

스마트 기기를 활용한 과학 수업이 중학교 영재 학생의 인식 및 과학적 태도에 미치는 영향

김은지 · 김현경*

전북대학교 과학교육학부 화학교육전공 및 과학교육연구소
(접수 2022. 5. 13; 게재확정 2022. 6. 20)

The Effect of Science Class Using Smart Devices on the Perceptions and Scientific Attitude of Middle School Gifted Students

Eun-Ji Kim and Hyun-Kyung Kim*

Division of Science Education (Chemistry) and Institute of Science Education,
Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea. *E-mail: chemkimhk@jbnu.ac.kr
(Received May 13, 2022; Accepted June 20, 2022)

요 약. 본 연구에서는 증강 현실(AR)과 가상 현실(VR)을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업이 중학교 영재 학생의 과학적 태도에 미치는 영향을 알아보는 데 목적이 있다. 또한 이러한 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 인식을 알아보고자 한다. 실제 실험뿐 아니라 AR과 VR을 활용하여 과학 실험을 가상에서 체험할 수 있는 과학 수업 프로그램을 중학교 영재 학생 15명을 대상으로 적용하였다. 프로그램 적용 전후 영재 학생들의 수업 만족도, 과학적 태도 검사의 하위 영역 중에서 과학 수업에 대한 흥미, 과학 탐구에 대한 태도, 과학에 대한 직업적 관심 및 AR과 VR을 접목시킨 수업에 대한 인식을 조사하기 위하여 설문문을 실시하였다. 또한 심층 면담을 통해 영재 학생들의 인식을 정밀하게 조사하였다. 연구 결과, 과학 수업 내용과 교수자에 대해서는 높은 수업 만족도를 보였지만 과학 수업 중 활용된 스마트 기기 및 애플리케이션에 대해서는 다른 것에 비해 낮은 수업 만족도를 보였다. 영재 학생들의 사전 사후를 비교 분석한 결과, 과학적 태도 검사의 하위 영역 중 과학 수업에 대한 흥미와 과학 탐구에 대한 태도, 과학에 대한 직업적 관심이 유의미하게 증가하였다. 자유 응답 및 심층 면담을 분석한 결과, 영재 학생들은 실제 실험에 비해 AR과 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업이 짧은 시간동안 빠르고 안전하게 실험할 수 있다는 점을 장점으로 응답하였다. 반면, 애플리케이션의 낮은 완성도와 가상현실 작동 시 어지러움을 단점으로 응답하였다. 이를 바탕으로 실험 준비와 수업 시간, 위험 요소 등 현실적으로 제한이 많은 과학 실험을 체험할 수 있는 애플리케이션 및 첨단 기술을 활용한 수업 프로그램의 개발에 대한 시사점을 얻었다.

주제어: 증강 현실(AR), 가상 현실(VR), 과학적 태도, 수업에 대한 인식

ABSTRACT. The purpose of this study is to investigate the effects of science classes using smart devices that combine augmented reality (AR) and virtual reality (VR) on the scientific attitude of middle school gifted students. In addition, it is intended to find out the perception of science classes using these smart devices. In addition to actual experiments, a science class program that allows students to experience science experiments virtually using AR and VR was applied to 15 middle school gifted students. Before and after the application of the program, the questionnaire is to investigate the interest in scientific classes, the attitude toward science exploration, and the professional interest in science, and the recognition of classes that combine AR and VR. In addition, through in-depth interviews, the perceptions of gifted students was accurately investigated. As a result of this study, the content of science classes and instructors showed high class satisfaction, but the smart devices and applications used during the science classes showed lower class satisfaction than others. As a result of comparing and analyzing the pre-post of gifted students, interest in science class, attitude toward science inquiry, and professional interest in science increased significantly among the sub-areas of the scientific attitude test. As a result of analyzing free responses and in-depth interviews, gifted students responded with the advantage that classes using smart devices that combine AR and VR can be tested quickly and safely for a short time compared to actual experiments. On the other hand, they responded with low completeness of the application and dizziness when operating virtual reality. Based on this, implications for the development of applications and instructional programs using advanced technologies that can experience realistically limited scientific experiments such as experimental preparation, class time, and risk factors were obtained.

Key words: Augmented reality (AR), Virtual reality (VR), Scientific attitude, Perception of class

서 론

정보 기술을 기반으로 한 4차 산업혁명의 시대가 도래하면서 미래 사회의 인재 양성을 위한 교육의 패러다임이 바뀌어 가고 있다. 4차 산업혁명으로 다양한 기술들이 등장하였으며 최신 기술인 인공지능, 빅 데이터, 증강 현실(Augmented Reality; AR), 가상 현실(Virtual Reality; VR) 등을 접목시킨 교육에 대한 효과성을 검증하며 활용 방법에 대한 연구들이 활성화되고 있다.¹ 4차 산업혁명의 미래 사회에 적합한 인재를 양성하기 위해서는 이러한 첨단 기술을 접목시킨 수업을 학교 현장에 적용하여 미래 역량 중심으로 한 수업의 전환이 필요하다. 이에 2020년 교육부에서는 서책형 교과서에서 벗어나 디지털 콘텐츠를 활용한 교과서의 패러다임 전환이나 디지털 기기 활용 및 디지털 전환에 대응하는 교육 기반 마련 등 코로나 19 이후의 미래 교육 전환을 위한 10대 정책 과제를 발표하였다.²

증강 현실(AR)이란 실제 현실과 가상의 오브젝트를 중첩시켜 한번에 볼 수 있는 기술이며, 가상 현실(VR)은 실제 현실이 아닌 가상의 공간을 통해 현상이나 상황을 체험하는 기술을 말한다.^{3,4} AR이나 VR을 접목시킨 수업을 여러 교육 현장에서 적용하며 교육적인 효과를 분석하는 연구가 진행되고 있다.⁵⁻⁸ 고등학생을 대상으로 가상현실 실험을 적용한 연구에서 학생들의 지적인 측면과 과학 관련 태도와 같은 정의적 측면을 향상시킨다는 연구 결과를 보고하였다.⁵ 초등학생을 대상으로 AR 기반의 수업을 적용한 결과에서는 학생들은 수업 참여도와 수업에 대한 흥미, 개념이해 등으로 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다.⁶ Kim *et al.*(2019)은 고등학생을 대상으로 VR을 활용한 수업이 정의적 측면인 학습 동기에 유의미한 효과가 있다는 연구 결과를 보고하였다.⁷ Kim(2019)은 중학교 학생을 대상으로 VR기술 기반의 수업을 적용한 결과 수업 내용과 방법 측면에서 수업 만족도가 높았으며 학생들의 자신감과 같은 학업적 자기 효능감에 유의미한 효과가 있다는 연구 결과를 보고하였다.⁸

