



## 초등과학부진학생의 기초과학탐구능력 향상을 위한 중재프로그램 개발 -안구운동을 중심으로-

신원섭, 신동훈\*  
서울교육대학교

### The Development of Intervention Program for Enhancing Elementary Science-Poor Students' Basic Science Process Skills - Focus on Eye Movement Analysis -

Won-Sub Shin, Dong-Hoon Shin\*  
Seoul National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 26 November 2014  
Received in revised form  
21 December 2014  
Accepted 26 December 2014

##### Keywords:

science-poor student,  
BSPS,  
intervention program,  
AFT,  
APD,  
AST,  
AFET

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop an intervention program for improvement of elementary science-poor students' Basic Science Process Skill (BSPS) and to validate the intervention program's effectiveness using eye-tracker. The participants of this study were 35 elementary science-poor students. This study's method was the analysis of real-time eye movements during basic science process skill problem solving. SMI's 120 Hz iView XTM RED was used to collect EMD (eye movement data). Experiment 3.4 and BeGaze 3.4 programs were used to design experiment and to analyze EMD. The results of this study are as follows. First, we developed an intervention program including BSPS instructional strategy, behavior of teachers & student according instructional strategy stage, teaching-learning plan and learning note. Second, science poor students' BSPS ability has improved statistically significantly through the application of intervention program and BSPS problem-solving time decreased statistically significantly. Third, AFT (average fixation time) of BSPS Question and keyword area decreased statistically significantly. Fourth, APD (average pupil diameter) of BSPS problem-solving process expanded statistically significantly. Fifth, AST (average saccade time) of BSPS problem-solving process increased statistically significantly. Sixth, AFET (average fixation entry time) of BSPS problem-clue area was accelerated statistically significantly, AFT of BSPS problem-clue area reduced statistically significantly.

## 1. 서론

지역과 학교 급을 불문하고 학생의 수준은 자신의 경험, 부모의 사회적경제적 지위, 학습양식, 문화 등에 따라 많은 차이를 보인다 (Borich, 2010). 교사는 이러한 다양한 수준의 학생들에게 여러 교과목에 걸쳐 국가교육과정의 성취기준에 근거한 학업성취를 이룰 수 있도록 지도해야 하는 중대한 업무를 수행한다. 2000년대 들어 우리나라에서는 영재교육 활성화를 추진하여 우수한 학생들을 위한 교육의 질을 높여왔지만 정작 학습부진학생들의 교육은 등한시하였다. 실제로 일선학교에서는 각 교과 학습부진학생들의 지도는 학생의 특성을 가장 잘 알고 있는 학교 교사가 아닌 외부강사에 의해 획일적으로 지도하고 있는 실정이다. Swanson(1989)은 학습장애의 원인을 학습전략의 부족과 부재라고 하였고, Kim(2010)은 학습장애자란 부적절한 전략을 사용하는 학습자 또는 전략 사용을 학습에서 적극적으로 하지 않는 학습자이거나 메타인지의 어떤 영역에 문제가 있는 학습자라고 하였다. Poplin(1988)은 학습장애의 원인을 인지/학습전략 모델에서 정보를 처리하는 전략 또는 공부기술의 부재라고 하였다. 이런 관점에서 보면

초등교사는 초등과학부진학생들의 특성을 기존 인지심리학에서의 연구결과와 신경인지심리학에서 밝힌 연구결과를 통합(integrated)하여 그들에게 적합한 교육 방안을 모색해야 한다. 초등과학부진학생들의 부진 원인은 과학에 대한 부정적인 태도, 기초과학탐구능력의 부재, 과학지식의 부재, 낮은 정보처리 능력 등에서 그 원인을 찾을 수 있겠지만 이 연구에서는 초등과학부진학생들의 기초과학탐구능력을 향상시키기 위한 중재프로그램을 개발하고자 한다.

과학탐구기능은 기초탐구기능(관찰, 분류, 측정, 추리, 예상, 의사소통)과 통합탐구기능(문제 인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화)으로 구분할 수 있다(The Ministry of Education, 2014). 과학탐구능력 신장에 있어 관찰은 가장 핵심적인 기능이다(Lee & Kim, 2007; Lee et al., 2010; Jho & Song, 2011). 분류는 사물이나 현상 등을 관찰한 사실을 바탕으로 대상의 공통적인 속성에 따라 같은 범주로 묶거나 다른 범주로 구분하는 과정으로(The Ministry of Education, 2014) 과학뿐만 아니라 다른 교과에서도 매우 중요한 기능이다(Kim et al., 2011). 측정은 단순히 관찰을 정량화하는 활동뿐 아니라 과학탐구과정에서 타당한 과학적 증거 수집 등을 포함하는 활동이

\* 교신저자 : 신동훈 (dhshin@snue.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5A8025304).  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.8.0795>

다(Yang *et al.*, 2011). 특히 측정도구의 사용방법에 대한 올바른 이해와 풍부한 측정 경험이 매우 중요하다(Hackling & Garnett, 1995; Yang & Kim, 2004; Choi *et al.*, 2014). 따라서 과학탐구기능 중에서 관찰·분류·측정은 과학탐구에서 가장 기초적이고 핵심적인 과정이며, 초등 과학교육에서 반드시 지도되어야 할 과학탐구기능이다. 하지만 우리나라 초등 과학지도서에서는 각 탐구기능의 의미와 유형, 중요성에 대해서는 잘 기술되어 있는 반면 초등학생의 수준에 따라 과학탐구기능이 어떤 차이를 보이는지, 각 탐구기능은 어떤 절차나 전략으로 지도해야 하는지에 대한 내용은 다루기 않고 있다(Lee, 2005). 인간의 모든 활동이 사전 지식과 경험에 의존하기 때문에(Shin & Shin, 2013b) 초등학생들의 탐구기능 또한 학생들의 수준에 따라 차별적이고 단계적인 지도가 필요하다(Shin *et al.*, 2006).

과학탐구기능 향상을 위한 전략을 개발하기 위해서는 학생들의 과학탐구과정과 문제해결과정을 면밀히 분석할 필요가 있다. 최근 교육 분야에서 안구운동추적기를 활용하여 학생들의 문제해결과정과 시각주의에 대한 객관적인 분석을 시도하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 관찰 문제해결과정의 안구운동분석 결과, 기초학력 이상의 학생들은 관찰 문제의 곤란도(difficulty)에 따라 평균응시시간이 증가한 반면 학습부진학생들은 평균응시시간이 오히려 줄어들었고, 동공의 크기변화, 평균도약시간과 속도 또한 문제 곤란도와 무관한 안구운동을 보였다(Shin & Shin, 2013a). 학습부진학생들은 곤란도가 높은 문제에서 복잡한 인지사고 과정을 회피하려고 하고 결국 문제해결에 실패하였다(Shin & Shin 2013a). 분류 문제해결에서 과학영재학생들은 초기 단계에 매우 짧은 시간에 문제를 파악할 수 있지만, 일반학생들은 문제를 이해하는데 더 많은 시간이 필요했다(Choi *et al.*, 2012). 이는 문제에서 요구하는 핵심을 파악하는데 일반학생들이 영재학생들에 비해 어려움을 겪고 있는 것을 말한다. 일반학생은 분류문제에서 분류 항목과 같은 단서에 대한 관찰 집중력이 낮았기 때문에 핵심정보를 파악하지 못하였다(Choi *et al.*, 2012). Choi *et al.* (2014)은 측정 문제해결과정에서 학습부진학생들은 측정도구의 눈금이 시작하는 점과 측정 대상의 시작점, 측정대상의 마지막 지점과 측정도구의 마지막 눈금에 대한 평균응시시간이 매우 낮았고 이것은 측정도구에 대한 이해와 측정경험의 부족으로 인한 것이라고 하였다. 따라서 과학적 측정을 지도하기 위해서는 측정의 원리를 주의집중 전략으로 개발해 단계적으로 지도할 필요가 있다고 제안하였다(Choi *et al.*, 2014). Shin & Shin(2013b)은 초등학생들의 복잡한 시각정보에 인지적 부하와 대상을 재인하는데 관점 의존적(viewpoint-dependent)인 특성을 토대로 학습 자료나 평가문제를 개발할 때 먼저 학생들의 시각적 인지발달 수준을 고려해야 한다고 하였다. 또한 관찰대상의 특성과 관찰자의 장기기억(long term memory)과 작업기억(working memory) 등이 주의에 어떤 영향을 미치는지에 대한 발견적 주의 모델(heuristic attention model)을 개발하여 학생들의 문제해결과정에 미치는 요인을 구체화하였다. Shin & Shin(2014b)은 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상 과제해결에서 학업성취도가 낮은 학생들이 문제영역에 대한 평균응시시간이 높은 반면 문제의 '핵심단어'에 대한 평균응시시간이 적었기 때문에 문제를 정확히 인식하지 못한다고 하였고, 문제해결의 '단서' 영역에 대한 평균응시시간이 낮기 때문에 문제를 해결하는데 실패하는 경우가 많았다고 하였다. 곤란도가 높은 과제일수록 학업성취도가 낮은 학생들의 문제해결 전체시간은 오히려 짧은 것으로 보아 복잡한 인지사고

과정에 대한 부담으로 인해 문제해결을 일찍 포기하는 비율이 높다고 하였다(Shin & Shin, 2014b). 학업성취도가 낮은 학생들의 문제를 해결하는 동안 동공의 크기와 변화율을 분석한 결과 과제집착력이 낮았고, 문제에 대한 불안과 같은 부정적인 태도가 나타났다(Shin & Shin, 2014b). 안구추적기를 활용한 선행연구들을 살펴본 결과 안구추적기를 과학탐구기능 문제해결과정에 활용하면 학생들의 문제해결과정을 영상으로 기록하여 관찰할 수 있는 동시에 안구운동분석을 토대로 시각주의 경향성을 분석할 수 있는 장점이 있다. 또한 연구 참여자와 인터뷰나 설문 등의 자기보고(self-report)를 안구운동과 통합 분석(integrated analysis)한다면 과학탐구기능에 대한 정량적인 분석과 정성적인 분석 모두가 가능하다.

