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

# 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과

윤정현, 안인영, 노태희*
서울대학교

# The Effects of Individualized Learning Adapted to Students' Conceptions Using Smart Devices in Science Instruction

Jeonghyun Yun, Inyoung Ahn, Taehee Noh*
Seoul National University

ARTICLE INFO

*Article history:*
Received 25 March 2015
Received in revised form
13 April 2015
Accepted 13 April 2015

*Keywords:*
science instruction,
smart devices,
individualized learning,
adaptive learning,
conceptual understanding

ABSTRACT

In this study, we investigated the effects of individualized learning adapted to students' conceptions using smart devices in science instruction upon students' conceptual understanding, the retention of conception, achievement, learning motivation, enjoyment of science lessons, and perception about individualized learning using smart devices. Four seventh-grade classes at a coed middle school in Seoul were assigned to a control group and a treatment group. Students were taught about molecular motions for seven class periods. Two-way ANCOVA results revealed that the scores of a conception test, the retention of the conception test, a learning motivation test, and an enjoyment of science lessons test for the treatment group were significantly higher than those for the control group. Although the score of the treatment group was higher than that of the control group in the achievement test, the difference was not statistically significant. Students' perceptions about individualized learning using smart devices were also found to be positive.

## Ⅰ. 서론

정보통신 기술의 급속한 발달과 스마트 기기로 대표되는 첨단 매체의 발달은 우리 사회의 다양한 분야에서 변화와 혁신의 기회를 제공하고 있다. 교육 분야에서도 스마트 기기의 대중화로 인해 새로운 패러다임이 창출되고 있으며, 이를 기반으로 스마트 교육이 관심을 불러일으키고 있다(Cho & Lim, 2012). 미국, 핀란드, 호주, 일본, 싱가포르 등 많은 국가들에서 디지털 교과서의 개발과 적용, 온라인 평가 체제 구축 등 스마트 교육 관련 정책을 추진하고 있다(Johnson *et al*., 2013). 우리나라도 새로운 교육적 요구에 부응하기 위해 표준화된 교육과정에 의해 지식을 전달하던 시스템에서 탈피하여 개별화된 맞춤 교수·학습을 지원할 수 있는 시스템을 지향하는 스마트 교육 추진 전략 실행 계획을 수립하여 추진하고 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 스마트 교육이 현장에 보급되기 시작하는 현 상황을 고려할 때 교육 현장에서 사용할 수 있는 실질적인 교수·학습 방법이나 전략을 마련하는 것이 시급하다. 그러나 아직까지 실제 학교 현장에 스마트 기기를 적용한 사례 연구나 교수 모형 관점에서의 연구와 실천은 부족하며(Joo & Lee, 2012; Kim *et al*., 2011; Lee *et al*., 2012), 구체적인 교수·학습 전략도 제시되지 못하였다(Yim, 2011).

전통적인 교육 환경에서는 모든 학생들에게 동일한 교육이 제공되므로 다양한 특성을 가진 학생들의 요구를 반영하지 못한다는 문제점이 있다. 이를 개선하기 위해 학습자들의 능력 및 특성 차이를 고려하여 개개인에게 적합한 학습 환경을 제공하는 컴퓨터를 활용한 지능적 교수 체제(intelligent tutoring system)나 적응적 수업 체제(adaptive instructional system) 등의 교수·학습 방법에 대해 연구가 이루어졌다(Reiser & Dempsey, 2006; Tomlinson, 2001). 과학 교과에서도 개별화 학습을 구현하기 위해 개별화된 프로그램 수업이나 개별 처방 수업과 같은 적응적 학습 전략을 제시해왔다(Kim *et al*., 2006; Song & Keller, 2001; Yang & Yu, 2003; Zangyuan, 2003).

그러나 컴퓨터를 활용한 기존의 수업들은 기술적 한계로 인해 학생의 특성에 따라 차별화된 학습 내용을 실시간으로 제공하지 못했고, 이로 인해 성취 수준이나 학습 양식 등의 학습자 특성에 따라 수업 효과에 차이가 있었다(Kim *et al*., 2007; Noh *et al*., 1999). 또한 모든 학생들이 컴퓨터를 사용할 수 있는 학습 공간이 요구되고, 대부분 프로그램에 의해서만 학습이 진행될 뿐 교사와 학생 간의 상호작용은 배제되는 경우가 많아서, 교육 현장에 전면적으로 적용되기에는 기술적, 환경적 한계가 있었다(Ryu, 2008).

정보통신 기술과 이를 기반으로 한 네트워크 자원이 구축된 스마트 교육 환경에서는 다양한 학습자가 한 교실에서 함께 학습하더라도 개별 학습자의 수준에 맞는 학습 내용과 자료를 실시간으로 제공하는 적응적 개별 학습이 가능하게 되었다. 교사는 스마트 기기를 통해 실시간으로 학습자들의 정보를 수집하여 수준을 파악할 수 있고, 학생들은 스마트 기기를 통해 적응적인 학습 자료나 평가를 실시간으로 제공받아 동일한 시간과 공간에서도 개별화 학습을 할 수 있다(Shuler *et al*., 2013).

