

A Meta-Analysis on the Effects of Educational Programming Language on High-level Thinking

Dong-Man Kim*, Tae-Wuk Lee**

Abstract

In this paper, we propose to investigate the existing EPL education related studies and to collect the total effect size for the improvement of high-level thinking through meta-analysis and to confirm the effect size according to various variables. So, we have objectively identified and generalized the practical effects of EPL education on the various elements of high-level thinking and high-level thinking. The results of the meta-analysis showed that 1) EPL is a teaching-learning tool that greatly improves students' high-level thinking. 2) Education based EPL has greatly contributed to the enhancement of creative thinking and logical thinking among high-level thinking. 3) Kodu, App Inventor, Scratch, and Dolittle was confirmed that the effect on the improvement of high-level thinking was great.

▶ Keyword: Meta-Analysis, High-level Thinking, Educational Programming Language, SW Education

1. Introduction

21세기 지식정보 사회는 지식을 단순히 암기하고 적용하기보다는 고등사고력을 통해 다양한 정보를 평가 및 선택하여 분석하고 종합하여 자신이 갖고 있는 기존의 지식과 융화하며, 창의적으로 표현할 수 있는 능력이 기본적으로 요구되고 있다. 따라서 미래 사회의 주역인 학생들로 하여금 고등사고력을 신장시켜 주는 것이 교육의 본질적이고 궁극적인 목적이 될 수 있다. 그래서 교육 분야에서 다양한 교육프로그램을 개발하여 학생들의 고등사고력 향상 방법을 검증하는 연구가 많이 진행되고 있다.

컴퓨터교육 분야에서도 고등사고력 향상을 목적으로 교육용 프로그래밍 언어(Educational Programming Language: EPL)를 개발하여 교육활동 도구로 사용하고 있다. EPL은 주로 프로그래밍 교육의 수월성과 흥미를 유발하는 비주얼 방식을 지향하며, 현재도 학생들의 고등사고력을 향상시키는 학습도구로 활용되고 있고, 다수의 연구로 그 효과가 검증되고 있다.

그러나 국내에서 EPL을 활용한 고등사고력 향상에 대한 많은 교육프로그램이 실험 연구되었지만, 이들 연구가 EPL이 고등사고력 향상에 어떤 효과를 보이는지, 제공된 교육프로그램에서 어

떤 변인이 고등사고력에 영향을 미치는지, 그리고 얼마나 영향을 미치는지 등에 대한 일반화된 결과를 도출하는데 한계가 있다.

그래서 각 연구들의 단편적인 결과를 통합 및 분석하여 EPL을 활용한 교육활동의 고등사고력 향상 효과를 보다 객관적으로 도출할 메타분석 연구가 필요하다.

따라서 이 연구의 목적은 기존 EPL 교육 관련 연구들을 조사 및 수집하여 메타분석을 통해 고등사고력 향상에 미치는 전체 효과크기의 산출과 다양한 변인에 따른 효과크기를 확인하여 고등사고력 및 고등사고력의 여러 요소들에 대한 EPL 교육의 실제적 효과를 객관적으로 확인하고 일반화하는데 있다.

이 연구의 목적과 관련하여 설정한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 학생들을 대상으로 한 EPL 활용 교육이 고등사고력에 영향을 미치는 전체 효과크기는 어떠한가? EPL의 종류에 따라 고등사고력에 영향을 미치는 효과크기는 어떠한가?

둘째, 학생들의 고등사고력에 관한 효과크기는 연구대상별, 연구지역별 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@knu.ac.kr), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

• Received: 2018. 05. 17, Revised: 2018. 06. 01, Accepted: 2018. 06. 12.

II. preliminaries

1. Educational Programming Language

교육용 프로그래밍 언어(EPL)는 교육을 목적으로 고안된 프로그래밍 언어로 초보 학습자가 프로그래밍 초기 학습과정의 인지적 부담을 감소시켜 주어 학습에 흥미를 유발하고 몰입하게 한다[1]. EPL은 상업적인 목적을 포함한 전문적인 교육을 받고 사용하는 범용 프로그래밍 언어들과는 달리 패키지화된 다양한 어플리케이션이 존재하지는 않지만, 단순한 문법과 학습자의 사고력, 문제해결력, 창의적 표현력, 협업능력, 의사소통 등의 능력을 신장시키기 위한 목적으로 배우기 쉽게 만들어진 프로그래밍 언어이다[2]. 대부분 비주얼 방식으로 고안되어 있어 학생들이 시각화된 블록이나 퍼즐 모양의 명령어를 조합하여 다양한 프로그램을 창의적으로 제작할 수 있고, 레고 블록 같은 모양의 명령어를 조합함으로써 문법 오류 위험을 줄이고, 디버깅 과정을 수월하게 할 수 있다[3]. 대표적인 EPL은 Scratch, Entry, App Inventor, Blockly, Dolittle, Kodu, AgentSheet, Squeak 등이 있다[1-3].

2. High-level thinking

고등사고력(high-level thinking)의 정의에 대해 명확하지 않아 그 의미를 알아보기 위해, 비슷한 용어인 고급사고력을 포함한 고등사고력의 개념을 제시한 국내외 여러 학자들의 견해를 살펴보면 다음과 같다.

Newmann(1991)에 의하면, 고등사고력(higher-level thinking)은 기억한 정보를 제시하거나 공식에 숫자를 삽입하거나 이미 학습한 규칙을 적용하는 등의 저급사고력(lower-level thinking)과 구분되며, 비판적 사고(critical thinking), 확산적·창의적 사고(divergent or creative thinking), 추론(reasoning), 문제 해결력(problem solving), 의사결정력(decision making)과 같은 개념들이 포함되며 도전적(challenge)이고 확장적(expanded)인 정신에 적용된다고 하였다[4]. 그래서 고급 사고는 학습한 지식의 기본적인 응용으로 문제를 해결할 수 없기에 정보를 재해석하고, 분석하고, 조정하여 처리할 때 일어난다[4].

