

# 초등 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과

강석진<sup>1</sup> · 윤성용<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(전주교육대학교) · <sup>2</sup>(보절초등학교)

## The Effects of the Small Group Collaborative Learning Strategy using Smart Devices in Elementary School Science Classes

Kang, Sukjin<sup>1</sup> · Yun, Sungyong<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(Jeonju National University of Education) · <sup>2</sup>(Bojeol Elementary School)

### ABSTRACT

In this study, the effects of the small group collaborative learning on students' achievement, the retention of the achievement, communication anxiety, and science learning motivation were investigated. The aptitude-treatment interaction between the level of students' self-directed learning ability and the intervention was also examined. Two classes (38 students) from an elementary school were respectively assigned to a control group and a treatment group. A self-directed learning ability test, a communication anxiety test, and a science learning motivation test were administered as pretests. The intervention lasted for 8 class periods. After instruction, an achievement test, the communication anxiety test, and the science learning motivation test were administered. An achievement retention test were also administered after four weeks. The results indicated that there were significant treatment-aptitude interaction effects in the achievement test scores and the achievement retention test scores. In the communication anxiety and the science learning motivation, however, any significant difference was not found between the scores of the treatment group and the control group. Educational implications are discussed.

**Key words:** collaborative learning, smart device, elementary school science class, achievement, communication anxiety, science learning motivation

### I. 서 론

오늘날 우리는 이전 시대와는 전혀 다른 환경, 즉 정보통신기술과 스마트 기기의 발전을 바탕으로 언제 어디서나 정보와 지식을 생산하고 공유할 수 있는 환경에서 살고 있다. Prensky(2001)는 컴퓨터와 스마트 기기로 구성된 디지털 환경에서 태어나서 자란 새로운 세대를 디지털 원주민(digital natives), 이전의 기성세대를 디지털 이주민(digital immigrants)으로 구분하였다. 새로운 디지털 환경에 적응하기 급급한 기성세대와 달리 디지털 환경을 즐기며 누리는 디지털 원주민은 언어, 행동 양식, 사고방식 등 여러 측면에서 특성을 지니고 있다. 우리나라의

초등학생들도 디지털 기기에 익숙하며 언제 어디서나 디지털 기기의 사용을 기대한다는 점에서 디지털 원주민이라고 볼 수 있다(이상기와 권민화, 2014). 인터넷과 스마트 기기의 사용이 이미 생활의 일부가 된 학생들은 전통적인 방식의 학습에서 탈피하려는 경향을 나타낸다(설문규와 손창익, 2012). 이러한 맥락에서 디지털 원주민인 학생들에게 적합한 학습 방법을 탐색하려는 노력이 이루어졌고, 스마트 교육이 관심을 받게 되었다.

스마트 교육의 핵심이라고 할 수 있는 스마트 기기는 비교적 가격이 저렴하고, 교실뿐 아니라 야외에서도 손쉽게 사용할 수 있으며, 학생들 사이의 대면적 상호작용과 정보 검색이 한 장소에서 동시에 이

루어질 수 있다는 점에서 기존의 컴퓨터와 차별성을 지닌 매력적인 도구이다(Zurita & Nussbaum, 2004). 그리고 스마트 기기는 문제 해결에 필요한 정보와 의사결정 과정의 공유 및 시간간격 제약을 극복한 신속한 아이디어의 교환 등과 같은 학생들 사이의 다양한 상호작용을 증진시킬 수 있다(Järvelä *et al.*, 2007; Looi *et al.*, 2011). 이와 같이 새로운 기술이 교육에 도입되면 새로운 학습 기회가 생겨나므로, 교육적 도구로서 스마트 기기의 유용성을 탐색하는 선행 연구들이 적지 않게 이루어졌다(김정량과 노재춘, 2014; 장준혁과 박판우, 2014; Shih *et al.*, 2010). 그러나 혁신적인 기술을 도입한다고 해서 항상 성공적인 학습이 보장되는 것은 아니다(Liu, 2007). 보다 중요한 것은 스마트 기기를 학습 과정에 유기적으로 통합시켜 핵심적인 역할을 담당하도록 함으로써 교사와 학생들이 학습 과정의 일부로 거부감 없이 스마트 기기를 사용하도록 만드는 일이다(Looi *et al.*, 2011).

학습을 단순한 지식의 전달이 아닌 학생과 교사 그리고 학생 간의 상호작용에 기반을 둔 사회적 지식 구성 과정으로 보는 구성주의적 학습관에 기초하여 과학교육 분야에서도 소집단 협력 학습에 많은 관심을 가지고 있다. 소집단 학습은 상호작용을 통해 학습자의 메타인지를 촉진하여 문제를 해결하는 학습 환경이고(Iiskala *et al.*, 2011), 협력 학습은 여러 학습자가 공동의 목표인 문제를 해결하기 위하여 필요한 지식을 공유하고, 자신의 문제 이해 정도나 해결 전략 등도 표출하여 공유하는 과정이다(류지현과 권숙진, 2005). 소집단 협력 학습에서는 문제 해결에 관련된 지식을 공유하고, 개인의 다양한 인지적 표상을 접하므로 해결해야 할 문제를 다각적, 심층적으로 이해하게 되는 장점이 있고(Stoyanova & Kommers, 2002), 학습자들의 참여를 촉진 시킴으로써 능동적이고 적극적인 지식 형성이 가능하다(류지현과 권숙진, 2005). 그런데 학습자가 자율적으로 과제를 수행해야 하는 컴퓨터 기반 학습은 학생들에게 생소할 뿐 아니라, 소집단 협력 학습으로 진행될 경우에는 전통적인 환경에 비해 적극적인 상호작용이 요구된다고 한다(Rummel & Spada, 2005). 따라서 스마트 교육 환경에서도 효과적인 협력 학습이 이루어지기 위해서는 학생들의 자기주도적인 학습을 지원하고, 적극적인 참여를 장려할 수 있는 새로운 방안을 탐색할 필요성이 있다. 스마트 교육

의 효과를 탐색한 선행 연구들 중에는 모바일 기술을 개별화 학습 전략(윤정현 등, 2015), 소집단 학습 전략(윤정현 등, 2016), 탐구 수업 전략(배진호 등, 2015) 등에 적용한 연구들이 일부 있었으나, 모바일 기술에 의한 새로운 학습 기회를 학습자의 상호작용과 협력이라는 구성주의적 관점에서 파악하고 설명하려는 노력은 여전히 부족하다.

