Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

물질의 입자성 개념에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략의 개발과 적용

이재원[1], 박가영[2], 노태희[2*]
[1]한국교육과정평가원, [2]서울대학교

Development and Application of the Multiple Representation-Based Learning Strategies Using Augmented Reality on the Concept of the Particulate Nature of Matter

Jaewon Lee[1], Gayoung Park[2], Taehee Noh[2*]
[1]Korea Institute for Curriculum and Evaluation, [2]Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 May 2020
Received in revised form
5 June 2020
13 July 2020
Accepted 14 July 2020

Keywords:
augmented reality,
multiple representation-based learning,
particulate nature of matter

ABSTRACT

In this study, we investigated the effects of the multiple representation-based learning strategies using augmented reality in terms of students' conceptual understanding, achievement, and enjoyment of science lessons. 136 8th-grade students in a coed middle school were randomly assigned to the treatment and the control group. The students learned the concept of the particulate nature of matter related to the properties of substances for four class periods. The multiple representation-based learning strategies designed to facilitate the connecting and integrating representations provided from augmented reality were developed and administered to the students of the treatment group. Results of two-way ANCOVA revealed that the scores of a conceptions test and enjoyment of science lessons test of the treatment group were significantly higher than those of the control group, regardless of their prior science achievement. In a conceptions test, there was a significant difference in the concept of preservation of particles. However, the difference was not statistically significant in the concept of distribution and motion of particles. In terms of an achievement test, there was a significant interaction effect by their prior science achievement. The scores of low-level students were significantly improved, but the effects were not significant to high-level students. On the bases of the results, educational implications for effective teaching and learning using augmented reality are discussed.

Ⅰ. 서론

물질의 입자성은 화학 반응과 기체 법칙 등 과학 교과의 중요한 개념을 설명하고, 거시적 수준에서 일어나는 현상과 원리를 체계적으로 이해하는 데 필수적인 기초 개념이다(Merritt & Krajcik, 2013; Rappoport & Ashkenazi, 2008). 물질의 입자성 개념을 이해하기 위해서는 눈에 보이지 않는 미시적 대상에 대한 추상적 사고 등 형식적 조작 수준의 높은 사고력이 필요하므로(Park, Park, & Kang, 2013), 학생들은 물질의 입자성 개념과 관련하여 다양한 오개념을 가지고 있는 경우가 많다(Adadan, Irving, & Trundle, 2009; ; Yoon & Lee, 2014; Yoon & Woo, 2007). 이에 우리나라의 교육과정은 학생들이 물질의 입자성을 쉽게 이해할 수 있도록 먼저 실험과 관찰을 통해 눈으로 직접 관찰할 수 있는 거시적 수준의 개념을 학습하고, 입자 그림이나 애니메이션 등을 통해 이와 관련된 미시적 수준의 현상을 학습하도록 구성되어 있다(MOE, 2015). 그러나 과학 개념은 다양한 위계에서 종합적으로 사고해야 체계적으로 이해할 수 있으므로(Duschl, Maeng, & Sezen, 2011; Noh *et al*., 2016; Wu, 2003), 이와 같이 거시적 또는 미시적 수준의 개념을 각각 학습하는 방식은 학생들에게 어려움을 유발할 수 있다. 실제로 용액의 온도가 낮아지면 용해도에 따라 고체 용질이 석출됨을 이해하는 학생들도 이를 입자 그림으로는 올바르게 나타내지 못하는 등, 거시적 수준에서의 개념 이해가 미시적 수준에서의 이해와 부합하지 않는 경우가 많은 것으로 보고되고 있다(Lee, Lee, & Noh, 2018). 따라서 학생들의 거시적 수준과 미시적 수준에서의 통합적 이해를 촉진하여 물질의 입자성 개념을 지도할 방안을 탐색할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 증강현실(augmented reality)의 매체적 특징에 주목하였다. 증강현실은 현실 세계에 컴퓨터 그래픽을 통해 구현된 3차원의 가상객체를 실시간으로 증강하여 표현하는 멀티미디어 기술이다(Jang & Kye, 2007). 가상객체는 현실 세계와 연관된 정보를 무엇이든 자유롭게 표현할 수 있으므로 교육 분야의 활용에도 잠재력이 크다. 과학교육 분야의 경우, 증강현실은 자석 주위의 자기력선을 시각적으로 표현하거나(Ibáñez *et al*., 2014) 사람의 몸속 장기의 모습을 표현하는 등(Ryu & Park, 2017), 주로 눈에 보이지 않는 대상을 시각화하는 도구로 유용하게 활용되고 있다. 같은 맥락에서 물질의 입자성 개념 학습에 증강현실을 적용하면, 눈으로 관찰할 수 있는 거시적 대상 위에 입자 모형을 가상객체로 증강시켜 실시간으로 표현하는

* 교신저자 : 노태희 (nohth@snu.ac.kr)
** 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-S1A5B5A07091649).
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.4.375

것이 가능하다. 이는 학생들에게 관찰 대상에 대해 눈에 보이는 것이 전부가 아니며, 연구자의 관점이나 관찰 방법에 따라 같은 대상이라도 다양하게 바라볼 수 있다는 과학의 본성(nature of science)을 자연스럽게 경험할 기회를 제공한다는 점에서 특별한 장점이 있다(Lim, 2012). 또한, 증강현실은 학생들이 동영상과 같은 일반 멀티미디어 매체보다 더욱 깊은 현존감과 몰입감, 흥미를 느낄 수 있도록 하여 학생의 개념 이해와 학업 성취도 향상, 학습에 대한 동기와 즐거움 촉진 등에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Ibáñez *et al*., 2014; Lee *et al*., 2010; Lu & Liu, 2015; Ryu & Park, 2017). 그러므로 증강현실은 학생들이 물질의 입자성 개념 학습에 몰입하며 거시적 수준과 미시적 수준에서 일어나는 현상을 자연스럽게 통합적으로 사고할 수 있도록 유도하는 효과적인 교수학습 도구가 될 수 있다.

그러나 증강현실을 그림 및 동영상 등과 같이 전통적으로 과학 교수학습에 사용해오던 교수학습 도구를 단순히 대체한 수준에서 사용하거나, 학생의 흥미 유발을 위한 도구로 활용하는 것만으로는 충분치 않다. 이는 증강현실의 매체적 특징과 관련이 있는데, 증강현실은 현실 세계와 가상객체의 정보를 동시에 제공하므로 학생들이 인지적인 부담이나 어려움을 겪을 수 있고(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Munoz-Cristobal *et al*., 2014), 컴퓨터 그래픽으로 구현되는 가상객체에만 주목하여 현실 세계가 제공하는 유의미한 정보를 충분히 인지하지 못할 가능성도 있다(Bacca *et al*., 2014). 또한, 학생들이 콘텐츠의 내용보다는 증강현실 자체에 주목함으로써 학생들의 주의가 분산될 수 있으며, 전통적 교수학습 매체보다 학생들이 증강현실에 익숙해지기 위한 시간이 많이 필요하다는 점도 지적되고 있다(Gavish *et al*., 2015). 이상의 선행연구 결과를 바탕으로 과학 수업에서 증강현실을 활용할 때뿐 아니라, 활용 전후에도 증강현실의 매체적 특징을 고려한 수업 활동이 적절히 도입될 필요성을 제기할 수 있다. 그러나 지금까지 과학 교과에서 증강현실을 활용한 연구는 초기 단계로, 증강현실의 효과를 다양한 측면에서 탐색한 연구가 대부분이고 증강현실을 교수학습 전략의 측면에서 어떻게 활용해야 더욱 효과적인지에 대한 논의는 미흡한 편이다(Akçayır & Akçayır, 2017). 따라서 증강현실의 매체적 특징에 대한 고찰을 바탕으로, 과학 수업에서 증강현실의 활용 효과를 극대화할 수 있는 교수학습 전략이나 교사용 지침을 마련할 필요가 있다.

