

3D 프린터를 활용한 호흡계의 융합 수업이 초등학생의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력, 과학 흥미도 및 STEAM 프로그램 만족도에 미치는 영향

고동국 · 홍승호[†]

The Effects of 3D Printing STEAM Class for Respiratory System on the Science Process Skill, Creative Problem Solving Ability, Scientific Interest and STEAM Program Satisfaction of Elementary Students

Ko, Dong Guk · Hong, Seung-Ho[†]

ABSTRACT

The aims of this study are to develop the STEAM program focused '3D printing for respiratory system' and to ascertain its influence on elementary student's science process skills, creative problem solving abilities and scientific interest. The developed STEAM program was applied to 5th grade students of O elementary school located in J city. As a result of applying the STEAM program, the experimental group of the STEAM program class improved significantly in creative problem solving abilities and scientific interest than the control group of the theoretical class. The result of learner satisfaction survey of the STEAM program was high. Meanwhile, there was no significant difference in science process skills between the two groups. Therefore, the STEAM program class with the theme of '3D printing for respiratory system' could be meaningful works to encourage students' interest as well as their creative problem solving ability and scientific interest. In future, continuous and systematic studies on STEAM programs focused on 'structure and function of our body' are needed for elementary students' cognitive and affective developments.

Key words: respiratory system, STEAM, creative problem solving abilities, scientific interest, 3D printing

I. 서 론

2016년 세계 경제 포럼(다보스포럼)에서 제시된 직업의 미래 보고서에 따르면 미래의 대표 기술인 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷(IoT), 3D 프린팅, 드론, 무인자동차, 나노기술, 유전학, 생명공학 등이 고유 기술 자체의 발전 및 이들 간의 공유를 통해 기술 발전을 가속화 하고, 이는 급격한 사회의 변화를 이끌어낼 것이라고 전망하였다. 이러한 제4차 산업혁명 시대의 새로운 첨단 기술의 등장에 과

학 선진국들은 빠르게 대처하려고 하였고, 과학기술 교육을 바탕으로 창조적 인재를 양성하기 위하여 다양한 국가 정책을 수립하고 실천하였다(이봉우 등, 2017). 하지만 우리나라 교육에서는 첨단 과학에 대한 정보 및 학습 자료를 접하기가 쉽지 않은 실정이다(김현정, 2011).

첨단 기술 중에 특히 국내외에서 관심을 가지고 실제 교육에 활용하고 있는 기술 중 대표적인 것이 3D 프린팅 기술이다. 영국 교육부는 2013년 교육과정을 개정하면서 5~16세 학생들에게 3D 프린터를

이 논문은 2018학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

2018.8.14(접수), 2018.8.15(1심통과), 2018.8.21(2심통과), 2018.8.21(최종통과)

E-mail: shong@jejunu.ac.kr(홍승호)

활용한 교육을 필수과목으로 도입하여 창작과 문제해결능력 배양을 위한 도구로서 효과적으로 활용하고 있다(박유진과 손현진, 2013). 미국의 National Science Teachers Association (2013)에서는 3D 프린팅 기술을 활용한 융합교육(STEM) 프로그램을 개발하여 보급하고 있다. 우리나라 정부도 2014년 4월 국가과학기술심의회를 통해 3D 프린팅 산업발전전략을 제안하였지만, 관련 교수·학습 자료나 매뉴얼이 부족하여 현재 3D 프린터를 활용한 교육은 공교육보다 교사 개인의 적성에 기인한 소규모 활동으로 전개되고 있다(이명환, 2015).

3D 프린터 활용에 대한 국내의 연구도 STEAM 교육 프로그램이나 디자인 또는 발명교육에서 3D 프린터를 이용한 사례가 있지만 손에 꼽을 수 있을 정도로 수가 적다(양지나, 2009; 정재혁, 2012; 이상구 등, 2015; 이영찬과 김희필, 2015; 최형신과 유미리, 2015). 김민정과 김보연(2014)은 3D 프린터를 활용한 국내의 연구 동향에서도 현재 학교에서 체계적인 3D 프린팅 교육이 이루어지지 않고 있으며, 국내의 3D 프린터 디자인 교육프로그램이 국외의 교육보다 매우 한정적이며 교육 대상의 범위도 제한적이라고 보고하였다.

지금까지 진행되었던 3D 프린팅 기술 활용 교육에 대한 연구에서는 3D 프린터의 활용이 학생들에게 긍정적인 효과를 가져왔고, 지속적인 연구의 필요성을 제시하고 있다. 이상구 등(2015)은 수학과 예술 영역을 3D 프린팅으로 연결하는 융합교육 연구를 통해 3D 프린팅을 활용한 STEAM 교육이 21세기에 필요한 융합인재를 양성할 수 있다고 하였으며, 엄중태와 권용주(2016)는 3D 프린팅을 활용한 생체모방 중심 융합 수업 프로그램이 학생들의 학습에 대한 흥미 유발, 융합 소양 함양에 효과적이라고 하였다. 이영찬과 김희필(2015)은 3D 도면 제작 프로그램 및 3D 프린터를 활용한 발명교육 프로그램 개발 연구를 통해 3D 프린터 활용 교육이 초등학생의 창의성 신장에 효과적이라고 하였으며, 강진기(2017)는 3D 프린팅을 활용한 융합교육 프로그램이 초등영재의 창의적 문제해결력을 향상시키는데 효과가 있음을 제시하였다. 이와 같이 3D 프린터를 활용한 교육은 다양한 방면에서 학생들에게 긍정적인 교육적 영향을 미치고 있지만, 실제 3D 프린터를 활용한 교육은 영재교육, 발명교육, 특성화 교육, 과학 동아리, 그 외의 사교육 활동에서 3D 프

린터 활동에 관심 있는 학생을 대상으로 제한적으로 실시되고 있는 실정이다. 많은 학생들이 3D 프린터 활용 교육 프로그램을 접할 수 있도록 하기 위해서는 첨단 과학 기술에 대한 실제 학교 정규 교육과정과 연계되어 운영되는 프로그램이 요구된다.

특히 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단위에서는 실제 보이지 않는 우리 몸의 기관의 이름, 생김새, 기능, 위치를 알아보는 것을 목표로 하기 때문에 학습에 있어서 교사들은 주로 우리 몸 내부 기관의 모형이나 교과서에 제시된 그림 자료를 활용하여 교사 설명 중심의 수업을 실시한다(정은영, 2008). 이러한 교사 중심의 수업에 의해 학생들은 알게 된 내용을 스스로 의미를 구성하고 탐색하기보다는 주로 주입받는 지식을 실험·관찰에 정리하는 학습을 하게 된다. 이러한 학습 주제에서 학생들이 직접 3D 프린터를 이용하는 조작활동 중심의 프로그램 구성이 고려될 필요가 있다.

3D 프린터를 활용한 교육은 미래 사회의 진로교육과도 밀접한 관련이 있다. 선행된 과학교육에 있어 진로교육의 효과에 대한 연구에 따르면 초등학생을 대상으로 과학 진로와 관련된 소질과 흥미를 발견하고, 과학 관련 직업은 무엇이며, 어떠한 기능을 하고 있는가를 인식시켜 주는 일은 과학기술 분야에 대한 바른 이해와 흥미를 높여 이공계열의 진로선택에 도움을 줄 수 있다고 하였다(유소원, 2015). 임은경(2017)은 미래 직업 연계형 STEAM 프로그램을 활용한 과학교육은 학생들의 과학에 대한 흥미도 향상에 긍정적인 효과를 가져왔다고 하였다. 미래의 유망 직업에 대한 연구에서 조정운 등(2017)은 한국직업자격학회 전문가 협의체에서 실시한 4차 산업혁명 대비 미래유망 국가기술자격 신설 직종 연구에서 3D 메디컬부품 제작, 의료용 3D 프린팅 기술을 미래 유망 자격증으로 선정했으며, 기획재정부(2017)는 3D 프린팅, 사물인터넷, 드론 등을 4차 산업혁명 시대 유망 직종으로 꼽았다.

