

TPACK 기반 융합프로그램 개발 및 적용 - ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 중 배설 기관을 중심으로 -

고동국 · 홍승호[†]

Development and application of TPACK based STEAM program - Focused on the excretory organs in the ‘structure and function of our body’ unit -

Ko, Dong Guk · Hong, Seung-Ho[†]

국문 초록

본 연구에서는 초등과학 교육과정의 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원에서 배설 기관을 주제로 TPACK 기반의 STEAM 프로그램을 개발하여 적용하였다. 프로그램 개발 및 적용은 교육과정 분석 및 학습 목표 세부화, 물리적·심리적 학습 환경 분석, 교수·학습 방법 및 테크놀로지 선정, 수업에 활용할 교사의 TPACK 요인 정리 및 교수·학습자료 개발, 프로그램 적용 및 효과성 검증의 과정으로 진행하였다. STEAM 프로그램 설계 과정에서 고려한 교사의 TPACK은 내용학 지식(배설 기관의 생김새와 하는 일), 교육학 지식(STEAM, 문제 기반 학습, 조사학습, 토의학습, 협동 학습, 과학 글쓰기), 테크놀로지 지식(3D 프린터 및 스마트 기기 활용 기술)과 지식 간의 융합적인 요인이었다. 프로그램은 총 8시간으로 구성되었으며 실험 집단으로 선정된 5학년 학생 29명을 대상으로 적용하였다. 비교 집단의 5학년 27명에게는 교과서 중심으로 개발된 같은 주제의 프로그램을 적용하였다. 프로그램을 적용한 결과 실험 집단은 비교 집단에 비하여 창의적 문제해결력과 과학적 태도에서 유의미한 향상을 보였고 STEAM 프로그램에 대한 만족도도 높게 나타났다. 그러나 두 집단 간의 학업성취도는 유의미한 차이가 없었다. 학생들은 스스로 조사하고 탐구하며 알게 된 지식을 활용하여 문제를 해결하는 과정, 친구들과의 토의 및 협동 학습 과정을 통해 창의적 문제해결력이 향상되었던 것으로 보이며 새로운 기술의 활용, 학생 중심의 활동 과정 및 실생활과 관련된 문제를 해결하는 과정에서 과학적 태도와 만족도가 높아진 것으로 판단된다.

주제어: TPACK(테크놀로지 교수학적 내용 지식), STEAM(융합인재교육), 배설 기관, 창의적 문제해결력, 과학적 태도, 학업성취도, STEAM 만족도

ABSTRACT

In this study, a TPACK-based STEAM program was developed and applied under the theme of excretory organs in the ‘Structure and Function of Our Body’ of the elementary science curriculum. The program was produced and conducted through curriculum analysis and learning goal detailing, learning environment analysis, teaching·learning method and technology selection, TPACK elements arrangement and teaching·learning material development, application and effectiveness verification. Teacher's TPACK considered in STEAM program design process is content knowledge (appearance and work of excretory organs), pedagogical knowledge (STEAM, problem-based learning, research learning, discussion learning, cooperative learning, scientific writing) and

technology knowledge (3D printer and smart device application technology). The program consisted of a total of 8 hours of project learning activities and was applied to 29 students in the fifth grade as an experimental group. A program of the same theme developed mainly from textbooks was applied to 27 students in the fifth grade of a comparison group. As a result of the application of the program, the experimental group showed significant improvement in creative problem-solving ability and scientific attitude compared to the comparison group, and the class satisfaction with the STEAM program was also high. However, there was no significant difference in academic achievement ability.

Key words: TPACK(Technological Pedagogical Content Knowledge), STEAM, excretory organs, creative problem-solving ability, scientific attitude

I. 서론

과학·기술의 발달은 산업, 사회, 문화 등 인간의 삶의 많은 부분을 변화시켰다. 2016년 세계경제포럼에서는 이러한 발달 및 변화를 4차 산업혁명이라고 정의하였고 미래 사회에서 테크놀로지의 중요성을 강조하였다(송경진, 2016). 급격하게 발전된 테크놀로지는 점차 다양한 분야에 융합되어 활용하게 되었으며 교육에서도 학습 효과를 높이고 학습의 시간, 공간의 제약을 벗어나 학습 범위를 넓히기 위해 필수요소로 자리 잡게 되었다. 이는 Berson *et al.* (2000)의 테크놀로지는 교육에서 학생들의 과학, 사회, 테크놀로지의 관계에 대한 이해를 돕고 학습 범위의 확장을 위하여 도입되었다는 의견과 일맥상통한다.

이러한 시대의 변화와 함께 교사들은 다양한 테크놀로지 관련 지식을 습득하고 수업에 적절하게 계획하여 활용할 필요가 있다. 신태섭(2013)은 테크놀로지 환경에 친숙한 학생들이 수업에 관심과 흥미를 갖게 하기 위해서는 적절한 방법으로 테크놀로지를 수업에 활용하여야 한다고 하였다. 또한 효과적으로 수업에 사용된 테크놀로지는 학습자가 스스로 지식을 구성하는 과정에 도움을 줄 것이다(Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). 하지만 사전 준비 없이 맹목적으로 테크놀로지를 활용하는 것은 학생들의 수업에 대한 관심과 흥미는 유발할 수 있지만, 수업에서 원하는 학습 목표 도달과는 전혀 다른 결과를 가져올 수 있다. 이러한 점을 고려하였을 때 교사는 테크놀로지 활용 방법에 대하여 빠르게 이해하고 테크놀로지를 교육 내용 및 교수·학습 방법과 적절하게 융합하여 수업에 적용해야 할 것이다(신태섭, 2013).

테크놀로지를 교수·학습에 효과적으로 활용하

기 위해서 교사는 Mishra and Koehler (2006)가 제시한 테크놀로지 교수학적 내용 지식(Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK)에 대한 이해를 바탕으로 수업을 설계할 필요가 있다. TPACK은 교수 지식과 내용 지식을 융합한 내용 교수 지식(Pedagogical content Knowledge: PCK)에 테크놀로지 지식을 통합한 모형이다. 구성 요인으로는 테크놀로지 지식(Technological Knowledge: TK), 내용학 지식(Content Knowledge: CK), 교육학 지식(Pedagogical Knowledge: PK)의 세 가지 요인과 각 지식을 융합한 교육학 내용 지식(PCK), 테크놀로지 내용 지식(TCK), 테크놀로지 교육학 지식(TPK), 테크놀로지 교수학적 내용 지식(TPACK) 및 상황으로 구성된다. 교사가 이와 같은 TPACK 지식을 기반으로 수업을 계획한다면 교수의 질을 높일 수 있을 뿐만 아니라 학습자의 학습 효과에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다(Yeh *et al.*, 2014). 실제 TPACK을 기반으로 한 수업과 관련된 연구를 살펴보면 Hofer *et al.* (2015)는 테크놀로지를 수업에 효과적으로 적용하기 위한 수업 사례에 대한 연구에서 TPACK을 명확히 정리하여 계획한 테크놀로지 활용 융합 수업은 학습자의 학습에 대한 이해에 효과가 있었다고 하였으며 Doering and Veletsianos (2008)은 지리 영역에서 특정 지역과 관련된 기술, 실시간 데이터를 활용한 TPACK 통합 수업을 설계하고 적용하였을 때 학생들의 장소에 대한 인식이 더욱 발달되었다고 하였다. Schul (2010a, 2010b)은 TPACK 프레임워크를 활용하여 문화 역사 학습을 설계하여 진행하였을 때 학생들이 역사에 대한 공감 능력이 발전되었다고 하였다. 이진과 홍승호(2021)의 연구에서도 애니메이션을 활용한 TPACK 기반 STEAM 프로그램은 학생들의 과학 탐구 능력, 창의적 문제 해결력에 긍정적인 효과를 가져왔다고 하였다. 하

지만 기술을 활용한 TAPCK 통합 수업이 학생들에게 미치는 영향에 대한 연구는 그동안 일부 영역에 한정되어 주로 질적 연구로 진행되어 왔기 때문에 다양한 교과에서 TPACK을 기초로 한 통합 수업으로 설계하여 학생들을 대상으로 적용한 후, 학습 과정과 효과에 대해 정량적으로 알아보는 연구가 추가적으로 필요하다(Chai *et al.*, 2013).