무선 네트워크와 스마트 기기의 활용이 자유로운 환경에서는 학습자의 상호작용을 바탕으로 한 지식 구성이 효과적으로 구현될 수 있는데, 학습자들이 스마트 기기를 이용하여 필요한 자료와 정보를 탐색하고, 체계적으로 정리하여 공유할 수 있기 때문이다. 또한 스마트 기기를 사용하면 정보의 즉각적인 공유로 인하여 학생들 사이에 다양한 의견 교환과 피드백이 발생하여 활동이 촉진되고(Rogers & Price, 2008), 스마트 기기를 통해 학생들의 의견이 자연스럽게 논의에 반영되므로 활발한 사회적 상호작용이 이루어질 수도 있다(Shih *et al.*, 2010). 따라서 스마트 기기를 효과적으로 활용한다면 과학 수업의 소집단 활동에서 학생들 사이의 사회적 상호작용을 통한 지식 구성을 촉진할 수 있을 것이다.

한편, 스마트 교육이 지향하는 중요한 요소 중에 자기주도 학습이 있는데, 이는 학습자가 주체가 되어 학습 과정을 스스로 조절하고 이끌어 나가는 학습을 의미한다. 학습 과정에서 자기주도 학습 능력의 중요성은 많은 선행 연구에서 일관되게 주장되었는데, 스스로 주어진 정보를 정교화하고 조직할 수 있는 능력은 새로운 지식의 습득이나 문제 해결에 결정적인 요소이기 때문이다(Lim *et al.*, 2009). 자기주도 학습 능력은 컴퓨터 보조 수업, 하이퍼텍스트, 이러닝 등의 환경에서 학업 성취도와 밀접한 관련이 있는 변인으로 보고되었다(임철일, 2002). 스마트 기기를 이용하여 능동적으로 학습에 참여하기 위해서도 자기주도 학습 능력은 필수적인데, 자신의 학습 계획을 스스로 수립하고, 관련된 정보를 탐색 및 수집하여 그 질을 판단하며, 정보를 종합, 정리, 평가하는 등의 활동이 체계적으로 이루어져야 하기 때문이다(임정훈과 김상홍, 2013).

이에 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습을 초등학교 과학 수업에서 실시하여 그 효과를 학업 성취도, 의사소통 불안, 과학 학습 동기 측면에서 조사하였다. 또한 스마트 기기를 사용한 교육에 중요한 요인으로 제안된 자기주도 학

습 능력 수준과 수업 처치의 적성-처치 상호작용 효과도 조사하여 과학 수업에서 스마트 교육의 활용 방안에 대한 시사점을 탐색하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

이 연구에서는 전라북도에 소재한 1개 초등학교의 5학년 2개 학급(N=38)을 선정하여 학급 단위로 처치 집단과 통제 집단으로 임의로 배치하였다. 처치 집단과 통제 집단은 모두 교육 경력 10년 이상인 전담교사 1명이 과학 수업을 실시하였다. 수업 처치 이전에 실시한 자기주도 학습 능력 검사 점수의 중앙값을 기준으로 상위(16명, 42%)와 하위(22명, 58%)로 구분하였다(Table 1).

처치 집단과 통제 집단 모두 수업 처치 이전에 사전 검사를 실시하고, 이전 학년의 기말고사 과학 성적도 확보하였다. 처치 집단의 경우, 수업 처치의 주요한 요소인 스마트 기기(태블릿 PC) 사용법과 소집단 협력 학습에 익숙해질 수 있도록 처치 이전에 다른 단원의 내용을 이용하여 2차시 동안 연습 수업을 1회 실시하였다. 수업 처치는 ‘태양계와 별’ 단원에 대하여 매주 1회씩 총 4회(8차시) 실시하였고, 통제 집단은 같은 기간 동안 전통적인 방식의 수업을 진행하였다. 수업 처치가 끝난 후, 처치 집

단과 통제 집단 모두 사후 검사를 실시하였다. 처치가 끝난 4주 후에는 처치 집단과 통제 집단 모두 학업 성취도 과제 검사를 실시하였다.

### 2. 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습

이 연구에서는 단순히 과학 학습 과정에 스마트 기기를 도입하여 다른 형태의 자료를 대체하는 것이 아니라, 스마트 기기가 과학 학습의 진행에서 필수적인 역할을 담당할 수 있도록 수업을 계획하였다. 즉, 제시된 과제를 소집단별로 해결해 나가기 위해서는 정보를 검색해야 하는데, 이때 스마트 기기를 활용하는 방식으로 수업을 구성하였다. 수업 처치를 위하여 5학년 1학기의 ‘태양계와 별’ 단원을 재구성하였다. 소집단별로 과제를 해결하고, 결과물을 산출해내는 학습 과정이 의미있게 이루어지기 위해서는 1차시의 시간만으로는 부족하므로 2차시 단위로 수업을 구성하였다. 각 차시에서 다른 교과서의 차시, 주요 개념, 제시한 과제는 Table 2와 같다.

스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에서는 학생들의 소집단 활동이 효과적으로 이루어지도록 해결해야 할 과제를 제시하였는데, 과제의 상황을 이야기 형식으로 구성하여 멀티미디어 자료와 함께 제시하였다. 소집단 활동에 대한 학생들의 흥미를 유발하고, 적극적인 참여를 이끌어내기 위하여 소집단별로 서로 다른 하위 과제를 제시함으로써 학생들이 다른 소집단의 활동을 모방하지 않고, 자신들의 활동에 의미를 부여하고 집중할 수 있도록 하였다. 소집단별로 제시한 과제는 정보를 검색해서 활용해야 하고, 학생 간의 협력과 상호작용을 바탕으로 해결할 수 있도록 구성하였다. 따라서 소집단별 과제 수행 과정에서 학생들은 먼저 나름대로의 과제 해결 계획을 수립한 후 필요한 정보를 검색하

