

과학적 사고력 발달에 영향을 미치는 변인의 회귀분석 결과

김영신 · 정완호
(한국교원대학교)

An Regression Analysis for Variables on Effect of Development of Scientific Thinking

Kim, Young-Shin · Chung, Wan-Ho
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to regression analysis for variables on effect of development of scientific thinking. The subjects sampled in this study was 117 5th grade students, 131 8th grade students, and 127 11th grade students. The students were administered test of 10 questionnaires. The GALT(group assessment of logical thinking), FIT(figured intersection test), and GEFT(group embedded figural intersection test) were used which developed previous researchers. And other questionnaires were modified. The result of this study showed that cognitive variables, psychological variables, home variables and learning environment variables made effects on scientific thinking. Cognitive variables, psychological variables, home variables, and learning environment variables explained 60%, 10%, 5% and 10% to scientific thinking. All of those variables explained around 86%. Overall, 5th, 8th and 11th grade models were similar but with some differences in the effects of contextual variables with in the models.

Key words : Scientific thinking, cognitive variables, psychological variables, home environment, learning environment

I. 서론

과학교육에서 과학적 사고력은 중요한 관심사이며, 중요한 목표 중의 하나이다(Kuhn et al., 1988). 과학교육에서 과학적 사고력이 강조되는 이유는 첫째, 급변하는 사회적 요구 때문이다(김영채, 1995). 현대

사회는 정보화 사회로 대별되고 있다. 정보화 사회란 아이디어가 지배하는 사회를 의미한다. 따라서 기능적인 지식을 습득하며 논리적 사고와 지식을 체계적으로 정리하여 새로운 아이디어를 창출하는 사고력의 중요성이 더욱 강조된다. 둘째, 학습자의 사고력 또는 인지 수준의 결손이다(노태희 등, 1996: 전우수 등,

*2001년 5월 22일 받음.

1999; 정완호 등, 2000). 우리 나라의 초·중·고 학생뿐만 아니라 대학생에게서도 인지 수준이 과도기 및 구체적 조작기에 해당하는 학생이 있는 것으로 나타났다. 또한 일부 학습자의 과학적 사고력이 경험-귀납적인 사고 수준에 해당하였다.

셋째, 교사들의 수업 방법의 개선과 수업 자료의 개발에 투자와 노력을 집중하지만, 효과는 그렇게 만족스럽지 못하다(강호감 등, 1999; 정완호 등, 2000). 최근에 이러한 한계 때문에 사고력 교육의 필요성이 대두되고 있다. 넷째, 1994년부터 실시된 대학수학능력시험이다(명전옥과 박승재, 1995). 대학수학능력시험은 지식 암기와 기초적인 이해 위주의 평가에서 벗어나 탐구 사고력을 평가하도록 그 평가 방법이 변하였다. 이에 따라 학교 현장의 과학 교수-학습 활동에서도 지식 위주의 수업에서 벗어나 사고력 향상에 초점을 맞추고 있다.

과학적 사고력은 논리적 사고력으로서의 과학적 사고력, 문제 해결로서의 과학적 사고력, 귀납으로서의 과학적 사고력으로 크게 나눌 수 있다(Kuhn et al., 1988; Siegler, 1991). 과학적 사고에 대한 귀납으로서의 과학적 사고력은 논리적 사고로서의 과학적 사고의 한 부분이다. Lawson은 과학적 사고를 연역적, 귀납적 추론의 원리에 맞춰서 논리적인 논제들을 평가하고 생성하는 과정이라고 보았다. 따라서 과학적 사고력은 논리적 사고로서의 과학적 사고와 문제해결로서의 과학적 사고로 구성된다. 과학적 사고력에 대한 관점은 논리로서의 과학적 사고에 대한 관점이 대부분이다. 예를 들면, 강순희 등(1996), 김광명과 안희수(1992), 이진희(2000), 정완호 등(1999) 등의 연구이다. 문제 해결로서의 과학적 사고력에 대한 관점은 과학적 사고력이라고 표현하기보다는 과학적 탐구 능력 또는 탐구 과정 등으로 표현하고 있다. 따라서 본 연구에서는 과학적 사고에 대한 3가지의 관점을 종합해 볼 때 논리로서의 과학적 사고와 문제 해결로서의 과학적 사고가 과학적 사고를 구성하는 것으로 규정할 수 있다.

과학적 사고력의 발달에 대한 국내외의 연구들은 과학적 사고력에 영향을 미치는 변인에 대한 규명이 그 주를 이루고 있다(김영신, 2000). 이들 선행 연구

는 학습자의 인지적, 심리적 변인, 가정환경 변인, 학습환경 변인이 과학적 사고력에 영향을 미친다고 지적하였다.

한편, Bloom(1976)은 학업성취도에 대한 설명력은 인지적 변인이 50%, 정외적 특성 25%, 수업의 질이 25%라고 주장하였다. 그러나, 과학적 사고력에 대한 연구는 대부분 학습자의 인지적 변인에 초점을 두고 있다. 더욱이 다양한 학습자 특성 중에서 제한된 변인만을 고려하여 과학 성취도 또는 과학 탐구능력을 설명하려고 하기 때문에 전체 변량의 설명력이 낮게 제시되고 있다(Foong et al., 1992; Sunal, 1991; Young & Fraser, 1993), 과학적 사고력을 설명하는 변인의 전체 예언력이 낮기 때문에 과학적 사고력을 향상시키기 위한 구체적인 방안을 제시하지 못하고 있다(Holdzkom & Pamela, 1991).

따라서 본 연구에서는 5학년, 8학년, 11학년 학생들의 과학적 사고력에 영향을 미치는 학습자의 인지적, 심리적 범주와 가정환경, 학습환경 범주가 어느 정도를 설명하는지를 분석함으로써 과학적 사고력 함양을 위한 구체적인 방안을 제공하고자 한다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 첫째, 과학적 사고력을 예언하는 변인이 학년에 따라서 어떻게 차이가 있는가? 둘째, 과학적 사고력을 예언하는 변인의 설명력은? 본 연구의 결과는 5학년, 8학년, 11학년의 과학적 사고력 향상을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

과학적 사고력에 영향을 미치는 학습자의 인지적 및 심리적 변인, 가정환경 변인, 학습전략 변인을 규명하기 위하여 지역과 성별을 고려하여 5학년, 8학년, 11학년 학생을 대상으로 조사·분석하였다.

