

# 科學史的 學習指導에 의한 中學生들의 落下運動 概念 理解

강 정 우\* · 강 동 식\*\* · 김 홍 중\*\*\*

## Understanding the Motion of Falling Objects by Teaching and Learning the Contents of the History of Science in Middle School Students

Kang, Jeong-Woo · Kang, Dong-Shik, · Kim, Hong-Chung

### Abstract

In order to know whether in understanding concepts of the falling motion of the middle school students the learning guidance based on the history of science is the effective learning method or not, on the basis of investigation and analysis of the degree of preconception of the falling motion of students, the conceptual lesson is done through learning the process of changes of the scientific concepts appearing in the history of science and discussion.

In the light of the student' motivation and interest, when lesson was over, they said that the learning guidance based on the history of science was better than the traditional ones. Students' grades were about 15% better than that of the control group.

---

\* 제주대학교 과학교육과 교수

\*\* 제주대학교 과학교육과 강사

\*\*\* 추자중학교 교사

In addition when the science test of the year was compared with the achievement test, most students obtained higher grade in the science test than before.

Though both of the science grades and ability of study of the students are usually better than that of the girl students, most of them were nearly equal in the degree of achievement. Some students didn't do well in science, but got good grades in the achievement test.

As a result, the learning guidance based on the history of science can motivate students and help the girl students to be more interested in science and can be effective to correct misconceptions in science.

## I. 서 론

학생들이 지니고 있는 개념들은 일상생활의 경험을 통하여 얻어진 지식과 언어적인 연관성에 바탕을 두고 있어 과학자들의 개념에 비하여 덜 분화되어 있거나, 현재의 과학 사회가 인정하는 과학 지식과 큰 차이가 있을 만큼 그릇되게 형성되어 있다. 그러므로 오늘날의 과학교육 연구자들은 이와 같은 개념들을 자신들의 학문적 입장에 따라 오인, 사전개념, 아동과학, 직관적 신념, 대안개념, 대안체계 등 다양한 용어로 부르고 있다. 그리고 그들은 그러한 개념들이 학생들의 인지구조에 강하게 정합 되어 나름대로의 논리적인 체계를 이루고 있기 때문에 쉽사리 버려지거나 변화되지 않는다고 한다.<sup>1,2)</sup> 뿐만 아니라, 차후의 학습에 의해서 각각 개인에 따라 독특하고 특유한 형태로 발달하게 되어 과학 교수-학습 과정에 많은 영향을 끼칠 뿐만 아니라 오히려 과학 학습을 방해하기도 한다고 하였다.<sup>3)</sup>

그러므로 과학 학습은 학생들이 전혀 알지 못하던 새로운 개념이나 용어를 습득하는 학습도 중요하지만 학생들이 가진 선개념(preconception)이 낮은 수준의 개념이라면 그의 확장을 돕고, 만약 오개념(misconception)이라면 변화 교정하는 학습도 중요하다 할 것이다.

많은 연구자들이 현대의 학생들이 갖는 역학개념의 특징이 과거의 일반인들 또는 학자들이 가졌던 개념의 특징과 유사함을 주장하였다. 맥클로스키(M. McCloskey)<sup>4)</sup>는 대학생들의 역학개념이 뉴턴 역학의 기본 원리와는 다른 직관적 운동이론에 바탕을 두고

있으며, 이 직관적 운동이론이 뉴턴 이전의 임페투스이론과 흡사하다는 것을 주장하였다. 누스바움(J. Nussbaum)<sup>5)</sup>은 과학사가 과학철학의 배경이 되며 개념변화의 동역학(dynamics of conceptual change) 이해에 유용할 것이라고 하였으나 학생의 개념발달이 단순히 과학사를 재현하지는 않는다고 주장하였다. 살티엘(E. Saltiel)과 비에노(L. Viennot)<sup>6)</sup>는 과학사를 통하여 개념의 변화가 매우 어렵게 진행되어 온 과정을 설명하고, 학생들의 개념변화와 과학사 사이에 완전한 병행성은 없지만 학생들의 개념을 변화시키는 데 생기는 어려움을 과학사로부터 이해할 수 있음을 보였다. 할로운(I. A. Halloun)과 헤스텐스(D. Hestenes)<sup>7)</sup>는 오늘날 학생들이 갖는 오개념들이 뉴턴 이전 시대의 지식인들이 주장했던 개념들과 유사함을 주장하고, 그 당시의 지식인들이 어려움을 겪었던 점을 고려하면 학생들이 어려움을 겪는 것이 이상할 것이 없다고 하였다. 그리고 학생들의 선개념이 아리스토텔레스적인 개념과 임페투스적 개념을 갖고 있다고 하였다.

이상의 연구 결과들로부터 비록 과학개념과 관련된 과학사적 연구가 학생들의 과학개념 특징과 개념변화 과정에 결정적인 기여를 할 수는 없어도 학생들의 견고한 오개념을 이해하기 위한 몇 가지 접근방법 중의 하나라 할 수 있다.<sup>8)</sup> 그러나 이러한 연구들은 과학사의 내용이 과학 개념학습에 도움이 될 것이라는 가능성을 제시하고는 있지만, 과학학습에 어떻게 활용될 수 있는가에 대한 구체적인 수업 방법 제시는 못하고 있다.<sup>9)</sup>

최근에는 중·고등학교 과학 교과서에 과학사에 나타나는 열 개념 변천 과정을 역사적으로 전개하여 열 현상에 대한 학생들의 오개념을 치료하고 적절한 개념을 형성하는데 도움을 주도록 가르쳐야 한다는 연구<sup>10)</sup>도 있다. 그리고 과학사를 과학 교육에 도입키 위한 이론적인 연구<sup>3,11)</sup>들은 있지만, 교실 현장에서 적용 가능한 수업전략과 방법에 관한 연구는 미비하다.

