

초등과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 위한 과학과 미술 통합 교수-학습 프로그램 개발

권영식 · 이길재[†]

(서울세종고등학교) · (한국교원대학교)[†]

Development of Integrated Science and Art Teaching-Learning Programs for the Improvement of Creative Brain Activity of Scientifically Gifted Elementary School Student

Kwon, Young-Sik · Lee, Kil-Jae[†]

(Seoul Sejong High School) · (Korea National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop science and art integrated program to improve the creativity of scientifically gifted elementary school students. This study was to develop science and art integrated program to enhance the creativity of these subjects. This program was consisted of 30 lessons covering 10 topics. It was developed of five stages including the observation stage reflecting the characteristics of the right hemisphere relevant to creativity, the interest and curiosity stage, the experiment design and performing stage, the internalization stage, and the stage of expressing arts. This program was applied to 20 senior gifted students in Y Elementary School in Gyeonggi province. Torrance Tests of Creative Thinking(TTCT) was used in order to investigate and measure the effectiveness of the program before and after its use in class. The results of this study are as follows: First, this program showed results of significant improvement of creativity of scientifically gifted elementary school students after its use in class($p<.05$). Second, it was significantly effective in increasing their creativity, especially in the subdomains such as originality, abstractness of title, and territory of resistance on hasty conclusions after its use in class($p<.05$). Third, it was significantly effective to increase the Creativity Index that represents creative potential($p<.01$). In particular, emotional expression, internalized visualization, unique visualization, and richness of the imagery emerged. This study implies that the science and art integrated program was closely related to the right hemisphere of the features enabling the subjects to create new ideas, new things, and new reactions. In addition, this program is expected to contribute to activate the brain areas of creativity for gifted students in the science field.

Key words : science and art integrated programs, fusing science, gifted education, gifted students

I. 서 론

21세기는 넘쳐나는 지식과 정보를 기반으로 창의적 사고와 발상을 통해 새로운 가치를 창조하는

사회이다(양용섭, 2006). 이미 선진 각국에서는 미래사회를 주도할 인재양성교육에 주력하고 있으며, 특히 과학지식과 정보의 중요성이 그 가치를 더해 가는 요즘에는 과학영재 교육을 통한 인적 자원의

이 논문은 2009년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2009-327-B00647).

2013.9.7(접수), 2013.10.10(1심통과), 2013.11.4(2심통과), 2013.11.22(최종통과)

E-mail: kjlee@knue.ac.kr(이길재)

개발에 집중하고 있다(구자역 등, 2002; 이수진 등, 2007). 이는 국가적 차원에서는 무한경쟁의 세계화 시대에서 고급인력의 육성을 통해 국가 경쟁력을 높일 수 있고, 개인적 차원에서는 영재들의 타고난 잠재력을 최대한 개발함으로써 그들의 자아실현을 지원해 줄 수 있다(안삼태, 2004). Fetterman(1988)은 국제적인 경쟁에서 살아남고 이겨내기 위해서는 가장 충명하고 창의적인 학생들을 길러내는 교육이 국가적인 우선순위가 되어야 한다고 지적한 바 있다. 세계적 추세에 발맞추어 우리나라의 과학영재 교육의 주요 목표 중 하나도 창의적 사고능력이 뛰어난 학생을 선발하여 교육을 통해 이들의 능력을 극대화하는데 두고 있다(교육인적자원부, 2007). 역사적으로 볼 때 과학 분야에서 획기적인 성과를 거둔 창의성이 높은 학자들은 과학자 집단의 평균 수준을 뛰어 넘는 예술적 소양을 가지고 있었기 때문에 최근에는 영재교육의 양적 확대를 위주로 추진해 오던 영재교육 관련 정책이 질적인 제고를 위한 방향으로 점차 정책의 초점이 옮겨가고 있다. 우리가 배우는 예술 활동은 과학, 역사, 철학 등 다른 형식과 일정한 위계를 갖추고 있으면서 서로 간에 일정한 순환 관계를 이루는데, 그것은 형식의 위계상에서 가장 밑바닥에 위치하면서 순간순간 상위의 형식에 은밀한 영향을 미친다. 여기서 가장 밑바닥에 위치한다는 말은 예술 활동이 가장 낮은 수준에 위치한다는 뜻이 아니라, 다른 형식들의 기초가 되는 활동이라는 것을 의미한다(황인석, 2010). 즉, 예술은 사고라는 상부구조가 그 위에 건설되기 전에 세워지는 고정된 기초이며, 그 스스로가 건전한 상태에 있기 때문에 그 상부구조가 충분한 기능을 발휘하도록 하는 활동에 속한다(Collingwood, 1945). 이러한 예술 활동은 과학 학습을 하는 과정에서 학습한 내용에 대한 기억을 강화시켜 준다. 그 이유는 기억은 감정과 거의 동일한 신경 회로를 사용하고 있기 때문이다. 기억의 강화는 창의적 사고의 원천이 되는 지식의 양을 증가시켜 주게 된다. 우리가 기억을 효과적으로 떠올리기 위해서는 전두엽과 측두엽의 관계가 매우 중요하며, 창의적인 사고를 하기 위해서는 기억을 관장하는 측두엽에서 어느 정도 준비가 되어 있어야 한다. 즉, 창의성이 발현되기 위해서는 그 만큼의 정보가 측두엽에 쌓여 있어야 한다는 것이다. Roediger(1997)는 사람이 학습하는 동안 단어와 그림을 함께 보여 주면 그림

만 보여 주었을 때보다 더 잘 기억한다고 하였다. 따라서 과학 학습을 하는 과정에서 배운 내용을 더 잘 기억하기 위해서는 배운 내용에 대해 그림으로 표현하는 활동이 필요하다고 할 수 있다. 이렇게 그림으로 표현하는 활동은 과학 학습 과정에서 감정적 활동을 동반하게 된다. 창의성 연구로 유명한 칙센트미하이(2002)는 “일반인의 상태와 달리 창의적인 사람들은 매우 예민한 감정을 느낀다”라고 하였다. 따라서 과학영재 교육 과정에서 감정을 개발할 수 있는 활동인 예술적인 활동을 포함할 필요가 있다. 이것은 교과 영역 간의 경계를 성공적으로 허물고, 자신의 지식과 생각을 다양한 형태로 풍부하게 표현하는 법을 가르쳐야 함을 의미한다. Root-Bernstein과 Root-Bernstein(2004)은 과학영재 교육에서 예술통합교육을 강조하면서 학생들이 해당 교과목의 지식을 습득하도록 돕는 교육과정의 운영 외에 보편적 창조의 과정을 가르치는 일을 간과해서는 안 되며, 교육의 목표가 단순한 지식의 습득이 아닌 이해에 있고, 예술통합교육의 경험은 지식의 활용을 통한 깊이 있는 이해를 돕는데 용이하다고 보았다. 이러한 맥락에서 볼 때, 영재학생들의 창의성 신장과 관련해 미술활동이 줄 수 있는 가능성은 매우 크다고 볼 수 있다. 특히 21세기는 시대의 유행을 꿰뚫어 보고 다양한 분야에 호기심을 보이며, 이를 자신의 전문 분야와 통합시키는 르네상스형 인간을 요구하고 있기 때문에 이러한 인재를 키우기 위해서는 통섭적 교육환경을 조성하고 제공해야 한다. 과거에서부터 현재까지 많은 창의성 연구에서는 창의성 개발을 위한 수업모형과 교수-학습 프로그램, 교재 및 자료 개발에서부터 평가도구 개발에 이르기까지 다양한 시도가 있었으며, 교육과정에서도 문학, 조형, 음악, 신체활동과 같은 영역을 통해 창의성 향상을 위한 노력들은 지속적으로 전개되어져 오고 있다. 그러나 지금까지 과학영재 교육 기관에서 창의성을 강조해 왔지만, 감정적 활동이 수반된 상상력의 중요성을 도외시하거나, 상상력과 창의성을 접목시키려는 노력이 부족하였다. 이러한 상상력은 창의성과 결코 뗄 수 없는 관계이다(Taylor & Barron, 1975; West, 1991). 상상력은 관련된 지식을 활용하여 이미지를 형성하거나 전혀 새로운 방식으로 창조하도록 하는 능력(Egan, 1992)이며, 이러한 상상력은 우리의 경험을 독특하고 예외적인 감성의 세계로 이끌 수 있는 것으로서, 현

