

창의성 신장을 위한 수학 영재교육 개선 방안에 관한 연구¹⁾

신 현 용 · 김 원 경 · 신 인 선 (한국교원대학교)
한 인 기 (한국교원대학교 수학교육연구소)

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소과제 연구비 지원에 의해 2년간 이루어진 '창의성 신장을 위한 수학 영재교육 개선 방안에 관한 연구'의 최종 연구 결과이다. 본 연구에서는 창의성에 관한 이론적 고찰, 창의성 신장을 위한 초·중·고등학교 영재학생들을 위한 학습 프로그램, 개발된 학습 프로그램의 현장 적용 결과 등을 포함하고 있으며, 이러한 내용들에 대한 상세한 기술이 제시될 것이다.

I. 서론

수학 영재교육의 필요성은 개인적인 차원과 국가적인 차원으로 나누어 생각해 볼 수 있다. 개인적인 차원에서는 각 개인의 발달 가능성과 흥미를 최대한으로 계발하고 신장시킴으로써 개인적인 만족감을 가지고 삶을 영위하기 위함이다. 한편, 국가적인 차원에서는 수학생재가 지닌 능력과 재능에 부합된 교육을 실시함으로써, 이들을 통해 수학이나 과학 분야에서의 발달을 유도하며, 국가 경쟁력을 향상시키는데 결정적인 영향을 미칠 수 있도록 하는데 있다. 이미 미국, 러시아, 헝가리, 중국, 대만, 이스라엘, 싱가포르 등과 같은 국가들에서는 국가적 차원에서 이러한 영재교육을 다양한 측면에서 지원하고 있다.

우리 나라도 최근 들어 영재교육에 대한 관심이 고조되며, 국가적 차원의 관심과 지원이 이루어지고 있다. 예를 들어, 각 지역별로 대학 부설의 과학 영재교육 센터가 설립되어 운영 중이며, 한국교육개발원을 중심으로 국가 수준의 수학 영재 교육과정을 개발하기 위한 노력을 하고 있으며, 다양한 유형의 수학 경시대회가 열리고, 국제 수학 올림피아드가 2000년에 우리 나라에서 개최될 예정이다.

수학 영재교육이 좀더 효율적이고 체계적으로 조직화되어 정착되기 위해선, 이러한 양적인 팽창에 상응하는 '수학 영재교육' 자체에 대한 폭넓은 연구가 필요하다. 예를 들어, 수학 영재아들의 특성에 관한 연구, 수학 영재교육 체계에 관한 연구, 수학 영재교육의 바람직한 방향에 관한 연구, 수학 영재교육을 위한 학습 자료 개발에 관한 연구 등등과 같은 많은 노력이 필요하다.

본 연구에서는 한국학술진흥재단의 지원을 받아, 우리 나라 수학 영재교육의 바람직한 방향 및 상응하는 구체적인 학습 프로그램을 개발하였다. 즉, 본 연구에서는 '창의성'에 대한 다양한 문헌 연구

1) 본고는 한국학술진흥재단이 지원하는 1997년도 대학부설연구소 지원 연구 과제인 '창의성 신장을 위한 수학 영재교육 개선 방안에 관한 연구'의 결과로 작성된 것임.

를 통해, 창의성을 구성하는 여러 가지 요인들을 추출하고, 이러한 창의성 요인들을 개발·육성할 수 있는 수학 영재아들을 위한 학습 프로그램을 초·중·고등학교 수준에서 100시간 분량으로 개발하였으며, 이를 교수-학습 과정에 투입하여, 긍정적인 결과를 얻었다. 본 논문에서는 이 연구 결과들을 구체적으로 기술할 것이다.

II. 창의성의 본질 및 구성 요인들

1. 창의성의 본질

창의성이란 무엇인가? 창의성을 어떻게 개발할 수 있는가? 에 대한 물음은 우리 교육이 탐구해야 할 중요한 과제들 중의 하나이다. 우선, 창의성에 대한 개념 정의를 통해서 이를 개발, 육성하기 위한 우리들의 접근 방향을 모색하기로 하자.

Vernon P.E. (1977)는 “창의성은 전문가에 의해서 과학적, 심미적, 사회적 또는 기술적 가치를 인정받은 독창적인 아이디어나 통찰, 재구조, 발명, 또는 예술 작품을 만들어 내는 능력”으로 정의했다. 이 정의로부터 우리들은 창의성의 몇 가지 측면들을 알 수 있는데, 즉 가치지향성과 사회성이다. 우선, 우리가 “창의적”이라는 표현을 붙일 수 있는 인간의 행동 분야는 엉뚱하고 사회적으로 무가치한 것에 관련된 것이 아니라, 가치롭고 유의미하다고 인정되는 인간 행동에 관련된다. 그리고, 그러한 ‘유의미’나 ‘인정’도 사회적으로 공유되는 것이어야 한다. 즉, Vernon P.E.의 정의를 통해 창의성 개념 속에 포함되는 ‘가치’는 사회적 측면을 가진다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 범죄를 위해 새로운 무기를 개발했을 때, 우리는 그러한 발명에 ‘창의적’이라는 표현을 붙이지 않는다. 물론, 그러한 발명이 범죄를 계획하는 어떤 사람들에게는 유의미하고 가치있는 것일 수 있지만, 사회적으로 합의된 가치(‘창의성’ 개념의 사회성)에서 벗어난 것이기 때문에, 우리는 창의적이라고 하지 않는 것이다.

한편, Amabile T.M.(1983)은 “개방적인 과제에 대하여 새롭고도 적절한 해결책이나 반응을 제공하면 이러한 해결책이나 반응은 창의적이다”라고 했다. Amabile에 의하면, 창의성은 인간 행동의 어떤 결과와 관련된다.

Amabile보다 창의성을 좀더 포괄적으로 정의한 학자는 Degenhardt M.A.B.(1976)가 있다. 그는 창의성을 내적 창의성과 외적 창의성으로 구분하고 있다. 내적 창의성은 개인적인 창의적 경험에 중점을 두는 것이고, 외적 창의성은 최종 산출물에 중점을 두는 것으로서 외적으로 관찰 가능한 그림 그리기, 시 쓰기, 발명하기, 이론 창안하기 등이라고 했다.

이러한 정의들로부터 우리는 창의성 개념을 포괄적으로 규정할 수 있는데, 그것은 사회적으로 공유되는 가치있고 유의미한 결과를 염두에 두고 행하는 인간의 내적 경험과 그것이 밖으로 표현되는 인간의 행동과 그 결과에 관련된다고 할 수 있다.

한편, 교육학 용어 사전(서울대학교 사범대학 교육연구소, 1986)에서 창의성(創意性, creativity)은 “새로운 관계를 지각하거나, 비범한 아이디어를 산출하거나 또는 전통적인 사고 유형에서 벗어나 새로운 유형으로 사고하는 능력”으로 정의했다. 창의성은 과거 경험의 재생에 의하지 않고 그와 다른 방법에 의한 문제해결의 방법 및 태도를 취한다. 즉, 창의성은 문제해결에 있어 기존의 사고 틀을 벗어나 새로운 방법으로 문제에 접근하고 해결해 가는 것에 관련된다는 것을 알 수 있다.

