

학습자의 인지 및 동기 변인들과 비유를 통한 개념 이해도의 관계

노태희 · 임희연 · 김창민 · 강석진
(서울대학교)

The Relationships among Learners' Cognitive Variables, Motivational Variables, and Conceptual Understandings in Learning with Analogy

Noh, Taehee · Lim, Heeyeon · Kim, Changmin · Kang, Sukjin
(Seoul National University)

ABSTRACT

In this study, the relationships among learners' cognitive variables, motivational variables, and conceptual understandings in learning with analogy were investigated. The instruments regarding analogical reasoning ability, field dependence-independence, mental capacity, and logical thinking ability were administered. Some subtests (self-efficacy, expectancy, self-concept of ability, and value) of the Patterns of Adaptive Learning Survey were administered. After students learned with a worksheet that included analogy, a conception test regarding 'stoichiometry that included limiting reagent' was also administered. It was found that learners' conceptual understandings were significantly correlated with the logical thinking ability and the field dependence-independence among the cognitive variables, and the self-efficacy and the self-concept of ability among the motivational variables. The multiple regression analysis of the cognitive variables on conceptual understandings revealed that the logical thinking ability was the most significant predictor. The field dependence-independence also had predictive power. In the analysis of the motivational variables, the self concept of ability was the only significant predictor.

Key words : analogy, cognitive variables, motivational variables, conceptual understanding.

I. 서 론

비유는 새로운 현상을 이해하기 위해 과거 경험과의 유사성을 추론하는 것으로서, 구체적이고 친숙한 내용과 목표 개념 사이의 공유 속성을 통하여 학습자의 이해를 도모할 수 있다(Gabel & Sherwood, 1980; Gick & Holyoak, 1983; Solomon, 1991).

비유를 통한 현상 이해의 핵심은 비유물과 목표 개념 사이의 대응 과정(mapping)인데, 목표 개념의 이해를 위해서는 비유물에 내재된 여러 속성 중에서 목표 개념과의 공유 속성을 분리하여 대응시키는 것이 필수적이다(Gick & Holyoak, 1983). 대응 과정이 효과적으로 일어날 때 비유는 직접 관찰할 수 없는 추상적인 자연 세계를 이해하는 데 도움이 되므로

*1999년 5월 11일 받음.

(Solomon, 1991), 눈에 보이지 않는 미시적 관점을 증시하는 화학 교과에서 특히 비유가 많이 사용되어 왔다(Thiele & Treagust, 1993).

비유물과 목표물 사이의 공유 속성을 연결짓는 대응 과정에는 학습자의 인지적 능력이 요구되므로, 학습자의 인지적 특성에 따라 비유의 교수 효과는 달라질 수 있다. 학습자의 인지 변인들과 과학 성취도의 관계에 대한 선행 연구 결과에 의하면, 논리적 사고력은 과학 성취도와 밀접한 관련을 가지지만, 장의존/장독립성은 큰 상관이 없는 것으로 나타났다(김도욱, 1992; Chandran, Treagust, & Tobin, 1987; Robinson & Niaz, 1991). 그러나 비유 학습의 경우 다소 상이한 결과가 보고되고 있는데, 비유는 형식적인 내용을 수용할 수 있는 형식적 조작 단계의 학습자에 비해 내용을 구체적으로 전환시켜 제시해 주어야 하는 구체적 조작 단계의 학습자에게 효과적이며(Gabel & Sherwood, 1980), 비유물에 내재되어 있는 속성들 중에서 목표 개념과의 유사성만 선택할 수 있는 장독립적인 학습자가 장의존적인 학습자에 비해 비유를 사용한 문제 해결력이 뛰어났다(Hsu, 1993).