실의 이미지를 형성하는 능력이 아닌 현실을 넘어서는 이미지를 형성하는 능력이며, 새로운 생명과 정신을 창조하는 능력이다(Bachelard, 1999). 다시 말해, 상상의 힘은 끊임없는 이미지의 변형을 가능케 하며, 창의력의 뼈대인 대립 속의 일치, 다양성 속의 일치, 그리고 일치 속의 다양성을 포괄할 수 있는 것이다(유경훈, 2009). 이러한 상상 활동은 누구나 행하는 활동이며, 거부될 수 없는 것으로서 정서를 표현해 내는 유일한 수단이 된다(Collingwood, 1964). 영재아의 특성과 영재교육과정의 교차점인 창의성은 상상 활동을 매개로 발현될 수 있으며, 더불어 상상 활동은 예술을 매개로 할 때 그 힘의 가능성을 최고치로 끌어올릴 수 있다. 특히 이러한 상상 활동은 좌뇌의 측두엽, 우뇌의 전두엽, 그리고 좌·우뇌의 두정엽이 중심을 이루는 활동이며, 이 과정에서 창의적 사고에 중요한 뇌파인 세타파가 출현한다(Holz et al., 2010). 따라서 초등과학 영재들의 균형 잡힌 창의적인 두뇌 활성화를 위해서는 논리적 사고를 통해 좌뇌를 활성화시키는(Sperry, 1982) 과학과 상상 활동을 통해 좌뇌의 측두엽, 우뇌의 전두엽, 좌·우뇌의 두정엽을 활성화시킬 수 있는(Holz et al., 2010) 미술 활동이 통합된 교수 학습 프로그램이 필요하다고 할 수 있다. 이를 통해 감성을 담당하는 대뇌변연계(Sylwester, 1995)와 고등 인지과정을 담당하는 대뇌 피질을 모두 활성화시킴으로서 창의성이 향상될 것이다.

따라서 이 연구에서는 개체 수준에서 뇌가 발달하고 외부의 정보를 받아들여 처리하는 전반적인 과정인 대뇌변연계 → 대뇌피질의 후두엽, 측두엽, 두정엽, 전두엽 일부 → 대뇌피질의 전두엽 일부, 전두엽 연합영역의 순서(MacLean, 1990; Sylwester, 1995)를 과학교육 과정상의 주요 목표 영역인 정의적 영역 → 심체적 영역 → 인지적 영역과 연계시켜 제안한 뇌기반 과학 교수학습 모형(임채성, 2005)을 바탕으로, 장기 기억에 저장하기 위한 내면화하기 과정과 과학적 지식과 경험을 바탕으로 상상 활동을 통하여 창의적인 작품을 구상하고, 실제적으로 만들어 보도록 고안된 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 따라 과학과 미술 통합프로그램을 개발한 후 적용함으로써 과학영재의 일반 창의성과 그 하위 요소에 어떠한 변화가 일어났는지 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

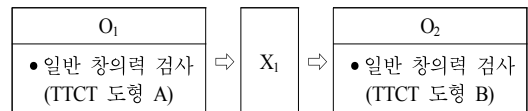
이 연구는 경기도 소재 Y초등학교 영재 학급 6학년 남학생 10명, 여학생 10명으로 단일집단을 대상으로 실시하였다. Y초등학교 부설 영재학급의 학생 선발은 3단계를 걸쳐서 이루어졌다. 1단계는 지역에 소속된 초등학교에서 담임교사의 추천에 의해 학교장 추천을 거쳤으며, 2단계는 1단계에서 추천된 학생들을 대상으로 영재성 검사를 하였다. 3단계는 2단계를 통과한 학생들을 대상으로 심층 면접을 통하여 최종 선발하였다.

2. 연구 설계

이 연구는 지역 영재 학급의 특성상 다양한 변인을 가진 학생들로 구성되어 있고, 과학과 미술이 반영되지 않은 프로그램을 특별한 시간에 지속적으로 투입하는 것이 어려움이 많으므로 통제 집단을 들 수 없어 그림 1과 같이 단일 집단 사전·사후검사 설계 방법을 사용하였다. 초등학교 교육과정 및 교과서 분석을 통해 초등학교 과학영재 학급에 적용할 수 있는 과학과 미술 통합프로그램을 총 30차시를 개발하고 적용하여 효과를 알아보았다. 사전 검사로는 일반 창의력 검사(TTCT 도형 A)를, 사후 검사로는 일반 창의력 검사(TTCT 도형 B)를 실시하였다.

3. 과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 위한 과학과 미술 통합프로그램의 개발

과학영재 교육에 미술 활동을 포함하는 중요한 이유는 논리적 사고를 통해 좌뇌를 활성화시키는(Sperry, 1982) 과학과 상상 활동을 통해 우뇌를 활성화시킬 수 있는(Holz et al., 2010) 미술활동을 통해 좌뇌와 우뇌의 균형 잡힌 두뇌 활성화를 위해서라고 할 수 있다. 이를 위해 뇌가 발달하고 학습이 이루어지는 과정에 대한 이해를 바탕으로 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략을 고안한 후 과학과 미술



(O1: 사전 검사, X1: 과학과 미술 통합프로그램 적용, O2: 사후 검사)

그림 1. 연구 설계

통합프로그램을 개발하였다.

