

융합인재교육의 정책적 목표를 중심으로 한 STEAM 교육의 효과성에 관한 메타분석

강지연¹, 진석연^{2*}

¹충북대학교 교육혁신연구원 연구원, ²건국대학교 교육학과 교수

A Meta-Analysis on the Effects of STEAM Education as an Education Policy of Korean Governments

Jiyeon Kang¹, Sukun Jin^{2*}

¹Researcher, Office of Institutional Research & Assessment, Chungbuk National University

²Professor, Department of Education, Konkuk University

요약 본 연구는 2011년 이후 우리나라의 중요 교육정책으로 추진되고 있는 융합인재교육(이후, STEAM 교육)의 효과성을 STEAM 교육의 정책적 목표를 중심으로 확인해보고자 하였다. 이를 위해 국내 연구물들 중 STEAM 교육의 효과성을 보고하고 있는 연구물들을 대상으로 메타분석을 수행하였다. 관련 연구물들에 대한 검토를 통해 총 177편의 연구물들을 최종 분석대상으로 선정하였고, 이들 연구물들로부터 추출한 통계치를 활용하여 효과크기를 산출하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다. 첫째, STEAM 교육의 전반적인 효과크기는 중간 이상인 .69로 나타났다. 둘째, STEAM 교육의 효과성 요인별로 확인한 효과크기는 .58~.74 정도로 나타났으며, STEAM 흥미, STEAM 역량, STEAM 학업성취, STEAM 진로 등의 요인 모두에서 중간 이상의 효과크기가 산출되었다. 셋째, 중학생을 대상으로 실시한 STEAM 교육의 효과에 대한 연구에서 보고한 효과크기가 가장 높게 나타남으로써 중학생 대상 STEAM 교육의 활성화가 더욱 절실하다는 주장의 근거가 될 수 있다.

주제어 : 융합교육, 융합인재교육, STEM, STEAM, STEAM 교육

Abstract Since 2011, when the Korean government initiated STEAM education in schools, many STEAM programs have been developed and many researches on STEAM education have been published in Korea. This meta-analysis examined the effectiveness of STEAM education by calculating effect sizes using statistics from 177 studies that reported their efforts in examining the effectiveness of STEAM programs. The findings of this study are the followings: 1)the total mean effect size of STEAM education is above medium level(effect size=.69). 2)Mean effect sizes of all four effect factors are above medium level, .58-.74. Mean effect sizes are .65 for STEAM interests, .74 for STEAM capacity, .63 for STEAM academic achievement, and .58 for STEAM careers. 3)The mean effect size of STEAM education in middle schools is significantly higher than in other school levels. This result suggests that STEAM education is more effective in middle schools.

Key Words : Interdisciplinary Education, Cross-curricular Education, STEM, STEAM, STEAM Education

*This paper is based on Jiyeon Kang's doctoral dissertation at Konkuk University in 2016.

*Corresponding Author : Sukun Jin(jins@konkuk.ac.kr)

Received October 23, 2019

Accepted December 20, 2019

Revised December 3, 2019

Published December 28, 2019

1. 서론

본 연구는 2011년도 이후 국가정책 차원에서 적극적으로 추진되고 있는 STEAM 교육의 효과성을 확인하기 위한 학문적 노력의 일환으로 수행되었다. 미국의 STEM 교육에서 출발한 STEAM 교육은 우리나라에서 ‘융합인재교육’으로 명명되어 8년여 동안 교육현장에 확산되었으며, 교육전문가들에 의해 연구·개발되어 학교 현장에 보급, 적용되고 있다. 이러한 STEAM 교육 프로그램들이 교육정책을 중심으로 그 목적을 얼마나 달성해 왔는지 확인하는 것이 본 연구의 목적이다. 이를 위해 본 연구는 여러 연구자들에 의해 수행된 STEAM 교육 프로그램 관련 연구들에 대한 문헌분석을 실시하고, 각각의 연구들이 보고하고 있는 정보를 활용하여 개별 연구의 효과크기를 계산하고 종합하였다. 최근 STEAM 교육의 효과성을 확인하고자 메타분석 연구가 다수 수행되고 있으나, STEAM 교육의 효과를 정책적 목표를 중심으로 범주화하여, 종합적으로 살펴보고자 하는 데에 본 연구의 의의가 있다. 본 연구에서 이와 같은 목적을 위해 설정한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, STEAM 교육의 정책목표에 근거한 STEAM 교육의 전체 효과크기는 어떠한가?

둘째, STEAM 교육의 효과성 변인(흥미, 역량, 학업성취, 진로)별 효과크기는 어떠한가?

셋째, 연구특성 변인(연구대상의 학교급, 출판유형, 연구설계 등)에 따른 STEAM 교육의 효과크기는 어떠한가?