1. 검사 도구

과학적 사고력과 과학 성취도에 대한 예언 변인에 대한 국내외의 선행 연구를 분석하였다. 선행 연구에서 추출한 변인을 학습자의 인지적 범주, 학습자의 심리적 범주, 가정환경 범주, 학습환경 범주의 4가지

범주로 구분하였다. 학습자의 인지적 범주에는 다중 지능(multiple intelligence), 논리적 사고력(logical thinking), 인지양식(cognitive style), 정신용량(mental capacity)이 포함되었다. 학습자의 심리적 범주에는 초인지(meta-cognition), 자기조절 학습능력(self-regulated learning), 자아-효능감(self-efficacy), 자아-존중감(self-esteem), 성격(personality), 성취 동기(achievement motivation)가 포함되었다. 학습자의 가정환경 범주에는 가정 환경(home environment), 부모 기대(parent expectation), 사회 경제적 지위(socio-economic status, SES)가 포함되었다. 학습환경 범주에는 교사 특성(teacher characteristics), 교사와 학생의 상호 작용(teacher interaction), 교사의 기대(teacher expectation), 학교 적응(school adjustment), 학교 생활 태도(school life attitude), 학교의 심리적 환경(school psychological environment), 학급 분위기(classroom climate), 학습 동기(learning motive), 학습 태도(learning attitude), 과학적 태도(scientific attitude), 학습 양식(learning style), 과학적 경험(scientific experience)이 포함되었다(김영신과 정완호, 2001).

검사지 대부분의 신뢰도가 .60 이상이지만, .50 이하인 검사지는 자아-효능감, 자아-정체감, 자아-개념, 귀인성향, 가정환경, 학습 태도, 학습 양식으로 나타났다. 학년에 따라서 신뢰도에 큰 차이를 보이는 검사 도구는 자아-효능감, 자아-정체감, 가정환경, 학습 태도이다. 검사도구의 전체 신뢰도의 범위는 .21~.90의 범위를 갖는다.

본 연구의 종속 변인인 과학적 사고력은 과학 탐구 능력 검사도구와 과학적 추론으로 구분하였다. 과학 탐구능력 검사도구는 권재술과 김범기(1994)가 개발한 검사도구를 사용하였다. 이 검사지는 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상, 자료해석, 자료변환, 가설설정, 변인 통제, 일반화의 10가지 탐구 요소로 구성되어 있다. 문항의 수는 각 탐구 요소 당 3문항으로 구성하여 총 30문항이다. 초등학교와 중학교를 대상으로 한 검사의 신뢰도는 .74이다. 과학 추론 검사도구는 Lawson이 개발하고, Kwon(1997)이 변안한 검사도구를 사

용하였다. 문항은 물 붓기 과제 2문항, 진자 과제 2문항, 파리 과제 2문항, 확률 과제와 조류 과제 1문항, 쥐 과제 1문항, 개구리 과제 1문항, 쫓불 과제 2문항, 삼투 과제 2문항으로 구성되어 있다. 총 14문항으로 구성되어 있다. 과학적 추론 검사지의 신뢰도는 Cronbach α =.85이다.

2. 자료 수집

과학적 사고력에 대한 예언 변인을 규명하기 위하여 5학년, 8학년, 11학년 학생을 대상으로 표집하였다. 지역(대도시, 중소도시, 시골)과 성별을 고려하였으며, 각 피험자는 학습자의 인지적 범주와 심리적 범주, 가정환경 범주, 학습환경 범주를 구성하는 모든 검사 도구에 응답하도록 하였다. 자료 수집은 1999년 4월 1일부터 2000년 2월 15일까지 실시하였다. 많은 검사 도구를 사용하는 관계로 학교 현장의 수업을 고려하여 오랜 기간 동안에 검사가 이루어졌다. 각 검사지는 우편을 통해 우송하여 담임 교사 또는 교과 담당 교사의 감독 하에 검사를 실시하였다. 자료의 수집에서 특별히 시간을 요구하는 정신용량 검사와 인지양식 검사를 제외하고, 나머지 검사는 검사지를 해결하는데 충분한 시간을 제공하였다.

3. 채점 및 분석 방법

본 연구에 사용된 검사도구의 채점은 선행 연구에 기초를 두었다. 사회 경제적 지위는 부모의 직업, 학력, 가족의 월수입을 지수화하여 표시하였다(김영신, 2000). 그리고, Likert 식으로 구성된 나머지 검사도구는 긍정형의 문항인 경우에는 '아주 그렇다' 5점에서 '전혀 그렇지 않다' 1점으로 부과하였다. 부정형의 문항은 긍정형의 문항의 역으로 환산하여 점수를 부과하였다. 과학적 사고력을 측정하기 위한 과학 탐구 능력 검사와 과학 추론 능력 검사의 채점은 정답을 표기한 경우에 1점, 그 이외의 경우에는 0점을 부과하였다.

표집한 학생 중 검사 도구 중 한 가지의 검사도구에라도 응답하지 않은 학생은 통계 처리 과정에서 제

외하였다. 따라서 통계 분석에 포함된 학생은 총 375명이다. 이들 학생 중 5학년은 117명, 8학년 131명, 11학년 127명이다. 지역별로는 대도시 160명, 중소도시 92명, 읍·면 지역 123명으로 구성되었다.

통계분석은 SPSSWIN(Version 9.0)을 이용하여 분석하였다. 회귀 분석을 통해서 5학년, 8학년, 11학년의 과학적 사고력을 설명하는 회귀식을 구하였다. 또한 학습자의 인지적 범주, 심리적 범주, 가정환경 범주, 학습환경 범주가 과학적 사고력을 어느 정도 설명하는지를 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

학습자의 인지적, 심리적 범주와 가정환경, 학습환경 범주가 과학적 사고력을 어느 정도를 예언하는지를 분석하였다. 이를 위하여 다중회귀 분석을 통하여 과학적 사고력을 과학 탐구능력과 과학적 추론능력으로 구분하여 살펴보았다.

1. 과학 탐구능력

1) 5학년

5학년의 경우, 과학 탐구능력을 설명해 주는 변인으로는 정신 용량, 논리적 사고력, 과학적 경험으로 나타났다. 이들 변인이 과학 탐구능력에 대한 설명력은 각각 9%, 4%, 4%로 나타났다. 이들 변인 전체가 과학 탐구능력을 설명해주는 설명력은 약 17%로 나타났다(Table 1).

변인의 설명력에서 다른 변인과 관련된 설명력을 통제한 각 독립변수의 설명력을 표준화한 회귀 계수

인 β (standardized partial-regression coefficients) 값은 과학 탐구능력의 경우 정신용량, 논리적 사고력, 과학적 경험이 각각 .29, .22, .18로 나타났다. 다른 변인을 제거했을 때 이들 변인이 과학 탐구능력을 설명해 주는 설명력은 8.4%, 4.8%, 3.2%로 나타났다.

