

수학영재프로그램이 창의성 향상에 미치는 효과 메타분석

조윤희 · 고희경^{1*}

소주한국학교 · ¹아주대학교

Meta-analysis of the Effects of Gifted-mathematics programs on Creativity Improvement

Yun-Hee Cho · Ho kyoung Ko^{1*}

Soju Korean High School · ¹Ajou University

Abstract : In this study, the meta-analysis technique was applied to investigate the effectiveness of gifted-mathematics programs on development of creativity. Studies conducted the outcomes form the 20 studies were used for meta-analysis. Research questions are as follows: first, what is the overall effect size of the gifted mathematics programs on development of mathematical creativity. Second, what are effect sizes of sub-group(fluency, flexibility, originality) analysis. Third, compare the effect sizes of those in compliance with the grade and the class type. Results from data analysis are as follows. First, the overall effect size for studies related the gifted-mathematical programs was .66, which is high. Second, it was found that each sub-group differed from its effect on learning outcomes. Fluency(.76) was the highest of all, which was followed by flexibility(.60) and originality(.50) in a row. Lastly, the overall effect size for gifted elementary school students related the gifted-mathematical programs was .69, which is high than gifted middle school students was .46.

keywords : Meta-analysis, Effect Size, Creativity, Gifted-mathematics programs

I. 서론

우리나라의 영재교육은 1998년 전국 9개 대학에서 과학영재교육센터를 설립하여 수학 및 과학 영재교육을 시작한 이후 2002년 영재교육시행령 이후 양적으로 급격히 성장하였다(Seo *et al.*, 2012). 2003년 416개 영재교육기관에서 2만 여명(21,616명)의 영재학생들이 영재교육을 받았으며, 2007년에는 전체 학생의 0.59%에 해당하는 약 4만명

(46,006명)의 학생이 영재교육의 대상자였고, 2011년에는 3,943개 영재교육기관에서 약 11만명(111,818명)으로 그 대상자 수가 늘었으며, 수학, 과학 분야에 한정되었던 체제에서 예술, 정보, 언어 등으로까지 영재교육 분야가 확대되면서 주요정책으로 추진하던 영재교육의 양적인 확대는 비교적 성공적이었다고 할 수 있다. 영재교육진흥법 발효 이후 우리나라는 영재교육을 국가적 수준에서 시작하였고, 제1, 2차 영재교육진흥종합계획을 통해 영

*교신저자: 고희경 (kohoh@ajou.ac.kr)

**이 논문은 조윤희의 2015년도 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

***2017년 10월 23일 접수, 2017년 11월 28일 수정원고 접수, 2017년 11월 28일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2017.41.3.499>

재교육의 추진 토대를 정립하고 실천해왔으며, 제1차 영재교육진흥종합계획('03~'07)이 우리나라 영재교육의 '도입기'에 영재교육의 틀을 잡아나가는 역할을 했다면, 제2차 영재교육진흥종합계획('08~'12)은 그 동안의 정책적 성과를 반영하여 영재교육의 '발전기'를 수행할 수 있는 전략적 방안을 제시하면서 지난 10년 동안 전국적으로 영재교육은 꾸준한 성장을 거듭하였다(Seo *et al.*, 2012).

Seo *et al.* (2012) 보고에 따르면, 제3차 영재교육진흥종합계획('13~'17)에서 그 동안 양적 확대와 지원 체제 확립 등 인프라 구축을 성공적으로 이루어냈던 것은 큰 성과라고 할 수 있지만, 그 틀 안에 영재를 위한 어떤 교육이 이루어져야 하는지에 대한 질적 고민과 추진, 수행은 다소 미흡했던 것을 지적하면서 앞으로의 계획은 영재교육의 질적 성장에 중점을 둘 필요가 있다고 한다. 즉, 제3차 영재교육진흥종합계획의 중요한 목표가 영재교육 프로그램의 수준 및 교원 전문성의 획기적 제고인 것이다.

이러한 시기에 우리는 지난 10여 년 간 단위학교의 영재학급, 교육지원청의 영재교육원, 대학부설 영재교육원과 영재학교에서 영재들을 선발하여 시행된 다양한 수학영재프로그램의 효과가 과연 얼마나 될 것인지 생각해 볼 필요가 있다. 많은 학자들이 창의성을 영재성의 중요한 요소로 보고 영재들을 위한 교육 목표 또한 미래형 인재를 육성함에 있어 필수요소인 창의력 신장을 교육목표로 하고 있다. 창의력은 영재성의 중요한 요소이며 이를 더욱 증진시키는 것은 영재교육에서 풀어야 할 과제인 것이다. 이에 Kang (2008)은 수학과 영재교육 프로그램에서의 수행수준과 창의성 및 학업성취도의 관계 연구에서 학생들의 학업 성취도는 대부분 우수한 성적을 보였으나, 실제 영재 프로그램에서의 수행 능력에 거의 영향을 미치지 못하고 있었으며 반면 창의적 문제 해결력은 영재 프로그램에서의 수행 능력에 영향을 준다고 말하였다.

본 연구에서는 이러한 영재교육의 효과성 제고의 필요성에 따라 현 영재교육기관에서 시행한 수학프로그램이 수학영재아들의 창의성에 미치는 연구들을 통합하여 분석함으로써 그 동안 실시해오고 있

는 프로그램의 효과성을 가늠해 보고자 한다. 이를 위하여 먼저, 수학영재프로그램이 창의성 향상에 미치는 전체 효과 크기를 산출하고 둘째, 창의성의 하위요인(유창성, 융통성, 독창성, 수학적 사고능력)에 따른 효과 크기와 학교급 및 영재교육기관에 따른 창의성 향상의 효과크기를 도출하며, 마지막으로 창의적 문제해결력을 중재하는 변인에 따른 효과크기를 분석하고자 한다.

이러한 연구 결과는 현재 실시하고 있는 수학영재프로그램의 수학영재아의 창의성에 미치는 효과를 종합적으로 분석하고 이를 통해 수학영재프로그램에 대한 시사점을 제공할 수 있다.

Ⅱ. 수학적 창의성

1. 창의성

그간 창의성에 관한 연구 및 정의에 대한 연구는 다양한 논의에 의하여 진행되어 왔는데, 먼저 Renzulli(1978)는 평균이상의 능력, 창의성, 과제 집착력을 영재의 요소로 간주함에 따라 창의성을 영재성의 중요한 요소로 보고 있다. 창의성의 정의에 있어서도 Runco(1993)는 창의성을 확산적 수렴적 사고, 문제발견과 문제해결, 자기표현, 내적동기, 알려고 하는 태도 그리고 자신감으로 보았다. Gruber & Wallace(1999)는 외적 준거에 비추어 새롭고 가치 있는 창의적 작품으로 보았고, Martindale(1999)은 독창적이며 그 상황에서 적절한 창의적 아이디어로 여겼으며, Lumsden(1999)은 사람들에게 유의미한 새로운 무언가를 생각해내는 능력으로 보았다. Lubart(1999)는 새롭고 적절한 작품을 만들어 내는 능력으로 정의하며, Boden(1999)은 새롭고 가치있는 아이디어의 생성으로 보았으며, Nickerson(1999)은 창의적 산물은 새로움과 활용성(유용성, 적절성, 사회적 가치)을 포함하는 것이라 규정하였다(Mayer, 1999; Park & Kim, 2011).

따라서 창의성에 대해 새롭고(novel) 적합한(appropriate) 것을 창출해 낼 수 있는 능력이라 정의할 수 있다. 이를 다시 해석하면 창의성이란, 일정한 형식이나 규칙에 얽매이지 않고 때로는 기발한 생각 속에서 자기 나름대로 아이디어나 작품을 독창적으로 생각해 내고, 그것이 일상적이고 관습적인 사고과정에서 벗어나 보다 유용한 아이디어가 되도록 하는 지적인 능력과 이를 가능하게 하는 정의적인 태도와 성향을 말한다(Koh, 2007). Table 1은 여러 연구에서 밝히는 창의성의 구성요소이다.

