

상호작용 강화 협동학습이 초등과학영재 학생의 과학 창의성 발현에 미치는 영향

김현주 · 김민주 · 임채성[†]

Effect of Cooperative Learning Emphasizing Interaction on Science-Gifted Elementary Students' Scientific Creativity

Kim, Hyun-Ju · Kim, Min-Ju · Lim, Chae-Seong[†]

국문 초록

본 연구는 초등과학영재 학생의 과학 창의성을 증진하는데 상호작용 강화 협동학습이 효과적인 것으로 보고, 정량적 자료와 정성적 자료를 통해 그 효과를 분석하였다. 이를 위해 초등과학영재 학생 34명을 상호작용 강화 협동학습에 참여한 실험 집단과 대집단 상호작용에만 참여한 비교 집단으로 나누어 생성한 창의적 산출물의 창의성 점수를 비교하였다. 정성적 분석을 위해서는 실험 집단에 속한 학생들이 협동하는 과정에서 나눈 대화를 분석하여 상호작용 양상을 탐색하였으며, 설문조사를 통해 협동학습에 대한 인식의 변화를 확인하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 상호작용 강화 협동학습은 과학 창의성 요소 중 유용성 향상에 긍정적인 영향을 주었다. 둘째, 상호작용 강화 협동학습에 참여한 학생들의 상호작용 양상이 협동학습 실시 후반으로 갈수록 질적으로 향상하였다. 셋째, 상호작용 강화 협동학습의 효과를 저해시키는 요인에는 소집단 구성원의 부정적인 과제 무관 진술과 이에 따른 운영 진술이 있었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 본 연구에서는 효과적인 상호작용 강화 협동학습을 위한 교수학습 방안에 대해 논의하였다.

주제어: 과학 창의성, 협동학습, 상호작용 강화, 초등과학영재 학생

ABSTRACT

This study sought to investigate the effects of cooperative learning emphasizing interactions on science-gifted elementary students' scientific creativity. Thirty-four science-gifted elementary students were divided into an experimental class and a comparison class to compare their creativity scores quantitatively. The experimental class participated in cooperative learning emphasizing interactions, and the comparison class participated in whole class interactions. For qualitative analysis, the small group discussions were audiotaped and transcribed. The results of the study are as follows. First, cooperative learning emphasizing interactions had a positive educational effect on usefulness, which is one of the essential elements of scientific creativity. Second, as the cooperative learning progressed, the interaction between the small group members improved qualitatively. Third, the factors hindering the effectiveness of cooperative learning included negative task-unrelated statements from some of the small group members and the following operational statements to correct them. Based on these results, this study proposed some suggestions for effective cooperative learning emphasizing interactions.

Key words: scientific creativity, cooperative learning, small group interactions, science-gifted

I. 서 론

빠르게 변화하는 세계에서 변화를 이끄는 것은 새로운 아이디어이다(Paulus & Nijstad, 2003). 새로운 아이디어를 만들어낼 수 있는 능력 중 하나인 창의성을 기르는 것은 과학 교육의 목표이기도 하다. 2022년 개정 초등과학 교육과정의 총괄 목표는 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하는 것으로(교육부, 2022), 창의적인 인재를 육성하고자 하는 과학 교과와 목표는 1987년 제5차 교육과정에서부터 드러났다. 창의성을 기르는 것은 개인의 역량뿐만 아니라, 국가 사회적 문제를 해결할 수 있는 역량을 높이는 것으로, 그 중요성이 오랫동안 강조되었다(Davila *et al.*, 2006; Makel & Plucker, 2008).

창의성의 정의와 실체에 대해서 많은 견해와 관점이 존재하지만(Sternberg *et al.*, 2004), 많은 연구자는 창의성의 본질을 ‘새롭고 유용한 산물을 만드는 능력’으로 정의한다(Mayer, 1999; Mumford, 2003; Runco & Jaeger, 2012; Stein, 1953; Sternberg & Lubart, 1995). 창의성의 특성에 관해서는 대표적으로 영역 일반성(domain-general)과 영역 특수성(domain-specific)으로 나뉜 두 가지 관점이 존재하는데, 창의성이 영역 일반적이라고 보는 관점은 확산적 사고를 모든 창의적 영역에 적용할 수 있는 사고 기능(Cattell, 1971; Guilford, 1950; Torrance, 1974)으로 보았다. 그에 반해, 창의성이 영역 특수적이라고 보는 관점은 창의성이 해당 영역에 관한 지식, 기술, 행동 특성, 창의적 문제해결력 등에 의존한다고 보았다(Han & Marvin, 2002, Koren *et al.*, 2005).

과학 창의성은 영역 특수성을 띠는 관점이 주를 이루고 있어(Alexander, 1992; Amabile, 1987; Csikszentmihalyi, 1996; Cropley & Cropley, 2005), 창의성과 구분하여 ‘새로우면서도 과학적으로 유용하거나 가치 있는 산물을 만들 수 있는 능력이나 성향’으로 과학 창의성을 정의하고 있다(임성만 등, 2009; 임채성, 2014). 과학 창의성에 영향을 주는 요인은 인지적 요인, 정의적 요인, 환경적 요인으로 나뉠 수 있다(Simonton, 2004; Sternberg & Lubart, 1996). 인지적 요인은 과학 지식, 탐구기능, 창의적 사고 기능을 포함하며(박종원, 2004), 정의적 요인으로 개인의 성격 특성과 내·외적 동기(Sternberg & Lubart, 1993)가 있다. 환경적 요인은 과학 창의성의 인지적

요인과 정의적 요인에 영향을 미치는 환경으로써, 과학 창의성을 발휘할 수 있는 물리적인 환경, 교사와 동료 학생과의 관계, 부모와의 관계(Amabile, 1983; Harrington *et al.*, 1987) 등이 포함된다. 이러한 내용을 검토하면, 창의성이 독립적으로 발현하는 것이 아니라 인지·정의적 요인이 상황 및 맥락과 상호작용하여 발현한다는 것을 알 수 있다. 그리하여 연구자들은 잠재적인 창의성을 발휘하는 과정의 상황과 맥락을 고려하게 되었다(Amabile, 1988; Csikszentmihalyi, 1997; Sawyer, 2011).

오랫동안 개인이 창의성을 발휘하는 맥락에 관한 연구가 주로 이루어져 왔는데(Barron & Harrington, 1981), 많은 과학자가 개인이 아닌 팀을 이루어 연구하는 것처럼 개인은 집단에 속하여 협동하는 과정을 거쳐 창의적 산출물을 만든다(Fisher & Amabile, 2009). 이에 학생이 협동학습을 통해 창의성을 발휘하는 것에 관한 관심이 증가하였다(Zhou, 2015). 협동학습은 구성원 사이의 상호 의존성을 강조하는 소집단 학습 형태로서(Johnson & Johnson, 1987), 공동의 학습 목표를 위해 소집단 구성원들이 함께 노력하므로 학습 성취도와 태도에 긍정적인 효과를 주는 것으로 보고되었다(박운배와 류인숙, 2004). 그러나 초등학생을 대상으로 집단 창의성을 연구한 문헌들은 그 수가 적을 뿐만 아니라, 집단을 구성하는 방식, 즉 학생의 성격 또는 성취도에 따른 집단 구성이 집단 창의성에 어떤 영향을 미치는지에 중점을 두었다(조무정과 진석연, 2016). 이에 기존 연구에서 더 나아가 소집단 내의 학생 간 상호작용 양상에 중점을 두고, 과학 창의성이 발현되는 양상에 관한 연구가 수행되어야 할 필요가 있다.

협동학습 방법의 하나로 제시된 상호작용 강화 협동학습은 구성원 간 유기적이고 능동적인 상호작용으로 창발성과 의사소통 능력을 신장시키기 위해 개발된 것이다(배진호와 박현주, 2011). 여기서 창발성(emergent property)이란, 이전에는 없었던 새로운 것이 생겨나는 것으로, 개인 차원에서는 존재하지 않았던 것들이 구성원 간 상호작용을 통해 새롭게 생겨난 속성이다(김준호 등, 2007). 소집단 내에서 학생들이 유기적인 사회적 상호작용을 통해 각자가 가진 지식과 정보를 공유함으로써 새로운 속성을 생성하거나 변형, 발전하여 문제를 해결할 수 있다는 점을 고려하였을 때(장남기와 배진호, 2000; Monahan *et al.*, 2019), 창발성을 자극하는 상호작용 강

화 협동학습은 창의성을 신장시키는 데 유용함을 짐작할 수 있다.

상호작용 강화 협동학습은 배진호(1999)가 처음 개발한 창발 수업모형을 현승자(2007)가 수정하고 보완한 것으로, 소집단 내 상호작용과 소집단 간 상호작용을 통해 기존의 수업에 비해 학생 간 상호작용이 강조된 수업의 형태이다. 수업의 단계는 크게 ‘도입→개별 탐구 활동→소집단 내 상호작용→소집단 간 상호작용→정리 및 평가’로 이루어져 있으며, 도입 단계에서는 학습 목표를 안내하고 학습 동기를 유발한다. 개별 탐구 활동에서 학생은 탐구를 통해 새로운 개념이나 원리를 발견하고 자신의 탐구 결과를 정리한다. 소집단 내 상호작용에서는 집단 내에서 개별 탐구 결과를 공유하여 피드백을 주고 받고 창발성을 발휘한다. 집단 내 상호작용이 끝나면, 소집단 간 상호작용을 통해 각 집단의 탐구 결과를 발표하고 집단 간 피드백을 주고받는다. 정리 및 평가 단계에서는 소집단 간 피드백 결과를 소집단 탐구 결과에 적용하고 수업 내용을 정리한다.

상호작용 강화 협동학습은 본래 창발성 생성을 위해 개발된 수업모형이지만, 새로우면서도 과학적으로 유용한 것인 창의적 산물 생성에도 적합한 수업모형이기도 하다. 학생들은 집단 내 상호작용을 통해 이전에 없던 속성을 생성해 낼 수 있으며(임채성, 1997), 생성된 것이 과학적으로 타당한지도 검증하므로(Davidson & Worsham, 1992) 새로우면서도 과학적으로 유용한 것을 만들어 낼 수 있기 때문이다. 현재까지 상호작용 강화 협동학습이 창발성 생성에 어떤 영향을 미치는지와 수업에 참여한 학생의 자기효능감 및 학업 성취도 변화를 알아보는 연구(배진호 등, 2009), 과학 지식과 탐구기능, 과학 태도의 변화를 알아보는 연구(현승자, 2007)는 이루어졌으나, 과학 창의성에 어떤 영향을 미치는지 알아본 연구는 미비하다.

