



학생의 열린 과학 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 점검표 개발

김덕영¹, 박종원^{2*}

¹영천 중학교, ²전남대학교

Development of A Checklist for Helping Students' Open Scientific Inquiry Report Writing

Duk-Young Kim¹, Jongwon Park^{2*}

¹YoungCheon Middle School, ²Chonnam National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 September 2015

Received in revised form

28 October 2015

25 December 2015

Accepted 28 December 2015

Keywords:

open inquiry,
scientific inquiry report,
science writing,
checklist, scientifically gifted
student

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a checklist for helping students write scientific inquiry reports after conducting open inquiry. To do this, eight scientifically gifted middle school students' worksheets for open inquiry, inquiry activities during conducting open inquiry, and final scientific inquiry reports were analyzed. Parts that were considered unsuitable in the writing inquiry reports as well as good parts were identified, and using this result, a checklist for helping students write good inquiry reports was developed. The checklist consisted of five categories and 46 items. The checklist was applied to inquiry reports written by seven other gifted students. Analyzing agreement rates of the checklists with two evaluators, high reliability could be obtained. Finally, recommendations for more effective use of the developed checklist were discussed.

1. 서론

본 연구는 학생들이 열린 탐구(open inquiry)를 수행하고 그 결과를 탐구 보고서로 작성할 때, 탐구 보고서 작성과정에서 어떤 어려움이 있는지 밝히고, 그러한 어려움을 돕기 위한 방안을 찾고자 시작하였다.

열린 탐구는 주어진 주제나 상황에서 학생이 탐구할 문제를 스스로 설정하고, 탐구방법을 설계하여, 직접 실험을 수행하여 결과를 얻고 해석하도록 되어 있어, 과학자의 실제 탐구활동으로 비유된다(Zion & Medelovici, 2012). 이러한 열린 탐구에 대해 여러 가지 장점들이 보고되어 왔다. 예를 들어, Sadeh & Zion (2009)는 안내된 탐구에 비해 열린 탐구는 탐구과정에서 일어나는 역동적인 변화(실험상황에 의해 생기는 변화나 기술적 문제를 해결하는 과정에서 생기는 변화 등)를 배울 수 있고, 과정적 지식(탐구 기능)의 이해에도 도움이 된다는 것을 관찰하였다. Berg *et al.*(2003)은 기존의 실험에 비해 열린 탐구를 수행한 학생들이 자신의 실험에 대해 더 잘 기술하고, 실험에서 나온 이상한 결과나 오차에 대해서 더 잘 평가하며, 실험 개선을 위한 제안과 새로운 실험목표를 더 잘 제안한다고 하였다. 그리고 반성적 질문을 더 많이 한다는 것도 관찰하였다. 또 Krystyniak & Heikkinen (2007)은 학생들이 열린 탐구를 할 때, 지도강사의 도움으로부터 벗어나 보다 더 독립적인 탐구활동을 하게 되는 것을 관찰하였다.

열린 탐구의 이러한 여러 가지 장점에도 불구하고, 학교 현장에서 열린 탐구의 지도가 쉬운 것만은 아니다. 예를 들어, 열린 탐구는 실제 학교 현장에서 쉽게 적용할 수 없는 비현실적인 방법이라는 주장도 있고(Settlage, 2007), 정해진 교육과정과 시험 준비, 탐구에 필요한

시간 부족, 학생의 태도(정보의 암기에 익숙하고 실험에 관심이 없는 학생들의 탐구에 대한 거부감)나 능력(탐구를 독립적으로 수행할 능력의 부족)에서의 제한점, 또는 알려지지 않은 결과에 대한 두려움 등과 같은 어려움이 있다고 지적도 있다(Trautmann, McKinster, & Avery, 2004). 또한 교사 자신도 참탐구(authentic inquiry)의 경험이 부족하기 때문에 열린 탐구의 지도에 어려움을 갖는 경우가 많다(Windschitl, 2004).

국내에서도 Kim & Song (2012)은 학생들이 열린 탐구과정 중, 문제 인식, 실험설계, 실험수행, 자료해석 및 결론도출의 각 단계에서 어떠한 어려움을 갖는지를 조사한 바 있다. 예를 들면, 준비된 실험과 달리 기존의 실험장치를 변형시키거나 새로운 형태의 실험장치를 만들어야 하는 과정에서 어려움을 겪거나, 답이 정해져 있지 않기 때문에 실험 자체에 대해 불안감을 갖는 경우가 있다고 하였다. Lim *et al.* (2010)은 예비교사들이 열린 탐구를 수행할 때, 주제 선정, 부족한 실험 여건, 그리고 변인통제나 실험설계 또는 역할분담 등에서 어려움을 가지고 있음을 관찰하였다. 이에 Park & Lee (2012)는 그 동안의 열린 탐구에서 겪는 학생들의 어려움에 대한 연구와 중학생들을 대상으로 한 설문조사에 기초하여, 탐구동기, 탐구계획, 탐구전략, 탐구환경, 탐구참여의 5개 영역에서 총 25개 요소로 구성된 열린 탐구에서의 어려움을 추출하였다.

열린 탐구에서의 이러한 어려움을 돕기 위한 연구로는 Park (2005; 2013a)의 연구가 있다. 그는 학생들이 탐구문제를 발견할 때 어떤 사고방법을 통해 어떤 유형의 탐구문제를 발견하는지를 조사한 후, 이를 이용하여 학생에게 탐구문제 찾는 방법을 안내해 주었다. 그 결과 학생

* 교신저자 : 박종원 (jwpark94@jnu.ac.kr)

** 본 논문은 김덕영의 2010년도 석사학위 논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.6.1075

들이 보다 많은, 그리고 다양한 탐구문제들을 찾을 수 있다는 것을 관찰하였다. 또 Park & Yang (2013)은 학생들이 자신만의 실험을 설계할 때 어떠한 어려움이 있는지를 조사한 후, 학생들의 실험 설계를 돕기 위한 점검표를 만들어 적용하여 학생들의 실험설계에 효과적임을 관찰하였다.

본 연구는 열린 탐구에서 겪는 여러 가지 어려움들 중에서, 열린 탐구를 수행한 후에 작성하는 탐구 보고서에 대한 어려움과 그를 돕기 위한 방안에 초점을 맞추었다.

기존의 학교 탐구 보고서는 제목과 연구방법뿐 아니라, 결과를 분석하고 기록하는 것에 대한 안내가 상세하게 주어진 경우가 많다. 그러나 열린 탐구 보고서는 연구 제목뿐 아니라 연구동기와 연구방법, 결과 분석에서 결론에 이르기까지 학생이 스스로 작성해야 한다. 따라서 탐구보고서 작성은 의사소통 기능과 함께 과학 글쓰기의 한 영역으로, 과학학습지도에서 강조되어 왔다. 예를 들면, 영국의 과학교사협회(ASE: Association of the Science Education)에서는 이미 1986년도에 사고기능과 실험기능뿐 아니라, 의사소통 기능을 과학탐구의 주요 기능으로 강조하였다(Nellist & Nicholl, 1986, pp. 5-6). 또 과학 글쓰기는 과학적 소양과 과학의 본성 이해를 위해서도 중요하다고 하였고(Keys et al., 1999), 비판적 사고를 높은 수준으로 올리는 데에도 도움이 된다고 하였다(Oliver-Hoyo, 2003).