이러한 최신 기술을 접목시킨 수업이 교육적으로 효과 있으며 교육 현장에 적용을 가속화 할 수 있음에도 불구하고 부족한 지원과 여전한 입시 위주의 교육으로 촉진하지 못하고 있다.⁹ 하지만 4차 산업혁명 시대의 교육 패러다임은 단순한 지식 전달과 암기의 방식이 아닌 학습의 즐거움을 가르쳐주며 효과적으로 습득하기 위해서 AR이나 VR과 같은 첨단기술을 접목시킨 교육이 필요하다.^{10,11}

한편 영재에게 갖추어야 할 능력을 Renzulli(1976)는 평균 이상의 능력, 과제 집착력과 창의성이라고 하였다.¹² Blurton(1983)은 과학에 대한 흥미와 수학 능력, 높은 언어 능력을 과학 영재의 특징이라고 하였다.¹³ 영재는 학자에

따라 정의가 다르지만 지적인 특성과 함께 정의적인 특성을 고려한 다차원적으로 파악이 되어야 한다.¹⁴ 영재의 정의적인 측면에는 성취 동기, 태도나 흥미 등을 들 수 있으며 특히 과학적 태도는 학생들이 과학 관련 직업이나 활동을 수행하는데 중요하다. 따라서 다양한 프로그램을 통해서 영재 학생들의 정의적인 특성에 영향을 주는지에 대해서는 활발하게 연구가 진행된다.^{14,15} 하지만 아직 최신 기술을 접목시킨 수업이 영재 학생들의 정의적 특성에 영향을 주는지에 대한 연구는 부족하다. 또한 영재 학생들의 최신 기술을 접목시킨 교육 내용에 대한 만족도 및 인식에 대한 연구는 부족하다.¹⁶⁻¹⁸

Kim & Kim(2022)¹⁹는 중학교 영재 학생을 대상으로 실감형 콘텐츠를 활용한 융합 수업 프로그램을 적용한 후 영재 학생의 과학적 태도와 인식을 조사한 결과, 높은 과학적 태도와 수업의 흥미 및 동기를 유발 시킬 수 있다는 점에서 긍정적으로 인식하였으며 연구 결과를 다른 학생들에게도 적용하여 일반화할 필요가 있다고 후속 연구를 제안하였다. 따라서 본 연구에서는 다른 영재원 소속 중학교 영재 학생을 대상으로 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업 프로그램에 대한 인식 및 영재 학생의 과학적 태도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 특히 사전사후 분석을 통하여 과학적 태도의 하위 영역 중 ‘과학 수업에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 직업적 관심’과 ‘과학 탐구에 대한 태도’에 유의미한 차이가 나타나는지를 알아보고자 한다. 또한 영재 학생의 과학적 태도에 미치는 영향 뿐만 아니라 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 만족도 및 인식을 깊이 있게 알아보기 위하여 설문지를 통한 양적 연구 뿐만 아니라 추가로 심층 면담을 진행하였다.

연구 방법

연구 절차

스마트 기기를 활용한 수업에 대한 효과를 분석한 선행 연구와 수업에 활용 가능한 애플리케이션 및 수업 프로그램을 검토하였다. 그 후 AR 및 VR 등의 애플리케이션을 이용하여 스마트 기기를 활용한 8차시의 수업 프로그램을 개발하였다. 이 과정에서 과학 교육 전문가 및 현직 교사, 석·박사 과정 5인의 검토를 받았다. 수업 프로그램 적용 전과 후의 과학적 태도와 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식을 알아보기 위하여 설문지를 개발하였으며 영재 학생에게 8차시 과학 수업 프로그램을 적용하였다. 수업 프로그램 적용 후 과학 수업 프로그램을 적용한 영재 학생을 대상으로 사후 설문을 실시하였다. 설문 결과를 분석한 후 이를 좀 더 면밀하게 알아

보기 위하여 1:1 심층 면담을 실시하였다.

연구 대상

본 연구는 중소도시 소재 영재교육원에서 동일한 중등화학 심화과정을 이수하고 있는 16명 학생을 대상으로 수업 프로그램을 적용하였다. 영재 학생들은 영재교육원 내의 규정에 따라 선발된 학생으로 중학교 1학년과 2학년 학생들 16명이 함께 수업에 참여하였으나 설문에 응답하지 않은 학생 1명을 제외한 15명 학생의 데이터를 분석 대상으로 하였다. 영재 학생들 중 2명의 학생은 스마트폰을 소지하고 있지 않았다. 또한 15명의 영재 학생들 중 13명의 학생은 스마트 기기를 활용한 수업을 받아본 경험이 있었으나 AR과 VR을 모두 활용한 수업을 받아본 경험이 있는 학생은 4명뿐이었다.

수업 프로그램 및 검사 도구

본 연구 대상은 중학교 1~2학년으로 구성되어 있으며 교육 과정의 제한이 없는 프로그램으로 수업이 가능하다. 과학 교육 전문가 1인, 현직 교사 2인, 과학 교육 박사 과정 1인, 과학 교육 석사 과정 1인이 수업 프로그램 개발 및 검토 과정에 참여하였다.


열역학과 물질의 구성을 주제로 AR 및 VR을 접목시킨 활동으로 수업 프로그램을 개발하였으며 활동지를 통하여 수업을 진행하였다(Fig. 1). 수업 프로그램은 총 8차시로 구성되어 있으며 개발한 수업 프로그램 및 주요 활동은 다음과 같다(Table 1).