이를 위한 방법으로, 교사가 학생에게 두 개 이상의 표상을 동시에 제공하는 다중 표상 학습(multiple representation-based learning; Van Someren *et al*., 1998) 이론을 고려할 수 있다. 표상이란 교사가 어떤 현상이나 개념을 설명하기 위해 사용하는 표, 그림, 영상, 실험, 모형 등의 정보를 의미하는데(Kang, 2006), 다중 표상의 관점에서 보면 증강현실은 현실 세계와 가상객체를 통하여 최소 두 가지의 서로 연계된 표상을 동시에 제공하는 도구로 볼 수 있다(Sayed, Zayed, & Sharawy, 2011). 따라서 증강현실을 활용한 과학 수업에 다중 표상 학습 이론을 적용하면 서로 연계된 여러 표상을 증강하여 실시간으로 제공하는 증강현실의 매체적 특성을 적극적으로 활용함으로써 학생들의 목표 개념에 관한 여러 수준에서의 통합적 이해를 촉진할 수 있을 것으로 기대된다(Ainsworth, 2008). 하지만 지금까지 과학 교과에서 다중 표상 학습에 관한 연구가 일부 이루어져 왔음에도(Kang, Kim, & Noh, 2005; Nam, Lee, & Nam, 2012; Noh, Kang, & Lee, 2006; Van Meter & Garner, 2005), 증강현실을 활용한 다중 표상 학습에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

한편, 우리나라에서 물질의 입자성 개념은 초등학교 수준에서는 정성적으로만 다루고, 중학교 수준에서 입자의 보존, 분포 및 운동과 같은 개념을 구체적으로 다루고 있다. 특히 중학교 2학년 과학의 '물질의 상태' 단원에서는 용해도, 녹는점, 끓는점, 밀도 등의 개념을 중심으로 실험을 통해 거시적으로 나타나는 현상을 관찰하고, 이를 입자 그림을 통해 미시적 입자 관점에서 해석하는 활동을 하고 있으므로 증강현실을 활용한 다중 표상 학습을 적용하기에 적절하다고 할 수 있다. 이에 이 연구에서는 중학교 2학년 물질의 특성 단원을 중심으로 물질의 입자성 개념에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습을 실시하고, 입자성에 대한 개념 이해도, 학업성취도 및 과학 수업에 대한 즐거움의 측면에서 그 효과를 조사하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자 및 절차

가. 연구 참여자

경기도에 소재한 남녀 공학 중학교 한 곳의 6개 반에서 연구 참여에 자발적으로 동의한 2학년 학생 166명(남학생 81명, 여학생 85명)이 연구에 참여하였다. 연구자는 무작위로 3개 반을 선정하여 각각 통제 집단(84명)과 처치 집단(82명)에 무선 배치하였다. 담당 과학교사의 협조를 구하여 학생들의 사전 과학 성취 수준을 상위(65명)와 하위(101명)의 두 단계로 구분하였다. 연구자는 학생들의 개인정보 보호를 위하여 담당 과학교사가 직전 학기 과학 성적을 기준으로 학생들의 성취 수준을 상위, 하위의 두 단계로 구분하고 임의의 ID로 부호화한 자료를 제공받아 활용하였다. 이중에서 한 가지 이상의 사전 또는 사후 검사에 무응답을 한 불성실한 참여자 30명을 제외하고 136명(남학생 68명, 여학생 68명)의 응답을 분석하였다. 연구 참여자 중 통제 집단은 72명, 처치 집단은 64명이었으며, 사전 과학 성취 수준을 기준으로 상위 학생은 59명, 하위 학생은 77명이었다. 각 집단별 연구 참여자 수를 Table 1에 제시하였다.

모든 사전・사후 검사와 수업 처치는 연구 참여 학교에 근무 중인 과학교사 2명이 나누어 담당하였다. 과학교사 중 한 명은 화학교육을 전공한 경력 1년의 초임 교사이고, 다른 과학교사는 지구과학교육을 전공한 경력 15년의 교사이다. 두 교사 모두 최종 학위는 학사였으며, 연구 참여 이전에 증강현실을 활용한 수업을 하였거나 교사 연수 등을 통해 관련 교육을 받은 경험은 없었다. 연구자는 과학 교사들에게 증강현실 어플리케이션과 활동지, PPT, 교사용 수업 지도안 등 일체의 교수・학습 자료를 미리 제공하고, 연구자 2명과 과학교사 2명이

Table 1. The numbers of the participants by the level of the prior science achievement

	Control group	Experimental group	Total
High	28 (20.6)	31 (22.8)	59 (43.4)
Low	44 (32.4)	33 (24.3)	77 (56.6)
Total	72 (52.9)	64 (47.1)	136 (100.0)

참여한 사전 협의를 수차례 거치며 교사들이 연구 내용과 교수 방법 및 지침 등을 숙지하도록 하였다. 또한, 연구자 중 1인이 교대로 모든 수업을 참관하고 수업 처치가 계획대로 이루어지는지 점검하였으며, 매 차시 수업 후 교사와 활발히 의견을 교환함으로써 최대한 교사에 의한 차이가 발생하지 않도록 노력하였다.

나. 연구 절차

모든 연구 참여자를 대상으로 개념 이해도, 학업 성취도 및 과학 수업에 대한 즐거움에 관한 사전 검사를 실시하였다. 약 1주 후 중학교 2학년 '물질의 특성' 단원의 순물질과 혼합물, 용해도, 녹는점과 끓는점 개념에 대해 약 3주 동안 총 5차시에 걸친 수업을 진행하였다.

처치 집단에서는 학생들이 연구 상황 및 증강현실을 활용한 수업에 익숙해지도록 증강현실 어플리케이션의 활용 방법에 관한 오리엔테이션을 포함한 연습 수업 1차시를 순물질과 혼합물 개념에 대해 실시하였다. 이후 용해도, 녹는점과 끓는점 개념에 대해 각각 2차시씩 총 4차시 동안 증강현실 활용한 다중 표상 학습 전략이 적용된 수업을 실시하였다. 모든 수업은 학생들을 4인 1조의 소집단으로 편성한 후 진행하였다. 이때 담당 교사의 협조를 구하여 소집단마다 직전 학기 성적을 기준으로 상위와 하위 학생 각각 2명을 포함한 이질 집단을 구성하였다. 각 조마다 연구자가 직접 개발한 증강현실 어플리케이션이 설치된 스마트 기기와 조별 활동지를 각각 2세트씩 제공하였으며, 별도로 각 학생에게 활동 결과를 기록할 수 있는 개별 활동지를 제공하였다.