또한, 동시에 여러 가지 정보를 처리할 수 있는 능력인 기억 용량의 경우 개념 문제의 해결에 대해서는 설명력을 가지나(노태희와 임희준, 1996), 일반적으로는 과학 성취도와 관련이 없는 것으로 보고되었다(Chandran, Treagust, & Tobin, 1987; Lawson, 1983; Niaz, 1988; Robinson & Niaz, 1991). 반면에, 비유의 경우 기억 용량은 비유물과 목표 개념 사이의 유사성에 관한 정보를 동시에 처리할 수 있는 능력과 관계되므로, 기억 용량이 부족한 어린 학생들은 비유적 추론에 어려움을 느끼는 것으로 보고되었다(Wagner, 1983). 이상의 선행 연구 결과들은, 비유를 통한 학습의 경우 학습자의 인지적 특성이 일반적인 과학 성취도나 문제 해결력과는 다소 상이하게 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

한편, 지금까지 과학 학습에서 학생들의 성취도를 향상시키기 위한 많은 노력들은 주로 학습자의 인지적 특성에 주목하였으며, 정의적 특성은 상대적으로 소홀히 취급되어 왔다(Andermann & Young,

1994). 그러나 인지적 측면 위주로 학습이 진행될 경우, 인지적 활동을 통해 학습에 대한 동기가 부여되지 못한 학습자는 학습의 효과를 기대하기가 어렵다(Pintrich, Marx, & Boyle, 1993). 과학 학습에서 학습자의 동기 요소와 성취도의 관계에 대한 선행 연구들(Meece, Wigfield, & Eccles, 1990; Wigfield & Eccles, 1992)에서 자아 개념, 기대감, 가치 등의 동기적 특성은 학업 성취도와 높은 관련을 나타내었다. 비유를 통한 개념 학습 또한 학습자의 동기적 특성에 따라 영향을 받을 수 있으므로, 개념 이해도에 영향을 미치는 학습자 특성으로 인지 변인들 뿐 아니라 동기 변인들에 대한 연구도 이루어질 필요성이 있다.

따라서, 본 연구에서는 비유 추론 능력, 장의존/장독립성, 기억 용량, 논리적 사고력 등의 인지 변인들 및 자아 효능감, 과학 성적에 대한 기대감, 능력에 대한 자아 개념, 과학에 대한 가치 등의 동기 변인들과 비유를 통한 개념 이해도의 관계를 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 서울시에 소재한 중학교 1학년 남학생 46명, 여학생 34명 등 총 80명을 대상으로 하였다. 비유를 이용한 학습 전에 비유 추론 능력 검사, 장의존/장독립성 검사, 기억 용량 검사, 논리적 사고력 검사, 과학에 대한 동기 검사 등을 실시하였다. 학생들이 20분 동안 학습 교재에 제시된 내용을 읽은 직후, 개념 검사를 실시하였다.

2. 학습 교재

비유를 이용한 학습의 목표 개념으로 '제한 물질을 포함하고 있는 화학 반응식에서의 양적 관계'를 설정하였다. 학습 교재는 비유물을 제시한 후 목표 개념을 설명하는 방식으로 구성하였으며, 비유물은 주어진 사람 수와 텀장갑 수에 근거하여 눈싸움을 할 수 있는 사람 수를 계산하는 양적 관계를 나타내었다. 비유물은 언어와 그림을 모두 이용하여 제시함으로써

(노태희, 최용남, 권혁순, 1998) 목표 개념의 구조적 속성을 명확히 표현하였다.

3. 검사 도구

1) 개념 검사지

개념 검사지는 노태희, 김창민, 권혁순(1999)의 개념 검사 문항을 사용하였는데, 이 검사지는 회상 및 응용 상황에 학생들이 목표 개념을 적용하는 능력을 측정하기 위한 2개의 문항으로 구성되어 있다.

2) 비유 추론 능력 검사지

비유 추론 능력 검사지는 노태희, 권혁순, 이선옥(1997)의 비유 추론 능력 검사지를 사용하였으며, 언어 비유, 숫자 비유, 그림 비유가 각각 4문항씩 총 12문항으로 구성되어 있다. 비유 추론은 A : B의 관계를 바탕으로 C : D의 관계를 유추하는 것으로서, A : B의 관계와 C를 제시한 후 적절한 D를 선택하는 방식이다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 0.66이었다.

