

로봇 활용 SW 교육이 초등학생의 컴퓨팅사고력에 미치는 효과

노지예 · 이정민

이화여자대학교 교육공학과

요 약

본 연구는 초등학교에서 로봇 활용 SW 교육을 실시하여 학생들의 CT에 미치는 효과를 알아보고 성별의 차이를 검증하고자 하였다. 이를 위해 경기도의 A 초등학교 5, 6학년 학생 143명을 대상으로 로봇 활용 SW 교육을 실시하였으며, 수집된 자료는 대응 표본 *t*검정, 공분산분석을 통해 평균의 차이를 분석하였다. 연구 결과, 로봇 활용 SW 교육을 실시한 후 학생들의 CT가 유의하게 향상되었으나, CT 수준이 상 집단인 학생들은 개념에서 유의한 향상을 나타내지 않았다. 또한 성별에 따른 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 본 연구는 로봇 활용 SW 교육의 효과를 검증하고, 성별에 따라 차이가 있는지 규명하여 로봇 활용 SW 교육에 대한 이해를 확장시켰다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다.

키워드 : SW 교육, 로봇 활용 SW 교육, CT, 엔트리, 햄스터 로봇

The Effects of SW Education Using Robot on Computational thinking

Jiyae Noh, Jeongmin Lee

Ewha Womans University, Dept. of Educational Technology

ABSTRACT

In this study, we conduct SW education using robot in elementary school, to examine the effects of SW education using robot on CT and gender differences. In order to achieve the purpose of this study, SW education using robot was conducted to 143 students in 5, 6 grade in GyeongGi. After collecting data, we examined mean difference using matched pair *t*-test and ANCOVA. The results of this study were as follows: The SW education using robot is associated with significant improvements in CT, however, computational concepts is not associated with significant improvement in high initial score sub sample. And CT is not associated with gender. This study was investigated effects of the SW education using robot and identify gender differences. And expanded the understanding of the SW education using robot.

Keywords : SW education, SW education using robot, CT, Entry, Hamster robot

이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A03926873)

교신저자 : 이정민 (이화여자대학교 교육공학과)

논문투고 : 2017-04-06

논문심사 : 2017-04-12

심사완료 : 2017-04-27

1. 서론

최근 CT(Computational Thinking, 이하 CT)를 증진시키는 SW 교육의 중요성에 대한 인식이 커짐에 따라 SW 교육에 대한 관심이 높아지고 있다. 해외에서는 국가 정책을 통해 프로그래밍 교육을 적극적으로 지원하는 추세이며, 이스라엘, 영국, 미국, 중국, 인도 등에서 이미 프로그래밍 교육이 실시되고 있다[19]. 우리나라의 경우에도 2015년 SW 교육 운영지침을 발표하였고, 2018년부터 중학교에 SW 교육이 도입되며, 2019년부터는 초등학교 5, 6학년 학생들에게 SW 교육이 의무화된다.

CT는 복잡한 문제를 분석하고 해결하는 능력이 필요한 21세기에 학습자가 갖추어야 할 핵심 역량이며[43], 지식 기반 사회를 이끌어갈 인재 육성을 위해 반드시 필요하다[20]. 학교 현장의 SW 교육은 CT를 기반으로 지식, 정보처리 역량을 신장시키고 복잡한 문제를 해결하는 능력을 기르는 것을 목표로 하고 있다[19].

프로그래밍 교육이 CT의 신장이라는 본질적인 학습 효과를 가져오기 위해서는, 학습자의 적극적인 참여와 몰입이 중요하다. 하지만 기존의 프로그래밍 교육은 복잡한 문법 등의 구조적인 단점으로 학습자들의 몰입을 유지하기 어렵고[29], 초등학생들은 대부분 프로그래밍 교육 입문 단계의 학생들일 가능성이 높기 때문에, 프로그래밍 언어를 배운다는 것은 여러 가지 어려움이 있다[28].

하지만 교육용 로봇을 프로그래밍 학습에 이용하면, 프로그래밍 입문 단계인 초등학생들에게 자신의 프로그래밍 결과를 로봇의 동작을 통해 바로 확인할 수 있다는 점에서 몰입 경험을 촉진할 수 있으며[19][23], 자기주도적 학습 활동과 반성적 사고가 가능하다[28]. 특히 프로그래밍 수업에서는 작성한 프로그램의 오류를 찾아내는 디버깅 과정이 매우 중요한데, 초보 학습자는 작성한 프로그램과 실제 시스템의 차이를 인지하기 어렵다[46]. 하지만 SW 교육에 로봇을 활용하면, 자신이 작성한 프로그램을 바로 로봇의 동작으로 확인할 수 있으므로, 디버깅 과정에 도움을 받을 수 있다. 또한 로봇 활용 SW 교육은 학습자의 CT 뿐 아니라 동기[35][40], 몰입[14][16][39], 대인관계 능력[4][15], 창의성[2][24][26][36][47] 등에 긍정적인 효과가 있다.

이와 같이 로봇 활용 SW 교육은 여러 가지 장점이

있으나, 단지 로봇이라는 새로운 테크놀로지의 활용만으로는 학습성과를 신장시키기 어렵다[22]. SW 교육을 위한 로봇의 활용은 의미 있는 선택이지만, 단지 학습자의 일시적인 흥미 유발에만 그치는 것이 아니라, 학습자의 몰입을 촉진하고 동기를 지속시키기 위한 체계적인 교수, 학습 설계가 필요하다[25].