학생들이 갖는 낙하운동에 관한 오개념은 갈릴레이 이전 과학자들이 가졌던 생각과 유사하다. 그러므로, 중학생들이 실생활과 관련지어 이해하기 어려워하는 낙하운동 개념 학습을 위한 수업전략과 방법의 효과에 대해 알아보려고 하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구는 중학교 1학년 학생들이 낙하운동에 관해서 갖고 있는 선개념을 조사하고, 이를 바탕으로 과학사와 관련한 학습자료를 수업에 투여하여 수업을 실시한 다음 고안된 과학사적 학습지도 전략에 대한 효과를 알아보고자 수행된 것으로 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 낙하운동에 관한 수업전 학생들의 개념 유형은 어떠한가?
- 2) 과학사적 학습지도 방법이 학생들의 수업 활동에 흥미를 주고 있는가?

- 3) 과학사적 학습지도가 학생들의 낙하운동 개념을 이해하는데 효과가 있는 수업 방법인가?
- 4) 개념학습과 흥미유발을 위한 과학사적 학습지도 방법은 남녀 성별에 따라 어떤 영향을 주고 학업 성취도는 어떠한가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상 및 시기

본 연구의 대상은 제주도내에 소재한 추자중학교 1학년 2개반(남 1개반 34명, 여 1개반 31명) 65명을 실험집단으로 하고, 통제집단은 고산중학교 1학년 2개반(남녀 혼성반; 남 27명, 여 28명)으로 하였다. 실험집단은 도서지역으로 학교 시설 면이나 지역사회의 여건상 학교의 학습경험의 기회가 적어 전체적으로 교과 성적이 낮은 소규모 농어촌 학교이다. 통제집단은 제주도내에서 실험집단과 비슷한 교육환경을 갖는다고 생각되는 농어촌 학교를 선택하였다.

학생들이 갖는 선개념을 알아보기 위해 사전검사를 1997년 2월 4일에 실험집단과 통제집단에 대해 동일한 검사지로 조사한 후 과학사적 학습지도 수업처치는 1997년 2월 11일 실험집단을 대상으로 실시하였다. 수업 관련 태도 검사는 과학사적 학습지도에 관한 학생들의 반응을 알아보기 위해 실험집단에 대해서만 수업처치 후에 하였고, 사후 성취도검사는 1997년 3월 20일에 두 집단에 대해 동시에 실시하였다.

### 2. 연구 절차

본 연구에서는 먼저 현행 중학교 1학년 과학 단원중 “힘과 운동” 단원의 개념에 관한 문헌을 조사하여 학생들이 가지고 있는 오개념의 유형을 파악하고, 이에 대한 문헌 연구를 토대로 학생들이 생각하는 낙하운동에 관한 개념을 조사하기 위한 문항지를 기존 연구 결과<sup>9,12-20)</sup>를 참조하여 중학생들이 응답할 수 있는 내용 중심으로 연구자가 재편집하여 개발하였다.

문헌연구와 사전검사서 학생들의 개념유형을 조사 분석한 후 이를 기초로 학생들이 보다 쉽게 과학사적인 개념을 형성할 수 있도록 하기 위해, 과학사적 학습지도 전략을 수립하고 아리스토텔레스의 이론, 임페투스이론, 갈릴레오 이론, 뉴턴의 이론을 정리하여 학습자료로 개발하고, 이를 토대로 학습지도안을 작성 개발하였다.

통제집단에는 전통적 학습지도안을, 실험집단에는 과학사적 학습지도안을 사용하여 과학교사 1명과 연구자가 각각 수업처치를 하였다. 통제집단을 지도한 교사는 교육경력 2년의 여교사이고, 실험집단을 지도한 연구자는 7년의 교육경력을 가진 남교사이다. 통제집단과 실험집단에서 사용한 수업 내용 및 시간은 같고 다만 교수 방법 및 수업전략에만 차이를 두었다. 수업처치 후 두 집단에 대해 동일한 문제로 학습 성취도를 검사하여 비교하였다.

### 3. 학습지도 과정

전통적인 수업은 교사가 교과서와 교사용 지도서에 제시된 내용과 방법대로 그 교사가 예년에 하던 방식대로 수업하였으며, 과학사적 학습지도 수업은 다음과 같은 순서와 방법으로 하였다.

- 1) 토의는 학생들의 경험이 적은 것을 염려하여 토의학습에 관한 영상자료 제시와 과학수업에서 자주 사용하여 익숙토록 하였다.
- 2) 수업진행이 소집단 토론 중심이므로 원활한 수업 진행을 위해 발표력이 있는 학생들을 각조에 골고루 들어가도록 하였고, 각 조당 5~6명 씩 6개의 소집단을 구성하고 진행자와 기록자를 각각 1명씩 정했다.
- 3) 학습자료를 배부하고 자료 내용을 읽고 정리한 후 각 조별로 토의학습을 하도록 유도하였다.
- 4) 집단 토론은 토의 그 자체도 하나의 교육이 되므로 동료들의 생각을 무시하거나, 조소 등의 이유로 소외되는 학생이 없도록, 타인의 발표 시는 경청하는 태도를 갖게끔 유도하였다. 그럼으로서 자기의 의사를 자유롭게 발표하는 능력, 태도, 문제 해결의 사고능력, 인간 존중의 태도, 집단 협력의 방법을 갖도록 하여 원만한 토의 학습이 이루어지도록 하였다.
- 5) 타인의 생각과 자신의 생각을 비교 분석할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 지도하고, 발표 시는 말의 핵심을 찾아 발표할 수 있도록 지도하였다.
- 6) 학습자료의 내용이 그 시대의 과학 기술의 발달과 현재와는 매우 차이를 알려주고, 낙하운동에 관해서 자신이 생각했던 내용과 학습자료에 나타난 이론 사이에 비슷한 점을 찾아내도록 한 다음 어떻게 그 이론이 변해 가는가를 중점적으로 토의하도록 하였다.
- 7) 전체토론시는 각 조별로 주장이 요약한 내용을 중심으로 발표하도록 하고, 토의활동이 활발한 소집단에 발표의 기회를 많이 주어 자신감을 갖도록 하였다.

