

A Meta-Analysis on the Effects of Software Education on Computational Thinking

Dong-Man Kim*, Tae-Wuk Lee*

Abstract

In this paper, we propose to investigate the existing SW education related studies and to collect the total effect size for the improvement of computational thinking(CT) through meta-analysis and to confirm the effect size according to various variables. So, we have objectively identified and generalized the practical effects of SW education on the various variable. The results of the meta-analysis showed that 1) the overall effect of SW educational activities on CT improvement was 'Hedges' $g=0.643$, so SW educational activity can get a CT improvement of about 24% over other educational activities. 2) EPL is a SW teaching-learning method that greatly improves students' CT. 3) Since SW education can be guaranteed to improve CT among elementary school students and university students, essential SW education for these should be further promoted. And it was found that SW education activity were more effective for CT improvement in small cities & rural areas than big cities, but the cause was not identified, so further study will be required.

▶ Keyword: Meta-Analysis, Computational Thinking, SW Education, Informatics Education, Computing

I. Introduction

다가올 미래 지식정보사회의 주역은 인류의 거대 유산인 컴퓨터를 올바르게 이용할 수 있는 능력이 필요하다. 그 핵심적 능력에는 컴퓨팅 사고력(computational thinking: 이하 CT)이 있고, 이것은 디지털 기술을 이해하는데 꼭 필요한 리터러시(literacy)로 인식되고 있다. 그래서 학생들에게 교육을 통해 CT를 향상시켜주는 것이 필요하며, 그 핵심 교과로 정보교과의 역할이 중요하다. 2015 개정 교육과정에서는 정보교과의 교육목표를 통해 학생들이 CT를 갖출 수 있도록 안내하고 있다[1]. 그래서 컴퓨터교육 분야에서는 각고의 노력으로 학생들의 CT 향상에 효과적인 교수 학습방법, 학습도구, 학습자료 등을 개발하고 있다. 이를 통해, 지금도 국내 교육현장에서는 SW 교육에 관련된 많은 연구자들이 다양한 방법으로 SW 교육프로그램을 개발하여 학생들의 CT 향상을 위해 연구를 진행하고, 그 효과를 검증하고 있다.

그러나 국내에서 SW 교육활동을 운영한 결과가 CT 향상에 대한 일반화된 결론을 찾게 해줄 근거는 제시되지 못하고 있다. 교육활동 자체가 교수학습 환경의 영향을 많이 받는 이유로 마치 사례연구로 그치고 있다. 그래서 SW 교수학습활동에 대한

많은 연구가 진행되었지만, SW 교육활동이 CT 향상에 대한 일반화된 결론은 도출할 수가 없었다. 그래서 각 연구들의 단편적인 결과를 통합 및 분석하는 메타분석 연구를 통해 SW 교육의 CT 향상 효과를 보다 객관적으로 도출할 연구가 필요하다.

따라서 이 연구의 목적은 기존 SW 교육관련 연구 결과를 수집하여 메타분석 연구방법을 통해 SW 교육이 CT에 미치는 전체 효과크기의 산출과 CT 향상에 미치는 다양한 변인에 따른 효과크기의 차이를 확인함에 있다. 그래서 이 연구의 결과로 다양한 SW 교육이 CT에 미치는 실제적 효과크기와 긍정적 혹은 부정적 요인을 객관적으로 확인하고 일반화하고자 한다.

이 연구의 목적과 관련하여 설정한 연구문제는 다음과 같다. 첫째, SW 교육이 CT에 영향을 미치는 전체 효과크기는 어떠한가?

둘째, CT에 관한 효과크기는 SW 교육방법, 연구대상, 연구 지역 등에 따라 차이가 있는가?

• First Author: Dong-Man Kim, Corresponding Author: Tae-Wuk Lee
*Dong-Man Kim (emotionman@indischool.com), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education
*Tae-Wuk Lee (twlee@knue.ac.kr), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education
• Received: 2018. 10. 17, Revised: 2018. 11. 17, Accepted: 2018. 11. 21.

II. preliminaries

1. Software Education

2015 개정 교육과정에서 제시하는 SW 교육의 궁극적 목적은 CT를 바탕으로 한 창의적 문제해결 능력을 함양하는데 있다[1]. 이런 SW 교육의 목적을 달성하기 위해 다양한 교수학습방법을 동원하여 교육이 진행되고 있다. SW 교육활동은 소프트웨어 개발이나 로봇을 개발하는 과정처럼 컴퓨팅 주제를 통해 문제해결력을 함양하는 과정이다. 그래서 SW 교육은 컴퓨터에 관한 교육을 통해 사고력 향상을 위한 교육활동이다.

2015 개정 정보과 교육과정에서 제시한 대표적인 SW 교육방법은 크게 3가지가 있다[1]. 그 구분에는 교육용프로그래밍언어(educational programming language, 이하 EPL) 교육을 포함한 프로그래밍(programming) 교육방법, 로봇교육을 포함한 피지컬 컴퓨팅(physical computing) 교육방법, 놀이로 배우는 언플러그드컴퓨팅(unplugged computing) 교육방법 등이 있다[1].

이 연구에서는 SW 교육을 컴퓨터 과학적 방법을 적용한 교육을 통해 인지적 영역의 발달을 목적으로 개발된 다양한 SW 교육활동을 지칭하는 용어로 정의하고, 그 구분을 크게 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅 교육, 언플러그드컴퓨팅 교육 등 SW 교육방법을 3가지로 한정한다. 그리고 SW 교육이 교육활동으로 진행되기 때문에 이 연구의 서술에서 'SW 교육활동'의 용어와 혼용하여 사용한다.