한편 SW 교육에서는 성별의 차이가 중요하게 다루어지고 있으며, 이러한 흐름에 따라 여학생을 대상으로 한 연구[19]나, 성별을 고려한 교수전략과 학습방법에 대한 연구[39][45] 등이 이루어지고 있다. 그러므로 로봇 활용 SW 교육에서 성별의 차이에 관해 알아보는 것은 중요한 의미가 있다.

따라서 본 연구에서는 초등학생들을 대상으로 로봇 활용 SW 교육을 실시하여 그 효과성을 검증하고, 성별에 따른 차이를 검증하고자 한다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 로봇 활용 SW 교육에 참여한 학생들의 CT가 유의하게 향상되었는가?

둘째, 성별에 따라 로봇 활용 SW 교육에 참여한 학생들의 CT에 차이가 있는가?

2. 이론적 배경

2.1 로봇 활용 SW 교육과 CT

Wing(2006)[43]은 CT를 문제를 해결할 때 컴퓨터 과학 자처럼 사고하는 방식이라고 정의하면서, CS(Computer Science)의 기본 개념을 바탕으로 문제를 해결하고, 시스템을 설계하며, 인간의 행동을 이해하는 것을 포함하는 개념이라고 하였다. 즉, CT는 3Rs와 마찬가지로 모든 학생들이 갖추어야 할 기본 능력이며, 복잡한 문제를 분석해 해결 가능한 형태로 표현하고, 이를 해결하기 위해 필요한 자료를 찾아 문제를 해결하는 과정을 의미한다[17].

CT는 추상화(abstraction)와 자동화(automation)로 구성되어 있다[43][44]. 추상화는 문제를 해결하기 위하여 자료를 수집, 분해, 추출하여 해결 가능한 형태로 표현하는 사고 과정을 의미하며, 자동화는 추상화된 모델을 컴퓨터가 수행할 수 있는 프로그래밍 언어로 표현하는 것을 의미한다[27]. ISTE와 CSTA(2011)[10]는 CT

를 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현, 문제 분해, 추상화, 알고리즘과 절차, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화의 9가지 요소로 구분하고, CT를 K-12의 컴퓨터 과학 표준 교육 과정으로 적용하였다.

CT를 신장시키기 위한 SW 교육을 현장에 적용하는 것을 고려해 볼 때, EPL과 로봇은 매우 적절한 도구이다. EPL은 기존의 텍스트형 언어의 한계를 극복하고, 프로그래밍 과정을 통해 자신의 생각을 표현할 수 있도록 해 주며[18], 로봇은 구체적인 조작 단계인 초등학생들[11]이 로봇의 움직임을 통해 자신의 생각을 바로 확인할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 엔트리와 햄스터 로봇을 활용하여 로봇 활용 SW 교육을 실시하고자 한다. 엔트리는 국내에서 개발된 EPL로 블록을 조립하는 형태로 직관적으로 구성되어 있어 프로그래밍 입문 단계의 학습자도 쉽게 배울 수 있다. 또한 엔트리 사이트 내에서 학습자가 프로그래밍의 원리와 방법을 학습할 수 있으며, 학교 수업에 최적화되어 있다는 장점을 가지고 있다. 햄스터는 조립의 과정이 없는 큐브 모양의 작은 로봇으로, 엔트리에서 제어 가능하다. 햄스터는 근접 센서를 통해 장애물을 피해 가거나 손가락을 따라 가도록 프로그래밍 할 수 있고, 바닥 센서를 통해 선을 따라 이동하도록 할 수 있다.



(Fig. 1) Entry and Hamster robot

2.2 관련 선행 연구

2.2.1 EPL과 CT

EPL은 프로그래밍의 결과를 블록 형태로 보여 주기 때문에, 기존의 텍스트형 언어와 달리 학생들의 인지부하를 줄이고[27], SW 교육 입문 단계인 초등학생들에게 프로그래밍 교육에 대한 흥미와 관심을 높일 수 있다 [31].

Saez-López, Roman-Gonzalez & Vazquez-Cano (2016)[37]의 연구에서는 스페인의 5, 6학년 학생들 107명을 대상으로 2년간 스크래치를 활용한 SW 교육을 진행하였는데, 그 중 1년차 교육의 CT를 측정한 결과, 학생들의 CT가 유의하게 향상되었다.

이와 같은 연구 결과는 국내에서도 유사하게 보고되고 있다. 김순화, 함성진, 송기상(2015)[18]의 연구에서는 초등학생 49명을 실험집단과 통제집단으로 나누어 실험집단에 스크래치를 활용한 CT 기반 융합인재교육을 진행하였다. 연구 결과, 수업에 참여한 학생들의 CT가 유의하게 향상되었다.

이은경(2013)[21]의 연구에서는 중학교 1학년 학생들을 대상으로 스크래치 활용 수업을 실시한 결과, 학생들의 CT가 유의하게 향상되었으며, 순차, 반복, 조건, 이벤트 처리 및 연산자에 대한 개념 이해 수준이 높게 나타났다

최근에는 스크래치 뿐 아니라 엔트리를 활용한 연구에서도 이와 유사한 연구 결과가 보고되었다. 서영호, 엄미령, 김종훈(2016)[38]의 연구에서는 초등학생 44명을 실험집단과 통제집단으로 나누어, 실험집단에 엔트리를 활용한 수학 교과 동료 프로그래밍 수업을 실시한 결과, 학생들의 CT가 유의하게 향상된 것으로 나타났다.