이러한 점에서 학생들의 지속적인 진로교육을 위해서도 미래 사회에 주목받는 3D 프린팅 기술에 대해 꾸준히 관심을 가져야 하고, 특히 사람의 생명과 직결된 의료 분야에서도 3D 프린팅 기술이 중요하게 활용되고 있다는 사실을 고려하여 관련된 진로 활동을 프로그램 개발에 반영해야 한다.

STEAM 교육은 기술의 발전과 더불어 학생들의 실생활과 관련된 문제해결력을 높이고, 효과적인

교육을 위하여 과학 지식을 소유하는 것뿐만 아니라, 감성과 창의성을 이용하여 여러 학문의 경계를 넘나들면서 문제를 해결하는 교육방법이다(Sanders, 2009; Yakman, 2006, 2008). 2015 개정교육과정의 총론에 따르면 폭넓은 기초 지식을 바탕으로 다양한 전문 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 창의 융합형 인재를 양성하는데 중점을 두고 있다(교육부, 2015). 이러한 흐름에 따라 2010년부터 STEAM 교육이 도입되어 교육현장에서 활발하게 적용되고 있으며, 최근에는 과학기술의 발전으로 새롭게 등장하거나 사용되는 다양한 첨단 기기들이 추가되어 활용되고 있다(성세찬, 2016). STEAM 교육에서 3D 프린터의 활용은 학생들의 지식, 기술, 생각을 융합하는 기회를 보완하여 줄 것이다. Lütolf (2013)는 3D 프린터를 활용한 교육이 학생들의 동기를 유발하고 교육적인 효과를 높인다고 하였으며, 이러한 점은 3D 프린터가 융합교육의 부족한 부분을 보완하는 것 뿐 아니라, 융합교육의 목적을 성취할 수 있는 효과적인 도구라고 할 수 있다.

시대 변화와 더불어 우리 교육의 목적인 융합형 인재 양성을 위해서 STEAM 교육 방법, 관련 지식, 3D 프린팅 기술과 같은 첨단 과학 기술을 융합한 과학교육 방안에 대한 연구가 필요한 실정이다.

기존의 3D 프린팅 기술 활용 수업이 대체로 관련 분야에 관심이 많은 제한된 집단의 학생을 대상으로 진행되었고, 미래 사회를 대비한 진로교육의 측면을 반영하는데 부족한 부분이 있었다. 하지만 이번 연구는 교사 중심으로 수업이 진행되었던 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원의 정규 교육과정의 학습 주제와 연계되고, 미래의 진로를 고려한 프로그램의 개발을 통하여 많은 학생들이 3D 프린팅을 활용한 교육을 학습할 수 있도록 기회를 제공하며, 학생들의 과학에 대한 능력과 태도의 변화를 확인하려고 하였다.

따라서 본 연구에서는 호흡 기관을 주제로 한 3D 프린팅 기술 활용 STEAM 프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력, 과학 탐구 능력, 과학 흥미도 및 STEAM 프로그램 만족도에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

II. 연구 절차 및 방법

1. 연구 절차

본 연구의 전체적인 연구 절차는 Fig. 1과 같다.

제4차 산업 혁명 시대에 주목 받고 있는 첨단 과학 기술의 활용, STEAM 교육 방법, 교사 중심의 수업이 진행되는 학습 주제에서 학생들의 스스로 탐구하는 방법, 미래 사회의 진로 교육과 연계할 수 있는 프로그램 개발 방안을 고려한 후, 본 연구 주제를 설정하게 되었다. 관련된 과학과 교육과정과 선행 연구 논문을 살펴보고 본 연구에 활용할 시사점을 찾았고, 3D 프린팅 기술을 이용하여 초등 과학 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 중 호흡기관 내용에 적용할 수 있는 총 10차시의 STEAM 프로그램을 개발하였다. 개발된 STEAM 프로그램은 전문가 집단 11명(과학교육과 교수 1인, 박사과정 3인, 석사과정 7인)의 검토 및 자문을 통해 수정·보완하여 최종 프로그램을 완성하였다.

개발한 STEAM 프로그램에 대한 검토 및 수정을 완료한 후에는 본 프로그램을 실제 학교 적용하였을 때 교육적 효과를 검증하기 위한 검사 도구를 선정하였으며, 프로그램 적용 이전에 실험 집단과 비교 집단을 대상으로 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력 및 과학 흥미도에 대한 사전 검사를 실시하였다. 사전 검사를 실시한 후, 실험 집단에는 개발된 STEAM 프로그램을 적용하였고, 비교 집단에서는 교과서 내용 중심으로 재구성된 동일한 주제의 프로그램을 적용하였다. 각 집단에 프로그램을 적

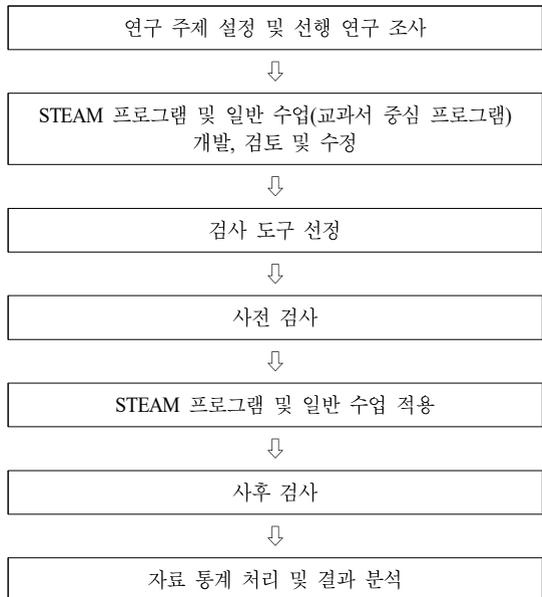


Fig. 1. Procedures of the study.

용한 후에는 사전 검사와 동일한 검사지를 실험 집단과 비교 집단을 대상으로 사후 검사를 실시하였다. 실험 집단 학생들을 대상으로는 개발한 STEAM 프로그램에 대한 학생들의 만족도를 평가하기 위해 실험 집단을 대상으로 프로그램 만족도 검사를 추가로 실시하였다.

각 검사 도구에 의해 수집된 자료들은 통계 처리를 통하여 결과를 분석하였으며, 만족도 검사는 전체 만족도 문항 점수의 비율을 분석하였다.

2. 연구 대상

본 연구의 대상은 중소도시의 O초등학교 5학년 중에서 실험 집단 1개 학급과 비교 집단 1개 학급을 선정하였다(Table 1). 실험 집단과 비교 집단의 학생 수는 각 25명으로 구성되었다.

3. 검사 도구

3D 프린터를 활용한 호홉계의 STEAM 프로그램이 초등학생들의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력, 과학 흥미도 및 STEAM 수업 만족도에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위해 다음과 같은 검사 도구를 활용하였다.

