

# 고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 과정에서 나타난 오류

김유정 · 최길순 · 노태희\*

서울대학교

## High School Students' Errors in Constructing and Interpreting Science Graph

Kim, Youjung · Choi, Gilsoon · Noh, Taehee\*

Seoul National University

**Abstract:** In this study, we investigated high school students' errors in constructing and interpreting graph on experimental results by students' science achievement level. Two tests regarding constructing and interpreting graph about 'the relationship between the pressure and volume of a gas' were administered to 11th-graders (N=140). Analysis of the results revealed that most students exhibited many errors in the processes of constructing and interpreting graph. In the processes of constructing graph, there were 16 types of errors on the categories of 'misinterpreting the variables', 'mis-marking the graphical elements', and 'misusing the data'. The students of lower achievement level had more errors than those of higher achievement level in the four error types, that is, 'missing the variables', 'representing the best fit line using a broken line', 'adding the data', and 'neglecting the data'. However, the results were reversed in the error type of 'not marking the origin.' In the processes of interpreting graph, there were 9 types of errors on 'misreading the data', 'wrong interpolation and extrapolation', and 'establishing the wrong relationship'. The students of lower achievement level had more errors than those in the higher achievement level in the error types of 'wrong interpolation' and 'misdescribing the relationship between variables'. Educational implications of the findings are discussed.

**Key words:** graph constructing, graph interpreting, science achievement level

### I. 서 론

제7차 및 개정 과학과 교육과정에서는 학생들이 과학의 기본 개념을 이해하는 것뿐만 아니라, 과학 탐구 능력을 습득하는 것 역시 중요한 목표로 설정하고 있다(교육부, 1999; 교육인적자원부, 2007). 이에 고등학교 교육과정에서는 실험을 통해 측정된 자료로부터 정량적인 결론을 도출하는 탐구 과정을 더욱 강조하고 있다(박종찬, 2009). 실제로 고등학교 과학 수업에서는 학생들의 과학 탐구 능력을 신장시키기 위해 다양한 주제의 탐구 실험 이루어지고 있으며, 그 양도 점차 증가하고 있는 추세이다(교육인적자원부, 2007).

탐구 실험은 측정 및 자료 변환 등과 같은 여러 단계의 탐구 과정을 거치며, 이때, 다양한 수학적 기술들이 많이 사용되고 있다(강신포, 김호선, 2006). 특히, 그래프는 관련 변인들 사이의 관계를 요약하여 많

은 양의 정보를 쉽게 이해할 수 있도록 도와주기 때문에(Harper, 2004; Shah & Hoeffner, 2002), 과학 교과에서의 그래프는 탐구 실험 학습에서 중요한 역할을 하고 있다. 예를 들어, 실험 결과를 그래프로 작성하고 해석하는 과정은 학생들에게 예상이나 추리와 같은 탐구 기능을 발달시킬 수 있는 기회를 제공할 수 있다(이재봉, 2006; Wellington, 1998). 이에 학년이 올라갈수록 그래프의 사용량이 점차 증가하여, 고등학교 과학 교과서의 탐구 활동 부분에는 중학교 과학 교과서보다 더 많은 그래프가 제시되어 활용되고 있는 것으로 보고되고 있다(이성균, 이봉우, 2008; 이진봉, 이기영, 2007). 따라서 과학 수업에서 그래프 활용 능력은 고등학생들에게 더욱 절실히 필요하다고 볼 수 있다.

지금까지 고등학생들의 그래프 활용 실태를 파악하기 위한 다양한 연구(김태선 등, 2005; 김태선, 김범

\*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

\*\*2009.09.24(접수) 2009.11.11(1심통과) 2009.11.13(최종통과)

기, 2002; 안가영, 권오남, 2002; Berg & Smith, 1994; McKenzie & Padilla, 1986; Movshovitz-Hadar *et al.*, 1987)들이 진행되었다. 그 결과, 다수의 고등학생들이 그래프 축에 눈금을 매기지 못하거나, 변수를 지정하지 못하는 등 그래프를 활용하는 능력이 부족한 것으로 나타났다. 이는 학생들이 수학 교과에서 학습한 그래프 관련 내용을 과학 교과로 적용하는 과정에서 효과적으로 전이시키지 못했기 때문으로 볼 수 있다(Potgieter *et al.*, 2008). 따라서 고등학생들이 과학 수업에서 겪는 그래프 작성 및 해석 과정에서의 어려움을 조사하여, 그래프 활용 능력 향상을 위한 방안을 모색할 필요가 있다. 그러나 기존의 연구들은 주로 선택형 문항을 사용했기 때문에 학생들이 실제로 그래프를 작성하고 해석하는 과정에 대한 정보를 얻기에는 한계가 있다.

이를 해결하기 위해 최근에는 서답형 문항을 사용한 연구가 일부 진행되었다. 이는 서답형 문항이 학생들의 응답 범위를 제한하지 않으므로, 학생들의 다양한 사고 과정에 대해 자세히 파악할 수 있기 때문이다(Miller *et al.*, 2008). 그 결과, 학생들은 선택형 문항을 사용한 경우 보다 그래프 작성 과정에서 더 많은 오류를 범하였으며(김유정 등, 2009; Berg & Smith, 1994), 대학생들조차도 그래프 작성을 어려워하는 것으로 나타났다(문경원, 김영수, 2007; 이재봉, 2006). 그러나 이 연구들은 중학생들(김유정 등, 2009)과 대학생들(문경원, 김영수, 2007; 이재봉, 2006)을 대상으로 하였기 때문에, 인지 수준이 다른 고등학생들에게 이 결과를 직접 적용하는 것은 한계가 있다. 또한, 이 연구들은 그래프 활용 능력 중 그래프 작성 능력에만 한정하여 조사하였으므로, 학생들의 그래프 해석 과정에 대한 구체적인 정보는 부족한 실정이다.