2. Computational thinking

CT 개념을 처음 언급한 Wing(2006)은 CT를 컴퓨터 과학적 지식의 구조(structure)가 바탕이 된 창의적 문제해결력으로 생활이나 다양한 교과에 적용할 수 있다고 주장하였다[2].

2015 개정 교육과정에서는 컴퓨팅 사고력(computational thinking; CT)을 컴퓨터 과학의 기본 개념과 원리를 바탕으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 창의적으로 해결하는 능력으로 정의하였다[1].

최정원 외(2014)는 CT를 미래사회를 이끌어 갈 인재가 갖추어야 하는 핵심역량으로 '컴퓨팅 시스템의 역량을 활용하여 해결하고자 하는 문제를 효과적이고 효율적으로 해결할 수 있는 절차적 사고 능력'이라고 정의하였다[3].

영국의 IT 전문교육을 집행하는 기관인 British Computer Society(BCS)에서는 CT를 '문제와 해결방법을 구조화하여 정보처리 에이전트(agent)가 효과적으로 일을 처리할 수 있도록 표현하는 사고과정'으로, 이런 일련의 과정을 컴퓨터가 이해할 수 있게 변환시키는 인간의 인지적 능력으로 정의하였다[4].

그래서 컴퓨터라는 도구가 수많은 학문분야의 연구로 만들어진 창조적 문제해결 도구인 것처럼, CT는 컴퓨터 과학의 단편적인 지식을 재생산하는 것을 의미하지 않고, 컴퓨터과학의 지식을 바탕으로 여러 학문분야의 지식을 결합하고 융합하여 문제를 해결하는 능력이다. 그리고 CT는 컴퓨팅 시스템을 활용함에 있어 필수적인 능력으로 생각할 수 있다.

위의 정의들을 바탕으로 이 연구에서는 CT를 컴퓨터 과학자들

이 갖고 있는 독특한 지식의 구조(structure)를 바탕으로 여러 학문분야의 지식을 결합하고 융합하여 컴퓨팅 시스템을 이용하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 인지적 사고능력으로 정의한다.

3. Meta-analysis

메타분석(meta-analysis)은 해당 이슈에 대해 2개 이상의 개별적인 연구들의 효과(effect)를 통계적 방법으로 표준화된 효과를 산출하면 그 주제에 대한 객관적이고 종합적인 결론을 도출하게 되는 연구 방법이다[5]. 선행 연구결과를 종합하고 분석하는 이른바 '분석의 분석'으로, 개별연구의 결과를 하나로 모아 통계적으로 분석하는 연구 방법이다[6]. 메타분석 연구방법은 해당 연구자가 제시한 절차에 따라 누구나 같은 결과를 반복적으로 도출해 낼 수 있고, 통계적으로 검증 가능하기 때문에 기본 문헌연구보다 과학적이라는 평가를 받고 있다[7]. 그래서 메타분석으로 특정 주제에 대해 종합적으로 분석할 때 사용되어 온 연구방법이다[8].

개별적인 연구에서 제시한 서로 다른 척도의 결과를 요약하기 위해서는 동일한 척도로 변환하는 과정이 필요한데, 이것은 효과를 표준화 하는 과정이고, 통계적 방법으로 표준화된 척도가 바로 효과크기(effect size; ES)이다. 효과크기는 표준화된 평균차로 실험집단에서 통제집단 간의 평균을 뺀 값을 두 모집단에 관한 통합 변량 추정치로 표준편차를 구하여 나누는 것 것을 말한다[9].

이 연구의 효과크기로 일반적인 메타분석에서 제시하는 Cohen's d 값은 표본이 작을 때 효과크기를 과대 추정하는 경향이 있어, 조사된 개별 연구의 표본수가 크지 않음을 고려해, Hedges' g 값으로 추정하는 것이 더 적합한 것으로 판단되었다[10]. Hedges' g 값은 통제집단과 실험집단의 평균과 통합된 표준편차를 바탕으로 table 1.과 같이 효과크기를 구할 수 있다. 또한 t 또는 F 값만이 제시되어 있는 논문에서도 table 1.의 방식으로 효과크기를 변환하여 산출할 수 있다[10].

Table 1. Hedges' g computing formula

$g = \frac{\bar{X}_e - \bar{X}_c}{S_{pooled}}$	$S_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_e - 1)S_e^2 + (n_c - 1)S_c^2}{n_e + n_c - 2}}$
$g = t \sqrt{\frac{n_e + n_c}{n_e \times n_c}}$	$g = \sqrt{\frac{F(n_e + n_c)}{n_e \times n_c}}$
mean of experimental group: \bar{X}_e mean of control group: \bar{X}_c pooled standard deviation: S_{pooled} sample size of experimental group: n_e sample size of control group: n_c standard deviation of experimental group: S_e standard deviation of control group: S_c	

III. Method

1. Analysis Target

이 연구는 SW 교육이 CT 향상에 미치는 효과에 관한 메타

분석을 수행하기 위해 '18년 5월 10일에서 17일까지, 8일동안 한국교육학술정보원(RISS)을 활용하여 논문을 수집하였다. 연구대상은 RISS 인터넷사이트에서 원문이 확인 가능한 문헌 중에서 국내에서 발표된 학위 및 학술지 논문으로 정하였다.