좀 더 구체적으로 Klein (1999)은 글쓰기를 통해 자발적으로 지식을 생성하게 되고, 원래 생각을 반복적으로 반추하면서 모순과 새로운 추론을 분명하게 하며, 지식과 생각들을 연결시켜 구조화시키는 활동을 하게 되고, 원래 목표에 부합하도록 새로운 내용을 생성하게 된다고 하였다. 이러한 글쓰기 활동을 과학탐구보고서 쓰기와 연결시켜 보면, 연구 동기에서부터 결론에 이르기까지 다양한 지식과 정보를 구조화하고, 실험결과 얻어진 자료를 반추하고 모순을 찾아 제거하여, 실험결과에 근거하여 새로운 과학지식을 주장하며, 결론 등에서 연구목표에 부합되는 주장을 한다는 측면에서 과학탐구 보고서 쓰기가 글쓰기를 위한 매우 적절한 사례라고 할 수 있다. 이에 Keys (2000)는 글쓰기의 지식 변형 모델(knowledge-transformation model of writing)에 기초하여 학생들이 과학 탐구 보고서를 작성하는 과정을 분석하여, 과학 탐구 보고서 작성이 과학학습에 직접적으로 도움이 될 수 있다는 것을 관찰하였다. 그러나 이러한 과학 글쓰기 지도와 달리, 구체적으로 과학논문 형식의 글쓰기 지도는 매우 부족한 것이 사실이다(Brigati & Swann, 2015). 대학생들조차도 좋은 실험보고서의 사례를 본 경험이 적고, 보고서에서 써야 할 주요 내용들을 빠뜨리는 경우가 많다는 지적이 있어왔다(Berry & Fawkes, 2010).

이에 Wellington & Osborne (2001, p. 73)은 실험보고서 작성을 위해, 좋은 예시를 교실 벽에 게시하는 방법이나 실험보고서의 전형적인 틀 구성에 대해서 교사가 학생과 함께 작성하는 활동이 실험보고서 작성에 도움이 될 수 있다고 하였다. Deiner, Newsome, & Samaroo (2012)는 대학 1학생 학생들의 화학 실험 보고서 작성을 돕기 위해 전문 과학자의 논문과 같은 형태로 영역별(예: 제목, 초록, 도입 등) 질문과 답안 예시로 구성된 안내지를 활용하였다. 초록 영역에서 제시된 질문과 예시답안의 예를 보면 다음과 같다. (질문 1) ‘무엇을 왜 하였습니다습니까?’ (예시 답안) ‘나는 5개의 염을 각각 물에 녹이고 밀도를 측정하였다. 이것은 각 염의 용해도를 계산하기 위한 것이었다’. 그 결과, 연구자들은 이러한 안내지가 학생들의 보고서 작성에 도움을

줄 수 있었다고 하였다. 이 외에도 Schepmann & Hughes (2006) 등은 대학에서의 실험보고서 작성을 돕기 위한 연구들을 수행하여 긍정적인 결과들을 얻은 바 있다. 그러나 중등학생들의 열린 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 연구들은 거의 없었다.

이에 본 연구는 중등학생들이 열린 탐구를 수행한 후에 작성하는 열린 탐구 보고서 작성에 어떠한 어려움이 있는지 밝히고, 그러한 어려움을 돕기 위한 구체적인 방안을 찾고자 하는 것이다. 이를 위한 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 학생들이 열린 탐구 보고서를 작성하는 과정에서 잘 하는 측면과 잘 못하는 측면들이 무엇인지 찾는다.

둘째, 위의 결과를 이용하여 열린 탐구 보고서 작성에 도움을 줄 수 있는 점검표를 개발한다.

셋째, 개발된 점검표의 신뢰도를 점검한다.

II. 연구방법

1. 탐구활동에 사용한 프로그램

본 연구에서는 학생들이 자유롭게 변인을 설정하고 통제하면서 실험을 설계하고 수행할 수 있도록 시뮬레이션 프로그램을 이용하였다. 본 연구에서 사용한 Interactive Physics 프로그램은 학생이 물체의 종류와 물리적인 성질(질량, 마찰계수 등), 초기조건(초기위치, 초기속력 등), 환경(중력의 크기, 공기마찰의 크기) 등을 마음대로 설정할 수 있고, 다양한 측정결과(위치, 에너지 등)를 얻어 그래프로 나타낼 수 있도록 되어 있어, 열린 탐구로 적절하다고 판단하였다.

2. 탐구활동의 구성

탐구활동 내용은 크게 3단계로 구성되어 있다: (1) 시뮬레이션 사용법 6시간, (2) 시뮬레이션 적용탐구 3시간, (3) 열린 탐구 9시간. 이 중 시뮬레이션 사용법과 시뮬레이션 적용탐구는 원격수업자료가 사전에 제공되어 집에서 먼저 스스로 공부한 후에 주말에 출석하여 직접 탐구하는 방식으로 진행되었다. 그리고 자유탐구 9시간은 원격수업자료 없이 3회에 걸쳐 주말에 출석하여 직접 수행하도록 하였다.

시뮬레이션 사용법(6시간)은 주로 Interactive Physics 프로그램의 다양한 메뉴들을 활용하는 방법에 대한 것으로 구체적인 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. The content of simulation guideline

구분	내용	시간
사용법 1	<ul style="list-style-type: none"> 모양 만들기앵커-포인트-슬롯 스프링-제진기-힘 도르래-줄-막대-분리자-가동기 모터-회전스프링-제진스프링 엑셀-동영상보내기가중력 	3시간
사용법 2	<ul style="list-style-type: none"> 정전기-역장-여기서 시작-궤적 정밀도-정지 컨트롤-설정-작업창-스냅 버튼 스냅-새준거-탄성-그림 붙이기 벡터-합력-항력-새버튼 측정-위치-속도-합력-장력 운동에너지-위치에너지 	3시간

Table 2. The content of open inquiry worksheet

구분	내용
실제 관찰	<ul style="list-style-type: none"> • 신문지와 야구공의 실제 낙하운동에 대한 (낙하시간 비교) 예상과 관찰 및 기록 • 자유낙하 운동에 대한 다중섬광사진 관찰(힘의 방향과 크기 분석)
시뮬레이션 사용법	<ul style="list-style-type: none"> • 물체 선정방법과 선정한 물체의 시간, 속도 등의 측정방법 • 공기저항 조절 방법 • 물체의 물리적 성질과 초기조건 조절 방법
열린탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 변인의 변화에 따른 낙하운동의 특징을 알아보기 위한 실험방법 설계하기 • 관찰결과에 어떠한 특징들이 있는지 기술하기 • 관찰결과부터 규칙성 찾아 기술하기