1) 과학 탐구 능력 검사 도구

본 연구에 사용된 과학 탐구 능력 검사 도구는 권재술과 김범기(1994)에 의해 개발된 TSPS 검사지를 사용하였다. 검사지는 초등학교 5학년 학생부터 중학교 3학년 학생까지 적용 가능하며, 과학 탐구 능력을 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상의 5가지 기초 탐구 능력과 자료 변환, 자료 해석, 가설 설정, 변인 통제, 일반화의 5가지 통합 탐구 능력으로 구분하여 30문항으로 구성되었다. 본 연구에서는 이 중에서 개발한 STEAM 프로그램의 성격에 맞게 기초 탐구 능력을 검증할 수 있는 15개의 문항만 활용하였다. 문항은 4지선다형의 객관식이며, 정답을 1점, 오답을 0점으로 부여하여 통계 처리하였다. TSPS

Table 1. The study subjects

집단	학급 수	인원	비 고
실험 집단	1	25	
비교 집단	1	25	5학년 2개 반
총 계	2	50	

검사지의 평균 신뢰도는 .076, 평균 난이도는 .061, 평균 변별도는 .041이다.

2) 창의적 문제해결력 검사 도구

창의적 문제해결력을 측정하기 위한 검사 도구는 정은영(2008)이 개발한 검사 도구를 이용하였다. 이 검사 도구는 한국교육개발원(2001)의 ‘간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구(I)’를 토대로 만들어졌으며, 특정 영역의 지식·사고기능·기술의 이해 및 숙달 여부, 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적 요소의 4개 하위 영역으로 구성되었다. 각 하위 영역별 5개의 문항씩, 총 20문항으로 구성되어 있으며, 5단계 Likert 척도에 따라 배점을 부여하고 통계 처리하였다.

3) 과학 흥미도 검사 도구

학생들의 과학 흥미도를 검사하기 위해서는 윤미선과 김성일(2003)이 개발한 과학 흥미도 검사 도구를 활용하였다. 검사 도구는 ‘교과내용’과 ‘교과 가치 및 노력’의 인지적 흥미군, ‘교과 유능감’과 ‘교과 담당 교사에 대한 선호도’의 정서적 흥미군으로 구분되어 있다. 각 영역별 4문항씩, 총 16문항으로 구성되었으며, Likert 5단계 척도에 따라 긍정 문항은 5, 4, 3, 2, 1점으로 배점하고, 부정 문항은 반대로 배점을 부여하고 통계 처리하였다. 이 검사 도구의 신뢰도는 Cronbach’s α 는 .88이다.

4) STEAM 만족도 검사 도구

실험 집단 학생들에게 적용된 STEAM 프로그램의 만족도를 측정하기 위해 한국과학창의재단(2015)이 학생들의 STEAM 만족도를 조사하기 위해 개발한 검사지 중 18문항을 활용하였고 5단계 Likert 척도로 구성되어 있다. 검사 도구는 STEAM 수업에 대한 자기 평가 형식의 문항으로써 과학 기술에 대한 흥미도, 탐구 활동, 융합적 소양으로 구분되며, 구체적으로 수업 내용에 대한 이해 정도, 학습 방법에 의한 흥미, 문제 해결 전략, 학습의 전이, 동료와의 협력, 성취감에 대한 내용이다. 각 문항은 Likert 5단계 척도에 따라 ‘매우 그렇지 않다’ 1점에서 ‘매우 그렇다’ 5점까지 점수를 부여하여 문항별 평균을 얻고 문항별 각 항목을 선택한 답변자 수를 기준으로 한 백분율과 문항 평균 점수를 구하였다.

4. 연구 설계

본 연구에서 실험 집단에 적용한 STEAM 프로그램은 초등학교 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원의 ‘호흡기관’과 관련된 학습 내용에서 과학 지식 및 탐구 과정 요소를 추출하였고, 주제와 연계 가능한 다른 교과와 5~6학년군 학습 내용을 선별하여 프로젝트 학습 형태로 구성하였다. 각 차시별 주요 내용 및 STEAM 요소는 아래 Table 2와 같으며, STEAM 프로그램의 교육 활동 준거를 기반으로 하여 상황제시 1차시, 창의적 설계 2~9차시, 감성적 체험 10차시로 구성하였으며, 창의적 설계와 감성적 체험 과정에 수업의 초점을 맞추어 운영하였다. 활동 과정에서 3D 프린팅 기술을 활용할 수 있도록 관련 지식과 기술을 프로그램에 포함시켰다.

프로그램의 1차시에서는 전체적인 학습 주제와 프로젝트 과제를 이해하여 학습 계획을 세우며, 복잡한 호흡기관에 대하여 쉽게 이해할 수 있도록 수학 분야 중 프랙탈 구조의 의미와 다양한 사례에 관련된 개념을 도입하여 배경지식을 쌓을 수 있도록 하였다. 2~3차시에서는 ‘프랙탈 카드 만들기’의 조작 활동을 통해 프랙탈 구조를 좀 더 자세히 이해하고, 관련 지식을 바탕으로 호흡기관의 기관, 기관지, 폐의 생김새를 관찰하고, 호흡기관의 기능에 대하여 알아본다. 4~9차시에서는 3D 프린팅의 디자인, 슬라이싱, 프린팅 기술을 학습하고 전 차시에서 관찰하고 학습한 호흡기관 모형을 3D 프린터로 직접 디자인하고 제작한다. 10차시에서는 제작한 호흡기관 모형을 다른 친구들에게 소개하고 홍보하며 동료평가의 시간을 갖는다.

Table 2. The main contents of STEAM program and STEAM elements according to class for experimental group

단계	차시	학습 주제	주요 내용 및 활동	STEAM 요소
상황 제시	1 차시	프로젝트 과제 이해하기 프랙탈 구조 이해하기	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 과제 이해하기 ⇒ 3D 프린팅 전문가가 되어 인공 기관지 제작하기 	<ul style="list-style-type: none"> 우리 주변의 프랙탈 구조를 지닌 동식물 자연 현상 알기 프랙탈 구조가 나타나는 동식물 자연현상 관찰하기
			<ul style="list-style-type: none"> 프랙탈 구조의 의미 알아보기 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트기기 활용방법 알기
			<ul style="list-style-type: none"> 우리 주변에서 나타나는 프랙탈 구조 살펴보기 프랙탈 구조 다양한 사례 조사하기 (스마트 기기 활용 조사학습) 	<ul style="list-style-type: none"> 프랙탈 구조의 의미 알아보기 프랙탈 구조 특징 알기
2 차시	프랙탈 구조 탐구하기	<ul style="list-style-type: none"> 프랙탈 구조를 활용한 다양한 작품 살펴보기 프랙탈 카드 만들기 	<ul style="list-style-type: none"> 프랙탈 카드 만드는 방법 이해하기 프랙탈 카드 만들기 프랙탈 구조 특징 알아보기 	
		<ul style="list-style-type: none"> 호흡 기관의 위치, 형태, 기능 알아보기 우리 신체 중 폐 구조에 나타나는 프랙탈 구조 알아보기 	<ul style="list-style-type: none"> 호흡기관의 위치, 기능 알아보기 호흡기관의 형태 이해하기 호흡기관에 나타난 프랙탈 구조 특징 알아보기 	
창의적 설계	3 차시	폐의 기능과 구조 이해하기	<ul style="list-style-type: none"> 호흡 기관의 위치, 형태, 기능 알아보기 우리 신체 중 폐 구조에 나타나는 프랙탈 구조 알아보기 	<ul style="list-style-type: none"> 호흡기관의 위치, 기능 알아보기 호흡기관의 형태 이해하기 호흡기관에 나타난 프랙탈 구조 특징 알아보기
			<ul style="list-style-type: none"> 3D 프린터 이해하기 3D 프린터 대하여 알아보기 	<ul style="list-style-type: none"> 폐의 기능 및 형태 이해하기 3D 프린터 기능, 원리 이해하기 폐의 프랙탈 구조 모형 디자인하기
4~5 차시	3D 프린터 이해하기 제작할 폐의 형태 구상하기	<ul style="list-style-type: none"> 3D 프린터로 제작할 우리 몸 폐의 프랙탈 구조 구상하기 	<ul style="list-style-type: none"> 폐의 프랙탈 구조 이해하기 폐 전체와 부분의 프랙탈 구조 비율 생각하기 	