8) 발표한 내용을 중심으로 낙하운동에 대한 학습 내용을 정리하였다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

#### 1. 사전 검사 결과 분석

##### 1) 공기 중에서 낙하하는 물체의 운동

공기 중에서 낙하하는 물체의 운동에 대한 중학생들의 선개념을 알아보기 위한 사전 검사 문항에 대한 학생들의 응답 유형은 표 1.과 같다. 응답한 이유 진술은 일부 학생들만 기술하였기 때문에 그들 중심으로 분석해 보겠다.

표 1.에서와 같이 '일정한 비율로 빨라진다'고 응답한 경우는 실험집단의 남·여가 각각 35.3%와 19.4%로 실험집단의 27.4% 학생이, 통제집단의 남·여가 각각 25.9%와 21.4%로 통제집단의 23.7% 학생이 과학자적 개념을 갖고 있다고 볼 수 있다. 그리고 두 집단간에 반응 정도는 비슷한 경향을 보이고 있다. 그렇지만, 응답한 이유 진술을 분석해 보면 실험집단이 18명 중 5명이, 통제집단은 13명 중 2명이 중력이 커지기 때문이라고 진술한 반면, 중력이 일정하기 때문에, 공기의 저항 때문에 등을 이유 진술한 것으로 보아 학생들 나름대로의 선개념을 갖고 있음을 알 수 있다.

표 1. 공기 중에서 낙하하는 물체의 운동에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 느려진다	0	0	1	3.2	2	7.4	0	0
2) 일정한 비율로 느려진다	3	8.8	2	6.4	1	3.7	0	0
3) 떨어지는 동안 일정하다	5	14.7	5	16.1	2	7.4	3	10.7
4) 빨라진다.	10	29.4	14	45.2	13	48.2	15	53.6
5) 일정한 비율로 빨라진다	12	35.3	6	19.4	7	25.9	6	21.4
6) 기타	4	11.8	3	9.7	2	7.4	4	14.3
계	34	100	31	100	27	100	28	100

뿐만 아니라, '빨라진다'고 응답한 학생들 중 실험집단이 24명 중 8명, 통제집단이 28명 중 5명이 중력이 커지기 때문이라고 이유 진술한 것을 보면, 학생들이 불완전한 지식 구조와 오개념을 갖고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 실험집단과 통제집단 공히 남학생보다 여학생이 심하였다. 이것은 남학생이 여학생 보다 과학 탐구능력이 높기 때문이라고 보여진다.

질량이 서로 다른 두 쇠공을 공기 중에서 낙하시키는 사전검사 문항에 대한 응답 유형을 표 2.에 정리하였다. 표 2.에서와 같이 질량이 20kg인 쇠공이 먼저 낙하할 것이라고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 73.5%와 67.8%로 실험집단의 70.7%, 통제집단의 남·여가 각각 48.2%와 46.4%로 통제집단의 47.3% 학생들이 반응하였는데, 이유 진술은 극히 일부 실험집단의 학생만이 공기의 저항(46명중 5명)때문이라 답하였다. 이것은 많은 학생들이 낙하운동은 물체의 무게와 관계 있다는 아리스토텔레스와 같은 생각을 갖고 있음을 보여주고 있으며, 학생들은 경험상 '무거운 물체가 빨리 떨어진다'고 생각하고 있어 공기의 저항 문제를 간과하고 있다.

표 2. 질량이 다른 두 공의 낙하운동에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.	1	3.0	1	3.2	1	3.7	3	10.7
2) 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.	25	73.5	21	67.8	13	48.2	13	46.4
3) 동시에 떨어진다.	8	23.5	8	25.8	9	33.3	11	39.3
4) 기타	0	0	1	3.2	4	14.8	1	3.6
계	34	100	31	100	27	100	28	100

또한, '동시에 떨어진다'고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 23.5%와 25.8%로 실험집단의 24.7%, 통제집단의 남·여가 각각 33.3%와 39.3%로 통제집단의 36.3%를 반응하였다. 두 집단을 비교해 보면 통제집단이 높다. 그리고 실험집단의 남학생과 여학생이 반응한 응답 유형 경향은 비슷하지만, 통제집단은 여학생이 조금 높다. 이것은 통제집단의 여학생들이 과학적 사고력 면에서 남학생보다 조금 높다고 볼 수 있음을 나타내고 있다.

## 2) 진공중에서 낙하하는 물체의 운동

진공중에서 물체의 낙하운동에 대한 사전검사 문항에 답한 응답 유형은 표 3에 나타난 바와 같이, '일정한 비율로 빨라진다'고 답한 학생은 실험집단이 6%, 통제집단이 2%밖에 되지 않았다.