이 연구의 목적은 기초과학탐구능력 향상에 대한 기존의 인지심리학의 선행연구 결과와 관찰·분류·측정에서의 안구운동분석 결과를 토대로 기초과학탐구 중 관찰·분류·측정 영역에 대한 중재프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하는데 있다. 개발한 중재프로그램은 초등 과학부진학생 단일집단에 적용하고 중재프로그램의 효과는 기초과학탐구 능력의 인지적 향상과 안구운동분석 결과를 토대로 검증한다. 이 연구의 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 기존의 인지심리학과 기초과학탐구에 대한 안구운동 연구 결과를 토대로 기초과학탐구능력 향상 중재프로그램을 개발한다.

둘째, 안구운동추적기를 이용해 기초탐구능력 평가에 대한 사전·사후실험을 설계한다.

셋째, 개발한 중재프로그램의 적용효과를 인지적 정량 검사와 안구운동분석으로 밝힌다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 참여자

연구 참여자는 ○○시 ○○초등학교 4학년 35명이었고, 모두 연구에 자발적으로 참여하였으며 학부모와 함께 연구 참여 동의서를 제출하였다. 연구 참여자는 모두 안구병력이 없었고 안경을 쓰지 않았다. 사전·사후 검사에 참여한 모든 학생에게 소정의 간식과 선물을 지급하였다.

### 2. 연구 절차

Jo *et al.* (2009)은 교수체제설계모형에서 학습자, 학습내용, 학습환경 등의 분석을 제일 첫 번째 단계로 제시하고 있다. 이 연구는 초등 과학학습부진아를 위한 중재프로그램을 개발하는 것으로 먼저 기존 인지심리학에서 밝힌 효과적인 교수·학습전략과 안구운동 분석을 기초로 한 초등기초과학탐구 관련 연구를 분석하여 프로그램의 개발방향과 학습전략, 교수·학습행동 등을 개발하였다. 이 연구의 기초과학탐구영역인 관찰·분류·측정 능력의 평가는 안구추적기를 사용하였고 실험설계는 독일 SMI(Senso Motoric Instruments)사의 Experiment 3.4 프로그램을 이용하였다. 이 실험의 적합성과 타당성을 높이기 위해 초등학생 3명을 대상으로 사전검사(pilot test)를 실시하였다(Shin & Shin, 2013a, b; 2014a; Andrew, 2007; Holmqvist *et al.*, 2011). 사전검사의 결과를 바탕으로 이 실험에서 자료 제시 방법(순서, 시간)

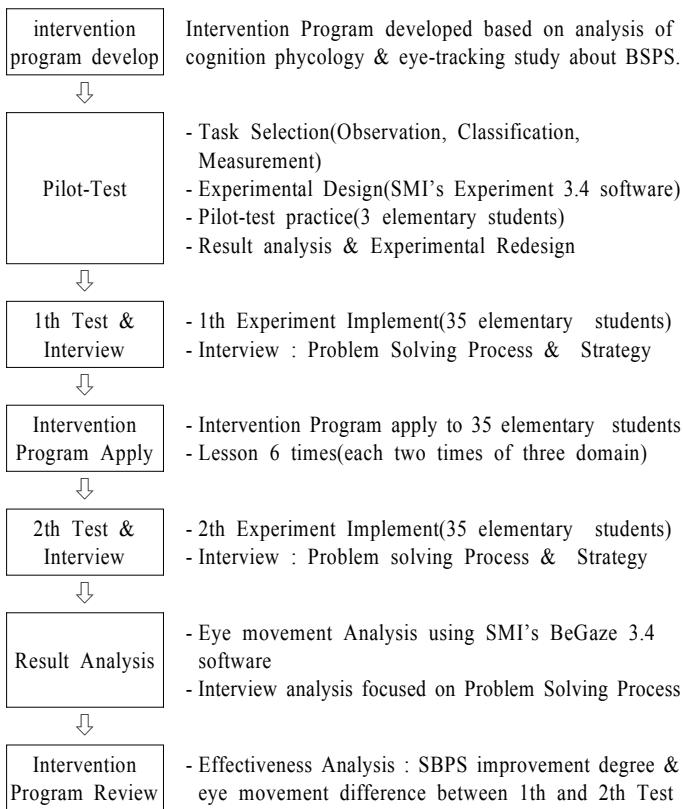


Figure 1. Research Procedure

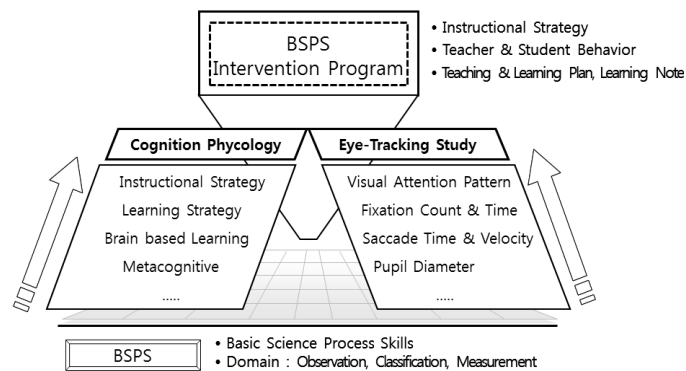


Figure 2. Intervention Program Development Direction

을 수정하였다. 안구추적기를 이용해 관찰·분류·측정에 대한 1차 사전검사 후 중재프로그램을 투입하였다. 중재프로그램 투입 후 2차 사후검사를 하였고 1차, 2차 안구운동추적실험 후 학생들을 대상으로 문제해결과정과 관련한 인터뷰를 하였다. 연구 절차는 Figure 1과 같다.

### 3. 중재프로그램 개발 방법

중재프로그램은 기존의 인지심리학에서 밝힌 교수전략, 학습전략, 뇌 기반 학습 등을 토대로 기초과학탐구능력을 향상시키기 위한 효과적인 교수 학습방법을 유목화한다. 최근 안구운동분석기반으로 한 연구에서 학습부진학생들의 특성을 분석하고 그들에게 효과적인 교수전략을 개발한다. 개발한 효과적인 교수전략 단계에 따른 교사와 학생행동을 구체화한다. 마지막으로 기초과학탐구 중 관찰·분류·측정 영역에서 개발한 효과적인 교수전략과 교사-학생행동을 토대로 각각 2차시의 교수·학습 지도안과 학습 활동지를 개발한다. 이 연구의 중재프

Table 1. Materials

Inquiry Skill	no.1	no.2
Observation	1. 다음 4개의 그림 중 다른 하나를 찾아 번호를 달하십시오. 	4. 다음 4개의 도면 중 다른 하나를 찾아서 번호를 달하십시오. 
Classification	5. 그림 <가>는 꼬여라리 모양이고, 그림 <나> 꼬여라리가 아닌 것이다. 다음 보기 중에서 '꼬여라리'인 것은? 	8. 주어진 다음의 동물들을 먼저 알래스카로 2 집단으로 나누었다. (A)에 속하는 동물은? 
Measurement	6. 그림과 같이 막대 자 옆에 연필이 나란하게 있다. 이 연필의 길이는 얼마인가? 	9. 좌우편의 모양이 다음 그림과 같다. 좌우편의 넓이는 얼마인가? ---- ( ) 

로그래밍의 개발 방향은 Figure 2와 같다.

### 4. 실험 자료

이 연구에서는 기초과학탐구능력 중 관찰·분류·측정 능력만을 평가하였고 실험 자료는 Kwon & Kim(1994)이 개발한 TSPS(Test of Science Process Skill)검사지에서 관찰·분류·측정에 관련된 3문제 중 안구운동추적 연구에 적합한 2문제씩을 선정하였다(Table 1). 실험 자료는 모두 흑백으로 제시되었기 때문에 자료의 색깔에 대한 변인은 통제되었다. 1차 검사와 2차 검사 모두 동일한 문제를 사용하였고, 2차 검사는 답 선택지의 순서를 수정하였고 문제제시방법은 무작위형식이었다.