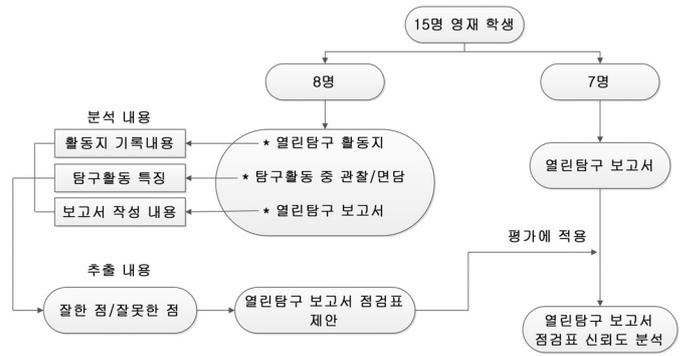


Figure 1. Overview of research

$$\text{일치도} = \frac{\text{평가결과가 일치된 항목수}}{\text{평가 총 항목수}}$$

Figure 2. The degree of agreement between two raters

시뮬레이션 적용탐구(3시간)는 사전에 개발된 시뮬레이션 프로그램을 실제 상황(지구와 달의 운동, 단진자 운동)에 적용해 보는 활동으로 제시되어 있다.

열린 탐구(9시간)에서는 학생들이 스스로 문제를 선택하고, 실험을 설계하여 데이터를 수집하고 스스로 분석하여 결과를 제시하도록 하였다. 이때 탐구상황까지 자유롭게 선택하게 하면 탐구의 범위가 너무 넓어지므로, 탐구상황은 ‘중력장에서 물체의 낙하운동’으로 한정하였다. 학생들은 주어진 상황에서 낙하할 물체의 종류나 모양, 초기 조건, 공기저항의 변화 등을 조절하면서 탐구를 자유롭게 수행할 수 있도록 하였다.

그리고 짧은 시간동안의 열린 탐구를 돕기 위해, ‘열린탐구 활동지’가 제공되었는데(Table 2), 활동지는 다음 3가지 내용으로 구성되어 있다: 자유낙하 운동에 관한 실제 관찰, 관련된 시뮬레이션 사용법 안내, 열린탐구. 활동지에서 ‘실제 관찰’을 제시한 이유는 “시뮬레이션이 결코 직접 수행하는 실험을 대체하는 방식이어서는 안된다”는 지적(Doerr, 1997)을 고려해서이다.

열린 탐구 활동지에서 실제관찰과 시뮬레이션 사용법 활동이 끝나면 곧 학생들은 자유롭게 자신이 선정한 주제에 따라 열린 탐구를 실시하면서 스스로 실험방법을 설계하고, 실험결과를 얻어서 특징들을 찾아보고, 관찰결과로부터 어떠한 규칙성이 있는지 등을 찾아 기록하도록 하였다.

열린 탐구가 끝나면 5개의 내용(제목, 연구문제, 연구방법, 연구결과, 결론)으로 구성된 열린 탐구 보고서를 자유롭게 작성하여 제출하도록 하였다. 이때 보고서의 양식이나 보고서 쓰는 법을 별도로 제시하지 않았는데, 그 이유는 열린 탐구보고서 작성에서 학생들이 어떠한 측면에서 부족한지 알아보기 위해서였다.

3. 참여학생 및 자료 수집과 분석

본 탐구활동에 참여한 학생은 대학소속 영재교육원에 다니는 15명의 중학교 2학년 학생이다. 이 학생들은 영재교육원에서 1차 년도(1년간 약 100여 시간)에 기초 영재교육을 받은 후, 2차 년도에 참여한 학생들이다. 전체적인 자료수집과정과 분석내용은 Figure 1과 같다.

Figure 1에서 임의로 선정한 8명으로부터 열린 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 점검표 개발을 위한 데이터를 수집하였다. 데이터는 학생들이 열린 탐구를 실시하는 과정에서 어떠한 측면을 잘 수행하는지, 또 어떠한 측면을 잘 수행하지 못하는 지에 대한 것이었다. 이에 대한 조사는 다음 3가지 방법을 통해 수행되었다: (1) 열린 탐구 활동지

(Table 2)의 ‘열린 탐구’에 학생이 기록한 내용, (2) 열린 탐구 수행과정에 대한 연구자의 관찰과 비구조화된 면담, (3) 열린 탐구 후에 각자 제출한 열린 탐구 보고서.

3가지 방법에서 수집된 자료는 탐구과정(예를 들면, 연구문제, 연구방법 등)별로 ‘잘한 부분’과 ‘잘못한 부분’으로 구분하여 정리하였다. 여기에서 잘한 부분은 계속 격려하고, 잘못된 부분은 지도가 필요한 측면이라고 보고, 이러한 결과들을 정리하여, ‘열린 탐구 보고서’ 작성을 돕기 위한 ‘점검표’를 제안하였다. 예를 들어, ‘연구문제를 쓸 때 왜 그런 연구를 하고자 하였는지 관련된 배경이론을 제시한 경우’는 잘한 부분으로 추출하여, “배경지식에 기반하여 근거있는 문제제기를 한다”는 내용을 점검표 항목으로 포함시켰다. 마찬가지로 ‘두 개 이상의 독립변인이 있는 경우에 필요한 변인통제를 하지 않은 경우’는 잘못된 부분으로 추출하여, “변인통제를 한다”는 내용을 점검표 항목으로 포함시켰다.

개발된 점검표는 Figure 1에서 나머지 7명의 학생들이 작성한 열린 탐구 보고서 평가에 적용하여 평가자간 일치도를 이용해 점검표의 신뢰도를 분석하였다.

4. 열린 탐구 보고서 점검표의 신뢰도 점검

열린 탐구 보고서 점검표의 신뢰도를 알아보기 위해, 7명 학생의 열린 탐구 보고서 평가에 점검표를 적용한 후, 평가결과에 대한 평가자간 일치도를 구하였다.

평가자간 일치도를 구할 때, 평가자가 2명인 경우에는 Cohen’s kappa를 사용하고 평가자가 3명 이상인 경우에는 Light’s kappa나 Fleiss’s kappa를 사용하는 것이 일반적이다(Hallgren, 2012). 그러나 평가 결과가 한 쪽으로 몰릴 수 있는 경우(예를 들면, 보고서가 완벽하여 점검할 내용이 없거나, 보고서가 너무 불완전하여 거의 모든 항목이 다 점검되어야 하는 경우)에는 ‘kappa paradox’라고 알려진 문제가 있으므로(Kundel & Polansky, 2003; Viera & Garrett, 2005), 본 연구에서는 Cicchetti & Feinstein (1990)가 제시한 다음과 같은 방법으로 일치도를 구하였다(Figure 2). 그리고 평가자가 3명 이상이므로, 가능한 모든 2명의 쌍으로부터 일치도를 구한 다음, 일치도들의 평균값을 제시하였다.