한편, 창의성은 영재성과 상호 밀접하게 연관되어 있어 동질적인 개념으로 여겨진다(이선영, 2014). 과학 창의성은 과학영재 학생의 특징이자 선발 요소인데, 성공적인 과학 영재교육을 위해서는 과학영재의 특성이 잘 발현될 수 있는 적절한 교육 프로그램이 개발·적용되어야 한다(강성주 등, 2009). 그러므로 과학영재의 창의성 발현을 위해서 과학 지식과 탐구기능을 기반으로 확산적 사고와 비판적 사고 과정을 통해 문제를 발견하고 해결할 수 있는 능력을

키우는 수업이 구성되어야 한다(정현철 등, 2002). 과학영재 학생은 창의적 사고를 활용하여 문제를 해결할 수 있는 활동과 학생 간 상호작용이 요구되는 수업을 선호하는 것으로 보고되었으나(동효관 등, 2003), 현재 창의성 신장과 상호작용 협동학습을 접목한 영재 수업에 관한 연구는 부족한 실정이다(이봉우 등, 2008).

이에 본 연구에서는 상호작용 강화 협동학습이 과학영재 학생의 과학 창의성을 향상할 수 있는 수업 방법으로 보고, 상호작용 강화 협동학습을 적용한 수업이 초등과학영재 학생의 과학 창의성에 미치는 영향을 정량적이고 정성적인 분석을 통해 알아보고자 하였다. 정량적 분석을 위해서는 실험 집단과 비교 집단을 나누어 실험 집단과 비교 집단이 생성한 창의적 산출물의 점수를 비교하였으며, 협동학습 진행에 따른 소집단 상호작용의 양상을 정성적으로 분석하고자 실험 집단에 속한 학생들이 협동하는 과정에서 나는 대화를 분석하였다. 이를 통해 본 연구에서는 과학 수업에서 창의성 신장을 위한 협동학습에 대한 함의를 이끌어내고, 상호작용 강화 수업의 효과를 제시하고자 하였다.

따라서 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 상호작용 강화 협동학습은 초등과학영재 학생의 과학 창의성에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 초등과학영재 학생은 과학 창의성 발현 과제에서 어떻게 상호작용하는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구의 연구 참여자는 서울특별시 한 교육청에 속한 초등과학영재 교육원의 5학년 학생 39명이다. 그중 3주간의 수업에 결석 또는 조퇴 등의 이유로 총 3회의 검사에 응하지 않은 5명의 학생을 제외하여 총 34명의 검사 결과를 분석하였다. 초등과학영재 5학년 학생을 연구 참여자로 선정 한 까닭은 초등교육과정상 과학을 학습하는 3~6학년 학생 중 과학적 탐구 능력과 과학 창의성 능력이 일정 수준 이상 갖추어져 있다고 판단했기 때문이다. 또, 이들은 영재 학생의 특성상 과학 영역에 대한 성취도가 높고 과제 집착력이 높아 소집단 활동 시 무임승차효과(free-rider effect)나 봉 효과(sucker effect)로 인한

부정적 결과가 적을 것으로 예상하였다.

본 연구에서 연구자의 역할은 능동적 참여 관찰자로서, 실험 집단의 수업을 진행하며 학생들의 수행 과정을 관찰하였고, 수업이 끝난 후 학생들의 수행에 대하여 자세히 기록하였다. 연구자는 과학교육과 박사 과정에 재학 중인 현직 초등학교 교사로서, 영재교육원 교수 경력은 3년이였다. 비교 집단 수업을 담당한 교사는 과학교육과 석사과정을 졸업한 현직 초등학교 교사이며 영재교육원 교수 경력이 1년이였다. 그는 오리엔테이션을 통하여 연구에 대한 전반적인 내용을 충분히 숙지하고 있었으며, 매주 수업 전 수업 자료와 수업 시나리오를 연구자와 함께 구상하여 상호작용 활동 이외에는 최대한 동일하게 수업을 진행할 수 있도록 했다. 해당 교사 또한 학생 수행 관찰 기록을 작성하였다.

상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성에 미치는 영향을 확인하기 위해 실험 연구를 수행하였는데, 연구 참여자인 34명의 학생 중 16명은 실험 집단에 속하였으며, 18명은 비교 집단에 속하였다(Table 1). 본 연구를 위해 기존의 영재교육원 학급을 무작위 배정으로 재편성하는 것이 어려웠으므로 준실험설계(quasi-experimental design)의 유형 중 하나인 이질 통제집단 설계(nonequivalent control group design) 방식을 적용하였다. 그러나 영재원 담당 교사로부터 영재학급 편성 시 대응(matching)을 통해 입학 성적이 비슷한 학생들끼리 짝을 지어 각각 다른 반으로 배정함으로써 두 집단을 동등하게 구성하고자 했다 는 것을 확인하였다. 또한 실험 집단의 소집단 구성

은 무작위로 배정하였으나, 담당 교사의 조언을 얻어 수업 태도가 좋지 않은 학생들이 특정 모둠에 몰리지 않도록 유의하였다.

2. 실험 설계 및 자료 수집

본 연구는 초등과학영재 학생의 과학 창의성을 평가하여 정량적 자료를 수집하고 소집단 상호작용 과정을 녹음한 녹취록과 교사의 학생 수행 관찰 기록과 같은 정성적 자료를 수집하는 내재적 혼합 방법을 사용하였다. 내재적 혼합 연구(embedded mixed method) 설계는 한 가지 형태 이상의 자료를 상위 설계에 접목하는 방식으로(Creswell, 2011), 본 연구에서는 정량적 자료로 비교 연구를 수행하는 동시에 정성적 자료도 수집하여 실험 후 두 자료를 함께 해석하였다.

연구의 목적이 사회적 상호작용에 따른 학생의 과학 창의성을 알아보는 것이므로 현승자(2007)의 상호작용 강화 협동학습의 수업모형을 적용하여 창의성 발현 수업을 구성하였다. 연구 기간은 4차시씩 3주로 총 12차시에 걸쳐 진행하였고, 과학영재 수업의 내용 영역은 화학이며 ‘혼합물 분리’를 주제로 하였다. 세부 주제에 따른 창의성 발현 과제와 그에 대한 설명은 Table 2와 같다. 창의성 발현 과제 안내 시 학생들에게 창의 산물이 충족해야 할 기준에 대해, 1주차에는 시리얼에서 철분을 분리하는 방법이 새로우면서(많은 학생이 떠올릴 만한 진부한 아이디어가 아니어야 함) 유용해야 함(과학적으로 타당하여 시리얼에서 철분이 실제로 분리되어야 함)을 안내하였으며, 2주차에는 크로마토그래피를 이용하여 혼합물을 분리할 때 아이디어가 새로우면서, 혼합물의 분리 결과가 유용해야 함을 안내하였다. 3주차에는 고안한 혼합물 분리 장치가 새로우면서 유용해야 함을 안내하였다.

실험 집단과 비교 집단은 같은 수업 주제의 창의

Table 1. The characteristics of the participants

집단	남학생	여학생	계
실험 집단	11	5	16
비교 집단	12	6	18
계	23	11	34

Table 2. The elementary science-gifted classes for creativity expression

주차	수업 주제	창의성 발현 과제	과제 설명
1	혼합물을 물질의 성질에 따라 나누기	시리얼에서 철분 찾기	시리얼에서 철분을 분리하는 창의적인 실험 방법 계획하기
2	크로마토그래피로 혼합물 분리하기	색소 분리 실험 계획하기	주변의 색소 혼합물로 예상되는 것을 골라, 창의적인 실험 계획하기
3	온도에 따른 용해도 차이를 이용해 결정 만들기	혼합물 분리 장치 발명하기	지금까지 학습한 다양한 혼합물 분리 방법을 활용하여 창의적인 분리 장치 발명하기

성 발현 과제를 수행하였지만, 상호작용 방식이 달랐다(Table 3). 실험 집단은 상호작용 강화 협동학습을 실행하였는데 이는 소집단 내 상호작용과 소집단 간 상호작용이 강화된 협동학습으로서, ‘아이디어 공유하기’ 단계에서 소집단 내에서 개인 아이디어를 공유한 후 이를 비판적으로 평가하고 협의를 통해 새로운 아이디어를 구상했다. 이후 구상한 아이디어를 모듈별로 발표하여 집단 간 발전적인 피드백으로 모듈 간 유기적 상호작용이 이루어진 뒤 집단 간 피드백 결과를 적용하여 소집단의 아이디어를 수정했다. 비교 집단은 개인의 아이디어를 전체 학생들에게 발표하여 공유하고 질의응답 또는 피드백을 주고받는 상호작용을 한 뒤 피드백 결과를 적용하여 개인의 아이디어를 수정했다. 비교 집단에서 대집단 상호작용만 이루어지도록 한 까닭은, 그동안 협동학습의 효과가 다양한 연구와 교사 연수를 통해 공유되었음에도 실제 과학 수업에서는 협동학습이 한 한기에 한두 번 정도로 굉장히 낮은 횟수로 진행되며(노태희 등, 2014), 현장의 과학 교사들이 물리적으로 조를 구성하여 수업을 진행하는 것을 협동학습으로 인식한다(곽영순, 2001)는 점을 미루어봤을 때, 기존 과학 수업에서 소집단 내 상호

작용을 통한 협력이나 서로의 생각에 대한 피드백은 거의 이루어지지 않을 것이기 때문이다.

과학 창의성 검사지는 하나의 창의성 발현 과제에 동일한 검사지가 상호작용 전·후로 각각 1회씩 총 2회 투입되었고, 세 종류의 검사지가 3주 동안 총 6회 투입되었다. 실험 집단과 비교 집단 모두 사회적 상호작용 전·후로 창의성 검사를 하였는데, 상호작용을 하기 전에 개별로 창의성 과제를 해결한 산물과 상호작용 후의 창의성 산물을 비교하여 사회적 상호작용이 과학 창의성 산물에 어떤 영향을 미치는지 조사하였다.