1) 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략 고안

과학과의 교육 과정은 ‘자연 현상을 탐구하는데 필요한 과학 탐구 능력의 신장을 중시하고 있으며, 탐구 능력의 신장을 통해 급변하는 미래 사회에 능동적으로 대처하고, 독창적으로 문제를 해결’할 수 있도록 하는 것을 중요한 목표로 삼고 있다. 또한 과학(Science)을 기술(Technology), 공학(Engineering), 예술(Art), 수학(Mathematics) 등 다른 교과와 관련지어 통합적이고 창의적으로 사고할 수 있는 능력을 신장시키도록 하였다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 ‘학생들이 자신의 생각과 느낌을 다양하고 창의적으로 표현’하는 것이 중요한데, 국가 교육과정에서 미술 교과는 학생들의 다양하고 창의적인 표현을 강조하고 있다.

따라서 과학영재들이 창의적으로 표현하는 능력을 개발하기 위해서는 과학적 현상에 대해 상상 활동을 통해 미술로 표현하는 교수 학습 방법이 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해 과학영재들이 과학의 탐구 능력을 향상시키면서도 창의적으로 표현하는 능력을 향상시키기 위한 교수 학습 전략이 필요하다.

이를 위해 이 연구에서는 과학적 사고와 예술적 사고를 할 수 있도록 교수 학습 전략을 고안하였다.

이를 위한 첫 단계로 과학의 탐구 과정, 배운 지식을 내면화하기, 그리고 예술 영역 중 상상하기 활동에서 나타나는 뇌 활성 영역에 대한 문헌 분석 결과를 바탕으로 과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 위한 교수 학습 전략을 고안하였다.

이 연구에서 고안한 과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 위한 교수 학습 전략(Teaching strategy for creativity brain activity of the gifted in science, TSCBAGS)은 개체 수준에서 뇌가 발달하고, 외부의 정보를 받아들여 처리하는 전반적인 과정인 대뇌변연계 → 대뇌피질의 후두엽, 측두엽, 두정엽, 전두엽 일부 → 대뇌피질의 전두엽 일부, 전두엽 연합영역의 순서(MacLean, 1990; Sylwester, 1995)를 과학교육 과정상의 주요 목표 영역인 정의적 영역 → 심체적 영역 → 인지적 영역과 연계시켜 제안한 뇌기반 과학 교수학습 모형(임채성, 2005)을 바탕으로, 과학의 탐구 과정을 중심으로 하여 학습한 내용을 장기 기억에 저장하기 위한 내면화하기 과정과 과학적 지

식과 경험을 바탕으로 예술 영역 중에서 상상 활동을 통하여 창의적인 작품을 구상하고, 실제적으로 만들어 보도록 하였다. 즉, 과학의 탐구 과정은 논리적인 사고 과정이므로 좌뇌의 활성이 중심이고, 탐구 활동을 통하여 획득한 과학영역의 지식을 활용하여 예술적인 작품을 만들기 위한 상상 활동은 좌뇌의 측두엽, 우뇌의 전두엽, 그리고 좌·우뇌의 두정엽이 중심을 이루는 활동이다(Holz et al., 2010). 따라서 과학영재의 예술적인 상상 활동은 좌뇌의 발달뿐만 아니라, 우뇌의 발달을 통해 균형 잡힌 뇌 활성을 발달시킬 것이다. 이 학습 전략은 뇌 기반 학습에서 강조하는 적절한 탐구과정과 문제 해결 과정을 통해 경험으로부터 지식을 습득하고 활용하는 능력을 기를 수 있다고 본다(이정모, 2003; Caine & Caine, 1990).

따라서 이 연구에서 고안한 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략은 관찰하기 → 흥미·호기심 갖기 → 실험설계 및 수행하기 → 내면화하기 → 예술로 표현하기로 구성되며, 이러한 활동을 통해 과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 유도하여 창의성을 향상시킬 것이다.

2) 과학과 미술 통합프로그램의 구성과 내용

과학과 미술 통합프로그램은 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략을 기반으로 하였으며, 확산적 사고와 수렴적 사고를 반복할 수 있도록 설계하였다. 그리고 초등학교 5학년과 6학년의 과학교과서와 미술교과서를 바탕으로 과학과 미술을 통합할 수 있는 주요 개념을 추출하였다. 추출한 주요 개념으로는 우리 주변의 세포 관찰, 식물 세포에서 색소 추출하기, 사인펜 색소 분리하기, 양배추에서 색소를 추출하여 pH에 따른 색변화 관찰하기, 식물의 다양한 잎 분류기준 정하기, 잉크의 확산 현상 이해하기, 물질의 밀도 개념 이해하기, 빛과 색의 개념 이해하기, DNA 구조를 이해하고 자신의 DNA 추출하기, 방사능에 대해 이해한 후 변화된 생물 만들기 활동으로 구성하였다(표 1).

완성된 프로그램은 과학영재의 창의적 두뇌 활성화라는 목적을 달성할 수 있는지, 영재의 특성을 반영하고 있는지, 프로그램의 구성, 그리고 프로그램이 의도한 교육적 효과를 달성할 수 있는지 알아보기 위해 리커트 5점 척도를 이용한 12개의 평가 문항과 각 수업 프로그램에 대한 장점 및 보완해야 할

표 1. 개발된 과학과 미술 통합프로그램의 구성과 내용

주제명	활동 내용
세포가 예술로	다양한 세포를 관찰한 후, 그림으로 표현한 미라이 미주에의 작품을 관찰하고, 주변의 다양한 종류의 세포를 관찰하고, 다양한 종류의 세포를 이용해서 예술 작품 만들기
식물 세포 색소가 몬드리안 작품으로	몬드리안 작품을 관찰하고, 양배추 지시약의 화학적인 현상을 이용해서 몬드리안 작품 만들어 보고 변형하기
잉크속의 숨은 물질로 예술 작품 만들기	다양한 색을 갖는 식물을 관찰하고, 식물 세포에서 색소를 추출한다. 실생활 속의 수성 사인펜을 이용해서 나만의 작품을 만든다.
식물의 잎이 예술로	Lorenzo Duran의 나뭇잎으로 만든 작품을 관찰하고, 우리 주변에 있는 다양한 나뭇잎을 관찰한다. 나뭇잎에 조각을 이용해서 작품을 만든다.
확산 현상을 이용해 수목화 그리기	정선의 수목화 작품을 관찰하고, 잉크의 확산 속도에 관한 실험을 실시한 후, 잉크의 확산 현상을 이용해 수목화를 만들어 본다.
나만의 무지개 물담 만들기	조수연 화백의 연보라 추상을 관찰한 후, 물질의 밀도차를 이용해서 용액으로 무지개를 만들어 보는 실험을 실시한다.
빛의 3원색을 이해하고 환상의 작품 만들기	색 필터를 이용해 빛의 3원색을 내는 손전등을 만들어 보고, 빛의 투과와 반사를 적용하여 아크릴 거울 또는 셀로판지를 이용한 조형 예술 작품 만들기
색의 개념을 이해하고 점묘화 따라 그리기	쇠라의 ‘그랑드 자트 섬의 일요일 오후’를 관찰하고, 물감의 혼합에 따른 다양한 색과 점으로 찍은 후의 색의 차이를 관찰하고, 주어진 자동차를 점묘법을 통해 자신만의 멋진 자동차를 만들어 본다.
세포에서 DNA를 추출하고 DNA 발자취 만들기	DNA를 전기 영동한 작품을 관찰하고, 자신의 세포에서 DNA를 추출하며, DNA 모형을 이용해서 옷에 DNA 모형을 붙여서 나만의 DNA 티셔츠를 만들어 본다.
방사능에 의해 변화된 생물 만들기	방사능에 의해 변화된 생물을 관찰하고, 우리 주변에 방사능이 얼마나 존재하는지를 측정하고, 방사능에 노출된 상상의 동물을 만들어 본다.

