



## 3D 프린팅을 활용한 과학 수업에서 학습자의 동기와 만족감 분석

변문경, 조준호, 조문흠\*  
성균관대학교 교육학과

### The Analysis of Learner's Motivation and Satisfaction with 3D Printing in Science Classroom

Moon-Kyoung Byun, Jun-Ho Jo, Moon-Heum Cho\*  
Department of Education, Sungkyunkwan University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 30 September 2015

Received in revised form

26 October 2015

Accepted 26 October 2015

##### Keywords:

3D printing,  
21st century learning skills,  
SW Education,  
Science education,  
Technology Education

#### ABSTRACT

Technology is an important means to enhance students' understanding about scientific concepts. In particular, newly introduced 3D printing technology has great potential to help students learn scientific concepts better. 3D printing is a process for a creating physical object with a three dimensional model. In this study, we explored two types of learners' (students vs. adults) motivation and satisfaction with 3D printing technology. With regard to motivation, student learners showed higher task value, self-efficacy for learning, and satisfaction than adult learners. The result implied that 3D printing technology is more effective to student learners than adult learners. In addition, for adult learner group, negative relationship between technology and satisfaction was found. Therefore, support for reducing the technology anxiety for adult learners is necessary. Further discussions are provided for the research and application of 3D printing technology in science classroom.

## 1. 서론

### 1. 연구 동기

교육부는 2014년 9월 24일 '2015 문이과 통합형 교육과정(초·중등 학교 교육과정)'의 총론 주요사항을 발표하였다. 새 교육과정은 학생들이 인문·사회·과학기술에 대한 기초 소양을 함양하여, 인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖춘 창의 융합형 인재로 성장할 수 있도록 우리 교육을 근본적으로 개혁하자는 취지로 추진되었다. 2018년부터 시행할 예정이며, 국가 재도약을 위해 학교 현장에 적용 가능한 실천적 혁신 교육을 추구하고 있다(Ministry of Education, 2014). 이러한 혁신 교육을 실천하기 위한 교수설계에 포함되는 테크놀러지는 학습자 중심, 상호작용을 통한 학습에서 중요한 역할을 담당한다(Kim, 2015).

테크놀러지 자체는 교수 방법이 아니지만, 이것이 어떻게 사용되는냐에 따라 하나의 교수 방법이 될 수 있다(Hannafin, Land, & Oliver, 1999). 미래창조과학부도 교육 현장에 테크놀러지를 적용하기 위해 2014년부터 소프트웨어(이하 SW) 교육을 초·중·고등학교까지 공교육에 도입하기로 확정하였다(Ministry of Science, 2014). 아직 SW 교육의 적용이 전 학년에 걸쳐 필요한가에 대해 논란이 많은데, 이는 SW 교육을 컴퓨터 프로그래밍 능력에 한정하여 생각하기 때문이다. 미래 사회의 복잡하고 다양한 문제를 해결하기 위해서는 SW 교육을 좀 더 넓은 의미의 컴퓨팅 사고력<sup>1)</sup>으로 해석할 필요가 있다(Oh, 2015). 따라서 이러한 컴퓨팅 사고력을 키우고, 자신의 아이디어를 구체화

하여 창의적인 문제 해결의 프로토타입을 제작하기 위해서 테크놀러지를 활용한 학습 기회가 우리 학생들에게 필요하다(Kroll *et al.*, 2011). Jonassen(1999)은 구성주의 학습 환경 설계 모형에서 컴퓨터 도구는 학습자를 인지적 과정에 참여시킴으로 학습자가 지식구성을 함에 있어 중요한 역할을 할 수 있을 것이라고 하였다.

또한 예술과 과학에서 창의적 성취를 남긴 사람들은 모두 상상과 논리의 조화를 이룬 사람들이며, 이들은 새로운 도구를 적극적으로 활용하였다(Root-Bernstein, 2001). Kim & Lim(2015)은 새로운 첨단 매체의 교육적 가능성과 가치가 증대됨에 따라 교육현장에서 적용 가능한 테크놀러지 활용 교육이 필요하다고 했다. 이러한 교육의 소재로 Park(2014)은 3D 프린팅의 교육적인 가치를 강조하였다. Birtchnell & Urry(2013)는 3차원 CAD 형상정보를 바탕으로 실제 제품을 제작할 수 있는 3D 프린팅 기술은, 소비자와 가깝게 신속한 프로토타입을 구성할 수 있다는 장점을 가지고 있고, 2차 공정을 위한 마스터 모델 및 기능성 부품의 제작 등에 사용되고 있다고 언급했다. 특히 3D 프린터는 교육적 측면에서 3차원 CAD와 더불어 학생들의 공간지각력 향상에 기여할 수 있는 것으로 알려져 있어 공학교육 측면에서의 성과를 얻을 수 있으며, 학생들의 흥미를 유발한다는 측면에서도 긍정적인 효과가 있다(Chi, 2009, Park, 2014; Lee *et al.*, 2015).

불과 1, 2년 전까지만 해도 기존의 산업용 3D 프린터는 고가의 비용과 유지비를 필요로 했고, 또한 어렵고 복잡한 공정을 거쳐야 했기 때문에 일반인들이 쉽게 접하기 힘들었다. 특히 3D 프린터가 의학 분야에서 주로 사용되면서 관련된 기술이 개발되며 고가라는 인식은

\* 교신저자 : 조문흠 (mhcho@skku.edu)

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.5.0877

1) Computational Thinking: 인간의 생각과 컴퓨터 능력을 통합한 사고력

더 강해졌다(Jung *et al*, 2014). 하지만 최근 3D 프린터 시장에 대한 경쟁이 가속되면서, 아두이노 3D 프린터와 같은 저가형 3D 프린터가 중국에서 보급되기 시작하였다. 이에 저렴한 3D 프린터의 보급이 급속도로 이루어져 교육 분야에서 3D프린터를 활용할 수 있는 가능성과 기회가 증가하고 있다. Eigenberg(2013)는 저렴한 3D 프린터의 시대는 분명히 시작되었다고 언급하며, 실제로 3D 프린팅 성장의 역사적 패턴은 1970년대 후반쯤 발생한 컴퓨터의 성장 과정과 비슷하여, 3D 프린팅을 교육에 적용하기 위한 노력이 빠른 속도로 증가하고 있다고 설명한다.