표 3. 진공중에서 물체의 낙하운동에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 떨어지지 않는다.	13	38.2	16	51.6	12	44.5	18	64.3
2) 일정한 비율로 느려진다	6	17.7	3	9.7	3	11.1	1	3.6
3) 떨어지는 동안 일정하다.	8	23.6	3	9.7	6	22.2	2	7.1
4) 일정한 비율로 빨라진다.	3	8.8	1	3.2	1	3.7	0	0
5) 매우 빠른 속도로 떨어진다.	3	8.8	6	19.3	2	7.4	4	14.3
6) 기타	1	2.9	2	6.5	3	11.1	3	10.7
계	34	100	31	100	27	100	28	100

그리고 진공중에서는 물체가 '떨어지지 않는다'고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 38.2%와 51.6%로 실험집단의 45.0%, 통제집단의 남·여가 각각 44.5%와 64.3%로 통제집단의 학생이 54.4%가 응답하였는데, 선택한 이유에 대해서는 실험집단이 44.8%, 통제집단이 44.7%가 중력이 작용하지 않는다고 진술하여 진공과 무중력의 개념을 크게 혼동하는 학생들이 많음을 보여 주고 있다. 이런 경향은 두 집단간에는 별 차이가 없었으나 여학생이 남학생 보다 높게 나타났다. 또한 공기의 저항이 없기 때문에 매우 빠른 속도로 낙하할 것이라고 응답한 학생도 전체 학생의 12.5%나 되어 진공의 의미를 모르고 있음을 나타내고 있다.

그러므로 실험집단과 통제집단의 대부분의 중학생들은 무중력과 진공의 개념을 혼동하고있으며, 이들 개념에 대해 불확실하고 막연한 상상력으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 개념학습이 요구된다고 하겠다.

표 4.는 공기가 없는 진공 중에서, 질량이 다른 두공의 낙하운동에 관한 사전검사 문항에 중학생들이 답한 응답 유형이다.

표 4. 진공중에서 질량이 다른 두 공의 낙하운동에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 떨어지지 않는다.	15	44.1	17	54.8	11	40.8	13	46.4
2) 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.	1	2.9	1	3.2	3	11.1	0	0
3) 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.	9	26.6	3	9.7	5	18.5	4	14.3
4) 동시에 떨어진다.	8	23.5	6	19.4	4	14.8	8	28.6
6) 기타	1	2.9	4	12.9	4	14.8	3	10.7
계	34	100	31	100	27	100	28	100

표 4.를 보는 바와 같이 '동시에 떨어진다'고 답한 학생이 실험집단의 남과 여가 각각 23.5%와 19.4%로 실험집단 학생의 21.5%, 통제집단의 남과 여가 각각 14.8%와 28.6%로 통제집단 학생의 21.7% 반응하였다. 이것은 전체 사전검사 대상 학생의 21.6%에 해당하는데, 선택한 이유로는 26.9%의 학생이 교과서를 보고 알았다고 진술했다. 이런 경향은 실험집단에서는 남학생과 여학생이 비슷했지만, 통제집단에서는 여학생이 남학생 보다 높게 나타났다. 이것은 통제집단의 여학생들은 같은 집단의 남학생들 보다, 그리고 실험집단의 여학생들보다도 과학적 사고력이 높다는 것을 나타내고 있다.

또한, 떨어지지 않는다고 답한 학생이 사전검사 대상 학생의 46.7%나 되었는데, 그 이유는 중력이 작용하지 않기 때문이라는 진술이 42.8%이었다. 즉 공기가 없는 것과 무중력 상태를 혼동하고 있음을 알 수 있다.

### 3) 낙하운동의 원인

낙하운동의 원인을 묻는 사전검사 문항에 학생들이 서술한 내용을 유형별로 정리하면 표 5.와 같다. 표 5.를 보는 바와 같이 물질의 고유한 성질이라고 답한 학생이 사전검사 대상 전체 학생의 11.7%, 물체의 무게가 원인이라 응답한 학생이 전체 학생의 3.0%로 실험집단과 통제집단 전체의 14.6%의 학생이 아리스토텔레스와 같은 개념을 갖고 있음을 알 수 있다. 또한, 이런 경향은 실험집단에서는 남학생이, 통제집단에서는 여학생이 많다. 중력이 원인이라고 답한 학생이 전체 학생이 67.5%였으나 낙하운동 현상에 대한 지금까지의 사전검사 결과 분석을 따르면 중학생들의 개념

은 불안정한 지식 구조임을 알 수 있다. 또한 공기의 압력이라고 응답한 학생도 전체 학생의 9.2%나 되어, 오개념을 갖고 있는 학생이 전체 학생의 24.2%나 되었다. 그러나 중력이 원인이라고 응답한 학생은 실험집단의 64.6%, 통제집단의 70.9%로 진술해, 통제집단이 6.3% 높게 나타났다. 이것은 선수학습에서 다른 내용 중 일부이기 때문에 학교 전체의 교과성과 관련이 있는 것 같다.

표 5. 낙하운동 원인에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 물질이 고유한 성질이다.	5	14.7	1	3.2	0	0	8	28.6
2) 중력이 원인이다.	21	61.8	21	67.8	22	81.5	17	60.7
3) 물체의 무게가 원인이다.	2	5.9	1	3.2	1	3.7	0	0
4) 공기의 압력 때문이다.	5	14.7	4	12.9	1	3.7	1	3.6
5) 무응답	1	2.9	4	12.9	3	11.1	2	7.1
계	34	100	31	100	27	100	28	100

두 집단의 학업 성취도는 1996년 12월 4일 실시한 동일한 문제의 제주도교육연구원 시행 학업성취도 평가<sup>21)</sup>에서 1학년 전 교과 평균 성취도는 100점 만점에 실험집단이 44.7점, 통제집단이 56.1점이었으며, 과학교과의 성취도는 실험집단이 43.3점, 통제집단이 52.7점으로 통제집단이 9.4점 높다. 그리고 1996년 11월 8일 시행한 교학사 모의고사 과학 성적은 22점 만점에 실험집단 남학생이 평균 10.6점 여학생이 평균 10.1점이며, 통제집단은 남학생이 평균 11.1점, 여학생이 평균 12.1점으로 남학생은 두 집단간 학력 차가 별로 없다고 볼 수 있으나 여학생은 통제집단이 22점 만점에 2점 정도 높다. 통제집단의 여학생 과학 성적이 높은 것은 앞에서 언급한 바와 같이 과학적 사고력이 높은 것과 관련이 있다고 볼 수 있다.