창의성에 대한 지식과 정보의 누적에도 불구하고 창의성의 개념은 기본적으로 혼란되어 있고 불분명한 이유는 창의성의 개념을 정의하는데 있어서 심리학의 모든 관점들, 즉 정신분석학적 관점, 인본주의적 관점, 행동주의적 관점, 인지론적 관점, 형태주의적 관점 등에 달라질 수 있기 때문이며(Woodman, 1981), 또한 창의성의 발현이 능력이나, 성격 혹은 어떠한 특수 인지로부터 온 것이거나 이들 전체가 아울러 된 결과로 봐야하는지는 논의가 필요하다(Isaksen *et al.*, 1993).

학자들의 논의를 종합하면, 창의성이란 인간의 고등정신 기능으로서 독창적이고 새로운 아이디어

나 산물을 생성하고, 어떤 문제나 상황에 직면했을 때 기존의 관계 양식이나 해결방법으로부터 탈피한, 새롭고 독특한 다양한 관계 양식이나 해결 방법을 제시할 수 있는 능력을 의미한다. 또한 창의성은 누구나 가지고 있는 보편적인 것으로 인지적 능력과 정의적 특성이 포함되며, 교육이나 환경과의 상호작용으로 성장하고 발달할 수 있는 것으로 정의할 수 있다(Sim, 1997).

2. 수학적 창의성

수학적 창의성은 말 그대로 기존의 수학적 지식을 이용하여 새로운 수학의 산출물을 얻어내는 고차원적인 사고를 의미한다. 수학자들은 수학적 창의성이 수학적 능력을 구성하는 중요한 요인으로 인식하고 이를 규명하기 위해 많은 노력을 해왔으나, 합의된 하나의 정의가 도출되고 있지는 않다. 오히려 다각적이고 다양한 시각들이 언급되고 있는 실정이다. 먼저 수학적 창의성에 대해 앞서 생각하고 정의를 내린 국내외 학자들의 견해를 살펴보면 Table 2와 같다.

Table 1. The components of creativity (Lim, 2005)

학자 요소	Guilford (1959)	Torrance (1962)	Heo <i>et al.</i> (1990)	Sternberg (1999)	Urban (1995)
인지적 요소	·민감성 ·유창성 ·융통성 ·정교성 ·독창성	·유창성 ·정교성 ·독창성 ·추상성 ·저항성	·유창성 ·융통성 ·정교성 ·독창성 ·민감성	·지적능력 ·지식 ·사고 스타일 ·개인적 특성 ·환경 ·동기유발	·확산적사고와 활동 ·일반적 영역에서의 지식과 기능기반 ·특정영역에서의 지식과 기능기반
정의적 요소		·용기 ·호기심 ·독자성 ·직관 ·모험심 ·직관적태도 ·비판적사고	·자발성 ·독자성 ·집착성 ·호기심		·애매모호함에 대한 참을성과 개방성 ·동기 및 동기화 ·과제에 대한 초점 맞추기

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 관련된다(Kim & Lee, 2001). 여러 연구자들의 수학적 창의성에 대한 정의를 살펴보면 사고 방식의 탈피 및 정형화된 틀을 벗어나 독창적으로 다양하고 새로운 방식을 사용하여 유용한(가치 있

는) 결과를 산출해내는 능력이라고 정의하고 있음을 알 수 있다.

한국교육개발원의 수학 영재 판별 도구 개발 연구 보고서(Kim, Kim & Song, 1996)에서는 수학적 창의성을 수학적 문제 상황에서 고정된 사고 방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 능력으로 정의 하면서 유창성, 융통성, 독창성, 정교성의 4가지 하위 능력으로 구성된다고 보고 다음과 같이 측정하고 있다(Table 3).

Table 2. Definition of mathematical creativity

연구자	연도	정 의
Krutetskii	1976	다양한 해결책을 내고, 정형화된 형태를 깨뜨리고, 자기 제한을 극복하는 사고 과정의 유연성
Haylock	1987	사고의 고착화를 극복하고 정신적인 틀을 벗어나는 능력. 즉 개방된 수학적 상황에서 다양하고 독창적인 반응을 할 수 있는 능력
Ervynck	1991	수학의 특별한 논리-연역적인 성격과 생성된 개념들이 수학의 중요한 핵심에 통합 되는데 적절한 지를 고려하면서 문제를 풀고 구조적으로 사고하는 능력
Korea Educational Development Institute	1996	수학적 문제 상황에서 고정된 사고방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 능력
Shin & Han	1997	수학적 문제 상황에서 기존의 지식과 경험을 바탕으로 정형화된 틀을 벗어나 주어진 문제를 다양한 방식으로 분석하여 문제의 요소들이나 수학적 아이디어 등을 새로운 방식으로 결합하여 결과를 얻는 것
Kim & Lee	2006	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 것

Table 3. Four sub-factors of mathematical creativity (Kim *et al.*, 1996)

구 분	정 의	평가 준거
유창성	문제 상황에 유의미한 답으로서 여러 가지 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	의미 있는 반응의 개수
융통성	서로 다른 범주의 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	반응의 유형별 가지 수
독창성	다른 사람과는 다른 참신하며, 질적으로도 수준 높은 반응, 아이디어를 낼 수 있는 능력	반응의 상대적 희구 빈도와 질적인 참신성, 가치
정교성	산출한 반응과 아이디어를 보다 구체화하고, 세밀하게 다듬을 수 있는 능력	반응의 구체성, 세밀성, 일반화

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구모형

1) 메타분석

메타분석이란 동일한 주제에 대한 다양한 연구 결과를 체계적이고 계량적으로 분석하는 종합적인 분석 방법(research synthesis)을 의미한다(Hwang, 2014).

동일한 주제로 수행된 연구의 결과들이 서로 상충되는 경우가 종종 있다. 예를 들어, 1952년 미국에서 Hans Eysenck은 “심리치료는 환자에게 효과 없다”라는 주장을 하면서 ‘psychotherapy는 효과적인가?’라는 이슈에 대해 서로 의견이 상충되고 있었다. 실제 이에 대한 연구 결과 ‘치료 효과가 있다’는 논문이 203편, 그리고 ‘치료가 없다’는 논문이 172편 발표되었다. 연구의 증가는 의사결정자들에게 종합적인 정보를 제공해 주지 못하고, 또 하나의 불확실성을 추가하는 것에 그친다는 회의적인 시각이 나타나던 시기였다.

Smith & Glass (1977)는 이 375편의 선행연구들을(833효과 크기, 25,000명 대상자) 분석하여 ‘psychotherapy’의 효과에 대한 결론을 제시하였다. 이 연구 결과를 종합하면 전체적으로 실험집단이 통제집단보다 표준편차 0.68만큼 높은 것으로 나타났다. 즉, 정신치료는 치료자를 평균적으로

50%수준에서 75%수준으로 상향시킨 것으로 나타난 것이다.

본 연구의 주된 관심사는 수학영재프로그램이 창의성에 미치는 효과를 알아보는 것이다. 수학영재 프로그램이 어느 정도로 창의성에 영향을 미치며 프로그램의 효과를 매개하는 요인으로 어떤 것이 있는지를 메타분석을 통해 확인하고자 하였다. 구체적으로 학습자의 특성(학교급, 영재교육기관)과 프로그램의 특징(수업시수, 프로그램 모형)에 따라 프로그램의 효과가 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 프로그램에 영향을 미칠 수 있는 중재변수는 크게 두 가지 범주로 아래 Table 4와 같이 분류하였다.

2. 연구절차

1) 자료 수집 절차 및 탐색 결과

본 연구는 수학영재프로그램과 창의성 향상과의 관계에 대한 논문들을 메타분석하기 위하여 2000년 이후 국내에서 발표된 석·박사학위논문 및 학술지 게재논문을 검색의 대상으로 하였다. 검색의 범위는 국내문헌으로 제한하였다. 해당 자료를 수집하기 위하여 RISS(한국교육학술정보원), 국회전자도서관의 검색엔진을 이용하여 ‘수학’, ‘영재’, ‘창의’, ‘프로그램’ 등의 주제로 검색하였다.

RISS에서 학위논문 227편과 학술지 논문 50편,

Table 4. Classification of intervening variable by category

범주	중재변수
학습자(표본) 특성	학교급, 영재교육기관
프로그램 특성	수업시수, 수업모형

Table 5. Keywords for finding articles

구분	관련 검색어
수학영재프로그램	프로그램, 교수-학습 모형, 심화 학습 프로그램
창의성	창의력, 창의적 문제해결력, 창의적 사고능력, 수학적 창의성.