통제 집단에서는 교사의 판서와 개별 활동지를 활용한 전통적인 강의식 수업을 실시하였다. 통제 집단의 개별 활동지 및 수업 내용은 기본적으로 처치 집단과 동일하게 구성하였으나, 물질의 특성과 관련한 입자 개념은 증강현실 대신 교과서나 개별 활동지에 제시된 입자 그림을 활용하여 학습하도록 하였다. 또한, 처치 집단의 학생들이 1차시에 오리엔테이션 활동을 하거나 2-5차시에 증강현실을 활용한 다중 표상 전략에 따른 추가적인 활동을 할 때 통제 집단의 학생들은 개별 활동지에 제시된 연습 문제를 풀고 교사의 설명을 듣는 활동을 하였다. 모든 수업 처치가 끝난 후에는 모든 연구 참여자를 대상으로 물질의 특성 관련 개념에 관한 개념 이해도, 학업 성취도 검사 및 과학 수업에 대한 즐거움에 관한 사후 검사를 실시하였다.

2. 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략

증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략을 효과적으로 구현하기 위하여 연구자가 직접 안드로이드 운영체제(Android OS) 기반의 스마트 기기용 증강현실 어플리케이션을 개발하였다. 증강현실의 구성요소 중 학생들이 스마트 기기의 카메라로 비추는 현실 세계의 대상인 물리적 마커(physical marker)는 목표 개념과 관련한 실험 상황을 촬영한 사진으로 하였고, 스마트 기기의 화면상에서 물리적 마커에 증강되어 나타나는 가상객체(virtual object)는 실험 상황에 적합한 3차원의 입자 모형으로 하였다. 즉, 다중 표상 학습의 관점에서 증강현실의 물리적 마커는 거시적 수준의 표상으로, 가상객체는 미시적 수준의 표상으로 동시에 제공되도록 하였다. 현직 과학교사 3인으로부터 과학 및 교육적 측면에 대한 피드백을 받아 어플리케이션을 수정 및 보완하였으며, 증강현실 프로그래밍 전문가 1인으로부터 개발한 증강현실 어플리케이션의 기술적 안정성에 대하여 검토 받았다. 증강현실 어플리케이션의 개발 플랫폼은 Unity 2.1을 사용하였고, 가상객체의 모델링은 3ds Max 2017을 사용하였다. 또한, 담당 과학교사의 협조를 얻어 연구 참여 학교가 활용하는 과학교과서와 지도서, 기존에 사용하던 수업 자료 등을 수집한 후, 학생들이 학습한 내용과 수준을 파악하였다. 이후 수업에 활용한 활동지와 교사용 수업 지도안, PPT 등 필요한 교수학습 자료 일체를 개발하였으며, 이 과정에서 과학교육 전문가 2인과 현직 과학교사 3인이 참여한 수차례의 세미나를 통해 내용의 타당성 및 교육과정의 적절성을 점검받았다.

1차시는 연습 차시로서 먼저 증강현실의 기본적인 개념과 증강현실 어플리케이션의 사용 방법을 익히는 오리엔테이션을 실시한 후, 순물질과 혼합물 개념의 정의를 학습하고 주변의 물질을 순물질과 혼합물로 구별하는 활동을 하였다. 학생들은 스마트 기기의 카메라로 순물질과 혼합물을 대표하는 물과 설탕물이 각각 담겨있는 비커 사진을 비추며, 그 위에 증강되어 나타나는 물 입자와 설탕 입자를 관찰하는 활동을 하였다.

2-5차시는 본 수업 차시로서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습을 실시하였다. 이를 위해 다중 표상 학습 및 증강현실과 관련한 선행연구를 체계적으로 분석한 결과를 바탕으로 증강현실의 활용 효과를 극대화하도록 수업 과정을 설계하였다. 예를 들어, 증강현실의 물리적 마커가 그 자체로는 유의미한 정보를 전달하지 않고 가상객체를 불러오는 역할만을 담당하는 경우에는 현실 세계와 가상객체의 자연스러운 혼합이라는 증강현실의 매체적 장점(Kye, Kim, & Ryu, 2007)이 제한될 수 있다. 이에 이 연구에서는 다중 표상 학습 이론을 적용하여 증강현실의 물리적 마커가 눈으로 관찰할 수 있는 실험 상황에 관한 거시적 표상을 제공하고, 가상객체가 물질의 입자성에 관한 미시적 표상을 제공함으로써 서로 다른 수준의 표상에 대한 정보를 제공하였다. 또한, 학생들이 동시에 여러 가지 표상을 볼 때 느낄 수 있는 인지적 부담을 최소화하고, 동시에 가상객체에만 집중할 때 발생할 수 있는 물리적 마커에 대한 무주의 맹시(inattentional blindness; Simons & Chabris, 1999) 현상을 방지함으로써 학생들이 물리적 마커와 가상객체 모두에 충분한 주의를 기울일 수 있도록, 먼저 물리적 마커를 관찰하고 이후 증강현실을 활용하여 물리적 마커와 가상객체를 함께 관찰하도록 하였다.

한편, 다중 표상 학습 상황에서는 동시에 여러 가지 표상이 제시되므로 학생들이 한 가지 표상을 해석하는 과정에서 발생한 오류가 다른 표상의 해석에 영향을 미칠 수 있고, 각 표상을 올바르게 해석하더라도 제시된 표상 사이의 관계를 해석할 때 잘못된 전이나 이해와 같은 연계 오류가 발생할 수도 있다(Kang, 2006; Kang, Shin, & Noh, 2008). 이에 이 연구에서는 다중 표상 학습에 관한 선행 연구(Kang, 2006; Kang, Kim, & Noh, 2008)를 참고하여 학생들이 증강현실을 활용하여 각 표상에서 관찰할 수 있는 특징을 파악한 후, 표상 사이의 연계 오류를 감소시키고 표상들 사이의 올바른 연계와 통합 과정을 촉진하는 활동을 도입하였다.

구체적인 수업 활동은 다음과 같은 단계를 거쳐 구성하였다. 첫째, 증강현실을 활용하기 전에 목표 개념과 관련한 실험 장면을 촬영한 사진을 실험과 관련한 표 또는 그래프와 함께 분석하고 논의하는 활동을 하였다. 이는 학생들이 활동지를 통하여 목표 개념에 관한 거시적

수준과 상징적 수준의 표상을 충분히 관찰하고 인지하도록 하기 위함이다. 둘째, 학생들에게 스마트 기기를 나누어 준 후, 증강현실을 활용하여 앞서 살펴본 실험 사진 위에 증강되어 나타나는 입자 모형을 관찰하는 활동을 하였다. 이때 학생들은 거시적 표상과 미시적 표상을 함께 관찰하고 그 결과를 활동지에 글과 그림으로 정리하는 활동을 하였으며, 교사는 학생들이 다양한 탐색 활동을 능동적으로 수행할 수 있도록 최소한으로 학생들의 활동에 개입하였다. 셋째, 다중 표상 학습에서 발생할 수 있는 연계 오류를 감소시키기 위한 활동의 일환으로, 정리한 내용을 바탕으로 눈으로 직접 관찰할 수 있는 거시적 현상과 눈에 보이지 않는 미시적 입자 사이의 관계를 연결 짓는 활동을 하였다. 넷째, 자신이 속한 조의 활동 결과를 다른 조원들과 공유하고 서로 다른 점이 있다면 원인을 함께 논의하는 활동을 하였으며, 이때 교사는 학생들이 발표한 내용을 정리하며 이를 물질의 특성 개념과 연결 지어 설명하였다. 차시별 구체적인 활동은 다음과 같다.

