창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 수업 전략의 개발 및 적용 효과(제III보)

윤현정 · 홍혜인 · 방담이 · 박지은 · 강순희*

이화여자대학교 과학교육과
(접수 2011. 8. 31; 게재확정 2011. 11. 3)

The Development of Teaching Strategy for the Enhancement of the Creative Problem Solving Thinking Skills and the Effects of Its Applications in Middle School(III)

Hyunjung Yun, Hyein Hong, Dami Bang, Jieun Park, and Soonhee Kang*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea. *E-mail: shkang@ewha.ac.kr
(Received August 31, 2011; Accepted November 3, 2011)

요 약. 이 연구의 목적은 탐구 과정을 수행하는 동안 발산적 사고와 수렴적 사고를 경험할 수 있는 수업 전략을 개발하고 이를 적용함으로써 그 효과를 검증하는 것이다. 이를 위하여 발산하기 모형, 수렴하기 모형, 발산-수렴 함께하기 모형을 탐구의 각 단계에 활용할 수 있는 수업 전략을 개발하였다. 그리고 중학교 1학년을 대상으로 개발한 수업 전략을 실시한 후 이 수업 전략이 창의적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 인성 및 학업 성취도에 미치는 효과를 알아보았다. 그 결과 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제의 모든 영역에서 창의성의 하위 범주인 유창성과 융통성이 유의미하게 향상되었다. 독창성에 대해서는 실험 집단의 교정 평균이 통제 집단에 비해 높게 나타났으나 통계적으로는 유의미하지 않았다. 비판적 사고력에 대해서는 문제 인식, 결론 도출 및 일반화 과정에서 유의미한 신장을 나타냈다. 또한, 본 연구의 수업 전략은 학업 성취도에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 창의적 인성에 대해서는 모든 하위영역에 대하여 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

주제어: 창의적 문제해결력, 창의적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 인성, 학업 성취도

ABSTRACT. The purpose of this study was to develop teaching materials using Pyramid model of divergent thinking, Inverse pyramid model of convergent thinking and Diamond model of divergent-convergent thinking. And the teaching materials was implemented to 120 students in middle school over 10 weeks. Results indicated that the experimental group presented statistically meaningful improvement in creative thinking skills, especially in fluency and flexibility($p<.05$). Also the teaching materials contributed to improve critical thinking skills, especially in inquiry process of recognizing problems, making conclusion and generalization($p<.05$). Moreover, academic achievement was improved($p<.05$). But, there was no significant improvement in creative personality($p<.05$).

Key words: Creative problem solving skills, Creative thinking skills, Critical thinking skills, Creative personality, Academic achievement

서 론

교육과학기술부에서는 2010년^{1,2} 창의 인성 기본 교육 방안을 발표하였다. 이 방안은 창의성은 몇 몇 소수만이 선천적으로 타고난 특별한 능력이며 모든 학생이 교육을 통해서 창의성이 개발되기는 어렵다는 오해가 존재하였음을 지적하면서 창의 인성 교육의 명확한 정의가 필요하며, 영재만이 아닌 모든 학생을 위한 창의 인성 교육체제의 전환이 필요하다고 하였다. 또한, 창의적 체험 활

동에서 뿐만 아니라 교과 활동에서도 활용 가능한 체계적이고 다양한 프로그램의 개발 및 보급이 필요하다는 것을 지적하였다. 즉, 학년과 수준에 상관없이 모든 학생들을 대상으로, 교과 활동을 포함한 다양한 과정에서 창의성 교육이 필요하다는 것을 주장하였다.

특히 과학과에서는 창의성과 관련하여 2007 개정 교육과정³과 2009 개정 교육과정⁴에서 공통적으로 창의적 문제해결력 신장을 강조하고 있다. 창의적 문제해결이란 개인이나 집단이 어떤 문제를 해결하기 위하여 창의적으로

사고하려는 노력들을 통칭하는 용어이다. 창의적 문제 해결의 단계는 Osborn⁵에 의해 처음 7단계로 제안되었으나 이후 1963⁶년에는 사실 발견(문제의 정의와 준비), 아이디어 발견(아이디어의 생산과 개발), 해결 발견(평가와 채택)의 3단계로 단순화하였다. Isaksen과 Treffinger⁷는 창의적 문제해결의 단계로 도전 과제의 이해(understanding the challenge), 아이디어 생성하기(generating ideas), 행동을 준비하기(preparing for action)의 3단계를 제시하였으며, 이종연 등⁸은 상황 인식, 정보 확인, 문제 찾기, 해결안 발견, 해결 방법 결정, 계획하기의 6단계를 제안하였다. 그 외에도 창의적 문제해결의 단계에 대해서 많은 학자들이 제안하였는데 이를 자세히 살펴보면 과학에서의 탐구의 과정으로 다르게 표현할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 연구할 문제를 인식하고 문제에 대한 가설을 설정한 후 변인을 통제하여 실험을 설계하고 측정, 관찰을 통해 자료를 수집하고 변환하여 결론을 도출하고 일반화하는 과정이 바로 그것이다. 이러한 맥락에서 강순희⁹는 과학에서의 문제 해결력이 곧 탐구 능력임을 명확하게 밝히고 있다 (Fig. 1).

미국의 과학 교육 학자인 Lawson¹⁰은 ‘탐구 능력’이라는 용어를 대신하여 ‘창의적이고 비판적 사고력’이라는 용어를 사용한다. 비슷한 맥락에서 Isaksen과 Treffinger⁷는 문제 해결 과정에서 발산적 사고와 수렴적 사고가 역동적으로 균형을 가지는 것이 필요하고 중요함을 강조하고 있다. 또한 김정자 등¹¹은 창의적 문제해결력을 “일반적인 영역의 지식과 기능기반, 동기적 요인, 특정 영역의 지식과 기능기반을 토대로 확산적 사고와 비판적 사고가 역동적으로 상호작용하여 새로운 산출물 혹은 해결책을 만들어 내는 사고과정”이라고 정의 내렸으며, 조연순 등¹²은 과학에서의 창의적 문제해결력은 확산적 사고와 비판적 사고가 복합적으로 작용하여 새롭고 적절한 산출물을 만

들어내는 능력이라고 하였다. 최병연 등¹³은 창의적 문제 해결이란 기존 지식이나 새로운 자료를 기반으로 다양하고 많은 양의 아이디어를 생성하고, 확산과 수렴과 같은 창의적 사고 과정을 거쳐 문제의 해결방안을 찾아가는 일련의 고차원적인 사고과정이라고 하여 창의적 문제해결에서의 확산적 사고와 비판적 사고의 작용을 강조하였다.

확산적인 사고란 발산적 사고이며 이것은 좁은 의미의 창의적 사고력이다. 광의적으로 창의성을 정의하면 새롭고(new; novelty) 유용한(usefulness) 어떤 것을 생산해내는 행동 또는 정신과정이라고 한다.¹⁴ 이러한 접근법에서는 창의적인 사람의 특성은 무엇이며, 발달 배경은 어떠한가 등의 개인의 특성에 특별한 관심을 갖고 질적으로 연구하는 방법으로 사용한다. 이러한 과정에는 당면한 요소, 해당 요소에 대한 인지적 측면의 사고력, 해결하려는 정의적 측면의 태도가 종합적으로 어우러져 있다.^{15,16} 광의의 정의인 ‘새롭고 유용한 어떤 것’에서 ‘어떤 것’은 모든 종류의 아이디어와 생산물을 의미하며 창의적인 사람들은 독창성과 적절성 모두를 동시에 중요하게 생각하는 즉, Bruner⁴¹가 ‘효과적인 놀라움(effective surprise)’이라 명명했던 방식으로 아이디어를 만들어 내는 사람이다. 새롭다는 것은 기존의 것과 다르게 독창적인 것을 의미한다. 그러나 독창적이라고 해서 모두 창의적인 것이 아니라 만들어진 산물이 어떤 문제를 해결하는 데 도움이 되거나 쓸모가 있어야 한다. 이것이 두 번째 부분인 유용성이다. 그러나 그것이 누구에게 유용한가, 무엇에 유용한가를 판단하는 것은 평가 과정을 필요로 하는 것이므로 평가자가 속한 시대 문화적 맥락이 창의성의 평가에 영향을 미치게 된다.⁴² 이러한 맥락에서 보면 창의성을 광의적으로 정의할 경우 창의성을 훈련할 수 있는 방법이나 훈련된 창의성을 평가할 수 있는 방법을 찾기가 쉽지 않다. 따라서 교육을 통하여 창의성이 신장될 수 있으며 이

Fig. 1. Concept mapping of thinking skills.