연구에 활용된 창의성 검사지(활동지)는 초등과학교육을 전공으로 석·박사학위를 취득했으며 초등과학영재 교육원에서 강사 경험이 있는 교사 3인과 교수 1인의 검토를 거쳐 개발되었다. 개인 활동지는 2개 문항, 모듈 활동지는 2개 문항으로 구성하였으며(Table 4), 실험 집단에 개인 활동지와 모듈 활동지로 배부하였다. 비교 집단에는 3개 문항으로 구성된 개인 활동지만 배부하였다. 실험 집단과 비교 집단의 개인 활동지의 첫 번째 문항은 창의성 발현 과제를 수행하기 위해 문제 해결 방안을 생각 그물로 최대한 많이 작성하는 것으로, 창의성을 발휘

Table 3. Comparison of social interaction activities between comparison and experimental groups (an example of the 1st week class)

창의성 발현 과제: 시리얼에서 철분을 분리하는 방법		
학습 활동	학습 형태	
	실험 집단	비교 집단
혼합물을 분리할 수 있는 다양한 방법을 생각 그물로 나타내기 (10분)	개별	개별
시리얼에서 철분을 분리할 방법 생각하기 (15분)	개별	개별
아이디어 공유하기 (40분)	소집단 내	대집단
	소집단 간	
아이디어 발전시키기 (15분)	소집단	개별

Table 4. Comparison of worksheet items between comparison and experimental groups

문항	문항 내용		
	실험 집단		비교 집단
	개인 활동지	모듈 활동지	개인 활동지
1	다양한 문제 해결 방안을 생각 그물로 나타내기	소집단 내 상호작용 후 모듈의 아이디어 작성하기	다양한 문제 해결 방안을 생각 그물로 나타내기
2	아이디어 작성하기	소집단 간 상호작용 후 발전시킨 모듈의 아이디어 작성하기	아이디어 작성하기
3	.	.	대집단 상호작용 후 발전시킨 아이디어 작성하기

하는 과정에서 확산적 사고가 의식적으로 일어나도록 하였다(Runco, 2004). 생각 그물에 작성한 내용은 평가 항목이 아니기 때문에 학생들에게 최대한 자유롭게 작성하도록 안내하였고, 작성한 내용 중 창의성 발현 과제를 해결하는 데 도움이 되는 아이디어를 선택하도록 하여 수렴적 사고 또한 거칠 수 있게 하였다. 두 번째 문항은 첫 번째 문항에서 선택한 자신의 아이디어를 구체적으로 발전시켜 작성하는 것으로, 이 문항에서 상호작용 전 과학 창의성 사전검사가 이루어졌다. 지금까지 서술한 2개 문항은 실험 집단과 비교 집단의 검사지에 동일하게 포함된 문항이다. 실험 집단의 경우 개인 활동지에 작성한 내용을 소집단에서 공유한 뒤 모둠 활동지 첫 번째 문항에 모듬의 아이디어를 작성하도록 하였다. 이후 모듬의 아이디어를 전체 학생에게 발표하고 상호 피드백하는 소집단 간 상호작용을 하여 모듬의 아이디어를 수정·보완하였다. 이때 모듬 활동지의 두 번째 문항에 수정한 모듬의 아이디어를 작성하도록 하였다. 비교 집단은 개인의 아이디어를 전체 학생에게 발표하고 질의응답을 하는 대집단 상호작용을 한 뒤, 상호작용한 것을 토대로 자신의 아이디어를 수정·보완하여 개인 활동지의 세 번째 문항에 수정한 아이디어를 작성하도록 하였다.

사후검사로써 과학 창의성을 평가하는 데 사용한 문항은 실험 집단은 모듬 활동지 두 번째 문항인 소집단 간 상호작용 후 수정·보완한 모듬의 아이디어이며, 비교 집단은 개인 활동지 세 번째 문항인

대집단 상호작용 후 수정·보완한 개인의 아이디어이다. 이 과정에서 실험 집단의 사후검사 점수는 소집단 상호작용의 결과로서 자신이 속한 모듬의 점수를 개인의 점수로 책정하였다. 이는 사후검사 점수가 실험 집단에 속한 학생의 개별적인 과학 창의성 능력을 나타내지 못한다는 한계가 있으나, 상호작용 강화 협동학습 후 개인의 아이디어를 다시 작성하도록 하는 것이 수업의 전체적인 맥락에서 벗어나고 상호작용 강화 협동학습에서 발현되는 과학 창의성 사례를 분석하는 것이 연구의 목적이기도 하기에 위와 같이 진행하였다.

3. 분석 방법

본 연구에서 수집한 정량적 자료는 학생의 과학 창의성 점수로, 학생들이 작성한 과학 창의성 사전·사후검사는 김민주와 임채성(2021)의 창의 산물 채점 기준을 참고하여 독창성과 유용성 요소로 나누어 평가하였다. 독창성 채점은 집단 내 제시된 전체 아이디어에서 해당 아이디어의 출현 빈도가 몇 퍼센트의 비율을 차지하는지에 따라 점수를 부여하였으며, 유용성 채점은 해당 아이디어의 유용성(가치)과 과학적 타당성에 따라 점수를 부여하였다. 유용성 채점은 평가자의 주관적 개입할 가능성이 크므로, 평가의 타당성을 확보하기 위해 창의성 검사지를 검토한 교사 3인이 유용성 평가 기준을 협의하여 설정한 뒤 함께 채점하였다(Table 5). 창의 산물의 독창성과 유용성 평가는 독립적으로 이루어졌으며, 창

Table 5. Scoring criteria of the scientific creativity test

과학 창의성 검사지 평가 기준				
	독창성	유용성		
		1주차	2주차	3주차
4수준	아이디어 출현 빈도가 그룹 내에서 5% 이하	시리얼에서 철분 분리 방법이 매우 구체화되어 있으며 과학적 타당성이 충족됨	크로마토그래피를 이용한 혼합물 분리 결과가 유용하고 실험 설계가 구체적이며, 과학적 타당성이 충족됨	고안한 혼합물 분리 장치가 매우 유용하고 분리 방법이 구체화되어 있으며 과학적 타당성이 충족됨
3수준	아이디어 출현 빈도가 그룹 내에서 10% 이하	분리 방법이 구체적이며 과학적 타당성이 어느 정도 충족됨	실험 결과가 유용하고 실험 설계의 과학적 타당성이 어느 정도 충족됨	혼합물 분리 장치가 유용한 편이고 과학적 타당성이 어느 정도 충족됨
2수준	아이디어 출현 빈도가 그룹 내에서 20% 이하	분리 방법의 과학적 타당성이 초등학교 수준에서 떨어짐	실험 결과가 유용한 편이나 실험 설계의 과학적 타당성이 초등학교 수준에서 떨어짐	혼합물 분리 장치가 유용한 편이나 과학적 타당성이 초등학교 수준에서 떨어짐
1수준	아이디어 출현 빈도가 그룹 내에서 21% 이상, 미응답, 문제와 관련 없는 응답	분리 방법의 과학적 타당성이 떨어짐. 미응답. 문제와 관련 없는 응답	실험 설계의 과학적 타당성이 떨어짐. 미응답. 문제와 관련 없는 응답	혼합물 분리 장치의 과학적 타당성이 떨어짐. 미응답. 문제와 관련 없는 응답

의성 평가는 Simonton(2012)의 방식을 참고하여 독창성 점수(수준)와 유용성 점수(수준)의 곱을 창의성 점수로 책정하였다. 이러한 평가 방식은 창의성의 핵심 요소인 독창성과 유용성을 반영하며, 독창성이나 유용성 중 한쪽만 충족시켜도 높은 점수를 받을 수 있는 합산 방식이 아니라, 두 요소 모두 충족해야 높은 점수를 받을 수 있는 곱셈 방식을 취한다.

상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성 향상에 실질적인 효과가 있는지 알아보기 위해 이중차분법(Difference-in-Difference)을 실시하여 협동학습의 순수 효과를 분석하였다. 정책의 인과 효과를 도출하기 위해 많이 활용되고 있는 이중차분법은 사전과 사후, 실험 집단과 비교 집단의 종속변수의 이중차분을 통해 사건의 인과 효과를 추정하는 방법으로, 특정 집단에만 프로그램이 적용되고 다른 집단에는 적용되지 않았을 때 프로그램의 순수 효과를 파악할 수 있는 모형이다(Khandker et al., 2009; Wooldridge, 2016). 단순 이중차분값을 구하기 위해서는 실험 집단과 비교 집단의 프로그램 전후 종속변수 값을 차분한 뒤(일차차분값) 실험 집단과 비교 집단의 차분값을 한 번 더 차분하면 되는데, Table 6과 같이 표를 활용하여 산출할 수 있다.

협동학습에 따른 창의성 점수의 변화를 파악하기 위한 횡단면 회귀 모형은 사전 점수와 사후 점수를 하나의 결합자료로 구성하여 아래와 같이 표현하였다.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 * treat_{(i)} + \beta_3 * time_{(t)} + \delta (treat_{(i)} * time_{(t)}) + \varepsilon$$

회귀모형에서 Y_i 은 창의성 점수를 나타내며, $treat(i)$ 는 처치 여부를 의미하는 더미변수로 실험 집단이 1, 비교 집단은 0이며, $time(t)$ 은 시점 구분을 위한 더미변수로 사전 점수일 경우 0, 사후 점수이면 1의 값을 지닌다. δ 는 협동학습 여부 변수와 관측 시점 변수 간의 상호작용 항의 회귀계수로, 횡단면과 시계열을 모두 고려한 이중차분 추정량이다.