2-3차시에는 용해도 개념을 학습하였다. 연구자는 10℃, 37℃, 60℃로 서로 다른 온도의 물 250g에 일정량의 포도당을 용해시키는 실험을 직접 수행한 후, 60℃에서는 모든 포도당이 용해되어 있지만 37℃와 10℃에서는 포도당 일부가 가라앉아 있는 실험 사진을 준비하였다. 학생들은 활동지에 제시된 실험 사진과 내용, 포도당의 용해도 곡선을 보며 거시적 수준에서 일어난 현상을 관찰하고 논의하였다. 이후 학생들은 증강현실을 활용하여 제시된 실험 사진 위에 증강되어 나타나는 입자를 관찰하며, 물과 포도당 입자의 개수, 분포, 움직이는 방향, 상대적인 빠르기 등을 활동지에 제시된 표에 기록하였다. 또한, 포도당이 용해되기 전 물속에 가라앉아 있는 상황과 완전히 용해되고 난 후의 상황을 입자 그림으로 묘사하는 활동을 하였다. 이후 학생들은 거시적 수준의 현상과 증강현실을 통해 관찰한 미시적 입자 수준의 현상 사이의 관계를 서로 연결 짓는 활동을 하였다. 이때, 교사는 학생들의 이해를 돕기 위해 '온도가 높아지면 물에 녹지 않고 가라앉아 있는 포도당의 양이 적어진다. 이때 바닥에 가라앉아 있는 입자의 개수도 적어진다.'와 같이 구체적인 예를 제시하였고, 활동지에는 학생들이 활용할 수 있는 거시적 수준과 미시적 수준의 표현들을 보기로 제시하였다. 학생들은 소집단 내에서 토의하며 연결 짓기 활동의 결과를 문장으로 기록하였다. 이후 조별 발표를 통하여 소집단 내의 토의 결과를 공유하고 교사와 함께 정리하며 활동을 마무리하였다. 학생들이 용해도 개념을 학습할 때 사용했던 활동지와 증강현실 콘텐츠의 예시를 Figure 1에 제시하였다.

4-5차시에는 녹는점과 끓는점 개념을 학습하였다. 연구자는 학생들이 서로 다른 순물질의 녹는점과 끓는점의 차이를 비교할 수 있도록 -20℃, 20℃, 80℃에서 각각 고체와 액체 또는 액체와 기체 상태로 존재하는 물과 에탄올 사진을 제시하였고, 다음으로 순물질과 혼합물의 상태 변화와 끓는점의 차이를 비교할 수 있도록 끓는점에서 시간에 따른 물과 포도당 용액의 사진을 제시하였다. 활동지에는 실험 사진과 내용, 물과 에탄올 및 물과 포도당 용액의 녹는점과 끓는점을 각각 나타낸 그래프를 제시하였다. 이후의 활동은 용해도 개념에 대한 2-3차시 수업과 같은 흐름으로 구성하였다.

3. 검사 도구

개념 이해도 검사로 입자 개념에 대한 학생들의 이해도를 조사하였다. 사전 검사에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 중학교 1학년 '물질의 상태 변화' 단원에서 다루는 입자의 기초 개념에 대한 이해 수준을 조사하였다. 10개의 입자로 된 고체 물질의 입자 그림을 제시한 다음, 이 물질이 액체 및 기체 상태가 되었을 때의 입자 그림을 각각 그리고 입자의 개수, 분포와 운동 등을 자세히 설명하도록 하였다. 사후 검사는 학생들의 입자 개념을 조사한 선행 연구(Lee, Lee, & Noh, 2018; Noh & Scharmann, 1997)를 참고하여 목표 단원인 중학교 2학년 '물질의 특성' 단원의 주요 개념인 녹는점, 끓는점, 용해도 개념에 관하여 제시된 상황을 입자 그림으로 나타내는 3문항으로 구성하였다. 사후 검사 문항에서 제시한 구체적인 상황은 Table 2과 같다.

학생의 답안 작성 의도를 구체적으로 파악하고자 문제 상황에 따른

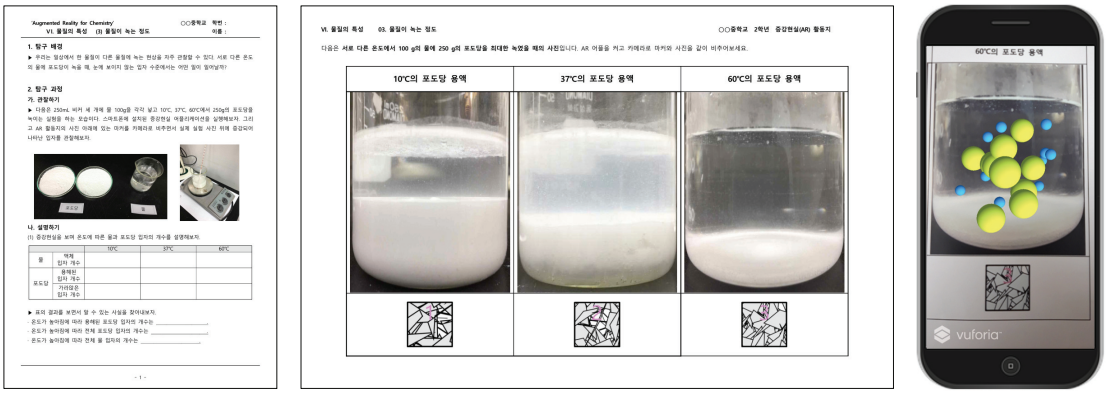

Figure 1. Examples of worksheet and augmented reality contents

Table 2. Contents of post-conceptions test

Target concept	Contents
Solubility	설탕의 용해도 곡선을 제시한 후, 80℃의 설탕 포화 용액의 온도를 20℃까지 낮추어 설탕의 일부가 석출된 상황
Melting point	시간에 따른 온도 그래프를 제시한 후, 고체 상태의 어떤 물질을 가열하여 액체 상태로 변화하는 녹는점에 있을 때의 상황
Boiling point	산소와 질소의 끓는점을 제시한 후, 20℃의 피스톤 안에 동일한 양의 산소 기체와 질소 기체를 함께 넣고 일정한 압력에서 온도를 -190℃로 낮추었을 때의 상황

물질의 거시적 상태 또는 물질에서 일어나는 현상을 간략히 쓰고, 입자의 배열과 상태 등을 고려하여 입자의 모양과 크기, 개수, 분포, 운동 등을 자세히 설명하도록 하였다. 개념 이해도 검사의 채점은 학생들의 응답을 입자의 보존, 분포 및 운동 측면으로 세분하여 분석한 다음, 각각의 하위 개념에 포함된 오개념의 수와 특징을 고려하여 보존에 대해 최대 1점, 분포 및 운동에 대해 최대 1점으로 각각 부분 점수를 부여하여 합산하는 방법으로 실시하였다(Noh & Scharmann, 1997). 개념 이해도 검사의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 사전 및 사후 검사에서 각각 .69와 .79이었다.

