Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

고등학생의 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력과 과학 학업성취도의 구조적 관계 분석

김수진, 정영란*
이화여자대학교

Structural Relationships Among the Epistemological Beliefs, Metacognition, Science Inquiry Skills, and Science Achievement of High School Students

Sue-Jin Kim, Young-Lan Chung*
Ewha Womans University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 25 August 2015
Received in revised form
22 September 2015
11 November 2015
Accepted 13 November 2015
Keywords:
epistemological beliefs,
metacognition,
science inquiry skills,
science achievment

ABSTRACT

In the study, epistemological beliefs, metacognition, and scientific inquiry skills all directly affected the science academic achievement levels of high school students. Also, epistemological beliefs indirectly affected science academic achievement mediated by scientific inquiry skills and metacognition, while metacognition had an indirect effect on science academic achievement level mediated by scientific inquiry skills. We found that scientific inquiry skills had the biggest direct effect, while epistemological beliefs showed the most robust indirect effect on academic achievement level. Thus, we argue that students' scientific inquiry skills should be nurtured for the advancement of their academic achievement. In addition, more careful scholarly attention must be given to both epistemological beliefs and metacognition, which directly and indirectly affected academic achievement level. We believe that epistemological beliefs, metacognition, and scientific inquiry skills should all be considered in an integrative manner when developing educational programs and strategies.

Ⅰ. 서론

학업성취도의 향상은 학교가 달성해야 할 목표이며 과제이다. 이는 학생들의 학업성취도가 교수·학습의 결과로서 학생들의 교육 목표 달성 여부를 판단하는 자료인 동시에 상급 학교의 진학과 앞으로의 진로에 큰 영향을 미치기 때문이다. 그런데 동일한 학습 환경에서 학습이 이루어짐에도 불구하고 학생들의 학업성취도에는 개인차가 나타난다. 이에 따라 교육 현장에서는 학생들의 학업성취도를 향상시키고 그 개인차를 줄이기 위해 학업성취도에 영향을 미치는 변인들을 찾으려고 노력해 왔다. 선행 연구를 통해 과학 학업성취도에 영향을 미치는 다양한 변인들이 밝혀졌는데, 그 중 학습자 변인이 가장 중요한 것으로 나타났다(Bloom, 1976). 학습자 변인은 학업 성취를 가장 잘 설명해주고 학습자 자신의 의지에 따라 학습 결과를 가져올 수 있는 유일한 변인이라는 점에서 주목할 필요가 있다. 과학 학업성취도에 영향을 미치는 학습자 변인과 관련한 여러 연구에서 과학에 대한 태도와 과학 학습 동기(Glynn *et al*., 2011: Kim & Seo, 2011), 과학 경험(Reynolds & Walberg, 1991), 메타인지(Plants, 2000), 과학 탐구 능력(Lee & Kim, 1996), 인식론적 신념(Schommer, 1994b) 등이 학생들의 학업성취도 향상에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 이 변인들 중 본 연구에서는 지식 습득에 직접적 영향을 주는 인지적 능력인 과학 탐구 능력(Kwon & Kim, 1994)과 메타인지(Flavell, 1979; Pintrich & De Groot, 1990) 및 인식론적 신념(Schommer, 1990; Jehng, 1991)을 학습자 변인으로 설정하였다. 이들은 학습자 중심의 교수·학습 환경에서 꾸준하게 그 중요성이 강조되고 과학 교육의 목표인 과학적 소양을 함양하기 위해 필요한 과학의 본성을 이해하는 데 효과적이며, 쉽게 변하지 않는 안정적인 속성을 지니는 지능이나 기억력 등과 달리 교육적 경험에 따라 변하며 체계적인 훈련이나 연습에 의해 신장이 가능하므로 교육 현장에서 실제적인 도움을 줄 수 있을 것이라 판단되어지기 때문이다. 이전의 연구들은 대부분 실험 연구의 효과 검증에만 치우쳐 있어 이 변인들 간의 상호 연관성이 높은 것으로 나타나기는 했지만 과학 학업성취도에 대한 상대적인 영향력이나 어떤 변인이 다른 변인에 우선하는지 등에 대해서는 알려진 바가 없고 과학 탐구 능력, 메타인지, 인식론적 신념간의 관계를 통합적으로 밝히지 못하고 있다. 이에 따라 세 가지 변인들에 대해 구조적으로 접근함으로써 학업성취도에 미치는 상대적인 영향력이나 변인들 간의 인과적 관계를 규명해보고자 한다.

현대 사회는 과학과 기술의 급격한 발달로 인해 지식과 정보가 폭발적으로 증가하고 급변하는 지식 기반 사회이다. 따라서 교사가 과학 수업에서 많은 양의 과학 지식과 정보를 구조화해서 학생들을 이해시키는 데는 한계가 있다. 그러므로 학생들에게 단편적인 과학 지식을 전달하기보다는 탐구 활동을 통해 과학 개념을 습득하고 이해하도록 지도하는 것이 필요하다(Kim, 1996). 학생들이 탐구 과정을 직접 경험

* 교신저자 : 정영란 (ylchung@ewha.ac.kr)
** 본 논문은 김수진의 2014년도 석사학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.6.0931

하고 그 과정에서 지식의 형성 과정을 학습하게 되면 과학적 사실과 개념을 잘 이해할 수 있어 과학 학업성취도의 향상에 효과적이다(Jeon & Park, 2014). 이에 따라 과학 교육에서는 과학 탐구 능력의 함양을 목표로 삼고 있다(Ministry of Education and Science Technology, 2011). 과학 탐구 능력은 학생들이 어떤 문제에 직면했을 때 과학적 탐구 방법에 의해 스스로 문제를 해결하는 능력으로(Kwon & Kim, 1994), 여러 분야에서 높은 전이 효과를 나타내어 과학 학습뿐만 아니라 학교에서 배우는 모든 교과와 일상생활에서 일어나는 문제를 과학적으로 해결하는 과정에도 적용될 수 있다(Kwon & Kim, 1994; Woo *et al*., 1999).