점에 대해 의견을 쓸 수 있도록 하여 과학과 미술 통합프로그램에 대한 타당도 검사를 구성하였다. 그리고 창의성을 전공한 초등 교사이면서 박사 1인, 미술을 전공한 초등교사 1인, 수업을 담당한 초등 과학영재 담당 교사 1인, 영재교육 전문가 1인에게 통합프로그램의 내용 타당도를 받았다. 타당도 검사 결과는 창의적 두뇌 활성화라는 목적의 달성, 창의성의 향상과 정서에 미치는 영향, 의사소통 능력, 협동 능력에 미치는 영향에 대해서는 5점 만점에 4.2점이라는 매우 긍정적인 평가를 받았지만, 과학과 미술의 통합 정도, 지식이나 사고 수준, 탐구기능의 요구 정도에 대해서는 3.8점이라는 다소 낮은 평가를 받았다. 이러한 의견을 참고하여 과학과 미술 통합프로그램을 수정·보완하였다(표 2).

4. 검사 도구

일반 창의력 검사는 ‘한국판 TTCT(도형 A, B) 검사지’를 이용하였다. TTCT 도형검사는 모두 세 가지의 활동(검사과제)으로 이루어져 있다. 이들 각각은 도형과제에서 작용하는 창의적 사고의 측면들 가운데서 각기 다소간 상이한 측면을 요구하고 있다는 가정위에서 디자인된 것이다. 검사를 구성하는 활동에는 그림 구성하기, 그림 완성하기, 선그

리가 있다.

그림 구성하기는 곡선 모양의 형태를 하나 제시하고, 이것이 일부가 되는 어떤 그림이나 물건을 생각해 보게 한다. 거기에는 아이디어들을 계속 더하기 하여 재미있는 이야기의 내용이 되게 한다. 그림을 완성하면 그럴듯한 제목을 적게 한다. 이 활동의 검사 시간은 10분이다.

그림 완성하기는 10개의 불완전한 도형들을 제시하고, 될 수 있는 대로 이야기가 완전하고 재미있는 물건이나 그림을 그리게 한다. 그리고 빈칸에 제목을 적어 넣게 한다. 이 활동의 검사 시간은 10분이다.

마지막으로 선그리기는 쌍을 이루고 있는 두 개의 직선을 세트(set)로 30개 제시하고, 원하는 대로 선들을 더 그려 넣어 어떤 물건이나 그림을 될 수 있는 대로 많이 생각해 보게 한다. 각각은 될 수 있는 대로 완전하고 재미있는 이야기의 내용이 되게 한다. 또한 각각에 대하여 이름이나 제목을 적어 넣도록 한다. 이 활동의 검사 시간은 10분이다. 수검자의 창의적 잠재력을 전체적으로 보여주는 일반 창의력 지수는 창의력 평균점수와 창의적 강점 점수를 합산한 것이다.

5. 결과 처리 및 분석

표 2. 전문가 평가 결과에 의한 수정 및 보완 사항

번호	평가 항목	전문가 의견	수정 및 보완사항
1	프로그램의 목적	· 학습한 내용을 그림이라는 시각적 과제를 통해 정리하는 활동은 매우 창의적이며, 이 과정에서 창의적 두뇌 활성화라는 목적을 달성할 수 있을 것으로 보임.	
2	영재 특성의 반영	· 학생 수준의 관심사나 학생의 흥미를 반영했으나, 과학영재의 수준으로는 평이할만한 주제들로 구성되었음. · 과학영재의 수준에 맞는 활동 주제를 추가해야겠음.	· ‘세포가 예술로’ 부분에서 세포를 이용한 예술작품 그리기를 입체작품 만들기로 수정함. · ‘빛의 3원색을 이해하고 환상의 작품 만들기’ 부분에서 셀로판지를 이용한 예술작품 만들기를 셀로판지를 이용한 다양한 조명 구상하여 만들기로 수정함.
3	수업목표진술의 적절성	· 대체로 적절하나 ‘방사능에 의해 변화된 생물 만들기’ 활동에서 창의성 관련 수업 목표 진술이 미흡함.	· 수업 목표 재진술함.
	지식, 사고수준, 탐구기능의 요구정도	· 지식이나 사고수준은 6학년 수준으로 평이하 며, 탐구기능을 요하는 활동계획이 미흡함. · 학습자의 흥미유발에 적당한 주제였으며, 그림을 통한 동기유발이 창의적임.	· 실험하기 활동을 반구조화 체제를 도입하여 수정함. · 준비물을 주고 실험목적 설명한 뒤 실험설계를 하게 함.
	과학과 미술의 통합 정도	· 예술작품을 통해 동기유발하고 학습내용을 다시 학생 수준의 작품으로 만들어 보게 하는 활동은 매우 적절했음.	· 창의적인 동기유발을 위하여 명화를 추가 구성하여 삽입했음. · 학생 개인 수준이 아닌 집단 수준의 협동 작품을 구상하게 하는 활동을 추가함.
	시간 구성의 적절성	· 예술작품으로 만들기 부분에서 학생활동 시간이 부족할 것으로 보임. 활동 시간 수정해야 함.	· 20분이었던 활동 시간을 30~40분까지 수정하였으며, 활동내용에 따라 융통성을 부여하여 과제로 제시함.
4	창의성, 정서에 미치는 영향 의사소통 능력, 협동 능력에 미치는 영향, 인성 요소 반영	· 학생의 창의성 개발에 도움을 줌. · 실험설계를 반구조로 제시하여 학생들의 의사소통 기회를 충분히 보장해야겠음.	· 실험설계부분을 반구조화체제로 수정하여 학생들이 주체적으로 실험설계할 수 있도록 수정함.
9	기타 의견	· 도입부 명화보기 활동에서 교사의 적절하고 자세한 발문이 있어야 학습목표를 알 수 있을 것임.	· ‘나만의 무지개 물담 만들기’ 활동에서 보여 주는 조수연 화백의 연보라 추상작품에 대한 그림 설명 부분을 추가함.