창의성에 관련된 견해를 하나 더 살펴보기로 하자. 슈밀린 A.T.(1979)은 “창의적 사고는 주어진 과제를 해결하기 위하여, 문제해결자가 이미 가지고 있는 정보(과거의 경험과 지식)들과 과제로부터 새로운 정보를 끌어내어, 이 정보들을 새로이 조합함으로써, 가치있는 어떤 사물이나 아이디어를 만들어 내는 것에 관련된다”고 했다. 우리가 창의력을 논의함에 있어서 간과해서는 안될 요인 중의 하나가 기존 정보, 즉 과거의 경험과 지식이다. 창의성이 사고 있어서 기존의 틀을 벗어나 새로운 결과물 향하는 것에 관련된다는 성격 규명을 잘못 이해하면, 언뜻 과거의 모든 경험들이 창의성에 부정적인 영향을 미친다고 생각하기 쉽다. 그러나, 인간의 행동에 있어 새로운 접근이나 새로운 아이디어들이 기존의 지식들을 바탕으로, 이것들을 새롭게 결합하여 얻어진다는 것을 감안한다면, 창의성에 있어서 과거의 경험이나 기존 지식의 역할은 절대 간과해서는 안될 것이다.

이에 관련해 윤종건(1995)의 견해는 커다란 시사점을 준다. 즉, 일반적으로 지능은 20세 쯤에서 가장 완숙하고 그 이후 점차 하향곡선을 나타내는 것으로 이해되고 있다. 그러나 창의력은 30세 이후까지 서서히 발달하며, 그 이후에도 아주 완만한 하향곡선을 나타내고, 그러다가 70세 이후에는 다시 증가하는 현상을 나타낸다고 했다.

영재교육에 관련하여 창의성을 생각할 때, ‘창의적’이라는 말과 함께 덧붙여 사용할 수 있는 단어가 ‘문제해결’일 것이다. 창의적 문제해결은 이미 살펴본 바와 같이 생산적 사고, 발산적 사고 등과 깊게 연관된다. 즉, 우리들이 쉽게 접할 수 있는 잘 정의된 문제들뿐만 아니라 잘 정의되지 않은 문제, 틀에 박히지 않은 문제 등을 해결하고, 또 그 문제해결 자체를 기존의 틀을 통해 접근하는 것이 아니라 새로운 아이디어나 방법을 통해 접근하는 것에 관련된다.

특히, 수학에 직접적으로 관련된 창의성에 대한 정의들로 Krutetskii V.A. (1976)는 “다양한 해결책을 내고, 정형화된 형태를 깨뜨리고, 자기 제한을 극복하는 사고 과정의 유연성”; Haylock D.W.(1984)은 “고정화 (fixation)를 극복하고 정신 태세(mental sets)를 벗어나는 능력으로, 개방된 수학적 상황에서 다양하고 독창적인 반응을 많이 낼수 있는 능력”; Fouche K.K.(1993)는 “동일한 문제에 대하여 다양한 해결책을 고안하는 융통성과 문제 요소들을 새로운 방식으로 결합하는 독창성을 포함하는 능력” 등으로 정의하고 있다.

이러한 정의들을 살펴보면, 수학적 창의성은 수학적 문제 상황에서 기존의 지식과 경험 등을 바탕으로 정형화된 틀을 벗어나, 주어진 문제를 다양한 방식으로 분석하여, 문제의 요소들이나 수학적 아이디어 등을 새로운 방식으로 결합하여 결과를 얻는 것에 관련된다고 할 수 있다.

2. 창의성에 영향을 미치는 변인들

창의성에 관련된 개인적 특성을 나타내는 변인들과 사고 활동의 특성을 나타내는 변인들을 살펴 보자. 우선, 개인적 특성을 나타내는 변인들을 알아보면, Taylor C.W.(1978)는 창의적 특성과 관련된 요인으로 용기, 일에 대한 헌신, 믿가를 발견해 내려는 욕망, 독립심, 자부심, 불확실한 문제에 매달리는 인내심 등을 들고 있다.

한편, Rogers C.R.(1962)는 창의력을 자극하는 특성으로 심리적 안정, 심리적 자유를 들고 있다. Rogers는 창의력의 배양은 창의자의 주체적인 심리적 특성에 바탕을 두며, 개인의 완전한 자아의 포용이 필요하므로 교육이나 훈련을 통해서 이루어진다는 말은 할 수 없는 경우가 많다고 부연하면서, 다만 창의력을 배양하는 다음과 같은 심리적 환경 풍토를 조성하는 것이 중요하다고 보았다. 심리적 안정 - 창의는 먼저 개인이 주어진 환경적 사태에서 심리적으로 안정감을 가질 수 있어야 가능하다. 심리적 안정을 유지하려면, ① 그 개인을 가치있는 존재로써 순수하게 받아들일 것; ② 외부적인 평가가 없는 심리적 풍토를 제공할 것; ③ 그 개인을 진지하게 이해할 것 등이다.

심리적 자유란 개인의 감정·충동·사고·행동상의 완전한 자유가 허용된다는 것을 의미한다. 경험에 대한 개방성은 근본적으로 심리적 자유의 기초 위에서만 가능하다고 보았다.

한편, 윤종건(1995)은 창의력을 성격 특성으로 간주하는 학자들이 창의적 인간의 특성을 다음과 같이 설명한다고 했다: ① 창의적 인간은 사회적인 문제보다는 아이디어나 사물에 보다 깊은 관심과 흥미를 갖고 있으며, 그러한 문제를 해결하는 데에 보다 높은 가치를 부여한다; ② 판단과 사고에 있어서 독립성을 보다 많이 보인다; ③ 자기표현의 강한 의욕이 보이고, 타인의 통제를 거부하는 태도가 강하며, 지배욕이 강하다; ④ 다방면에 걸친 새로운 경험 영역으로 자기 자신을 개방한다; ⑤ 복잡하고 모호한 문제에 관용하며, 그러한 문제에 오히려 더 도전하려는 경험을 보인다; ⑥ 창의적 인간은 대다수 사람의 생각 혹은 행동상의 표준에서 용감하게 이탈하며, 그러한 태도를 굽히지 않는 끈기와 용기를 보이고 있다; ⑦ 심미적, 이론적 가치를 가장 많이 선호하고 있다.

Torrance E.P.(1962)는 창의적 인간의 특성을 나타내는 표현들을 제시했는데, 그 중에는 늘 무엇이든 몰두함; 신비로운 것에 대한 호기심; 어려운 일에 도전; 용기; 깊고 진지한 신념; 결단력; 근면성; 내성적; 인내심; 자발성; 투기적; 집요성; 철저성; 모험성 등등이다.

