영재 학생들을 위한 과학사-CPS 수업 모형을 활용한 분자생물 영역 수업 프로그램의 개발 및 적용

이주현[1] · 이미숙[2] · 주희영[3] · 이길재[3]*
[1]여천고등학교 · [2]옥련여자고등학교 · [3]한국교원대학교

The Development and Application of Teaching Programs about Molecular Genetics Based on the HS-CPS Model for Gifted Students

Ju-Hyun Lee[1] · Mi-Sook Lee[2] · Hee-Young Ju[3] · Kil-Jae Lee[3]*
[1]Yeocheon High School · [2]Okryun Girl's High School · [3]Korea National University of Education

Abstract: This research was aimed to develop and apply the molecular genetics teaching program based on the history of science and creative problem solving model (HS-CPS model) for gifted students. Based on the strategies of creative problem solving and scientific theory development, the HS-CPS teaching program were developed. This program was applied to 8 first and second graders of the special class for invention activity in a high school. Creative problem solving ability in science and the understanding of DNA and gene concept were tested in pre and post of 12 lessons. The results were as follows: First, creative problem solving ability in science was improved meaningfully. Second, HS-CPS teaching program was effective in the understanding of DNA and gene concepts. Third, the students responded positively to the program evaluation questionnaire.

Key words: CPS, history of science, gifted students, creative problem solving ability

Ⅰ. 서 론

자원이 부족한 우리나라에서 창의성을 소유한 인적 자원을 육성하는 것은 국제화 시대에 접어든 한국 사회가 요구하는 절대적 명제이다. 이런 시대적 요구에 부응하여 1999년 영재교육진흥법이 제정된 이래 여러 영재교육기관이 설립되었고 점차 영재 교육의 수혜자를 늘려가고 있는 추세이다. 이를 통해서 지식 기반 사회를 주도하는 창의적이고 자율적인 인간의 육성을 위해 노력하고 있다(교육부, 1999).

창의성은 계발되거나 소멸될 수 있을 뿐 아니라 교육과 훈련을 통해 후천적으로 발전시킬 수 있다(Amabile, 1983). 그러므로 창의성을 신장할 수 있는 교수-학습법 개선과 다양한 활동자료의 개발이 필요하다(조연순 2001; 윤덕근 등, 2004). 조정숙(2004)은 창의성 계발을 위해 전문가가 개발해 놓은 특별 프로그램의 교육 현장 투입을 제안하였다. 또한 임길선 등(2007)은 영재교육의 현장에서 사용할 창의성 지도를 위한 교수학습 자료가 여전히 부족함을 지적하였다.

창의성은 학자들의 관점과 가치에 따라 다양한 특성을 사용하여 정의되어 왔지만 공통적으로 지적하고 있는 창의성의 개념은 다양하고 독특하며 기존의 지식이나 개념을 조합하여 문제를 해결하는데 유용하고 가치 있는 새로운 산물을 생성하는 능력이라고 할 수 있다(김영채, 1999). 김영채(1999)의 창의성에 대한 정리에 의하면 과정으로서의 창의성은 곧 자연 현상에 대한 흥미와 호기심을 갖고 독특하고 다양한 사고 능력을 바탕으로 문제해결과정을 거쳐 새롭고 적절한 산출물을 생성해내는 능력이라고 정의할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 창의성을 곧 문제해결 상황에서 발휘되는 창의적 문제해결력으로 정의하고 연구를 진행하였다.

여러 학자들에 의해 창의적 문제해결력 신장을 위한 다양한 방법이 제시되었는데 그 중 가장 대표적인 모델로 알려져 있는 것이 CPS(Creative Problem Solving) 모형이다. CPS 단계에 따른 문제해결 과정은 창의적 문제해결력을 신장시키기 위한 프로그램을

*교신저자: 이길재(kjlee@knue.ac.kr)
**2011년 11월 04일 접수, 2011년 12월 21일 수정원고 접수, 2011년 12월 22일 채택

설계하고 수행하는데 있어서 매우 유용하고 효과적인 것으로 알려져 있다(주희영 등, 2006; 정혜미와 김성하, 2011; Chang & Weng, 2002; Firestien, 1990; Hueftle, 1992; Husen & Postlethwaite, 1993; Isaksen & Parnes, 1985; Treffinger *et al.*, 2006). 그러나 대부분의 CPS 적용은 교과 지식과 분리되어 이루어지고 있어 실제 교육현장에서 과학교과에 적용하기에는 어려움이 있다(우종옥 등, 2000). 김민영(2006)은 CPS 모형이 갖는 이런 한계점을 보완하여 영역 특이적 전략으로 과학사 전략을 접목한 과학사-CPS 수업모형을 제시하였다.

과학사는 학생들로 하여금 과학의 본성에 대한 인식을 갖게 하는 데 효과적이며 오개념 교정에도 효과적이다(강혜정 등, 2005; 정배현과 김희백, 2003; 주희영 등, 2006). 이미숙과 이길재(2006)는 과학사적 개념 변화과정을 제시하여 학습자 자신의 개념과 비교하는 반성적 사고를 통해 올바른 과학개념으로 변화시키는데 효과가 있다고 하였다. 과학자들은 하나의 문제를 이해하고 해결하기 해 종종 서로 상충되는 아이디어를 동시에 사용한다. 이렇게 서로 상충되는 아이디어를 이용하려는 과학자들의 문제해결 전략이 창조적 과정과 연결되는 것이다(Dunbar, 1999). 과학자들이 중요한 자연현상의 원리를 발견하는 과정에서 사용했던 전략은 바로 과학이 발달해 온 흔적인 과학사에서 찾아볼 수 있다. 과학사는 과학지식이 절대 진리가 아니며, 결과 중심의 지식 전달보다 지식을 얻기까지의 탐구 과정과 방법에 대한 중요성을 학습자에게 제공해준다(Matthews, 1992; Matthews, 1994). 이러한 이유로 영재 학생들의 창의적 문제해결력 신장을 위한 CPS 모형에서 과학사의 도입은 한 축의 수레바퀴처럼 맞물려 있어야 한다. 실제로 과학사와 CPS를 이용한 여러 프로그램이 개발 · 적용되어 긍정적인 효과를 얻었다(김민영, 2006; 전현진, 2006; 장지은, 2005; 주희영 등, 2006).

김민영(2006), 주희영(2006) 등의 연구를 통해서 멘델 유전 및 발생, 생태 영역의 과학사 CPS 프로그램의 개발이 이루어졌다. 그러나 생물학을 선도하고 있는 분자생물학 영역인 DNA와 유전자 부분에 대해서는 과학사를 적용한 창의적 문제 해결 수업 프로그램의 개발이 이루어지지 않았다. 조희형(1985)은 생물학을 전공한 교수와 고등학교 생물교사를 대상으로 고등학교 생물교육에 필요한 주요 개념을 선정한 결과 가장 중요한 개념은 유전자와 염색체와의 관계, DNA의 구조와 기능, 단백질 합성 개념이라는 결과를 얻었다. 그에 비해 학생들은 DNA와 유전자에 대해 어려워하며 많은 오개념을 가지고 있다(박종석과 조희형, 1986; 정완호 등, 1992; 김은주 & 정영란, 2002).