2. STEAM 교육과 교육 효과성

2.1 우리나라의 STEAM 교육

우리나라에서의 STEAM 교육은 미국을 중심으로 해외에서 활발하게 진행된 STEM 교육 운동에서 출발하였다. STEAM 교육은 미국에서 Fig. 1과 같은 Yakman이 그 이론을 제시한 이후에도 기존의 STEM 교육이 현장에 적용된 특정 사례 정도로 인식되었기 때문에 STEAM 교육과 연관된 추가적인 이론적 논의는 거의 없었다[1,2]. 그러나 우리나라의 경우 STEM 교육이 교육 전문가들에게 소개되는 과정에서 STEAM 교육과 함께 알려졌고, 오히려 STEAM 교육이 정부의 주 교육정책으로 채택되어 추진되었다. 이와 같은 우리나라의 고유한 배경으로 인해 국내에서는 교육 연구자들에 의해 STEAM 교육과 관련

한 이론적 논의가 비교적 활발하게 진행되었다.

우리나라에서는 김진수가 STEM 교육을 소개하면서 미국에서 STEM 교육이 추진된 배경과 국내 도입의 필요성을 주장하였고, 국내 상황에 맞춘 STEM 교육모형을 설계하여 제시하였다[3,4]. 이후 교육과학기술부에서 과학기술 경쟁력 향상을 위한 교육정책 분야의 방안으로 STEAM 교육을 추진하게 되었다. 교육과학기술부는 학교 교육에 적용할 STEAM 교육을 새로이 ‘융합인재교육’이라 명명하고, “학생들의 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고, 과학기술 기반의 융합적 사고와 문제해결력을 배양하는 교육”이라 정의하였다[5]. 융합인재교육을 통해 과학적 소양을 제고하고, 학생들의 과학기술 분야로의 진출을 유도함으로써 과학기술 분야의 국제경쟁력을 강화를 도모하고자 하였다. 구체적인 교육방법으로 “수학, 과학 등의 기초 학문에 뿌리를 두고, 기술, 공학의 연계성과 함께 예술적 소양 함양을 목표로 한다”고 명시함으로써 향후 과학기술 분야에서 활약하게 될 인재 양성을 위한 STEM 교육을 기반으로 하는 동시에, 예술 및 인문학적 소양을 겸비한 융합형 인재를 키워내고자 함을 알 수 있다[6].

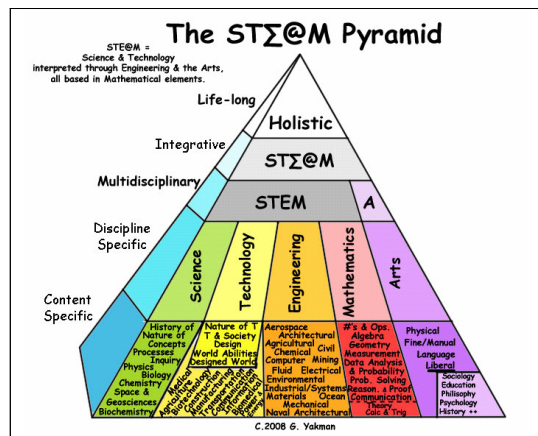


Fig. 1. The STEAM Pyramid[1]

교육정책으로 추진되고 있는 STEAM 프로그램의 개발과 보급은 한국과학창의재단의 공모사업을 통해 진행되고 있다. 또한 STEAM 프로그램의 현장 적용을 촉진시키기 위해 STEAM 연구 학교와 STEAM 교사연구회 등을 지원하고 있다. 이러한 노력을 통해 개발된 STEAM 프로그램 수가 증가함에 따라 2015 개정 교육과정의 단원에 연계된 STEAM 프로그램들을 정리한 콘텐츠 맵을 개발하는 등 개발된 STEAM 프로그램들에 대한 학교 현장

에서의 접근성과 활용성을 높이기 위한 다양한 노력도 기울이고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 학교현장에서는 교육활동에 적용할 수 있는 STEAM 프로그램이 여전히 부족하다고 느끼는 것으로 보고되고 있으며, 사실상 대부분의 교사들은 STEAM 교육에 대해 무관심 단계에 머물러 있는 것으로 보고되고 있다[7,8]. 또한 초·중등학교에서 융합인재교육에 대한 관심이 높게 나타나고 있음에도 불구하고, 교사들이 실행하는데 어려움을 겪고 있는 경우가 많아 STEAM 실행 교사들을 대상으로 한 현장실행에 적합화된 프로그램의 개발 연구가 다양하게 수행될 필요가 있다[9].

2.2 STEAM 교육의 효과성 측정

본 연구는 앞에서 살펴 본 우리나라 STEAM 교육의 정책적 목적과 목표를 중심으로 하고, STEM 교육 또는 STEAM 교육의 효과성을 다룬 선행연구들을 참고하여 STEAM 교육의 효과성 평가를 위한 요인을 4가지로 설정하였다. STEAM 교육의 정책적 목적인 '창의적 과학기술인재의 양성'은 STEAM 교육을 받은 학생들이 과학기술 분야에 진학하거나 진로를 추구하도록 함으로써 달성되며, 이러한 목적과 관련된 변인으로 STEAM 교육의 효과를 확인하고자 할 때의 해당 변인은 'STEAM 진로'로 구분한다[10-12].