학업 성취도 검사 중 사전 검사는 학생들이 직전 학기에 학습한 중학교 2학년의 '물질의 구성' 단원에서 2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준에 따라 물질의 기본 성분, 물질의 구성 입자, 전하를 띠는 입자 등을 주제로 총 10문항으로 구성하였다. Bloom의 교육 목표 분류에 따른 행동 영역은 지식 2문항, 이해 4문항, 적용 4문항으로 개발하였고, 내용 영역별 문항 수는 수업 시간에 근거하여 배당하였다. 10문항 중 9문항은 5개의 답안 중 하나를 선택하는 방식으로 구성하였고, 1문항은 이온화된 원소의 전자와 전하수를 나타내는 주관식 문항으로 구성하였다. 사후 검사는 목표 단원인 중학교 2학년 '물질의 특성' 단원에서 교육과정의 성취기준에 따라 녹는점과 끓는점, 용해도 등의 목표 개념을 주제로 문항을 구성하였다. 행동 영역 및 내용 영역별 문항 수는 사전 검사와 같게 구성하였다. 개발된 개념 이해도 및 학업 성취도 검사지는 과학교육 전문가 2인과 중등학교 화학 교사 3인으로부터 내용 타당도를 검증받았다. 학업 성취도 검사의 채점은 각 문항에 1점을 부여하여 10점 만점으로 산출하였다. 이 연구에서 학업 성취도 검사의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 사전 및 사후 검사에서 각각 .63과 .74이었다.

과학 수업에 대한 즐거움 검사는 사전 검사와 사후 검사 모두 과학에 대한 태도 검사(test of science related attitude; Fraser, 1981) 중에서 '과학 수업의 즐거움' 영역의 10문항을 국문으로 번역한 후, 과학 교육 전문가 2인에게 번역의 적절성을 점검받아 사용하였다. 이 검사지의 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 구성되어 있으며, 점수는 전체 문항에 대한 리커트 척도의 평균값으로 산출하였다. 과학 수업에 대한 즐거움 검사의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 사전 및 사후 검사에서 각각 .93과 .78이었다.

4. 분석 방법

증강현실을 활용한 다중 표상 학습의 효과를 조사하기 위한 통계 분석에서는 먼저 공변량 분석의 기본 가정인 공변인과 종속변인의 상관성, 정상성과 동변량성, 등회귀선을 점검한 후, 2×2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 이때 독립변인은 수업 처치이며, 공변인과 종속변인은 개념 이해도 검사, 학업 성취도 검사, 과학 수업에 대한 즐거움 검사에 대한 사전 검사와 사후 검사 점수를 각각 활용하였다. 구획 변인은 상하로 구분한 학생들의 사전 과학 성취 수준으로 하였다. 개념 이해도 검사에서는 전체 점수뿐만 아니라 입자의 보존 개념과 분포 및 운동 개념의 점수에 대해서도 각각 이원 공변량 분석을 시행하였다. 또한, 분석 결과 수업 처치와 사전 성취 수준 사이에 통계적으로 유의미한 상호작용 효과가 있을 경우 추가로 단순 효과 검증을 시행하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS statistics 23 프로그램을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 개념 이해도에 미치는 효과

개념 이해도 검사에 대한 평균과 표준 편차, 교정 평균을 Table 3에 제시하였고, 이원 공변량 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. 분석 결과, 개념 이해도에서 수업 처치의 주 효과가 나타났으나($p<.05$), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, 사전 성취 수준과 무관하게 처치 집단의 교정 평균 점수가 전통 집단의 교정 평균 점수보다 높았다. 이는 학생들의 사전 성취 수준과 무관하게 증강현실을 활용한 다중 표상 학습이 전통적인 학습에 비해 입자 개념 이해에 더 효과적이라는 것을 의미한다.

거시적, 미시적, 상징적 수준의 외적 표상들은 학생들에게 각각 다른 정보를 제공함으로써 서로 다른 인지 과정을 유도한다(Ardac & Akaygun, 2005; Cha, Kim, & Noh, 2004). 이에 이 연구에서는 학생들이 증강현실을 통해 여러 외적 표상을 동시에 관찰할 때 느낄 수 있는 인지적 부담을 줄일 수 있도록 증강현실을 활용하기 전에 학생들에게

Table 3. Numbers of the subjects, means, standard deviations, and adjusted means of the conception test scores by the level of the prior science achievement

	Control group			Experimental group		
	n	M (SD)	Adj. M	*n*	M (SD)	Adj. M
High	28	2.75 (1.76)	2.42	31	3.32 (1.62)	3.33
Low	44	1.39 (1.56)	1.77	33	2.21 (1.49)	1.97
Total	72	1.92 (1.76)		64	2.75 (1.64)	

Table 4. Results of two-way ANCOVA on the conception test scores

Source of variation	df	MS	F	p
Treatment	1	10.190	4.772	.031*
Level	1	32.211	15.084	.000***
Treatment × Level	1	3.729	1.746	.189

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

목표 개념에 관한 거시적, 상징적 표상을 먼저 제시하였다. 그리고 증강현실을 활용하여 목표 개념과 관련된 실험 상황에 관한 거시적 표상과 입자에 관한 미시적 표상을 동시에 관찰한 후에는 증강현실을 통해 관찰한 여러 수준의 표상들을 통합적으로 고려하고 연계할 수 있도록 설계된 논의 활동을 수행하였다. 이러한 일련의 활동을 통해 처치 집단의 학생들은 단순히 물질의 특성과 관련한 여러 수준의 외적 표상들을 각각 학습한 통제 집단의 학생들보다 효과적으로 물질의 특성과 관련한 입자 개념을 학습할 수 있었던 것으로 보인다.

증강현실을 활용한 다중 표상 학습이 학생들의 개념 이해에 미치는 영향을 구체적으로 분석하고자, 입자의 하위 개념에 관하여 각각 이원 공변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 학생들의 입자 개념 중 보존에 대해서는 수업 처치의 주 효과가 나타났으나(MS=3.471; F=4.343; p=.039), 분포 및 운동에 대해서는 수업 처치의 주 효과가 나타나지 않았다(MS=2.016; F=2.775; p=.098). 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 모든 경우에서 나타나지 않았다(p>.05). 이는 증강현실을 활용한 다중 표상 학습이 사전 성취 수준과 무관하게 입자의 분포 및 운동 개념보다는 보존 개념에 대한 이해에 더 큰 효과를 미쳤음을 의미한다.

용해와 용액 개념에 대한 학습 발달과정(learning progression)을 조사한 선행연구(Noh *et al*., 2016)에서 입자의 보존은 균일 분포보다 상위 개념으로 분석되었고, 물질의 특성 개념에 대한 거시적·미시적 수준에서의 개념 이해 수준을 비교한 선행연구(Lee, Lee, & Noh, 2018)에서도 학생들은 복잡한 상태 변화 상황에서 입자의 분포보다는 보존을 더욱 올바르게 고려하지 못하는 것으로 나타났다. 이를 고려할 때, 물질의 특성 관련 개념 중 학생들의 보존 개념 이해가 유의미하게 향상되었다는 것은 주목할 만한 결과라 할 수 있다. 그러나 입자의 분포 및 운동의 이해에 대해서는 유의미한 차이가 나타나지 않았으므로, 이에 대한 이해를 높이기 위한 방안이 필요할 것이다.

