

## Application of Programming based TPACK Education Program to Increase TPACK of Pre-service Teachers

Seong-Won Kim\*

\*Researcher, Global Institute For Talented Education, KAIST, Daejeon, Korea

### [Abstract]

This study verified the effects that a programming-based TPACK education program, through design-based research on TPACK, had on pre-service teachers. The research subjects were pre-service teachers attending teacher training at a university in Korea, and 129 control groups and 126 experimental groups were recruited through lectures. The treatment used a TPACK educational program developed in a design-based study (Kim & Lee, 2019). A TPACK test tool developed by Park and Kang (2014) was used. The test results were analyzed via independent sample t-test and paired sample t-test. The results show that the programming-based TPACK education program (first cycle) was only effective in improving TPK and TPACK, but an effective educational program was developed to improve PCK, TCK, TK (second cycle), PK (third cycle), and CK (final cycle). This design-based research therefore confirmed the development of a programming-based TPACK education program that was effective for improving the TPACK of pre-service teachers.

▶ **Key words:** Design-Based Research, TPACK, Pre-service teacher, Programming, Teaching expertise

### [요 약]

본 연구에서는 설계 기반 연구를 통한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 개선이 예비 교사에 TPACK에 미치는 효과를 검증하였다. 연구 대상은 K 대학에 다니고 있는 예비 교사이며, 강의를 통하여 통제 집단 129명과 실험 집단 126명을 모집하였다. 처치는 설계 기반 연구에서 개발한 교육 프로그램을 사용하였다. 검사 도구는 박기철과 강성주(2014)에서 개발한 TPACK 검사 도구를 사용하였다. 검사 결과는 독립 표본 t-검정과 대응 표본 t-검증을 통해 분석하였다. 연구 결과, 1차 교육 프로그램은 TPK와 TPACK 향상에만 효과적이었지만, 프로그램 개선을 통하여 PCK, TCK, TK(2차), PK(3차), CK(최종)의 향상에도 효과적인 교육 프로그램을 개발하였다. 따라서 설계 기반 연구를 통하여 예비 교사의 TPACK 향상에 효과적인 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개발한 것을 확인할 수 있었다.

▶ **주제어:** 설계 기반 연구, 테크놀로지 교수 내용 지식, 예비 교사, 프로그래밍, 수업 전문성

- 
- First Author: Seong-Won Kim, Corresponding Author: Seong-Won Kim  
\*Seong-Won Kim (sos284809@gmail.com), Global Institute For Talented Education, KAIST
  - Received: 2020. 06. 01, Revised: 2020. 07. 07, Accepted: 2020. 07. 07.
  - This paper is based in part on work incorporated in the Kim(2020) doctoral dissertation at Korea national university of education

## I. Introduction

과학과 테크놀로지의 발전을 통하여 테크놀로지는 학문과 산업, 사회의 모습뿐만 아니라 삶의 형태를 변화를 촉진하였다. 테크놀로지의 영향으로 미래 사회의 모습은 기존에 경험하지 못한 형태로 변화할 것이며, 이러한 변화를 세계경제포럼(World Economic Forum)은 4차 산업혁명이라고 명명하였다. 교육에서도 기존에 가진 한계점을 극복하기 위하여 테크놀로지의 도입은 활발하게 진행되었다. 교육에서 테크놀로지는 학생들의 학습을 확장하고, 새로운 교수-학습의 도입과 활용을 촉진하고, 학생들에게 과학과 테크놀로지, 사회 간의 관계를 학습시키기 위하여 도입하였다[1].

교사는 테크놀로지를 도입된 목적과 다르게 기존의 교과서나 칠판과 동일하게 수업에서 지식을 전달하는 도구로 사용하여 수업에서 테크놀로지가 가진 교육적 효과를 얻지 못하였다[2-4]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 수업에서 교사가 테크놀로지를 교육적 맥락에 따라 활용하지 못하는 이유를 분석하기 위한 연구가 진행되었다. 선행 연구에 따르면 교사가 가진 테크놀로지 지식(Technological Knowledge, TK)이 부족하여 수업에 테크놀로지를 활용하지 못하는 것으로 나타났다[5].

교실은 교사, 학생, 교육 환경과 같은 여러 요인이 역동적으로 작용하며 구조화된 환경이 아니므로 교사가 수업에 테크놀로지를 적용하는 과정에서 많은 요소를 고려한다[6][7]. 그러므로 테크놀로지를 수업에 적용하는 것은 복잡한 문제를 해결하는 것과 같다[8]. 수업에 테크놀로지를 통합하기 위하여 교사는 테크놀로지의 한계와 기능, 응용(TK)을 이해하는 것이 필요하다. TK는 테크놀로지의 한계와 기능, 응용을 의미하며, 교사의 TK가 높다면 교수-학습 상황에 테크놀로지가 수행할 수 있는 기능과 수행할 수 없는 상황, 교수-학습 상황에 맞게 테크놀로지를 활용할 수 있다. 반면에 교사가 TK가 낮다면 교육적 맥락에 따라 테크놀로지를 활용하는 데 어려움을 느껴 단순히 지식을 전달하기 위한 도구로 사용하게 된다.

테크놀로지가 발전함에 따라 수업에서 테크놀로지 활용이 증가하였다. 하지만 교사의 TK가 부족하여 전통적인 교수-학습 상황에서 테크놀로지를 교과서나 칠판 같은 용도로 사용하여서 테크놀로지가 가진 교육적 효과를 얻지 못하였다[2][9]. 따라서 교사가 교육적 맥락에 맞게 테크놀로지를 활용할 수 있는 역량을 길러주기 위하여 TK에 대한 연구가 진행되었다[10].

하지만 교사의 TK가 향상되어도 교사는 교육적 맥락에 맞게 테크놀로지를 수업에 통합하지 못하였다[11]. 교사가

학습자의 학습을 촉진하기 위하여 테크놀로지를 수업에 적절하게 활용하기 위해서는 TK뿐만 아니라 교수 지식(Pedagogical Knowledge, PK)과 내용 지식(Content Knowledge, CK)이 발달하여야 하며, TK, CK, PK가 통합된 지식이 형성되어야 한다.

Mishra and Koehler(2006)는 수업에서 교사의 테크놀로지 활용을 높이기 위하여 Shulman(1986)이 제안한 교수 내용 지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)에 TK를 통합시킨 테크놀로지 교수 내용 지식(Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK) 프레임워크를 개발하였다[10][12]. TPACK 프레임워크는 교육적 맥락(educational context)에서 TK와 CK, PK가 같은 크기(중요도)로 존재하며, TK, CK, PK간의 상호작용을 통하여 테크놀로지 교수 지식(Technological Pedagogical Knowledge, TPK)과 테크놀로지 내용 지식(Technological Content Knowledge, TCK), PCK, TPACK이 발달하는 형태이다. Koehler and Mishra(2009)는 교사가 교육적 맥락에 따라 교과 내용에 맞게 테크놀로지를 교수-학습에 활용할 수 있는 역량을 발달하기 위해서는 교사의 TPACK이 발달하여야 한다고 고 말하였다[9]. 교육에서 테크놀로지의 활용이 증가함에 따라 교육 프로그램의 대상은 교사뿐만 아니라 예비 교사까지 확장되었으며, 예비 교사의 TPACK을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되었다[13].

TPACK의 선행 연구에서는 테크놀로지 도구로 ICT 도구가 주로 활용되었다[14]. 테크놀로지는 특수한 목적으로 개발되었기 때문에 안정성을 가지며, 직관적인 기능을 수행한다. 하지만 특수한 목적을 수행하기 위하여 개발하였으므로 기능적인 한계가 존재한다. 교실에서 이루어진 수업은 교육 내용과 수업 환경, 교수-학습 및 평가 방법, 학생의 사전 지식, 학습 환경 등이 지속적으로 변한다. 반면에 테크놀로지는 특수적 목적을 수행하므로 여러 요인이 지속적으로 변하는 수업에 활용하는 데 한계가 존재한다. 이처럼 기존의 테크놀로지가 가진 기능적인 한계는 교사가 수업에 테크놀로지를 통합하는데 어려움으로 작용하였다.