것을 평가하고자 하는 일부 학자들은 창의성의 협의의 정의를 사용하기도 한다. 협의적으로 창의성을 정의하면 ‘발산적 사고’ 또는 ‘확산적 사고’라고 한다.^{14,17,18} 이러한 협의의 정의 역시 창의성의 포괄적인 개념을 포착하는데 실패하였다는 비판이 있다. 또한 그림이나 작문과 같은 더 의미 있는 산물이 아닌, 단순한 지필 검사를 통한 평가는 창의성에 대한 부적절한 측정이라는 비판이 존재한다.⁴³ 또한 창의성의 인지적 측면으로 확산적 사고 뿐만 아니라 다른 인지적 요인들을 고려하여야 한다는 지적도 있다. 박종원⁴⁴은 창의적 사고에 확산적 사고 이외에 수렴적 사고와 연관적 사고를 포함시키면서 발산적 사고가 곧 창의적 사고라는 관점보다 발산적 사고는 과학적 창의성을 위해 필요한 몇 가지 사고 유형중 하나라는 관점을 취한 바 있다.

그러나 창의성의 인지적 측면을 발산적 사고라고 협의로 정의하면 사고의 수가 얼마나 많은지(many; fluency; 유창성), 사고의 수가 얼마나 다양한지(varied; flexibility; 융통성), 사고가 얼마나 독특한지(unusual; originality; 독창성)를 알아낼 수 있어서 연구 또는 교육을 통하여 신장된다고 생각하는 창의성을 평가하는 검사 도구를 만들기가 용이하기 때문에 통상적으로 널리 사용하고 있다. 또한, 창의성과 발산적 사고와의 긍정적인 상관관계를 밝힌 많은 연구들이 존재한다.^{45,46} 본 연구에서는 ‘다양성 속에 독창성을 내포한다’⁹는 협의적 창의성 이론을 실제 과학 교육에 접목할 수 있다고 전제하였다. 브레인스토밍 기법의 주요점을 보면 ‘아이디어가 많으면 많을수록 좋으며, 양(量)이 질(質)을 낳는다’라고 하고 있다. Hunt⁴⁷ 또한 아이디어의 수가 많을수록 독창성이 나타날 수 있음을 시사하였다. 따라서 발산적 사고를 강조하는 것은 유창성, 융통성 뿐만 아니라 독창성 또한 포함함을 의미한다. 협의 측면의 창의적 검사에 의하여 미래의 ‘창의적 잠재력’을 예측할 수 있으며, 유창성, 융통성, 그리고 독창성 등을 고려한 발산적 사고 검사의 예언 타당도는 0.55이다.¹⁹ 다시 말하면 발산적 사고 검사에서 높은 점수를 획득한 학생이 미래에 창의적으로 행동할 것이라고 예측할 수

있다.

비판적인 사고란 어떤 ‘사고’나 ‘주장’에 대하여 ‘더 낮게’, ‘더 생각해보고’, 그리고 ‘더 합리적으로’ 판단하는 사고력이다²⁰. 비판적 사고는 창의적 사고 전략으로 만들어 놓은 다양한 사고들을 먼저 깊게 이해한 다음에, 한 발짝 뒤로 물러서서 이리 따져보고, 저리 따져 보면서, 적극적으로 경청하고 비판적으로 질문하면서, 다양한 사고들 중에서 어떤 것들을 기각할 것인지, 마지막으로 어느 것을 수용·선택할 것인지 지를 결정하는 ‘수렴적 사고’이다. 다시 말하면 비판적 사고란 여러 가지 가능한 주장 또는 사고들 중에서 보다 합리적인 하나의 주장 또는 사고로 수렴하는 사고를 말한다. 비판적인 사고를 할 때 필요로 하는 요소는 비판적 사고 요소, 사고력, 수행 준거, 태도의 네 가지로 나누어 볼 수 있다. 탐구의 과정에서 비판적 사고의 과정이 나타난다면 사고 요소는 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등의 탐구 요소이며 사고력은 관찰하는 능력, 측정하는 능력 등을 의미한다. 태도는 호기심, 참을성, 책임감, 끈기 등의 정의적 영역을 의미한다. 마지막으로 비판적 사고를 하기 위한 정량적 또는 정성적인 다양한 종류의 수행 준거(performance criteria)들은 학자들마다 다르게 정의하고 있는데²⁰⁻²⁷(Table 1), 본 연구에서는 정확성, 정밀성, 광범성, 중요성, 일관성, 타당성, 검증 가능성⁹을 활용하여 학생들의 비판적 사고력을 평가하였다.

여기에서의 창의적 사고와 비판적 사고는 별개의 사고가 아니라 톱니바퀴와 같이 맞물려 함께 작용하는 사고이다. Nikerson²⁸은 창의적 사고와 비판적 사고는 완전 별개의 것이 아니라고 지적하면서 훌륭한 비판적 사고는 그 성질상 창의적이며 훌륭한 창의적 사고에는 진행중인 산출물을 비판적으로 판단하고 향상시키는 것이 포함된다고 하였다.

따라서 이 연구에서는 ‘창의적 문제 해결’이란 문제 해결자가 이전에 접해보지 못한 문제를 새롭게 적절하게 해결하는 탐구의 과정에서 ‘발산적 사고’와 ‘수렴적 사고’를 활용하는 것이라고 정의하였다. 이를 위하여 Fig. 2의 발산하기 모형¹¹, Fig. 3의 수렴하기 모형¹¹ 그리고 Fig. 4의

Table 1. Criteria for critical thinking skills

	Criteria
Ennis (1962)	logical, criterial, pragmatic
Lipman (1988)	reliability, strength, relevance, coherence, consistency
Greene (2003)	accuracy, precision, clarity, breadth, depth, relevance, logic
Kim, Y. C. (2004)	logicalness, precision, accuracy, clarity, relevance, depth, breadth, importance
Kim, H. J. & Park, E. H. (2004)	logicalness, precision, accuracy, relevance, depth, breadth, clearness, importance, fairness, sufficiency
Paul & Elder (2006)	logicalness, precision, accuracy, closeness, relevance, depth, breadth, importance, fairness
Han, S. K. (2007)	logicalness, precision, accuracy, closeness, relevance, depth, breadth, importance, sufficiency
Nosich (2009)	precision, accuracy, closeness, depth, breadth, importance, sufficiency

Fig. 2. Pyramid model of divergent thinking.

Fig. 3. Inverse pyramid model of convergent thinking.

Fig. 4. Diamond model of divergent-convergent thinking.

발산-수렴 함께 하기 모형들을¹¹ 과학 수업을 하는 동안 필요한 경우 다양하게 활용하였다. 이 세 가지 모형들은 과학의 탐구 요소인 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리, 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화의 과정에서 다양한 아이디어를 생성하거나, 생성된 아이디어 중 가장 그럴듯한 아이디어를 선택하는 사고 과정을 의미한다.

연구 내용 및 방법

연구 대상 및 기간

개발한 수업 전략의 효과를 알아보기 위하여 서울 소재 중학교 1학년 학생들을 대상으로 26차시 동안(약 10주) 수업을 진행하였다. 연구 대상 학생은 총 120명이며 두 집단으로 나누어 연구를 진행하였다. 총 60명의 학생이 실험 집단이었으며 60명의 학생은 통제 집단으로 하였다. 실험 집단의 학생들에게는 발산하기, 수렴하기, 발산 수렴 함께하기 모형을 활용하여 수업을 진행하였으며 실험 집단의 학생들에게는 전통적인 강의식 수업을 실시하였다.

창의성은 영역간의 상관성이 매우 낮으므로 영역별로 다르게 이해되고 측정되어야 한다.¹⁴ 특히, 지적 과정 및 영역 지식과 창의성의 상관성이 가장 높은 영역이 과학이라

는 것을 밝힌 연구는 과학영역에서의 창의성은 지식, 내용 의존적이라는 견해를 뒷받침해준다.²⁹ 따라서 이 연구에서는 수업 처치를 시작하기에 앞서 2009년 3월에 학생들의 과학 창의적 문제해결력을 평가할 수 있는 검사지를 개발하였다. 1차로 개발한 검사지는 과학교육 전문가 3인에게 내용타당도를 검증받아 문항의 수준, 표현 방식, 어휘 수준, 평가 방식 등을 적절히 수정하였다. 이 후 중학교 1학년, 2학년 학생 각각 36명, 43명을 대상으로 파일럿 테스트를 실시하여 문항의 난이도, 변별도를 검증하였으며 채점자 2인이 동일한 검사지를 채점한 후 채점자간 신뢰도를 파악하였다. 2009년 8월에 과학 창의적 문제해결력 검사지를 최종 확정하였다. 2009년 9월에 개발한 검사지와 창의적 인성 검사지³⁰를 사전 검사로 실시하였으며 10월부터 12월까지 총 26차시 동안 수업처치를 하였다. 수업이 끝나는 마지막 차시에 동일한 검사지로 사후 검사를 실시하여 학생들의 창의적 사고력과 비판적 사고력, 창의적 인성의 변화를 알아보려고 하였다. 학업 성취도에 대해서는 9월에 실시한 중간고사 점수와 12월에 실시한 기말고사 점수를 활용하였다.

연구 내용 및 절차

본 연구에 앞서 발산하기, 수렴하기, 발산-수렴 함께하기 모형을 활용한 수업 전략은 학생들의 창의적 사고력과 비판적 사고력을 신장시킬 것이며 학생들의 창의적 인성 및 학업 성취도에도 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설을 설정하였다.