Table 2. Continued

단계	차시	학습 주제	주요 내용 및 활동	STEAM 요소
창의적 설계	6~7 차시	폐의 구조 모델링하기	<ul style="list-style-type: none"> 3D 모델링 프로그램 사용법 알아 보기 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ • 폐의 기능 및 형태 이해하기
			<ul style="list-style-type: none"> 우리 몸 폐의 프랙탈 구조 모델링 하기 (3D 프린터 활용 학습) 	<ul style="list-style-type: none"> ① • 3D 모델링 프로그램 사용방법 알아보기 • 폐의 프랙탈 구조 3D로 모델링하기
	8~9 차시	폐의 구조 프린팅 하기	<ul style="list-style-type: none"> 슬라이싱 프로그램 및 3D 프린터 활용방법 알아보기 	<ul style="list-style-type: none"> ③ • 폐의 기능 및 형태 이해하기
			<ul style="list-style-type: none"> 우리 몸 폐의 프랙탈 구조 3D로 프린팅하기 (3D 프린터 활용 학습) 	<ul style="list-style-type: none"> ① • 3D 슬라이싱 프로그램 및 3D 프린터 활용방법 알아보기 ② • 호흡기관(폐) 모형 제작하기 ③ • 폐의 프랙탈 구조 이해하기
감성적 체험	10 차시	제작한 폐 모형 소개하기	<ul style="list-style-type: none"> 나도 3D 프린팅 전문가 → 의료 3D 프린팅 전문가가 되어 전시회 열기 (가상 진로 체험 프로그램) 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ • 폐의 형태 이해하기
			<ul style="list-style-type: none"> 활동 및 작품 평가하기 	<ul style="list-style-type: none"> ④ • 제작한 작품을 다른 친구들에게 홍보하는 글쓰기 • 작품 평가하기 ③ • 폐의 프랙탈 구조 이해하기

개발된 프로그램은 복잡한 호흡기관의 생김새와 기능을 학습하기 전에 프랙탈 구조에 대한 이해를 바탕으로 좀 더 쉽고 자세하게 호흡기관의 구조와 생김새를 이해하도록 구성하였으며, 교과서 중심의 프로그램을 학습한 학생들과 관찰, 측정, 분류, 측정, 추리 등 기초 탐구 능력의 차이를 살펴보고자 하였다. 또한 스스로 원리를 알고 창의적으로 프랙탈 카드를 만들고, 학습한 지식을 바탕으로 3D 프린터를 활용한 호흡기관 모형 만들기 활동 과정이 학생들의 창의적인 문제 해결력에 미치는 영향을 살펴보고자 하였으며, 첨단 과학기술인 3D 프린터의 활용, 미래 사회의 진로와 연계한 체험 중심의 활동 구성은 학생들의 과학에 대한 흥미도와 수업 만족도에 어떠한 변화를 가져올 것인지 알아보고자 하였다.

비교 집단의 학생들에게는 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 중 호흡기관의 내용을 교과서를 중심으로 재구성된 6차시의 프로그램을 지도하였다(Table 3). 비교 집단의 학생에게도 실험 집단과의 학습 내용을 동일하게 구성하기 위해서 복잡한 폐의 구조를 쉽게 이해하기 위하여 프랙탈 구조에 대하여 알아보고, 프랙탈 카드 만들기, 프랙탈 구조를 활용한 다양한 사례 살펴보기 활동을 포함시켰다. 이어서

프랙탈 구조에 대한 이해를 바탕으로 호흡기관의 생김새와 기능을 이해하며, 인체 모형을 만들고 호흡기관과 폐의 구조를 직접 그림을 그리며 디자인한다. 마지막으로 활동 결과물을 활용하여 폐의 구조와 기능을 친구들에게 설명하고, 상호 평가하는 활동을 하였다.

하지만 프로그램 개발 과정에서 실험 집단에 적용된 프로그램의 경우에는 기본적인 3D 프린터 활용 기술을 이해하는데 시간이 필요하여 비교 집단에 비해 3차시의 시간을 더 부여하였다는 제한점이 있다. 이에 대한 변인을 최소화하고자 본 연구에서는 3D 프린터 활용 방법에 대한 수업 내용을 산출물 제작에 필요한 부분만을 제한하여 지도하였으며, 실험 집단과 비교 집단의 학습 주제인 호흡기관과 관련된 학습량은 7차시로 동일하게 구성하였다. 또한 실험 집단과 비교 집단에 프로그램을 적용할 때에는 교사의 개인적인 능력 및 수업 방법에 의한 변인을 줄이기 위해서 동일한 교사가 실험 집단과 비교 집단의 수업을 모두 진행하였다.

5. 자료 처리 및 분석

실험 집단과 비교 집단 학생에게 동일한 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력 및 과학 흥미도 검사

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

차시	학습 주제	주요 내용 및 활동
1	활동 주제 알아보기 프랙탈 구조 이해하기	<ul style="list-style-type: none"> • 프랙탈 구조의 의미 알아보기 • 우리 주변에서 나타나는 프랙탈 구조 살펴보기 • 프랙탈 구조 다양한 사례 조사하기
2	프랙탈 구조 탐구하기	<ul style="list-style-type: none"> • 프랙탈 구조를 활용한 다양한 작품 살펴보기 • 프랙탈 카드 만들기
3	호흡기관의 구조와 기능 이해하기	<ul style="list-style-type: none"> • 호흡기관의 종류, 위치, 생김새 알아보기 • 우리 신체 중 폐 구조에 나타나는 프랙탈 구조 알아보기
4~6	호흡기관의 구조 모형 디자인하기	<ul style="list-style-type: none"> • 인체 모형 만들기 • 인체 모형에 호흡기관의 프랙탈 구조 디자인하기
7	호흡기관의 구조와 기능 설명하기	<ul style="list-style-type: none"> • 디자인 한 호흡기관의 생김새와 기능 설명하기

를 적용하고 검사 자료는 SPSS 프로그램을 통해 공변량 분석으로 통계 분석하였다. 평균, 표준편차의 통계 숫자는 소수점 이하 둘째자리까지 나타내었고, *F*값과 *p*값은 소수점 이하 셋째자리까지 나타내었다. 그리고 유의성 검증의 진단기준은 $p < .05$ 수준에서 판정하였다. STEAM 프로그램 만족도 검사는 실험 집단 학생들만 적용하였으며 Likert 척도를 통한 검사 결과에 대해 평균과 비율을 구하는 방식으로 결과를 정리하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학 탐구 능력 분석 결과

3D 프린터를 활용한 호흡계의 STEAM 프로그램

이 학생들의 과학 탐구 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단 간의 공변량 분석 결과를 중심으로 분석하였다(Table 4).