테크놀로지의 기능적 한계를 극복하기 위하여 새로운 테크놀로지로 프로그래밍에 관한 관심이 증가하였다. 최정원과 이은경, 이영준(2015)은 TPACK의 테크놀로지 도구로써 프로그래밍의 필요성에 대하여 말하였다. 프로그래밍은 교사의 필요에 따라 교수-학습에 활용할 수 있는 수업 도구를 만들 수 있으며, 기존 수업과 달리 프로그래밍을 활용한 수업은 학습자의 인지 영역의 확장과 반복 학습을 촉진할 수 있다[15]. 그뿐만 아니라 선행 연구에서 프로그

래밍을 수업에 도입하였을 때, 다양한 교육적 효과가 나타났다. 따라서 기존의 테크놀로지가 가진 한계점도 해결할 수 있고, 교육적 효과를 가지고 있는 프로그래밍에 대한 관심이 증가하였다[16-18].

김성원과 이영준(2017)은 TPACK의 테크놀로지 도구로 프로그래밍 언어를 도입한 예비 교사의 TPACK 교육 모델과 교육 프로그램을 개발하였다. 선행 연구에서 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 발달에 한계가 존재하였으며[19], 예비 교사가 교육적 맥락에 따라 수업에 프로그래밍을 활용하기 위해서는 TK, CK, PK의 융합을 통하여 총체적인 지식 발달이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 김성원과 이영준(2019)은 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개선하는 연구를 진행하였다. 하지만 개선한 교육 프로그램이 예비 교사의 TPACK에 미치는 효과를 분석하는 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 설계 기반 연구를 통한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 개선이 예비 교사의 TPACK에 미치는 영향을 살펴보았다. 연구에서는 설계 기반 연구를 통하여 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용하고, 적용을 통한 예비 교사의 TPACK 변화를 살펴보았다. 효과 검증을 위하여 통제 집단에게는 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램을 적용하였다. 적용 결과를 통하여 DBR에서 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 개선이 예비 교사의 TPACK에 미치는 영향을 확인하고, 예비 교사의 TPACK을 향상시키는 방안을 도출하였다.

## II. Related Works

### 1. Programming-based TPACK

김성원과 이영준(2017)은 예비 교사의 TPACK에서 테크놀로지 도구로 프로그래밍 언어를 도입하기 위한 연구를 진행하였다[19]. 해당 연구에서는 프로그래밍 기반 TPACK 교육 모델과 교육 프로그램을 개발하기 위하여 예비 교사를 대상으로 진행된 TPACK 교육 선행 연구를 분석하였다[14]. 이를 통하여 예비 교사의 TPACK을 향상시키기 위한 8가지 교육 방안을 도출하였다. 교육 방안은 브레인스토밍, 수업 설계, TPACK 이론 탐색, 프로그래밍 언어 탐색, 교육과정 분석, 마이크로티칭, 수업 성찰, 협력이며, 프로그래밍 기반 TPACK 교육 모델은 Fig. 1과 같다. 프로그래밍 기반 TPACK 교육 모델을 기반으로 예비 교사

의 TPACK 향상을 위한 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다. 교육 프로그램의 교육 단계는 분석-탐색-설계-적용-평가로 구성하였다[19].

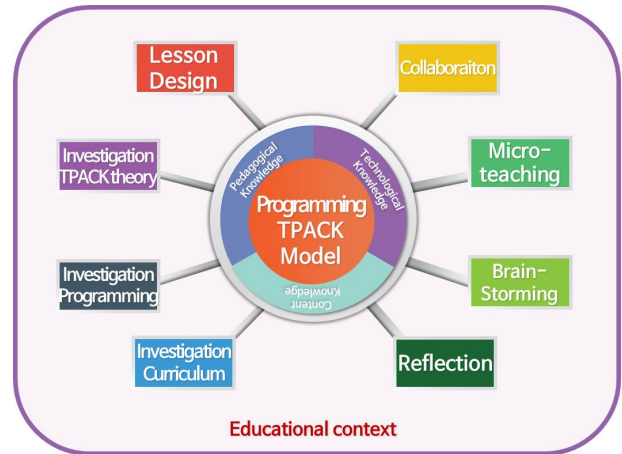


Fig. 1. Programming based TPACK Education Model[19]

### 2. Design-Based Research

다른 분야와 달리 교육학에서 연구는 여러 교육적 맥락 요인이 작용하여 연구 진행에 어려움을 겪었다. 생물 연구는 처치를 제외한 모든 환경 요인을 통제할 수 있고, 처치에 따른 효과를 분석하는 환경을 구성할 수 있다. 반면에 교육 연구는 학생과 교사뿐만 아니라 수업 내용, 학습 환경, 학습자의 배경적 요인 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 처치를 제외한 다른 요인을 통제하는 것이 불가능하다. 따라서 연구를 통해 얻은 연구 결과를 일반화하기 어려우며, 방법론이나 교육 이론과 교육 현장(수업) 간의 괴리가 발생한다[6][21].

수업에서 이론과 현장 간의 괴리를 극복하기 위하여 이론을 바탕으로 현장에 직접 교육을 접목하는 연구 방법인 설계 기반 연구(Design-Based Research, DBR)의 활용이 증가하였다[22]. DBR는 실용적인 이론을 창출하고 현장의 문제를 해결하기 위하여 교육 현장에서 문제를 분석, 설계, 개발, 실행하는 과정을 반복적으로 진행하여 해결 방안을 도출한다[21]. 기존의 연구와 달리 DBR는 교육 현장의 요구를 분석하고, 이론을 바탕으로 교육 문제를 해결하는 연구 방법이다. 따라서 학교 현장에서 발생하는 문제를 해결하는 방안을 실질적으로 제안할 수 있다. 또한, 개입안의 효과를 분석하고, 개입안을 개선하고, 개선한 개입안을 적용하는 과정을 반복적으로 진행하여 일반화된 교육 이론이나 모델, 프로그램을 도출할 수 있다. 이러한 특징 덕분에 DBR은 복잡한 교육 환경에서 발생하는 문제를 해결하는데 활용되는 연구 방법이다[6].

한국의 DBR 선행 연구를 살펴보면, 대부분 새로운 테크놀로지를 도입하는 연구에 활용하였다. 김성원과 이영준(2019)은 예비 교사의 TPACK 교육에서 새로운 테크놀로지인 프로그래밍을 도입하기 위하여 DBR를 사용하였다[20]. DBR은 분석과 개발, 적용, 평가 단계를 네 번 반복하여 진행하였으며, Fig. 2와 같은 방법으로 진행하여 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다.

## Design-based research

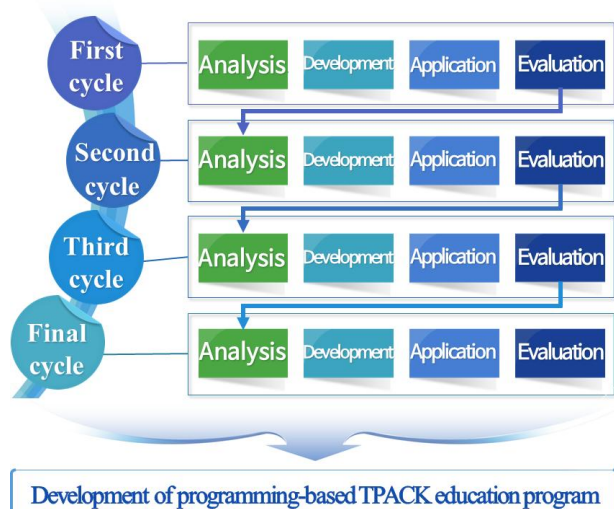


Fig. 2. DBR Research procedure in Kim and Lee(2019)[20]

분석 단계에서는 교육 프로그램의 평가 결과를 분석하고 예비 교사의 TPACK을 향상시키기 위하여 선행 연구를 분석하였으며, 개발 단계에서는 분석 결과를 바탕으로 교육 프로그램을 개발(개선)하였으며, 적용 단계에서는 개발한 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용하고, 평가 단계에서는 교육 프로그램에 대한 예비 교사의 인식을 조사하였다. DBR를 통하여 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다. 김성원과 이영준(2019)의 연구를 통하여 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 Table 1과 같다[20].