연구에 앞서, 학생들의 창의적 문제해결력의 변화를 알아보기 위하여 과학 창의적 문제해결력 검사지를 개발하였다. 과학 창의적 문제 해결력 검사지는 과학 내용 영역에서 발휘되는 협의적 측면의 창의적 사고력과 동시에 문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력을 평가하는 것을 목표로 하였으며 각 문항에 대하여 구체적인 평가 준거를 개발하였다. 검사지의 창의적 사고력에 대한 평가 준거 요소로는 유창성, 융통성, 독창성을 사용하였다. 그리고 이 검사지의 문제 해결 측면의 비판적 사고력에 대한 평가 준거 요소로는 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성⁹을 사용하였다. 이 요소들은 과학이라는 학문의 특성을 고려하여 탐구 과정 속에서 일어나는 영역-특수적인 비판적 사고력을 평가하기에 적합한 준거라고 판단하였다.

발산하기, 수렴하기, 발산-수렴 함께하기 모형을 통한 수업의 효과를 알아보기 위하여 중학교 1학년 학생을 대상으로 과학 수업을 실시하였다. 수업을 시행하기 전에 학생들의 창의적 사고력과 비판적 사고력을 알아보기 위하여 과학 창의적 문제해결력 검사지를 실시하였다. 또한,

Table 2. Learning activities

unit		learning activities of Experimental class	learning activities of Control class
9. Breathing & Excretion	1	9.1 What do respiratory organs look like? · Comparing human structure with car structure, Study the structure of the human for energy. (Divergent thinking) · Definition of Breathing, respiratory structure.	9.1 What do respiratory organs look like? · linking human structure and car structure · Definition of Breathing, respiratory structure.
	2	· Predict (Divergent thinking), observe, explain surface area of plastic bag and plastic bag containing small balls. · Structure of alveolus, Gas exchange of alveolus. · Find a real life example to extend surface area like alveolus (Divergent thinking)	· Observe, explain surface area of plastic bag and plastic bag containing small balls. · Structure of alveolus, Gas exchange of alveolus. · [Reading] Reason that human lung is composed of alveolus.
	3	9.2 If you take a deep breath? · Predict (Divergent thinking), observe, explain exchanging of two rubber balloons at pulling rubber diaphragm of breathing device down. · Principle of inhalation and exhalation breathing · Find the principle of hiccup	9.2 If you take a deep breath? · Observe and explain exchanging of two rubber balloons at pulling rubber diaphragm of breathing device down. · Principle of inhalation and exhalation breathing · [Reading] Principle of hiccup
	4	9.3 Gas exchange at lung? · Predict (Divergent thinking), observe, explain exchanging of lime water color at blowing air pump and breath in lime water test tube. · Principle of gas exchange between tissue cell and lung · Find a real life example such as principle of gas exchange between tissue cell and lung. (Divergent thinking)	9.3 Gas exchange at lung? · Observe and explain exchanging of lime water color at blowing air pump and breath in lime water test tube. · Principle of gas exchange between tissue cell and lung
	5	9.4 If you burn peanuts? · Predict (Divergent thinking), observe, explain phenomenon that appears at burning peanuts · Definition of breathing · Write reason having a headache if you don't ventilate the room properly when heating. (Divergent thinking, Convergent thinking) · Write thank you letters to your lung.	9.4 If you burn peanuts? · Observe and explain phenomenon that appears at burning peanuts · Definition of breathing · [Reading] domestic science - Heating & Ventilation
	6	9.5 What's in Pee? · Definition of Excretion · Write reason to have a pee on farm in the early days. (Divergent thinking, Convergent thinking)	9.5 What's in Pee? · Definition of Excretion · [Reading] Reason to have a pee on farm in the early days.
	7	9.6 Factory to make a pee? · Kidney structure, Process to make a pee, Sweat gland action. · Write reason to have to pee frequently at in cold weather (Divergent thinking, Convergent thinking)	9.6 Factory to make a pee? · Kidney structure, Process to make a pee, Sweat gland action. · General knowledge quiz about pee and Sweat gland
	8	10.1 Where will the ball go? · Find various sentence in which the 'force' word appears. (Divergent thinking, Convergent thinking), Classify things to be changed by force · Definition of force, Effect of force. · Find various examples which the force is applied (Divergent thinking)	10.1 Where will the ball go? · In the sentences which the 'force' word appears, think the meaning of force. · Definition of force, Effect of force. · Classify things to be changed by force
	9	10.2 Reason the ball bouncing ? · Predict (Divergent thinking), observe, explain motion of rubber band and spring. · Definition of elastic force · Find a real life example of elastic force (Divergent thinking)	10.2 Reason the ball bouncing ? · Observe and explain motion of rubber band and spring. · Definition of elastic force
	10	10.3 Why do you slip well on ice? · When there is a car parked on the snow-covered hill, Set up a hypothesis to prevent the car from slipping (Divergent thinking) · Select most logical, relevant and appropriate one of the answers after the discussion. (Convergent thinking) · Design experiment and make conclusions	10.3 Why do you slip well on ice? · Pull block of wood in a different weight. · Pull block of wood in a different floor surface. · Pull block of wood in a different sectional area

Table 2. Continued

unit	learning activities of Experimental class	learning activities of Control class
10. Force	11 · Definition of frictional force, property of frictional force · What shall happen in country of no frictional force?(Divergent thinking)	· Definition of frictional force, property of frictional force · [Reading]Country of no frictional force
	12 10.4 The nearer it come, what things is the stronger? · Predict(Divergent thinking), observe, explain motion of bar magnet. · On a pitched roof, Predict(Divergent thinking), observe, explain motion of bead in a different magnet position. · Definition of magnetic forces	10.4 The nearer it come, what things is the stronger? · Observe, explain motion of bar magne, phenomenon of balloon when balloon is close to the hair. · Definition of magnetic forces, electric forces
	13 · Predict(Divergent thinking), observe, explain phenomenon of milky tape when milky tape is close to object. · Definition of electric forces · Observe magnet and compass, write the reason that a compass needle is pointing north. (Divergent thinking, Convergent thinking)	· Experience magnetic forces, electric forces - VTR watching (Curiosity Paradise)
	14 10.5 Why Do apples fall off? · Conceive What about you carry a heavy bag on a trip to the moon. · Definition of gravity, comparing weight with mass.	10.5 Why Do apples fall off? · Indicate direction ball falling in each earth positions. · Definition of gravity, comparing weight with mass.
	15 · What shall happen in country of no gravity? (Divergent thinking) · Classify various forces after looking at the ppt data.	· After researching friends' weight, make a conversion by newtons(N) · Experience various gravity - VTR watching (Curiosity Paradise)
	16 10.6 How is force measured? · Measurement number of pendulum and length of stretching spring. · Displays graphs and tables. · Design measurement methods of magnitude of force using spring(Divergent thinking)	10.6 How is force measured? · Measurement number of pendulum and length of stretching spring. · Displays graphs and tables
	17 · Unit of force, Method of force sign. · Express magnitude of force by arrow and direction of force.	· Unit of force, Method of force sign. · Express magnitude of force by arrow and direction of force.
	18 10.7 If you do two and two it will better than do alone? · Think physical phenomena elevator used. (Divergent thinking, Convergent thinking) · Composition of force in the same direction and the opposite direction. · Observe various equilibrium of force, express by arrow magnitude of force and direction of force.	10.7 If you do two and two it will better than do alone? · [Reading]Principle of elevator. · Composition of force in the same direction and the opposite direction · Express by arrow magnitude of force and direction of force in various equilibrium of force
	19 10.8 How the Egyptians built the pyramids? · When floating the paper ship, predict speed of ship with the direction of wind and current. Write the reasons.(Divergent thinking) · Set up a hypothesis about reason. · Select most logical, relevant and appropriate one of the answers after the discussion. (Convergent thinking) · Design experiment and make conclusions	10.8 How the Egyptians built the pyramids? · Measure the composition of force by spring balance
	20 · Composition of force which don's draw a line parallel. · When the object fall into a hole, predict magnitude of force lifting up the object. Write the reasons.(Divergent thinking)	· Composition of force which don's draw a line parallel. · Answer a quiz about composition of force.