2.2.2 피지컬컴퓨팅과 CT

피지컬컴퓨팅을 활용한 교육 환경에서 학생들의 CT가 향상되었다는 연구 결과는 꾸준히 보고되고 있다. 김용민, 김종훈(2014)[19]의 연구에서는 앱 인벤터 활용 교육 프로그램은 초등학교 여학생의 CT를 신장시키는 데 효과적임을 밝혔다. 또한 황요한, 문공주, 박윤배(2016)[11]의 연구에서는 스크래치와 비트브릭을 활용한 과학 교육을 실시하였는데, 그 결과, CT 뿐 아니라 자기주도성, 과제집착력에서도 향상을 보인 것으로 나타났다.

최근에는 로봇 활용 SW 교육 환경에서 학생들의 CT가 증가했다는 연구 결과들이 보고되고 있다. Atmatizidou & Demetriadis(2016)[1]의 연구에서는 중, 고등학생 164명을 대상으로 11주간 레고마인드스톰으로 로봇 교육을 진행한 결과 중, 고등학생 모두 CT의 유의한 향상을 보였다고 밝혔다. 또한 중, 고등학생 모두 CT의 하위 요인인 일반화, 알고리즘, 모듈성, 문제 분해에서 유의한 향상을 보였으며,

문제 분해에서는 중, 고등학생간의 차이가 유의하다고 언급하였다.

김경규, 이종연(2016)[17]의 연구에서는 중학생 42명을 대상으로 엔트리와 마인드스톰을 활용한 로봇 활용 SW 교육을 실시하였다. 연구 결과 CT 기반 문제해결 능력과 논리적 사고력이 유의한 향상을 보였다.

2.2.3 로봇 활용 SW 교육과 학습자 수준

SW 교육에 EPL이나 로봇을 활용하는 것은 학습자의 몰입을 높여 궁극적으로 학습성적을 높일 수 있으며 [14][16][39], 특히 낮은 수준의 학습자들에게 긍정적인 영향을 줄 수 있다[30][42].

Tzafestas, Palaiologou & Alifragis(2006)[42]의 연구에서는 60명의 학생들을 3가지 환경(실제 로봇을 조작하는 수업, 원격으로 로봇을 조작하는 수업, 가상현실에서 로봇을 조작하는 수업)으로 구분하여 교육을 실시하였다. 연구 결과, 학습자들은 세 가지 환경 중 직접 로봇을 조작하는 수업에서의 성취도가 가장 높았다. 또한 이 연구에서는 학습자가 프로그래밍 과정에서 저지르는 오류를 3가지(낮은 수준의 기술, 중간 수준의 기술, 높은 수준의 이해)로 구분하고, 위의 3가지 환경에서 학습자의 오류를 분석하였는데, 낮은 수준의 기술을 가르칠 때는 실제 로봇을 조작하는 수업에서 학습자의 오류가 가장 적게 발생하였으며, 중간 수준의 기술이나 높은 수준의 이해에 관해 가르칠 때는 가상 현실에서 로봇을 조작하는 수업에서 가장 오류가 적게 발생하였다. 따라서 직접 로봇을 조작하는 수업은 초급 수준의 학습자에게 효과적이며, 가상현실을 활용하는 수업은 중급, 고급 스킬을 학습하는 학습자에게 유리하다고 언급하였다.

학생들을 CT 수준에 따라 구분하여 사전, 사후 점수의 차이에 대해 심층적으로 분석한 연구도 있다. Moreno-Leon, Robles & Roman-Gonzalez(2015)[30]의 연구에서는 스페인의 10-14세 학생 88명을 대상으로 스크래치 프로젝트를 진행한 후 Dr. Scratch라는 프로그램으로 CT의 향상을 측정하였으며, 학생들을 사전 검사 결과에 따라 세 집단(상, 중, 하)으로 나누어 학생들의 CT 점수를 분석하였다. 연구 결과, 세 집단 가운데 중, 하 집단 학생들의 CT는 유의한 향상을 보였으나, 상 집단 학생들의 CT는 유의한 향상을 보이지 않았다.

2.2.4 성별의 차이

지금까지의 선행연구에서 밝혀진 바에 따르면, 프로그래밍에 관한 능력은 일반적으로 남학생이 여학생보다 우수하다고 여겨져 왔다[5][32][45]. 하지만 이러한 인식과는 달리 최근의 성별의 차이에 관한 연구들은 연구 결과가 일관되게 보고되고 있지 않으므로[32][45], 이를 검증해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 학습자의 CT가 성별에 따라 차이가 있는지 알아보고자 한다. Atmatzidou & Demetriadis(2016)[1]의 연구에서는 15세, 18세의 학생 164명을 대상으로 레고 마인드스톰으로 11주간 수업을 실시하고 사전, 사후에 CT 점수를 측정하였다. 연구 결과, CT 점수 향상 폭이 여학생이 더 큰 것으로 나타났으나, 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 하지만 CT의 하위요인에서는 차이를 보였는데, 남, 여학생 모두 추상화, 모듈성, 문제분해에서 유의한 향상을 보였으나, 일반화는 남학생만 유의한 향상을 보였으며, 알고리즘은 여학생만 유의한 향상을 보였다.