이러한 본 연구의 결과는 초등학교에서 학생들의 생활에 지대한 영향을 줄 것으로 예상되는 학습환경 변인 중 교사 변인이 과학적 사고력에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학교 현장의 과학 교수·학습이 학생들의 과학적 사고력을 향상시키지 못하거나(정완호 등, 2000), 교사의 학습 지도가 학생들의 과학적 사고력에 직접 영향을 주기보다는 학습 동기에 더 직접적인 영향을 주기 때문(강호감, 2000; Anderman & Young, 1994)인 것으로 사료된다. 과학적 경험이 과학 탐구능력에 영향을 준다는 임청환 등(1997)의 연구 결과와 일치하고 있다. 이는 탐구 중심의 활동을 통해서 학생들의 과학 탐구능력을 향상시킬 수 있다는 주장(Padilla & Okey, 1983)과 맥을 같이 하고 있다.

2) 8학년

8학년의 경우, 과학 탐구능력을 예언해 주는 변인으로 논리적 사고력, 인지양식, 학교의 심리적 환경, 자기조절 학습능력, 정신용량, 자아-효능감이었다. 각 변인의 설명력은 31%, 7%, 4%, 2%, 3%, 2%로 나타났다. 이들 변인이 과학 탐구능력을 설명해주는 전체 예언력은 약 50%로 나타났다. 표준화된 회귀 계수인 β 값을 살펴보면, 과학 탐구능력의 경우 논리적 사고력 .41(16.8%), 인지 양식 .17(2.9%), 학교의 심리적 환경 -.25(6.3%), 자기조절 학습능력 .08(.6%),

Table 1. Multiple regression analysis for science process skills on 5th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
Mental capacity	.30	.09	.09	.18	.07	.29	2.76*
Logical thinking ability	.36	.13	.04	.30	1.30	.22	2.35*
Scientific experience	.41	.17	.04	.05	.04	.18	1.50
Constant				2.63	6.77		.39

* $p < .05$

정신용량 .13(1.7%), 자아-효능감 .2(4%)였다. 과학적 추론 능력의 경우 논리적 사고력 .50(25%), 정신용량 .17(2.9%), 사회경제적 지위 .13(1.7%), 학교 생활 태도 -.09(.8%)였다(Table 2).

8학년은 5학년에 비해 과학 탐구능력을 설명하는 변인의 수가 많았다. 과학적 경험은 5학년의 과학 탐구능력을 설명하는 예언변인이었으나, 8학년에서는 예언하는 변인에 해당하지 않았다. 또한, 학습자의 인지적 범주 중 인지 양식과 심리적 변인인 자아-효능감, 학습환경 범주에 해당하는 학교의 심리적 환경과 자기조절 학습 능력은 8학년의 과학 탐구능력을 설명하는 변인으로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 5학년의 인지적 범주와 과학적 경험이 학생들의 과학 탐구능력을 설명하고 있지만, 중학교에 들어가면서 보다 많은 변인들이 영향을 미친다고 할 수 있다. 또한, 8학년에서 설명 변인으로 해당하지 않은 변인은 5학년에 비해 작은 영향이 8학년

에서 통계적인 차이로 나타났을 것으로 사료된다. 따라서 5학년에서도 학교의 심리적 환경, 자아-효능감의 향상을 위한 방안이 마련되어야 할 것이다.

학습자의 심리적 범주와 학습환경이 학생들의 과학 탐구능력에 영향을 미치고 있는 것은 학습 동기의 유발, 성취 후에 느끼는 만족감, 강의식 수업에서 느낄 수 없는 내적 보상 등의 심리적 요인이 바람직한 과학적 태도의 형성에 기여하여 과학 탐구능력을 향상시키기(Talton & Simpson, 1986) 때문으로 사료된다.

3) 11학년

11학년의 과학 탐구능력을 예언해 주는 변인으로는 논리적 사고력, 정신용량, 과학적 경험, 그리고 교사 특성으로 나타났다. 이들 변인이 과학 탐구능력을 설명해 주는 예언력은 각각 28%, 5%, 6%, 4%로 나타났다으며 전체 예언력은 47%로 나타났다(Table 3). 11학년의 과학 탐구능력에 대한 표준화된 회귀 계수

Table 2. Multiple regression analysis for science process skills on 8th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.56	.31	.31	2.52	.54	.41	7.70*
Cognitive style	.61	.38	.07	.15	.08	.17	1.95*
School psychological environment	.65	.42	.04	-.19	.08	-.25	-2.28*
Self-regulated learning	.67	.44	.02	.12	.14	.08	.81
Mental capacity	.69	.47	.03	.09	.06	.13	1.68
Self-efficacy	.70	.49	.02	.35	.13	.20	2.70*
Constant				2.28	5.89		.37

*p<.05

Table 3. Multiple regression analysis for science process skills on 11th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.52	.28	.28	1.17	.49	.21	2.39*
Mental capacity	.61	.37	.05	.29	.07	.32	4.13*
Scientific experience	.66	.43	.06	.05	.04	.13	1.26
Teacher characteristics	.68	.47	.04	.24	.09	.24	2.64*
Constant				-6.31	6.33		-1.00

*p<.05

β값은 논리적 사고력 .21(44%), 정신용량 .32(10.2%), 과학적 경험 .13(1.7%), 교사 특성 .24(5.8%)였다.

5학년과 8학년과는 달리 11학년에서 과학적 사고력을 설명해 주는 예언력 중 교사의 특성 변인이 약 4%정도의 예언력을 가지는 것으로 나타났다. 그러나 학습환경 변인 중 학교 변인에 해당하는 변인은 과학적 사고력에 대한 예언력을 가지지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 가정 변인과 학습자의 심리적 변인은 과학적 사고력을 예언하지 못하였다.

11학년의 과학 탐구능력에 교사 특성이 예언 변인으로 포함된 것은 과학 탐구능력의 향상을 위해서는 교사의 역할이 강조된다고 할 수 있다(Welch et al., 1981; Shymansky, 1978). 교사의 효과적인 발문 전략, 학생들과 상호작용하는 탐구 양식의 적용을 통해 탐구능력을 향상시킬 수 있기 때문이다(Lawson, 1995).

학년이 올라가면서 과학적 사고력을 예언하는 인지적 변인의 예언력이 더 증가하는 것은 과학 탐구 능력이 전두엽연합령의 기능과 관련되기 때문인 것으로 사료된다(정완호 등, 1999; Kwon, 1997). 즉, 과학적 사고력과 같은 고등사고 기능은 학년이 올라가면서 가정 변인, 심리적 변인, 학습환경보다는 전두엽연합령의 기능과 깊은 관련이 있기 때문인 것으로 사료된다.

4) 피험자 전체

피험자 전체를 대상으로 과학 탐구능력에 영향을 주는 변인을 분석하였다. 그 결과 논리적 사고력, 정신 용량, 인지 양식, 학습 동기, 학교의 심리적 환경, 과학적 경험이 과학적 사고력을 예언해 주는 변인으로 나타났다. 이들 변인의 예언력은 각각 39%, 9%, 2%, 1%, 2%, 1%이다. 표준화된 회귀 계수인 β값은 과학 탐구능력의 경우 논리적 사고력 .36, 정신용량 .25, 인지양식 .14, 학습 동기 .09, 학교의 심리적 환경 -.10, 과학적 경험 .08로 나타났다(Table 4).