Table 2. Continued

unit	learning activities of Experimental class	learning activities of Control class
12. Wave	12.1 What is the wave? · Predict(Divergent thinking), observe, explain shape that two student was spring from side to side and back and forth. · Definition of wave, Kind of wave. · Watching the cartoon, compare with wave.	12.1 What is the wave? · Observe and explain shape that two student was spring from side to side and back and forth. · Definition of wave, Kind of wave.
	12.2 What do wave look like? · Predict(Divergent thinking), observe, explain shape that two student was spring from side to side on double time and on double amplitude. · Sign of wave, Period and amplitude.	12.2 What do wave look like? · Observe and explain shape that two student was spring from side to side on double time and on double amplitude. · Sign of wave, Period and amplitude.
	12.3 How is the sound created? · Predict(Divergent thinking), observe, explain motion of the incense at beating a drum in front of the incense. · Definition of sound waves, Properties of sound waves · Predict what the difference of conversation at the moon and water is. Write the reasons. (Divergent thinking, Convergent thinking)	12.3 How is the sound created? · Observe and explain motion of the incense at beating a drum in front of the incense. · Definition of sound waves, Properties of sound waves
	12.4 Why do intensity of sound and pitch of sound have to change? · Predict(Divergent thinking), observe, explain sensing a sound change of plastic ruler on the table corner. · Intensity of sound, Pitch of sound, Tone color · Discriminate between sound by shape of wave. · Draw wave after listening to the violin, melodion. (Divergent thinking) · Find an oscillation frequency each animal can listen to. · Research ultrasonic waves	12.4 Why do intensity of sound and pitch of sound have to change? · Observe and explain sensing a sound change of plastic ruler on the table corner. · Intensity of sound, Pitch of sound, Tone color · Discriminate between sound by shape of wave. · [Reading]ultrasonic waves
	12.5 How is the water wave coming along? · Predict(Divergent thinking), observe, explain wave of water waves projections at each situation · Definition of water waves, Properties of water waves, Kind of water waves	12.5 How is the water wave coming along? · Observe and explain wave of water waves projections at each situation · Definition of water waves, Properties of water waves, Kind of water waves
	· Look at the breakwater pictures, think principle of form of breakwater structures. (Divergent thinking, Convergent thinking) · Think scientific basis of this proverb "Birds hear what is said by day, and rats hear what is said by night." (Divergent thinking, Convergent thinking)	· [Reading]Birds hear what is said by day, and rats hear what is said by night.

창의성의 정의적 측면인 창의적 인성을 알아보기 위하여 창의적 인성 검사지를 실시하였으며 학생들의 사전 학업 성취도를 알아보기 위한 검사로는 중간고사의 결과를 활용하였다. 총 26차시(약 10주)동안 실험집단의 학생들에게는 세 가지 모형을 활용한 창의적 문제해결력 지향 수업을 시행하였으며 통제 집단의 학생들에게는 전통적인 강의식 수업을 실시하였다. 수업은 동일 교사가 시행하였으며 한 차시의 수업은 45분이다. 두 집단에 대하여 실시한 구체적인 단위 명 및 각 차시의 수업 내용을 Table 2에 제시하였다.

실험반과 통제반의 가장 큰 차이는 Table 2에 나타난 바와 같이 발산적 사고와 수렴적 사고를 활용하도록 한 부분이다. 실험반의 한 차시 수업 중에서 발산-수렴 사고를

활용하는 부분의 일부를 발췌하여 Fig. 5에 제시하였다. 제시된 예시는 발산-수렴 함께하기 모형을 활용한 수업으로, 질문에 대하여 가능한 한 많은 아이디어를 생성해보도록 한 후에 토론을 통해 가장 합당하다고 생각하는 아이디어를 수렴적으로 선택해보도록 하였다. 발산하기, 수렴하기, 발산-수렴 함께하기 모형은 수업의 과정에서 가능한 많이 활용하도록 하였다.

수업 처치가 모두 끝난 후 마지막 차시에 두 집단에 대하여 사후 검사를 실시하였다. 검사 항목은 두 집단 모두에 창의적 문제 해결력 검사지, 창의적 인성 검사지³⁰를 투입하였으며 학업 성취도에 대해서는 기말고사 점수를 활용하였다. 이렇게 얻어진 결과를 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 통계 분석하고 결과를 해석하였다.

1. There is a car parked on the snow-covered hill. What would you do to prevent the car from slipping?
List the tentative answers as many as possible.

① _____
② _____
③ _____
④ _____
⑤ _____

2. Select most logical, relevant and appropriate one of the answers after the discussion with your partners.

To prevent the car from slipping.....

Divergent & Convergent thinking

Fig. 5. Example of instruction using diamond model of divergent-convergent thinking.

검사 도구 및 분석 방법

창의적 문제 해결력 검사지

본 연구에서는 수업 적용 전후에 학생들의 창의적 문제 해결력에 있어서의 변화를 알아보기 위하여 중학생용 창의적 문제 해결력 검사지를 개발하여 사용하였다.

이 검사지가 평가할 수 있는 사고력은 창의적 사고력과, 문제 해결 측면의 비판적 사고력과 논리 사고력 측면의 비판적 사고력이다.

창의적 사고력은 협의의 정의로 발산적 사고라고 정의하였으며 평가할 수 있는 평가 준거는 유창성, 융통성, 독창성이다. 유창성은 항목의 수이며, 융통성은 범주의 수, 독창성은 답안의 희소성(5% 미만 2점, 5~10% 1점, 10% 이상 0점)으로 최대 2점으로 평가하였다.

비판적 사고력은 문제 해결 측면의 비판적 사고와 논리 사고력 측면의 비판적 사고로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 문제 해결력 측면의 비판적 사고력만을 분석하였다. 비판적 사고력은 문항에 따라 검증가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성의 판단 수행 준거 중

일부를 사용하여 채점되며 각각의 준거에 따라 2점 만점으로 채점하여 전체 점수는 평균 점수를 사용하였다. 구체적인 문항 구성은 대 문항 5문항으로 구성되어 있으며 각각의 대문항은 가설 설정(Making hypothesis), 문제 인식(Recognition of problems), 변인 통제(Control of variables), 자료 해석 및 자료 변환(Transformation & Interpretation of data), 결론 도출 및 일반화(Making conclusion & Generalization)를 평가한다. 1, 2, 3의 세 문항은 창의적 사고력, 비판적 사고력 두 측면에서 평가되며 4, 5-1, 5-2의 세 문항은 비판적 사고력 측면에서 평가된다(Table 3).

개발한 검사지 중 3번 변인 통제에 해당하는 문항을 Fig. 6에 제시하였다.

이 문항은 쌍쌍 바람차를 만드는 방법을 설명한 후 원뿔의 크기에 따른 바람차의 빠르기를 알아보고자 할 때 일정하게 유지시켜주어야 하는 변인을 가능한 다양하게 적어보도록 하였다.

이 문항의 채점 기준은 Table 4와 같다. 학생이 적은 답안의 수는 유창성 점수이다. 모든 학생이 적은 답안을 전사한 후 연구자들이 논의하여 범주를 분류하였다. 그리고

Table 3. Test of creative problem solving skills in science

No.	Item	Concept	Inquiry thinking skills	Criteria for creative thinking skills	Criteria for critical thinking skills
1	plants in space	the growth of plants, space environment, future science	Making hypothesis	fluency, flexibility, originality	validity
2	green people	photosynthesis, energy	Recognition of problems	fluency, flexibility, originality	validity
3	windy car	air resistance, frictional force, velocity	Control of variables	fluency, flexibility, originality	validity, importance
4	Naro planet	revolution, rotation	Transformation & Interpretation of data	-	consistency, accuracy, validity
5-1			Interpretation of data	-	consistency
5-2	H1N1 virus	disease, temperature, humidity	Making conclusion & Generalization	-	validity

3. The way to make windy car is as follows.

① Roll up a piece of paper to form a cone.

③ Put two straws as below.

⑤ Cut thin straw into four parts and attach the paper wheel to it.

⑦ Expose windy car to the wind and measure the distance the car moved.

② Put thin straws into thick straws. These will be wheel sets of windy car.

④ stack some sheets of paper and attach each other. Then cut out a round piece of paper to make a wheel.

⑥ Make other three wheels in the same way.

We're going to find out the change in speed according to size of the cone. What variables should be controlled? List answers as many as possible.

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____
- ⑥ _____
- ⑦ _____
- ⑧ _____
- ⑨ _____
- ⑩ _____

Fig. 6. Item of creative problem solving skills test.

Table 4. Criteria and assessment standard for Item No. 3

No.	3	Item	windy car	
concept		air resistance, frictional force, velocity		
thinking skill		Assessment Standard	Criteria	Point
critical thinking skill	control variables	Distinguish independent variable/dependent variable and manipulated variable/control variables. Write variables with clear and scientific term.	validity	2
		Distinguish independent variable/dependent variable and manipulated variable/control variables. But, the term is insufficient		1
		Can not distinguish independent variable/dependent variable and manipulated variable/control variables.		0
		Eliminate uninfluential variables.	importance	2
		Can not eliminate uninfluential variables.		0
creative thinking skill	control variables	1 point a answer	fluency	the number of answer $\times$ 1
		1 point a category	flexibility	at most 6
		frequency of answer: under 5%	originality	2
		frequency of answer: 5~10%		1
		frequency of answer: more than 10%		0

해당 학생의 답안을 그 범주에 따라 분류한 후 나타난 범주의 수가 융통성 점수이다. 또한 학생이 적은 답안이 전체 학생이 적은 답들 중에서 어떤 비율로 나타나는지를 계산한 후 독창성 점수를 부여하였다. 이 세 점수를 합하

여 학생들의 창의적 사고력 점수를 계산하였다. 비판적 사고력에 대해서는 검증가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성의 판단 수행 준거 중 타당성과 중요성의 준거로 평가하였다. 학생들이 적은 각 항목은 이

두 가지 준거로 평가되며 이 점수의 평균 점수가 비판적 사고력 점수이다.

