

높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 초등 미성취 과학영재의 발견가능성 탐색 - 빛의 직진 개념을 중심으로 -

정 연 수

이 지 원

김 중 복

하성 상봉초등학교

한국교원대학교

한국교원대학교

공간능력이 과학의 발전을 위해 중요한 요소임에도 불구하고 사회문화적 인식으로 인해 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 영재학생들이 미성취하는 경향을 보이고 있다. 국내에서는 영재 선발을 위한 관찰 추천 시에 교사들이 여전히 학업성취도를 많이 반영하고 있으며 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 미성취영재에 대한 관심이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 공간능력과 언어능력에 따른 빛의 직진에 대한 이해 정도와 과학학업성취도 간의 차이를 살펴보고 빛의 직진 이해에서 보이는 특징을 질적으로 분석함으로써 높은 공간능력을 가진 미성취 과학영재¹⁾의 발견가능성을 탐색하고자 한다. 연구결과는 과학영재 추천 시 과학학업성취도를 중요하게 반영할 때 발생할 수 있는 문제점을 보여주며, 교육현장에서 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 미성취 과학영재의 발견가능성과 그들의 과학적 잠재력을 확인하기 위한 방법으로써 비언어성 검사의 활용 가능성을 보여준다.

주제어: 미성취, 과학영재, 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도, 빛의 직진

I. 연구의 필요성 및 목적

높은 공간능력은 과학을 비롯한 STEM 분야 영재의 특성으로 주목받고 있다. 미국에서는 스푸트니크가 발사된 이래로 미국 NSF위원회를 중심으로 물리학과 공학의 발전을 위한 연구를 실시하였고 그 결과물인 ‘Scientific Careers’ 보고서에서 물리학자와 공학자의 어린 시절 특징 중 하나로 공간능력에서의 잠재력을 이야기하였다(Lubinski, 2010). 후속연구인 TALENT 프로

교신저자: 김중복(jbkim@knue.ac.kr)

* 본 논문은 정연수의 석사학위논문을 수정 보완한 논문임.

** 2015년 한국영재학회 추계학술대회에서 발표하였음.

1) 미성취 영재에 대해 학자들 간의 합의된 정의는 존재하지 않으나 ‘잠재력과 성취간의 불일치’라는 부분에서 공통점을 가지고 있다(Reis & McCoach, 2000). 따라서 본 연구에서는 미성취 과학영재를 과학적 잠재력과 성취간의 불일치를 보이는 학생으로 조작적으로 정의하고자 한다.

젝트에서는 미국 고등학생 9~12학년 40만 명을 대상으로 11년에 걸쳐 진행된 연구를 통해 일반 지능, 언어능력, 수학능력보다 공간능력이 STEM 영역에서의 전문성을 발달시키는데 더 중요한 역할을 한다는 것을 밝혔다(Wai, Lubinski, & Benbow, 2009). 또한, 미국의 속진프로그램인 SMPY(Study of Mathematically Precocious Youth) 참가자들을 대상으로 실시한 20년간의 연구에서는 STEM 영역에서의 학위와 직업을 가지는 학생들과 그렇지 않은 학생들을 구분하는 기준으로 공간능력이 뚜렷한 역할을 수행하였다(Lubinski, 2010).

또한, 과학사를 통해 공간능력과 과학의 발전과의 관련성을 찾아볼 수 있다. 우주의 행성 운동을 다룬 케플러 법칙이나 X선 회절을 활용한 DNA 나선구조의 발견과 같은 과학적 발견들은 과학자들에게 있어서 공간능력의 중요성을 보여준다(Wai et al., 2009). 특히, 물리학에서는 갈릴레오의 운동 법칙, 맥스웰 법칙, 패러데이의 전자기장 이론, 아인슈타인의 상대성이론 등에서 시공간적 추론을 광범위하게 활용하였음이 밝혀졌다(Kozhevnikov, Motes, & Hegarty, 2007; Shepard, 1996). 과학의 학습에서도 공간능력은 매우 중요하다. 과학전공자들, 특히 물리를 전공한 학생들은 과학을 전공하지 않은 학생들과 비교하여 공간능력이 발달되어 있으며(Lord & Nicely, 1997), 공간능력은 물리학의 학업성취와 물리 개념 이해와도 정적인 상관관계를 가진다(Kozhevnikov & Thornton, 2006; Miller & Halpern, 2013).

그러나 공간능력의 중요성에도 불구하고 사회문화적 인식으로 인해 공간능력이 상대적으로 무시되는 경향이 나타나고 있으며 공간능력이 높은 학생이 미성취하게 되는 상황을 초래하고 있다. 먼저, 미국의 입시제도에서 대학과 대학원 입학시험으로 활용되는 SAT나 GRE에는 수학적, 언어적 능력이 중요하게 다루어지는 반면 공간능력은 평가하지 않는다. 이는 국내의 입시제도에서도 마찬가지로 나타나고 있으며 이러한 사회문화적 분위기는 고등학교에서 교사들이 학생들을 가르치고 평가하는 과정에서 수학적, 언어적 능력을 강조함으로써 상대적으로 공간능력을 등한시하는 결과를 가져온다(Mann, 2005).

또한, 현재 실시되고 있는 영재 선발 방식도 언어능력과 수학능력에 치중하여 이루어지고 있으며, 이로 인해 공간능력에서 상위 1%에 해당하는 학생들 중 절반가량이 부족한 언어능력으로 인해 영재로 선발될 기회를 놓치고 있다(Wai et al., 2009). 영재 선발 시에 활용되는 유명한 검사들은 대부분이 공간능력이 아닌 언어적, 비언어적, 양적 영역에서의 유동성 지능을 측정하는 경우가 많으며 공간능력검사조차 의도한 구인을 제대로 측정하지 못하는 사례도 나타나고 있다. 공간능력검사와 수리적 추론능력을 평가하는 비언어성 검사를 혼동하는 사례들도 발견되고 있다(Andersen, 2014).

공간능력이 무시되는 경향은 일반 학교에서의 교육은 물론, 영재교육 내에서도 발견된다. 전형적인 교수법은 교사의 언어에 의해 이루어지고 학생들의 쓰기능력을 바탕으로 평가가 이루어지며 이는 높은 공간능력과 낮은 언어능력의 학생들에게 상대적으로 불리한 영향을 미친다(Andersen, 2014; Silverman, 2002). 언어적 능력이 강조되는 상황 속에서 낮은 언어능력과 높은 공간능력을 가진 학생은 어려움을 겪을 수 있으며(Lohman, Lakin, Sternberg, & Kaufman, 2009), 그들의 학습 강점이 수용되지 않은 채 오랜 기간 좌절이 계속되면 미성취 학생으로 남을 수 있다(Gohm, Humphreys, & Yao, 1998).

그렇다면 국내 영재교육에서의 공간능력이 높은 미성취영재에 대한 연구는 어떻게 진행되고 있을까? 현재 국내 영재교육에서 영재교육대상자는 전체 학생들 중 1.76% 수준에 머무르고 있으며(교육부, 2013), 상당수의 학생들이 미성취 영재로 존재할 가능성이 있다(이명자, 문병상, 2007). 이에 따라 국내에서도 미성취 영재에 대한 관심이 높아지고 관련 연구들이 이어지고 있다(박소영, 이진희, 2007; 조선미, 한기순, 2014; 최선일, 진석연, 2015; 한기순, 신정아, 2007). 그럼에도 불구하고 높은 공간능력을 가진 미성취 영재에 대한 연구의 필요성에 대한 문제인식과 경험연구는 부족한 실정이다(정미경, 윤소윤, 2012). 국내 과학 분야에서의 공간능력에 대한 연구는 지구과학과 천문 영역에 치중되어 있으며, 대부분 공간능력에 따른 과학 개념의 이해와 학업성취도에 대한 연구들이 이루어지고 있다(구자홍, 2000; 김범기, 김기정, 이항로, 1996; 김상달, 이용섭, 이상균, 2005; 박매옥, 강호감, 최선영, 2009; 이경훈, 임종욱, 2010; 이효녕, 조현준, 박미란, 2012; 전만국, 김형범, 정진우, 2013). 그러나 이들 연구들에서는 공간능력이라는 한 가지 변인만을 다루고 있으며, 연구에 활용한 학습 자료와 검사도구들이 언어능력을 기반으로 하여 구성되거나 이미 영재선발과정에서 선발된 영재들을 대상으로 함에 따라 높은 공간능력을 가지면서 낮은 언어능력을 가진 학생들은 여전히 관심에서 벗어나 있는 실정이다.

