

# 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육의 효과에 대한 메타분석

이동규<sup>†</sup> · 이영준<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 한국교원대학교 컴퓨터교육과

## A Meta Analysis about Programming Education using Physical Computing

Dong Gyu Lee<sup>†</sup> · Youngjun Lee<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

### 요 약

2015개정 교육과정에서 학생들이 문제를 효과적으로 해결하는 방법이 중요하며 이를 키우기 위해 컴퓨팅 사고력이라는 방법으로 접근하고 있으며 이를 위해 정보교과는 2015개정 교육과정의 핵심 역량으로 지정하였다. 이에 컴퓨팅 사고력을 높이는 방법으로 프로그래밍 교육을 적용하고 있으며 보다 프로그래밍 교육의 효과를 높이기 위해 여러 방법을 적용하고 있으며 피지컬 컴퓨팅의 활용이 방법으로 제기되고 있어 관련 연구들이 지속적으로 진행되고 있다. 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅의 활용이 프로그래밍 교육에 긍정적인 역할을 수행하는가에 대한 문제를 해결하기 위해 관련 연구를 수집하여 메타분석을 진행하였다. 분석결과 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육은 비교대상 대비 19.9%의 향상을 나타냈다.

## 1. 서 론

현대 사회에서 학생들이 해결하는 문제는 기존보다 복잡하고 이 어려운 문제들이 주를 이루게 될 것이다. 따라서 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 문제를 해결하는데 필요한 요소를 찾기 위해 문제를 분해하고 이를 모델링하는 추상화 능력, 이를 바탕으로 해결하는 과정을 자동으로 수행하도록 하는 자동화 능력을 바탕으로 하는 컴퓨팅 사고력을 필요로 한다. 이를 위해 2015 개정 교육과정의 정보교과는 컴퓨팅 사고력을 교과의 핵심 역량으로 선정하였다[1].

컴퓨팅 사고력을 습득하는 방법으로 프로그래밍을 활용하는 교육이 사용되고 있으며 여러 연구를 통해 프로그래밍 교육의 효과가 증명되고 있다. 또한 프로그래밍 교육을 보다 효과적으로 진행하기 위한 여러 교수 방법들이 사용되고 있으며 이에 피지컬 컴퓨팅을 활용하는 방안이 제시되고 있다[1][2].

피지컬 컴퓨팅 환경은 프로그래밍 결과를 눈에 보기 좋은 형태로 나타내므로 이를 활용한 여러 선행연구에서 사용되어 여러 영역에서 효과를 가지고 있음을 나타낸 연구들이 진행되고 있다[2][3][4].

하지만 피지컬 컴퓨팅을 프로그래밍 교육에 직접 활용하기에는 여러 문제점이 존재하며 대부분의 실험 연구들이 소집단을 위주로 구성되어 있으므로 실제로 얼마나 효과를 가지는지 객관화하기 어려운 문제점이 있다[5].

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육의 실제 효과가 어느 정도인지 검증하기 위해서 메타분석을 진행하여 각 실험의 효과크기 및 평균 효과 크기를 메타 분석의 분석방법을 통해서 어느 정도 효과가 있는지를 비교하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 자료 수집 및 선정

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 적용한 프로그래밍 교육의 효과크기를 측정하는 메타 분석을 진행하였다. 이에 필요한 연구 자료 수집을 위해서 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service, RISS)에서 수집을 진행하였으며 아래와 같은 선정 기준을 기반으로 연구를 수집하였다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 관련 실험연구를 수집하였으며 이외의 질적 연구, 모형 설계 연구는 연구 대상에서 제외하였다.

둘째, 메타분석은 여러 연구로부터 추출된 계량된 연구를 종합 분석한다[6]. 따라서 구체적인 통계 자료가 제시된 연구를 대상으로 선정하였다.

셋째, 학위논문 및 학술지 논문 간 동일한 연구를 사용한 경우 데이터를 자세하게 서술한 논문을 대상으로 선정하였으며 중복 연구는 제외하였다.

넷째, 프로그래밍 교육관련 연구 중 피지컬 컴퓨팅

을 활용한 연구를 대상으로 선정하였다.

수집된 논문은 <표 1>과 같다. 수집된 연구는 총 23건이 수집하였다. 학술지 논문의 경우 11건, 학위논문은 12건으로 나타났다.

<표 1> 수집 논문 종류

학술지 논문	등재	9
	비등재	2
	계	11
학위논문	박사	1
	석사	11
	계	12
계		23

수집된 23편의 연구에서 총 29건의 인지적 영역 사례를 추출하였으며 유사 측정 영역 및 측정 도구를 활용한 연구를 같은 분류로 설정하여 진행하였다. 분류 내용은 <표 2>와 같다.