한편, KEDI의 사고력 모형(한국교육개발원, 1989)에서 보면, 창의적 사고의 성향으로 다음과 같은 것들을 들고 있다: ① 민감성: 주변의 환경에 대해 민감한 관심을 보이고 이를 통해 새로운 탐색 영역을 넓히려는 특성; ② 자발성: 문제 상황에서 아이디어를 자발적으로 산출하려는 성향이나 태도; ③ 독자성: 자신이 생각해 낸 아이디어에 대한 가치를 인정하고 다른 사람들의 평가로부터 구애받지 않으려는 태도; ④ 근면성: 문제를 해결하기 위해 가능한 한 다양한 정보를 수집하고 해결될 때까지 끈질기게 묻고 늘어지는 성향; ⑤ 호기심: 항상 생동감 있게 주변의 사물에 대해 의문을 갖고 끊임없이 질문을 제기하려는 성향; ⑥ 변화에 대한 개방성: 이 세상은 변화하고 있으며 내 자신이 이 변화

의 주체가 되어야 한다는 자발적인 태도.

이상의 연구들을 종합해 보면, 창의성에 영향을 미치는 개인의 특성들로 강한 의지, 적극적으로 주어진 일을 처리하는 것, 끈기성과 설정된 목적의 성취, 자신의 주의나 관심에 대한 개인의 임의적인 통제, 내향성, 지식욕 등등을 들 수 있다.

한편, 창의성에 영향을 미치는 사고 활동의 특성들을 살펴보면, Guilford J.P.(1967)는 지능의 요인을 정육면체 모형으로 설명했다. 그의 모형에 따르면, 내용영역으로 4가지, 조직영역으로 5가지, 산출영역으로 6가지의 변인을 추출하였다. 이 가운데서 확산적 생산을 창의적 사고에 관련되는 능력으로 보고 그 하위 변인을 기술하면 다음과 같다: ① 문제에 대한 감수성 (sensitivity); ② 사고의 유창성 (fluency); ③ 사고의 융통성 (flexibility); ④ 사고의 독창성 (originality); ⑤ 재구성력 - 기존의 것에서 새로운 기능을 생각한다 (redefinition); ⑥ 정교화 (elaboration); ⑦ 집요성 (persistence) 등을 들고 있다. 그리고, 임선하(1993)는 창의적 사고의 기능을 민감성, 유추성, 유창성, 융통성, 독창성, 정교성, 상상력의 7가지로 분류하였다.

한편, Urban K.K.(1994)은 창의성을 구성하는 다차원적 요인들로 ① 확산적 사고와 활동; ② 일반적인 지식과 기능 기반; ③ 구체적 영역의 지식과 기능 기반; ④ 초점 맞추기와 과제 집착력; ⑤ 동기화 및 동기; ⑥ 개방성과 애매 모호함에 대한 참을성을 들고 있다. 특히, 확산적 사고와 관련된 사고 기능으로 유창성, 융통성, 독창성 (originality), 정교성의 네 가지 기능이 가장 공통적으로 언급되고 있다. 이 하위 기능들은 KEDI의 사고력 모형에서 창의적 사고의 하위 기능들을 포괄하고 있는데, KEDI의 모형에서 하위 기능들은 ① 유창성 ② 융통성 ③ 독창성 ④ 정교성 등이다.

유창성이란 가능한 한 많은 아이디어나 반응을 생각해 내는 것이고, 융통성은 한 계열의 생각에서 다른 계열의 생각까지를 변환시키는 능력이며, 문제를 새롭고 다른 방법으로 감지하는 능력이다. 융통성은 문제를 해결하는데 있어서 경직된 시각으로 사고하는 것을 막아주며 다양한 방식으로 정보를 사용하고 한 가지 종류의 아이디어에서 다른 종류의 아이디어를 생각해 내도록 한다.

유창성이 높으면 단지 여러 가지 아이디어나 반응을 많이 산출하지만, 융통성이 높으면 다양한 범주의 아이디어나 반응을 생각해 낼 수 있다. 독창성은 새롭고 독특하고 비상한 아이디어를 만드는 능력이다. 독창적인 아이디어는 대체로 이전의 아이디어 몇 개를 조합하여 새로운 차원으로 만들어질 때 산출된다. 정교성은 하나의 아이디어를 산출하여 이를 보다 치밀하고 상세하게 발전시키는 능력이다. 예컨대, 하나의 아이디어를 설명하기 위해 상세한 내용을 채워 넣거나, 흥미로운 세부 사항을 추가해 넣거나 관련된 아이디어를 한데 묶는 능력을 말한다.

살펴본 바와 같이, 창의성에 영향을 미치는 사고 활동의 특성을 나타내는 변인들로는 민감성, 유창성, 융통성, 정교성, 상상력 등등의 변인들이 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 변인들을 구체적으로 고찰해 보면, 위에 기술된 변인들은 추상적으로 사고하는 능력, 간결하게 표현하는 능력, 결론을 유도해 내는 능력, 순차적으로 문제를 고찰하고, 그 사고를 논리적으로 정확히 분해하는 능력, 새로운 문제를 설정하는 능력, 결론을 비교하는 능력 등등과 깊게 관계된다는 것을 알 수 있다.

III. 수학 영재의 창의성 신장을 위한 학습 자료 개발

본 연구에서는 수학 영재 아동들에게, 살펴본 것과 같은 창의성을 신장시키기 위해 우선 다양한 문헌 연구를 하였다. 국내외에서 발간된 영재학습 자료들, 창의성 신장 학습 프로그램들, 그리고 외국의 영재교육 사례들을 분석하였다(본 연구 과정에서 이루어진 외국의 영재교육에 관한 연구 결과 들로는 신현용·한인기·이중욱·김희선(1999), 신현용·한인기(1999a), 신현용·한인기(1999b), 김원경·신인선·김미월·김용대(1998a), 김원경·신인선·김미월·김용대(1998b) 등이 있다).

수학 영재의 창의성 신장을 위한 학습 자료의 개발 과정에서 본 연구에서는 다음과 같은 측면들을 고려하였다:

1. 과제의 해결에 동기를 부여할 수 있는 학습과제

학습과제는 아동들에게 흥미, 관심, 의욕을 불러일으킬 수 있도록 구성해야 한다. 흥미있는 과제란 어떤 것인가? 학생들에게 호기심과 자발성을 가지면서 과제에 대한 강한 집착성을 가지게 하는 주제 들은 감각적으로 조작하는 활동, 다양한 작품 만들기 활동, 퍼즐 활동, 여러 가지 게임 활동, 실생활 과 관련되는 문제들, 그리고 컴퓨터 활동 등을 들 수 있다.

2. 창의성을 구성하는 요인들을 개발·육성할 수 있는 학습 과제

(1) 문제에 대한 민감성

문제를 받아들이는 능력이다. 무엇이 문제이고 해결에 불충분한 점은 무엇인가를 추구하고, 우리들이 아무 것도 아니라고 지나치는 것을 놓치지 않는 문제를 민감하게 소화하는 능력이다. 본 연구에서는 수학적으로 글쓰기, 패러독스 등과 같은 내용들이 고등학교 과정에서 개발되었다.