한편 Ertmer and Ottenbreit-Leftwich (2010)은 테크놀로지의 저변이 넓어지면 학교에서 사용할 수 있는 테크놀로지의 종류와 활용 범위 및 수준에 많은 영향을 끼친다고 하였다. 최근 기술의 발달로 교육에 활용할 수 있는 테크놀로지가 다양해졌지만, 실제 학교의 상황 및 환경에 따라 활용할 수 있는 테크놀로지는 제한적이다. 이러한 상황에서 많은 학교에서 비교적 쉽게 준비하여 활용할 수 있는 테크놀로지 중 하나가 스마트기기이다. 교육에서 스마트기기의 활용은 학습자들이 필요한 정보와 자료를 탐색하고 이를 체계적으로 정리하여 다른 친구들과 공유하는 활동이 가능하도록 도와주며 다양한 의견 교환과 피드백으로 인하여 학습자의 탐구 활동이 촉진된다고 하였다(Rogers & Price, 2008; Shih *et al.*, 2010; 임정훈과 김상홍, 2013). 또한 과학 기술의 발달로 새롭게 등장한 테크놀로지 중 학생들이 다양하게 구상하고 디자인한 산출물을 직접 만드는 활동에 활용할 수 있는 대표적인 기술이 3D 프린터 활용 기술이다. 최형신과 유미리 (2015)는 수업 중에 3D 프린터를 활용하면 추상적인 지식을 시각적이며 물리적으로 표현할 수 있게 하여 지식의 이해를 도우며 학습자가 문제를 해결하는 과정에서 모델링 프로그램을 통해 독창적이고 창의적인 아이디어를 표현할 수 있게 한다고 하였다. 그리고 3D 모델링이 낮은 초등학생이 3D 프린터를 활용할 때에는 기본적인 도형을 활용하여 작품을 모델링하는 TinkerCAD 프로그램을 활용하는 것이 적절하다고 하였다. 3D 프린터를 활용한 교육의 효과를 연구한 선행연구에서도 STEAM 교육 및 영재교육에서 3D 프린터를 활용한 학습은 학생들의 학습에 대한 흥미, 창의적 문제해결력을 향상시키는데 긍정적이었다고 하였다(엄증태와 권용주, 2016; 강진기, 2017; 배영권 등, 2017). 이런 측면에서 학습자 중심의 탐구 수업 및 창의적 문제해결 과정을 목표로 하는 테크놀로지 활용 프로그램을 개발할 때에는 스마트기기와 3D 프린터의 테크

놀로지 활용을 고려해 볼 필요가 있을 것이다.

초등과학 생명 영역 중에 우리 몸의 구조와 기능 단원은 실제 우리 눈에 보이지 않는 우리 몸의 기관을 학습하기 때문에 주로 그림, 동영상 자료와 모형을 활용한 교사의 설명을 중심으로 수업이 진행되며 학생들은 암기 위주로 지식을 습득하고 그로 인해 학습자의 학습에 대한 흥미가 낮다(정은영, 2008a; 김혜란과 최선영, 2019). 또한 배미선(2017)은 이와 같은 지식 전달 중심의 수업에서는 학생들이 스스로 지식을 탐색하고 구성할 기회를 제공하지 못한다고 하였다. 반면 다양한 테크놀로지 기반 STEAM 프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력, 과학적 태도, 수업 만족도에 긍정적인 영향을 미쳤다고 하였다(이정서, 2016; 한지상과 홍승호, 2019; 김희복과 지찬수, 2019; 김지양과 이상원, 2021). 이러한 연구 결과에 따라 지식 전달식 수업이 진행되는 우리 몸의 구조와 기능 단원의 학습 내용 및 활동을 테크놀로지를 활용한 프로그램으로 재구성하고 개발하여 적용한다면 학생 중심의 학습 과정이 진행될 뿐만 아니라 학생들의 학습 효과에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 TPACK 기반 프로그램 설계 과정에 따라 초등과학 생명 영역 중 배설 기관을 학습 주제로 하고 스마트기기와 3D 프린터 테크놀로지를 활용한 TAPCK 기반 융합프로그램을 개발하였다. 그리고 이를 적용하였을 때 초등학생들의 학업성취도, 창의적 문제해결력, 과학적 태도, STEAM 만족도에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 알아보고자 하였다.

II. 연구 절차 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 J도 J시에 위치한 O초등학교 5학년 학생을 대상으로 진행하였다. 실험 집단 1개 학급(29

Table 1. The study subjects

학년	집단	학급 수	성별	인원(명)
5	실험 집단	1	남자	15
			여자	14
			소계	29
	비교 집단	1	남자	14
			여자	13
			소계	27

명)과 비교 집단 1개(27명) 학급, 총 56명의 학생이 연구에 참여하였다<Table 1>. 대상 학생들은 컴퓨터실 활용한 교육에는 참여해 보았으나 스마트기기, 3D 프린터와 같은 테크놀로지를 활용한 융합 교육을 받아본 경험이 없었다.

2. 연구 절차

TPACK 기반 융합프로그램을 적용한 수업이 초등학교의 학업성취도, 창의적 문제해결력, 과학적 태도에 미치는 영향에 대한 연구 과정은 다음과 같다.

먼저 우리 몸의 구조와 기능 중 배설 기관을 학습 주제로 한 TPACK 기반 융합프로그램의 개발 및 적용 효과를 연구 주제로 선정하였고 초등학교 과학과 교육과정, TPACK, STEAM, 스마트기기 및 3D 프린터 활용 기술에 대한 선행 연구를 조사하고 분석한 후, 본 연구에서의 활용 방안을 모색하였다.

이어서 교수설계 이론 중, Heinich *et al.* (1996)가 개발한 ASSURE(학습자 분석(Analyze Learner)-목표 진술(State Objective)-교수 방법, 매체 및 자료 선정(Select Method, Media and Materials)-매체와 자료 활용(Utilize Media and Materials)-학습자의 참여(Require Learner Participation)-평가와 수정(Evaluate and Revise)) 모형을 참고하며 제작한 TPACK 기반 프로그램 설계 과정에 따라서 실험 집단에 적용할 프로그램을 개발하였다(Fig. 1).

첫 번째, 교육과정 분석 및 학습 목표 상세화 단계에서는 연구 주제에 따른 학습 주제를 선정하여 교육과정 및 성취 기준을 분석한 후, 프로그램의 학습 목표를 상세화하였다. 두 번째, 학습 환경 분석 단계에서는 프로그램 운영을 위한 환경을 학교 규모, 학급 구성, 수업 시에 활용 가능한 학습시설인 물리적 환경을 분석하였고 학년 초에 작성한 학급 교육과정 및 교사의 관찰 결과를 바탕으로 하여 학습자의 학습 동기, 또래 및 교사와의 상호 작용과 학습자의 발달 단계의 심리적 환경 및 특성으로 정리하였다. 세 번째, 교수·학습 방법 및 테크놀로지 선택 단계에서는 초등과학 수업에서 적용할 수 있는 교수·학습 방법 및 모형, 주요 활동, 수업 전략, 평가 방법 중 본 프로그램에 활용할 수 있는 것을 선택하여 정리하였으며 수업에 필요한 테크놀로지는 교사가 중심이 되어 활용하는 것과 학습자 중심이 되어 활용하는 것으로 구분하여 선정하였다. 네 번째 단계에서는 앞 단계에서 정리한 내용 학 지식, 교육학 지식, 테크놀로지 지식과 각 지식의 융합적인 측면을 고려하여 TPACK 구성 요인을 정리하였다. 그리고 이를 활용하여 TPACK 기반 융합프로그램을 제작하였으며 개발한 프로그램은 초등학교과학과 교수 1인, 박사 2인, 현직 초등 교사 이자 석사 과정에 재학 중인 7인의 검토를 받고 수정 및 보완하여 완성하였다. 비교 집단을 대상으로

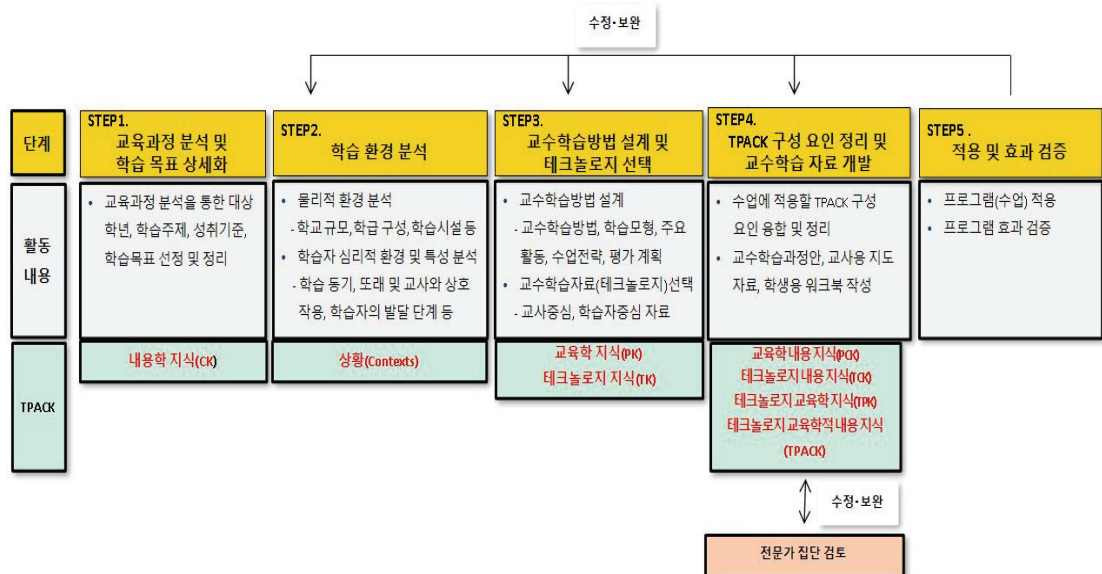


Fig. 1. Development procedures of program using TPACK-based

는 교과서 내용을 중심으로 재구성한 프로그램을 개발하였고 동일한 전문가 집단에 의해 검토를 받아 수정·보완하였다. 최종 완성된 실험 집단 프로그램은 학생들의 3D 프린터 활용 기술을 습득하기 위한 시간이 추가로 필요하였고 그에 따라 비교 집단 프로그램보다 2차시의 시간이 더 소요되었다는 제한점이 있었다. 개발한 프로그램은 각각의 집단에 적용하였으며 교사로 인한 변인을 최소화하고자 동일한 교사가 프로그램을 충분히 이해한 후, 두 집단을 모두 지도하였다.