2. 학업 성취도에 미치는 효과

학업 성취도 검사에 대한 각 집단의 평균, 표준 편차, 교정 평균과 이원 공변량 분석 결과를 각각 Table 5와 Table 6에 제시하였다. 분석 결과, 수업 처치의 주 효과는 나타나지 않았으나(p>.05), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과가 통계적으로 유의미하게 나타났다(p<.05). 이는 학업 성취도의 측면에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습의 효과가 학생들의 사전 성취 수준에 따라 다르게 나타났다는 것을 의미한다. 학생들의 사전 성취 수준에 따른 증강현실을 활용한 다중 표상 학습의 효과를 각각 조사하는 단순 주 효과 검증을 실시한 결과, 상위권 학생들은 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 약간 낮았지만 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았고(p>.05), 하위권 학생들은 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 높았으며 그 차이도 통계적으로 유의미하였다(p<.05). 즉, 증강현실을 활용한 다중 표상 학습은 상위권의 학업 성취도 향상에는 효과가 없는 반면, 하위권의 학업 성취도 향상에만 유의미한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

2015 개정 교육과정을 적용받는 중학생들은 1학년의 '물질의 상태 변화' 단원에서 기초 입자 개념을 학습한 후, 2학년의 '물질의 특성' 단원에서는 물질의 입자성과 관련한 미시적 개념뿐만 아니라 물질의 특성을 관찰할 수 있는 실험과 관찰, 생활 속의 예시, 용해도의 계산과 그래프 해석 등 거시, 미시, 상징적 수준을 아우르는 다양한 개념을 학습한다. 이때 거시적 수준에서의 현상은 미시적 입자들의 운동이나 다양한 상호작용의 결과로 설명되므로, 물질의 입자성 개념은 미시적 수준의 개념뿐 아니라 거시적, 상징적 수준의 개념 이해에도 필수적이다(Ainsworth, 2008; Rappoport & Ashkenazi, 2008). 따라서 기초 입자 개념에 대하여 오개념 혹은 불완전한 개념을 가지고 있을 가능성이 큰 하위권 학생들은 물질의 특성 관련 개념의 학습에도 어려움을 겪을 수 있다. 하지만 처치 집단의 하위권 학생들은 증강현실을 활용한 다중 표상 학습을 통해 물질의 입자성 개념을 효과적으로 학습할 수 있었고, 이것이 물질의 특성 단원에서 학업 성취도의 향상으로 이어졌을 가능성이 있다.

또한, 증강현실을 활용한 수업에서는 물리적 마커와 가상객체의 조작 활동을 수반하는 면대면 학습이 주로 이루어지기 때문에 학생 사이의 상호작용이 촉진된다(Akçayır & Akçayır, 2017; Park, 2012;

Table 5. Numbers of the subjects, means, standard deviations, and adjusted means of the achievement test scores by the level of the prior science achievement

	Control group			Experimental group		
	n	M (SD)	Adj. M	*n*	M (SD)	Adj. M
High	28	7.00 (2.23)	6.43	31	6.42 (2.23)	5.98
Low	44	3.02 (2.09)	3.26	33	3.85 (1.95)	4.42
Total	72	4.57 (2.89)		64	5.09 (2.45)	

Table 6. Results of two-way ANCOVA on the achievement test scores

Source of variation	df	MS	F	p
Treatment	1	4.014	1.068	.303
Level	1	145.544	38.739	.000***
Treatment × Level	1	21.301	5.670	.019*
Treatment in high level	1	2.690	.676	.414
Treatment in low level	1	22.404	6.214	.015*

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

Phon, Ali, & Halim, 2014). 이때 이루어지는 상호작용은 주로 한 학생이 다른 학생에게 답이나 설명을 제시하는 교정형 상호작용 및 학생들이 함께 목표 개념에 대한 지식과 이해를 쌓아나가는 누적형 상호작용의 형태로 이루어지며(Shin *et al*., 2020), 학생들의 학업 성취도의 향상에 도움이 되는 것으로 보고되고 있다(Lee, 2011; Matthews, 2002; Yun *et al*., 2017). 특히 이 연구에서는 증강현실을 관찰하는 것뿐 아니라 증강현실의 관찰 결과를 다른 학생과 공유하며 논의하는 활동이 지속적으로 이루어졌는데, 이러한 학습 환경이 하위권 학생들의 학업 성취도의 유의미한 향상에 기여한 것으로 보인다. 그러나 상위권 학생들의 경우, 협력적으로 활동지 작성 등의 과제를 수행하는 과정에서 하위권 학생들을 도와야 하는 역할을 맡았을 가능성이 크며, 이때 부담을 느끼거나 자신의 능력을 온전히 발휘하기 어려운 상황을 겪었을 수 있다(Noh *et al*., 1997). 따라서 학업 성취도의 효과가 하위권 학생들에게만 나타난 것에 대한 원인을 탐색하고, 이를 보완하기 위한 후속 연구가 이루어질 필요가 있을 것이다.

3. 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과

과학 수업에 대한 즐거움 검사에 대한 각 집단의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 7에, 이원 공변량 분석 결과를 Table 8에 각각 제시하였다. 분석 결과, 수업 처치의 주 효과가 나타났고(p<.05), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, 사전 성취 수준과 무관하게 처치 집단의 교정 평균 점수가 전통 집단의 교정 평균 점수보다 높았다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준과 무관하게 증강현실을 활용한 다중 표상 학습을 전통적인 학습에 비해 즐겁다고 생각하는 것으로 나타났다.

이상의 결과는 과학 수업에서 증강현실의 활용이 학생들의 학습에 대한 동기 및 즐거움을 촉진하는 것으로 나타난 관련 선행 연구(Kim & Lee, 2018, Lee & Kim, 2012; Lee *et al*., 2010) 결과와 부합한다. 또한, 다중 표상 학습에서 외적 표상 간의 연계와 통합을 촉진하는 방안으로 이루어지는 글쓰기 활동은 학생들이 재미있게 수업에 참여할 수 있는 환경을 조성하여 인지적 측면과 아울러 정의적 측면에서도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(Kang, 2006). 이 연구에서는 증강현실을 활용한 활동을 하였을 뿐 아니라 거시적 수준의 표상과 미시적 수준의 표상을 서로 연결지어 통합적으로 탐색하도록 하였는데, 이러한 활동이 복합적으로 작용하여 학생들의 과학 성취 수준과 관계없이 수업에 대한 즐거움을 향상하는 데 도움을 준 것으로 볼 수 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

최근 과학교육 분야에서 국내외적으로 증강현실의 활용 효과를 조사하는 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 증강현실의 매체적 특성을 고려한 구체적인 교수학습 전략을 개발하고 그 효과를 조사한 연구는 부족하다. 이에 이 연구에서는 물질의 입자성 개념을 대상으로 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략을 개발하여 적용한 후, 그 효과를 입자 개념에 대한 이해도, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움 측면에서 조사하였다.

이를 위해 증강현실의 물리적 마커와 가상객체가 각각 거시적 표상과 미시적 표상에 관한 정보를 제공하도록 증강현실 어플리케이션을 개발한 후, 학생들이 증강현실을 통해 제시되는 다중 표상을 관찰하고, 표상 사이의 올바른 연계와 통합 과정을 촉진하며, 연계 오류가 나타나지 않도록 하기 위한 활동을 포함하는 다중 표상 학습 전략을 구성하였다. 이상의 전략을 수업에 적용한 처치반과 전통적으로 교사의 강의식 수업을 실시한 통제반을 비교한 결과, 개념 이해도 측면에서는 학생들의 사전 성취 수준과 무관하게 전통적인 학습에 비해 증강현실을 활용한 다중 표상 학습이 더 효과적이었다. 이때 입자의 하위 개념 중 보존에 대해서는 유의미한 차이가 나타났으나, 분포 및 운동에 대해서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 학업 성취도 측면에서는 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략이 하위권 학생들의 성취도 향상에만 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 과학 수업에 대한 즐거움 측면에서는 사전 성취 수준과 무관하게 증강현실을 활용한 다중 표상 학습에서 전통적인 학습보다 학생들은 더 높은 즐거움을 느낀 것으로 나타났다.