(2) 사고의 유창성

가. 주어진 모양의 특성을 찾아 적어보고 규칙에 따라 빈 곳을 채워봅시다.



활동의 예.

1. ♣와 ♥ 그리고 ♡모양으로 구성
2. 3칸 마다 모양이 반복된다.
3. 반복되는 3개의 모양 중 처음 두 개는 검게 채워져 있으며 마지막은 그렇지 않다.

나. 1998 게임

이 게임의 규칙은

- ① 1, 9, 9, 8 네 개의 숫자만 사용한다.
- ② 사칙연산, 제곱근, 제곱, 팩토리를, 지수 를 사용할 수 있다.
- ③ 1에서 100까지의 숫자를 만든다.

1	$(\sqrt{9}+8)-(9+1)$	35	$1x(9 \times \sqrt{9}+8)$	69	$8x9-(\sqrt{9})x1$
2	$(9+9)/(8+1)$	36	$9x\sqrt{9}+8+1$	70	$8x9-(\sqrt{9})-1$
3	$\sqrt{9-9+8+1}$	37	$(\sqrt{9})!x(\sqrt{9})!+1^8$	71	$8x(9+1)-9$
4	$(\sqrt{9}+9)-(8x1)$	38	$(9+1)x\sqrt{9}+8$	72	$9x9-1-8$
5	$\sqrt{9+9+8-1}$	39	$(\sqrt{9})!x8-9x1$	73	$9x9x1-8$
6	$8-1-(9/9)$	40	$(\sqrt{9})!x8+1-9$	74	$9x9-8+1$
7	$9-9+8-1$	41	$8x(\sqrt{9}+1)+9$	75	$\sqrt{9}+8x9^1$
8	$(1x8)+(9-9)$	42	$(\sqrt{9})!x8-(\sqrt{9})!1$	76	$9x8+\sqrt{9}+1$
9	$9+9-1-8$	43	$(\sqrt{9})!x(\sqrt{9})!+8-1$	77	$(9+1)x8-\sqrt{9}$
10	$9x1-8+9$	44	$(\sqrt{9})!x(\sqrt{9})!+8x1$	78	$(8+1)x9-\sqrt{9}$
11	$1+9+9-8$	45	$(8-\sqrt{9})x(9-1)$	79	$8x9+\sqrt{9}!+1$
12	$\sqrt{9} + 9x1^8$	46	$9x(8-\sqrt{9})+1$	80	$(8x9)+9-1$
13	$\sqrt{9+8-1}+9$	47	$[(\sqrt{9}+\sqrt{9})x8]-1$	81	$(1x9)+(9x8)$
14	$\sqrt{9}+\sqrt{9}+8x1$	48	$[(\sqrt{9}+\sqrt{9})x8]x1$	82	$1+9+(9x8)$
15	$\sqrt{9}+\sqrt{9}+8+1$	49	$8x(\sqrt{9}+\sqrt{9})+1$	83	$(9+1)x8+\sqrt{9}$
16	$8x(9/9+1)$	50	$(8-\sqrt{9})x(9+1)$	84	$(8+1)x9+\sqrt{9}$
17	$9!8!+(9-1)$	51	$\sqrt{9}x(8+(9x1))$	85	$(9+8)x((\sqrt{9})!-1)$
18	$9!8!+(9x1)$	52	$(9+8)x\sqrt{9}+1$	86	$(9+1)x8+(\sqrt{9})!$
19	$9!8!+(9+1)$	53	$9x(\sqrt{9})!-1^8$	87	$(9x(8+1))+(\sqrt{9})!$
20	$\sqrt{9}+9+8x1$	54	$9x(8-1)-9$	88	$[(9x9)-1]+8$
21	$\sqrt{9}+9+8+1$	55	$8x(9-1)-9$	89	$9x9-1+8$
22	$\sqrt{9}x8-(\sqrt{9}-1)$	56	$(\sqrt{9})!x8+9-1$	90	$9x9+8+1$
23	$(9\sqrt{9}x8)-1$	57	$(\sqrt{9})!x8+9x1$	91	$((\sqrt{9})!)!8+1^9$
24	$9\sqrt{9}x8x1$	58	$(\sqrt{9})!x8+1+9$	92	$((\sqrt{9})!)!8+(\sqrt{9}-1)$
25	$(9+9)+8-1$	59	$((\sqrt{9})!+1)x8+\sqrt{9}$	93	$((\sqrt{9})!)!8+(\sqrt{9}x1)$
26	$(9+8)+(9)$	60	$(8-1)x9-\sqrt{9}$	94	$((\sqrt{9})!)!8+(\sqrt{9})+1$
27	$1+9+9+8$	61	$(\sqrt{9})!x9+8-1$	95	$(\sqrt{9}+9)x8-1$
28	$9!8!x\sqrt{9}+1$	62	$(8x9)-9-1$	96	$8x(\sqrt{9}+1)x\sqrt{9}$
29	$\sqrt{9}!x\sqrt{9}!-8+1$	63	$(9x8)-(9x1)$	97	$((\sqrt{9})!)!8+(\sqrt{9})!+1$
30	$\sqrt{9}x(9+1^8)$	64	$[(9x8)+1]-9$	98	$9x(9+1)+8$
31	$((\sqrt{9})!-1)x8-9$	65	$8x9-(\sqrt{9})!+1$	99	$(8+\sqrt{9})x9x1$
32	$(9-1)x\sqrt{9}+8$	66	$9x(8-1)+\sqrt{9}$	100	$(8+\sqrt{9})x9+1$
33	$\sqrt{9}x[8+\sqrt{9}]x1$	67	$8x(9-1)+\sqrt{9}$		
34	$9x\sqrt{9}+(8-1)$	68	$8x9-(\sqrt{9}+1)$		

(3) 사고의 융통성

다음은 수 패턴에서 알 수 찾을 수 있는 내용을 기록한 것이다. 외형적인 모습과, 합, 곱 등 다양

한 관점에서 얼마나 많이 분석했는가를 비교한다.