논문 수집을 위한 검색 단어로 '계산적 사고', '계산 사고', '정보 사고', '컴퓨팅 사고력', 'computational thinking' 등을 사용하였으며, 이들 각 검색어로 검색한 후 결과 내에서 '소프트웨어교육', 'SW 교육' 등을 각각 재검색하였다. 그리고 메타 분석 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서 학술대회에서 발표된 논문은 제외하였다. 이 과정을 통하여 검색된 논문은 석·박사 학위 논문이 304편, 국내학술지 논문이 640편, 총 944편이었다.

검색된 논문은 정렬 및 인터넷 브라우저를 통해 제목 및 초록을 확인하여 중복된 논문을 제외하고 내려 받아 다음과 같은 2단계 절차로 선별작업을 거쳤다. 1차 검토로 양적연구 결과를 제시하지 않은 논문, 종속변인이 CT와 관련이 없는 논문, 독립변인이 SW 교육방법과 관련이 없는 논문, 학생들을 적용 대상으로 하지 않은 논문 등은 제외하였고, 그 결과 906편이 1차 제외되었다. 2차 검토로 CT의 정의적 영역을 측정하지 않은 논문, CT 측정도구에 의한 결과 데이터를 제시하지 않은 논문, 학위 논문과 학술지 논문에 중복된 데이터가 사용된 경우의 학위논문(학술지 논문을 선택) 등, 18편이 추가 제외되었다.

이상의 2차례, 7가지 선정 기준에 따라 논문을 검토하고 그 결과에 따라 944편 중 924편은 제외하고, 최종 분석 대상 논문으로 20편을 선정하였다. 이상의 메타분석을 위한 논문 선정 절차와 기준을 도식화하면 Fig. 1.과 같다.

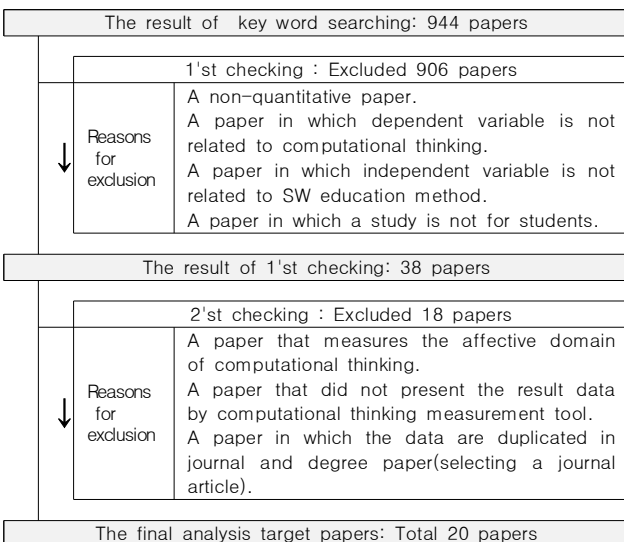


Fig. 1. The checking process of papers

2. Coding of data

이 연구에서는 분석 대상 논문의 특성을 파악하기 위해 개발된 코딩 매뉴얼을 사용하였다. 분석 자료의 코딩은 일련번호,

저자, 출간연도, 논문유형, 논문제목, 연구대상, 연구지역, SW 교육방법, 실험결과 데이터 등으로 구분하여 코딩 처리하였다.

자료의 코딩 과정 중 1개의 논문에서 복수의 집단을 대상으로 SW 교육활동을 적용하고 결과를 각각 제시하였다면 각각을 개별 사례로 판단하고 해당하는 변인에 각각 데이터를 입력하였다. 그래서 20편의 논문에 사례 수(k)는 24개이다. 그리고 SW 교육방법 중 프로그래밍교육은 EPL을 활용한 경우가 대다수이나 Java 프로그래밍교육을 여기에 통합하는데 무리가 있어 이를 재 구분하여 코딩하였다. 또한 코딩 과정에서 지역구분을 소도시와 시골지역을 구분할 수 있는 근거가 부족하여 소도시와 읍면지역을 통합하여 코딩하였다.

코딩의 편리성을 위해 Excel 프로그램을 사용하여 데이터를 입력하였다. 코딩 오류를 방지하기 위해 석사학위 소지자 1인과 함께 데이터를 확인하고 코딩 작업하였고, 코딩의 결과 메타 분석을 위한 의미 있는 효과크기 사례 수는 Table 2.와 같았다.

Table 2. Cases of effect sizes

Item		K	Total
SW education		24	24
SW education method	EPL	12	24
	physical computing	11	
	Java programming	1	
	unplugged computing	0	
Target	elementary school student	20	24
	middle school student	1	
	high school student	0	
	university student	3	
Area	big city	10	24
	small city & rural area	13	
	nothing(absence)	1	

이 연구에서 개발된 코딩 매뉴얼의 분류에 따른 효과크기를 살펴보면, 국내 SW 교육활동에서 CT에 미치는 영향에 관한 양적 연구는 교육방법에서 언플러그드컴퓨팅과 고등학생을 대상으로 진행한 연구는 확인되지 않았다.

3. Variables and model of meta-analysis

SW 교육활동이 CT에 미치는 효과크기를 측정하는 메타분석에서 연구모델의 설정은 연구문제와 코딩한 자료를 범주화한 변인들의 조합으로 이루어졌다.