한편, 과학 탐구능력에 대한 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = 3.31 + .36(\text{논리적 사고력}) + .25(\text{정신 용량}) + .14(\text{인지 양식}) + .09(\text{학습 동기}) - .10(\text{학교의 심리적 환경}) + .08(\text{과학적 경험})$$

과학 탐구능력을 설명해 주는 변인을 분석한 결과, 논리적 사고력과 정신용량이 5학년, 8학년, 11학년 모두에서 설명해주는 변인으로 나타났다. 그리고, 과학적 경험은 5학년과 11학년에서 과학 탐구능력을 설명해주는 변인으로 분석되었다.

과학 탐구능력을 설명하는 변인에 대한 선행 연구들은 논리적 사고력(임청환 등, 1997; Germann, 1994; Padilla & Okey, 1983), 관찰 경험(최재원, 1996)이 과학 탐구능력에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구의 결과 선행 연구에서 제시한 변인 이외

Table 4. Multiple regression analysis for science process skills on the whole subjects

Predictor variables	R	R ²	Increase-ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.63	.39	.39	2.35	.30	.36	7.85*
Mental capacity	.70	.48	.09	.19	.03	.25	5.76*
Cognitive style	.71	.50	.02	.12	.04	.14	3.03*
Learning motive	.72	.51	.01	.10	.06	.09	1.68
School psychological environment	.73	.53	.02	-.08	.05	-.10	-1.76
Scientific experience	.73	.54	.01	.06	.20	.08	1.66
Constant				3.31	3.34		.991

*p<.05

에 학습 동기, 학교의 심리적 환경, 자기 조절 학습능력, 자아-효능감, 교사 특성이 과학 탐구능력을 예언하는 것으로 나타났다.

한편, 가정환경과 학습환경 범주에 해당하는 변인들이 과학 탐구능력에 영향을 준다는 선행 연구들과 본 연구의 결과가 일치하고 있다. 그러나, 과학 탐구능력을 설명하는 설명력은 인지적 범주가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 학습자의 논리적 사고력이나 정신용량을 향상시킴으로써 과학 탐구능력이 어떻게 변화되는지에 대한 추가적인 연구가 이루어지길 기대한다.

2. 과학 추론능력

1) 5학년

과학적 추론능력을 설명해 주는 변인으로는 학교 생활 태도, 성격, 초인지, 논리적 사고력으로 나타났다. 이들 변인이 과학적 추론능력을 설명해 주는 예언력은 각각 7%, 7%, 5%, 3%이다. 과학적 추론능력에 대한 표준화된 회귀 계수인 β 값은 학교 생활태

도 .36(13.0%), 성격 -.47(22.1%), 초인지 .09(0.8%), 논리적 사고력 .18(3.2%)이다(Table 5).

5학년의 과학 탐구 능력에 비해 과학적 추론능력을 설명해주는 변인이 다양한 것으로 나타났다. 과학 탐구능력을 설명해주는 범주는 인지적 범주와 학습환경 범주였다. 과학적 추론능력을 설명해주는 범주는 인지적 범주, 심리적 범주, 학습환경 범주였다.

2) 8학년

과학적 추론 능력은 논리적 사고력, 정신용량, 부모의 사회 경제적 지위, 학교 생활 태도로 나타났다. 이들 변인의 예언력은 각각 39%, 3%, 3%, 2%였다(Table 6). 표준화된 회귀 계수인 β 값을 살펴보면, 과학 탐구능력의 경우 논리적 사고력 .41(16.8%), 인지양식 .17(2.9%), 학교의 심리적 환경 -.25(6.3%), 자기조절 학습능력 .08(6%), 정신용량 .13(1.7%), 자아-효능감 .2(4%)였다. 과학적 추론 능력의 경우 논리적 사고력 .50(25%), 정신용량 .17(2.9%), 사회경제적 지위 .13(1.7%), 학교 생활 태도 -.09(.8%)였다.

Table 5. Multiple regression analysis for scientific reasoning on 5th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
School life attitude	.26	.07	.07	.08	.04	.36	1.85
Personality	.38	.14	.07	-.08	.02	-.47	-3.36*
Meta-cognition	.44	.19	.05	.04	.06	.09	.62
Logical thinking ability	.47	.22	.03	.89	.48	.18	1.87
Constant				-1.74	2.48		.70

* $p < .05$

Table 6. Multiple regression analysis for scientific reasoning on 8th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.62	.39	.39	1.69	.31	.50	5.53*
Mental capacity	.65	.42	.03	.07	.03	.17	2.17*
Socio-economic status	.67	.45	.03	.07	.05	.13	1.50
School life attitude	.68	.47	.02	-.04	.06	-.09	-.71
Constant				-1.014	3.359		-.30

* $p < .05$

5학년의 과학적 추론 능력을 예언하는 변인은 학습 환경과 심리적 범주가 크게 작용하였지만, 8학년에서는 인지적 변인이 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 과학 탐구능력에서는 예언 변인으로 등장하지 못했던 가정의 사회 경제적 지위가 예언 변인으로 등장한 것이 특이할 만하다.

8학년의 과학탐구 능력을 예언하는 변인과 어떤 차이가 있는지를 살펴보면(Table 2, 6) 논리적 사고력과 정신 용량은 과학적 탐구능력과 추론 능력을 모두 예언하는 변인으로 나타났다. 과학 탐구능력을 예언하는 변인으로 심리적 범주에 해당하는 변인이 있었으나, 과학 추론능력에는 심리적 범주에 해당하는 변인이 없었다. 반대로 가정환경 범주의 사회 경제적 지위가 과학추론능력을 예언하고 있지만, 과학탐구 능력은 그렇지 못하였다. 이러한 분석으로 볼 때, 동일학년 내에서 과학 탐구 능력과 과학 추론 능력을 설명하는 예언 변인이 서로 다른 것을 알 수 있다.

가정환경의 변인이 학생들의 과학 성취도와 과학적 태도에 영향을 미친다는 보고되고 있다(Talton & Simpson, 1985; Kremer, Walberg, 1981; White & Reynolds, 1993). 본 연구의 결과 가정 환경의 변인이 학습자의 과학적 추론 능력에도 영향을 주는 것으로 나타났다.

3) 11학년

11학년의 과학적 추론능력을 예언해 주는 변인은 논리적 사고력, 과학 경험, 인지 양식, 과학적 태도이다. 이들 변인이 과학적 추론능력을 설명해 주는 예언력은 각각 50%, 6%, 2%, 1%이다. 과학적 추론

능력의 β 값은 논리적 사고력 .48(23.0%), 과학적 경험 .08(.6%), 인지양식 .15(2.2%), 과학적 태도 .14(2.0%)이다(Table 7).