Table 3. Good parts and bad parts analyzed in students' open inquiry activity sheets

탐구 단계	유형	내용
연구 방법	잘한 경우	없음
	잘못한 경우	WMN 1: 종속변인만 명시되어 있고, 독립변인이 명시되어 있지 않다.
		WMN 2: 필요한 변인통제가 포함되지 않았다. WMN 3: 실험방법을 나타내는 데 필요한 그림이 포함되지 않았거나, 그림만 제시하고 그림에 대한 설명이 제시되지 않았다.
연구 결과	잘한 경우	WEY 1: 예상하지 못한 결과도 함께 제시하고, 그 이유를 알아보기 위한 추가 활동을 실시하여 결과를 제시하였다.
	잘못한 경우	WEN 1: 결과만 제시하고, 결과와 함께 필요한 실제 데이터가 제시되지 않았다. WEN 2: 결과를 제시하는 표의 형식(변인에 대한 단위 누락 등)이 완전하지 않다.
연구 결론	잘한 경우	WGY 1: 변인들 간의 관계를 적절한 관계식으로 나타내었다.
	잘못한 경우	없음

실험방법 1: 부피가 같은 다른 재질로 바꾸었을 때의 속력의 빠르기
강철 > 바위 > 점토 > 얼음 > 고무 > 나무 > 플라스틱

Figure 3. Example of WEN 1 in Table 3

실험 5: v_x 가 왜 파동모양일까?
[낙하하는 물체]* 원 [물체] ①은 회전속도를 0으로 주었고, 원 [물체] ②는 회전속도를 10으로 주었다. [회전 속도에 상관없이 v_x 가 직선이어야 하는데, 위아래로 약간씩 변하면서 파동 모양으로 보인다] (단, 재질, 질량, 부피는 같다)

* [] 안의 내용은 연구자가 추가한 내용임.

Figure 4. Example of WEY 1 in Table 3

7명 학생의 열린 탐구 보고서 평가는 점검표 제작에 참여한 교사 5명과 점검표 제작에 참여하지 않은 교사 5명에 의해 수행되었다. 평가방법은 먼저 교사 개인별로 점검표에 의해 학생의 보고서를 평가한 다음에, 평가결과에 대해서 상호 비교하고 차이점에 대해서 간단한 토론을 실시한 후에 재평가하는 방식으로 진행되었다.

III. 결과

1. 학생의 탐구활동 분석결과

가. 열린 탐구활동지에 기록한 학생의 탐구활동

Table 2의 열린 탐구 활동지에서 '열린 탐구'에 학생이 기록한 내용을 중심으로, 학생의 탐구활동을 잘 수행한 측면과 잘못 수행한 측면을 연구방법, 연구결과, 연구결론의 3단계별로 제시한 결과는 Table 3과 같다.

분석결과, 특별히 잘 수행한 것으로 격려할 가치가 있다고 판단되는 유형(잘한 경우)으로 2개가 정리되었고, 지도가 필요한 것으로 판단되는 유형(잘못한 경우)으로 5개가 정리되었다(Table 3). 물론, 잘한 유형과 잘못된 유형이 동일한 성격의 내용인 경우에는 결과를 단순하게

Table 4. Good parts and bad parts analyzed through observation and interview during students' open inquiry

탐구 단계	유형	내용
연구 방법	잘한 경우	없음
	잘못한 경우	IMN 1: 필요한 변인통제를 하지 않았거나, 변인통제 한 내용을 구체적으로 제시하지 않았다. IMN 2: 반복실험이 포함되어 있지 않고, 1회만 실시하여 결과를 얻도록 하였다.
연구 결과	잘한 경우	IEY 1: 데이터와 그래프를 비교하면서 특징을 분석하였다.
	잘못한 경우	IEN 1: 프로그램으로부터 얻은 데이터에 대해서 확실하지 않은 내용을 분명하게 하지 않았다. IEN 2: 데이터만 얻고 그래프를 이용한 분석을 하지 않았다. IEN 3: 결과를 얻기 위해 사용한 프로그램을 저장하지 않았다.
		잘한 경우
연구 결론	잘못한 경우	IGN 1: 다양한 결과를 하나의 결론으로 요약하지 제시하지 못했다. IGN 2: 정량적 표현이 가능함에도 불구하고 결론을 정성적으로만 제시하였다.

교사: 너는 속력을 그래프와 숫자로 동시에 봤네? 왜 그랬어?
학생: 숫자를 봤는데요 계속 일정해서 그래프를 그려서 참고하려고 바꿔서 봤어요.

Figure 5. Example of IEY 1 in Table 4

교사: 예를 들어 여기 공기 저항이 4일 때와 8일 때를 비교한다고 했잖아. 그래서 공기 저항이 8일 때 더 느리게 떨어진다고 했지? 그럼 혹시 몇 배 더 느리게 떨어진다거나 그런 것은 없어?
학생: 그것까지는 생각을 못했는데요.

Figure 6. Example of IGN 2 in Table 4

나타내기 위해 두 유형 중에서 한 유형에만 표시하였으므로, 유형의 수가 실제로 관찰된 수는 아니다. 예를 들어, 'WEN 2'와 관련해 어떤 학생들은 표를 형식에 맞추어 잘 나타낸 경우가 있는데, 그러한 경우를 특별히 잘한 경우로 분류하여 'WEY 2'로 나타내지 않았다.

잘못한 경우와 잘한 경우에 각각 한가지씩만 예를 들면, Figure 3과 Figure 4와 같다. Figure 3에서는 물체들의 낙하속도를 비교한 결과는 제시했지만, 결과에 물체의 낙하속력을 함께 표시하지 않아 잘못된 경우(WEN 1 in Table 3)이다.

Figure 4는 실험 중, 물체에 회전속도를 주고 수직 낙하시켰을 때 물체의 속력(v_x)이 일정해야 하는데 예상과 달리 파동모양으로 나타나자, 그 결과를 제시하고 왜 그런지 알아보기 위한 추가 결과를 얻은 경우로 잘한 경우(WEY 1 in Table 3)이다. 이 학생은 이를 위해 공기 저항을 없애자 v_x 가 일정하게 나타나는 것을 보고, 예상치 못한 결과가 공기의 저항 때문이라는 결과를 추가로 제시하였다.

나. 열린 탐구활동 관찰과 면담에서 나타난 학생의 탐구활동

학생의 탐구활동 관찰과 관찰 중 이루어진 비구조화된 면담은 학생들이 자유탐구를 수행하는 과정에서 이루어졌다. 이 경우에 학생의 탐구활동을 연구방법, 연구결과, 연구결론의 3 단계에서 분석한 결과는 Table 4와 같다.