### III. Methods

#### 1. Overview

본 연구에서는 DBR를 통한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램 개선이 예비 교사의 TPACK에 미치는 영향을 살펴보았다. 이러한 연구를 위하여 설계 기반 연구를 통해 개발한 1차, 2차, 3차, 최종 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용하고, 예비 교사의 TPACK 변화를 살펴보았

다. 교육 프로그램 적용은 예비 교사를 실험 집단과 통제 집단으로 나누어 진행하였다. 통제 집단에게는 테크놀로지 도구를 제외하고 동일한 TPACK 교육을 적용하였다. 예비 교사의 TPACK 변화를 확인하기 위하여 사전 검사와 사후 검사에 동일한 TPACK 검사 도구를 적용하였다. 교육 프로그램을 통한 예비 교사의 TPACK 변화를 통하여 DBR를 통한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 TPACK에 미치는 영향을 규명하였다.

#### 2. Treatment

본 연구에서는 DBR를 기반으로 진행됨에 따라 처치가 총 4회 이루어졌다. 모든 처치는 15주 동안 진행되었으며, 2차와 3차 연구에서는 2회 반복하여 처치를 진행하였다. 교육 프로그램의 처치는 연구자 중 한 명이 모두 진행하였다. 실험 집단과 통제 집단의 처치 기간과 대상별 처치 내용은 Table 2와 같다. 본 연구에서 처치는 K 대학교의 교양 강의의 일부로 진행되었다.

집단별 처치는 실험 집단은 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 적용하고, 통제 집단은 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램을 적용하였다. 실험 집단은 김성원과 이영준(2017)의 연구에서 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 활용하였다. 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 본인 교과의 문제를 생각해보고, 문제를 해결하기 위하여 프로그래밍을 접목한 수업을 설계하도록 구성하였다. 예비 교사는 프로그래밍 언어를 배우고, 기존의 TPACK 수업 사례 탐색, 교육과정 분석, 수업 설계, 마이크로칭, 수업 성찰을 진행하였다. 본 연구에서 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 프로그래밍 언어는 스크

Table 1. Programming based TPACK education program

	Content	Programming based TPACK Model*
Analysis	Analysis of Problem in subject	1, 3
Investigation	Investigation of programming environment	5, 9
	Investigation of TPACK	4, 9
	Investigation of programming-based TPACK class	9
	Investigation of curriculum	3, 5
Design	Design of TPACK lesson based on programming	1, 2, 3, 4, 5, 8
Application	Microteaching	7
Evaluation	Reflection	3, 4, 5, 6, 8, 9
	Elaboration of lesson & Feedback	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8

\*1. Brainstorming; 2. Design of lesson with programming; 3. Investigation of curriculum; 4. Investigation of TPACK model; 5. Investigation of programming environment; 6. Reflection of lesson; 7. Microteaching; 8. Collaboration; 9. Investigation of class example

래치를 사용하였다. 통제 집단은 테크놀로지 도구를 제외한 모든 처치를 실험 집단과 동일하게 진행하였다. 통제 집단은 TPACK 교육 프로그램의 테크놀로지 도구로 프로그래밍 언어가 아니라 ICT 도구를 활용하였다. ICT 도구는 학교 현장에서 많이 활용하는 한글, 엑셀, 파워포인트를 활용하였다[19].

실험 집단에 사용된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 DBR를 통하여 개선되었다. 따라서 1차, 2차, 3차, 최종에서 활용한 교육 프로그램이 동일하지 않았다. 연구 대상에게 적용한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 Table 3과 같다. 통제 집단도 실험 집단의 처치에서 테크놀로지 도구를 제외하고 동일하게 진행하였다.

### 3. Test Tool

프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 효과를 검증하기 위하여 예비 교사의 TPACK을 측정하는 검사 도구를 활용하였다. TPACK 검사 도구는 Mishra and Koehler(2006)가 개발하고, Chai, Koh and Tsai(2013)

Table 3. Treatments by group in DBR

DBR	Term	Week	Group	Treatment
First cycle	2016.08.29.~2016.12.09.	15	Exp.	TP(1)
			Con.	TI(1)
Second cycle	2017.03.02.~2017.06.14.		Exp.	TP(2)
			Con.	TI(2)
2017.08.28.~2017.12.08.	Exp.		TP(2)	
	Con.		TI(2)	
Third cycle	2018.03.01.~2018.06.14.		Exp.	TP(3)
			Con.	TI(3)
2018.08.27.~2018.12.07.	Exp.		TP(3)	
	Con.		TI(3)	
Final cycle	2019.03.04.~2019.06.14.		Exp.	TP(Final)
			Con.	TI(Final)

Note: TP(n): Programming based TPACK education program(cycle)

TI(n): ICT based TPACK education program(cycle)

Exp.: Experimental group, Con.: Control group

가 타당도와 신뢰도를 검증한 TPACK 검사 도구를 한국의 문화적 배경에 맞게 타당도를 검증한 검사 도구이다 [10][23][24]. 박기철과 강성주(2014)의 연구에서는 TPACK 검사 도구의 타당도를 확보하기 위하여 41개의 문항을 한국어로 번역하고, 전문가 검토와 탐색적 요인 분석을 통하여 타당도

Table 2. Treatment of experimental group in DBR

Week	First cycle	Second cycle	Third cycle	Final cycle
1	Analysis of Problem in subject	Analysis of Problem in subject	<b>Analysis of Problem in subject &amp; Lesson design</b>	Analysis of Problem in subject & Lesson design
2	Investigation of programming environment	Investigation of programming environment	Investigation of programming environment	Investigation of programming environment
3	Investigation of programming environment(2)	Investigation of programming environment(2)	Investigation of programming environment(2)	Investigation of programming environment(2)
4	Investigation of programming environment(3)	<b>Investigation of lesson based program</b>	Investigation of lesson based program	Investigation of lesson based program
5	Investigation of TPACK	<b>Investigation of lesson based program(2)</b>	Investigation of lesson based program(2)	<b>Investigation of lesson based program with remix</b>
6	Investigation of TPACK class	Investigation of TPACK	Investigation of TPACK	Investigation of TPACK
7	Investigation of curriculum	Investigation of TPACK class	Investigation of TPACK class	Investigation of TPACK class
8	Problem definition in subject	Investigation of curriculum	Investigation of curriculum	Investigation of curriculum
9	Design of TPACK lesson based on programming	<b>Investigation of curriculum based on programming</b>	Investigation of curriculum based on programming	Investigation of curriculum based on programming
10	Design of TPACK lesson based on programming(2)	Investigation of programming-based TPACK class	<b>Investigation of programming-based TPACK class &amp; Lesson design</b>	Investigation of programming-based TPACK class & Lesson design
11	Program design	Design of TPACK lesson based on programming	Design of TPACK lesson based on programming	<b>Design of TPACK lesson based on programming</b>
12	Microteaching	Program design	Program design	<b>Program design</b>
13	Microteaching(2)	Microteaching	Microteaching	Microteaching
14	Lesson Reflection	Lesson Reflection	<b>Lesson Reflection</b>	Lesson Reflection
15	Elaboration of lesson	Elaboration of lesson	<b>Elaboration of lesson</b>	Elaboration of lesson

Note. Highlighted session have been improved through DBR

와 신뢰도를 검증하였다. 검사 도구는 7개의 요인이 존재하며, 5점 리커트 척도로 응답하도록 개발된 36개의 문항으로 구성되어 있다. 검사 도구의 Cronbach  $\alpha$ 는 .807~.959이다[24]. 본 연구에 활용한 검사 도구는 Table 4와 같다.