Woolever와 Scott(1998)은 고등사고력을 능동적 태도를 갖고 질문하고 설명하여 조직하고 해석하는 등의 학습자가 주도적으로 참여하는 과정을 통해 문제해결, 창조적 사고, 비판적 사고, 의사결정 등의 활동이 포함된다고 말하였다[5].

Ormrod(2000)는 Bloom's Taxonomy와 연관지어 분석·종합·평가를 고등사고력이라고 보고, 정보를 분석, 종합, 평가하여 다른 방식에서 정신적으로 조작해야 하는 경우에 규칙적으로 고등사고 기능(high-level thinking skills)이 관여한다고 보았다[6].

Resnick(1987)은 고등사고력을 복합적인 준거로 복잡한 상황을 분석하여 판단하는 개인적 정신활동이며 진지한 노력과 자기 사고과정에 대한 자율적인 규제(self-regulation)가 필요

하며 의미를 스스로 구성하고 주어진 상황에 대한 나름의 틀을 형성하는 과정으로 보았다[7].

차경수(2004)는 새로운 상황에 직면했을 때 단순한 암기나 과거에 자기가 행동하던 방법을 넘어서서 독창적으로 문제를 해결하는 정신 작용으로 고급사고력을 정의하였다[8].

이광성(1997)은 고급사고력이 학생이 직면한 문제에 슬기롭게 대처하여 해결할 수 있는 능력이라고 하였고[9], 전숙자(2001)는 지식 정보화 사회에서 발생하는 복잡한 사회 문제들을 해결할 때 유연한 사고 능력과 창조적 사고가 필요하고 고차원적 사고능력에는 비판적 사고력, 창조적 사고력, 문제 해결력(탐구력), 의사결정력 등이 있다고 말하였다[10].

이해주(1994)는 고급사고력은 크게 지식, 지적 기능, 숙고하는 태도 등 3가지 요소로 구성되며, 문제해결력, 의사결정력, 비판적 사고력, 창조적 사고력, 메타인지 등을 모두 포함하는 개념으로 정의하였다[11].

권오중과 김영숙(2004)은 고등사고 작용은 각기 두뇌에서 일어나는 사고 작용으로도 볼 수 있지만, 실제 문제 해결장면에서 다양한 사고력이 동시에 필요한 경우가 많다고 말하였다[12]. 따라서 고등사고력은 다양한 사고가 복합적으로 발생할 수 있는 정신 작용으로 본다.

지금까지 살펴본 고등사고력에 대한 학자들의 연구를 종합하여, 이 연구에서는 고등사고력을 '학습자가 다양한 상황에서 문제에 직면했을 때 기존 지식의 재생산이나 단순한 적용이 아닌 창의적으로 문제를 해결할 때 복합적으로 발생하는 정신 작용'으로 정의한다. 그리고 고등사고력은 창의적인 정신 작용으로 논리적 사고력(logical thinking), 문제해결력(problem solving), 창의적 사고력(creative thinking), 의사결정력(decision making), 비판적 사고력(critical thinking), 메타인지(metacognition) 등을 포함한다.

또한 고등사고력은 학습에 대한 관점의 변화를 야기하며, 학생들이 지식을 단순히 전달 받는 것 이상의 사고과정이 필요하고, 그 나름의 의미를 구성하는 과정이다. 그래서 고등사고력을 통해 학습자는 복잡한 상황에서 어떤 목적을 달성하고, 문제를 해결하기 위해 자신의 기억 속에 있는 정보와 새로운 정보를 탐구(inquiring)하고 연결(connecting)하거나 단절(disconnecting)할지 의사결정(decision making)하고 재배열(rearranging)하는, 확장(extending)하는, 구성(constructing)하는, 반성(reflecting)하는 등의 복합적인 과정을 경험할 수 있다.

3. Meta-analysis

메타분석(meta-analysis)은 두 개 이상 개별적인 연구들의 추정치를 종합하여 요약 추정치를 합성하는 통계방법을 말한다[13]. 메타분석으로 특정 주제의 선행 연구들을 종합하여 통계적으로 재분석하고 그에 따른 효과크기(effect size)를 확인하여 해당 주제에 대한 종합적인 결론을 도출해낼 수 있다[13]. 효과크기는 메타분석에서 서로 다른 연구들의 척도 결과를 요

약하기 위해 동일 척도로 바꾸어 주는 표준화 과정이 필요한데, 이러한 표준화된 척도가 바로 효과크기다. 효과크기는 정략적인 지수로 각 연구에서 관심을 갖는 관계의 크기 혹은 강도를 나타낸다[14]. 그래서 메타분석은 기존의 여러 연구결과들을 종합하여 다시 분석하는, 이른바 ‘분석의 분석’으로서 어느 특정주제와 관련되어 누적되어 온 독립적인 개별연구의 결과를 하나로 모아 통계적으로 분석하는 방법이다[15].

메타분석은 연구자가 제시한 절차에 따라 반복 가능한 결과를 도출해 낼 수 있고, 통계적으로 검증 가능한 특징을 갖고 있어 기존 문헌연구와 차이가 있다[16]. 그래서 메타분석은 특정 주제에 대해 많은 양적 연구 결과가 누적되어 있을 경우 이를 종합적 분석하거나, 특정 주제에 대해 상반된 결론이 난무하여 신뢰할 수 있고 타당한 결론이 필요할 때 사용되어 온 연구방법이다[17].