과학 과목에는 일상적인 경험 또는 직관적 사고에 의해 쉽게 이해되지 않는 개념이 많기 때문에 자신의 학습과 실험 과정을 되돌아보고 이에 따라 자신의 인지 과정을 조절·통제하는 메타인지가 중요하다(Baird *et al*., 1991). 학생들이 문제 해결 과정에서 어려움을 겪고 실패하는 이유는 관련 선행 지식이나 전략이 부족해서가 아니라 이미 가지고 있는 선행 지식이나 전략을 활용하고 관리하는 메타인지가 부족하기 때문이다(Bayat & Tarmizi, 2010). 학습 과정에서 학생들은 자신의 학습을 되돌아보고 자신의 인지 과정을 조절·통제하는 메타인지를 적극적으로 활용함으로써 학업성취도(Jeong & Han, 2003) 뿐만 아니라 과학적 태도와 과학 탐구 능력을 효과적으로 증진시킬 수 있다(Pintrich & De Groot, 1990). 따라서 과학 교육에서 학생들이 메타인지를 적극 활용할 수 있도록 하는 일은 중요한 목표이며 과제라 할 수 있다.

인식론적 신념은 지식과 정보를 받아들이고 이해하는 데 영향을 미치는 변인으로(Hofer & Pintrich, 1997), 학생 개개인은 자신이 가지고 있는 지식과 학습에 대한 인식론적 신념을 바탕으로 새로운 개념을 학습하거나 기존의 개념을 변화시켜 나간다. 학습 과정에서 학생들이 가지는 인식론적 신념은 학습 과제를 처리하는 인지 과정에 영향을 주고(Jehng *et al*., 1993), 학습 과정에서 주어진 문제를 효과적으로 해결하기 위해 합리적인 해결책을 찾고 효과적인 학습 전략을 선택하도록 이끌어주는(Schommer, 1990) 등 과학 학습의 전반적인 과정에서 중요한 역할을 한다. 그러므로 학습 과정과 결과에 중요한 영향을 미치는 학생들의 인식론적 신념을 연구함으로써 과학 학습 과정에서 학생들이 나타내는 특징을 이해하는 것은 의미 있는 일이라고 할 수 있다.

이와 같이 메타인지, 인식론적 신념, 과학 탐구 능력은 학생들의 학업성취도를 극대화시킬 수 있는 중요한 학습자 변인으로 간주되었다. 그러나 지금까지 이러한 변인들에 관한 연구들은 주로 상관 분석이나 회귀 분석에 그치고 있어 변인들 간의 단순 관련성이나 이 변인들이 과학 학업성취도를 얼마나 예측할 수 있는지를 알 수 있을 뿐 변인들 간의 인과적 관계나 간접 효과를 밝히지 못해 여러 변인들이 연합하여 발생하는 영향력을 파악할 수 없었다. 또한 기존의 통계 분석 방법들은 측정 항목들의 평균을 내어 단일항목화하는 것으로 측정 오차를 통제하지 못해 신뢰도에 문제가 제기되기도 하였다.

이에 본 연구에서는 구조방정식모델링(Structural Equation Modeling)을 활용한 종합적이고 통합적인 분석을 통해 고등학생의 학업성취도와 관련 변인들 간의 인과적 관계에서 직·간접 효과를 증명하고자 한다. 과학 학업성취도에 영향을 미치는 학습자 변인들이 다양하게 존재하는 상황에서 관련 변인들 간의 구조적 관계를 밝히는 연구는 과학 학업성취도의 증진을 위한 의미 있는 결과를 제공해 줄 수 있을 것이다.

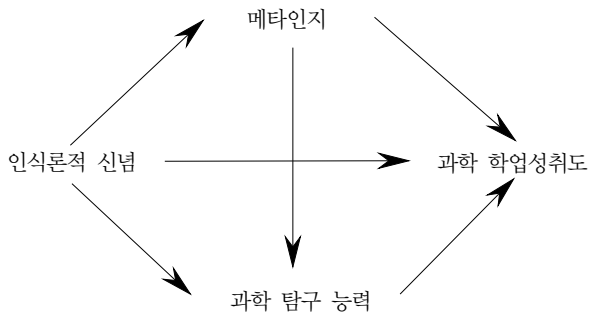

Figure 1. Hypothesized Research Model

이에 따라 인식론적 신념을 외생변인으로, 메타인지와 과학 탐구 능력 그리고 과학 학업성취도를 내생변인으로 설정하여 변인들 사이의 인과적 관계와 경로를 파악함으로써 학생들의 학업성취도에 대한 다각적인 이해를 돕고 학업성취도 향상을 위한 방안을 마련하고자 하였다. 또한 통계기법 상 측정 오차를 통제하여 신뢰도의 문제를 해결하고자 하였다. 본 연구의 목적에 따라 연구 문제를 다음과 같이 설정하였으며, 연구 문제 속 변인들 간의 구조적 관계를 밝히기 위해 설정한 연구 모델은 Figure 1과 같다.

첫째, 고등학생의 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력은 과학 학업 성취도에 직접 영향을 미칠 것인가?

둘째, 고등학생의 인식론적 신념은 메타인지와 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접 영향을 미칠 것인가?

셋째, 고등학생의 메타인지는 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접 영향을 미칠 것인가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 연구 모델인 구조방정식모델(혼성모델)의 부합도 및 모수치를 신뢰롭게 추정하기 위해 필요한 최소한의 연구 대상을 얻기 위해 모수치 : 피험자 수의 비율 1:10~20의 기준(Moon, 2009; Kline, 2011)에 따라 경기도에 위치한 남녀 공학 인문계 고등학교 3학년 학생 450명(남학생 227명, 여학생 223명)을 대상으로 하였다.