과학에 있어서의 창의적 문제 해결력은 전문적인 부분이며 과학에서의 영역 특이적 지식이 반드시 필요하다(김민영, 2006). 과학 영재 학생들이 미래에 생명과학 분야에서 경쟁력을 가진 인재로 자라기 위해서는 DNA와 유전자에 관련된 과학사적 문제해결과정에 대한 이해와 이를 통해서 창의적 문제해결력을 키워나가는 훈련이 필요하다. 따라서 생명 과학과 관련된 문제들의 과학사적 이해를 토대로 한 창의적으로 문제 해결과정을 체험할 수 있는 수업 프로그램의 개발과 적용이 반드시 필요하다.

Renaulli(1978)의 정의에 의하면 영재는 '높은 창의성,' '평균이상의 능력', '높은 과제집착력'의 세가지 측면에서 상위 15% 정도에 해당하는 잠재적인 학생이다. 우리나라도 이러한 정의에 입각하여 영재교육진흥법이 시행된 이래 영재 교육의 수혜자 범위가 점점 확장되고 있으며 현재 각 시도에서는 일반 중고등학교에서 영재 학급을 개설하고 자체적인 영재교육을 실시하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 과학고, 영재 학교 등의 특수 영재교육기관 학생들이 아닌 일반 학교의 잠재적인 영재 학생들을 투입 대상으로 선정하여 연구를 진행하였다. 그러므로 일반 학교에서의 소수 학생들을 대상으로 진행된 본 연구의 결과로 전체 영재 학생들을 대표하기에는 연구의 한계가 존재할 수 있다. 그러나 이러한 연구를 통해서 영재 교육기관에 재학 중인 학생 뿐 아니라 일반고에 있는 잠재적인 영재 학생들의 창의적 문제해결력의 향상에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 과학사와 CPS를 이용하여 분자생물 영역인 'DNA와 유전자'에 관한 수업 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램을 적용하여 이 프로그램이 영재들의 창의적 문제해결력 신장에 효과가 있는지 알아보았다. 또한 이러한 프로그램의 적용에 의해서 학생들의 개념에는 어떠한 변화가 있는지 알아보고 설문지를 통해서 프로그램의 현장 적용 가능성에 대해서 평가하였다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 수업 프로그램 개발 과정

1) 주제선정 및 문헌분석

고등학교 생물Ⅱ 8종 교과서에 제시된 'DNA와 유전자'에 관련된 대단원인 'Ⅲ 생명의 연속성'의 내용 분석을 기초로 하여 주요 개념을 추출하였다. 그런 다음 DNA구조와 유전자에 관한 과학사적 개념 규명 과정을 알아보기 위해 〈표 1〉의 문헌을 중심으로 과학사를 분석 하였다.

문헌 분석을 통해 DNA구조와 유전자 발현 개념의 발달 과정에 있어서 이론의 첨가나 개념 변화가 나타나는 사례들 중 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 도움이 되는 요인들을 분석하여 5개의 주제(유전자의 본질에 대한 과학사, DNA 구조의 과학사, DNA 복제의 과학사, 유전 암호의 과학사, 유전자 발현의 과학사)를 선정하였다.

2) 과학사-CPS 수업 프로그램의 개발

문헌 분석을 통해 추출된 과학사의 5가지 주제를 토대로 수업 주제를 선정하여 전체 12차시의 수업프로그램을 개발하였다. 개발에 있어서 수업의 흐름은 김민영(2006)이 제안한 과학사-CPS 모형의 단계와 요소를 이용하였다. 수업의 내용은 DNA 구조와 유전자 발현의 개념 발달 과정에 있어서 주요한 역할을 했던 과학자들의 실험과 그들의 사고를 중심으로 하여 구성하였다. 수업의 전략은 창의적 사고의 기본적인 하위요소에 해당되는 확산적 사고, 수렴적 사고와 함께 Darden(1991)이 제시한 과학사에 나타나는 과학자들의 일반적인 전략들을 함께 사용하였다.

본 연구에서 연구자가 개발한 수업 프로그램이 의도한 목적에 적합한지 알아보기 위해 CPS와 관련한 연구를 한 전문가 3명과 생물 교사 3명에게 문항의 내용 타당도 및 프로그램의 적절성을 평가받았다. 평가 결과 개발된 프로그램 내용의 난이도가 높고 사고를 많이 요하는 프로그램으로 일반고의 보통 학생들에게는 어려울 수 있으나 일반고의 우수한 학생이나 과학고 학생들에게는 문제해결력 향상을 위해 적합하다는 판정을 받았다.

2. 수업 프로그램의 적용 및 결과 분석

1) 수업프로그램 적용

수업 프로그램의 적용 대상은 대전 소재 인문계 고등학교 과학 발명 영재반 학생 8명으로 구성하였다. 투입 대상 학생들이 다니는 학교는 성적이 매우 우수한 학생들이 모인 학교이다. 특히 발명 영재반의 학생들은 해당 학년 내의 석차 백분율 상위 5% 이내로 성적이 매우 우수하며 과학 과목에서 뛰어난 성취를 보이며 발명과 창의성에 남다른 관심과 재능을 보이는 학생들이었다. 프로그램 적용 전의 학생들은 DNA와 유전자에 대한 개념이 정립되지 않았고 창의성 신장에 관련된 체계적인 교육을 받은 적이 없었다. 단일집단 사전 · 사후 검사 방법으로 설계하여 수업 프로그램 적용 전, 후에 과학 창의적 문제해결력 검사와 생명과학 기초 개념 및 DNA와 유전자 영역 개념 검사를 실시하고 투입 후 수업평가 설문지를 통해 수업에 대한 평가를 실시하였다.

2) 과학 창의적 문제해결력 검사

과학 창의적 문제해결력 검사는 김민영(2006)이 개발한 것을 사용하였다. 응답은 김민영(2006)이 제시한 코딩 기준에 따라 이전에 본 검사지를 사용한 경험

표 1 문헌분석 대상 목록

문헌명	저자	출판년도
The Double Helix	James D. Watson	1973
What is Life?	Erwin Schrödinger	1992
A History of the Life Science	Lois M. Magner	1994
Theory Change in Science	Lindley Darden	1991
분자생물학의 탄생	야나기자와 게이꼬	1998
실험과 사유의 역사 분자생물학	Michel Morange	2002
고등학교 과학사	교육인적자원부	2003

이 있는 2인의 연구자가 상호 교류 채점하였다. 채점자의 주관성을 배제하고 검사지의 평가 결과에 대한 신뢰도를 확보하기 채점의 일치도를 100%로 하였다.