2009년 교육과학기술부에 의해 영재 관찰추천제가 시행된 이래, 학업성적과 같은 전통적인 영재 판별방식에서 벗어나 학생의 개인 특성 파악을 바탕으로 영재선발이 이루어질 것이 기대되었으나, 영재선발 현황에 대한 최근 연구에서는 관찰 추천의 여러 문제점들과 함께 관찰 추천 시 여전히 학업성취도평가와 지필평가 점수를 반영하는 비율이 높음을 보여준다(강호감, 정영미, 2015). 교사들은 관찰 추천 시 학업성적과 같은 전통적인 판별 기준보다 과제집착력, 흥미, 호기심과 같은 동기적 특성과 영역 특수적 재능, 창의성과 같은 인지적 특성을 더 중요하게 인식하고 있었으나 실제 추천 시에는 객관적 관찰이 용이하다는 이유로 학업성적이나 수상실적과 같은 전통적인 판별기준을 더 높게 고려하는 경향을 보였다(윤초희, 박희찬, 2013). 이러한 현실 속에서 높은 공간능력을 가진 학생이 부족한 언어능력으로 인해 학업성취를 이루지 못할 경우에는 과학적 잠재력이 충분하더라도 관찰 추천의 대상에서 제외되어 미성취할 우려가 발생한다.

본 연구에서는 미성취 영재에 대해 Reis와 McCoach(2000)가 정리한 여러 학자들의 정의 중 공통된 부분인 '잠재력과 성취 간의 불일치'를 활용하여 미성취 과학영재를 조작적으로 정의하였다. 즉, 미성취 과학영재를 과학적 잠재력과 성취 간의 불일치를 보이는 학생으로 정의하고 과학적 잠재력을 보기 위해서 과학 개념 중 빛의 직진에 대한 이해 수준을, 성취 수준을 보기 위해 과학학업성취도를 비교 분석함으로써 미성취 과학영재의 발견 가능성을 탐색하고자 한다. 이를 위해 초등학생들의 공간능력과 언어능력을 중심으로 비언어성 검사로 제작된 빛의 직진 문제를 통해 과학적 잠재력을 확인하고 과학학업성취도와 비교분석하여 과학적 잠재력을 가진 학생이 미성취할 가능성을 확인하고자 하였다. 또한, 면담과정을 통해 빛의 직진 이해에서 나타나는 특징을 분석하고 비언어성 검사를 활용한 미성취 과학영재의 발견가능성을 탐색하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구에서는 학생들의 과학적 잠재력을 확인하기 위한 과학개념으로 빛의 직진을 선정하고 전라남도 순천시 S초등학교 5학년 학생 95명을 연구대상으로 선정하였다. 학생들의 공간 능력과 언어능력을 측정하기 위하여 선행연구를 바탕으로 표준화된 공간능력검사와 언어능력검사를 선정하였다. 또한, 과학 개념에 대한 이해와 적용 능력을 바탕으로 과학적 잠재력을 예측하기 위하여 빛의 직진 문제를 객관식 문항으로 개발하고 지연검사로 실시할 빛의 직진 개념검사를 서술식 문항으로 개발하였다. 이때 낮은 언어능력으로 인해 문제해결에서 어려움을 겪지 않도록 언어적 표현을 배제하고 시각적 표현을 활용한 비언어성 검사로 수정 개발하였으며 2회의 예비 투입을 통해 수정 및 보완하였다.

연구 투입에 앞서 학급 담임 주관으로 공간능력검사와 언어능력검사를 실시하고 학생들의 동의하에 5학년 1학기 과학학업성취도 점수를 확보하였다. 연구자는 해당 학교를 방문하여 학생들에게 4학년 때 학습한 광학 개념과 본 연구의 중심 개념인 광원과 빛의 직진에 대한 개념을 설명하였으며 비언어성 검사로 제작된 빛의 직진 문제를 풀도록 하였다. 이때, 실험자료를 이용한 시범식 실험과 이지원, 윤하영, 김중복(2014)가 개발한 3차원 시뮬레이션 동영상 자료를 활용하여 공간능력과 언어능력이 낮은 학생들이 문제 상황을 바르게 이해할 수 있도록 하였다. 문제 풀이 후에는 빛의 직진 문제에 대한 설명과 풀이를 실시하여 학생들이 문제의 답을 이해하고 개념을 정립하도록 하였다. 공간능력점수와 언어능력점수를 바탕으로 상(30%), 중(40%), 하(30%)의 세 수준으로 구분하고 각 수준에 따라 과학학업성취도 점수와 빛의 직진 문제 풀이 점수를 비교 분석하였다.

3개월 뒤에 학생들이 빛의 직진에 대한 개념을 바르게 정립하였는지 여부를 확인하고 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도 수준에 따른 빛의 직진 이해 정도를 질적으로 분석하고자 지연검사를 실시하였다. 학생들을 공간능력과 언어능력이 둘 다 상인 그룹과 공간능력만 상인 그룹, 언어능력만 상인 그룹의 세 그룹으로 분류하고 과학학업성취도 점수가 높고 낮음을 기준으로 5명의 면담대상자를 선정하였다. 지연검사는 빛의 직진 문제를 서술식 형태로 제시하여 학생들이 말과 그림으로 설명하도록 구성하였으며 선정된 면담대상자들을 대상으로 반구조화된 면담을 실시하여 빛의 직진 개념을 확인하였다.

2. 수업 주제 선정

본 연구에서는 물리영역의 개념 중 학생들이 어려움을 느끼는 개념을 선정하여 비언어적 방법으로 개념을 이해하고 적용하는 것을 바탕으로 과학적 잠재력을 확인하고자 하였다. 권성기와 김지은(2007)이 초등학생을 대상으로 실시한 물리 영역의 개념 이해에 대한 연구에서는 전자기 개념, 열 개념, 힘 개념, 빛 개념 순으로 개념이해도가 낮은 것으로 나타났다. 빛과 관련된 개념은 학습이 이루어지기 이전에 학생 스스로 주변 세계를 이해하려는 감각의 지각으

로 인해 형성되며 이러한 지식은 정규 과학지식과는 다르고 쉽게 변하지 않아 오개념을 가지기 쉬운 경향이 있다(고광병, 1997; 권재술, 정진우, 김범기, 최병순, 김한호, 1992; Galili & Hazan, 2000). 초등학교에서는 빛 개념을 2009 개정 교육과정 4학년 2학기 과학 ‘거울과 그림자’와 6학년 1학기 과학 ‘렌즈의 이용’에서 다루며, 특히 빛의 직진에 관련된 내용은 광학을 접하는 기본 개념임에도 불구하고 학생들이 잘못 이해하는 경향을 보이므로 광원과 빛의 직진을 본 연구의 수업주제로 선정하였다(권성기, 김지은, 2007; 김종원, 2013; 이지원, 김종원, 김규환, 황명수, 김중복, 2013).

3. 연구대상 선정

본 연구의 연구대상은 전라남도 순천시에 위치한 S초등학교 5학년 95명(남: 45명, 여: 50명)으로 선정하였다. 이들은 4학년 2학기 과학 ‘거울과 그림자’에서 광원, 빛의 직진, 그림자에 대해 학습하였으나 점광원, 선광원, 큰광원에 대한 개념을 접하지 않았고 광원을 이루는 각 점광원으로부터 모든 방향으로 빛이 나아간다는 개념이 형성되지 않은 상태였다.

면담대상자는 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도가 모두 상인 학생 중 담임교사로부터 영재성을 가진 것으로 판단된 1명을 추천받았고 공간능력만 상인 그룹과 언어능력만 상인 그룹에서 각 능력의 표준점수차가 큰 학생을 대상으로 과학학업성취도 점수가 상, 하인 학생을 각각 1명씩 선정하여 총 5명을 선정하였으며, 학생의 특성에 대해서는 연구결과에서 자세히 논하고자 한다.

4. 검사도구 선정 및 개발

가. 공간능력검사

본 연구에서 활용한 공간능력 검사도구는 권오남, 박경미, 임형, 허라금 (1996)가 개발한 공간능력검사로 Tartre, KEDI 집단지능검사, KEDI 적성검사 등을 참조하여 제작된 표준화검사지이다. 검사지의 모든 문항은 4지 선다형이며 회전, 변환, 나무도막 세기, 도형 유추를 변인으로 하여 총 20문항으로 구성되었으며 검사시간은 20분이다. Cronbach 알파값은 .735이다.