한편 상호작용 강화 협동학습에서 창의성이 발현

되는 사례를 알아보기 위해 수집한 정성적 자료는 창의적 산출물을 생성하는 학생들의 토론 과정을 녹음한 녹취록과 교사가 수업에서 눈에 띄는 학생의 행동과 상황을 작성한 학생 수행 관찰 기록을 포함한다. 협동학습 과정을 녹음한 녹취록은 실험 집단의 동의를 받아 녹음했으며, 전사하여 실험 집단의 협동학습 과정을 분석하고 교사의 학생 수행 관찰 기록과 학생의 활동 결과물과 비교하여 삼각 검증하였다. 모듬을 기본 분석 단위로 하는 녹취록은 언어적 상호작용 분류틀(강석진 등, 2000)을 토대로 개별 진술, 상호작용, 에피소드 수준에서 분석되었다. 개별 진술이란, 한 학생이 말을 시작하여 타인에 의해 중단되거나 자발적으로 종료할 때까지 진술한 것으로 정의되며, 상호작용은 2개 이상의 관련된 개별 진술로 구성된 것이다(Hogan et al., 1999). 개별 진술의 유형에는 지식 구성, 운영, 과제 무관, 교사 참여, 이용 불가의 5가지가 있으며 지식 구성 진술은 인지적 역할과 언어적 행동 측면에 따라 세분된다. 상호작용의 유형은 형태와 성격에 따라 크게 2가지로 나뉘며 상호작용 형태에 따라 일인 주도형, 부분 참여형, 다수 참여형으로 세분되거나 상호작용 성격에 따라 비대칭적, 대칭적, 정교화, 기록 관련 상호작용으로 세분된다. 또한 에피소드는 하나의 주제에 대해 진행되는 일련의 상호작용으로 정의되는데(Sprout, 1997), 진행 방식에 따라 논쟁형, 누적형, 탐구형, 에피소드 등의 유형으로 구분된다. 이러한 분석을 거친 담화를 지속적 비교 방법(Glaser & Strauss, 1967)으로 모듬별 비교하였으며, 특기할 점이 있는 일부를 논문에 수록하고 시사점을 논의하였다.

연구진은 각각 소집단 5개의 녹취록을 개별 진술, 상호작용, 에피소드 수준에서 분석한 뒤 분석 결과를 엑셀 파일에 정리하여 공유하며 교차 검토하였다. 논문에서는 창의적 산출을 위한 상호작용 과정을 에피소드 수준으로 분석한 결과를 위주로 제시하였으며, 개별 진술과 상호작용 수준 분석은 특정 에피소드를 설명하기 위한 수단으로써 활용하였다. 이는 학생들이 나눈 대화 중 연구 결과를 효과적으

Table 6. Illustration of the difference-in-differences estimator

	사전	사후	차분값
실험 집단	$Y_{\text{실험,사전}}$	$Y_{\text{실험,사후}}$	$Y_{\text{실험,사후}} - Y_{\text{실험,사전}}$
비교 집단	$Y_{\text{비교,사전}}$	$Y_{\text{비교,사후}}$	$Y_{\text{비교,사후}} - Y_{\text{비교,사전}}$
차분값	$Y_{\text{실험,사전}} - Y_{\text{비교,사전}}$	$Y_{\text{실험,사후}} - Y_{\text{비교,사후}}$	이중차분값 = $(Y_{\text{실험,사후}} - Y_{\text{실험,사전}}) - (Y_{\text{비교,사후}} - Y_{\text{비교,사전}})$

로 설명할 수 있는 부분들을 간결하게 제시하기 위함이다. 교사가 작성한 학생 수행 관찰 기록은 학생의 협동학습 과정을 총체적으로 이해하기 위해 활용하였는데, 당시 학생들의 학습 과정 및 상태, 태도와 행동 변화를 폭넓고 구체적으로 파악할 뿐 아니라 녹취록에 담긴 함의를 알아내는 데 도움이 되었다.

이처럼 상호작용 강화 협동학습이 학생의 과학 창의성에 미치는 영향을 알아보기 위해 과학 창의성 검사 도구, 협동학습 과정 녹취록, 교사의 학생 수행 관찰 기록과 같은 정량적 자료와 정성적 자료를 다양하게 활용하여 삼각 검증함으로써 연구의 타당성을 확보하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등과학영재 수업에서 상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성에 미치는 영향

본 연구에서는 상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 상호작용 강화 협동학습을 적용한 실험 집단과 대집단 상호작용만을 진행한 비교 집단의 창의성 점수를 상호작용 전·후로 나누어 비교하였다. Table 7은 상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성 향상에 얼마나 효과적인가를 검증하기 위한 단순 이중차분값과 이중차이 회귀분석 결과를 나타낸 것이다. 이중차분법(회귀모형)을 이용한 상호작용 효과가 유의하다고 나타난다면, 이는 실험 집단과 비교 집단의 특성 차이를 고려해도 상호작용이 실험 집단의 창의성 점수에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 표의 오른쪽 끝에는 상호작용 효과를 나타내는 상호작용 항의 회귀계수가 제시되어 있고, 괄호 안에 표준오차(standard error)를 표기하였다.

실험 집단은 1주차 창의성 사전검사에서 4.88점, 사후검사에서 5.56점으로 나타나 상호작용 이후 창

의성 점수가 높아졌고, 비교 집단도 사전에 4.78점, 사후에 5.22점으로 나타나 창의성 점수가 함께 높아졌다. 단순히 점수 차만 놓고 보면 수업 이후 두 집단 모두 창의성이 향상된 것으로 보이지만, 이러한 단순 점수 차는 실험 집단과 비교 집단이 받는 기타 영향 요인들의 차이를 반영하지 않기에 협동학습의 효과로 인한 변화로 볼 수 없다. 따라서 상호작용 강화 협동학습의 순수 효과를 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단을 구분하고 창의성 점수를 결과변수로 설정하여 이중차분법을 실시했다. 그 결과 상호작용 강화 협동학습의 순수 효과는 Table 7과 같이 1주차에는 0.24로 나타났으며, 회귀모형을 이용한 이중차분법을 실시한 결과 상호작용 항(집단×시기)의 t값은 0.24로 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 2주차에는 이중차분값이 4.96, 회귀모형을 이용한 이중차분법을 실시한 결과 상호작용 항의 t값은 2.69로 두 집단 간 차이가 1% 수준에서 고도로 유의하였다. 3주차에는 이중차분값이 1.90이었으며, t값은 1.12로 통계적으로 유의하지 않았다.

다음은 2주차에 상호작용 강화 협동학습의 효과가 유의하게 나타났던 까닭과 1주차와 3주차에 유의한 효과가 나타나지 않았던 까닭을 심층적으로 분석하기 위해 창의성을 구성하는 요인인 독창성과 유용성의 변화추세를 각각 이중차분법으로 분석한 결과이다. Table 8은 상호작용 강화 협동학습이 독창성 향상에 얼마나 효과적인가를 검증하기 위한 단순 이중차분값과 이중차이 회귀분석 결과를 나타낸 것이다. 독창성 향상에 있어 상호작용 강화 협동학습의 순수 효과를 알아본 결과, 1~3주차 모두 상호작용 강화 협동학습이 독창성 점수에는 영향을 주지 않는 것으로 결론을 내릴 수 있었다. 실험 집단과 비교 집단의 독창성 점수를 살펴보면, 실험 집단은 1주차에 사전검사에서 2.69점, 사후검사에서 2.19점으로 사후에 낮아졌으나 비교 집단은 사전에 2.22점, 사후에 2.44점으로 소폭 높아졌다. 2주차에는 실험 집

Table 7. Difference-in-differences with variation in creativity between comparison and experimental groups

창의성	사전			사후			이중 차분 값
	비교 집단	실험 집단	차분 값	비교 집단	실험 집단	차분 값	
1주차	4.78	4.88	0.10	5.22	5.56	0.34	0.24 (1.00)
2주차	4.44	4.31	-0.13	3.11	7.94	4.83	4.96** (1.85)
3주차	5.22	3.81	-1.41	4.89	5.38	0.49	1.90 (1.70)

** $p < 0.01$

Table 8. Difference-in-differences with variation in originality between comparison and experimental groups

독창성	사전			사후			이중 차분 값
	비교 집단	실험 집단	차분 값	비교 집단	실험 집단	차분 값	
1주차	2.22	2.69	0.47	2.44	2.19	-0.25	-0.72 (0.46)
2주차	1.94	1.94	0.00	1.78	2.31	0.53	0.54 (0.46)
3주차	2.67	2.44	-0.23	2.61	2.13	-0.48	-0.26 (0.51)

단이 사전에 1.94점에서 사후에 2.31점으로 높아졌으나, 비교 집단의 사전 점수가 1.94점에서 사후에 1.78점으로 떨어졌다. 3주차에는 실험 집단과 비교 집단 모두 사전검사보다 사후검사에서 더 낮은 점수를 보였다. 이는 독창성이 우연의 영향을 크게 받으며 일관적으로 측정되지 않는 요인이기 때문이다(김민주와 임채성, 2021). 독창성이 타인이 내놓지 않은 참신한 아이디어를 만들어내는 능력이자 논리적으로 무관계를 연결하는 능력(손충기와 김명철, 2007)이라는 것을 고려한다면 독창성은 아이디어를 산출하는 과정에서 타인과의 상호작용보다는 아이디어를 자유롭게 떠올리는 개인 고유의 확산적 사고 능력에 영향을 받는 요소로 보는 것이 적절하다.

한편 상호작용 강화 협동학습이 유용성 향상에 얼마나 효과적인가를 검증하기 위한 단순 이중차분값과 이중차이 회귀분석한 결과(Table 9), 1주차에는 이중차분값이 0.82, t값은 1.08로 $p < .05$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 2주차에는 이중차분값이 1.53, t값은 3.18로 $p < .01$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 3주차에는 이중차분값이 1.17, t값은 2.65로 $p < .05$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 이는 유용성 향상에 있어 상호작용 강화 협동학습의 순수 효과를 알아본 결과, 1~3주차 모두 상호작용 강화 협동학습이 유용한 아이디어를 산출하는 데 도움이 되었던 것으로 결론을 내릴 수 있다. 이는 학생들이 상호작용 강화 협동학습을 통해 동료 간 피드백 과정에서 다양한 시각을 접함으로써 자신이 구성한 지식의 타당성을 검증

하는 과정을 거쳤기 때문인데(Davidson & Worsham, 1992; Sharan, 1990), 이러한 과정은 학생이 자신만의 지식 틀에서 벗어나 사회 구성원들이 인정하는 지식을 구성하도록 유도한다(Stahl, 1996). 또한 2주차에는 실험 집단의 유용성 점수가 비교 집단에 비해 상호작용 후 고도로 유의한 차이($p < .01$)로 높아졌는데, 이에 따라 실험 집단의 창의성 점수 또한 비교 집단에 비해 상호작용 후 유의하게 높아졌음을 알 수 있다($p < .05$).