실험 집단과 비교 집단의 과학 탐구 능력에 대한 공변량 분석 결과, 비교 집단과 실험 집단 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서 개발한 STEAM 프로그램은 비교 집단에 적용한 교과서 내용 중심으로 구성된 수업보다 학생들의 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상 능력의 향상에 영향을 미치는 특별한 요소는 포함되어 있지 않았던 것으로 보인다. 성세찬(2016)의 단일 집단을 대상으로 한 연구에서 3D 프린팅과 로봇 관련 교육이 초등학생의 기초 탐구 능력 향상에 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과와는 상반된다. 이러한 결과는 본 연구에서는 실험 집단 비교 집단에 진행된 프로그램은 모

Table 4. The result of a covariation analysis on science process skills

영역	집단 간 비교						
	집단	M	SD	교정 M	SD	<i>F</i>	<i>p</i>
관찰	비교	.63	.49	.64	.05	2.926	.089
	실험	.77	.42	.76	.05		
분류	비교	.73	.45	.72	.05	.685	.409
	실험	.76	.43	.78	.05		
측정	비교	.79	.41	.79	.05	.275	.601
	실험	.76	.43	.76	.05		
추리	비교	.55	.50	.54	.06	.904	.343
	실험	.61	.49	.62	.06		
예상	비교	.73	.45	.74	.05	.291	.591
	실험	.77	.42	.77	.05		

두 호흡 기관의 생김새와 구조에 대한 이해를 돕기 위해서 프랙탈 구조에 대한 학습을 추가로 진행하였으며, 최종 산출물도 제작 방법에만 3D 프린터를 활용하였는지, 인체 모형을 제작하고 그림으로 호흡기관 모양을 디자인하였는지의 차이만 있었을 뿐, 두 프로그램 모두 활동 과정에서 학생들이 기초 탐구 능력을 충분히 활용할 수 있었다고 여겨진다. 따라서 3D 프린터로 모형을 만드는 과정을 학습한 실험 집단과 교과서 중심으로 재구성된 프로그램을 학습한 비교 집단 학생들의 활동 모두 학생들의 기초 탐구 능력을 향상시킬 수 있었던 것으로 보인다. 단, 실험 집단에 적용된 프로그램의 경우에는 3D 디자인 프로그램 및 3D 프린터의 새로운 기술로 산출물을 표현하는 과정에서 학생들의 기초 탐구 능력을 향상시킬 수 있는 기회를 조금 더 가질 수 있었을 것이라고 생각된다.

2. 창의적 문제해결력 분석 결과

STEAM 프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단 간의 공변량 분석 결과를 중심으로 분석하였다(Table 5).

전지현과 김동호(2017)의 연구에 따르면 3D 모델링을 활용한 STEAM 프로그램은 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 했다. 본 연구에서도 창의적 문제해결력의 공변량 분석 결과, 하위 영역인 지식·사고기능·기술의 이해, 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적

요소의 모든 영역에서 실험 집단이 비교 집단에 비하여 유의미한 향상을 보였다.

지식·사고기능·기술의 이해 영역에서 실험 집단이 비교 집단에 비해 유의미한 향상이 나타난 이유는 학생들이 호흡 기관의 생김새와 기능에 대해 이해하고, 3D 프린팅에 대한 지식과 기술을 습득한 후, 학습한 지식과 기술을 스스로 융합하고 활용하며 인공 호흡기관을 제작하는 과정에서 향상되었을 것이라고 생각한다.

확산적 사고 영역에서 실험 집단이 비교 집단에 비해서 유의미한 향상이 나타난 이유는 호흡 기관의 생김새를 관찰하고 모형을 구현하는 과정에서 3D 디자인 프로그램을 이용한 산출물 제작 방법에 대하여 자신의 다양한 아이디어를 직접 디자인하여 표현하고, 친구들과 개방적인 자세로 의사소통하는 과정에서 향상된 것으로 보인다.

또한 비판적·논리적 사고 영역에서 유의미한 향상이 나타난 이유는 친구들과 서로의 산출물 구현 방법에 대하여 의논하고 평가하는 과정이 반복되었고, 최종 산출물에 대해서도 모듈별로 상호 평가하는 과정을 경험하였기 때문이다.

실험 집단 학생들은 호흡 기관에 대하여 학습한 내용을 바탕으로 실제 의료계에서 전문가들이 활동 과정을 STEAM 프로그램으로 직접 체험하는 과정에서 흥미와 관심을 느꼈을 것이고, 실제 접근하기 쉽지 않은 3D 프린터의 활용에 대한 호기심과 관심이 높아져서 비교 집단보다 동기적 요소에서 유의미한 향상이 나타난 것이라고 생각된다.

Table 5. The result of a covariation analysis on creative problem solving ability

영역	집단 간 비교						
	집단	M	SD	교정 M	SD	F	p
지식·사고기능·기술의 이해	비교	2.92	1.05	2.95	.07	30.130	.000***
	실험	3.56	1.05	3.53	.07		
확산적 사고	비교	2.99	1.02	2.99	.08	17.574	.000***
	실험	3.43	.99	3.44	.08		
비판적·논리적 사고	비교	3.71	.97	3.68	.07	5.761	.017*
	실험	3.90	.97	3.93	.07		
동기적 요소	비교	3.77	.91	3.74	.08	10.432	.001**
	실험	4.06	.94	4.09	.08		

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

3. 과학 흥미도 분석 결과

STEAM 프로그램이 학생들의 과학 흥미도에 미치는 효과를 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단 간의 공변량 분석 결과를 중심으로 분석하였다 (Table 6).

과학 흥미도 검사의 경우, 공변량 분석 결과에서 실험 집단이 비교 집단에 비해 교과내용, 교과 가치 및 노력, 교과 유능감, 교사 선호도 모든 영역에서 유의미하게 높은 결과가 나타났다.

교과내용 영역에서 유의미한 향상이 나타난 이유는 학습 내용을 다양한 분야를 연계하여 학습할 수 있도록 STEAM 프로그램으로 구성하였고, 학생들이 성취감을 가질 수 있도록 프렉탈 카드 만들기 와 인공 기관지 설계 및 만들기 등 학생들이 직접 체험하는 활동 중심의 학습 내용으로 구성하였기 때문이었다고 판단된다. 학생들은 이와 같은 과정에서 과학 교과 내용에 대한 자신감을 가지게 되었을 것이고, 심화 내용에 대한 학습 기대감이 향상되었으며, 지식 습득의 기쁨을 느꼈을 것이다.

교과 가치 및 노력 영역에서 유의미한 향상이 나타난 이유는 프로그램을 통해 실제 생활과 관련된 진로교육이 이루어졌고, 이를 바탕으로 실생활에 유용하게 활용될 수 있는 산출물 제작과정을 체험하였기 때문이라고 생각한다. 이러한 과정에서 학생들이 일상생활에서 과학 과목이 필요하다고 느꼈으며, 과학에 대해 더 공부하고 싶다는 생각을 하게 되었을 것이라고 생각된다. 또한 과학 교과의 가치를 인정하고 스스로 학습에 노력하려는 모습에서도 긍정적인 변화를 가져온 것으로 보인다.

교과 유능감에 유의미한 향상이 나타난 이유는 학생들이 체험 중심의 프로젝트 학습 과정에서 단순 지식 습득의 학습 과정보다 학습 내용에 대한 이해도가 높아졌기 때문이라고 생각된다. 이러한 과정에서 학생들은 과학 학습은 재미있고 노력하면 잘 할 수 있다는 생각을 하게 되어 과학 공부에 자신감을 가지게 되었으며, 과학을 공부할 때 집중하여 학습하는 태도를 갖게 되었다.

김영희(2004)는 가르치는 일이란 교사가 학생들에게 필요한 지식과 기능을 전달하는 것으로 교사는 직접 가르치거나 덜 형식적인 학습 상황을 조직하면서 간접적으로 가르치기도 한다고 하였다. 교사 선호도에 유의미한 향상이 나타난 이유는 STEAM 프로그램이 지도 교사의 지식 전달 중심의 수업과 학생들 활동 중심의 수업이 적절하게 구성되었고, 지도 교사가 사전에 프로그램 연구를 통해 학습 활동을 계획하고, 수업을 진행하며 학생들에 대한 조력자의 역할을 잘 수행하였기 때문이라고 여겨진다.