3) 장의존/장독립성 검사지

장의존/장독립성 검사는 많은 정보들 속에서 필요한 정보를 선택해낼 수 있는 능력을 측정하는 도구로서, 본 연구에서는 도형 찾기 퍼즐(the Find A Shape Puzzle: Linn & Kyllonen, 1981)을 이용하였다. 이 검사는 복잡하게 제시된 그림들 속에서 문제에 제시된 도형을 찾아내는 형식으로서, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 0.89였다.

4) 기억 용량 검사지

기억 용량은 Figural Intersection Test-RAC 794(FIT-RAC 794)로 측정하였다. FIT-RAC 794는 연습 문항 6개와 검사 문항 36개로 구성되어 있으며, 여러 개의 도형이 겹쳐진 상태에서 제시된 도형들이 모두 겹쳐진 영역을 찾아내는 방식으로 이루어져 있다. 검사는 FIT 사용 설명서(Pascual-Leone & Burtis, 1974)에 제시된 방법에 따라 진행되었고, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 0.88이었다.

5) 논리적 사고력 검사지

논리적 사고력은 short-version Group Assessment of Logical Thinking(Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)으로 측정하였다. 이 검사지는 총 12문항으로 구성되어 있으며, 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 0.72였다.

6) 과학에 대한 동기 검사지

과학에 대한 동기는 Andermann과 Young(1994)의 Patterns of Adaptive Learning Survey 중 자아 효능감(4 문항), 과학 성적에 대한 기대감(3 문항), 능력에 대한 자아 개념(3 문항), 과학에 대한 가치(3 문항) 영역을 선택하여 사용하였다. 검사는 총 13문항으로, 각 문항은 5단계의 리커트 척도로 이루어져 있다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 자아 효능감 0.68, 능력에 대한 자아 개념 0.90, 과학 성적에 대한 기대감이 0.74였으며, 과학에 대한 가치는 0.75로 나타났다.

4. 자료 분석

개념 검사는 노태희, 김창민, 권혁순(1999)의 기준에 따라 채점하였으며, 학생들의 응답에 대해 두 명이 각각 채점한 후 일치도를 구하고 차이를 검토하는 과정을 반복하였다. 최종적으로 구한 연구자간 일치도는 .93이었으며, 이를 바탕으로 연구자 중 1인이 모든 채점을 실시하였다. 개념 이해도와 인지 변인들 및 동기 변인들 간의 상관관계를 조사한 후, 개념 이해도를 준거 변인으로, 인지 및 동기 변인들을 예언 변인으로 하는 단계적 중다 회귀 분석(stepwise multiple regression analysis)을 실시하여 각 변인의 설명력을 조사하였다.

III. 결과 및 논의

1. 개념 이해도와 예언 변인들 사이의 상관관계

개념 검사 점수와 비유 추론 능력, 장의존/장독립성, 기억 용량, 논리적 사고력 등 인지 변인 검사 점

Table 1. Means and standard deviations of the test scores

Variable (Total)	AR (12)	FD (20)	MC (8)	LT (12)	SE (20)	EX (15)	SC (15)	VA (15)	Con (6)
Mean	6.54	12.26	2.99	5.41	11.75	9.01	7.25	9.81	3.33
(SD)	(2.49)	(5.21)	(1.25)	(2.67)	(3.46)	(2.67)	(3.08)	(2.96)	(1.90)

AR: analogical reasoning ability, FD: field dependence-independence, MC: mental capacity, LT: logical thinking ability, SE: self-efficacy, EX: expectancy toward science achievement, SC: self-concept of ability, VA: value toward science, Con: conception test score

수들과 자아 효능감, 과학 성적에 대한 기대감, 능력에 대한 자아 개념, 과학에 대한 가치 등 동기 변인 검사 점수들의 평균 및 표준 편차는 Table 1과 같다. 연구 대상 학생 중 구체적 조작 단계(0-4점)에 속하는 학생은 전체의 36%, 전이 단계(5-7점)와 형식적 조작 단계(8-12점)에 속하는 학생은 각각 41%와 23%로서, 많은 학생들이 구체적 조작 단계나 전이 단계에 해당하는 것으로 나타났다. 또한, 전체 학생 중 기억 용량이 2 이하인 학생이 34%, 3인 학생 40%, 4인 학생 13%, 5인 학생 10%, 6인 학생이 4%였다.