미국에서 3D 프린터는 성인에게는 아이디어를 실현하는 제작 도구로, 어린 아이들부터 고등학교 학생 및 대학 학부생에게까지는 학습 기자재로 활용되고 있다. 하지만 급속한 성장과정에서 여러 문제가 발생할 가능성도 있어(Berman, 2012), 청소년의 능력과 활동을 교수학습 차원에서 지원하기 위해, 교육에 초점을 둔 3D 프린팅 기술을 추가적으로 개발하는 것이 필요하다(Eigenberg, 2013). 우리나라에서도 2014년 4월부터 전국적으로 국민들이 스스로 창의적인 아이디어를 발견하고, 본인이 원한다면 실제로 구현할 수 있는 여건을 만든다는 취지로, 전국에 ‘무한상상실’을 보급하여 현재 58개소가 있으며, 점점 그 수를 늘려가고 있다(Ministry of Science, ICT and Future Planning, 2014). 특히 무한상상실의 기본 교육 프로그램으로 3D 프린터와 프로그램 활용 과정이 제공되면서, 학생들이 원한다면 3D 프린터를 접하고 활용방법을 배울 수 있는 기회가 늘어나고 있다. 과천과학관의 무한상상실의 경우 1달간 3D 프린터 수업을 받을 수 있는 인원은 20명 정도로, 아직까지는 매우 소수에게 제공되는 서비스라는 한계점을 가지고 있지만, 3D 프린터 대여업체가 늘어나면서 초등학교 방과 후 프로그램이나 영재학급 프로그램으로 적용되는 사례도 늘고 있다.

이제 3D 프린터에 대한 교육적인 필요성을 인지하고, 이것이 단순히 신기술을 개발하는 기업이나, 성인이 활용하는 것이 아니라, 21세기 학습 능력을 개발하고, 창의적 문제 해결력을 기를 수 있는 교육의 한 방법으로 학생들에게 제공되어야 할 시점이다. 3D 프린터에 대한 국내외 연구를 살펴보면 교육보다는 3D 프린터 자체의 기술과 활성화에 대한 연구가 주를 이루고 있으며(Kim *et al*, 2015), 국외에서도 3D 프린터의 잠재력을 분석하면서, 3D 프린터가 시제품을 제작할 수 있는 경제적·사회적 장점과 영향력에 대한 연구(Birtchnell & Urry, 2013)나 도서관 중심의 3D 프린팅 및 스캔 서비스를 적용한 사례에 대한 연구(Groenendyk & Gallant, 2013)가 이루어졌다. 또한 3D 프린터가 인쇄 및 맞춤 상품을 만들어냄으로써 생산 비용을 낮추고, 소량 생산이 가능하게 하여, 근로자의 감소를 초래할 것이라는 경제적인 문제 분석의 연구(Berman, 2012)도 있었다. 향후 10년간 아이들이 3D 프린터를 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위해서 극복해야 할 기술적 과제들을 설명하고 문제점을 분석하여, 3D 프린터로 인쇄 가능한 물리적인 매체의 범위를 확대하고, 공간 맞춤형 인쇄 및 휴대의 유비쿼터스가 가능하도록 하며, 아이디어의 대부분을 다양한 재료로 제작할 수 있는 수단으로서 학생들에게 제공할 수 있다고 설명하는 연구(Eigenberg, 2013)등 현재까지는 주로 3D 프린터 자체의 기술적 장점과 보급 과정에서의 경제적인 문제에 초점을 맞춘 연구들이 대부분이었다(Kim & Kim, 2014; Kim *et al*, 2014).

교육 분야에 3D 프린터를 적용한 연구로는 항공 우주 공학 학생 프로젝트의 일환으로 윈드 터널 테스트를 위해 신속한 프로토타입

(RP) 모델에서 제공하는 3D 프린터의 장점과, 3D 프린팅 기술과 관련된 어려움들을 극복하는 방법에 대한 연구(Kroll & Artzi, 2011)가 있다. 또한 SW 교육과 스마트 기기 활용 교육에 대한 연구(Jung *et al*, 2014)와 더불어 Jung, Kuan & Lee(2013)가 “3D 프린팅을 활용한 보드 게임 현황과 분석 서비스 모델 연구”라는 3D 프린팅을 보드게임 제작에 적용한 연구를 발표하였다. 또한, Lee *et al*.(2014)는 “Sage를 활용한 수학 3D 프린팅 웹 도구 개발-대학 수학교육을 중심으로”에서 대학에서 배우는 수학적 지식을 바탕으로, 시간과 장소에 구애받지 않고 누구나 무료로 3D 프린팅 기술을 활용할 수 있도록 하는 클라우드 컴퓨팅 환경을 제공하고 공유하는 방법에 대한 연구를 수행했다. Park(2014)은 교육적 측면에서 3D 프린팅 기술을 CAD 교육과 연결시켜 학생들의 공간지각력 향상에 기여할 수 있다고 하고, 이를 통해 공학교육 측면에서의 성과를 얻을 수 있으며, 학생들의 흥미를 유발하는 긍정적인 교육 효과가 있다고 언급한 바 있다. 이후 Lee *et al*.(2015)는 대학에서의 수학적 모델링 강좌와 한국과학창의재단 R&E에서 수행한 STEAM 교육의 내용을 중심으로, 아름다운 자연 속의 기하학적 도형을 3D 프린터로 직접 프린팅하는 전체적인 과정과 STEAM 관점에서 수행한 수학 강좌의 결과물과 성과로 3D 프린터의 교육적인 적용 방안에 대한 연구 결과를 소개하였다.

선행연구 분석을 통해 3D 프린터를 활용한 교육 프로그램에 대한 연구가 국내에서는 시작 단계라고 판단하고, 본 연구에서는 학생과 성인 학습자의 그룹별 3D 프린터 활용교육을 진행할 때 동기와 만족도에 대한 연구를 수행하였다. 또한 학생과 성인학습자 간의 동기와 만족도에 차이를 분석하여 향후 3D 프린터 활용 교육 프로그램을 개발하기 위한 자료로 활용할 예정이다. 연령별 학습자의 특성을 비교한 것은 앞서 언급한 대로, SW 교육의 대상을 누구로 설정할 것인가에 대한 논쟁이 많아, 교육 프로그램을 통해 컴퓨팅 사고력을 개발하기에 적절한 연령을 확인하는 것이 의미가 있다고 생각했기 때문이다. 일반적으로 3D 프린터라면 원하는 프린트물을 디자인하고, 시제품을 제작할 수 있도록 주로 성인들을 대상으로 한 교육에 적합하다고 생각하는 경우가 많다(Cho & Moon, 2007). 하지만 SW 교육은 초등부터 시작한다고 계획되어 있으므로(Ministry of Science, ICT and Future Planning, 2014) 3D 프린팅을 초등학교생에게 적용했을 때와 성인 그룹에 적용했을 때 어떤 인식의 차이를 보이는지 탐색하여, 향후 학습자의 연령별 3D 프린터 활용 교육 프로그램을 설계하는 데에도 시사점을 줄 수 있을 것이다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 19세 미만 계층(학생 그룹)과 19세 이상 계층(성인 그룹)으로 부류를 나누고 각 19, 18명씩 20문항으로 된 설문조사를 한 데이터를 기술통계를 활용하여 분석했다. 같은 시간대에 같은 프로그램으로 3D 프린터 수업을 진행한 표본을 찾기 어려운 연구의 한계점 때문에, 연구 결과의 신뢰성을 높이기 위한 방법으로 각 문항에 대한 주관식 설문을 추가로 진행하였다. 주관식 문항에 대한 질적 데이터 분석을 토대로 그룹간의 특성 및 인식의 차이가 나타나는 항목이 있다면 그 원인에 대한 시사점도 찾을 수 있을 것이다.