사전 · 사후 검사에 대한 학생의 전체 응답 목록을 유사한 응답끼리 묶어 그 묶음들을 대분류군, 중분류군, 소분류군의 3단계로 분리한 후 김민영(2006)이 제시한 코딩 기준표를 기준으로 응답들에 대한 고유한 코드를 부여했다. 코딩 기준표에 제시되어 있지 않은 학생들의 응답 중 과학적으로 타당한 응답들에 한해서는 별도로 코딩 기준표에 첨가하여 코드를 부여한 후 채점하였다. 이렇게 코드표가 부여된 응답들을 유창성, 융통성, 독창성 중 해당되는 요소에 응답의 개수만큼 1점씩 부여하여 총합을 구해서 점수화했다. 채점 방법에 있어 유창성은 해당 학생이 보여준 모든 코드의 개수로, 융통성은 대분류군의 개수로, 독창성은 전체 응답에 대한 각 코드가 차지하는 비율을 구해 점수를 부여했다.

독창성에 대한 채점을 위해 본 연구에서는 연구 대상자의수가 적은 관계로 각 문항별로 학생들이 답한 전체 응답 중 1~2개에 해당되는 응답에 한해 해당 개수 당 1점씩을 부여하였다. 이를 위해 김민영(2006)이 활용한 독창성 점수 코드 및 응답유형을 참고로 하였다. 참고로 전현진(2006)은 전체 응답 비율 중 2%와 1%에 해당되는 응답에 대해 독창성의 점수를 부여하였지만 본 연구는 연구 대상자가 적어 채점 방식을 변경하였다. 또한 장지은(2005)과 김민영(2006)은 독창성의 점수가 발산적 사고의 하위 요소인 유창성, 융통성에 비해 점수가 낮아 배점의 가중치를 부여했지만, 본 연구에서는 연구 대상자와 응답수가 적음을 고려해 가중치를 부여하지 않았다.

3) 개념 검사

생명과학 기초 개념 및 DNA와 유전자 개념 검사는 본 연구에서 개발한 검사지를 사용하였다. 생명과학 기초 개념 검사지는 과학교육 전문가 1인과 생물 교사 5인에게 문항의 내용 타당도를 점검 받았고, 지적된 사항을 수정 · 보완하여 16점 만점의 총 16문항으로 구성된 개념 검사지를 개발하였다. Cronbach's-α 값은 0.71이었다. DNA, 유전자 개념 검사지 역시 동일한 방법을 거쳐 개발되었으며 Cronbach's-α 0.76이었다.

4) 수업 프로그램 평가 설문지

수업 프로그램의 처치 후 개발된 수업 프로그램에 대한 학생들의 평가와 반응을 알아보기 위해 수업 평가 설문지를 개발하여 투입하였다. 평가 항목은 확산적 사고와 수렴적 사고를 요하는 수업이었는지, 과학사를 이용한 수업이었는지, 수업 진행이 체계적이었는지를 묻고 있으며 총체적으로 모듈에 대한 평가를 묻는 4개의 항목으로 총 14문항으로 구성하였다.

수업 프로그램의 적용이 끝난 후, 학생들을 대상으로 설문지에 응답하도록 하여 본 수업에 관한 평가를 알아보았다. 응답한 설문지는 각 항목별로 정리한 후, 리커트 유형의 문항은 항목별 평균을 알아보았다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학사-CPS 모형에 근거한 수업 프로그램 개발

DNA와 유전자에 관련된 과학사 분석 결과로 추출된 5개의 주요 과학사 주제를 중심으로 총 12차시의 과학사-CPS 수업 프로그램을 개발하였다(〈표 2〉). 과학사 주제별로 선정된 대표 과학자들이 해결하고자 했던 의문점을 수업 활동 주제로 정하였고 그들의 실험 내용을 학생들의 수준에 맞게 재구성하였다. 학생들이 실제 그 시대의 과학자가 되어 사고할 수 있는 과정을 거치도록 CPS의 요소와 단계를 충실히 적용하여 구성하였고, 확산적 사고와 수렴적 사고 전략을 사용하여 문제를 해결할 수 있도록 하였다. 또한 과학적 이론이나 법칙의 발견 과정에 참여했던 과학자들의 활동을 포함시켜 과학적 지식은 많은 과학자들의 공동의 연구 결과라는 사실을 익히고 문제에 대한 다양한 관점을 가지도록 구성하였다.

1~2차시의 수업의 주제는 '유전물질은 무엇일까?'이다. 멘델의 유전법칙이 발견된 이후 유전물질은 무엇인가에 대해 끊임없이 논의되었던 1910년대부터 1940년대 초반의 과학사를 배경으로 내용을 구성하였다. 그리피스와 에이버리의 실험을 통해 유전물질의 본질을 알아가는 활동으로 과학사 전략 중 이론 평가를 위한 전략을 사용하도록 구성하였으며, 가상신문 읽기와 가상 대화하기를 통해 자신의 생각과 같은 과학자나 다른 생각을 가지고 있는 과학자들의 문제점을 찾아내어 설득해 보는 활동으로 구성하였다. 이는 Darden(1991)이 제시한 과학사 전략 중 이론 평가