TPACK 기반 융합프로그램이 초등학생에게 미치는 효과를 알아보기 위하여 학업성취도 검사 도구를 자체 제작하였고 창의적 문제해결력, 과학적 태도 검사 도구는 선행연구를 참고한 후 선정하여 프로그램 적용 전과 후에 실험 집단과 비교 집단 학생들을 대상으로 검사를 실시하였다. 실험 집단 학생 중 사후 검사 결과가 사전 검사와 비교하였을 때 향상된 학생을 대상으로는 질문지를 활용한 면담을 진행하였으며 실험 집단을 대상으로는 STEAM 만족도 검사도 추가로 진행하였다. 수집된

자료들은 통계 처리하여 결과를 분석하였다.

3. 융합프로그램 설계 과정에서 고려한 TPACK

본 연구에서는 프로그램 설계 과정에서 고려한 교사의 지식을 Mishra and Koehler (2009)가 제시한 TPACK 모형의 구성 요인에 따라 내용학 지식, 교육학 지식, 테크놀로지 지식 및 지식 간의 융합적인 요인으로 나누어 정리하였다(Table 2).

먼저 내용학 지식(CK)은 초등과학 교육과정에 제시된 우리 몸의 구조와 기능 단원의 학습 주제 중 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일과 관련된 내용을 활용하였다. 교육학 지식(PK)은 교육과정 재구성에 따른 전체적인 프로그램 구성을 위한 교수·학습 방법으로는 STEAM, 문제 중심 학습을 활용하였고 차시의 활동별 수업 전략으로는 조사학습, 협동 학습 및 토의학습, 과학 글쓰기를 활용하였다. 프로그램의 활동 단계는 STEAM 학습 준거 틀인 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험을 기초로 하였으며 좀 더 구체적으로 단계를 구분하고자 조연순 등(2004)이 연구에서 제시한 문제

Table 2. The TPACK elements applied to the STEAM program

TPACK 구성 요인	세부 내용
CK (내용학 지식)	· 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일
PK (교육학 지식)	· STEAM, 문제 중심 학습, 조사학습, 협동 학습, 토의학습, 과학 글쓰기
TK (테크놀로지 지식)	· 스마트기기를 활용한 정보 검색 기술 · 3D 모델링 및 프린팅 기술
PCK (교육학 내용 지식)	· 조사학습을 통해 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기 · 배설 기관의 생김새와 하는 일에 대한 이해를 바탕으로 협동 학습 및 토의학습을 통해 주어진 문제를 해결하기 · 배설 기관에 대하여 알게 된 내용을 과학 글쓰기로 정리하여 발표하기
TCK (테크놀로지 내용 지식)	· 스마트기기를 활용한 정보 검색 기술을 이용하여 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기 · 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하고 3D 프린터를 활용하여 배설 기관 모형 제작하기
TPK (테크놀로지 교육학 지식)	· 스마트기기를 활용하여 조사 활동하기 · 3D 프린터 활용 기술을 이용하여 제시된 문제해결 및 산출물 제작하기
TPACK (테크놀로지 교육학적 내용 지식)	· 스마트기기를 활용한 조사 활동을 통해 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하기 · 배설 기관의 위치와 생김새를 이해하고 협동 학습, 토의학습을 통해 의견을 정리한 후 3D로 모델링하기 · 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하고 3D 프린터 활용 기술을 이용하여 문제해결 및 산출물 제작하기
Contexts (상황)	· 학생 수: 29명(남자 15명, 여자 14명) · 학습시설: 컴퓨터실(1인 1대), 무선 인터넷 사용, 태블릿 PC(1인 1대), 3D 프린터 5대 · 학생 특성: 교우 관계가 원만하고 또래 집단 의식이 강함. / 융합 교육에 대한 경험이 없으며 학습 과제로 조사학습을 경험함. / 협동 활동, 토의 활동 등에 흥미는 있으나 자신의 역할을 이해하지 못하고 참여에 어려움을 느끼는 학생이 있음.

중심 학습(PBL) 방법의 문제 나누기, 문제해결 계획 세우기, 탐색 및 재탐색, 해결책 만들기, 발표 및 평가하기 단계의 과정을 활용하였다. 또한 과학 교과를 중심으로 창의적 체험활동, 미술, 국어, 수학교과 내용을 융합하여 교육과정을 재구성하였다. 학습자가 스스로 관련 지식을 찾을 수 있도록 스마트기기를 활용한 조사학습 방법을 적용하였으며 주어진 문제를 해결하기 위하여 모두 단위의 집단 지성을 활용한 협동학습 및 토의학습을 진행하였고 산출물에 대한 설명하는 과학 글쓰기 방법도 활용하였다. 테크놀로지 지식(TK)으로는 조사학습에 필요한 스마트기기를 활용한 정보 검색 기술, 산출물을 제작하기 위한 3D 모델링 및 프린팅 기술을 프로그램에서 활용하였다.

내용학 지식, 교육학 지식, 테크놀로지 지식 간의 융합한 측면도 고려하여 정리하였다. PCK는 조사학습을 통해 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기, 배설 기관의 생김새와 하는 일에 대한 이해를 바탕으로 협동 학습 및 토의학습을 통해 주어진 문제를 해결하기, 배설 기관에 대하여 알게 된 내용을 과학 글쓰기로 정리하여 발표하기, TCK는 스마트기기를 활용한 정보 검색 기술을 이용하여 배설 기관의 생김새와 하는 일 알아보기, 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하고 3D 프린터를 활용하여 배설 기관 모형 제작하기, TPK는 스마트기기를 활용하여 조사 활동하기, 3D 프린터 활용 기술을 이용하여 제시된 문제해결 및 산출물 제작하기, 그리고 TPACK은 스마트기기를 활용한 조사 활동을 통해 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하기, 배설 기관의 위치와 생김새를 이해하고 협동 학습, 토의학습을 통해 의견을 정리한 후 3D로 모델링하기, 배설 기관의 생김새와 하는 일을

이해하고 3D 프린터 활용 기술을 이용하여 주어진 문제해결 및 산출물 제작하기로 정리하여 프로그램 개발에 활용하였다.

그뿐만 아니라 본 연구의 효율적인 진행을 위하여 학습 환경(Contexts)도 정리하여 고려하였다. 학교에는 조사학습에 필요한 태블릿 PC가 1인 1대씩 사용할 수 있도록 준비되어 있으며 컴퓨터실에서는 1인 1대의 컴퓨터를 활용하여 3D 모델링 활동을 진행할 수 있고 5대의 3D 프린터로 직접 원하는 작품을 제작할 수 있는 상황이었다. 학급 인원은 29명(남자 15명, 여자 14명)이고 교우 관계가 원만하다. 학생들은 융합 교육에 대한 경험이 없으나 학습 과제로 조사 활동을 해 본 적이 있었다. 협동 학습 및 토의 활동에 관심은 많지만, 활동 과정에서 자신의 역할을 모르거나 자신감이 부족하여 자신의 생각을 표현하는데, 어려움을 느끼는 학생들이 있었다.

4. 비교 집단에 적용한 교과서 중심 재구성 프로그램

비교 집단에는 교과서에 제시된 학습 내용과 탐구 과정을 따르면서 실험 집단과의 프로그램 운영 시간을 맞추고자 교사의 TPACK 및 학생의 테크놀로지 활용에 대한 고려 없이 6차시로 확장하여 재구성한 프로그램을 적용하였다(Table 3).