### 5. 실험 설계

첫째, 안구운동추적 선행 연구(Shin & Shin, 2012, 2013a, b, 2014a; Holmqvist et al., 2011)에서와 같이 연구 참여자의 안구운동과 안구추적기의 초점을 맞추기 위한 보정(calibration)단계와 보정타당도(validation)단계를 거쳤다. 보정타당도는 양안 모두 목표점 5곳과 연구 참여자 동공의 편차가 X, Y축에 대하여 모두 0.5° 이하가 되도록 하였다. 둘째, 각 과제와 과제사이에 Fix 단계를 2초 동안 제시하여 앞 과제에서의 응시 근접성(proximity)과 유사성(similarity)의 영향이 다음 과제에 미치지 않도록 하였다. Fix 단계는 가운데 '+'를 2초 동안 응시하면 다음 과제로 자동으로 전환되게 하였다. 셋째, 관찰·분류·측정에 대한 실험 과제가 제시되기 전에 사전과제(pre-task)를 30초 동안 제시하여 연구 참여자가 안구추적기와 실험 자료제시방법에 적응하도록 하였다. 넷째, 실험과제의 제한 시간은 2분이고, 1680 px(pixel)×1050 px(가로×세로)의 화면으로 제시되었다. 실험이 끝난 후 학생들의 문제해결과정과 과제 곤란도(difficulty)에 대해 인터뷰하

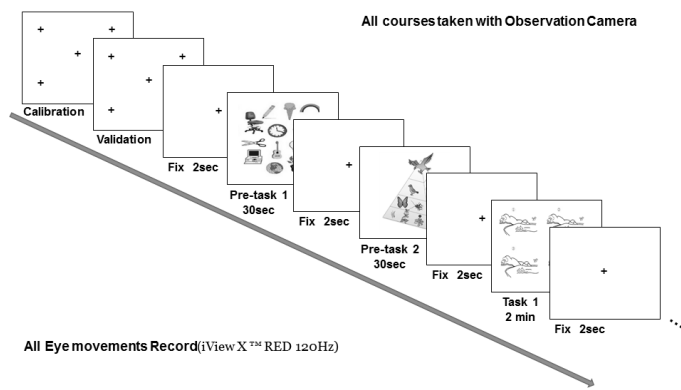


Figure 3. Experimental Design

였다. 이 연구의 실험 설계는 Figure 3과 같다.

### 6. 자료 수집 및 분석 방법

연구에 사용한 안구운동추적기는 SMI사의 iView XTM RED로 고정형이고 샘플링 속도는 120 Hz이다. 이 장비는 연구 참여자에게 비침습적(non-invasive)이기 때문에 성인은 물론 초등학생들에게도 사용하기에 적합하다(Shin & Shin, 2012; 2013a, b; 2014a, b). 안구운동추적은 양안 모드이고 모든 실험과정은 관찰카메라(observation camera)로 녹화하였다. 연구 참여자들의 안구보정 평균 편차 값은 X축에 대해 0.36, Y축에 대해 0.32였고, 평균 안구추적비율은 91.28%였다. 35명의 연구 참여자 중 X축이나 Y축에 대한 편차가 0.5이상인 3명과 추적비율이 85% 미만인 3명은 안구운동 분석대상에서 제외하였고, 총 29명을 대상으로 안구운동을 분석하기 위해 BeGaze 3.4 프로그램을 사용하였다. 응시 최저 시간(fixation minimum duration)은 100 ms 설정하였고, 최대 분산(maximum dispersion)은 50 px(pixel)로 설정하였다. 선행연구(Shin & Shin, 2012; 2013a, b; 2014a, b)에서와 같이 각 과제에서 첫 번째 응시는 응시의 근접성(proximity)과 유사성(similarity)을 배제하기 위해 분석에서 제외하였다.

## III. 연구결과 및 논의

### 1. 기초과학탐구능력 향상 중재프로그램 개발

#### 가. 교수전략 개발

과학탐구기능은 학생들이 직접 사물이나 자연 현상의 적용을 통해 체화할 수 있는 절차적 지식(procedural knowledge)에 해당한다. 초등학생의 경우 실제 과학탐구경험이 부족하고 자신의 탐구방법이 적절한지에 대해 검증할 기회가 많지 않기 때문에 과학탐구기능을 단계적으로 체화할 수 있는 전략이 필요하다. Lee *et al.* (2012)은 관찰과 분류 탐구기능을 중심으로 교사의 명시적인 안내와 반성적 사고를 종합하여 명시적이고 반성적인 교수 학습 전략을 개발하였다. Borich (2010)는 학생의 학습에 미치는 영향중에서 가장 덜 논의되고 있는 중요한 요소로 또래집단을 지적하고 있다. 초등학생뿐만 아니라 모든 학생들은 교사의 안내와 조력, 동료학생들과의 상호 교수, 협력적 사고과정, 자기반성과 검증을 통한 정교화 등을 통해 지식을 습득한다. 따라서

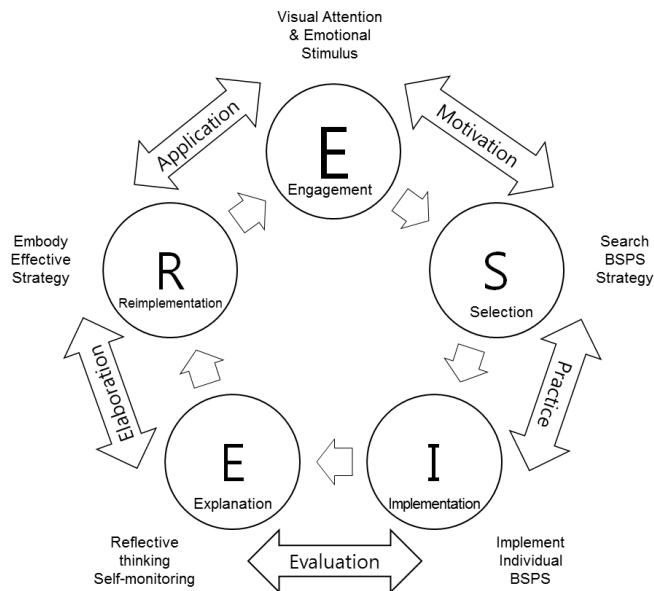


Figure 4. Instructional Strategy for Enhancing BSPS

이 연구의 기초과학탐구능력 향상 교수전략은 동료학생들과의 상호교수, 또래 집단 내에서 학생개인의 반성적 사고과정을 포함하였고 학생 스스로가 자신의 기초과학탐구능력을 모니터링할 수 직접적인 경험활동에 초점을 두었다. 이 연구에서 개발한 기초과학탐구 향상을 위한 중재 프로그램의 교수전략 모델은 Figure 4와 같다.

첫째, E(engagement) 단계는 학습할 과학탐구기능과 관련된 감성적인 자극(emotional stimulus)을 제시하여 학생들의 내재적 동기를 활성화시키는 단계이다. 과학교수학습뿐 아니라 다른 교과에서도 학생들의 감성을 자극하여 긍정적인 정서적 태도(affective attitude)를 동기화하는 것은 매우 중요하고 우선시 되어야 한다(Lim, 2005; 2009). 이는 대뇌변연계가 담당하는 감성이 인간의 행동에 더 많은 영향을 미친다는 선행연구들에 근거한다. Keller(1993)는 학습동기의 특성을 주의(attention), 관련성(relevance), 자신감(confidence), 만족감(satisfaction)으로 범주화하여 전략을 구체화하였다. 특히 주의에 대한 전략은 학생의 감각적 주의를 직접 각성하는 ‘시각적 각성’, 학생들의 호기심을 유발하는 ‘탐구적 각성’, 수업의 자료의 변화를 주는 ‘변화 전략’을 제안하였다(Jo *et al.*, 2009). 초등학생들의 기초과학탐구는 대부분 시각적 활동이기에 E 단계에서 교사는 시각적 주의를 이끌기 위해 Kenneth A. Lane(2005)가 개발한 시운동시각 눈·손·미세운동 조절(eye-hand & fine motor control) 자료를 먼저 제시한다. 그 이후 Keller(1993)가 지적하였듯이 학습 활동과 관련성이 높고 학생들과 친밀감이 높은 감성적 자극을 제시한다. 이 감성적 자극은 학습목표 지향적이고 학생들의 내적동기를 충분히 자극할 수 있어야 할 뿐 아니라 적절한 교수매체를 사용하여 학생들에게 전달력이 높아야 한다.

둘째, S(selection) 단계는 명확한 학습목표와 문제인식을 토대로 기초탐구전략을 선택하는 단계이다. 초등학생들의 경우 학습목표와 문제의 의미를 정확히 이해하는 수준은 학생에 따라 많은 차이가 있기 때문에 S 단계에서 문제에서 요구하는 핵심내용을 파악하는 단계가 반드시 필요하다. 그 이후 배울 기초과학탐구(BSPS)에 관련된 탐구전략을 동료학생들과 협력적인 의사소통(collaborative communication)을 통해 탐색한다. ‘관찰’을 예를 들자면 먼저 자신이 알고 있는 다양한 관찰 방법과 유형을 제시한다. 그 이후 각 관찰방법에 대한 평가를

통해 가장 효과적인 방법에 대한 순위를 평가한다. Lim(2009)은 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형에서 선택 E단계에 속하는 활동으로 이 과정을 통해 학생들은 자신이 경험하지 못한 다양한 관찰방법에 대해 고찰할 수 있는 기회를 가질 수 있고 가장 좋은 방법을 선택하게 된다. 또한 개별적인 탐구전략이 아니라 또래 집단 내에서 탐구전략을 선택하기에 동료 학생들의 의견을 수용, 인정, 비판, 평가하는 활동을 통해 개방성, 협동성, 비판성, 자발성 등의 긍정적인 과학적 태도를 향상시킬 수 있다. 교사는 개방적인 분위기를 만들어 학생들의 협력적인 상호교수가 일어나도록 하고 퍼실리테이터(facilitator)로서의 역할을 수행한다. 학생들의 원활한 협의활동이 일어나지 않을 경우 교사가 탐구전략과 관련된 방법을 안내해 줄 수도 있다.