표 2 개발된 수업 프로그램의 차시별 활동 및 과학사-CPS 연계 개요

차시 및 주제	수업 세부 내용 및 활동	CPS흐름 전개	창의적 사고	과학사 주제 및 전략
▶ 1~2차시 ▶ 활동 주제 – 유전물질은 무엇일까? ▶ 관련 과학자 – Griffith, Avery	· Griffith와 Avery의 실험 통해 유전물질 실체에 대해 생각하기	· 관심영역 발견 · 문제발견	· 발산적사고 → 수렴적사고	▶ 과학사 주제 – 유전자 본질의 과학사 · 이론평가 전략 · 새로운 아이디어 생성 전략
	· 가상신문 통해 유전물질 정의하기	· 자료발견	· 수렴적 사고	
	· 과학자들의 가상 논의: 유전물질로 단백질의 부적절한 점 찾기	· 아이디어 생성	· 발산적 사고	
	· 유전물질을 모집하는 광고지와 지원서류 만들어 보기	· 계획과 실행	· 수렴적 사고 → 발산적사고	
	· 이것을 보라! DNA가 유전물질이다	· 적용하기	· 발산적 사고	
▶ 3~4차시 ▶ 활동 주제 – 유전물질은 어떻게 생겼을까? ▶ 관련 과학자 – Watson, Crick	· 유전물질 모집 광고지 조건 찾기	· 자료발견	· 수렴적 사고	▶ 과학사 주제 – DNA 구조의 과학사 · 새로운 아이디어 생성 전략 · 이론평가 전략
	· DNA가 유전물질이 되기 위한 다른 연구 고안해 보기	· 관심영역 발견 · 아이디어 생성	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
	· 2중나선과 3중나선 모형 중 유전물질로 더 적합한 구조 찾기	· 계획하기	· 발산적 사고	
	· DNA모형 제작으로 구조 익히기	· 실행하기	· 수렴적 사고	
	· DNA와 관련된 신문기사 써보기	· 적용	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
▶ 5~6차시 ▶ 활동 주제 – DNA는 어떻게 복제될까? ▶ 관련 과학자 – Meselson,Stahl, Kornberg	· 세포 분열 후에도 같은 유전정보	· 문제발견	· 발산적 사고	▶ 과학사 주제 – DNA 복제의 과학사 · 이론평가 전략 · 새로운 아이디어 생성 전략
	· DNA의 복제 방법에 대한 3가지 가설 설명해 보기	· 자료발견 · 아이디어 생성	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
	· 메셀슨과 스탈의 반보존적 복제 실험 과정과 원리 이해하기	· 해결발견 · 수용발견	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
	· 3세대까지 DNA 복제시켜 그려보기	· 적용하기	· 발산적 사고	
▶ 7~8차시 ▶ 활동 주제 – DNA는 어떻게 단백질을 합성할까? ▶ 관련 과학자 – Garrod Beadle, Tatum	· 알캅톤뇨증과 붉은빵곰팡이를 통해 유전자와 효소의 관계 알아내기	· 문제의 이해	· 발산적 사고 · 수렴적 사고	▶ 과학사 주제 – 유전 암호의 과학사 · 이론평가 전략 · 새로운 아이디어 생성 전략
	· 과학자들 일화를 통해 유전 정보의 흐름(과학자들의 생각 읽기)	· 아이디어 생성	· 발산적 사고	
	· RNA, DNA 중 단백질 주형 찾기	· 해결 · 수용발견	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
	· tRNA의 역할과 필요성 생각하기	· 적용하기	· 수렴적 사고	
▶ 9~10차시 ▶ 활동 주제 – 염기는 어떻게 암호로 작용할까? ▶ 관련 과학자 – Nirenberg, Matthaei	· 정상적혈구와의 DNA 염기 서열 비교 통해 낫꼴적혈구의 원인 찾기	· 관심영역 발견 · 문제의 발견	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	▶ 과학사 주제 – 유전 암호의 과학사 · 새로운 아이디어 생성 전략
	· 염기가 어떻게 암호로써 역할하나?	· 아이디어 생성	· 발산적 사고	
	· 니렌버그와 마틴의 실험 통해 암호해독에 적절한 mRNA 선택하기	· 계획하기 · 실행하기	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	
	· mRNA의 해독방법 구상해 보기	· 적용하기	· 발산적 사고	
▶ 11~12차시 ▶ 활동 주제 – 유전자 발현은 어떻게 조절될까? ▶ 관련 과학자 – Jacob, Monod	· Jacob과 Monod의 실험 통해 증식곡선에 나타난 물질대사 설명하기	· 자료발견	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	▶ 과학사 주제 – 유전자 발현의 과학사 · 새로운 아이디어 생성 전략 · 예외 자료와 영역 변화에 대한 해결 전략
	· 대장균 증식곡선 예측하여 그리기	· 아이디어 생성	· 수렴적 사고	
	· 돌연변이 대장균으로부터 효소 합성에 관여하는 유전자 알아내기	· 자료발견 · 아이디어 생성	· 수렴적 사고 → 발산적 사고	
	· 락토오스 대사에 필요한 유전자들의 위치를 mRNA 상에 표시해 보기	· 계획하기 · 실행하기	· 수렴적 사고	
	· 젖당이 없을 때도 젖당 분해효소는 합성됨을 자료를 통해 해석해 내기	· 적용하기	· 발산적 사고 → 수렴적 사고	

의 전략을 이용해 단백질이나 DNA가 유전물질로서 적합한지를 설명해 보는 활동이다. 자신이 내린 유전물질에 대한 정의를 토대로 유전물질을 모집하는 광고지와 모집 광고에 제출할 서류를 만들어 보도록 하였으며, DNA가 유전물질인 실험들을 찾도록 하였다. 각 소 활동별로 적용된 CPS 흐름은 과학사적 내용 흐름과 연결하여 구성하였다.

3~4차시 수업의 주제는 '유전물질은 어떻게 생겼을까?' 이다. 유전물질 모집의 광고주가 되어 유전물질을 선택하기 위한 가장 중요한 요건을 찾아보고, 단백질을 유전물질로 생각하는 과학자들을 설득시키기 위한 대안을 마련하면서 과학사 전략 중 이론 평가를 위한 전략을 사용하도록 구성하였다. 또한, 1951년에 DNA 3중나선 모델을 제안했던 왓슨과 크릭, 1952년에 역시 DNA의 3중나선 모델을 제안했던 폴링의 시행착오를 중심으로 DNA 구조 발견은 혼자만의 성과가 아니라 여러 과학자들의 연구 결과라는 것을 학생들이 익힐 수 있도록 윌킨스, 프랭클린, 샤가프 등의 연구결과를 제시하였다. 이러한 활동은 과학사 전략 중 애매모호한 아이디어에서 시작하여 점차 정교화하고 새로운 아이디어를 생성하는 전략에 해당된다. 이후 DNA 모형 만들기 활동을 해 봄으로써 3~4차시의 CPS 단계들을 복합하여 실행해 보도록 하였고 이후 신문기사 작성 활동을 통해 정리하기 단계를 구성하였다.

5~6차시 수업의 주제는 'DNA는 어떤 방법으로 복제될까?' 이다. 세포분열 후에도 유전물질이 같은 이유를 사람의 생식주기 과정을 통해 알아보는 활동으로 자식이 부모를 닮는 이유를 유전물질의 복제와 관련시켜 생각해 보면서 과학사 전략 중 이론 평가를 위한 전략을 사용하도록 구성하였다. 이어서 콘버그의 실험을 제시하면서 DNA의 실험적 합성에 대한 발산적 사고를 유도하였고, 메셀슨과 스탈이 제안한 3가지 복제 방법 중에서 가장 적절한 복제 방법을 선택하는 수렴적인 사고 활동을 구성하였다. 이는 과학사 전략 중 새로운 아이디어를 생성하는 전략이다.

7~8차시 수업의 주제는 'DNA는 어떻게 단백질 합성에 관여할까?' 이다. DNA가 유전물질로 밝혀지기 전 과학자들은 유전자와 효소와의 관계, 유전자와 물질대사와의 관계를 어떻게 생각했는지를 과학자들의 관찰과 실험을 통해서 알아보는 활동을 통해 아이디어 발견 과정을 거치도록 구성하였고, 다운즈와 섬너 교수의 일화를 통해 유전정보의 흐름(central dogma)을 그려보면서 해결 발견 단계를 거치도록 하였다. 이것은 과학사 전략 중 새로운 아이디어를 생성하는 전략을 사용하도록 구성한 것이다. 또한 1953년 당시 단백질의 주형에 대해 서로 다른 의견을 가지고 과학자들의 가설을 제시한 후 자신이 지지하는 이론을 설명해 보도록 하였다. 과학사 전략 중 이론 평가를 위한 전략을 사용하여 지금까지 해결한 문제를 토대로 유전정보의 흐름(central dogma)를 정교화하도록 구성하였다.