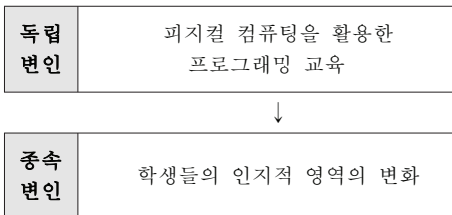
<표 2> 영역 별 수집 연구 사례 수

측정 영역	문제해결력	15
	논리적 사고력	7
	창의성	6
	학업능력	1
계		29

## 2.2 연구 모형 설정

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육이 학생들의 인지적 영역의 변화에 대해 알아보고자 한다. 이에 본 연구에서는 진영학과 김영식(2011)의 연구에서 활용된 메타분석 모형을 수정하여 활용하여 [그림 1]과 같이 제시한다[7].

본 연구의 경우 프로그래밍 교육이 인지적 영역에 미치는 효과만을 측정하므로 별도의 중재변인을 설정하지 않고 독립변인인 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육이 종속변인인 학생들의 인지적 영역의 변화에 미치는 영향으로 설정하였다.



[그림 1] 연구 모형

## 2.3 효과 크기 측정 및 분석

효과 크기를 측정하기 위해 각 집단의 사례수를 Comprehensive Meta Analysis 2.0(CMA 2.0)프로그램을 활용하여 각 사례수의 효과 크기 및 평균효과크기를 측정하였다.

실험연구는 일반적으로 모집단의 변량의 동질성을 가정하고 있다. 따라서 정확한 표준 편차를 추정하기 위해서는 두 집단의 통합 변량 추정치로부터 표준 편차를 구하는 방법이 적합하다[7].

따라서 본 연구에서는 변량 추정치에 표본의 크기에 따라 가중치를 부여하는 Hedges의 g를 이용하여 결과를 분석하였으며 식은 [그림 2]와 같다[7][8].

효과크기: g

$$g = \frac{\overline{x_e} - \overline{x_c}}{s}$$

처치집단평균:  $\overline{x_e}$

처치집단평균:  $\overline{x_c}$

통합 표준편차 추정치: s

[그림 2] Hedges의 g

또한 데이터 분석에는 메타분석에서 활용 되는 효과 크기에 대한 Cohen(1988)의 기준과 비 중복 백분위수(U<sub>3</sub>)를 활용하여 분석된 평균효과크기를 분석하였다[9][10].

Cohen(1988)의 평균효과크기에 대한 해석은 아래의 <표 3>과 같이 평균효과크기의 크기에 따라 그 효과를 해석한다[9].

<표 3> Cohen의 효과크기별 해석

효과크기	해석
0.2 이상	낮은 효과크기
0.5 이상	중간 효과크기
0.8 이상	높은 효과크기

또한 기존 비교대상을 z점수로 환산하여 백분위화하여 백분위상의 위치를 비교할 수 있는 U<sub>3</sub>지수를 활용하여 통제집단과 대비해 변화량에 대한 수치를 파악한다[10].

## 3. 연구 결과

피지컬 컴퓨팅의 활용에 따른 학생들의 인지적 영역의 변화에 대한 평균효과크기를 분석한 자료는 아래의 <표 4>와 같다.

우선 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육의 전체 평균 효과크기는 0.522로 중간정도의 효과크기를

<표 4> 전체 평균 효과 크기

분류	수	효과크기	표준오차	95% 신뢰도			U <sub>3</sub>	P
				분산	하한값	상한값		
전체	29	0.522	0.047	0.002	0.431	0.614	69.916%	0.00