1차시에서는 교과서, 배설 기관 모형, 영상 및 그림 자료를 활용하여 배설의 의미와 배설 기관의 종류, 위치, 생김새, 하는 일에 대하여 알아보는 활동을 진행하였다. 2~3차시에서는 간이정수기를 만들어 실험하며 물의 정수 과정과 노폐물 배설 과정에 대해 비교한 후, 교과서를 활용하여 배설 과정을

Table 3. The main contents of program according to class for comparison group

차시	학습 주제	주요 내용 및 활동
1	배설의 의미와 배설 기관의 종류, 생김새, 하는 일 알아보기	<ul style="list-style-type: none"> · 배설의 의미 알아보기 · 배설 기관 모형을 관찰하며 각 기관의 종류, 위치, 생김새 알아보기 · 배설 기관이 하는 일 알아보기
2-3	실험을 통해 배설 과정 이해하기	<ul style="list-style-type: none"> · 간이 정수기 만들기 · 물의 정수 과정과 노폐물 배설 과정을 비교하기 · 배설 과정 이해하기
4-5	대형 인체 모습과 배설 기관 그리기 배설 기관에 대하여 정리하기	<ul style="list-style-type: none"> · 인체 모형에 배설 기관을 붙이며 배설 기관에 대해 배운 내용 확인하기 · 실제 크기의 인체 모습과 배설 기관 그리기 · 대형 인체 모습에 배설 기관의 생김새와 하는 일 정리하기
6	배설 기관에 대하여 설명하기	<ul style="list-style-type: none"> · 제작한 인체 모습을 활용하여 배설 기관에 대하여 설명하기

이해하도록 하였다. 4~5차시에는 단원 첫 차시에 제작한 인체 모형에 배설 기관을 붙이며 배설 기관에 대하여 배운 내용을 확인하도록 하였다. 그리고 모둠별로 실제 자신의 모습과 동일한 크기의 인체 모습과 배설 기관을 그리고 배설 기관의 생김새와 하는 일에 대하여 정리하는 시간을 가졌다. 6차시에서는 제작한 인체 모습을 활용하여 배설의 의미, 배설 과정, 배설 기관의 생김새와 하는 일에 대하여 친구들에게 설명하는 활동을 하였다.

5. 검사 도구

본 연구에서 TPACK 기반 융합프로그램이 초등 학생들에게 미치는 영향을 알아보기 위해 사전·사후에 걸쳐서 실험 집단과 비교 집단 학생들에게 학업성취도, 창의적 문제해결력, 과학적 태도 검사 도구를 활용하였고 STEAM 수업 만족도 검사 도구는 실험 집단을 대상으로 사후에만 사용하였다.

1) 학업성취도 검사 도구

학업성취도 검사 도구는 우리 몸의 구조와 기능 단원과 관련된 성취 기준과 배설 기관과 관련된 차시의 학습 목표 및 학습 내용을 바탕으로 평가 내용을 추출하여 직접 제작하였다. 제작한 문항은 초등학교교육과 교수 1인, 박사 2인, 현직 교사이자 석사 과정 4명에 의해 학습 목표 도달 여부를 평가 하는데 적절한지, 문항 내용과 구성에 오류가 없는 지에 대한 내용타당도 검사를 실시한 후, 수정·보완하여 완성하였다. 문항에 대한 타당도는 매우 적절하지 못하다 1, 적절하지 못하다 2, 보통이다 3, 적절하다 4, 매우 적절하다 5로 측정하였으며 전체 문항에 대한 내용타당도 평균은 4.59였다. 검사 문항은 배설의 의미를 묻는 문항 1개, 배설 기관의 이름과 생김새를 묻는 문항 3개, 배설 기관이 하는 일에 대해 정리하는 문항 2개, 노폐물 배출 과정과 관련된 문항 5개를 제작하였으며 객관식 3문항, 단답형 5문항, 서술형 3문항으로 구성되었다. 정답은 1, 오답은 0으로 배점을 부여한 후, 통계 처리하여 분석하였다.

2) 창의적 문제해결력 검사 도구

창의적 문제해결력 검사 도구는 한국교육개발원(2001)이 개발한 ‘간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구 (I)’를 기초로 정은영(2008b)이 수정하여

사용한 검사 도구를 활용하였다. 검사 도구는 특정 영역의 지식·사고기능·기술의 이해 및 숙달 여부, 비판적·논리적 사고, 확산적 사고, 동기적 요소의 4개 하위 영역으로 구성되었으며 각 하위 영역별로 각 5개의 문항씩, 총 20문항으로 구성되었다. 검사 결과는 5단계 Likert 척도에 따라 1점~5점으로 배점을 부여하고 통계 처리하였다. 신뢰도는 Cronbach's α 는 .824이다.

3) 과학적 태도 검사 도구

과학적 태도 검사 도구는 김효남 등(1998)이 국가 수준에서 과학 관련 정의적 영역의 평가 체제로 개발한 검사 도구 중에 과학적 태도에 해당하는 문항을 검사지로 제작한 것을 사용하였다. 검사 도구는 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자신성, 끈기성, 창의성의 각 요소별 3문항씩, 총 21문항으로 구성되어 있으며 신뢰도는 Cronbach's α 는 .87이다. 검사 결과는 Likert 5단계 척도에 따라 1점~5점까지 배점을 부여한 후 통계 처리하였다.

4) STEAM 만족도 검사 도구

학생들의 프로그램에 대한 만족도를 확인하기 위하여 한국과학창의재단(2015)에서 개발한 STEAM 만족도 검사지 중 18문항을 활용하였다. 검사 도구는 수업 내용에 대한 이해 정도, 학습의 전이, 동료와의 협력, 문제해결 전략, 학습 방법에 의한 흥미, 성취감에 대한 내용으로 구성되어 있다. 각 문항은 Likert 5단계 척도에 따라 1점~5점까지 점수를 부여하여 통계 처리하였다.

5) TPACK 기반 융합프로그램에 대한 학생과의 면담

TPACK 기반 융합프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향에 대한 정량적 검사에서 드러나지 않는 특징 및 변화 요인을 분석하고자 Table 4, Table 5와 같이 문항을 구성하여 면담을 실시하였다. 면담 문항은 창의적 문제해결력과 과학적 태도 검사 중 유의미하게 향상된 영역에 한하여 제작하였으며 해당 영역에서 사후 검사 결과가 사전검사 결과보다 눈에 띄게 향상된 학생을 대상으로 선정하고 먼저 질문지에 답변을 작성하도록 한 후, 면담을 진행하였다.

Table 4. Interview questions on creative problem-solving ability

번호	영역	문항 내용
1	특정 영역의 지식·기술의 이해 및 숙달 여부	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 학습 내용 관련 지식(배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일 등) 및 기술 습득에 도움이 되었나요?
2	확산적 사고	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 주어진 문제에 대하여 새롭고 다양한 생각을 할 수 있는 능력을 향상시키는 데 도움이 되었나요?
3	비판적·논리적 사고	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 비판적 사고력(옳고 틀림을 판단하는 능력)과 논리적 사고력(정보를 순서대로 판단하고 해석하는 능력) 향상에 도움이 되었나요?
4	동기적 요소	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 학습에 대한 흥미와 관심을 높이는데 도움이 되었나요?

Table 5. Interview questions on scientific attitude

번호	영역	문항 내용
1	호기심	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 과학에 대한 관심과 호기심 향상에 도움이 되었나요?
2	비판성	프로그램 참여 과정에서 어떠한 점이 제시된 탐구 결과 및 의견에 대하여 옳고 틀림을 판단하는 태도를 향상시키는 데 도움이 되었나요?
3	자진성	프로그램 활동 과정에서 어떠한 점이 스스로 정보를 찾고 문제를 해결하려는 태도를 향상시키는 데 도움이 되었나요?
4	끈기성	프로그램 활동 과정에서 어떠한 점이 탐구 활동을 할 때 포기하지 않고 끝까지 실험 및 활동을 마무리하는 태도를 향상시키는 데 도움이 되었나요?
5	창의성	프로그램에서 참여하면서 어떠한 점이 어떤 문제에 대하여 새로운 방법을 생각해 내려는 태도를 향상시키는 데 도움이 되었나요?

6. 자료 처리 및 분석

비교 집단, 실험 집단을 대상으로 사전과 사후에 검사한 자료는 SPSS 프로그램을 활용하여 t-검정 또는 공변량 분석으로 통계 내어 분석하였다. t-검정의 평균과 표준편차의 통계 숫자는 소수점 이하 둘째 자리, F값과 p값은 소수점 이하 셋째 자리까지 나타내었으며 공변량 분석의 통계는 소수 셋째 자리까지 제시하였다. 유의성 검증의 진단기준은 $p < .05$ 수준에서 판정하였다. STEAM 프로그램 만족도 검사 결과는 각 문항별 평균과 백분율을 구하여 결과를 정리하고 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. TPACK 기반 융합프로그램 개발

본 연구에서 개발한 프로그램은 우리 몸의 구조와 기능 단원 중 배설 기관을 학습 주제로 하여 교육과정을 재구성한 후, 8차시의 테크놀로지를 활용한 TPACK 기반 STEAM 교육으로 만들었다. 학습 단계 및 각 차시의 학습 주제, 활동 내용, 중점 TPACK 요인, STEAM 요소는 Table 6과 같다.