2. 연구 절차

먼저 인식론적 신념, 메타인지, 과학 탐구 능력 그리고 과학 학업성취도를 주제로 다룬 선행연구에 대한 고찰 및 문헌 조사를 실시하였다. 이를 바탕으로 검사 도구는 본 연구의 목적에 맞게 인식론적 신념은 Jehng *et al.*(1993)가 개발한 EBQ(Epistemological Beliefs Questionnaire) 개정판을, 메타인지는 Pintrich *et al.*(1991)가 개발한 MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire)를, 과학 탐구 능력은 Burns *et al.*(1985)가 개발한 TIPS II(Test of Integrated Process Skill)를 선정하였다. 이 검사 도구들은 고등학생 10명을 대상으로 예비 검사를 실시하여 문항의 적절성과 학생들의 이해 여부를 확인한 후 학생들이 답하는 데 어려움이 있는 문항들은 수정·보완하여 사용

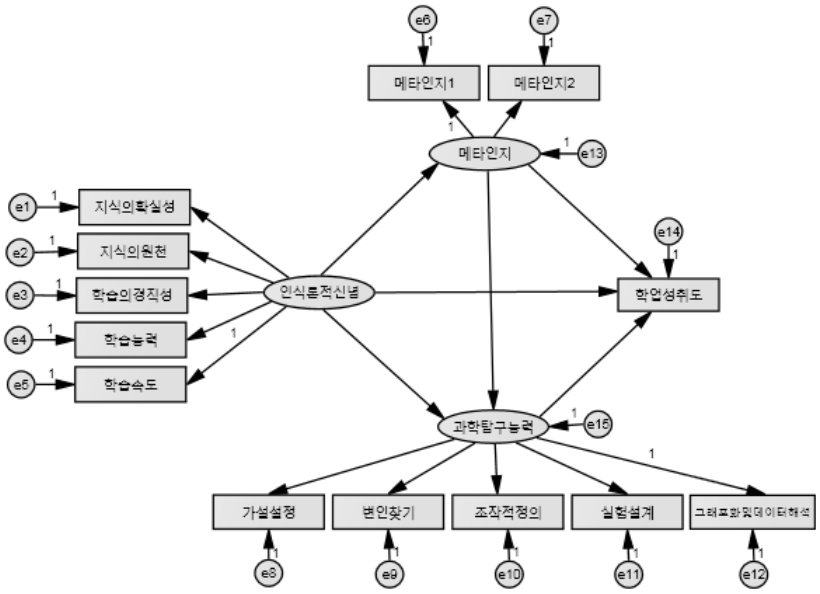

Figure 2. Statistical Hybrid Model

하였다. 본 검사는 2014년 7월 과학 수업 시간을 이용하여 50분 동안 실시하였다. 회수된 검사지의 응답 결과는 통계 처리하여 자료를 분석하였고, 이를 통해 연구 결과를 도출하였다.

3. 검사 도구

인식론적 신념 검사지는 Jehng *et al.*(1993)가 개발한 EBQ (Epistemological Beliefs Questionnaire) 개정판을 사용하였다. EBQ 개정판은 영역 일반성을 가정하고 만들어진 검사지로서 지식의 확실성, 지식의 원천, 학습의 경직성, 학습 능력, 학습 속도의 5개 하위 영역으로 구성되어 있다. 모두 61문항으로 이루어져 있는데, 이 문항 중 신뢰도가 낮은 4개 문항을 제외한 57문항을 사용하였다. 각각의 문항은 5단계 Likert 척도로 부정 문항의 경우에는 역채점하여 분석하였다. 이 검사지의 신뢰도(Cronbach's α)는 .895이었다. 메타인지 검사지는 Pintrich *et al.*(1991)가 개발한 MSLQ(Motivated Strategies for Learning Questionnaire)를 사용하였다. MSLQ는 학습 동기와 학습 전략을 측정하기 위한 것으로 총 81문항으로 구성되어 있는데, 본 연구에서는 학습 전략의 하위 영역인 메타인지 전략 부분의 12문항 중 신뢰도가 낮은 3개 문항을 제외한 9문항을 선택하여 사용하였다. 각각의 문항은 7단계 Likert 척도로 부정 문항의 경우에는 역채점하여 분석하였다. 이 검사지의 신뢰도(Cronbach's α)는 .839이었다. 과학 탐구 능력 검사지는 Burns *et al.*(1985)가 개발한 TIPS II(Test of Integrated Process Skill)를 사용하였다. TIPS II는 중·고등학생의 과학 탐구 능력을 측정하기 위한 것으로 통합 탐구 과정인 가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프화 및 데이터 해석 등의 5개 하위 영역, 총 36문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 4지 선다형으로 정답이면 1점, 오답이면 0점을 부여하여 채점하였고, 검사지의 신뢰도 (Cronbach's α)는 .807 이었다. 과학 학업성취도는 학생들의 1학기 중간고사와 기말고사, 수행평가 성적을 사용하였다.

4. 통계적 모델 및 자료 분석

본 연구는 고등학생의 과학 학업성취도의 원인변인으로 설정한 인식론적 신념, 메타인지, 과학 탐구 능력 간의 직·간접 효과를 분석하기 위해 <Figure 1>의 가설적 연구모델을 바탕으로 <Figure 2>와 같이 3개의 측정모델과 1개의 구조모델이 존재하는 통계적 모델을 설정하였다. 본 연구에서 설정한 통계적 모델은 하나의 모델 속에 지표변수와 잠재변수가 인과적 관계로 통합되어 있는 혼성모델(Hybrid Model)이다. 가설적 연구모델하의 각 이론변수들은 지표변수를 이용하여 수학적으로 측정되는 잠재변수로 설정하였다. 인식론적 신념은 지식의 확실성, 지식의 원천, 학습의 경직성, 학습 능력, 학습 속도를, 과학 탐구 능력은 가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프화 및 데이터 해석을 지표변수로 설정하였다. 본 연구에서 메타인지를 측정하기 위해 사용한 9개의 문항은 메타인지라는 하나의 구성 개념을 측정하는 것으로, 각각의 문항을 지표 변수로 설정할 경우 추정되어야 할 자유 모수치의 수가 증가하고 그 결과 정확한 모수 추정에 필요한 피험자의 수(1:10~20)가 증가하게 된다. 또한 구조방정식모델의 분석 과정에서 여러 문제점이 발생하게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 문항꾸러미화 방법(item parceling method)을 통해 메타인지의 9개 문항을 두 개의 꾸러미로 무작위 배치하여 메타인지 1과 메타인지 2라는 꾸러미변수를 메타인지의 지표변수로 설정하였다.