Table 1. Subjects by the level of self-directed learning ability

	통제 집단	처치 집단	계
상위	9	7	16
하위	9	13	22
계	18	20	38

Table 2. Major concepts and problem situation in each class

차시	주요 개념	과제
· 태양계에는 어떤 구성원이 있을까요? · 태양계 행성의 크기를 비교하여 볼까요?	· 태양계의 행성 · 행성의 상대적 크기	· 태양, 수성, 금성, 화성의 여행 홍보 포스터 제작
· 우주 탐사 계획을 세워 볼까요? · 밤하늘에서 밝은 행성을 찾아볼까요?	· 우주 탐사 계획 · 밝은 행성 찾기	· 목성, 토성, 천왕성, 해왕성의 탐사결과 동영상 제작
· 별자리는 무엇일까요? · 북쪽 하늘의 별자리를 이용하여 북극성을 찾아볼까요?	· 별과 별자리의 정의 · 북극성 찾기	· 바다뱀, 헤라클레스, 오리온, 마차부자리의 별자리 카드 제작
· 태양에서 행성까지의 거리를 비교하여 볼까요? · 나는 태양계 큐레이터	· 태양-행성의 상대적 거리 · 태양계 모형	· 태양계 전시관에 설치할 행성 모형 제작

게 되는데, 정보 검색 과정에서 각 소집단별로 제공한 태블릿 PC를 활용하였다. 이후 학생들이 검색한 정보를 활용하여 소집단별로 제시된 과제에 대한 해답을 찾고, 이를 소개하는 결과물을 제작하도록 하였는데, 어떤 정보를 활용하여 어떤 결과물을 제작할 것인지의 소집단 내에서 자율적으로 논의하고 결정하도록 하였다. 예를 들어, 태양계의 행성에 대한 차시에서는 태양, 수성, 금성, 화성 중에서 소집단별로 하나를 선택하여 태양이나 행성의 특징이 잘 드러날 수 있는 우주여행 상품 홍보 포스터를 창의적으로 고안하도록 하였다. 한편, 소집단별 하위 과제에 대한 모든 소집단의 결과물을 종합하면 해당 차시에서 학습해야 할 내용이 모두 다루어지도록 구성하였다. 따라서 수업의 마지막 단계에서는 소집단별로 제작한 결과물을 전체 학생들에게 발표하고 토의하는 기회를 제공하였다.

소집단별로 서로 다른 과제를 수행하므로 특정한 과제의 해결에 실패하는 소집단이 발생할 경우에는 학급의 나머지 학생들도 그 내용을 학습하지 못할 가능성이 있다. 따라서 학급의 모든 소집단이 과제를 해결할 수 있도록 안내하기 위하여 필수적인 정보가 포함된 동영상의 URL을 소집단별로 1장씩 제공하는 모듈 학습지(Fig. 1)에 QR 코드로 제시하였고, 그 외의 추가적인 정보는 소집단별로 자유롭게 탐색할 수 있도록 하였다. 모듈 학습지에는 학생들이 검색한 정보를 체계적으로 정리하도록 하여 성공적인 과제 해결과 체계적인 결과물 제작을 지원하였다. 소집단별로 수행하는 과제가 다르므로 해당 차시의 학습 목표를 완전하게 달성하기 위해서는 다른 소집단의 결과물에 대해서도 알 필요성이 있다. 따라서 학급의 모든 소집단이 결과물에 대한 발표가 끝난 후, 발표 내용을 정리해서 학습하는 정리 학습지(Fig. 2)를 모든 학생들에게 제공하였다.

### 3. 검사 도구

이 연구에서는 자기주도 학습 능력, 학업 성취도, 의사소통 불안, 과학 학습동기 검사를 실시하였다. 모든 검사는 과학교육 전문가 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았다.

자기주도 학습 능력 검사는 학습자가 스스로 자신의 학습을 조직하고 조절할 수 있는 특성을 측정하기 위하여 Guglielmino(1977)의 SDLRS(Self-Directed Learning Readiness Scale)를 우리나라의 초등학교생용

**모듈 학습지** 태양계 구성원의 특징을 조사해볼까요? 5학년 1학기 4. 태양계와 별

5학년 반 모둠원 : ( )

★ 다음 동영상과 보고 태양계 구성원의 특징을 조사해 봅시다.

태양의 우주 대모험 목성 태양계 행성의 크기를 비교해 볼까요?

**크기**

- 지구의 반지름이 1이면 목성의 반지름은 ( )로 태양계에서 크기가 가장 ( ) 행성이다.

**표면**

- 표면이 ( )로 이루어져 있다.

**목성**

**위성**

- 목성은 위성을 ( ) 개를 가진다.

**고리**

- 목성 주변에 고리가 ( ) 개 있다.

Fig 1. An example of the group worksheets.

**정리 학습지** 태양계 구성원의 특징을 조사해볼까요? 5학년 1학기 4. 태양계와 별

5학년 반 이름 : ( )

★ 태양계 구성원의 특징을 정리해 봅시다.

**목성**

- 태양계에서 가장 (큰 / 작은) 행성

**토성**

- 태양계에서 가장 큰 ( )가 있다.

**천왕성**

- 다른 행성과 다르게 (서 / 누워) 있는 모습이다.

**해왕성**

- 태양에서 가장 (가까운 / 먼) 행성

**목성, 토성, 천왕성, 해왕성의 공통점**

- 모두 위성이 (있고 / 없고) 고리가 (있다 / 없다).
- 모두 표면은 (암석 / 기체)로 이루어져 있다.

Fig 2. An example of the individual worksheets.

로 재구성한 SDLRS-KE-2010(김혜영과 김금선, 2010)을 사용하였다. 자기주도 학습 능력 검사지는 학습에 대한 사랑, 학습 자신감, 자발적 주도성, 학습자로서의 자신의 이해, 학습 책임감, 학습에 따르는 참을성, 학습 독립성, 학습 탐구심, 학습의 미래지향성 등 9가지 하위 영역에 대하여 총 40문항이 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 이 연구에서 구한 자기주도 학습 능력 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's  $\alpha$ )는 사전 검사에서 .89, 사후 검사에서 .90이었다.

학업 성취도 검사지는 내용 영역과 행동 영역으로 구성된 Bloom의 이원 분류표에 의거하여 연구자가 제작하였는데, '태양계와 별' 단원에 대해 지식 영역 8문항, 이해 영역 4문항, 적용 영역 4문항으로 구성하였다. 검사지의 모든 문항은 5개의 보기 중 하나를 선택하는 형태의 문항으로 제작하였다. 이 연구에서 구한 학업 성취도 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's  $\alpha$ )는 .63이었고, 학업 성취도 파지 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's  $\alpha$ )는 .75였다.