일반 창의력 검사는 한국판 TTCT(도형 A, B) 검사를 공급하는 토란스 창의력 한국 FPSP 본부에 의뢰하여 전문가 채점을 실시하였다. 채점한 사전·사후 창의력 검사 결과는 SPSS 18.0을 사용하여 대응표본 t-test로 통계 처리하여 유의미한 차이가 나타나는지 알아보았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 기초한 과학과 미술 통합프로그램의 개발

이 연구에서 고안한 뇌 기반 과학영재 교수학습 전략에 따라 한 개의 통합프로그램은 3차시로 구성

되어 총 30차시로 개발하였다. 과학과 미술 통합프로그램은 관찰하기, 흥미·호기심 갖기, 실험 설계 및 수행하기, 내면화하기, 그리고 예술로 표현하기 활동으로 구성되었다. 또한 창의적 사고 요소가 반영될 수 있도록 확산적 사고와 수렴적 사고를 병행할 수 있도록 하였다. 과학과 미술 통합 교수 학습 프로그램 개요는 표 3과 같다.

표 4는 과학과 미술 통합 교수 학습 프로그램 30차시 중에서 ‘세포가 예술로’라는 수업주제의 3차시 프로그램 예시이다.

1~3차시 프로그램은 ‘세포가 예술로’라는 내용으로 구성되었다. 생명체를 구성하는 가장 기본 단위는 세포이다. 이들 세포의 모양은 위치와 기능에 따라 모양과 크기가 다르다. 일본의 미라이 미주에의 세

표 3. 과학과 미술 통합 교수 학습 프로그램 개요

차시	수업 주제	관련 영역	
		과학교과의 관련 영역	미술교과의 관련 영역
1-3	세포가 예술로	동물 세포와 식물 세포 관찰	관찰한 것 입체로 표현하기
4-6	식물 세포 색소가 몬드리안 작품으로	양배추에서 색소 추출하기	회화로 표현하기
7-9	잉크속의 숨은 물질로 예술 작품 만들기	식물세포의 색소 추출방법 응용하기	회화로 표현하기
10-12	식물의 잎이 예술로	식물의 다양한 잎의 특징을 관찰하고 분류하기	만들기
13-15	확산 현상을 이용해 수목화 그리기	잉크의 확산 현상 이해하기	회화로 표현하기
16-18	나만의 무지개 물탑 만들기	밀도 개념 이해하기	꾸미기
19-21	빛의 3원색을 이해하고, 환상의 작품 만들기	빛의 투과와 반사 이해하기	꾸미기와 만들기
22-24	색의 개념을 이해하고, 점묘화 따라 그리기	색의 혼합 이해하기	회화로 표현하기
25-27	세포에서 DNA추출하고 DNA발자취 만들기	DNA 이해하기	디자인
28-30	방사능에 의해 변화된 생물 만들기	방사능 이해하기	만들기

표 4. 세포가 예술로 과학과 미술 통합 교수-학습 프로그램 예시

세포가 예술로		
수업 절차	수업 내용	창의적 사고 전략
관찰	다양한 세포를 관찰한 후, 그림으로 표현한 미라이 미주에(일본)의 그림 작품을 관찰한다.	확산적 사고
흥미·호기심 갖기	이 작품에 대해 작가는 무엇을 표현하려고 했는지 작가의 입장이 되어서 생각해 보도록 한다.	확산적 사고
실험설계 및 수행	주어진 실험 재료를 활용하여 현미경을 사용하여 동물 세포, 식물 세포들을 관찰하는 실험 설계를 해 보자.	수렴적 사고
내면화하기	오늘 배운 세포에 대해 자신만의 글이나 마인드맵으로 정리하여 보자.	수렴적 사고
예술로 표현하기	관찰한 다양한 종류의 세포를 바탕으로 예술 작품이 될 수 있도록 자신만의 작품을 만들고, 그 작품에 대해 제목을 붙이고, 작품에 대해 설명해 보자.	확산적 사고 수렴적 사고

포를 예술 작품으로 표현한 것을 보여주면서 우리 주변에 있는 다양한 종류의 세포를 현미경으로 관찰한 후 세포의 특징을 조사한다. 그리고 관찰한 다양한 세포의 모양을 이용하여 나만의 창의적인 예술 작품으로 표현해 보는 활동을 하도록 한다. 이 과정에서 눈으로 보이지 않는 물질에 대해 염색이라는 과정으로 핵을 관찰하게 된다. 즉, 색으로 표현하는 방법을 통해 확산적 사고 능력이 향상될 것이다. 또한 이 활동을 통해 다양한 세포의 종류를 관찰한 후 나만의 세포 액자를 만들어보는 활동을 함으로써, 세포에 대한 평면적인 관찰을 입체적인 형태로 바꿀 수 있으며, 기능에 따라 다양한 형태로 세포가 적용한 예에 대해서도 이해할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 종류의 세포들이 예술적인 형태로 표현될 수 있다는 독창적인 사고를 할 수 있을 것이다.

4-6차시는 양배추 세포에 들어있는 안토시아닌 색소를 분리한 후, 용액의 pH에 따른 변화를 활용하여

작품을 만들도록 하였다. 특히 몬드리안 작품을 관찰한 후 물감을 사용하지 않고, 어떻게 몬드리안 작품을 만들 수 있는지에 대해 물어봄으로써 흥미와 호기심을 유발한다. 그리고 주어진 실험 재료를 이용하여 학생들이 식물 색소를 추출한 후 직접 용액의 액성을 바꾸어 가면서 색 변화를 관찰하고 기록하도록 한다. 그리고 몬드리안 작품을 만들어 보고, 자신만의 창의적인 작품을 구상하여 몬드리안 작품을 변형해 보고, 제목을 붙인 후 설명하도록 한다. 이 활동을 통해 식물의 다양한 꽃잎의 색깔은 세포의 액성이 다르기 때문이라는 것을 이해할 수 있을 뿐만 아니라, 색소가 액성 변화를 통해 예술 작품의 다양한 형태로 표현될 수 있다는 독창적인 사고를 할 수 있을 것이다.

7-9차시는 자연계에 존재하는 다양한 식물들을 보여주며 관찰한 색을 쓰도록 한다. 관찰한 사실로부터 식물의 색이 다르게 나타나는 이유에 대해 흥미와 호기심을 갖도록 한다. 그리고 식물세포에 들

어 있는 색소를 추출하여 식물의 잎과 꽃에 공동으로 들어 있는 색소와 차이가 나는 색소를 비교 분석하도록 한다. 또한 색소 분리 실험을 응용하여 사인펜에 들어 있는 잉크의 색소 분리 실험을 통해 잉크 속에 들어 있는 다양한 색소 물질을 알고, 사인펜 잉크의 색소를 이용하여 나만의 예술 작품을 구상하여 만들고, 그 느낌을 표현하도록 한다. 이러한 활동은 자연계에 존재하는 다양한 색이 나타나는 원리에 대해 이해함으로써 색에 대한 감수성을 키울 수 있게 된다.