한편, 그래프 활용 능력은 과학 학업 성취 수준에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다(김유정 등, 2009; Berg & Smith, 1994). 예를 들어, 중학생의 그래프 작성 능력을 조사한 연구(김유정 등, 2009)에 따르면, 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들은 '독립·종속 변수 반대로 표기', '자료 추가·삭제'의 오류를 많이 범하였고, 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들은 '막대그래프로 표현', '자료제시 순서대로 눈금 표기'의 오류를 많이 범하는 것으로 나타났다. 따라서 고등학생들도 과학 학업 성취 수준에 따라 그래프를 작성하

고 해석하는 과정에서 겪는 어려움이나 오류 유형 등이 다를 것으로 예상된다. 이에 이 연구에서는 고등학교 2학년 화학 I 수업에서 '기체의 압력과 부피의 관계'에 대한 실험 결과 자료를 그래프로 작성하고 해석하는 과정에서 과학 학업 성취 수준에 따라 학생들이 범하는 오류 유형을 조사하였다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

서울시에 소재한 2개의 남녀 공학 인문계 고등학교 2학년 자연계열 학생 140명을 대상으로 하였다. 학업 성취 수준에 따른 상·하위 집단의 통계적 차이는 일반적으로 상위 27% 집단과 하위 27% 집단으로 나누어 분석한다(Miller *et al.*, 2008). 따라서 고등학생들의 과학 학업 성취 수준에 따른 오류 유형 및 빈도 차이를 조사하기 위해, 연구 대상 학생들의 1학기 중간고사 화학 I 성적을 기준으로 과학 학업 성취 수준 상위 27%(36명) 집단과 하위 27%(36명) 집단으로 구분하였다.

### 2. 연구 절차

고등학생들이 그래프 작성 및 해석 과정에서 범하는 오류 유형을 조사하기 위해, 관련 선행 연구(김유정 등, 2009; 윤미영, 2005; McKenzie & Padilla, 1986; Movshovitz-Hadar *et al.*, 1987)와 고등학교 교육과정 분석을 통해 그래프 작성 및 해석 과정에 대한 평가 목표를 설정하고, '기체의 압력과 부피의 관계'에 대한 그래프 작성 및 해석 검사와 오류 유형 분석틀을 개발하였다. 그리고 과학교육 전문가 2인, 고등학교 과학교사 4인, 과학교육전공 대학원생 4인으로 구성된 회의를 통해 의견을 수렴하여 수정·보완하였다. 이를 바탕으로 예비 검사를 실시하여 검사 소요 시간, 문항의 내용과 수준, 용어의 적절성, 그림으로 제시한 자료의 명료성, 분석틀의 적절성을 검토한 후, 이를 수정·보완하여 최종 그래프 작성 및 해석 검사와 오류 유형 분석틀을 완성하였다.

본 검사는 학생들의 학습 효과를 배제하기 위해 화학 I '공기' 단원에서 '기체의 압력과 부피의 관계'에 대한 개념 학습을 하기 전에 실시하였다. 이때, 교사

는 검사 과정과 방법에 대한 주의사항을 설명하고 검사지를 배부하였다. 그래프 작성 및 해석 검사에 소요된 시간은 설명 시간을 포함하여 각 25분씩, 총 50분이었다. 검사가 끝난 후, 학생들이 작성한 답안지를 모두 수거하여 분석하였다.

### 3. 검사 도구

고등학생들이 그래프 작성 및 해석 과정에서 범하는 오류 유형을 조사하기 위해 먼저, McKenzie와 Padilla(1986)가 개발한 TOGS(Test of Graphing in Science)에 포함된 ‘그래프 작성 및 해석 능력’의 9가지 하위 요소를 참고하여, 이 연구에 적합한 ‘그래프 작성 및 해석 검사의 평가 목표’를 설정하였다(표 1). TOGS의 하위 요소 중에서 ‘제시된 자료를 그래프로 변환하기’는 그래프 작성 검사의 모든 평가 항목에서 분석할 수 있으며, ‘두 그래프의 결과 관련짓기’는 하나의 그래프를 해석하는 과정에서 나타나는 오류 유형을 조사하는 이 연구를 통해서만 확인할 수 없으므로 평가 목표에서 제외하였다.

그 후, 선행 연구(김유정 등, 2009; Berg & Smith, 1994)를 참고하여 고등학생 수준에 맞는 그래프 작성 및 해석 검사를 서답형 문항으로 개발하였다. 즉, 그래프 작성 검사는 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 실험 결과를 그림으로 제시하고, 이를 학생들이 직접 그래프로 나타낼 수 있도록 구성하였다. 그래프 해석 검사는 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 실험 결과에 대해 대응점만 표기된 그래프를 제시하고, 학생들이 평가 목표와 관련된 7개의 하위 문항에 대해

자유롭게 서술할 수 있도록 구성하였다. 이때, 그래프 해석 과정에서 학생들이 어떤 사고 과정을 거치는지 확인하기 위해 답을 얻은 과정과 그 이유를 함께 기술하도록 하였다.

### 4. 결과 분석

최종 그래프 작성 오류 유형 분석들은 선행 연구(김유정 등, 2009)에서는 나타났지만 이 연구에서는 나타나지 않은 오류 유형 2가지(‘두 변수를 각각 종속 변수로 표현’, ‘감소 눈금을 매김’ 오류)는 제외하고, 새롭게 나타난 오류 유형 6가지를 추가하였다. 즉, 그래프 작성 오류 유형 분석들은 학생들이 그래프 작성 과정에서 범한 오류 유형을 크게 ‘변수의 잘못된 해석’, ‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’, ‘자료의 잘못된 사용’의 세 범주로 나누고, 각 범주를 세분화하여 총 16가지의 오류 유형으로 분류하였다(표 2).

‘변수의 잘못된 해석’의 범주는 ‘독립·종속 변수 반대로 표기’, ‘하나의 변수로만 그래프를 표현’, ‘막대그래프로 표현’, ‘자료제시 순서대로 눈금 표기’, ‘개별 그래프로 표현(그림 1)’ 오류로 나누었다.

‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’의 범주는 ‘변수·단위 표기’, ‘원점 표기’, ‘눈금 표기’, ‘추세선 표기’의 4개 영역으로 나누고, 각 영역을 더욱 세분화하였다. 즉, ‘변수·단위 표기’는 ‘변수 적지 않음’, ‘단위 적지 않음’ 오류로, ‘원점 표기’는 ‘원점 표기하지 않음(그림 2)’, ‘원점 외의 기준점 표기’ 오류로, ‘눈금 표기’는 ‘눈금 표기하지 않음(그림 3)’, ‘증가 눈금 간격이 일정하지 않음’ 오류로 나누었다.