셋째, I(Implementation)단계는 학생 개인별로 직접 기초탐구활동을 해보는 단계이다. 동료학생들과의 협력적 의사소통을 통해 자신에게 적합한 탐구방법을 이전 S단계에서 선택하였고 이 방법을 실제 상황에서 실행하는 단계이다. 대부분의 학교 과학수업은 모둠별 협동 학습(cooperation learning)의 형태이기 때문에 모든 학생들이 직접 탐구기능을 실행하기에는 어려운 상황이고 실제 탐구활동에 참여하는 학생의 수는 제한적이다. 또한 동료학생이 탐구한 결과를 그대로 옮겨 적는 경우도 종종 일어난다. 교사는 세 번째 I 단계에서는 반드시 개별 학생 모두가 탐구활동을 직접 해볼 수 있는 기회를 주는 것이 매우 중요하고 학생들의 적극적인 참여가 일어나야 한다. Borich(2010)는 학습하는 얼마나 많은 시간을 몰두하는가를 학생의 적극적인 참여로 정의하였다. I 단계에서 교사는 학생들이 모두 다 적극적으로 기초탐구활동에 참여할 수 있도록 개별학생들의 안내자(guide)와 보조자(assistant)가 또는 모델이(model) 되어야 한다. Bandura(1986)는 사회 인지이론(social cognitive theory)에서 학생들은 교사, 학부모, 동료학생 등의 사회구성원으로부터 사고, 행동, 가치뿐 아니라 신체적, 인지적 기능까지 모델링한다고 하였다(Borich, 2010). 따라서 교사는 기초 탐구 부진학생 중에서 스스로 기초탐구를 수행할 수 없는 학생들에게는 탐구활동의 모범적인 모델이 되어야 한다.

넷째, E(explanation) 단계는 I 단계에서 학생 개인이 탐구한 결과를 동료 학생들에게 설명하는 단계이다. 이 과정을 통해 학생들은 자신의 탐구 방법에 대한 검증과 반성적 사고(reflective thinking)과정을 통해 탐구기능을 정교화(elaboration)할 수 있는 발판(scaffolding)을 마련할 수 있다. 자기모니터링은 자신의 인지에 대해 자각할 수 있는 능력을 말한다(Kim, 2010). 초등학생의 특성상 똑같은 도구와 방법을 사용하더라도 정교한 작업이 어려운 학생이 많기 때문에 상이한 결과가 나타날 수 있고 교사의 충분한 안내가 있다 할지라도 실제 실행단계에서는 어려움을 겪는 경우가 많기 때문에 자신이 수행한 일련의 탐구과정을 모니터링하는 단계가 반드시 필요하다. Meichenbaum(1977)은 성인은 자신의 주의(attention)를 모니터링하면서 다시 주의를 교정할 수 있지만 아동의 경우 자신의 인지활동을 모니터링하기 어렵다고 하였다. 학생들에게 자기모니터링 훈련을 통해 주의와 학업성취에도 긍정적인 효과가 있었다(Meichenbaum, 1977; Hallahan et al., 1979; Hallahan & Lloyd, 1987). E 단계를 통해 학생들은 자신이 직접 기초탐구활동을 수행한 방법과 결과를 동료학생들 앞에서 설명함으로써 자신의 기초탐구에 대한 주의를 활성화시킬 수 있고 또한 자신의 기초탐구능력을 동료학생들과 비교·평가하여 수정(modification) 및 보완(completion)할 수 있다.

Table 2. Teacher & Student Behaviors according to IS's Stage

Teacher	Stage	Students	Form
Visual attention discipline Suggest emotional Stimulus	Engagement	Activating Visual attention & intrinsic Motivation	Whole
Build open atmosphere Guide inquiry method Facilitator & Tutor	Selection	Learning Problem cognition Search BSPS strategy Evaluation BSPS strategy Collaborative communication	Group
Assistant & guidance Individual Teaching	Implementation	Implement individual BSPS Modelling teacher & colleague BSPS	Private
Facilitator & Tutor	Explanation	Reflective thinking Self-monitoring	Whole or Group
Suggest new situation	Reimplementation	Elaborate BSPS strategy Application of BSPS Embody effective BSPS	Private

\*IS: Instructional Strategy, \*BSPS: Basic Science Process Skills

다섯째, R(reimplementation) 단계는 탐구전략을 선택(selection)하고, 실제 탐구를 수행(implementation)한 후, 설명(explanation)하는 과정을 통해 습득한 가장 효과적인 탐구전략을 새로운 상황에 적용하여 체화(embodied)하는 단계이다. 대부분의 수업설계는 학습한 내용을 평가하는 단계에서 끝맺지만 기초탐구능력을 향상시키기 위해서는 효과적인 기초탐구 방법에 대한 정교화(elaboration)과정이 반드시 필요하다. 기초과학탐구의 정교화과정은 반성적 사고와 자기모니터링의 인지적(cognitive) 수준뿐 아니라 정의적, 심체적 수준에서의 정교화과정이 필요하다. 따라서 학생들은 실제 습득한 효과적인 기초과학탐구 전략을 새로운 상황에서 적용하는 과정을 통해서 정교화과정이 필요하고 그 기초과학탐구 전략이 점차적 지식형태로 학생들에게 체화되어야 한다. R 단계에서 적용은 학생들의 수준에 따라 새로운 상황이 아니라 I 단계에서 적용한 사례를 다시 한 번 적용할 수도 있다.

각 단계와 단계를 연결하는 부분의 동기화(motivation), 실행(practice), 평가(evaluation), 정교화(elaboration), 적용(application)을 양방향 화살표는 나타낸 이유는 각 활동이 교수전략의 한 단계에만 국한된 것이 아니라 두 단계에서 걸쳐 상호작용하기 때문에 두 단계에 걸쳐서 나타냈다. 개발한 기초과학탐구 교수전략모델은 기초과학탐구를 효과적으로 습득할 수 있는 일련의 절차를 모델화한 것으로 학생들의 기초과학탐구능력의 수준에 따라 반복적인 훈련이 필요하다.

#### 나. 교수전략 단계별 교사 & 학생 행동

교수전략 단계에 따른 교사와 학생의 주요활동을 간략히 나타내면 Table 2와 같다.

Table 3. Teaching & Learning Plan

본시주제		있 관찰하기		시 간	자료(㉔) 및 유의점(㉕)
학습목표		다양한 일을 관찰하고 공통점과 차이점을 찾을 수 있다.			
학습 단계	학습 요소	교수 · 학습 활동		5'	㉔학습지, 동영상(진달 래와 철쭉, 1분)
		교사	학생		
Engagement	Visual attention	<ul style="list-style-type: none"> <li>시운동 인지 훈련하기</li> <li>학습지를 보고 눈 운동을 합시다.</li> <li>훈련에 걸린 시간을 기록합니다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습지를 보고 안구 움직임을 연습한다.</li> <li>총 훈련 시간을 적는다.</li> </ul>	5'	㉔학습지, 동영상(진달 래와 철쭉, 1분)
	Emotional Stimulus	<ul style="list-style-type: none"> <li>‘진달래와 철쭉’ 동영상 보기</li> <li>동영상을 집중해서 보고 질문에 답합니다.</li> <li>철수는 왜 배탈이 났습니까?</li> <li>비슷한 경험을 있는 사람은 발표해봅시다.</li> <li>철쭉과 진달래를 혼동하기 쉬운 이유는 무엇일까요?</li> <li>철쭉과 진달래의 차이점은 무엇일까요?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>동영상을 주의 깊게 감상한다.</li> <li>철쭉을 진달래로 착각하고 먹어서 배탈 났습니다.</li> <li>학교의 철쭉을 진달래로 착각하고 먹은 적이 있습니다.</li> <li>분홍색에 생김새가 비슷하기 때문입니다.</li> <li>잘 모르겠습니다.</li> </ul>		
Selection	Learning Problem Cognition	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습문제 확인하기</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">                     다양한 일을 관찰하고 공통점과 차이점을 찾자                 </div>		7'	㉔서로 다른 10가지 종류의 잎
	Strategy Explore	<ul style="list-style-type: none"> <li>관찰 대상 확인하기</li> <li>우리는 오늘 무엇을 관찰하나요?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>있을 관찰합니다.</li> </ul>		
	Strategy Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>전략 탐색하기</li> <li>관찰하는 방법은 어떤 것들이 있을까요?</li> <li>잎의 특징을 더 관찰하기 위한 방법은 무엇이 있을까요?</li> <li>있을 관찰하기 가장 좋은 방법을 선택해 그 이유를 써 봅시다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>눈, 손, 돋보기 등으로 관찰할 수 있습니다.</li> <li>잎의 전체를 보고 부분을 관찰하면 잎의 전체와 부분 모두 볼 수 있습니다.</li> <li>관찰 방법 우선순위 매기기</li> </ul>		
Implemen- tation	Individual Observation	<ul style="list-style-type: none"> <li>있 관찰하기</li> <li>자유롭게 잎을 관찰해 봅시다.</li> <li>관찰을 통해 무엇을 알 수 있습니까?</li> <li>잎의 무엇을 관찰했습니까?</li> <li>관찰한 내용을 어떤 방법으로 기록하는 것이 좋을까요?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자유롭게 개인별로 관찰한다.</li> <li>잎들의 색깔이 다양합니다.</li> <li>잎의 모양을 보았습니다.</li> <li>관찰한 내용을 자세하게 글과 그림으로 쓰겠습니다.</li> <li>학습지에 관찰한 내용을 글과 그림으로 남긴다.</li> </ul>	10'	㉔PPT1, 학습지
	Recording	<ul style="list-style-type: none"> <li>관찰한 내용을 학습지에 기록해봅시다.</li> </ul>			
Explanation	Reflective thinking	<ul style="list-style-type: none"> <li>관찰 방법 재탐색</li> <li>모둠원들에게 관찰 내용을 설명해 봅시다.</li> <li>자신의 관찰과 동료의 관찰을 비교해봅시다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모둠원에게 관찰 방법과 결과 설명하기.</li> <li>자신의 관찰과 동료의 관찰 장단점 비교하기</li> </ul>	10'	
Reimple- mentation & application	Elaboration & application	<ul style="list-style-type: none"> <li>효과적인 관찰 전략으로 관찰하기</li> <li>가장 효과적인 관찰방법을 선택해 봅시다.</li> <li>가장 좋은 관찰방법으로 잎을 관찰해봅시다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가장 좋은 관찰방법을 선택하여 다양한 잎을 관찰하기</li> </ul>	8'	㉔PPT2