국회도서관에서 학위논문 60편과 학술지 논문 52편이 검색되었다. 제목과 초록을 바탕으로 앞서 제시한 논문 선정 기준에 따라 9편의 학술논문과 60편의 학위논문, 총 69편의 논문이 1 차적으로 선정됐다. 그 이후 원문의 내용을 바탕으로 최종적으로 20편의 논문을 본 연구의 분석 대상으로 선정하였다.

2) 분석대상 논문선정 준거

본 연구에서는 아래에 제시된 포함 준거에 부합한 논문만을 분석의 대상으로 선정하였다.

- ① 실증적인 연구결과가 포함되어 있어야 한다. 즉, 연구결과는 통계적으로 수량화(예: m , sd , t 등의 통계치 등)되어 있고 주어진 통계치를 바탕으로 효과크기를 산출할 수 있어야 한다. 그렇지 않은 연구는 분석에서 제외하였다.
- ② 학위논문을 재정리하여 발표한 학술지 게재 논문일 경우 추가적인 정보가 필요한 경우 학위논문을 참고하였다.
- ③ 비공개 상태이거나 원문을 구할 수 없는 경우는 분석에서 제외하였다.
- ④ 창의성, 창의적 문제해결능력, 수학적 창의성, 수학적 사고능력과 관련된 변수가 수학영재프로그램의 종속변수로서 존재해야 한다. 즉, 수학영재프로그램이 적용되지 않고 영재학생의 창의성이 다루어진 경우는 분석 대상에서 제외하였다.
- ⑤ 측정도구(예: 한국교육개발원의 수학 창의적 문제 해결력 검사지, 등)가 분명히 명시되어 있는 경우만을 분석에 포함시켰다.
- ⑥ 영재교육기관을 대상으로 한 논문과 학업성취도, 교사 추천, 면접 등의 적절한 절차를 거친 후 실험집단으로 수학영재프로그램을 시행하고 분석한 경우 분석에 포함시켰다.
- ⑦ 영재교육기관을 대상으로 하더라도 올림피아드 수학문제 풀이나 교사주도의 수업은 통제집단인 경우를 제외하고 분석에서 제외하였다.
- ⑧ 측정도구의 타당도와 신뢰도가 검증되지 않은 자작설문지나 자기보고식 행동특성 검사지를 사용한 측정치는 분석 대상에서 제외하였다.

- ⑨ 통제집단이 일반 평재집단인 연구는 영재집단만의 결과치만을 인용하였다. 단, 상위 그룹에 한하여 적당한 절차에 의해 통제집단으로 설정된 경우는 대조군까지 분석대상에 포함시켰다.

3) 분석대상 연구의 특성과 자료 코딩

이 연구에서는 창의성의 하위영역, 학교급, 유형별 영재교육기관, 수학영재프로그램 유형, 프로그램의 특징, 프로그램 운영 횟수 등을 중요 범주형 변수로 간주하여 코딩하였다(부록 참조).

4) 효과 크기의 계산과 동질성 검정

Smith & Glass(1977)의 연구의 가장 중요한 특징은 치료 효과의 크기에 있다. 이 치료 효과크기에 대한 정의, 즉 효과 크기(effect size)는 실험집단의 평균과 통제집단의 평균의 차이를 통제집단의 표준편차로 나눈 값을 말한다(Smith & Glass, 1977). 즉, 이들은 기존 연구 결과를 통합하여 표준화 점수를 산출함으로써 '메타분석'의 방법을 제시하였다.

메타분석의 주요 내용 중 한 가지는 평균 효과 크기를 계산하는 것이다. 즉, 각 개별 연구의 효과 크기에 가중치를 부여해서 전체 연구의 효과 크기, 즉 평균 효과 크기를 산출한다. 그리고 이 평균 효과 크기의 유의성을 판단하게 되어 평균 효과 크기의 의미를 설명하게 된다. 개별적으로 볼 때 유의한 연구만 보는 것이 아니라 전체적으로 본 전체 효과 크기의 유의성을 보는 것이다.

이때 각 연구의 효과 크기가 비교적 비슷한 분포를 이룬다면, 즉 연구간 일관성을 보인다면 평균 효과 크기는 전체 연구의 효과 크기를 대표하는 것으로 인정할 수 있는 것이다(Hwang, 2014). 일반적으로 평균 효과 크기를 전체 효과 크기(overall effect), 효과의 가중평균(weighted mean effect) 또는 평균 효과 크기(mean effect size) 등으로 부른다.

(1) 효과크기의 산출

Glass는 효과크기를 실험집단의 평균값에서 통제집단의 평균값을 뺀 값을 통제집단의 표준편차 값

으로 나눈 값($\frac{\bar{X}_e - \bar{X}_c}{SD_c}$)으로 제시했다. 이것은 각 기 다른 통계적 방법에 의해 이루어진 연구결과들을 학술적으로 통합하고자 할 때 서로 다른 척도와 방법을 사용하여 얻은 연구 결과를 의미 있게 비교할 수 있도록 하나의 공통 척도로 나타내는 집단간 표준화된 평균치의 차이를 표시하는 방법이다. 또한 본 연구에서는 표본이 큰 연구와 작은 연구가 섞여 있을 때는 모두 g로 전환해 주는 작업이 필요하다(Bernard *et al.*, 2009). 본 연구에서는 Hedges'g의 값으로 효과 크기를 계산하였다.

(2) 고정효과모형과 랜덤효과모형

메타분석에 있어서 고정효과모형(fixed-effect model)과 무선평과모형(random-effects model)은 평균 효과 크기를 계산하는 방식(computational model)을 의미한다.

모든 연구의 모집단 효과 크기는 동일하다는 가정으로 동일한 모집단의 효과를 추정하는 경우 고정효과모형을 사용한다. 여기서는 동일한 모집단의 효과를 추정하는 것이 목적이며 각 연구의 효과 크기의 차이는 표집오차(sampling error)에서 기인하는 것으로 본다.

그러나 대상자, 개입방법, 기간 등이 서로 다르기 때문에 모든 연구의 모집단 효과 크기는 서로 다른 효과 크기의 이질성을 가정할 경우 무선평과모형을 사용한다. 즉, 서로 상이한 모집단의 효과 크기 분포의 평균을 추정하는 것으로 각 연구의 효과 크기 차이는 표집오차와 연구 간 분산으로 구성된다. 따라서 무선평과모형에서의 평균 효과 크기는 각 연구의 서로 상이한 모집단 효과 크기 분포의 추정된 평균값이다. 본 연구에서는 무선평과모형으로 효과 크기를 계산하였다.

(3) 효과크기의 해석

효과 크기는 어떤 개입에 따른 두 집단의 효과를 비교하는 단위로서 표준화한 값이며, 데이터의 유형에 따라 평균의 차이, 상관관계계수의 차이 또는 이벤트 발생 비율의 차이 등으로 해석할 수 있다.

본 연구에서는 연속형 데이터인 평균을 이용하여 Cohen의 표준화된 평균차이(Cohen's d)를 교정한 Hedges'g 즉, 교정한 평균 차이로 효과 크기를 해석하였다.

Cohen은 메타분석으로 얻게 되는 평균효과크기에 대한 해석을 어떻게 하는지 그 기준을 제시했다. 효과의 크기를 해석하는 기준으로 '.20이하'는 '작은 효과 크기', '.50'은 '중간 효과크기', '.80이상'은 '큰 효과크기'라고 하였다(Oh, 2002).

효과크기가 0이라며 양적으로 효과가 없다는 것을 나타내며, 마이너스 값인 경우는 처치를 받지 않은 집단이 더 나은 결과를 보인다는 것을 나타낸다. 이렇게 보면 Cohen이 말한 작은 효과크기인 .20은 57.93%에 해당되어 실험집단이 통제집단보다 7.93%만큼 향상되었다는 것이며, 중간 정도의 효과크기인 .50은 69.15%에 해당되어 19.15%만큼의 향상을, 큰 정도의 효과크기인 .80은 28.81%만큼 향상되었다는 것을 의미한다.