Table 4. TPACK test tool for pre-service teacher

Factor	Cronbach $\alpha$	Items
Content Knowledge(CK)	.807	4
Pedagogical Knowledge(PK)	.895	7
Technological Knowledge(TK)	.907	4
Pedagogical Content Knowledge(PCK)	.880	6
Technological Content Knowledge(TCK)	.843	3
Technological Pedagogical Knowledge(TPK)	.919	6
Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK)	.959	3
Total		36

#### 4. Participants

본 연구에서는 K 대학에 다니고 있는 예비 교사를 연구 대상으로 선정하였다. 연구자는 K 대학에 두 개의 강의를 개설하여 실험 집단과 통제 집단을 모집하였다. 연구 대상에게 연구와 처치에 관한 내용을 설명하고, 연구에 동의하는 예비 교사를 대상으로 설문을 진행하였다. 연구에 참여한 예비 교사는 총 255명이며, 실험 집단은 126명, 통제 집단은 129명이었다. 연구 대상의 특성은 Table 5와 같다.

Table 5. Characteristic of participants  
Number of Pre-service teacher(%)

Gender						
DBR	Group	Male	Female	Total		
First cycle	Con.	4 (21.0)	15 (79.0)	19 (100.0)		
	Exp.	9 (47.0)	10 (53.0)	19 (100.0)		
Second cycle	Con.	29 (65.9)	15 (34.1)	44 (100.0)		
	Exp.	10 (26.3)	28 (73.7)	38 (100.0)		
Third cycle	Con.	20 (43.5)	26 (56.5)	46 (100.0)		
	Exp.	21 (42.9)	28 (57.1)	49 (100.0)		
Final cycle	Con.	11 (55.0)	9 (45.0)	20 (100.0)		
	Exp.	9 (45.0)	11 (55.0)	20 (100.0)		
Grade						
DBR	Group	Fresh man	Sophomore	Junior	Senior	Total
First cycle	Con.	11(58.0)	5(26.0)	3(16.0)	0(0.0)	19 (100.0)
	Exp.	3(16.0)	8(42.0)	7(37.0)	1(5.0)	19 (100.0)
Second cycle	Con.	9(20.5)	25(56.8)	10(22.7)	0(0.0)	44 (100.0)
	Exp.	14(36.8)	9(23.7)	11(28.9)	4(10.5)	38 (100.0)
Third cycle	Con.	11(23.9)	12(26.1)	20(43.5)	3(6.5)	46 (100.0)
	Exp.	7(14.3)	18(36.7)	21(42.9)	3(6.1)	49 (100.0)
Final cycle	Con.	1 (5.0)	5(25.0)	7(35.0)	7(35.0)	20 (100.0)
	Exp.	0 (0.0)	6(30.0)	10(50.0)	4(20.0)	20 (100.0)

#### 5. Analysis

본 연구에서는 교육 프로그램의 효과를 분석하기 위하여 독립 표본 t-검정과 대응 표본 t-검정을 실시하였다. 독립 표본 t-검정은 사전 검사에서 연구 대상의 TPACK의 동질성을 확인하고, 사후 검사에서 실험 집단과 통제 집단의 TPACK 차이를 분석하기 위하여 사용하였다. 대응 표본 t-검정은 처치를 통하여 사전, 사후 검사에서 예비 교사의 TPACK 변화를 분석하기 위하여 사용하였다.

### IV. Results

#### 1. First Cycle

사전 검사에서 예비 교사의 TPACK을 살펴보면 실험 집단( $M= 3.31, SD= .59$ )과 통제 집단( $M= 3.03, SD= .48$ )은 유의한 차이가 나타나지 않았다;  $t = -1.56, p = .13$ . 하위 영역에서도 모두 통계적으로 유의한 차이가 존재하지 않았다. 따라서 사전 검사에서 실험 집단과 통제 집단의 TPACK은 다르지 않다는 것을 확인할 수 있었다.

ICT 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 예비 교사의 변화를 살펴보면, 예비 교사의 TPACK은 사전 검사( $M= 3.03, SD= .48$ )보다 사후 검사( $M= 3.29, SD= .44$ )가 향상되었다. 또한, 사전 검사와 사후 검사의 차이는 통계적으로 유의미하였다;  $t = -5.18, p < .01$ . 또한, 모든 하위 요인에서 사후 검사가 사전 검사보다 높았다. TK( $t = -2.84, p = .01$ ), TCK( $t = -3.63, p < .01$ ), TPACK( $t = -2.99, p = .01$ )은 통계적으로 유의미한 차이가 나타났지만, PK( $t = -1.15, p = .27$ ), CK( $t = -1.04, p = .31$ ), TPK( $t = -1.69, p = .11$ ), PCK( $t = -.38, p = .71$ )는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이를 통하여 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 향상시키지만, TPACK의 모든 하위 요인의 향상에는 효과적이지 않았다.

프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 살펴보면, 예비 교사의 TPACK은 사전 검사( $M= 3.31, SD= .59$ )보다 사후 검사( $M= 3.68, SD= .48$ )에서 증가하였다. 또한, 사전 검사와 사후 검사의 차이는 통계적으로 유의하였다,  $t = -4.86, p < .01$ . TPACK의 하위 요인 변화를 살펴보면, 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 받은 예비 교사는 TK( $t = -2.51, p = .02$ ), TCK( $t = -4.15, p < .01$ ), TPACK( $t = -2.76, p = .01$ )뿐만 아니라 PK( $t = -2.28, p = .04$ ), CK( $t = -3.67, p < .01$ ), TPK( $t = -2.33, p = .03$ )에서도 유의미한 차이가 나타났다. 다른 영역과 다르게 PCK는 사전 검사

( $M= 3.39, SD= .64$ )보다 사후 검사( $M= 3.63, SD= .62$ )의 값이 증가하였지만, 사전, 사후 검사의 차이는 유의하지 않았다;  $t= -1.74, p= .10$ .

사후 검사에서 예비 교사의 TPACK은 실험 집단( $M= 3.68, SD= .48$ )이 통제 집단( $M= 3.29, SD= .44$ )보다 높으며, 두 집단의 차이는 통계적으로 유의하였다,  $t= 2.66, p= .01$ . 하위 요인을 살펴보면, PK, TK, CK, TCK에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이와 다르게 PCK와 TPK, TPACK에서는 실험 집단과 통제 집단이 유의한 차이가 존재하였으며, 실험 집단이 통제 집단보다 높았다. 실험 집단과 통제 집단의 변화에서 PCK의 유의한 변화가 나타나지 않았으므로 PCK는 TPACK 교육의 효과로 해석할 수 없다. 반면에 TPK와 TPACK은 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 효과로 해석할 수 있다. 따라서 1차 연구에서 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPK와 TPACK 발달에 효과적이며, 다른 영역의 발달에는 효과적이지 않았다.

## 2. Second Cycle

2차 연구에서 실험 집단과 통제 집단의 사전 검사에서 TPACK을 살펴보면, 실험 집단( $M= 3.07, SD= .56$ )과 통제 집단( $M= 3.21, SD= .46$ )은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다,  $t= -1.23, p= .22$ . TPACK의 세부 요인에서도 실험 집단과 통제 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 존재하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 이를 통하여 DBR의 2차 연구에서 교육 프로그램 적용 전에 실험 집단과 통제 집단의 TPACK은 유의미한 차이가 없었다.

ICT 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 예비 교사의 변화를 살펴보면, 사전 검사( $M= 3.21, SD= .46$ )보다 사후 검사( $M= 3.35, SD= .53$ )에서 예비 교사의 TPACK이 향상되었다. 하지만, 예비 교사의 TPACK 변화는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $t= -1.56, p= .13$ . ICT 기반 TPACK 교육 프로그램에 참여한 예비 교사는 사전 검사보다 사후 검사에서 유의한 변화가 나타난 영역이 존재하지 않았다. 이를 통하여 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 TPACK 발달에 효과적이지 않았다는 것을 확인하였다.