다. 교수학습 지도안

교수전략과 교수전략에 따른 관찰탐구기능의 교수·학습 지도안은 Table 3과 같다. 이 연구에서는 연구 참여자들에게 관찰·분류·측정 영역의 중재프로그램을 각각 2차시씩 6차시를 적용하였다.

2. 중재프로그램의 효과

가. 인지적 정략적 검사 통계

1) 기초과학탐구능력 향상도

기초과학탐구능력의 사후검사평균은 사전검사보다 통계적으로  $p < 0.001$  수준에서 유의미하게 높았다( $t = -4.0693, df = 34, p = 0.0003$ ). 세부적으로 관찰과 측정영역은 통계적으로 유의미한 차이가 없었지만, 분류의 사후검사평균은 사전검사보다 통계적으로  $p < 0.001$  수준에서 유의미하게 높았다( $t = -3.7201, df = 34, p = 0.0007$ ). 과학탐구기능 모든 영역에서 사후검사의 평균이 높았지만 중재프로그램은 관찰·분류·측정 세 영역에 2차시씩 총 6차시의 짧은 투입횟수가 모든 영역에서 유의미한 향상을 보이는데 제한점이 된 것으로 판단된다. 일방검증 T검사결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Paired Sample T-test(One Tailed) of Science Process Skill Score

Group	Mean	S.D.	N	t	p
Pre Observation	1.057	0.591	35	-1.358	0.183
Post Observation	1.229	0.690			
Pre Classification	0.857	0.692	35	-3.720***	0.001
Post Classification	1.371	0.598			
Pre Measurement	0.629	0.646	35	-1.747	0.090
Post Measurement	0.829	0.664			
Whole Pre-Test	2.543	1.120	35	-4.069***	0.000
Whole Post-Test	3.486	1.314			

\*\*\* $p < 0.001$

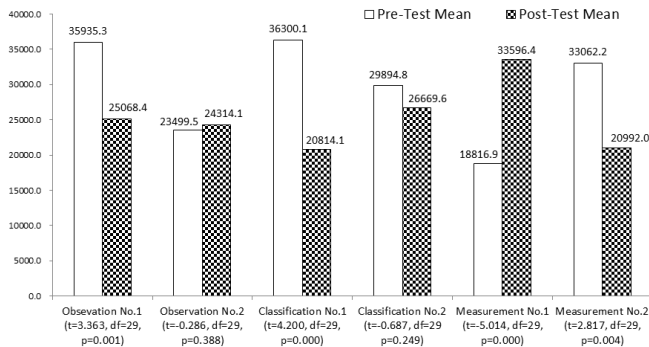


Figure 5. Paired Sample T-test(One Tailed) Of Task Solution Time[ms]

## 2) 기초과학탐구능력 문제해결시간

관찰 2번, 분류 2번, 측정 1번 과제를 제외하고는 사후검사의 평균 문제해결시간이 사전검사보다 모두 통계적으로 유의미하게 낮았다 (Figure 5). 특히 측정 1번 과제에서 평균문제해결시간이 증가한 이유는 사전 검사에서는 측정 도구의 눈금과 측정 대상의 위치를 정확히 확인하지 않고 측정활동을 하였지만, 사후검사에서는 측정 도구의 올바른 사용방법을 학습했기 때문에 측정도구의 눈금과 대상의 위치를 확인하기 위해 평균 문제해결시간이 증가하였다. 중재프로그램 투입 후 기초과학탐구 문제해결시간이 줄어든 것은 Ericsson & Kintsch (1995)의 장기 작업 기억(Long-term working memory)에서와 같이 정보검색구조의 습득을 통한 빠른 정보처리로 인해 문제해결시간이 줄어든 것으로 판단된다.

## 나. 안구운동 분석결과

### 1) 기초과학탐구 문제별 평균응시시간(average fixation time : AFT)

과학탐구 문제별 평균문제해결시간에 발생한 모든 응시의 평균시간을 분석하였다. 분석한 결과 관찰 1번과 측정 2번의 경우 복잡한 시각정보를 정확히 파악하기 위한 응시시간이 필요함에도 불구하고 사전검사에서는 짧은 AFT를 보였으나, 사후검사에서는 통계적으로 유의미하게 AFT가 증가한 것을 확인할 수 있다(Figure. 6). 반면 분류 1번 문제는 시각정보가 간단한 과제였기 때문에 사후검사 AFT는 사전 검사보다 통계적으로  $p < 0.05$  수준에서 유의미하게 낮았다( $t=2.3065$ ,  $df=2144$ ,  $p=0.0106$ ). 이는 문제의 시각정보의 복잡성에 따라 AFT가 달라진다는 선행연구들의 결과와 일치한다. 또한 곤란도가 높은 문제에서 AFT의 증가는 중재프로그램 적용이후 보다 높은 수준의 정보처

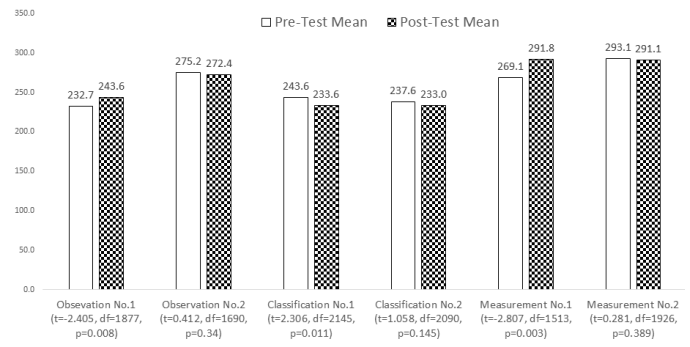


Figure 6. Paired Sample T-test(One Tailed) Of Fixation Time [ms]

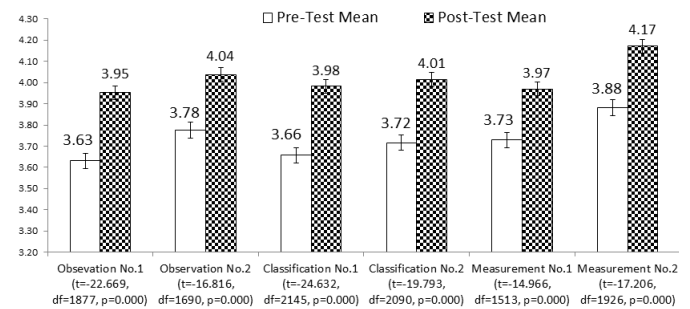


Figure 7. Paired Sample T-test(One Tailed) Of Fixation Time [ms]

리과정의 하고 있고 과제집착력이 향상한 것으로 판단된다.

### 2) 기초과학탐구 문제별 평균동공크기(average pupil Diameter : APD)

동공은 흥분상태에서 확장하고 불쾌한 상태에서 수축한다(Hess & Polt, 1960; Hess, 1965). 또한 동공의 직경 변화는 사고과정에 대한 유용한 지표이고(Hess & Polt, 1960; Daniel & Jackson, 1966; Shin & Shin, 2013a) 수학 문제와 같은 정신활동에서 동공이 확장된다(Hess, 1965; Hess & Polt, 1960). 동공크기의 변화율은 작업의 곤란도와 관련이 있고(Daniel & Jackson, 1966) 문제를 해결하는 동안 문제의 곤란도에 따라 동공의 평균크기가 변하였다(Shin & Shin, 2013a). 중재프로그램을 적용 후 Figure 7과 같이 사후검사에서 APD가 사전검사보다 커진 것은 과학탐구문제해결 활동에 더 적극적인 참여(engagement)와 과제집착력(task commitment)이 증가한 결과로 판단된다.