한편, STEAM 교육의 정책 목표는 '과학기술에 대한 흥미와 이해'를 높이고 '융합적 사고와 문제해결 능력'을 배양하는 것으로 볼 수 있다. '과학기술에 대한 흥미와 이해'는 STEAM 교육을 받은 학생들의 과학기술 분야와 해당 분야에 관한 학습에 관심과 흥미가 제고되었다는 증거를 확인함으로써 해당 목표가 달성되었음을 보일 수 있으며, 이에 해당하는 변인들은 'STEAM 흥미'로 구분한다. 두 번째 목표라고 할 수 있는 '융합적 사고와 문제해결 능력'은 과학기술 분야에서 성공적인 직업인에게 요구하고 있는 핵심역량을 갖추도록 교육함을 의미하므로 해당 목표의 달성과 관련된 변인들의 경우 'STEAM 역량'으로 구분하였다[10-12].

STEAM 교육으로 운영되는 관련 교육 프로그램들도 관련 교과 지식 및 기술 습득 등을 주요한 교수 목표로 삼을 수 있다. 관련 교과 지식 및 기술 등의 경우도 넓은 의미에서는 'STEAM 역량'으로 구분할 수 있으나 해당 교수 목표의 특성이나 평가 방식 등이 STEAM 역량과는 차별성을 갖는 것으로 판단되어 'STEAM 학업성취'라는 요인을 별도로 설정하였다[10-12].

3. 연구방법

메타분석은 체계적 문헌분석 방법의 하나로 많은 연구 결과들을 종합하여 연구자가 관심과 관련된 연구들의 경향성을 파악하기 위해 활용된다. 메타분석에서는 같은 연구 주제로 수행된 연구들이더라도 각각 상이한 연구방법을 통해 제시된 연구결과들을 종합하기 위해 각각의 연구결과들을 표준화하는 과정을 거친다. 다양한 방법을 통한 연구결과들을 표준화하기 위해 사용되는 척도를 '효과 크기(effect size)라고 하는데, 사용되고 있는 효과 크기의 예시로는 표준화된 평균 차이(Cohen's d, Hedge's g)가 있으며, 그 외에도 두 집단의 비율의 차이(Odds ratio, Risk difference)나 변수 간의 상관(Fisher's Z) 등이 있다[13,14].

대체적으로 메타분석 연구는 우선 개별 연구의 자료를 활용한 효과 크기를 계산한 후, 다양한 연구들 간의 효과 크기의 일관성을 검토하고 평균 효과 크기를 산출함으로써 최종적인 결론에 도달하게 된다. 그러나 메타분석이 개별 연구결과를 활용한 수량적 분석만을 수행하는 것은 아니다. 메타분석이 개별 연구결과들의 수량적 통합을 목적으로 하지만, 통계적인 분석을 수행하기 위해서는 그 이전에 여러 단계를 거쳐야 한다[15,16].

3.1 연구자료의 수집 및 선정

3.1.1 분석대상 논문의 검색 및 수집

2011년 이후 국내에서 발표된 학술지 게재논문, 석박사 학위논문, 정기간행물, 연구보고서, 중에서 융합인재교육과 관련한 연구물들을 빠짐 없이 수집하는 것을 분석 대상의 수집과 관련한 1차적인 목표로 삼았다. 자료검색을 위한 구체적인 방법은 우선 한국교육학술정보원, 국립중앙도서관, 국회도서관, 구글 스칼라 등에서 제공하는 검색 서비스에서 '융합인재', '융합인재교육', '융합교육', 'STEAM 교육', 'STEAM 프로그램' 등의 검색어를 사용하여 기본 서지정보 및 획득 방법을 확인하는 것이었다.

1차적인 자료 수집을 마친 후 제외기준에 해당되는 논문들을 제외하였다. 먼저 질적 연구, 문헌연구, 단순조사 연구 등 메타분석에 필요한 통계적 정보를 얻을 수 없는 논문들을 제외하였으며, 중복 게재된 논문들 또한 제외대상이 되었다. 통계적 수치를 제공하고 있는 연구이더라도 STEAM 교육의 효과성과 관련된 변인의 측정을 수행하지 않은 경우에도 목록에서 제외하였다.

3.1.2 분석대상 논문의 선정

본 연구의 메타분석 대상으로 선정되기 위한 기준은 Wood & Mayo-Wilson이 제시한 PICOS 방식을 활용하여 설정하였다[17].

본 메타분석 연구의 대상이 되는 연구논문은 초중등학교 학생들을 대상으로 STEAM 교육을 실시한 후 그 효과성을 측정하는 실험설계 연구이거나 준실험설계 연구이어야 한다. 메타분석 결과의 객관성 및 일반화 가능성을 극대화하고자 한다면 엄격한 실험설계를 통해 수행된 연구에 국한하여 포함하는 것이 바람직하나, 교육연구의 특성상 엄격한 실험설계가 현실적이지 않은 경우가 많아 본 연구에서는 준실험설계에 의한 연구들도 포함하였다. 본 연구의 메타분석을 위해 선정된 대부분의 연구물들은 사실상 준실험설계에 의해 수행된 것들이다.