8학년과 11학년의 과학적 추론 능력을 설명하는 변인은 논리적 사고력이었다. 8학년에서는 가정의 사회 경제적 지위가 과학적 추론 능력을 예언하고 있지만, 11학년에서는 예언 변인에 포함되지 않았다. 인지적 범주에 해당하는 정신 용량(8학년) 대신에 인지 양식이 예언변인에 포함되었으며, 학습 환경 범주의 학교 생활 태도 대신에 과학적 태도가 예언 변인으로 대체되었다.

논리적 사고력과 과학적 경험은 11학년의 과학적 추론 능력과 과학 탐구 능력을 모두 예언하였다. 인지양식과 과학적 태도는 과학적 추론 능력을 정신용량과 교사 특성은 과학 탐구능력을 예언하였다.

4) 피험자 전체

과학적 추론 능력의 경우 논리적 사고력 54%, 정신 용량 3%, 인지 양식 1%, 학습 동기 1%, 학교의 심리적 환경 1%로 나타났다(Table 8). 과학적 추론의 경우는 논리적 사고력 .54, 정신 용량 .11, 인지 양식 .12, 학습동기 .07, 학교의 심리적 환경 -.12, 학급 분위기 .10이었다.

전체 피험자를 대상으로 할 때 과학적 추론 능력과 과학 탐구 능력을 예언하는 변인이 서로 비슷한 것으로 나타났다. 논리적 사고력, 정신 용량, 인지 양식, 학습동기, 학교의 심리적 환경이 두가지 종속 변인을 모두 예언하였다. 학습동기와 학교의 심리적 환경, 학급 분위기는 5학년, 8학년, 11학년 학생들의 과학적

Table 7. Multiple regression analysis for scientific reasoning on 11th grade

Predictor variables	R	R ²	Increase-ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.70	.50	.50	1.95	.30	.48	6.39*
Scientific experience	.75	.56	.06	.02	.03	.08	.87
Cognitive style	.76	.58	.02	.09	.04	.15	2.23*
Scientific attitude	.77	.59	.01	.02	.01	.14	1.80
Constant				-9.63	3.92		-2.45*

*p<.05

Table 8. Multiple regression analysis for scientific reasoning whole subjects

Predictor variables	R	R ²	Increase- ment of R ²	B	SE B	β	T
Logical thinking ability	.74	.54	.54	2.07	.16	.54	13.04*
Mental capacity	.76	.57	.03	.05	.02	.11	3.00*
Cognitive style	.76	.58	.01	.06	.02	.12	2.86*
Learning motive	.77	.59	.01	.05	.03	.07	1.50
School psychological environment	.77	.60	.01	-.06	.03	-.12	-2.13*
Classroom climate	.78	.60	.00	.04	.02	.10	2.98*
Constant				-5.04	1.77		2.85

*p<.05

추론 능력을 예언하지는 못하였지만, 전체 피험자를 대상으로 할 때 예언변인에 포함되었다.

과학적 추론능력에 대한 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = 3.31 + .54(\text{논리적 사고력}) + .11(\text{정신용량}) + .12(\text{인지 양식}) + .07(\text{학습 동기}) - .12(\text{학교의 심리적 환경}) + .10(\text{학급 분위기})$$

과학적 추론 능력에 영향을 미치는 변인에 대한 선행 연구에서 인지양식, 정신용량(Lawson, 1993a, 1993b)이 과학적 추론 능력에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구의 결과 이들 변인 이외에 논리적 사고력, 성격, 초인지, 사회 경제적 지위, 학교 생활태도, 과학경험, 과학적 태도가 과학적 추론 능력에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

과학적 사고력의 예언 변인을 분석해 보면, 학습자의 인지적 변인에 속하는 논리적 사고력, 정신 용량은 학년에 따라 그 순위의 차이는 있을 지라도 모든 학년에서 과학적 사고력을 예언하는 변인으로 포함되었다. 그러나, 가정 변인 8학년의 과학적 추론능력을 예언하였으며, 심리적 변인은 5학년의 과학적 추론 능력과 8학년의 과학 탐구능력을 예언하였다. 이러한 본 연구 결과에 기초하면, 과학적 사고력의 향상을 위해서는 인지적 변인에 대한 향상 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

3. 범주별 설명력

학습자의 인지적 범주, 심리적 범주, 가정환경 범주, 학습 환경 범주가 과학적 사고력을 어느 정도 설명하는지를 살펴보았다. 각 범주에 포함된 변인이 과학적 사고력을 어느 정도 설명하는지를 통하여 분석하였다.

1) 5학년

5학년 학생들의 과학 탐구능력에 대한 인지적 변인의 예언력은 13%이며, 학습환경 변인은 4%로 나타났다. 과학적 추론능력에 대한 인지적 변인의 예언력은 3%, 학습환경 변인의 예언력은 7%, 심리적 변인은 12%이다(Fig. 1).

과학 탐구 능력과 과학적 추론 능력을 비교해 보면, 심리적 범주가 5학년 학생들의 과학 추론 능력을 예언하였다. 본 연구에서 설정한 변인이 5학년 학생들의 과학적 사고력을 설명하는 예언력은 약 20% 정도였다.

2) 8학년

8학년에서 학습자의 인지적 변인이 과학 탐구능력을 설명해 주는 예언력은 41%, 학습환경과 심리적 환경이 각각 4%이다. 과학적 추론능력에서 학습자의 인지적 변인의 예언력이 42%, 가정환경 3%, 학습환경 2%였다(Fig. 2).

5학년에 비해 8학년의 과학적 사고력을 설명하는

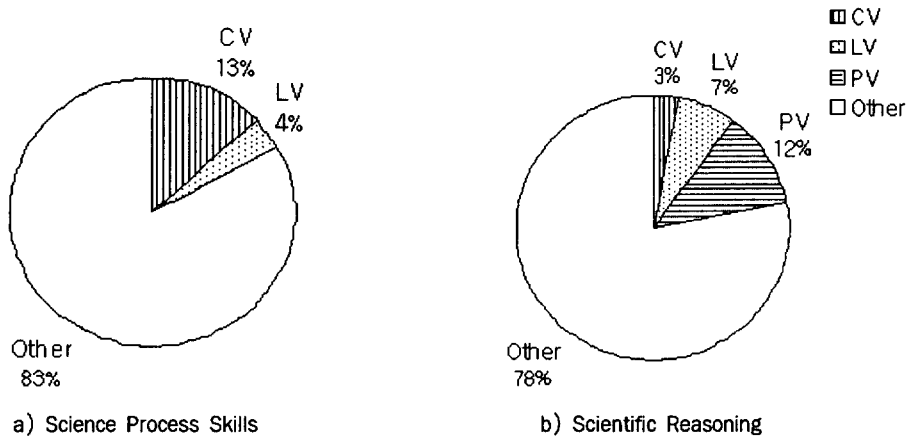


Fig. 1. Explained Percentages for Scientific Thinking in 5th Grade Students. CV: cognitive variables, PV: psychological variables, LV: learning environment variables