심재권, 이원규, 권대용(2015)[41]의 연구에서는 초등학생과 중학생에게 피지컬컴퓨팅 교육을 통해 CT의 구성요소인 절차적 추상화의 개념을 가르치기 위하여, 텐저블 프로그래밍 도구를 활용하여 알고리즘에 관한 수업을 실시하였다. 연구 결과, 도구의 사용성에 있어서 남학생보다 여학생이 더 높은 사용성을 나타냈으며, 텐저블 프로그래밍 도구는 여학생에게서 효과가 더 크다고 언급하였다.

3. 연구 방법

3.1 연구 대상 및 연구 절차

본 연구는 2016년도 2학기에 경기도 소재의 A 초등학교 5학년 3개 학급, 6학년 4개 학급의 학생 177명을 대상으로 로봇 활용 SW 교육을 진행하였다. A 초등학교는 SW 교육 선도학교이며, 주 1회 실과 시간에 엔트리와 햄스터 로봇을 활용한 로봇 활용 SW 교육을 진행하였다. 설문은 수업 시간 중에 실시하였으며, 사전, 사

후 설문에 모두 응답한 143명(남학생 65명, 여학생 78명)을 최종 연구 대상으로 선정하였다.

3.2 로봇 활용 SW 교육

본 연구에서는 2016년 2학기에 경기도의 A 초등학교 5, 6학년 학생들을 대상으로 11차시의 로봇 활용 SW 교육을 실시하였다.

수업의 구성은, EPL이나 로봇을 처음 접하는 학생은 이를 어렵게 느낄 수 있으나, 기본 과정을 거친 후에는 흥미를 가질 수 있다는 선행연구[34]에 따라, 본 연구에서는 1-4차시에는 엔트리만을 활용하여 기본적인 내용을 가르치고, 5차시부터 엔트리와 햄스터 로봇을 활용하여 수업을 진행하였다. 모든 차시의 수업은 학생들의 반응을 토대로 코딩을 학습하는 단계와 활동 내용이 제대로 연결되었는지 협의하는 과정을 거쳤으며, 교육공학과 교수 1인

과 로봇학부 교수 1인의 검토를 받아 진행하였다.

11차시 중 10차시는 협력학습 형태로 진행되었으며, 활동의 내용에 따라 2-5차시, 10-11차시는 2인 1조, 6-9차시는 4인 1조 형태로 구성되었다. 차시별 주요 활동과 학습 내용은 <Table 1>과 같다.

본 연구에서는 로봇 활용 SW 교육의 성격을 고려하여 다양한 교수, 학습 모형 중에서 CPS모형과 4C/ID모형을 적용하였다.

CPS 모형(Creative Problem Solving)은 다양한 상황에서 사용할 수 있는 체계적인 문제 해결 방법을 지원하는 모형이다. 프로그래밍은 문제를 해결하는 과정에서 창의적 접근이 필요하며, 수렴적 사고 뿐 아니라 확산적 사고를 요구한다는 특징이 있으므로[9], CPS 모형은 프로그래밍 교육에 적합한 모형이라고 할 수 있으며, SW 교육과 관련된 여러 연구에서 적용된 바 있다 [6][8][13][19][40].

4C/ID(Four-Component Instructional Design) 모형은 실제계의 복잡한 문제 해결 과정을 지원한 교수 설계 방안으로, 과제 시행 초기에는 스케폴딩을 제공하다가 점차 줄여나간다는 특징이 있으므로, 프로그래밍을 위한 교수설계에 적합한 모형이라고 할 수 있으며, EPL이나 로봇 활용 SW 교육에서도 적용된 바 있다 [22][25][33]. 4C/IC 모형에서 제시된 각각의 학습 과제는 단계별로 CT의 핵심 개념[3]을 고려하여, 생각 정리하기, 생각을 순서도로 표현하기, 정리된 생각을 프로그래밍으로 구현하기의 단계를 거치도록 하였다. 과제별로 반영된 CT의 핵심 개념과 모형에 따른 교수, 학습 단계는 <Table 2>와 같다.

<Table 1> Lesson plan

Week	Lesson	Classroom activity
1	· Orientation	Hello! Entry!
2	· Sequence · Debugging	Cat and dog
3	· Iteration · Selection · Debugging	Flying drone
4	· Iteration · Selection · Debugging	Keep running
5	· Sequence · Debugging	Meet the Hamster
6	· Sequence · Iteration · Debugging	Hamster maze
7	· Iteration · Selection · Debugging	Hamster robot piano
8	· Iteration · Selection · Debugging	Hamster bumper car 1
9	· Selection · Debugging	Hamster bumper car 2
10	· Iteration · Selection · Debugging	Training hamster
11	· Selection · Debugging	Hamster monorail

<Table 2> Learning procedure(Lesson 5, 6)

Learning procedure	CT component	Classroom activity (CPS)	Classroom activity (4C/ID)
[Activity objective] · Iteration, Selection, Debugging · Today's mission		1. Fact finding	[Learning tasks] · Today's mission
[Mission 1] Hamster going forward once	· Data analysis · Problem decomposition	2. Problem finding	[Learning task 1] · Worked-out example 1(simple)