1차시는 문제 나누기, 해결 계획 세우기 단계로

영상을 보며 3D 프린터로 인공 신장을 제작한 사례를 살펴보고 인공 배설 기관이 필요한 상황을 가정하여 배설 기관 모형 만들기라는 본 프로그램에서의 해결 과제를 확인하도록 하였다. 2차시~4차시는 탐색 및 재탐색 단계로 스마트기기를 활용한 정보 검색 방법을 익히고 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일에 대하여 조사학습을 하도록 하였으며, TinkerCAD 프로그램과 3D 프린터를 활용하여 산출물 제작에 필요한 기술을 익히는 시간을 가졌다. 5차시~7차시는 해결책 만들기 단계로 5~6차시에서는 모듈별 협동학습 및 토의학습을 통해 배설 기관에 대하여 이해한 내용을 바탕으로 제작할 콩팥, 방광의 모습을 이미지로 구상하였으며 TinkerCAD 프로그램으로 모델링하도록 하였다. 이어서 7차시에는 협동학습의 방법으로 3D 프린터로 출력한 콩팥, 방광을 활용하여 배설 기관 모형을 제작하였다. 8차시는 발표 및 평가하기 단계로 제작한 인공 배설 기관에 대해 설명하는 과학 글쓰기를 진행하고 발표하는 시간을 가졌으며 프로그램 전체 활동 과정 및 산출물에 대한 상호 평가를 하도록 구성하였다.

Table 6. The main contents of STEAM program using TPACK model for experimental group

STEAM 준거	PBL 단계	차시	학습 주제	주요 내용 및 활동 (CK, PK)	STEAM 요소	테크 놀로지 (TK)	중점 TPACK 요인	
상황 제시	문제 나누기	1 차시	탐구 주제 확인하기	① 인공 신장 제작 사례 살펴보기 ② 배설 기관과 관련된 질병을 통해 우리 몸에서 배설 기관의 중요성 생각하기 ③ 문제 확인하기	S	- 콩팥, 방광의 생김새와 하는 일 이해하기		
	문제 해결 계획 세우기			⇒ 3D 프린터를 활용한 배설 기관 모형 만들기				
창의적 설계	탐색 및 재탐색	2 차시	배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일 알기	① (조사학습) 배설의 의미, 배설 기관의 위치, 생김새, 하는 일, 노폐물의 배설 과정 조사하기 ② 간이정수기의 정수 과정과 배설 과정 비교하기	S	- 배설의 의미 이해하기 - 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기 - 배설 기관에서 노폐물의 배설 과정 이해하기	스마트 기기 (검색)	TPACK 스마트기기를 활용한 조사 활동을 통해 배설의 의미, 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기
					T	- 스마트기기를 활용한 정보 검색 방법 알기		
	해결책 만들기	3-4 차시	3D 프린터 활용 방법 익히기	① 3D 프린터의 원리, 활용 사례 알아보기 ② 3D 모델링(TinkerCAD) 프로그램 사용 방법 알아보기 ③ 3D 프린터로 작품 프린팅하는 방법 알아보기	T	- 3D 프린터의 원리 이해하기 - 3D 모델링 프로그램 사용 방법 이해하기 - 3D 프린터로 프린팅하는 방법 이해하기	컴퓨터 (TinkerCAD 프로그램) 3D 프린터	TK 3D 모델링, 프린팅 기술 익히기
				5-6 차시	배설 기관 모형 구상하기	① (협동학습, 토의학습) 제작할 배설 기관의 이미지 구상하여 그림으로 디자인하기 ② 배설 기관(콩팥, 방광)을 3D로 모델링하기	S	- 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기
		T	- 배설 기관(콩팥, 방광) 구조 3D로 모델링하기					
감성적 체험	발표 및 평가 하기	8 차시	작품 소개하기	① 콩팥, 방광 모형 3D 프린터로 프린팅하기 ② (협동학습) 인공 배설 기관 모형 제작하기	S	- 배설 기관의 생김새와 하는 일 이해하기	3D 프린터	TPACK 배설 기관의 생김새와 하는 일을 이해하고 3D 프린터로 산출물을 제작하며 제시된 문제를 해결하기
					T	- 3D 프린터로 작품 제작 방법 알기		
					E	- 배설 기관 모형 제작하기		
					M	- 배설 기관의 위치와 크기 고려하여 작품 만들기		

					㉠	- 스마트기기 미러링 기술		글쓰기로 정리하여 발표하기
					㉡	- 작품을 설명하는 글쓰기 - 작품 평가하기		

2. TPACK 기반 융합프로그램 적용 결과

1) 학업성취도 분석 결과

TPACK 기반 융합프로그램이 학생들의 학업성취도에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단에 적용한 사전, 사후 검사 결과는 Table 7, Table 8과 같다.

TPACK 기반 융합프로그램이 학업성취도에 미치는 영향을 분석할 결과, 실험 집단과 비교 집단 모두 학업성취도 평균은 향상되었으나, 두 집단 간 비교 결과는 $p=.708$ 로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 Khan (2011)의 교사가 시뮬레이션 소프트웨어를 활용하여 TPACK 통합 수업을 설계하고 적용하였을 때 학생들의 학습에 대한 이해에 효과적이었다는 연구 결과와는 다르지만, 이진과 홍승호(2021)의 애니메이션을 활용한 TPACK 기반 STEAM 프로그램의 적용 효과에 관한 연구에서 TPACK 기반 STEAM 프로그램을 적용한 실험 집단과 교과서 중심의 수업을 진행한 비교 집단 모두 학습 내용을 잘 이해할 수 있도록 프로그램이 구성되어 있어서 학업성취도에 유의미한 차이가 나타

나지 않았다는 연구 결과와 일치하였다.

본 연구에서 실험 집단, 비교 집단 학생들의 학업성취도 평균이 향상된 것으로 보아 두 집단 학생들이 모두 프로그램에 참여하면서 학습 주제와 관련된 지식을 습득할 수 있었던 것으로 보인다. 다만 TPACK 기반 융합프로그램에 참여한 실험 집단 학생들의 평균이 비교 집단에 비하여 더 많이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 하지만 짧은 시간 동안 프로그램을 적용하고 검사를 진행하였기 때문에 두 집단 간 학업성취도의 유의미한 차이를 확인하기에는 프로그램 운영이 시간이 다소 부족했던 것으로 여겨진다.

2) 창의적 문제해결력 분석 결과

TPACK 기반 융합프로그램이 창의적 문제해결에 미치는 효과를 분석한 결과는 Table 9, Table 10과 같다. 융합프로그램은 학생들의 특정 영역의 지식·기술의 이해 및 숙달 여부, 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적 요소의 모든 영역에서 통계적으로 유의미하게 향상된 결과를 가져왔다.

고동국과 홍승호(2020)의 TPACK 기반으로 한 테크놀로지 활용 STEAM 프로그램 개발 및 적용에

Table 7. The result of a comparison analysis on academic achievement

영역	집단	사전검사		집단 간 사전 비교		사후검사		집단 간 사후 비교			
		집단	M	SD	t	p	M	SD	t	p	
학업성취도	비교		.690	.463	2.295	.022*		.835	.372	1.045	.297
	실험		.602	.490				.803	.399		

* $p < .05$

Table 8. The result of a covariation analysis on academic achievement

소스	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수정 모형	8.297(a)	2	4.149	30.516	.000
절편	95.390	1	95.390	701.639	.000
사전	8.135	1	8.135	59.836	.000
집단	.019	1	.019	.141	.708
오차	83.339	613	.136		
합계	504.000	616			
수정 합계	91.636	615			

a. $R^2=.091$ (수정된 $R^2=.088$)

대한 연구에서도 스마트기기와 3D 프린터 테크놀로지를 활용한 프로젝트 활동이 학생들의 창의적 문제해결력이 향상에 도움이 되었다고 하였다. 그 외의 테크놀로지를 활용한 융합 교육의 효과에 대한 연구에서도 이와 같은 결과를 확인할 수 있다. 이상호와 홍승호(2019)는 애니메이션 제작을 활용한 STEAM 프로그램을 개발하고 적용했을 때, 스마트기기를 활용하여 애니메이션을 만드는 과정에서 모듈별 소통 및 사고 과정에 의해 학생들의 창

의적 문제해결력이 향상되었다고 하였다. 김혜란과 최선영(2020)의 연구에서도 초등과학 수업에 VR 구현 프로그램을 활용한 SW 융합 교육프로그램이 학생들의 다양한 사고의 기회를 제공하여 창의적 문제해결력 신장에 도움이 되었다고 하였다.