종속변인의 경우, 본 연구가 정부의 STEAM 교육관련 정책목표를 고려한 효과성 측정 변인으로 설정한 STEAM흥미, STEAM역량, STEAM학업성취도, STEAM진로 등으로 구분되는 종속변인이 없으면 분석대상에서 제외하였다.

3.2 연구자료의 특성 변인 코딩

본 연구가 연구대상으로 선정한 연구자료들로부터 얻어내야 하는 정보는 개별 연구가 보고하고 있는 효과크기다. 그러나, 개별 연구로부터의 효과크기 계산을 위한 통계치의 추출과 함께 개별 연구에 대한 추가적인 분석이 이루어져야 타당성이 확보된 메타분석이 이루어질 수 있다. 이와 같은 목적을 위해 코딩 양식을 활용한 개별 연구에 대한 분석을 실시하였다.

한편, 메타분석 연구의 본격적인 분석 단계인 전체 효과크기의 계산을 하기 위해 개별 연구의 통계치를 추출할 때 당면하게 되는 가장 까다로운 문제는 개별 연구가 하나 이상의 연구결과를 보고하는 경우, 이를 어떤 방법으로 처리할 것인가 하는 점이다. 특정 연구에서 하나 이상의 효과크기가 나온다면 특정 연구 결과가 나머지 연구들의 결과보다 전체 평균 효과크기에 지나치게 큰 영향을 끼치게 된다. 단일 연구에서 복수의 효과크기가 보고되는 경우는 몇 가지가 있는데, 각각의 경우에 대해 본 연구는 다음과 같이 처리하였다. 첫째, 단일 연구에서 STEAM 교육의 효과성 측정을 위해 하나의 종속변인을 다수의 결과로 제시했을 때에는 평균값을 사용하였다. 복수의 효과크기로부터 평균값을 계산하기 위해 Formula 1을 사용하여 결과값을 결합하였다. 둘째, 개별 연구에서 STEAM 교육의 효과성 측정을 위해 다수의 종속변인으로 연구결과를 제시한 경우 개별 효과크기를 그대로 사용하였다.

3.3 연구자료의 분석

3.3.1 효과크기의 계산 및 해석

여러 개의 개별 연구결과로부터 추출한 통계값을 활용하여 효과크기를 구하면 메타분석의 대상이 된 연구물들의 전체 평균 효과크기를 구하게 된다. 단, 평균 효과크기의 계산에 있어서 개별 연구들의 실험설계의 엄격성, 연구에서 활용된 측정도구의 타당성, 자료분석 방법의 적절성 등의 질적 수준이나 개별 연구들의 표집 크기 등을 고려하여 적절한 가중치를 부여해야 한다. 개별 연구들의 효과크기에 가중치를 부여하는 방법으로는 사례수를 적용한 가중 평균 효과크기 산출법과 표준오차를 가중치로

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \left(\sum_j^m Y_j \right)$$

$$V_{\bar{Y}} = \left(\frac{1}{m} \right)^2 \text{var} \left(\sum_{j=1}^m Y_i \right)$$

$$= \left(\frac{1}{m} \right)^2 \left(\sum_{j=1}^m V_i + \sum_{j \neq k} (r_{jk} \sqrt{V_j} \sqrt{V_k}) \right)$$

Y_j : ES
 m : Number of ES
 \bar{Y} : Average ES
 $V_{\bar{Y}}$: Standard Error of Average ES

Formula 1. Combining Multiple Effect Sizes

$$se_{\bar{ES}} = \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{ES^2}{2(n_1 + n_2)}}$$

$$W = \frac{1}{(se_{\bar{ES}})^2}$$

$$\bar{ES} = \frac{\Sigma(W \times ES)}{\Sigma W}$$

$se_{\bar{ES}}$: Standard Error
 W : Weight
 \bar{ES} : Weighted Average ES

Formula 2. Calculating Weighted Average Effect Size

적용하여 가중 평균 효과크기를 산출하는 방법이 많이 사용된다. Hedges & Olkin은 이들 중 표준오차를 가중치로 적용하는 방법이 보다 안정적인 가중 평균 효과크기를 제공해 준다고 주장하며 Formula 2와 같은 가중 평균 효과크기 계산식을 제안하였다[18].