1	① 맨 외쪽 1 열은 1로 시작한다.
1 1	② 대각선은 1이다.
1 2 1	③ 두 번째 열은 자연수의 수열이다.
1 3 3 1	④ 세 번째 열은 삼각수이다.
1 4 6 4 1	⑤ 몇 개의 숫자의 합은 다른 열의 숫자와 같다. $1 + 2 + 3 = 6$
1 5 10 10 5 1	⑥ 한 행에서 처음 수에 두 번째는 빼고 다음 수는 더하는 과정을 반복하면 합은 0이다. $1 - 5 + 10 - 10 + 5 - 1$
1 6 15 20 15 6 1	⑦ 다음 행은 전 행의 합의 2배이다. $1 + 4 + 6 + 4 + 1 = 16$ $1 + 5 + 10 + 10 + 5 + 1 = 32 = 16 \times 2$
1 7 21 35 35 21 7 1	⑧ 윗 쪽의 숫자와 왼쪽 숫자의 합이다.
1 8 28 56 70 56 28 8 1	
1 9 36 84 126 126 84 36 9 1	

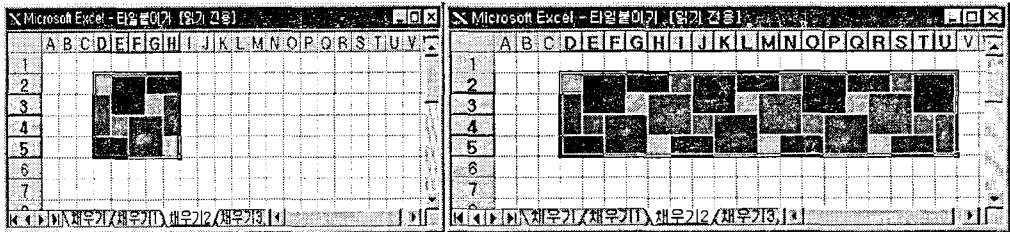
(4) 사고의 독창성

독창성은 새롭고 독특한 아이디어를 만드는 능력이다. 독창적인 아이디어는 대체로 이전의 아이디어 몇 개를 조합하여 새롭게 만들 때 산출된다. 다양한 아이디어를 내놓은 뿐만 아니라, 그것이 독자적이고 남들이 지금까지 내놓은 일이 없는 아이디어 즉 신선하고 기발한 아이디어를 말한다.

테셀레이션 활동은 수학적 감각을 창의적으로 표현할 수 있는 좋은 도구이다. 구체적인 예를 몇 가지 살펴보자.

엑셀프로그램을 이용한 테셀레이션에 대한 기본적인 생각을 표현하는 데 있어 시간을 줄이고, 많은 활동을 하기 위해 컴퓨터를 활용한다.

- ① 셀에 색을 칠했다. 셀을 마우스로 선택하고 칠하고 싶은 색을 지정하면 색이 칠해진다.
- ② 색이 있는 부분을 선택한다. 선택영역의 오른쪽 아래에서 오른쪽 방향으로 마우스를 끈다.

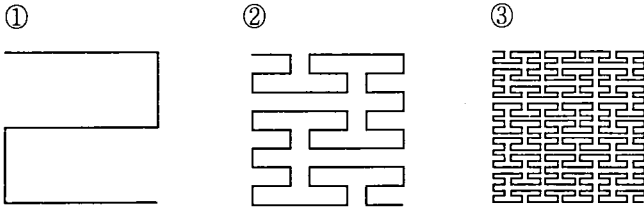


종이에 색연필을 이용하여 색을 칠할 수도 있다. 엑셀을 활용하면 기본 도형만 만들면 마우스로 끌어서 공간을 채울 수 있다.

(5) 인내심

패턴을 분석하여 네 번째 그림을 그려보자. 문제를 해결하기 위해서는 패턴에 대한 분석력과 부분

부분에 대해서도 면밀하게 관찰해야 한다. 규칙의 발견과 끝까지 그려내는 노력을 필요로 한다.



(7) 정교성

파스칼 삼각형과 문제의 민감성 영역에서 학습한 삼각형과의 관계를 정교화시켜 보자. 나머지 칸을 채우고 옆의 표와 비교해 보자. 차이점을 발견할 수 있는가?

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	2	3	4	5	6	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	3	6	10	15			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	4	10					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	5						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	6						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	7						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

3. 자기 주도적 학습을 할수 있는 학습 과제

창의성의 정의적 특성 이론에서 살펴본 바와 같이, 창의적인 학습자는 독립심과 자기 표현 의욕이 강하다는 것이다. 정신적인 건강한 인간의 자기 실현을 위해서는 흥미로운 과제를 선정하여 학습자에게 내적 동기를 유발시켜서 결국에는 자기 주도적인 학습이 이루어지도록 해야 할 것이다.

자기 주도적 학습이 이루어지기 위해 교사는 프로그램의 준비와 실행에 전적으로 책임을 지고 있지만, 학습 프로그램의 활동을 학생들이 자기의 적성과 능력에 따라 학습자 스스로 선택할 수 있도록 해야 한다. 따라서 모든 수준을 포함하는 과제를 준비해야 할 필요성이 있다.

한편, 자기 주도적인 학습을 위해서는 학습과제를 체계화시켜 제시해야 한다. 학습자의 수준을 고려하면서 학습과제는 도입 단계에서는 조작을 통하여 새로운 결합을 할 수 있는 과제로 구성되어야 한다. 이 단계는 아동들의 가장 기본적인 학습 기능이 이루어지는 단계로 형태 조작, 색깔 조작, 또는 신체 활동을 통하여 심리적 압박감을 느끼지 않으면서, Rogers가 말하는 심리적 안정 속에서 쉽게 접근할 수 있는 과제를 제시해야 한다.

진개 단계에서는 기존의 지식을 이용하면서 새로운 아이디어를 필요로 하는 활동으로 다양한 행동의 원인과 결과를 예측할 수 있는 과제를 제시해야 한다. 정리 단계에서는 비정형문제를 포함하여 반성적 사고를 경험할 수 있는 학습과제로서 자신의 독창적인 해결 방법으로 충분한 반성이 이루어진 다음 아이디어를 정교화 할 수 있는 과제를 제시해야 한다.

4. 학습 교구 사용의 다양화

창의력은 실험과 탐구하는 가운데 길러지기 때문에 교사는 학생들이 수학적 아이디어를 탐구하고 발견할 수 있도록 다양한 경험을 제공해야 한다. 이러한 수업을 조직하기 위해서는 학생들이 조작하고 탐구할 수 있는 자료가 필요하다.

본 연구에서는 컴퓨터나 탱그램과 같은 교구들을 사용함과 동시에, 투명한 정육면체, 펜토미노 등과 같은 다양한 교구들을 독자적으로 제작하여 사용하기도 하였다.

5. 협동과 경쟁 학습이 이루어질 수 있는 학습과제

소집단 학습에서 아동들은 서로 토론하며 의사소통을 할 수 있다. 이것은 인지적인 학습에서는 얻기 힘든 정의적인 특성을 갖게 하며, 소집단 학습은 참여자가 다 같이 공유하는 경험으로 집단 사고를 가능하게 한다. 또한 경쟁 학습을 함께 활용함으로써 무의식 중에 학생들의 창의력을 자극하며 학습에 대한 참여도를 높일 수 있게 된다.