과학에서는 관찰이나 경험이 불가능한 미시세계에 관한 개념을 이

* 교신저자 : 노태희 (nohth@snu.ac.kr)
** 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임((NRF-2014S1A5A2A01014274).
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.2.0325

해하는 것이 매우 중요하나, 형식적 조작기에 도달하지 못한 중학생들은 이와 관련된 다양한 오개념을 지니고 있다(Singer *et al*., 2003; Snir *et al*., 2003). 이러한 오개념을 교정하기 위해서는 학생들 개개인의 개념 이해 수준을 진단하고 적응적인 피드백을 제공하여, 학습자가 자신의 개념에 대한 이해의 변화를 직접 경험하는 것이 중요하다(Kim *et al*., 2007; Zangyuan. 2003). 이와 같은 학습자의 과학 개념에 적응적인 개별화 교수·학습 전략은 스마트 교육에서 구현 가능한 중요 전략의 하나가 될 수 있다.

최근 스마트 기기를 활용하여 학생들에게 진단 및 형성 평가를 제공했을 때 학습에 대한 흥미, 태도, 만족도, 학습 성과에 효과가 있다는 연구들이 보고되었다(Hwang & Chang, 2011; Kang *et al*., 2014; Kwack & Shin, 2014). 선행 연구들에서 제공했던 실시간 평가와 즉각적인 반응 수집에 덧붙여 학습자의 개념에 적응적인 개별 피드백과 학습 자료를 제공한다면 더 큰 교수 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 스마트 기기를 통해 미시세계를 다루는 과학 개념 학습에서 유용하다고 알려진 다양한 멀티미디어 자료(Ardac & Akaygun, 2004; Noh *et al*., 1998)를 학습자의 개념에 맞추어 적응적으로 제공할 수 있다는 장점도 있다.

이에 이 연구에서는 스마트 기기를 활용하여 학습자의 개념 유형을 진단하고, 개별 학습자에게 적합한 내용과 자료를 제공하는 개념 적응적 개별화 학습 전략을 개발하고, 그 교수 효과를 개념 이해도, 개념 파지, 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 즐거움, 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

#### 가. 연구 대상

이 연구는 서울시의 한 남녀 공학 중학교 1학년 112명을 대상으로 실시하였다. 중간고사 과학 성적이 비슷한 4개 학급을 선정한 후 학급 단위로 전통적 학습 집단(통제 집단)과 스마트 기기를 활용한 개별화 학습 집단(처치 집단)으로 배치하였다. 중간고사 과학 성적 중앙값에 기초하여 학생들을 상위와 하위로 구분하였는데, 과학 성취 수준에 따른 집단별 사례 수는 Table 1과 같다. 처치 집단 학생들(54명)의 스마트 기기 소지 비율은 91%였고, 스마트 기기가 없는 학생들에게는 연구자들이 스마트 기기를 지급하여 모든 학생들이 개별적으로 스마트 기기를 사용할 수 있는 환경을 조성하였다.

#### 나. 연구 절차

수업 처치에 앞서 학습 동기 검사와 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였다. 처치 집단에는 학생들이 스마트 기기를 활용한 개별화 학습 전략에 익숙해질 수 있도록, 스마트 기기의 활용 방법과 전반적인 수업 과정에 대한 오리엔테이션 및 연습 수업을 1차시 실시하였다. 처치는 '분자의 운동' 단원에 대하여 총 7차시에 걸쳐 진행하였고, 이를 위해 교사용 수업 지도안과 학생용 활동지를 개발하였다. 개발한 교수·학습 자료는 과학교육 전문가 2인과 현직 교사 3인으로 구성된 소모임에서 여러 차례 논의를 거쳐 수정·보완하였다.

Table 1. Numbers of the subjects by the level of the prior science achievement

| | Control group | Experimental group |
|---|---|---|
| High | 27 | 29 |
| Low | 31 | 25 |
| Total | 27 | 29 |

처치 집단과 통제 집단 모두 교사의 강의식 수업으로 목표 개념을 가르친 후, 처치 집단에는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 전략에 따른 수업을 실시하였고, 통제 집단에는 처치 집단에 제공된 것과 동일한 개념 형성 평가 문제를 학생들이 각자 푼 뒤 교사가 정리하는 방식으로 수업을 실시하였다. 통제 집단의 활동지 및 형성 평가 문제 내용은 처치 집단과 동일한 내용으로 구성하였고, 매 차시 수업을 참관하여 수업 처치가 연구자의 의도대로 진행되는지 점검하였다.

수업 처치가 끝난 직후 개념 이해도 검사, 성취도 검사, 학습 동기 검사, 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였고, 처치 집단에는 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 인식 검사를 추가로 실시하였다. 수업 처치가 끝난 3주 뒤에 개념 파지 검사를 실시하였다.

### 2. 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 전략

스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 전략은 컴퓨터를 활용한 적응적 수업 전략이나 IT 및 스마트 기기를 활용한 전략 등에 대한 선행 연구(Han & Finkelstein, 2013; Hwang & Chang, 2011; Kim *et al*., 2006)의 교수·학습 절차를 체계적으로 분석하여 개념 학습 단계, 형성 평가 단계, 개념 적응적 학습 단계, 개념 정리 단계로 구성하였다.

