

국민공통기본교육과정 과학과의 생명영역 물질대사에 관련한 학습개념 분석

심규철 · 이부연 · 김현섭
(공주대학교 과학교육연구소)

Analysis of Learning Concepts Related to Metabolism Presented in the Life Filed of Science Textbooks According to the National Common Basic Curriculum

Shim, Kew-Cheol · Yi, Bu-Yeon · Kim, Hyun-Sup
(Institute of Scince Education, Kongju National University)

ABSTRACT

This study is to investigate the level and connection of learning concepts related to metabolism presented in life science textbooks developed according to the national common basic curriculum. One kind of elementary school, and three kinds of middle school and high school science textbooks were analysed. The gross number of concepts related to metabolism was 42 in elementary, 149 in middle and 126 in high school science textbooks. The number of concepts was much more different by school than by publisher. Ratio of the number of concrete versus formal concepts decreased gradationally by grade, but the number of learning concepts increased radically by grade. Thus, it is implied that science learning concepts are presented considering the number of concepts as well as cognitive level of learner, and unit and content are constructed on the connection among them in developing science curriculum and textbooks,

Key words: learning concept, level and connection of learning concept, metabolism, life field, science textbook, national common basic curriculum

I. 서 론

교육과정이란 국가수준의 교육과정을 일컫는 것으로 국가 및 사회가 학생들에게 어떤 목적을 위하여 무엇을 가르칠 것인지에 대한 일련의 의사결정을 해 놓은 문서라 할 수 있는데, 이것을 바탕으로 교과서의 제작이 이루어지고 학교 현장에서는 교수-학습 활동이 수행된다(곽병선, 1985). 현재 시행되고 있는 제 7차 과학과 교육과정의 가장 큰 특징은 국민공통기본교육과정과 수준별 교육과정

의 시행이라 할 수 있다(교육부, 1997). 특히 국민공통기본교육과정은 우리나라 국민이라면, 진로에 관계없이 모두 동일한 교육과정을 이수하게 한다는 점이 그 특징이다. 국민공통기본교육과정의 과학교과는 3학년에서 10학년까지를 대상으로 하며, 국민의 기본적인 과학적 소양을 기르기 위하여 자연을 과학적으로 탐구하는 능력과 과학의 기본 개념을 습득하고, 과학적 태도를 기르기 위한 과목으로 그 성격을 제시하고 있다(교육부, 1999). 과학교과의 지식 영역은 에너지, 물질, 생명, 지구 등 여러 영역으

*2003.4.8(접수) 2003.10.14(1심 통과) 2003.11.1(최종 통과) **심규철(skcschim@kongju.ac.kr)

***이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-2001-005-B22003).

로 구분하여 전 학년에 걸쳐서 연계성을 고려하여 단원을 구성하고자 하였으며, 탐구 영역은 과학의 기본 개념을 탐구 과정과 탐구 활동을 통하여 체계적으로 학습하도록 저학년에서는 관찰과 경험을 통해 자연에 친숙하게 하는 활동이 위주가 되게 하고, 학년이 올라감에 따라 점차적으로 과학의 개념 이해에 주안점을 두도록 하고 있다(교육부, 1997).

대부분의 과학 분야는 초·중·고등학교를 통해서 동일한 주제들이 순환적으로 반복되는데, 이는 내용이 중복된다는 것을 의미하는 것이 아니고, 그 내용이 보다 높은 수준의 단계로 심화된다는 것을 의미한다. 이러한 주제의 진행 형태를 가리켜 학습의 주제가 발전적 순환성을 갖는다고 하는데(박승재, 1985) 각 단원들의 선수학습이 충분히 이루어진 상태에서 연계성 있게 후속학습의 내용이 단계적으로 확대, 심화된다면 교수학습 효과를 크게 신장시킬 수 있을 것이다. 그러나 과학교과 내용에 대한 분석 결과를 보면, 교과내의 학습 내용에 있어 연계성이 미흡한 것으로 나타났다(여성희, 1999, 박상태 등, 2002; 심규철 등, 2002). 이는 학습자의 선행지식과 인지수준을 고려한 교육과정의 구성되지 못했거나 교육과정의 취지를 충분히 교과에 반영하지 못한 결과라 생각된다. 과학교과에 제시된 각 개념들은 대개 인지적 요구도가 높기 때문에 교과 내용을 선정·조직하는데 있어 연계성이 고려되어야 한다.