개념 검사 점수와 인지 변인 검사 점수들 사이의 단순 상관 계수는 Table 2와 같다. 비유를 통한 개념 이해도는 인지 변인들 중 논리적 사고력, 장의존/장독립성, 비유 추론 능력과 .36~.54의 범위에서 유의미한 상관이 있었다. 그러나 기억 용량은 개념 이해도와 유의미한 상관이 없는 것으로 나타났다. 이러

한 결과는 과학 개념 문제의 해결에서 기억 용량이 유의미한 예측 변인이었다는 선행 연구(노태희와 임희준, 1996)와 상반되는데, 이는 일반적인 과학 학습의 개념 문제 해결을 위해서는 작동 기억 내에 동시에 활성화되어야 하는 요소가 많은 반면, 학습자에게 친숙한 비유를 통한 개념 학습에서는 학생들에게 인식되는 학습 과제의 요구 주의력이 감소하기 때문이라고 생각할 수 있다. 한편, 기억 용량을 제외한 나머지 인지 변인들 사이에는 유의미한 상관이 존재하였다.

개념 검사 점수와 동기 변인 검사 점수들 사이의 단순 상관 계수는 Table 3과 같다. 비유를 통한 개념 이해도는 능력에 대한 자아 개념이나 자아 효능감과 .01 수준에서 유의미한 상관이 있었으나, 과학 성적에 대한 기대감이나 과학에 대한 가치와는 아주 낮은 상관을 보였다. 즉, 일반적인 학업 성취도에서 유의미한 상관이 보고된 선행 연구들(Meece, Wigfield, & Eccles, 1990; Wigfield & Eccles, 1992)과는

Table 2. Correlation coefficients among the cognitive variables and the conception test scores

Variable	AR	FD	MC	LT	Con
AR	1.00				
FD	.48**	1.00			
MC	-.06	-.07	1.00		
LT	.60**	.53**	-.04	1.00	
Con	.36**	.45**	.16	.54**	1.00

** p<.01.

Table 3. Correlation coefficients among the motivational variables and the conception test scores

Variable	AR	FD	MC	LT	Con
AR	1.00				
FD	.53**	1.00			
MC	.50**	.62**	1.00		
LT	.36**	.60**	.42**	1.00	
Con	.32**	.14	.35**	.16	1.00

** p<.01.

달리, 비유를 통한 과학 개념의 이해는 과학 학습 능력에 대한 학습자 자신의 인식과 관련된 요소들과 관련성이 높은 반면, 기대감이나 가치 등의 동기 요소와는 상대적으로 관련성이 낮음을 알 수 있다. 한편, 모든 동기 변인들 사이에는 .01 수준에서 유의미한 상관관계가 존재하였다.

2. 개념 이해도와 인지 변인들의 중다 회귀 분석 결과

비유를 통한 개념 이해도를 효과적으로 설명하는 인지 변인을 조사하기 위한 단계별 중다 회귀 분석 결과는 Table 4와 같다. 분석 결과, 개념 검사 점수에 대해 예언력을 지닌 인지 변인은 논리적 사고력과 장의존/장독립성이었다. 두 인지 변인 중 설명력이 더 큰 것은 논리적 사고력으로서 전체 변량의 28.8%를 설명하였고, 장의존/장독립성은 나머지 변량의 3.8%를 설명하였다. 장의존/장독립성의 추가적인 설명력이 상대적으로 미미한 것은 논리적 사고력과 장의존/장독립성 사이에 유의미한 상관관계가 존재하여, 개념 이해도에 대한 설명력 중 적지 않은 부분을 공유하고 있기 때문으로 해석된다(Fig. 1).