다음으로 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 예비 교사의 TPACK 변화를 살펴보면, 사전 검사( $M= 3.07, SD= .56$ )보다 사후 검사( $M= 3.65, SD= .40$ )의 TPACK이 증가하였다. 또한, 이러한 변화는 통계적으로 유의미하였다,  $t= -7.64, p< .01$ . 세부 영역인 PK( $t= -3.73, p< .01$ ), TK( $t= -4.20, p< .01$ ), CK( $t= -5.21, p<$

$.01$ ), TCK( $t= -5.20, p< .01$ ), TPK( $t= -7.49, p< .01$ ), TPACK( $t= -5.17, p< .01$ )에서 모두 통계적으로 유의미한 차이가 나타났으며, 모두 사전 검사보다 사후 검사에서 결괏값이 향상된 것으로 나타났다. 다른 요인과 달리 PCK는 처치를 통하여 값은 향상되었지만, 유의한 차이는 나타나지 않았다,  $t= -1.74, p= .10$ .

사후 검사에서 예비 교사의 TPACK은 실험 집단( $M= 3.65, SD= .40$ )이 통제 집단( $M= 3.35, SD= .53$ )보다 높은 것으로 나타났다. 또한, 두 집단의 TPACK 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다,  $t= 2.86, p= .01$ . TPACK의 요인별로 살펴보면, TK, TCK, TPK, PCK, TPACK에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타났으며, 통제 집단보다 실험 집단의 값이 높았다. 다른 영역과 달리 PCK는 실험 집단과 통제 집단에서 유의한 변화가 없었지만, 사후 검사에서는 두 집단 간의 차이가 유의하였다. 따라서 PCK는 처치의 효과로 해석하는 데 한계가 존재한다.

DBR의 2차 연구 결과를 종합하면, 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 1차 연구보다 예비 교사의 TPACK 발달에 효과적인 것을 확인할 수 있었다(TK, TCK). 하지만 아직도 PK와 CK의 발달에는 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

## 3. Third cycle

사전 검사에서 예비 교사의 TPACK을 살펴보면, 실험 집단( $M= 3.44, SD= .68$ )과 통제 집단( $M= 3.53, SD= .58$ )의 TPACK 값은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다;  $t= -.68, p= .50$ . 실험 집단과 통제 집단은 사전 검사의 모든 영역에서 통계적으로 유의미한 차이를 확인할 수 없었다. 이를 통하여 사전 검사에서 실험 집단과 통제 집단의 TPACK 수준은 차이가 존재하지 않는다는 것을 확인하였다.

ICT 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 예비 교사의 변화를 살펴보면, 사전 검사( $M= 3.53, SD= .58$ )보다 사후 검사( $M= 3.56, SD= .46$ )에서 예비 교사의 TPACK은 향상되었다. 이러한 변화는 통계적으로 유의미하지 않았다;  $t= -.27, p= .79$ . 세부 영역별로 변화를 살펴보면, 모든 세부 영역에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과를 통하여 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 변화에 유의미한 영향을 주지 않았다.

다음으로 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 예비 교사의 TPACK 변화를 분석하였다. 실험 집단의 TPACK은 사전 검사( $M= 3.44, SD= .68$ )보다 사후 검사( $M= 3.92, SD= .46$ )에서 향상되었다. 또한, 이러한 변화는

통계적으로 유의하였다;  $t = -4.08, p < .01$ . 이를 통하여 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램과 다르게 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 향상에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. PK( $t = -2.84, p = .01$ ), TK( $t = -2.20, p = .03$ ), CK( $t = -4.64, p < .01$ ), TCK( $t = -5.15, p < .01$ ), TPK( $t = -2.89, p = .01$ ), PCK( $t = -3.21, p < .01$ ), TPACK( $t = -2.96, p < .01$ )에서 모두 통계적으로 유의미한 차이가 나타났으며, TPACK의 세부 요인이 모두 향상되었다.

사후 검사를 살펴보면, 실험 집단( $M = 3.92, SD = .46$ )이 통제 집단( $M = 3.56, SD = .46$ )보다 TPACK이 높았다. 또한, 두 집단의 차이는 통계적으로 유의미하였다,  $t = 3.72, p < .01$ . 사전 검사에서는 실험 집단과 통제 집단의 TPACK은 차이가 존재하지 않았지만, 통제 집단은 사전-사후 검사에서 TPACK이 유의미한 변화가 나타나지 않았고, 실험 집단은 사전-사후 검사에서 TPACK이 유의미하게 향상되었다. 또한, 사후 검사에서 예비 교사의 TPACK은 실험 집단이 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 이러한 내용을 종합하면 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램보다 예비 교사의 TPACK 향상에 효과적이었다. 세부 요인을 살펴보면, PK, TK, TCK, TPK, PCK, TPACK에서만 통계적으로 유의한 차이가 나타났고, CK에서는 유의한 차이가 없었다. 2차 연구를 통하여 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 PK 향상에 효과적이었지만, CK의 발달에는 한계가 존재한다는 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. Final Cycle

사전 검사에서 예비 교사의 TPACK을 살펴보면, 실험 집단( $M = 3.04, SD = .43$ )과 통제 집단( $M = 3.05, SD = .54$ )은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다;  $t = -.04, p = .97$ . 세부 요인에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 사전 검사에서 실험 집단과 통제 집단의 TPACK은 차이가 존재하지 않는다는 것을 확인하였다.

ICT 기반 TPACK 교육 프로그램에 따른 통제 집단의 변화를 살펴보면, 사전 검사( $M = 3.05, SD = .54$ )보다 사후 검사( $M = 3.21, SD = .49$ )에서 예비 교사의 TPACK은 증가하였다. 하지만 사전 검사와 사후 검사의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다;  $t = -.99, p = .34$ . 또한, 모든 세부 영역에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이를 통하여 ICT 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 발달에 영향을 미치지 못하는 것을 확인하였다.

프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 받은 예비 교

사는 사전 검사( $M = 3.04, SD = .43$ )보다 사후 검사( $M = 3.83, SD = .55$ )에서 TPACK이 향상되었다. 또한, 사전 검사와 사후 검사의 차이는 통계적으로 유의하였다,  $t = -4.48, p < .01$ . 세부 요인에서도 PK( $t = -3.48, p < .01$ ), TK( $t = -2.75, p = .01$ ), CK( $t = -3.05, p = .01$ ), TCK( $t = -4.51, p < .01$ ), TPK( $t = -3.10, p = .01$ ), PCK( $t = -3.78, p < .01$ ), TPACK( $t = -4.20, p < .01$ )이 모두 사전 검사보다 사후 검사의 값이 증가하였으며, 사전, 사후 검사의 차이는 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과를 통하여 사전, 사후 검사에서 나타난 예비 교사의 TPACK 향상은 통계적으로 유의하며, 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 발달에 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

사후 검사에서 실험 집단( $M = 3.83, SD = .55$ )은 통제 집단( $M = 3.21, SD = .49$ )보다 TPACK이 더 높으며, 두 집단의 TPACK 차이는 통계적으로 유의하였다,  $t = -3.81, p < .01$ . 또한, 세부 영역인 PK, TK, CK, PCK, TCK, TPK, TPACK에서 모두 실험 집단이 통제 집단보다 크며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 사전 검사에서는 두 집단의 TPACK이 차이가 존재하지 않았지만, 사후 검사에서는 실험 집단이 통제 집단보다 TPACK이 높았다. 대응 표본 t-검정에서도 실험 집단에서만 유의한 향상이 나타났다. 이러한 내용을 종합하면, ICT 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK에 향상에 영향을 미치지 못하며, 프로그래밍 기반 TPACK 교육은 예비 교사의 TPACK 향상에 효과적인 것을 확인하였다.