수집된 자료는 통계 프로그램 SPSS 21.0과 AMOS 22.0 평가판을 이용하여 분석하였으며, 유의수준 .05에서 통계적 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 측정변수간의 상호상관행렬 및 기술통계치

통계적 모델하의 측정변인들 간의 상호상관행렬 및 사례수, 평균, 표준편차, 왜도, 첨도를 추정한 결과는 Table 1과 같다. 각 측정변인들

Table 1. Correlation matrix and descriptive statistics for measured variables

	측정변인	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
인식론적 신념	1. 지식의 확실성	1												
	2. 지식의 원천	.668**	1											
	3. 학습의 경직성	.592**	.616**	1										
	4. 학습 능력	.488**	.587**	.433**	1									
	5. 학습 속도	.325**	.393**	.162**	.563**	1								
메타인지	6. 메타인지1	.234**	.286**	.182**	.332**	.226**	1							
	7. 메타인지2	.191**	.298**	.222**	.261**	.155**	.671**	1						
과학탐구능력	8. 가설 설정	.327**	.380**	.295**	.249**	.248**	.299**	.254**	1					
	9. 변인 찾기	.279**	.388**	.240**	.287**	.308**	.319**	.269**	.521**	1				
	10. 조작적 정의	.212**	.327**	.223**	.243**	.175**	.267**	.246**	.417**	.390**	1			
	11. 실험 설계	.186**	.249**	.161**	.174**	.210**	.311**	.247**	.441**	.434**	.295**	1		
	12. 그래프화 및 데이터 해석	.176**	.259**	.111**	.155**	.170**	.229**	.210**	.380**	.378**	.280**	.329**	1	
학업성취도	13. 학업성취도	.387**	.451**	.296**	.417**	.336**	.581**	.466**	.499**	.537**	.475**	.379**	.428**	1
	사례수	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	평균	42.17	30.38	29.40	42.02	37.91	20.74	15.79	6.76	9.28	4.06	2.48	4.90	70.72
	표준편차	6.13	4.92	3.77	6.96	4.16	5.15	4.64	1.60	2.13	1.33	.74	1.14	18.36
	왜도	.06	-.08	.30	.01	-.20	-.25	.05	-.95	-1.06	-.36	-1.30	-1.23	-.50
	첨도	-.10	-.19	.21	-.40	-.07	-.30	-.39	1.21	1.22	-.50	.98	1.73	-.72

**p<.01

Table 2. Model fit indices for measurement model

	DF	CMIN	NC	TLI	CFI	SRMR	RMSEA(.07)	
							LO90	HI90
지수	51	174.02	3.41	.92	.94	.05	.06	.09
기준		>.50	2.0~5.0	>.90	>.90	<.10	>.02	<.10

간의 상관관계를 분석한 결과, 모든 변인이 유의 수준 .05에서 유의한 상관관계를 나타내었다. 상관 분석에서 상관이 높은 변인들 간의 다중공선성을 진단한 결과, 분산팽창요인(VIF)이 모두 10이하를 나타내어 다중공선성의 문제가 없음을 확인하였다(Moon, 2009). 구조방정식모델에서 각 측정변인들이 정상분포를 이루지 않을 경우 다변량정규분포의 가정을 충족시킬 수 없고 그 결과 왜곡된 추정치를 얻게 되어 정확한 통계적 검증이 이루어지지 않는다. 이에 구조방정식모델하의 13개 측정변인들에 대한 다변인정규분포성을 검증한 결과, 각 측정변인의 표준왜도가 3보다 작고 표준첨도가 10보다 작아 정상분포의 조건이 충족되는 것으로 나타났다.

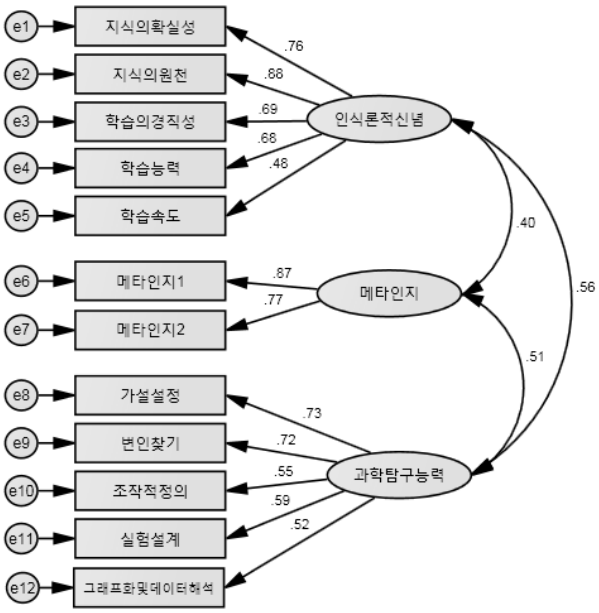

Figure 3. Estimate of standardized parameter for the measurement model

2. 측정모델의 부합도 및 모수치 추정

연구 모델인 구조방정식모델(혼성 모델)의 모델추정가능성 확인절차에 따라 먼저 측정모델의 부합도 및 모수치를 추정하였다. 측정모델은 모델추정가능성에서 간명모델로 나타나 최대우도추정법을 적용하여 측정모델의 부합도를 추정하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 측정모델의 모든 부합도지수가 부합도 기준에 양호하게 부합되는 것으로 나타났다. 측정모델의 부합도 지수가 양호한 것으로 나타남으로써 확인적 요인분석을 통해 측정모델의 모수치를 추정한 결과는 Figure 3과 같다. 각각의 잠재변인과 지표변인들 간의 관계를 검토한 결과, 모든 잠재변인에 있어서 지표변인들의 표준화 회귀계수인 요인부하량이 .48~.88로 평균 .50이상의 높은 부하량을 가지는 것으로 나타났다. 이에 따라 연구 모델하의 각 이론변인들을 측정하기 위해 선정된 지표변인들이 충분한 수렴타당도를 지니는 것으로 확인하였다. 그리고 잠재변인들 간의 상호상관정도를 검토한 결과 .40~.56으로 .85이하의 상관을 보여 잠재변인들 간에도 충분한 변별타당도를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 연구 모델하의 모든 이론변인들이 측정모델을 통해 통계적으로 정확하고 타당하게 측정될 수 있는 것으로 나타남에 따라 측정된 이론변인들 간의 인과적 관계를 설정한 구조방정식모델의 부합도 및 모수치를 추정하였다.