Table 6에서 제시한 동질성 검사 결과, 선행연구들에서 추출된 효과 크기는 서로 이질적인 것으로 나타나서($Q=288.5, df=84, p<.05$), 이 연구에서는 랜덤효과 모형을 이용해서 전체적인 효과 크기를 측정하고, 연구의 특성을 나타낸 변수들이 범주형 변수인 경우 하위그룹 분석을 이용하여 매개변인을 찾고, 하위그룹별 각 효과 크기를 비교하였다. 표준화된 평균차 효과 크기를 계산하기 위하여 CMA2.0 프로그램을 이용하였다.

Table 6. The homogeneity test result of sampling

효과크기 수	Q	p	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
85	288.5	p<.05	.764	0.644~0.844	0.061

Q:동질성 검정 통계량, p동질성 검정 통계량에 대한 유의수준 값

5) 출판편향 검사결과

출판편향이 발생한 경우, 메타분석의 대상이 되는 표본이 모집단의 특성을 제대로 반영하고 있다고 간주하기 어려워지므로 도출된 분석결과의 신뢰성과 타당성에 문제가 발생한다. 그러므로 본격적인 분석에 앞서 메타분석에 활용된 표본의 편향성을 살펴보는 것이 중요하다(Lee, 2013).

본 연구에서는 출간 오류를 검증하기 위해 forest plot를 이용하여 데이터를 검토한 후, funnel plot을 이용하여 대칭성을 시각적으로 분석하였다. 우선, 본 연구의 분석의 대상이 된 20개 논문의 개별 효과크기들의 전체적인 분포를 살펴보기 위해서, x 축을 효과크기(Hedge's g)로 y 축을 표준오차로 한 깔때기 도표(funnel plot)를 통해 효과크기의 분포를 나타냈다. 대칭을 시각적으로 확인하고 출판편향을 보이는 2개의 논문, 9개의 효과크기를 제거하였다(Figure 1).

이는 전체 효과크기를 기준으로 대칭을 이루고 있으며 y 축의 표준오차도 대부분 .05이하로 유효함을 확인할 수 있다.

6) 분석 대상 논문의 검사 도구

본 연구의 분석 대상이 된 20편의 논문에서 창의성을 측정하기 위한 검사 도구는 Table 7과 같다.

IV. 연구 결과

1. 수학영재프로그램의 전체 효과크기

출판편향 검증을 통하여 2개의 논문이 제거되고 총 18편의 논문에서 랜덤효과 모형으로 측정한 수학영재프로그램이 창의성에 미치는 전체 효과크기는 .663으로 나타났다(Table 8). 전체 효과크기 .66은 수학영재프로그램이 영재아들의 창의성 향상에 미치는 효과는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 75% 정도의 위치에 있는 것으로 나타나는 것으로서 그 효과는 다소 크다고 해석된다.

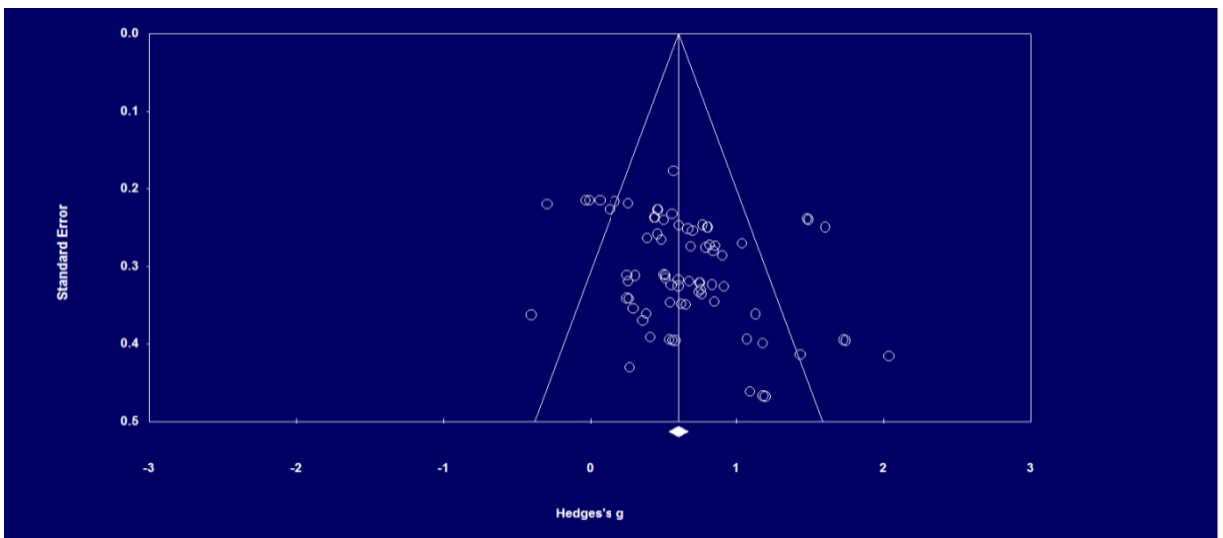


Figure 1. Funnel plot of standard error by Hedges's g

Table 7. Scales Measuring for the creativity to be analyzed that used in the articles

검사도구	특징	논문
수학 창의적 문제해결력 검사 (한국교육개발원, 1997)	1부 확산적 사고 측정 2부 수렴적 사고 측정	김덕진(2009), 김미숙(2005), 김우진(2012), 박명전(2000), 서정희(2013), 신영애(2012), 신현용(2000), 윤원희(2006), 이명숙(2013), 이윤경(2008), 이정희(2009), 임채운(2004), 조현복(2004)
TTCT (Torrance Test of Creative Thinking) (Torrance, 1963)	도형검사는 그림 구성하기, 불안전 도형완성하기, 선 더하기의 3문항으로 구성되어 있으며 각 문항 당 10분 씩 총 30분 동안 주어진 도형을 기초로 하여 그림을 그리고 제목을 붙이도록 하고 있다.	차수진(2008)
창의적 수학문제해결력 검사 (교육청 제작 및 전문가 검토 검사지)	15문항으로 유창성, 융통성, 독창성, 정교성을 측정하는 문항과 융통성과 독창성, 독창성과 정교성, 유창성과 정교성, 융통성과 정교성을 동시에 측정하는 문항으로 구성됨	김윤규(2005)
영재교육의 효과성 검증 검사 (이미순(2010)의 검사지)	영역 특수적(25문항)으로 구성됨. 7개 하위영역으로 구성된 수학적 사고능력(17문항)과 4개의 하위영역으로 구성된 수학적 창의성(13문항)을 측정하며 영재 선발 및 영재교육과정과 연계됨	배아완(2010)
수학과 창의적 행동 검사 (조은미(2005)의 검사지)	창의성 전문가와 수학영재교사 2명이 타당성과 신뢰성 검증	이명숙(2013)
수학적 창의력 검사 (김일석(2011)의 검사지)	박회경(2003), 권오남 외(2006)의 수학적 창의력 검사지의 문항을 재구성함	이주용(2013)
문제해결력과 수학적 사고력 검사(정판진, 2002)	수학적 사고력의 교수 및 평가에 대한 NCTM의 권고를 수용하여 자작(20문항) 문항을 말론의 5단계 평가 방법에 따라 채점함	정판진(2002)

2. 수학영재프로그램이 창의성의 하위영역에 따른 효과 크기

수학영재프로그램이 영재아들의 창의성 향상에 미치는 전체효과 크기는 .66으로 나타났을 때, 수학영재프로그램이 창의성의 각 하위 요소에 미치는 효과 크기는 Table 9와 같이 나타났습니다.

측정된 창의성의 하위요소 중 유창성, 정교성,

민감성, 융통성, 독창성 순으로 효과 크기가 나타났으나 정교성과 민감성의 경우 효과 크기가 각각 2개와 1개로 사례수가 많지 않아 일반화하기 어렵다. 즉 창의성으로 가장 많이 측정된 유창성, 융통성, 독창성 중 유창성이 효과 크기 0.759로 가장 프로그램의 효과가 컸으며 융통성은 0.602, 독창성은 0.496로 나타났다. 이는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 각각 77.5%, 73%, 69% 정도의 위치에 있는 수치이다.