효과크기의 해석에는 크게 세 가지 방법이 활용된다. 첫 번째는 표준화된 효과크기가 .3이하이면 작은 효과크기, 4-.7은 중간정도의 효과크기, .8 이상은 큰 효과크기로 해석하는 방법이다[19]. 두 번째는 비중복 백분위 지수(U3)를 활용하는 방법이다. U3 지수는 효과크기가 정규분포를 따라야 한다는 전제가 있으므로 산출된 효과크기에 상응하는 Z값에 .5를 더한 백분율로 표시한 값이다. 예를 들어 작은 효과크기에 해당하는 .50를 U3 지수로 표현하면 69.15%ile이 되어 통제집단에 비해 19.15%만 큼 향상되었다고 해석한다. 마지막은 효과크기의 신뢰구간을 구하는 방법으로 효과크기의 95% 신뢰구간을 구하여 여신뢰구간에 0이 포함되지 않으면 유의미한 효과크기로 해석한다.

3.3.2 효과크기의 동질성 검증/이질성 분석

메타분석을 위해 분석모형을 선택하는 것은 매우 중요하다. 분석에 포함된 모든 연구들이 같은 모집단 효과크기를 공유하는 것으로 볼 것인지(동질성), 아니면 개별 연구들이 연구대상이나 교육방법, 교육기간 등이 상이하므로 모집단의 효과크기가 서로 다르다고 볼 것인지(이질성)에 따라 분석모형이 달라야 하고, 분석모형의 선택에 따라 개별 연구자료에서 같은 통계치를 추출하더라도 메타분석의 결과도 달라지기 때문이다. 따라서 동질성을 가정할 수 있을 경우에는 고정효과모형(fixed effect model)을 활용한 메타분석을 실시하고, 이질성을 가정해야 하는 경우에는 무선평과모형(random effect model)을 활용하여 메타분석을 실시하게 된다.

동질성 검증 결과 연구들의 효과크기가 이질적임을 확인하게 된다면, 이질성의 원인을 설명하여야 한다. 이질성을 설명해 주는 변수가 있다고 가정할 때, 해당 변수가 범주형 변수이면 메타 ANOVA를 활용하고, 해당 변수가 연속형 변수일 경우에는 메타회귀분석을 활용하여 분석하게 된다. 메타 ANOVA는 관련 변인의 하위집단 구분에 따라 효과크기가 다른지 여부를 검증함으로써 해당 변인의 효과크기의 이질성에 대해 확인할 수 있다.

3.3.3 출판 편향 분석

연구자료를 대상으로 얻은 메타분석의 결과가 실제 수집되지는 않았으나 분석대상으로 포함되었어야 할 연구자료가 포함될 경우 메타분석의 결과가 달라지면 출판 편향이 존재한다고 말한다. 이를 확인하기 위해서는 우선 Funnel Plot을 활용하여 좌우대칭을 확인하여 출판 편향 문제의 여부를 살펴보고, 만약 출판 편향이 확인될 경우에는 Time and Fill 방법을 활용한 출판 편향으로 인한 효과크기 보정 방법이 사용된다. 그러나 본 연구에서는 무선평과모형을 채택하고 있기 때문에 Funnel Plot은 참고하는 정도로 살펴보고, 안정성계수(Nfs: fail-safe Number)를 출판편향 여부의 검증에 활용하였다[20].

4. 연구결과

4.1 연구대상 연구물의 일반 특성

이 연구에서는 Table 1과 같은 총 177편의 연구물을 분석대상으로 하였다. 총 177편의 연구물에서 융합인재교육의 효과성을 측정한 통계치로 확인된 총 327개의 효과크기가 분석에 활용되었다. 출판유형별로 살펴보면 학술지 85편, 학위논문 92편이다. 학술지 게재 논문들 중 등재지 발표 논문이 67편으로 18편의 등재후보지 발표 논문보다 비중이 다소 컸다. 학위논문 중에서는 석사학위 논문의 경우 86편으로 박사학위 논문 6편에 비하여 그 비중이 훨씬 컸다.

Table 1과 같이 분석대상 연구물 및 효과크기를 STEAM 교육의 효과성 요인별로 살펴보면, STEAM 흥미와 STEAM 역량을 측정하여 STEAM 교육의 효과성을 확인하는 연구들이 많았으며, 반면 STEAM진로를 효과성 변인으로 다루고 있는 연구들은 매우 적었다. 특히 진학이나 진로 결정이 매우 중요한 고등학생 대상의 연구들 중 STEAM 진로를 주요한 효과성 변인으로 다룬 연구가 단 1편(3.6%)에 그쳤다는 점은 주목할 만하다.

Table 1. Publications and Effect sizes by effect factor

Effect Factor	Publication (frequency)	Effect Size (number of g)
STEAM Interests	100	118
STEAM Competency	122	164
STEAM Achievement	34	34
STEAM Career	11	11
Total	177	327

4.2 STEAM 교육의 전체 평균 효과크기

STEAM 교육의 효과성을 측정하기 위한 효과변인은 STEAM 교육의 국가정책으로서의 목적과 목표에 우선적으로 근거하여야 한다고 보고, 이에 따른 STEAM 교육의 효과성 측정을 위한 요인인 'STEAM 흥미', 'STEAM 역량', 'STEAM 학업성취', 'STEAM 진로' 등에 해당한다고 판단되는 효과변인의 통계치만을 본 연구의 분석대상 효과크기로 포함하였다.