개념 학습 단계에서는 수업을 통해 개념을 학습하고, 형성 평가 단계에서는 학생들이 각자의 스마트 기기로 활동지의 QR코드를 통해 제공되는 개념 문제를 풀도록 하였다. 형성 평가 단계의 개념 문제는 '분자의 운동' 단원에서 학습하는 개념에 대한 학생들의 오개념을 조사한 선행 연구(Noh & Jeon, 1997; Noh *et al*., 1998)에 기초하여 개발하였다(Figure 1). 개념 문제는 각각 2개의 목표 개념을 평가할 수 있도록 개발하였고, 학생들은 7차시 동안 총 14문항의 개념 문제를 풀었다. 개념 적응적 학습 단계에서는 개념 문제에 대한 응답을 바탕으로 학생들의 개념 이해 수준을 결정하고, 이에 따라 적응적으로 설계된 모바일 웹 학습 자료를 제공하여 개별화 학습을 진행하였다. 학생들의 응답이 실시간으로 집계되므로, 교사는 학생들의 개념 유형 분포 및 개별화 학습 진행 상황을 실시간으로 파악할 수 있다.

학생들에게 개별적으로 제공되는 모바일 웹 학습 자료에는 읽기자료, 애니메이션, 동영상 등이 포함되어 있다. 목표 개념이 불완전한 학생에게는 적응적으로 설계된 자료를 제공하였고, 목표 개념이 형성된 학생에게는 개념을 심화시킬 수 있는 자료를 제공하였다. 학생들의 개념 유형에 따른 적응적인 개별화 학습 자료의 예를 Table 2에 제시하였다.

예를 들어, '온도에 따른 기체의 분자 운동' 차시의 경우 기체 분자의 크기가 변한다는 오개념을 가지고 있는 학생들에게는 분자의 크기나 모양은 변화가 없다는 물질의 입자성에 대한 올바른 이해를 돕기 위하여 설명과 동영상을 제시하였다. 그리고 온도가 낮아질 때의 부피 변화와 기체 분자 운동을 설명하는 동영상이 포함된 개별화 학습 자료

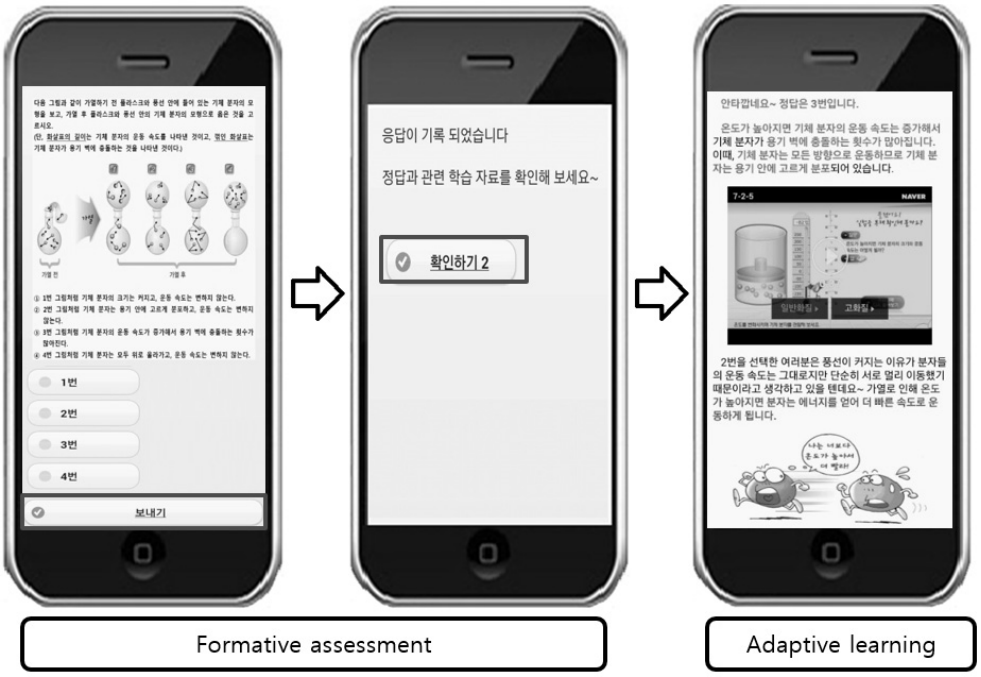


Figure 1. Illustrative examples of the mobile web learning materials

Table 2. An example of the individualized learning materials adapted to students' conceptions

| Target conception | Type of conception | Key elements of learning materials |
|---|---|---|
| Molecular movement of gases according to ambient temperature | Misconception of molecular size | Explaining about the preservation of the molecule |
| | Misconception of molecular velocity | Explaining about the molecular velocity according to ambient temperature |
| | Misconception of molecular distribution | Explaining about the molecular distribution according to ambient temperature |
| | Appropriate scientific conception | Explaining about the relationship between energy and movement of a molecule |