### 3) 기초과학탐구 문제별 평균도약시간(average saccade time : ACT)

도약운동은 응시와 응시사이, 도약과 도약사이에 발생하는 안구운동으로 유의미한 곳을 찾는 탐색적 안구운동이고 도약운동을 하는 동안 많은 정보를 갖지는 않는다(Shin & Shin 2013a, b; Liu & Chuang, 2011; Snowden et al., 2012). 도약운동 중에는 학생이 문제를 해결하는데 도움이 되는 효과적인 도약과 그렇지 않은 도약이 있다(Cook et al., 2011; Shin & Shin, 2013a). 측정 2번 문제를 제외하고는 모든 탐구문제에서 사후검사의 도약평균시간이 통계적으로 유의미하게 높아졌다(Figure. 8). 측정 6번 과제의 경우 도형의 넓이를 구하는 문제로 모눈종이에서 도형의 윤곽선만을 비교하여 칸의 개수를 세는 문제로 도약운동을 할 때 많은 시각적 정보를 포함할 필요가 없다. 하지만

나머지 탐구문제의 경우 네 개의 보기를 상호 비교해야하기 때문에 도약운동 중에도 시각정보를 더 많이 포함해야 한다. Kundel *et al.* (2007)은 이미지 지각에 대한 전체적 모델에서 전문가들은 중심와 처리과정(parafoveal processing)을 통해 시각적 범위가 확장되고 도약운

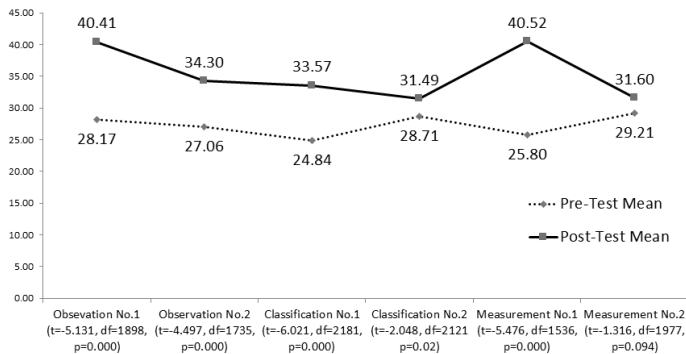


Figure 8. Paired Sample T-test(One Tailed) of Saccade Duration [ms]

동의 길어지고 과제 관련 영역에서의 첫 번째 응시가 짧아진다고 하였다. 도약운동의 평균시간과 작업 기억(working memory)의 인지적 부하와의 관계를 밝히는 후속 연구가 필요하겠지만 중재프로그램 투입 이후 도약운동 평균시간의 유의미한 증가는 학생들이 과제에 해결과정에서 적절한 인지적 과정을 겪고 있는 것을 반증하고 효과적인 도약운동을 하고 있는 것을 판단된다.

4) AOI에 대한 안구운동 분석

가) 문제영역에 대한 AFT & AFC(average fixation count)

문제해결과정에서 안구운동을 분석한 선행연구들에서 학업성취도가 낮거나 과학탐구능력이 낮을수록 문제영역에 대한 응시시간과 횟수가 많았다고 하였다(Shin & Shin 2013a, 2014b).

중재프로그램을 6차시 진행하는 동안 S(selection)단계에서 학생들의 문제를 정확히 파악하기 위한 문제인식과정을 포함하였다. 문제를 읽고 정확히 문제요구사항을 파악하는 것은 단순히 보이지만 초등학

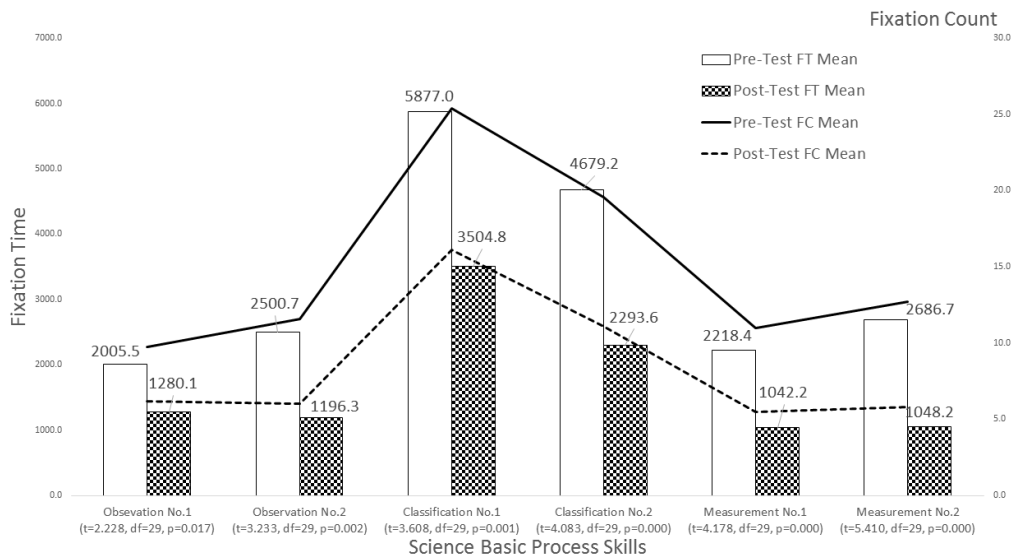


Figure 9. Paired Sample T-test(One Tailed) Of Fixation count & Fixation Time [ms]

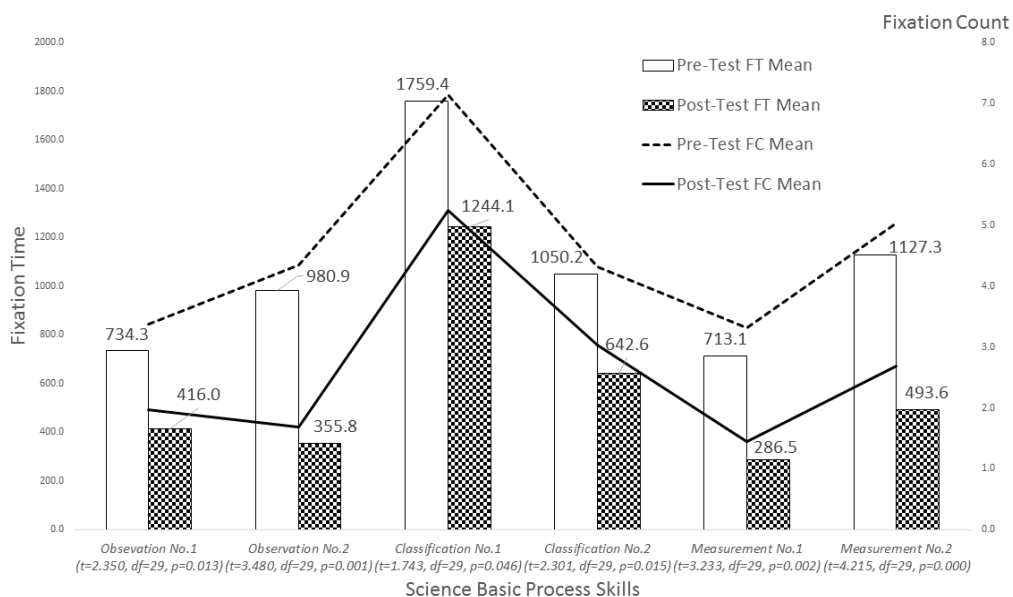


Figure 10. Paired Sample T-test(One Tailed) Of Fixation count & Fixation Time [ms]



Table 5. Paired Sample T-test(One Tailed) of Observation No.2's Core Clue Area

		Group	Mean	S.D.	N	t	p
Entry Time [ms]	Pre Observation No.2		6102.800	5483.359	29	2.560**	0.008
	Post Observation No.2		3341.555	3740.014			
Fixation Count	Pre Observation No.2		2.552	2.197	29	-2.848**	0.004
	Post Observation No.2		4.690	3.557			
Fixation Time [ms]	Pre Observation No.2		790.534	844.921	29	-1.801*	0.041
	Post Observation No.2		1283.141	1287.745			

\*p<0.05, \*\*p<0.01

생들의 경우 문제인식을 바르게 못하여 문제해결에 실패하는 경우가 많다. 중재프로그램 투입결과 사후검사의 모든 탐구문제영역에서 AFT와 AFC가 통계적으로 유의미하게 줄어들었다(Figure 9). Haider & Frensch(1999)은 정보감소가설 (information reduction hypothesis) 학습과 훈련을 통해 중복된 정보에 대해서는 무시가 일어나 응시시간이 줄어들고 과제해결에 관련된 영역에서 더 많은 응시가 일어난다고 하였다. 문제영역의 AFT와 AFC의 감소는 중재프로그램으로 인해 문제를 파악하는 능력이 향상되어 문제인식시간이 단축된 결과이다. Figure 9의 왼쪽 세로축은 AFT를 나타내고 오른쪽 세로축은 AFC를 나타낸다.