효과크기의 계산은 각각의 연구들의 효과크기가 동일 모집단에서 나온 것이라고 추정할 수 있는 경우에는 고정효과 모형을 선택하며, 각 효과크기가 이질적인 모집단에서 나온 것으로 추정하게 되는 경우 '무선효과 모형'을 선택하게 되는데, 본 연구는 다른 교육연구의 경우와 마찬가지로 '무선효과 모형'을 선택하였다. 본 연구에서 계산한 STEAM 교육의 전체 평균 효과크기와 동질성 검증 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Total Average Effect Size

Var.	Model	n	ES(g)	U3	95% CI		Q	df	p	I ²
					Low	High				
Total	Random	327	.69	75.5	.645	.728	2940.8	326	.00	88.9

Cohen이 제시한 효과크기의 해석기준으로 살펴보면 [16], 본 연구에서 확인된 STEAM 교육의 효과크기는 .80보다 작고 .50보다 큰 값으로서 중간 이상의 효과크기라고 해석될 수 있다. 효과크기의 통계적 유의성 여부를 확인해 보면, 효과크기 값의 95% 신뢰구간의 하한 값(.645)과 상한 값(.728)이 0을 포함하지 않으므로 STEAM 교육의 효과크기는 통계적으로 유의한 것으로 볼 수 있다. 한편, U3지수를 토대로 효과크기를 해석해 보면, 본 연구를 통해 얻은 75.5%tile의 U3 통계값은 정규분포에서 통제집단의 평균 백분위를 50%tile로 보았을 때, STEAM 교육을 실행한 집단에서 25.5% 향상된 효과를 보였음을 알 수 있다.

4.3 STEAM 교육의 효과성 요인별 효과크기

본 연구가 STEAM 교육의 효과성 요인들 각각의 효과크기를 살펴보면, 다음의 Table 3과 같다. 효과성 요인별로 계산된 효과크기를 확인해보면 STEAM 역량인 .74로 가장 크게 나타났으며, STEAM 흥미(.65), STEAM 학업성취(.63), STEAM 진로(.58) 순으로 나타났다.

Table 3. Average Effect Sizes by Effect Factor

Factor	n	ES(g)	U3	95% CI		Q(df)
				Low	High	
STEAM Interests	118	.65	74.2	.574	.730	4.78(3)
STEAM Competency	164	.74	77.0	.681	.801	
STEAM Achievement	34	.63	73.6	.427	.831	
STEAM Career	11	.58	71.9	.347	.808	

4.4 STEAM 교육의 연구특성 변인별 효과크기

4.4.1 연구대상 표본의 학교급

연구대상 표본의 학교급 구분은 초등학교, 중학교, 고등학교 등의 3개 집단이다. STEAM 교육의 효과성이 표본의 학교급별로 차이가 있는지를 확인하기 위해 학교급별로 계산한 효과크기는 Table 4와 같다.

Table 4. Average Effect Sizes by School Level

School	n	ES(g)	U3	95% CI		Q(df)	Post-Hoc
				Low	High		
Elementary	210	.68	75.2	.619	.737	8.94(2)*	M>H
Middle	67	.81	79.1	.665	.949		
High	50	.59	72.2	.529	.654		

Table 4를 보면, STEAM 교육의 효과크기가 학교급별로 차이가 있는지를 확인하기 위해 계산된 Q값은 8.94(p<.05)로 유의미한 차이를 보여주었다. 구체적으로는 중학생 대상 STEAM 교육이 가장 큰 효과크기(.81)를 보여주었으며, 그 다음으로 초등학교(.68), 고등학교(.59)의 순으로 나타났다. 사후검증을 실시한 결과 중학생 대상 STEAM 교육의 효과크기가 고등학교를 대상으로 한 효과크기보다 높은 것으로 나타났다(Zdiff=2.77, p<.01). 즉, STEAM 교육은 중학생들을 대상으로 실시되었을 때 가장 큰 효과가 기대된다고 할 수 있다.

4.4.2 출판 유형

연구대상 출판물들은 등재 학술지와 등재후보 학술지로, 그리고 석사 논문과 박사 논문으로 구분하여 볼 수 있다. 학술지 게재 논문과 학위논문 연구는 주 연구자가 기성 연구자와 신진 연구자로 구분된다는 점에서 그 연구의 질적 수준에 차이가 날 가능성이 있다. 그러나, 연구물들로부터 추출한 효과크기에서 출판유형에 따른 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

4.4.3 연구설계

연구대상 연구물들을 단일집단 사전사후검사 설계가 적용된 연구물과 통제집단 사전사후검사 설계가 적용된 연구물로 구분하였다. 단일집단 설계에 의한 연구들이 보고한 효과크기(.67)보다 통제집단 설계의 의한 연구들이 보고한 효과크기(.71)가 큰 것으로 나타났으나, 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다.