특기할 점은 비교 집단의 2~3주차 유용성 점수가 사전에 비해 사후 점수가 낮아졌다는 점인데, 비교 집단이 대집단 상호작용을 통해 타인의 다양한 시각을 접할 수 있었음에도 유용성 점수가 향상되지 않은 까닭을 교사의 학생 수행 관찰 기록에 기반하여 유추하면, 대집단 상호작용 과정에서 학생들은 서로 다른 시각과 관점 사이의 갈등 속에서 자신의 견해를 규명하는 과정을 거치지 않고 무조건적으로 동료의 의견을 따르는 소극적 상호작용을 했기 때문이다. 즉, 비교 집단에서도 대집단 상호작용을 통해 질의응답 및 긍정적 또는 부정적 피드백이 오가긴 했지만, 상호작용 강화 협동학습을 진행한 실험 집단의 소집단 상호작용만큼 깊이 있는 상호작용을 한 것은 아니었다.

정리하면, 독창성 점수 비교에서 알 수 있듯 상호작용 강화 협동학습이 더 독창적인 아이디어를 내는 데에는 영향을 미치지 않았으나 아이디어의 유용성, 과학적 타당성을 개선하는 데에는 효과적이었음을 알 수 있다.

Table 9. Difference-in-differences with variation in usefulness between comparison and experimental groups

유용성	사전			사후			이중 차분 값
	비교 집단	실험 집단	차분 값	비교 집단	실험 집단	차분 값	
1주차	2.22	1.94	-0.28	2.28	2.81	0.53	0.82* (0.39)
2주차	2.11	2.13	0.02	1.89	3.44	1.55	1.53** (0.48)
3주차	1.78	1.50	-0.28	1.67	2.56	0.89	1.17* (0.44)

* $p < .05$, ** $p < .01$

2. 과학 창의성 발현 과제에서 초등과학영재 학생의 소집단 상호작용 양상

창의성 발현 과제에서 초등과학영재 학생이 상호 작용하는 과정을 알아보기 위해 상호작용 강화 협동학습을 실시한 총 12차시의 수업 중 실험 집단이 아이디어를 공유하고(40분), 아이디어를 발전시키는 (15분) 모습을 녹취록, 교사의 학생 수행 관찰 기록을 활용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 1주차 수업에서의 상호작용 사례

1주차 수업의 학습 주제는 ‘혼합물을 물질의 성질에 따라 나누기’였으며 협동하여 창의성을 발휘한 과제는 ‘시리얼에서 철분을 분리하는 창의적인 실험 방법 계획하기’였다. 1주차 수업에서 나타난 학생들의 상호작용 사례를 강석진 등(2000)의 에피소드 수준으로 분석하면, 실험 집단에 속한 5개의 모둠 모두 누적형 진행 방식을 보였다. 누적형 진행 방식은 학생들이 협동적인 태도로 긍정적인 의견을 축적하여 아이디어를 형성하는 것으로, 조원 간의 결속을 유지하면서 의견을 정교화하지만, 비판적 지식을 형성하기는 어려운 진행 방식이다. 다음은 누적형 진행 방식을 보인 모듬의 상호작용 예이다.

- 2모듬 학생B: 시리얼을 부순 다음에 체로 거르는 게 어때?
 2모듬 학생A: 체보다는 비닐로 감싼 자석으로 분리하는 게 어때?
 2모듬 학생B: 맞아. 철가루... 맞아.
 2모듬 학생C: 비닐은 왜?
 2모듬 학생A: 비닐로 안하면 나중에 (철가루에서 시리얼을) 빼기가 힘들잖아.
 2모듬 학생C: 아 그래그래. 그럼 시리얼을 부수고 체로 걸러서 곱게 만들고 비닐로 감싼 자석으로 분리해.
 2모듬 학생B: 좋다. 좋아. 그렇게 쓰자.

위 사례를 통해 2모듬의 학생들은 서로의 의견에 대해 비판적인 태도로 질문하거나 새로운 아이디어를 위해 토의하기보다는 동료의 아이디어를 축적하여 창의 산물 과제를 해결하고자 함을 볼 수 있다. 이는 5개 모듬의 아이디어 형성 과정에서 모두 관찰된 양상으로, 학생들이 누적형 진행 방식을 보인 까닭을 교사의 학생 수행 관찰 기록에 기반하여 추론하면 각자 다른 학교에 속한 학생들이 토요일에 진행되는 영재교육 프로그램을 위해 모였으므로 아직 친밀한 관계가 형성되지 않았기 때문이다. 연구자는

1주차 수업에서 학생들이 서로의 의견에 반박하지 않으며 소극적으로 상호작용하는 것을 관찰하였는데, 의견 대립은 설득 혹은 합의 과정에 중요한 역할을 한다(Jaber & Hammer, 2016). 그러나 학생들은 조원 간의 결속을 유지하기 위해 비판적 의견을 내기 보다는 긍정적인 상호작용을 유지하고자 했고 이견이 존재했을 때 가위바위보를 하여 문제를 해결했다. 다음은 이견이 존재했을 때 가위바위보로 문제를 해결함으로써 누적형 진행 방식을 보인 모듬의 사례이다.

- 4모듬 학생A: 내가 얘기하는 건 재(학생B)가 반대하고. 가위 바위보도 했는데 내가 졌으니까...
 4모듬 학생B: (달래듯이) 너가 해. 너가 하고 싶은 대로 해도 돼.
 4모듬 학생D: 그러면 물 쓰지 마?
 4모듬 학생A: 아냐. 물 넣어야 해. 재가 가위바위보 이겼잖아.
 4모듬 학생C: 그래. 난 물 안 써도 될 것 같은데. 가위바위보대로 해.

4모듬 학생들은 시리얼을 갈고 물에 넣어 죽처럼 만들 것인지에 대해 견해차가 생겼다. 왜 물을 쓰고 싶은지 또는 물을 쓰고 싶지 않은지에 대해 그 근거를 활발하게 공유하며 토의하기보다는 가위바위보를 통하여 학생B의 의견을 따르기로 하였다. 이에 기분이 상한 학생A의 기분을 달래기 위해 학생B와 학생D는 자신들의 의견을 포기하고 동료의 의견을 수렴하고자 했지만, 학생A와 C는 조원 간 결속을 유지하기 위해 가위바위보 결과를 수궁해야 한다고 했다. 이렇게 누적형 진행 방식을 보인 5개의 모듬의 상호작용 방식은 실험 집단의 1주차 창의성 점수가 비교 집단에 비해 유의하게 향상하지 않은 것과 연관 지을 수 있다. 더 독창적이고 유용한 아이디어를 형성하기 위해서 비판적인 태도로 동료의 아이디어를 듣고, 새로운 의견을 제시해야 함에도 5개 모듬은 과제를 적극적으로 해결하지 않고 동료의 아이디어를 그대로 축적하거나 좋다고 생각하는 부분만 모아서 축적하는 방법을 활용하여 최소한의 노력으로 과제에서 요구하는 노력을 회피하는 ‘과제에 맞서기’(ganging up on the task)(Salomon & Globerson, 1989)를 보였다. 이러한 실험 집단의 독창성 점수는 이중차이 회귀분석에 따라 비교 집단에 비해 상호작용 후 유의하게 향상되지 않았지만, 유용성 점수

는 유의한 차이로 향상되었다. 이를 통해 여러 아이디어를 축적하여 새로운 아이디어를 생성하는 것으로 독창적인 것을 만들기는 어렵지만, 각 아이디어의 유용한 부분만 축적함으로써 유용한 것을 산출하는 데는 도움이 될 수 있음을 추측할 수 있다.

2) 2주차 수업에서의 상호작용 사례

2주차 수업의 학습 주제는 ‘크로마토그래피로 혼합물 분리하기’이며, 협동하여 창의성을 발휘한 과제는 ‘주변의 색소 혼합물로 예상되는 것을 골라, 창의적인 실험 계획하기’였다. 2주차 수업에서 나타난 학생들의 상호작용 사례를 에피소드 수준 분류 틀에 의해 분석하면, 실험 집단에 속한 5개의 모둠 중 2개의 모듬은 탐구형 진행 방식을 보였으며 3개 모듬은 누적형 진행 방식을 보였다. 탐구형 진행 방식은 상호작용 과정에서 비판적 평가를 통해 새로운 합의에 도달하는 것으로서, 협동적인 분위기 속에서 견해에 대한 비판이 이루어지는 것이다(강석진 등, 2000). 1주차에는 어떤 모듬에서도 탐구형 진행 방식이 나타나지 않았으나 2주차에 2개 모듬에서 탐구형 진행 방식이 나타난 까닭은, 교사의 학생 수행 관찰 기록에 따라 ‘2주차 수업에서부터 과학영재학생 간에 친밀한 관계가 형성’되었기 때문으로 추정된다. 또한, ‘소집단 상호작용에 관한 학생들의 질문이 줄어든 것’을 통해 학생들이 소집단 상호작용 방법에 익숙해져서 더 활발한 상호작용이 가능했던 것으로 추측된다.

탐구형 진행 방식을 보인 모듬의 녹취록을 개별 진술 수준에서 분석한 결과, 메타인지적 진술이 두드러졌다. 메타인지적 진술이란, 개별 진술 수준 중 지식 구성 유형에 속하는 것으로 자신이나 타인의 의견에 대한 구체적인 평가 또는 토론 과정이나 결과물이 만족해야 할 기준에 대한 반성을 진술하는 것이다(강석진 등, 2000). 다음은 탐구형 진행 방식을 보인 3모듬과 5모듬에서 발견된 메타인지적 진술의 예이다.

- 3모듬 학생B: 야, ○○야. 우리랑 (다른 모듬의 아이디어가) 대체로 비슷할 것 같은데.
- 3모듬 학생D: 그럼 나는 애 거. 되게 신박하다고 생각해.
- 3모듬 학생A: 근데 이거 뭔가 한 애들이 있을 것 같아. 나는 애보다 재(아이디어)가 신박한데, 실용성을 생각해야 하니까...

위 진술을 통해 3모듬에 속한 학생들이 창의적 산물이 충족해야 할 기준인 아이디어의 독창성과 유용성 측면에서 서로의 아이디어를 비교하며 평가함을 알 수 있다.

- 5모듬 학생A: 근데 그 이게 아까 저기 있었던 거랑 비슷한데? 독창적이지가 않잖아.
- 5모듬 학생B: 은행나무 씨에 붉은색 색소가 있는지 알아보기 위해 절구로 찧고 색소를 분리해서 관찰하는 건 어때?
- 5모듬 학생C: 잠깐만. 근데 은행나무 씨를 절구로 찧어서 즙을 만드는 거야?
- 5모듬 학생A: 거기 즙이 있어? 더 좋은 방법을 찾아보자.