IV. 수학 영재의 창의성 신장을 위한 학습 프로그램

1. 초등학교용 프로그램의 개관

번호	주 제 명	시간	활 동 개 요
1	수학과 과학	2	학생들에게 프로그램의 진행에 대하여 간단히 소개하고, 수학적 활동에 대한 흥미와 관심을 개발하는 학습 과제 제공
2	단어 연상 활동	2	다양한 주제의 단어들을 불러주고, 이때 학습자들은 활동지에 상응하는 표상을 기록한 후, 모든 단어들을 순서대로 기술하는 활동
3	점 놀이	6	점들의 위치를 보고, 사람이 어떤 모습을 취하고 있는가를 추측하고, 이를 표현하는 활동
4	달걀 모양 탱그램	8	달걀 모양 탱그램을 이용하여 다양한 도형들, 형태들을 만들게 함으로써, 도형들 사이의 관계에 대한 직관적 표상을 형성
5	재미있는 칠교놀이	6	주어진 칠교 조각으로 직각삼각형, 직사각형 그리고 선대칭도형 등과 같은 도형과 다양한 형태들을 만드는 활동

번호	주 제 명	시간	활 동 개 요
6	Magimixer를 활용한 수 탐구	6	Magimixer를 활용한 다양한 사칙 연산의 경험을 통해, 사과의 유창성 및 독창성을 기르는 활동
7	수 퍼즐	8	본 주제에서는 수를 소재로 하여 다양한 유형의 규칙성을 탐구할 수 있는 과제들을 다루고 있다.
8	비밀을 밝혀라	6	수 또는 그림의 배열에서 규칙성을 찾으며 이들 대상 사이의 여러 가지 수학적 사실들을 비교하고 관계성을 찾는다.
9	답만들기	4	성냥개비나 종이 또는 찰흙으로 높고 튼튼한 탑을 만드는 활동으로, 창의적인 설계가 요구됨
10	바닥매우기	6	본 주제에서는 여러 종류의 정다각형을 복합하여 바닥 매우기를 하며, 평행이동, 회전, 반사 등을 이용한 디자인을 만듦
11	길을 찾아라	2	수를 연산하여 올바른 답을 찾는 길을 찾거나 조건에 맞는 길을 찾아 가는 활동을 하며 이러한 미로를 자신이 만들어 보는 활동
12	성냥개비의 과학	6	성냥개비로 원하는 도형을 만들며, 만든 도형의 수를 늘이거나 줄이는 활동을 통해 문제 상황을 변형하면서, 문제해결
13	도형의 절단	6	주어진 도형들(삼각형, 사각형)을 주어진 수의 직선이나 선분을 이용하여 원하는 수의 원하는 모양의 도형으로 만든다.
14	투명한 정육면체 활동	6	투명한 정육면체에 매직으로 선분, 혹은 곡선을 그린 후, 이 정육면체를 정면에서, 위에서, 왼쪽에서 보았을 때의 모습 상상
15	펜토미노	6	정사각형 다섯 개로 펜토미노를 만들고 만들어진 펜토미노를 이용하여 격자판을 채워 넣는 게임을 한다.
16	거북아 놀자	8	로고에서 원, 삼각형, 사각형과 같은 기본 도형을 구성하고 절차 명령어를 사용하여 반복되는 무늬를 그려보는 활동
17	입체의 분류	2	4-5명이 한 그룹이 되어 서로의 의견을 나누면서, 자신들의 논리에 따라 입체를 분류하는 다양한 주장을 나타낼 수 있는 활동
18	도형의 확대	2	직사각형의 넓이를 4배로 확대하는 방법을 찾는 활동
19	우승팀을 찾아라	2	순위가 적혀있는 표를 보고 각 조에 유리한 조건을 찾는 활동

2. 중학생용 프로그램의 개관

번호	주 제 명	시간	활 동 개 요
1	도형의 분할 I	4	하나의 삼각형을 주어진 조건에 맞추어 다양하게 절단하는 활동을 하고, 그리고 여러 개의 정사각형을 사용하여 주어진 조건에 맞는 모양으로 절단.
2	규칙찾기 I	4	주어진 문제를 해결하는 여러 가지 방법을 찾고, 그 해법을 일반화하여 일반화 전략을 찾는다.
3	상상하기	5	상상한 통하여 주어진 지그소오 퍼즐을 맞춘다.
4	혼돈 속의 질서	2	주어진 숫자들과 사칙연산 기호들을 사용하여 1부터 10까지를 만들고, 시행착오 전략을 사용하여 다양한 문제들을 해결한다.
5	미로와 함께	2	미로의 통로를 개척하고 창의적인 미로를 스스로 만들어 본다.
6	도형의 분할 II	2	주어진 조건에 맞는 도형을 만들어, 학생들의 도형 감각을 기른다.
7	성냥개비 활동 I	5	주어진 성냥개비를 사용하여 다양한 도형을 만들고, 주어진 모양에서 성냥개비를 차례로 움직여 원하는 개수의 도형을 만든다.
8	마 방 진	1	마방진 활동을 통하여 수 감각을 기른다.

번호	주제명	시간	활동개요
9	규칙찾기Ⅱ	1	문제해결을 위한 다양한 전략을 찾는다. 그리고, 가능한한 많은 풀이 방법을 찾는다
10	네모 논리	6	논리를 이용하여 네모칸에 숨어있는 그림을 찾아내는 활동.
11	메시지 전달	2	주어진 메시지를 해독하고, 암호화하는 활동.
12	디자인하기	2	시각적 효과를 살리기 위한 디자인 활동.
13	모델링	6	모델링을 통한 다양한 실생활 문제들의 창의적 해결.
14	입체도형	8	페인트를 칠한 정육면체와 정사면체를 등분하여 개수를 구하며, 문제를 만드는 활동.
15	규칙찾기Ⅲ	2	그림과 같은 수들의 배열에서 규칙을 찾는다.
16	보물구슬 꺼내기	1	문제를 해결하기 위한 전략을 나름대로 찾고, 여러 가지 방법 중에서 보다 효과적인 방법을 선택하는 활동.
17	논리적 문제	8	논리를 이용하여 문제를 해결하는 활동.
18	화단 설계	2	주어진 조건하에 또는 스스로 화단을 설계.
19	숫자 놀이	10	주어진 아라비아 숫자를 사용하여 원하는 수를 만드는 활동.
20	그림작성 게임	8	주어진 조각을 이용하여 그림을 작성.
21	문제해결	6	일상 생활에서 접하게 되는 문제를 해결.
22	패턴문제	8	주어진 자료로부터 적합한 패턴을 찾아서 문제를 해결.
23	문제 만들기	5	주어진 조건을 이용하여 일정한 규칙으로 다양한 문제를 만들.