Learning procedure	CT component	Classroom activity (CPS)	Classroom activity (4C/ID)
on board	· Automation		[Procedural information] · Run and modify problems [Part-task practice] · Move forward once on board
[Mission 2] Hamster going to look for a well (pair-programming)			[Learning task 2] · Worked-out example 2(complex)
· Organizing thoughts	· Data analysis · Problem decomposition · abstraction	3. Idea finding (Brainstorming, SCAMPER)	[Supportive information] · Reorganizing ideas with friends [Part-task practice] · Move forward once on board/ Turn left once on board/ Set left led to red/ Stop/ Beep/ Repeat () times
· Write down commands in order	· Data representation · Algorithms & procedures		[Procedural information] · Usable blocks
· Implement thoughts and check	· Automation		
[Mission 3] Hamster maze (4 student)			[Learning task] · completion task [Part-task practice] · Move forward once on board/ Turn left once on board/ Set left led to red/ Stop/ Beep/ Repeat () times
· Organizing thoughts	· Data analysis · Problem decomposition · abstraction	4. Solution finding (Brainstorming, SCAMPER)	
· Write down commands in order	· Data representation · Algorithms & procedures		[Procedural information] · Usable blocks
· Implement thoughts and check	· Automation		
[Evaluation, discussion]		5. Acceptance finding (PMI)	

3.3 측정도구

CT의 측정은 최형신(2014)[7]의 도구를 사용하였다. 이 도구는 Brennan & Resnick[3]의 CT 평가 프레임워크의 3가지 차원에 기반한 것으로, 3개의 하위 요인(개

념, 수행, 관점)으로 구성되어 있으며, 개념 7문항(예: 나는 내가 원하는 대로 로봇을 프로그래밍 할 수 있다), 수행 4문항(예: 나는 만약 로봇이 잘못된 길로 갈 경우 그것을 인식하고 수정할 수 있다), 관점 3문항(예: 나는 왜 로봇이 이런 방법으로 움직이는지 질문하거나 답을 찾을 수 있다)으로 구성되어 있다. 설문 문항은 Likert 5점 척도의 14문항이며, 본 연구에서의 Cronbach's α 는 .96이다.

3.4 자료 분석 방법

본 연구를 위해 수집된 자료는 SPSS를 사용하여 신뢰도 분석을 실시하였다. 또한 로봇 활용 SW 교육이 CT에 미치는 효과를 알아보기 위해 대응 표본 *t*검정을 실시하였으며, 성별의 차이를 알아보기 위해 CT에 대한 사전, 사후 검사 자료를 바탕으로 기술통계 분석, 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

4. 연구 결과

4.1 로봇 활용 SW 교육이 초등학생의 CT에 미치는 효과

로봇 활용 SW 교육을 실시한 후 학생들의 CT 점수는 1.12점 상승한 것으로 나타났으며, 사전, 사후 CT의 차이는 유의한 것으로 나타났다(<Table 3> 참조).

<Table 3> Matched pair t-test(CT)

(n = 143)

pre/post	M	SD	t	p
pre CT	2.49	.97		
post CT	3.61	.82	-12.62*	.00

* $p < .05$

사전, 사후 점수의 차이에 관해 좀 더 깊이 있게 분석하기 위하여, Moreno-Leon, Robles & Roman-Gonzalez (2015)[30]의 연구에서와 같이 사전검사 결과를 바탕으로 전체 집단을 상, 중, 하의 3개 집단으로 분류하고 대

응표본 *t*검정을 실시하였다. 분석 결과, 세 집단 모두 CT가 유의하게 향상되었으며, 상, 중, 하 집단 중 가장 큰 점수의 향상을 보인 집단은 하 집단이며, 상 집단의 점수 향상 폭이 가장 작았다(<Table 4> 참조).

<Table 4> Matched pair t-test(Sub sample) (n = 143)

Sample	Pre-Post difference	t	p
Full sample	-1.12	-12.62*	.00
High initial score(n=48)	-.32	-2.66*	.01
Medium initial score(n=42)	-1.05	-8.41*	.00
Low initial score(n=53)	-1.89	-16.38*	.00

로봇 활용 SW 교육을 실시한 이후, CT의 3가지 하위요인에 대한 대응표본 *t*검정을 실시한 결과, 개념($t = -11.55, p = .00$), 수행($t = -12.37, p = .00$), 관점($t = -11.76, p = .00$) 모두 사전, 사후 CT의 차이가 통계적으로 유의하였다.

사전 검사 결과를 바탕으로 한 3개의 집단에서도 동일하게 대응표본 *t*검정을 실시한 결과, 상 집단의 학생들의 사전, 사후 CT의 차이는 수행($t = -2.3, p = .02$), 관점($t = -2.7, p = .01$)이 통계적으로 유의하였으며, 개념($t = -2.0, p = .05$)은 통계적으로 유의하지 않았다. 중 집단의 학생들의 사전, 사후 CT의 차이는 개념($t = -6.9, p = .00$), 수행($t = -9.0, p = .00$) 관점($t = -7.2, p = .00$)이 모두 통계적으로 유의하였으며, 하 집단도 개념($t = -16.58, p = .00$), 수행($t = -15.48, p = .00$) 관점($t = -14.26, p = .00$)이 모두 통계적으로 유의하였다. 전체 집단의 결과와 마찬가지로, 개념, 수행, 관점 모두 하 집단의 점수 향상 폭이 가장 컸으며, 상 집단의 점수 향상 폭이 가장 작았다(<Table 5> 참조).