III. Method

1. Analysis Target

이 연구는 EPL과 관련된 요인의 효과에 관한 메타분석을 수행하기 위해 2018년 4월 5일부터 15일까지, 10일간 한국교육학술정보원(RISS)을 활용하여 검색한 2008년부터 2018년 2월까지 최근 약 10년간 국내에서 발표된 석·박사 학위 논문 및 학술지 논문을 분석대상으로 하였다. 연구대상 논문은 RISS 웹사이트에서 원문이 공개된 문헌만 수집하였다. 논문을 수집하기 위해 검색 키워드(key word)로 ‘고등사고’, ‘논리적 사고’, ‘문제해결’, ‘의사결정’, ‘창의적 사고’, ‘비판적 사고’, ‘메타인지’ 등을 사용하였으며, 이들 각 검색어로 검색한 후 결과 내에서 ‘소프트웨어교육’, ‘EPL’, ‘프로그래밍언어’ 등과 대표적인 EPL인 ‘Scratch’, ‘Entry’, ‘App Inventor’, ‘Blockly’, ‘Dolittle’, ‘Kodu’, ‘AgentSheet’, ‘Squeak’ 등을 각각 재검색하였다. 이 과정을 통하여 검색된 논문은 총 3,635편이었고, 석·박사 학위 논문이 2,699편, 국내학술지 논문이 936편이었다.

검색된 논문은 정렬 및 인터넷 열람을 통해 제목과 초록을 확인하여 중복된 논문을 제외하고 내려 받았다. 1차 검토로 EPL 적용효과의 종속변인으로 고등사고력과 관련이 없는 논문, 독립변인이 EPL 교육과 관련이 없거나 언플러그드 컴퓨팅, 피지컬 컴퓨팅(로봇교육 포함) 등과 복합적으로 작용한 논문, 학생을 연구대상으로 수행하지 않은 논문, 이 연구의 질을 높이기 위해 학술지 논문 중 KCI 등재되지 않은 논문 등은 제외하였다. 이후 2차 검토로 교육을 적용한 실험연구로 실험집단과 통제집단을 설정하여 두 집단의 사후 비교 결과를 평균 및 표준편차 등의 통계수치로 제시하지 않은 논문, 연구 결과 데이터가 학술지와 학위논문에 중복된 경우는 학술지 논문만을 선택하고 학위 논문은 제외하였다. 이상의 6가지 자료 선정 기준에 따라 2차례 검토하고, 그 결과에 따라 분석대상 논문으로 총

52편을 선정하였다. 메타분석을 위한 구체적인 논문 선정 절차는 Fig. 1.과 같다.

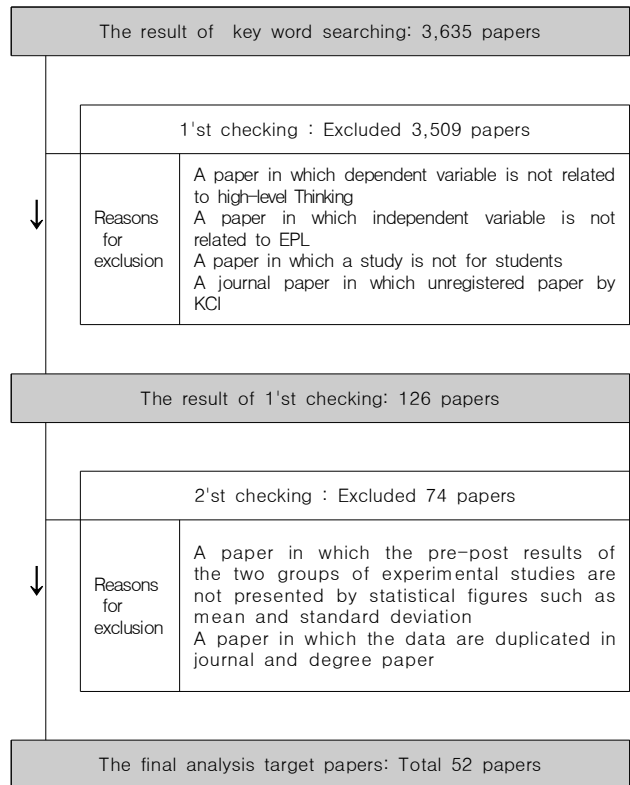


Fig. 1. The checking process of studies

2. Coding of data

이 연구에서는 분석 대상 논문들의 특성을 파악하기 위해 개발된 코딩 매뉴얼을 사용하였다. 자료의 코딩은 일련번호, 논문 유형, 논문제목, 발행연도, 연구대상, 연구지역, EPL 유형, 고등사고력 각 구성요소 등과 실험 및 통제 집단 각각의 표집 수, 평균, 표준편차로 구분하여 코딩 처리하였다.

자료 코딩의 작업에서 석사학위 소지자 1인과 함께 각 논문의 척도, 문항들을 확인해가며 유목화하였고, 코딩 시 한 논문에 고등사고력의 요소 중 2가지 이상을 측정하였다면 각각 효과크기 사례 수에 포함하였고 해당하는 변인에 각각 데이터를 입력하였다. 그리고 코딩 중에 데이터 오류가 확인된 1건, 고등사고력의 하위요소보다 보다 작은 요소로 구분된 데이터를 제시한 논문 4편 등, 총 5편의 논문을 추가 제외하였다.

결국, 코딩 결과 최종 분석 논문 수는 47편이고, EPL 교육의 전체 사례 수는 50개였다.

코딩의 편리성을 위해 MS의 Excel 2010 프로그램을 사용하여 데이터를 입력하였다. 코딩의 결과 이 연구의 메타분석을 위한 의미 있는 효과크기 사례 수는 Table 1.과 같다.

Table 1. Cases of effect sizes

Item		Number	Total
EPL education program		50	50
EPL type	Scratch	33	50
	Dolittle	6	
	App Inventor	3	
	Entry	3	
	Kodu	3	
	Squeak	2	
Target	Elementary school students	41	50
	Middle and high school students	9	
	University students	0	
Area	Big city	17	50
	Medium city & Rural	30	
	None	3	
Paper type	Doctor's degree	3	50
	Master's degree	39	
	Journal	8	
High-level Thinking	Logical thinking	25	50
	Problem solving	20	
	Creative thinking	4	
	Decision making	0	
	Critical thinking	0	
	Metacognition	1	

위와 같은 코딩의 결과, 국내 EPL을 활용한 교육활동이 고등사고력에 미치는 영향에 관한 연구는 EPL의 종류 중에 Scratch를 이용한 연구, 초등학생을 대상으로 한 연구, 중소도시/읍면 지역에서 적용한 연구가 많았다. 또한 논문의 유형에서는 석사학위 논문에서 EPL을 활용한 연구가 많았고, 고등사고력 요소 중에는 논리적 사고력과 문제해결력에 관한 연구가 많았다. 코딩 과정을 통해 기존 EPL이 고등사고력에 미치는 영향에 관한 양적 연구들이, 이 연구에서 개발된 코딩 매뉴얼의 분류에 따르면, 연구 설계가 다소 편향적인 것을 확인할 수 있었다.