**표 1**  
TOGS에 포함된 그래프 능력의 하위 요소와 각 검사의 평가 목표 포함 여부

	TOGS 하위 요소	평가 목표
그래프 작성 검사	축에 눈금 매기기	○
	축에 변수 지정하기	○
	대응점 찍기	○
	추세선 그리기	○
	제시된 자료를 그래프로 변환하기	×
그래프 해석 검사	대응점 찾기	○
	내삽·외삽하기	○
	두 변인 사이의 관계 기술하기	○
	두 그래프의 결과 관련짓기	×

**표 2**  
학생들의 그래프 작성 오류 유형별 조작적 정의

그래프 작성 오류 유형	조작적 정의
<b>변수의 잘못된 해석</b>	변수를 해석하는 과정에서 변수의 속성을 바르게 구분하지 못하거나 두 변수 간의 인과 관계를 바르게 해석하지 못한 오류 유형
독립·종속 변수 반대로 표기	독립 변수를 Y축, 종속 변수를 X축에 표기한 오류
하나의 변수로만 그래프를 표현	하나의 변수만을 종속 변수로 하여 그래프를 작성한 오류
막대그래프로 표현	변수들의 관계를 막대그래프로 표현한 오류
자료제시 순서대로 눈금 표기	자료를 크기 순서로 정렬하지 못하고 제시된 순서대로 축에 눈금을 표기한 오류
개별 그래프로 표현 <sup>1)</sup>	한 실험에 대한 여러 개의 자료를 각각의 개별 그래프로 표현한 오류
<b>그래프 기본 요소의 잘못된 표기</b>	그래프의 기본 요소들을 잘못 표기하거나 표기하지 않는 오류 유형
<b>변수·단위 표기</b>	
변수 적지 않음	변수를 표기하지 않는 오류
단위 적지 않음	단위를 표기하지 않는 오류
<b>원점 표기</b>	
원점 표기하지 않음 <sup>1)</sup>	원점을 표기하지 않는 오류
원점 외의 기준점 표기	원점 이외에 또 다른 기준점을 표기한 오류
<b>눈금 표기</b>	
눈금 표기하지 않음 <sup>1)</sup>	눈금을 표기하지 않는 오류
증가 눈금 간격이 일정하지 않음	증가하는 순서대로 눈금을 표기했으나 눈금 간격이 일정하지 않은 오류
<b>추세선 표기</b>	
추세선을 연장하지 않음 <sup>1)</sup>	추세선을 좌우로 연장하지 않고 제시된 자료 내에서만 부분적으로 연결하여 표기한 오류
추세선을 꺾은선으로 표기 <sup>1)</sup>	각 대응점들을 직선으로 연결하여 꺾은선으로 표기한 오류
추세선 표기하지 않음 <sup>1)</sup>	추세선을 표기하지 않는 오류
<b>자료의 잘못된 사용</b>	그래프를 작성할 때 사용한 자료가 실험 결과의 자료와 일치하지 않는 오류 유형
자료 추가	자료에 제시되지 않은 자료를 추가하여 그래프를 작성한 오류
자료 삭제	제시된 자료를 무시하고 그래프를 작성한 오류

<sup>1)</sup> 이 연구에서 새롭게 추가한 오류 유형

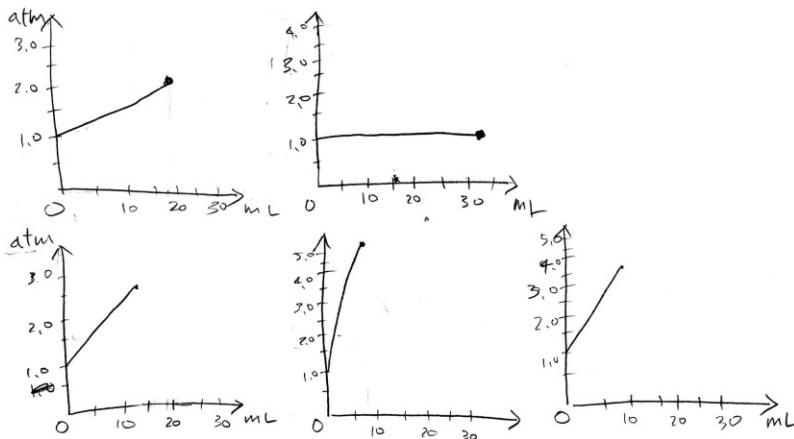


그림 1 '개별 그래프로 표현' 오류 예시

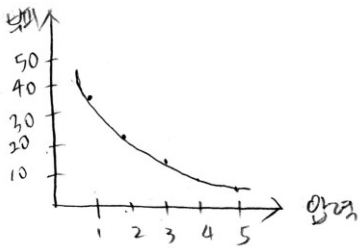


그림 2 '원점 표기하지 않음' 오류 예시

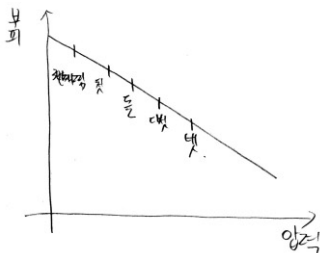


그림 3 '눈금 표기하지 않음' 오류 예시

또한, '추세선 표기'는 '추세선을 연장하지 않음(그림 4a)', '추세선을 꺾은선으로 표기(그림 4b)', '추세선 표기하지 않음(그림 4c)' 오류로 나누었다.

마지막으로 '자료의 잘못된 사용'의 범주는 '자료 추가', '자료 삭제' 오류로 나누었다.

최종 그래프 해석 오류 유형 분석틀은 학생들이 그래프 해석 과정에서 범한 오류 유형을 크게 '자료의 잘못된 독해', '잘못된 내삽·외삽', '관계 잘못 설정'의 세 범주로 나누고, 각 범주를 세분화하여 총 9가지의 오류 유형으로 분류하였다(표 3).