본 연구에서 프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 주었던 요인을 알아보기 위하여 사후검사 결과가 사전보다 향상된 학생을 대상으로 질문지를 활용한 면담을 실시하였고

Table 9. The result of a comparison analysis on creative problem-solving ability

영역	집단	사전검사		집단 간 사전 비교		사후검사		집단 간 사후 비교	
	집단	M	SD	t	p	M	SD	t	p
특정 영역의 지식·기술의 이해 및 숙달 여부	비교	2.68	1.28	-2.676	.008**	2.84	1.19	-6.769	.000***
	실험	3.06	1.05			3.78	1.12		
확산적 사고	비교	2.96	1.12	-2.283	.023*	3.10	1.05	-7.791	.000***
	실험	3.26	1.03			3.98	.82		
비판적·논리적 사고	비교	3.73	.97	.542	.589	3.77	1.01	-5.949	.000***
	실험	3.67	1.01			4.39	.71		
동기적 요소	비교	3.58	1.08	-1.381	.169	3.52	1.13	-7.840	.000***
	실험	3.75	.95			4.39	.68		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 10. The result of a covariation analysis on the domain of understanding, divergent thinking in creative problem-solving ability

영역	소스	제Ⅲ유형 제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
특정 영역의 지식·기술의 이해 및 숙달 여부	수정 모형	196.006(a)	2	98.003	115.143	.000
	절편	101.253	1	101.253	118.962	.000
	사전	134.906	1	134.906	158.500	.000
	집단	34.538	1	34.538	40.579	.000
	오차	235.766	277	.851		
	합계	3534.000	280			
	수정 합계	431.771	279			

a. $R^2=.454$ (수정된 $R^2=.450$)

영역	소스	제Ⅲ유형 제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
확산적 사고	수정 모형	128.366(a)	2	64.183	104.139	.000
	절편	122.007	1	122.007	197.961	.000
	사전	74.766	1	74.766	121.311	.000
	집단	36.972	1	36.972	59.988	.000
	오차	170.720	277	.616		
	합계	3842.000	280			
	수정 합계	299.086	279			

a. $R^2=.429$ (수정된 $R^2=.425$)

그에 따른 대표적인 응답 및 분석 결과는 다음과 같다.

- S1 : 저는 인공 배설 기관 만들기라는 실생활과 관련된 문제를 해결하는 과정이 재미있었어요. 배설 기관에 대하여 조사하며 알게 된 내용을 활용하여 배설 기관 모형을 만들다 보니 공부한 내용이 잘 이해되고 오래 기억에 남았어요.
- S2 : TinkerCAD 프로그램으로 모델링 하는 방법을 익히는 것은 조금 어려웠어요 하지만 평소 수업에서는 잘 사용하지 않았던 스마트기기를 이용하여 필요한 정보를 찾고 3D 프린터를 활용하여 제가 원하는 작품을 만들 수 있어서 공부가 재미있었고 공부한 내용도 이해가 잘 되었어요.

학생들은 스마트기기를 활용한 검색 방법, 3D 프린터 활용 기술을 익히고 이를 활용하여 학습 내용과 관련된 지식을 습득한 후, 산출물로 제작하는 과정에서 관련 지식 및 기술을 이해하고 습득할 수 있었던 것으로 보인다. 그리고 평소 수업에서는 사용하지 못했던 테크놀로지를 사용하였던 점, 학습을 단순히 지식을 습득하는데 그치지 않고 생활과 관련된 문제를 해결하는데 활용하였던 점이 학생들의 과학 학습 동기에 긍정적인 영향을 미쳤던 것으로 보인다.

- S3 : 친구들과 모둠활동을 통해 협동하고 토의하며 배설 기관에 대하여 알게 된 내용을 활용하여 배설 기관의 생김새와 기능에 적합한 배설 기관 모형을 모델링할 수 있는 방법을 다양하게 생각해 보았던 것이 도움이 되었어요.
- S2 : 모둠 친구들은 더 나은 배설 기관 모형을 만들기 위해 서로의 의견을 제시하였고 각 방법의 장·단점을 비교하며 가장 적절한 해결방안을 찾으려고 노력했던 점이 도움이 되었어요.
- S1 : 저는 마지막 시간에 모둠별로 제작한 인공 배설 기관 작품을 발표하고 잘된 점과 보완할 점을 정리하며 상호 평가하는 과정이 도움이 되었어요.

배설 기관에 대한 조사 활동을 통해 습득한 지식을 활용하여 다양한 방법으로 산출물 제작에 대하여 생각하고 친구들과 토의 활동을 통해 적절한 해결방안을 찾아가는 과정, 서로의 산출물 및 탐구 결과에 대하여 평가하는 과정에서 학생들은 비판적·논리적 사고, 확산적 사고가 향상되었던 것으로 보인다.

3) 과학적 태도 분석 결과

TPACK 기반 융합프로그램이 연구에 참여한 학생들의 과학적 태도에 미치는 효과를 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단에 적용한 사전, 사후 검사 결과를 t-검정, 공변량 분석하였다(Table 11,

Table 11. The result of a comparison analysis on scientific attitude

영역	집단	사전검사		집단 간 사전 비교		사후검사		집단 간 사후 비교		
		집단	M	SD	t	p	M	SD	t	p
호기심	비교		3.69	1.24	-.774	.440	3.25	1.29	-7.186	.000***
	실험		3.83	1.04			4.40	.74		
개방성	비교		3.85	1.21	1.094	.276	3.72	1.12	-1.828	.069
	실험		3.67	.98			4.02	1.06		
비판성	비교		3.09	1.16	-.433	.666	2.96	1.13	-7.055	.000***
	실험		3.16	1.07			4.06	.87		
협동심	비교		4.23	.91	1.991	.048*	4.05	.91	-3.837	.000***
	실험		3.98	.76			4.52	.66		
자신성	비교		3.52	1.27	.071	.944	3.26	1.16	-5.011	.000***
	실험		3.51	1.07			4.10	1.02		
끈기성	비교		3.91	1.19	1.079	.282	3.67	1.13	-4.204	.000***
	실험		3.74	.95			4.29	.76		
창의성	비교		3.31	1.26	-.444	.657	3.07	1.12	-7.927	.000***
	실험		3.39	1.13			4.25	.80		

*p < .05, ***p < .001

Table 12. The result of a covariation analysis on the domain of cooperativity in scientific attitude

소스	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수정 모형	57.960(a)	2	28.980	82.420	.000
	3.365	1	3.365	23.792	.000
	57.740	1	57.740	164.215	.000
협동심	.486	1	.486	1.383	.241
	58.016	165	.352		
합계	2820.000	168			
수정 합계	115.976	167			

a. R²=.500 (수정된 R²=.494)

Table 12).

본 연구에서 개발한 TPACK 기반 융합프로그램은 과학적 태도 하위 영역 중 호기심, 비판성, 자신성, 끈기성, 창의성 영역에서 유의미하게 향상된 효과를 가져왔다.

이러한 결과는 비록 사전에 교사의 TPACK을 정리하는 과정은 진행하지 않았지만, 테크놀로지와 교육 방법 및 전략을 적절하게 활용하여 제작한 교수·학습 프로그램이 학생들의 과학적 태도에 미치는 영향에 대한 연구 결과에서도 확인할 수 있다. 윤희진과 최선영(2015)은 스마트기기의 다양한 콘텐츠 활용, 문제해결학습, 협동학습을 바탕으로 한 스마트러닝 학습 프로그램이 초등학생의 과학적 태도 향상에 도움이 되었다고 하였으며 이강영과 소금현(2021)은 3D프린팅의 테크놀로지 기술을 활용한 기후 변화 교육이 초등학생의 과학적 태도 중 비판성, 자신성, 끈기성 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 하였다. 반면 배진호 등(2015)의 스마트기기를 활용한 자유 탐구 수업에 대한 연구에서는 평소 수동적으로 수업에 참여하는 것이 익숙한 초등학생들에게 스마트기기의 테크놀로지를 활용한 수업은 학생들의 과학적 태도에 긍정적인 영향을 주지 못했다는 결과를 나타내기도 하였다.

본 연구에서 학생들에게 긍정적인 영향을 주었던 요인을 알아보기 위하여 사전검사보다 사후검사 결과가 향상된 학생을 대상으로 질문지를 활용한 면담을 실시하였고 그 대표적인 응답을 정리하여 분석하였다.

S4 : 3D 프린터로 인공 기관이 만들어지고 있다는 사실에 놀랐고 실제 생활에서 우리가 공부한 내용을 활용할 수 있다는 생각에 과학에 대한 호기심을 가지게 되었어요.

을 가지게 되었어요.

S5 : 학교에서 공부할 때 3D 프린터, 태블릿 PC를 사용할 기회가 거의 없었는데, 이번 활동에서 활용하게 되어서 수업에 대한 관심과 흥미가 생겼어요.