협력 학습에서는 소집단 구성원 간에 활발한 의사소통이 일어나므로 의사소통 불안을 완화시킬 것으로 기대할 수 있다(이해련, 2015). 학생들의 의사소통 불안은 PRCA-24(McCroskey *et al.*, 1985)를 번역하여 측정하였다. PRCA-24는 일반적인 맥락에서 개인이 느끼는 의사소통 불안의 정도를 측정하는 도구로서, 대중 앞에서 말하기, 소집단에서 말하기, 모임에서 말하기, 다른 사람과 말하기 등 4개 하위 범주에 대한 각 6문항씩 총 24개의 5단계 리커트 문항으로 구성되어 있다. 이 연구에서 사용한 의사소통 불안 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's  $\alpha$ )는 사전 검사에서 .86, 사후 검사에서 .85였다.

스마트 교육 환경에서 학습자들은 스스로 학습동기를 부여하는 것으로 알려져 있으므로(윤정현 등, 2015, 2016; 임정훈과 김상홍, 2013) 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습은 학생들의 과학 학습동기를 향상시킬 것으로 기대할 수 있다. 학생들의 과학 학습동기는 Song(1998)의 간이 IMMS(simplified Instructional Material Motivation Survey)를 번역한 검사 도구로 측정하였다. 간이 IMMS는 과학 수업에 대한 학생들의 학습동기를 5단계 리커트 척도 문항으로 측정하는데, 주의력, 자신감, 적절성, 만족감 등의 4개 하위 범주에 대해 각 4문항씩 총 16문항으로 구성되어 있다. 이 연구에서 측정한 과학 학

습동기 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's  $\alpha$ )는 사전 검사에서 .94, 사후 검사에서 .90이었다.

#### 4. 분석 방법

스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과를 전통적인 수업과 비교하고, 수업 처치와 학생들의 자기주도 학습 능력 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위하여 2x2 요인 방안에 의한 이원공변량분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 독립 변인은 수업 처치, 구획 변인은 자기주도 학습 능력 수준, 종속 변인은 학업 성취도 검사, 학업 성취도 파지 검사, 의사소통 불안 검사, 과학 학습동기 검사의 점수를 각각 사용하였다. 또한 학업 성취도와 학업 성취도 파지는 .01 수준에서 각각 유의미한 상관관계가 있는(학업 성취도:  $r=.55$ , 학업 성취도 파지:  $r=.50$ ) 이전 학년의 기말고사 과학 성적을 공변인으로 사용하였고, 의사소통 불안과 과학 학습동기는 .01 수준에서 각각 유의미한 상관관계가 있는(의사소통 불안:  $r=.73$ , 과학 학습동기:  $r=.74$ ) 각각의 사전 검사 점수를 공변인으로 사용하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였다. 모든 종속 변인에서 점수 분포의 정상성과 동변량성이 만족되어 모수 통계를 사용하였지만, 연구 결과의 해석에서는 연구 대상의 수가 적다는 점을 고려해야 할 것이다.

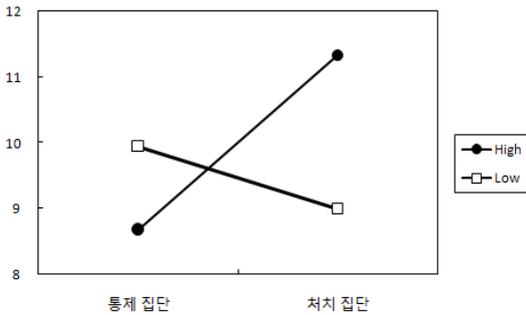
### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 학업 성취도에 미치는 효과

처치 집단과 통제 집단 학생들의 자기주도 학습 능력 수준에 따른 학업 성취도 검사의 평균과 교정 평균은 Table 3과 같다. 처치 집단의 교정 평균은 10.17로 통제 집단의 9.31보다 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았고( $MS=6.64$ ,  $F=.23$ ,  $p=.717$ ), 지식, 이해, 적용의 하위 영역에서도 두 집단의 교정 평균 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다(지식:  $MS=2.08$ ,  $F=.31$ ,  $p=.677$ , 이해:  $MS=1.63$ ,  $F=1.39$ ,  $p=.463$ , 적용:  $MS=.02$ ,  $F=.01$ ,  $p=.946$ ). 그러나 수업 처치와 자기주도 학습 능력 수준 사이의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하였다( $MS=28.14$ ,  $F=4.95$ ,  $p=.033$ ). 단순 효과를 검증한 결과, 자기주도 학습 능력 하위 집단은 처치 집단

**Table 3.** Means, standard deviations, and adjusted means of the achievement test scores by the level of self-directed learning ability

	통제 집단			처치 집단		
	M	S.D.	Adj. M	M	S.D.	Adj. M
전체	9.39	3.36	9.31	9.75	2.55	10.17
상위	8.89	3.66	8.68	12.14	1.95	11.33
하위	9.89	3.18	9.95	8.46	1.81	9.00
지식	4.94	1.55	4.91	5.20	1.47	5.39
상위	4.67	1.41	4.57	6.29	0.49	5.91
하위	5.22	1.72	5.25	4.62	1.50	4.87
이해	1.83	1.30	1.81	2.10	1.25	2.24
상위	1.89	1.17	1.83	2.86	1.22	2.62
하위	1.78	1.48	1.80	1.69	1.11	1.85
적용	2.61	1.24	2.59	2.45	0.95	2.54
상위	2.33	1.41	2.28	3.00	0.82	2.80
하위	2.89	1.05	2.90	2.15	0.90	2.29



**Fig 3.** The achievement test scores by the level of self-directed learning ability.

과 통제 집단의 교정 평균 점수 차이가 통계적으로 유의미하지 않았고( $MS=5.68, F=1.13, p=.301$ ), 자기 주도 학습 능력 상위 집단에서는 유의미하지는 않았지만 Fig 3과 같이 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높은 경향성이 있었다( $MS=21.59, F=3.24, p=.095$ ). 즉, 학업 성취도 측면에서는 자기 주도 학습 능력 하위 수준 학생들에 비해 상위 수준 학생들에게서 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과가 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

스마트 교육 환경에서는 스마트 기기를 이용하여 필요한 자료와 정보를 즉각적으로 탐색하고 공유할 수 있으므로 학습자의 활발한 상호작용에 기초한 사회적 지식 구성을 효과적으로 구현할 수 있

다(Rogers & Price, 2008; Shih *et al.*, 2010). 그런데 스마트 교육 환경에서 효과적인 학습이 이루어지기 위해서는 학습 계획을 수립하고, 정보를 탐색하여 종합, 정리, 평가하는 등의 활동이 체계적으로 이루어져야 하므로 자기 주도 학습 능력이 필수적이다(임정훈과 김상홍, 2013). 따라서 이 연구에서 실시한 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에서도 자기 주도 학습 능력 상위 수준 학생들이 상대적으로 높은 학업 성취도를 나타낸 것으로 해석할 수 있다.