회귀 분석 결과, 논리적 사고력의 설명력이 가장 큰 반면, 비유를 사용한 학습 과정과 가장 직접적인 관련을 가질 것으로 예상했던 비유 추론 능력은 유의미한 설명력을 가지지 못하는 것으로 나타났다. 추가적인 회귀 분석 결과, 논리적 사고력-비유 추론 능력의 순으로 회귀식에 포함될 경우 비유 추론 능력의 추가적인 설명력이 유의미하지 않은 반면(R^2 change = .002, $p = .635$), 비유 추론 능력-논리적 사고력 순으로 회귀식에 포함될 경우 설명력이 유의미하게 증가하였다(R^2 change = .16, $p < .001$). 이는 비유를 통한 개념 이해에 단순한 비유 추론 능력뿐 아니라, 보다 포괄적인 논리적 사고력이 요구됨을 암시한다.

비유를 통한 개념 이해도에 설명력을 지닌 또 하나의 변인은 장의존/장독립성이었다. 일반적으로 장의존/장독립성은 과학 성취도나 문제 해결력을 설명하지 못하는 것으로 보고되었지만(노태희와 임희연, 1996; Chandran, Treagust & Tobin, 1987, Lawson, 1983; Robinson & Niaz, 1991), 본 연구

Table 4. Multiple regression analysis summary of the cognitive variables on the conception test scores

Step	Variable entered	Multiple R	Accum. R ²	R ² change
1	LT	.537	.288	.288**
2	FD	.571	.326	.038*
3	MC	.571	.326	.000
4	AR	.571	.326	.000

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

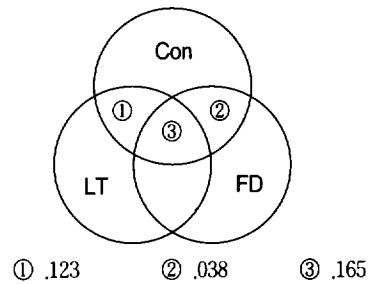


Fig. 1. Variance of the conception test scores accounted for by the cognitive variables (R^2)

에서는 유의미한 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 이는 비유물이 내포하고 있는 여러 속성들 중에서 목표물과의 공유 속성을 근거로 목표물을 이해해야 하는 비유적 추론 과정이, 많은 정보들 속에서 필요한 정보만을 분리하여 다른 상황에 적용할 수 있는 능력인 장의존/장독립성과 유사하기 때문에(Hsu, 1993) 나타난 결과로 해석할 수 있다.

3. 개념 이해도와 동기 변인들의 중다 회귀 분석 결과

비유를 통한 개념 이해도를 효과적으로 설명하는 동기 변인을 조사하기 위한 단계별 중다 회귀 분석 결과는 Table 5와 같다. 분석 결과, 개념 검사 점수를 효과적으로 설명할 수 있는 동기 변인은 능력에 대한 자아 개념뿐이었으며, 전체 변량의 12%를 설명하였다.

Table 5. Multiple regression analysis summary of the motivational variables on the conception test scores

Step	Variable entered	Multiple R	Accum. R ²	R ² change
1	SC	.347	.120	.120*
2	SE	.385	.149	.029
3	EX	.415	.172	.023
4	VA	.419	.176	.004

* p<.05.