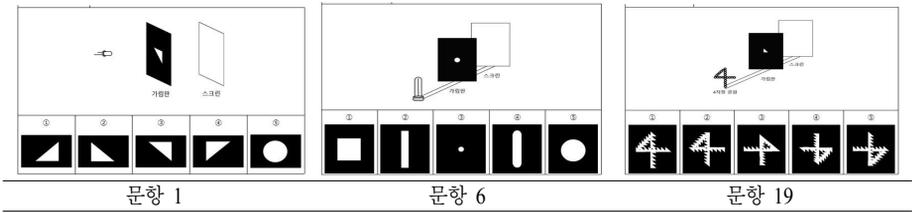
나. 언어능력검사

언어능력 중 읽기는 정보와 지식을 습득하는 주요 방법으로 부족한 읽기능력은 말하기와 쓰기에도 영향을 미치며 다른 교과목의 이해와 성취에도 영향을 미친다(신정화, 2002; 김동일, 이일화, 2010; 정수정, 최나야, 2013). 따라서 본 연구에서는 읽기능력에 중점을 두고 천경록 (2006)의 독서능력 표준화검사 도구를 언어능력 검사도구로 선정하였다. 검사지의 문항은 4지 선다형이고 단어 이해, 사실적 이해, 추론적 이해, 비판적 이해를 변인으로 한다. 문항수는 총 25문항이고 검사 시간은 40분이며 Cronbach의 알파값은 .780이다.

다. 비언어성 과학 개념 검사: 빛의 직진 문제

학생들의 과학개념이해와 적용을 통해 과학적 잠재력을 확인하기 위해 빛의 직진을 수업주제로 선정하고 기존에 개발된 빛의 직진 문제(이지원 외, 2013; 김종원, 2013)를 활용하였다.

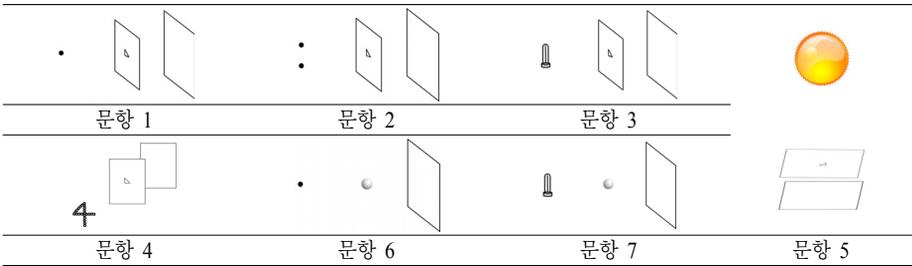
이때 언어능력이 낮은 학생들이 문제풀이 과정에서 어려움을 겪지 않게 하기 위해 모든 문항을 비언어성 문항으로 수정 개발하였다. 각 문항에서 필요한 조건은 문제지의 그림을 바탕으로 교사의 설명에 의해 제시하도록 구성하였으며 각 문항에서 언어적 표현을 제거하고 그림으로 표현하여 문제 상황을 해결할 수 있도록 하였다. 본 검사지는 5지 선다형으로 총 20문항이며 광원의 종류, 광원의 개수, 가림판 구멍의 모양, 가림판 구멍의 개수를 변인으로 한다. 각 문항은 광원에서 출발한 빛이 가림판의 구멍을 지나 스크린에 맺히게 될 모양을 찾는 형태이며 광원, 가림판, 스크린 사이의 거리를 각각 30 cm로 설정하였다. 검사시간은 20분, 검사지의 Cronbach의 알파값은 .749이며 예시문항은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 빛의 직진 문제 예시

라. 지연검사

객관식 문항으로 알아볼 수 없는 학생들의 개념을 질적으로 분석하기 위한 지연검사의 목적으로 이정은(2015)이 개발한 빛의 직진 개념 검사지를 수정 개발하였다. 문제 유형은 광원의 종류를 변인으로 하여 광원에서 출발한 빛이 가림판의 구멍 또는 불투명한 공을 지나 스크린에 만드는 상(shape)을 그림으로 그리고 말로 설명하는 형태로 구성하여 면담을 통해 학생의 개념을 파악할 수 있도록 하였다. 문항은 총 7개 문항으로 [그림 2]와 같다. (문항 1) ~ (문항 5)의 문제 상황은 비언어성으로 개발한 빛의 직진 문제와 같고 점광원과 선광원의 개념을 바탕으로 그림자 상황에의 적용을 확인하기 위해 (문항 6)과 (문항 7)을 추가하였다.



[그림 2] 빛의 직진 개념검사 문항

5. 자료 수집 및 분석

학급 담임 주관으로 공간능력검사를 20분간, 언어능력검사를 40분간 실시하여 결과를 확보하고 학생들의 동의를 바탕으로 5학년 1학기 과학학업성취도 결과를 수집하였다. 연구자 주관 하에 빛의 직진에 대한 기본 개념을 강의하고 실험자료를 이용한 시범식 실험과 이지원 외(2014)가 개발한 3차원 시뮬레이션 동영상을 활용하여 공간능력과 언어능력이 낮은 학생들을 위해 문제 상황에 대해 충분한 이해를 돕도록 하였다. 이를 바탕으로 20분간 비언어성으로 제작된 빛의 직진 문제를 풀도록 하여 결과를 수집하였으며 학생들에게 각 문항을 풀이하였다.

3개월 뒤, 학생들이 학습한 빛의 직진 개념을 바르게 정립하였는지 확인하고 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도의 수준에 따른 빛의 직진 개념을 질적으로 분석하기 위해 면담대상자 5명을 선정하고 지연검사를 실시하였다. 검사지의 풀이과정과 정답에 대해 개인별로 반구조화된 면담을 실시하였으며 면담과정은 녹화 및 전사하였다.

자료 분석은 공간능력과 언어능력이 비언어성으로 실시된 빛의 직진 문제 풀이 결과와 과학학업성취도 결과에 미치는 영향을 분석하기 위해 공간능력과 언어능력을 상(30%), 중(40%), 하(30%)로 구분하여 그룹 간 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)를 실시하였다. 또

<표 1> 빛 개념 분석 기준

분석요소	세부 분석 기준	예시
광원	· 선광원, 큰광원은 점광원의 집합이며 각 점광원에서 모든 방향으로 빛이 직진함을 인식하는가?	
광선의 진행	· 광원에서 출발한 모든 광선은 가림판 구멍을 통과할 수 있음을 인식하는가? · 광원에서 출발한 모든 광선은 가림판의 구멍 외의 공간을 통과할 수 없음을 인식하는가? · 광원에서 출발한 모든 광선은 불투명한 공을 통과할 수 없음을 인식하는가?	
상(또는 그림자)의 크기	· 광원-가림판 구멍(또는 물체)-스크린 사이의 거리에 따른 상의 크기를 바르게 인식하는가?	
개별 상(또는 그림자)의 모양	· 각 점에서 출발한 광선이 가림판 구멍(또는 물체)로 인해 만드는 개별 상(또는 그림자)를 바르게 인식하는가?	
전체 상(또는 그림자)의 모양	· 광원 전체에서 출발한 광선이 가림판 구멍(또는 물체)로 인해 만드는 전체 상(또는 그림자)를 바르게 인식하는가?	
상(또는 그림자)의 중첩	· 스크린에 만들어진 개별 상(또는 그림자)는 중첩될 수 있음을 인식하는가?	

한, 공간능력과 언어능력 사이에 차이가 있을 경우의 결과를 확인하기 위해 학생들을 공간능력과 언어능력이 모두 상인 그룹, 공간능력만 상인 그룹, 언어능력만 상인 그룹으로 편성하여 빛의 직진 문제 풀이 결과와 과학학업성취도 결과를 비교 분석하였다. 각 그룹이 정규분포를 이루지 않으므로 그룹 간 차이를 알아보기 위해 비모수통계인 Kruskal-Wallis 검정을 활용하였고, 사후검정을 대신하여 Mann-Whitney U검정을 활용하면서 Bonferroni 보정방법²⁾에 따라 유의수준을 .0167로 분석하였다. 통계프로그램으로는 PASW statistics 18을 활용하였다.