한편, 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습이 자기 주도 학습 능력 상위 수준 학생들에게 상대적으로 효과적이었던 원인을 제시된 과제의 특성 측면에서도 살펴볼 수 있다. 이 연구의 수업 처치에서는 학생들이 협력을 통하여 의사결정을 내리고, 과제를 해결할 수 있도록 전통적인 수업에 비해 비구조화된 과제를 제시하였다. 학생들이 소집단별로 제시된 과제를 수행하기 위해서는 스마트 기기를 활용하여 얻은 정보를 재구성해야 하는데, 이 과정에서 정보를 어떻게 활용할 것인지, 결과물을 어떻게 제작할 것인지 등에 대해 학생들이 스스로 계획, 점검, 평가하는 활동이 필요하다. 즉, 학습자가 문제를 스스로 해결하기 위하여 해결 과정을 탐색하고 파악하여 조절하기 위해서는 자기 주도 학습 능력이 필수적이므로(조연순, 2006), 자기 주도 학습 능력 수준이 높은 학생들이 높은 학업 성취도를 나타낸 것으

로 해석할 수 있다. 비구조화된 과제에서 자기주도 학습 능력이 높은 학생들의 성취가 높은 것으로 보고된 연구(장선영과 이선희, 2012), 문제 중심 학습에서 자기주도 학습 능력이 중요한 매개 변인이라는 연구(홍기철, 2009), 교사 중심의 구조적인 수업에서는 자기주도 학습 능력이 낮은 학생들이 유리하고 학생 중심의 비구조적인 수업에서는 자기주도 학습 능력이 높은 학생들이 유리하다는 연구(박일수 등, 2008; Neber et al., 2007) 등도 이러한 해석을 뒷받침한다.

## 2. 학업 성취도 파지에 미치는 효과

처치 집단과 통제 집단 학생들의 자기주도 학습 능력 수준에 따른 학업 성취도 파지 검사의 평균과 교정 평균을 Table 4에 제시하였다. 처치 집단의 교정 평균이 10.27로서 통제 집단의 9.87보다 높았지만, 통계적으로 유의미한 차이는 아니었고( $MS=1.48$ ,  $F=.04$ ,  $p=.878$ ), 하위 영역에서도 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다(지식:  $MS=.21$ ,  $F=.02$ ,  $p=.923$ , 이해:  $MS=.48$ ,  $F=.07$ ,  $p=.840$ , 적용:  $MS=.97$ ,  $F=31.46$ ,  $p=.554$ ). 그런데 수업 처치와 자기주도 학습 능력 수준 사이의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하였고( $MS=37.44$ ,  $F=4.28$ ,  $p=.047$ ), 하위 영역

중 지식 영역의 상호작용 효과도 통계적으로 유의미하였다( $MS=13.90$ ,  $F=7.93$ ,  $p=.008$ ). 단순 효과를 검증한 결과, 자기주도 학습 능력 하위 집단은 처치 집단과 통제 집단의 학업 성취도 파지 검사의 교정 평균 차이가 통계적으로 유의미하지 않았고( $MS=12.83$ ,  $F=1.25$ ,  $p=.277$ ), 자기주도 학습 능력 상위 집단에서는 유의미하지는 않았지만, Fig. 4와 같이 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높은 경향성이 있었다( $MS=26.96$ ,  $F=3.89$ ,  $p=.070$ ). 즉, 자기주도 학습 능력 하위 수준 학생들에 비해 상위 수준 학생들에게서 학업 성취도 파지 효과가 상대적으로 큰

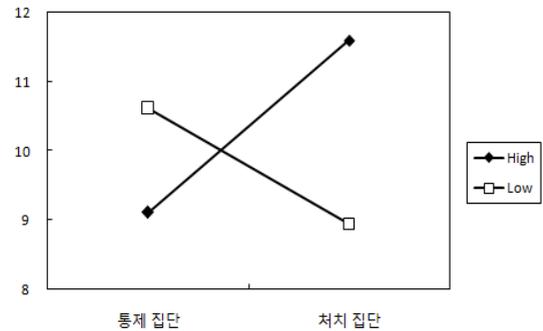


Fig 4. The achievement retention test scores by the level of self-directed learning ability.

Table 4. Means, standard deviations, and adjusted means of the achievement retention test scores by the level of self-directed learning ability

	통제 집단			처치 집단		
	M	S.D.	Adj. M	M	S.D.	Adj. M
전체	9.94	3.78	9.87	9.80	3.19	10.27
상위	9.33	3.12	9.11	12.43	1.90	11.60
하위	10.56	4.45	10.62	8.38	2.84	8.94
지식	5.44	1.72	5.40	4.95	1.76	5.25
상위	5.11	1.62	4.99	6.57	1.27	6.10
하위	5.78	1.86	5.81	4.08	1.32	4.39
이해	2.00	1.46	1.99	2.05	1.32	2.22
상위	1.67	1.23	1.65	2.86	0.69	2.78
하위	2.33	1.66	2.34	1.62	1.39	1.67
적용	2.50	1.15	2.47	2.80	0.95	2.80
상위	2.56	1.01	2.48	3.00	1.00	2.72
하위	2.44	1.33	2.47	2.69	0.95	2.88

것으로 나타났다.