연구모델은 독립변인을 다양한 SW 교육활동을, 종속변인은 CT로 설정하고, 조절변인은 자료코딩으로 수집된 자료에서의 공통 변인들을 추출하여 범주화하였다.

그래서 독립변인은 SW 교육과 다양한 SW 교육방법으로 설정하였고, 조절변인은 데이터 코딩이 가능했던 연구대상과 연구지역 등 2가지로 정하였다. 조절변인1은 학교급별로 초등학교, 중학생, 대학생 등으로 구분하였고, 조절변인2는 연구지역별로 대도시와 소도시/읍면 등으로 구분하여 모델에 적용하였다. 설정된 모든 변인은 모두 범주형이며, 이를 바탕으로 Fig. 2.와 같이 연구모델이 설정되었다.

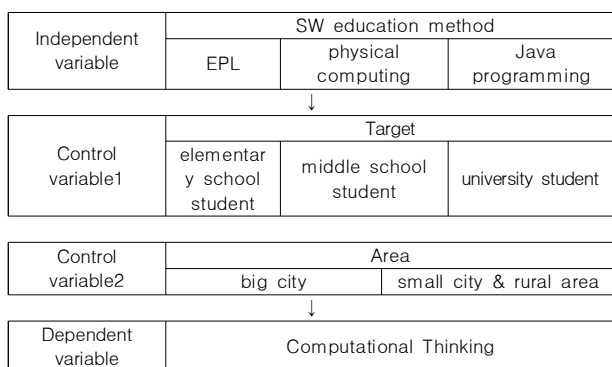


Fig. 2. Model of meta-analysis

4. Meta-analysis Procedure and Method

이 연구의 메타분석 절차는 Egger M. 외(1997)가 제시한 5 단계를 따랐다. 그 구체적인 분석절차와 방법은 Table 3.과 같다[11].

Table 3. Process of statistical analysis of meta-analysis

1	Search for presence of between-study heterogeneity: Cochran Q test, I ²
2	Performing meta-analysis: fixed or random effect model, size effects(Hedges' g), forest plot
3	Checking publication bias: funnel plot
4	Search for causes of heterogeneity: subgroup analysis(Meta-ANOVA)
5	Interpreting and presenting meta-analysis result: Cohen(1988)'s 3 steps

위 따른 절차에 따른 구체적인 연구방법은 아래와 같다.

먼저, 논문들 간 효과크기(effect size)의 이질성(between-study heterogeneity) 검사를 통해 분석모형을 선정하였고, 두 번째로 메타분석의 통계분석으로 표준화된 효과크기와 전체 효과 크기를 산출하였다. 세 번째로 출판편견(publication bias)을 조사하여 자료의 신뢰성을 확인하였다. 네 번째로 다양한 자료의 이질성 원인검사로 이질성 원인 변인을 찾아보았고, 마지막으로 이 메타분석 결과를 제시하고 그에 따른 해석을 진행하였다.

메타분석에서 표준화된 효과 크기를 계산하는 방법에는 각 연구의 동일한 모집단 효과 크기를 추정하여 평균 효과 크기를 구하는 고정효과모형(fixed-effects model)과 각 연구의 서로 상이한 모집단 효과 크기 분포의 추정된 평균값으로 평균 효과 크기를 구하는 무선효과모형(random-effects model)이 있다 [12]. 분석모형을 선택하기 위해 이질성 검사를 실시하는 데, 각 연구에서 도출된 효과 크기의 이질성 정도는 고정효과모형에서만 계산할 수 있다[13][14]. 이질성 검사는 이질성을 판별하는 값으로 연구들의 효과크기가 산출된 효과크기 값으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 검정하는 방법인 Cochran Q 값보다, 전체 관찰 분산 중에 차지하는 상대적인 분산 값인 I² 값을 적용하여 연구 수가 효과크기의 종류에 영향을 받지 않고 이질성을 정량적으로 판단할 수 있도록 하였다[15]. I² 값은 Cochran Q 값을 바탕으로 I²=100%×(Q-df)/Q(Q=Cochran Q

값, df=degree of freedom)와 같이 계산된다[12]. 이질성 검사에서 산출된 값으로 이질성 정도를 해석할 때, I²<25%이면 '작은 크기'의 이질성, 25%≤I²≤75%이면 '중간 크기'의 이질성, I²>75%이면 '큰 크기'의 이질성 등으로 해석할 수 있다 [15].

이 연구의 출판편견은 Funnel Plot을 통하여 시각적으로 확인하면서, 출판편견이 발생한 경우에는 메타분석 결과의 효과 크기를 보정하기 위해, 비대칭일 경우 효과크기를 추정 및 채워 넣어줌으로 대칭적인 분포를 만들어 편향되지 않는 효과크기를 추정할 수 있는 'Trim and Fill' 방식의 그래프를 제시하여 독자의 이해를 돕도록 하였다[16].

조절변인에 따른 이질성 원인검사를 위해 조절 변인의 하위군 분석방법으로 Meta-ANOVA를 실시하였다. 이질성의 원인으로 추정되는 변인에 따라 연구물을 집단으로 분류하고 각 집단 내에 속해 있는 연구들의 효과크기들이 동질적이나 집단 간 효과크기 차이가 크다면, 다시 말해 이질적이라면 해당변인으로 구분이 이질성의 원인 될 수 있다는 원리를 이용하여 판단하였다[17].