1-2차시 수업은 ‘화학반응에서 열에너지 출입을 이해하며 열과 온도, 입자 운동 사이의 관계를 이해한다’라는 학습 목표로 구성하였다. 이 때 손난로와 아이스팩에서의 열에너지 출입을 확인하는 VR 애플리케이션과 온도에 따른 입자의 운동 및 온도가 다른 두 물체가 만났을 때 입자의 운동을 확인할 수 있는 VR 애플리케이션을 활용한 활동을 추가하였다. 3-4차시 수업은 ‘열의 이동 방법과 효율적인 단열 방법에 대해 말할 수 있으며 상태 변화가 일어날 때의 열의 출입을 설명할 수 있다’라는 학습목표로 구성하였다. 단열과 냉난방기구를 효율적으로 배치하는 방법에 대해 알아보는 VR 애플리케이션과 상태변화가 일어날 열 출입을 확인할 수 있는 AR 애플리케이션을 활용한 활동을 추가하였다. 5-6차시는 ‘모든 물질이 원소로 이루어져 있음을 이해하며 다양한 물질들은 화학 결합으로 생성되었음을 안다’라는 학습 목표로 구성하였다. 물, 불, 흙, 공기 4가지를 이용하여 여러 물질을 만들어 보는 애플리케이션

VR로 알아보는 열역학 I

날짜: 2021.05.08. 이름: _____


- 열 에너지의 출입(실감형 콘텐츠 VR 사용)



손난로 및 아이스팩의 열 출입 및 온도 변화를 확인해봅시다.

 - 손난로:
 - 아이스팩:
- MEL VR 애플리케이션 중 Thermal conductivity(Lab) 실행해주세요.

1K의 구리 입자의 운동을 그려보세요 1300K의 구리 입자의 운동을 그려보세요



금속 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag) 각각 온도에 따른 입자의 운동을 관찰해보세요.
 온도가 다른 두 물체가 만났을 때 입자의 운동을 관찰해보세요.
 금속과 온도를 자유롭게 조절해보며 입자의 운동을 관찰해보세요.

실감형 콘텐츠로 알아보는 열역학 II

날짜: 2021.05.08. 이름: _____

- 단열과 냉난방기구 배치 (실감형 콘텐츠 어플)



추운날 단열 방법에 대하여 알아보십시오.
 냉난방 기구를 효율적으로 배치하는 방법에 대하여 알아보십시오.
- 상태변화와 열출입 (실감형 콘텐츠 어플)

(1/1)

여러 가지 물건

상태 변화가 일어날 때의 열 출입



물체의 상태 변화가 일어날 때 열의 이동 방향을 알아보나요?



냉창고에서 물이 얼 때 일어나는 열 출입 및 입자 운동에 대해 알아보십시오.
 어항에서 물이 증발할 때 일어나는 열 출입 및 입자 운동에 대해 알아보십시오.
 드라이아이스의 크기가 줄어들 때 일어나는 열 출입 및 입자 운동에 대해 알아보십시오.

Figure 1. Example of worksheet.

Table 1. Composition of class program using smart devices

Division	Subject	Major activity	Application
1-2	Thermal energy in chemical reactions	- Observation of thermal energy input and temperature change of hand warmers and ice packs	Realistic content (VR)
		- Observation of particle motion according to temperature	MEL VR (VR)
3-4	Transfer of thermal energy	- Learn how to insulate and effectively place your heating and cooling appliances.	Realistic content (VR)
		- Find out the direction of movement of thermal energy when a change of state occurs	Realistic content (AR)
5-6	Structure of matter	- Combination of water, fire, earth and air	Alchemy 2
		- Observation of the structure of atoms	Expeditions (AR)
7-8	Separation of mixtures	- Separating a mixture of water and ethanol	Realistic content (VR)
		- Separating a mixture of sodium chloride and naphthalene	Realistic content (VR)

이선과 원자의 구조를 확인할 수 있는 AR, VR 애플리케이션을 활용한 활동을 추가하였다. 7-8차시는 ‘물질의 특성에 대해 알고 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다’라는 학습 목표로 구성하였다. 혼합물을 분리하는 VR 애플리케이션을 활용한 활동을 추가하였다. 또한 물의 전기 분해 실험 실제 실험도 실시하였으며 QR코드를 통해 영재 학생들이 직접 영상으로 실험 방법을 보며 개별적으로 실험을 할 수 있도록 설계하였다. 실험 및 AR, VR을 활용한 활동은 패들렛을 통하여 영재 학생들의 생각과 실험 결과를 공유할 수 있도록 수업을 구성하였다.

수업 전 스마트 기기를 소지하지 않은 학생을 파악하였으며 2인 1조로 사용 가능한 태블릿 PC 및 스마트폰을 사전에 준비하였다. 또한 스마트 기기를 장착한 후 가상 현실을 체험할 수 있는 HMD를 개인별로 준비하였다. 두 달에 걸쳐 8차시 수업을 적용하였으며 사전 설문과 사후 설문은 약 2달 간격을 두고 진행하였다.

영재 학생들의 과학적 태도, 수업 만족도 및 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식을 알아보기 위하여 설문지를 구성하였다(Table 2). 과학적 태도 검사지 TOSRA(Test of Science-Related Attitudes)는 과학의 사회적 시사, 과학적 태도의 적용, 과학 수업에 대한 흥미, 과학 탐구에 대한 태

도, 과학 관련 취미에 대한 관심, 과학에 대한 직업적 관심, 과학자의 평범함으로 7가지 하위 영역으로 구성되어 있는데¹⁹ 본 연구의 취지에 알맞은 과학 수업에 대한 흥미, 과학에 대한 직업적 관심, 과학 탐구에 대한 태도 3개의 하위 영역을 선택하였다. 항목 별로 4개씩 총 12개의 문항을 토대로 전문가 집단의 안면타당도를 거쳐 본 연구에 알맞게 수정·보완하여 설문지를 구성하였다. 본 검사지의 신뢰도 계수는 Cronbach's α .63 이상의 신뢰도를 보였다. 수업 프로그램의 적용 후 과학적 태도의 변화를 알아보기 위하여 과학적 태도 설문지는 수업 프로그램 적용 전과 후에 실시하였다.