본 연구의 연구 목적을 달성하기 위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

가. 3D 프린터를 활용한 첨단 과학 수업을 한 후 학생학습자와 성인 학습자간의 동기와 만족도에 차이가 있는가?

나. 3D 프린터를 활용한 첨단 과학 수업을 적용할 때 학습자의 인식은 어떠한가?

## II. 이론적 배경

### 1. 21st century skills

21세기 사회의 구성원으로써 필수적으로 갖추어야 하는 능력을 규명하는 연구들이 Partnership for 21st century skills, UNESCO, OECD, EU와 같은 국제기구를 중심으로 이루어졌다(Trilling & Fadel, 2012). 21세기 학습 능력(21세기 학습 능력)은 21세기의 인간에게 필요한 학습 능력을 체계화·조직화 하여 표준안으로 마련하였다. 학습 능력은 크게 세 개의 범주로 나누었고 총 11개의 학습 능력을 제안하였다. Figure 1은 Partnership for 21st Century Skills에서 발표한 <Partnership for 21st Century Skills>의 '21세기 학습자를 위한 역량 프레임워크'를 나타낸 것이다. Her, Lim & Seo(2011)는 21세기 학습 능력을 기르기 위해 학습자들이 우선적으로 증진해야 할 능력으로 문제해결력, 협력, 창의적 능력, 의사소통, 도전의식, 윤리의식, 배려, 자기주도성, 유연성, 진심전력을 이야기하면서, 각각의 학습자 역량을 배양하기 위한 교수·학습 활동을 제안하였다. 특히 21세기 학습 능력 중에서 디지털 소양(정보, 미디어, 통신기술)의 계발을 교수 학습 차원에서 지원하여 다른 여러 스킬을 학습하는 데 도움이 될 수 있도록 해야 한다는 점에서 중요하다(Jung & Lee, 2014).

### 2. 교수 학습 자료로서의 3D 프린터

전문가들은 3D 프린터 기술이 경제를 성장시키는 데 중요한 역할을 할 것이라고 전망했다(Hart, 2012). 이미 우리나라에도 다양한 형태의 3D 프린터가 도입되어 활용되고 있다. 이번 연구에서 학생들이 활용한 3D 프린터는 CUBIFY(CUBE 3D PRINTER)로 신도리코 제품이며, 조작이 쉽고, 이동이 편리하여 이미 국내 학교 방과 후 프로그램에서 활용된 사례가 있다. 하지만 이외의 3D 프린터는 초기 세팅이 학생들이 활용하기에 어렵고, 유지보수비가 부담으로 작용하여, 앞으로 교수 학습 자료로서 3D 프린터를 제공하는 부분에 대한 연구가 필요하다. Table 1에는 어린이들을 위한 3D 프린터 제작시스템을 제공하는 데 필요한 다섯 가지의 극복해야 할 도전들이 제시되어 있다(Eigenberg, 2013).

## III. 연구 방법

본 연구는 학생 그룹과 성인 그룹으로 나누어 같은 수업 내용으로 구성된 "3D 프린트의 의미와 활용 방안 그리고 캐디안을 이용한 간단한 모형 설계 및 제작 수업"을 2차시 분량으로 진행하고, 그 효과를 알아보기 위해서 다음의 절차에 따라 연구를 수행하였다.

2) 21세기 필수 역량에 대한 연구와 실천을 추진하는 대표적인 기관 및 조직의 예로 Partnership for 21st century skills(www.p21.org)가 있는데, 미국의 행정기관, 교육기관, 기업 등의 다양한 기관들이 하나의 팀을 구성하여 21세기 역량을 규명하는 동시에, 이를 육성하기 위한 학교 교육 시스템의 변화 방향을 제시하고 있다.

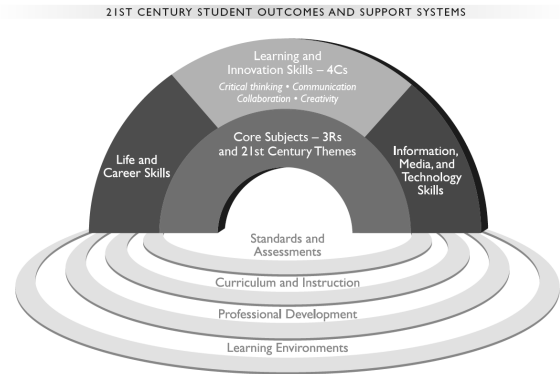


Figure 1. Framework for 21st Century Learning

Table 1. Five challenges for designers of 3D fabrication systems for children(Eigenberg, 2013)

- (a) expanding the range of physical media available for printing,
- (b) incorporating ideas derived from "pick-and-place" mechanisms into 3D printing,
- (c) exploring methods for creating portable and ubiquitous printing devices,
- (d) creating tools for hand-customization and finishing of tangible printed objects, and
- (e) devising software techniques for specifying, altering, and combining 3D elements in the context of printing.

### 1. 연구 대상 및 특징

수도권 소재의 초등학교 5학년 학생 19명을 대상으로 2015년 4월 27일부터 5월 2일까지 3D 프린트 활용 수업을 2시간 동안 실시하였고, 비교 그룹으로 2015년 4월 14일에 성인 그룹 18명 전체를 대상으로 같은 내용의 수업을 2시간(120분) 동안 진행하였다. 본 연구에 참여한 학생 그룹과 성인 그룹의 성별과 나이는 Table 2와 같다. 전체 37명 중에서 3D 프린트 수업을 받아 본 학생들은 초등학교 5학년 4명이 있었지만, 성인 그룹에는 없었다. 초등학교 5학년 그룹은 모두 초등학교 5학년 12살로 동일한 연령을 가지고 있었고, 본 연구를 위해 구성된 성인 그룹은 19세부터 51세까지 넓은 범위의 연령을 가지고 있다는 것이 차이점이다. 연구 참여자의 개인 정보 보호를 위해서 양적·질적 데이터 분석 모두에서 이름을 코드화 하였다.