3. 구조방정식모델의 부합도 및 모수치 추정

통계적 모델을 구성하는 측정모델의 부합도 지수가 기준을 충족시키는 것으로 나타났고, 구조방정식모델의 모델추정가능성이 이론적으로 확인되었으므로 최대우도추정법을 적용하여 구조방정식모델의 부

Table 3. Model fit indices for structural equation model

	DF	CMIN	NC	TLI	CFI	SRMR	RMSEA(.07)	
							LO90	HI90
지수	60	198.14	3.30	.92	.94	.05	.06	.08
기준		>.50	2.0~ 5.0	>.90	>.90	<.10	>.02	<.10

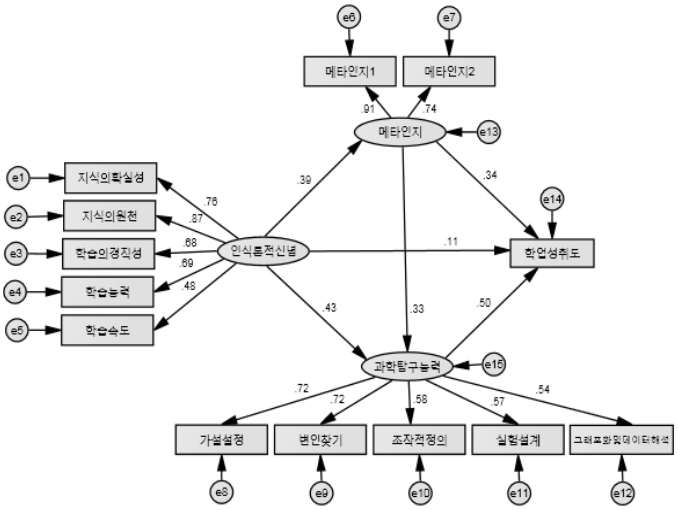

Figure 4. Estimate of standardized parameter for the Hybrid model

합도를 추정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 모든 부합도 지수가 부합도 기준을 충족시키는 것으로 나타났다. 통계적 모델이 자료에 양호하게 부합되는 것으로 나타남에 따라 구조방정식모델의 모수치를 추정하였다. 구조방정식모델의 모수치 추정 결과는 Figure 4와 같으며, 모수치 추정 결과에서 제시된 변인들 간의 효과를 직접효과 및 간접효과로 분해하여 추정한 결과는 Table 4와 같다. 구조방정식모델의 전체 효과 및 직·간접 효과의 모수치들이 유의수준 .05에서 모두 유의한 것으로 나타났다. 이에 따라 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력과 과학 학업성취도의 인과적 관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 고등학생의 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력이 과학 학업성취도에 미치는 직접적인 영향력은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 과학 학업성취도에 미치는 직접효과는 과학 탐구 능력이 β =.50(p<.05)으로 가장 컸고, 그 다음으로 메타인지 β =.34(p<.05), 인식론적 신념 β =.11(p<.05)의 순으로 나타났다. 과학 탐구 능력이 과학 학업성취도에 직접적인 영향(β =.50)을 미치는 것으로 나타난 본 연구의 결과는 과학 탐구 능력이 과학 학업성취도에 직접효과를 가지는 것으로 나타난 연구 결과(Kang *et al*., 2012; Ryu, 2010)와 맥락을 같이 하지만 초등학생을 대상으로 한 Kang *et al*.(2012)의 연구에서 얻은 β =.46과 고등학생을 대상으로 한 Ryu(2010)의 연구에서 얻은 β =.39보다는 β 값이 크게 나타났다. 이것은 학교 과학 교육에서 탐구 과정을 수행함으로써 과학 탐구 능력을 배양하고 이를 통해 과학의 기본 개념을 이해하도록 하는 것이 학생들의 학업성취도 향상에 효과적임을 시사하고 있다. 과학 학습에서 탐구는 다른 교과와 구분되는 가장 특징적인 것으로 탐구 활동을 하는 과정에서 습득한 과학 개념은 새로운 상황에서 적용력이 높다. 따라서 과학 수업에서 교사는 탐구학습 프로그램을 적극 활용하여 학생들이 탐구 활동을 통해 과학 개념과 원리를 발견하고 의미 있게 구성해나갈 수 있도록 이끌어주어야 할 것이다.

Table 4. Effects decomposition for a Hybrid model of science study achievement

변인	표준화계수(β)		
	전체효과	직접효과	간접효과
인식론적 신념 → 학업성취도	.52*	.11*	.42*
메타인지 → 학업성취도	.51*	.34*	.17*
과학 탐구 능력 → 학업성취도	.50*	.50*	
인식론적 신념 → 과학 탐구 능력	.56*	.43*	.13*
메타인지 → 과학 탐구 능력	.33*	.33*	
인식론적 신념 → 메타인지	.39*	.39*	

*p<.05

메타인지가 과학 학업성취도에 미치는 직접적인 영향력은 β =.34로 나타났는데, 이는 Lee(2010)의 연구결과(β =.36)와 맥을 같이 한다. 메타인지를 많이 활용하는 학생이 학업 성취도가 높게 나타난다는 연구결과(Zimmerman & Martinez-pons, 1986)와 더불어 본 연구의 결과는 학업성취도에 있어서 메타인지의 중요성을 뒷받침해준다. 학생들은 효과적인 학습을 위해 학습 과정에서 자신의 사고과정을 되돌아보고 적절한 학습 전략을 사용할 수 있어야 한다(Brown, 1987). 그러므로 교수·학습 과정에서 교사는 학생들의 메타인지 수준을 파악하고 개별화된 다양한 교수 전략을 통해 학생들이 메타인지를 활용하여 자신의 인지 과정을 조절하고 통제하는 기회를 반복적으로 경험하도록 적극적으로 지도함으로써 학업성취도를 효율적으로 신장시킬 수 있을 것이다.