지연검사의 결과를 질적으로 분석하기 위해 <표 1>과 같은 분석기준을 제작하고 과학교육 전문가 2인과 현장교사 2인으로부터 타당도를 검증받았다. 학생들의 면담결과를 바탕으로 7개의 문항에 대해 문항별로 각 요소에 대한 개념이 올바른지 여부를 분석하였으며, 분석결과를 점수화하여 각 개념에 대한 일관성과 이해정도를 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 공간능력-언어능력과 빛의 직진 문제 풀이 결과와의 관계

본 연구에서는 빛의 직진 개념을 수업 주제로 선정하고 부족한 언어능력으로 인한 문제해결의 어려움을 제거하기 위해 비언어성 문항으로 제작한 빛의 직진 문제를 바탕으로 과학적 잠재력을 확인하고자 하였다.

공간능력과 언어능력을 각각 상(30%), 중(40%), 하(30%)의 세 수준으로 구분하고 각 수준에 따른 광원과 빛의 직진 문제 풀이 결과를 비교분석하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. <표 2>에서 볼 수 있듯이 공간능력이 상인 그룹은 공간능력이 중 또는 하인 그룹보다 광원과 빛의 직진 문제를 더 잘 해결하였다. 반면에 언어능력 수준에 따른 빛의 직진 문제 풀이 결과 간에는 유의미한 차이가 나타나지 않았으며 빛의 직진에 대한 개념을 이해하고 적용하는 데에는 언어능력의 영향력이 적은 것을 알 수 있다.

<표 2> 공간능력 수준에 따른 빛의 직진 문제풀이 결과 (원점수 기준)

구분	수준	N	평균	표준편차	F값/ 유의확률	사후검정 ³⁾
공간능력	상(a)	30	12.37	2.965	15.339 / .000*	a>b,c
	중(b)	39	9.69	2.637		
	하(c)	26	8.50	2.518		
언어능력	상(a)	28	11.18	2.868	2.662 / .075	-
	중(b)	41	10.15	3.328		
	하(c)	26	9.27	2.750		

*p<.05

2) Bonferroni 보정방법(Bonferroni Correction Method)은 사후검정이 없는 비모수통계에서 Mann-Whitney U검정 시 발생할 수 있는 제1종 오류를 보정하기 위한 방법이다. 각 분석 결과에서 p값과 alpha를 집단 간 비교한 총 횟수로 나누어진 값으로 비교하여 개별 집단 간 유의성을 검정한다. 집단이 3개일 경우에 Mann-Whitney U검정의 총 횟수는 A-B, A-C, B-C 3회이므로 유효수준을 $\alpha/3=.05/3=.0167$ 로 선정하여 비교한다.

공간능력과 언어능력은 한 개인 안에서 차이를 나타낼 수 있으므로 둘 중 어느 한 능력만 높을 경우에 발생할 수 있는 미성취영재를 탐색하려는 연구목적에 따라 연구대상을 공간능력과 언어능력이 둘 다 상인 그룹, 공간능력만 상인 그룹, 언어능력만 상인 그룹의 세 그룹으로 편성하였다. 전체 연구대상자 95명에서 공간능력과 언어능력 둘 중 하나 이상이 상인 학생은 40명이었으며, 각 그룹별 구성은 <표 3>과 같다.

<표 3> 공간능력-언어능력 수준에 따른 그룹 구성

	ShVh ⁴⁾	ShVo		SoVh	
		ShVm	ShVl	SmVh	SIVh
공간능력	상	상	상	중	하
언어능력	상	중	하	상	상
<i>N</i>	18	11	1	5	5
		12		10	

각 그룹이 정규분포를 이루지 않음에 따라 그룹 간 빛의 직진 문제 풀이 결과를 분석하기 위해 비모수통계인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였으며, 그 결과 <표 4>와 같이 유의확률 .007로 각 그룹 간 유의미한 차이가 나타났다.

<표 4> 공간능력-언어능력 수준별 그룹 간 빛의 직진 문제 풀이 차이 비교

종속변수	수준별 그룹	<i>N</i>	평균순위	카이제곱 / 유의확률
광원과 빛의 직진문제	ShVh	18	23.81	10.033 / .007*
	ShVo	12	23.88	
	SoVh	10	10.50	

**p*<.05

각 집단 간의 차이를 검증하기 위해서 <표 5>와 같이 Mann-Whitney U검정을 실시하였고 Bonferroni 보정방법을 적용하여 유의수준 .0167을 기준으로 분석하였다. 빛의 직진 문제 풀이 결과에서 공간능력과 언어능력이 모두 상인 그룹은 공간능력만 상인 그룹과는 통계적으로 같은 수준의 성취를 보인 반면, 언어능력만 상인 그룹보다는 유의미하게 높은 성취를 보였다. 또한 공간능력만 상인 그룹은 언어능력만 상인 그룹보다 빛의 직진 문제 풀이 결과에서 통계적으로 유의미하게 높은 성취를 보였다. 이러한 결과를 통해 빛의 직진을 이해하고 적용하는 데에는 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생이 낮은 공간능력과 높은 언어능력을 가진 학생보다 뛰어난 결과를 확인할 수 있다. 이는 공간능력이 과학개념이해와 과학적 문제해결력에 중요한 영향을 미친다는 선행연구들(구자홍, 2000; 김범기 외, 1996; 김상달 외, 2005; 이경훈,

3) 분산의 동질성 검사 결과, Levene 통계량 1.025, 유의확률 .353으로 집단의 분산이 같은 것으로 나타나 Scheffe 사후검정을 실시하였다.

4) S(Spatial ability: 공간능력), V(Verbal ability: 언어능력), h(high: 상), m(middle: 중), l(low: 하), o(others: 중, 하).

임종옥, 2010; 이효녕 외, 2012; 전만국 외, 2013; Kozhevnikov et al., 2007)과 같은 결과를 보여주며 언어능력과는 독립적으로 공간능력이 높은 학생들이 높은 과학적 잠재력을 가지고 있을 가능성을 보여준다.

<표 5> 두 그룹의 빛의 직진 문제 결과 비교

비교그룹	그룹	N	평균순위	Mann-Whitney의 U	유의확률
ShVh	ShVh	18	15.36	105.500	.915
-ShVo	ShVo	12	15.71		
ShVh	ShVh	18	17.94	28.000	.002*
-SoVh	SoVh	10	8.30		
ShVo	ShVo	12	14.67	22.000	.009*
-SoVh	SoVh	10	7.70		

* $p < .0167$

2. 공간능력-언어능력과 과학학업성취도 결과와의 관계

과학영재 추천 시에 활용되고 있는 과학학업성취도는 공간능력과 언어능력에 따라 어떤 차이를 나타내는지 알아보려고 분석을 실시하였다. 먼저, 공간능력과 언어능력을 수준별로 상, 중, 하의 세 그룹으로 분류하고 그룹 간 과학학업성취도 결과 차이를 알아보기 위해 <표 6>과 같이 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. 공간능력이 상인 그룹이 공간능력이 중 또는 하인 그룹보다 과학학업성취도가 높으며, 언어능력이 상 또는 중인 그룹이 언어능력이 하인 그룹보다 과학학업성취도가 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이를 통해 과학학업성취도에는 공간능력과 언어능력이 둘 다 중요한 영향을 미치며 ‘공간능력이 상이면서 언어능력이 하인 학생’ 또는 ‘언어능력이 상 또는 중이면서 공간능력이 중 또는 하인 학생’의 경우, 공간능력과 언어능력 중 부족한 능력으로 인해 과학학업성취도에서 낮은 성취를 보일 가능성을 보여준다.

<표 6> 공간능력-언어능력 수준에 따른 과학학업성취도 결과 (원점수 기준)

구분	수준	N	평균	표준편차	F값/유의확률	사후검정 ⁵⁾
공간능력	상(a)	30	92.90	5.93	9.128/.000*	a>b,c
	중(b)	39	84.85	12.04		
	하(c)	26	80.37	14.25		
언어능력	상(a)	28	91.21	7.00	6.835/.002*	a,b>c
	중(b)	41	86.78	11.86		
	하(c)	26	79.75	14.36		

* $p < .05$

5) 분산의 동질성 검사 결과, 공간능력 수준별 그룹에서는 Levene 통계량 3.336, 유의확률 .040으로 집단 간 분산이 다르므로 Dunnnett T3검정을, 언어능력 수준별 그룹에서는 Levene 통계량 2.639, 유의확률 .077로 집단 간 분산이 동질하므로 Scheffe검정을 사후검정으로 실시하였다.