Table 5. Good parts and bad parts analyzed in the students' research reports

탐구단계	유형	내용
제목	잘한 경우	RTY 1: 독창적인, 참신한 주제를 선정하였다
	잘못한 경우	RTN 1: 제목에 필요한 변인을 쓰지 않아서 실험에 어떤 주요 변인이 포함되었는지 알 수 없다.
연구문제	잘한 경우	ROY 1: 예상하지 못했던 우연한 발견을 주제로 선택하였다.
		ROY 2: 배경지식(학교에서 배운 내용 등)에 근거하여 새로운 연구주제를 찾으려고 하였다.
		ROY 3: 실험결과에 대해 필요한(가능한) 예측을 제시하였다.
		ROY 4: 공식을 통해 일반화시키는 것까지 생각하였다.
잘못한 경우	RON 1: 너무 단순한 주제를 선정하였다.	
	RON 2: 어떠한 상황에서 연구를 수행할 것인지 필요한 (이상)조건이나 가정이 제시되지 않았다.	
	RON 3: 설정한 변인이 구체적으로 명시되지 않았다.	
	RON 4: 언어적 표현 능력이 부족하여 의도가 분명하지 않다.	
연구방법	잘한 경우	RMY 1: 독립변인과 종속변인을 설정하였다.
		RMY 2: 가능한 변인을 다양하게 고려하였다.
		RMY 3: 필요한 변인통제를 잘하였다.
		RMY 4: 필요한 이상조건과 가정을 제시하였다.
		RMY 5: 독창적인 실험방법을 설계하였다.
		RMY 6: 실험단계를 논리적으로 (단계별로 번호를 사용하여) 잘 제시하였다.
		RMY 7: 필요한 경우 실험장면을 그림으로 표현하여 이해를 도왔다.
잘못한 경우	RMN 1: 설정된 변인의 값을 정하지 않았다.	
	RMN 2: 필요한 반복실험이 포함되지 않았다.	
	RMN 3: 필요한 측정방법이 고안(제시)되지 않았거나, 구체적이지 않다.	
	RMN 4: 연구동기와 실험설계 내용이 불일치하였다.	
	RMN 5: 연구방법과 연구결과를 분리하지 않고, 연구방법에 결과가 포함되었다.	
	RMN 6: 물리적으로 옳은 용어를 사용하지 않았다.	
	RMN 7: 표현능력이 부족하여 의도를 파악하기 힘들었다.	
	RMN 8: 필요한 단위를 쓰지 않았다.	
연구결과	잘한 경우	RRY 1: 새로운(예상치 못한) 현상을 발견할 때, 새로운 연구방법에 따라 얻은 결과도 함께 제시하였다.
		RRY 2: 필요한 경우에 변인이나 용어에 대한 조작적 정의, 또는 정량적 표현을 제시하였다.
		RRY 3: 데이터를 그래프로 처리하고, 변인들간의 (정량적) 관계를 밝혔다.
		RRY 4: 결과에 대해 필요한 해석을 적절하게 하였다.
잘못한 경우	RRN 1: 독립변인과 종속변인을 구별하지 않고 결과를 제시하였다.	
	RRN 2: 결과와 함께 필요한 실험조건이 명시되지 않았다.	
	RRN 3: 측정결과와 일부만 제시하였다.	
	RRN 4: 데이터의 정확한 (정량적) 표시가 없이 정성적으로 실험결과를 썼다.	
	RRN 5: 실험횟수가 너무 적다.	
	RRN 6: 필요한 그래프로 나타내지 않거나, 그래프의 양식에 충실하지 않았다.	
	RRN 7: 필요한 표를 제시하기 않거나, 표의 양식에 충실하지 않았다.	
	RRN 8: 여러 개의 그래프나 그림에 대한 번호를 표시하지 않았다.	
	RRN 9: 그림으로 자료를 제시할 때 분명하게 나타내지 못했다.	
	RRN 10: 결과를 해석할 때 근거를 제시하지 않거나, 근거가 미약하였다.	
	RRN 11: 연구결과들을 일관성있게 제시하지 않았다.	
	RRN 12: 실험방법은 제시하였으나, 그에 대한 실험결과가 없다.	
연구결론	잘한 경우	RGY 1: 연구 동기에서 연구 결론까지 전 과정이 일관성이 있게 요약되었다.
		RGY 2: 결론이 실험목적과 연관되어 있다.
		RGY 3: 실험결과를 이용하여(근거하여) 결론을 도출하였다.
		RGY 4: 실험결론을 공식을 통해 일반화시키려고 시도하였다.
잘못한 경우	RGN 1: 실험방법이나 실험결과와 무관한 결론을 내리거나 반대로 결론을 내린 경우가 있다.	
	RGN 2: 필요한(중요한) 실험조건이나 변인(통제)을(를) 언급하지 않았다.	
	RGN 3: 언어표현능력이 부족하여 글의 내용을 이해하기 어려웠다.	
	RGN 4: 결론과 결과를 구별하지 못하고, 결론을 결과로 대신하였다.	

Table 4에서 잘한 경우와 잘못된 경우에 대한 예를 하나씩 제시하면 Figure 5와 Figure 6과 같다. Figure 5에서는 물체들의 낙하속도를 측정할 때, 숫자로 된 데이터를 얻고 다시 그래프로 표시하여 둘을 비교하는 경우로 잘 한 경우(IEY 1 in Table 4)이고, Figure 6은 실험 중, 실제 얻은 데이터에서 정량적인 관계를 결론으로 제시할 수 있음에도 불구하고 정성적으로만 결론을 제시하여 잘못된 경우(IGN 2 in Table 4)였다.

다. 열린 탐구보고서에 나타난 학생의 탐구활동

열린탐구를 수행한 후 학생들은 자신의 수행한 열린 탐구과정과

결과를 보고서(제목, 연구문제, 연구방법, 연구결과, 결론으로 구성)로 제출하였다. 학생의 열린탐구 보고서에서 잘 수행한 측면과 잘못 수행한 측면을 제목, 연구동기, 연구방법, 연구결과, 결론, 적용의 5단계별로 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에서 잘못 한 경우로 분류된 29개 경우에 대한 예시는 Figure 7~Figure 10과 같다. Figure 7은 수직낙하하는 물체의 가속도가 다른 변인(예를 들면, 공기저항이나 물체의 모양 등)의 변화에 따라 어떻게 달라지는지를 알아보기 위한 내용인데, 제목에 주요 독립변인을 명시하지 않은 경우이다. Figure 8에서는 공기저항의 크기나 막대의 무게를 정량적으로 표시해야 함에도 불구하고 정성적으로만 제시하였다.

제목: 수직낙하시 가속도의 변화량에 대하여
 Figure 7. Example of RTN 1 in Table 5

공기저항을 많이 받고 무게가 가벼운 막대를 놓는다.
 Figure 8. Example of RMN 1 in Table 5

1 kg으로 조건이 같은 구(높이, 밀도, 부하 등) 3개를 만든 다음에 공기 저항을 각각 K=2, k=4 k=6로 놓고 실험한다. 측정할 것은 시간, 가속도, 속도 등을 측정하고 가속도가 0이 되는 지점의 시간도 함께 측정한다.
 Figure 9. Example of RMN 2 in Table 5

- 1. 물체의 질량에 따른 종단속도 관찰
- 2kg: 4.903m/s
- 4kg: 9.807m/s
- 6kg: 14.710m/s
- 8kg: 19.613m/s
- 10kg: 24.517m/s

Figure 10. Example of RRN 7 in Table 5

Figure 9에서는 1kg인 구를 여러 번 반복실험하는 것이 필요하고, 또 구의 질량을 2kg, 3kg, ... 으로 바꾸어 실험할 필요도 있음에도 불구하고, 그러한 내용이 제시되지 않았다. 그리고 Figure 10에서는 측정결과를 나열하기만 하였고, 필요한 표로 제시하지 않은 경우였다.