S4 : 교과서를 통해서도 배설 기관에 대하여 알게 되었지만, 제가 직접 태블릿 PC를 활용하여 관련된 자료와 정보를 찾았던 것이 기억에 오래 남았어요. 그리고 이를 활용하여 최종 작품을 만들어 가는 과정에서 공부에 흥미가 생겼고 스스로 공부하는 습관도 생겼어요.

S6 : 문제를 해결하기 위해서 필요한 정보를 직접 찾고 3D 프린터 기술을 익히고 활용하는 과정은 낯설고 어려웠어요. 하지만 공부를 하다 보니 점점 흥미와 자신감이 생겼고 더 나은 작품을 만들기 위해 끝까지 노력했던 점이 도움이 되었어요.

학생들은 교과서에 제시된 내용을 실생활의 문제와 관련지어 학습하고 평소에 접하지 못했던 새로운 기술들을 활용하면서 과학 학습에 대한 호기심이 높아졌던 것으로 보인다. 또한 조사 활동, 산출물 제작 활동 모두 학습자 중심의 활동으로 구성되면서 학생들의 학습에 대한 자신성이 높아졌으며 프로그램에서 제시된 과제 및 활동 과정의 난이도가 학생들에게 너무 어렵거나 쉽지 않고 도전할 만한 내용이 제시되어서 학생들의 끈기성도 향상될 수 있었다고 판단된다.

S5 : 3D로 모델링하는 것이 익숙하지 않아서 쉽지는 않았어요. 하지만 조사 활동을 통해 알게 된 배설 기관의 생김새를 생각하며 실제 배설 기관과 비슷하게 산출물을 만들기 위하여 다양한 방법으로 모델링을 해 봤던 것이 도움이 되었어요.

S4 : 작품에 대한 설명하는 글을 쓰고 발표하며 다른 모둠의 결과를 평가할 때, 실제 배설 기관의 생

김새와 역할을 고려하여 작품을 만들었는지 배운 내용을 생각하며 따져 보는 과정이 도움이 되었어요.

S6 : 모둠 친구들과 의견을 나누며 배설 기관 모형을 그림으로 그릴 때 제 의견과 친구들의 의견이 적절한지 생각하며 최선의 방법을 찾으려고 노력했던 점이 도움이 되었어요.

학생들은 배설 기관의 생김새와 기능에 대하여 이해한 내용을 바탕으로 콩팥, 방광 모형의 이미지를 구상하고 다양하게 3D로 모델링하는 과정에서 창의성이 높아졌던 것으로 보인다. 또한 산출물을 제작하기 위해 친구들과 논의하는 과정에서 좋은 점, 수정 및 보완할 점을 판단하며 최선의 방안을 마련하려고 노력했던 점, 최종 작품에 대하여 설명하는 글을 쓰고 발표하며 평가하는 과정이 비판적인 사고력을 향상시키는 데 도움이 되었던 것으로 판단된다.

하지만 본 연구에서는 과학적 태도 하위 영역 중 개방성, 협동심에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 실험 집단, 비교 집단 학생들은 모두 프로그램 적용 전에 반복적인 모둠활동을 경험하면서 모둠활동 시 지켜야 할 규칙과 대화 예절을 알고 있었으며 실제 프로그램에 참여할 때에도 상대방의 생각과 의견을 존중하는 태도로 참여하였기 때문에 개방성 영역에서는 두 집단 간의 유의미한 차이는 나타나지 않았던 것으로 생각된다. 그리고 두 집단에 적용한 프로그램 모두 많은 활동이 친구들과 협력하여 탐구하는 활동으로 진행되었기 때

문에 협동심에서도 집단 간의 유의미한 차이는 나타나지 않았던 것으로 보인다.

4) STEAM 프로그램 만족도 분석 결과

TPACK 기반 융합프로그램 활동에 참여한 학생들을 대상으로 STEAM 프로그램 만족도를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

본 연구에서 개발한 프로그램에 대한 만족도를 조사한 결과, 전체 평균은 5점 만점에서 4.29점, 긍정 응답의 비율은 86.01%로 만족도가 높게 나타났다. 반면 부정적인 응답의 비율은 0.96%로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 배영권 등(2017), 이강영과 소금현(2021)의 3D 프린터 테크놀로지를 활용한 수업이 학생의 수업 만족도를 향상시켰다는 연구 결과와 일치하였다.

문항별 응답 결과를 분석한 결과, 2번 문항 ‘나는 과학·수학 학습 내용에 대해 많이 이해하게 되었다.’에 4.38점으로 만족도 점수가 높게 나왔는데 스스로 조사하고 탐구하는 과정이 학생들의 지식 습득에 도움이 되었던 것으로 보인다. 그리고 3번 문항 ‘나는 과학·수학학습에 대한 흥미가 생겼다.’4.45점, 11번 문항 ‘나는 적극적으로 활발하게 수업에 참여하였다.’4.45점으로 높은 만족도 점수가 나타났다. 이는 스마트기기, 3D 프린터와 같은 새로운 테크놀로지의 활용, 실생활과 관련된 문제해결 과정이 학생들의 관심과 흥미를 높였던 것으로 보인다. 또한 17번 문항 ‘나는 실패하는 것을 두려워하지 않고, 도전 의식이 생겼다.’에 4.48점으로 높

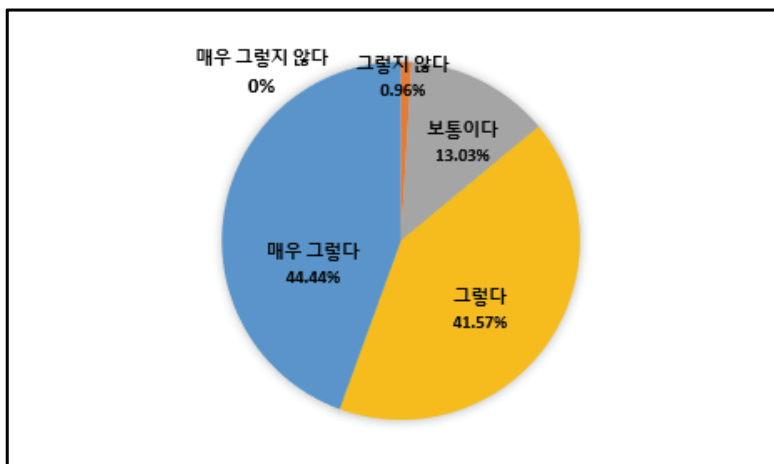


Fig. 2. The result of learner satisfaction survey of the STEAM program

은 만족도를 보였는데, 평소 수업에서 사용하지 않았던 테크놀로지를 활용하고 산출물을 제작하는 과정에서 어려움을 겪었지만, 시행착오를 통해 최종 산출물을 완성하는 과정이 학생들의 자신감과 도전 의식을 높였던 것으로 보인다. 그뿐만 아니라 14번 문항 ‘나는 다른 친구들의 의견을 경청하고 존중하였다.’ 4.45점, 15번 문항 ‘나는 다른 친구들과 협력하는 것의 중요성을 생각하는 마음이 생겼다.’ 4.45점, 16번 문항 ‘나는 다른 친구들을 배려하는 마음이 생겼다.’ 4.41점으로 높은 결과가 나타났는데, 모듈활동에서 친구들과 협력하고 토의하며 학습했던 과정이 학생들에게 긍정적인 영향을 미친 것으로 여겨진다.

반면 5번 문항 ‘나는 과학 관련 책이나 글을 읽는 것이 좋아졌다.’는 3.97점으로 다른 문항에 비해 점수가 낮게 나타났는데, 이는 본 프로그램에서 학생들이 과학과 관련된 글을 읽는 활동이 적었기 때문에 이와 관련된 인식의 변화는 낮았던 것으로 분석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 중 배설 기관과 관련된 차시를 학습 주제로 TPACK 기반 STEAM 프로그램을 개발하였고 이를 적용하여 초 등학생의 학업성취도, 창의적 문제해결력, 과학적 태도 및 수업 만족도에 미치는 영향을 분석하였다. 프로그램을 적용하여 얻은 결과를 토대로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구의 TPACK 기반 융합프로그램은 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 유의미한 효과가 있었다. 학생들은 스스로 지식을 탐색하고 제시된 문제를 해결하기 위한 다양한 방법을 생각하는 과정에서 관련 지식 및 기술을 익히고 확산적인 사고 능력을 갖출 수 있었던 것으로 보인다. 그리고 탐구 결과에 대한 토의 활동 및 상호 평가 활동을 통해 비판적이며 논리적인 사고력을 기를 수 있었던 것으로 판단된다.

둘째, TPACK 기반 융합프로그램은 학생들의 과학적 태도, STEAM 만족도 향상에 긍정적인 효과를 가져왔다. 실생활과 관련된 문제의 제시, 스마트 기기와 3D 프린터 등의 테크놀로지 활용, 학생 수준에 적절한 과제의 제시 및 친구들과의 협동학습

을 통한 소통 과정이 긍정적인 영향을 주었다고 분석된다.