4.5 출판편향 분석

메타분석을 통해 산출된 전체 효과크기 값이 얼마나 신뢰로운지 살펴보는 방법 중의 하나가 출판편향 분석이다. 출판편향은 Fig. 2와 같은 Funnel Plot을 통해 확인할 수 있다. 그래프의 좌우가 대칭을 이루고 있는 경우 출판편향이 없이 모든 연구가 고르게 분석대상으로 포함되었다고 할 수 있으나, 비대칭을 이루는 경우에는 빠진 연구가 많이 있어 전체 효과크기의 값이 편향되어 산출되었음을 짐작할 수 있다.

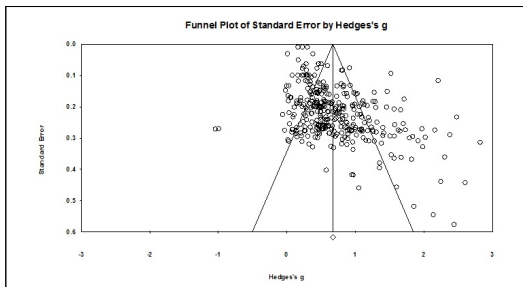


Fig. 2. Funnel Plot

Funnel Plot을 활용한 시각적 분석은 Trim and Fill 기법으로 다듬고 채워 넣는 식으로 보정된 효과크기의 값을 추정하게 된다. 그러나 이는 고정효과모형이 적용된 연구에서만 유효한 것이므로 무선효과모형을 적용한 본 연구와 같은 경우에는 적절하지 않은 것으로 여겨진다 [21]. 출판편향의 문제불완전성을 해결하는 다른 방법으로는 안전성계수를 사용하는 것이다[20]. 본 연구에서는 안정성계수(Nfs)가 283으로 산출되었는데, 이는 본 연구가 177편의 연구물을 활용하여 추정한 .69라는 효과크기 값이 '작은 효과'에 해당하는 .2로 내려가려면 STEAM 교육이 효과가 없다는 결과의 연구만 283개가 추가로 필요하다는 것을 의미한다. STEAM 교육의 효과를 다루는 177편의 연구가 발표되는 동안 STEAM 교육이 유의미한 효과가 없다는 283편의 연구가 수행되었음에도 불구하고

하고 출판되지 않았을 개연성은 그리 크지 않기 때문에 본 연구가 보고한 중간크기 이상의 효과크기는 유효한 결과로 간주할 수 있다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 2011년 이래 우리나라의 교육분야 국가정책으로 추진되고 있는 융합인재교육(STEAM 교육)의 효과성을 확인하기 위해 STEAM 교육의 효과성을 보고한 연구물들을 분석대상으로 삼아 메타분석을 수행하였다. 해당 연구물들의 효과크기 계산을 위한 STEAM 교육의 효과성 요인으로는 국가정책으로서의 STEAM 교육의 목적 및 목표인 'STEAM 흥미', 'STEAM 역량', 'STEAM 학업성취', 'STEAM 진로'로 설정하고, 개별 연구들이 보고하고 있는 통계치들을 통해 다양한 효과크기를 산출하였다. 이러한 과정을 거쳐서 본 연구의 연구문제와 관련하여 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, STEAM 교육의 전반적인 교육 효과성은 중간크기 이상인 .69의 효과크기로 요약된다. 이를 통해 STEAM 프로그램이 어느 정도의 교육성과를 얻고 있는 것으로 판단된다.

둘째, STEAM 교육의 4개 효과성 요인별로 확인해 본 결과 STEAM 흥미(.65), STEAM 역량(.74), STEAM 학업성취(.63), STEAM 진로(.58)의 4개 변인 모두에서 중간크기 이상의 효과가 나타난 것으로 확인되었다.

셋째, 교육대상 학생의 학교급별 STEAM 교육의 효과크기를 확인해 본 결과 중학생 대상 연구의 효과크기가 가장 높게 나타남으로써 중학생을 대상으로 한 STEAM 교육이 더욱 효과적이므로 중학교에서의 STEAM 교육 활성화 필요성의 근거가 될 수 있다고 보인다.

본 연구의 결과를 통해 STEAM 교육 및 관련 후속 연구에 대하여 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, STEAM 교육과 관련한 정책 지원을 통해 개발된 우수 프로그램들이 교육 현장에 보급될 수 있도록 적극적인 관리와 지속적 지원이 제공되어야 한다. 특히 효과성이 입증된 STEAM 교육 프로그램들을 활용하기 위한 정교화된 교재 및 활용성을 높인 수업자료 등을 제작하여 보다 적극적으로 보급할 필요가 있다.

둘째, STEAM 교육의 효과가 큰 것으로 나타난 중학교 시기는 보다 더 본격적으로 진로에 대하여 고민하고 탐색하기에 가장 적절한 시기로서 자유학기제가 운영되는 시기이기도 하다. 자유학기제 프로그램에 STEAM 교

육을 적극적으로 적용하는 방안을 교육현장에서 보다 더 고려해 볼 필요가 있다. 또한 중학교급의 STEAM 연구학교 및 STEAM 교사연구회의 지원을 확대하는 방안도 고려할 만하다.