나) Key word에 대한 AFT

문제영역에서 핵심용어 대한 응시시간과 횟수 또한 통계적으로 유의미하게 줄어들었다(Figure 10). 문제를 정확히 이해하기 위해서는 핵심용어의 이해가 중요하다. 중재프로그램의 적용이 문제의 핵심용어를 이해하는 시간을 줄이는데 기여한 것으로 판단된다. Figure 10의 왼쪽 세로축은 AFT를 나타내고 오른쪽 세로축은 AFC를 나타낸다.

다) 단서영역에 대한 안구운동

① 관찰 문제

관찰 2번의 핵심단서영역에 대한 평균도입시간(entry time)은 사후검사가 사전검사보다 통계적으로 p<0.01 수준에서 유의미하게 빨랐다(t=2.560, df=29, p=0.008). 문제를 해결하기 위해서는 핵심단서영역에서 충분한 응시시간이 있어야 인지적 사고과정이 일어날 수 있다. 관찰 2번 회전심상 문제인데 핵심단서영역에 평균도입시간이 시간이 줄어든 이유는 첫째, 문제인식 시간이 줄어들었고 둘째, 문제의 단서영역을 관찰하는 능력이 향상된 것으로 Kundel et al. (2007)의 정보감소가설과 일치한다(Table 5).

② 분류 문제

분류 2번의 경우 이미지와 텍스트 단서 모두가 제시된 문제이다. 텍스트 단서만으로 과제를 해결할 수 있지만 이미지 단서의 평균도입시간이 사전검사에서는 1227.162 ms, 사후검사에서는 948.479 ms로 이미지 단서에 대한 학생들의 선호도가 여전히 높은 것을 알 수 있다. 하지만 사후검사에서 텍스트 단서에 대한 평균도입시간이 통계적으로 p<0.01 수준으로 유의미하게 빨라졌다(t=3.404, df=29, p=0.001). 이는

Table 6. Paired Sample T-test(One Tailed) of Classification No.2's Entry Time [ms]

		Group	Mean	S.D.	N	t	p
Image Clue Entry time [ms]	Pre Classification No.2		1227.162	1349.462	29	0.709	0.242
	Post Classification No.2		948.479	1714.468			
Text Clue Entry time [ms]	Pre Classification No.2		7106.438	3693.288	29	3.404**	0.001
	Post Classification No.2		4166.897	2261.701			

\*\*p<0.01

Table 7. Paired Sample T-test(One Tailed) of Fixation count & Fixation Time [ms]

		Group	Mean	S.D.	N	t	p
Fixation Count	Pre Measurement No.1		9.793	4.974	29	2.893**	0.004
	Post Measurement No.1		7.000	3.556			
Fixation Time [ms]	Pre Measurement No.1		2263.159	1495.201	29	2.344*	0.013
	Post Measurement No.1		1579.659	1073.425			

\*p<0.05, \*\*p<0.01

단서가 이미지와 텍스트로 함께 제시될 경우 이미지에 대상 의존적인 상향식주의(bottom-up attention)가 먼저 발생한 후 문제를 해결하기 위한 목표 지향적이고 의도적인 하향식주의(top-down attention) 발생한다는 Shin & Shin(2013b; 2014a)의 연구결과를 재확인할 수 있다 (Table 6).

③ 측정 문제

측정 1번 문제의 경우 측정도구와 대상영역에서 유의미한 응시운동이 나타나야 한다. Table 7은 문제해결과 관련 없는 여백에 대한 응시시간과 횟수를 나타낸 것이고 여백에 대한 평균응시시간은 사후검사가 사전검사보다 통계적으로 p<0.05 수준으로 유의미하게 낮았다(t=2.344, df=29, p=0.013). 이것은 Kundel et al. (2007)의 정보감소가설에서 중복되거나 과제해결과 관련성이 없는 영역에 대한 낮은 AFT의 결과와 일치한다.

정확한 측정을 위해서는 측정도구 눈금의 시작점과 대상의 위치가 일치하는지에 대한 확인과정이 반드시 필요하다. 사전검사에서 측정 1번의 오답자들은 시작눈금과 대상의 일치를 확인하지 않은 경우가 많았으나, 사후검사에서 측정도구와 대상의 일치를 먼저 확인한 것을 확인할 수 있었다. 또한 측정도구 눈금 시작점의 평균도입시간은 사후검사가 사전검사보다 통계적으로 p<0.001 수준에서 유의미하게 빨랐다(t=4.020, df=29, p=0.000). 이는 중재프로그램 투입 후 학생들이 측정 전 측정도구와 대상과의 일치를 먼저 확인해야한다는 것을 인지하고 있다는 것을 의미한다(Table 8).

측정 2번의 경우 넓이를 구하는 문제로 단위를 확인해야한다. 사후검사에서 단위에 대한 평균 첫 번째 응시시간(FFT : First Fixation Time)은 사전검사보다 통계적으로 p<0.05 수준에서 유의미하게 낮았

**Table 8. Paired Sample T-test(One Tailed) of Measurement No.1's Measurement Tool**

Group	Mean	S.D.	N	t	p
Pre Entry Time [ms]	3492.338	1993.117	29	4.020***	0.000
Post Entry Time [ms]	2225.028	2076.176			

\*\*\*p<0.001

**Table 9. Paired Sample T-test(One Tailed) of Measurement No.2's Area Unit**

Group	Mean	S.D.	N	t	p
Pre Dwell Time [ms]	953.286	742.627	29	1.716*	0.049
Post Dwell Time [ms]	606.952	785.498			
Pre First Fixation Time [ms]	273.014	227.872	29	1.977*	0.029
Post First Fixation Time [ms]	151.010	184.394			
Pre Fixation Count	3.310	2.377	29	1.756*	0.045
Post Fixation Count	2.138	2.574			
Pre Fixation Time [ms]	932.262	725.619	29	1.758*	0.045
Post Fixation Time [ms]	587.666	766.452			

\*p<0.05

다( $t=1.977, df=29, p=0.029$ ). FFT는 빠른 인지사고과정 즉 인지적 부담을 나타낸다(Rayner & Pollatsek, 1989; Shin & shin 2013b). 읽기에서 단어의 빈도, 복잡성, 은유적 표현, 다의성 등은 FFT에 영향을 준다(Rayner, 1998). 학습과 훈련으로 과제 관련 영역에서의 첫 번째 응시는 짧아진다(Kundel *et al.*, 2007). 사후검사에서 단위에 대한 FFT의 감소는 중재프로그램에서 측정 단위에 대한 학습이 학생들에게 단위에 대한 인지적 부담을 낮춰준 것으로 판단된다(Table 9).

**IV. 결론 및 제언**

이 연구에서는 초등과학부진학생들의 기초과학탐구능력을 향상하기 위해 중재프로그램 교수전략을 개발하고 전략의 단계에 따른 교사와 학생의 행동을 개발하였다. 교수전략과 교사·학생 행동을 토대로 관찰·분류·측정 세 기초과학탐구영역에서 2차시씩 6차시의 교수 학습과정안과 학습지를 개발하여 초등과학부진학생들에게 적용하였다. 이 중재프로그램의 효과를 검증하기 위해 안구추적기를 이용해 사전·사후검사를 실시하였고 기초과학탐구능력의 향상과 문제해결과정에서 안구운동을 분석하였다.

첫째, 개발한 중재프로그램의 적용 결과 기초과학탐구능력이 향상되었고 전체 문제해결시간이 통계적으로 유의미하게 단축되었다. 하지만 선형연구들의 지적과 같이 한 영역에서 짧은 2차시의 적용으로 기초과학탐구의 높은 향상을 기대하기는 어렵고 과학탐구기능에 대한 체계적인 지도가 필요하다는 것을 재확인할 수 있었다. 또한 차기 과학과 교육과정과 교과서, 교사용 지도서 등에서는 과학탐구기능의 효과적인 지도 방안에 대해 구체적으로 안내할 필요가 있다.

둘째, 안구운동 분석결과 기초과학탐구 중재프로그램은 문제인식능력을 향상시켜 문제영역과 핵심단어에 대한 평균응시시간이 통계적으로 유의미하게 감소하였다. 중재프로그램의 S(selection) 단계에서의 체계적인 문제인식과정이 문제를 이해하고 요구사항을 파악하는데 필요한 시간을 줄여주었다. 초등학생들의 경우 기초과학탐구뿐만 아니라 어떤 학습에서 ‘어떤 활동을 왜하는지’에 대한 명시적인 안내가

만드시 수업도입단계에서 필요하다는 것을 의미한다.

셋째, 기초과학탐구문제해결과정에서 사전검사보다 사후검사의 동공 크기(pupil diameter)가 확장된 것은 학생들의 과학탐구문제해결 인지사고과정에 대한 능동적인 참여와 과제집착력이 향상된 결과로 판단할 수 있다.

넷째 기초과학탐구문제해결과정에서 평균도약시간(average saccade time)의 통계적으로 유의미한 증가는 작업 기억(working memory)에서 문제, 단서, 선택지에서 유의미한 시각정보를 파지하고 효과적인 도약운동을 하였다라는 근거로 볼 수 있다. 후속으로 학생들의 인지수준에 따른 정보처리과정에 있어 평균도약시간과 작업 기억의 상관관계에 대한 연구가 필요하다.