수업 만족도를 측정하기 위해서 Yu & Kwon(2009)²¹이 초등학교의 과학 수업 만족도를 알아보기 위하여 개발된 설문지를 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업과 영재 학생을 대상으로 적합하게 용어를 수정 보완하였다. 수업 환경, 교수자, 과학 수업 내용에 대한 3가지 영역으로 구성하였다. 본 검사지의 신뢰도 계수는 Cronbach's α .81 이상의 신뢰도를 보였다. 또한 영재 학생들이 생각하는 AR 및 VR을 활용하지 않은 과학 수업과 AR, VR과 같은 스마트 기기 활용 수업에 대한 인식을 알아보기 위하여 5점 만점의 리커트 척도(Likert Scale)로 물어보는 8개의 문

Table 2. Composition of questionnaire items

Division	Contents	Form	Remark	Number of items
Background	Grade, Whether or not you have experience in class using smart devices		Before	6
Class satisfaction	Smart devices and application			4
	Teacher	Likert Scale	After	4
	Content			4
Scientific attitude	Enjoyment of science lessons			4
	Career interest in science	Likert Scale	Before & After	4
	Attitude to scientific inquiry			4
Awareness of classes	Awareness of classes using smart devices	Likert Scale	After	11
		Description		4
			Total	45

Table 3. Semi-structured questionnaire

Introduction question	<ul style="list-style-type: none"> Have you ever taken a lesson using smart devices? (Program evaluation) What is the most memorable activity so far?
Transition question	<ul style="list-style-type: none"> (Program evaluation) Do you think you had enough time for activities using smart devices? What do you think about classes using only smart devices?
Key question	<ul style="list-style-type: none"> What do you think is the biggest difference between traditional classes and classes using smart devices? Do you think it would be good to teach classes using smart devices in real schools as they are now? What do you think is the problem if classes are only taught using smart devices in real schools?
Confirmation question	<ul style="list-style-type: none"> (Use flexibly according to the situation)
Detailed question	<ul style="list-style-type: none"> (Use flexibly according to the situation)
Closing question	<ul style="list-style-type: none"> Are there any science classes or experiments that you would like to try using technologies such as AR or VR in the future? Do you have any additional comments about classes using smart devices?

항을 추가하였다. 수업 만족도와 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식은 수업 프로그램 적용 이후에만 실시하였다. 또한 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식을 면밀하게 알아보기 위하여 스마트 기기를 활용한 수업의 수준과 내용이 적절한지 또한 경험해 본 이전 수업들과 차이가 있는지에 대해 리커트 척도로 구성된 3가지 문항을 사용하였다. 또한 이러한 분석 결과를 좀더 면밀하게 알아보기 위하여 심층 면담을 실시하였으며 이때 반구조화된 질문지를 사용하였다(Table 3). 이 과정에서 과학 교육 전문가 및 현직 교사, 박사 과정생, 석사 과정생 등 총 5인의 검토를 받았다. 또한 심층 면담은 수업 프로그램의 적용과 설문 조사가 모두 끝난 이후 개별적으로 15명의 영재 학생 모두를 대상으로 약 20여분 동안 진행하였다.

연구 결과 및 논의

영재 학생의 수업 만족도 및 과학적 태도

AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업을 적용한 후 영재 학생들의 수업 만족도를 5점 만점의 리커트 척

Table 4. Results of class satisfaction survey

Division	Content	M	SD
Environment	Smart devices, HMD, Application, Facility	4.15	0.84
Teacher	Class guide, help, Class method, Interaction	4.45	0.63
Class Content	Various activities, Understanding, Interest, Direct Engagement	4.43	0.54

Table 5. Results of scientific attitude

Subdomains of Scientific Attitudes	N	Before		After		Difference in mean
		M	SD	M	SD	
Enjoyment of science lessons	15	4.50	0.43	4.78	0.25	0.28
Career interest in science	15	4.35	0.57	4.60	0.47	0.25
Attitude to scientific inquiry	15	4.47	0.40	4.83	0.32	0.37

도로 분석하였다(Table 4). 분석한 결과 과학 수업 내용과 교수자에 대해서는 높은 수업 만족도를 보였지만 과학 수업 중 활용된 스마트 기기 및 애플리케이션과 같은 수업 환경에 대해서는 다른 영역에 비해 낮은 만족도를 보였다. 하지만 전체 영역에서 평균은 4.34으로 4점 이상인 높은 수업 만족도를 보였다. Kim & Hong(2015)의 선행 연구에서는 스마트 기기를 활용한 STEAM 프로그램을 개발하여 학생들의 과학 흥미도 뿐만 아니라 수업 만족도를 알아보았다. 이는 스마트 기기를 활용한 STEAM 수업을 적용한 Kim & Hong(2015)의 수업만족도가 높은 결과와 맥을 같이한다.²²

영재 학생들에게 과학적 태도 검사의 하위 영역 중 ‘영재 학생들에게 과학적 태도 검사의 하위 영역 중 ‘과학 수업에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 직업적 관심’과 ‘과학 탐구에 대한 태도’ 영역을 사전 사후 설문을 실시하여 평균값을 도출하였다(Table 5). ‘과학 수업에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 직업적 관심’과 ‘과학 탐구에 대한 태도’ 3가지 영역의 사전과 사후의 평균 값이 모두 상승하였다. 따라서 수업을 적용하기 전과 수업을 적용한 후 이러한 과학적 태도의 차이가 유의미한 차이를 보이는지 알아보기 위하여 통계 분석을 하였다. 본 연구의 대상은 15명으로 샘플 수가 30명 이상이 되지 않아 정규성 가정이 충족되는지 분석하였으며 정규성 가정을 충족시키지 못하여 비모수통계 중 대응표본 t-test에 해당하는 Wilcoxon 부호-서열 검정으로 분석하였다. SPSS 27 프로그램을 이용하여 영재 학생들의 과학적 태도 사전 사후의 차이를 Wilcoxon 부호-서열 검증을 실시하였으며 그 결과는 Table 6과 같다. 분석 결과 ‘과학

Table 6. Wilcoxon signed rank test results of scientific attitude

Subdomains of Scientific Attitudes		N	rank	sum	Z	p
Enjoyment of science lessons	Negative Ranks	1	8.00	8.00	-2.29	.022*
	Positive Ranks	10	5.80	58.00		
	Ties	4				
Career interest in science	Negative Ranks	2	2.00	4.00	-2.22	.026*
	Positive Ranks	7	5.86	41.00		
	Ties	6				
Attitude to scientific inquiry	Negative Ranks	1	7.50	7.50	-2.29	.022*
	Positive Ranks	10	5.85	58.50		
	Ties	4				