이 연구에서 제시하는 효과크기 값은 전술한 바와 같이 Hedges' g 값과 결과 해석에 필요한 95% CI, Q, I², SE, p, U₃ 등의 데이터를 제시하였다. 효과크기의 해석방법은 먼저, Cohen(1988)이 제안한 3단계 해석방법과 95% 신뢰구간 해석 방법 등을 활용하였다[10][18]. 3단계 해석방법은 효과크기를 크게 3부분으로 나누고, 0.80보다 크면 '큰 효과크기', 0.50은 '중간 효과크기', 0.20보다 작으면 '작은 효과크기'로 해석하는 방법이다[15]. 그래서 0.20~0.80은 '중간 효과크기로 해석하였다. 그리고 효과크기가 95% 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하면 유의미한 효과를 나타낸다고 해석하였다[18]. 이어서 결과 해석의 용이성을 위해 비중복백분위(percentiles of nonoverlap) 지수인 U₃지수로 환산하여 효과를 해석하였다 [19]. U₃지수는 평균이 '0'이고 표준편차가 '1'인 표준정규분포상의 표준점수(Z-value)를 구하는 것으로, '해당 집단이 어떤 백분단위의 위치에 해당하는가'인 퍼센타일(percentile)로 그 향상 정도를 가늠할 수 있는 척도이다.

이 연구의 결과 서술은 분석절차와 달리 가독성 있는 결과 확인을 위해 이질성 검사, 출판편견, 전체 및 하위요소별 효과 크기 제시 및 이질성 원인 검사 결과 등의 순으로 진행하였다.

코딩된 데이터를 바탕으로 메타분석에 필요한 분석도구로 CMA(Comprehensive Meta Analysis) 3.0 프로그램을 사용하였다.

IV. Result

1. Heterogeneity test

이 연구에서 전체 이질성 검사(between-study heterogeneity)를 실시한 결과는 Table 4.와 같다.

Table 4. Result of between-study heterogeneity

k	Q	I ²	p	95% CI
24	58.646	60.782	0.000	0.579~0.756

검증 결과, I²가 60.782%로 ‘중간 크기’의 이질성을 갖고 있는 것으로 확인되었다. Borenstein M.외(2010)는 연구간 이질성이 상당한 경우에는 무선효과모형을 적용하도록 권고하고 있다[20]. 그리고 이 연구에 수집된 자료들이 사회과학적 실험연구의 성격을 갖고 있어서 기본적으로 이질하다[9].

그래서 이 연구에서는 이질성 검사의 결과와 사회과학적 실험연구의 특성을 고려하여, 무선효과모형을 효과크기 산출에 필요한 모형으로 선정하였다.

2. Publication bias

이 연구에서 분석대상의 논문들에 대한 출판편견(publication bias)을 알아보기 위한 Funnel plot은 Fig. 3.과 같다.

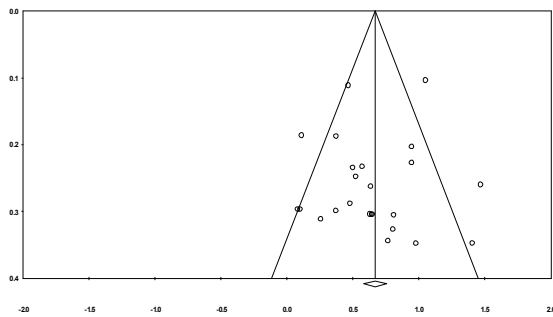


Fig. 3. Funnel plot

결과를 시각적으로 확인했을 때, 깔때기 밖에 4개의 연구들이 눈에 띄어 출판편견이 존재할 것으로 판단되지만, 나머지 많은 연구들이 깔때기 안쪽 중단에 골고루 분포되어 있어 그 영향이 크지 않을 것으로 판단되어, 이 연구의 결과로 효과크기를 과대 또는 과소 추정할 가능성은 크지 않은 것으로 확인되었다.

출판편견이 다소 발생할 가능성이 존재하여, Fig. 4.과 같이 ‘Trim and Fill’ 방법으로 보정된 깔때기 모형을 추가 확인하였다.

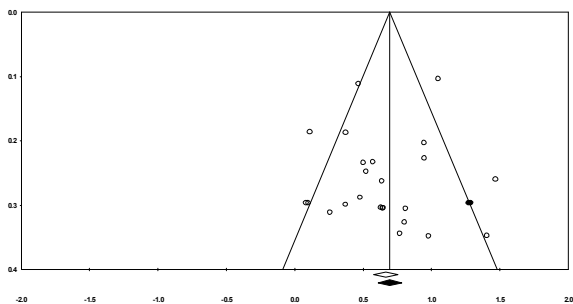


Fig. 4. Adjusted funnel plot

관찰된 전체 효과크기(observed value)는 0.643(95% CI: 0.490~0.796)에서 4개의 연구를 보정한 결과, 수정된 전체 효

과크기(adjusted value)는 0.7189(95% CI: 0.555~0.8603)로 증가하였다.

3. The effects of SW Education on CT

이 연구는 SW 교육이 CT 신장에 미치는 효과를 종합하고자 최근까지 발표된 24개의 사례를 조사, 수집하고 선별하여 무선효과모형(random-effects model)을 통해 메타분석을 실시하였다. 효과크기 값은 Hedges' g로, 결과 해석은 Cohen(1988)의 3단계 해석방법, 95% 신뢰구간 해석방법, 비중복백분위(percentiles of nonoverlap) 지수인 U₃지수를 통한 해석방법 등에 따라 서술하였다.