셋째, TPACK 기반 융합프로그램은 학생들의 학업성취도에는 유의미한 효과가 없었다. 프로그램 적용 후에 실험 집단 학생들의 학업성취도 평균이 비교 집단에 비하여 더 많이 향상되었지만, 집단 간의 유의미한 차이를 살펴보기에는 프로그램 운영 시간이 다소 짧았던 것으로 보인다.

연구 결과를 토대로 한 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 과학·기술의 발달로 다양하게 등장한 테크놀로지를 교육에 적용하기 위하여 교사가 지닌 내용학 지식, 교수학 지식, 테크놀로지 지식을 융합하여 TPACK 기반으로 융합프로그램을 개발하였으며 이를 학생들에게 적용하였을 때 창의적 문제해결력, 과학적 태도, STEAM 만족도에 긍정적인 효과를 준다는 것을 알 수 있었다. 따라서 후속 연구에서도 다양한 학습 주제에서 대하여 학생 중심으로 활용 가능한 테크놀로지를 선정하고 문제 중심 학습, STEAM, 협동학습, 토의 학습 등의 효과적인 교수·학습 방법과 내용 지식을 통합한 TPACK 기반의 프로그램을 개발하여 적용하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

둘째, 본 연구에서는 제작한 프로그램은 운영 시간이 짧아서 학업성취도에 미치는 영향을 살펴보기에는 다소 어려움이 있었다. 앞으로 TPACK 기반 융합프로그램이 학생들이 학업성취도에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 좀 더 장시간 운영할 수 있는 프로그램을 개발하고 적용한 후, 학업성취도에 미치는 효과를 연구할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 J시에 위치한 학생 56명으로 대상으로 진행하였기 때문에 연구 결과를 일반화하기에는 제한점이 있다. 후속 연구 시에는 다양한 지역의 더 많은 학생을 대상으로 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

강진기(2017). 초등 영재를 위한 3D프린팅 활용 융합 인재 교육프로그램이 융합 인재 소양 및 창의적 문제해결력에 미치는 효과. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위논문.

- 고동국, 홍승호(2020). TPACK 기반 테크놀로지 활용 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과: 순환기관을 중심으로. *초등과학교육*, 39(1), 84-99.
- 김지양, 이상원(2021). 초등학생의 창의적 문제해결력 향상을 위한 메이커 환경교육 프로그램 개발 및 적용. *한국초등교육*, 32(2), 67-84.
- 김혜란, 최선영(2019). 초등과학 수업에서 언플러그드 컴퓨팅을 활용한 SW 융합교육프로그램의 개발과 적용. *생물교육*, 47(20), 213-222.
- 김혜란, 최선영(2020). 초등과학 수업에 VR 구현 프로그램을 활용한 SW 융합교육프로그램의 개발과 적용. *초등과학교육*, 39(2), 296-305.
- 김효남, 정완호, 정진우(1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가 체제 개발. *한국과학교육학회지*, 18(3), 25-45.
- 김희목, 지찬수(2019). 창의적 설계 기반의 수업 설계 및 적용. *현장과학교육*, 13(3), 319-338.
- 배미선(2017). 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 수업이 초등학생의 흥미도와 학업성취도 및 과학창의성에 미치는 영향. *서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문*.
- 배영권, 박관우, 문교식, 유인환, 김우열, 이효녕, 신승기(2017). 3D 프린터를 활용한 융합인재교육 프로그램 개발 및 효과성과 만족도 분석. *정보교육학회논문지*, 21(4), 475-486.
- 배진호, 김진수, 김은아, 소금현(2015). 스마트기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업이 초등학생의 디지털 리터러시, 21세기 핵심 역량, 과학적 태도에 미치는 영향. *초등과학교육*, 34(4), 476-485.
- 송경진(2016). 클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명. *메가스터디북스*.
- 신태섭(2013). 예비 초등교사의 고정신념과 테크놀로지 내용 교수지식(TPACK) 간의 관계 연구. *교육과학연구*, 44(2), 21-45.
- 엄중태, 권용주(2016). 생명과학에서 3D 모델링과 프린팅을 활용한 생체모방 중심 융합수업 프로그램의 개발. *생물교육*, 44(4), 658-673.
- 윤희건, 최선영(2015). 초등과학에서 스마트러닝 교수, 학습 프로그램의 개발과 적용: 태양계와 별 단원을 중심으로. *과학교육연구지*, 39(3), 321-332.
- 이강영, 소금현(2021). 3D프린팅을 활용한 기후변화교육이 초등학생의 기후 소양과 과학 관련 태도에 미치는 영향. *에너지기후변화교육*, 11(1), 49-63.
- 이상호, 홍승호(2019). ‘우리 몸의 구조와 기능’ 애니메이션 제작을 활용한 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과. *초등과학교육*, 38(2), 263-274.
- 이정서(2016). 초등 영재를 위한 3D 프린팅 활용 STEAM 프로그램 개발. *대구교육대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 이진, 홍승호(2021). 애니메이션을 활용한 TPACK 기반 STEAM 프로그램 적용 효과: ‘식물의 한살이’ 단원을 중심으로. *생물교육*, 48(3), 356-367.
- 임정훈, 김상홍(2013). 스마트러닝 기반 개별학습 및 협력학습이 학업성취도, 자기주도학습 및 사회적 효능감에 미치는 영향. *교육정보미디어연구*, 19(1), 1-24.
- 정은영(2008a). 초등학교 과학과 ‘우리 몸의 생김새’ 단원의 수업 개선을 위한 교수·학습 자료 개발 연구. *전북대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 정은영(2008b). Squeak Etoys 기반 정보교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. *한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 조연순, 체제숙, 백은주, 임현화(2004) 초등학교 수업을 위한 문제중심학습(PBL)의 교수학습 과정 모형 연구. *교육방법연구*, 16(2), 1-28.
- 최형신, 유미리(2015). 3D 프린팅의 교육적 활용 방안 연구: 창의적 디자인 모델 기반 수업, *정보교육학회논문지*, 19(2), 167-174.
- 한국과학창의재단(2015). 2015년 STEAM 프로그램 개발 시범 적용 만족도 조사. *한국과학창의재단*.
- 한국교육개발원(2001). *간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구 (I)*. 한국교육개발원.
- 한지상, 홍승호(2019). 3D 프린터를 활용한 나무 모형 프랙탈 구조 제작 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과. *한국초등교육*, 30(1), 235-247.
- Berson, M., Diem, R., Hicks, D., Mason, C., Lee, J., & Dralle, T. (2000). Guidelines for using technology to prepare social studies teachers. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 1(1), 107-116.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31-51.
- Doering, A., & Veletsianos, G. (2008). An investigation of the use of real-time, authentic geospatial data in the K-12 Classroom. *Journal of Geography*, 106(6), 217-225.
- Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. (1996). The ASSURE Model FOR Selecting Instructional Media.
- Hofer, M. J., Bell, L., Bull, G. L., Barry, III, R. Q., Cohen, J. D., Garcia, N., George, M. A., Harris, J.,

- Jacoby, III, A. H., Kim, R., Kjellstrom, W., Koehler, M. J., Lee, J. K., Mann, L., Mishra, P., Patel, Y., Shoffner, M., Slykhuis, D. A., Strutchens, M. E., & Zellner, A. L. (2015). *Practitioner's guide to technology, pedagogy, and content knowledge(TPACK): Rich media cases of teacher knowledge*. NC: W&M Publish.
- Khan, S. (2011). New pedagogies on teaching science with computer simulations. *Journal of Science Education & Technology*, 20(3), 215-232.
- Mishra, P., & Koegler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416.
- Rogers, Y., & Price, S. (2008). The role of mobile devices in facilitating collaborative inquiry in SITU. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 3(3), 1-21.
- Schul, J. E. (2010a). Necessity is the mother of invention: An experienced history teacher's integration of desktop documentary making. *International Journal of Technology in Teaching & Learning*, 6(1), 14-32.
- Schul, J. E. (2010b). The emergence of CHAT with TPACK: A new framework for researching the integration of desktop documentary making in history teaching and learning. *THEN: Technology, Humanities, Education & Narrative*, 7, 9-25.
- Shih, J. L., Chuang, C. W., & Hwang, G. J. (2010). An inquiry-based mobile learning approach to enhancing social science learning effectiveness. *Educational Technology & Society*, 13(4), 50-62.
- Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., Hwang, F. K., & Lin, T. C. (2014). Developing and validating technological pedagogical content knowledge-practical (TPACK-Practical) through the Delphi survey technique. *British Journal of Education Technology*, 45(4), 707-722.

고동국, 한라초등학교 교사(Ko, Dong Guk; Teacher, Halla Elementary School).

† 홍승호, 제주대학교 교수(Hong, Seung-Ho; Professor, Jeju National University).