### 2. 검사 도구의 선정 및 질문지 구성 과정

#### 가. 학습 효과에 대한 설문지 구성

Motivated Strategies for Learning Questionnaire(이하 MSLQ)는 학습자 스스로가 학습 과정에서 자기 스스로를 조절하는 능력을 알아보는 검사지이다(Duncan & McKeachie, 2005). MSLQ는 학습자의 능력을 알아보기 위한 자기보고식 설문으로 상황에 맞게 재구성하여 사용한다. 세부항목은 동기 및 태도를 검사할 수 있는 자기효능, 학습신념, 불안, 과제 가치, 내적목표, 외적목표의 하위항목과 학습 전략을 파악하기 위한 조직화, 메타인지, 공부 시간 및 장소, 노력, 비판적사고, 동료학습, 시연, 도움, 정교화 등으로 나누어 측정한다(Pintrich *et al.*, 1993). 연구문제와 관련된 동기 부분을 측정하기 위해, MSLQ의 Task

Table 2. Participants' demographic Information

name	gender	age	3D printer class experience (1: Yes. 2: No )	name	gender	age	3D printer class experience (1: Yes. 2: No )
s1	Male	12	2	a1	Female	29	2
s2	Female	12	2	a2	Female	30	2
s3	Female	12	2	a3	Female	22	2
s4	Male	12	2	a4	Female	37	2
s5	Male	12	2	a5	Female	22	2
s6	Male	12	2	a6	Female	35	2
s7	Male	12	2	a7	Female	35	2
s8	Male	12	2	a8	Female	34	2
s9	Female	12	2	a9	Female	51	2
s10	Female	12	2	a10	Female	41	2
s11	Male	12	2	a11	Female	38	2
s12	Male	12	2	a12	Female	41	2
s13	Male	12	2	a13	Female	40	2
s14	Male	12	2	a14	Female	40	2
s15	Male	12	2	a15	Female	45	2
s16	Male	12	1	a16	Female	19	2
s17	Male	12	1	a17	Female	46	2
s18	Male	12	1	a18	Female	43	2
s19	Male	12	1				

Value (4, 10, 17, 23, 26, 27번), Self-Efficacy for Learning and Performance (5, 6, 12, 15, 20, 21, 29, 31번)와 Technology Anxiety (3, 8, 14, 19번)의 문항을 연구 상황에 맞게 번역 및 수정하였다. Satisfaction of Class 영역은 Artino(2009)에서 활용했던 수업 만족감에 대한 설문 중 본 연구의 수업 상황에 적합한 총 6개의 문항을 발췌하여, 본 연구에 맞게 수정하였다. 또한 주관식 2문항을 통해 학습자가 인식을 구체적으로 설명할 수 있는 기회를 제공하였다. MSLQ에서 4가지 구인을 선택하게 된 것은 우선 81문항을 모두 설문하기에는 학생들에게 부담이 될 것이라 판단했고, 본 연구 문제의 동기와 관련하여(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀러지 불안(Technology Anxiety)이 가장 적절하다고 판단했기 때문이다.

### 3. 데이터 수집과 분석

#### 가. 데이터 수집 방법

본 연구에서는 성인과 학생을 대상으로 한 3D 프린터 활용 수업 이후에 각 학습자가 가지게 되는 과제 가치(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀러지 불안(Technology Anxiety), 수업 만족감(Satisfaction of Class)을 질문지를 통해 각각 수집하였다. 반응의 일관성을 위해서 모든 척도는 5점(전혀 그렇지 않다=1, 매우 그렇다=5)으로 통일했으며, 학생 그룹과 성인 그룹의 질문 문항의 용어는 학생들이 이해하기 쉬운 용어를 중심으로 동일하게 했다. 또한 위의 항목을 3D 프린터 활용 수업에 기반하여 반응하도록 유도하기 위해서 “3D 프린터 활용 수업”이라는 용어를 질문에 포함하였다. 과제 가치(Task Value)는 학습 목표와는 구별되며, 이 분야에 얼마나 관심이 있는지, 얼마나 중요한지에 대한 학습자의 평가 가치를 판단하는 영역이다. 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance)은 3D 프린터의 활용에 대한 기대감과 과제를 완성할 것이라는 자신이 능력을 스스로 평가하는 것이다. 또한 3D

프린터 활용 수업 이후 학습자들이 첨단 기자재를 활용한 수업에 대해 부정적인 생각을 갖지는 않는지를 확인하기 위해서 테크놀러지 불안(Technology Anxiety)을 측정했고, 3D 프린터 수업에 대한 전반적인 수업 만족감(Satisfaction of Class)을 알아보기 위해 질문지를 활용하여 데이터 수집을 했다. 또한 2개의 주관식 문항으로 3D 프린터 수업에 대한 느낌과 앞으로 3D 프린터를 어떻게 활용할 것인지에 대해 주관식 질문지를 활용하여 응답을 추가로 수집하였다. 이외에 연구자들의 참여관찰일지와 비개입 데이터<sup>3)</sup>를 활용하여 연구 참여자의 나이와 직업, 경력 특성들에 대한 정보를 수집할 수 있었다. 이렇게 다양한 질적 데이터 수집 및 분석은 본 연구 결과에 대한 풍부한 해석이 가능하게 하고, 연구 결과의 신뢰도를 높이기 위한 목적으로 시행되었다.

#### 나. 데이터 분석 방법

수집된 자료는 SPSS 18.0 통계 프로그램을 이용하여 신뢰도 검증, 기술통계, 상관관계 분석의 작업에 사용되었다. 해당 척도의 점수는 해당 문항의 평균 점수를 사용했다. 과제 가치(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀러지 불안(Technology Anxiety), 수업 만족감(Satisfaction of Class)에 대한 설문 항목에 대해 정규성을 확인하고 신뢰도를 검증하기 위해 기술통계와 Cronbach's alphas를 측정하였다. 이어서 신뢰도가 검증된 항목들간의 상관성을 검증하기 위해서 Pearson correlation을 분석하였다. 더불어 성인과 학생의 두 그룹으로 나누어 그룹 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지를 알아보았다. 이를 위해 연구자들은 두 그룹 간의 항목 평가에 대한 결과에 차이가 없을 것이라는 귀무가설을 세웠고, 가설을 검증하기 위해 독립표본 T-검정을 실시하였다.

3) 비개입 데이터는 현장 연구지의 일상생활을 간섭하지 않으면서 획득될 수 있는 연구 자료를 이르는 말로, 내부문서, 외적 통신문, 사적 교신, 문서기록부, 사진 등이 있다(Hatch, 2002).