한편, 교과서는 교육과정의 교육목표를 반영한 산물이며, 주요한 학습내용의 기본 틀을 제공한다는 측면에서 매우 중요하며, 학교에서 사용하고 있는 여러 가지 교육자료 가운데 가장 기본적인 학습자료라고 할 수 있다(김송득, 1993; 정완호 등, 1991). 또한, 교과서는 교육과정의 정신과 내용을 구체화한 것으로 교육과정의 목표 및 학생의 발달 수준에 알맞게 풀이하고 편집한 도서라 할 수 있으며(김중서, 1980), 교육과정에서 요구되는 내용을 학생들이 학습하기에 편리하도록 학습활동의 방향과 학습효과를 고려하여 편집된 도서로서 근본적으로 지도 내용을 중심으로 한 자료라 할 수 있다(김송득, 1993). 다른 교과와 마찬가지로 과학교과서의 경우도 교육과정의 개정 공포와 동시에 각 출판사별로 일단의 교과서 집필진을 구성하여 교과서를 제작하고, 교육부의 검정 과정을 거친다. 교육과정의 성격과 특징을 반영한 교과서는 학습내용을 담고 있으며, 그에 따라 교사가 학습자에게 전달하는 학습개념과 그 수준이 정해진다고 할 수 있다.

Karplus(1980)는 과학 개념을 구체적 개념과 형식적 개념으로 구분하여 분류하고 있는데, 구체적 수준의 개념은 직접적인 경험을 통하거나 구체적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말하는 것으로 세포, 한살이, 온도, 침식 등과 같이 친숙한 활동이나 관찰을 통해서 쉽게 이해할 수 있는 개념이 그 예라 할 수 있다. 형식적 수준의 개념은 경험을 통한 추론이나 형식적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말하며, 밀도, 이상기체, 유전형질, 파동, 기체 법칙 등과 같이 직접적인 경험을 통해서보다는 추론이나 이론적 해석을 통한 일련의 사고 과정을 통해 이해할 수 있는 개념을 의미한다. 이러한 것을 토대로 과학개념 수준에 대한 연구 결과에서는 교육과정 및 교과서 개발 시 학습자의 인지 수준을 고려한 과학 개념의 제시 또는 교과 영역의 특성에 따라 단원 구성에 있어서 차별화를 해야 함을 제시하고 있다(박상태 등, 2002; 심규철 등, 2002). 또한, Shayer와 Adey(1989)는 학습자의 인지 수준을 고려한 교육과정의 개발과 교수·학습 활동이 이루어져야 함을 강조하고 있다.

학습자의 사고 수준은 학습개념을 이해하는 데 매우 중요한 요소로 작용한다. 마찬가지로 학습개념의 수준이 어떠한가에 따라 학습자들이 이해할 수 있는 정도가 다를 수 있다. 교과서에 제시된 과학 학습개념들은 학문적으로 주요한 것들을 학습 주제에 따라서 선별한 것이다. 교사가 이러한 학습개념을 교수하기 위해서는 학습자 사고 수준에 대한 이해와 학습개념의 의미는 물론 수준에 대한 이해를 가지고 있어야 한다. 이전 연구에서 학습자의 인지 수준에 대한 연구와 그에 대한 교과내용의 구성에 대한 제안이 있었으나(Lawson & Renner, 1975; Johnson & Howe, 1978; Marek, 1981; 최영준 등, 1985; Trifone, 1991; Smith & Sims, Jr, 1992), 실제적으로 학생들의 인지 능력에 바탕 한 교과내용의 개념수준 분석은 부족함 가운데 있다.