개인이 가진 공간능력과 언어능력의 수준 차이에 따라 나타나는 과학학업성취도를 분석하기 위해서 공간능력과 언어능력이 둘 다 상인 그룹, 공간능력만 상인 그룹, 언어능력만 상인 그룹으로 분류하여 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 그 결과 <표 7>과 같이 세 그룹의 과학학업성취도 결과 간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 비언어성 문제인 빛의 직진 문제에서 언어능력과는 관계없이 공간능력이 높은 집단이 뛰어난 성취를 보였던 것과는 달리, 언어능력을 기반으로 구성된 과학학업성취도에서는 높은 공간능력을 가진 집단의 성취가 두드러지지 않았다. 즉, 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생들은 비언어성으로 실시된 빛의 직진 문제에서는 뛰어난 과학적 잠재력을 보여주었음에도 불구하고 부족한 언어능력으로 인해 과학학업성취도에서는 낮은 성취를 보일 수 있음을 알 수 있다(최선일, 진석연, 2015; Gohm, Humphreys, & Yao, 1998; Silverman, 2002; Lohman et al., 2009; Andersen, 2014). 한편 언어능력이 높은 학생은 과학적 잠재력에 비해 상대적으로 과학학업성취도에서 높은 점수를 얻을 수 있음을 보여준다. 이러한 결과는 과학학업성취도를 중요하게 반영하여 영재를 추천할 경우, 과학적 잠재력과 무관한 선발이 이루어질 수 있으며 과학적 잠재력을 가진 학생이 영재로 선발되지 않고 미성취하게 될 가능성을 보여준다.

<표 7> 공간능력-언어능력 수준별 그룹 간 과학학업성취도 비교 결과

종속변수	수준별 그룹	N	평균순위	카이제곱/유의확률
과학 학업성취도	ShVh	18	22.69	3.353/.187
	ShVo	12	22.04	
	SoVh	10	14.70	

* $p < .05$

3. 공간능력-언어능력 수준에 따른 빛 개념 이해

공간능력과 언어능력 수준에 따른 빛 개념 이해의 차이를 정성적으로 확인하기 위해 빛의 직진 문제 풀이를 한 뒤 3개월 후에 지연검사를 실시하였다. 선정된 면담대상자는 총 5명이며 학생들의 특성은 <표 1>과 같다. 전통적인 평가방식을 활용한 과학학업성취도를 기준으로 과학영재를 추천할 경우에 추천될 가능성이 높은 학생은 과학학업성취도가 높은 학생 A, B, D이며, 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생 C와 낮은 공간능력과 높은 언어능력을 가진 학생 E는 추천 대상에서 제외될 뿐 아니라 평소의 학습태도를 바탕으로 소위 공부 못하는 학생으로 보일 수 있는 학생이다. 본 연구에서 조작적으로 정의한 미성취 과학영재의 정의에 따르면 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생 C의 과학적 잠재력이 확인될 경우 미성취 과학영재로 볼 수 있다.

면담과정에 대한 분석은 면담내용과 그림을 기준으로 하였으며, 그림에서 잘못 표현하였더라도 적절한 설명이 뒷받침되면 바르게 이해한 것으로 인정하였다. 지연검사의 총 7문항을 <표 8>에 제시된 6개의 분석기준을 바탕으로 각각 분석하였다.

<표 8> 면담대상자의 특성

(T점수 기준)

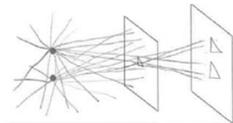
구분	공간능력	언어능력	과학 학업성취도	특이사항
A	상(69.28)	상(63.05)	상(59.73)	· 성취욕이 높고 학습태도와 학업성적이 우수함. · 담임교사로부터 영재성을 보이는 것으로 판단됨.
B	상(58.82)	중(46.05)	상(58.91)	· 학습태도가 바르고 학업성적이 상위권임. · 수학을 좋아하고 발표를 잘하며 교우관계가 좋음.
C	상(56.20)	하(31.17)	하(45.76)	· 수업시간에 적극적이지 않고 학업성적 좋지 않음. · 3학년부터 4학년까지 유도부 활동.
D	하(43.12)	상(58.80)	상(59.73)	· 적극적이지 않으나 조용하고 성실함. · 책임감이 있으며 학습태도와 학업성적 우수.
E	하(32.66)	상(60.92)	하(51.51)	· 활발하고 장난기가 있으며 국어과에서 두각을 보임. · 보통 이상의 학습태도와 학업성적을 보임.

첫 번째 분석 요소인 광원에 대한 인식을 분석한 결과, 공간능력이 높은 학생 A, B, C가 학생 D, E에 비해 올바른 개념을 가지고 있음이 확인되었다. 학생 A, B, C의 경우는 광원의 각 점에서 여러 갈래의 광선을 표현하였고 한 점에서 여러 방향으로 빛이 나아간다는 올바른 개념을 가지고 있었다. 다만 학생 A의 경우, 2개의 문항에서 그림 상에서 각 광원의 점에서 광선을 하나씩만 표현하여 감점되었다. 반면, 학생 D, E의 경우에는 광원에서 나가는 빛에 대해 [그림 4]에서 볼 수 있는 ‘빛이 광원의 한 점에서 한 방향으로만 나아간다(김종원, 2013).’는 오개념을 가지고 있었으며, 점광원이 1개인 상황을 제외한 대부분의 문항에서 같은 오개념을 드러내어 광원에 대한 인식이 바르지 않음을 알 수 있다.

(학생 A - 문항 1에 대한 면담)

R(Researcher): 어떻게 된 거예요?

A: 위에 있는 점광원이 아래쪽으로 뻗어나가서 아래쪽의 삼각형 한 개와 위쪽의 삼각형 한 개를 그린 거예요.



(학생 D - 문항 2에 대한 면담)

R: 광선을 하나씩만 그렸는데 이유가 뭐예요?

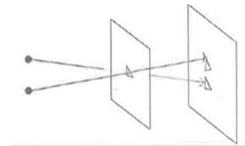
D: 점 하나에서 하나만 나오는 줄 알고.

R: 하나만 나온다고 생각한 거예요? 아니면 여러 개가 나오는데 하나로 표현한 거예요?

D: 그냥 하나로...

R: 하나로 나오는 것 같아서?

D: 네.



두 번째 분석요소인 광선의 진행에서도 공간능력이 높은 학생 A, B, C가 학생 D, E에 비해 올바른 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다. 학생 A, B, C는 광원에서 출발한 빛이 모든 공간

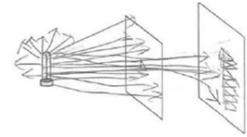
으로 직진하여 퍼지므로 모든 빛이 가림판 구멍을 통과할 수 있고 가림판 구멍을 제외한 나머지 부분이나 불투명한 공은 지나갈 수 없음을 바르게 인식하고 있었다. 학생 D, E는 광원에서 출발한 빛 중에서 가림판 구멍의 정면에 있는 점에서만 가림판 구멍을 향하는 빛이 나올 수 있다고 생각하였으며 다른 위치에서 출발한 빛은 다른 방향으로 향하여 구멍을 통과할 수 없다고 생각하였다. (문항 3)에 대한 면담에서 학생 B는 선광원의 윗부분에서 출발한 빛과 아랫부분에서 출발한 빛이 모두 가림판 구멍을 통과할 수 있음을 표현한 반면, 학생 E는 가림판 구멍 정면에 있는 점광원에서 출발한 빛만 가림판 구멍을 통과할 수 있다고 표현한 것을 볼 수 있다.

(학생 B: 문항 3에 대한 면담)

B: 선광원은 빛이 여러 곳으로 나가니까 이렇게 가서 여러 개가 형성될 거라고 생각했습니다.

R: 어떻게 여러 개가 형성돼요?

B: 빛이 여러 곳으로 나가니까 여기로 들어가서 이렇게 여러 개로 될 거 같습니다.



(학생 E: 문항 3에 대한 면담)

R: 여기는 지금 지나간 걸 안 그렸는데 왜 안 그렸어요?

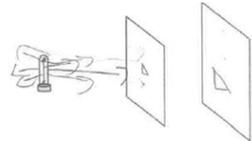
E: 막힐 거 같아요.

R: 막힐 거 같아요? 여기서 빛이 어떻게 나갔어요?

E: 여러 곳으로.

R: 여기는 빛이 못 지나가요? 구멍을 지나가는 빛은 없어요?

E: 하나밖에 없어요.