1차로 개발한 문항은 과학교육 전문가 3인에게 문항 표현 방식(사용된 어휘, 안내의 수준)의 적절성, 해당 문항이 각 탐구 사고력을 평가하기에 적합한지의 여부, 해당 문항이 담고 있는 과학내용의 오류성 여부등을 검증받아 적절히 수정하였으며, 개발한 검사지는 파일럿 테스트를 통하여 난이도와 변별도를 확인하였다. 문항의 난이도는^{31,32} .75초과이면 쉬운 문항으로 .25~.75인 경우 적절한 문항으로 .25 미만인 경우는 어려운 문항으로 판단하였다. 그 결과 모든 문항이 적절한 난이도를 가진 것으로 분석되었다. 문항 변별도는³³ 문항 점수와 피험자 총점의 상관계수에 의하여 추정하였다. 변별력이 낮은 문항의 변별도는 .20~.30미만이고, .30~.40미만의 문항은 변별력이 있는 문항이고 .40이상의 문항은 변별력이 높은 문항으로 판단하였다. 이 검사 도구의 모든 문항의 변별력은 높은 것으로 나타났다. 파일럿 테스트를 통해 얻은 검사지를 채점자 2인이 동시에 채점하여 얻은 채점자간 신뢰도는 .90 이상으로 매우 높은 것으로 나타났다.

창의적 인성 검사지

본 연구에서는 창의적 인성의 발달 성향을 알아볼 수 있는 검사지로 하주현³⁰이 개발한 창의적 인성 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 호기심(curiosity), 자기확신(self-confidence), 상상(imagination), 인내/집착(endurance/persistence), 유머감(humor), 독립성(independence), 모험심(adventure) 및 개방성(openness)의 하위 요인들을 포함하고 있는 검사지로 연령에 제한이 없다. 총 문항수는 30개 문항이며 Likert 5점 척도로 구성되어 있다. 이 검사지의 Cronbach α 계수는 8개의 하위 영역에 대하여 .49~.79 범위이다.

학업 성취도 검사

학생들의 학업 성취도의 변화를 알아보기 위하여 9월에 실시한 중간고사 성적을 사전 점수로, 12월에 실시한 기말고사 성적을 사후 점수로 활용하였다. 중간고사의 문항은 선다형 24문항과 서술형 4문항으로 이루어져 있으며 배점은 각각 70점, 30점으로 100점 만점으로 구성되어 있다. 기말고사의 문항은 선다형 24문항과 서술형 3문항으로 배점은 각각 70점, 30점으로 중간고사와 동일하다.

분석 방법

본 연구에서 개발한 수업 전략이 학생들의 창의적 사고력과 비판적 사고력, 창의적 인성, 학업 성취도에 미치는 효과를 알아보기 위하여 사전과 사후에 실시한 창의적

문제 해결력 검사지와 창의적 인성 검사지, 중간고사와 기말고사 성적을 분석하였다. 사전과 사후에 검사를 실시한 후 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하였다. 학업성취도에 대해서는 중간고사 점수를 사전 점수로 하였다. 모든 통계 처리는 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다.

연구 결과 및 논의

발산적 사고력인 창의적 사고력

개발한 수업 전략이 학생들의 창의적 사고력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 창의적 문제 해결력 검사 문항 중 창의적 사고력을 평가할 수 있는 1, 2, 3 세 가지 문항의 점수를 분석하였다. 본 연구에서는 창의적 문제해결력 검사를 이용하여 평가할 수 있는 창의적 사고력을 유창성 점수(항목의 수), 융통성 점수(범주의 수), 독창성 점수(답안의 희소성)으로 나누어 살펴보았다(Table 5). 그 결과, 유창성, 융통성, 독창성 점수 모두 모든 문항에 대하여 실험반이 통제반에 비해 높은 교정평균을 나타냈다. 또한, 세 항목의 점수를 합한 전체 창의적 사고력 점수 또한 모든 문항에 대하여 실험반이 통제반에 비해 높은 교정평균을 나타냈다.

실험 집단과 통제 집단의 창의적 사고력 점수의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 공변인을 사전 검사 점수로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다.

그 결과, 유창성 점수의 교정 평균은 모든 문항에 대하여 실험반이 높았으며 이 차이는 통계적으로 유의미하였다. 또한 유창성 점수의 전체 합계점수의 교정 평균 또한 실험반이 통제반보다 높게 나타났으며 이 차이도 통계적으로 유의미하였다. 즉, 발산적 사고를 강조한 본 수업 전략이 학생들의 창의적 사고력 중 유창성에 효과가 있는 것으로 나타났다. 융통성 점수에 대해서도 모든 문항에 대해서 그 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 세 문항의 융통성 점수 합계 또한, 실험반의 교정 평균이 통제반에 비해서 높게 나타났으며 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 즉, 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리, 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석 및 자료 변환, 결론 도출 및 일반화의 다양한 탐구 과정을 하는 동안 발산적 사고를 경험하게 한 수업 전략을 통해 학생들은 다양한 아이디어를 생성해내는 능력뿐만 아니라, 다양한 범주의 아이디어를 생성해내는 능력이 신장하였음을 알 수 있다.

마지막으로 창의적 사고력의 하위 범주 중 독창성 범주에 대해서는 실험반의 교정 평균이 통제반의 교정 평균보다 높게 나타났으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지

Table 5. Means, standard deviations, and adjusted means for the score of creative thinking skills as divergent thinking skills (n=120)

	category	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
				M(SD)	M(SD)	
P1. Making hypothesis	fluency	Experiment	60	4.33(2.59)	5.88(2.42)	6.10
		Control	60	5.41(2.39)	4.68(2.43)	4.46
	flexibility	Experiment	60	2.77(1.33)	3.35(1.16)	3.41
		Control	60	3.08(1.21)	2.73(1.27)	2.68
	originality	Experiment	60	1.48(0.51)	1.46(0.37)	1.46
		Control	60	1.50(0.50)	1.41(0.43)	1.41
P2. Recognition of problems	total	Experiment	60	8.58(3.92)	10.70(3.26)	10.98
		Control	60	10.00(3.37)	8.83(3.35)	8.54
	fluency	Experiment	60	4.38(2.68)	5.37(2.83)	5.77
		Control	60	5.92(3.42)	4.68(2.68)	4.28
	flexibility	Experiment	60	3.02(1.55)	3.78(1.64)	3.94
		Control	60	3.58(1.83)	3.36(1.67)	3.20
P3. Control of Variables	originality	Experiment	60	1.58(0.51)	1.47(0.56)	1.47
		Control	60	1.60(0.39)	1.45(0.48)	1.45
	total	Experiment	60	8.98(4.09)	10.62(4.40)	11.23
		Control	60	11.10(5.05)	9.44(4.31)	8.83
	fluency	Experiment	60	4.08(3.36)	5.63(3.05)	5.86
		Control	60	4.97(3.50)	4.85(3.15)	4.62
total	flexibility	Experiment	60	2.42(1.67)	3.20(1.50)	3.31
		Control	60	2.88(1.76)	2.93(1.53)	2.83
	originality	Experiment	60	0.88(0.65)	1.12(0.54)	1.16
		Control	60	1.14(0.60)	1.02(0.60)	0.99
	total	Experiment	60	7.38(5.13)	9.96(4.38)	10.35
		Control	60	8.99(5.13)	8.81(4.61)	8.41
total	fluency	Experiment	60	12.80(6.83)	16.88(6.74)	18.08
		Control	60	16.30(7.00)	14.22(6.89)	13.02
	flexibility	Experiment	60	8.20(3.48)	10.33(3.19)	10.74
		Control	60	9.55(3.54)	9.00(3.54)	8.59
	originality	Experiment	60	3.90(1.01)	4.06(1.06)	4.10
		Control	60	4.24(0.96)	3.89(1.06)	3.85
total	total	Experiment	60	24.94(10.21)	31.27(9.62)	32.98
		Control	60	30.09(10.42)	27.07(10.33)	25.37

않았다. 그러나 유창성, 융통성, 독창성의 합으로 나타나는 창의적 사고력에 대해서는 모든 문항에서 그 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 즉, 본 연구에서의 수업 전략은 학생들의 창의적 사고력의 신장에 도움이 된다고 할 수 있다.

문제 해결력인 탐구 능력에 대한 비판적 사고력

개발한 수업 전략에서는 학생들이 수렴적 사고를 경험하게 함으로써 더 나은 생각, 더 합리적인 생각, 더 타당한 생각을 선택해보도록 하였다. 따라서 이러한 수업을 경험하는 동안 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성⁹의 수행 준거로 평가되는 비판적 사고력이 신장될 것이라 기대하였다. 비판적 사고력을 평가

할 수 있는 1, 2, 3, 4, 5-1, 5-2의 여섯 개 문항의 점수를 분석한 결과는 Table 7에 나타내었다.