인식론적 신념이 과학 학업성취도에 미치는 영향력은 β =.11로 나타났는데 이는 고등학생의 인식론적 신념이 학업성취도에 직·간접 효과가 있다는 구조방정식 모델의 분석 결과(Mun & Koh, 2009)와 맥락을 같이한다. 본 연구에서 인식론적 신념은 다른 학습자 변인에 비해 직접효과가 작게 나타나긴 했으나 학업성취도의 향상을 위해서는 학생들이 가지고 있는 인식론적 신념에 대한 이해가 필요함을 시사하고 있다. 학생들은 교육 경험을 통해 새로운 정보를 접하고 그 정보를 해석·평가할 기회를 항상 갖게 된다. 이러한 과정에서 학생들이 가지는 인식론적 신념은 과학 지식을 획득하고 학습 방향을 결정하는데 영향을 미치고(Hofer & Pintrich, 1997), 학습 과정에서 보다 더 효율적인 방법을 찾으려고 노력하는 학습의 적극성과 학습 지속력에 영향을 준다(Spiro *et al*., 1988). 따라서 과학 수업의 효과를 극대화하기 위해서는 학생들이 가지고 있는 인식론적 신념을 이해하고 이를 바탕으로 적절한 수업 방법을 선택하여 적용하는 것이 필요할 것이다.

둘째, 고등학생의 인식론적 신념은 과학 탐구 능력과 메타인지를 통해 과학 학업성취도에 간접효과를 가지는 것으로 나타났다. 인식론적 신념은 과학 탐구 능력(β =.43)과 메타인지(β =.39)에 직접적인 영향을 줄 뿐만 아니라 메타인지를 통해 과학 탐구 능력에 간접적인 영향(β =.13)을 미침으로써 메타인지와 과학 탐구 능력을 통해 학업성취도에 미치는 간접효과가 β =.42로 나타났다. 이것은 학생들의 인식론적 신념은 과학 학업성취도에 직접적으로 영향을 주기도 하지만 과학 탐구 능력과 메타인지를 신장시킴으로써 학업성취도에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 인식론적 신념의 경우 과학 학업성취도에 미치는 직접효과(β =.11)보다 간접효과(β = .42)가 더 높았고, 과학 학업성취도에 미치는 전체효과는 β =.52로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 인식론적 신념은 단일 변인으로 작용할 때보다 과학 탐구 능력 및 메타인지와 상호작용할 때 학생들의 학업성취도가 효과적으

로 신장될 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 인식론적 신념이 과학 탐구 능력에 영향을 준다는 연구 결과(Schommer, 1998)와 과학 탐구 능력이 부족한 학생들의 과학 학업성취도가 상대적으로 낮다는 연구 결과(Hong *et al*., 2006)를 통합적으로 해석하고, 인식론적 신념이 메타인지에 영향을 준다는 연구 결과(Hofer, 2004; Muis, 2007)와 메타인지가 학업성취도에 영향을 준다는 연구 결과(Plant, 2000)를 통합적으로 해석함으로써 설명할 수 있다. 과학 지식에 대한 인식론적 신념을 변화·발달시킴으로써 과학 교과서에 제시된 많은 법칙과 원리들이 수많은 탐구로부터 일반화된 결과물이라는 것을 학생들에게 상기시킬 수 있다. 그렇게 되면 학생들은 학습 과정에서 여러 가지 과학 개념을 문자적으로 또는 피상적으로 이해하기보다는 과학 활동에 능동적으로 참여하고 탐구하는 과정을 통해 얻은 결과를 의미 있게 해석하려고 노력하며, 메타인지 활동을 활발히 하면서 개념이 의미하는 바를 구성해 나갈 것이다. 따라서 과학 수업의 효율을 높이기 위해서는 학생들의 인식론적 신념을 이해하고자 하는 교육적 노력과 함께 학생들이 가지고 있는 인식론적 신념을 변화·발달시키는 것이 중요하며(Songer & Linn, 1991), 이를 통해 학생들의 과학 탐구 능력과 메타인지가 신장될 수 있도록 이끌어주어야 할 것이다. 이를 위해 인식론적 신념의 발달과 과학 탐구 능력 및 메타인지의 신장을 통합적으로 고려한 교수·학습 방법과 교육 프로그램의 개발이 필요할 것이다.