본 연구에서는 과학교과서에 제시된 개념들의 수준이 과연 학습자의 사고 수준의 적절성과 학년 또는 학교급에 따른 연계성을 조사하고자 하였다. 이에 국민공통기본교육과정에 사용되고 있는 과학교과 생명영역에서 물질대사와 관련한 과학 개념의 수와 개념수준을 분석하고 그에 따라 수직적 연계성을 조사하고자 하였다. 이를 토대로 추후의 교육과정 개정 시 학습자의 인지적 사고 수준과 학습 개념의 연계성을 고려한 과학교과서 개발에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 문제

국민공통기본교육과정에 의해 개발된 과학교과서의 물질대사관련 학습개념 분석에 대한 연구 문제는 다음과 같다.

- 국민기본공통교육과정 과학과(3~10학년) 생명영역의 물질대사관련 생물 학습개념 조사 및 수준 분석
- 국민기본공통교육과정 과학과(3~10학년) 생명영역의 물질대사관련 생물 학습개념의 연계성 분석

2. 분석 교과서

본 연구에서는 국민공통기본교육과정 생명영역의 물질대사관련 학습개념을 분석은 7차 교육과정에 의해 금성출판사(Ks), 교학사(Kh)와 디딤돌(Dd)에서 개발한 과학교과서를 사용하였으며, 분석한 물질대사관련 과학교과 생명영역의 단원은 Table 1와 같다. 초등학교의 경우는 1종 도서인 관계로 단일 교과서를 분석하였으나 중학교와 고등학교의 경우는 연계성 분석을 위해 출판사와 저자를 고려하여 출판사가 동일한 3개 출판사의 과학교과서를 선택하였다.

Table 1. Unit and topic of textbook used to analyse learning concepts

school	grade	unit(or topic)
elementary	3	The leaf and stem of plant
	4	A bean, The root of plant
	5	The function of plant leaf
	6	Appearance of human body
middle	7	Digestion, Respiration
	8	The structure and function of plant
high	10	Metabolism

Table 2. Number of learning concepts by school and publisher

level	school	elemen-tary	middle				high			
			Kh	Ks	Dd	mean	Kh	Ks	Dd	mean
concrete		38	78	72	66	72	20	21	32	24
formal		4	24	20	16	20	36	35	34	35
Total		42	102	92	82	92	56	56	66	59

3. 연구 절차 및 결과 분석

국민공통기본교육과정 과학과 생명영역 물질대사관련 학습개념 분석은 학습 내용을 중심으로 본문의 설명, 표현된 삽화나 사진, 도표 등을 망라하여 개념을 추출하고, 생물학의 학문적 배경 하에 Karplus(1980)에 의해 제시된 구체적 개념과 형식적 개념으로 구분하였다. 구체적 수준의 개념은 직접적인 경험을 통하거나 구체적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말한다. 세포, 한살이, 기공, 표피조직, 포도당, 비타민 등과 같이 친숙한 활동이나 관찰을 통해서 쉽게 이해할 수 있는 개념이다. 형식적 수준의 개념은 경험을 통한 추론이나 형식적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말한다. 물질대사, 호흡, 유전형질, 광합성 등과 같이 직접적인 경험을 통해서보다는 추론이나 이론적 해석을 통한 일련의 사고 과정을 통해 이해할 수 있는 개념이다.