세 번째 분석요소인 광원에 의한 상의 크기에서 학생 A, B, C는 점광원과 선광원 상황에 대해 거리에 따라 상의 크기가 커진다는 올바른 개념을 그림으로 잘 표현하였다. 그러나 학생 C는 (문항 4)에서 학생 A와 학생 B는 (문항 4)와 (문항 5)에서 그림 상에서 표현해야할 광선의 수와 상의 수가 많아짐에 따라 상의 크기를 고려하지 못하는 모습을 보였다. 한편 학생 D, E는 전반적으로 광원에 의한 상의 크기를 바르게 인식하지 못하는 모습을 보였다. 이는 광선을 나타낼 때 광원의 한 점에서 출발한 광선이 모든 방향으로 나아가는 것이 아니라 하나의 광선만 나아가는 것으로 인식함에 따른 것으로 판단된다.

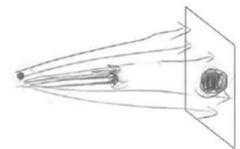
(학생 B - 문항 6에 대한 면담)

R: 그림자는 크기는 어때요?

B: 커질 것 같습니다.

R: 얼마나 커질 것 같나요? 좀 더 정확하게 그릴 수 있나요? 그림자 크기를?

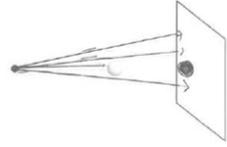
B: (그림)



(학생 D - 문항 6에 대한 면담)

R: 크기는 어떻게 되요?

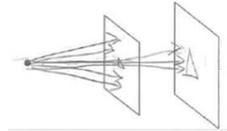
D: 공이랑 똑같은 크기로.



네 번째 분석요소인 점광원에 의한 개별 상의 모양에서는 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도에 따른 개념이해의 차이가 나타나지 않았다. 학생 A, B, D, E학생은 대부분의 문항에서 올바른 개별 상을 나타내었으며 학생 C는 직각삼각형 모양의 삼각형 구멍과 좌우가 바뀐 형태의 상의 모습으로 잘못 표현하였다. 이는 3개월 전에 실시했던 빛의 직진 문제 풀이에서 큰 광원의 모양이 상하좌우가 바뀌어 나타났던 상의 모습이 기억에 남아 착오를 일으킨 것으로 밝혀졌다.

(학생 B - 문항 1에 대한 면담)

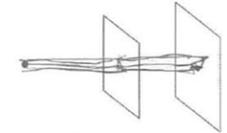
B: 점광원에서 빛이 이렇게 나가니까 벽에서 여기는 막혀 있는데 여기 세모모양이 있으니 이 부분으로는 빛이 통과해서 여기에 이런 그림자(상)가 생깁니다.



(학생 C - 문항 1에 대한 면담)

R: 여기 삼각형 모양이 구멍 모양이랑 같은 거예요? 다른 거예요?

C: 빛이 나가는 모양을... 빛이 스크린을 통과하는 그걸로 봤을 때 이 모양이 나와서.



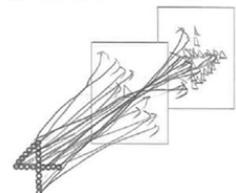
다섯 번째 분석 요소인 광원에 의한 전체 상에서는 공간능력에 따라 개념이해의 차이가 나타났는데 학생 A, B, C는 전반적으로 올바른 개념을 나타내었으며 평면상에 표현되어있는 태양에서도 각 점에서 출발한 빛이 가림판 구멍을 통과하여 개별 상을 만들 지점과 개별 상들이 모여서 만들게 될 전체상의 모양을 바르게 예측하였다. 반면, 공간능력이 낮은 학생 D, E는 광원의 개수가 많아지거나 선광원, 큰광원으로 개념이 확장될수록 광원에서 나아가는 빛의 경로를 바르게 인식하지 못하였고 특히, 평면으로 표현된 그림 상에 나타난 광원의 모양을 입체적으로 인식하는 데에 어려움을 겪는 모습을 보였다.

(학생 B - 문항 4에 대한 면담)

B: 빛이 아래서 가는데.. 이게 4자인데 위에서 가면 이렇게 가서 여기에 형성되고 여기에 형성되고 이걸 반대로 이렇게.

R: 위에서 출발한건 아래로 갔다는 얘기네요?

B: 상하좌우가 바뀔 것 같습니다.



(학생 D - 문항 4에 대한 면담)

R: 4자 모양이 나올 것 같은데 아까는 왜 그리다 말았어요?

D: 왜지 이게 아닌 것 같아서요.

R: 어떤 면에서 이게 아닐 것 같다는 생각을 했어요?

D: 다른 것들이 통과를 못해서요.

R: 다른 것들이 통과를 못해서? 통과 못하는 애들은 어디로 가는데?

D: 여기로

R: 그리로 가고.. 그럼 그 옆에 것은?

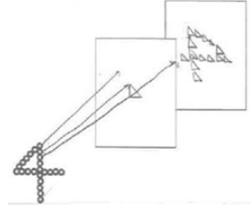
D: (그림)

R: 개는 통과하는 애야?

D: 네

R: 통과를 해서 개는 올 수가 있고. 애네 둘은 오기 힘들다고 본 거구나?

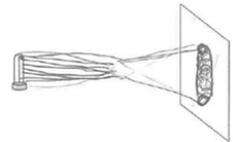
D: 네



마지막 분석요소는 상의 중첩으로 개별 상들이 가까이 형성될 경우 서로 중첩될 수 있음을 인지하는지를 확인하였다. 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생 C는 4개의 문항 전체에서 상의 중첩을 바르게 인지하고 표현하였다. 학생 A는 1개 문항에서, 학생 B와 D는 2개 문항에서 상의 중첩을 잘못 표현하였는데 상의 중첩에 대해 인지하고 있으나 그림에서 표현이 잘못된 것으로 볼 수 있다. 한편 학생 E는 부족한 광원 개념으로 인해 상이 중첩될 수 있음을 인지하지 못하였다.

(학생 C - 문항 7에 대한 면담)

C: 이거는 위에서 오고 아래서도 오고 중앙에서도 오기 때문에 이렇게 가면 애가 이렇게 동그라미가 이렇게 겹치거든요.



(학생 E - 문항 4에 대한 면담)

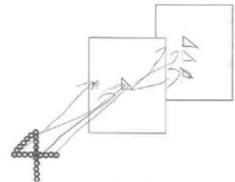
R: 4자광원입니다. 애는 삼각형 세 개만 그렸는데 이유가 있어요?

E: 아까도 말했듯이 나머지는 다 막혀버려요.

R: 나머지는 다 막혀버리고 여기 지나간 건 뭐가 지나간 거예요?

E: 요거 세 개

R: 요거 세 개가 지나가서 세 개가 된 거예요?



면담결과를 종합적으로 분석하기 위하여 학생들과의 면담 내용을 바탕으로 각 문항에서 분석요소를 바르게 이해하고 있으면 1점을, 바르게 이해하지 못했거나 설명이 부족할 경우 0점을 부여하여 <표 9>에 나타내었다. 각 분석요소별 총점 대비 획득 점수를 통해 개념에 대한 이해정도와 일관성을 분석한 결과, 5명의 학생은 공간능력에 따라 두 그룹으로 구분될 수 있

었다. 공간능력이 높은 학생 A, B, C는 광원의 인식, 광선의 진행, 상의 크기에서 올바른 개념을 가지고 있었던 반면, 공간능력이 낮은 학생 D와 E는 불완전한 개념을 가지고 있었다. 특히, 학생 D는 모든 문제에서 상과 그림자의 크기를 고려하지 못하였고 학생 E는 광원 인식과 상의 중첩에서 일관되게 잘못된 개념을 드러냈다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도 중에서 5명의 학생들이 빛 개념을 바르게 인식하는데 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 공간능력임을 알 수 있다.

<표 9> 빛 개념 분석 결과

분석요소	총점	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E
		ShVh-Ah ⁶⁾	ShVm-Ah	ShVI-Al	SIVh-Ah	SIVh-Al
광원인식	7	5	7	7	2	1
광선진행	7	6	7	7	4	2
상의크기	7	5	5	6	0	3
개별 상	7	7	7	2	7	7
전체 상	7	7	6	7	3	3
상의중첩	4	3	2	4	2	0
총점	39	33	34	33	18	16

각 학생의 개인별 개념이해를 가시화하기 위해 <표 9>의 각 분석요소별 점수를 100점 기준으로 환산하여 빛 개념 이해도를 [그림 3]에 나타내었다. 교사의 관찰 추천에서 과학학업성취도를 기준으로 영재학생을 추천한다면 학생 A, B, D가 추천될 가능성이 높다. 하지만 전체적인 개념이해 정도는 과학학업성취도와는 상관없이 공간능력이 높은 학생 A, B, C가 공간능력이 낮은 학생 D, E에 비해 더 뛰어난 것을 알 수 있다. 특히, 높은 공간능력을 가졌으나 언어능력과 과학학업성취도가 낮은 학생 C는 평소의 학습태도와 학업성취도만으로는 영재로 추천받기 어려운 학생이었으나 아래 면담내용과 같이 평소 일상생활 속에서 자연현상에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 한 뛰어난 관찰력을 발견할 수 있었다.