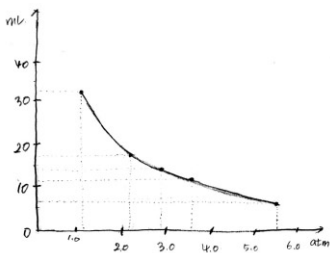
'자료의 잘못된 독해'의 범주는 '단위의 자릿수 잘못 읽음', '눈금 잘못 읽음', '대응점 찾지 못함' 오류로 나누었다. 예를 들어, '기체의 압력이 5.4 atm일 때, 부피는 몇 mL인가?'와 같이 그래프에 제시된 대응점 (5.4, 7)을 찾는 문항에 대해, '0.7 mL'라고 응

답한 경우에는 '단위의 자릿수 잘못 읽음' 오류로, '6 mL'라고 응답한 경우에는 '눈금 잘못 읽음' 오류로, 응답하지 못한 경우에는 '대응점 찾지 못함' 오류로 분류하였다.

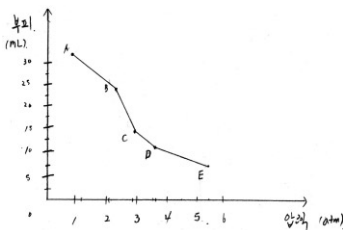
'잘못된 내삽·외삽'의 범주는 '내삽 못함', '외삽 못함', '비례식 적용', '암기한 공식 적용' 오류로 나누었다. 예를 들어, 그래프에 대응점으로 제시하지 않고, 제시된 자료 내부에 있는 값(내삽)과 외부에 있는 값(외삽)을 묻는 문항에 대해, 정확한 응답을 하지 못한 경우에는 각각 '내삽 못함' 오류와 '외삽 못함' 오류로 분류하였다. 또한, 제시한 자료로부터 그래프의 경향성을 파악하여 응답하지 않고,  $a:b=c:d$ 와 같은 비례식('비례식 적용' 오류)이나, 사전에 암기한  $PV=k$ 라는 공식('암기한 공식 적용' 오류)을 적용하여 응답한 경우에도 오류로 분류하였다.

'관계 잘못 설정'의 범주는 '변수 사이의 관계 잘못 기술', '독립·종속 변수 반대로 설정' 오류로 나누었다. 예를 들어, 두 변수 사이의 관계를 '정비례 관계'나 '부피=압력' 등으로 잘못 기술한 경우는 '변수 사이의 관계 잘못 기술' 오류로 분류하였다. 또한, 압력(독립 변인)에 따른 부피(종속 변인)의 변화를 나타낸 그래프임에도 불구하고 '부피가 증가하면 압력이 감소한다.'와 같이 변수들의 관계를 반대로 기술한 경우에는 '독립·종속 변수 반대로 설정' 오류로 분류하였다.

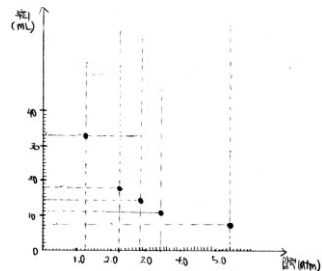
개발한 분석틀의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해, 2인의 연구자가 검사지의 일부를 각각 분석한 뒤, 두 연구자의 검사 결과가 90% 이상 일치했을 때, 한 명의 연구자가 모든 검사지를 분석하였다. 그리고 과학 교육 전문가 2인, 고등학교 과학교사 4인, 과학교육 전공 대학원생 4인으로 구성된 회의에서 분석틀에 대한 논의를 거쳐 최종 분석틀을 완성하였다. 그리고 최종 분석틀을 토대로 그래프 작성 및 해석 검사에서 나타난 학생들의 오류를 유형별로 재분류하였다.



(a) '추세선을 연장하지 않음' 오류



(b) '추세선을 꺾은선으로 표기' 오류



(c) '추세선을 표기하지 않음' 오류

그림 4 '추세선 표기' 영역에서의 오류 예시

**표 3**  
학생들의 그래프 해석 오류 유형별 조작적 정의

그래프 해석 오류 유형	조작적 정의
자료의 잘못된 독해	그래프에서 X축의 값과 Y축의 값을 읽을 때, 눈금이나 단위를 잘못 읽어 대응점을 정확하게 찾지 못한 오류
단위의 자릿수 잘못 읽음	단위의 자릿수를 틀리게 읽는 오류
눈금 잘못 읽음	눈금을 틀리게 읽는 오류
대응점 찾지 못함	대응점의 좌표를 읽지 못한 오류
잘못된 내삽·외삽	내삽·외삽을 못하거나 그래프의 경향성을 파악하여 내삽·외삽을 하지 않은 오류
내삽 못함	내삽을 하지 못한 오류
외삽 못함	외삽을 하지 못한 오류
비례식 적용	비례식을 이용하여 내삽·외삽한 오류
암기한 공식 적용	공식에 대입하여 내삽·외삽한 오류
관계 잘못 설정	그래프에서 변수 사이의 관계를 이해하지 못해 이를 정확하게 설정하지 못한 오류 유형
변수 사이의 관계 잘못 기술	그래프로부터 변수 사이의 관계를 정확하게 기술하지 못한 오류
독립·종속 변수 반대로 설정	독립 변수와 종속 변수를 반대로 설정한 오류

최종 분석 결과는 학생들의 그래프 작성 및 해석 오류를 유형별로 서술하고, 그 빈도와 백분율(%)을 전체 및 과학 학업 성취 수준 상·하위 집단으로 나누어 제시하였다. 그리고 과학 학업 성취 수준 상·하위 학생들의 그래프 작성 및 해석 오류 유형별 빈도 차이를 통계적으로 검증하기 위해  $\chi^2$  검정을 실시한 후, 그 결과를 제시하였다. 이때,  $\chi^2$  검정의 기본 가정에 의하면 기대빈도가 5보다 작은 칸이 전체 칸 수의 20% 이하여야 하므로(백순근, 2007), 이 가정을 만족시키는 오류 유형에 대해서만  $\chi^2$  검정 결과를 제시하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 그래프 작성 오류의 유형

그래프 작성 검사에서 나타난 학생들의 오류 유형을 분석한 결과, 96.4%의 학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 하나 이상의 오류를 범한 것으로 나타났다. 그래프 작성 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및 과학 학업 성취 수준에 따른  $\chi^2$  검정 결과를 표 4에 제시하였다.