그 결과 모든 문항에 대해서 실험반의 교정 평균이 통제반에 비하여 높게 나타났다. 또한 비판적 사고력 점수의 전체 합계 또한 실험반의 교정 평균이 통제반에 비하여 높게 나타났다.

이 차이가 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위하여 공변량 분석을 실시한 결과가 아래의 Table 8에 제시되어 있다.

공변량 분석 결과 문제 인식에 해당하는 문항 1과 결론 도출 및 일반화에 해당하는 문항 5-2에서 그 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 또한, 전체 합계 점수가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 비판적 사고력

Table 6. ANCOVA results for the creative thinking skills as divergent thinking skills

	category	SS	df	MS	F	p
P1. Making hypothesis	fluency	77.121	1	77.121	15.785	.000*
	flexibility	15.794	1	15.794	12.292	.001*
	originality	.091	1	.091	.557	.457
	total	171.413	1	171.413	19.268	.000*
P2-1. Recognition of problems	fluency	62.123	1	62.123	12.255	.001*
	flexibility	16.051	1	16.051	8.124	.005*
	originality	.022	1	.022	.102	.750
	total	164.056	1	164.056	13.532	.000*
P3-1. Control of Variables	fluency	45.024	1	45.024	6.819	.010*
	flexibility	6.709	1	6.709	3.911	.050*
	originality	.878	1	.878	2.980	.087
	total	109.792	1	109.792	7.791	.006*
total	fluency	720.442	1	720.442	29.565	.000*
	flexibility	134.014	1	134.014	19.716	.000*
	originality	1.836	1	1.836	1.893	.172
	total	1636.255	1	1636.255	30.650	.000*

* $p < .05$ **Table 7.** Means, standard deviations, and adjusted means for the score of the critical thinking skills by inquiry thinking skills

	Group	n	Pre-test M(SD)	Post-test M(SD)	Adj. M
P1. Making hypothesis	Experiment	60	1.51(0.52)	1.65(0.40)	1.65
	Control	60	1.52(0.36)	1.52(0.42)	1.52
P2. Recognition of problems	Experiment	60	1.46(0.47)	1.51(0.43)	1.51
	Control	60	1.43(0.47)	1.44(0.43)	1.45
P3. Control of Variables	Experiment	60	1.43(0.82)	1.79(0.45)	1.79
	Control	60	1.49(0.73)	1.69(0.58)	1.68
P4. Transformation & Interpretation of data	Experiment	60	0.56(0.65)	0.68(0.66)	0.67
	Control	60	0.48(0.69)	0.48(0.59)	0.50
P5-1. Interpretation of data	Experiment	60	0.15(0.36)	0.43(0.70)	0.44
	Control	60	0.33(0.63)	0.38(0.72)	0.38
P5-2. Making conclusion & Generalization	Experiment	60	0.32(0.62)	0.85(0.90)	0.87
	Control	60	0.42(0.77)	0.55(0.85)	0.53
total	Experiment	60	5.42(2.12)	6.92(1.94)	7.00
	Control	60	5.68(2.03)	6.06(2.06)	5.98

Table 8. ANCOVA results on the critical thinking skills by inquiry thinking skills

	SS	df	MS	F	p
P1. Making hypothesis	.528	1	.528	4.072	.046*
P2. Recognition of problems	.121	1	.121	.845	.360
P3. Control of Variables	.362	1	.362	1.472	.228
P4. Transformation & Interpretation of data	.868	1	.868	2.838	.095
P5-1. Interpretation of data	.120	1	.120	.240	.625
P5-2. Making conclusion & Generalization	3.453	1	3.453	4.973	.028*
total	30.724	1	30.724	11.396	.001*

* $p < .05$

은 여러 가지 가능한 주장 또는 사고들 중에서 보다 더 합리적인 하나의 주장 또는 사고로 수렴하는 사고를 말

한다. 이와 같은 결과가 나타난 것은 사고를 수렴하는 과정이 훈련되었으나 가장 연구할 만한 문제를 선택해보

도록 한 과정이나, 다양한 결과로부터 결론을 수렴적으로 도출해내는 과정이 집중적으로 훈련되었기 때문인 것으로 보인다. 대학생들을 대상으로 가설 설정과 실험 설계에서 특히 발산적 사고, 수렴적 사고를 경험하게 한 연구³⁴를 보면 가설 설정, 자료 해석 및 자료 변환, 결론 도출 및 일반화에서의 비판적 사고력만이 통계적으로 유의미하게 신장되었음을 알 수 있다. 즉, 모든 탐구의 과정에서 비판적 사고력이 신장되기 위해서는 각각의 탐구 과정을 모두 고려한 수업 전략이 필요함을 알 수 있다.

창의적 인성

이 연구에서 실시한 수업 전략은 근원적으로 창의성의 인지적 측면인 발산적 사고를 고려한 수업 전략이었다.

즉, 창의성의 정의적 영역인 창의적 인성에 대해서는 수업 전략의 개발 및 시행에 있어서 의도적으로 고려하지는 않았으나, 인지적 측면의 발달과 함께 간접적으로 창의적 인성의 긍정적인 변화도 가능할 것으로 기대하였다.

학생들의 정의적 영역인 창의적 인성을 알아보기 위하여 실시한 창의적 인성 검사의 결과가 아래의 Table 9에 제시되어 있다. 그 결과 인내집착, 모험심 범주에서 실험반의 교정 평균이 통제반에 비하여 높게 나타났다.

이 차이가 유의미한지 알아보기 위하여 실시한 공변량 분석 결과(Table 10)이 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 창의적 인성 같은 정의적 영역은 단기간의 교수로 잘 변화하지 않기 때문인 것으로 해석되며 정의적 영역을 고려한 별도의 교수 전략이 필요한 것으로 생각된다.

Table 9. Means, standard deviations, and adjusted means for the creative personality

	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
			M(SD)	M(SD)	
endurance/persistence	Experiment	60	16.18(4.21)	15.98(7.77)	15.48
	Control	60	14.45(5.20)	14.28(5.00)	14.79
humor	Experiment	60	12.62(3.14)	11.70(4.48)	11.38
	Control	60	11.45(4.37)	12.05(4.12)	12.37
self-confidence	Experiment	60	17.80(4.01)	17.38(6.01)	17.23
	Control	60	17.20(5.64)	17.70(5.14)	17.85
curiosity	Experiment	60	15.00(2.98)	14.32(4.66)	14.03
	Control	60	13.73(4.87)	13.88(4.50)	14.17
imagination	Experiment	60	14.77(3.20)	13.95(4.87)	13.41
	Control	60	12.55(5.34)	13.27(4.68)	13.81
openness	Experiment	60	14.98(2.13)	14.32(4.38)	13.97
	Control	60	13.57(4.49)	14.12(4.21)	14.47
adventure	Experiment	60	6.02(2.02)	6.15(2.69)	5.99
	Control	60	5.47(2.60)	5.63(2.59)	5.80
independence	Experiment	60	6.48(1.60)	6.05(2.26)	5.88
	Control	60	5.82(2.36)	6.43(2.31)	6.61
total	Experiment	60	103.85(35.37)	99.85(27.85)	97.55
	Control	60	94.23(25.86)	97.36(35.95)	99.66

Table 10. ANCOVA results on the creative personality

	SS	df	MS	F	p
endurance/persistence	13.551	1	13.551	0.384	0.537
humor	28.692	1	28.692	2.007	0.159
self-confidence	11.534	1	11.534	0.456	0.501
curiosity	0.619	1	0.619	0.035	0.852
imagination	4.565	1	4.565	0.249	0.619
openness	7.093	1	7.093	0.455	0.501
adventure	1.029	1	1.029	0.203	0.653
independence	15.539	1	15.539	3.740	0.056
total	127.779	1	127.779	.175	.676

* $p < .05$

Table 11. Means, standard deviations, and adjusted means for the academic achievement

	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
			M(SD)	M(SD)	
academic achievement	Experiment	60	64.68(23.80)	73.93(23.17)	73.67
	Control	60	64.07(25.55)	68.72(25.77)	68.98

Table 12. ANCOVA results on the academic achievement

	SS	df	MS	F	p
academic achievement	660.267	1	660.267	4.122	.045

* $p < .05$

학업성취도

이 연구에서 개발한 수업 전략은 근원적으로 학생들의 창의적 문제해결력 즉, 창의적 사고력과 비판적 사고력을 신장시키는 것을 그 목표로 하고 있다. 그러나 사고력의 신장을 통해서 학생들의 학업 성취도 또한 신장될 수 있을 것이라 기대하였다. 따라서 학교에서 실시한 중간고사와 기말 고사의 점수를 분석하여 수업 전략이 학생들의 학업 성취도에 미치는 효과를 알아보하고자 하였다.