Table 8. The effect size of creativity in mathematics gifted program

효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
76	0.663	0.562~0.764	0.052

Table 9. The effect size of the sub-areas of creativity

창의성 하위요인	효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
유창성	16	0.759	0.606~0.912	0.078
융통성	16	0.602	0.458~0.746	0.074
독창성	16	0.496	0.348~0.644	0.076
정교성	2	0.748	0.343~1.152	0.206
민감성	1	0.702	0.186~1.218	0.263
수학적 사고능력	7	0.497	0.290~0.705	0.106

수학적 사고능력은 효과크기 0.497로 나타났는데 이는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 대략 69% 정도의 위치에 있는 수치로 독창성과 함께 중간 효과크기를 보이고 있다.

유창성(fluency)은 특정 자극에 대하여 얼마나 많은 반응을 보일 수 있는가를 측정하는 것으로 각 문항에 대한 반응의 총수가 그 문항의 유창성 점수로 측정된다. 이는 반응의 질이 아니라 양이 중요하므로 허용적 분위기와 다양한 사고와 발표가 독려되는 영재교육의 특성상 크게 향상되었으리라 예상된다.

융통성(flexibility)은 주어진 특정 자극에 대하여 얼마나 많은 범주의 반응을 할 수 있는가를 측정하는 것으로 이때 각 범주와 내용은 검사에서 보인 반응을 보고 정한다. 이는 같은 범주에서 약간의 변형된 아이디어가 다량 산출되는 경우 융통성에서는 낮은 점수를 받게 되는 특성상 서로 다른 다양한 범주를 생각해야하는 특성상 다소 어려움이 있을 수 있다고 예상된다.

독창성(originality)은 주어진 특정 자극에 대하여 독특한 반응을 얼마나 많이 할 수 있는가를 측정하는 것으로 이때 문제가 되는 것은 독특한 반응의

기준인데 일반아동들과 영재아가 함께 있을 경우 영재아들의 독창성은 높은 점수를 받을 수 있는 가능성이 높으나 같은 실험집단 또는 통제집단내의 영재아들 사이의 독창성을 측정하기에는 어려움이 있을 것으로 추측된다. Torrance(1962)는 각 자극에 대한 반응들에 대하여 빈도를 반응자의 5% 미만의 것을 독특한 반응으로 간주하였고, 전경원은 3%이하의 반응, Wallach & Kogan은 5% 이하의 반응을 독특한 반응으로 채점하였으며(Foster, 1971) Cohen(1974)은 3~4번 이하의 빈도를 가지는 반응을 독특한 반응으로 채점하였다(Sim, 1997).

3. 수학영재프로그램이 학교급 및 영재교육기관에 따른 창의성에 미치는 효과

1) 수학영재프로그램이 학교급간의 창의성에 미치는 효과크기

수학영재프로그램이 학교급간의 영재아의 창의성에 미치는 효과 크기는 Table 10과 같이 나타났다.

Table 10. The effect size according to school level

학교급	효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
초등학교	53	0.685	0.581~0.789	0.053
중학교	19	0.457	0.275~0.639	0.093
고등학교	4	1.664	1.271~2.057	0.2

Table 11. The effect size of the sub-areas of creativity of elementary gifted

창의성 하위요인	효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
유창성	11	0.700	0.415~0.985	0.145
융통성	11	0.661	0.484~0.838	0.090
독창성	11	0.541	0.203~0.880	0.173
정교성	2	0.748	0.343~1.152	0.206
민감성	1	0.702	0.186~1.218	0.263
수학적 사고능력	5	0.710	0.436~0.984	0.140

수학영재프로그램이 초등학교 영재들의 창의성에 미치는 효과 크기는 초등영재프로그램이 .685로 중등영재 프로그램의 .457보다 높게 나타났다. 고등학생을 대상으로 한 영재프로그램의 효과크기가 1.664로 가장 높게 나타난 것으로 보이나 고등학생의 프로그램의 경우 단 한 개의 논문에서 4개의 효과크기를 측정된 것으로 해석에 주의를 요한다.

2) 수학영재프로그램이 초등영재의 창의성 하위요인에 미치는 효과크기

수학영재프로그램이 초등영재의 창의성 하위요인에 미치는 효과크기를 측정된 결과는 Table 11과 같다.

수학영재프로그램이 초등영재의 창의성 하위요인에 미치는 효과크기는 유창성 .700, 융통성 .661, 독창성 .541로 나타났다. 정교성과 민감성의 경우 효과 크기가 각각 2개와 1개로 사례수가 많지 않아 일반화하기 어렵다.

즉, 창의성의 하위요인 중 유창성, 융통성, 독창성 순으로 효과 크기가 나타났으며 특이한 점은 전체 수학적 사고능력은 효과크기는 0.497로 나타났

었는데 초등영재의 경우 수학적 사고능력이 0.710으로 높게 나타났다는 점이다. 이는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 대략 76% 정도의 위치에 있는 수치이다.

3) 수학영재프로그램이 중학생의 창의성 하위요인에 미치는 효과

수학영재프로그램이 중등영재의 창의성 하위요인에 미치는 효과크기를 측정된 결과는 Table 12와 같다.

중학생 영재를 대상으로 프로그램의 효과성이 검증된 연구는 총 5편 이었다.

5편에서 측정된 수학영재프로그램이 중학생영재의 창의성 하위요인에 미치는 효과크기는 유창성 .982, 융통성 .687, 독창성 .466로 나타났다. 정교성과 민감성의 경우는 측정된 연구가 없었다.

마찬가지로 유창성, 융통성, 독창성 순으로 효과 크기가 나타났으며 특이한 점은 수학적 사고능력은 효과크기는 0.218로 나타났었는데 초등영재의 경우 수학적 사고능력이 0.710으로 높게 나타났다는 점과 대조되는 수치이다. 수렴적 사고인 수학적 사고

Table 12. The effect size of the sub-areas of creativity of Middle school gifted

창의성 하위요인	효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
유창성	5	0.982	0.444~1.520	0.274
융통성	5	0.687	0.139~1.234	0.279
독창성	5	0.466	-0.064~0.996	0.270
수학적 사고능력	2	0.218	-0.290~0.726	0.259

능력의 측정연구가 2개라는 제한점이 있으나 효과크기 .218은 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 대략 58% 정도의 위치에 있는 수치로서 작은 효과크기라고 볼 수 있다.

4) 수학영재프로그램이 영재교육기관별 창의성에 미치는 효과

수학영재프로그램이 영재교육 기관별 창의성에 미치는 효과크기를 측정한 결과는 Table 13과 같다.

수학영재프로그램이 영재교육기관별 학생들의 창의성에 미치는 효과를 살펴보면 단위학교 영재학급에 미치는 효과크기는 0.611, 교육지원청 부설 영재교육원에 미치는 효과크기는 0.576, 상위 20~30%의 수학우수아들에게 끼치는 효과크기는 0.724로 나타났다.

교육지원청부설 영재교육원 보다 단위학교의 영재학급의 영재아들의 프로그램 효과 크기가 높게 나타났으며 특이한 점은 수학 성취수준 상위 20~30% 수준의 학생들의 효과크기가 0.724로 가장 높게 나타나고 있다는 점이다. 이는 영재아들과 상위 20~30%학생들의 사전 사후 점수 차를 면밀히 검토한 후에 해석되어야 할 것이다.

4. 창의적 문제해결력을 중재하는 변인에 따른 효과크기

1) 프로그램 시간에 따른 창의성의 효과크기

Table 14에서 제시한 바와 같이, 총 운영차시별 논문 분포를 살펴보면, 11~20차시(9편, 40.09%)로 구성된 프로그램에 관한 논문이 가장 많았다. 10차시 이하, 21~30차시와 50~60차시(3편, 13.64%)가 모두 3편씩 나타났다. 이 사실로 볼 때 대체로 연구자들은 10~20차시(9편, 40.09%)를 선호한다고 볼 수 있다.