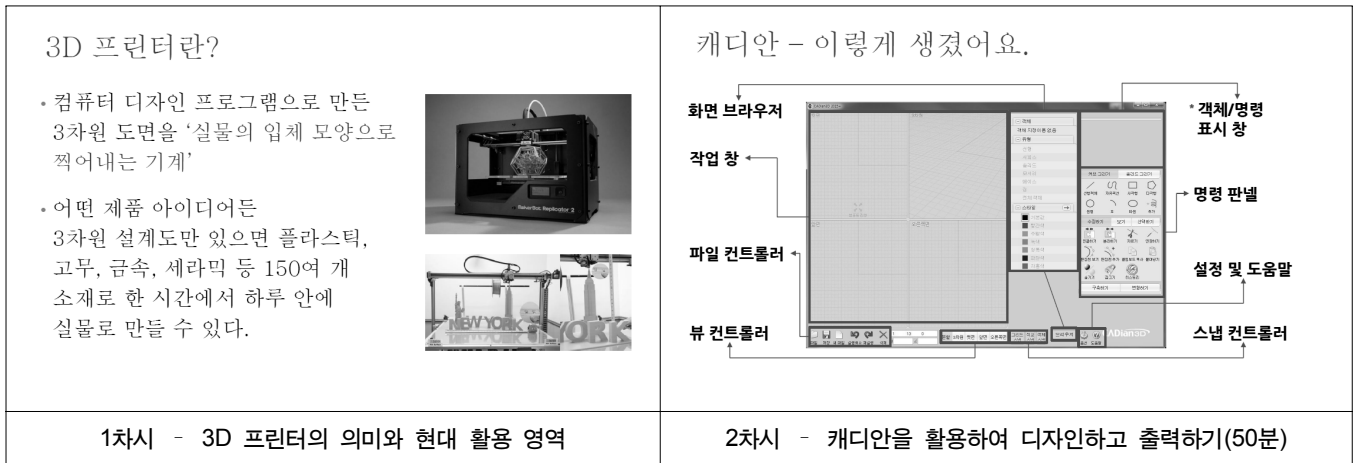


Figure 2. Introduction of science class contents using a 3D printer

#### 4. 수업 내용 및 방법

##### 가. 수업 내용의 선정

3D 프린트는 학생들에게 아직은 생소한 첨단 기기이다(Eigenberg, 2013). 학생들을 대상으로 한 수업 내용은 모두 3D 프린터에 대해 알고 있는 바가 적고, 처음 3D 프린터를 활용해 본다는 가정 하에 구성되었다. 1차시는 “3D 프린트의 의미와 현대 활용 영역”, 2차시는 “캐디안을 활용하여 디자인하고 출력하기”로 정하였다. 3D 프린트 수업 내용 선정과 구성 그리고 수업 진행 방법에 대해서는 3D 프린트 교육 전문가 1인, 과학 교육 전문가 1인, 현직 교수 1인, 현직 교사 1인의 총 4명이 사전에 모여 협의함으로써 3D 프린트 수업 내용을 구성·확정하였다. 1차시의 주요 내용은 우선 3D 프린트의 등장 배경과 발달 과정 그리고 현재 보급되어 있는 다양한 3D 프린터의 활용에 대한 것이었다. 의학과 시제품 제작에 주로 활용되고, 가격이 낮아지고 있어서 급속도로 보급되고 있다는 것을 학생들에게 알려 주고, 3D 프린터 활용의 필요성을 제시하였다. 2차시의 주요 내용은 캐디안을 직접 활용해 보고, 자신이 원하는 모형의 설계를 경험하고 이를 3D 프린터로 출력하는 것이었다. 실제 1, 2차시 모두 각 50분을 편성하였지만, 3D 프린터로 모든 학생들이 모형을 출력하기에는 어려움이 있어서 2차시에서는 캐디안으로 디자인을 하는 동안, 미리 디자인한 책갈피와 주사위가 3D 프린터로 출력되어, 학생들에게 지급되었다.

##### 나. 3D 프린트 수업의 진행 및 과정에서의 특이점

3D 프린트의 주요 수업은 일반 초등학교에서 방과 후에 3D 프린트 수업을 진행하는 박미영<sup>4)</sup> 선생님이 담당하고, 본 첫 번째 저자는 참여 관찰일지를 작성하였으며, 그 외 과학 교육 전문가 1인이 수업 보조를 진행하였다. 초등학생 그룹과 성인 그룹은 모두 대여업체를 통해 캐디안이 설치되어 있는 노트북을 2인 1대씩 지급받았고, 총 4대의 3D 프린터를 설치하여 각자가 설계한 내용을 수업 직후 출력할 수 있도록 하였다(Figure 2). 학생 그룹과 성인 그룹은 동일한 조건으로 50분 수업 후 10분 쉬는 방식으로 총 2차(120분)에 걸친 수업을 받았다. 단

4) 연구 참여자의 개인 정보 보호를 위해서 가명으로 처리하였다.

Table 3. Mean, Standard Deviation, and Reliability of Scales

		M	SD	$\alpha$
Student Group (N=19)	1. Task value	4.39	0.75	0.93
	2. Self-efficacy for learning	4.01	0.63	0.88
	3. Technology anxiety	1.46	0.95	0.98
	4. Satisfaction	4.26	0.63	0.85
Adult Group (N=18)	1. Task value	3.34	0.98	0.86
	2. Self-efficacy for learning	2.64	0.78	0.87
	3. Technology anxiety	1.72	0.70	0.65
	4. Satisfaction	3.06	0.93	0.71

차이점은 학생 그룹은 각자 가능한 시간을 협의하여 4-5명씩 4그룹으로 나누어서 수업을 진행했고, 성인 그룹은 18명 모두 서울 소재 A대 학교의 사회교육원 강의실에서 동시에 수업을 받았다는 점이다. 학생 그룹의 경우 그 안에서 개별 그룹으로 나누어 수업을 진행한 것은 사전에 협의 과정에서 교사가 컴퓨터 활용을 세밀하게 도와주어야 하는 문제점이 발생할 수 있다는 가정 때문이었다.

#### IV. 연구 결과

##### 1. 3D 프린터를 활용한 첨단 과학 수업 후 학습자의 동기와 만족도

###### 가. 설문지 신뢰도 분석 결과

3D 프린터를 활용한 첨단 과학수업 이후 각 학습자가 가지게 되는 과제 가치(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀로지 불안(Technology Anxiety), 수업 만족감(Satisfaction of Class)을 알아보기 위해서 주요 변인에 대한 기술통계 및 상관관계 분석을 실시했다(Table 3). 데이터 정리는 학생 그룹을 1, 성인 그룹을 2로 해서 데이터에 변수로 등록하였다. 변인별 평균분석을 실시한 결과와 각 그룹별 문항에 대한 신뢰도를 분석하였다. 조사한 모든 항목에서 설문지의 신뢰도가 확보되었음을 알 수 있었다.

###### 나. 두 그룹 간의 항목별 차이점 분석

연구자들은 학생 그룹과 성인 그룹 간에 동기와 만족도에 대한 설문 결과의 유의미한 차이가 있는지를 알아 보기위해 독립표본 t-검정을

Table 4. Comparison of motivation and satisfaction between groups

	Student (N=19)		Adult (N=18)		p
	M	SD	M	SD	
Task value	4.39	0.75	3.34	0.98	0.001 **
Self-efficacy for learning	4.01	0.63	2.64	0.78	0.000 **
Technology Anxiety	1.46	0.95	1.72	0.70	0.350
Satisfaction	4.26	0.63	3.06	0.93	0.000 **

\*\* : ( $p < 0.01$ )

실시하였다. 통계적으로 이를 검증하기 위하여 “성인 그룹과 학생 그룹의 항목 간 측정 결과는 통계적으로 같다.”라는 귀무가설을 수립하였다. 그 결과 과제 가치, 자기효능감, 수업 만족감 항목은 모두 귀무가설이 기각되었고( $p < 0.01$ ), 테크놀로지 불안 항목에 있어서는 귀무가설이 기각되지 못하였다( $p = 0.350$ ). 이를 통해서 테크놀로지 불안을 제외한 영역에 대해 성인과 학생들 간의 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다.