그리고 'Blockly', 'AgentSheet' 등의 EPL을 적용한 논문, 대학생들을 대상으로 한 논문, 고등사고력 중 의사결정력, 비판적 사고력 등에 대한 논문은 선별되지 않았음을 확인하였다. 그리고 연구가 진행된 지역을 제시하지 않은 논문이 3개 있었다.

3. Variables and model of meta-analysis

EPL이 고등사고력 향상에 미치는 효과크기를 측정하는 메타분석에서 독립변인을 EPL과 그 하위영역으로 여러 EPL을, 종속변인은 고등사고력 및 그 하위구성요소로 각각 설정하고, 조절변인은 자료 수집된 공통 변인들을 추출하여 범주화하였다. 그래서 독립변인 EPL의 하위구분은 조사된 Scratch, Dolittle, App Inventor, Entry, Kodu, Squeak 등으로 설정되었다. 종속변인인 고등사고력 하위구성요소도 코딩과정에서 조사된 논리적 사고력, 문제해결력, 창의적 사고력, 메타인지 등

에 대해서만 하위요소 종속변인으로 정했다. 조절변인은 조사된 자료를 바탕으로 2가지로 구분하였다. 조절변인 1은 연구대상을 위해 학교급별로 초등학생과 중·고등학생으로, 조절변인 2는 연구지역을 대도시, 중소도시/읍면 등으로 구분하여 정하였다. 독립변인의 하위구분과 종속변인의 하위구성요소, 조절변인 등은 모두 범주형 변인이다.

이 연구의 변인을 바탕으로 독립변인인 EPL에 따른 종속변인인 학생들의 고등사고력의 변화를 확인하기 위한 연구 모형을 설정하였다. 또한 조절변인인 연구대상과 연구지역에 따른 고등사고력에 미치는 영향 차이와 이질성의 원인을 확인할 수 있게 설계하였다. 이 연구의 도식화된 메타 분석 모형은 Fig. 2. 과 같다.

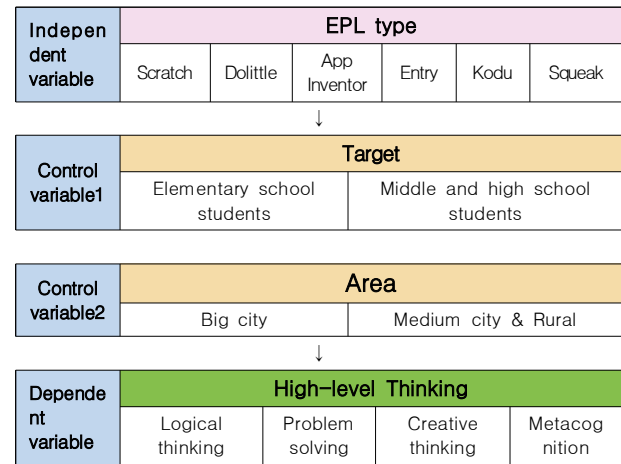


Fig. 2. Model of meta-analysis

4. Meta-analysis Procedure and Method

이 연구는 Egger M, Smith GD, Phillips AN(1997) 등이 함께 제시한 메타분석 절차에 따라 1)논문들 간 효과크기(effect size)의 이질성(between-study heterogeneity) 검사, 2)메타분석의 통계분석, 3) 출판편견(publication bias) 조사, 4)이질성 원인검사, 5)결과 제시 및 해석 등의 5단계 절차를 Table 2. 와 같이 거쳤다[18].

Table 2. Process of statistical analysis of meta-analysis

Step	Content & method
1	Search for presence of between-study heterogeneity: Cochran Q test, I ²
2	Performing meta-analysis: fixed or random effect model, forrest plot
3	Checking publication bias: funnel plot, Trim and Fill
4	Search for causes of heterogeneity: subgroup analysis, Meta-ANOVA
5	Interpreting and presenting meta-analysis result

첫 번째로, 이질성(between-study heterogeneity) 검사를 실시하였다. 이질성 검사를 먼저 실시하는 이유는 조사된 연구 결과

들 간에 이질성이 있을 때는 무선효과모형(random-effects model)을, 이질성이 없을 때는 고정효과모형(fixed-effects model)을 각각 적용해야하는 것처럼, 이질성에 따라 메타분석 방법이 다르기 때문이다[17]. 이질성 검사는 각 연구들의 효과크기가 산출된 효과크기 값으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 검정하는 방법인 Cochran Q 검사 값을 바탕으로 정량적으로 분석하는 방법인 I²통계량을 적용하였다[18]. I²통계량은 전체 관찰 분산 중 실제 분산이 차지하는 상대적 분산 값이며, 연구의 수나 효과크기의 종류에 영향을 받지 않고 이질성을 정량적으로 표시하며 $I^2=100\% \times (Q-df)/Q$ (Q=Cochran Q 이질성 값, df=degree of freedom)로 계산된다[19]. 이질성 검사 결과 산출된 I² 값이 25%보다 작으면 ‘작은 크기’의 이질성으로, I²가 25~75%면 ‘중간 크기’의 이질성으로, I²가 75%보다 크면 ‘큰 크기’의 이질성으로 구분해서 해석할 수 있다[19].