물질의 입자성은 눈에 보이지 않는 미시적인 개념으로, 많은 학생은 물질의 입자성 개념 이해에 어려움을 겪을 뿐 아니라 거시적 수준의 개념과의 통합적 이해에도 어려움을 겪고 있다(Lee, Lee, & Noh, 2018). 이러한 점에서 하위권 학생들이 미시적 입자 개념에 관한 개념

Table 7. Numbers of the subjects, means, standard deviations, and adjusted means of the enjoyment of science lessons test scores by the level of the prior science achievement

	Control group			Experimental group		
	n	M (SD)	Adj. M	*n*	M (SD)	Adj. M
High	28	3.52(.59)	3.45	31	3.69(.69)	3.68
Low	44	3.34(.58)	3.38	33	3.62(.62)	3.65
Total	72	3.41(.59)		64	3.66(.65)	

Table 8. Results of two-way ANCOVA on the enjoyment of science lessons test scores

Source of variation	df	MS	F	p
Treatment	1	2.026	5.667	.019*
Level	1	.079	.222	.638
Treatment × Level	1	.015	.043	.837

*p<.05

이해도와 거시적・미시적・상징적 개념이 모두 포함된 학업 성취도 점수가 모두 향상된 것으로 나타난 결과는 주목할 만하다. 또한, 인지적 영역의 성취에 비해 과학에 대한 즐거움과 같은 정의적 영역의 성취가 낮은 우리나라의 현실을 고려할 때(Kwak *et al.,* 2006), 인지적 측면의 향상과 더불어 과학에 대한 즐거움도 높아진 것으로 나타난 결과는 국내 과학교육 분야에 증강현실의 유용성을 실증했다는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

물질의 입자성 개념에 관한 증강현실의 활용 효과를 더욱 높이기 위해서는 입자의 보존에서 유의미한 차이가 나타났지만, 분포 및 운동에 대해서 유의미한 차이가 나타나지 않은 점을 보완할 필요가 있다. 이를 위해 증강현실의 가상객체에서 입자의 분포 및 운동을 보다 가시적으로 학생들에게 전달하는 방안을 고려할 수 있다. 예를 들어, 입자의 분포 구역이 가상의 선을 통하여 표시되도록 하거나 온도나 물질의 상태에 따른 입자의 운동 속도를 정량적으로 표시하는 방안을 고려할 수 있다. 또한, 입자가 빠른 속도로 계속 운동하는 경우 학생들이 입자의 개수를 세는 활동에 어려움을 겪을 수 있으므로 입자의 운동을 잠시 멈출 수 있게 하는 등의 기능을 추가할 수도 있을 것이다. 이와 같이 학생들이 물리적 마커와 디스플레이를 손으로 직접 조작하며 가상 객체를 탐색할 수 있는 증강현실의 실물형 사용자 인터페이스(tangible user interface)와 이를 통한 다감각적 정보 제공은 증강현실이 동영상과 차별화되는 특성이기도 하다(Kye, Kim, & Ryu, 2007). 향후 증강현실의 이러한 매체적 특징을 종합적으로 고려하여 증강현실 어플리케이션을 개발한다면, 학생들이 입자의 보존, 분포 및 운동, 인력과 같은 물질의 입자성과 관련한 다양한 개념을 쉽게 이해하도록 도울 수 있을 것이다.

한편, 학업 성취도 측면에서의 효과가 하위권 학생들에게서만 나타난 것은 이 연구에서 개발한 증강현실이 목표 개념과 관련된 거시적 표상과 미시적 표상만을 주로 제공한 것뿐만 아니라, 학생들의 상호작용에서 나타나는 특징에서 한계점을 찾을 수 있었다. 이러한 맥락에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습의 한계점을 보완하고 상위권 학생들에게도 유의미한 영향을 줄 수 있는 추가적인 지도 방안을 고안할 필요가 있다. 즉, 상위권 학생들은 하위권 학생들과 상호작용하는 과정에서 개념을 설명하거나 학습 절차를 통제하는 데 집중하여 충분한 학습을 하지 못할 가능성이 있음을 고려하여(Noh *et al.,* 1997), 이들의 부담을 덜어주기 위한 노력이 필요하다. 예를 들어, 증강현실을 관찰한 후 표상을 연계하고 연계 오류가 나타나지 않도록 하기 위한 활동을 할 때, 학생들이 각자의 학습 수준에 맞게 연계 방법에 대하여 반성적으로 사고하도록 유도하는 개별화된 안내 자료 또는 교사의 도움을 제공하는 것과 같이 학생들의 활동을 지원할 방안 및 소집단 논의 활동 후 학생들이 각자 자신들의 생각과 활동을 정리할 수 있는 시간을 제공하는 방법이 있을 것이다.

이 연구에서는 증강현실의 활용 효과를 높이기 위한 교수학습 전략을 개발 및 적용하고 그 효과를 통계적으로 조사하였으므로, 이러한 전략의 적용이 구체적으로 학생들의 학습에 어떤 영향을 미쳤는지에 관한 질적인 정보는 알기 어렵다. 즉, 학생들이 각 활동 단계에서 어떤 학습 과정 및 상호작용을 거쳤는지, 어떤 부분에서 어려움을 겪거나 도움을 주고받았는지에 관한 정보는 부족하다. 이를 밝히기 위해서는 연구자의 수업 관찰 및 면담과 같은 질적 연구 방법이 필요할 것이다. 하지만 증강현실의 효과를 밝히기 위한 다양한 양적 연구가 수행되고 있음에 비해, 질적인 연구는 충분히 이루어지지 않고 있다. 따라서 향후 연구에서는 과학 교과에서 증강현실을 활용한 교수학습이 이루어지는 과정을 보다 심층적으로 분석하는 연구가 이루어질 필요가 있다.

국문요약

이 연구에서는 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략이 학생들의 개념 이해도, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 영향을 조사하였다. 남녀 공학 중학교 2학년 학생 136명을 처치 집단과 통제 집단으로 무선 배치하였다. 학생들은 네 차시 동안 물질의 특성과 관련한 입자 개념을 학습하였다. 이때 처치 집단의 학생들에게는 증강현실이 제공하는 표상들 사이의 연계와 통합을 촉진할 수 있는 다중 표상 학습 전략을 개발하여 적용하였다. 이원 공변량 분석 결과, 개념 이해도, 과학 수업에 대한 즐거움 검사에 대한 처치 집단의 점수는 학생들의 사전 성취 수준과 무관하게 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 개념 이해도 검사의 하위 개념 중 입자의 보존에 대해서는 유의미한 차이가 나타났으나, 분포 및 운동에 대해서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 학업 성취도 측면에서는 사전 성취 수준과 유의미한 상호작용 효과가 나타났다. 이때 하위권 학생들의 성취도는 유의미하게 향상되었으나 상위권 학생들에게는 유의미한 효과가 나타나지 않았다. 연구 결과를 바탕으로 과학 교수학습에서 증강현실의 효과적인 활용을 위한 교육적 시사점을 논의하였다.

주제어 : 증강현실, 다중 표상 학습, 물질의 입자성

References

Adadan, E., Irving, K., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. International Journal of Science Education, 31(13), 1743-1775.

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reimer, & M. Nakhleh (Eds.), Visualization: Theory and practice in science education. (pp. 191-208). Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. Educational Research Review, 20, 1-11.