(학생 C - 문항 4에 대한 면담)

R: 좌우가 바뀐다는 건 어떻게 알았어요?

C: 집에서 이런 거 해본 적이 있었어요. 손전등으로.

(학생 C - 문항 5에 대한 면담)

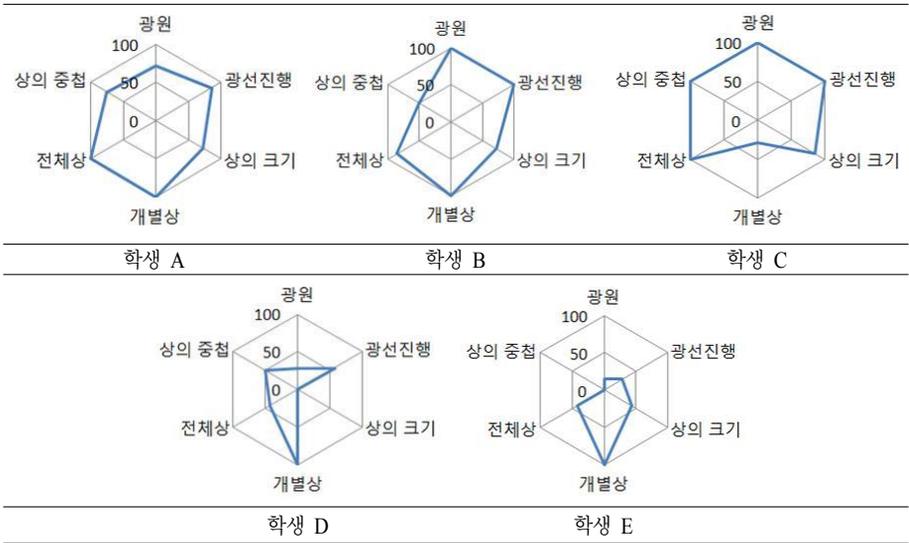
C: 이렇게 동그라미로 나올 수도 있고 그대로 좀 뭐라고 해야 하나. 작은 게 여러 개로 되어서 삼각형 모양으로 그대로 이를 수도 있었는데 제가 지금까지 이런 걸 많이 봤거든요? 놀이터 벤치 같은데서요. 이런 거 많이 봤는데 거의 대부분 이렇게 나오더라고요.

R: 관찰을 했어요?

6) S(Spatial ability: 공간능력), V(Verbal ability: 언어능력), A(Academic achievement: 과학학업성취도), h(high: 상), m(middle: 중), l(low: 하).

C: 예전에 어렵을 때요. 놀이터 벤치에서요. 조그마한 삼각형이나 사각형구멍에서 내려왔는데 왜 바닥에서는 동그라미로 보일까 생각해 본 적이 있어요.

학생 C는 낮은 언어능력으로 인해 과학학업성취도에서 두각을 나타내지 못하였으나 비언어성으로 실시한 빛의 직진 문제에서 뛰어난 성취를 보였다. 또한 지연검사에서도 개별 상에 대한 요소를 제외한 모든 분석요소에서 다른 4명의 학생들보다 빛 개념 이해와 적용이 우수하여 미성취 과학영재로써의 가능성을 보였으며 이러한 결과는 비언어성 검사의 활용을 통한 높은 공간능력을 가진 미성취 과학영재의 발견가능성을 보여준다.



[그림 3] 빛 개념이해도

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학생들의 공간능력과 언어능력을 중심으로 빛의 직진 개념을 이해하고 적용하는 능력을 통해 과학적 잠재력을 확인하고, 과학학업성취도와 비교 분석하였다. 또한, 공간능력, 언어능력, 과학학업성취도를 기준으로 면담대상자를 선정하고 빛 개념에 대한 이해 정도를 질적으로 분석하였다. 본 연구의 결과를 통해 살펴본 결론은 다음과 같다.

첫째, 빛의 직진 문제를 통해 학생들의 과학적 잠재력을 확인한 결과, 공간능력이 중요한 요소인 것으로 나타났다. 이는 공간능력이 높을수록 물리 개념에 대한 이해가 뛰어나다는 선행연구들(Kozhevnikov & Thornton, 2006; Miller & Halpern, 2013)을 뒷받침한다. 한편, 과학학업성취도에는 공간능력과 언어능력이 둘 다 중요하게 작용함에 따라 공간능력이 높은 학생

들의 과학적 잠재력이 드러나지 않았고 공간능력과 언어능력 중 한 능력이 높더라도 다른 능력이 낮으면 높은 성취가 어려움을 보여주었다. 이는 과학학업성취도가 영재관찰 추천 시 중요한 요소로 반영될 경우, 높은 공간능력과 과학적 잠재력을 가진 학생이 부족한 언어능력으로 인해 미성취하게 될 가능성을 보여준다.

둘째, 빛 개념에 대한 이해에서 공간능력에 따라 나타나는 특징을 확인할 수 있었다. 공간능력이 높은 학생은 공간능력이 낮은 학생에 비해 광원에서 나아가는 빛의 형태에 대한 인식, 눈에 보이지 않는 빛의 진행 경로, 빛에 의해 생성되는 상의 모양과 크기에 대해 이해하고 적용하는 능력이 뛰어났으며 전체적인 개념이해도에서 뚜렷한 차이를 보였다. 특히, 공간능력이 낮은 학생은 광원의 한 점에서 광선이 한 방향으로만 나아간다는 오개념을 가지고 있었으며, 광원과 가림판의 거리에 따른 상의 크기를 예상하는 데 어려움을 보이고 평면상에 표현된 광원을 입체적으로 인식하지 못하는 경향이 나타났다.

셋째, 먼담 과정에서 언어능력이 낮고 과학학업성취도가 낮았으나 높은 공간능력을 가진 학생에게서 과학적 잠재력과 자연현상에 대한 흥미와 호기심, 관찰력 등을 통해 미성취영재의 가능성을 발견할 수 있었다. 학급담임으로부터 확보한 학습태도와 학업성적 등의 정보만으로는 확인할 수 없었던 미성취 과학영재의 특징이 확인됨에 따라 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 미성취 과학영재들이 학교 현장에 존재할 가능성을 확인하였다. 이들 미성취 학생들이 자아를 실현하고 사회의 발전에 기여할 수 있도록 부족한 언어능력으로 인한 학습전략의 부재를 해결할 수 있도록 적절한 교육기회와 학습방식을 제공해줄 필요가 있다(안도희, 김옥분, 2007; 최선일, 진석연, 2015).

넷째, 비언어성 검사는 낮은 언어능력을 가진 학생들의 과학적 잠재력을 확인할 수 있는 적절한 평가방식이다. 과학적 잠재력을 가졌지만 언어능력이 낮은 학생들은 언어에 기반한 평가를 통해서 판별하기 어렵다. 본 연구에서는 과학학업성취도에서 드러나지 않았던 공간능력이 높은 학생의 과학적 잠재력을 비언어성 검사를 통해 확인할 수 있었다. 이는 높은 공간능력과 낮은 언어능력을 가진 학생을 판별하기 위한 적절한 평가도구가 부재한 상황 속에서 비언어성 검사의 활용가능성을 보여준다.

본 연구의 결과는 국내 교육 현장에서도 과학적 잠재력을 가진 높은 공간능력의 미성취 과학영재가 존재할 수 있음을 보여주며 비언어성 검사를 활용하여 이러한 미성취 과학영재를 발견할 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한 과학의 발전과 직결되는 공간능력의 중요성과 더불어 미성취 과학영재에 대한 관심의 필요성과 시사점을 제공해준다.