5모듬의 상호작용 모습에서도 메타인지적 진술을 볼 수 있는데, 소집단 간 상호작용 후 5모듬의 학생 A는 특정 아이디어가 다른 모듬에서 이야기한 것과 비슷하다고 진술하며 창의적 산물이 독창적이어야 한다고 말함으로써 모듬 구성원에게 결과물이 충족해야 할 기준을 제시하고 있다. 또한 마지막으로 학생 A는 학생 B에게 은행나무 씨에 즙이 있다고 물어봄으로써 동료의 아이디어에 정교화를 요구하고 더 나은 방법을 찾아보자고 진술하여 좋은 아이디어를 떠올릴 것을 촉구한다. 이렇게 메타인지적 진술이 두드러진 3모듬과 5모듬은 상호작용 단위 수준으로 분석했을 때 형태적으로는 다수 참여형을 보이면서 상호작용의 성격은 대칭적이었다. 다수 참여형은 4명의 구성원 중 3명 이상이 상호작용의 진행에 적극적으로 기여하는 형태이며, 대칭적 성격은 모듬에 속한 다수가 적극적으로 상호작용 진행에 유의미한 기여를 했음을 의미한다(강석진 등, 2000). 이러한 상호작용 형태는 학생들이 고안한 창의적 산물의 유용성 점수가 상호작용 전과 비교하여 향상하는 것으로 이어졌다. 아이디어를 산출하는 과정에서 상호협력과 활발한 상호작용이 유용한 아이디어를 내는데 영향을 미친 이유는 학생들이 서로 다른 시각과 관점을 공유함으로써 아이디어의 타당성을 검증할 수 있다는 장점이 있기 때문이다(Palincsar, 1998; Rogoff, 1994; Sharan, 1990).

반면, 누적형 진행 방식을 보인 3개의 모듬 중 2개의 모듬은 녹취록 분석 결과, 개별 진술 수준에서 과제와 무관한 내용을 발화하는 과제 무관 진술(강석진 등, 2000) 및 떠드는 학생에게 조용히 하라고 말하는 것과 같은 토론 운영과 관련된 운영 진술(강석

진 등, 2000)이 두드러졌다. 해당 모둠들은 교사의 학생 수행 관찰 기록에서도 작성되어 있듯, 수업 태도가 좋지 않은 학생 2명이 각각 속해 있는 모둠으로서 해당 학생들은 상호작용 중 과제 무관 진술을 많이 했으며 모둠의 다른 구성원들은 과제 수행을 위해 해당 학생들에게 운영 진술을 자주 할 수밖에 없었다.

1모둠 학생C: 노랑나비 색소 분류하면 네 눈에 묻혀보자. 그거 나비 비늘이 눈에 들어가면 실명되네.

1모둠 학생B: (무시하듯) 그렇구나.

1모둠 학생C: 네 눈에 묻혀보고 싶다.

수업 태도가 좋지 않았던 1모둠의 학생 C는 상호작용을 진행하지 않는 수업 활동에서도 수업 분위기를 해치는 발언을 자주 했다고 학생 수행 관찰 기록에 적혀 있었는데, 모둠 내 상호작용 녹취록을 통해서도 과제 무관 진술을 반복해서 말했음을 알 수 있었다. 이에 모둠에 속한 다른 학생들은 학생 C를 저지하기 위해 운영 진술을 하다가 뒤로 갈수록 학생 C의 말에 대꾸하지 않았다.

1모둠 학생A: 시간 없으니까. 그러지 말고 우리 ○○이가 쓴 실험 쓰자.

1모둠 학생C: 그래. ○○이께 살짝 바꿔서 쓰자.

결국 1모둠은 학생 C의 과제 무관 진술과 그로 인한 운영 진술로 인해 활동 시간을 많이 허비하여 아이디어를 개선하기 위한 비판적 평가를 거치지 않고 모둠에 속한 특정 학생의 아이디어에 모둠의 아이디어를 축적하여 발표하였다. 1모둠 외에도 활동을 방해하는 학생이 속한 1개의 모둠은 활동 시간 부족으로 인해 누적형 진행 방식을 보였으며 모둠에 속한 다른 학생들의 활동 만족도 또한 현저히 낮았다. 누적형 진행 방식을 보인 3개 모둠 중 과제 무관 진술을 많이 한 학생이 속한 2개 모둠의 유용성 사후검사 점수는 각각 1점과 3점으로 평균(3.44점)보다 낮았는데, 이는 구성된 간 아이디어의 타당성을 검증할 수 있는 시간이 부족하여 유용한 아이디어를 산출하기 어려웠기 때문이다. 이를 통해 과제 해결을 위한 상호작용을 방해하는 구성원이 있다면 해당 구성원에게 반응하는 데 시간이 허비되어 개별 활동보다 협동 활동이 오히려 비효율적인 과제 해결 방식이라는 것을 알 수 있다.

3) 3주차 수업에서의 상호작용 사례

3주차 수업의 학습 주제는 ‘온도에 따른 용해도 차이를 이용해 결정 만들기’이며 협동하여 창의성을 발휘한 과제는 ‘지금까지 학습한 다양한 혼합물 분리 방법을 활용하여 창의적인 분리 장치 발명하기’였다. 3주차 수업에서 나타난 학생들의 상호작용 사례를 에피소드 수준 분류 틀을 통해 분석하면, 실험 집단에 속한 5개의 모둠 중 3개의 모둠은 탐구형 진행 방식을 보였으며 2개 모둠은 누적형 진행 방식을 보였다. 3주차 수업에 탐구형 진행 방식을 보인 모둠의 수가 많아진 까닭은 초기와 비교해 상호작용 강화 학습 방법에 친숙해진 학생들이 적극적으로 토의에 참여하면서 견해에 대한 비판을 자유롭게 하게 되었기 때문이다. 이는 기존 연구에서 사회적 상호작용 강화 학습 경험이 증가함에 따라 학생들이 적극적인 과학 태도를 보인 것(배진호 등, 2009)과 상통하는 부분이다. 다음은 탐구형 진행 방식을 보인 모둠 중 상호작용 단위 수준으로 분석했을 때 형태적으로는 다수 참여형을 보이면서 상호작용 성격은 정교화를 보인 모둠의 사례이다. 정교화 상호작용은 학생들이 새로운 의견을 추가하여 동료의 아이디어를 수정함으로써 변증법적으로 소집단의 아이디어를 발전시켜 나가는 것이다(강석진 등, 2000).

3모둠 학생A: 여기에서 내가 분리하려는 건 유리, 철, 알루미늄, 플라스틱 종이야. 처음에 (분리되지 않은) 쓰레기가 오면 일단 자석으로 철을 분리하고, 바람으로 종이를 날려서 분리하고 ...

3모둠 학생D: 근데 그 날아간 종이는 어떻게 처리할 건데?

3모둠 학생C: 야 근데 종이 좀 더 무겁고 그래서 좀 더 바람에 영향을 받지 않으면 어떻게 할 거야?

3모둠 학생A: (종이를 날리는) 바람을 더 세게 하면 돼.

3모둠 학생C: 근데 너무 세게 하면 플라스틱이 날아갈 텐데?

3모둠 학생B: 캔도 가볍잖아. (바람에) 날아가는 애들끼리 또 분리되게 하는 방법은 없을까?

재활용품 분리를 발명한 3모둠의 경우, 모든 구성원이 상호작용에 적극적으로 참여하며 비판적인 관점에서 학생A의 아이디어에 새로운 의견이나 정보가 생성되도록 유도하는 질문을 하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 상호작용 양상은 다른 모둠에서도 관찰되었다.

2모둠 학생C: 솔직히 나는 ○○이가 한 게 진짜 좋은 것 같아. 근데 그걸 캔 말고 페트병으로 하자.

2모둠 학생A: 이미 있을 것 같은데. 페트병은. 그래. 페트병 어떻게 해? 페트병 그냥 (캔이랑 분리 방법이) 똑같잖아.

2모둠 학생B: 야. 캔에 붙어 있는 스티커를 분리하는 거랑 페트병에 붙어 있는 스티커를 분리하는 거랑 뭐가 더 유용하겠어?

2모둠 학생A: 아 페트병 라벨 떼는 거? 귀찮긴 하지. 분리수거 한 번 해 봤으면 (일지).. 그게 얼마나 많은지..

2모둠 학생C: 그치. 페트병이 좋은 것 같아. 그럼 어떻게 뗄까? ○○이는 칼로 긁는다고 했잖아.

2모둠 학생A: 칼로 그으면 재활용이 안 돼. 접착제를 녹이는 기름 같은 걸 써서 분리하는 건 어때?

2모듬은 창의적인 분리 장치로 페트병에 붙어 있는 라벨을 분리하는 ‘라벨 떼요’를 발명했는데, 구성원의 적극적인 상호작용 참여와 타인의 의견에 대한 비판적 태도, 그리고 아이디어를 개선시키기 위한 변증법적 아이디어 발전 과정이 위 사례에서 나타났다. 2모듬의 경우 1~2주차에 누적형 진행 방식을 보이다 3주차에 탐구형 진행 방식을 보였다는 것이 주목할 만한 점이다. 이는 선행연구에서 상호작용 강화 협동학습을 실시한 결과, 후반으로 갈수록 학생들이 활동에 자신감을 느끼고 더욱 적극적으로 상호작용에 참여함과 동시에 동료의 의견을 존중하며 새로운 의문을 제기하는 모습을 보인 것(현승자, 2007)과 유사한 결과이다. 그러나 누적형 진행 방식을 보인 2개 모듬은 1~2주차 수업에서도 과제 무관 진술과 운영 진술이 빈번하여 누적형 진행 방식을 보인 모듬이었다.

4모듬 학생A: 봐봐. 너네가 오레오를 사서 분리한다며. 그걸 어디서 살 건데?

4모듬 학생B: 넌 너 아이디어를 말하지도 않으면서 왜 우리 아이디어에 대해 뭐라고 해?

4모듬 학생D: 너 아이디어를 말해주면 우리는 너 의견을 무시하지 않을 거야. 너 아이디어를 말해줘.