Table 5에서 잘한 경우로 정리된 21개 경우에 대한 예시는 Figure 11 ~ Figure 14와 같다. Figure 11에서는 공기 저항을 다르게 할 때 (중단) 낙하속도의 변화를 알아보려고 하는 연구 목표에 대해서 관련된 근거가 제시되어 있었다. Figure 12에서는 가속도가 일정하지 않고 변화하는 경우를 보고, 가속도의 변화량을 ‘감가속도’라고 정의하고, 다시 감가속도가 질량에 따라 다르다는 것을 보고, 질량에 따른 감가속도 변화율을 ‘질량가속률’이라고 나름대로 정의한 경우이다. Figure 13에서는 그래프를 보다 명확하게 표시하지는 못했지만, 그래프에서 기울기가 다른 부분을 찾아 단순히 기울기가 다르다는 결과뿐 아니라, 왜 그래프 기울기가 다른지를 막대가 떨어지는 상황과 연결하여 해석한 경우였다. Figure 14는 자신이 얻은 결론을 나름대로 공식화하여 일반화하려는 시도를 한 경우였다.

2. 학생의 열린 탐구 보고서 점검표

가. 점검표의 제안

이상의 열린 탐구활동지, 열린 탐구활동 중 학생 행동의 관찰과 면담, 그리고 열린 탐구 보고서에서 잘한 부분과 잘못된 부분들의 내용을 종합하여, 학생의 열린 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 점검표를 제안하였다. 열린 탐구 보고서 점검표는 5개 대영역(제목, 연구문제, 연구방법, 연구결과, 결론)에 대해서 46개 항목으로 구성되어 있다 (Table 6).

본 열린 탐구 보고서 점검표는 열린 탐구를 계획하거나 수행하는 과정에서도 활용할 수 있으나, 대부분의 항목들이 보고서에 대한 분석 결과(Table 5)로부터 얻어졌으므로, 열린 탐구 보고서 점검표로 한정하였다.

낙하하는 물체는 하강할수록 가속도가 일정히 작용해서 속도가 빨라진다고 알았는데, 학교 과학 시간에, ... 비는 지상에서 매우 높은 곳에서 떨어지는 물방울인데 공기 저항 때문에 속력이 유지되어 우리가 비를 맞아도 아프지 않는 것이라고 배웠다. 그 결과 공기 저항이 더 크다면 비의 피해를 덜 받을 수 있을까 하는 의문을 가지고 실험을 하게 되었다.

Figure 11. Example of ROY 2 in Table 5

가속도의 변화량은 감가속도라고 정의한다.
 질량이 늘어남에 따른 감가속도의 변화율을 질량가속율이라고 정의한다.

Figure 12. Example of RRY 2 in Table 5

오른쪽 그림과 같이 막대의 y-위치는 계단식 모양으로 나타나게 된다.

1) a구간: 막대가 지면과 수평의 각도를 이루고 있어 속력이 느리다. 그러므로 위치의 변화량(기울기)이 작다.

2) b구간: 막대가 지면과 수직의 각도를 이루고 있어 속력이 빠르다. 그러므로 위치의 변화량(기울기)이 크다.

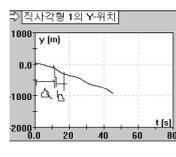


Figure 13. Example of RRY 4 in Table 5

물체가 회전하지 않고 수직낙하시 물체의 탄성계수와 마찰계수, 부하는 종단속도에 영향을 주지 않고 질량, 단면적, 공기저항, 중력가속도는 종단속도에 영향을 준다.
 이를 공식으로 구해보려고 했으나 정확한 공식은 미적분을 해야 되어서 구할 수 없고, 임의의 구를 떨어뜨렸을 때의 종단속도 공식을 간단히 구해본 결과, 종단속도=(중력가속도*질량)/(2*공기저항*구의반지름)으로 나왔고, 해 본 결과와 거의 비슷하게 나왔다.

Figure 14. Example of RGY 4 in Table 5

나. 점검표의 신뢰도

점검표의 신뢰도를 위해, 실제 7명 학생의 탐구보고서를 10 명의 교사가 평가하도록 하고, 평가결과에 대한 일치도를 분석하였다. 이때, 교사가 7명의 모든 보고서를 평가하는데 무리가 있어서, 교사당 1~3개의 보고서만 평가하도록 하였다. 참여교사 10명 중, 5명은 보고서 점검표 제작에 참여한 교사이고, 나머지 5명은 보고서 점검표 제작에 참여하지 않은 교사이다. 일치도를 구하기 위해, 교사를 임의로 2명씩 짝을 짓고, 각각의 짝에 대해서 일치도를 구하여 평균을 제시한 결과는 Table 7과 같다. Table 7에서는 평가자가 1차로 평가한 후에 구한 일치도와 평가 후 서로 다른 점을 비교 토의하여 평가결과를 수정한 후에 다시 구한 일치도가 제시되어 있다.

IV. 결론 및 제안

실험활동이 없는 과학학습이란 신뢰하기 어렵다는 지적이 있어왔다(Duit & Tesch, 2010). 이에 많은 과학교육과정에서는 탐구실험을 강조해 왔고, 많은 연구자들이 보다 효과적인 탐구실험 지도를 위한 연구들을 수행해 왔다. 그럼에도 불구하고, 현재의 많은 과학탐구가 과학의 본성에 위배되며(Chinn & Malhotra, 2002), 그렇게 효과적인 것만은 아니라는 지적이 있어왔다(Millar, 1998). 이에 보다 효과적이면서 과학의 본성에 따른 탐구활동으로 열린 탐구가 그 대안으로 강조