공기의 압력이라고 응답한 학생은 실험집단 남·여 평균이 13.8%이고 통제집단 남·여 평균이 3.7%로 실험집단이 통제집단 보다 10.2%나 높게 나타났다. 물질이 갖고 있는 고유한 성질이라고 응답한 학생은 실험집단 남학생이 여학생 보다 11.5%나 높게 나타났고, 통제집단에서는 남학생이 한 명도 응답하지 않은 반면 여학생은 28.6%나 되는 학생들이 물질이 갖고 있는 고유한 성질이라고 응답하였다. 중력이 원인이라고 응답한 학생

은 전체적으로 볼 때 남학생이 70.5%, 여학생이 64.4%로 나타나 남학생이 여학생보다 6.1% 높게 나타났다. 이것은 남학생이 여학생보다 과학 성적이 높은 것과 관련 있다고 볼 수 있다.

사전검사 내용을 지금까지 분석해 본 결과는 남학생이 여학생보다 과학 탐구능력과 과학교과 성적이 높다는 결론을 내릴 수 있는데, 이것은 기존의 연구결과<sup>22,23)</sup>와도 일치하는 것이다.

#### 4) 물체의 운동과 힘의 방향

위로 던져 올린 물체에 작용하는 힘의 방향을 묻는 사전검사 문항에 대한 내용을 정리하면 표 6.과 같다.

표 6. 물체가 위로 올라갈 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 위쪽으로 힘이 작용한다.	25	73.6	17	54.8	14	51.9	17	60.7
2) 아래쪽으로 힘이 작용한다.	7	20.6	5	16.1	7	25.9	7	25.0
3) 힘이 작용하지 않는다.	1	2.9	2	6.5	2	7.4	0	0
4) 기타	1	2.9	7	22.6	4	14.8	4	14.3
계	34	100	31	100	27	100	28	100

표 6.을 보는 바와 같이 아래로 힘이 작용한다고 답한 학생은 실험집단 남·여 평균이 18.5%, 통제집단 남·여 평균이 25.4%로 사전검사 대상 전체 학생의 22.0%가 응답하였다. 그러나 위쪽으로 힘이 작용한다고 답한 응답자가 전체 학생의 60.3%이며, 힘이 작용하지 않는다고와 기타로 응답한 학생이 전체의 17.7%이다. 이것은 78%의 학생이 운동과 힘의 방향을 잘 이해치 못하고 있음을 의미한다

또한 물체가 최고점에 있을 때, 물체에 작용하는 힘의 방향을 묻는 사전검사 문항에 대한 학생들의 응답 유형은 표 7.과 같다. 표 7.을 보는 바와 같이 아래로 힘이 작용한다고 답한 학생은 전체 학생의 36.6%밖에 되지 않았고, 힘이 작용하지 않는다고 답한 학생이 전체 학생의 42.5%나 되어 운동과 정지를 서로 다른 개념으로 생각하고 있는 학생이 많음을 알 수 있다. 이것은 물체에 힘이 작용해야 움직이고, 정지하고 있는 물체에

는 힘이 작용하지 않는다는 오개념을 학생들이 갖고 있다는 것을 의미한다.

표 7. 물체가 최고점에 있을 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 위쪽으로 힘이 작용한다.	3	8.8	0	0	2	7.4	2	7.1
2) 아래쪽으로 힘이 작용한다.	11	32.4	11	35.5	10	37.0	12	42.9
3) 힘이 작용하지 않는다.	18	52.9	12	38.7	10	37.0	11	39.3
4) 기타	2	5.9	8	25.8	5	18.6	3	10.7
계	34	100	31	100	27	100	28	100

표 8. 물체가 밑으로 내려올 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

응답 유형	실험집단 (남)		실험집단 (여)		통제집단 (남)		통제집단 (여)	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 위쪽으로 힘이 작용한다.	2	5.9	2	6.5	1	3.7	1	3.6
2) 아래쪽으로 힘이 작용한다.	27	79.4	17	54.8	17	63.0	21	75.0
3) 힘이 작용하지 않는다.	3	8.8	4	12.9	2	7.4	3	10.7
4) 기타	2	5.9	8	25.8	7	25.9	3	10.7
계	34	100	31	100	27	100	28	100

표 8.은 물체가 밑으로 내려올 때 작용하는 힘이 방향을 묻는 사전검사 문항에 대한 응답 유형이다. 아래쪽으로 힘이 작용한다고 반응한 경우는 실험집단의 67.1% 학생이, 그리고 통제집단의 69.0% 학생이 응답하여 전체 학생의 68.1%가 되지만, 물체의 운동방향과 이에 따른 힘의 방향을 묻는 문항에서 세 문제 모두 아래 쪽 방향으로 힘이 작용한다고 응답한 학생은 사전검사 대상 전체 학생의 21.7%밖에 되지 않았다. 따라서 힘과 운동 방향을 연관지어 물체가 움직이는 방향으로 힘이 작용한다고 응답한 학생은 표 6. ~ 표 8.와 연관지어 분석하면 전체 학생의 57.2%가 된다. 이것은 오스본의 연구 결과<sup>13)</sup> 와도 대체적으로 일치하는 것이다.