이러한 결과는 박혜원과 신영준(2012)이 연구한 STEAM 교육을 적용한 과학 수업이 과학과 관련된 흥미에 긍정적인 영향을 준다는 결과와 서주희와 신영준(2012)의 STEAM 교육을 적용한 과학 수업은 초등학교 학생들의 과학과 과학 학습에 대한 흥미 그리고 자신감 형성에 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과와 일치한다. 박성진과 유병길(2013)도 STEAM 교육을 적용한 초등 과학 수업은 과학 학습 동기와 과학 학습 흥미에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.

Table 6. The result of a covariation analysis on scientific interest

영역	집단 간 비교						
	집단	M	SD	교정 M	SD	F	p
교과내용	비교	3.43	1.08	3.29	.09	13.424	.000***
	실험	3.62	.96	3.76	.09		
교과 가치 및 노력	비교	3.42	1.04	3.32	.08	17.307	.000***
	실험	3.71	.95	3.81	.08		
교과 유능감	비교	3.66	.99	3.60	.08	18.519	.000***
	실험	4.03	.85	4.10	.08		
교사 선호도	비교	3.69	1.14	3.61	.08	10.585	.001**
	실험	3.90	.92	3.98	.08		

** p<.01, *** p<.001.

4. STEAM 프로그램 만족도 분석 결과

STEAM 프로그램에 참여한 실험 집단 학생들의 만족도를 조사한 후 그 결과를 문항별로 제시하였다(Table 7).

문항별 응답을 전체적으로 종합하면, 18문항에 대해서 실험 집단 학생들의 3D 프린터를 활용한 호

흡계 융합교육 프로그램에 대해 ‘매우 그렇다’와 ‘그렇다’의 긍정적인 항목에 응답한 학생의 비율이 93.33%(420회)로 매우 높게 나타났고, 부정적인 답변은 2%(9회)에 불과하였다. STEAM 수업에 대한 학생들의 수업만족도가 높다는 결과는 스마트미디어 기반 STEAM 수업 적용이 초등학생의 STEAM

Table 7. The result of learner satisfaction survey of the STEAM program

단위: 명(%)

평가항목	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다	평균
1 나는 과학 수업이 재미있어졌다.	15 (60)	7 (28)	2 (8)	1 (4)		4.44
2 나는 과학·수학 학습 내용에 대해 많이 이해하게 되었다.	12 (48)	11 (44)	2 (8)			4.40
3 나는 과학·수학학습에 대한 흥미가 생겼다.	12 (48)	10 (40)	3 (12)			4.36
4 나는 과학기술에 대한 관심이 생겼다.	12 (48)	11 (44)		2 (8)		4.32
5 나는 과학 관련 책이나 글을 읽는 것이 좋아졌다.	9 (36)	14 (56)		2 (8)		4.20
6 나는 문제해결을 위해 스스로 생각을 하게 되었다.	13 (52)	10 (40)	1 (4)	1 (4)		4.40
7 나는 다양한 학습 내용을 끝까지 해내게 되었다.	11 (44)	12 (48)	1 (4)	1 (4)		4.32
8 나는 한 가지 문제를 다양하게 생각해 보았다.	13 (52)	11 (55)	1 (4)			4.48
9 나는 배운 내용을 실생활과 연관 지으려고 노력하였다.	12 (48)	11 (44)	2 (8)			4.40
10 나는 문제해결에 여러 과목에서 배운 지식을 동시에 적용하려고 노력하였다.	11 (44)	13 (52)	1 (4)			4.40
11 나는 적극적이고 활발하게 수업에 참여하였다.	14 (56)	9 (36)	1 (4)	1 (4)		4.44
12 나는 친구들과 사이좋게 의견을 나누었다.	11 (44)	14 (56)				4.44
13 나는 다른 친구들에게 나의 아이디어를 표현하였다.	15 (60)	9 (36)	1 (4)			4.56
14 나는 다른 친구들의 의견을 경청하고 존중하였다.	13 (52)	11 (44)	1 (4)			4.48
15 나는 다른 친구들과 협력하는 것의 중요성을 생각하는 마음이 생겼다.	12 (48)	12 (48)	1 (4)			4.44
16 나는 다른 친구들을 배려하는 마음이 생겼다.	13 (52)	10 (40)	2 (8)			4.44
17 나는 실패하는 것을 두려워하지 않고, 도전의식이 생겼다.	13 (52)	10 (40)	2 (8)			4.44
18 나는 과학기술 분야와 관련된 직업에 대한 관심이 생겼다.	13 (52)	11 (44)		1 (4)		4.44
계	응답수 224	196	21	9	0	4.41
	비율(%) 49.78	43.55	4.67	2	0	

수업에 대한 만족도를 높였다는 최영미 등(2016)의 연구 결과와 유사하였으며, 초등학생들은 직접 만들어보는 활동에 참여할 때 학습에 대한 이해가 잘 된다고 하였고, 수업에 대한 만족도가 높은 경향이 있었다고 하였다.

전체 문항에 대한 STEAM 수업 만족도 평균은 4.41점이었고, 13번 문항 ‘나는 다른 친구들에게 나의 아이디어를 표현하였다.’ 문항에서 4.56점으로 가장 높은 만족도를 나타내었다. 이는 본 연구의 STEAM 프로그램 활동 과정에서 학생들은 평소 수업 시간에는 진행되기 어려웠던 친구들과 생각을 공유하고 의견을 나누는 과정을 만족스러워 하였다.

각 문항별로 학생들의 만족도 결과를 살펴보면, 학생들은 과학 수업에 대한 흥미가 높아졌다. 88%의 학생이 과학 수업이 재미있어졌으며, 과학·수학 수업에 흥미가 생겼다고 하였다. 92%의 학생은 과학·수학 학습 내용에 대해 많이 이해하게 되었으며, 과학 관련 책이나 글을 읽는 것이 좋아졌다고 했다.

학생들의 학습한 지식을 융합하여 문제를 해결하는 측면에 있어서도 긍정적인 반응이 나타났다. 92%의 학생이 문제해결을 위해 스스로 생각을 하게 되었고, 다양한 학습 내용을 끝까지 해내게 되었다고 하였다. 또한 배운 내용을 실생활과 연관 지으려고 노력하고, 적극적이고 활발하게 수업에 참여하게 되었으며, 실패하는 것을 두려워하지 않고 도전하는 의식이 생겼다고 했다. 96% 학생은 한 가지 문제를 다양하게 생각해 보았고, 문제 해결에 여러 과목에서 배운 지식을 동시에 적용하려고 노력하게 되었다고 하였다.

학생들의 학습 과정에서 친구들과 협력하는 자세에도 긍정적인 반응이 나타났다. 100%의 모든 학생이 학습 과정에서 친구들과 사이좋게 의견을 나누게 되었다고 하였으며, 96%의 학생이 다른 친구들에게 나의 아이디어를 표현하게 되었고, 다른 친구들의 의견을 경청하고 존중하게 되었으며, 다른 친구들과 협력하는 것의 중요성을 생각하는 마음이 생겼다고 했다. 또한 92% 학생이 다른 친구들을 배려하는 마음이 생겼다고 했다.

학생들의 진로 의식에 있어서도 변화가 나타났다. 과학기술 분야와 관련된 직업에 대한 관심이 생겼다는 학생이 96%로 나타나며, 이공계 분야에 대한 학생들의 관심이 높아졌다.