3. 고등학생용 프로그램의 개관

번호	주제명	시간	활동개요
1	그림 분석	1	다양한 관점에서 그림을 분석하여 규칙을 찾아내고, 그림을 이용하여 글을 쓰는 활동이다.
2	수학내용으로 글쓰기	6	주위에서 볼수 있는 것이나(타이어), 수학 교과서의 내용(집합, 함수)등을 기존의 것과 다르게 생각하고 표현할 수 있다.
3	마방진	3	3×3 , 4×4 마방진을 만드는 규칙을 알아보고, 이를 이용하여 12×12 마방진을 만들 수 있다.
4	수패턴 찾기(1)	1	파스칼 삼각형을 관찰하여, 열과 행 사이에서 규칙을 찾아본다.
5	수패턴 찾기(2)	1	그림을 통하여 파스칼 삼각형의 여러 가지 유형을 살펴보고, 그림사이의 관계를 파악한다.
6	네모네모 로직	2	네모 네모 로직을 만드는 과정을 찾아보고, 네모 네모 로직을 만들어본다.
7	1998 게임	3	1, 9, 9, 8이란 숫자와 사칙연산, 제곱근, 로그, 팩토리얼 등을 이용하여 1에서 100까지의 숫자를 만든다.
8	성냥개비 퍼즐(1)	5	성냥개비를 이용하여 여러 가지 도형을 만들어 보고, 도형을 만드는 과정에서 평면과 공간을 모두 생각할 수 있다.
9	CROSSNUMBER 게임	2	CROSSNUMBER 게임의 규칙을 찾아보고, CROSSNUMBER 게임을 만들 수 있다.
10	수열규칙 찾기	3	사칙연산, 제곱근 등을 이용하여 수열의 규칙을 찾고, 새로운 수열을 만들어 본다.
11	그림을 이용한 증명	2	그림을 통하여 피타고라스 정리를 이해한다. 피타고라스 정리와 같이 수식을 그림에서 수학적인 내용을 발견하게 한다.

번호	주 제 명	시간	활 동 개 요
12	공간지각력 기르기	1	그림을 이용하여 패턴을 분석하고, 이를 확장한다.
13	삼각수 사각수	1	삼각수와 사각수의 성질과 관계를 알아본다.
14	삼각형의 넓이의 합과 같은 넓이를 갖는 삼각형	1	두 삼각형의 넓이의 합과 같은 넓이를 갖는 제 3의 삼각형을 찾아본다.
15	도형 퍼즐	3	퍼즐 문제를 해결하는 데 수학적 지식과 경험을 활용한다.
16	그림 패턴 찾기(1)	4	그림을 제시하고, 제시된 그림 속에서 패턴을 찾는다.
17	그림 패턴찾기(2)	5	주어진 도형에서 패턴을 찾고, 새로운 패턴을 예측하고, 그림으로 표현할 수 있다.
18	패러독스	2	모순된 문장속에서 규칙과, 모순이 일어나는 원인을 찾아본다.
19	문장 퍼즐(1)	3	문장으로 된 퍼즐문제를 분석하는 데 있어, 과학적 지식이나 경험을 활용한다.
20	문장 퍼즐(2)	3	문장으로 된 퍼즐문제를 분석하고, 문제를 해결하는 과정에서 과정에서 과학적 지식이나 경험을 활용한다.

V. 실험 및 결과

1. 초등학교

본 연구는 충청북도 청원군의 W 초등학교 6학년 97명 중 상위 30명을 연구 대상으로 하였다. 선정된 30명을 각각 15명씩 무선 할당하여 실험집단과 비교집단을 구성하였다. 프로그램의 적용 기간은 3월 15일부터 7월 29일까지이며, 3월 15일에서 7월 17일까지는 매주 화요일과 금요일 각 1시간씩 주 2시간씩 프로그램을 적용하였으며, 7월 26일부터 29일까지는 수학캠프 활동으로 1일 4시간씩 4일 동안의 활동이 이루어졌다.

프로그램의 적용 효과를 밝히기 위하여 검사를 실시하였으며, 이때 한국교육개발원에서 개발되어, 한국적성연구소에서 보급중인 수학 창의적 문제해결력 검사를 이용하였다. 실험 결과를 사고의 유창성, 사고의 융통성, 사고의 독창성, 그리고 이 모든 결과들을 종합한 종합적인 수학 창의적 문제해결력의 측면에서 자료를 얻을 수 있었으며, 그 자료는 다음과 같다.

유창성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	df	t	p
실험집단	14	98.085	2.645	26	3.212	.003
비교집단	14	84.428	15.685			

융통성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	df	t	p
실험집단	14	96.871	4.413	26	3.409	.002
비교집단	14	83.300	12.226			

독창성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	df	t	p
실험집단	14	99.971	4.688	26	1.318	.199
비교집단	14	98.100	5.310			

실험집단과 비교집단은 사고의 유창성과 융통성에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 본 연구진에 의해 개발된 프로그램이 사고의 유창성과 융통성 개발 및 육성에 유의미한 효과를 보였다는 것을 의미한다. 그러나, 사고의 독창성에는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그 원인을 여러 가지 측면에서 추측해 볼 수 있지만, 그것들 중의 하나는 사고의 독창성 자체가 100시간의 짧은 노력으로 현저하게 신장되기 어려운 인지 활동의 유형이라는 추측이 가능하다.

앞에서 살펴본, 사고의 유창성, 융통성, 독창성을 종합한 결과가 아래의 표인데, 실험집단과 비교집단은 창의성에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 본 연구팀에 의해 개발된 초등 학교 고학년 창의성 신장 프로그램이 학습자들의 전반적인 창의성의 신장에 효과적이었다는 것을 의미한다.

집 단	N	M	SD	df	t	p
실험집단	14	99.407	0.807	26	2.914	.007
비교집단	14	89.528	12.654			

2. 중학교

본 연구를 수행하기 위하여 선정한 실험반은 충청북도 청주시에 위치한 ○○중학교의 수학반 학생 10명이고, 비교집단은 청주시에 소재한 ××학교 수학 영재반에 참석한 1, 2, 3학년의 학생으로 랜덤하게 추출하였다. 그리고, 본 연구팀에 의해 개발된 100차시 자료를 1999년 3월말부터 9월말까지 50시간의 수업을 실시하였으며, 실험집단과 비교 집단 각각 10명을 대상으로 한국교육개발원에서 개발한 수학 창의적 문제해결력 검사지를 사용하여, 개발된 프로그램의 효과를 검증하였다.

유창성에 대한 t-검정 결과

집단	N	M	S.D.	D.F.	t	p
실험반	10	94.65	4.87	18	2.79	.012
통제반	10	86.99	7.18			

융통성에 대한 t-검정 결과

집단	N	M	S.D.	D.F.	t	p
실험반	10	94.30	4.84	18	2.76	.013
통제반	10	86.87	7.01			

독창성에 대한 t-검정 결과

집단	N	M	S.D.	D.F.	t	p
실험반	10	99.51	1.12	18	.64	.531
통제반	10	99.18	1.19			

위의 결과를 보면, 유창성과 융통성에서 실험반과 통제반 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있지만, 독창성 부문에서는 실험반과 통제반 사이에는 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있지 않다.

한편, 사고의 유창성, 융통성, 독창성을 종합한 결과가 아래의 표인데, 실험집단과 비교집단은 창의성에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

집단	N	M	S.D.	D.F.	t	p
실험반	10	98.23	2.17	18	2.55	.020
통제반	10	93.59	5.33			

3. 고등학교

본 연구는 충청북도 청주시에 있는 C 고등학교 1학년(34명)을 연구대상으로 하였다. 학업 성적으로 선정한 34명 중 17명을 실험 집단으로 하고, 다른 학생은 비교 집단으로 하였다. 창의력 신장을 위한 실험은 1999년 3월부터 9월까지 50시간 실시하였다. 수학 창의적 문제해결력을 검사 결과는 다음과 같다.