<표 5> 영역별 효과 크기

영역	자료 번호	효과 크기	표준 오차	95% 신뢰도			U <sub>3</sub>	P	Forrest Plot
				분산	하한값	상한값			
논리적사고력	1	-0.696	0.355	0.126	-1.392	0.001	24.321	0.050	
	2	0.294	0.265	0.070	-0.225	0.813	61.562	0.267	
	3	0.850	0.298	0.089	0.265	1.435	80.234	0.004	
	4	1.239	0.323	0.104	0.606	1.872	89.233	0.000	
	5	0.448	0.112	0.012	0.229	0.666	67.292	0.000	
	6	0.231	0.218	0.047	-0.196	0.658	59.134	0.289	
	7	0.981	0.399	0.159	0.199	1.762	83.670	0.014	
	평균	<b>0.445</b>	<b>0.081</b>	<b>0.007</b>	<b>0.286</b>	<b>0.605</b>	<b>67.184</b>	<b>0.000</b>	
문제해결력	1	1.387	0.331	0.110	0.737	2.036	91.728	0.000	
	2	-1.858	0.322	0.104	-2.489	-1.226	3.158	0.000	
	3	-0.422	0.282	0.079	-0.974	0.131	33.651	0.135	
	4	-0.026	0.295	0.087	-0.604	0.552	48.963	0.930	
	5	0.252	0.346	0.120	-0.427	0.930	59.948	0.467	
	6	0.555	0.248	0.062	0.069	1.041	71.055	0.025	
	7	1.372	0.397	0.158	0.594	2.150	91.497	0.001	
	8	0.881	0.276	0.076	0.339	1.422	81.084	0.001	
	9	0.330	0.311	0.097	-0.279	0.940	62.930	0.288	
	10	1.262	0.293	0.086	0.687	1.836	89.653	0.000	
	11	1.208	0.319	0.102	0.582	1.834	88.648	0.000	
	12	0.664	0.325	0.106	0.027	1.300	74.665	0.041	
	13	0.484	0.228	0.052	0.037	0.931	68.580	0.034	
	14	0.644	0.279	0.078	0.096	1.192	74.021	0.021	
	15	0.609	0.277	0.077	0.067	1.151	72.874	0.028	
평균	<b>0.475</b>	<b>0.076</b>	<b>0.006</b>	<b>0.326</b>	<b>0.624</b>	<b>68.261</b>	<b>0.000</b>		
창의성	1	-0.075	0.279	0.078	-0.622	0.471	47.011	0.786	
	2	0.420	0.267	0.071	-0.103	0.942	66.276	0.115	
	3	1.387	0.406	0.165	0.592	2.182	91.728	0.001	
	4	1.019	0.390	0.152	0.254	1.784	84.590	0.009	
	5	0.817	0.123	0.015	0.576	1.058	79.304	0.000	
	6	0.596	0.276	0.076	0.056	1.136	72.441	0.031	
	평균	<b>0.689</b>	<b>0.092</b>	<b>0.008</b>	<b>0.509</b>	<b>0.869</b>	<b>75.459</b>	<b>0.000</b>	
학업능력_1	0.522	0.268	0.072	-0.004	1.047	69.916	0.052		
전체		<b>0.522</b>	<b>0.047</b>	<b>0.002</b>	<b>0.431</b>	<b>0.614</b>	<b>69.916</b>	<b>0.000</b>	

가지는 것을 알 수 있었다. U<sub>3</sub> 지수는 69.916%로 나타났다. 이를 해석하면 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육은 19.916% 만큼 학습효과가 큰 것을 알 수 있다. 다음으로 각 영역의 학습효과크기를 비교하면 창

의성의 평균효과크기가 0.689로 가장 높았으며 다음으로 학업능력, 문제해결력, 논리적사고력 순으로 나타났다.

#### 4. 결론 및 논의

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육의 효과크기를 메타 분석을 진행하였다. 이를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 현재 국내에서 진행된 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육의 평균효과크기는 0.522로 이는 중간 정도의 효과크기를 가지는 것으로 나타났다. 또한  $U_3$ 지수는 69.916%로 이는 비교 대상과 대비해 19.916% 만큼 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 피지컬 컴퓨팅의 활용한 프로그래밍 교육의 필요성을 시사한다.

둘째, 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육은 각 세부 지표인 논리적사고력, 문제해결력, 창의성, 학업능력의 향상에 영향을 주는 것을 알 수 있으며 이 중 창의성이 가장 높은 효과 크기를 가진 것을 알 수 있다.

본 연구의 제한사항으로는 우선 각 사례수가 부족하여 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육이 독립변인으로 적용하기 부족한 부분이다. 따라서 추후 연구에서는 보다 많은 표본에서 효과크기를 추출하여 분석할 필요가 있으며 이를 위해 활발한 실험연구가 진행될 필요가 있다.

프로그래밍 학습 효과 메타분석. **컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집**. 20(1). 77-80.

- [9] Cohen, J. (1988) Statistical power analysis for the Behavioral Sciences. New York: Academic Press.
- [10] 신문승·강충열(2009). 초등학교 창의성 교육 프로그램의 효과에 관한 메타분석. **초등교육연구**. 22(3). 113-135.

#### 참 고 문 헌

- [1] 교육부 (2015). **2015개정 교육과정**. 교육부.
- [2] 이동규·김성원·이영준 (2017). 고등학생의 피지컬 컴퓨팅 능력 향상을 위한 교육 프로그램의 개발 및 적용. **컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집**. 21(1). 135-138.
- [3] 김영옥·홍기철 (2016). 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 기반 소프트웨어 수업용 어플리케이션이 초등학생의 논리적 사고력에 미치는 효과. **사고개발**. 12(2). 47-72
- [4] 김재희·김동호 (2016). 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 초등 피지컬 컴퓨팅 교육과정 개발. **정보교육학회 논문지**. 20(1). 69-82
- [5] 윤정구(2017). **아두이노를 활용한 프로그래밍이 고등학생의 창의적 문제 해결력에 미치는 영향**. 석사학위 논문, 한국교원대학교.
- [6] 황성동(2014). **메타분석**. 경북대학교 사회과학연구원 연구방법 및 데이터분석센터.
- [7] 진영학·김영식(2011). 교육용 프로그래밍 언어의 효과에 대한 메타분석. **컴퓨터교육학회 논문지**. 14(3). 25-36
- [8] 전성균·이영준(2016). 교수학습 방법에 따른