수업에 대한 흥미' 영역의 사전 점수는 4.50, 사후 점수는 4.78으로 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업을 적용한 후 0.28점 유의하게 향상되었다($p < .05$). '과학에 대한 직업적 관심' 영역의 사전 점수는 4.35, 사후 점수는 4.60으로 0.25점 유의하게 향상되었다($p < .05$). 마지막으로 '과학 탐구에 대한 태도' 영역의 사전 점수는 4.47, 사후 점수는 4.83으로 0.36점 유의하게 향상되었다($p < .05$). 즉, AR과 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업 프로그램으로 영재 학생들의 '과학 수업에 대한 흥미', '과학에 대한 직업적 관심'과 '과학 탐구에 대한 태도'가 증가하였다. 따라서 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기 활용 수업이 영재 학생의 과학 수업에 대한 흥미, 과학에 대한 직업적 관심, 과학 탐구에 대한 태도를 향상시키는데 효과적이라고 해석할 수 있다. 애플리케이션을 기반으로 생물을 관찰하고 기록하는 학습이 초등학생들의 과학 관련 태도를 유의미하게 향상시킨 Park(2020)의 연구 결과와도 일치하는 것이다.²³ 또한 다른 검사 도구를 이용하여 스마트 기기를 활용한 수업을 적용하여 과학적 태도의 향상을 보인 다른 선행 연구^{5,24}와 같은 연구 결과를 보인다.

영재 학생의 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 전반적인 인식

영재 학생들의 AR 및 VR의 실감형 콘텐츠를 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위하여 5점 만점의 리커트 척도로 구성된 설문문을 실시하였고 기술 통계를 실시한 평균값과 표준편차는 Table 7과 같다. 영재 학생들은 스마트 기기를 활용한 수업의 내용이 적절한지에 대해 4.60점으로 가장 높은 인식을 보였으며 그 다음은 4.33점으로 앞으로도 스마트 기기를 활용한 수업에 참여하고 싶은지에 대해 높은 인식을 보였다. 반면에 스마트 기기를 활용한 수업을 한 후 과학 관련 직업을 알아보고 싶다는 생각이 드는지에 대해서는 3.73점으로 다른 문항에 비해 낮은 인식을 보였다. 또한 전체적으로 모든 문항에서 표준 편차가 크게 나타남은 영재 학생의 개인적인 성향이 영향을 미치기 때문이라고 해석할 수 있다. 하지만 전반적으로 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 인식이 평균 4.13점이며 모든 문항이 3.5점 이상으로 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 긍정적으로 인식하고 있음을 알 수 있다.

영재 학생들의 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활

Table 7. Perceptions of science class using smart devices

Division	Question	M	SD
1	I am well motivated in science class.	4.13	0.92
2	I feel like studying science after science class.	3.87	0.74
3	I am interested in science class.	4.33	0.82
4	I am confident in science class.	4.13	0.64
5	After science class, I feel like I want to find out more about science-related jobs.	3.73	0.80
6	After science class, I want to develop science-related applications.	3.87	0.99
7	Science classes will help you in your future career.	4.00	1.00
8	I want to participate in science classes.	4.33	0.82
9	The level of classes using smart devices is appropriate.	4.27	0.70
10	The content of the class using smart devices is appropriate.	4.60	0.51
11	Classes using smart devices are different from previous classes.	4.20	0.86
Average		4.13	0.82

Table 8. Descriptive item analysis for classes using smart devices

	Answer type	Frequency	Ratio(%)
Advantages	Reduction of class time	10	34.5
	Interest in class	7	24.1
	Various experiences	5	17.2
	Safe experimentation	3	10.3
	Save on material cost	2	6.9
	Other answers (results can be checked, focus)	2	6.9
	Total	29	100
	Answer type	Frequency	Ratio(%)
Disadvantages	Low quality of application	5	50.0
	Dizziness	2	20.0
	Difficulty in operating the application	2	20.0
	Can't see what happens as a variable	1	10.0
	Total	10	100

용한 수업에 대한 인식을 알아보기 위한 서술형 응답을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 8). 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 전반적인 인식을 알아보기 위하여 전문가 집단의 안면타당도 검토를 거쳐 학생들의 답변 내용을 장점과 단점으로 나눈 뒤 다시 유형별로 구분하여 유목화하였다. 유형으로 분류한 뒤 빈도수를 계산한 결과, 스마트 기기를 활용한 수업의 장점의 빈도수는 29개, 단점의 빈도수는 10개로 장점의 응답수가 약 3배 더 많이 응답하였다.

AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업의 장점으로 응답한 29개의 답변 중 수업 시간의 단축이 가능하다는 점이 10개(34.5%)로 가장 많이 차지하였다. 또한 수업이 흥미롭고 재밌다는 점이 7개(24.1%), 다양한 경험과 체험이 가능하다는 점이 5개(17.2%) 순으로 응답하였다.

AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업의 단점으로 응답한 10개의 답변 중 애플리케이션의 완성도가 낮다는 점 5개(50.0%)로 가장 많이 응답하였다. 또한 VR을 사용할 때 어지럽다는 점이 2개(20.0%), 애플리케이션의 조작이 어렵다는 점이 2개(20.0%) 순으로 응답하였다.

영재 학생의 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 긍정적인 인식

리커트 척도로 분석한 결과를 토대로 1:1 심층 면담을 실시하였다. 특히 과학적 태도 및 수업 만족도에 영향을 미친 요인을 좀더 심층적으로 알아보려고 하였다. 영재 학생들은 AR, VR을 접목시켜 스마트 기기를 활용한 수업을 하게 되면 시간을 절약한다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 실제 실험이 아닌 스마트 기기를 활용한 수업을 하게 된다면 오래 걸리는 실험 시간을 단축할 수 있으며 위험한 실험을 안전하게 진행할 수 있다는 점이 그 이유이다. 생명과학 VR 콘텐츠를 활용한 수업에 대한 장점으로 시

간적, 윤리적 및 재정적 제약이 있는 실험의 체험이 가능하다고 보고한 Kwon et al.(2018)²⁵의 선행 연구와 맥을 같이 한다.