3.1 Effect size of SW Education

SW 교육활동을 적용한 사례들이 CT에 미치는 영향에 대한 개별 효과크기와 전체 효과크기를 나타낸 Forest plot은 Fig. 5.와 같다.

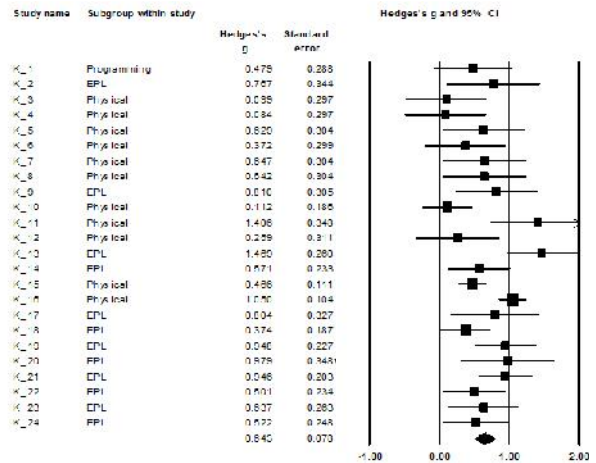


Fig. 5. Forest plot

SW 교육을 적용한 사례들이 CT에 미치는 영향에 대한 전체 효과크기를 산출한 결과 값은 Table 5.와 같다.

Table 5. Effect size of SW Education

k	Hedges' g	95% CI	SE	p	U ₃ (%)
24	0.643	0.490~0.796	0.078	<0.000	73.99

SW 교육활동이 CT 신장에 미치는 영향에 대한 전체 효과크기는 Hedges' g=0.643으로, 중간 효과크기를 가진다.

그리고 95% CI는 0.490~0.796으로 신뢰구간이 ‘0’보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 SW 교육이 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다.

그래서 SW 교육은 CT 신장에 중간 정도의 효과가 있다고 할 수 있어서 SW 교육활동은 CT 향상에 일반적인 혹은 전통적인 수업방법들보다 항상 정도가 중간 수준이며, 그 결과는 통계적으로 유의미하고 해석할 수 있다.

결과 해석의 이해를 돕기 위해, SW 교육활동이 CT 신장에 미치는 영향에 대한 전체 효과크기를 U_3 지수로 변환하고 도식화하면 Fig. 6.과 같다.

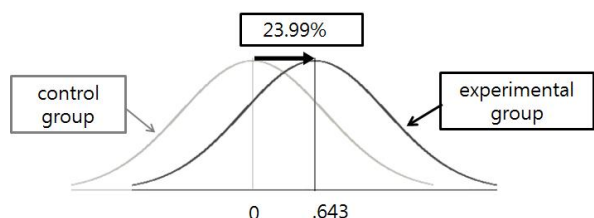


Fig. 6. U_3 - percentiles of nonoverlap

U_3 지수를 통해 해석하자면, 효과크기 0.643은 평균이 '0'이고 표준편차가 '1'인 표준정규분포상의 값이 0.2399이므로, 향상된 위치 값은 중간 값인 0.50을 더한 0.7399가 되어 백분율로 환산하면 73.99 퍼센타일이 된다. 이 결과로 해석하면, 일반적인 교육을 적용한 집단보다 SW 교육활동을 적용한 집단은 CT가 평균적으로 23.99% 더 향상 되었고, 상위 79.99 퍼센타일에 위치한다고 할 수 있다.

3.2 Differences in effect size by variable

이 연구의 메타분석 모델의 변인별 효과크기 차이를 알아보기 위해 무선효과모형으로 변인별 하위군 분석(subgroup analysis)을 실시하여 하위군 변인에 따른 효과크기를 산출하고, 하위군 간 이질성 검사를 실시하여 이질성 원인을 파악하였다.

3.2.1 Differences in effect size by SW education method

독립변인의 하위구분에 따른 SW 교육방법의 효과크기 차이를 분석한 결과는 Table 6.과 같다.

Table 6. Differences in effect size by SW education method

method	k	Hedges' g	95% CI	SE	p	U3(%)
EPL	12	0.755	0.578~0.933	0.091	0.000	77.49
physical computing	11	0.525	0.262~0.788	0.134	0.000	70.02
Java programming	1	0.479	-0.086~1.043	0.288	0.097	68.40

EPL은 CT 향상에 미치는 영향에 대한 효과크기가 Hedges' $g=0.755$ 로, 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는 0.578~0.933으로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 EPL이 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U_3 지수가 77.49 퍼센타일이 되어, 일반적인 교육활동을 적용한 집단보다 EPL을 적용한 집단의 CT가 평균적으로 27.49% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

피지컬컴퓨팅은 CT 향상에 미치는 영향에 대한 효과크기가 Hedges' $g=0.525$ 로 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는

0.262~0.788로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 피지컬컴퓨팅도 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U_3 지수가 70.02 퍼센타일이 되어, 일반적인 교육활동을 적용한 집단보다 피지컬컴퓨팅을 적용한 집단의 CT가 평균적으로 20.02% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

Java 프로그래밍은 CT 향상에 미치는 영향에 대한 효과크기가 Hedges' $g=0.479$ 로, 중간 효과크기를 가졌지만, 95% CI는 -0.086~1.043으로 신뢰구간이 '0' 구간을 포함하고 있기 때문에 CT 신장에 유의미하지 않은 것으로 확인되었다.