##### 1) 변수의 잘못된 해석

‘변수의 잘못된 해석’의 범주에서는 ‘독립·종속 변수 반대로 표기(37.0%)’ 오류가 가장 많이 나타났

다. 이는 선택형 문항을 사용한 선행 연구(김태선, 김범기, 2002)에서 고등학생들의 ‘축에 변수 지정하기’ 능력이 다른 능력보다 낮았던 결과와 같은 맥락으로 볼 수 있다. 즉, 상당수의 고등학생들이 독립 변수와 종속 변수의 의미에 대한 이해가 부족하여, 그래프 작성 과정에서 독립 변수와 종속 변수를 제대로 구별하지 못한 것으로 볼 수 있다. 따라서 교사는 학생들에게 탐구 학습에서 독립 변수와 종속 변수의 의미를 명확하게 설명하여, 학생들이 변수들을 구별하여 그래프를 올바르게 작성할 수 있도록 도와줄 필요가 있다.

‘하나의 변수로만 그래프를 표현(2.2%)’, ‘막대 그래프로 표현(2.2%)’, ‘자료제시 순서대로 눈금 표기(4.4%)’, ‘개별 그래프로 표현(1.5%)’ 오류는 전체적으로 그 빈도가 낮았으며, 과학 학업 성취 수준이 낮은 일부 학생들에게서만 나타났다. 이는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 제시된 자료들을 각각 독립된 자료로 인식하여(Bell & Janvier, 1981), 변수의 연속성을 파악하지 못했기 때문으로 생각할 수 있다. 따라서 교사는 학생들이 그래프를 작성하기 전에 실험 결과를 표로 변환시킨 후 정렬할 수 있도록 유도함으로써, 학생들이 변수의 연속성을 이해할 수 있도록 도와줄 필요가 있다.

##### 2) 그래프 기본 요소의 잘못된 표기

‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’ 범주에서는 ‘변

**표 4**  
과학 학업 성취 수준에 따른 그래프 작성 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및  $\chi^2$  검정 결과

그래프 작성 오류 유형	고등학생			$\chi^2$	df	p
	빈도(%) <sup>1</sup>					
	전체 (N=135)	상위 27% (n=36)	하위 27% (n=36)			
<b>변수의 잘못된 해석</b>						
독립·종속 변수 반대로 표기	50(37.0)	11(30.6)	16(44.4)	1.481	1	.224
하나의 변수로만 그래프를 표현 <sup>2</sup>	3(2.2)	-	1(2.8)	-	-	-
막대그래프로 표현 <sup>2</sup>	3(2.2)	-	1(2.8)	-	-	-
자료제시 순서대로 눈금 표기 <sup>2</sup>	6(4.4)	-	3(8.3)	-	-	-
개별 그래프로 표현 <sup>2</sup>	2(1.5)	-	2(5.6)	-	-	-
<b>그래프 기본 요소의 잘못된 표기</b>						
<b>변수·단위 표기</b>						
변수 적지 않음	73(54.1)	13(36.1)	27(75.0)	11.025	1	.001
단위 적지 않음	47(34.8)	14(38.9)	17(47.2)	.510	1	.475
<b>원점 표기</b>						
원점 표기하지 않음	63(46.7)	20(55.6)	11(30.6)	4.589	1	.032
원점 외의 기준점 표기 <sup>2</sup>	2(1.5)	-	1(2.8)	-	-	-
<b>눈금 표기</b>						
눈금 표기하지 않음	6(4.4)	1(2.8)	4(11.1)	-	-	-
증가 눈금 간격이 일정하지 않음 <sup>2</sup>	16(11.9)	3(8.3)	2(5.6)	-	-	-
<b>추세선 표기</b>						
추세선 연장하지 않음	39(28.9)	8(22.2)	13(36.1)	1.681	1	.195
추세선을 꺾은선으로 표기	22(16.3)	3(8.3)	10(27.8)	4.600	1	.032
추세선 표기하지 않음 <sup>2</sup>	10(7.4)	3(8.3)	4(11.1)	-	-	-
<b>자료의 잘못된 사용</b>						
자료 추가	24(17.8)	2(5.6)	13(36.1)	10.189	1	.001
자료 삭제	25(18.5)	3(8.3)	11(30.6)	5.675	1	.017

<sup>1</sup> 빈도수는 중복 응답이므로 전체 응답 수가 응답 인원수보다 많음

<sup>2</sup>  $\chi^2$  검정의 기본 가정을 만족하지 않아 그 결과를 제시하지 않음

수·단위 표기' 영역에서 '변수 적지 않음' 오류가 전체 학생 중 54.1%, '단위 적지 않음' 오류가 34.8%의 학생들에게서 나타났다. 특히, 전체 학생 중 68.9%의 학생들은 그래프에 '변수'와 '단위' 중 하나만 표기하는 경향이 있었다. 이는 학생들이 변수와 단위를 동일한 의미로 잘못 이해하고 있기 때문으로 볼 수 있다. '변수 적지 않음' 오류는 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들보다 낮은 학생들에게서 더 많이 나타났다(상위 36.1%, 하위 75.0%;  $p=.001$ ). 이는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들일수록 그래프를 작성하는 과정에서 변수와 단위의 중요성을 인지하지 못하고, 변수와 단위의 정의 및 표기 방법을 잘 모르기 때문으로

생각할 수 있다(김유정 등, 2009).

'원점 표기' 영역에서는 전체 학생 중 46.7%의 학생들이 '원점 표기하지 않음' 오류를 범하였으며, 특히, 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들에게서 더 많이 나타났다(상위 55.6%, 하위 30.6%;  $p=.032$ ). 이는 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들이 '추세선 표기'와 같이 자료의 전체적인 경향성을 파악하는 과정에 집중하여, '원점 표기'와 같이 결과를 해석할 때 큰 영향을 주지 않는 그래프 기본 요소 표기에는 소홀했기 때문으로 볼 수 있다. 또한, 교사가 수업 시간에 그래프를 그려서 설명할 때, 그래프의 기본 요소 표기를 누락하는 경우가 많기 때문에(윤미영, 2005 재인

용; Brousseau, 1986), 학생들이 원점 표기의 중요성에 대해 인지하지 못한 것일 수 있다. 한편, ‘원점 외의 기준점 표기’ 오류를 범한 학생들의 빈도(1.5%)가 매우 낮은 것으로 볼 때, 고등학생들은 ‘하나의 그래프에 원점이 한 개’라는 사실은 인지하고 있다는 것을 알 수 있다.