총 망라한 학습 개념을 다시 물질대사와 관련하여 학습자가 학습해야 하는 내용을 중심으로 개념을 추출하여 수준을 분석하였다(심규철 등, 2002). 이 결과를 토대로 학습자의 사고 수준과 개념 수준의 일치성을 비교, 학년 및 학교급에 따른 학습개념의 수와 수직적 연계성 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

국민공통기본교육과정 과학과 생명영역 물질대사관련 학습개념의 수를 분석한 결과 그 수에 있어서는 중학교, 고등학교, 초등학교 순서로 많았으며, 대부분의 물질대사 관련 학습이 중학교 과정에서 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

학습개념 수준을 학교급과 출판사에 따라 분석한 결과는 Table 2와 같다. 물질대사관련 개념은 초등학교에서는 구체적 개념 38개, 형식적 개념 4개 등 총 42개, 중학교에서는 3개 출판사 평균 구체적 개념 72개, 형식적 개념

20개 등 총 92개, 고등학교에서는 평균 구체적 개념 24개, 형식적 개념 35개 등 총 59개가 제시된 것으로 조사되었다. 대체적으로는 출판사에 따라 다소 차이가 있기는 하였으나 학교급이 올라감에 따라 점차적으로 형식적 개념의 비율이 증가하였는데 이는 학습자의 인지수준을 고려한 것으로 생각된다(Fig. 1). 그리고 국민공통기본교육 과정을 고려하여 학년에 따른 구체적 개념과 형식적 개념의 비율을 나타낸 결과에서도 그러한 경향을 나타내는 것을 알 수 있다(Fig. 2). 또한, 물질대사관련 학습내용이 국민공통기본교육과정 중 9학년을 제외한 모든 학년에 제시되어 있었는데 과학과 생명영역에서 매우 주요한 학습 단원임을 의미한다고 하겠다.

출판사에 따라 구체적 개념과 형식적 개념의 비율은 중학교의 경우, 구체적 개념과 형식적 개념의 비율이 약 8 대 2 정도 나타났으며 출판사에 따른 차이가 거의 없었으나, 반면에 고등학교의 경우는 전체적으로 약 4 대 6 정도의 비율이었다. 특히, 고등학교의 경우 Dd 출판사에서는 구체적 개념과 형식적 개념의 비율이 비슷한 수준이었으나 Kh와 Ks 출판사의 교과서의 경우는 3.5 대 6.5의 비율이었다. 그리고 Ks와 Kh 출판사의 교과서에서는 7~8학년에서 보다 10학년에서의 구체적 개념에 대한 형식적 개념의 비율이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 초등학교생과 중학생의 대부분과 10학년 학생 중 30%에 채 미치지 못하는 비율의 학생들의 인지수준이 구체적 단계에 머물러 있기 때문에(김종일, 1993; 정완호 등, 2000; 최병

순과 허명, 1987; 최영준 등, 1985; Lawson & Renner, 1974), 형식적 개념의 비율이 급격하게 높아지는 것은 지양해야 할 것으로 생각된다. 이는 형식적 사고 능력을 요구하는 학습개념은 구체적 수준의 학습자는 이해하기 어렵다는 연구 결과(Cantu & Herron, 1978; Goodstein & Howe, 1978)에서 알 수 있듯이 교과서의 학습개념의 구성 비율에 대한 고려를 바탕으로 교과서 개발을 해야 할 것이다.

초·중·고등학교에서 제시된 학습개념의 학교급이 올라감에 따른(초등학교에서 중학교, 중학교에서 고등학교) 중복성을 조사한 결과, 초등학교에 제시된 개념이 중학교에 반복해서 제시되는 비율이 중학교에 제시된 개념이 고등학교에 반복해서 제시된 비율보다 낮게 나타났는데(Fig. 3), 특히, 구체적 개념에서 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 학습해야 할 개념의 수를 조사한 결과에서는 초등학교에서 중학교로 올라가서 배워야 할 개념의 수가 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다(Fig. 4). 이러한 결과는 초등에 비해 중등에서 생소한 개념이 많아 자칫 중학생들에게 과학개념이 암기 형식으로 흐를 수 있으며, 학생들에게는 학습에 대한 부담을 주어 과학교과에 대한 흥미를 감소시킬 우려가 있다. 또한, 교사의 탐구 및 실험 중심의 학습 유도에 어려움을 줄 가능성이 있다. 실제로 중학교 학생들의 과학에 대한 관심이 낮은 것으로부터 그러한 점을 추측하게 한다(심규철 등, 1999; 허명, 1993).