10~12차시는 Lorenzo Duran의 나뭇잎을 이용해 만든 예술 작품을 관찰하여 흥미와 호기심을 갖도록 한다. 그리고 우리 주변에 있는 다양한 잎에 대해 분류 기준을 정하여 분류해 보는 활동을 한다. 분류한 다양한 나뭇잎의 모양에 잘 어울릴 수 있는 작품을 구상하여 만들고, 작품에 대해 제목을 붙이고 작품에서 표현하고자 한 것에 대해 설명하도록 한다. 이러한 활동은 나뭇잎이 생물 분류의 소재가 아니라, 예술 작품의 소재가 될 수 있다는 독창적인 생각을 할 수 있게 된다.

13~15차시는 정선의 수목화를 관찰한 후 과학적인 현상을 이용해서 만들 수 있는 방법에 대해 질문하여 흥미와 호기심을 유발한다. 그리고 잉크의 확산 속도에 영향을 미치는 요인에 대해 알아보는 반 구조화 된 실험을 제시하여 학생들이 직접 실험을 설계한 후 수행하여 결과를 얻도록 한다. 마지막으로 잉크의 확산 속도 차이를 이용해 멋진 수목화를 만들도록 한다. 이러한 활동은 수목화의 감상을 통해 동양 사람들의 삶의 방식과 소망에 대해 앞으로써 예술적 감성을 통해 인간의 순수한 본성을 키울 수 있을 것이다.

16~18차시는 조수연 화백의 연보라 추상이라는 무지개를 표현한 작품을 관찰한 후, 무엇을 표현한 것인지에 대해 질문하여 흥미와 호기심을 유발한다. 그리고 반 구조화된 실험을 통해 밀도 개념을 이해하고, 밀도 개념을 바탕으로 무지개 물담을 만들도록 한다. 이러한 활동은 무지개를 표현한 예술 작품을 감상하고, 밀도라는 과학적인 개념을 이용해 무지개 물담을 만들어 봄으로써 사고의 전환 능력을 키울 수 있다.

19~21차시는 빨간 사과가 있는 그림 위에 빨간 색 필터를 올려놓았을 때 사과의 색이 어떻게 보일지에 대해 관찰하여 흥미와 호기심을 유발하도록

한다. 그리고 태양빛 속에는 다양한 파장의 빛이 존재하고, 그 결과 우리는 물체의 색을 다양하게 본다는 것을 실험을 통해 이해한다. 그리고 팀이 모두 참여하여 예술 작품을 만들도록 한다.

이러한 활동은 빛이 단순히 과학 시간에 암기하는 지식이 아니라, 우리의 실생활에서 다양한 영역에서 활용되고, 응용 활동을 통한 멋진 예술 작품이 될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

22~24차시는 1884년 쇠라의 ‘그랑드 자트 섬의 일요일 오후’라는 작품을 관찰하고, 그 느낌에 대해 물어본다. 그리고 현미경 루페를 이용하여 주변에 인쇄된 다양한 그림을 확대해 보고, 인쇄에 사용한 물감의 종류를 찾아본다. 예술로 표현하기에서는 점묘법을 통해 자신만의 멋진 자동차를 표현해 보고, 자동차의 이름을 붙여보고 발표한다.

이러한 활동은 인쇄된 다양한 색이 점묘법에 의한 것이며, 점묘법을 통해 나만의 창의적인 작품을 디자인함으로써 예술적 사고를 향상시킬 것이다.

25~27차시는 DNA를 이용해서 만든 예술 작품을 관찰한 후, DNA에 대한 흥미와 호기심을 갖도록 한다. 반 구조화된 실험을 통해 자신의 구강 세포에서 DNA를 추출해 보는 실험을 실시한다. 그리고 DNA를 구성하는 기본 단위인 뉴클레오티드를 붙여서 멋진 티셔츠를 만들어 보도록 한다. 이러한 활동은 우리 눈에 보이지 않는 미시의 세계가 예술 작품의 거시적 세계의 주제가 될 수 있다는 사고의 전환 능력을 향상시킬 것이다.

28~30차시는 방사선이 유출되어 나타난 사례를 관찰하고, 우리 주변에 있는 물질로부터 나오는 방사선을 측정하여 방사선을 차단할 수 있는 방법을 탐구한다. 그리고 방사능에 노출된 환경에서 살아남은 동물의 모습을 상상하여 만들어 보고, 제목을 붙인 후 동물이 사는 곳, 먹이, 변화된 과정을 설명한다. 이러한 활동은 방사선에 대해 이해하고, 자연 환경의 소중함을 알고 실천할 수 있도록 할 것이다.

2. 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 의한 과학과 미술 통합프로그램의 적용 효과

뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 의한 과학과 미술 통합프로그램이 초등학교 과학영재 학급 학생들의 일반 창의력에 대한 효과를 알아보았다. 이를 위해 단일 집단 사전·사후 검사 점수를 비교 분석하였다(표 5). 그 결과, 전체 평균이 사전 검사

표 5. 일반 창의력의 사전·사후 검사 결과 대응표본 t-test

	N	평균	표준편차	t	p
사전검사	20	97.65	10.84	5.663	.000***
사후검사	20	105.05	10.54		

*** $p < .001$

97.65점에서, 사후검사는 105.05점으로 7.4점이 증가하였다. 그리고 일반 창의력의 사전·사후 채점 결과를 t-test로 분석한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). 연구 대상과 프로그램에서 많은 차이가 있지만, 김민영(2006)은 과학사 CPS 수업모형 개발과 유전영역 수업프로그램의 적용 결과, 일반 창의력이 9.89점이 증가하였고, 주희영 등(2006)은 과학 영재의 창의적 문제 해결력 신장을 위한 발생학 수업 프로그램을 적용한 결과 17.84점, 동효관(2002)은 과학영재의 특성에 기초한 수업 프로그램을 적용한 결과 17.42점 상승하였다. 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 의해 개발된 과학과 미술 통합프로그램도 초등과학영재들의 일반 창의력의 향상에 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있다.

일반 창의력의 하위 요소에는 유창성, 독창성, 정교성, 제목의 추상성, 성급한 종결에 대한 저항영역이 있다. 따라서 과학과 미술 통합프로그램이 일반 창의력의 하위 요소별 효과에 대해 알아보고자 t-test를 실시하였으며, 그 결과는 표 6과 같다. 단일 집단 사전·사후 실험 설계의 특성상 사전·사후 검사 점수를 비교한 결과, 유창성은 5.05점, 독창성은 7.3점, 정교성은 7.6점, 제목의 추상성은 10점,

성급한 종결에 대한 저항은 7.8점이 상승하였다.