Ardac, D., & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. International Journal of Science Education, 27(11), 1269-1298.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. Educational Technology & Society, 17(4), 133-149.

Cha, J., Kim, K., & Noh, T. (2004). A comparison of the effects of static graphic and animation in CAI by visual learning preference. Korea Association of Computer Education, 7(5), 1-8.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. Journal of Science Education and Technology, 18(1), 7-22.

Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. Studies in Science Education, 47(2), 123-182.

Fraser, B. J. (1981). Test of Science-Related Attitudes (TOSRA) Handbook. Melbourne: Australian Council for Educational Research.

Gavish, N., Gutiérrez, T., Webel, S., Rodríguez, J., Peveri, M., Bockholt, U., & Tecchia, F. (2015). Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. Interactive Learning Environments, 23(6), 778-798.

Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. Computers & Education, 71, 1-13.

Jang, S.-H., & Kye, B.-K. (2007). Educational application of augmented reality contents [증강현실(Augmented Reality) 콘텐츠의 교육적 적용]. The Korea Contents Society, 5(2), 79-85.

Kang, H. (2006). The effects and uses of drawing and writing to promote transformation of external representation in middle school chemistry instruction. (Doctoral dissertation). Seoul National University, Seoul.

Kang, H., Kim, B., & Noh, T. (2005). Drawing and writing as methods to assist students in connecting and integrating external representations in learning the particulate nature of matter with multiple representations. Journal of the Korean Association for Science Education, 25(4), 533-540.

Kang, H., Kim, Y., & Noh, T. (2008). The effects of the prescribed instructional strategy for reducing students' connecting errors in learning chemistry concepts with multiple external representations. Journal of the Korean Association for Science Education, 28(6), 675-684.

Kang, H., Shin, S., & Noh, T. (2008). Exploring the causes of students' connecting errors induced in learning Boyle's Law and Charles's Law with multiple external representations. Journal of the Korean Chemical Society, 52(5), 550-560.

Kim, J. S., & Lee, T. S. (2018). A study of the application of science education STEAM program based on augment reality for students with intellectual disability. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 18, 199-218.

Kwak, Y., Kim, C. J., Lee, Y. R., & Jeong, D. S. (2006). Investigation on elementary and secondary students` interest in science. Journal of the Korean Earth Science Society, 27(3), 260-268.

Kye, B., Kim, J., & Ryu, J. (2007). Educational understanding of augmented reality [증강현실의 교육적 이해]. 2007 KERIS Issue Report. RM 2007-30.

Lee, H. J. (2011). Conceptual change by peer instruction of 6th grade students in science fields. Master's Thesis, Korea National University of Education, Cheongju.

Lee, J. S., Sim, H. A., Kim, K. Y., & Lee, K. S. (2010). Effects of reality based science learning program on learning motivation and achievement: Development and implementation of elementary school level's science learning program applied the Keller's ARCS model. Theory and Practice of Education, 15(1), 99-121.

Lee, J., Lee, B., & Noh, T. (2018). A comparison of middle school students' macroscopic and microscopic conceptions related to the properties of substances. Journal of the Korean Chemical Society, 62(3), 243-252.

Lee, S. Y., & Kim, K. S. (2012). A development and application of the learning objects of geometry based on augmented reality. Journal of the Korean Association of Information Education, 16(4), 451-462.

Lim, E.-M. (2012). Revising the value of education technology for the digital generation [디지털 세대를 위한 교육 테크놀로지의 가치 재조명]. Paper presented at the The Korean Society for Early Childhood Education & Care Conference. (pp. 59-77). Seoul.

Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. Environmental Education Research, 21(4), 525-541.

Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. Journal of Science Education and Technology, 11(2), 121-134.

Merritt, J. & Krajcik, J. (2013). Learning progression developed to support students in building a particle model of matter. In G. Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), Concepts of matter in science education. (pp. 11-45). Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Ministry of Education. [MOE] (2015). The 2015 Revised National Curriculum of Science; Ministry of Education: Seoul, 2015.

Munoz-Cristobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2014). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. IEEE Transactions on Learning Technologies, 8(1), 83-97.

Nam, J. H., Lee, D. W., & Nam, Y. H. (2012). The impact of multimodal representation-based lesson on embeddedness of multimodal representation in high school students' writing. Journal of the Korean Chemical Society, 56(4), 500-508.

Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. Journal of Research in Science Teaching, 34(2), 199-217.

Noh, T., Kang, H. S., & Lee, B. (2006). The influences of the forms of verbal external representations and students' verbal learning style in learning with multiple representations using drawing. Journal of the Korean Chemical Society, 50(6), 477-485.

Noh, T., Lee, J., Yang, C., Kang, S., & Kang, H. (2016). Investigation of learning progression for dissolution and solution concepts. Journal of the Korean Association for Science Education, 36(2), 295-302.

Noh, T., Lim, H., Cha, J., Noh, S-G., & Kwon, E.-J. (1997). The instructional influences of cooperative learning strategies: Applying the LT model to middle school physical science course. Journal of the Korean Association for Science Education, 17(2), 139-148.

Park, J. H. (2012). The effects of augmented reality contents on shared mental models and team activity in digital text book. Master's Dissertation, Hanyang University, Seoul.

Park, J., Park, Y., & Kang, S. (2013). Analysis of the level of cognitive demands about concepts of the changes of state and kinetic theory on 'Science 1' textbooks in junior high school(III). Journal of the Korean Chemical Society, 57(5), 640-655.

Phon, D. N. E., Ali, M. B., & Halim, N. D. A. (2014). Collaborative augmented reality in education: A review. In 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering (pp. 78-83). IEEE Computer Society.

Rappoport, L. T., & Ashkenazi, G. (2008). Connecting levels of representation: Emergent versus submergent perspective. International Journal of Science Education, 30(12), 1585-1603.

Ryu, H., & Park, H. (2017). A development and application of the objects on the unit of 'our body' on augmented reality. Journal of Korean Elementary Science Education, 36(4), 367-378.

Sayed, N. E., Zayed, H. H., & Sharawy, M. I. (2011). ARSC: Augmented reality student card an augmented reality solution for the education field. Computers & Education, 56(4), 1045-1061.

Shin, S., Kim, H., Noh, T., & Lee, J. (2020). High school students' verbal and physical interactions appeared in collaborative science concept learning using augmented reality. Journal of the Korean Association for Science Education, 40(2), 191-201.

Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. Perception, 28, 1059-1074.

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. Educational Psychology Review, 17(4), 285-325.

Van Someren, M. W., Reimann, P., Boshuizen, H. P. A., & De Jong, T. (1998). Learning with multiple representations. Oxford, UK: Elsevier.

Wu, H. K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. Science Education, 87(6), 868-891.

Yoon, H., & Lee, Y. (2014). Analysis of coherence in middle school students' representation of particulate concepts. Journal of the Korean Chemical Society, 58(6), 580-589.

Yoon, H., & Woo, A. (2007). Misconception regarding gas properties: Comparative studies between high school and college students. Journal of the Research Institute of Curriculum & Instruction at Ewha Woman University, 11(2), 567-582.

Yun, J., Kang, S., Ahn, I., & Noh, T. (2017). Analyses of verbal interaction among students in small group science learning using smart devices. Journal of the Korean Chemical Society, 61(3), 104-111.

저자정보

이재원(한국교육과정평가원 부연구위원)

박가영(서울대학교 학생)

노태희(서울대학교 교수)