또한, 본 연구의 결과로부터 물질대사관련 학습개념의

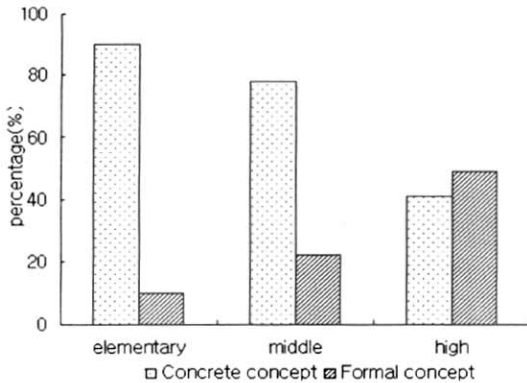


Fig. 1. The percentage of concrete and formal concepts related to metabolism of the biology textbooks according to the national common basic curriculum

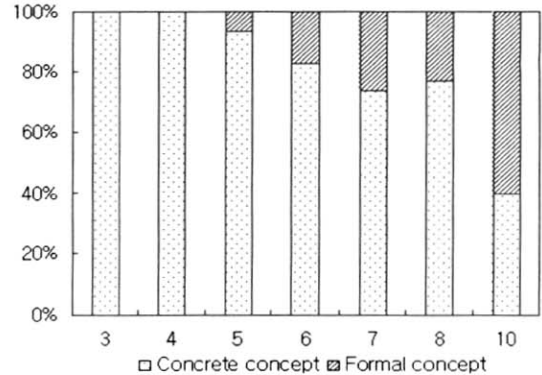


Fig. 2. The percentage of concrete and formal concepts related to metabolism of the biology textbooks according to the national common basic curriculum by grade

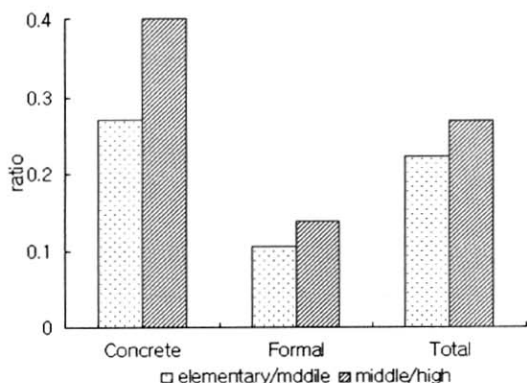


Fig. 3. Ratio of repetition of concept related to metabolism of the biology textbooks according to the national common basic curriculum

제시가 학교급이 올라감에 따라서 구체적 개념에 대한 형식적 개념의 비율이 점차적으로 감소하는 것으로 보아 학습자의 인지수준의 발달에 따른 개념 수준을 어느 정도 고려한 것으로 생각되나 학습내용의 양을 적정화하였다고 보기에는 다소 미흡하다고 할 수 있다. 그러므로 학습자는 인지수준에 따라 개념 이해와 문제해결 능력에 차이가 있기 때문에(Cantu & Herron, 1978; Smith & Sims Jr, 1992), 과학과 교육과정 및 교과서 개발 시에 학년 혹은 학교급에 따른 학습자의 인지수준과 주제의 연계성을 고려한 학습개념의 제시와 그 양을 적정화하여야 할 것이다 (박상태 등 2002; 심규철 등, 2002; Trifone, 1991; White, 1988).

IV. 결 론

제 7차 교육과정의 국민공통기본교육과정에 따른 과학과 생물영역에서 물질대사에 관련한 개념은 3~10학년 중 9학년을 제외한 모든 학년에서 제시되어 있었다. 이는 물질 대사 관련 학습 내용이 국민공통기본교육과정에서 매우 광범위하게 다루어지며, 생명영역에서 기초적인 학습 내용임을 시사한다고 할 수 있다.