분석 결과를 좀 더 구체적으로 설명하면, Table 4에서 볼 수 있듯이 학생 그룹은 3D 프린터를 활용한 첨단 과학 수업 후 Task value, 자기효능감, 테크놀로지 불안, 및 수업 만족감 영역에서 5점 척도 Likert 스케일에서 각각 평균 4.39, 4.01, 1.46, 그리고 4.26을 보여 주었다. 성인 그룹의 경우에는 수업 후, Task value, 자기효능감, 테크놀로지 불안, 및 수업 만족도 영역에서 5점 척도 Likert 스케일에서 각각 평균 3.34, 2.64, 1.72, 그리고 3.06을 보여 주었다.

학생 그룹과 성인 그룹의 동기와 만족도를 비교한 결과, 19세 미만으로 구성된 학생 그룹이 19세 이상으로 구성된 성인 그룹에 비해, 통계적으로 유의미하게 더 높은 Task value, 자기효능감, 그리고 만족도를 보여주었다. 이는 3D 프린터를 활용한 첨단 과학수업이 19세 이상의 성인 그룹에 비해, 19세 미만의 학생 그룹에게 더 높은 가치를 부여하고, 더 높은 자기효능감을 가지게 하며, 더 높은 만족도를 가질 수 있게 함을 보여 주고 있다. 학생 그룹과 성인 그룹의 테크놀로지 불안에서는 차이가 없었다.

3D 프린터와 같은 첨단 매체를 사용할 경우 수업에 대한 만족도가 첨단매체를 활용한 다른 과학수업에서의 학습몰입도 및 주제에 대한 관심에 영향을 미칠 수 있음으로, 학습에 대한 만족도가 매우 중요한 변인으로 여겨진다. 동기 변인 중 어떤 하위 변인이 만족도에 영향을 미치는지 알아 보기 위해서는 회귀분석이 적당하나, 이 연구의 경우 동기변인 3개를 독립변인으로 해서 각 그룹별 만족도를 예측하기에는 연구 참여자의 샘플 사이즈가 너무 작아서 적당해 보이지 않는다. 따라서, 연구자들은 작은 샘플사이즈에서도 동기와 만족도의 관계 패턴을 알 수 있는 있는 Pearson 상관관계 분석이 더 적당한 것으로 판단하였다. 각 그룹별 만족도와 동기와의 관계 패턴을 알아보기 위해, Pearson 상관관계 분석을 아래와 같이 실시하였다(Table 5).

분석결과 19세 미만으로 구성된 학생 그룹의 경우, 만족도와 유의미한 상관관계가 있는 변인으로 Task value ( $r = .786$ )와 자기효능감( $r = .507$ )이 정적상관관계를 보여 주었다. 또한 19세 이상으로 구성된 성인 그룹의 경우도 학생 그룹과 마찬가지로 Task value ( $r = .894$ )와 자기효능감이( $r = .892$ )와 만족도와 정적 상관관계를 보여 주고 있었다. 더불어, 테크놀로지 불안( $r = -.657$ )이 유의미한 부적상관을 보여주었다. 요약하면, 두 그룹 모두 정도의 차이는 있으나 공통적으로 Task value와 자기효능감이 3D 프린터와 같은 첨단 매체를 사용한 과학 수업에

Table 5. Correlations among motivation and satisfaction variables between student and adult group

		1	2	3	4
Student (N=19)	1. Task value	1			
	2. Self-efficacy for learning	.792**	1		
	3. Technology Anxiety	-.296	-.163	1	
	4. Satisfaction	.786**	.507*	-.358	1
Adult (N=18)	1. Task value	1			
	2. Self-efficacy for learning	.862**	1		
	3. Technology Anxiety	-.593**	-.680**	1	
	4. Satisfaction	.894**	.892**	-.657**	1

\*\* : ( $p < 0.01$ ) \* : ( $p < 0.05$ )

대한 만족도에 정적인 상관관계를 보여주고 있다. 또한 성인 그룹의 경우, 학생 그룹과 달리, 테크놀로지 불안이 만족도와 부적으로 연관이 있는 것으로 밝혀졌다. 따라서 3D 프린터와 같은 첨단 매체를 사용하는 과학수업에서 학습자의 연령대에 관계없이 Task value와 자기효능감을 강화하는 것이 매우 중요한 것으로 여겨지지만, 성인학습자의 경우, 수업에서 발생하는 테크놀로지 불안을 해결해 주는 것이 학습만족도에 매우 중요한 영향을 미칠 것으로 여겨진다.

## 2. 학습자들의 3D 프린터 활용수업에 대한 인식

두 그룹의 3D 프린터 활용수업에 관한 인식을 조사하기 위해, 3D 프린터 수업에 대한 느낌과 앞으로 3D 프린터를 어떻게 활용할 것인지에 대해 주관식 질문지를 활용하여 데이터를 수집하였다. 전반적으로 학생 그룹은 3D 프린터에 대한 흥미와 즐거움을 많이 드러냈고 모두 긍정적인 응답을 하였다. 반면 성인 그룹은 긍정과 불안을 나타내는 혼합된 응답을 하였다(Table 6).

3D 프린터의 활용방안에 대해서 학생 그룹에서는 애서의 도마뱀과 같은 퍼즐을 만들거나 잃어버린 레고 칩을 디자인하는 등 창의적인 활용 방안을 구체적으로 설명하였다. 성인 그룹의 경우에는 자신의 직업과 관련하여 교구를 만들거나, 생활에서의 활용 방안에 대해 긍정적으로 응답한 경우도 있었지만, 새로운 내용을 받아들이기에 어려워서 실생활 적용이 어려운 것임을 암시하는 응답도 있었고, 테크놀러지에 의한 세상의 부정적인 변화에 대한 우려를 표현하였다.

불안을 느끼지 않는 학생 그룹은 학습적인 적용 방안에 대해서 긍정적인 가치를 인식하고, 학습적인 요소를 발견하며, 이에 따른 발전 가능성을 확인하였다. 이에 비해서 불안을 느끼는 성인 그룹의 학생들은 캐디안이라는 컴퓨터 프로그램을 어렵게 느끼거나 혹은 자기 자신의 부족함을 느끼고, 세상의 변화를 인식하기보다는 변화에 대한 불안을 기술하기도 하였다. 성인 응답자에 대한 나이를 비계입 데이터를 통해 확인한 결과 38세, 41세, 51세 학습자의 응답에서 좌절과 불안을 확인할 수 있었다.