<Table 5> Matched pair t-test(Sub factor) (n = 143)

	Pre-Post difference	t	p	
Full sample	Computational Concepts	-1.12	-11.55*	.00
	Computational Practices	-1.14	-12.37*	.00
	Computational Perspectives	-1.08	-11.76*	.00

High initial score (n=48)	Computational Concepts	-.27	-2.0	.05
	Computational Practices	-.33	-2.3*	.02
	Computational Perspectives	-.37	-2.7*	.01
Medium initial score (n=42)	Computational Concepts	-1.04	-6.9*	.00
	Computational Practices	-1.16	-9.0*	.00
	Computational Perspectives	-.95	-7.2*	.00
Low initial score (n=53)	Computational Concepts	-1.95	-16.58*	.00
	Computational Practices	-1.86	-15.48*	.00
	Computational Perspectives	-1.85	-14.26*	.00

4.2 성별에 따른 CT 차이 분석

로봇 활용 SW 교육을 실시한 후 남학생($t = -5.80, p = .00$)과 여학생($t = -12.85, p = .00$) 모두 사전, 사후 CT의 차이는 유의한 것으로 나타났다.

로봇 활용 SW 교육을 실시하기 전의 남학생의 CT 점수는 2.91, 여학생의 CT 점수는 2.15으로 남학생의 점수가 더 높았다. 로봇 활용 SW 교육을 실시한 이후, 남학생의 점수는 3.63, 여학생은 3.59점으로 남학생의 점수가 더 높았으며, 사전, 사후의 점수 상승 폭은 남학생이 .72점, 여학생이 1.44점 상승하여, 여학생의 점수 상승 폭이 .72점 더 컸다(<Table 6> 참조).

<Table 6> Matched pair t-test(Gender) (n = 143)

Gender	pre/post	M	SD	t	p
Boys (n=65)	pre CT	2.91	.94	-5.80*	.00
	post CT	3.63	.89		
Girs (n=78)	pre CT	2.15	.84	-12.85*	.00
	post CT	3.59	.75		

* $p < .05$

하위요인별로 동일하게 대응표본 *t*검정을 실시한 결과, 개념, 수행, 관점의 세 영역 모두 남학생보다 여학생의 점수 향상 폭이 큰 것으로 나타났다(<Table 7> 참조).

<Table 7> Matched pair t-test(Sub factor)
(n = 143)

		Pre-Post difference	t	p
Boys (n=65)	Computational Concepts	-.67	-5.00	.00
	Computational Practices	-.80	-5.90	.00
	Computational Perspectives	-.70	-5.36	.00
Girls (n=78)	Computational Concepts	-1.49	-12.08*	.00
	Computational Practices	-1.43	-12.15*	.00
	Computational Perspectives	-1.41	-11.86*	.00

사전 검사를 통계한 상태에서 남학생과 여학생의 평균 점수의 차이가 유의한지 알아보기 위해 공분산분석(ANCOVA)을 실시한 결과, 남학생의 사후 CT에 대한 교정평균은 3.51, 여학생의 교정평균은 3.68로 나타났으며, 두 집단간의 CT의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다($F=1.526, p=.219$, <Table 8>, <Table 9> 참조).

<Table 8> Descriptive statistics
(n = 143)

Group	n	Pre		Post			
		M	SD	M	SD	Adj.M	SE
Boys	65	2.91	.94	3.63	.89	3.51	1.00
Girls	78	2.15	.84	3.59	.75	3.68	.09
Total	143	2.49	.96	3.61	.82	3.60	.07

<Table 9> ANCOVA
(n = 143)

Source	Type I Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Covariance (Pre CT)	8.390	1	8.390		
Gender	.916	1	.916	1.526	.219
Error	84.086	140	.601		
Total	1954.161	143			

*p < .05

5. 결론 및 논의

본 연구는 로봇 활용 SW 교육이 학생들의 CT를 향상시키는지 알아보고, 성별의 차이가 있는지 검증하고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

첫째, 로봇 활용 SW 교육은 학생들의 CT를 향상시키는 것으로 나타났으며, CT의 하위 요인인 개념, 수행, 관점의 대부분의 영역에서 유의한 향상을 보였다. 이러한 연구 결과는 기존의 선행연구[1][12][17][19]와 일치하며, 학습자가 로봇을 활용하는 경험을 통해 프로그래밍에 더욱 흥미를 갖고 몰입하게 되었으며, 디버깅 과정에도 도움을 받게 되어 CT가 향상된 것으로 보인다.

하지만 상 집단의 학생들은 CT의 하위 요인 중 개념이 유의한 향상을 나타내지 않았다. 이는 상당수 학생들의 CT의 향상을 가져왔으나 상위권 학생들의 점수엔 낮은 영향을 미쳤다는 기존의 선행연구[30][42]와 맥락을 같이 한다. CT의 하위 요인인 개념은, 학생들이 프로그래밍을 하면서 시퀀스(sequence), 루프(loop) 등의 개념을 접하는 것을 의미하는데[3], CT 수준이 낮은 학습자들은 수업을 통해 이를 쉽게 향상시킬만한 여지가 있었으나, 높은 수준의 학습자들은 단기간의 교육을 통해 CT 능력을 많이 향상시키기가 상대적으로 어려웠기 때문에 생각된다.

둘째, 로봇 활용 SW 교육에 참여한 남학생과 여학생의 CT는 모두 유의하게 향상되었다. 이는 기존의 선행 연구와 일치하는 결과이며[1][12][17][19], 로봇 활용 SW 교육은 남학생과 여학생 모두에게 효과적임을 알 수 있다.

한편, 본 연구에서는 여학생들의 점수가 남학생들보다 더 많이 향상되었으나, 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 프로그래밍 능력에 성별의 차이가 존재한다는 기존의 연구[5][32][45]와 일치하지 않는 결과이며, 이러한 결과는 수업 환경의 차이에서 비롯된 것으로 보인다. 선행연구[45]에서는 개별 프로젝트에서 남학생들의 성취도가 높았다는 것을 밝힌 것이라면, 본 연구는 대부분의 수업이 팀으로 진행되었으므로, 수업 환경의 차이가 있었기 때문이다.