‘눈금 표기’ 영역에서 ‘증가 눈금 간격이 일정하지 않음’ 오류는 전체 학생 중 11.9%, ‘눈금 표기하지 않음’ 오류는 4.4%의 학생들에게서 나타났다. 이는 고등학생들 대부분이 양적 변수의 자료를 그 크기 순서대로 나열할 수는 있지만, 그 중 일부 학생들은 눈금 간격을 일정하게 매기는 것을 어려워하고 있음을 보여주는 결과로 볼 수 있다(김유정 등, 2009).

‘추세선 표기’ 영역에서 ‘추세선을 연장하지 않음’ 오류는 전체 학생 중 28.9%, ‘추세선을 꺾은선으로 표기’ 오류는 16.3%, ‘추세선 표기하지 않음’ 오류는 7.4%의 학생들에게서 나타났다. 특히, ‘추세선을 꺾은선으로 표기’ 오류의 경우에는 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들보다 낮은 학생들이 오류를 더 많이 범하였다(상위 8.3%, 하위 27.8%;  $p=.032$ ). 이는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 ‘직선 그래프 그리기’ 활동에 익숙하여, ‘곡선보다 직선이 정확하다’는 고정관념을 더 강하게 가지고 있기 때문에(Leinhardt *et al.*, 1990), 곡선 형태의 유의미한 추세선을 그리지 못한 것으로 볼 수 있다.

이와 같은 오류들을 예방하기 위해, 교사는 학생들에게 ‘변수’, ‘단위’, ‘원점’, ‘눈금’, ‘추세선’ 등과 같은 그래프 기본 요소에 대한 정확한 정의와 그 표기 방법을 명확히 설명해 줄 필요가 있다. 또한, 교사는 그래프를 사용하여 과학 개념이나 탐구 실험의 결과를 설명할 때, 그래프의 기본 요소를 정확하게 표기함으로써, 학생들이 이를 숙지할 수 있도록 해야 할 것이다. 그리고 실험 결과를 그래프로 작성할 때, 엑셀(Excel)과 같은 컴퓨터 프로그램을 활용하여 ‘변수’, ‘단위’, ‘추세선’ 등과 같은 그래프의 기본 요소들을 학생들이 직접 표기할 수 있는 기회를 제공한다면, 학생들의 그래프 작성 능력 향상에 도움이 될 수 있을 것이다(Wu & Wong, 2007).

### 3) 자료의 잘못된 사용

‘자료의 잘못된 사용’의 범주에서는 전체 학생 중 18.5%의 학생들이 ‘자료 삭제’ 오류를, 17.8%의 학생

들이 ‘자료 추가’ 오류를 범하였으며, 모두 과학 학업 성취 수준이 높은 학생보다 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들에게서 많이 나타났다(자료 삭제: 상위 8.3%, 하위 30.6%;  $p=.017$ , 자료 추가: 상위 5.6%, 하위 36.1%;  $p=.001$ ). 이는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 ‘그래프의 모양은 직선이어야 한다.’, ‘그래프는 원점에서 시작한다.’는 고정 관념이 더 강하기 때문에(김유정 등, 2009; Leinhardt *et al.*, 1990), 원점이 포함된 직선 모양의 그래프를 그리기 위해 제시된 자료를 임의로 변형하는 것이라고 생각할 수 있다. 그러므로 교사는 학생들에게 다양한 종류의 그래프를 소개하고 이를 직접 그려볼 수 있는 기회를 제공하여, 그래프 형태에 대한 학생들의 고정 관념을 교정해줄 필요가 있다.

## 2. 그래프 해석 오류의 유형

그래프 해석 검사에서 나타난 학생들의 오류 유형을 분석한 결과, 74.3%의 학생들이 그래프를 해석하는 과정에서 하나 이상의 오류를 범한 것으로 나타났다. 그래프 해석 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및 과학 학업 성취 수준에 따른  $\chi^2$  검정 결과를 표 5에 제시하였다.

### 1) 자료의 잘못된 독해

‘자료의 잘못된 독해’의 범주에서는 ‘단위의 자릿수 잘못 읽음’ 오류가 전체 학생 중 20.3%, ‘눈금 잘못 읽음’ 오류가 13.8%, ‘대응점 찾기 못함’ 오류가 0.7%의 학생들에게서 나타났으나, 과학 학업 성취 수준에 따른 차이는 나타나지 않았다. 이로 볼 때, 고등학생들은 ‘대응점 찾기’ 능력이 대부분 완성되었으나, 눈금의 중요성에 대한 인식이 다소 부족하다고 볼 수 있다. 따라서 교사는 변수의 단위와 눈금에 따라 실험 결과에 대한 해석이 달라질 수 있음을 강조하고, 학생들이 그래프를 해석할 때 먼저 변수의 단위와 눈금을 정확히 확인하도록 안내할 필요가 있다.

### 2) 잘못된 내삽·외삽

‘잘못된 내삽·외삽’의 범주에서는 ‘내삽 못함’ 오류가 전체 학생 중 28.3%, ‘외삽 못함’ 오류가 38.4%의 학생들에게서 나타났다. 특히, ‘외삽 못함’ 오류는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 많이 범하였다



표 5  
과학 학업 성취 수준에 따른 그래프 해석 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및  $\chi^2$  검정 결과