9~10차시 수업의 주제는 '염기는 어떻게 암호로서 작용할까?' 이다. DNA에 담긴 염기의 배열 순서가 어떠한 방식으로 단백질 합성에 관여하는지를 알아내기 위해 당시 과학자들이 접근한 두 가지의 관점에서 문제를 제시하였다. 정상적혈구와 낫꼴적혈구의 모양과의 DNA의 염기서열 차이점을 찾아내는 활동을 통해 CPS 단계 중 관심영역을 발견하도록 하였고, 크릭과 그의 동료들의 실험에 대한 발산적 사고 활동을 통해 아이디어 생성 단계을 거치도록 하였다. 이는 과학사 전략 중 새로운 아이디어를 생성하는 전략에 해당한다. 또한 유전암호의 근본적인 이론에 큰 영향을 끼친 과학자 가모프가 만든 'RNA 타이 클럽' 을 활동 내용으로 구성하였는데, 9개의 뉴클레오티드로 구성된 mRNA가 그려진 타이를 학생들이 선택하도록 한 다음 학생들 모두가 'RNA 타이 클럽' 의 회원이 되어 조별 토론 활동을 통해 니렌버그와 마틴의 실험을 해결해 보도록 구성하였다. 이 과정은 과학사 전략 중 새로운 아이디어를 생성하는 전략으로 구성하였고 CPS 단계 중 계획과 실행의 단계로 구성하였다.

11~12차시 수업의 주제는 '유전자의 형질발현은 어떻게 조절될까?' 이다. 쟈콥과 모노가 대장균을 재료로 하여 젖당 분해 대사과정을 밝힌 실험으로 구성하였다. 대장균의 증식 곡선을 중심으로 하여 대장균의 물질대사 과정을 발산적 사고를 통해 설명해 보도록 하였으며 효소와 유전자의 관계, 효소가 합성되는 시기 등을 수렴적 사고로 찾아보도록 하였다. 그리고 다양한 돌연변이체 대장균의 물질대사 과정을 제시하면서 이를 통해 락토오스 대사 과정에는 분해 효소만 필요한 것이 아니라 효소의 합성여부나 합성량에 관여하는 또 다른 유전자인 조절유전자와 작동유전자가 필요하다는 것을 발견하도록 하였다. 이 과정은 과학사 전략 중 예외 자료와 영역 변화에 대한 해결 전략

을 사용하여 문제를 해결하도록 구성하였다. 락토오스 대사에 관여하는 유전자들의 위치를 그들 사이의 기능과 관련시켜 mRNA 상에 표시해 보는 활동은 과학사 전략 중 새로운 아이디어를 생성하는 전략으로 구성하였다.

2. 과학사-CPS 수업 프로그램의 적용 결과

개발된 프로그램을 발명반 학생들에게 적용하고 적용 전 · 후의 창의적 문제해결력 검사, 개념 검사 결과를 서로 비교하였고, 프로그램을 마친 학생들의 프로그램 평가 설문지 응답을 분석하였다. 이러한 분석을 통해 개발된 프로그램의 활용성을 평가하였다.

1) 과학 창의적 문제해결력의 변화

개발된 수업 프로그램이 학생들의 과학 창의적 문제해결력의 신장에 효과가 있는지를 알아보기 위하여 수업 적용 전 · 후에 걸쳐 실시한 과학 창의적 문제해결력을 발산적 사고의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성으로 나누어 분석하였다(〈표 3〉).

수업 프로그램의 적용 후 과학 창의적 문제 해결력은 평균 10점이 향상되었고, 하위 요소인 유창성은 4.9점, 융통성은 4.3점, 독창성은 0.9점이 향상되었다. 표본의 수가 적어 통계적 유의미성을 추론할 수는 없으나 유창성과 융통성에 있어서 학생들이 많은 향상이 있었음을 알 수 있다. 전현진(2006)의 연구 결과에 의하면 사전 · 사후 창의적 문제해결력 검사에서 창의적 문제해결력의 평균 향상도는 3.16점이였으며, 유창성이 0.86점, 융통성이 0.03점이었고, 김민영(2006)의 연구 결과에서는 창의적 문제해결력의 평균 향상도는 10.58점, 유창성이 2.77점, 융통성이 2.52점이었다. 이러한 선행 연구의 결과와 비교해 보았을 때 본 수업 프로그램은 학생들의 과학 창의적 문제해결력의 향상과 그 하위요소인 유창성과 융통성의 향상에 크게 기여하고 있음을 알 수 있다.

유창성과 융통성에 비해 독창성의 증가값은 매우 적은 값은 나타냈다. 선행연구들(전현진, 2005; 김민영, 2006)과 비교하였을 때에도 낮은 증가치라고 할 수 있다. 따라서 이 수업 프로그램은 일반고의 잠재적 영재 학생들에게 있어서 유창성과 융통성의 향상에는 효과가 있으나 독창성의 향상에는 제한적임을 알 수 있으며 이러한 부분에서 수업 프로그램의 보완이 필요함을 알 수 있다. 특히 독창성은 발산적 사고의 다른 하위 요소와는 달리 12차시라고 하는 단시간에 향상되는 것이 아니라는 것을 알 수 있다.

유창성, 융통성, 독창성 각각이 학생의 창의적 문제해결력의 신장을 얼마나 설명해 주는지 알아보았다(〈표 4〉). 창의적 문제해결력과 발산적 사고의 하위 요소들 간의 상관계수는 유창성이 0.96, 융통성이 0.95이며 통계적으로 유의한 값을 나타내었다. 독창성의 경우 상관계수가 0.23로 유창성과 융통성에 비해 비교적 낮은 상관을 나타내었으며 상관관계 역시 유의하지 않다는 것으로 나타났다.

창의적 문제해결력 신장의 예측에 대한 유창성, 융통성, 독창성의 기여도를 회귀분석으로 알아본 결과는 〈표 5〉와 같다. 가장 기여율이 높은 요소는 유창성이었으며, 다음으로 융통성, 독창성 순으로 나타났다. 본 수업 프로그램을 통해 유창성과 융통성의 향상은 창의적 문제해결력 신장에 많은 기여를 했으나, 독창성의 기여도는 미흡했다는 것을 알 수 있다.

〈표 4〉와 〈표 5〉의 결과로 보아 본 수업 프로그램의 적용에 있어서는 유창성과 융통성이 창의적 문제해결

표 3 창의적 문제해결력 하위 요소의 사전 · 사후 평균 비교 (N=8)

하위요소		평균	표준편차	최소값	최대값
유창성	사전	13.6	3.5	10	19
	사후	18.5	4.3	10	24
융통성	사전	9.6	2.5	5	14
	사후	13.9	2.9	8	17
독창성	사전	0.6	0.9	0	2
	사후	1.5	1.6	0	4
발산적사고	사전	23.9	5.7	16	33
	사후	33.9	7.9	18	43

표 4 창의적 문제해결력과 유창성, 융통성, 독창성의 상관관계 (N=8)

		창의적 문제해결력	독창성	유창성	융통성
Pearson 상관	창의적 문제해결력	-	.23	.96	.95
	독창성	.23	-	.05	.16
	유창성	.96***	.05	-	.86
	융통성	.95***	.16	.86**	-