프로그램의 참여를 통해 학생들은 과학 수업에

대한 흥미, 지식의 융합을 통한 문제해결과정, 친구들과의 협력 활동 및 과학 기술 관련 분야에 대한 진로 의식이 향상된 것으로 나타났다. 이것은 호흡기관과 관련된 지식을 단순하게 이론적으로만 학습하는 것이 아니라, 활동 중심으로 학습하고, 다양한 분야의 지식을 습득하고 적용하며, 친구들과 자신의 의견을 공유하고, 관련 분야의 진로를 체험해보는 활동 과정에서 성취감을 느꼈기 때문으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교 5학년 과학과 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원 중 호흡기관의 기능과 생김새에 대한 학습 효과를 높이기 위해 3D 프린터를 활용한 STEAM 프로그램을 개발하고 적용하여 초등학생의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력, 과학 흥미도 및 프로그램 만족도를 분석하였다. 실험 집단에는 개발한 10차시의 STEAM 프로그램을 적용하였고, 비교 집단에는 교과서를 중심으로 재구성한 7차시의 학습 내용을 적용하였다. 각 집단에 프로그램을 적용한 결과를 바탕으로 얻는 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 개발한 3D 프린터를 활용한 STEAM 프로그램은 “우리 몸의 구조와 기능” 단원 중 호흡기관의 기능과 생김새에 대한 학생들의 이해를 효과적이면서도 심도 있게 할 수 있으며, STEAM의 창의적 설계 및 감성적 체험이 모두 가능하도록 개발되었다. 학교 현장에서 정규교육과정에서 적합하게 관련 교과 및 학습 내용을 재구성하여 활용한다면 “우리 몸의 구조와 기능” 단원의 특성상 직접 관찰하며 학습하기에 어려움이 있고, 흥미도가 떨어졌던 학습 주제에 대하여 학생들의 이해력 및 흥미도가 높아질 것이다. 또한 특정 학생만이 아니라, 모든 학생들에게 3D 프린터 기술을 활용한 프로그램을 적용할 수 있을 것이다. 또한 전문성 부족으로 인해 3D 프린팅 기술 활용 수업을 전개하기 어려워하는 교사를 위한 3D 프린팅 활용 교육 자료로도 활용될 수 있을 것이라고 본다.

둘째, 실험 집단은 비교 집단에 비하여 창의적 문제해결력 검사에 있어서 유의미한 효과를 나타냈다. 이는 학생들의 3D 프린팅에 대한 지식과 기술 습득, 자신의 아이디어를 친구들과 개방적인 자세로 의사소통하는 활동 및 3D 프린터의 활용에 대

한 호기심과 관심이 창의적 문제해결력 향상에 효과를 보였다고 생각된다. 따라서 초등학생을 위한 STEAM 프로그램은 초등학생 수준에 적합한 융합적 문제를 제공하고 해결하는 기회를 제공하되, 계획세우기, 상호간의 의사소통, 작품 제작하기, 작품 평가하기를 포함한 STEAM 수업 과정에서 학습자가 능동적으로 문제 해결 전략을 세우고, 관련 지식을 융합할 수 있도록 지도해야 할 것이다.

셋째, 실험 집단은 과학 흥미도 검사에서 비교 집단에 비하여 유의미하게 높은 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 학생들이 3D 프린터를 활용하여 직접 체험하는 활동 중심으로 프로그램 내용으로 구성하였기 때문이며, 또한 제작한 산출물이 의료계에서 활용할 수 있는 진로 교육적인 요소가 큰 영향을 미쳤을 것이라고 여겨진다. 이와 같이 3D 프린터와 같은 새로운 기술을 학습 과정에서 경험하게 되면 학습자는 호기심과 흥미를 가지고 수업에 참여하며, STEAM의 각 영역의 가치에 대한 인식에 긍정적인 효과를 가져올 것이다. 앞으로도 과학의 발전과 더불어 등장하는 다양한 첨단 기술을 학습 활동에 활용할 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다.

넷째, STEAM 수업만족도 대해 학생들은 높은 만족도는 보였다. 같은 주제의 교과서의 이론 중심 학습보다는 직접적인 활동, 체험 위주의 학습에 관심과 흥미가 높다는 것을 알 수 있었다. 또한 3D 프린팅 기술의 활용은 학생들의 활동에 대한 관심과 만족도 향상에 큰 영향을 미쳤다. 과학 수업에 대한 만족도는 학생들의 이공계 분야로의 진로 결정에 큰 영향을 미치며, 이는 우리나라 과학의 발전과도 연관이 깊다. 앞으로도 학생들의 흥미를 고려하고, 학생들이 스스로 탐구하고 지식을 구성하는 활동 중심의 STEAM 프로그램이 개발되고 적용되어야 할 것이다.

하지만 이러한 결과는 비교 집단과 실험 집단 간의 수업 시간이 기술적인 면에 있어서 3시간 정도 차이가 있으므로 연구 결과에 미치는 영향을 고려해야 하는 제한점을 가지고 있다.

하지만 과학 탐구 능력에 대한 공변량 분석 결과, 비교 집단과 실험 집단 간에 유의미한 차이는 보이지 않았다. 개발한 STEAM 프로그램은 일반적인 교과서 중심 수업보다 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상 능력 향상에 영향을 미치는 특별한 과제가 포함되어 있지는 않았기 때문이라고 생각된다. 앞으

로 학교 현장에서 본 프로그램을 지도할 때 과학 탐구 능력 향상을 염두에 두어 재구성할 필요가 있다.

참고문헌

- 강진기(2017). 초등영재를 위한 3D프린팅 활용 융합인재 교육프로그램이 융합인재소양 및 창의적 문제해결력에 미치는 효과. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 교육부(2015). 초등학교 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호.
- 권재술, 김범기(1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 4(1), 301-314.
- 기획재정부(2017. 7). 정책e야기 4차 산업혁명시대 유망직종 '3D 프린팅 전문가'. <https://mosfnet.blog.me/221048050599?Redirect=Log&from=postView>에서 2017년 7월 10일 인출.
- 김민정, 김보연(2014). 3D 프린터 국내외 연구 동향(디자인 교육 프로그램 중심으로). KODDCO 2014 Conference 자료집, 239-240.
- 김영희(2004). 초등학교 교사의 역할에 대한 학생, 교사, 학부모의 지각차에 관한 연구. 공주교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 김현정(2011). 고등학교 교육과정에 도입된 최신 과학 내용이 학생들의 과학에 대한 흥미에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 31(6), 827-835.
- 박성진, 유병길(2013). 과학 기반 STEAM에 의한 “빛” 단원 학습이 과학 학습 동기, 흥미 및 과학 탐구 능력에 미치는 효과. 초등과학교육, 32(3), 225-238.
- 박유진, 손현진(2013). 영국, 5세부터 코딩·3D프린팅 정규교육 도입추진. Digieco Report.
- 박혜원, 신영준(2012). 융합인재교육(STEAM)을 적용한 과학수업이 자기효능감, 흥미 및 과학 태도에 미치는 영향. 생물교육, 40(1), 132-146.
- 서주희, 신영준(2012). 초등학교 저학년용 대상으로 한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과. 과학교육논총, 25(1), 1-14.
- 성세찬(2016). 3D프린팅과 로봇 관련 교육이 초등학생의 과학탐구능력, 과학적 태도, 창의력에 미치는 효과. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 엄증태, 권용주(2016). 생명과학에서 3D 모델링과 프린팅을 활용한 생체모방 중심 융합수업 프로그램의 개발. 생물교육, 44(4), 658-673.
- 양지나(2009). 3D CAD를 이용한 STEM 기반 교육프로그램이 초등학생의 공간능력에 미치는 영향. 청주교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 유소원(2015). STEAM기반 과학 진로교육이 초등학생의