Table 6. Checklist for research report of open scientific inquiry

탐구단계	항목	체크			
I. 제목	I-1. 제목에 변인 등 핵심정보가 포함되어 제목만 보고도 어떤 실험인지를 짐작할 수 있다.	()			
II. 연구 문제	문제 제기	II-1. 다른 사람들이 쉽게 생각하지 못하는 독창적이고 참신한 주제를 선정한다. () II-2. 실험에서 예상하지 못했던 우연한 발견을 연구주제로 선택한다. () II-3. 배경지식에 기반하여 근거있는 문제제기를 한다. () II-4. 연구주제가 무엇인지를 알 수 있도록 표현이 구체적이고 정확하다. () II-5. 다양한 상황까지 확장하여 알아보고자 한다. ()			
	예측/가설 설정	II-6. 필요한 경우, 실험결과에 대한 예측을 한다. () II-7. 필요한 경우, 가설을 제안한다. ()			
	변인 설정 및 통제	III-1. 독립변인과 종속변인을 설정하고 변인에 대한 값을 명시한다. () III-2. 한 두가지 변인에만 한정하지 않고 필요하다고 생각하는 여러 가지 변인들을 포괄적으로 포함시킨다. () III-3. 변인통제를 한다. () III-4. 조작적 정의를 구체적으로 한다. () III-5. 필요한 경우, (이상)조건과 가정을 설정한다. ()			
	III. 연구 방법	실험 방법 설계	III-6. 설정한 변인에 대해서 필요한 모든 실험방법을 설계한다. () III-7. 한가지 변인에 대해 여러 가지로 값으로 변화시키면서 결과를 얻도록 설계한다. () III-8. 전체 또는 개별실험에 대한 실험과정을 단계적/순서적으로 설정한다. () III-9. 연구방법을 이해할 수 있도록 표현이 정확하고 과학적으로 옳은 용어를 사용한다. () III-10. 필요한 단위를 쓴다. () III-11. 설계한 실험방법이 독창적이다. () III-12. 실험설계 내용이 연구주제와 일치한다. () III-13. 연구방법과 연구결과를 분리하여 쓴다. ()		
			자료 수집	IV-1. 연구방법에서 제시한 실험은 모두 실행한다. () IV-2. 새로운 현상(결과)이 발견되면 그때 필요한 적절한 연구방법을 정확하게 제시한다. () IV-3. 실험과정에서 얻은 필요한 원자료(노트)들을 보관해 둔다. ()	
				표/그래프 작성	IV-4. 실험을 통해 얻은 모든 데이터를 표로 정리한다. () IV-5. 표 작성법에 따라 표를 완성한다. (제목, 변인, 단위 등이 있는가?) () IV-6. 데이터를 그래프로 처리한다. () IV-7. 그래프 작성법에 따라 그래프를 완성한다. (제목, 변인, 단위 등이 있는가?) ()
					자료 해석
결과 제시			IV-12. 데이터를 분석하여 필요한 경우 결과를 정량적으로 제시한다. () IV-13. 새로운 결과에 대해 필요한 경우 새로운 정의(용어)를 내린다. () IV-14. 자료해석을 연구목표 및 방법에 따라 일관성있게 기술한다. () IV-15. 결과와 결론을 구별한다. ()		
			V. 결론		

Table 7. The average of degree of agreements

토의 전/후	평가시간	일치도 평균
토의 전	14.6분	90.8%
토의 후	13.7분	95.5%

되어 왔다. 또한 열린 탐구 후에 작성하는 탐구보고서 작성에서 이루어지는 과학 글쓰기는 과학학습의 중요한 측면으로 강조되어 왔다.

그러나 열린 탐구 활동에서 탐구보고서를 작성할 때 무엇을 고려하여 작성하면 되는지에 대한 구체적인 안내와 지도가 부족해 왔던 것이 사실이다. 이에 본 연구에서는 열린 탐구 후에 작성하는 탐구보고서 작성을 돕기 위한 점검표를 개발하였다. 점검표는 기본적으로 과학자의 연구 논문 형식에 따랐으며, 5개 영역으로 나누어 총 46개의 내용으로 구성되어 있다. 점검표를 학생의 탐구보고서 평가에 실제로 적용한 결과 평가자간 일치도가 높아, 점검표의 신뢰도도 확보할 수 있었다.

탐구보고서 작성을 위한 점검표는 다양한 상황에서 활용될 수 있다.

먼저 과학고나 과학중점학교 또는 과학영재교육원에서 실시하는 열린 탐구나 사사교육에서 활용할 수 있다. 실제로 본 연구자는 사사교육에서의 열린 탐구 지도를 위한 방안에 본 연구에서 개발한 점검표의 활용을 제안한 바 있고(Park, 2013b), 실제로 중학교 과학영재학생의 사사교육에도 적용한 바 있다. 이 과정에서 점검표는 다음과 같은 단계로 사용되었다. (1) 먼저 학생이 자유롭게 자신의 탐구보고서를 작성하도록 한다. (2) 그 다음에 학생이 자신이 작성한 탐구보고서를 발표하도록 하면서, 교사는 점검표 항목에 따라 수정할 부분을 지적하고 어떻게 수정해야 하는지를 안내해 준다. (3) 그러면 학생들은 안내받은 내용에 따라 탐구보고서를 수정한다. (4) 이때 보고서의 내용이 많으므로, 이러한 발표와 안내를 통한 수정과정은 탐구보고서의 분야별로 진행한다. 즉 처음에는 서론에 대해서만 ‘발표-안내-수정’의 과정을 거치도록 하고, 그 다음에는 실험방법에 대해서 ‘발표-안내-수정’의 과정을 거치는 방식이다. 물론 이러한 ‘자기작성-발표-안내-수정’의 과정을 두 번째 열린 탐구를 실시할 때에도 적용할 필요는 없을 것이다.

처음 탐구보고서 작성에서 이러한 과정으로 점검표를 활용하였다면, 두 번째 이후에 탐구보고서를 작성할 때에는 처음부터 학생에게 점검표를 제시해 주고, 학생이 스스로 점검표의 항목들을 고려하면서 탐구보고서를 작성하도록 할 수 있을 것이다.

사실 위와 같은 방법으로 탐구보고서 작성을 지도하는 과정에서 초록과 참고문헌 작성법, 그리고 관련 문헌을 찾아 정리하는 법에 대한 안내가 추가로 필요하다는 것을 알 수 있었다. 이에 본 연구에서의 점검표에 이러한 내용을 추가하였을 때, 학생들이 탐구보고서를 과학자의 연구논문 형식과 같이 작성하도록 하는데 큰 도움을 준다는 것을 정성적으로 관찰할 수 있었다. 따라서 다양한 상황에서 본 연구에서 제안된 점검표를 적용하면서 계속해서 수정 보완된 점검표가 보고될 수 있기를 기대한다.

둘째는 일반 중등학교에서의 탐구실험지도에 활용할 수 있을 것이다. 물론 아직 일반 중등학교 탐구실험 지도에 적용하기에는 한계가 있다. 그 이유는 일반 학교에서는 아직 과학교육과정에서 열린 탐구를 위한 충분한 시간확보가 되어 있지 않고, 과학교사들도 열린 탐구지도에 어려움이 많기 때문이다. 그러나 중학교 자유학기제에서 학생들이 열린 탐구를 실시하거나, 중등학교 동아리에서 열린 탐구를 실시할 수 있으며, 과학전람회를 위한 개인 탐구활동도 할 수도 있으므로, 이러한 상황에서라면 일반 중등학교에서도 활용이 가능할 것으로 예상된다.

셋째는 예비교사 양성과정이나 현직교사의 연수에서 활용할 수 있을 것이다. 교사에게 적용하기 위한 이유는, 현재 많은 과학교사들이 스스로 열린 탐구를 실시하고 과학 연구 논문 형식의 탐구보고서를 작성한 경험이 매우 적기 때문이다. 따라서 교사 또는 예비교사들의 열린 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 방법은 다음 두 가지로 생각해 볼 수 있다. (1) 교사 자신이 스스로 탐구문제를 선정하고 실험을 설계하여 자유탐구를 실시하여 탐구 보고서를 작성할 때, 본 연구의 점검표를 활용할 수 있을 것이다. (2) 또는 학생들이 작성하였지만 부족한 부분이 많은 탐구보고서의 사례들을 제시하고, 점검표 항목에 따라 수정해 보는 워크숍 방식의 과정에도 활용이 가능할 것이다. 이와 같이 부족한 부분이 많은 탐구보고서를 점검표 항목에 따라 수정해 보는 연습활동은 ‘열린 탐구지도론(탐구문제 발견하기, 실험설계하기 등의 지도법을 배우는 과정)’과 같은 과정에서도 활용할 수 있을 것이다.