**$p<.01$, ***$p<.001$

표 5 창의적 문제해결력 신장 예측에 있어 유창성, 융통성, 독창성의 기여도

모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	-1.1E-16	.00		.000	1.000
	유창성차이	1.0	.00	.60	1.45E+08	.000***
	융통성차이	1.0	.00	.42	1.45E+08	.000***
	독창성차이	1.0	.00	.14	1.45E+08	.000***

***$p<.001$

력의 신장을 유의미하게 설명해 줄 수 있으며 독창성은 창의적 문제해결력의 설명에 대한 기여가 유의미하지 않음을 알 수 있다. 본 연구에서 개발한 수업 프로그램은 발산적 사고와 수렴적 사고를 중심으로 CPS 과정을 따라가면서 많은 생각들을 유도하고 그 생각들을 다시 모아나가는 활동들이 주를 이루었는데 이에 비해 독창적 생각을 유도하는 활동이 부족했음을 알 수 있다. 따라서 학생들이 문제를 해결하는 과정에서 독특하고 과학적인 사고를 위한 각 요소별 힌트나 통합된 정보를 다양하게 제공하는 등 독창성의 향상을 위한 보완이 필요하다는 것을 알 수 있다.

2) 과학 개념 검사지의 분석 결과

본 연구에서 개발한 수업 프로그램의 적용 결과 생명과학의 기초 개념과 DNA와 유전자 영역에서의 개념 변화에 어떠한 효과가 있는지 알아보았다. 두 종류의 개념 검사 모두 16점 만점이며, 생명과학 기초 개념 검사의 평균은 사전에 5.4점, 사후에 8.6점으로 3.2점이 상승하였다. DNA와 유전자 영역 개념 검사의 평균은 사전에 5점, 사후에 10.1점으로 5.1점이 상승하였다. 따라서 본 수업 프로그램은 생명과학에 관련된 기초 개념 이해뿐만 아니라 DNA와 유전자 영역의 개념 이해에도 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 이는 CPS와 과학사를 접목한 다른 선행 연구들(김민영, 2006; 전현진, 2005; 주희영 등 2006)과도 일치된 결과이다.

3) 학생들의 수업 프로그램에 대한 평가 분석

수업 프로그램 적용 후 수업에 참여한 학생을 대상으로 수업 프로그램 평가 설문 검사를 실시한 후 학생들의 평가를 분석하였다. 평가 문항은 창의적 사고를 요하는 수업이었는지, 과학사를 이용한 수업이었는지, 수업진행이 체계적이었는지, 전체적인 모듈은 어떠했는지를 묻는 4가지 영역으로 구분하여 분석하였다. 전체 문항의 평균은 3.7로 전체적으로 긍정적인 평가를 내리고 있었다(<표 7>).

표 6 사전, 사후 개념 검사 결과 비교 (N=8)

검사지의 종류		평균	표준편차	최소값	최대값
생명과학 기초 개념 검사	사전	5.4	1.7	4	9
	사후	8.6	15	7	11
DNA와 유전자 영역 개념 검사	사전	5.0	2.2	2	8
	사후	10.1	2.7	7	15

표 7 수업 프로그램 평가 분석 결과

평가 영역	평가 문항	평균	영역 평균
수업의 체계성	수업목표를 잘 인식할 수 있었는가?	3.9	3.5
	수업의 전체 과정이 체계적이었는가?	4.1	
	수업과정 순서가 문제해결에 도움이 되었는가?	3.4	
	새로운 아이디어 생성을 위한 토론이 원활하였는가?	2.6	
과학사 활용 측면	결과 위주의 지식 습득보다 지식을 얻기까지의 탐구과정과 방법을 배울 수 있었는가?	3.9	4.1
	과학자들의 문제해결 과정을 배울 수 있었는가?	3.9	
	오개념을 많이 가지고 있었다고 깨닫는 기회가 되었는가?	4.0	
	과학적 개념으로 변화하는데 도움이 되었는가?	4.5	
창의적 사고 측면	다각적인 측면의 사고를 하는 활동이었는가?	3.8	3.7
	아이디어 생성, 분석, 종합 등의 고등 사고기능을 기를 수 있었는가?	3.6	
	새로운 아이디어를 생성하는 기회가 되었는가?	3.5	
	복잡한 생각을 요구하는 활동이었는가?	3.6	
모듈 평가	일상적 문제를 창의적으로 해결하는데 도움이 되었는가?	3.5	3.7
	흥미를 유발시키는 수업이었는가?	3.8	

수업 진행의 체계성에 대한 평가 문항은 모두 4문항이며 평균은 3.5로 보통 이상의 평가를 내리고 있었다. CPS를 이용하여 수업 프로그램을 개발한 선행연구 중 주희영 등(2005)의 연구에서 보면 수업 진행의 체계성 부분에서 4.0이 나왔으며, 김민영(2006)의 연구에서는 3.96이 나와서 본 연구에서 나온 점수가 다소 낮지만 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다. 가장 낮은 평가를 보인 문항은 새로운 아이디어를 생성하는 토론 과정이 원활하였는지에 대한 여부를 묻는 문항으로 이는 독창성에서 유의미한 상승을 가져오지 못한 연구 결과와도 일맥상통한다. 과학적 정답이 있는 수업에서는 독창적 아이디어를 유도하기 힘들다는 것을 알 수 있으며 수업 프로그램 구성에 있어 단순히 새로운 아이디어를 묻는 질문이 아니라 좀 더 구체적이고 새로운 전략을 통해 독창성 향상을 도모해야 함을 알 수 있다. 가장 높은 평가를 얻은 문항은 수업 과정 순서의 체계성에 대한 문항이며 이는 과학사-CPS 수업 모형의 4요소 8단계를 체계적으로 적용하여 제작된 프로그램이 학생들에게도 체계적인 수업으로서 인식된 결과로 해석된다.

과학사를 이용한 수업에 대한 평가 문항은 모두 4문항이며 평균은 4.1 로 4가지 항목 중에서 가장 긍정적인 반응을 보인 항목이었다. 이는 김민영(2006)의 연구에서 과학사를 이용한 수업 평가 항목에서 나온 점수인 3.97과도 유사하다. 학생들은 '수업을 하기 전 DNA와 유전자에 대해 가지고 있던 오개념이 본 수업 프로그램을 통해 과학적인 개념으로 형성하는데 도움이 되었다' 라는 문항에 가장 긍정적인 평가를 해주었다. 이는 HS-CPS 수업 모형의 특징인 영역 특이적인 부분으로 과학사 전략을 접목하여 과거 과학자들의 문제해결 과정을 통해 학생들의 창의적 문제해결력을 신장하고자 하는 의도를 만족하였다고 해석할 수 있다. 이것은 '과학자들이 수행했던 문제해결 과정을 배울 수 있는가?' 와 '결과 위주의 지식 습득보다 지식을 얻기까지의 탐구 과정과 탐구 방법을 배웠는가?' 의 질문에 모두 평균 3.9의 긍정적인 답변이 나온 것을 보아도 알 수 있었다.