두 번째로, 메타분석의 통계분석을 실시하였다. 일반적으로 메타분석에서 적용하는 효과크기 Cohen's d 값이 표본이 작을 때 효과크기가 과대 추정되는 경향이 있어, 이 연구에서는 효과크기를 Hedges' g로 교정하여 산출하였다[20]. 그리고 고등사고력에 대한 전체 효과크기와 EPL 종류에 따른 효과크기, 중속변인의 고등사고력 하위요소에 대한 연구 결과를 의미있게 비교할 수 있는 각 요소별 효과크기를 산출하였다.

세 번째는, 출판편견(publication bias) 조사를 실시하였다. 메타분석은 연구주제와 관련된 모든 연구물을 분석하지 않고 일부만을 분석할 때 발생하는 출판편견 문제를 알아야 한다[21]. 이 연구에서 출판편견을 알아보기 위해 Funnel Plot을 통하여 효과크기 분포의 좌우대칭을 살펴보고, 출판편견이 발생할 경우에는 메타분석 결과의 효과크기를 보정하기 위해 비대칭일 경우 효과크기를 추정 및 채워 넣어줌으로 대칭적인 분포를 만들어 편향되지 않는 효과크기를 추정할 수 있는 Duval S & Tweedie R's 'Trim and Fill' 방법을 사용하였다[22].

네 번째는, 조절변인에 따른 이질성 원인검사를 실시하였다. 이 연구의 조절변인은 학교급별 적용대상과 연구지역을 선정하였다. 모두 범주형 변인으로 Meta-ANOVA 분석방법을 이용하여 이질성에 대한 원인 검사를 실시하였다. 이질성의 원인으로 추정되는 조절변인에 따라 연구물을 집단으로 분류하고 각 집단 내에 속해 있는 연구들의 효과크기들이 동질적인지, 그리고 각 집단 간 효과크기가 이질적인지를 확인하여 이질성의 원인을 찾을 수 있다[23]. 즉, 집단 내 효과크기들이 동질적이고 집단 간 효과크기가 이질적이라면, 연구 특성으로 분류된 집단 간 효과크기의 차이는 연구특성의 차이에 기인한 것으로 판단하는 방식이다[23].

마지막 다섯 번째는, 결과 제시 및 해석의 단계이다. 이 연구의 결과 제시는 효과크기로 산출된 Hedges' g와 해석을 위한 95% CI, SE, Q, I², p 등의 데이터를 제시하였다. 결과 해석은 Cohen(1988)이 제안한 3단계 해석방법과 95% 신뢰구간 해석방법 등을 활용하였다[20][24]. Cohen(1988)의 3단계 해석방

법은 효과크기가 0.40보다 작으면 ‘작은 효과크기’로, 0.40~0.80은 ‘중간 효과크기’로, 0.80보다 크면 ‘큰 효과크기’로 해석할 수 있다[24]. 그리고 효과크기는 95% 신뢰구간으로 해석할 때, 신뢰구간이 ‘0’보다 큰 구간을 포함하면 유의미한 효과를 나타낸다고 해석할 수 있다[20].

메타 분석은 코딩된 데이터를 바탕으로 CMA 3.0 프로그램과 ‘웹에서 하는 R 메타분석’ 프로그램을 사용하여 실시하였다[25].

IV. Result

1. Heterogeneity test

이 연구에서 전체 이질성 검사(between-study heterogeneity)를 위해 고정효과모형(fixed-effects model)을 바탕으로 검증을 실시한 결과는 Table 3.과 같다.

Table 3. Result of between-study heterogeneity

k	Q	I ²	p	95% CI	Hedges' g	SE
50	197.304	75.165%	< 0.000	0.67908 ~ 0.99713	0.69779	0.039

검증 결과, I²가 75.165%로 큰 크기의 이질성을 갖고 있는 것으로 확인되었다. 따라서 이질성 검사를 통해 이질성이 상당한 자료임을 확인하였고, 사회과학적 실험연구의 특성상 기본적으로 이질성이 상당하다는 점까지 고려했을 때 무선효과모형(random-effects model)의 적용이 타당하다고 판단되었다.

2. Publication bias

출판편견(publication bias)을 시각적으로 검토하기 위해 분석 대상 연구들의 전체적인 효과크기의 분포를 Funnel plot로 나타낸 결과는 Fig. 3.과 같다.

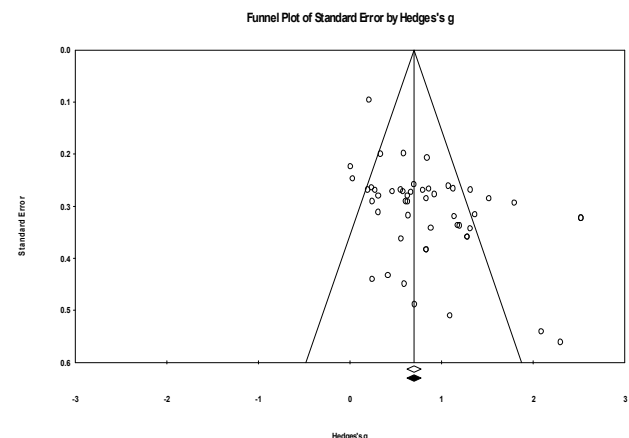


Fig. 3. Funnel plot

결과를 시각으로 확인했을 때, 깔때기 밖과 깔때기 안쪽 하단의 연구들이 눈에 상당부분 눈에 띄어 출판편견이 존재할 것으로 판단되지만, 나머지 많은 연구들이 깔때기 안쪽 중·상단에 골고루 분포되어 있어 출판편견으로 인한 연구결과의 효과크기를 과대 또는 과소 추정할 가능성은 크지 않은 것으로 판단된다.

이어서 전체 효과크기를 Trim and Fill 방법으로 보정된 효과크기를 산출하였고, Adjusted Funnel plot은 Fig. 4와 같다.