점검표를 활용하는데 있어 또 필요한 논의는 본 연구에서 개발한 점검표의 활용을 쉽게 하기 위해 어떠한 방안이 필요한가 이다. 예를 들면, 현재의 점검표 항목은 46개로 적지 않다. 따라서 학생들이 탐구 보고서를 작성할 때 모든 항목을 다 고려하는 것이 쉬운 것은 아니다. 따라서 좀 더 많은 탐구보고서 분석을 통해 학생들이 빈번하게 못하는 항목과 그렇지 않은 항목을 구별해 보는 것도 필요하다. 즉 자주 빈번하게 못하는 항목을 우선으로 하는 ‘간편 점검표’의 제안이 점검표 활용을 쉽게 하는데 도움이 될 수 있다.

그리고 점검표의 각 항목이 의미하는 것이 무엇인지 이해를 돕기 위해, 각 항목마다 잘 작성된 예시와 잘못 작성된 예시를 제시하여, 예시를 이용하여 점검표 활용을 위한 연습활동을 하는 것도 점검표를 이용한 탐구보고서 작성에 도움이 될 수 있을 것이다. 이와 같이 점검표를 보다 더 효과적으로 활용하기 위한 방안 연구가 앞으로 확장되기를 기대해 본다.

마지막으로 언급할 것은 본 연구에서 제시한 점검표가 완벽할 수

없다는 것이다. 추후 관련된 연구를 통해 계속해서 점검표의 세부 항목들이 추가되거나 수정되면서 보완되어야 할 것이다.

국문요약

본 연구의 목적은 학생들의 열린 탐구 보고서 작성을 돕기 위한 점검표를 개발하는데 있다. 이를 위해 8명의 과학 영재학생들이 작성한 탐구활동지, 학생들의 탐구활동 관찰과 면담, 그리고 최종적으로 제출한 열린 탐구 보고서를 분석하였다. 이로부터 학생들이 잘하는 점과 부족한 점을 추출하고, 이를 바탕으로 열린 탐구를 돕기 위한 점검표를 개발하였다. 점검표는 5개 영역에 대해서 총 46개의 항목으로 구성되었다. 개발된 점검표는 7명의 과학영재학생들이 제출한 탐구 보고서 평가에 적용하고, 평가자간 일치도 분석을 통해 신뢰도를 분석하였고, 그 결과 높은 신뢰도를 확인할 수 있었다. 마지막으로, 개발된 점검표를 보다 효율적으로 활용하기 위한 방안을 논의하였다.

주제어 : 열린 탐구, 탐구 보고서, 과학 글쓰기, 점검표, 과학 영재

References

- Berg, C.A.R., Bergendahl, V.C.B., Lundberg, B.K.S., & Tibell, L.A.E. (2003). Benefiting from an open ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
- Berry, D., & Fawkes, K. (2010). Constructing the components of a lab report using peer review. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 57-61.
- Brigati, J.R., & Swann, J.M. (2015). Facilitating improvements in laboratory report writing skills with less grading: A laboratory report peer-review process. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 16(1), 61-68.
- Chinn, C.A., & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluation inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Cicchetti, D. V., & Feinstein, A. R. (1990). High agreement, but low kappa: II. Resolving the paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43, 551-558.
- Deiner, L.J., Newsome, D., & Samaroo, D. (2012). Directed self-inquiry: A scaffold for teaching laboratory report writing. *Journal of Chemical Education*, 89, 1151-1514.
- Doerr, H.M. (1997). Experiment, simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*, 19(3), 265-282.
- Duit, R., & Tesch, M. (2010). On the role of the experiment in science teaching and learning - Visions and the reality of instructional practice. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou & P. Michaelides (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Hands-On Science* (pp. 17-30). Rethymno, Greece: University of Crete.
- Hallgren, K. A. (2012). Computing inter-rater reliability for observational data: An overview and tutorial. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 8(1), 23-34.
- Keys, C.W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grad writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690.
- Keys, C.W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kim, H., & Song, J. (2012). Searching for effective strategies on teaching open-inquiry -Based on cases of a science high school carrying our

- KYPT problem solving activities-. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 1489-1501.
- Klein, P.D. (1999). Reopening inquiry into cognitive processes in writing-to-learn. *Educational Psychology Review*, 11(3), 203-270.
- Krystyniak, R.A., & Heikkinen, H.W. (2007). Analysis of verbal interactions during an extended, open inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1160-1186.
- Kundel, H. L., & Polansky, M. (2003). Measurement of observer agreement. *Radiology*, 228, 303-308.
- Lim, S., Yang, I., Kim, S., Hong, E., & Lim, J. (2010). Investigation on the difficulties during elementary pre-service teachers' open-inquiry activities. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(2), 291-303.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: what practical work in science education really for. In J. Wellington (ed.), *Practical Work in School Science* (pp. 16-31). London: Routledge.
- Nellist, J., & Nicholle, B. (1986). *ASE Science Teachers' Handbook*. London: Hutchinson.
- Oliver-Hoyo, M. T. (2003). Designing a written assignment to promote the use of critical thinking skills in an introductory chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 80, 889-903.
- Park, J. (2005). Analysis of the characteristics and processes of the generation of scientific inquiry problems. *New Physics: Sae Mulli*, 50(4), 203-211.
- Park, J. (2013a). Developing and applying teaching materials to help students' generation of scientific-inquiry problems. *New Physics: Sae Mulli*, 63(4), 360-367.
- Park, J. (2013b). Development and application of the checklist for finding inquiry problems, design of experiment and writing inquiry report. Paper presented at the Annual Conference of the Korean Physical Society, Daejeon: Daejeon Convention Center.
- Park, J., & Lee, K. (2012). Exploring the components and functions of scaffolding in open inquiry through factor analysis. *Journal of Korean Association for Science Education*, 32(7), 1204-1221.
- Park, J., & Yang, H.-G. (2013, February). Helping students to design scientific experiment by themselves for open-inquiry approach. Paper presented at the 63th Conference of The Korean Association for Science Education, Ewha Womans University, Seoul.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1137-1160.
- Settlage, J. (2007). Demythologizing science teacher education: Conquering the false of open inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 461-467.
- Schepmann, H.G., & Hughes, L.A. (2006). Chemical research writing: A preparatory course for students capstone research. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1024-1028.
- Trautmann, N., MaKinster, J., & Avery, L. (2004). What makes inquiry so hard? (and why is it worth it?). Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, BC, Canada.
- Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding interobserver agreement: The kappa static. *Family Medicine*, 37(5), 360-366.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Philadelphia: Open University Press.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "inquiry:": how preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512.
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenge and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.