Cho & Moon(2007)의 연구에서는 성인 그룹에서 젊은 연령일수록 수행이 우수함을 일관적으로 보여 준다고 하였다. 추후 세부적인 연령대를 설정하여 테크놀로지 불안에 대해 분석하는 연구가 필요하지만, 본 연구에서는 학생들과 30대 초반까지의 성인이 3D 프린트 활용 수업에 대해 가장 적은 테크놀로지 불안과 함께 높은 만족감과 과제 가치를 드러냈다. 따라서 같은 성인 그룹에서도 젊은 연령의 경우에는

Table 6. Learner perceptions about 3D printing

3D 프린터 수업에 대한 긍정적인 느낌	3D 프린터 수업에 대한 부정적인 느낌
재미있었다. 또 프린트 하고 싶다. 매일 3D 프린터로 만들고 싶다. - 2015년 5월 2일. S2 12세. Open-ended survey -	생각한 것만큼 쉬운 건 아니었다. 어려운 프로그램을 짜야 하는 게 어려웠다. - 2015년 5월 12일. A6 35세. Open-ended survey -
이런 기계를 직접 만지고 경험한 내 자신이 자랑스럽다. 친구들에게 자랑할 것이다. - 2015년 5월 2일. S11 12세. Open-ended survey -	재미있고 흥미로운 수업이었지만 수업 내용을 따라가기에 버거웠다. 차근차근 배운다면 더 흥미가 생기고 유익한 수업이 되리라 생각한다. - 2015년 5월 12일. A10 41세. Open-ended survey -
3D 프린터 수업을 통해 프린트가 3D로 나오는 것을 보니 정말로 신기했다. 수학적 요소도 있어서 힘들었지만, 재미있는 수업이었다. - 2015년 5월 12일. A16 19세. Open-ended survey -	당황스러움과 내 자신의 부족함. - 2015년 5월 12일. A12 41세. Open-ended survey -
3D 프린터 향후 활용 방안에 대한 학생 그룹의 응답	3D 프린터 향후 활용 방안에 대한 성인 그룹의 응답
애서의 도마뱀 퍼즐을 계속 뽑아서 정 말 테셀레이션 만드는 게 가능한지 확인해 보고 싶다. - 2015년 5월 2일. S9 12세. Open-ended survey -	간단한 교구를 상황에 맞게 직접 제작하여 사용할 수 있을 것 같다. 어느 시기가 오면 3D 프린터가 생활에서 필수품이 될 것 같은 느낌이 들었다. - 2015년 5월 12일. A6 35세. Open-ended survey -
동생에게 솔져 인형을 만들어 주고 싶다. - 2015년 5월 2일. S7 12세. Open-ended survey -	다양한 교구를 확보하긴 하겠지만, 어렵다. - 2015년 5월 12일. A9 51세. Open-ended survey -
잃어버린 레고 칩과 피규어를 3D 프린터로 뽑아서 쓰고 싶다. - 2015년 5월 2일. S15 12세. Open-ended survey -	더 나은 과학 기술로 인해 세상 살기 좋은 것 같기도 하지만, 모든 것을 기계에 의존하게 되어 인간이 나태해질 것 같다. - 2015년 5월 12일. A11 38세. Open-ended survey -

좌절과 불안에 대한 교수 학습 지원 방안에 대한 고려가 불필요하겠지만, 연령이 높은 성인 그룹을 대상으로 하는 3D 프린터 활용 교육 프로그램을 설계할 때에는 불안이나 좌절을 줄이기 위한 교수 학습 지원 방안을 고려할 필요가 있다.

## V. 결론 및 제언

창의·융합형 인재 양성을 위한 새로운 첨단매체의 교육적 가능성이 증대됨에 따라 교육현장에서 다양한 테크놀러지를 활용한 교육이 강조되고 있다. 하지만 아직 3D 프린터를 교육적으로 활용하는 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이라서 본 연구는 학생 그룹과 성인 그룹으로 나누어 “3D 프린트의 의미와 활용 방안 그리고 캐디안을 이용한 간단한 모형 설계 및 제작 수업”을 2차시 분량으로 수업을 진행하고, 객관식 20문항, 주관식 2문항의 총 22문항으로 질문지를 구성한 다음 수업 완료 이후에 설문지를 실시하여 기술 통계로 분석하였다. 설문 항목은 연구 문제에서 설정한 3D 프린터를 학습에 활용하고 난 후 반응에 대한 연령별 특성과 인식을 알아보고자 과제 가치(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀러지 불안(Technology Anxiety), 수업 만족감(Satisfaction of Class)으로 한정하

였다. 연구 결과, 학생 그룹이 성인 그룹에 비해 더 높은 과제가치, 자기효능감과 수업에 대한 만족감을 보여 주고 있었다.

또한, 두 그룹 간에 독립표본 *t*-검정을 진행한 결과, 19세미만의 학생 그룹과 19세 이상의 성인 그룹 간의 테크놀러지 불안 영역에서 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 성인 그룹의 경우 테크놀러지 불안이 수업 만족감과 부적으로 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 주관식 응답을 통해서 성인 학습자의 연령이 높을수록 더 많은 좌절과 불안을 경험할 수 있어, 성인을 대상으로 한 3D 프린터 활용 수업을 구성할 때 테크놀러지 불안 항목에 대한 교수 학습 지원이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 응답 내용을 토대로 10대 후반에서 30대 초반까지의 성인이 3D 프린트 활용 수업을 받기에 가장 적절할 것으로 추측할 수 있지만, 이에 대한 후속 연구가 필요하다.

본 연구는 초등 5학년 학생과 19세 이상의 다양한 성인층 학습자를 대상으로 하여 과제 가치, 자기효능감, 테크놀러지 불안, 수업 만족감을 토대로 학습 효과와 연령별 학습자의 특성을 확인하였다. 연령 분포가 고르지 못한 제한점이 있었지만 3D 프린터를 활용한 수업에 대한 학생들의 수업 만족감과 수업 효과 그리고 불안에 대한 연구로서는 처음 시도되었다는 점에서 의의가 있다. 향후 3D 프린터가 더 보편화되고 3D 프린터를 활용한 수업이 늘어나 더 다양한 데이터 수집이 가능하게 되면, 보다 세부적인 학습자의 연령별 특성을 더 자세하게 비교하여 교수 학습 지원 방안을 수립할 수 있을 것이다. 또한 본 연구 과정에서 최근까지의 선행 연구를 분석한 결과, 3D 프린터를 이용한 학교 현장에서 활용 가능한 실천적인 혁신교육 방법에 대한 연구가 다양하게 이루어질 필요가 있음을 확인할 수 있었다. 3D 프린터는 이미 교육 기자재로서 가격 경쟁력을 확보하였고(Park, 2014; Kim *et al.*, 2015a), 최근 대여 업체도 등장하여, 이번 연구에서 활용했던 것처럼 캐디안 프로그램이 설치되어 있는 노트북과 함께 학교 기관에서는 저렴한 가격으로 연 단위 대여가 가능하다. Kim & Lim(2015)이 언급한 것처럼 새로운 첨단매체의 교육적 가치와 활용 가능성이 증대되고 있다. 이에 3D 프린터 활용 교육처럼 교육현장에서 적용 가능한 테크놀러지를 활용한 교육 프로그램 개발이 지속적으로 필요하며, 본 연구를 계기로 3D 프린터 활용 프로그램과 교육적 효과를 확인하는 다양한 후속 연구도 진행되기를 희망해 본다.