학습을 마치고 시간이 흐른 뒤에도 내용을 기억하는 파지는 단기 기억에서 장기 기억으로의 전이로 볼 수 있는데(Cain & Cain, 1994), 장기 기억으로의 전이가 효과적으로 일어나기 위해서는 내용이 학습자에게 유의미해야 하고, 학습 과정에서의 주의 집중과 관심이 중요하다(Bolles, 1988). 이러한 점을 활용한 수업은 전통적인 수업에 비해 학업 성취도 파지 향상에 유의미한 효과가 있는 것으로 알려져 있다(이재용 등, 2005). 그러나 이 연구에서는 자기주도 학습 능력 상위 수준의 학생들에게만 수업 처치에 의한 학업 성취도 파지 효과가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트 교육 환경에서 오랫동안 지속되는 유의미한 학습이 이루어지기 위해서는 자기주도 학습 능력이 요구됨을 의미한다. 또한 학생들에게 제시된 과제의 특성도 학업 성취도의 파지에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 이 연구에서 사용한 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에서는 학생들이 소집단별로 제시된 비구조화된 과제를 해결하기 위하여 활발한 의사소통을 바탕으로 검색한 정보를 재구성하여 자신들만의 독창적인 결과물을 산출하였다. 그런데 자기주도 학습 능력이 낮은 학생들은 학습자가 주도권을 가지고 스스로 학습을 진행해야 하는 비구조화된 문제 해결 과제를 선호하지 않는 것으로 알려져 있다(이신동과 신상조, 2000; Grow, 1991). 따라서 자기주도 학습 능력이 낮은 학생들은 상대적으로 학습 과정에 관심을 적게 가지고 주의를 기울이지도 않으며, 적극적으로 참여하지 않았을 것이고, 결과적으로 유의미한 학습이 이루어지지 않았을 것으로 생각할 수 있다.

### 3. 의사소통 불안에 미치는 효과

자기주도 학습 능력 수준에 따른 의사소통 불안 검사에 대한 처치 집단과 통제 집단 학생들의 평균

과 교정 평균은 Table 5와 같다. 처치 집단의 교정 평균은 16.15로 통제 집단의 교정 평균 16.07과 거의 유사하였다( $MS=26.09, F=.66, p=.562$ ). 자기주도 학습 능력 상위 수준에서는 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 낮았고, 반대로 자기주도 학습 능력 하위 수준에서는 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 높았다. 그러나 수업 처치와 자기주도 학습 능력 수준 사이의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다( $MS=39.36, F=.48, p=.494$ ).

소집단 구성원 간의 의사소통이 필수적인 협력 학습은 학습자의 의사소통 불안을 완화시키는 것으로 알려져 있다(이해련, 2015). 또한 스마트 기기를 도입한 디지털 스토리텔링도 학생들의 흥미를 유발하여 자발적인 참여와 토의를 유발하므로 의사소통 불안을 완화한다고 보고되었다(최병훈, 2014). 그러나 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습이 학생들의 의사소통 불안을 감소시키는 데 유의미한 효과가 없었고, 자기주도 학습 능력 상위 수준에서도 의사소통 불안 감소 정도가 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 그런데 과학 개념 학습에서의 소집단 토론이 학생들의 의사소통 불안을 감소시키지 못한 선행 연구(강석진과 노태희, 2000; 강석진 등, 2002)도 보고되고 있으므로, 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습이 학생들의 의사소통 불안에 미치는 영향에 대해 명확한 결론을 내리기 위해서는 추가적인 연구가 진행될 필요성이 있다.

### 4. 과학 학습동기에 미치는 효과

처치 집단과 통제 집단 학생들의 자기주도 학습 능력 수준에 따른 과학 학습동기 검사의 평균과 교정 평균은 Table 6과 같다. 처치 집단의 교정 평균은 60.05로 통제 집단의 교정 평균인 62.45보다 낮

**Table 5.** Means, standard deviations, and adjusted means of the communication anxiety test scores by the level of self-directed learning ability

	통제 집단			처치 집단		
	M	S.D.	Adj. M	M	S.D.	Adj. M
전체	15.76	3.73	16.07	16.95	5.135	16.15
상위	13.63	3.70	15.86	14.14	6.012	14.39
하위	17.67	2.69	16.28	18.46	4.075	17.92

**Table 6.** Means, standard deviations, and adjusted means of the science learning motivation test scores by the level of self-directed learning ability

	통제 집단			처치 집단		
	M	S.D.	Adj. M	M	S.D.	Adj. M
전체	62.12	9.35	62.45	61.30	11.18	60.05
상위	68.38	6.91	61.84	67.14	15.49	56.91
하위	56.56	7.70	63.06	58.15	6.88	63.18

았으나, 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다( $MS=48.25, F=.87, p=.513$ ). 수업 처치와 자기주도 학습 능력 수준 사이의 상호작용 효과도 통계적으로 유의미하지 않았다( $MS=55.48, F=1.11, p=.300$ ).

스마트 교육 환경처럼 과제 해결 방법을 선택하고, 정보를 탐색하는 학습 통제권이 학생에게 주어진 경우, 학생이 더 동기화된다는 점(Shapiro & Niederhauser, 2003)을 고려하면 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습은 학생들의 과학 학습동기를 향상시킬 것으로 기대할 수 있다. 선행 연구(윤정현 등, 2015, 2016; 임정훈과 김상홍, 2013)에서도 스마트 교육 환경에서 학습자들은 학습에 참여하도록 스스로 동기 부여를 하는 것으로 보고되었다. 그러나 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습이 학습동기 측면에서 유의미한 효과가 없었다는 이 연구의 결과는 스마트 기기의 도입으로 인한 긍정적인 효과를 상쇄하는 요인이 있음을 의미한다. 예를 들어, 전통적인 학습에 비해 다양한 학습 자원이 제공되는 스마트 교육 환경은 학생들이 스스로 과제 수행에 대한 계획과 점검, 평가 등을 수행해야 하므로, 학생들에게 인지적 부담을 유발했을 가능성(Rummel & Spada, 2005)을 생각해 볼 수 있다.

이 연구에서의 수업 처치는 소집단의 목표 달성을 위해 개인의 노력을 이끌어낸다는 측면에서 협동 학습과 유사한 면이 있는데, 협동 학습은 학습 과정에서 여러 가지 방식으로 보상을 활용하여 전통적인 학습에 비해 더 긍정적인 학습동기를 이끌어내는 것으로 보고되었다(Hooper, 1992). 그러나 협동 학습과 달리, 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에는 소집단별 과제 수행에 따른 자발적인 내적동기 유발 이외에는 학습동기를 유발하기 위한 적극적인 고려가 없었기 때문에, 학생들의 학습동기 유발에 성공하지 못했을 가능성이 있다.

한편, 학습동기 측면에서 기대했던 효과가 나타

나지 않았던 결과는 교과서의 실험을 제대로 실시하지 않는 우리나라 초등학교 과학 수업의 현실(최선미와 차희영, 2006)과 관련이 있을 수도 있다. 이 연구의 통제 집단에서는 전통적 수업을 실시하면서 교과서에 제시된 모든 실험을 수행했는데, 이제까지 과학 수업에서 실험을 거의 하지 않았던 학생들에게 이러한 수업 방식은 사실상 새로운 수업 처치로 작용했을 가능성이 있다. 수업 처치 전과 후의 과학 학습동기 점수를 대응표본 *t*-검증(paired *t*-test)으로 비교한 결과, 통제 집단은 유의미하게 향상되었고( $t=3.25, df=16, p=.005$ ), 처치 집단도 향상된 경향성이 나타난( $t=2.01, df=19, p=.059$ ) 결과는 이러한 추측을 뒷받침한다.