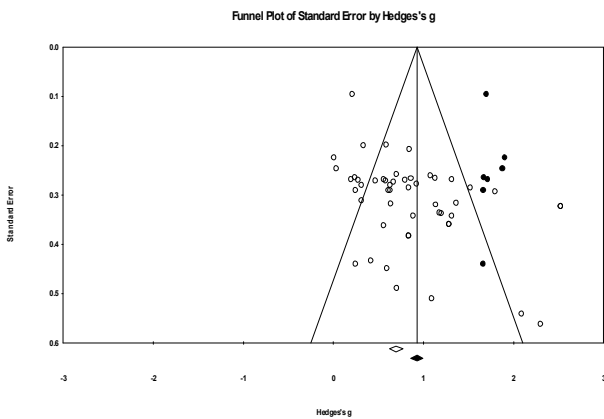


Fig. 4. Adjusted Funnel plot

무선효과모형의 관찰된 전체 효과크기(observed value)는 0.83(95% CI: 0.67908~0.99713)이고 보정된 전체 효과크기(adjusted value)는 0.96423(95% CI: 0.78765~1.14080)로 증가하였다.

3. The effects of EPL on High-level Thinking

이 연구는 EPL 교육이 고등사고력 신장에 미치는 효과를 종합하고자 최근 약 10년간의 연구 논문 중, 50개의 사례를 조사 선별하여 무선효과모형(random-effects model)을 통해 분석을 수행하였다.

3.1 Effect size of the EPL education

먼저, EPL을 적용한 교육에서 고등사고력에 미치는 효과에 대한 전체 효과크기를 산출하였다. 그 결과 값은 Table 4와 같고 Forest plot은 Fig. 5와 같다.

Table 4. Effect size of the EPL education

k	Hedges' g	95% CI	SE	p
50	0.83811	0.67908 ~ 0.99713	0.081	< 0.000

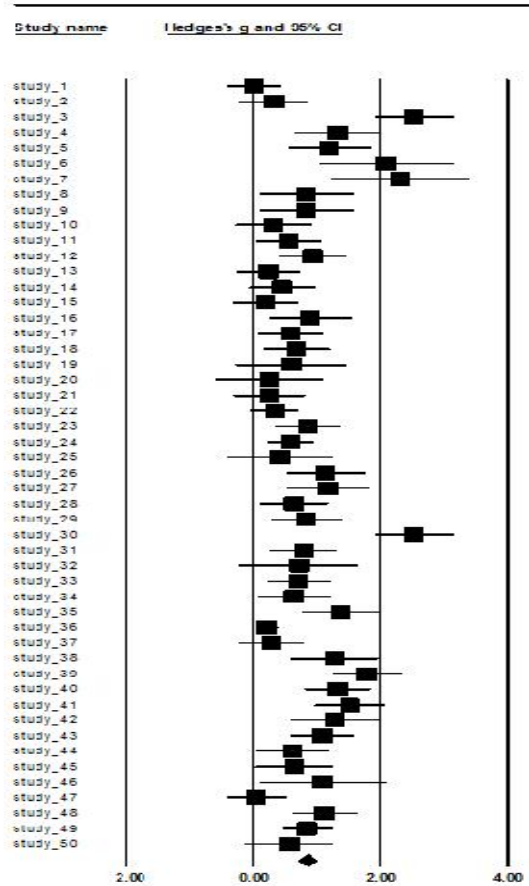


Fig. 5. Forest plot

EPL 교육이 고등사고력에 미치는 영향에 대한 전체 효과크기는 큰 효과크기(Hedges' g=0.83811)를 나타내었으며, 95% 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하고 있기 때문에 고등사고력 신장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 EPL을 적용한 교육활동은 고등사고력 향상에 전통적인 수업도구들보다 통계적으로 유의미한 영향을 미치며, 그 향상 효과가 높은 수준인 것으로 나타났다.

EPL의 종류별 각각의 효과크기는 Table 5와 같다.

Table 5. Effect size by EPL type

Type	k	Hedges' g	95% CI	Q	I ²
Dolittle	6	0.8271	0.3521~1.3022	26.14	80.9%
Kodu	3	0.9949	0.3314~1.6584	33.76	94.1%
Scratch	33	0.8743	0.6675~1.0812	117.90	72.9%
Squeak	2	0.4963	-0.3009~1.2935	2.41	58.6%
Entry	3	0.5295	-0.1257~1.1846	1.47	0.0%
App Inventor	3	0.8747	0.2001~1.5493	3.52	43.1%

EPL을 적용한 고등사고력 신장에 관한 연구들에서 Scratch를 적용한 연구가 가장 많았고, 나머지 Dolittle, Kodu, Squeak, Entry, App Inventor는 상대적으로 연구가 적었다. 신뢰구간이 '0'보다 큰 구간을 포함하는 Kodu(Hedges' g=0.9949, 95% CI: 0.3314~1.6584), App Inventor(Hedges' g=0.8747, 95% CI:

0.2001~1.5493), Scratch(Hedges' $g=0.8743$, 95% CI: 0.6675~1.0812), Dolittle(Hedges' $g=0.8271$, 95% CI: 0.3521~1.3022) 등은 유의미한 효과를 나타내었고, 또한 이들은 앞서 제시한 순서대로 고등사고력 향상에 주는 영향 차이가 나타났으며, 모두 큰 효과크기를 가졌다. Squeak과 Entry는 중간 효과크기를 나타내었지만 유의미한 결과는 아니었다. 즉, Kodu, App Inventor, Scratch, Dolittle 등을 학습활동 도구로 사용한 EPL 교육프로그램은 고등사고력 향상에 유의미한 영향을 미치며, 그 향상 효과가 높은 수준인 것으로 나타났다.

EPL 종류 중에 특히 고등사고력에 미치는 효과가 큰 EPL을 알아보기 위해 Meta-ANOVA를 실시하였다. 그 결과는 Table 6.과 같이 집단 간 차이($Q=1.90$, $p<0.8622$)가 적고 집단 내 차이($Q=185.20$, $p<0.0001$)가 커서, 여러 EPL 간 효과크기 차이가 통계적으로 유의하지 않아 고등사고력 향상에 특별히 효과적인 특정 EPL은 찾지 못했다.