그래프 해석 오류 유형	빈도(%) <sup>1</sup>			$\chi^2$	df	p
	전체 (N=138)	상위 27% (n=36)	하위 27% (n=36)			
<b>자료의 잘못된 독해</b>						
단위의 자릿수 잘못 읽음	28(20.3)	5(13.9)	7(19.4)	.400	1	.527
눈금 잘못 읽음	19(13.8)	5(13.9)	8(22.2)	.845	1	.358
대응점 찾지 못함 <sup>2</sup>	1(0.7)	-	1(2.8)	-	-	-
<b>잘못된 내삽·외삽</b>						
내삽 못함	39(28.3)	7(19.4)	13(36.1)	2.492	1	.114
외삽 못함	53(38.4)	7(19.4)	19(52.8)	8.669	1	.003
비례식 적용	14(10.1)	3(8.3)	1(2.8)	1.059	1	.303
암기한 공식 적용 <sup>2</sup>	8(5.8)	1(2.8)	-	-	-	-
<b>관계 잘못 설정</b>						
변수 사이의 관계 잘못 기술	21(15.2)	1(2.8)	14(38.9)	14.232	1	.000
독립·종속 변수를 반대로 설정 <sup>2</sup>	4(2.9)	1(2.8)	-	-	-	-

<sup>1</sup> 중복 응답이므로 전체 응답 수가 응답 인원수보다 많음

<sup>2</sup>  $\chi^2$  검정의 기본 가정을 만족하지 않아 그 결과를 제시하지 않음

(상위 19.4%, 하위 52.8%;  $p=.003$ ). 즉, 학생들은 그래프에 표기된 대응점으로부터 경향성을 파악하여 새로운 값을 예측하는 능력이 부족하며, 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생일수록 외삽을 더 어려워 한다는 것을 알 수 있다. 또한, 학생들은 검사지에 제시된 자료로부터 문제를 해결하려 하지 않고, 평소 학습을 통해 익숙해진 비례식(‘비례식 적용’ 오류: 10.1%)이나 선행 학습을 통해 암기한 공식(‘암기한 공식 적용’ 오류: 5.8%) 등과 같이, 이전에 학습한 경험을 활용해 문제를 해결하려는 경향이 있었다(윤미영, 2005 재인용; Radatz, 1979). 이런 학생들은 학습 경험이 없는 새로운 유형의 그래프를 접하게 될 때, 내삽·외삽과 같은 자료 예측 과정을 어려워 할 수 있다(이재봉, 2006). 따라서 교사는 학생들에게 다양한 종류의 그래프에서 추세선을 표기하는 방법을 설명하고, 학생들이 추세선을 직접 표기할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 이는 학생들이 그래프 해석 과정에서 자료의 경향성을 쉽게 파악할 수 있도록 도와주어 내삽·외삽 과정에서 겪는 어려움을 해소시켜 줄 수 있을 것이다.

### 3) 관계 잘못 설정

‘관계 잘못 설정’의 범주에서는 전체 학생 중

15.2%의 학생들이 ‘변수 사이의 관계 잘못 기술’ 오류를 범했으며, 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들에게서 더 많이 나타났다(상위 2.8%, 하위 38.9%;  $p=.000$ ). 이는 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 ‘그래프는 직선 형태의 정비례 관계이다.’와 같은 고정관념을 가지고 있기 때문에(김유정 등, 2009), 그래프의 전체적인 모양으로부터 변수들 사이의 관계를 올바르게 유추하지 못한 것으로 생각할 수 있다. 그러므로 교사는 학생들에게 다양한 종류의 그래프를 소개하고 이를 직접 그려볼 수 있는 기회를 제공하여, 그래프에서 변수들의 관계에 대한 학생들의 고정관념을 교정해줄 필요가 있다. 한편, ‘독립·종속 변수 반대로 설정’ 오류를 범한 학생들의 빈도는 2.9%로 매우 낮았다. 즉, 그래프 작성 과정에서는 변수들을 구별하는데 어려움을 겪었던 학생들도 그래프 해석 과정에서는 X축과 Y축에 지정된 독립 변수와 종속 변수를 올바르게 구별하고 있음을 알 수 있다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 고등학생들을 대상으로 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 실험 결과를 그래프로 작성하고 해석하는 과정에서 나타난 오류 유형과 그 빈도

를 과학 학업 성취 수준에 따라 조사하였다. 연구 결과, 그래프 작성 과정에서는 ‘변수의 잘못된 해석’, ‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’, ‘자료의 잘못된 사용’의 범주에서 16가지 오류 유형이 나타났으며, 중학생들을 대상으로 조사한 선행 연구(김유정 등, 2009)에 비해 오류 유형별 발생 빈도는 대부분 감소하였다. 그러나 ‘원점 표기하지 않음’, ‘눈금 표기하지 않음’, ‘개별 그래프로 표현’과 같은 오류 유형이 새롭게 나타났다. 또한, 과학 학업 성취 수준에 따른 오류 유형별 발생 빈도를 분석한 결과, ‘변수 적지 않음’, ‘추세선을 꺾은선으로 표현’, ‘자료 추가’, ‘자료 삭제’ 오류는 학업 성취 수준이 낮은 학생들에게서, ‘원점 표기하지 않음’ 오류는 학업 성취 수준이 높은 학생들에게서 많이 나타났다. 그래프 해석 과정에서는 ‘자료의 잘못된 독해’, ‘잘못된 내삽·외삽’, ‘관계 잘못 설정’의 범주에서 9가지 오류 유형이 나타났으며, 특히, 과학 학업 성취 수준이 낮은 학생들이 ‘외삽 못함’, ‘변수 사이의 관계 잘못 기술’ 오류를 더 많이 범하는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구의 결과로부터 과학 교과에서 그래프를 활용한 탐구 실험 수업과 관련하여 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

고등학생들의 그래프 작성 능력은 중학생들에 비해 향상되었으나, 여전히 많은 고등학생들이 그래프 작성 및 해석 과정을 어려워하고 있었다. 그러므로 교사는 학생들에게 그래프의 기본 요소의 의미와 그래프를 작성하고 해석하는 방법 및 유의점에 대해 명확히 설명하고, 다양한 유형의 그래프를 작성하고 해석할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 이는 학생들이 변수들의 관계를 쉽게 파악하고 그래프에 제시되지 않은 자료나 경향성을 예측할 수 있도록 도와줄 수 있을 것이다. 또한, 교사 연수나 교사용 지도서를 통해 과학 수업에서 사용할 수 있는 그래프 작성 및 해석 지도 방법에 대한 구체적인 정보를 제공함으로써, 현장 교사들이 그래프를 활용한 체계적인 탐구 수업을 구성하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 예를 들어, 교사들이 과학 학업 성취 수준에 따라 학생들이 범하는 그래프 작성 및 해석 오류 유형을 숙지한 상태에서 그래프를 작성하고 해석하는 활동을 진행한다면, 학생들의 과학 학업 성취 수준을 고려한 효율적인 수준별 학습이 가능할 것으로 기대된다.

