40	3.84	
Confidence	20.26	4.84		23.90	6.62		23.63	4.84	
Satisfaction	14.42	3.70		17.67	4.38		17.40	2.26	

Table 5. Results of Kruskal-Wallis tests for the test scores on motivation

	Mean rank			χ^2	p
	Control (n=43)	SV (n=42)	SVC (n=42)		
Motivation	46.73	72.82	70.18	13.36	.001**
Attention	49.48	71.02	69.11	9.23	.010*
Relevance	52.05	69.85	67.59	6.12	.047*
Confidence	48.37	71.80	69.49	10.82	.005**
Satisfaction	43.91	74.20	71.76	18.54	.000**

*p<.05, **p<.01

가 유의미하지 않았으나, 문제 해결 전략 수행 능력에서는 SV 집단과 SVC 집단의 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 즉, 개별 혹은 협동학습 환경에 관계없이 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략이 학생들의 전략 수행 능력 향상에 효과적이었다. 하위 영역별 분석 결과, 특히, 문제 이해와 관련 개념 법칙 회상 영역에서 SV 집단과 SVC 집단의 점수가 유의미하게 높았다. 즉, 주어진 조건과 구해야 할 것을 서로 연결하고 이를 바탕으로 개념과 법칙을 회상·연결하도록 한 방법이, 학생들의 문제 이해를 도모하고 관련 법칙 회상을 용이하게 한 것으로 파악된다.

수업 참여도와 학습 동기 검사에서도 SV 집단과 SVC 집단의 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높게

나타났다. 즉, 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략이 협동학습 여부에 관계없이 학생들의 수업 참여도를 높여주고 주의를 집중시키며, 관련성, 자신감, 만족감 등을 느끼도록 유도하였다. 그러나 학생들의 학습 불안을 유의미하게 감소시킨 선행 연구와는 달리 시각적 조직화를 사용한 문제 해결 전략 수업이 학생들의 불안을 유의미하게 감소시키지는 못하였다. 불안과 성취도 사이의 밀접한 관련성을 고려할 때, 시각적 조직화나 전략이 학생들의 불안에 미치는 영향을 반복 연구해 볼 필요가 있다.

한편, 본 연구에서는 교사에 의해 시각적 조직화를 제시하였는데 이는 전문가의 조직화가 복잡한 내용을 이해하는데 효과적이라는 선행 연구(Lambiotte & Dansereau, 1992)에 기초한 것이다. 그러나 전문가

의 조직화는 많은 정보량과 절차 지식이 포함되어 학생들에게 익숙하지 않을 가능성도 제기되고 있으므로, 학생들 나름의 조직화가 문제 해결력에 미치는 효과를 조사해 볼 필요가 있다. 또한, 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략은 학생들이 어려워하는 전략의 요소 중 관련 법칙 회상에 대한 부담을 감소시킨 것으로 나타났으나 검토 단계에는 큰 영향을 미치지 못했다. 따라서 전략 수행의 모든 하위 능력의 향상 및 이를 토대로 한 객관식 문제 해결력의 향상을 도모하기 위해서는 계속적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

적 요

본 연구에서는 문제 해결 전략에서 시각적 조직화와 협동학습의 효과를 조사하였다. 고등학교에서 새 학급(N=127)을 선정하여 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략을 개별적으로 사용하는 집단(SV), 협동학습 환경에서 사용하는 집단(SVC), 그리고 통제 집단으로 배치하였다. 수업 처치 후 객관식 문제 해결력, 전략 수행 능력, 화학 학습에 대한 불안, 수업 참여도, 학습 동기를 조사하였다. 연구 결과 객관식 문제 해결력에서는 집단간 차이가 유의미하지 않았으나, 전략 수행 능력에서는 수업 처치의 주효과가 나타났다. SV 집단과 SVC 집단의 점수가 통제 집단보다 높았으며, 특히 하위 영역 중 문제 이해와 관련 법칙 회상에서 높은 점수를 보였다. 수업 참여도와 학습 동기 검사에서도 SV 집단과 SVC 집단의 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 그러나 시각적 조직화를 이용한 문제 해결 전략이 학생들의 화학 학습에 대한 불안을 유의미하게 감소시키지는 못했다.

참 고 문 헌

노태희, 여경희, 전경문(1999). 문제 해결 전략에서 협동학습의 효과. 한국과학교육학회지, 19(4), 635-644.
노태희와 전경문(1997). 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개

념과 문제 해결 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 313-321.
이재천(1992). 중등학교 학생들의 과학 불안도 측정 도구 개발 및 과학 불안 경향성 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
전경문, 안충희, 노태희(제출중). 서울형 검사로 측정한 고등학생의 문제 해결 전략 수행 능력. 대한화학회지.
전경문, 여경희, 노태희(1999). 문제 해결 전략과 협동학습에 대한 학생들의 인식. 과학교육연구논총, 24(1), 89-105.
최병순과 김경희(1996). 문제환경과 학생의 인지능력이 Mole에 관련된 문제해결에 미치는 영향. 화학교육, 23(1), 19-28.
Alvermann, D. E., & Boothby, P. R. (1984). *Knowledge of text structure and its influence on a transfer task*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41(10), 1123-1130.
Foley, K. (1995). *Cooperative learning and visual organizers effects on students solving mole problems in chemistry*. Unpublished Doctoral Dissertation. The State University of New Jersey.
Heller, P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637-644.
Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
Keller, J. M. (1993). *IMMS: Instructional material motivation survey*. Florida State University.

- Lambiotte, J. G., & Dansereau, D. F. (1992). Effects of knowledge maps and prior knowledge on recall of science lecture content. *Journal of Experimental Education*, 60(3), 189-201.
- Larson, J. O. (1997). *Constructing understandings of the mole concept: Interactions of chemistry text, teacher and learners*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago.
- Phillips, K. L. (1989). *Relating the mole concept and fundamental mathematics*. Master Dissertation, Florida State University.
- Roth, W. M. (1994). Student views of collaborative concept mapping: An emancipatory research project. *Science Education*, 78(1), 1-34.
- Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1993). The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 503-534.
- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Trickett, E. J., & Moos, R. H. (1973). Social environment of junior high and high school classrooms. *Journal of Educational Psychology*, 65(1), 93-102.
- Zajchowski, R., & Martin, J. (1993). Differences in the problem solving of stronger and weaker novices in physics: Knowledge, strategies or knowledge structure? *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 459-470.