따라서 유의미한 영향을 미치는 SW 교육방법은 EPL과 피지컬컴퓨팅이었고, EPL이 피지컬컴퓨팅보다 CT 향상에 미치는 효과가 좋은 것으로 확인되었다.

그런데, SW 교육방법에 따라 효과크기의 차이가 발생하였는지를 이질성 검사를 통해 확인한 결과, SW 교육방법간 효과크기 차이($Q=4.139$, $d.f.=2$, $p<0.530$)는 통계적으로 유의하지는 않았다. 그래서 통계적으로 SW 교육방법의 차이가 효과크기의 차이 발생 원인으로는 판명되지 않았다.

3.2.2 Differences in effect size by target

조절변인인 연구대상에 따른 효과크기 차이를 분석한 결과는 Table 7.과 같다.

Table 7. Differences in effect size by target

target	k	Hedges' g	95% CI	SE	p	U3(%)
elementary school student	20	0.638	0.464~0.813	0.089	0.000	73.83
middle school student	1	0.479	-0.086~1.043	0.288	0.097	68.40
university student	3	0.721	0.293~1.150	0.048	0.001	76.45

SW 교육이 초등학생의 CT 향상에 미친 효과크기는 Hedges' $g=0.638$ 로 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는 0.464~0.813으로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 초등학생의 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U_3 지수가 73.83 퍼센타일이 되어, 초등학생을 대상으로 SW 교육활동을 진행했을 때 일반적인 교육활동보다 CT가 평균적으로 23.83% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

SW 교육이 중학생의 CT 향상에 미친 효과크기는 Hedges' $g=0.479$ 로 중간 효과크기를 가졌지만, 95% CI는 -0.086~1.043으로 신뢰구간이 '0' 포함하고 있기 때문에 중학생의 CT 신장에 유의미하지 않은 것으로 확인되었다.

SW 교육이 대학생의 CT 향상에 미친 효과크기는 Hedges' $g=0.721$ 로 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는 0.293~1.150으로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 대학생의 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U_3 지수가 76.45 퍼센타일이 되어, 대학생을 대상으로 SW 교육활동을 진행했을 때 일반적인 교육활동보다 CT가 평균적

으로 26.45% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

따라서 유의미한 결과를 나타낸 대상의 효과크기를 비교하면 SW 교육활동을 실시한 대학생의 CT가 가장 많이 향상되었고, 그다음으로 초등학생이 향상됨을 확인할 수 있었지만, 연구대상 간의 효과크기 차이($Q=0.451$, $d.f.=2$, $p<0.798$)는 통계적으로 유의하지는 않았다. 그래서 이 변인은 이질성의 원인으로 판명되지 않아, 통계적으로 SW 교육 대상의 차이가 효과크기의 차이 발생 원인으로 판명되지 않았다.

3.2.3 Differences in effect size by area

조절변인인 연구지역은 결측치가 1개 존재하여 23개 사례를 분석하였고, 그에 따른 효과크기 차이를 분석한 결과는 Table 8.과 같다.

Table 8. Differences in effect size by area

area	k	Hedges' g	95% CI	SE	p	U ₃ (%)
big city	10	0.537	0.350~0.724	0.096	0.000	70.44
small city & rural area	13	0.654	0.450~0.859	0.105	0.000	74.34

SW 교육이 대도시에서 이루어졌을 때 CT 향상에 미친 효과크기는 Hedges' $g=0.537$ 로 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는 0.350~0.724로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 대도시에서 적용된 경우가 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U₃지수가 70.44 퍼센타일이 되어, 대도시에서 SW 교육활동을 진행했을 때 일반적인 교육활동보다 CT가 평균적으로 20.44% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

SW 교육이 소도시/읍면지역에서 이루어졌을 때 CT 향상에 미친 효과크기는 Hedges' $g=0.654$ 로 중간 효과크기를 가지고, 95% CI는 0.450~0.859로 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 소도시/읍면지역에서 적용된 경우도 CT 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 해석된다. 또한 U₃지수가 74.34 퍼센타일이 되어, 소도시/읍면지역에서 SW 교육활동을 진행했을 때 일반적인 교육활동보다 CT가 평균적으로 24.34% 더 향상 되었다고 말할 수 있다.

연구지역에 따른 효과크기 차이로 소도시/읍면지역이 대도시보다 더 효과가 있음을 확인되었지만, 그 차이가 연구지역의 차이로 인해 발생한 것으로 확인 되지 않아 통계적으로 유의하지는 않아($Q=0.691$, $d.f.=1$, $p<0.406$), 효과크기 차이의 원인이 지역적 특성에 의해 기인한 것인지는 확인되지 않았다.

V. Conclusions

SW 교육이 CT에 미치는 효과를 연구한 논문들을 메타분석한 결과, 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, SW 교육이 CT 향상에 미치는 전체 효과가 중간 효과크기(Hedges' $g=0.643$)로 다른 교육활동보다 약 24% 정도의 향상 효과를 갖는 것으로 나타나, SW 교육을 통한 학생들의 CT 향상에 많은 도움이 되는 것으로 파악되었다.

둘째, SW 교육방법 중 EPL을 활용한 교육활동이 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 교육방법에 따른 효과크기 차이가 교육방법적 특성에 기인한 것인지는 통계적으로 판명되지 않았지만, CT 향상을 위한 가장 효과적인 SW 교육방법으로 ELP임을 객관적으로 확인하였기 때문에 SW 교육활동에서 EPL을 활용한 교육프로그램 개발은 그 효과성을 쉽게 검증받는 방법이 될 것이다.