도 제공하였다. 기체의 운동 속도에 대한 오개념을 가지고 있는 학생들에게는 올바른 이해를 돕기 위한 설명과 동영상을 제시한 후, 운동 속도와 관련된 삽화와 동영상을 제시하였다. 또한 온도가 낮아질 때의 부피 변화와 기체 분자 운동을 설명하는 동영상도 제공하였다. 온도가 높아지면 기체 분자가 뜨거워져 위쪽에 모인다는 오개념을 가진 학생들에게는 기체가 용기 전체에 골고루 분포한다는 것을 보여주는 동영상을 제시하고, 온도가 높아지면 더 빠르게 운동한다는 추가 정보를 제시하여 개념을 학습하도록 하였다. 과학적 개념을 가지고 있는 학생들에게는 분자 수준의 영상 설명을 통해 이 개념을 심화시키고, 개념을 적용하여 실생활에서 활용할 수 있는 간이 물 온도계를 만드는 동영상을 보여주면서 원리를 설명하는 자료를 제시하였다. 이와 같이 개별 학습자의 개념 이해 수준에 맞는 개별화 학습이 진행된 후, 개념 정리 단계에서는 학습 내용을 정리하여 활동지에 기록하였다.

### 3. 검사 도구

개념 이해도 검사지는 '기체의 증발 및 확산', '기체의 압력과 부피 관계', '기체의 온도와 부피 관계' 등의 목표 개념에 대한 분자 수준의 이해를 측정하기 위하여 주어진 현상을 분자 수준의 그림으로 표현하고, 이에 대해 글로 설명하는 서술형 4문항으로 구성하였다. 모든 문항은 선행 연구(Kim *et al*., 2006; Noh & Scharmann, 1997)를 참고하여 개발하였고, 과학교육 전문가 2인 및 중학교 과학 교사 3인으로부터 문항 구성의 적절성과 내용의 적합성에 대하여 검증 받았으며, 신뢰도 계수(Cronbach's $\alpha$ )는 .61이었다. 개념 파지 검사에도 동일한 검사지를 사용하였다.

학업 성취도 검사지는 Bloom의 평가 목표 이원 분류표에 따라 구성하였다. 내용 영역은 본 차시에서 학습한 '분자의 운동'이며, 행동 영역은 지식 2문항, 이해 4문항, 적용 4문항의 10문항으로 개발하였다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 2인 및 중학교 과학 교사 3인으로부터 안면 타당도를 검증 받았고, 신뢰도 계수(Cronbach's $\alpha$ )는 .53이었다.

학습 동기 검사지는 Course Interest Survey(Keller & Subhiyah, 1993)의 34문항을 사용하였다. 이 검사 도구는 ARCS 동기 이론에 근거하여 주의집중, 관련성, 자신감, 만족감의 네 가지 측면에서 학생들의 학습 동기를 측정하며, 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 과학교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았으며, 이 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach's $\alpha$ )는 사전, 사후 검사에서 각각 .94와 .95였다.

과학 수업에 대한 즐거움에 대한 검사지로 Test of Science Related Attitude(Fraser, 1981) 중 '과학 수업의 즐거움' 영역 10문항을 사용하였다. 모든 문항은 5단계 리커트 형식이며, 과학교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았다. 이 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach's $\alpha$ )는 사전, 사후 검사에서 각각 .93과 .92였다.

스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사지는 스마트 기기 활용 수업의 흥미, 유용성, 선호도 등을 3단계 리커트 척도로 묻고, 이유를 자세히 쓰도록 구성하였다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 2인으로부터 안면 타당도를 검증 받았다.

### 4. 분석 방법

개념 이해도 검사는 각 문항에 설정된 2~4개의 목표 개념을 기준으로 학생들의 응답을 '비과학적인 이해'는 0점, '오개념이 하나 포함된 충분한 이해' 및 '부분적 이해'는 1~2점, '과학적 이해'는 2~3점으로 분류하여 총 10점 만점으로 분석하였다(Noh & Scharmann, 1997). 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생의 검사지를 무작위로 추출하여 2인의 분석자간 일치도가 .95임을 확인한 후, 1인의 연구자가 모든 검사지를 채점하였다.

통계 분석은 수업 처치를 독립 변인으로 하고, 사전 과학 성취 수준을 구획 변인으로 하며, 각 사후 검사 점수를 종속 변인으로 하는 2×2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 또한 개념 이해도, 개념 파지 검사 점수, 학업 성취도 검사 점수의 공변인은 이 점수와 .01 수준에서 유의미한 상관(개념 이해도: $r$=.46, 개념 파지: $r$=.45, 학업 성취도: $r$=.47)이 있는 사전 수학 성적을, 학습 동기와 과학 수업에 대한 즐거움은 사전 검사 점수를 각각 공변인으로 사용하였다. 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사는 빈도 분석을 실시하였다.

## Ⅲ. 연구 결과 및 논의

### 1. 개념 이해도 및 개념 파지에 미치는 효과

개념 이해도 및 개념 파지 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 3에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(Table 4), 개념 이해도에서는 수업 처치의 주 효과가 있었고($p$<.01), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습이 전통적인 학습 방법보다 학생들의 개념 이해에 효과적임을 의미한다.