- 시간이 오래 걸리는 실험을 몇 분 만에 빠르고 정확하게 볼 수 있어서 편리하고 좋았습니다.
- 보통은 많은 도구와 시간이 필요한데 가상에서는 위험 요소도 적고 준비도 적기 때문에 시간이 덜 걸릴 거라고 생각합니다. 보통은 실험할 때 오래 걸리면 그만큼 할 수 있는 것이 줄어들지만 시간이 절약되면 더 배울 것이 많습니다.
- 실제로는 번거로운 작업을 손쉽게 할 수 있어서 좋았습니다.
- 눈으로 바로 정확한 실험결과를 볼 수 있으니 편했습니다. 즉, 스마트기기를 사용함으로 수업이 빠르게 진행된 것 같습니다.

영재 학생들은 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업이 흥미도 및 이해도를 향상시킨다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 스마트 기기를 활용하게 되면 다양한 활동 및 경험을 할 수 있어 수업에 대한 흥미가 증가하게 된다고 인식하였다. 이는 과학적 태도 중 ‘과학 수업에 대한 흥미’ 영역이 증가한 이유로 해석할 수 있으며 과학 수업에 대한 흥미가 일반 학생들 보다 높은 영재 학생들도 스마트 기기를 활용한 수업이 과학 수업에 대한 흥미를 더욱 증가시킬 수 있다는 점에서 의미가 있다. 특히 과학 영재 학생들이 4차 산업혁명의 미래 사회에 적합한 인재가 될 수 있는데 이들이 첨단 기술을 접목시킨 수업에 흥미가 있다는 것은 수업의 효과로써 고무적인 것으로 보인다. 또한 단순한 이론 수업보다 AR 및 VR을 통해 원리를 알게 되며 실제 눈으로 볼 수 없는 원자와 같은 입자들을 직접

볼 수 있다는 점에서 이해가 더 잘 된다고 응답하였다.

- *스마트 기기를 활용한 수업이 더욱 흥미롭고 재밌습니다. 실험을 더 다양하게 할 수 있다. 더 다양한 경험을 할 수 있습니다.*
- *직접 앱을 통해 체험하고 이론 수업을 하니 이해가 더 잘 되었습니다.*
- *실제 눈으로 볼 수 없는 원자 모형을 애플리케이션으로 볼 수 있어 이해가 안 되는 부분도 눈으로 보니 이해가 잘 되었습니다.*

특히 실험 결과를 바로 한눈에 볼 수 있다는 점에서 긍정적으로 인식하였으며 스마트 기기를 활용한 활동 중 동기 유발을 위해 직접 작동하는 활동의 만족도가 더 높았으며 이러한 점에서 리커트 척도 결과 높은 수업 만족도와 과학적 태도가 유의하게 증가했음을 알 수 있다. 이는 초등학교 5학년생을 대상으로 몸을 구성하는 기관에 대한 수업을 통해 학생들은 평소의 수업보다 이해가 잘 되며 스스로 조작할 수 있다는 점에서 긍정적인 인식을 보인 선행 연구²⁶와 결과가 일치한다. 수업 프로그램을 개발하고 적용할 시 학생들이 스스로 조작하며 활동할 수 있는 애플리케이션 및 활동으로 구성해야 함을 알 수 있다.

- *연금술로 금을 만드는 활동이 제일 기억에 남습니다. 고대 연금술사의 생각을 이해할 수 있었습니다.*
- *스마트 기기를 활용한 수업 시 스스로 수업이 가능합니다.*
- *학교에서 실험 수업을 하었는데 요즘에는 실험 영상으로 대체함. 영상은 단순히 보는 것뿐입니다. 스마트 기기는 실험과정 하나하나 선택하여 참여가 가능합니다.*

영재 학생의 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 부정적인 인식

AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업을 하였을 때 스마트 기기의 오류와 애플리케이션의 완성도가 낮다는 점에서 부정적으로 인식하였다. 이는 스마트 기기 및 애플리케이션에 대한 ‘수업 환경’ 영역의 수업 만족도가 낮게 나온 결과의 이유로 해석할 수 있다. 가상 현실은 머리 착용 디스플레이를 이용하여 가상의 세계 속에서 활동을 진행하게 된다. 가상 현실은 오래 사용하게 되면 어지러움을 유발할 수 있다는 단점을 가지고 있으므로 시간의 간격을 두고 활동을 진행할 필요가 있다. 어지러움은 감각 기관 간의 정보 차이로 인해 발생하는 것으로 증강 현실의 단점 중 하나이다. 따라서 수업 중 VR을 활용할 시 학습자의 건강 상태 및 학습 시간을 종합적으로 고려하여 몰입감은 최대한으로 높이고 어지러움은 최소화 시키는 수업 프

로그래밍의 개발이 필요하다.²⁵

- *애플리케이션이 잘 실행되지 않을 때가 있습니다.*
- *컨트롤이 어려운 실험이 있습니다.*
- *일단 좀 어지럽습니다. 근데 그 이외의 단점은 없습니다.*
- *스마트기기를 활용한 수업이 좋기는 한데 개발이 아직 잘 되지 않아서 렉이 잘 걸립니다.*

영재 학생의 스마트 기기를 활용한 과학 수업의 현장 적용에 대한 인식

스마트 기기를 잘 활용하게 되면 오히려 실제 실험으로 집중을 못하는 학생들에게 흥미를 유발하게 되어 수업에 잘 참여할 수 있으며 다수의 학생을 가르치는 선생님이 지도해주는 활동만 하면 되므로 긍정적인 점도 있다고 응답하였다. 스마트 기기를 활용한 수업을 실제 학교 현장에서 적용하는 것에 대한 긍정적인 인식은 다음과 같다.

- *실제 실험을 해도 집중을 못합니다.*
- *스마트 기기를 하게 되면 눈으로 바로 결과를 볼 수 있습니다.*

증강 현실을 활용한 학습은 학생들에게 즐거움을 유발할 수 있어 학습 동기를 높이는 효과를 보인다는 선행 연구²⁵와 맥을 같이한다. 또한 스마트 기기를 활용하여 수업을 하게 되면 학생들의 동기 부여 및 집중에 효과적이라고 인식하였다. 이러한 긍정적인 평가는 수업 중 가상현실을 통해 학생들이 긍정적인 정서를 갖게 되며 학습 내용에 대한 흥미와 학습 동기를 얻게 되어 자기주도적 학습을 유도한 결과인 선행 연구²⁸와 맥을 같이 한다.