지금까지 알아본 바와 같이 사전검사에 의해 조사된 학생들의 선개념은 과학적 개념보다 비과학적 개념이 많다. 그런데 학생들이 갖는 오개념은 역사적으로 볼 때 과학자들의 시행착오와 상당한 유사점이 있기 때문에 오개념을 교정하는 개념학습에 과학사를 이용할 수 있을 것이다.

학생들이 학습 전에 자신의 경험에 기초한 낙하운동에 관한 오개념을 교정하기 위한 개념학습을 하기 위해 과학자들의 그 당시 생각과 개념 변천 과정을 학습 자료로 만들어서 수업에 투여하였다.

## 2. 수업 관련 태도 검사 분석

과학사적 학습지도에 대한 학생들의 반응을 알아보기 위해, 수업처치 후 수업 관련 태도검사를 자체 제작한 설문지를 이용하여 조사한 결과를 표 10.에 나타내었다.

표 10. 수업 참여도 비교

응답 유형	전통적 수업				과학사적 학습지도			
	남학생		여학생		남학생		여학생	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 매우 소극적이다.	4	11.8	1	3.2	4	11.8	1	3.2
2) 소극적이다.	9	26.4	4	12.9	3	8.8	5	16.1
3) 보통이다.	16	47.1	21	67.8	11	32.4	13	42.0
4) 적극적이다.	4	11.8	5	16.1	13	38.2	7	22.6
5) 매우 적극적이다.	1	2.9	0	0	3	8.8	4	12.9
6) 기타	0	0	0	0	0	0	1	3.2
계	34	100	31	100	34	100	31	100

수업에 대한 참여 정도는 전통적 수업에서 적극적으로 임한다는 학생(적극적; 9명, 매우 적극적; 1명)이 표 10.에서와 같이 전체 학생의 15.4% 밖에 안 되었으나, 과학사를 이용한 수업에서는 41.5%의 학생(적극적; 20명, 매우 적극적; 7명)이 적극적으로 참여를 했다고 응답하였다. 뿐만 아니라 과학사적 학습지도에 매우 적극적으로 참여한 학생은 전체 학생의 10.8%나 되었다. 이와 같은 결과로부터 과학사를 이용한 학습지도는 많은 학생들을 수업의 장으로 끌어 낼 수 있다고 볼 수 있다. 또한, 전통적 수업에 소극적으로 참여한다고 응답한 학생은 남학생(매우 소극적; 4명, 소극적; 9명)이 38.2%로 여학생(매우 소극적; 1명, 소극적; 4명) 16.1%보다 높게 나타났다. 그리고 과학사를 이용한 수

업에서는 적극적으로 참여한다고 응답한 학생이 남학생(매우 적극적; 3명, 적극적; 13명) 47.1%로 여학생(매우 적극적; 4명, 적극적; 7명) 33.5%보다 높게 나타났는데, 전통적 수업에 비해 과학사적 학습지도에 적극적으로 참여한다는 여학생들의 증가율 변화 폭은 남학생 보다 훨씬 높다.

그렇지만, 전통적 수업이나 과학사적 학습지도를 불문하고 과학수업에는 여학생보다 남학생의 참여 정도가 높고 또한, 1절에서 알 수 있는 바와 같이 남학생이 과학적 태도나 탐구능력 및 과학 성적이 여학생보다 높다. 이에 대한 명확한 분석은 어렵지만, 과학의 남성적 이미지로 인해 여학생이 남학생보다 과학수업의 참여도가 낮다고 알려져 있다.<sup>22,23)</sup> 그럼에도 불구하고 본 연구에서의 여학생들의 수업참여도 변화 폭이 높은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들의 흥미유발을 시켜 과학에 관심을 가지고 수업의 참여를 높일 수 있는 학습지도 방법의 하나가 될 수 있을 것이다. 실제로 과학사를 이용한 수업에서는 남학생반 보다 여학생반이 토의에 소극적이었는데, 여학생의 수업 참여도가 높은 것으로 보아 학습자료를 다양하게 수업에 투여하고 토의에 적극적으로 임하도록 하는 방법을 모색해야 할 것이다.

과학사를 이용한 수업 방법에 대한 흥미도 조사 결과를 남녀별로 표 11.에 나타내었다. 표 11.에서 알 수 있는 바와 같이 과학사를 이용한 수업방법이 재미있다고 응답한 학생(남; 38.2%, 여; 25.9%)이 재미없다고 응답한 학생(남; 20.6%, 여; 19.3%)보다 전체 평균이 12.3% 높게 나타나, 과학사를 이용한 수업시 토론 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 훈련과 노력을 기울이면 많은 학생들이 학습동기를 유발시킬 수 있을 것으로 기대된다.

표 11. 과학사적 학습지도에 대한 남녀별 흥미도

응답유형	남학생		여학생	
	인원수 (명)	백분율 (%)	인원수 (명)	백분율 (%)
1) 매우 재미없다.	4	11.8	1	3.2
2) 재미없다.	3	8.8	5	16.1
3) 보통이다.	12	35.3	16	51.6
4) 재미가 있었다.	9	26.5	6	19.4
5) 매우 재미있다.	4	11.7	2	6.5
6) 기타	2	5.9	1	3.2
계	34	100	31	100

### 3. 성취도 검사 결과 분석

과학사적 학습지도에 의한 수업처치를 한 후, 교수-학습의 효과를 알아보기 위해 학업 성취도 검사를 하였다. 성취도 검사 문항은 낙하운동에 대한 평가 문항 15문제를 연구자가 자체 제작하였는데, 난이도를 상, 중, 하로 하여 각각 5문제씩 출제하였다. 실험 집단과 통제집단에 대한 검사 결과는 표 12.와 같다. 표 12.의 결과를 비교하기 위하여 난이도 및 성별과 집단별로 정리하여 나타내면 표 13.과 같다.