하지만 본 연구의 결과는 SW 교육을 받은 집단에서 성별의 차이가 없다는 선행연구와[39], 남학생보다 여학생의 CT 점수 향상 폭이 더 컸으나 성별의 차이는 유

의하지 않았다는 기존의 연구 결과[1]와 일치한다. 또한 프로그래밍 교육에서의 성별의 차이는 능력의 차이가 아니라 동기, 태도의 차이이며[39], 남학생들은 개별 프로젝트, 여학생은 팀 프로젝트 형태로 SW 교육을 실시하면 학습효과를 높일 수 있을 것이라고 언급한 기존의 견해[45]를 지지한다.

본 연구는 로봇 활용 SW 교육이 CT의 향상에 효과가 있는지 알아보고, 성별의 차이를 검증하여, 로봇 활용 SW 교육에 대한 이해를 확장시켰다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다. 하지만 본 연구는 효과성 변인으로 CT의 변화만을 측정하였으므로 문제해결력 등의 다양한 성과변인을 포함한 후속연구를 제안한다.

참고문헌

- [1] Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: a study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- [2] Baek, J. E., & Kim, K. H. (2015). The Effects of a Long Term Robot Based Instruction on the Creativity of Elementary Students. *The Journal of Korean association of computer education*, 19(1), 45-56.
- [3] Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada.
- [4] Chae, S. P., & Chon, S. J. (2015). The Effects of STEAM-based Programming Education with Robot on Creativity and Character of Elementary School Students. *Journal of the Korean Association of information Education*, 19(2), 159-166.
- [5] Cho, S. H., Song, J. B., Kim, S. S., & Baek, S. H. (2008). The Effect of a Programming Class Using Scratch. *Journal of the Korean Association of information Education*, 12(4), 375-384.
- [6] Cho, S. H., Song, J. B., Kim, S. S., & Lee, K. H. (2008). The Effect of CPS-based Scratch EPL on Problem Solving Ability and Programming Attitude. *Journal of the Korean Association of information Education*, 12(1), 77-88.
- [7] Choi, H. S. (2014). Development of a Holistic Measure of Learning Effects in Robotics Program : Connecting Sociocultural Context and Computational Thinking. *Journal Of The Korean Association of Information Education*, 18(4), 541-548.
- [8] Chon, S. K., & Lee, Y. J. (2012). The Effect of CPS Programming Model on promoting Elementary school students' divergent thinking. *The Journal of Korean association of computer education*, 15(2), 1-8.
- [9] Chon, S. K., Seo, Y. M., & Lee, Y. J. (2011). A Study about Creativity and Programming Education. *Korean association of computer education*, 15(1), 73-77.
- [10] CSTA (2011). Computer science standards. Computer Science Teachers Association. <http://www.education2020.ca/Content/K-12ModelCurrRevEd.pdf>
- [11] Ginsburg, H. P., & Opper, S. (2006). Piaget's theory of intellectual development. Seoul, Hakjisa.
- [12] Hwang, Y. H., Moon, K. J. & Park, Y. B. (2016). Study of Perception on Programming and Computational Thinking and Attitude toward Science Learning of High School Students through Software Inquiry Activity: Focus on using Scratch and physical computing materials. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*. 36(2), 325-335.
- [13] Kim, B. S., & Kim, J. H. (2016). Effects of Scratch Programming Learning based on CPS on Verbal Creativity. *The Journal of Korean association of computer education*, 16(6), 11-19.
- [14] Kim, J. H., Kim, J. J., & Lee, T. O.(2006). A Study on the Development of Creativity in Elementary School Through Micro-Robot Education. *Journal of the Korea Contents Society*, 6(8). 124-132.