중간고사와 기말고사의 점수는 Table 11에 나타나 있다. 학업 성취도의 교정 평균은 실험반이 통제반에 비해 높게 나타났으며 공변량 분석 결과(Table 12) 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 즉, 본 연구에서의 수업 전략은 학생들의 사고력 뿐만 아니라 학업 성취도 신장에도 효과가 있는 것으로 나타났다. Getzels와 Jackson은 창의성이 높은 집단과 지능이 높은 집단으로 연구대상자들을 분류하고 학업 성취도를 조사한 결과 두 집단의 학업 성취가 유사하다는 것을 밝히면서, 이 결과를 근거로 창의성 또한 지능과 동일하게 학업성취를 설명할 수 있음을 주장한 바 있다.³⁵ 국내에서도 영재 교육원 학생들을 대상으로 한 연구에서 학업 성취와 창의성이 상관이 있음이 밝혀진 바 있으며,³⁶ 특히 과학 영재아를 대상으로 한 연구에서는 창의성이 높을수록 학습 동기가 높아진다고 하였다.³⁷ 이러한 연구들은 본 연구의 결과를 긍정적으로 지지한다. 특히, 교사들이 창의적 문제해결력 신장 교육이 필요하다고 생각하면서도 실제로 시행하기 어려운 이유에 대하여 경쟁 위주의 대학 입시 제도나 학력 중심의 사회 분위기를 선택한 사전 연구를 볼 때,³⁸ 창의적 문제해결력 신장 수업이 학업 성취도에도 긍정적인 영향을 준다는 본 연구의 결과가 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

결론 및 제언

이 연구에서는 ‘창의적 문제 해결’이란 문제 해결자가 이전에 접해보지 못한 문제를 새롭게 적절하게 해결하는

탐구의 과정에서 ‘발산적 사고’와 ‘수렴적 사고’를 활용하는 것이라고 정의하였다. 이 연구에서는 먼저, 과학 영역의 창의적 문제해결력을 검사하기 위하여 ‘과학 창의적 문제해결력 검사지’를 개발하였다. 이 검사지는 학생들의 창의적 사고력을 유창성, 융통성, 독창성의 준거로 평가할 수 있도록 개발되었으며 비판적 사고력에 대해서는 검증가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성의 준거를 활용하여 평가해 보도록 하였다. 구체적인 문항 구성은 대 문항 5문항으로 구성되어 있으며 각각의 대문항은 가설 설정(Making hypothesis), 문제 인식(Recognition of problems), 변인 통제(Control of variables), 자료 해석 및 자료 변환(Transformation & Interpretation of data), 결론 도출 및 일반화(Making conclusion & Generalization)를 평가한다. 1, 2, 3의 세 문항은 창의적 사고력, 비판적 사고력 두 측면에서 평가되며 4, 5-1, 5-2의 세 문항은 비판적 사고력 측면에서 평가된다. 검사지를 중학생들에게 적용한 파일럿 테스트 결과 검사지의 모든 문항이 적절한 난이도와 높은 변별도를 가진 것으로 나타났으며, 채점 결과를 바탕으로 산출한 채점자간 신뢰도 또한 .9 이상으로 매우 높은 것으로 나타났다. 이 연구에서 개발한 검사지는 과학 영역에서 발산적 사고로서의 창의적 사고를 평가할 수 있으며, 문제해결 측면에서의 비판적 사고 또한 평가가능하다. 또한, 창의적 사고와 비판적 사고의 점수를 합하여 창의적 문제해결력을 측정, 평가할 수도 있다. 창의적 문제해결력이 영역 의존적라는 것을 고려할 때, 본 연구에서 개발한 검사지는 과학에서의 창의적 문제해결력을 평가하기 위한 좋은 검사도구가 될 수 있을 것이다.

이어서, 이 연구에서는 문제 해결 즉, 탐구의 과정에서 학생들이 발산적 사고와 수렴적 사고를 경험할 수 있도록 하기 위하여 발산하기 모형, 수렴하기 모형, 발산-수렴 함께하기 모형을 과학 수업에 적용해 보았다. 사전 사후 검사로 이 연구에서 개발한 과학 창의적 문제해결력 검사와 창의적 인성 검사를 실시하였으며 학업 성취도에 대해서는 중간고사 점수와 기말고사 점수를 통하여 알아 보았다.

그 결과 이 연구에서 개발한 수업 전략은 발산적 사고로서의 창의적 사고력 신장에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있었다. 특히 항목의 수에 해당하는 유창성과 범주의 수에 해당하는 융통성에서 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 이것은 문제를 다양하게 찾아보도록 하는 활동, 가설을 다양하게 설정해보도록 하는 활동, 관련된 변인들을 다양하게 찾아보도록 하는 활동을 통하여 발산적 사고를 훈련시키는 것은 창의적 사고력의 신장에 도움이 된다는 것을 의미한다.

비판적 사고력에 대해서는 문제 인식과 결론 도출 및 일반화에서 유의미한 효과가 나타났으나 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석 및 자료 변환에서는 유의미한 효과가 나타나지 않았다. 본 연구에서의 수업 전략은 대부분이 교실 수업에서 이루어졌으므로 학생들은 다양한 가설을 설정하기는 하나, 실험을 통해 가설을 실제로 검증해보는 기회는 많이 가지지 못하였다. 따라서 발산적 사고인 창의적 사고력은 유의미하게 신장되었으나 비판적 사고에서는 그 차이가 유의미하지 않은 것으로 보인다. 대학교 실험 수업을 기반으로 하여 발산하기, 수렴하기, 발산-수렴 함께하기 모형을 적용한 연구에서 가설 설정에서의 비판적 사고력이 유의미하게 신장되었다³⁴는 것은 이러한 해석을 뒷받침해준다. 특히 변인 통제에서는 실험을 기반으로 한 사전 연구³⁴에서도 유의미한 효과를 얻지 못하였는데 이것은 변인 통제 기능의 복잡성에서 오는 것으로 보인다. 변인 통제에 대한 심층적인 연구에 따르면⁴⁰ 중학생들의 변인 통제 유형은 변인 통제의 필요성 인식 여부, 불필요 변인의 배제 여부, 통제 변인의 설계 여부, 조작 변인과 종속 변인의 설계 여부의 네 가지 측면에 따라 다양한 유형으로 분류됨을 알 수 있다. 따라서 변인 통제의 비판적 사고에서 유의미한 신장을 보기 위해서는 변인 통제의 다양한 하위 기능들을 고려한 수업 전략이 필요하다. 즉, 모든 탐구 요소에 대하여 비판적 사고의 신장을 보기 위해서는 수렴적 사고의 경험을 반복적으로 제공할 수 있도록 횟수와 질을 고려하여 수업 전략을 수정할 필요가 있다.

또한, 본 연구의 수업 전략은 학업 성취도에도 긍정적인 영향을 미쳤는데, 이것은 창의성과 학업 성취도가 상관성이 있다는 많은 연구 결과들과 일치한다^{35,36,37}. 이 연구에서의 수업 전략은 의도적으로 학업 성취도 측면의 신장을 고려하지는 않았으나 발산적 사고와 수렴적 사고를 통한 창의적 문제해결력 신장은 학업 성취도의 신장으로 이어질 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 창의적 문제 해결력 신장 수업이 학업 성취도의 향상에는 도움이 되지 않거나 또는 저해할 수 있다는 일부 교사들의 인식을 바꾸는 데 기여할 수 있으리라 생각된다. 그러나

사고력을 목적으로 한 본 연구에서의 수업 전략이 학생들의 학업 성취도 신장에 기여한 방식에 대해서는 더 심도 있는 후속 연구가 필요하며 학업 성취도 검사의 타당도에 대한 검증 또한 필요할 것이다.

마지막으로 창의적 인성에 대해서는 모든 하위 영역에 대해서 유의미한 효과가 나타나지 않았다. 창의성의 인지적 측면의 발달과 함께 간접적으로 창의적 인성에서도 긍정적인 변화가 있을 것으로 기대하였으나, 창의적 인성과 같은 정의적 영역은 단기간의 수업 처치로 쉽게 향상되지 않는 것으로 해석되며 추가적인 전략을 활용한 후속 연구가 필요할 것이다.

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0002416).