표12. 성취도 검사 결과 비교

성취도 검사지 문번	실험집단				통제집단			
	남학생		여학생		남학생		여학생	
	정답학생 (명)	정답율 (%)	정답학생 (명)	정답율 (%)	정답학생 (명)	정답율 (%)	정답학생 (명)	정답율 (%)
1	29	85.3	23	74.2	17	63.0	17	60.7
2	22	64.7	21	67.7	13	48.1	12	42.8
3	21	61.8	21	67.7	12	44.4	13	46.4
4	20	58.8	21	67.7	17	63.0	17	60.7
5	21	61.8	21	67.7	16	57.1	17	60.7
6	13	38.2	13	45.2	11	40.7	13	46.4
7	13	38.2	6	19.4	3	11.1	8	28.6
8	12	35.3	10	32.3	8	29.6	11	39.3
9	9	20.6	11	35.5	9	33.7	10	35.7
10	17	50.0	15	48.4	12	44.4	12	42.8
11	9	26.5	4	12.9	1	3.7	5	17.9
12	5	14.7	8	25.8	4	14.8	3	10.7
13	5	14.7	6	19.4	6	22.2	3	10.7
14	7	20.6	7	22.6	6	22.2	5	17.9
15	7	20.6	4	12.9	7	25.9	6	21.4
계	213	41.8	191	41.1	143	35.3	152	36.2

표 13.에서 알 수 있는 바와 같이 낙하운동의 기본 원리 및 현상을 묻는 쉬운 문항(난이도 하)에 대한 평균 정답율은 남녀 전체적으로 실험집단이 통제집단 보다 12.8% 높게 나타났다. 그리고 보통 문제(난이도 중)와 어려운 문제(난이도 상)에 대한 평균 정답율은 남녀 전체적으로 실험집단이 각각 36.6%와 19.1%이고, 통제집단이 각각 35.3%와 16.7%로 실험집단이 약간 높다. 전체적으로는 실험집단이 통제집

단보다 평균 정답율이 5.6% 높다. 통제집단의 과학성적이 제주도교육연구원에서 시행한 학업성취도 평가결과<sup>21)</sup> 실험집단 보다 9.4% 높았던 것과 비교해 볼 때, 과학사적 학습지도에 의한 낙하운동 교수-학습을 한 실험집단이 통제집단 보다 학업성취도가 15.0% 높음을 알 수 있다.

표 13. 난이도 별 평균 정답을 비교

(단위: %)

난이도	실험집단			통제집단		
	남학생	여학생	전 체	남학생	여학생	전 체
문 1~5 (난이도 하)	66.5	69.0	67.7	55.6	54.3	54.9
문 6~10 (난이도 중)	37.6	35.5	36.6	31.9	38.6	35.3
문 11~15 (난이도 상)	19.4	18.7	19.1	17.8	15.7	16.7

과학사적 학습지도에 의한 성취도를 실험집단의 학년말 과학 성적과 비교해 보겠다.

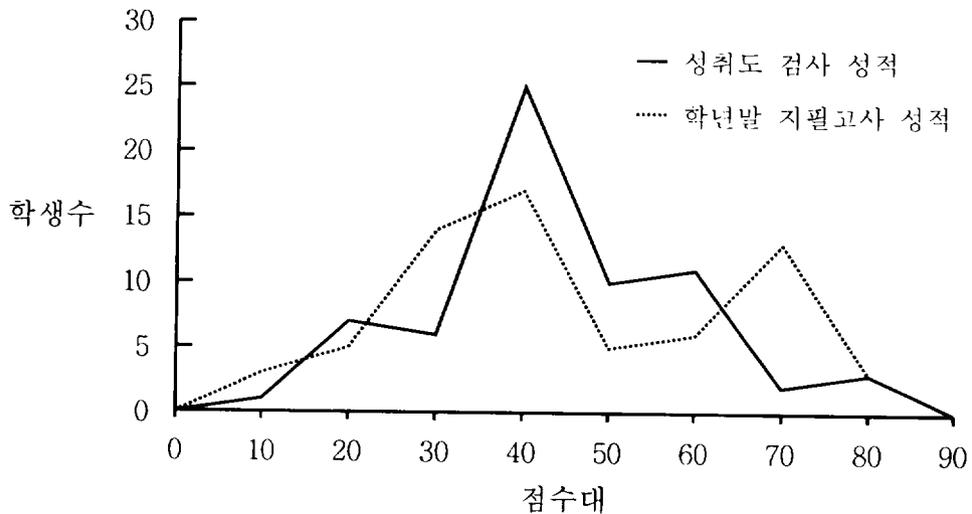


그림 1. 학년말 과학 성적과 성취도 검사에 따른 학생수

여기서 학년말 과학 성적은 지필고사와 실험·실습 평가 및 과학 태도와 출석 점수를

포함한 1 년간의 점수로 평균 성적은 남학생 54.6점, 여학생 55.4점이다. 실험집단 학생들의 학년말 과학 성적과 성취도 검사 성적을 비교해 보면 분산 결과가 학년말 성적 7.49, 성취도 검사 5.31로 나타나 성취도 검사 분산 수치가 2.18 적게 나타났다. 이것은 성취도 검사 성적이 평균 점수대에 많이 집중되어 있는 것을 의미하므로 학생들의 성적이 고르게 향상되었음을 나타낸다. 뿐만 아니라 학년말 지필고사 성적만을 성취도 검사 성적과 비교해 보면 그림 1.과 같다. 학년말 지필고사 성적과 성취도 검사 성적을 10점 간격의 점수대에 따른 학생수를 나타낸 것이다. 그림 1.에서 알 수 있듯이 30~60점대 학생수는 지필고사 성적보다 성취도 검사 성적이 높다. 즉 과학사적 학습지도의 학업성취도가 전통적 수업에 비해 높음을 알 수 있다. 다시 말해, 과학사를 이용한 수업 방법이 과학에 대한 학생들의 흥미를 유발시키며 개념학습에 유의미하다고 할 수 있다.