본 수업 모듈에 대한 전체적인 평가는 모두 총 6문항이며 2문항은 리커트 문항이고 4문항은 개방형 문항으로 구성하였다. 리커트 문항에 대한 학생들의 평가를 알아보면 〈표 7〉과 같으며 평균은 3.7로 비교적 긍정적인 반응을 보였다. 연구 대상이 DNA와 유전자를 배우지 않은 1, 2학년인데다가 수업 내용이 다소 어려운 부분임에도 불구하고 본 연구자가 우려했던 것과는 달리 수업의 흥미도는 평균 3.8로 비교적 긍정적인 반응을 보였다. 개방형 문항은 모두 4문항이며 문항의 구성 및 학생 응답은 〈그림 1〉과 같다. 학생들은 학습 과정에서 창의적으로 사고하는 과정이 힘들

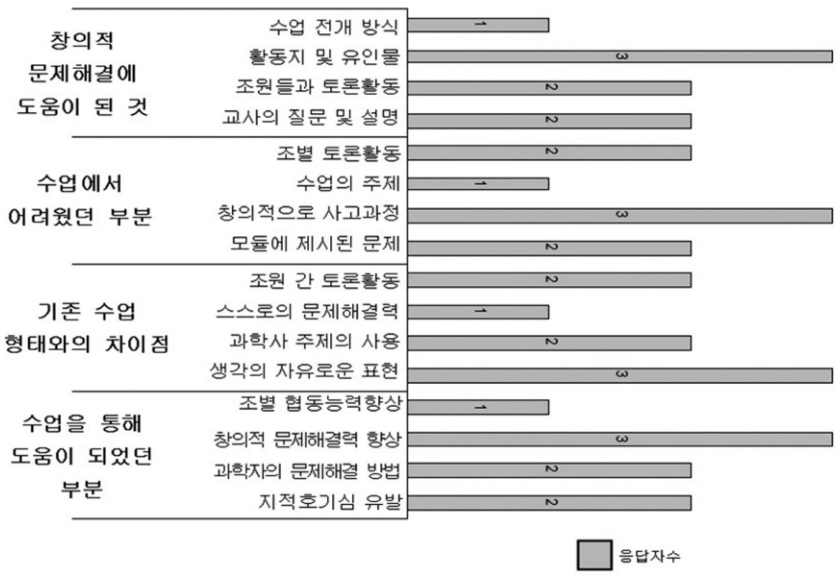

그림 1 모듈평가 개방형 문항에 대한 학생 응답

었지만 그러한 과정을 통해 창의적 문제해결력이 신장되었다고 답하였다. DNA와 유전자 관련 개념을 이해하고 창의적인 문제해결에 가장 도움이 되었던 부분을 묻는 질문에 학생 활동지와 유인물이라고 답하였다.

그 밖에도 학생들은 기존의 수업과의 차이점을 조원들과의 토론활동이라고 하였으며 토론활동이 익숙하지 않은 탓에 어렵기는 했지만 이러한 토론활동을 통한 생각의 자유로운 표현이 창의적인 문제해결에 도움이 되었다고 응답하였다.

결론적으로 본 프로그램을 통해 학생들이 문제를 접했을 때 경직된 사고가 아니라 가능한 여러 가지 관점에서 탐색해 보는 활동을 하였다고 해석할 수 있다. 따라서 학생들은 수업 프로그램이 의도한 창의적인 사고활동에 긍정적으로 참여했으며 이로 인한 창의적인 사고의 촉진에도 효과가 있다고 말할 수 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 창의적 문제해결(CPS) 전략과 과학사에 근거한 문제해결 전략을 바탕으로 한 과학사-CPS 수업모형을 토대로 분자생물 영역인 DNA와 유전자 부분의 수업 프로그램을 개발하여 일반고의 잠재적 영재 학생들에게 적용한 후 학생들의 창의적 문제해결력 신장에 효과가 있는지 검증해 보고자 하였다. 또한 개발된 프로그램을 통해 개념 변화에도 효과가 있는지 알아보았고 학생들의 프로그램에 대한 사후 평가 설문지 분석을 통해서 프로그램의 활용성에 대해서 알아보았다. 이를 통해 얻어진 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 과학사-CPS 수업 모형에 근거한 DNA와 유전자 영역의 수업 프로그램은 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 효과적이었다. 창의성 중 발산적 사고의 하위 요소인 유창성, 융통성의 향상은 크게 나타났지만 독창성의 경우에는 별 차이를 보이지 않았으며 창의적 문제해결력 신장 예측에 대한 유의한 기여를 하지 못했다. 특히 이런 연구 결과는 과학사와 CPS 전략을 이용해 독창성 역시 신장시킬 수 있었다는 선행 연구결과와는 일치하지 않은 것으로 나타났다. 이는 독창성은 단순히 발산적 사고와 수렴적 사고 전략의 단시간 훈련만으로는 신장시키기 어려움을 알 수 있으며 유창성이나 융통성에 비해 짧은 기간에 향상되기 어렵기 때문에 앞으로 투입 기간을 확대하여 장기간에 걸친 체계적인 연구가 필요하리라 본다.

둘째, 개발된 수업 프로그램은 학생들의 DNA와 유전자 영역 개념뿐만 아니라 생명과학에 관한 기초 개념의 이해에도 도움을 주었다. 이는 수업 프로그램을 적용하기 전 · 후로 실시한 개념 검사 결과를 통해 알 수 있다. 수업 프로그램을 적용하기 전 학생들은 DNA와 유전자에 관련된 사전 지식이 거의 없거나 잘

못된 개념 및 이해를 하고 있었지만 수업 프로그램을 적용 후 이러한 개념들은 과학적 개념으로 변화하는 데 도움이 되었다. 이는 과학사가 개념 변화에 효과적이라는 기존 연구들과 일맥상통한다. 본 연구에서 다룬 DNA와 유전자 부분은 흥미진진하고 다이나믹한 과학사적 에피소드들이 연결되어 있어 학생들에게 흥미롭게 다가갈 수 있었을 것이다. 또 과학사 분석을 통해 과학사적으로 수행되었던 실험들을 수업 프로그램 구성에 이용할 수 있었고 이를 통해 학생들은 간접적으로 과학자의 창의적 문제해결 과정을 경험할 수 있었다. 따라서 분자생물 영역인 DNA와 유전자 부분에서의 창의적 문제해결학습 개발에 있어 과학사적 근거를 활용하는 방식이 효과적임을 알 수 있다. 그러나 교과서에 있는 모든 주제가 과학사적 접근이 유용하지는 않을 수 있으므로 주의해야 한다.

셋째, 개발된 수업 프로그램의 평가 결과 대체로 학생들은 본 수업 프로그램이 체계적이며 창의적 사고를 유발하고 과학사적 접근이 유용하였다고 긍정적으로 평가하였다. 하지만 새로운 아이디어를 생성하는 부분에서는 다소 낮은 평가를 보였다. CPS라고 하는 창의적 문제해결력 향상 모델을 적용하더라도 독창성을 높이기 위서는 좀 더 새롭고 구체적인 전략 개발이 필요함을 알 수 있다.