#### IV. 결론 및 제언

스마트 기기는 시간적, 공간적 제약을 극복하여 정보 탐색, 아이디어의 교환, 합의에 의한 의사결정 등이 가능한 기술적 환경을 교육 현장에 제공한다. 그러나 혁신적인 기술의 도입이 학습의 성공을 보장하지는 못하므로, 스마트 교육 환경에서 학습을 지원하고, 학습자의 적극적인 참여를 유도할 수 있는 방안을 탐색할 필요성이 있다. 이에 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습을 초등학교 과학 수업에 적용하고, 학생들의 자기주도 학습 능력 수준에 따라 학업 성취도, 의사소통 불안, 과학 학습동기의 측면에서 그 효과를 조사하였다.

학업 성취도에서는 전통적인 수업에 비해 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습이 통계적으로 유의미한 효과를 나타내지 못했다. 그러나 수업 처치와 자기주도 학습 능력 수준 사이에는 통계적으로 유의미한 상호작용 효과가 있었고, 이는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에서 자기주도 학습 능력 상위 수준 학생들의 학업 성취도가 높은

경향에 기인한 것으로 나타났다. 즉, 스마트 교육 환경에서는 학습 계획의 수립과 정보의 탐색, 종합, 정리, 평가 등의 활동이 체계적으로 이루어지기 위하여 자기주도 학습 능력이 필요하고(임정훈과 김상홍, 2013), 전통적인 수업과 달리 비구조화된 과제가 제시되어 과제의 수행 과정에서 해결 과정을 탐색하고 파악하여 조절하는 자기주도 학습 능력이 요구되는(장선영과 이새별, 2012; 조연순, 2006) 것으로 생각할 수 있다. 한편, 자기주도 학습 능력 상위 수준 학생들은 학업 성취도 과제에서도 하위 수준 학생들에게 비해 상대적으로 효과가 큰 것으로 나타났는데, 자기주도 학습 능력이 높은 학생들이 스마트 교육 환경이나 비구조화된 과제에 더 적절히 대처하여 장기 기억으로 전이될 수 있는 유의미한 학습을 하는 것으로 볼 수 있다.

정보통신기술과 스마트 기기의 발전으로 인하여 일상생활에서 디지털 기기를 사용하는 것이 이미 생활의 일부분이 된 학생들에게 스마트 교육은 앞으로 더욱 중요해질 것이다. 이 연구의 결과에 따르면, 스마트 교육이 효과적으로 이루어지기 위해서는 일정 수준의 자기주도 학습 능력이 요구된다고 볼 수 있다. 따라서 앞으로 교육 현장에 스마트 교육을 효과적으로 정착시키기 위해서는 학생들의 자기주도 학습 능력을 신장시킬 방안에 대한 고민이 필요하다. 이러한 맥락에서 스마트 기기를 도입한 수업이 학생들의 자기주도 학습 능력을 신장시킨다는 선행 연구들(김장현과 정지윤, 2009; 임정훈과 김상홍, 2013)은 시사점을 제공한다. 일반적인 학교교육과정과 별도로 자기주도 학습 능력 신장을 위한 프로그램을 운영하는 것보다는 현행 교과 수업 속에서 자기주도 학습 능력을 자연스럽게 신장시키는 것이 보다 현실적이기 때문이다. 따라서 스마트 기기를 도입한 수업과 학생들의 자기주도 학습 능력 사이의 관계를 구체적으로 파악하기 위한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

인지적 측면인 학업 성취도와 달리 의사소통 불안이나 학습동기와 같은 정의적, 동기적 측면에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 의사소통 불안이나 학습동기 측면에서 긍정적인 효과를 보고한 선행 연구(윤정현 등, 2015; 임정훈과 김상홍, 2013; 최병훈, 2014)와 일관되지 않는다. 전통적인 학습에 비해 다양한 학습 자원이 제공되는 스마트 학습 환

경은 자기주도적으로 과제를 수행해야 했던 학생들에게 인지적 부담을 유발하여(Rummel & Spada, 2005) 정의적, 동기적 측면에서 기대했던 만큼의 긍정적인 효과가 나타나지 않았을 가능성이 있다. 따라서 과제의 수행 절차를 명확히 하여 학습 활동의 계획 및 조정 활동을 지원할 수 있는 도구를 제공하는 것(Renzi & Klobas, 2000)과 같이 학생들의 자기주도적 학습을 장려하면서 동시에 인지적 부담을 줄이기 위한 방안을 연구할 필요가 있을 것이다.

한편, 이 연구의 결과만으로는 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습에서 학생들이 스마트 기기를 어떻게 활용하는지, 어떤 과정을 거쳐 결과물을 생산하는지, 소집단 활동에서 사회적 상호작용이 어떻게 일어나고, 지식이 어떻게 구성되는지, 자기주도적 학습 능력에 따라 소집단 활동 과정에서 구체적으로 어떤 차이가 나타나는지 등을 밝히는 데 한계가 있다. 따라서 소집단 활동 과정, 소집단의 산출물, 학생들의 생각이나 인식 등에 대한 정성적인 연구를 실시하여 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 구체적인 모습을 밝힐 필요성이 있다

## 참고문헌

- 강석진, 노태희 (2000). 토론 과정에서 사회적 합의 형성을 강조한 개념 학습 전략의 효과. *한국과학교육학회지*, 20(2), 250-261.
- 강석진, 한수진, 노태희 (2002). 과학 개념 학습에서 협동적 소집단 토론의 효과. *한국과학교육학회지*, 22(1), 93-101.
- 김장현, 정지윤 (2009). UCC의 교육적 활용이 자기주도적 학습능력에 미치는 영향. *한국실과교육학회지*, 22(3), 125-143.
- 김정량, 노계춘 (2014). 스마트 기반 협동학습을 통한 의사소통능력 신장에 관한 연구. *한국정보교육학회논문지*, 18(4), 625-632.
- 김혜영, 김금선 (2010). 초등학교용 자기주도학습능력 검사의 탐색 및 개발. *교육종합연구*, 8(1), 21-42.
- 류지현, 권숙진 (2005). 개념도를 활용한 협력적 문제해결 과제에서의 지식공유과정. *교육공학연구*, 21(2), 29-60.
- 박일수, 방미란, 권낙원 (2008). 자기주도학습능력과 협동학습 유형이 영어과 학업성취에 미치는 효과. *중등교육연구*, 56(2), 119-142.
- 배진호, 김진수, 김은아, 소금현 (2015). 스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업이 초등학교생의 디지털 리터러시, 21세기 핵심 역량, 과학적 태도에 미치는 영