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

| | | Control group | | Experimental group | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | M (SD) | Adj. M | M (SD) | Adj. M |
| Conception test | High | 6.82 (2.04) | 6.07 | 7.66 (1.40) | 7.01 |
| | Low | 5.48 (2.32) | 6.05 | 6.20 (2.26) | 7.03 |
| | Total | 6.10 (2.28) | 6.06 | 6.98 (1.97) | 7.02 |
| Retention of conception test | High | 6.96 (1.89) | 6.35 | 7.79 (1.42) | 7.26 |
| | Low | 5.68 (2.17) | 6.14 | 6.44 (1.61) | 7.12 |
| | Total | 6.28 (2.13) | 6.24 | 7.17 (1.65) | 7.20 |

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

| | Source of variation | *df* | *MS* | *F* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| Conception test | Treatment | 1 | 25.33 | 7.06 | .009 |
| | Level | 1 | .00 | .00 | .993 |
| | Treatment × Level | 1 | .01 | .00 | .951 |
| Retention of conception test | Treatment | 1 | 24.58 | 8.47 | .004 |
| | Level | 1 | .43 | .15 | .701 |
| | Treatment × Level | 1 | .03 | .01 | .913 |

개념 파지 검사에서도 수업 처치의 주 효과가 유의미하였으나($p$<.01), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 없었다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 통해 학습한 개념을 오래 기억하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

이러한 결과는 학습 과정에서 스마트 기기를 활용하여 학생들의 개념 이해 수준을 진단한 후 학생들 개개인에게 적절하게 구성된 개별화 학습 자료를 실시간으로 제공함으로써, 학생들의 개념 이해를 증진시킬 수 있음을 의미한다. 또한 이 결과는 적응적 학습 환경에서 학습자들이 학습 내용에 대해 심층적으로 이해하며, 개념 간의 관계를 풍부하게 해석한다는 선행 연구(Kim *et al*., 2006; Murphy & Davidson, 1991)의 결과와도 일관된다. 한편, QR코드와 스마트 기기를 활용하여 멀티미디어 정보를 전통적 학습 자료인 인쇄물의 정보와 통합할 경우 학생들이 더 많은 정보를 기억한다는 점을(Özdemir, 2010) 고려할 때, 활동지를 통해 학습한 개념과 삽화, 동영상, 애니메이션 등 멀티미디어를 통해 제공된 정보를 통합하는 기회가 제공된 점도 학생들의 과학 개념에 대한 이해를 증진시키는 데 도움이 되었을 가능성이 있다.

### 2. 학업 성취도에 미치는 효과

학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 Table 5와 같다. 이원 공변량 분석 결과(Table 6), 처치 집단의 평균이 통제 집단보다 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 또한 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과도 통계적으로 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 이 연구에서 실시한 개념 적응적 개별화 학습 전략이 개념에 대한 학생들의 이해 향상을 주요한 목적으로 삼았으므로, 학업 성취도의 향상까지 이어지기에는 한계가 있었던 것으로 볼 수 있다. 한편, 스마트 기기의 활용이 학업 성취도 측면에 미치는 효과에 대해서는 선행 연구의 결과도 일관되지 않다(FitzPatrick, *et al*., 2011; Kang *et al*., 2014). 이에 대해 스마트 기기의 화면 제한으로 인해 가독성 및 정보 이해도가 저하되어 인지 부하가 발생할 수 있다는 주장(Byrda & Caldwell, 2011)도 있지만, 스마트 기기는 학습자에게 적절한 피드백을 제공하며 개별적인 학습 시나리오를 제공하는 학습 가이드 역할을 수행하므로 전통적인 학습 방법에 비해 학습 부담이 낮다는 해석(Shih *et al*., 2010)도 있다. 따라서 스마트 기기를 활용한 학습이 학업 성취도에 미치는 영향에 대해서는 계속적인 연구가 이루

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

| | Control group | | Experimental group | |
|---|---|---|---|---|
| | M (SD) | Adj. M | M (SD) | Adj. M |
| High | 8.00 (1.52) | 7.43 | 8.03 (1.32) | 7.54 |
| Low | 6.58 (2.01) | 7.01 | 6.84 (2.04) | 7.48 |
| Total | 7.24 (1.92) | 7.24 | 7.48 (1.78) | 7.52 |

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

| Source of variation | *df* | *MS* | *F* | *p* |
|---|---|---|---|---|
| Treatment | 1 | 2.26 | .83 | .366 |
| Level | 1 | .83 | .30 | .584 |
| Treatment × Level | 1 | .87 | .32 | .574 |

어질 필요성이 있다.