4모듬 학생A: 봐. 무시한다고 했다. 너네.

4모듬 학생C: 아니. 야. 지금 분리 장치 만드는데 오레오를 어디서 사는지가 왜 중요한데? 말을 하지 말unga.

4모듬에 속한 3명의 학생은 오레오의 크림과 과자를 분리하는 장치를 만드는 것에 대해 토의하고

있었는데, 학생A는 아이디어 발전에 도움이 되지 않는 문제를 제기하며 자신은 아이디어를 제안하지 않으면서 동료들이 아이디어를 개선하는 것을 방해하였다. 이는 아이디어 발전에 도움이 되지 않는 과제 무관 진술로서 자연스럽게 구성원들은 학생A에게 조용히 할 것을 요구하거나 아이디어를 말할 것을 요구하는 식의 운영 진술을 하였다. 이는 상호작용 강화 협동학습을 실행할 때 소집단에 부정적 영향을 미치는 학생에게 교사가 할 수 있는 교수법적 개입과 구성원의 성격 유형이나 정의적 특성과 같은 개별적 특성에 따라 상호 보완이 될 수 있도록 소집단을 구성하는 방안(노태희 등, 1998; 노태희 등, 2000; 한재영 등, 2002; Cohen, 1994)에 대해 신중하게 고려할 필요가 있음을 시사한다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 상호작용 강화 협동학습이 초등과학영재 학생의 과학 창의성 발현에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험 집단과 비교 집단의 과학 창의성 점수를 정량적으로 분석하였으며, 상호작용 사례를 통해 과학 창의성 발현 사례와 학습 효과를 정성적으로 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 상호작용 강화 협동학습은 과학 창의성 요소 중 유용성 향상에 긍정적인 영향을 준다. 상호작용 강화 협동학습이 과학 창의성에 미치는 순수한 영향력을 이중차분법을 활용하여 추정한 결과, 협동학습에 참여한 실험 집단과 참여하지 않은 비교 집단 간의 과학 창의성 변화는 프로그램 중 2주차에만 유의미한 차이를 보였다. 이에 과학 창의성을 이루는 요소인 독창성과 유용성에 협동학습이 미치는 영향을 알아본 결과, 실험 집단의 유용성 점수가 비교 집단에 비해 1~3주차 모두 상호작용 후 유의하게 향상하여 상호작용 강화 협동학습이 유용한 아이디어를 산출하는 데 도움이 됨을 알 수 있었다.

둘째, 상호작용 강화 협동학습에 참여한 학생들의 상호작용 양상이 협동학습 실시 후반으로 갈수록 질적으로 향상하였다. 실험 집단의 학생 상호작용 녹취록을 보면 1주차에는 단순히 여러 아이디어를 축적하여 새로운 아이디어를 얻는 누적형 진행 방식이 모든 모듬에서 나타났다. 이러한 방식은 각 아이디어의 유용한 부분만 축적하여 아이디어의 유

용성을 높이는 데 도움이 되나 비판적 관점을 형성하기 어렵고 아이디어를 통합·정교화하기에 부족한 점이 있다. 반면 탐구형 진행 방식은 협동적인 분위기에서 상호 비판적 평가를 통해 합의에 이르는 방식으로, 누적형 진행 방식과 비교해 볼 때 아이디어의 타당성을 개선하고 통합·정교화하는 데 유리하므로 더 창의적인 아이디어를 낼 수 있다. 이러한 탐구형 진행 방식은 1주차에 0개 모둠, 2주차에 2개 모둠, 3주차에 3개 모둠에서 나타나 협동학습이 진행될수록 증가하는 양상을 띠었다. 이는 학생들 사이에 친밀한 관계가 형성되고, 상호작용 방식에 점점 익숙해짐에 따라 협동하여 해결하는 창의성 발현 과제에 능숙해지고 상호작용 양상이 질적으로 향상하는 교육적 효과가 나타나게 되었음을 보여준다.

셋째, 상호작용 강화 협동학습의 교육적 효과를 방해하는 요인으로 무분별한 과제 무관 진술과 이에 따른 운영 진술이 있었다. 누적형 진행 방식을 보인 모둠의 녹취록을 분석하면 그들이 탐구형 진행 방식으로 나아가지 못한 이유가 상호작용 중 과제와 무관한 진술이 많았고, 이를 저지하고 토론의 주제로 회귀하고자 발화하는 운영 진술이 반복되어 서임을 알 수 있다. 이러한 모습을 보인 모둠은 모두 아이디어의 유용성 점수가 낮았는데, 상호작용을 방해하는 구성원에게 반응하는 데 시간을 허비하여 아이디어의 타당성을 비판적으로 검증할 수 있는 시간이 다른 모둠에 비해 부족하였고, 개별적으로 하는 것보다 오히려 비효율적으로 과제를 해결해야 했다.

연구 결과를 종합하면, 상호작용 강화 협동학습은 초등과학영재 학생의 과학 창의성 요소 중 유용성에 긍정적인 영향을 주어 창의적인 아이디어를 생성하도록 도움을 준다. 또한 상호작용 강화 협동학습의 진행은 학생들의 소집단 내 상호작용을 질적으로 향상시킬 수 있음을 결론지을 수 있다.

다음은 이 연구에서 도출한 결론에 따른 제언이다.

첫째, 상호작용 강화 협동학습이 과학적으로 창의적인 아이디어를 생성하는 데 효과적이므로 창의성에 중점을 둔 과학 수업이나 과학 영재수업에서 활용할 필요가 있다. 타인과의 의견 교환을 통해 자신에게는 없었던 과학 지식을 습득 및 종합하여 아이디어를 비판적으로 검토하고 정교화할 때, 아이디어의 과학 창의성이 향상된다. 비교 집단이 경험한

대집단 상호작용에서는 교사의 통제하에 학생의 질의응답 및 피드백이 오가기 때문에 실험 집단이 경험한 소집단 상호작용에서 나타났던 과제 무관 진술과 운영 진술이 나타나지 않았다. 하지만 실험 집단의 상호작용만큼 깊이 있는 상호작용을 한 것은 아니어서 대집단 상호작용을 통해 타인의 다양한 관점을 접할 수 있었음에도 아이디어의 유용성 점수가 향상되지 않았다. 이는 소통이 쌍방향이었다면 아이디어를 비판적으로 다듬어가는 과정을 거쳤을 것이지만, 일방적으로 듣는 동료의 의견을 따라 아이디어를 수정하였기 때문이다. 소집단 상호작용은 학생 간 상호작용이 교사의 의도대로 흘러가지 못하여 소기의 목적을 달성하지 못할 수 있다는 단점이 있지만, 이를 극복한다면 학생 간 서로 다른 시각과 관점을 공유할 기회를 제공하고, 아이디어를 개선하기 위한 변증법적 발전 과정을 가능하게 하며, 학생이 자신만의 지식 틀에서 벗어나 창의적인 지식을 구성할 수 있게 한다. 이와 같은 장점과 더불어, 과학 창의성 요소 중 유용성 향상에 효과적이므로 상호작용 강화 협동학습을 적극적으로 활용할 필요가 있다.

둘째, 상호작용 강화 협동학습의 단점을 극복하기 위해 협동학습 방식에 대한 반복적 경험과 상호작용을 방해하는 학생에 대한 교사의 개입이 필요하다. 연구 결과에서 알 수 있듯, 협동학습 경험이 증가함에 따라 소집단 토의에 적극적으로 참여한 학생들이 많아졌는데 이는 학습 경험이 많아지고 상호작용 방법에 익숙해짐에 따라 자신감이 증가하여 적극적이고 활발한 의사소통이 가능했기 때문이다. 그리고 학습이 진행될수록 자신이나 타인의 의견을 구체적으로 평가하거나 결과물이 만족해야 할 기준에 비추어 반성하는 메타인지적 진술이 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 의견 대립은 설득 혹은 합의 과정에 중요한 역할을 하는데, 비판적 의견 제시나 의견 대립을 회피하고 긍정적인 상호작용만 유지하고자 하면 좋은 아이디어를 내기가 어렵다. 이 연구에서 초기에 의견 대립을 회피했던 학생들이 상호작용 강화 협동학습에 친숙해지면서 적극적으로 토의에 참여하고 서로의 의견을 비판함과 동시에 동료의 의견을 존중하는 모습을 확인할 수 있었다. 그러므로 상호작용 강화 협동학습을 반복적으로 경험할수록 학생들이 협동학습에 필요한 태도 및 기술을 갖추게 되고, 이로 인해 교육적 효과가 올라

간다고 할 수 있다.

과제 무관 진술은 특정 학생으로부터 반복적으로 관찰된 특징적 진술로, 이 진술이 타 학생의 운영 진술을 유도하여 결과적으로 창의적인 문제 해결에 유의미한 상호작용이 줄어들게 되었다. 이에 상호작용을 방해하는 특정 학생들에 대한 교사의 개입이 필요한데, 이러한 학생들이 협동학습에 잘 참여하지 못하는 원인이 무엇인지 구체적으로 알아보고, 필요하면 소집단 구성을 다시 하거나 방해하는 학생이 있는 모둠의 상호작용에 교사가 직접 참여하는 등의 방법을 사용할 수 있다.

셋째, 상호작용 강화 협동학습에 앞서 과학 창의성 향상의 기술을 직접적으로 안내할 필요가 있다. 연구진은 녹취록 분석 과정에서 학생들이 소집단 내에서 비판적 평가를 통해 좋은 아이디어를 선택하는 것에 어려움을 겪음을 알 수 있었다. 수업이 진행될수록 학생 간에 친밀한 관계가 형성되고 활동 방법에 익숙해져서 상호작용이 활발히 이루어지긴 했으나, 3주차에도 단순히 아이디어를 축적하는 누적형 진행 방식을 보인 모둠이 있었으며 탐구형 진행 방식을 보인 모둠은 아이디어 선택에 시간을 가장 많이 할애하였다. 이는 학생들이 수렴적 사고 과정에 익숙하지 않다는 것을 보여주는데, 초등교육에서 브레인스토밍, 육색사고모자 기법 등과 같은 확산적 사고 훈련의 비중이 높지만 수렴적 사고 훈련은 그에 비해 비중이 높지 않기 때문이다. 기준에 따라 아이디어 평가하기, 아이디어의 장단점 나열하기, 단점을 보완하여 아이디어를 통합하기 등 수렴적 사고 촉진 기술을 직접적으로 안내한다면 학생들이 더욱 쉽게 아이디어의 타당성을 검증하고 평가할 수 있을 것이다. 이에 더해 모둠 안에서 아이디어를 자유롭게 떠올리고 제안하는 방법을 사전에 안내한다면 협동학습을 통한 과학 창의성 문제 해결에 어려움을 덜 느끼게 되고 모둠에 속한 다수가 유의미한 상호작용에 적극적으로 참여할 수 있을 것이다.