Table 6. Result of Meta-ANOVA by EPL of studies

	Q	d.f.	p-value
Between groups	1.90	5	0.8622
Within groups	185.20	44	0.0001

결국, 이 연구 결과로 EPL 교육이 고등사고력 향상에 미치는 영향에 대한 전체 효과는 큰 수준으로 나타났으며, 고등사고력 향상에 효과적인 EPL은 Kodu, App Inventor, Scratch, Dolittle 등의 순으로 확인되었으나 고등사고력 향상에 특히 효과적인 EPL을 통계적으로 확인할 수는 없었다.

3.2 The effects by subgroup analysis of High-level Thinking

고등사고력에 각기 다른 통계적 척도를 적용한 고등사고력 하위요소에 대한 연구 결과를 의미있게 비교할 수 있는 각 하위요소별 효과크기를 산출하였다.

중속변인별 하위군 분석(subgroup analysis)을 실시한 결과, 고등사고력의 하위요소인 논리적 사고력, 문제해결력, 창의적 사고력, 메타인지 등으로 각각의 효과크기를 검증하였다. 그 결

과는 Table 7.과 같다.

EPL이 고등사고력에 미치는 영향을 분석한 논문 중에 고등사고력의 하위요소 중 논리적 사고력에 미치는 영향을 연구한 논문이 제일 많았고 문제해결력을 연구한 논문이 그 다음을 이었다. 창의적 사고력은 4개의 사례와 메타인지는 1개의 사례로 이와 관련된 연구는 사례가 적었다.

각 요소별 효과크기를 분석한 결과 4개 요소 모두에서 효과가 유의한 것으로 나타났으며, 효과크기는 창의적 사고력(Hedges' $g=1.1464$, 95% CI: 0.6284~1.6645)이 가장 크게 나타났으며, 논리적 사고력(Hedges' $g=0.8196$, 95% CI: 0.5718~1.0673), 문제해결력(Hedges' $g=0.7958$, 95% CI: 0.5623~ 1.0293), 메타인지(Hedges' $g=0.7009$, 95% CI: 0.1870~1.2148) 순으로 효과크기의 차이를 보였다. 창의적 사고력과 논리적 사고력은 큰 효과크기를, 문제해결력과 메타인지는 중간 크기의 효과를 가지는 것으로 나타났다. 그러나 고등사고력의 하위요소 간의 효과크기 차이($Q=1.76$, $p<0.6228$)는 통계적으로 유의하지는 않았다.

4. Causes of heterogeneity

이 연구의 이질성이 큰 것($I^2=75.165\%$)으로 나타나 이에 관한 조절변인의 효과크기 및 집단 차이를 확인하기 위하여 Meta-ANOVA를 실시하였다.

4.1 Meta-ANOVA by target of studies

조절변인 1인 연구대상을 초등학생, 중·고등학생으로 구분하여 Meta-ANOVA를 실시하였고, 그 결과는 Table 8.과 같다.

초등학생들을 대상으로 적용한 연구들은 큰 효과크기(Hedges' $g=0.8110$)를, 중·고등학생들 대상으로 적용한 연구들에서도 큰 효과크기(Hedges' $g=0.9428$)를 가지는 것으로 나타났다. 그리고 EPL이 중·고등학생의 고등사고력 향상에 더 효과적인 것으로 확인되었다. 그러나 통계적으로 집단 내의 동질성($Q=183.91$, $p<0.0001$)이 확보되지 않고, 집단 간 이질성($Q=0.39$, $p<0.5333$)이 유의하지 못하여 연구 대상이 유의한 조절변인으로 판명되지 않았고, 그 원인으로 초등학생 집단 내

Table 7. Result of subgroup analysis

Element	k	Hedges' g	95% CI	Q	I^2	Q (Between groups)	P
Logical thinking	25	0.8196	0.5718 ~ 1.0673	98.71	75.7%	1.76	0.6228
Problem solving	20	0.7958	0.5623 ~ 1.0293	68.37	72.2%		
Metacognition	1	0.7009	0.1870 ~ 1.2148	0	-		
Creative thinking	4	1.1464	0.6284 ~ 1.6645	9.68	69.0%		

Table 8. Result of Meta-ANOVA by target of studies

Control variable		k	Hedges' g	95% CI	Q	I^2	Between groups			Within groups		
							Q	d.f.	p	Q	d.f.	p
Target (students)	Elementary school	41	0.8110	0.6358 ~ 0.9862	169.98	76.5%	0.39	1	0.5333	183.91	48	< 0.0001
	Middle and high school	9	0.9428	0.5670 ~ 1.3186	13.92	42.5%						

Table 9. Result of Meta-ANOVA by area of studies

Control variable		k	Hedges' g	95% CI	Q	I ²	Between groups			Within groups		
							Q	d.f.	p	Q	d.f.	p
Area	Big city	30	0.8376	0.6245~ 1.0508	80.43	63.9%	0.00	1	0.9790	179.21	45	< 0.0001
	Medium city & Rural	17	0.8330	0.5624~ 1.1036	98.78	83.8%						

이질성이 큰 것(Q=169.98, I²=76.5%)으로 확인되었다.

4.2 Meta-ANOVA by area of studies

조절변인 2인 연구지역을 대도시와 중소도시/읍면으로 구분하여 Meta-ANOVA를 실시한 결과는 Table 9.와 같다.

대도시에서 시행한 연구들은 큰 효과크기(Hedges' g=0.8376), 중소도시/읍면에서 시행한 연구들에서도 큰 효과크기(Hedges' g=0.8330)로 나타났다. 이질성 검사 결과는 집단 내의 동질성(Q=179.21, p<0.0001)이 확보되지 않고, 집단 간의 이질성(Q=0.00, p<0.9790)이 통계적으로 유의하지 못하여 연구지역은 이질성의 원인으로 판명되지 못했다.