### 3. 과학 학습 동기에 미치는 효과

학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 Table 7에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(Table 8), 수업 처치의 주 효과가 유의미하였으나($p$<.01) 수업 처치와 사전 성취 수준의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습은 전통적인 강의식 수업에 비하여 효과적으로학습 동기를 유발하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 전통적인 강의식 수업과 달리 학생들의 개념 이해 수준에 적응적인 개별화된 학습이 학생들의 주의를 효과적으로 집중시키고, 그 결과 학생들의 만족감과 자신감도 향상되는 것으로 해석할 수 있다. 스마트 러닝 환경에서 학습자들은 지속적으로 학습에 참여하도록 스스로 동기 부여를 하게 된다는 선행 연구를 (Leem & Kim, 2013) 고려할 때, 이 연구에서 실시한 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 과정에서도 유사한 동기 부여 효과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

### 4. 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과

과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 Table 9에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(Table 10), 수업 처치의 주효과가 유의미하였으나($p$<.01), 사전 성취 수준에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 전통적인 강의식 수업에 비해 재미있게 생각하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용할 경우 자신의 개념 이해 수준에 대해 즉각적인 정보가 제공되고(Kang *et al*., 2014; Kwack & Shin, 2014), 모바일 웹 자료에 포함된 다양한 멀티미디어 요소도 제공되므로 학생들의 흥미가 유발된 것으로 볼 수 있다.

Table 7. Means, standard deviations, and adjusted means of the science learning motivation test scores by the level of the prior science achievement

| | Control group | | Experimental group | |
|---|---|---|---|---|
| | M (SD) | Adj. M | M (SD) | Adj. M |
| High | 3.60 (.67) | 3.42 | 3.89 (.56) | 3.71 |
| Low | 3.34 (.62) | 3.47 | 3.61 (.62) | 3.83 |
| Total | 3.46 (.65) | 3.45 | 3.76 (.60) | 3.77 |

Table 8. Results of two-way ANCOVA on the science learning motivation test scores

| Source of variance | *df* | *MS* | *F* | *p* |
|---|---|---|---|---|
| Treatment | 1 | 3.10 | 22.58 | .000 |
| Level | 1 | .19 | 1.39 | .241 |
| Treatment × Level | 1 | .04 | .30 | .588 |

Table 9. Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the enjoyment of science lessons test by the level of the prior science achievement

| | Control group | | Experimental group | |
|---|---|---|---|---|
| | M (SD) | Adj. M | M (SD) | Adj. M |
| High | 3.63 (.99) | 3.40 | 3.86 (.66) | 3.71 |
| Low | 3.24 (.88) | 3.39 | 3.56 (.64) | 3.78 |
| Total | 3.42 (.95) | 3.39 | 3.72 (.66) | 3.75 |

Table 10. Results of two-way ANCOVA on the scores of the enjoyment of science lessons test

| Source of variation | *df* | *MS* | *F* | *p* |
|---|---|---|---|---|
| Treatment | 1 | 3.48 | 11.65 | .001 |
| Level | 1 | .02 | .08 | .781 |
| Treatment × Level | 1 | .04 | .13 | .719 |

### 5. 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식

스마트 기기를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식 검사 결과를 Table 11에 제시하였다. 전체적으로 학생들은  스마트 기기를 과학 수업에서 조작하는 활동에 흥미를 느꼈고(Kwack & Shin, 2014), 개념 형성 평가 후 진행된 개별화 학습 과정에 대해서도 긍정적으로 인식하고 있었다.

스마트 기기를 활용한 수업 방식의 흥미도를 묻는 질문에 대해 70%의 학생들이 긍정적으로 응답하였고, 그 이유로 '스마트 기기로 문제를 풀어서 지루하지 않았다', '스마트 기기를 가지고 스스로 공부할 수 있어서 재미있었다', '스마트 기기로 답을 알아가는 과정이 재미있었다' 등이 많았다.

스마트 기기를 활용한 과학 수업의 유용성을 묻는 질문에는 78%의 학생들이 도움이 되었다고 응답하였다. 그 이유로는 '스마트 기기를 사용하니까 집중이 잘 된다', '틀린 부분을 정확히 알려줘서 좋았다', '그림과 동영상을 바로 볼 수 있어서 교과서로 공부하는 것보다 이해가 잘 된다' 등이 있었다.

과학 수업에서 스마트 기기의 활용에 대한 선호도를 묻는 질문에 대해서는 63%의 학생들이 긍정적인 응답을 하였다. 그 이유로는 '교과서보다 자료가 많고, 설명이 쉽고 재미있다', '흥미를 끌어서 집중이 잘 된다' 등이 있었다.

## Ⅳ. 결론 및 제언

스마트 교육은 정보 접근성을 기반으로 실시간으로 학습자에 대한 학습 진단과 처방이 가능하기 때문에, 적응적 수업 체제를 적용할 수 있다(Ryu, 2008). 학생들은 추상적인 과학 개념에 대해 다양한 오개념을 지니고 있으므로 학생들의 과학 개념 학습에서 적응적인 학습 전략은 매우 중요하다. 이 연구에서는 스마트 기기를 활용하여 학습자의 개념을 진단한 후 적절한 학습 내용을 제공하는 개념 적응적 개별화 학습 전략을 개발하고, 그 효과를 조사하였다.