우리나라를 비롯한 세계 각국에서 창의적 문제해결력의 중요성을 인식하고 이의 개발을 위해 많은 노력을 해오고 있는 실정이다. 창의적 문제해결력은 극소수의 특정한 사람들만이 가지고 있는 능력이 아니며, 짧은 시간 내에 그 능력이 향상되는 것도 아니다. 하지만 본 연구에서 나타난 바와 같이 일반고의 잠재적 영재 학생들에게도 적절한 프로그램이 적용된다면 창의적 문제해결력의 개발에 많은 자극이 될 수 있으리라는 점은 분명하다. 따라서 특수한 영재기관의 학생뿐 아니라 일반고의 우수한 학생들을 대상으로 하는 창의적 문제해결력 신장을 위한 학습프로그램 개발과 그 프로그램을 투입이 지속적으로 이루어져야 할 것이며, 이들이 진정 미래 과학자로서의 자질을 기를 수 있도록 관련 연구들이 활성화 되어야 할 것이다.

참고 문헌

교육부(1999). 제 7차 초 · 중등학교 과학과 교육과정 해설. 대한교과서 주식회사.

강혜정, 동효관, 김경호, 이길재(2005). 과학사를 이용한 교수학습 전략이 유전 개념 이해에 미치는 효과. 한국생물교육학회지, 33(2), 223-234.

김민영(2006). 과학 영재의 창의적 문제해결력 향상을 위한 과학사 CPS 수업모형 개발과 유전영역 수업프로그램의 적용 효과. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.

김영채(1999). 창의적 문제해결 : 창의력의 이론, 개발과 수업. 교육과학사.

김은주, 정영란(2002). 염색체, 유전자, 유전정보에 대한 학생들의 이해도 연구. 한국생물교육학회지, 30(4), 316-324.

박종석, 조희형(1986). 고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도방향. 한국과학교육학회지, 6(2), 35-42.

우종옥, 김승훈, 강심원(2000). 과학교육에서의 창의력 수업모형 개발. 창의력교육연구, 3(1), 1-26.

윤덕근, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호(2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물 실험 모듈의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 556-564.

이미숙, 이길재(2006). 과학사에 근거한 학생들의 진화 개념 분석. 한국과학교육학회지, 26(1), 25-39.

임길선, 로버트예이거, 조운복(2007). 과학 영재성의 지속적 계발을 위한 창의 학습 프로그램의 개발과 효과-생물교육을 중심으로. 한국생물교육학회지, 35(2), 191-200.

장지은, 이길재, 김성하, 김희백(2005). 과학 창의성 향상을 위한 고등학교 생물 분류 단원 수업 프로그램의 개발과 적용. 한국생물교육학회지, 33(4), 505-516.

전현진(2006). 창의적 문제해결 모형을 이용한 식물호르몬 수업 프로그램의 개발 및 적용. 한국교원대학교 석사학위 논문.

정배현, 김희백(2003). 과학사 프로그램의 개발 및 고등학교 과학 수업에의 적용 효과. 한국생물교육학회지, 31(1), 94-104.

정완호, 차희영, 최진복(1992). 교사들이 제시한 학생들의 생물 오개념. 과학교육논문집, 2(1), 149-159.

정혜미, 김성하(2011). 창의적 문제해결 모형을 적용한 Rapid cycling Brassica rapa 창의적 자유

탐구 모듈의 개발 및 적용. 한국생물교육학회지, 39(2), 196-216.
조연순(2001). 교과를 통한 창의적 문제해결력 교육 방법 모색: 문제중심학습. 한국교육학회지, 28(2), 205-227.
조정숙(2004). 창의력 구성요소를 적용한 수업활동이 학생들의 창의성에 미치는 영향. 서울대학교 석사 학위 논문.
조희형(1985). 고등학교 생물과정에 필요한 기본개념의 확인 및 결정. 한국과학교육학회지, 5(1), 11-17.
주희영, 동효관, 김성하, 김희백, 이길재(2005). 과학사와 CPS 모형에 기초한 발생 생물의 수업 프로그램 개발, 33(3), 264-276.
주희영, 동효관, 김성하, 김희백, 이길재(2006). 과학영재의 창의적 문제해결력 신장을 위한 발생학 수업 프로그램의 적용 효과 분석. 한국생물교육학회지, 34(2), 257-268.
Amabile, T. M. (1983). Growing up creative : Nurturing a lifetime of creativity. Buffalo, NY : Creative Education Foundation Press.
Chang, C. Y., & Weng, Y. H. (2002). An Exploratory study on students' problem-solving ability in earth science. International Journal of Science Education, 24(5), 441-451.
Darden, L. (1991). Theory change in Science. Strategies from Mendelian.
Dunbar, K. (1999) Beyond the Myth of the Unexpected: Are Scientists the Victims of Change? Manuscript under review. Nature.
Firestien, R. L. (1990). Effects of creative problem solving training of communication behaviors in small groups. Small Group Research 21(4), 507-521.
Huefle, R. K. (1992). Focusing technique to facilitate creative problem-solving. University of Denver, Doctor's Degree Dissertation.
Husen, T. & Postlethwaite, T. N.(Eds.) (1993). The interanational encyclopedia of education. (2nd) 10, 1093-1094.
Isaksen, S. G. & Parnes, S. J. (1985). Curriculum Planning for Creative Thinking and problem Solving. Journal of Creative Behavior, 19(1), 1-29.
Matthews, M. R. (1992). History, Philosophy, and Science Teaching: The Present approachment. Science Education, 1, 11-47.
Matthews, M. R. (1994). Science Teaching: The role of history and philosophy of science. Routledge.
Renzuli, J. S. (1978). What makes Giftedness? Reexamining a Definition. Phi Delta Kappan, 60(3), 180-184.
Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2006). Creativity Problem Solving: An Introduction(4th ed.). Waco, TX: Prufrock Press.

국문 요약

이 연구의 목적은 영재 학생들을 위해 과학사-CPS 수업 모형(HS-CPS 모델)을 활용한 분자생물 영역 수업 프로그램의 개발 및 적용하는 것이다. 수업 프로그램의 주제는 문헌을 통한 과학사 분석으로 추출하였다. 총 12차시의 수업 프로그램을 개발하였으며 개발한 수업이 영재학생들의 과학 창의적 문제해결력과 해당 영역 개념 향상에 효과적이었는지를 분석하였다. 그 결과 본 연구에서 개발한 수업 프로그램은 영재 학생들의 과학창의적 문제해결력과 그 하위요소인 유창성, 융통성 향상에 도움을 주었으나 독창성 향상에는 큰 차이를 나타내지 못하였다. 개념 검사 결과에서는 생명과학 기초개념, DNA와 유전자 개념 모두 많은 향상을 나타내었다. 수업 평가 설문지 결과에서는 학생들이 대부분 수업 프로그램에 대해 긍정적인 평가를 하였으며 본 수업을 통해 창의적 문제해결력이 향상되었다고 느꼈고 과학사적 접근을 체험할 수 있었다고 평가하였다.

주요어: HS-CPS, 과학사, 창의적 문제해결력, 과학영재