REFERENCES

1. Ministry of Education Science and Technology Basic plan of creativity and character education. 2010. Jan.
2. Ministry of Education, Science and Technology Basic plan of creativity and character education. 2010. May.
3. Ministry of Education and Human Resources Development Science Curriculum; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2007.
4. Ministry of Education Science and Technology Science Curriculum; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2009.
5. Osborn, A. F. *Applied imagination: principles and procedures of creative problem-solving*; Charles Scribner's: NY, U.S.A., 1953.
6. Osborn, A. F. *Applied imagination: principles and procedures of creative problem-solving*; Charles Scribner's: NY, U.S.A., 1963.
7. Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. *Creative problem solving: The basic course*; Bearly Ltd: Buffaol, NY, U.S.A., 1985.
8. Lee, J. Y.; Ho, S. R.; Jun, J. H.; Gu, Y. M.; Jin, S. U. *A study on the development of on and offline integrated creative thinker program in social studies for 5th graders*(Report No. KR 2005-33); Korea education & research information service: Seoul, Korea, 2005.
9. Kang, S. H. *Assessment Instruments and Criteria of Creative Problem Solving Thinking Skills in Science Education*; Ewha Womans University: Seoul, Korea, 2010.
10. Lawson, A. E. *Science teaching and the development of thinking*; Wadsworth Publishing Company: Belmont, CA, U.S.A., 1995.
11. Kim, K. J.; Kim, A. Y.; Cho, S. H. *The Journal of Curriculum Studies* **1997**, 15(2), 129.
12. Cho, Y. S.; Choi, K. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2000**, 20(2), 329.
13. Choi, B. Y.; Park, M. H. *The Korea Journal of Education*

- Methodology Studies* **2004**, 16(2), 29.
14. Lubart, T. I. *Creativity*; In R. J. Sternberg Eds.; Academic Press: NY, U.S.A., 1994; p 89.
 15. Kim, M. H.; Kwak, H. S. *The Journal of Curriculum Studies* **2005**, 23(3), 101.
 16. Seo, H. A. *Jour. Sci. Edu.* **2003**, 26, 113.
 17. Sternberg, R. J.; Davidson, J. E. *The nature of insight* Ed.; A Bradford Book The MIT Press Cambridge: Massachusetts London, UK, 1995.
 18. Guilford, J. P. *The nature of human intelligence*; McGraw-Hill: NY, U.S.A., 1967.
 19. Runco, M. A. *Divergent thinking*; In M. A. Runco, S. R. Pritzker Eds.; Academic Press: San Diego, CA, U.S.A., 1999; p 577.
 20. Kim, Y. C. *Creative Problem Solving: A Coach Guide for Teaching of Creativity*; kyoyookkwahaksa: Seoul, Korea, 2004.
 21. Ennis, R. H. *Harvard Educational Review* **1962**, 32(1), 81.
 22. Lipman, M. *Educational Leadership* **1988**, 46(1), 38.
 23. Greene, D. B. *Journal of General Education* **2003**, 52(4), 304.
 24. Kim, H. J.; Park, E. J. *Logic for critical thinking*; Acanet: Seoul, Korea, 2004.
 25. Paul, R. & Elder, L. *Critical thinking: Learn the tools the best thinkers use, Concise Ed.*; Pearson Prentice Hall: New Jersey, U.S.A., 2006.
 26. Nosich, G. M. *Learning to think things through: A guide to critical thinking across the curriculum*, 3rd ed.; Pearson Prentice Hall: New Jersey, U.S.A., 2009.
 27. Han, S. K. *Critical thinking & logic*; Seokwangsa: Seoul, Korea, 2007.
 28. Nikerson, D. N. Teaching thinking skills: theory and practice. In *Knowledge as design: teaching thinking through content*; In J. B. Baron, R. J. Sternberg, Eds.; W.H. Freeman and Co.: NY, U.S.A., 1987.
 29. Lubart, T. I.; Sternberg, R. J. The creative cognition approach. In *An investment approach to creativity: Theory and data*; S. M. Smith, T. B. Ward, R. A. Finke, Eds.; MIT Press: Cambridge, MA, 1995.
 30. Ha, J. H. *Journal of Education Psychology* **2000**, 14(2), 187.
 31. Kim, H. N.; Chung, W. H.; Jeong, J. W. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **1998**, 18(3), 357.
 32. Cangelosi, J. S. *Designing tests for evaluating student achievement*; Longman: NY, U.S.A., 1990.
 33. Ebel, R. L. *Measuring Educational Achievement*; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1965.
 34. Bang, D.; Park, J. E.; Song, J. Y. *Journal of the Korean Chemical Society* **2011**, 55(2), 290.
 35. Getzels, J. W., & Jackson, P. W. *Creativity and Intelligence: Exploration with gifted students*; Wiley: NY, U.S.A., 1962.
 36. Yang, S. K.; Kim, H. C. *Journal of Gifted/Talented Education* **2007**, 17(3), 541.
 37. Hur, C. H.; Yee, Y. H. *Journal of Gifted/Talented Education* **2008**, 18(2), 343.
 38. Park, I. S. Kang, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2011**, 31(2), 314.
 39. Kang, S. H.; Woo, A. J. *General Chemistry Inquiry Experiment*; Book's-Hill Publisher Co: Seoul, Korea, 2008.
 40. Lee, Y. H.; Kang, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2011**, 31(1), 32.
 41. Bruner, J. Beyond the information given: Studies in the psychology of knowing. In *The conditions of creativity*; J. Bruner, Eds.; W. W. Norton & Co.: NY, U.S.A., 1973.
 42. Lubart, R. *International Journal of Psychology* **1990**, 25, 39.
 43. Sternberg R. J.; Lubart, T. I. *American Psychologist* **1996**, 51(7), 677.
 44. Park, J. W. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2004**, 24(2), 375.
 45. Feldhusen, J. F.; Clinkenbeard, P. R. *Journal of Creative Behavior* **1986**, 20, 153.
 46. Torrance, E. P. *The Nature of creativity as manifest in its testing. the nature of creativity: contemporary psychological perspectives*; Cambridge University Press: NY, U.S.A., 1988.
 47. Hunt, M. *The Universe Within- A New Science Explores the Human Mind*; Simon & Schuster Inc.: NY, U.S.A., 1982.

부 록

교수-학습 과정안

대단원명	10. 힘
소단원명	10.1 공은 어디로 갈까?

학습과정	주요 내용 및 활동	사고형태 및 유의점	소요 시간
단원 소개 및 문제 제시	<ul style="list-style-type: none"> • 단원 소개 • 활동 1. 내가 생각하고 있는 힘이란? - 여러 가지 힘이라는 단어가 들어가는 문장들을 다양하게 모두 찾아보기. (발산적 사고) - 과학에서의 힘에 해당하는 것 선택하기.(수렴적사고) - 학습지 이용 - 발표를 통한 다른 사람의 의견 알아보기 • 활동 2. 힘에 의한 변화 - 여러 가지 힘의 경우를 보고 모양과 운동 상태 중 어떤 것이 변화하는지 생각해 보기. 	·학생들이 생각할 시간을 충분히 주며 동기부여를 높이는 안내자 역할을 하여야 한다.	20분
전개	<ul style="list-style-type: none"> • 힘의 정의 - 학습지와 PPT시각 자료를 이용 • 힘의 효과 - 물체의 힘에 의한 모양변화, 운동 상태 변화에 대한 개념 도입 - 학습지와 PPT시각 자료를 이용 	·과학 용어 학습에 주의를 기울이도록 당부한다.	15분
단원 정리 및 응용	<ul style="list-style-type: none"> • 단원 내용 정리 • 활동 3. 과학에서의 힘의 실생활 예 찾기 - 힘이 작용하는 그 밖의 다른 예를 다양하게 찾아 모양 운동 상태 변화 구분해보기.(발산적사고) - 학습지 이용 - 발표를 통한 다른 사람의 의견 알아보기 	·토의 활동에 적극적으로 참여하도록 분위기를 조성한다.	7분
다음 차시 예고	<ul style="list-style-type: none"> • 다음 차시에 배울 여러 가지 힘의 종류 소개 - 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력, 중력 간략히 소개 		3분

학습지

내가 생각하고 있는 힘이란?

1. 여러 가지 힘이라는 단어가 들어가는 문장들을 다양하게 찾아보자.

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____
- ⑥ _____
- ⑦ _____
- ⑧ _____

2. 각각의 힘의 의미를 문장 옆에 써보고 위의 쓴 문장들 중 과학에서의 힘에 해당할 것 같은 것을 선택해보자.

3. 2번에서 선택한 문장이 다른 문장과 달리 과학에서의 힘에 해당한다고 생각하는 이유를 적어보자.

탐색 해보기

-아래 표 각각의 경우 힘에 의해 무엇이 변화되었는지 해당하는 것에 ○ 하시오.

예	모양 변화	운동 상태 변화
(1) 투수가 야구공을 던졌다.		
(2) 날아오는 고무풍선을 손으로 힘껏 친다.		
(3) 고무줄을 양손으로 잡아당긴다.		
(4) 테니스공을 라켓으로 힘껏 친다.		
(5) 눈사람을 손으로 쳤더니 부서졌다.		
(6) 날아오는 야구공을 포수가 잡았다.		
(7) 쇠구슬을 손으로 밀었더니 굴러갔다.		
(8) 바위를 힘껏 밀었는데 움직이지 않았다.

개념 익히기

1. 힘 (Force):

2. 힘의 효과

- (1) 물체의 모양 변화 (변형) - 물체에 힘을 주면 늘어남, 압축, 비틀림, 휨, 쏘림
- (2) 물체의 운동 상태 변화
 - 정지한 물체에 힘을 주면 속력이 (증 가)한다.
 - 운동방향과 반대방향으로 힘을 주면 속력이 (감 소)한다.
 - 운동방향과 다른 방향으로 힘을 주면 (속 력)나 (방향)이 변한다.
- (3) 모양과 운동 상태의 변화
 - (풍선, 배구공 등을 칠 때)

응용 해보기

* 힘이 작용하는 그밖의 다른 예를 다양하게 적어보자.

모양 변화	운동 상태의 변화	모양과 운동 상태의 변화
-	-	-
-	-	-
-	-	-