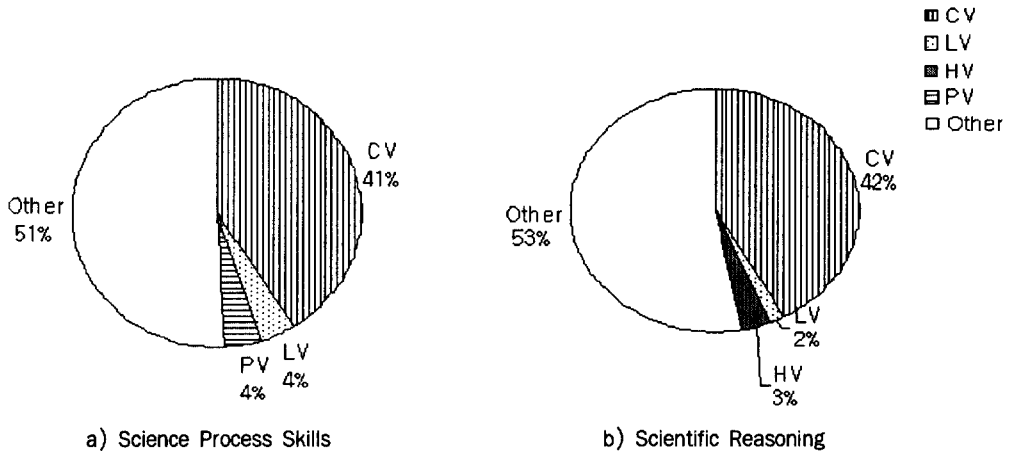


Fig. 2. Explained Percentages for Scientific Thinking in 8th Grade Students. CV: cognitive variables, PV: psychological variables, HV: home environment variables, LV: learning environment variables

설명력이 높아졌다. 즉, 전체 변인이 과학적 사고력을 설명해 주는 예언력은 약 50%로 5학년의 약 20%비해 높아진 것으로 나타났다. 심리적 변인이 5학년의 과학적 추론 능력을 가장 많이(12%) 예언하였지만, 8학년에서는 심리적 변인이 예언 변인에 포함되지 못하였으며 인지적 변인이 가장 큰 예언력을 가졌다.

인지적 변인이 과학적 사고력을 예언하는 설명력이 커지는 것으로 나타났다. 5학년의 경우, 13%, 3%였

지만, 8학년에서는 40%이상을 차지하였다. 인지적 변인의 설명력이 커지는 만큼 다른 범주의 설명력은 상대적으로 낮아졌다.

3) 11학년

11학년에서 인지적 변인이 과학 탐구능력을 설명해 주는 예언력은 37%, 학습환경은 10%이며, 과학적 추론 능력에서 인지적 변인은 52%, 학습환경 변인은

7%로 나타났다(Fig. 3).

과학적 사고력에 대한 인지적 범주의 설명력은 11학년이 8학년보다 높아지는 것으로 나타났다. 5학년에서 37%, 52%의 설명력이 11학년에서는 각각 45%, 58%였다. 반면에 학습환경 범주의 예언력은 낮아졌다.

이처럼 학생들의 과학적 사고력에 대한 설명력이 학년이 올라가면서 높아지고 있다. 이는 선행의 연구와 비슷한 결과를 보이고 있다. 학년이 올라가면서 인지적 변인의 설명력이 높아지는 것은 과학적 사고

력과 인지적 변인과 깊은 관계가 있기 때문이며, 특히 전두엽의 고등 기능과 관련되어 있기 때문으로 사료된다(Kwon, 1997).

4) 피험자 전체

피험자 전체에서 과학 탐구능력을 예언하는 인지적 변인의 예언력은 45%, 학습환경 4%이며, 과학적 추론의 경우 인지적 변인의 예언력이 58%, 학습환경이 2%의 예언력을 갖는 것으로 나타났다(Fig. 4).

인지적 범주가 과학적 사고력을 설명하는 가장 큰

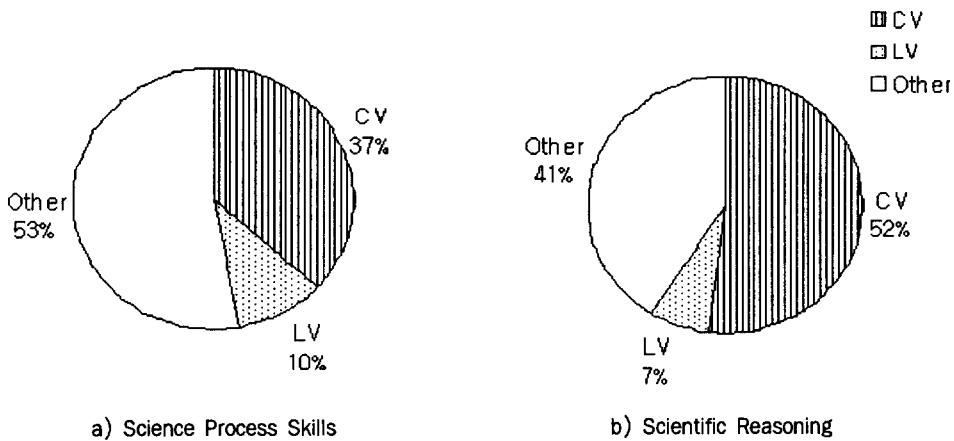


Fig. 3. Explained Percentages for Scientific Thinking in 11th Grade Students. CV: cognitive variables, LV: learning environment variables

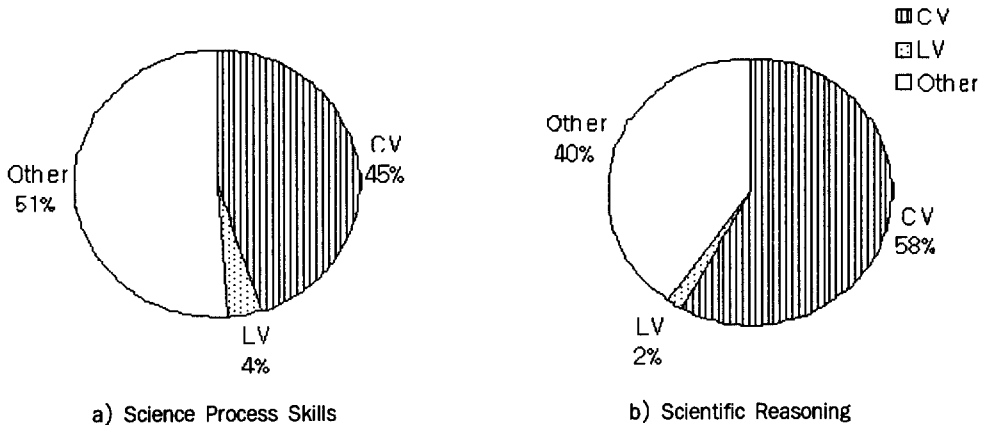


Fig. 4. Explained Percentages for Scientific Thinking in Whole Subjects. CV: cognitive variables, LV: learning environment variables

변인이었다. 학습자의 심리적 범주와 가정환경 범주는 전체 피험자의 과학적 사고력을 예언하지 못하였다.