- *스마트 기기로 수업하는 것도 좋을 것 같습니다. 사진을 확대하거나 동영상으로 확인이 가능하기 때문입니다.*
- *실제 학교에서 하면 재미있고 집중을 많이 할 것 같습니다.*
- *실제로 실험하는 것도 재밌지만 스마트기기로 수업하는 것이 더 낫습니다. 오래 걸리거나 실패 확률이 많은 실험은 더 정확하고 빠르게 할 수 있기 때문입니다.*

한편 영재 학생들의 인식을 분석한 결과, 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 상충되는 긍정적인 인식과 부정적인 인식이 존재한다. 학습의 흥미를 높여 주어 집중을 할 수 있다는 긍정적인 인식과 오히려 스마트 기기를 이용하여 딴 짓을 하게 되어 수업에 집중하지 않게 된다는 부정적인 인식이 존재한다. 이는 학생들의 개인적인 성향 뿐 아니라 교사가 수업을 어떻게 진행하는지가 영향을 줄 수 있다고 생각한다.

- 실제 학교에서는 스마트 기기를 쥐도 뜯지를 많이 합니다.
- 뜯 짓 하는 학생 있긴 하겠지만 재미있다면 할 학생들이 많아질 것입니다.

스마트 기기를 활용한 과학 수업과 스마트 기기를 활용하지 않은 과학 수업의 비교에 대한 인식

스마트 기기를 활용하지 않은 수업과 스마트 기기를 활용한 수업을 비교했을 때 가장 큰 차이점은 무엇이라고 생각하는지에 대한 질문의 학생들의 대답은 다음과 같다. 먼저 영재 학생들은 대체로 교사가 교과 내용을 설명해주는 강의식 수업을 일반적인 수업으로 인식하고 있었으며 수업에서 직접 실험 재료를 사용하여 실험을 하는 수업을 실험 수업으로 인식하고 있었다. 또한 직접 실험 대신 스마트 기기나 가상 현실, 증강 현실을 활용한 실험을 하는 수업을 스마트 기기 활용 수업으로 인식하였다. 영재 학생들은 일반적인 수업과 비교하였을 때 스마트 기기를 활용한 수업은 단순한 영상이 아닌 직접 활동하며 참여가 가능하다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 또한 AR, VR을 접목시켜 스마트 기기를 활용하여 수업을 하게 되면 자율적으로 공부 가능하게 되며 쉽게 사용할 수 있으며 원하는 사진이나 영상을 확대하여 볼 수 있다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 이는 초등학교 3~4학년을 대상으로 STEAM 수업을 통해 직접 실습이 가능하며 체험해 볼 수 있다는 점이 가장 높은 결과를 보인 선행 연구와²⁸ 맥을 같이 한다.

- 일반적인 수업과 스마트 기기를 활용한 수업의 가장 큰 차이점은 접근에 대한 용이성이라고 생각합니다.
- 실제 실험 시 변수가 있어 정확한 결과를 모르지만 애플리케이션은 확실한 결과를 알 수 있습니다.
- 성능이 좋다면 직접 실험보다 더 좋습니다. 시간이 많이 걸리는 실험은 스마트 기기 대체하면 좋습니다.

반면 서책형 교과서 없이 디지털 교과서 및 스마트 기기로만 수업을 하는 것에 대해서는 대체로 부정적으로 인식하였다. 실제 실험과 스마트 기기를 활용한 실험 활동에 대해서는 실제 실험은 직접 결과를 관찰할 수 있으며 와닿는 점이 더 많다는 점에서 실제 실험이 더 좋다고 응답하였다. 이러한 인식은 서책형 교과서에서 디지털 교과서의 전환을 추진하는 시점에서 고려해야 할 사항이다. 반면 스마트 기기를 활용한 활동은 오래 걸리는 실험과 위험한 실험을 대체할 수 있다는 점에서 필요하다고 응답하였다. 또한 패들렛을 통해 다른 조의 결과나 다른 학생들의 의견을 공유할 수 있다는 점에서 스마트 기기를 활용한 수업은 필요하다고 인식하였다. 이러한 점에서 특히 스마트 기기와 애플리케이션을 활용한 활동만이 아니라 실제 실험과 병행하는 수업이 필요하다고 응답하였다.

- 스마트 기기를 활용한 수업도 좋지만 직접 실험하는 것이 더 좋다고 생각합니다. 하지만 어렵거나 할 수 없는 실험은 스마트 기기를 활용한 수업이 더 좋은 것 같습니다.
- 서로 떨어져 있거나 그런 상황에도 의견을 공유할 수 있으며 실제 실험에서는 예상하지 못한 변수로 실패할 수 있는데 성공이 확실하다는 점이 장점이라고 생각합니다.
- 실험하면서 스마트 기기를 활용한 수업도 같이 섞어서 하면 좋을 것 같습니다.

AR, VR을 접목시킨 과학 수업에 대한 영재 학생들의 인식을 분석한 결과, 학생들은 스마트 기기를 활용하지 않은 과학 수업과 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 긍정적인 인식을 보였다. 또한 강의식 수업인 일반적인 수업보다는 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 더 긍정적으로 인식하였다. 영재 학생들은 스마트 기기를 활용한 활동만을 진행하는 것에 대해서는 부정적으로 인식하였다. 시간과 환경을 모두 고려하였을 때 실제 실험이 가능한 여건이 된다면 가상 현실과 증강 현실 등의 스마트 기기를 활용한 수업보다는 실제 실험 수업을 더 긍정적으로 인식하였다. 따라서 스마트 기기를 활용한 수업 뿐 아니라 실제 실험 수업을 병행한 수업이 필요함을 알 수 있다. 그러나 코로나 19로 인하여 비대면 수업이 불가피한 상황에서는 실제 실험이 불가능하므로 AR, VR을 접목시킨 수업의 필요성을 간과할 수 없다.