또한, 물질대사 관련 학습 개념의 수와 개념수준을 분석한 결과, 출판사에 따른 개념의 수의 편차는 다소 있었으나 구체적 개념과 형식적 개념의 비율은 거의 유사한 것으로 나타났는데 이는 학습자의 인지수준을 고려한 것으로 생각된다. 그러나, 학습자의 인지수준이 대부분 구체

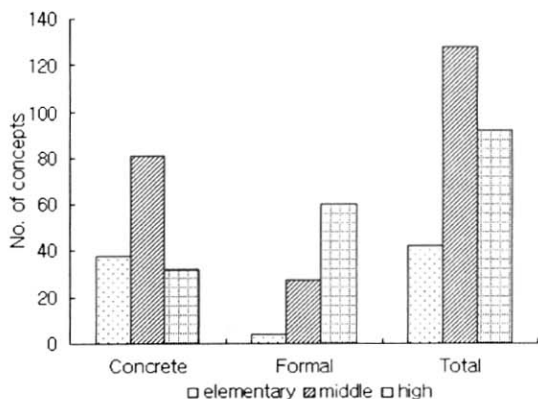


Fig. 4. Number of new learning concepts related to metabolism by level and school

적 단계에 머물러 있는 10학년의 경우, 구체적 개념에 대한 형식적 개념의 비율이 다른 학년에 비해 급격하게 증가하는 것으로 나타났으며, 초등학교에서 중학교로 올라가는 시기인 6학년에 제시된 개념에 비해 7학년의 경우 새롭게 배워야 할 개념의 수도 급격하게 증가하였다. 이는 학습자에게 상급학년으로의 진급에 따른 학습 부담을 높게 되며, 과학교과에 대한 흥미 감소의 우려를 낳게 한다고 할 수 있다. 또한, 학습부담과 학습자의 흥미 감소는 교사의 탐구 및 실험 중심의 학습 유도에도 어려움을 줄 가능성이 있다.

본 연구의 결과가 비록 교사에 의해 개선되거나 달라질 수 있는 부분을 고려하지 못하고 교과서 분석만을 통해 과학학습 개념의 수준과 연계성을 논하기는 하였으나, 교육과정이 국가적 수준에서 교육의 지침을 제공하고, 그 지침의 구체적 구현이 교과서를 통해서 이루어진다고 할 때, 교과서에 제시된 학습 개념의 연계성에 대한 연구는 매우 중요하다고 할 수 있다. 그러므로, 본 연구의 결과가 시사하는 교과서 개발 시 학년 혹은 학교급에 따른 학습의 양을 적정화하는 것과 학습자의 인지수준에 따른 학습 개념 제시에 대한 고려의 필요성은 매우 중요하다고 할 것이다. 또한, 교육과정의 개정 때마다 새롭게 출판되는 교과서의 적절성에 대한 연구는 교과서 자체뿐만 아니라 교육과정의 미래 방향성을 제시하는 데에도 기여할 수 있으리라 생각한다.

국 문 요 약

본 연구는 제 7차 교육과정의 국민공통기본교육과정에 따른 과학과 생물영역 물질대사와 관련한 개념의 수준과 연계성에 대해 조사하였다. 분석에 사용된 교과서는 초등학교는 1종 검인정 교과서를 사용하였으나, 중학교와 고등학교는 분석의 일관성을 유지하기 위하여 동일 출판사에서 개발한 3종의 교과서를 사용하였다. 물질대사와 관련한 개념은 초등학교에서는 42개, 중학교에서는 3개 출판사 평균 92개, 고등학교에서는 평균 59개가 제시된 것으로 조사되었다. 출판사에 따라 다소 차이는 있었으나 학교급이 올라감에 따라 점차적으로 구체적 개념에 대한 형식적 개념의 비율이 감소하는 것으로 나타났으나, 학습 개념의 수는 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 교육과정 및 교과서 개발 시 학습단원에 따른 학습개념의 제시는 학습자의 인지 수준 및 제시되는 개념의 수를 적정화해야 하며, 단원과 학습 내용의 수직적 연계성을 고려한 구성이 필요하다.