이러한 분석 결과, 과학적 사고력과 인지적 변인과의 깊은 관계가 있음을 알 수 있다. 과학적 사고력을 설명해 주는 가장 큰 변인이 인지적 범주였으며, 그 설명력은 학년이 올라가면서 높아지는 것이다.

학년에 따라서 예언 범주가 차이가 있었다. 5학년에서는 인지적 범주와 학습환경 범주 이외에 심리적 범주가, 8학년에서는 심리적 범주와 가정환경 범주가 예언 변인에 포함되었다. 8학년이 다른 학년보다 보다 다양한 변인이 과학적 사고력을 예언하는 것으로 나타났다.

학습 환경과 자아개념이 과학 성취도를 25% 설명하며, 다른 25%는 교수의 질이며, 그리고 50%는 인지적 변인이라고 언급하였다(Simpson & Oliver, 1990). Talton & Simpson(1986)은 과학 성취도를 설명하는데 있어서 과학에 대한 태도가 38-55%, 가정의 변인이 13-19%, 학급 분위기 46-73%라고 보고하였다. 과학적 사고력에 대한 본 연구의 결과는 학습자의 인지적 변인의 설명력은 12-58%, 자아변인을 포함하는 심리적 변인은 4-12%, 가정 환경은 5%, 학습환경은 4-10%이었다. 본 연구의 결과는 과학 성취도에 대한 선행 연구에 비해서 학습자의 인지적 변인의 설명력이 높은 것으로 나타났지만, 심리적 변인, 가정환경 변인, 학습환경 변인의 설명력은 낮은 것으로 나타났다.

5) 논의 및 시사점

과학적 사고력을 예언하는 변인과 예언력을 살펴보았다. 그 결과 인지적 변인이 과학적 사고력을 가장 많이 예언하고 있으며, 모든 학년에서 중요한 예언변인이었다. 또한, 과학적 사고력에 영향을 미치는 인지적 변인의 예언력이 학년이 올라가면서 그 비중이 커졌다. 5학년에서 인지적 변인이 과학적 사고력을 설명해 주는 예언력이 약 10% 내외였지만, 11학년에서는 50%내외였다. 이는 과학적 사고력의 고등 사고기능이 전두엽연합령의 발달과 관련되어 있기 때문에로 사료된다(정원호 등, 1999; Kwon, 1997, Kwon

et al., 2000).

인지적 변인 중 논리적 사고력이 과학적 사고력을 설명하는 가장 큰 변인이었다. 또한 논리적 사고력은 모든 학년의 과학적 사고력을 예언하는 변인이었다. 따라서 학생들의 과학적 사고력 향상을 위해서 논리적 사고력을 향상시켜야 할 것으로 사료된다.

학년에 따라서 과학적 사고력을 예언하는 변인이 서로 달랐다. 특히 8학년 학생에게서 다양한 범주들이 과학적 사고력을 예언하는 것으로 나타났다. 이 시기가 형식적인 과학을 접하는 시기로서 보다 학교의 수업뿐만 아니라, 가정에서도 과학적 사고력 향상을 위한 방안을 마련해야 할 것으로 사료된다.

5학년의 과학적 사고력을 예언하는 변인이 8학년과 11학년에서도 계속 나타났다. 이는 5학년 학생들에게서 나타났던 차이가 학년이 올라가면서도 계속 나타나기 때문에 사료된다. 따라서 5학년 학생들의 과학적 사고력을 예언하는 변인인 논리적 사고력, 정신용량, 인지 양식, 학교의 심리적 환경, 자기 조절 학습 능력, 자아-효능감, 성격, 초인지에 대한 보다 많은 관심이 있어야 할 것으로 사료된다.

과학적 사고력에 대한 회귀식에서 학교의 심리적 환경이 (-)의 값을 가졌다. 학교의 심리적 환경이 과학적 사고력에 부적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

과학적 사고력에 대한 학습자의 인지적 변인의 설명력은 12-58%, 자아변인을 포함하는 심리적 변인은 4-12%, 가정 환경은 5%, 학습환경은 4-10%이다. 이러한 결과는 Bloom(1976)의 연구와 비슷한 결과를 보이고 있다. Bloom은 학업성취도에 대한 설명력은 인지적 변인이 50%, 정의적 특성 25%, 수업의 질이 25%라고 주장하였다. 그러나, 과학적 사고력에서는 심리적 변인과 학습환경 변인이 학업성취도를 설명해 주는 예언력보다 낮게 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 과학적 사고력에 영향을 미치는 변인과 범주가 어느 정도의 예언력을 가지고 있는지를 분석하였다. 회귀 분석을 통해서 예언력을 분석한 결과

인지적 변인이 가장 많은 예언력을 가졌으며 학년에 따라서 서로 다른 변인이 과학적 사고력을 예언하는 것으로 나타났다. 또한 과학적 사고력에 영향을 미치는 학습자의 인지적 변인의 설명력은 12-58%, 심리적 변인은 4-12%, 가정 환경은 5%, 학습환경은 4-10%이다. 이러한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 과학적 사고력의 발달에 학습자의 인지적 변인이 가장 많은 영향을 미친다는 것이다. 논리적 사고력, 정신용량, 인지 양식을 포함하는 인지적 범주가 과학적 사고력을 설명하는 예언력이 최대 58%로 가장 많은 예언력을 가졌다. 그리고 모든 학년의 과학적 사고력에 영향을 주는 변인이었다.

둘째, 5학년에서부터 학습자의 심리적 범주와 학습환경 범주의 발달에 대한 관심이 필요하다. 5학년의 과학적 사고력에 영향을 미치는 예언 변인이 8학년과 11학년에서도 나타났다. 더욱이 5학년의 과학적 사고력을 예언하는 변인이 아니더라도 학년이 올라가면서 영향을 미친다는 연구가 있다.

셋째, 과학적 사고력의 발달을 위해 학교급별로 발달시켜야 할 변인이 서로 다르다. 과학적 사고력을 예언하는 변인 중 모든 학년에서 예언 변인으로 포함되는 경우도 있지만, 인지양식, 성격, 초인지, 학교 생활태도, 사회 경제적 지위 등은 각기 다른 학년에서 과학적 사고력을 예언하는 예언변인이었다.