- 과학 진로인식에 미치는 영향. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 윤미선, 김성일(2003). 중고생의 교과흥미 구성요인 및 학업성취와의 관계. *교육심리연구*, 17(3), 271-290.
- 이명환(2015). 3D프린터를 활용한 기술교과 교육 프로그램 개발 및 적용. *실과교육연구*, 21(4), 227-246.
- 이봉우, 심규철, 김희백(2017). 과학교육에서 발명교육에 관한 과학교육자의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 37(1), 17-24.
- 이상구, 이재윤, 박경은, 이재화, 안승철(2015). 수학과 예술을 3D 프린팅으로 연결하는 융합인재교육. *수학교육논문집*, 29(1), 35-49.
- 이영찬, 김희필(2015). 3D 도면 제작 프로그램 및 3D 프린터를 활용한 발명교육 프로그램이 초등학생의 창의성에 미치는 효과. *실과교육연구*, 21(3), 252-258.
- 임은경(2017). 미래 직업 연계형 STEAM 프로그램을 적용한 과학 수업이 고등학교 특성화반과 인문반 학생들의 진로인식, 과학에 대한 흥미도와 태도에 미치는 영향. *아주대학교 교육대학원 석사학위 논문*.
- 전지현, 김동호(2017). 창의적 문제해결력 향상을 위한 인포그래픽과 3D 모델링을 활용한 STEAM 프로그램 개발. *정보교육학회논문집*, 21(1), 67-76.
- 정은영(2008). Squeak Etoys 기반 정보교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. *한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 정은영(2008). 초등학교 과학과 ‘우리 몸의 생김새’ 단원의 수업 개선을 위한 교수·학습 자료 개발 연구. *전북대학교 교육대학원 석사학위 논문*.
- 정재혁(2012). 3D 모델링 틀을 활용한 디자인 교육. *서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 조정훈, 나승일, 이영민, 김영홍, 조성은(2018). 4차 산업혁명 대비 미래 유망 자격 종목 개발. *직업과 자격연구*, 7(1), 1-25.
- 최영미, 양지혜, 홍승호(2016). 스마트미디어 기반의 ‘답의 한살이’ 융합인재교육(STEAM) 수업이 초등학생의 학업성취도, 과학 탐구 능력 및 정의적 영역에 미치는 영향. *초등과학교육*, 35(2), 166-180.
- 최형신, 유미리(2015). 3D 프린팅의 교육적 활용 방안 연구 : 창의적 디자인 모델 기반 수업. *한국정보교육*, 19(2), 167-174.
- 한국과학창의재단(2015). 2015년 STEAM 프로그램 개발 시범적용 만족도 조사. *한국과학창의재단*.
- Lütolf, G. (2013). Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development, 2013 ICTP Science Dissemination Unit.
- National Science Teachers Association (2013). Teaching STEM in 3D. *NSTA reports*, 25(2), 3-8. Retrieved from <http://www.nsta.org/docs/2013SeptemberReports.pdf>.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Yakman, G. (2006). STEAM pedagogical commons for contextual learning. Unpublished class paper for EDCI 5774, Virginia Tech.
- Yakman, G. (2008). STEAM education. An overview of creation a model of integrative education. PATT.

고동국, 외도초등학교 교사(Ko, Dong Guk; Teacher, Oedo Elementary School).

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

부록 1. 활동 장면 및 학습지 예시

창의적 설계(2~9차시)



프랙탈 구조 탐구하기

(외도)초등학교 (5)학년

1. 프랙탈 구조를 가진 다양한 작품의 특징을 정리해 봅시다.

	특징	
	그림	글
시먼피스키 삼각형		점점 삼각형이 작아지면서 다양한 크기의 삼각형이 반복적으로 계속됨
헝거스런지		너무의 크기가 정각각이면서 다양한 크기의 사각형이 반복적으로 나타남
프랙탈 카드		모이를 자를 때마다 삼각형과 사각형의 모양이 작아져서 이게 반복되어감

2. 프랙탈 카드를 만들어 봅시다.

가. 준비물 : 색 펜트지 2장(카드 속지와 겹지), 자, 칼, 가위, 풀
 나. 만드는 방법

- ① 카드 속지와 겹지를 같은 크기로 자른다.
- ② 카드 속지를 주어진 단계로 만든다.
- ③ 처음과 같은 크기의 카드 겹지를 반으로 접어서 위에서 완성된 프랙탈 카드 속지와 풀로 겹쳐 붙인다.
- ④ 카드 겹지와 속지를 예쁘게 장식한다.

<제작한 프랙탈 카드의 특징>

처음 한번 자를 때는 큰 사각형과 삼각형이 나오고 두번째 세번째 등등 계속 자를 때마다 삼각형이 더 많아지고 크기도 작아진다. 이런 것처럼 계속하게 되면 삼각형이 여러개도 많아진다



호흡기관(폐)에 나타나는 프랙탈 구조 살펴보기

(외도)초등학교 (5)학년 (2)반 이훈(이건) 이

1. 호흡기관의 종류와 기능을 정리해 봅시다.

종류	호흡기관			
	코	기관	기관지	폐
기능	공기가 드나드는 곳입니다.	공기란 외관으로 볼 때 기관지의 열을 전달 역할을 합니다.	기관지에는 여러 개의 기관지라는 말로 구성되어 있습니다.	공기까지 들어 올리는 데를 돕는 역할을 하며, 기관지에는 많은 가지 형태의 혈관이 있어 산소를 공급합니다.

2. 호흡기관에서 프랙탈 구조가 나타나는 부분의 특징을 봅시다.

프랙탈 구조가 나타나는 부분 (그림)	
특징	나무 가지 같은 모양의 기관지가 계속 반복되고 있다.

3D프린터 이해하기 제작할 폐의 프랙탈 구조 구상하기

(14도)초등학교 (5)학년 (2)반 이훈(12등)

1. 3D프린터의 기능과 원리를 정리해 봅시다.

기능	3D프린터는 3D 모델링 데이터를 이용하여 실제 3D 물체를 출력하는 장치이다. 3D 모델링 소프트웨어를 사용하여 3D 모델을 만들고 이를 출력하여 3차원 입체물을 출력한다.
원리	필라멘트와 노즐을 사용하여 층을 쌓아가며 3D 물체를 출력한다. 층을 쌓아 올리는 방식이다. (필라멘트)가 층을 쌓아 올리는 방식이다.

2. 3D로 제작할 호흡기관 프랙탈 구조 모형을 그려봅시다.

사용된 모형
원기둥

3D프린터 이해하기 제작할 폐의 프랙탈 구조 구상하기

(14도)초등학교 (5)학년 (2)반 이훈(12등)

1. 3D프린터의 기능과 원리를 정리해 봅시다.

기능	3D프린터는 3D 모델링 데이터를 이용하여 실제 3D 물체를 출력하는 장치이다. 3D 모델링 소프트웨어를 사용하여 3D 모델을 만들고 이를 출력하여 3차원 입체물을 출력한다.
원리	필라멘트와 노즐을 사용하여 층을 쌓아가며 3D 물체를 출력한다. 층을 쌓아 올리는 방식이다. (필라멘트)가 층을 쌓아 올리는 방식이다.

2. 3D로 제작할 호흡기관 프랙탈 구조 모형을 그려봅시다.

주 추가 (영동기공속도 있음) 후
사각형
삼각형