참 고 문 헌

- 곽병선(1985). 한국의 교육과정. 한국교육개발원 연구보고서.
- 교육부(1997). 과학과 교육과정 해설. 서울: 대한교과서(주).
- 교육부(1999). 중학교 교육과정 해설(Ⅲ)-수학, 과학, 기술, 가정-. 서울: 대한교과서(주).
- 김송득(1993). 교육관에 비추어 본 현행 교과서 제도의 분석. 서울대학교 석사학위논문.
- 김중서(1980). 교과서 제도에 관한 외국제도와 우리 제도의 비교 연구. 한국교육개발원 연구보고서.
- 김종일(1993). 고등학생의 인지수준과 과학탐구 능력과의 관계 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박상태, 신영숙, 이희복, 육근철, 김희수, 김여상(2002). 제 7차 교육과정의 7학년 과학교과서에 제시된 과학개념 분석 -에너지와 지구 영역 중심으로-. 한국과학교육학회지, 22(2), 276-285.
- 박승재(1985). 과학교육. 서울: 교육과학사.
- 심규철, 박종석, 김현섭, 김재현, 박영철, 류해일(2002). 7학년 과학교과 생명 및 물질 영역의 과학 학습개념의 수준 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 432-443.
- 심규철, 소금현, 이현옥, 장남기(1999). 중학교 과학 영재와 일반 학생의 과학적 태도에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 27(4), 368-375.
- 여성희(1999). 초·중·고등학교 생물 영역의 환경 학습 내용의 연계성 분석. 한국생물교육학회지, 27(4), 295-305.
- 정완호, 권재술, 정진우, 최병순, 허명(1991). 중학교 학생들의 과학 개념에 대한 실태 조사 및 원인 분석. 한국교원대학교 과학교육연구소.
- 정완호, 박윤복, 김영신, 구수정(2000). 논리적 사고력에 영향을 미치는 신경심리학적 변인에 대한 종단적 연구. 제 37차 한국과학교육학회 동계학술대회자료집.
- 최병순, 허명(1987). 중학생들의 인지수준과 과학교과 내용과의 관계 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-31.
- 최영준, 이원식, 최병순(1985). 중·고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지, 5(1), 1-9.
- 허명(1993). 초·중·고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도 조사 연구. 한국과학교육학회지, 13(3), 334-340.
- Cantu, L. & Herron, J.(1978). Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 135-143.
- Goodstein, M. & Howe, A.(1978). The use of concrete methods in secondary chemistry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(5), 365.
- Johnson, J. & Howe, A.(1978). The use of cognitive conflict to promote conservation acquisition. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(4), 239-247.
- Karplus, R.(1980). Teaching for the development of reasoning. In Lawson, A. E.(ed.) (1980). *Science education information report*. ERIC clearinghouse for science, mathematics, and environmental education.
- Lawon, A. & Renner, J.(1974). A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for curriculum. *Science education*, 58(4), 545-559.
- Lawson, A. & Renner, J.(1975). relationship of science subject matter and development levels of

- learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(4), 347-358.
- Marek, E.(1981). Correlations among cognitive development, intelligence quotient and achievement of high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 9-14.
- Shayer, M. & Adey, P.(1989). *Towards a science of science teaching*. Heinemann Educational Books Ltd.; Oxford, UK.
- Smith, M. & Sims, Jr, O.(1992). Cognitive development, genetics instruction: A critical review. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 701-713.
- Trifone, J. D.(1991). Addressing the needs of the concrete reasoner. *The American Biology Teacher*, 53(6), 330-333.
- White, R.(1988). *Learning science*. Basil Blackwell Ltd., Oxford, UK. pp80-83.