이 연구는 과학교육 연구 분야에도 중요한 시사점을 줄 수 있다. 그래프 기본 요소 중에서 추세선은 자

료의 전체적인 경향성을 나타내므로, 그래프 해석 과정에서 내삽·외삽을 하는데 필수 요소이지만(이재봉 2006), 학교 현장에서는 이에 대한 체계적인 교수·학습이 이루어지지 않고 있다. 따라서 이 연구에서 나타난 ‘추세선 표기’ 영역의 오류 유형들을 활용하여 학생들이 표기한 추세선 유형에 따른 그래프 해석 과정을 심층적으로 조사하는 연구가 진행될 필요가 있다. 또한, 그래프 활용 능력은 과학 학업 성취 수준뿐만 아니라, 과학 탐구 능력이나 논리적 사고력과 같은 다른 인지적 변인에 따라 차이가 있다고 보고되고 있다. 따라서 학생들의 과학 탐구 능력이나 논리적 사고력 수준에 따른 그래프 작성 및 해석 능력의 차이를 조사하는 연구도 진행될 필요가 있다. 이는 과학 실험 탐구 학습에서 체계적인 그래프 활용 수업을 구성하는 데에 필요한 기초 자료로써 중요하게 활용될 수 있을 것이다.

한편, 이 연구는 인문계 고등학교 2학년 자연계열 학생을 대상으로 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 그래프 작성과 해석 과정에 한정하여 진행하였기 때문에, 이 결과로부터 일반화된 결론을 내리는 것은 어렵다. 그러므로 다양한 실험 주제와 학년을 대상으로 후속 연구를 진행할 필요가 있다.

## 국문 요약

이 연구에서는 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하고 해석하는 과정에서 범한 오류들을 과학 학업 성취 수준에 따라 조사했다. 고등학교 2학년 140명을 대상으로 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 그래프 작성 검사 및 해석 검사를 실시했다. 연구 결과, 대부분의 학생들이 그래프 작성 및 해석 과정에서 많은 오류를 보였다. 그래프 작성 과정에서는 ‘변수의 잘못된 해석’, ‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’, ‘자료의 잘못된 사용’ 범주에서 총 16가지 오류 유형이 나타났다. ‘변수 적지 않음’, ‘추세선을 꺾은선으로 표현’, ‘자료 추가’, ‘자료 삭제’ 오류 유형은 과학 학업 성취 수준이 높은 학생들보다 낮은 학생들이 많이 범하였으나, ‘원점 표기하지 않음’ 오류 유형은 반대로 나타났다. 그래프 해석 과정에서는 ‘자료의 잘못된 독해’, ‘잘못된 내삽·외삽’, ‘관계 잘못 설정’ 범주에서 총 9가지 오류 유형이 나타났다. ‘외삽 못함’, ‘변수 사이의 관계 잘못 기술’ 오류 유형은 과학 학업 성취 수

준이 높은 학생들보다 낮은 학생들이 많이 범하였다. 그리고 이에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

## 참고 문헌

- 강신포, 김호선 (2006). 수학과와 타 교과 내용의 연계성 분석. *과학교육연구*, 31, 1-20.
- 교육부 (1999). 초·중등 학교 교육 과정 해설. 교육부 고시 제1997-15호 [별책 1].
- 교육인적자원부 (2007). 개정 초·중등 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79호 [별책1].
- 김유정, 문세정, 강훈식, 노태희 (2009). 중학생들의 과학 그래프 작성 과정에서의 오류 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 29(2), 168-178.
- 김태선, 고수경, 김범기 (2005). 고등학생들의 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도의 관계. *한국과학교육학회지*, 25(5), 624-633.
- 김태선, 김범기 (2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. *한국과학교육학회지*, 22(4), 768-778.
- 문경원, 김영수 (2007). 생물 예비 교사의 빛의 세기에 따른 광합성률 측정 실험 수행 능력 조사. *한국생물교육학회지*, 35(4), 652-662.
- 박종찬 (2009). 측정과 자료해석 능력 향상을 위해 교정적 피드백을 강조한 실험수업의 효과: 과학고등학교 물리실험활동을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.
- 백순근 (2007). *교육연구 및 통계분석*. 서울: 교육과학사.
- 안가영, 권오남 (2002). 함수 그래프 과제에서의 오류 분석 및 처치. *수학교육논문집*, 13(1), 337-360.
- 윤미영 (2005). 그래프 활동에서의 오류 분석과 교정 방안에 관한 연구. 한국고원대학교 대학원 석사 학위 논문.
- 이성균, 이봉우 (2008). 과학 교과서에 사용된 그래프의 유형 및 특징 분석. *국제과학영재학회지*, 2(2), 123-128.
- 이재봉 (2006). 물리탐구활동에서 불확실도 개념이 측정과 자료 해석 과정에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.
- 이진봉, 이기영 (2007). 지구과학 교과서에 사용된 그래프의 유형 및 특징 분석. *한국과학교육학회지*, 27(4), 285-296.
- Bell, A., & Janvier, C. (1981). The interpretation of graphs representing situations. *For the Learning of Mathematics*, 2(1), 34-42.
- Berg, C. A., & Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78(6), 527-554.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Harper, S. R. (2004). Students' interpretation of misleading graphs. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 9(6), 340-343.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the Test of Graphing in Science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(17), 571-579.
- Miller, M. D., Linn, R. L., & Gronlund, N. E. (2008). *Measurement and assessment in teaching* (10th Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Movshovitz-Hadar, N., Zaslavsky, O., & Inbar, S. (1987). An empirical classification model for errors in high school mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(1), 3-14.
- Potgieter, M., Harding, A., & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197-218.
- Radatz, H. (1979). Error analysis in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10(3), 163-172.

Shah, P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69.

Wellington, J. (1998). Practical work in science: Time for a re-appraisal. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science*, (pp. 3-15). New York: Routledge.

Wu, Y., & Wong, K. (2007). Impact of a spreadsheet exploration on secondary school students' understanding of statistical graphs. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(4), 355-385.