넷째, 본 연구에 포함된 변인이 과학적 사고력을 최대 85%정도를 설명하고 있다. 과학적 사고력을 설명하는 설명력은 인지적 변인이 60%, 심리적 변인이 약 10%, 가정환경 범주가 5%, 학습환경 범주가 10% 정도를 설명하는 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 과학적 사고력에 영향을 미치는 변인의 설명력을 분석하는데 그 기본 목적이 있다. 이를 위하여 5학년, 8학년, 11학년 학생 총 375명을 대상으로 과학적 사고력에 영향을 줄 것으로 가정된 변인을 조사하여 분석하였다. 본 연구의 결과, 과학적 사고력에 대한 학습자의 인지적 변인의 설명력은 약 60%, 심

리적 변인 10%, 가정 변인 5%, 학습환경 변인 10%였다. 이들 변인이 과학적 사고력을 최대 85% 설명하였다. 학년에 따라서 과학적 사고력에 직접적인 영향을 주는 것은 학습자의 인지적 변인, 심리적 변인, 가정 변인, 학습환경 변인이었다. 가정 변인과 학습환경 변인은 과학적 사고력에 간접적인 영향을 주었다. 또한, 학교급에 따라서 그 설명력은 차이가 있었다. 따라서 학교급에 따라 과학적 사고력을 향상시키기 위한 전략에 차별화가 필요하다.

참 고 문 헌

- 강순희, 박종윤, 우애자, 허은규(1996). 중학교 화학 개념이 요구하는 과학적 사고들의 인지수준을 고려한 교수방안에 관한 연구. 화학교육, 23(4), 267-278.
- 강호감(2000). 생물교육에서 창의력 계발 방법. 새천년의 생물교육 과제와 전망. '99년도 한국생물교육학회 동계 학술대회 및 논문 발표회, 2000년 2월, 인천교육대학교.
- 강호감, 노석구, 이희순, 홍석인, 최선영, 원용준, 하정원, 김지선(1999). 창의력 계발을 위한 자연과 교수·학습 자료 개발 - 창의력 교육의 실태 조사. 한국과학교육학회지, 19(4), 542-559.
- 권재술, 김범기(1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김광명, 안희수(1992). 과학적 사고력 발달을 위한 국민학교 자연과과서의 분석. 1992년도 지구과학학회 정기 총회 및 학술발표회.
- 김영신(2000). 과학적 사고력 발달의 인과적 구조모형에 대한 생태학적 접근. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김영신, 정완호(2001). 과학적 사고력 발달에 영향을 미치는 변인의 규명에 대한 연구. 한국과학교육학회지, 21(3), 590-608.
- 김영채(1995). 사고와 문제해결 심리학 - 지식의 이론과 적용. 박영사.
- 노태희, 전경문, 한인옥, 김창민(1996). 학생의 인지발

- 달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제해결 행동 비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 명진옥, 박승재(1995). 대학 수학 능력 시험 도입에 따른 과학적 탐구사고력 평가에 대한 과학교사들의 관심과 필요 사항. 한국과학교육학회지, 15(4), 417-428.
- 이진희(2000). 과학적 사고력과 과학탐구 능력에 영향을 미치는 학습자 변인 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 임청환, 김승화, 양일호(1997). 초·중학생들의 과학 탐구능력에 미치는 인지적, 심리적 특성에 대한 공변량 구조분석. 한국과학교육학회지, 17(1), 1-10.
- 전우수, 권용주, Lawson, A. E.(1999). 한국과 미국 대학생들의 과학적 추론 능력에 대한 비교 연구. 한국과학교육학회지, 19(1), 117-127.
- 정완호, 김영신, 권용주(1999). 중학생들의 과학적 사고 수준과 교과서 생물 분야의 탐구활동에서 요구하는 사고수준의 분석. 한국생물교육학회지, 19(3), 202-210.
- 정완호, 김영신, 권용주(2000). 초·중·고등학교의 교과 내용, 평가와 과학적 사고력의 분석에 대한 연구. '99년도 한국생물교육학회 동계 학술대회 및 논문 발표회. 2000년 2월 인천교육대학교.
- 최재원(1996). 관찰·경험 학습이 아동의 인지양식에 따라 과학 탐구 능력에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 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.
- Bloom, B. S.(1976). *Human characteristics and school learning*. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Foong, Y., Schultz, K., Fisher, G., & Konick, R.(1992). *Factors influencing science learning outcomes for 14-year-old Singaporean students*. Paper presented at the annual meeting of the New England Educational Research Organization, Portsmouth, NH, (ERIC Document Reproduction Service No. ED 357 042).
- Germann, P. J.(1994). Testing a model of science process skills acquisition: An interaction with parents' education, preferred language, gender, science attitude, cognitive development, academic ability, and biology knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(7), 749-783.
- Holdzkom, D., & Pamela B. L.(1991). *Research within reach: Science education a research-guided response to the concerns of educators*(4th Ed.). NSTA, Washington, D. C.
- Kremer, B. K., & Walberg, H. J.(1981). A synthesis of social and psychological influence on science learning. *Science Education*, 65(1), 11-23.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M.(1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press, INC, New York.
- Kwon, Y.(1997). *Linking prefrontal lobe functions with reasoning and conceptual change*. Unpublished Doctoral Dissertation. Tempe, AZ: Arizona State University.
- Kwon, Y., Lawson, A. E., Chung, W., & Kim, Y.(2000). The role of neurological maturation and physical experience in the acquisition of proportional reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(10), 1171-1181.
- Lawson, A. E.(1993a). Deductive reasoning, brain maturation, and science concept acquisition: Are they linked?. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1029-1051.
- Lawson, A. E.(1993b). Inductive-deductive versus hypothetico-deductive reasoning: A

- reply to yore. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 613-614.
- Lawson, A. E.(1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing.
- Padilla, M. J., & Okey, J. R.(1983). The relations between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3), 239-246.
- Shymansky, J. A.(1978). How teaching strategies affect students: Implications for teaching science. In M. B. Rowe(Ed.), *What research says to the science teacher*, Vol. 1. National Science Teachers Association, N.W. Washington, D. C.
- Siegler, R. S.(1991). *Children's thinking*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S.(1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74, 1-18.
- Sunal, D. W.(1991). Rural school science teaching: What affects achievement. *School Science and Mathematics*, 91(5), 202-210.
- Talton, E. L., & Simpson, R. D.(1985). Relationships between peer and individual attitudes toward science among adolescent student. *Science Education*, 69(1), 19-24.
- Talton, E. L., & Simpson, R. D.(1986). Relationship of attitudes toward self, family, and school with attitude toward science among adolescents. *Science Education*, 70(4), 365-374.
- Welch, W. W., Kloper, L. E., Aikenhead, G. S., & Robinson, J. T.(1981). The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations. *Science Education*, 65(1), 33-50.
- White, S. B., & Reynolds, P. D.(1993). Socioeconomic status and achievement revisited. *Urban Education*, 28(3), 328-343.
- Young, D. J., & Fraser, B. J.(1994). Gender differences in science achievement: Do school effects make a difference?. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 857-871.