사후 검사에서 예비 교사의 TPACK은 Fig. 3과 같다.

#### 5. Discussion

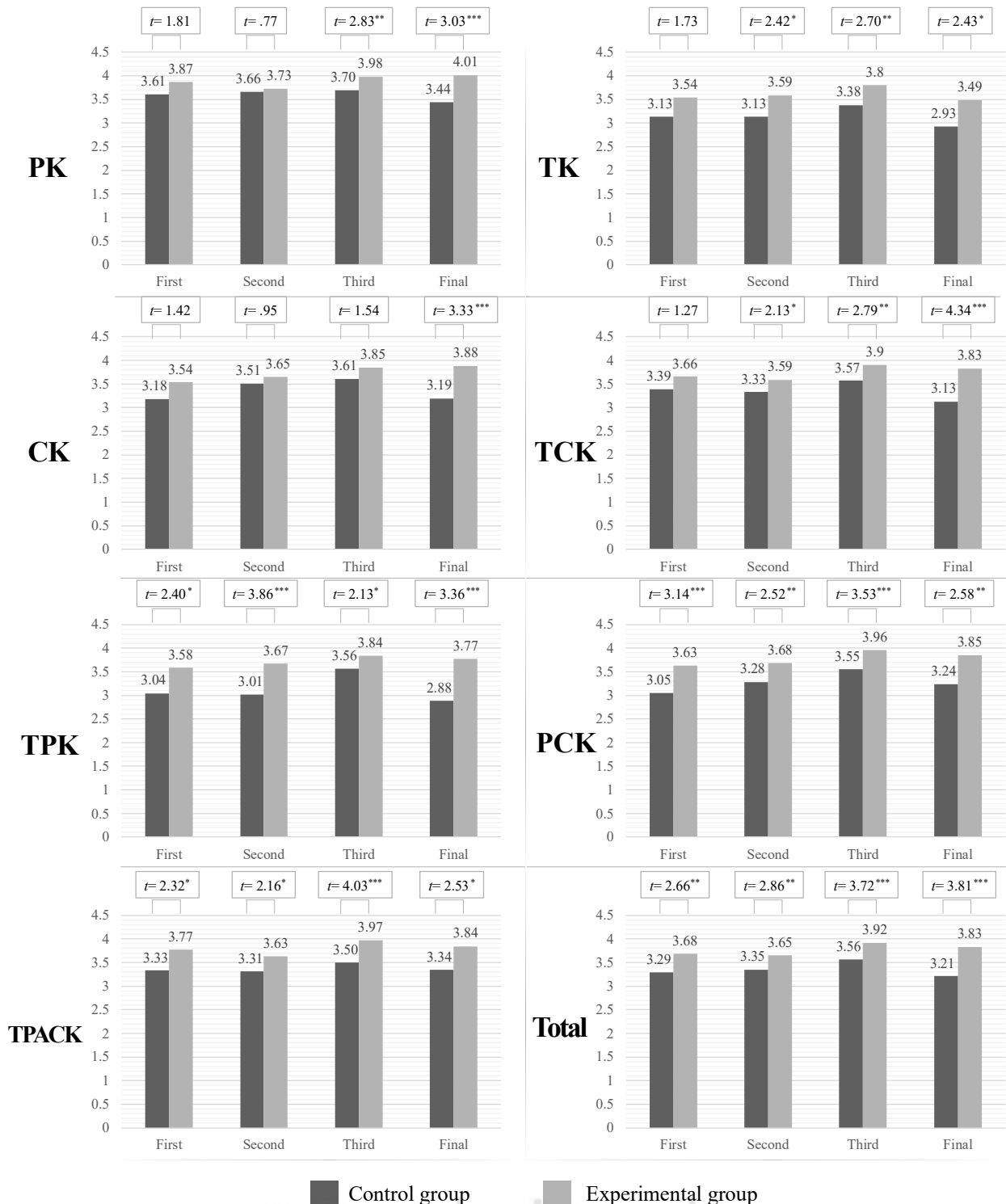
DBR의 1차 연구에서는 TPACK 교육 프로그램에 테크놀로지 도구로 프로그래밍을 도입하였다[19]. 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용한 결과, 예비 교사는 수업 설계 과정에서 프로그래밍을 접목시키는 것에 어려움을 느꼈다[20]. 1차 연구에서 예비 교사가 느끼는 어려움은 프로그래밍 학습과 교과와 교육과정에 프로그래밍을 도입한 것에 어려움을 느꼈다. 김성원과 이영준(2017)은 예비 교사가 프로그래밍 학습 과정에서 느끼는 어려움을 줄이기 위하여 블록 기반 프로그래밍 언어인 스크래치를 사용하였다[19][25]. 예비 교사는 프로그래밍 언어를 생소한 테크놀로지로 인식하였으며, 프로그래밍 학습 과정에 어려움을 느꼈다[17][20][25]. 이러한 어려움이 수업에 프로그래밍을 통합하는 데 걸림돌로 작용하며, 예비 교사의 TPACK 발달을 저해하였다. 종합하면 예비 교사가 수업에 프로그래밍을 활용할 수 있는 역량을 길러주기 위해서는 기본적인



로 프로그래밍에 대한 학습이 전제되어야 한다는 것을 확인할 수 있었다[26]. 프로그래밍은 다른 테크놀로지와 마찬가지로 교육에 통합하기 위해서는 TK의 향상이 필요하다는 것으로 나타났다[11][27][28].

DBR의 2차 연구에서는 프로그래밍 기반 TPACK 교육

프로그램에 프로그래밍 기반 수업 사례 분석과 프로그래밍 기반 수업 프로그램 제작, 프로그래밍 기반 교육과정 분석을 추가하였다[26][27]. 2차 연구에서 예비 교사는 프로그래밍 학습에 대한 어려움이 감소하였으며, 수업 설계 과정에서 프로그래밍 활용이 증가하였다[20]. 예비 교사의



www.kci.go.kr  
 Fig. 3. Pre-service teacher's TPACK at post-test

수업에 필요한 프로그램을 제작하는 역량을 기르기 위해서는 프로그래밍 교육 강화가 필요하며[19][29], 프로그래밍 학습에서 프로그래밍 개발 환경뿐만 아니라 교과에 필요한 프로그램을 제작하는 활동이 진행되어야 한다는 것을 확인할 수 있었다[10][30].

프로그래밍 기반 수업 사례를 분석하는 활동과 프로그래밍 기반 교육과정을 분석하는 활동은 예비 교사가 프로그래밍 기반 수업 설계 역량을 발달시키는 데 도움을 주었다[30]. 기존의 TPACK 연구에서 테크노스트레스나 테크놀로지에 대한 거부감 등으로 인하여 예비 교사가 수업에 테크놀로지를 통합하는 데 어려움이 존재하였다[31]. 특히 프로그래밍은 다른 테크놀로지와 다르게 학습에 대한 어려움으로 인하여 예비 교사가 수업에 활용하는 과정에서 어려움이 있었다[17][31][32]. DBR의 2차 연구를 통하여 예비 교사의 테크노스트레스와 테크놀로지에 대한 거부감을 극복하고, 수업에 테크놀로지 통합을 촉진하기 위해서는 프로그래밍 기반 수업 사례와 교육과정 분석, 수업 프로그램 제작이 효과적이라는 것을 확인하였다.

1차 연구에서는 예비 교사의 TPK와 TPACK만 향상되었지만, 프로그램 개선 연구를 통하여 2차 연구에서는 예비 교사의 TK와 TCK도 향상되었다. 이를 통하여 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 테크놀로지 관련 지식 발달에 효과적인 것을 확인할 수 있었다. 하지만 예비 교사의 CK, PK, PCK 발달에는 한계가 존재하였다.