그러나 본 연구에서는 물리 개념 중에서 빛의 직진에 대한 개념만을 살펴보았으므로 과학 전 분야에 대한 과학적 잠재력으로 일반화하기 어렵다. 따라서 높은 공간능력을 가진 학생들의 다양한 물리 개념 이해를 비롯하여 과학적 잠재력을 확인할 수 있는 후속 연구가 필요하다. 또한 연구대상자의 수가 적고 높은 공간능력을 가진 미성취 과학영재에 대한 판별도구의 부재로 인해 본 연구에서 발견한 학생이 미성취 과학영재임을 주장하기에도 어려움이 있다. 언어능력으로 인해 자신의 잠재력을 발휘하지 못하는 높은 공간능력을 가진 미성취 과학영재를 판별할 수 있는 판별도구에 대한 연구와 더불어 그들의 강점인 공간능력을 활용하고 약점인 언어능력

을 보완할 수 있는 적절한 교수법 및 평가방법에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 강호감, 정영미 (2015). 학교 규모별 초등단위 영재학급 교육대상자 선발에 관한 연구. **한국초등교육**, 26(2), 157-175.
- 고광병 (1997). **빛 개념에 대한 초등학교 교사와 학생의 수업 전·후의 개념 조사**. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 교육부 (2013). **제3차 영재교육진흥종합계획(2013~2017)**.
- 구자홍 (2000). **고등학생들의 공간능력과 천체운동개념과의 상관관계**. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 권성기, 김지은 (2007). 초등학교 과학 영재와 일반 학생의 물리 오개념 비교. **초등과학교육**, 25(5), 476-484.
- 권오남, 박경미, 임형, 허라금 (1996). 공간능력에서의 성별차이에 관한 연구. **수학교육**, 35(2), 125-141.
- 권재술, 정진우, 김범기, 최병순, 김한호 (1992). 빛에 대한 국민학교 학생들의 개념조사. **한국과학교육학회지**, 12(2), 43-53.
- 김동일, 이일화 (2010). 읽기 저성취 초등학생의 언어 지식과 독해력과의 관계. **학습장애연구**, 7(1), 27-45.
- 김범기, 이항로, 김기정 (1996). 천문 개념 성취도와 공간 능력과의 상관관계에 관한 연구. **초등과학교육**, 15(2), 315-325.
- 김상달, 이용섭, 이상균. (2005). 초등학교 학생들의 공간능력과 천체운동개념 및 과학탐구능력과의 관계. **한국지구과학회지**, 26(6), 461-468.
- 김종원 (2013). **빛의 직진 개념에 대한 Peer instruction 중심의 과학교사 연수 자료 개발 및 적용**. 박사학위논문. 한국교원대학교.
- 박매옥, 강호감, 최선영(2009). 공간능력에 따른 초등과학 학업성취도 및 과학탐구능력간의 상관관계. **과학교육논총**, 22(1), 95-108.
- 박소영, 이진희 (2007). 복합판별 과정에 의한 초등학교에서의 미성취 영재 판별. **영재교육연구**, 17(2), 251-279.
- 신정화 (2002). **읽기부진아동과 일반아동의 지능 및 해부호화 능력과 독해력과의 관계**. 석사학위논문, 경인교육대학교.
- 안도희, 김옥분 (2007). 학문적 미성취 중학생들의 학업관련 특성: 학업성적, 학업관련 태도, 지적능력에 대한 신념, 학습전략을 중심으로. **교육심리연구**, 21(3), 723-745.
- 윤초희, 박희찬 (2013). 관찰추천 과정에서 초등학교 교사가 인식하는 영재학생 판별기준과 추천요인 분석. **영재교육연구**, 23(5), 771-791.
- 이경훈, 임종옥 (2010). 9학년 학생의 공간 능력 차이에 따른 지구자전 개념의 획득. **한국지구**

과학회지, 31(3), 267-275.

- 이명자, 문병상 (2007). 미성취 영재의 특성과 교육적 지도 방안. **중등교육연구**, 55(1), 159-179.
- 이정은 (2015). **학생, 예비교사, 교사의 광원에 따른 빛의 진행에 대한 개념 유형 분석**. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 이지원, 김종원, 김규환, 황명수, 김중복 (2013). 동료 교수법 기반의 과학교사 연수를 위한 단계형 개념검사문항 개발 -바늘구멍 사진기의 원리 학습을 중심으로-. **한국과학교육학회지**, 33(2), 229-248.
- 이지원, 윤하영, 김중복 (2014). 빛과 그림자 개념 이해를 돕는 3차원 시뮬레이션 콘텐츠 개발 및 적용. **과학교육연구지**, 38(3), 703-717.
- 이효령, 조현준, 박미란 (2012). 공간능력의 차이에 따른 10학년 학생들의 판 운동 관련 개념에 대한 이해 분석. **한국지구과학회지**, 33(4), 360-375.
- 전만국, 김형범, 정진우 (2013). 초등학생의 공간능력에 따른 태양의 고도에 관한 개념. **대한지구과학교육학회지**, 6(1), 28-39.
- 정미경, 윤소윤 (2012). 영재와 공간능력간의 탐색적 고찰: STEM 분야를 중심으로. **한국교육학연구**, 18(3), 135-155.
- 정수정, 최나야 (2013). 초등학생의 읽기이해력과 읽기태도가 교과 성적에 미치는 영향. **아동교육**, 22(4), 257-275.
- 조선미, 한기순 (2014). 비인지적 영역 영재교육 효과성에 관한 메타분석. **영재교육연구**, 24(1), 45-61.
- 천경록 (2006). 독서 능력 표준화 검사 도구의 연구 개발. **독서연구**, 15, 407-436.
- 최선일, 진석언 (2015). 중학교 영재학생의 미성취 문제 해결을 위한 중재방안으로서의 읽기 이해 전략 프로그램 개발. **영재교육연구**, 25(4), 649-667.
- 한기순, 신정아 (2007). 성취 영재와 미성취 영재는 어떻게 다른가?: 학습전략, 동기, 능력신념, 그리고 문제해결성향의 차이분석. **영재교육연구**, 17(1), 27-50.
- Andersen, L. (2014). Visual-Spatial ability: Important in STEM, ignored in gifted education. *Roeper Review*, 36(2), 114-121.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
- Gohm, C. L., Humphreys, L. G., & Yao, G. (1998). Underachievement among spatially gifted students. *American Educational Research Journal*, 35(3), 515-531.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. A., & Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31(4), 549-579.
- Kozhevnikov, M., & Thornton, R. (2006). Real-time data display, spatial visualization ability, and learning force and motion concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 111-132.

- Lohman, D. F., Lakin, J. M., Sternberg, R., & Kaufman, S. (2009). Reasoning and intelligence. *Handbook of Intelligence*, 419-441.
- Lord, T., & Nicely, G. (1997). Does spatial aptitude influence science-math subject preferences of children? *Journal of Elementary Science Education*, 9(2), 67-81.
- Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual Differences*, 49(4), 344-351.
- Mann, R. L. (2005). Gifted students with spatial strengths and sequential weaknesses: An overlooked and underidentified population. *Roeper Review*, 27(2), 91-96.
- Miller, D. I., & Halpern, D. F. (2013). Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learning and Individual Differences*, 26, 141-152.
- Reis, S. M., & McCoach, D. B. (2000). The underachievement of gifted students: What do we know and where do we go? *Gifted Child Quarterly*, 44(3), 152-170.
- Shepard, R. (1996). *The science of imagery and the imagery of science*. Annual Meeting of the American Psychological Society, San Francisco.
- Silverman, L. K. (2002). *Upside-down brilliance: The visual-spatial learner* DeLeon Pub.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817.

= Abstract =

Exploration on possibility of finding gifted underachievers with high spatial ability and low verbal ability in elementary science field: Focused on “Light Propagation”

Yeon-su Jung

Sangbong Elementary School

Jiwon Lee

Korea National University of Education

Jung Bog Kim

Korea National University of Education

The purpose of this study is to explore a possibility finding gifted underachievers who have high spatial ability, but low verbal ability in elementary science field. In Korea, because teachers used to refer students' academic achievement only when they recommend gifted students, underachievers used to be excluded. The participants are 5th-grade students in elementary school. In this research, developed teaching materials were given to students to find underachievers. Results of spatial ability test, verbal ability test, science academic achievement, non-verbal test, and interviews about light propagation concept were obtained. By analyzing results of this study, we found that spatial ability is the most important factors to understand light propagation. And there are some features to understand light propagation according to spatial ability. Lastly, this study shows the possibility of non-verbal test to find gifted underachievers with high spatial ability and low verbal ability.

Key Words: Underachieve, Science gifted students, Spatial ability, Verbal ability, Science academic achievement, Light propagation

1차 원고접수: 2016년 2월 12일
수정원고접수: 2016년 3월 16일
최종게재결정: 2016년 3월 29일