결론 및 제언

본 연구에서는 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업 프로그램을 적용한 후 영재 학생의 과학적 태도에 미치는 영향 및 수업 만족도를 알아보았으며 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 영재 학생들의 인식을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 영재 학생들에게 과학적 태도 검사의 하위 영역 중 ‘과학 수업에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 직업적 관심’과 ‘과학 탐구에 대한 태도’ 영역을 사전 사후 설문을 실시한 후 비교 분석하였다. 그 결과 과학적 태도 검사의 3가지 하위 영역에서 모두 증가하는 양상을 보였다. 영재 학생들은 AR과 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업 프로그램으로 ‘과학 수업에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 직업적 관심’과 ‘과학 탐구에 대한 태도’를 증가시켰으며 다음 결과를 SPSS 프로그램으로 분석한 결과, 유의미한 차이($p < .05$)를 보였다. 또한 AR, VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대하여 높은 수업 만족도를 보였다. 이는 과학 수업 중 AR, VR을 활용한 활동을 동기 유발을 위한 도입 단계나 학생들의 흥미를 유발하기 위한 활동으로

사용 시 효과적일 수 있다.

둘째, 영재 학생들은 스마트 기기를 활용한 수업이 수업 시간의 단축, 안전성 및 수업 내용의 이해도가 증가한다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 애플리케이션의 완성도가 떨어지며 가상 현실 작동 시 어지러움을 느낀다는 점에서 부정적으로 인식하였다. 수업에 활용 가능한 애플리케이션 개발이 필요하며 AR 및 VR을 접목시킨 활동을 수업에 도입 시 적절한 시간 배분을 조절해야 한다.

셋째, 영재 학생들은 강의식 수업보다는 AR 및 VR을 접목시킨 스마트 기기를 활용한 수업에 대해 더 긍정적으로 인식하였다. 하지만 학교 현장에서 적용 시 학생들 통제의 어려움을 문제점으로 지적하였다. 수업에 잘 참여하지 않는 학생들에게는 흥미 유발을 시킬 수 있다는 점에서 효과적이지만 오히려 스마트 기기를 이용하여 수업과 무관한 행동을 하게 될 우려가 있다. 따라서 교사의 능력이 중요하게 작용된다.

본 연구의 제한점으로는 중학교 1~2학년 영재 학생일부만을 대상으로 진행하였으므로 일반화하기는 어려움이 있다. 차후 AR, VR을 접목시킨 수업을 더 많은 영재 학생이나 다른 학교급의 일반 학생, 예비교사, 현장 교사에게 적용 및 인식 조사 후 영재 학생과 인식을 비교하여 일반화할 필요가 있다. 이러한 제한점에도 불구하고 다음을 제안하고자 한다.

첫째, 스마트 기기를 활용한 긍정적인 측면을 최대한 활용한 프로그램 개발 및 수업 설계가 필요하다. 스마트 기기를 활용한 수업은 학생 개별적으로 작동하여 수업이 진행되므로 학생의 수준에 맞는 진행과 개별화가 가능하다는 점을 추후 수업에서 활용할 필요성이 있다.

둘째, 교육에 활용 가능한 애플리케이션 개발 시 원리보다는 직접 참여가 가능한 활동 위주의 애플리케이션 개발이 필요하다. 특히 시간이 오래 걸리거나 위험 요소로 현장에서 할 수 없는 실험이 가능한 애플리케이션을 개발할 필요가 있다. 또한 과도한 양을 학습하는 교육과정에서 수업 시간을 단축할 수 있다는 점은 향후 수업 프로그램을 개발과 교육과정 구성 시 효과적으로 활용될 수 있다.

셋째, 차기 2022 개정 교육과정을 대비한 후속 연구가 필요하다. 교육과정의 내용에 맞는 스마트 기기를 활용할 수 있는 내용과 소재에 대한 연구가 필요하다. 또한 교육과정의 수준을 넘어 적용한 본 연구에서 사용한 프로그램들이 중학교 자유학기제나 진로체험 등 다양한 수업에서 활용되도록 수업 프로그램을 개선하기 위한 후속 연구가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Yoo, M.; Kim, J.; Koo, Y.; Song, J. *The Journal of Educational Information and Media* **2018**, *24*, 459.
2. Ministry of Education (MOE). After COVID-19, for the Transition of Future Education Policy Tasks Sejong; Ministry of Education. 2020.
3. Auzma, R. T. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* **1997**, *6*, 355.
4. Park, H.; Sohn, E. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2020**, *20*, 725.
5. Hong, C.; Kim, Y. *Journal of the Korean Association for research in Science Education* **2010**, *4*, 80.
6. Ryu, H.; Park, H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2017**, *36*, 367.
7. Kim, W.; Choi, D.; Kwak, S.; Kim, H. *Journal of Science Education* **2019**, *43*, 271.
8. Kim, B. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology* **2019**, *9*, 21.
9. Kye, B.; Sin, H.; Kyon, M.; Kim, M.; Choi, M.; Baek, S. Post-COVID-19 response Edutech Trend Analysis for Future Education System Transition. 2020.
10. Park, J.; Gil, J. *KIPS Transactions on Software and Data Engineering* **2020**, *9*, 329.
11. Choi, Y. *Future Horizon* **2017**, *33*, 32.
12. Renzulli, J. S. *Gifted Child Quarterly* **1976**, *20*, 303.
13. Blurton, C. *School Science and Mathematics* **1983**, *83*, 654.
14. Chung, J. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* **2018**, *19*, 193.
15. Hill, O. W.; Pettus, W. C.; Hedin, B. A. *Journal of Research in Science Teaching* **1990**, *27*, 289.
16. Noh, H.; Choi, J. *Journal of Science Education for the Gifted* **2020**, *12*, 249.
17. Kang, K.; Kim, Y.; Lee, G. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented* **2018**, *17*, 155.
18. Jung, H.; Sin, Y.; Cho, S., *Journal of Gifted/Talented Education* **2013**, *23*, 215.
19. Kim, E.; Kim, H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2022**, *66*, 96.
20. Fraser, B. J. *Science Education* **1978**, *62*, 509.
21. Yu, J.; Kwon, C. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2009**, *28*, 361.
22. Kim, J.; Hong, S. *The Environmental Education* **2015**, *28*, 178.
23. Park, H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2020**, *39*, 307.
24. Yun, H.; Choi, S. *Journal of Science Education* **2015**, *39*, 321.
25. Kwon, S.; Lee, Y.; Choi, S.; Kwon, Y. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2018**, *18*, 585.
26. Ryoo, S.; Kang, T. *Educational Research Institute* **2018**, *72*, 101.
27. Kim, T.; Go, J. *The Journal of Educational Information and Media* **2019**, *25*, 99.
28. Choi, Y.; Moon, Y. *The Korean Journal of Animation* **2015**, *11*, 85.