연구 결과, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 전략은 교사 중심의 전통적 학습 방법보다 학생들의 과학 개념 이해와 파지

Table 11. Students' perceptions toward using smart devices in science instruction (%)

| Item | Response ($n$=54) | | |
|---|---|---|---|
| | High | Medium | Low |
| Interest | 38 (70.4) | 15 (27.8) | 1 (1.9) |
| Usefulness | 42 (77.8) | 10 (18.5) | 2 (3.7) |
| Preference | 34 (63.0) | 15 (27.8) | 5 (9.26) |

에 효과적인 것으로 나타났다. 분자 운동 개념은 직접적인 관찰이 불가능하므로 학생들이 어려움을 느낄 뿐 아니라, 학생들에 따라 이해 수준이 다를 수 있다. 선행 연구에서도 미시적인 입자 개념 학습에서 애니메이션과 동영상 등의 학습 자료를 활용한 컴퓨터 보조 학습이 (Noh *et al*., 1998; Noh *et al*., 1999) 학습자 및 학습 자료의 특성에 따라 개념 이해도 향상에 한계를 나타내었다. 그런데 이 연구의 결과는 스마트 기기를 활용하면 학습자의 개념 이해 수준을 진단하고, 그 결과에 따라 수준에 맞는 학습 자료를 제공할 수 있고, 학생들의 분자 운동 개념에 대한 이해를 증진시키고 지속시키는데도 도움이 되는 것으로 나타났다. 즉, 향후 입자 개념과 같이 학생들의 이해 수준이 다양한 개념 학습에서 적응적 수업 체제를 구축할 경우 스마트 기기를 활용한다면 학생들의 개념에 적응적인 학습 전략을 구현할 수 있을 것이다.

이제까지 스마트 기기의 사용이 학생들의 스마트 기기 중독을 유발하고 수업 집중도와 학생 간의 상호작용과 같은 정의적 측면에 부정적인 영향을 미친다는 주장(Choi *et al*., 2012; Hwang & Son, 2014)도 있었지만, 스마트 기기의 사용 시간이 사회성 발달에 긍정적인 영향을 미친다는 주장도 있었다(Kim, 2013). 그런데 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습이 정의적, 동기적 측면에서도 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 학생들은 전통적인 수업에 비해 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 즐겁게 생각했으며, 과학 학습 동기 측면에서도 긍정적인 인식이 나타났다. 이 연구의 결과는 스마트 기기의 도입에 대한 막연한 우려를 해소하고, 스마트 기기를 수업에 적극적으로 도입할 수 있는 근거가 될 수 있을 것이다. 스마트 기기 사용의 부정적 영향을 최소화하고, 긍정적 효과를 극대화하기 위해서는 스마트 기기의 사용 자체에 대한 논란보다 효과적인 사용을 유도하는 실천적인 전략이 필요할 것이다.

한편, 이 연구의 결과만으로는 학생들이 스마트 기기를 활용하여 학습을 진행할 때 어떤 과정을 거치는지, 그리고 학습 자료의 어떤 부분이 학습에 도움이 되었는지를 심층적으로 밝히는데 한계가 있다. 따라서 학생들의 산출물, 수업 관찰, 면담 등에 근거한 정성적인 연구를 진행하여, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 수업의 구체적인 메커니즘을 밝힐 필요성이 있다. 또한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 전략에 대한 연구가 매우 부족한 실정이므로, 이 연구에서 시도한 개별화 학습 전략 이외에 토론 학습, 협력 학습, 탐구 학습 등 다양한 교수·학습 전략에 대한 연구도 이루어질 필요가 있다.

## 국문요약

이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과를 개념 이해도, 개념 파지, 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 즐거움, 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다. 서울시의 한 남녀 공학 중학교 1학년 4개 학급을 통제 집단과 처치 집단으로 배치하고, 7차시 동안 '분자의 운동'에 대하여 수업을 실시하였다. 이원 공변량 분석 결과, 처치 집단의 개념 검사, 개념 파지 검사, 학습 동기 검사, 과학 수업에 대한 즐거움 검사의 점수가 통제 집단에 비하여 유의미하게 높았다. 학업 성취도 검사에서는 처치 집단의 점수가 통제 집단보다 높았으나, 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다. 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식도 긍정적인 것으로 나타났다.

**주제어 :** 과학 수업, 스마트 기기, 개별화 학습, 적응적 학습, 개념 이해

## References

Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. Journal of Research in Science Teaching, 41(4), 317-337.

Byrda, K. S., & Caldwell, B. S. (2011). Increased memory load during task completion when procedures are presented on mobile screens. Behaviour & Information Technology, 30(5), 643-658.

Cho, J. C., & Lim, H. S. (2012). A conceptual model of smart education considering teaching-learning activities and learner's characteristics. Journal of Korean Association of Computer Education, 15(4), 41-49.

Choi, H. S., Lee, H. K., & Ha, J. C. (2012). The influence of smartphone addiction on mental health, campus life and personal relations - Focusing on K university students. Journal of Korean Data & Information Science Society, 23(5), 1005-1015.

Fraser, B. J. (1981). Test of science-related attitudes: Handbook. Hawthorn, Australia: The Australian Council for Educational Research.

FitzPatrick, K. A., Finn, K. E., & Campisi, J. (2011). Effect of personal response systems on student perception and academic performance in courses in a health sciences curriculum. Advances in Physiology Education, 35(3), 280-289.

Han, J. H., & Finkelstein, A. (2013). Understanding the effects of professors' pedagogical development with clicker assessment and feedback technologies and the impact on students' engagement and learning in higher education. Computers & Education, 65, 64-76.