특히, 일반 창의력의 하위 요소 중에서 독창성, 제목의 추상성, 그리고 성급한 종결에 대한 저항에서는 통계적으로 모두 유의미한 차이를 나타내었다. 일반 창의력의 하위 요소 중에서 사전 점수에서 매우 낮은 영역은 독창성이었으며, 사후 점수에서 통계적으로 유의미한 상승이 있었다($p < .01$). Torrance(1976)은 유창성과 독창성은 창의성의 첫 출발이라고 하였으며, Basadur(1992)는 유창성과 독창성은 새로운 것에 반응을 하며, 새로운 아이디어를 생성해 내는 우뇌의 기능과 밀접한 관련이 있다고 하였다. 따라서 본 과학과 미술 통합프로그램은 좌뇌의 기능뿐만 아니라, 우뇌의 활성을 증가시켰다고 볼 수 있다. 김권숙과 최선영(2012)이 과학기반 STEAM 프로그램을 초등 과학 영재들에게 적용한 결과, 창의적 문제 해결력이 유의미하게 상승하였고, 류제정과 이길재(2013)가 뇌기반 STEAM 교육이 유창성, 독창성, 정교성이 유의미하게 상승하였다고 한 것처럼 본 연구에서도 독창성이 유의미하게 상승하였다. 추가적으로 이 연구에서는 과학적인 지식을 배운 후, 그 지식을 바탕으로 예술로 표현하는 활동을 한 후 제목을 붙이고, 그 예술적인 작품에 대해 설명하도록 하였다. 따라서 제목의 추상성에서 사전·사후에 유의미한 차이를 나타낸 것은 본 프로그램의 효과로 볼 수 있다. 그리고 성급한 종결에 대한 저항에서 유의미한 차이를 보이는 것도 또한 작품을 만드는 것은 고도의 인내력과 끈기를 필요로 하는 작업으로 학생들의 과제 집착력이 향상된 것으로 해석할 수 있다. 과제 집착력은 고도

표 6. 일반 창의력의 하위 요소별 사전·사후 검사 결과 대응표본 t-test

일반 창의력 하위요소	사전·사후	N	M	SD	t	p
유창성	사전	20	99.95	17.48	1.429	.169
	사후	20	105.00	19.64		
독창성	사전	20	90.65	12.81	3.204	.005**
	사후	20	97.95	13.35		
정교성	사전	20	99.15	20.30	1.774	.092
	사후	20	106.75	20.97		
제목의 추상성	사전	20	98.45	11.65	3.865	.001***
	사후	20	108.45	7.70		
성급한 종결에 대한 저항	사전	20	99.95	15.02	3.129	.006***
	사후	20	107.75	9.70		

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

로 생산적인 사람의 중요한 특성으로, 어떤 한 가지 과제 또는 영역에 자신이 몰두하도록 할 수 있는 능력을 말한다. 이러한 과제 집착력은 인내심, 고된 작업을 감수, 헌신적인 수행, 자신감, 문제의 심각성을 식별해 내는 감각 등과 같은 정의적 특성이다(Renzulli, 1978). 따라서 본 과학과 미술 통합 교수-학습 프로그램은 정의적 영역의 향상에 효과적이라고 할 수 있다.

표 7은 뇌 기반 과학영재 교수학습 전략에 의한 초등과학영재들이 과학과 미술 통합프로그램에 의한 일반 창의력 지수이다. 일반 창의력 지수는 일반 창의력 평균 점수와 창의적 강점 점수인 정서적 표현, 이야기의 명료성, 운동 또는 행위, 제목의 표현성, 불완전 도형들의 종합, 선들의 종합, 독특한 시각화, 내적인 시각화, 경계의 확대 또는 파괴, 유우며, 심상의 풍부함, 심상의 다채로움, 환상과 같은 13개의 창의적 강점 점수를 합계한 점수로서 창의적 잠재력을 전체적으로 나타낸다.

학생들의 창의적 잠재력을 나타내는 일반 창의력 지수는 사전검사에서 109.76점이었으며, 사후검사에서 118.76점으로 9점이 상승하였으며, 사전검사에 비하여 사후 검사에서 통계적으로 유의미한 상승이 있었다($p<.001$). 일반 창의력 지수를 측정하는 요소 중에서 사전검사에 비하여 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 기초한 과학과 미술 통합 프로그램을 실시한 후, 측정된 사후 검사에서 20명의 초등과학 영재들 중 13명은 2개 이상의 세트의 조합 능력인 선들의 종합 능력이 향상되었다. 이러한 능력은 과학적 활동을 통해 배운 과학적 지식을 그림으로 표현하는 과정에서 여러 형태의 그림으로 표현하는 과정에서 향상된 것이라고 볼 수 있다. 또한 학생들에 따라서 정서적 표현, 내적인 시각화, 독특한 시각화, 심상의 풍부함과 같은 요소들이 새롭게 나타났다. 정서적 표현과 독특한 시각화와 심상의 풍부함과 같은 능력들은 바로 예술적 활동 중 상상 활동을 통한 활동으로 과학적 지식을 이용하

여 내적인 이미지를 만드는 과정에서 향상된 능력으로 볼 수 있다. 따라서 본 과학과 미술 통합프로그램은 초등과학 영재학생들에게 이성적 사고 능력뿐만 아니라, 정서적 표현과 내적인 심상 능력을 향상시켜 우뇌의 기능뿐만 아니라, 대뇌의 변연계의 기능을 향상시켰을 것으로 판단된다(박문호, 2008; Sylwester, 1995).

IV. 결론 및 제언

본 연구는 과학영재들의 창의적 두뇌 활성화를 위한 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략과 과학과 미술 통합프로그램을 개발하여 적용한 후, 과학영재들의 일반 창의력의 변화를 분석하고자 하였다.

이를 위한 첫 단계로 뇌 기능 분화에 대한 문헌 연구를 통해 창의적인 두뇌 활성화를 위한 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략을 고안하였다. 뇌 기반 과학 영재 교수 학습 전략은 관찰하기, 흥미·호기심 갖기, 실험 설계 및 수행하기, 내면화하기, 그리고 상상 활동을 한 후 예술로 표현하기 절차로 이루어진다. 이 전략에 기초하여 30차시로 구성된 과학과 미술 통합프로그램을 개발하였으며, 이를 경기도 소재의 Y초등학교 영재 학급 6학년 20명의 학생들을 대상으로 단일집단 사전·사후설계로 적용한 후 효과를 분석하였다.

이 연구를 통해 내려진 결론 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 기초한 과학과 미술 통합프로그램은 과학영재들의 일반 창의력을 향상시키는데 효과적이었다($p<.05$).

둘째, 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 기초한 과학과 미술 통합프로그램은 예술적 활동에 의해서 나타날 수 있는 창의성 영역인 독창성, 제목의 추상성, 그리고 성급한 종결에 대한 저항 영역에서 사전에 비하여 사후에 유의미하게 상승하였다($p<.05$). 특히 뇌 기반 과학 영재 교수학습 전략에 기초한 과학과 미술 통합프로그램을 통해 과학적 지식을 상상 활동을 통해 독창적인 창의적 아이디어를 얻을 수 있는 미술 활동으로 표현하는 활동은 초등과학영재 학생들로 하여금 직접적이고 현실적인 종결(성급한 종결)에 대한 저항을 유도하는 정신적인 성장의 훈련 효과의 가능성을 보여주었다.