## 국문요약

창의·융합형 인재 양성을 위해 교육현장에서 다양한 테크놀러지를 활용한 교육이 강조되고 있다. 특히 새로 도입된 3D 프린팅 기술은 학생들이 더 진보된 과학적 개념을 배울 수 있도록 하는 큰 잠재력을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 학생 그룹과 성인 그룹으로 나누어 “3D 프린트의 의미와 활용 방안 그리고 캐디안을 이용한 간단한 모형 설계 및 제작 수업”을 2차시 분량으로 분배하여 수업을 진행하고, 3D 프린터를 학습에 활용하기에 적절한 연령과 연령별 특성을 알아보고자 세부 항목을 과제 가치(Task Value), 자기효능감(Self-Efficacy for Learning and Performance), 테크놀러지 불안(Technology Anxiety), 수업 만족감(Satisfaction of Class)으로 한정하여 설문지를 실시하고 분석하였다. 연구 결과 학생 그룹이 성인 그룹보다 더 높은 과제가치, 자기효능감, 그리고 수업에 대한 만족도를 보이면서, 성인 그룹보다는

학생 그룹에서 3D 프린터 교육의 효율성이 더 높다는 것을 알 수 있다. 두 그룹 모두 과제가치와 자기효능감이 학습만족도와 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 성인 그룹의 경우, 테크놀로지 불안이 수업만족도와 부적 관계가 있는 것으로 나타나, 성인학습자를 대상으로 하는 3D 프린터 수업에서는 테크놀로지 불안에 대한 교수 학습 지원이 중요함을 알 수 있었다. 향후 3D 프린터가 더 보편화되고 3D 프린터를 활용한 수업이 늘어나 더 다양한 데이터 수집이 가능하게 되면, 보다 세부적인 학습자의 연령별 학습 특성도 비교·분석할 수 있을 것이다. 또한 최근까지의 선행 연구를 분석한 결과 3D 프린터를 이용하는, 학교 현장에서 활용 가능하고 실천적인 혁신 교육 방법에 대한 연구가 다양하게 이루어질 필요가 있음을 본 연구 과정에서 확인할 수 있었다.

**주제어 :** 3D 프린터, 21세기 학습 능력, SW 교육, 실천적 혁신교육, 과학 교육, 테크놀로지 교육

## References

- Artino, A. R. (2009) Online learning: Are subjective perceptions of instructional context related to academic success? *The Internet and Higher Education*, 12(3-4), 117-125.
- Berman, B. (2012) 3-D printing: The new industrial revolution, *Business Horizons*, 55, pp. 155-162.
- Birtchnell, T., Urry, J. (2013) 3D, SF and the future, *Futures(The journal of policy, planning and futures studies)*, Futures 50 (2013), 25-34.
- Chi, T. H. (2009) Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities, *Topics in Cognitive Science* 1, 73-105.
- Cho, S., Moon, M. (2007) The study of adult learners academic achievement related variables, *Korean journal of educational research*, 45(2), 21-149.
- Duncan, T. G., McKeachie, W. J. (2005) The Making of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire, *Educational Psychologist*, 40(2), 117-128.
- Eigenberg, M. (2013) 3D printing for children: What to build next?, *International Journal of Child-Computer Interaction* 1, pp. 7-13.
- Groenendyk, M. Gallant, R. (2013) 3D printing and scanning at the Dalhousie University Libraries: a pilot project, *Library Hi Tech*, 31(1), 34-41.
- Hart, B. (2012, June 3) Will 3d printing change the world. *The forbes*. Retrieved from <http://www.forbes.com/sites/gcaptain/2012/03/06/will-3d-printing-change-the-world>
- Hatch, J. (2002) *Doing Qualitative Research in Education Settings*. Seoul: Hakjisa.
- Hannafin, M. J., Land, S. M., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, 115-140. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Her, H., Lim, G., Seo, J. (2011) 21st century learner and teacher's competence modeling, *Korea education and research information service*.
- Jonassen, D. (1999). Designing Constructivist Learning Environments. In C. M. Reigeluth(Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, 215-239, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jung, H., Kuan, S., Lee, S. (2013) Study on the Current Status of Board Game Using 3D Printing and its Service Model, *Korean Society For Computer Game*, 27(1), 103-109.
- Jung, J, Lee, T. (2014) Development of Students with Mild Disabilities Smart Devices use Education Programs for Expansion of Learning Ability in the 21st Century, 2014 The Korean Association of Computer Education winter conference, 18(1)
- Kim, H. (2015) Technology in Educational Technology: Exploration of meaning and analysis of trends in research of educational technology in Korea, *Journal of Educational Technology*, 31(2), 287-310.
- Kim, M., Kim, B. (2014) Studies on 3D printer in the Country and Foreign Countries - Focus on Design Educational Program, *Korea Digital Design Council conference*, 2014(5), 239-240.
- Kim, N., Kim, M., Chea, B., Park, J., Lee, S. (2014) The Current State of 3D Printer and It's Application Plan, *Journal of Manufacturing Engineering & Technology*, 2014(4), 277-277.
- Kim, S., & Lim, J. (2015) Teachers' perception on the characteristics of Smart devices, *The Korean Association of Computer Education conference*, 19(1), 67-72.
- Kim, T., Kim, J., Yun, J., Kim, J., Cho, G., Kim, S. (2015a) Popular 3D Printer, *The Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 2015 spring conference, 171.
- Kroll, E., Artzi, D. (2011) Enhancing aerospace engineering students' learning with 3D printing wind-tunnel models, *Rapid Prototyping Journal*, 17(5), 393-402.
- Lee, J., Lim, Y., Park, K., Lee, S. (2014) Development of Mathematics 3D-Printing Tools with Sage -For College Education-, *Communications of mathematical education*, 28(3), 353-366.
- Lee, S., Lee, J., Park, K., Lee, J., An, S. (2015) Mathematics, Art and 3D-Printing in STEAM Education, *Communications of Mathematical Education*, 29(1), 35-49.
- Ministry of Education (2014, September, 24) 2014 revised curriculum content. Retrieved from <http://www.moe.go.kr/web/100119/ko/board/view.do?bbsId=412&boardSeq=56884>
- Ministry of Science, ICT and Future Planning (2014) Endless imagining room operations manual. Retrieved from [https://www.kofac.re.kr/?page\\_id=1677&uid=4277&mod=document](https://www.kofac.re.kr/?page_id=1677&uid=4277&mod=document)
- Oh, S. Y. (2015, June 14) The future is times of convergence talent... STEAM:SW Education is core. *The Chosun Newspaper*. Retrieved from [http://news.chosun.com/site/data/html\\_dir/2015/06/14/2015061401320.html](http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2015/06/14/2015061401320.html)
- Park, G. (2014) Applications of 3D Printing Technology Education, *Journal of Mechanical Science*, 54(4), 41-45.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1993) Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ), *Educational and Psychological Measurement*, 53, 801-813. doi:10.1177/0013164493053003024.
- Root-Bernstein, M. (2001) *Sparks of Genius: The Thirteen Thinking Tools of the World's Most Creative People*, United States : Mariner Books
- Trilling, B., Fadel, C. (2012) *21st century skills: Core skills that are requirements*, Seoul: Hakjisa.