다섯째, 문제 단서영역에 대한 평균응시도입시간은 통계적으로 유의미하게 빨라졌고 과제해결과 관련된 단서영역에서의 평균응시시간은 줄어들었다. 이미지 단서와 텍스트 단서가 동시에 제시될 경우 정보의 중요성과 관련 없이 이미지 단서에 더 빠른 선택적 주의를 발생하였다. 측정 중재프로그램의 적용으로 측정도구와 단위에 대한 정보처리 능력이 향상되었다.

여섯째, 관찰·분류·측정 탐구기능에 국한된 연구를 했지만 기초과학탐구능력을 향상시키기 위해서는 학생 개개인이 직접 과학탐구를 경험하는 활동이 본질적으로 필요하다. 학교 현장에서 협동학습(cooperative learning)형태의 과학수업에서는 과학탐구기능을 실행하는데 소외되는 학생들이 많이 발생하고 이것이 누적될 경우 과학탐구기능의 학습결손은 물론 과학탐구에 대한 학생들의 자기효능감에도 부정적인 영향을 줄 수 있다.

이 연구에서 개발된 중재프로그램은 ‘초등과학부진학생들의 기초과학탐구능력을 어떻게 효과적으로 향상시킬 수 있을까?’라는 문제의식에서 출발하였다. 기초과학탐구기능은 절차적 지식과 같기 때문에 학생들이 다양한 기초과학탐구 전략을 선택·평가하는 과정과 효과적인 탐구전략을 정교화하는 활동을 직접 실행하면서 내면화할 수 있다. 이 연구에서 개발된 기초과학탐구능력 향상 중재프로그램이 교육현장에 적용되어 초등학생들의 기초과학탐구능력 향상에 도움이 되기를 기대한다.

**국문요약**

이 연구는 초등과학부진학생들의 기초과학탐구능력을 향상하기 위해 중재프로그램을 개발하고 안구추적기를 활용해 중재프로그램의 효과를 검증하는데 있다. 연구 참여자는 초등과학부진학생 35명이었다. 안구운동추적기는 SMI사의 iView XTM RED로 고정형이고 샘플링 속도는 120 Hz이었다. 실험을 설계하고 분석하기 위해 Experiment 3.4와 BeGaze 3.4 프로그램을 사용하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째 기초탐구 교수전략, 교사·학생 행동, 교수 학습지도안, 학습 활동지를 포함하여 중재프로그램을 개발하였다. 둘째, 중재프로그램 적용결과 기초과학탐구능력이 향상되었고 전체 문제해결시간이 통계적으로 유의미하게 줄어들었다. 셋째, 기초과학탐구 문제영역과 핵심단어에 대한 평균응시시간이 통계적으로 유의미하게 감소하였다. 넷째, 기초과학탐구문제해결과정에서 동공 크기(pupil diameter)가 통계적으로 유의미하게 확장되었다. 다섯째, 기초과학탐구문제해결과정에서 평균도약시간(average saccade time)은 통계적으로 유의미하게 증가하

였다. 여섯째, 문제 단서영역에 대한 평균응시도입시간(average fixation entry time)은 통계적으로 유의미하게 빨라졌고, 평균응시시간은 통계적으로 유의미하게 줄어들었다.

**주제어** : 초등과학부진학생, 중재프로그램, 평균응시시간, 평균동공크기, 평균도약시간, 평균응시도입시간

## References

Andrew, D. (2007). *Eye tracking methodology: theory and practice*. New York: Springer-Verlag.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Borich, G. (2010). *Effective teaching methods: research-based practice*(7th edition). Boston: Allyn & Bacon.

Choi, H. D., Shin, W. S., & Shin, D. H. (2012). Differences in eye movement pattern during the classification between the gifted and general students in elementary schools. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(4), 501-512.

Choi, H. D., Shin, W. S., & Shin, D. H. (2014). The comparison of eye movement in measuring tasks between the underachievers and the overachievers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(1), 181-194.

Cook, M., Wiebe, E. N., & Carter, G. (2011). Comparing visual representation of DNA in two multimedia presentations. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 20(1), 21-42.

Daniel K., & Jackson B. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154, 1583-1585.

Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.

Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualization: a meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523-552.

Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1995). The development of expertise in science investigation skills. *Australian Science Teachers Journal*, 41(4), 80-86.

Haider, H., & Frensch, P. A. (1999). Eye movement during skill acquisition: more evidence for the information reduction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 25, 172-190.

Hallahan, D. P., & Lloyd, J. W. (1987). Self-monitoring of attention: a reply to snider. *Learning Disability Quarterly*, 10(2), 153-156.

Hallahan, D. P., Lloyd, J. W., Kosiewicz, M. M., Kauffman, J. M., & Graves, A. W. (1979). Self-monitoring of attention as treatment for a learning disabled boy's off-task behavior. *Learning Disability Quarterly*, 2(3), 24-32.

Hess, E. H. (1965). Attitude and pupil size. *Scientific American*, 212(2), 46-54.

Hess, E. H., & Polt, J. M. (1960). Pupil size as related to interest value of visual stimuli. *Science*, 132, 349.

Hess, E. H., & Polt, J. M. (1964). Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. *Science*, 140, 1190.

Holmqvist, K., Nyström, M., Anderson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking : a comprehensive guide to methods and measures*. New York: Oxford University Press.

Jho, H. K., & Song, J. W. (2011). The observation type of primary students and the effect of their views of science on observation activity in anomalous situation. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 405-414.

Jo, Y. G., Shim, M. J., Lee, E. H., Lee, J. G., Son, Y. A., & Park, S., H. (2009). *Instructional strategy*. Seoul: Hakjisa.

Keller, J. M. (1993). *Motivation by design*. Tallahassee, FL: John Keller

Associate.

Kenneth A. Lane, O. F. (2005). *Developing ocular motor and visual perceptual skills: an activity workbook*. New Jersey: SLACK, INC.

Kim D. G. (2010). *Learning strategy program for attention*. Seoul: Hakjisa.

Kim, K. M., Cha, H. Y., & Ku, S. A. (2011). Differences in classification skills between the gifted and regular students in elementary schools. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(5), 709-719.

Kundel, H. L., Nodine, C. F., Conant, E. F., & Weinstein, S. P. (2007). Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology*, 242, 396-402.

Kwon, J. S., & Kim, B. K. (1994). The development of an instrument for the measurement of science process skills of the Korean elementary and middle school students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 14(3), 251-264.

Lee, B. W. (2005). Analysis of inquiry standards in foreign national science curricula. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(7), 873-884.

Lee, B. W., & Kim, H. K. (2007). An analysis of observation and measurement standards in foreign national science curriculums. *Korean Elementary Science Education*, 26(1), 87-96.

Lee, H. J., Lee, G. K., & Kwon, Y. J. (2010). A study on observation knowledge generation using the scientific observation strategy in 6th grade students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(1), 13-26.

Lee, H. W., Min, B. M., & Son, Y. A. (2012). Development and application of the explicit and reflective learning strategy for enhancement of the elementary school students' basic inquiry skills; -based on observation and classification-. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(1), 95-112.

Lim, C. S. (2005). A brain-based approach to science teaching and learning: a successive integration model of the structures and functions of human brain and the affective, psychomotor, and cognitive domains of school science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(1), 86-101.

Lim, C. S. (2009). Development of model of brain-based evolutionary scientific teaching for learning. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(8), 990-1010.

Meichebaum, D. (1977). *Cognitive-behavior modification: an integrative approach*. New York: Plenum press.

Poplin, M. S. (1988). The reductionistic fallacy in learning disabilities: replicating the past by reducing the present. *Journal of Learning Disabilities*, 21(7), 389-400.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.

Rayner, K., & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Shin, D. H., Shin, J. J., & Kwon, T. J. (2006). An analysis in the processes of observation teaching and the types of observation in elementary life science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(4), 339-351.

Shin, W. S., & Shin, D. H. (2012). Eye movement analysis on elementary teachers' understanding process of science textbook graphs. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(3), 386-397.

Shin, W. S., & Shin, D. H. (2013a). Analysis of eye movement by the science achievement level of the elementary students on observation test. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(2), 185-197.

Shin, W. S., & Shin, D. H. (2013b). Development of the heuristic attention model based on analysis of eye movement of elementary school students on discrimination task. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(7), 1471-1485.

Shin, W. S., & Shin, D. H. (2014a). Analysis of elementary students' eye movement in science problems solving process applying multiple representation. *Biology Education*, 41(4), 544-555.

Shin, W. S., & Shin, D. H. (2014b). Comparative study of high and low students on science process skills. *Journal of Korean Elementary*

- Science Education, 67th Summer Conference, 95.
- Snowden, R., Thompson, P., & Troscianko, T. (2012). *Basic vision : an introduction to visual perception*. New York: Oxford University Press.
- Swanson, H. (1989). Strategy instruction: overview of principles and procedures for effective use. *Learning Disability Quarterly*, 12, 3-12.
- The Ministry of Education. (2014). *Elementary science 3th~ 4th group guidebook for teacher*. Seoul: Mirae-N.
- Yang, C. H., Lee, J. H., Kim, Y. H., & Noh, T. H. (2011). Elementary students' epistemological views on the nature of scientific measurement. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 430-441.
- Yang, I. H., & Kim, H. (2004). Analysis of elementary students' confidence about measuring results. *Science Education Research Institute Korea National University of Education*, 14(1), 149-169.