운영 차시별 효과 크기는 아래와 같이 나타났다. 41차시 이상 50차시 이하로 운영한 프로그램이 효과 크기 1.006으로 가장 높게 나타났으나 이는 Shin (2000)의 프로그램으로 한편의 논문에서 나온 16개의 프로그램으로 그 효과가 단순히 운영 차시에 의한 것인지 판단하기에는 어려움이 있다. 그 뒤로 두 편의 논문에서 21~31차시로 운영한 프로그램이 .760로, 31~40차시가 세 편의 논문에서 .639, 0~10차시가 두 편의 논문에서 .633으로 나타났다, 가장 많은 9편의 논문에서 운영된 11~20차시는 .532의 효과 크기가 나타났다. 즉, 20차시

Table 13. The effect size according to education center

교육기관	효과크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
영재학급	11	0.611	0.425~0.797	0.095
교육지원청부설	33	0.576	0.480~0.672	0.049
상위 20~30%	28	0.724	0.497~0.952	0.116

이상인 경우 효과크기가 증가하다가 50차시 초과인 경우 다시 효과크기가 감소하는 경향이 나타났다.

Perkins(1984)는 창의성을 기르기 위해서는 창의적 사고 전략이나 기술, 태도나 동기 등의 정서적인 성향, 상당한 연습 시간의 세 가지 요소가 마련되어야 한다고 결론을 내렸다(Sim, 1997).

영재아들도 마찬가지로 그들에게 적절한 프로그램으로 일정시간 이상의 경험을 통하여 자극을 줄 경우 크게 향상될 수 있다. 그러나 운영차시가 길다고 그 효과가 커지는 것은 아니다. 오히려 프로그램의 목적이 분명하고 잘 구성된 프로그램일 경우 더 큰 효과를 발휘한다고 할 수 있을 것이다.

2) 프로그램 모형에 따른 창의성의 효과크기

수학영재프로그램에 대한 연구 중에서 영재프로그램 개발과 그 효과성을 검증하기 위해 영재아들을 대상으로 실험연구를 한 경우 각 연구들에 제시된 프로그램들의 모형별 분류는 다음과 같다.

먼저 렌졸리의 3부 심화학습모형에 따른 프로그램이 7편으로 가장 많은 비중을 차지하였다. 렌졸리의 심화학습모형의 가장 큰 특징은 마지막 3단계 심화에서 학습자 스스로 산출물을 산출할 수 있도록 독려하는데 있다. 그 다음 프로그램 모형으로는 학습자 스스로 탐구하여 문제를 해결하는 형태로 이는 탐구학습으로 분류하였다. 이는 렌졸리의 모형과는 달리 창의적 산출물을 산출하는 과정은 제

Table 14. The effect size according to numbers of application

운영차시	논문 수(편)	효과 크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
0~10차시	1(1)	4	.633	0.375~0.896	.134
11~20차시	8(1)	34	.532	0.373~0.691	.081
21~30차시	2	5	.760	0.487~1.033	.139
31~40차시	2(1)	7	.639	0.457~0.821	.093
41~50차시	1	16	1.006	0.739~1.273	.136
51~60차시	2	9	.498	0.281~0.715	.111
미확인	1	1	.515	-0.103~1.133	.315
계	17(1)	76			

Table 15. The effect size according to application model

프로그램 모형	논문 수(편)	효과 크기 수	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차
렌졸리 심화학습	6	26	.605	0.419~0.791	.095
탐구학습	4	24	.833	0.634~1.032	.102
STEAM	2	10	.423	0.252~0.594	.087
문제해결	2	2	.846	0.457~1.235	.198
자기주도학습	1	4	.633	0.370~0.896	.134
PBL	1	5	.468	0.165~0.770	.154
게임학습	1	4	.734	0.419~1.048	.160
미확인	1	1	.515	-0.103~1.133	.315
계	18				

시되지 않았고 적당한 퍼즐과 게임형태가 가감되는 경우가 많았다. 이는 4편을 차지하였다. 이외에 STEAM모형과 문제 구성하기를 포함한 문제해결 모형이 동일하게 3편씩 존재하였으며 원격학습을 포함한 자기주도형 모형 그리고 PBL과 게임모형이 각각 1편씩 존재하였다.

각 프로그램 유형별로 효과 크기를 계산하였으며, 효과 크기를 계산하는 과정에서 출판편향 검증에서 제외된 STEAM모형과 렌졸리의 3부 심화학습 모형이 각각 1편씩 제외 하였다. 각 프로그램 유형별 효과 크기는 아래와 같다(Table 15).

프로그램 모형에 따른 효과크기는 문제해결학습이 .846, 탐구학습모형이 .833으로 높게 나타났으며, 다음으로 게임학습 .734, 자기주도학습 .633, 렌졸리 심화학습 .605, PBL이 .468, STEAM이 .423순으로 나타났다. 그러나 렌졸리 심화학습 모형과 탐구학습모형을 제외한 나머지 모형의 경우 한 두편의 논문의 사례에 의한 것으로 일반화하기 어려운 점이 있다.

또한 효과크기 측정에서 제외하였던 STEAM 모형과 렌졸리 심화학습 모형을 포함하여 효과크기를 측정한 효과크기는 탐구학습모형이 .833, 렌졸리 심화학습 모형이 .825, STEAM모형이 .749의 효과 크기를 나타내고 있다.

프로그램의 효과가 단순히 차이나 프로그램 모형만으로 나타나는 것이 아니라 수업모형과 교수-학습 방법, 교사-학생간 상호작용의 질, 심리적 환경 등 다양한 변인이 존재하는 만큼 앞으로 폭넓고 다양한 프로그램 개발과 적용 및 효과성 검증을 위한 실험연구를 통해 심도 깊은 분석이 요구된다.

심옥화(1997)는 창의성 교육 프로그램 개발과 효과에 관한 연구에서 창의성 교육 프로그램의 체계적인 연구와 적절한 구성이 중요하며, 충분한 교육 기간 동안 아동이 수준과 욕구에 적합한 창의적 경험을 하게 되면 창의적인 능력은 창의성 교육 프로그램에 의해 크게 증진됨을 밝힌바 있다. 이는 창의성 신장을 목표로 하는 영재프로그램에서도 그대로 적용된다고 말할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 논의

본 연구는 메타분석이라는 종합적 분석방법을 통해 수학영재프로그램이 영재아들의 창의성 향상에 미치는 효과 크기를 측정하고 창의성 향상에 미치는 프로그램 변수의 영향력을 살펴보고자 하였다.

이를 위해 2000년 이래 국내에서 발표된 수학프로그램과 창의성 관련 석·박사학위 논문 및 학술지 게재논문을 대상으로 분석하였다. 최종적으로 학술논문 5편과 학위논문 13편에서 76개의 효과크기를 메타분석에 활용하였다. 이상의 연구결과를 토대로 내린 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 수학영재프로그램이 수학영재아의 창의성 향상에 미치는 전체 효과 크기는 .66으로 나타났으며, 이는 수학영재프로그램이 영재아들의 창의성 향상에 미치는 효과는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 75% 정도의 위치에 있는 것으로 파악된다. 수학영재프로그램이 수학영재아의 창의성 향상에 미치는 효과가 다소 크다고 해석될 수 있다.

둘째, 수학영재프로그램이 창의성의 하위 요소에 미치는 효과크기는 유창성이 .76, 융통성이 .60, 독창성이 .50, 수렴적 사고능력(수학적 사고능력)이 .50으로 나타났다. 이는 창의성 향상이 유창성에 편중된 경향을 나타내므로 앞으로 융통성과 독창성 등의 창의적 요소를 개발할 수 있는 방안에 대한 논의가 필요하다는 증거 될 수 있다.

셋째, 수학영재프로그램이 미치는 초등영재의 효과크기는 .685로 중등영재의 효과크기 .457보다 높게 나타났으며 특히, 초등영재의 경우 수렴적 사고능력인 수학적 사고능력의 효과크기가 .71로 중등영재의 .218 보다 월등히 높게 나타났다. 초등학생의 경우 수학 영재프로그램이 수학적 사고능력 향상에 크게 기여한다는 판단이 될 수 있다.

또한 영재교육기관별 영재아들의 창의성에 미치는 효과 크기는 영재학급이 .611로 교육지원청부설 영재교육원이 .576보다 높게 나왔으며, 수학 성취도 상위 20~30% 학생들의 경우 .724로 가장 높게 나타났다. 이는 수학영재프로그램이 영재학습 단위

로 운영되는 것이 창의성향상에 보다 많이 기여할 수 있다는 증거이며 따라서 향후 영재교육에 있어서 영재학습 단위의 운영에 보다 관심을 기울일 필요가 있다.