DBR의 3차 연구에서는 교수-학습 맥락에 적합하게 예비 교사가 프로그래밍을 활용할 수 있는 역량 발달시키는 방안을 모색하였다. 이를 위하여 Figg and Jaipal(2009)의 연구를 바탕으로 수업 설계와 수업 성찰을 보완하였다[33]. 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 적용한 결과, 예비 교사는 교육적 맥락에 따라 교수-학습에 프로그래밍을 활용하였다. 이를 통하여 3차 연구에서 개선된 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사가 교과와 교수-학습 과정에 맞게 프로그래밍을 활용하는 역량을 향상시키는 것으로 나타났다. 기존의 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 테크놀로지 통합 자아효능감에서 효능 기대에만 영향을 주었지만, 개선된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 효능 기대뿐만 아니라 결과 기대 발달까지 영향을 주었다. 예비 교사의 변화를 통하여 수업 설계 및 성찰 활동은 예비 교사의 테크놀로지 통합 자아효능감을 향상시키며[34], 예비 교사가 수업의 교수-학습에 프로그래밍의 통합을 촉진하였다[33]. 종합하면 예비 교사가 수업에 프로그래밍 활용 역량을 발달시키기 위해서는 프로그래밍 교육뿐만 아니라 교육과정이나 수업 분석을 경

험하여야 하고, 직접 수업을 설계하고, 설계한 수업을 성찰하는 과정이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

3차 연구에서 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 통하여 예비 교사는 TK, TCK, TPK, TPACK뿐만 아니라 PK와 PCK도 유의한 향상이 나타났다. 하지만 CK의 발달에는 아직도 한계가 존재하는 것으로 나타났다. 교육 프로그램 개선을 통하여 예비 교사는 프로그래밍 학습과 수업에 필요한 프로그램을 제작하는 과정에 어려움은 감소하였지만, 프로그래밍 학습 과정에 겪는 어려움은 여전히 존재하였다. 테크놀로지 관련 선행 연구에서는 예비 교사와 교사가 수업에서 테크놀로지를 활용하지 못하는 이유로 TK가 부족하여 테크놀로지에 대한 두려움을 느끼기 때문에 새롭게 배운 테크놀로지를 수업에 활용하지 않고 소극적으로 테크놀로지를 활용하는 것으로 나타났다[28][31][32]. 나지연과 장병기(2016)는 예비 교사가 수업 설계 및 진행 과정에서 교과에 테크놀로지를 접목시키는 데 어려움을 느껴서 테크놀로지 수업 자료를 준비하는 것을 어렵하다고 말하였다[18]. 따라서 예비 교사가 수업에서 프로그래밍 통합을 촉진하기 위해서는 예비 교사의 프로그래밍 학습 과정에서 인지적 부담을 감소시키는 방안이 필요하다.

본 연구에서 활용한 테크놀로지인 스크래치의 선행 연구를 살펴보면 스크래치의 리믹스 기능은 스크래치를 활용한 프로그램 개발 과정에서 겪는 어려움을 감소시키고 프로그래밍 역량을 향상시켰다[35]. 이에 따라 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 최종 개선 연구에서는 프로그래밍 학습 과정에서 리믹스 기능을 활용한 프로그램 제작을 추가하였다. 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램에서 스크래치의 리믹스에 기능을 활용하면 예비 교사는 스크래치 공유된 여러 프로그램 중에서 교수-학습 상황에 필요한 프로그램을 찾고, 교육적 맥락에 맞게 프로그램을 수정할 수 있다. 따라서 예비 교사가 리믹스 기능을 활용하여 수업에 필요한 프로그램을 개발하면 프로그램 제작 과정에서 프로그램 설계, 제작, 디버깅 과정에 필요한 인지적 부담을 감소할 수 있다.

DBR의 최종 연구를 통하여 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 TK, CK, PK를 발달시키며, 지식 간의 통합을 촉진하여 예비 교사의 TCK, TPK, PCK, TPACK의 발달이 이루어지게 한다는 것을 확인할 수 있었다[10]. 나지연과 장병기(2016)는 예비 교사 교육과정이 테크놀로지 교육과 교과 교육이 분리되어 이루어짐에 따라 예비 교사가 수업에서 교과에 테크놀로지를 통합하기 어렵다고 말하였다[18]. 김성원과 이영준(2019)은 DBR를 통하여 예비 교사를 위한 프로그래밍 기

반 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다[20]. 본 연구에서 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용한 결과, 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 발달에 효과적이었다. 따라서 김성원과 이영준(2019)이 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육은 예비 교사의 교육에 적합한 프로그램이란 것을 확인할 수 있었다.

## V. Conclusion

본 연구에서는 DBR를 통하여 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 효과를 검증하기 위한 연구를 진행하였다. 이러한 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

DBR를 통하여 예비 교사의 TPACK 향상에 효과적인 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다. 선행 연구에서는 예비 교사를 대상으로 진행된 TPACK 교육의 선행 연구를 분석하여 예비 교사의 TPACK 발달을 위한 요인을 도출하였다. 이러한 요인을 바탕으로 프로그래밍 기반 TPACK 교육 모델과 교육 프로그램을 개발하였으며, 예비 교사를 대상으로 교육 프로그램을 적용하였다. 적용 결과, 예비 교사의 TPACK 발달에 한계가 존재하였으며, 이러한 문제는 예비 교사가 프로그래밍을 학습하는 것과 생소한 프로그래밍을 교과와 교육과정에 접목하는 것을 어렵힌다는 점(1차, 3차)과 교육적 맥락에 따라 프로그래밍을 수업에 적절하게 활용하기 어려워하기 때문이었다(2차).

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 프로그래밍 학습 강화, 프로그래밍 기반 교육과정 및 수업 사례 분석, 수업 설계 및 성찰을 개선하였다. 최종 개발한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램은 예비 교사의 TPACK 발달에 효과적인 것을 확인하였다. 따라서 DBR를 통하여 예비 교사의 TPACK 발달을 위한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 DBR를 통해 개발한 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 TPACK에 미치는 영향을 검증하였다. 예비 교사 연구에서는 수업 역량을 발달시키기 위하여 수업 전문성에 주목하였다. 수업 전문성은 오랜 기간 연구를 통하여 다양한 학자에 의해 정의되었으며, 최근 연구에서는 예비 교사의 수업 전문성이 지식뿐만 아니라 신념, 태도 등에 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 예비 교사의 수업 전문성에 영향을 주는 요인인 지식(TPACK)의 변화를 규명하였지만, 예비 교사의 신념이나 태도 변화는 관찰하지 않았다. 따라서 후속 연구에서는 프

로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 예비 교사에게 적용하고, 예비 교사의 교육과 테크놀로지에 대한 신념과 태도를 분석하는 연구가 필요하다. 이를 통하여 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 수업 전문성에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 예비 교사를 대상으로 연구가 진행되었지만, 교실의 수업 주체는 교사이다. 따라서 프로그래밍을 활용하여 학생들에게 실제로 수업을 진행할 교사를 대상으로 적용하는 연구가 필요하다. 이를 통하여 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 교사의 TPACK에 미치는 영향을 살펴보고, 교사가 설계한 수업과 진행하는 수업에서 테크놀로지 활용을 분석하여야 한다. 이를 통하여 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 통해 교사의 수업 전문성 변화를 관찰할 수 있을 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- [1] M. Berson, R. Diem, D. Hicks, C. Mason, J. Lee, and T. Dralle, "Guidelines for using technology to prepare social studies teachers," *Contemporary issues in technology and teacher education*, Vol. 1, No. 1, pp. 107-116, May, 2000.
- [2] M. Al-Fudail and H. Mellar, "Investigating teacher stress when using technology," *Computers & Education*, Vol. 51, NO. 3, pp. 1103-1110, Nov., 2008, DOI: 10.1016/j.compedu.2007.11.004
- [3] T. P. German and H. C. Barrett, "Functional fixedness in a technologically sparse culture," *Psychological Science*, Vol. 16, No. 1, pp. 1-5, Jan., 2005. DOI: 10.1111/j.0956-7976.2005.00771.x
- [4] Y. Joo, K. Lim, and N. H. Kim, "The effects of secondary teachers' technostress on the intention to use technology in South Korea," *Computers & Education*, Vol. 95, pp. 114-122, April, 2006, DOI: 10.1016/j.compedu.2015.12.004
- [5] M. L. Niess, "Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology," *Journal of educational computing research*, Vol. 44, No. 3, pp. 299-317, June, 2001. DOI: 10.2190/EC.44.3.c
- [6] T. Anderson and J. Shattuck, "Design-based research: A decade of progress in education research?," *Educational researcher*, Vol. 41, No. 1, pp. 16-25, Jan., 2002. DOI: 10.3102/0013189X11428813
- [7] S. Barab and K. Squire, "Design-Based research: Putting a stake in the ground," *Journal of the Learning Science*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-44, Nov., 2004. DOI: 10.1207/s15327809jls1301\_1
- [8] Jklee, Sishin, and Msha, "Complex Problems in Complex Problem Solving: Types, Levels, and Meaning in the Filed of Science Education," *School Science Journal*, Vol. 12, No. 4, pp. 417-436,