유창성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	t	df	p
통제집단	17	49.118	20.590	6.078	32	0.000
실험집단	17	83.182	10.486			

융통성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	t	df	p
통제집단	17	60.777	24.502	5.156	32	0.000
실험집단	17	93.305	8.732			

독창성에 대한 t-검정 결과

집 단	N	M	SD	t	df	p
통제집단	17	79.476	16.697	5.213	32	0.000
실험집단	17	93.747	5.099			

표들에서 보는 바와 같이, 유창성, 융통성, 독창성 모두에서 실험 집단과 통제 집단이 유의미한 차이를 보이고 있다.

한편, 사고의 유창성, 융통성, 독창성을 종합한 결과가 아래의 표인데, 실험집단과 비교집단은 창의성에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

집 단	N	M	SD	t	df	p
통제집단	17	63.1	20.01	5.213	32	0.000
실험집단	17	90	7.34			

VI. 결론

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소과제 연구비 지원에 의해 2년간 이루어진 '창의성 신장을 위한 수학 영재교육 개선 방안에 관한 연구'의 최종 연구 결과이다. 본 연구에서는 세계 각국의 영재 교육 현황에 대한 고찰, 창의성에 관한 문헌 연구, 창의성 신장을 위한 초·중·고등학교 영재 학생들을 위한 100시간 분량의 학습 프로그램 개발, 개발된 학습 프로그램의 현장 적용 결과 등을 포함하고 있다.

본 연구의 수행 과정에서 얻어진 외국의 영재교육에 관한 연구 결과들로는 신현용·한인기·이종욱·김희선(1999), 신현용·한인기(1999a), 신현용·한인기(1999b), 김원경·신인선·김미월·김용대(1998a), 김원경·신인선·김미월·김용대(1998b) 등의 논문들이 있으며, 창의성에 대한 이론적 고찰 및 학습 자료 개발에 관한 연구 결과들로 신현용·한인기(1999c), 신현용·이종욱·한인기(1999), 신인선·안대영·어성중·이봉주(1999), 신현용·김원경·신인선·안대영·장완(1998), 김원경·김미월·김용대(1999) 등의 논문들이 있다. 이러한 연구를 통해, 세계 각국의 수학 영재교육의 현황 및 동향을 알 수 있었으며, 수학 영재 아동들의 창의성을 신장시킬 수 있는 다양한 학습 자료들을 개발하고 체계화할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 수학 영재아들의 창의성 신장 프로그램은 100시간 분량으로 초·중·고등학교에서 실험을 하고, 한국교육개발원에서 개발되어, 한국적성연구소에서 보급중인 수학 창의적 문제해결력 검사를 이용하여 검증한 결과, 초·중·고등학교 모두에서 유창성, 융통성, 독창성을 포함하여 학습자들의 전반적인 창의적 문제해결력 신장에 효과적이었다.

게다가, 본 연구에서 개발된 프로그램은 구체적인 문제의 수준으로 구체화, 체계화되어 있기 때문에, 초·중·고등학교의 수학 교수-학습에서 학습자들의 창의성 신장, 수학 학습에 대한 흥미나 재능의 개발·육성을 위해 좋은 학습 자료가 될 것이다.

참 고 문 헌

김원경·김미월·김용대 (1999). 창의성 신장을 위한 교수-학습 자료 개발, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 9, 서울: 한국수학교육학회.

- 김원경 · 신인선 · 김미월 · 김용대 (1998a). 싱가포르의 영재교육, 한국수학교육학회지 시리즈 F <수학교육 세미나> 2, 서울: 한국수학교육학회.
- 김원경 · 신인선 · 김미월 · 김용대 (1998b). 중국의 영재교육, 대한수학회 논문초록집 35(2), 서울: 대한수학회.
- 서울대학교 사범대학 교육연구소 (1986). 교육학 용어 사전, 서울: 배영사.
- 신인선 · 안대영 · 어성중 · 이봉주 (1999). 파스칼 삼각형을 이용한 창의적 활동, 한국수학교육학회지 시리즈F <수학교육 학술지> 4, 서울: 한국수학교육학회.
- 신현용 · 김원경 · 신인선 · 안대영 · 강 완 (1998). 창의력 신장을 위한 영재교육, 대한수학회 논문초록집 35(2), 서울: 대한수학회.
- 신현용 · 이종욱 · 한인기 (1999). 창의성 신장을 위한 초등학교 수학 학습 자료 개발, 한국수학교육학회지 시리즈 F <수학교육 학술지> 4, 서울: 한국수학교육학회.
- 신현용 · 한인기 (1999a). 러시아 초등(1-4) 수학교육의 개별적 접근, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 9, 서울: 한국수학교육학회.
- 신현용 · 한인기 (1999b). 러시아 7-9학년 수학 교육과정의 개별적 접근, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 9, 서울: 한국수학교육학회.
- 신현용 · 한인기 (1999c). 수학 영재의 창의력 신장을 위한 방향 모색, 청람수학교육 8, 청주: 한국교원대학교 수학교육연구소.
- 신현용 · 한인기 · 이종욱 · 김희선 (1999). 러시아의 수학영재 통신교육, 한국수학교육학회지 시리즈A <수학교육> 38(2), 서울: 한국수학교육학회.
- 윤종건 (1995). 창의력의 이론과 실제, 원미사.
- 한국교육개발원 (1989). 사고력 신장을 위한 프로그램 개발 연구 II, III, 연구보고 RR 89-2, 서울: 방문사.
- Amable T.M. (1983). *The social psychology of creativity*. New York: Springer.
- Degenhardt, M.A.B. (1976). "Creativity", Lloyd, D.I.(Ed.). *Philosophy and the teacher*. London: RKP. pp.203-244.
- Fouche, K.K. (1993). *Problem solving and creativity: Multiple solution methods in a cross-cultural study in middle level mathematics*. Ph.D. Thesis in University of Florida.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Haylock, D.W. (1984). *Aspect of Mathematical Creativity in Children Aged 11-12*. Ph.D. Thesis in London University.
- Krutetskii, V.A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. (trans. Joan Teller, ed. Jeremy Kilpatrick and Izaak Wirszup). Chicago: The University of Chicago Press.

- Rogers, C.R. (1962). "Toward the theory of creativity". In S.J. Parnes and H.F. Harding(Eds.), *A source book for creative thinking*. New York: Scribner's.
- Taylor, C.W. (1978). How many types of Giftedness Can Your Program Tolerlate? *Journal of Creativie Behavior*. 12(1), 39-51.
- Torrance, E.P. (1962). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Urban, K.K. (1994). Recent trends in creativity research and theory. In K.A. Heller & E.A. Hany (Eds.). *Competence and responsibility*. Vol.2 (pp.55-67). Seattle, Toronto: Hogrefe & Huber Publ.
- Vernon, P.E. (1977) *The psychology and education of gifted children*. London: Methuen
- Шумилин(슈밀린)А.Т. (1979). *Проблемы структуры и содержания процесса познания*. Москва: Педагогика.