따라서 이 연구의 분석대상 논문들이 다양한 교육프로그램이 적용되어 실시된 연구인 것을 고려했을 때, 선택된 조절변인인 연구대상, 연구지역 등은 이질성의 원인으로 밝혀지지 않았고 이보다 더 미시적이거나 파악되지 않은 원인으로 인해 이질성이 생겼음을 짐작할 수 있었다.

이 연구에서 이질성의 원인은 교사와 학생의 특성, 학교 환경, 적용시기, 적용학년, 교육 형태(정규교과, 방과후, 동아리), 학생 또래 구성원의 특성, 통제군의 교육 내용 등 이외에도 다양한 이질성 원인이 존재함을 고려할 필요가 있었으나 조사된 대부분의 논문은 이질성의 원인을 찾을 수 있는 구체적인 다양한 데이터를 제시하지 않고 있었다.

V. Conclusions

이 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, EPL을 이용한 교육이 고등사고력 향상에 미치는 전체 효과가 큰 효과크기(Hedges' g=0.83811)를 갖는 것으로 나타나, EPL은 학생들의 고등사고력을 크게 향상시키는 교수학습 도구임을 확인하였다. 이 연구 결과는 진영학과 김영식(2011)의 EPL의 효과에 대한 메타분석에서 제시한 정의적 영역보다 인지적 영역에 효과적인 교수학습방법임을 시사했던 결과를 뒷받침할 수 있는 근거가 될 수 있는 연구이다[26].

둘째, EPL을 활용한 교육은 고등사고력 중 특히 창의적 사고력과 논리적 사고력의 향상에 크게 도움이 되는 것으로 확인되었다. 그러나 EPL을 활용한 창의적 사고력 향상에 관한 연구 사례가 다소 부족하여 창의적 사고력 향상 효과를 증빙해줄 더 많은 연구가 필요함을 확인할 수 있었다.

셋째, EPL 중에서 Kodu, App Inventor, Scratch, Dolittle 등이 고등사고력 향상에 미치는 효과가 큰 것으로 확인되었다. 다만, Scratch를 제외한 다른 EPL을 활용한 교육프로그램의 개발과 이를 적용한 연구사례가 부족하여, 보다 다양한 EPL로 고등사고력에 미치는 영향에 관련한 연구를 수행할 필요도 확인되었다.

REFERENCES

- [1] SeongKyun Jeon, YoungJun Lee, "Art based STEAM Education Program using EPL," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 4, pp. 149-158, Apr. 2014.
- [2] Jeong-Beom Song, Bok-Mun Jeong, Tae-Wuk Lee, Effects that Scratch Programming has on Creative Problem-solving for Gifted Elementary Students, Journal of the Korean Association of Information Education, Vol. 12, No. 3, pp. 323-332, Sep. 2008.
- [3] Hwa-Kyung Rim, Yong-Nam Cho, "Creative 3D game programming learning using Kodu visual programming language for elementary school student," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 17, No. 11, pp. 53-61, Nov. 2012.
- [4] Newmann F. M., "Promoting higher order thinking in social studies : Overview of a study of sixteen high school department," Theory and research in Social Education, Vol. 19, No. 4, pp. 323-340, Winter. 1991.
- [5] Woolever, R. M., Scott, K. P., "Active learning in social studies : Promoting cognitive and social growth," Boston : Scott, Foresman and Company, 1998.
- [6] Ormrod, J. E., "Educational psychology : developing learners(3rd Ed)" Upper Saddle River, N. J.: Merrill, pp. 296-340, 2000.
- [7] Lauren B. Resnick, "Education and Learning to Think" Washington, D.C. : National Academy Press, Jan. 1987.
- [8] Kyoungsu Cha, "Modern Social Studies Education" Seoul, Korea: hagamunsa, pp. 212, 2004.
- [9] Kwangsung Lee, "The Effects of the use-frequency of higher order questions on higher order thinking and student achievement in social studies education of Korean

- high schools,” Doctoral dissertation, Graduate School of Seoul National University, 1997.
- [10] Sugja Jeon, “*A New Understanding of Social Studies Education*” Seoul, Korea : Education Science Press, pp. 455, 2001.
- [11] Hae Joo Lee, “A Study of Educational Methods for Development of Higher Order Thinking, Association Of Social Education In Korea,” *Theory and Research in Citizenship Education*, Vol. 18, No. 1, pp. 23-42, Feb. 1994.
- [12] Ohjung Kwon, Youngsuk Kim, “*Structure and Issues of Social Studies Pedagogy*” Seoul, Korea : Education Science Press, pp. 310, 2004.
- [13] 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.
- [14] Seongsam Oh, “*Theory and Practice of Meta-Analysis*” Seoul, Korea: Konkuk University Press, 2002.
- [15] Glass, G. V., “Primary, secondary and meta-analysis of research,” *Educational Researcher*, Vol. 5, No. 10, pp. 3-8. 1976.
- [16] Cooper, Harris, M., “*Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach*” Thousand Oaks, CA: Sage, 2016.
- [17] 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.
- [18] Egger M., Smith GD, Phillips AN, “*Meta-analysis: principles and procedures*” *BMJ*, Dec. 1997.
- [19] Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG., “*Measuring inconsistency in meta-analyses,*” *BMJ*, Sep. 2003.
- [20] Hedges, H., Olkin, I., “*Statistical methods for meta-analysis*” Orlando, FL: Academic Press, 1985.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] Younah Jin, “*Meta-analysis using Stata,*” Seoul, Korea: Korea University Press, pp. 102-103, 2015.
- [24] Cohen, J., “*Statistical power analyst for the behavior science*” NY: Academic Press, 1988.
- [25] Geonung Mun, “Web-based Meta-Analysis with R,” <http://web-r.org/>, May. 2018.
- [26] 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.

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.