- Oct., 2018.
- [9] M. Koehler and P. Mishra, "What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?," *Contemporary issues in technology and teacher education*, Vol. 9, No. 1, pp. 60-70, March, 2009.
- [10] P. Mishra and M. Koehler, "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge," *Teachers college record*, Vol. 108, No. 6, pp. 1017-1054, June, 2006.
- [11] J. T. Abbitt, "Measuring technological pedagogical content knowledge in preservice teacher education: A review of current methods and instruments," *Journal of Research on Technology in Education*, Vol. 43, No. 4, pp. 281-300, Feb., 2011. DOI: 10.1080/15391523.2011.10782573
- [12] L. Shulman, "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform," *Harvard educational review*, Vol. 57, No. 1, pp. 1-23, April, 1987. DOI: 10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411
- [13] Jyna and Jwsong, "An Analysis of Trends in Science Education Research on Instructional Technology and its Implications for Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK)," *Teacher Education Research*, Vol. 53, No. 3, pp. 511-524, Sep., 2014.
- [14] E. Baran and E. Uygun, "Putting technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) in action: An integrated TPACK-design-based learning (DBL) approach," *Australasian journal of educational technology*, Vol. 32, No. 2, June, 2016. DOI: 10.14742/ajet.2551
- [15] Jwchoi, Eklee, and Yjlee, "Extension of Technology in TPACK: Tools, Application Software, and Programming," *Proceeding of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 23, No. 2, 137-138, July, 2015.
- [16] Eschoi, Yjlee, and Shpaik, "The Effects of Programming-Based Lessons on Science Teachers' Perceptions Related to TPACK," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 37, No. 4, pp. 693-703, Aug., 2017. DOI: 10.14697/jkase.2017.37.4.693
- [17] Kjmun, Jymun, Smkim, and Swkim, "Application of Programming Curriculum for Pre-service Science Teacher and Examination of their Perceptions about Programming," *Korean Association For Learner-Centered Curriculum And Instruction*, Vol. 16, pp. 825-842, Oct., 2016. DOI: 10.22251/jlcci.2016.16.10.825
- [18] Jyna and Bgiang, "The Difficulties and Needs of Pre-service Elementary Teachers in the Science Class utilizing Smart Technologies in Teaching Practice," *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(1), 98-110, Feb., 2016. DOI: 10.15267/keses.2016.35.1.098
- [19] Swkim and Yjlee, "Development of TPACK-P Education Program for Improving Technological Pedagogical Content Knowledge of Pre-service Teachers," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 22, No. 7, pp. 141-152, July, 2017. DOI: 10.9708/jksci.2017.22.07.141
- [20] Swkim and Yjlee, "Development of Programming-based TPACK Education Program through Design-based Research," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 24, No. 10, pp. 267-278, Oct., 2019. DOI: 10.9708/jksci.2019.24.10.267
- [21] F. Wang and M. J. Hannafin, "Design-Based research and technology-enhanced learning environments," *Educational Technology research and development*, Vol. 54, No. 4, pp. 5-23, Dec., 2005. DOI: 10.1007/BF02504682
- [22] A. Brown. "Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex intervention in classroom setting," *The Journal of the Learning Science*, Vol. 2, No. 2, pp. 141-178, Nov., 1992. DOI: 10.1207/s15327809jls0202\_2
- [23] C. S. Chai, J. H. L., Koh, and C. C. Tsai, "A review of technological pedagogical content knowledge," *Journal of Educational Technology & Society*, Vol. 16, No. 2, pp. 31-51, April, 2013.
- [24] Gcpark and Sjgang, "The Development of Cognitive Path Model on Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK) among Elementary · Secondary Teachers," *Korean Journal of Teacher Education*, Vol. 30, No. 4, pp. 349-375, Oct., 2014.
- [25] Jwchoi and Yjlee, "The analysis of learners' difficulties in programming learning," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 17, No. 5, pp. 89-98, Nov., 2014.
- [26] M. Saeli, J. Perrenet, W. M. Jochems, and B. Zwaneveld, "Teaching programming in Secondary school: A pedagogical content knowledge perspective," *Informatics in Education*, Vol. 10, No. 1, pp. 73-88, Dec., 2011.
- [27] J. H. Koh and H. Divaharan, "Developing pre-service teachers' technology integration expertise through the TPACK-developing instructional model," *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 44, No. 1, pp. 35-58, March, 2011. DOI: 10.2190/EC.44.1.c
- [28] L. Wang, P. A. Ertmer, and T. J. Newby, "Increasing preservice teachers' self-efficacy beliefs for technology integration," *Journal of research on technology in education*, Vol. 36, No. 3, pp. 231-250. Feb., 2004. DOI: 10.1080/15391523.2004.10782414
- [29] E. Lahtinen, K. Ala-Mutka, and H. M. Jarvinen, "A study of the difficulties of novice programmers," *Acm Sigcse Bulletin*, Vol. 37, No. 3, pp. 14-18. June, 2005. DOI: 10.1145/1151954.1067453
- [30] C. Mouza, R. Karchmer-Klein, R. Nandakumar, S. Y. Ozden, and L. Hu, "Investigating the impact of an integrated approach to the development of preservice teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK)," *Computers & Education*, Vol. 71, pp. 206-221, Feb., 2014. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.09.020
- [31] Y. J. Joo, K. Y. Lim, and N. H. Kim, "The effects of secondary

teachers' technostress on the intention to use technology in South Korea," *Computers & Education*, Vol. 95, pp. 114-122, April, 2016. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.12.004

- [32] Y. Lee and J. Lee, "Enhancing pre-service teachers' self-efficacy beliefs for technology integration through lesson planning practice," *Computers & Education*, Vol. 73, pp. 121-128. April, 2014. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.01.001
- [33] C. Figg and K. Jaipal, "Unpacking TPACK: TPK characteristics supporting successful implementation," In *Society for Information Technology & Teacher Education international conference* (pp. 4069-4073). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2009.
- [34] Swkim and Yjlee, "The Effects of Programming-based TPACK Educational Program on Self-efficacy of Pre-service Teachers," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 21, No. 5, pp. 49-59, Sep., 2018. DOI: 10.32431/kace.2018.21.5.005
- [35] V. Vasudevan, Y. Kafai, and L. Yang, "Make, wear, play: remix designs of wearable controllers for scratch games by middle school youth," In *Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children* (pp. 339-342). ACM, 2015.

## Authors



Seong-Won Kim received the B.S. degree in Computer Education from Korea National University of Education, Korea in 2013. He received the M.S. degree in Biology Education from Seoul National University, Seoul in 2015.

and the Ph.D. degree in Computer Education from Korea National University of Education, He is currently a researcher in KAIST Global Institute For Talented Education. His research interests include software education, robot programming education, STEAM education, AI and TPACK.