셋째, 고등학생의 메타인지는 과학 탐구 능력에 직접적인 영향(β =.33)을 줄 뿐만 아니라 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접적인 영향(β =.17)을 미치는 것으로 나타났다. 이것은 메타인지가 과학 학업성취도에 직접적으로 영향을 주기도 하지만 과학 탐구 능력의 신장을 통해 학업성취도에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 메타인지가 과학 학업성취도에 미치는 전체효과는 β =.51로 다른 변인들과 비슷하게 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 반복 경험과 연습을 통해 메타인지를 발달시켜 학생들이 학습 과정에서 메타인지를 적극적으로 활용하게 되면 그 과정에서 과학 탐구 능력 또한 신장되고, 그 결과 학업성취도가 향상되는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 메타인지가 과학 탐구 능력을 신장시키는 데 영향을 준다는 연구 결과(Cooper *et al*., 2008)와 과학 탐구 능력이 학업성취도에 영향을 준다는 연구 결과(Kang *et al*., 2012)를 통합적으로 해석함으로써 설명할 수 있다. 메타인지는 문제 해결과정에서 자신의 선행지식을 바탕으로 합리적으로 문제를 분석하고 문제의 해결을 위해 필요한 지식이 무엇인지를 파악하여 선택해낼 수 있는 전략을 세우는 능력으로(Costa, 1984), 선택한 지식을 활용하여 효과적으로 문제를 해결하도록 도와준다. 학생들이 어떤 문제에 직면했을 때 과학적 탐구 방법에 의해 스스로 문제를 해결하는 능력인 과학 탐구 능력(Kwon & Kim, 1994)을 배양하기 위해서는 탐구 과정을 계획·조절·통제할 수 있는 메타인지가 요구되어 진다. 따라서 교사는 학습자가 자신이 알고 있는 것과 모르는 것을 파악하고 알아야 할 내용을 인지한 후 탐구 활동을 할 수 있도록 기회를 만들어 주는 것이 필요할 것이다. 또한 메타인지와 함께 과학 탐구 능력을 신장시키도록 교육 프로그램을 개발할 필요가 있다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 과학 탐구 능력과 메타인지 및 인식론적 신념이 학생들의 학업성취도를 기술, 예측, 설명, 통제할 수 있는 중요한 변인임을 확인할 수 있었다. 따라서 교사는 탐구과정을 통해 기본 개념을 이해하도록 돕고 배운 개념을 자연의 탐구와 일상생활의 문제 해결에 적용할 수 있도록 학습 기회를 제공해야 하며, 학교 수업에서 학생들이 메타인지를 활용하여 자신의 인지 과정을 조절·통제하는 기회를 반복적으로 가지도록 이끌어주어야 할 것이다. 또한 인식론적 신념을 고려한 교육의 필요성을 인식하고 인식론적 신념 함양에 효과적인 지도 방법을 모색할 필요가 있을 것이다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구의 결과에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 고등학생의 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력은 과학 학업성취도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 잠재변인들 중 과학 학업성취도에 미치는 직접 효과는 과학 탐구 능력(β =.50)이 가장 컸고 그 다음으로 메타인지(β =.34), 인식론적 신념(β =.11)의 순으로 나타났다. 이는 학생들의 과학 탐구 능력과 메타인지가 신장되고 인식론적 신념이 변화되어질수록 과학 학업성취도가 향상될 수 있음을 의미한다. 따라서 학교 과학 교육에서 교사는 학생들의 과학 탐구 능력, 메타인지, 인식론적 신념을 통합적으로 고려한 교수·학습 방법을 모색함으로써 고등학생의 과학 학업성취도를 더욱 효과적으로 향상시킬 수 있을 것이라 판단된다.

둘째, 고등학생의 인식론적 신념은 메타인지와 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 인식론적 신념이 과학 학업성취도에 미치는 영향력은 직접효과(β =.11)보다는 메타인지와 과학 탐구 능력을 통한 간접 효과(β =.42)가 더 컸다. 이는 학생들의 인식론적 신념은 메타인지와 과학 탐구 능력을 향상시킴으로서 과학 학업성취도에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 의미한다. 본 연구의 결과는 고등학생의 과학 학업성취도 신장을 위해서는 학생들이 가지고 있는 인식론적 신념의 특성을 파악하고 이러한 특성이 보다 바람직한 방향으로 발전하도록 노력을 기울임으로써 과학 탐구 능력을 신장시키고 학습 과정에서 메타인지를 적극 활용하게 지도하는 것이 효과적인 방법임을 시사하고 있다.

셋째, 고등학생의 메타인지는 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접적인 영향(β =.17)을 미치는 것으로 나타났다. 이는 학생들의 메타인지는 과학 탐구 능력을 신장시킴으로써 과학 학업성취도에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 의미한다. 따라서 학생들의 과학 학업성취도를 향상시키기 위해서는 학습 과정에서 메타인지를 활용하여 학생 스스로 알고 있는 것과 모르는 것을 파악한 후 탐구 과정을 통해 개념 이해에 필요한 자신의 의미를 구성하고 개념들을 서로 연관시켜 파악하도록 이끌어주는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이를 위해 교수·학습 과정에서 교사는 학생들의 메타인지를 자극하고, 문제 해결 과정에서 메타인지를 적극 활용하도록 격려함으로서 과학 탐구 능력을 신장시킬 수 있도록 교수·학습 방법을 모색해야 한다.

본 연구의 결과에 대한 결론을 바탕으로 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 고등학생의 과학 학업성취도에 대한 직·간접 효과를 검증하기 위해 원인변인으로 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력을 선정하여 연구하였으나 이 변인들 만으로는 학생들의 학업성취도를 설명하는 데 한계가 있다. 따라서 후속 연구에서는 고등학생의 과학 학업성취도에 영향을 미치는 다른 개인변인과 환경 변인을 고려한 복합적이고 심층적인 인과 모형을 검토할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서는 고등학생을 연구대상으로 선정하였으나 초·중·고등학생은 다른 발달적 특성과 학습 환경을 가지므로 학교 급에 따라 학습 효과는 다양하게 나타날 수 있다. 따라서 학교 급 별로 구분하여 다집단 분석을 실시한다면 보다 정교한 연구결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

국문요약

고등학생의 인식론적 신념, 메타인지 및 과학 탐구 능력은 과학 학업성취도에 직접적인 영향을 미쳤다. 또한 인식론적 신념은 과학 탐구 능력과 메타인지를 통해 과학 학업성취도에 간접적인 영향을 미쳤으며, 메타인지는 과학 탐구 능력을 통해 과학 학업성취도에 간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 과학 학업성취도에 미치는 직접적인 영향력은 과학 탐구 능력이 가장 컸고, 간접적인 영향력은 인식론적 신념이 가장 크게 나타났다. 그러므로 학교 과학 교육에서 고등학생의 과학 학업성취도를 높이기 위해서는 과학 탐구 능력이 우선적으로 고려되어야 하고, 학업성취도와 과학 탐구 능력에 직·간접적인 영향을 미치는 인식론적 신념과 메타인지에 대해서도 더 많은 관심을 가질 필요가 있다. 그리고 인식론적 신념과 메타인지 및 과학 탐구 능력을 종합적으로 고려한 다양한 교육 프로그램의 개발과 교수·학습 방법을 개발해야 할 것이다.