- 향. 초등과학교육, 34(4), 476-485.
- 설문규, 손창익 (2012). 초등학교에서 스마트교육에 대한 교사들의 활용 인식 조사. 한국정보교육학회논문지, 16(3), 309-318.
- 윤정현, 강석진, 노태희 (2016). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 36(4), 519-526.
- 윤정현, 안인영, 노태희 (2015). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 35(2), 325-331.
- 이상기, 권민화 (2014). 스마트교육의 학습효과에 관한 탐색적 연구: 초등학교 교사와 학생들의 인식을 중심으로. 언론과학연구, 14(2), 258-294.
- 이신동, 신상조 (2000). 자기조절학습의 적성-처치 상호작용 효과. 교육심리연구, 14(4), 125-145.
- 이재용, 이용섭, 김상달 (2005). 중학교 과학 '지질' 영역에서 e-Learning 활용 수업이 장·단기 파지에 미치는 효과. 한국지구과학회지, 26(6), 469-476.
- 이혜련 (2015). 협동학습이 EFL 학습자의 의사소통불안과 의사소통의지에 미치는 영향. 언어학연구, 35, 271-292.
- 임정훈, 김상홍 (2013). 스마트러닝 기반 개별학습 및 협력학습이 학업성취도, 자기주도학습 및 사회적 효능감에 미치는 영향. 교육정보미디어연구, 19(1), 1-24.
- 임철일 (2002). 웹기반 자기 조절 학습 환경을 위한 설계 및 운영 전략이 자기 조절 학습 수준 및 학업 성취도에 미치는 효과. 교육공학연구, 18(4), 3-23.
- 장선영, 이셋별 (2012). 온라인 과학탐구학습에서 자기조절학습수준과 성찰일지작성유형이 학업성취에 미치는 효과. 교육공학연구, 28(3), 531-557.
- 장준혁, 박관우 (2014). 스마트기기를 이용한 협동학습이 학업 성취도와 학습태도에 미치는 영향. 한국정보교육학회논문지, 18(4), 521-528.
- 조연순 (2006). 문제중심학습의 이론과 실제. 서울: 학지사.
- 최병훈 (2014). 초등학교 6학년 수학수업에 적용한 디지털 스토리텔링이 수학적 의사소통불안에 미치는 효과 분석. 한국수학교육학회지, 17(1), 41-56.
- 최선미, 차희영 (2006). 초등학교 과학 탐구 및 실험 학습 실태 조사. 청람과학교육연구논총, 16(1), 17-30.
- 홍기철 (2009). 자기주도 학습력 수준에 따른 문제중심학습의 효과. 사고개발, 5(2), 25-48.
- Bolles, E. M. (1988). Remembering and forgetting: An inquiry into the nature of memory. New York: Walker and Co.
- Cain, R. N. & Cain, G. (1994). Making connections: Teaching and the human brain. Menlo Park: Addison-Wesley.
- Grow, G. O. (1991). Teaching learners to be self-directed. *Adult Education Quarterly*, 41(3), 125-149.
- Guglielmino, L. M. (1977). *Development of the self-directed learning readiness scale*. (Unpublished doctoral dissertation). University of Georgia.
- Hooper, S. (1992). Cooperative learning and computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 40(3), 21-38.
- Iiskala, T., Vauras, M., Lehtinen, E. & Salonen, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving processes. *Learning and Instruction*, 21(3), 379-393
- Järvelä, S., Näykki, P., Laru, J. & Luokkanen., T. (2007). Structuring and regulating collaborative learning in higher education with wireless networks and mobile tools. *Educational Technology & Society*, 10(4), 71-79.
- Lim, K.-Y., Lee, H.-W. & Grabowski, B. (2009). Does concept-mapping strategy work for everyone? The levels of generativity and learners' self-regulated learning skills. *British Journal of Educational Technology*, 40(4), 606-618.
- Liu, T. C. (2007). Teaching in a wireless learning environment: A case study. *Educational Technology & Society*, 10(1), 107-123.
- Looi, C. K., Zhang, B., Chen, W., Seow, P., Chia, G., Norris, C. & Soloway, E. (2011). 1:1 mobile inquiry learning experience for primary science students: A study of learning effectiveness. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(3), 269-287.
- McCroskey, J. C., Beatty, M. J., Kearney, P. & Plax, T. G. (1985). The content validity of the PRCA 24 as a measure of communication apprehension across communication contexts. *Communication Quarterly*, 33(3), 165-173.
- Neber, H., He, J., Liu, B. & Schofield, N. (2007). Chinese high-school students in physics classroom as active, self-regulated learners: Cognitive, motivational and environmental aspects. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 769-788.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On The Horizon*, 9(5), 1-6.
- Renzi, S. & Klobas, J. (2000). Steps toward computer supported collaborative learning for large classes. *Journal of Educational Technology & Society*, 3(3), 317-328.
- Rogers, Y. & Price, S. (2008). The role of mobile devices in facilitating collaborative inquiry in situ. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 3(3), 209-229.
- Rummel, N. & Spada, H. (2005). Learning to collaborate: An instructional approach to promoting collaborative problem-solving in computer-mediated settings. *Journal*

*of the Learning Sciences*, 14(2), 201-241.

- Shapiro, A. & Niederhauser, D. (2003). Learning from hypertext: Research issues and findings. In D. H. Jonassen & P. Harris (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (2nd ed., pp. 605-620). Mahan: LEA.
- 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.
- Song, S. H. (1998). *The effects of motivationally adaptive*

*computer-assisted instruction developed through the ARCS model*. (Unpublished doctoral dissertation). Florida State University.

- Stoyanova, N. & Kommers, P. (2002). Concept mapping as a medium of shared cognition in computer-supported collaborative problem solving. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(1/2), 111-133.
- Zurita, G. & Nussbaum, M. (2004). A constructivist mobile learning environment supported by a wireless handheld network. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(4), 235-243.