셋째, 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략에 기초

표 7. 일반 창의력 지수의 사전·사후 검사 점수 대응표본

t-test					
	N	평균	표준편차	t	p
사전검사	20	109.76	12.99	-5.643	.000***
사후검사	20	118.76	12.26		

*** $p<.001$

한 과학과 미술 통합프로그램은 창의적 잠재력을 나타내는 창의력 지수를 사전 검사에 비하여 사후 검사에서 통계적으로 유의미하게 상승시켰다($p < .01$). 특히 일반 창의력 지수를 측정하는 요소 중에서 사전 검사에 비하여 사후 검사에서 초등과학 영재들 13명은 2개 이상의 세트의 조합 능력인 선들의 조합 능력이 향상되었고, 학생들에 따라서 정서적 표현, 내적인 시각화, 독특한 시각화, 심상의 풍부함과 같은 요소들이 새롭게 나타났다. 정서적 표현과 독특한 시각화, 그리고 심상의 풍부함과 같은 능력들은 바로 예술적 활동 중에서 상상을 통한 활동으로 과학적 지식을 활용하여 그림으로 표현하기 위해 내적인 이미지를 만드는 과정에서 향상된 능력으로 볼 수 있다.

따라서 이 연구에서 고안한 과학영재의 창의적 두뇌 활성화를 유도하기 위한 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략은 뇌 기반 학습에서 강조하는 적절한 탐구과정과 문제 해결 과정을 통해 경험으로부터 지식을 습득하고 활용하는 능력을 기를 수 있다고 본다(이정모, 2003; Caine & Caine, 1990). 특히 뇌 기반 과학영재 교수 학습 전략은 과학영재들이 탐구 활동을 통해 과학 개념을 획득하고, 획득한 과학 지식을 활용하여 예술로 표현하는 상상 활동을 통해 우뇌의 사고 능력인 정서적 표현과 내적인 상상 능력을 향상시켰을 것으로 판단된다. 그러므로 과학영재 학생들이 과학영재 수업을 통해 개발되는 뇌 영역에 대한 심층적이고, 체계적이며, 종단적인 연구가 이루어져, 이를 바탕으로 뇌의 다양한 활성화를 위한 여러 유형의 영재교육 프로그램들이 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

교육인적자원부(2007). 제2차 영재교육진흥종합계획.
구자영, 김홍원, 박성익, 안미숙, 이순주, 조석희(2002).
동서양 주요 국가들의 영재교육. 서울: 문음사.
김권숙, 최선영(2012). 과학 기반 STEAM 프로그램이 초
등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적
태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 31(2), 216-226.
김민영(2006). 과학 영재의 창의적 문제해결력 향상을 위
한 과학사 CPS 수업모형 개발과 유전영역 수업프로
그램의 적용효과. 한국교원대학교 박사학위논문.
동효관(2002). 과학영재의 특성에 기초한 수업 프로그램
이 유전개념 변화와 창의력에 미치는 효과. 한국교원

대학교 박사학위논문.
류제정, 이길재(2013). 뇌 기반 STEAM 교수-학습 프로
그램이 초등과학영재와 초등일반학생의 창의성과 정
서지능에 미치는 효과. 초등과학교육, 32(1), 36-46.
미하이 칙세르미하이(2002). 몰입의 즐거움. 이희재 역,
서울: 해냄.
박문호(2008). 뇌 생각의 출현. 휴머니스트.
안산태(2004). 수학 및 언어 영재 아동의 영재성 판별변
인 분석. 교육심리연구, 18(4), 115-137.
양용섭(2006). 제4물결 창조경영. 한국창조성본부.
유경훈(2009). 바슐라르의 상상력 이론과 창의력의 철학
적 기초. 영재교육연구, 19(3), 603-646.
이수진, 배진호, 김은진(2007). 초등 과학 영재와 일반 아
동의 과학 창의적 문제해결과정에서 나타난 사고 유
형 및 특성. 초등과학교육, 25(5), 567-581.
이정모(2003). 뇌 기반 학습과학 패러다임. 제1회 뇌 기
반 학습과학 심포지엄 자료집, 117-126.
임채성(2005). 뇌 기반 과학 교수학습 모형의 개발: 뇌기
능과 학교 과학의 정의적·심체적·인지적 영역의 연
계 통합 모형. 과학교육연구, 29(1), 1-29.
주희영, 동효관, 김성하, 김희백, 이길재(2006). 과학 영
재의 창의적 문제 해결력 신장을 위한 발생학 수업 프
로그램 적용 효과 분석. 한국생물교육학회지, 34(2),
257-268.
태진미(2010). 문화예술교육 정책 실현을 위한 학교음악
교육의 개선 과제. 예술교육연구, 8(2), 65-79.
황인석(2010). 예술활동으로서의 사회화의 지역화. 한국
사회과교육학회 하계학술발표논문집, 45-54.
Bachelard, G. (1999). *Water and dreams : An essay on
the imagination of matter*. Dallas Institute Publications.
Basadur, M. S. (1992). Managing creativity: A Japanese
model. *Academy of Management Executive*, 6(2), 29-42.
Caine, G. & Caine, R. N. (1990). Understanding a brain-
based approach to learning and teaching. *Educational
Leadership*, 48(2), 66-70.
Collingwood, R. G. (1945). *The principles of art*. Oxford:
Clarendon Press.
Collingwood, R. G. (1964). *The place of art in education,
Essays in the philosophy of art*, in Alan Donagan
(Ed.), Bloomington: Indiana University Press.
Egan, K. (1992). *Imagination in teaching and learning*.
Chicago: University of Chicago.
Fetterman, D. M. (1993). Evaluate yourself (RBDM 9304).
Storrs, CT: University of Connecticut, The National
Research Center on the Gifted and Talented.
Holz, E. M., Glennon, M., Prendergast, K. & Sauseng, P.
(2010). Theta-gamma phase synchronization during
memory matching in visual working memory. *Neuroimage*,

52(1), 326-335.

MacLean, P. D. (1990). *The triune brain in evolution*.

New York: Plenum Press. Major in Biology Education.

Renzulli, J. S. (1978). What makes giftedness? Re-examining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60, 180-184.

Roediger, H. (1997). Memory: Explicit and implicit. *Paper presented at the symposium, recent advances in research on human memory*. National Academy of Sciences. Washington, DC.

Root-Bernstein, R. & Root-Bernstein, M. (2004). Artistic scientists and scientific artists: The link between polymathy and creativity. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: Form potential to realization* (127-152). Washington, DC: American Psychological Association.

Sperry, R. W. (1982). Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres. *Science*, 217, 1223-1227.

Sylwester, R. (1995). *A celebration of neurons: An educator's guide to the human brain*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).

Taylor, C. W. & Barron, F. X. (1975). *Scientific creativity: Its recognition and development*. New York: Robert E. Krieger Publishing Company.

Torrance E. P. (1976). *Guiding creative talent*. New York: Robert E. Krieger.

West, T. G. (1991). *In the mind's eye: Visual thinkers, gifted people with learning difficulties, computer images and the ironies of creativity*. New York: Prometheus Books.