개념 이해도와 유의미한 상관관이 있었던 자아 효능감이 회귀 분석 결과에서는 설명력 있는 변인에서 제외되었는데, 이러한 결과는 능력에 대한 자아 개념과 자아 효능감의 개념적 유사성에 기인한 것으로 보인다. 자아 효능감은 특정한 목표를 준거로 삼으며, 자신의 능력에 대한 보다 구체적이고 상황적인 인식을 의미한다는 점에서 자아 개념과 구별된다. 구체적인 과제에 대한 자아 개념과는 거의 유사하다(Pintrich & Schunk, 1996, pp. 88-89). 즉, 선행 연구(Andermann & Young, 1994)에서 독립적인 구인으로 간주되었던 능력에 대한 자아 개념과 자아 효능감이 학생들에게는 과학이라는 구체적인 목표를 매개로 유사한 요소로 인식되었고, 그 결과 자아 효능감의 설명력이 능력에 대한 자아 개념에 의해 가려진 것으로 보인다.

일반적인 학업 성취도와 관련이 있는 동기 변인으로 알려진 기대감이나 성취 동기는 개념 이해도에 대한 설명력이 없는 것으로 나타났다. 즉, 가치의 경우 과학 성취도에 대해 예언력이 없었지만 기대감은 유의미한 예언 변인이었다는 선행 연구 결과들(Pintrich & Schunk, 1996, p. 296)과는 다소 상이한 양상이 나타났다. 이는 비유를 통한 개념 이해가 일반적인 과학 성취도와는 달리, 과학 학습 능력에 대한 학습자 자신의 인식에 의해 상대적으로 많은 영향을 받을 가능성을 암시한다.

IV. 결론 및 제언

주어진 목표 상황이 생소하고 어려운 경우, 친숙한 경험이나 선지식에 근거한 유추를 통하여 목표 상황에 대한 이해 및 문제 해결을 도모하는 비유는 추상적인 과학 현상에 대한 학생들의 이해를 효과적으로 이끌 수 있다는 측면에서 과학 학습에서 흔히 사용되어 온 교수 방법 중 하나이다. 본 연구에서는 비유 사용의 효과를 증진시킬 수 있는 방안을 탐색하기 위한 연구의 일환으로, 비유를 통한 개념 이해도와 인지적 및 동기적 측면에서의 학습자 특성들과의 관계를 조사하였다.

비유 추론 능력, 장의존/장독립성, 논리적 사고력 등의 학습자 특성들은 개념 이해도와 유의미한 상관을 나타내었다. 그러나 기억 용량은 개념 이해도와 유의미한 관련이 없었다. 개념 이해도를 효과적으로 설명하는 인지 변인을 선정하기 위한 중다 회귀 분석 결과, 의미 있는 예언 변인은 논리적 사고력과 장의존/장독립성이었다. 개념 이해도와 유의미한 상관을 보였던 비유 추론 능력이 예언력을 갖지 못한 것은 주목할 만한데, 이는 비유를 통한 개념 이해의 과정에 비유물과 목표물 사이의 공통 속성에 대한 단순한 추론 능력 이상의 논리적 능력이 필요할 가능성을 시사한다. 따라서, 과학 수업에서 비유를 선택하거나 사용할 때 학생들의 인지적 능력에 대한 고려가 보다 신중하게 이루어져야 할 것이다. 많은 정보들 속에서 필요한 정보만을 선택하여 주어진 상황에 적절히 적용할 수 있는 능력인 장의존/장독립성은 과학 성취도나 문제 해결력에 대한 설명력이 없는 것으로 보고되어 왔으나(노태희와 임희준, 1996; Chandran, Treagust & Tobin, 1987, Lawson, 1983; Robinson & Niaz, 1991), 본 연구에서는 의미 있는 예측 변인으로 나타났다. 이는 비유물과 목표물의 공통적인 속성을 선택하여 목표 상황에 적절히 적용해야 하는 비유 추론 과정의 특성에 기인한 것으로 볼 수 있다. 따라서, 과학 수업에서 비유 사용의 효과가 보다 많은 학습자들에게 미치기 위해서는 비유물과 목표물의 공유 속성 뿐 아니라 비공유 속성에 대해서도 치밀한 고려가 이루어져야 할 것이다.