Kim (2007)의 수요자 집단 및 성과지표별 영재 교육 만족도 분석에서 초등학생이 교수학습 환경, 교육내용, 교수학습 방법, 평가 및 교육효과에서 중학생 및 고등학생 보다 만족도가 높게 나타난 결과에 비추어 프로그램의 효과면에서도 중등학교 영재학생들의 특성을 고려한 초등영재와는 차별화된 프로그램의 개발이 요구되어 진다.

넷째, 창의적 문제해결력의 관계를 중재하는 수학영재프로그램의 운영차시와 프로그램 모형을 변인으로 효과크기를 계산하였을 때, 각 프로그램별 차이는 있으나 운영차시가 20시간 이상 길어질수록 효과크기가 크게 나타나다가 50시간이 초과하는 경우 다시 감소하는 경향이 나타났다.

프로그램 모형 변인으로 효과 크기를 계산하면 문제해결학습과 탐구학습모형이 높게 나타났으며, 다음으로 게임학습, 자기주도학습, 렌졸리 심화학습, PBL, STEAM순으로 나타났다. 그러나 렌졸리 심화학습 모형과 탐구학습모형을 제외한 나머지 모형의 경우 한 두편의 논문의 사례에 의한 것으로 일반화하기 어려운 점이 있다.

종합해보면 첫째, 수학영재프로그램이 수학영재아의 창의성 향상에 미치는 효과가 다소 크다고 해석될 수 있다. 이는 창의성 향상이 유창성에 편중된 경향을 나타내므로 앞으로 융통성과 독창성 등의 창의적 요소를 개발할 수 있는 방법에 대해 고민하여야 할 것이다.

둘째, 초등영재의 효과크기가 중등영재의 효과크기 보다 높게 나타났으며 특히, 초등영재의 경우 수렴적 사고능력인 수학적 사고능력의 효과크기가 중등영재 보다 높게 나타났다. 초등영재가 교수학습 환경, 교육내용, 교수학습 방법, 평가 및 교육효과에서 중등영재 보다 만족도가 높게 나타난 결과에 비추어 창의성 향상의 측면에서도 중등학교 영재학생들의 특성을 고려한 초등영재와는 차별화된 프로그램의 개발이 요구되어 진다.

셋째, 수학영재프로그램의 효과성은 전체 효과크

기의 측정에서 검증된 듯 하나 프로그램의 모형이나 유형이 정립되지 못한 상황이다. 이에 비추어 볼 때 단순히 프로그램의 운영시간을 길게 하거나 프로그램의 소재에 끼워 맞추는 식의 모형이 아닌 명확한 교육 목표와 프로그램의 주제와 소재, 특성이 조화를 이룬 완성도 높은 프로그램의 개발과 검증이 요구되어 진다.

넷째, 수학적 창의성 신장을 위한 다양한 측정도구의 개발이 요구되어 진다. 본 연구의 대상이 된 18편의 논문 중 13편이 한국교육개발원의 창의적 문제해결력 검사지를 활용하였다. 이는 영재성 판별에 쓰이는 검증된 표준화된 도구이지만 수학적 창의성을 측정하기 위한 과정중심 및 산출물 중심의 다양한 평가 측정 도구가 마련되어 창의성의 다양한 측면을 측정하고자 하는 검사 도구와 방법이 개발되어야 할 것이다.

그동안 많은 연구에서는 창의성이 적절한 교육 프로그램을 통해 개발될 수 있다고 주장하고 있다 (예, Isenberg, & Jalongo, 1997; Park, 1999; Heo *et al.*, 1990; Kim & Yoon, 2005). 비단 영재교육뿐만 아니라 창의성은 미래인재 육성의 교육적 차원에서 고려되어야 할 중요한 항목이다. 이에 틀어주어진 교육과정에서 자유로운 영재교육에서 혁신적이고 도전적인 다양한 교수법과 프로그램들이 시도되고 개발되어진다면 이는 수학영재교육 뿐 아니라 수학교육 방법에도 기여하리라 기대된다.

참 고 문 헌

- Balka, D. S. (1974). *The Development of an Instrument to Measure Creativity Ability in Mathematics* (Unpublished doctoral dissertation). University of New Hampshire, Durham, NH.
- Bernard, R. M., Abrami, P. C., Borokhovski, E., Wade, A., Tamim, R., & Surkes, M. A. (2009). A meta-

- analysis of three interaction treatments in distance education. *Review of Educational Research*, 79(3), 1243-1289.
- Ervynck, G. (1991). Mathematical creativity. In D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 42-52). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gagne, F. (1993). Constructs and Models Pertaining to Exceptional Human Abilities. In K. A. Heller, & F. J. Monks (Eds.), *International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talent*. Oxford, England: Pergamon Press Ltd.
- Hah, J. (2000). The development of creative personality scale. *Korean Journal of Educational Psychology*, 14(2), 187-210.
- Haylock, D. W. (1987) A framework for assessing mathematical creativity in school children. *Educational Studies in Mathematics*, 18, 59-74.
- Hedges, L., & Olkin, I. (1985). *Statistical Methods for Meta-analysis*. San Diego, CA: Academic Press.
- Heid, M. K. (1983). Characteristics and Special Needs of the Gifted Students in Mathematics. *Mathematics Teacher*, 76(3), 221-226.
- Heo, K. C., et al. (1990). *Development of a program for developing thinking power*. Seoul, Korea: Korea Educational Development Institute.
- Hong, J.-K., & Kang, E.-J. (2009). An analysis on thinking processes of mathematical gifted students using think-aloud method. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 19(4), 565-584.
- Hwang, S.-D. (2014). *Understanding meta-analysis*. Seoul: Hakjisa.
- Isaksen, S. G., Puccio, G. J., & Treffinger, D. J. (1993). An ecological approach to creativity research: Profiling for creative problem solving. *Journal of Creative Behavior*, 23, 149-170.
- Isenberg, J. P., & Jalongo, M. R. (1997). *Creative Expression and Play in Early Childhood* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Kang, W. I. (2008). *Creativity and academic achievement of mathematically gifted students and their performance in gifted programs* (Unpublished master's thesis). Konkuk University, Seoul, Korea.
- Kim, B. Y., & Lee, J. S. (2006). Development and its applications of the CAS-K in mathematics. *The Mathematical Education*, 45(1), 25-34.
- Kim, H. W., Kim, M., & Song, S. (1996). *Development of test for mathematical creative problem solving ability(I)* (CR 96-26). Seoul, Korea: Korea Educational Development Institute.
- Kim, H. W., Kim, M., Bang, S., & Hwang, D. (1997). *Development of test for mathematical creative problem solving ability(II)* (CR 97-50). Seoul, Korea: Korea Educational Development Institute.
- Kim, M., & Yoon, C.-H. (2005). Effects of an instructional model on students' creative problem solving by ability level. *The Korea Journal of Education Methodology Studies*, 17(2), 197-221.
- Kim, M. S. (2007). An analysis of the gifted students' and their parents' satisfaction on gifted education. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, 8(2), 165-188.
- Kim, M. S. (2013). *The effects of STEAM instruction of math gifted students on*