셋째, 연구대상은 초등학생과 대학생이 SW 교육활동으로 CT 향상 효과가 유의미하고 그 향상 정도가 중간정도의 효과크기를 가졌다. 그래서 전체 초등학생을 대상으로 진행하는 2015 개정 교육과정에서 SW 교육활동은 그 실효성을 보장받을 수 있을 것이다. 그리고 이 연구가 대학생의 SW 교육활동이 미래사회 인재에게 필요한 CT를 향상시키는 긍정적 효과를 충분히 보장해주는 객관적이고 종합적인 결과로, 보다 많은 대학에서 학부생 필수 이수 과목으로 SW 교육과목을 선정하는 등, 일반대학교 교육과정운영에서 SW 교육의 적용을 일반화 할 수 있는 근거가 확보되었다.

이 연구에서 CT 향상을 위해 SW 교육활동을 진행한 지역이 대도시보다 소도시/읍면지역에서 더 효과가 큰 것으로 확인되었다. 일반적으로 대도시의 교육열이 높고, 이로 인한 SW 관련 교육활동으로 CT 향상에 더 높은 효과를 기대한 예상과 달리 교육적 혜택이 부족할 것으로 생각된 소도시/읍면지역에서의 더 큰 효과가 나타난 원인에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 그래서 소도시/읍면지역에서 진행된 SW 교육활동이 대도시보다 CT 향상에 더 효과적인 이유를 찾는 후속연구를 제안한다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Education, "2015 Revised Practical-arts and Informatics curriculum" 2015 Revised National Curriculum, Sep. 2015.
- [2] Wing, J. M., Computational Thinking. *Communication of the ACM*, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, Mar. 2006.
- [3] Jeong-Won Choi, Young-Jun Lee, "The Design of Method for Evaluating Computational Thinking," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Vol. 22, No. 2, pp. 177-178, Jul. 2014.
- [4] BCS, "Call for evidence-UK Digital Skills Taskforce" Retrieved from: <http://policy.bcs.org>, May. 2014.
- [5] Hyun Kang, "Statistical Considerations in Meta-Analysis Department of Anesthesiology and Pain Medicine,"

- Hanyang Med Rev, Published online <https://doi.org/10.7599/hmr.2015.35.1.23>, Feb. 2015.
- [6] Glass, G. V., "Primary, secondary and meta-analysis of research," *Educational Researcher*, Vol. 5, No. 10, pp. 3-8. 1976.
- [7] Cooper, Harris, M., "Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach" Thousand Oaks, CA: Sage, 2016.
- [8] Yeonhee Yun, "A Meta-analysis of the relationship between principals' transformational leadership and job satisfaction, organizational effectiveness," Doctoral dissertation, Graduate School of Ewha Womens University, Feb. 2008.
- [9] Seongsam Oh, "Theory and Practice of Meta-Analysis" Seoul, Korea: Konkuk University Press, 2002.
- [10] Hedges, H., Olkin, I., "Statistical methods for meta-analysis" Orlando, FL: Academic Press, 1985.
- [11] Egger M., Smith GD, Phillips AN, "Meta-analysis: principles and procedures" *BMJ*, Dec. 1997.
- [12] Dong-Man Kim, Tae-Wuk Lee, "A Meta-Analysis on the Effects of Educational Programming Language on High-level Thinking," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 23, No. 6, pp. 81-89, Jun. 2018.
- [13] SeongKyun Jeon, YoungJun Lee, "Meta-analysis of the programming learning effectiveness depending on the teaching and learning method," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 22, No. 11, pp. 125-133, Nov. 2017.
- [14] SungDong Hwang, *Understanding meta-analysis*. Seoul: Hakjisa, 2014.
- [15] Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG., "Measuring inconsistency in meta-analyses," *BMJ*, Sep. 2003.
- [16] Duval S, Tweedie R, "Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis" *Biometrics*, Jun. 2000.
- [17] Younah Jin, "Meta-analysis using Stata," Seoul, Korea: Korea University Press, pp. 102-103, 2015.
- [18] Cohen, J., "Statistical power analyst for the behavior science" NY: Academic Press, 1988.
- [19] Younghak Jin, Youngsik Kim, "A Meta-Analysis on the Effects of Educational Programming Language," *The Journal of Korean association of computer education*, Vol. 14, No. 3, pp. 25-36, May. 2011.
- [20] Borenstein M, Hedges LV, Higgins J, Rothstein HR., "A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis," *Research Synthesis Methods*, Vol. 1, No. 2, pp. 97-111, Apr. 2010.

Authors



Dong-Man Kim received the B.Ed. degree in Computer Education from Daegu National University of Education, Korea in 2002. He received the M.Ed. degree in Practical Arts Education from Gyeongin National University of Education, Korea in

2015. Mr. Kim is currently a doctoral course student in the Department of Computer Education, Korea National University of Education. He is interested in software education, maker education, and data mining.



Tae-Wuk Lee received the B.S. degree in Science Education from Seoul National University, Korea, in 1978. And he received the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Education from Florida Institute of Technology, U.S.A. in 1982 and

1985, respectively. Dr. Lee joined the Department of Computer Education at Korea National University of Education, Cheongju, Korea, since 1985. He is interested in computer education and knowledge engineering.