주제어 : 인식론적 신념, 메타인지, 과학 탐구 능력, 과학 학업성취도

References

Baird, Fensham, Gunstone & White. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. Journal of research in science teaching, 28(2), 163-182.

Bayat, S., & Tarmizi, R. A. (2010). Accessing cognitive and metacognitive strategies during algebra problem solving among university students. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 8, 403-410.

Bloom, B. S. (1976). Human characteristics and school learning. New York, NY: Mcgraw- Hill.

Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanism. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation, and understanding, Hillside, NY. : L. Erlbaum Associates, 65-116.

Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an Integrated Process Skills Test: TIPS II. Journal of Research in Science Teaching, 22(2), 169-177.

Cooper, M. M., Sandi-Urena, S., & Stevens, R. (2008). Reliable multi method assessment of metacognition use in chemistry problem solving. Chemistry Education Research and Practice, 9, 18-24.

Costa, A. L., (1984). Mediating the metacognitive. Educational Leadership, 42, 57-62.

Flavell, J. H. (1979). Metacognitive aspects of problem solving. In L. Resnick(Ed.), The nature of intelligence. NJ: Lawrence Erlbaum.

Glynn, S. M. Brickman, P. Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. Journal of Research in Science Teaching, 48(10), 1159-1176.

Hofer, B. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories; Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. Review of Educational Research, 67, 88-140.

Hofer, B. K. (2004). Epistemological understanding as a metacognitive process: Thinking aloud during online searching. Educational Psychologist. 39, 43-55.

Hong, M., Jeong, E., Lee, M., & Kwak, Y. (2006). Analysis of korean middle school student science achievement at international benchmarks in TIMSS 2003. Journal of the Korean Association for Science Education, 26(2), 246-257.

Jehng, J. J. (1991). The nature of epistemological beliefs about learning. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Illinois, Urbana-Champaign.

Jehng, J. J., Johnson, S. D., & Anderson, R. C. (1993). Schooling and student's epistemological beliefs about learning. Contemporary Educational Psychology, 18, 23-35.

Jeon, S., & Park, J. (2014). Analysis of relationships of scientific communication skills, science process skills, logical thinking skills, and academic achievement level of elementary school students. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(7), 647-655.

Jeong, H., & Han, Y. (2003). The effects metacognitive learning strategies on achievement of elementary school students. Journal of Science educational research, 28, 57-68.

Kang, M., Kim, J., Yoo, E., Park, Y., & Cho, S. (2012). Investigating the structural relationship of self-regulated learning skills, cognitive presence, science process skills, and science learning achievement when using WISE. Korean journal of educational research, 16(2), 481-498.

Kim, S. (1996). A study of causal relationship on science process skills and student's characteristics by covariance structure analysis. Korea National University.

Kim, S., & Seo, H. (2011). Self-regulated learning ability related to science inquiry skill and affective domain of science in middle school. Journal of Science Education, 35(2), 307-323.

Kline, R. B. (2011). Principle and practice of structural equation modeling(3rd ed). The Guilford Press.

Kwon, J., & Kim, B. (1994). The development of an instrument for the measurement of science process skills of the korean elementary and middle school students. Journal of the Korean Association for Research in Science Education. 14(3), 251-264.

Lee, J. (2010). Analysis of the structural relationships among self-determination motivation to learn, metacognition, self-directed learning ability, learning flow, and school achievement. Korean journal of educational research, 48(2), 67-92.

Lee, J., & Kim, B. (1996). Structural analysis among science achievement, science process skills and affective perception toward science of high school students. Journal of the Korean Association for Science Education, 16(3), 249-259.

Ministry of Education and Science Technology (MEST). (2011). Science curriculum. Ministry of Education and Human Resources Development Bulletin 2011-361.

Moon, S. (2009). Basic concepts and applications structural equation modeling. Seoul: Hakjisa Publication Co.

Muis, K, R. (2007). Epistemic profiles and self-regulated learning: Examing relations in the context of mathematics problem solving. Contemporary Educational Psychology 32, 415-449.

Mun, B., & Koh, J. (2009). A structural analysis of epistemic beliefs, self-regulated learning and academic achievement. The Korean Journal of Educational Psychology. 23(3), 581-599.

Pintrich, P. R. & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self - regulated learning components of classroom academic performance. Journal of Educational Psychology, 82(1), 33~40.

Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire(MSLQ). National Center for Research to Improve Post-secondary Teaching and Learning. Ann Arbor: University of Michigan.

Plants, R. T. (2000). The relationship of motivation and metacognition to academic performance in graduate medical education. Unpublished doctoral dissertation, University of Memphis.

Reynold, A. J., & Walberg H. J. (1991). A structural model of science achievement. Journal of Educational Psychology, 83(1), 97-107.

Ryu, C. (2010). The structural relationship among learner variables affecting

the science achievement of high school students. Chungbuk National University.

Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. Journal of Educational Psychology, 82, 498-504.

Schommer, M. (1994b). Synthesizing epistemological beliefs research: tentative understandings and provocative confusions. Educational Psychology Review, 6(4), 293-319.

Schommer, M. (1998). The influence of age and schooling on epistemological beliefs. British Journal of Educational Psychology, 68, 551-562.

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration?. Journal of research in science teaching, 28(9), 761-784.

Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988). "Cognitive flexibility theory : Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains." In V. Patel and G. Groen. eds. Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ : Erlbaum. 375-383.

Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. American Educational Research Journal, 23(4), 614-628.

Woo, J., Kim, B., Hur, M., Kim, C., Yang, I., Choi, K., & Kim, T. (1999). A longitudinal trend analysis of science process skills. Journal of the Korean Association for Science Education, 19(2), 173-184.