- math creative problem solving ability and creativity attitude* (Unpublished master's thesis). Daegu National University of Education, Daegu, Korea.
- Koh, H. (2007). *Research into the problem-solving process of 2nd graders in middle school on activism-based tasks* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The Psychology of Mathematical Abilities in School Children*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Lee, J. (2000). *A study on development of learning materials for divergent thinking progress of the elementary mathematical gifted students* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.
- Lee, J. (2013). *The effect of presence in online learning: A meta analysis* (Unpublished master's thesis). Hanyang University, Seoul, Korea.
- Lim, M. T. (2005). *A study on the guide plan for creative problem-solving ability of gifted-education in mathematics through On-Off Line in the cyber learning space* (Unpublished master's thesis). Gongju National University, Kongju, Korea.
- Mayer, R. (1999). *Fifty Years of Creativity Research*. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 449-460). Cambridge England: Cambridge University Press.
- Miller, R. C. (1990). *Discovering Mathematical Talent* (ERIC Digest No. E321287). Teston, VA: The Council for Exceptional Children ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.
- Oh, S. S. (2002). *The theory and practice for Meta-Analysis*. Seoul: Konkuk University Press.
- Park, M. (2008). *The development of a scale for measuring attitudes towards mathematical creativity* (Unpublished master's thesis). Busan, National University of Education, Busan, Korea.
- Park, M. J. (2000). *A development of learning materials of the gifted students for extending mathematical creativity in problem-solving* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.
- Park, M. J., & Kim, P. S. (2011). Comparing two scales measuring attitudes towards mathematical creativity for elementary students. *Journal of Science Education for the Gifted*, 3(3), 29-48.
- Park, S. H. (1999). The Development of Program for Improving the Creativity for Gifted Children. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 13(3), 229-259.
- Poyla, G. (1957). *How to solve it* (2nd ed.). New York, NY: Double day.
- Renzulli, J. S. (1994). *Schools for Talent Development: A Practical Plan for Total School Improvement*. Storrs Mansfield, CT: Creative Learning Press, Inc.
- Seo, Y. W. et al. (2012). *A study for establishment of the 3rd Master Plan for the Promotion of Gifted and Talented Education*. Seoul: Korea Foundation for the advancement Science & Creativity.
- Shin, H. Y. (2000). *A Study on*

국문 요약

- Improvement of Mathematical Gifted Education for the Improvement of Creativity. *Communications of mathematical education*, 10, 325-342.
- Shin, H. Y., & Han, I. G. (1999). Seeking the improvement direction for creativity of mathematics gifted. *Chungnam Mathematics Education*, 8, 15-44.
- Sim, O. W. (1997). The Effects of the Programs of Thinking Power on Increasing Children's Creativity. *The Journal of creativity education*, 1(1), 115-148.
- Smith, M., & Glass, G. (1977). Meta-analysis of psychotherapy outcome studies. *American Psychologist*, 32, 752-760.
- Song, S. H. (1998). *Study on the measurement and discrimination of the mathematical giftedness* (Unpublished doctoral dissertation). Seoul National University, Seoul, Korea.
- Woo, S.-O. (2007). *The intervention effects of 'creative thinking, growing creativity' program on creative thinking and creative attitude of elementary school student* (Unpublished master's thesis). Daegu National University of Education, Daegu, Korea.
- Woodman, R. W. (1981). Creativity as a construct in personality theory. *Journal of Creative Behavior*, 15(1), 43-66.

본 연구는 수학영재프로그램이 창의성 신장에 미치는 효과를 연구한 논문에 대한 메타분석연구이다. 이 연구의 목적은 수학영재교육이 영재아의 창의성 신장에 미치는 효과성을 밝히는데 있다. 연구 결과, 수학영재프로그램이 수학영재아의 창의성 향상에 미치는 전체 효과 크기는 .66으로 나타났으며, 이는 실험집단의 평균점(중간점)이 통제집단 내에서 75% 정도에 위치하는 효과이다. 둘째, 수학영재프로그램이 창의성의 하위 요소에 미치는 효과크기는 유창성이 .76, 융통성이 .60, 독창성이 .50, 수학적 사고능력이 .50으로 나타났다. 셋째, 수학영재프로그램이 미치는 초등영재의 효과크기는 .685로 중등영재의 효과크기 .457보다 높게 나타났다. 또한 창의적 문제해결력의 관계를 중재하는 수학영재프로그램의 프로그램 모형 변인으로 효과 크기를 계산하면 문제해결학습과 탐구학습모형이 높게 나타났다.

주제어: 메타분석, 효과크기, 창의성, 수학영재 프로그램

[부록]

분석 대상 논문 정보 요약

분석 대상	효과 크기	출판 유형	표본 크기(명)		영재 교육기관	학교 급	프로그램특징	내용 영역	결과유형 및 검사도구	운영 차시
			실험군	대조군						
김덕진 (2009)	.537	학위 논문	28	29	교육지원청 (교육지원청)	중 1.2	원격수업 자기주도학습	해석	수학적 창의성 한국교육개발원 1부 수학적 창의성	10
김미숙 (2005)	0	출판 논문	20	20	영재교육 시범교 상위 20명 (상위 20명)	중 1.2	KEDI 심화모형 (Parnes, Treffinger, Renzulli 통합)	-	한국교육개발원(2003) 1부 수학적 사고능력 한국교육개발원(2003) 2부	15
김우진 (2012)	.097	학위 논문	6	.	교육지원청	초등 5	STEAM	기하	수학적 창의성 한국교육개발원 1부 재구성	18
김윤규 (2005)	.734	학위 논문	20	20	교육지원청 (영재학급, 동질)	초등 5,6	게임학습	기하 확률	수학적 창의성 교육청 제작 및 전문가 검토	30
김태미 (2014)	1.53	학위 논문	13	.	대학부설	중 1.2	STEAM	융합	창의성 과정 평가 창의성 분석틀	8
박명전 (2000)	.626	학위 논문	20	20	영재학급 (영재학급)	초등 5	탐구학습	기하 대수	수학적 창의성 한국교육개발원 1부 수학적 사고능력 및	59
배아완 (2010)	.463 .687	학위 논문	15 15	.	영재학급 상위 20%	초등 -	렌졸리 심화학습	수 이산 수학	수학적 창의성 영재교육의 효과성-이미순	18
서정희 (2013)	.654	학위 논문	20	.	교육지원청	초등 5,6	수학 문제 만들기	대수 기하 규칙 찾기	수학적 창의성 한국교육개발원 1부 재구성-김원석	12
신영애 (2012)	.542	학위 논문	18	20	영재학급 (상위30% 동질)	초등 5	탐구학습	대수 기하 확통	수학적 창의성 한국교육개발원 1부 수학적 사고능력 한국교육개발원 2부	48
신현용 (2000)	.972 .909 1.6	출판 논문	14 10 17	14 10 17	상위 30/97명 무선할당	초등 6 중 고	탐구학습	대수 기하	수학적 창의성 한국교육개발원 1부	48 50 50

분석 대상	효과 크기	출판 유형	표본 크기(명)		영재 교육기관	학교 급	프로그램특징	내용 영역	결과유형 및 검사도구	운영 차시
			실험군	대조군						
윤원희 (2006)	.448	학위 논문	17	16	교육지원청 (교육지원청)	초등 5	문제중심학습 PBL	대수 기하 확통 수학적 창의성 한국교육개발원 1부 수학적 사고능력 한국교육개발원 2부	59	
이명숙 (2013)	.485	출판 논문	18	.	교육지원청	초등 6	STEAM	융합 수학 창의적 행동 검사, 조은미 수학적 사고능력 한국교육개발원 재구성	20	
이윤경 (2008)	.846	학위 논문	16	.	영재학급	초등 5	Polya의 문제해결학습	통합 수학적 창의성 한국교육개발원 수학적 사고능력 한국교육개발원	36	
이정희 (2009)	.506	학위 논문	13	13	수학우수아30% 동질	초등 4	주제탐구 문제해결	대수 기하 문제 해결 수학적 사고능력 한국교육개발원 보완	12	
이주용 (2013)	1.20 5	출판 논문	36	.	교육지원청 영재학급	초등 6	렌줄리 심화학습	기하 수학적 창의력 박회경, 권오남외, 김원석 재구성 수학적 창의성	12	
임채운 (2004)	.726	학위 논문	10	.	영재학급	초등 5	렌줄리 심화학습	기하 한국교육개발원 수학적 사고능력 한국교육개발원	16	
정민수 (2013)	2.86 4	출판 논문	20	.	영재학급	초등 4.5	렌줄리 심화학습	기하 대수 일반 창의성 TTCT(도형) A형, B형 문제해결력, 수학적 사고력 NCTM 권고 수용(자작)	30 미 확 인	
정판진 (2002)	.515	출판 논문	20	20	수학영재반 탐구과학반	중 1.2	-	-	수학적 창의성 한국교육개발원 수학적 사고능력 한국교육개발원	40
조현복 (2004)	.611	학위 논문	20	.	교육지원청	중 (1.2)	렌줄리 심화학습	대수 기하 확률 수학적 창의성 한국교육개발원 수학적 사고능력 한국교육개발원	40	
차수진 (2008)	.841	학위 논문	16	.	교육지원청	초등 -	렌줄리 심화학습	문제 해결 일반 창의성 TTCT(도형)	24	