셋째, STEAM 교육 관련 연구들, 특히 STEAM 교육 프로그램 개발 연구가 활발하게 수행될 수 있었던 것에는 대해 정부 차원의 적극적인 지원이 있었기 때문이다. 그럼에도 불구하고 아직 교육 현장에서는 STEAM 교육 프로그램의 부족이 해소되지 않고 있어서 향후 STEAM 교육 프로그램 개발 연구에 대한 지원이 적극적으로 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] M. Sanders. (2008). STEM, STEM Education, *STEM mania. The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- [2] G. Yakman (2008). *ST Σ @M Education: An overview of creating a model of integrative education*. [Online]. <http://steamedu.com/>
- [3] J. S. Kim. (2007). Exploration of STEM Education as a New Integrated Education for Technology Education. *The Korean Journal of Technology Education*, 7(3), 1-29.
- [4] J. S. Kim (2011). A Cubic Model for STEAM Education. *The Korean Journal of Technology Education*, 11(2), 124-139.
- [5] Ministry of Science and Technology. (2011). *Research on The 2nd National Basic Plan for Human Resources in S&T(2011~2015)*.
- [6] J. Y. Kim. (2012). *A Study on K-12 STE(A)M policy for The Creative Talented*. Seoul: Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning
- [7] Y. H. Choi, M. J. Kim & Y. J. Kim (2019). Perceptions of Elementary and Secondary Science Teachers on the Accessibility to STEAM Programs. *Brain, Digital, & Learning*, 9(3), 125-137. DOI : 10.31216/BDL.2019.9.3.125
- [8] H. I. Chae & S. G. Noh. (2015). Analysis of elementary school teachers' innovation configuration on STEAM. *Journal of Science Education*, 39(1), 44-57.
- [9] H. J. Noh & S. H. Paik (2014). STEAM experienced teachers' perception of STEAM in secondary education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(10), 375-402.
- [10] H. J. Park et al. (2012). Components of 4C-STEAM Education and a Checklist for the Instructional Design. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 12(4), 533-557.
- [11] E. Jolly, P. B. Campbell & L. Perlman. (2004). *Engagement, capacity and continuity: A trilogy for student success*. GE Foundation.
- [12] A. Carnevale, N. Smith & M. Melton. (2011). *STEM: Science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: Georgetown University Center on Education and the Workforce. [Online]. <https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/stem-complete.pdf>
- [13] I. Olkin. (1996). Meta-analysis: Current issues in research synthesis. *Statistics in Medicine*, 15, 1253-1257. DOI : 10.1002/(SICI)1097-0258(19960630)15:12%3C1253::AID-SIM303%3E3.0.CO;2-R
- [14] D. S. Park(2007). *Understanding and Applying Educational Evaluation*. Seoul: Kyoyook Book.
- [15] H. Cooper & L. Hedges. (1994). *Research synthesis as a scientific enterprise*. In H. Cooper & L. V. Hedges(Eds.), *The Handbook of reserch synthesis(pp. 3-14)*. New York: Russell Sage Foundation.
- [16] S. D. Hwang. (2014). *Meta Analysis*. Seoul: Hakjisa.
- [17] S. Wood & E. Mayo-Wilson. (2012). School-based mentoring for adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Research on Social Work Practice*, 22(2), 257-269. DOI : 10.1177/1049731511430836
- [18] L. V. Hedges & I. Olkin. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando, FL: Academic Press.
- [19] J. Cohen. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences(2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. DOI : 10.4324/9780203771587
- [20] R. G.. Orwin & R. F. Boruch. (1983). RRT meets RDD: statistical strategies for assuring response privacy in telephone surveys. *Public Opinion Quarterly*, 46, 560-571. DOI : 10.1086/268752
- [21] G. C. Banks, S. Kepes & M. A. McDaniel. (2012). Publication Bias: A call for improved meta-analytic practice in the organizational sciences. *International Journal of Selection and Assessment*, 20(2), 182-196. DOI : 10.1111/j.1468-2389.2012.00591.x

강 지 연(Jiyeon Kang)

[정회원]



- 2006년 8월 : 충북대학교 교육학과(문학사)
- 2010년 8월 : 건국대학교 교육대학원 영재교육전공(교육학석사)
- 2016년 8월 : 건국대학교 대학원 교육학과 (교육학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 교육

혁신연구원 전임연구원

· 관심분야 : 영재교육, 융합인재교육, 고등교육

· E-Mail : jriver@cbnu.ac.kr

진 석 언(Sukun Jin)

[정회원]



- 1994년 2월 : 서울대학교 사범대학 교육학과(문학사)
- 2001년 8월 : 미국 퍼듀대학교 교육심리학과(Ph.D.)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 교육학과 교수
- 관심분야 : 영재교육, 창의성교육, 교육

심리학

· E-Mail : jins@konkuk.ac.kr