Hwang, G. J., & Chang, H. F. (2011). A formative assessment-based mobile learning approach to improving the learning attitudes and achievements of students. Computers & Education, 56(4), 1023-1031.

Hwang, T. K., & Son, W. K. (2014). Uses of smart devices and their relations to immersion tendency, self-control sbility, and prosocial behavior in preschoolers. Journal of Life-span Studies, 4(1), 69-83.

Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013). NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition. The New Media Consortium.

Joo, J. W., & Lee, Y. H. (2012). A study of possibilities on the photographic education method by smart-phone, especially in social network services. The Society of Korea Photography, 26, 47-60.

Kang, J., Shim, K. C., Dong. H. K., Gim, W. H., Son, J., Kwack, D. O., Oh, K., & Kim, Y. J. (2014). Practical use of the classroom response system for diagnostic and formative assessments in a high school life science class. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(3), 273-283.

Keller, J. M., & Subhiyah, R. (1993). Course interest survey. Florida State University.

Kim, B. N. (2013). Effect of smart-phone addiction on youth's sociality development. The Journal of the Korea Contents Association, 4(13), 208-217.

Kim, K., Chung, K., Cha, J., Kang, Y., & Noh, T. (2007). The effects of situational context feedbacks in chemistry learning with computer-assisted instruction. Journal of the Korean Chemical Society, 51(2), 193-200.

Kim, K., Kang, Y., Kwon, H., Wang, H., & Noh, T. (2006). The effects of CAI adapting to the level of students` conceptual understanding in concept Learning. Journal of Korean Association of Computer Education, 9(2), 79-88.

Kim, W. H., Seo, J. H., & Kim, Y. J. (2011). A study on the use of ICT in middle school science class. Educational Research, 51, 181-204.

Kwack, H., & Shin, Y. (2014). The effects of formative assessment using mobile applications on interest and self-directedness in science

instruction. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(3), 285-294.

Lee, J. S., & Choi, J. S. (2012). Implementation of application for vocabulary learning through analysis of users needs using smart phone. Journal of Korean Association of Computer Education, 15(1), 43-53.

Leem, J., & Kim, S. (2013). Effects of individual learning and collaborative learning on academic achievement, self-directed learning skills and social efficacy in smart learning. The Journal of Educational Information and Media, 19(1), 1-24.

Lim, G. (2011). Research on developing instructional design models for enhancing smart learning. Journal of Korean Association of Computer Education, 14(2), 33-45.

Ministry of Education, Science, & Technology (2011). Road to powerful nation for human resource development: Action strategies of smart education. Ministry of Education, Science, & Technology.

Murphy, M. A., & Davidson, G. V.(1991). Computer-based adaptive instruction: Effects of learner control on concept learning. Journal of Computer-Based Instruction, 18(2), 51-54.

Noh, T., Cha, J., & Kim, C. (1999). The effect of computer-assisted instruction using molecular-level animation and worksheet in high school chemistry class. Journal of the Korean Association for Science Education, 19(1), 128-136.

Noh, T., Cha, J., Kim, C., & Choi, Y. (1998). The effect of computer-assisted instruction using molecular-level animation in middle school science class. Journal of the Korean Association for Science Education, 18(2), 161-171.

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.

Özdemir, S. (2010). Supporting printed books with multimedia: A new way to use mobile technology for learning. British Journal of Educational Technology, 41(6), 135-138.

Reiser, R., & Dempsey, J. (2006). Trends and issues in instructional design and technology. Upper Saddle River, NJ: Merririll Prentice Hall.

Ryu, J. (2008). A discourse of implementation the adaptive instructional systems into ubiquitous learning environments, The Korean Journal of Educational Methodology Studies, 20(1), 75-91.

Shih, J. L., Chuang, C. W., & Hwang, G. J. (2010). An inquiry-based mobile learning approach to enhancing social science learning effectiveness. Educational Technology & Society, 13(4), 50-62.

Shuler, C., Winters, N., & West, M. (2013). The future of mobile learning: Implications for policy makers and planners. UNESCO Working Paper Series on Mobile Learning.

Singer, J. E., Wu, H., & Tal, R. (2003). Students' understanding of the particulate nature of matter. School Science and Mathematics, 103(1), 28-44.

Snir, J., Smith, C. L., & Raz, G. (2003). Linking phenomena with computing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. Science Education, 87(6), 794-830.

Song, S. H., & Keller, J. M. (2001). Effectiveness of motivationally adaptive computer-assisted instruction on the dynamic aspects of motivation. Educational Technology, Research & Development, 49(2), 5-22.

Tomlinson, C. A. (2001). How to differentiate instruction in mixed ability classrooms (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Yang, Y., & Yoo, P. (2003). Analysis of effectiveness of adaptive and non-adaptive web-based learning materials on self-directed learning ability and learning satisfaction: Focus on the korean language at elementary school. The Journal of Elementary Education, 16(2), 443-468.

Zangyuan, O. (2003). The application of adaptive learning environment on oxidation-reduction web-title. International Journal of Instructional Media, 30(4), 383-405.