동기 변인들 중에서는 능력에 대한 자아 개념과 자아 효능감이 개념 이해도와 유의미한 상관을 나타내

연구의 결과 학생들의 정신용량이 클수록 과학탐구능력의 성취도가 높았다. 장독립적인 학생이 장의존적인 학생보다 통계적으로 유의미($p < .05$)하게 과학탐구능력의 성취도가 높았다. 그러나 과학탐구능력에 미치는 정신용량과 인지양식의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 정신용량과 인지양식이 과학탐구능력의 발달에 중요한 역할을 하고 있음을 시사한다. 아울러, 본 연구는 과학교육 연구에서 신피아제적 접근에 대한 가능성을 제공한다. 본 연구 결과로 볼 때, 과학 탐구과정의 수행에 인지 발달이 매우 중요한 변인임을 시사한다.

참 고 문 헌

- 강심원, 우종욱(1995). 인지양식에 따른 인지수준과 과학탐구능력에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 404-416.
- 강영하, 최진수(1989). 인지발달의 구조와 과정에 대한 신피아제적 해석. 공주교대논총, 제25집, 181-205.
- 고영우(1996). 화학 문항의 요구정신용량과 논리 구조가 학생들의 문제 해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 교육부(1994). 국민학교 교육과정해설(Ⅱ)-바른생활, 도덕, 슬기로운생활, 사회, 자연. 서울:대한교과서 주식회사.
- 권재술, 김범기(1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정 도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김경희(1995). 문제환경과 학생의 인지능력이 Mole에 관련된 문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김혜경(1991). 화학반응에서 양적 관계에 대한 화학 문제의 주의력 차원과 학생의 주의력과의 관계성 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 안수영(1995). 학습자의 정신용량과 덩이지식의 크기 및 문제의 요구정신용량이 과학 문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 여원구(1987). 화학양론과 관련된 문제해결에 영향을 미치는 변인에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 임청환, 김승화, 양일호(1997). 초·중학생들의 과학탐구능력에 미치는 인지적, 정의적 특성에 대한 공변량 구조 분석. 한국과학교육학회지, 17(1), 1-10.
- 정진수, 정완호(1995). 중학교 과학수업에서 학습자의 특성에 따른 순환 학습 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 15(3), 284-290.
- Nakayama, G.(1988). A study of the relationship between cognitive styles and integrated science process skills. ERIC ED 291 592.
- Sternberg, R. J.(1987). A Day at Developmental Downs: Sportscast for Race Neo-Piagetian Theories of Cognitive Development. *International Journal of Psychology*, 22, 507-529.

- Education*, 64(5), 709-716.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15(1), 1-38.
- Hsu, C. L. (1993). *Content emphasis, practice, and cognitive style in analogical problem solving of college students*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Missouri-Columbia.
- Lawson, A. E. (1983). Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 117-129.
- Linn, M. C., & Kyllonen, P. (1981). The field dependence-independence construct: Some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73(2), 261-273.
- Meece, J., Wigfield, A., & Eccles, J. (1990). Predictors of math anxiety and its influence on young adolescents' course enrollment intentions and performance in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 60-70.
- Niaz, M. (1988). Manipulation of M-demand of chemistry problems and its effect on student performance: A neo-Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 643-657.
- Pascual-Leone, J., & Burtis, P. J. (1974). *FIT: Figural Intersection Test, a group measure of M-capacity*. Unpublished manuscript, York University, Ontario.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. (1993). Beyond "cold" conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- 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 NARST, Dallas.
- Robinson, W. R., & Niaz, M. (1991). Performance based on instruction by lecture or by interaction and its relationship to cognitive variables. *International Journal of Science Education*, 13(2), 203-215.
- Solomon, I. G. (1991). *Effects of task context and domain knowledge on analogical transfer of science knowledge*. Unpublished doctoral dissertation, The City University of New York.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 227-242.
- Wagner, J. (1983). *Some prerequisites in learning to solve figural analogy problems*. Paper presented at the annual meeting of the AERA, Montreal, Canada.
- Wigfield, A., & Eccles, J. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. *Developmental Review*, 12, 265-310.