- [15] Kim. J. H., & Kim. T. Y. (2016). The Effect of Physical Computing Education to Improve the Convergence Capability of Secondary Mathematics-Science Gifted Students. *The Journal of Korean association of computer education*, 19(2), 87-98.
- [16] Kim. K. H. (2016). The Effects of the Robot Based Instruction on Improving Immersion Learning. *The Journal of Korean association of computer education*, 14(2), 1-12.
- [17] Kim. K. K., Lee. J. Y.(2016). Analysis of the Effectiveness of Computational Thinking-Based Programming Learning. *The Journal of Korean association of computer education*, 19(1), 27-39.
- [18] Kim. S. H., Ham. S. J., & Song, K. S. (2015). Analytic Study on the Effectiveness of Computational Thinking based STEAM Program. *The Journal of Korean association of computer education*, 18(3). 105-114.
- [19] Kim. Y. M., & Kim. J. H. (2015). Development and Application of Software Education Program of App Inventor Utilization for Improvement of Elementary School Girls' Computational Thinking. *Journal of the Korean Association of information Education.*, 19(4), 385-398.
- [20] Ku. J. H., & Chon. Y. J., & Kim. T. Y. (2016). The Development and Application of Lesson Contents Based on the CT-CPS Framework for Improving the Creative Problem Solving Ability of Elementary Informatics Gifted Students. *The Journal of Korea elementary education*. 27(2). 339-357.
- [21] Lee. E. K. (2013). Computer Education Curriculum and Instruction : Creative Programming Learning. *The Journal of Korean association of computer education*. 16(1), 1-9.
- [22] Lee. E. K., & Lee. Y. J. (2007). The Effect of a Robot Programming Learning on Problem Solving Ability. *The Journal of Korean association of computer education*, 10(6). 19-27.
- [23] Lee. E. K., & Lee. Y. J. (2008a). The Effects of Scratch Based Programming Education on Middle School Students' Flow Level and Programming Achievement. *The Journal of Secindary Education*, 56(2), 359-382.
- [24] Lee. E. K., & Lee. Y. J. (2008b). The Effects of a Robot Based Programming Learning on Learners' Creative Problem Solving Potential. *Journal of the Korean Institute of Industrial Educations*. 33(2), 120-136.
- [25] Lee. E. K., & Lee. Y. J. (2008c). The Effects of 4CID Model based Robot Programming Learning on Learners' Flow Level. *The Journal of Korean association of computer education*. 11(4), 37-46.
- [26] Lee. H. S., Han. J. H., & Cho. M. H. (2013). Effect Analysis of Learning with a Robot for Improving Creativity in the Regular Curriculum of Elementary School. *The Journal of Korea Society for Child Education*. 22(2), 19-35.
- [27] Lee. T. W., & Choi, H. J. (2016). Informatics education. Seoul. Hanbit Academy.
- [28] Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: what is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61.
- [29] Moon. O. S. (2008). Influential Error Factors of Robot Programming Learning on the Problem Solving Skill. *Journal of the Korean Association of information Education*. 12(2), 195-202.
- [30] Moreno-Leon, J., Robles, G., & Roman-Gonzalez, M. (2015). Dr. Scratch: automatic analysis of scratch projects to assess and foster computational thinking. *Revista de Education a Distancia*, 46, 1-23.
- [31] Oh. J. C., Lee. J. W., Kim. J. A., & Kim. J. H. (2012). Analysis of the Difference of Tangible Programming Achievement on Learner's characteristics. *The Journal of Korean association of computer education*, 15(3). 11-23.
- [32] Papastergiou, M. (2009). Digital game-based

- learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1-12.
- [33] Park. J. S., Kim. J. H., &S Kim. T. Y. (2011). tudy of Instruction Model Using Viryual Robot Programming For Creative Problem Solving. Korean association of computer education. *Korean association of computer education*, 15(2). 301-305.
- [34] Park. K. J. & Lee. S. J. (2010). A Comparative Study of the Effect of Dolittle and Robot Programming Education on Creativity. *Journal of the Korean Association of information Education*, 14(4), 619-626.
- [35] Park. Y. S. & Seo. H. J. (2012). The Effects Blended Robot Education Program on Learning Motivation and Immersion of Children. *The Journal of Korea elementary education*, 23(4), 1-20.
- [36] Resnick, M. (2008). Sowing the seeds for a more creative society. *Learning & Leading with Technology*, 35(4), 18-22.
- [37] Sáez-López, J. M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141.
- [38] Seo. Y. H., Yeom. M. R. & Kim. J. H. (2016). Analysis of Effect that Pair Programming Develope of Computational Thinking and Creativity in Elementary Software Education. *Journal of the Korean Association of information Education*, 20(3), 219-234.
- [39] Song. J. B., Baek. S. H., & Lee. T. W. (2008). The Effect of Robot Programming Learning Considered Gender Differences on Female Middle School Student’s Flow Level and Problem Solving Ability. *The Journal of Korean association of computer education*, 12(1). 45-55.
- [40] Song. J. B., Cho. S. H., & Lee. T. W. (2009). The Effect of Learning Scratch Programming on Students’ Motivation and Problem Solving Ability. *Journal of the Korean Association of information Education*. 12(3), 323-332.
- [41] Sim. J. K., Lee. W. K., & Kwon. D. Y. (2015). Analysis of the Difference of Tangible Programming Achievement on Learner’s characteristics. *The Journal of Korean association of computer education*, 19(1). 19-26.
- [42] Tzafestas, C. S., Palaiologou, N., & Alifragis, M. (2006). Virtual and remote robotic laboratory: comparative experimental evaluation. *IEEE Transactions on education*, 49(3), 360-369.
- [43] Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- [44] Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 366, 3717-3725.
- [45] Yoo. B. K., Kim. J. M., & Lee. W. K. (2012). Analysis on the Relation between Programming Achievement and Problem Solving According to Gender. *The Journal of Korean association of computer education*, 15(6). 1-10.
- [46] Yoo. I. H. (2013). The Effects on Flow at Using Robots of Introductory Programming Course. *Journal of the Korean Association of information Education*, 17(3). 329-337.
- [47] Yoo. S. K., & Kim. T. Y.(2013). The Effect of the STEAM-based Robot Learning on the Creativity of Elementary IT-Gifted Students. *The Journal of teacher Education*, 29(3), 219-236.

저자소개



노 지 예

2004 성균관대학교 경영학과(학사)

2013 이화여자대학교 교육대학원
교육공학과(석사)

2014~현재 이화여자대학교 교육
공학과 박사과정

관심분야: 로봇 활용 SW 교육, 스
마트러닝

E-Mail: gabielove@naver.com



이 정 민

2001 이화여자대학교 교육공학과
(학사)

2003 이화여자대학교 일반대학원
교육공학과 (석사)

2009 플로리다주립대학교 교육심
리 및 교육공학 (박사)

2010~현재 이화여자대학교 교육
공학과 부교수

관심분야: 테크놀로지 기반 학습설
계, SW교육, 학습정서

E-Mail: jeongmin@ewha.ac.kr