참고문헌

강석진, 김창민, 노태희(2000). 소집단 토론 과정에서의 언어적 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 20(3), 353-363.
 강성주, 김현주, 이길재, 권영식, 김명희, 김연숙, 김윤화,

신호심, 임희영, 하지희(2009). R&E 프로그램에 대한 과학영재고등학생들의 인식 연구. 한국과학교육학회지, 29(6), 626-638.
 광영순(2001). 과학교사들이 진단한 과학과 협동학습의 실태. 한국지구과학회지, 22(5), 360-376.
 교육부(2022). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2022-33호.
 김민주, 임채성(2021). 초등학생의 창의 과정과 산물의 관계를 탐색하기 위한 과학 창의성 검사 도구 개발-생명 영역을 중심으로. 초등과학교육, 40(4), 520-544.
 김준호, 서계홍, 정연숙, 이규송, 고성덕, 이집숙, 임병선, 문형태, 조강현, 이희선, 유영한, 민병미, 이창석, 이은주, 오경환(2007). 현대생태학. 서울: 교문사.
 노태희, 박수연, 임희준, 차정호(1998). 협동학습 전략에서 소집단 구성 방법의 효과. 한국과학교육학회지, 18(1), 61-70.
 노태희, 서인호, 한재영, 전경문, 차정호(2000). 협동학습에서 학생의 의사소통 불안에 따른 소집단 구성의 효과. 한국과학교육학회지, 20(1), 174-182.
 노태희, 한지원, 강석진(2014). 초등학교 과학 수업에서 협동학습의 실태와 교사들의 인식. 대한화학회지, 58(6), 630-637.
 동효관, 홍준의, 신영준, 김경호, 이길재(2003). 과학영재가 선호하는 수업 형태와 수업환경 조사를 통한 수업 전략의 개발. 생물교육, 31(1), 16-23.
 박운배, 류인숙(2004). 과학과 수업에서 협동학습에 의한 창의성 증진 방안. 중등교육연구, 52(2), 309-328.
 박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안: 인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
 배진호(1999). 과학교육에서 두뇌학습 원리에 기초한 창발 수업모형의 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
 배진호, 노성인, 소금현(2009). 사회적 상호 작용을 강조한 초등 생명과학 수업이 초등학생의 자기 효능감과 과학 학업 성취도에 미치는 영향 및 창발성 발현 사례. 생물교육, 37(2), 244-255.
 배진호, 박현주(2011). 사회적 상호작용을 강조한 초등과학수업에서 창발성 발현에 대한 정량적 분석. 생물교육, 39(2), 262-276.
 손충기, 김명철(2007). 초·중학생 창의성 영재 선발 검사에 나타난 창의성 요인별 특성 연구. 영재교육연구, 17(2), 307-337.
 이봉우, 손정우, 최원호, 이인호, 전영석, 최정훈(2008). 과학영재교육에서 교사들이 겪는 어려움. 초등과학교육, 27(3), 252-260.
 이선영(2014). 영재성과 창의성 개념 간의 관계를 통해서 본 영재성과 창의성: 동질적인 개념인가? 이질적인 개념인가?. 영재와 영재교육, 13(1), 107-128.
 임성만, 양일호, 임재근(2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색. 과

- 학교교육연구지, 33(1), 31-43.
- 임채성(1997). 협동학습의 대뇌생물학적 기초: 아이디어-공유-창출 모델. 한국동물학회 학술대회, 3181.
- 임채성(2014). 과학창의성 평가 공식의 개발과 적용. 초등과학교육, 33(2), 242-257.
- 장남기, 배진호(2000). 과학교육에서 두뇌학습 원리에 기초한 창발수업모형의 개발. 생물교육, 28(2), 110-122.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언(2002). 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발: 이론과 예시를 중심으로. 한국지구과학회지, 23(4), 334-348.
- 조무정, 진석언(2016). 초등학교 과학 영재학생의 집단 창의성 발현과정 경험에 대한 현상학적 연구. 창의력교육연구, 16(2), 35-59.
- 한재영, 한수진, 노태희(2002). 협동학습에서 학생의 유화성에 따른 집단 구성의 효과. 한국과학교육학회지, 22(4), 717-724.
- 현승자(2007). 초등 과학수업에서 상호작용 강화 협동학습이 창의성의 발현과 과학학습에 미치는 효과. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- Alexander, P. A. (1992). Domain knowledge: Evolving themes and emerging concerns. *Educational Psychology*, 27(1), 33-51.
- Amabile, T. M. (1983). *The social psychology of creativity*. New York: Springer-Verlag.
- Amabile, T. M. (1987). The motivation to be creative. In S. G. Lsaksen (Ed.), *Frontiers of creativity research: Beyond the basics* (pp. 223-254). Buffalo, NY: Bearly Limited.
- Amabile, T. M. (1988). A model of creativity and innovation in organizations. *Research in Organizational Behavior*, 10(1), 123-167.
- Barron, F., & Harrington, D. M. (1981). Creativity, intelligence, and personality. *Annual Review of Psychology*, 32(1), 439-476.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Houghton Mifflin.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.
- Creswell, J. W. (2011). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, Kim, Young Suk et al. Trans. Sigmamapress.
- Cropley, D., & Cropley, A. (2005). Engineering creativity: A systems concept of functional creativity. In J. C. Kaufman & J. Baer (Eds.), *Creativity across domains: Faces of the muse* (pp. 169-185). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention* (1st Ed.). New York: Harper Collins Publishers.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Perennial, New York, 39, 1-16.
- Davidson, N., & Worsham, T. (1992). *Enhancing thinking through cooperative learning*. Teachers College Press, 1234 Amsterdam Avenue, New York, NY 10027.
- Davila, T., Epstein, M. J., & Shelton, R. (2006). *Making innovation work: How to manage it, measure it, and profit from it*. Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing.
- Fisher, C. M., & Amabile, T. (2009). *Creativity, improvisation and organizations*, Rotman, 40-45.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New Brunswick, NJ: Aldine Transaction.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Han, K. S., & Marvin, C. (2002). Multiple creativities? Investigating domain-specificity of creativity in young children. *Gifted Child Quarterly*, 46(2), 98-109.
- Harrington, D. M., Block, J. H., & Block, J. (1987). Testing aspects of Carl Rogers's theory of creative environment child-rearing antecedents of creative potential in young adolescents. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(4), 851-856.
- Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (1999). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4), 379-432.
- Jaber, L. Z., & Hammer, D. (2016). Learning to feel like a scientist. *Science Education*, 100(2), 189-220.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning*. Prentice-Hall, Inc.
- Khandker, S. R., Koolwal, G. B., & Samad, H. A. (2009). *Handbook on impact evaluation: Quantitative methods and practices*. World Bank Publications.
- Koren, Y., Klavir, R., & Gorodetsky, M. (2005). Students' multi-modal re-presentations of scientific knowledge and creativity. *Third Quarter*, 39(3), 193-215.
- Makel, M. C., & Plucker, J. A. (2008). Creativity. In S. I. Pfeiffer (Ed.), *Handbook of giftedness in children: Psychoeducational theory, research, and best practices* (pp. 247-270). New York: Springer.
- Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. New

- York: Cambridge University Press.
- Monahan, C., Munakata, M., & Vaidya, A. (2019). Creativity as an emergent property of complex educational system. *Northeast Journal of Complex Systems (NEJCS)*, 1(1), 4.
- Mumford, M. D. (2003). Where have we been, where are we going? Taking stock in creativity research. *Creativity Research Journal*, 15(2-3), 107-120.
- Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 345-375.
- Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (Eds.). (2003). *Group creativity: Innovation through collaboration*. Oxford University Press.
- Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of community of learners. *Mind, Culture and Activity*, 1, 209-229.
- Runco, M. A. (2004). Everyone has creative potential. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 21-30). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92-96.
- Salomon, G., & Globerson, T. (1989). When teams do not function the way they ought to. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 89-99.
- Sawyer, R. K. (2011). *Explaining creativity: The science of human innovation*. Oxford University Press.
- Sharan, S. (1990). *Cooperative learning: Theory and research*. Praeger Publishers, London, UK.
- Simonton, D. K. (2004). *Creativity in science: Chance, logic, genius, and zeitgeist*. Cambridge University Press.
- Simonton, D. K. (2012). Assessing scientific creativity: Conceptual analyses of assessment complexities. Commissioned paper, The Science of Science and Innovation Policy Conference, National Academy of Sciences.
- Sproul, T. (1997). 'Nobody really knows': The structure and analysis of social constructivist whole class discussions. *International Journal of Science Education*, 19(8), 911-924.
- Stahl, R. J. (1996). *Cooperative learning in science: A handbook for teachers*. Arizona State University, Tempe, 433.
- Stein, M. I. (1953). Creativity and culture. *The Journal of Psychology*, 36(2), 311-322.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1993). Creative giftedness: A multivariate investment approach. *Gifted Child Quarterly*, 37(1), 7-15.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. Free Press.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688.
- Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L., & Singer, J. L. (2004). *Creativity: From potential to realization*. American Psychological Association.
- Torrance, E. P. (1974). *The Torrance test of creative thinking: Norms and technical manual*. Bensenville, IL; Scholastic Testing Service, Inc.
- Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory Econometrics A Modern Approach*. Boston: Cengage Learning.
- Zhou, C. (2015). Bridging creativity and group by elements of Problem-Based Learning (PBL). In *Pattern analysis, Intelligent security and the Internet of things* (pp. 1-9). Springer International Publishing.

김현주, 서울교육대학교 박사과정생(Hyun-Ju Kim; Graduate Student, Seoul National University of Education).

김민주, 서울문현초등학교 교사(Min-Ju Kim; Teacher, Seoul Munhyeon Elementary School).

† 임채성, 서울교육대학교 교수(Chae-Seong Lim; Professor, Seoul National University of Education).