전체적으로는 성취도 검사 성적이 높다 하더라도 성취도 검사 성적을 개인 별로 학교 과학 성적과 비교해 보면, 일부 학생인 경우에 학교 성적이 낮음에도 불구하고 성취도 검사 성적이 높게 나타나는 학생이 있는 반면에, 학교 성적이 우수함에도 불구하고 성취도 검사 성적이 낮게 나타나는 학생들도 있었다. 전자의 경우는 여학생일수록 많았고, 후자의 경우는 남녀 학생수가 비슷하였다.

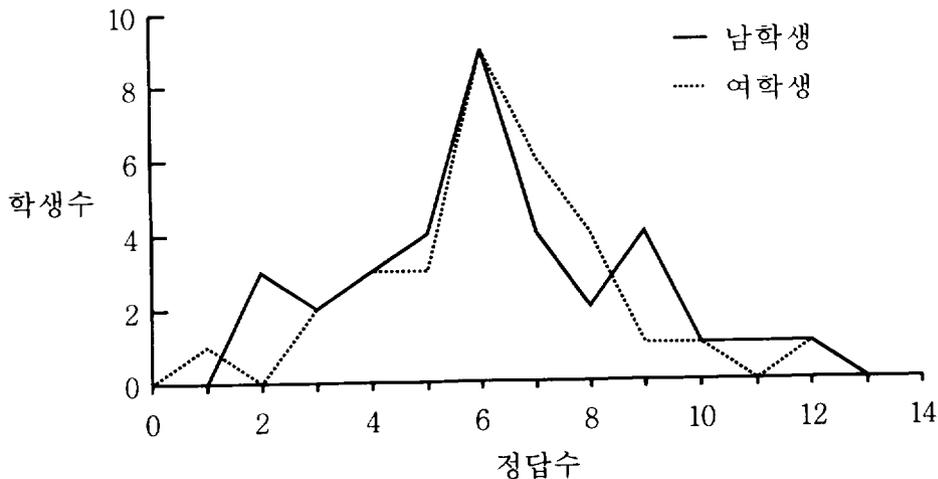


그림 2. 남녀 학생별 성취도 정답수와 그에 따른 학생수

그림 2는 실험집단의 남녀별 성취도 성적을 비교한 것이다. 그림 2를 보는 바와 같이 성취도가 중간 수준(정답수 6~8)인 경우 여학생의 수가 많다. 그리고 표 12와 표 13에서 알 수 있는 바와 같이 실험집단의 남녀별 정답율은 각각 41.8%와 41.1%로 같지만, 난이도가 낮은 기본적인 문항에 대해서는 여학생의 정답율이 남학생보다 2.5% 높다. 사전 검사 결과와 모의고사 성적 비교에서 알 수 있었던듯이 남학생의 과학성적은 여학생보다 3.4점 높았었다. 그러므로 전체적으로 볼 때 과학사적 학습지도에 의한 학업 성취도는 여학생이 남학생보다 3%정도 높다고 볼 수 있는데, 이것에 대해서는 좀 더 많은 자료에 의한 명확한 분석이 필요하다고 본다.

전 세계 초·중·고등학생을 대상으로 학업 성취도 평가를 하고 있는 IEA(국제교육 성취평가위원회)가 1964년부터 1992년까지 실시한 평가결과를 분석한 최근의 “학업 성취도에 있어서의 성별에 따른 차이 보고서(유네스코 본부 발간·크리스티안 브러셀만스-조지 헨리 공동연구)”에 따르면, 남녀 학생의 학업 성취도 격차는 10세 단계(초등 3~4년)에서부터 시작돼 나이가 들수록 더욱 커지는 것으로 나타났다. 그리고 10세, 14세, 18세 등 각 평가단계에서 모두 남학생 성적이 여학생 성적을 앞지르고 있다고 하였으며, 각 단계에서도 생물, 화학, 물리순으로 학업 성취도 차이가 크다고 한다. 뿐만 아니라, 이 값은 중학생에서 고등학생으로 학년이 올라갈수록 가파르게 커지고 있다고 하였다.

그리고 이 IEA 보고서는 ① 일반적으로 남학생이 여학생보다 과학, 수학에 더 관심이 깊고 긍정적인 자세를 갖고 있으며, ② 성별에 따른 사회의 기대치와 직업 선택 기회가 다른 현실 등, 생태학적인 이유와 사회적인 요인이 복합돼 이같은 격차를 만들어내고 있는 것으로 보이지만 아직 명확한 분석은 어렵다고 한다. 이와 같이 과학성적은 남학생이 높은 것이 일반적이지만, 수업 관련 태도 검사와 성취도 검사 분석 결과 여학생의 수업 참여도가 높고, 성취도에서 남학생과 같은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들에게 과학에 좀 더 관심을 갖도록 하는 한가지 방법은 될 수 있을 것이다.

과학사적 학습지도에 의한 개념변화 연구<sup>19,24</sup>는 극히 소수에 불과하지만, 토의학습에 익숙치 않는 중학교 저학년에게는 대비적 토론을 영상자료로 제시해서 수업 진행을 하는 수업모형 연구<sup>24</sup>도 있으므로 중학생들에게 활발한 토의가 이루어지도록 하는 방법 모색이 필요하다. 그러므로 토의에 대한 자신감을 심어준다면 과학사적 학습지도가 여학생들의 과학 성적을 올려주고 수업 참여율도 증가시킬 수 있는 수업 방법이라고 할 수 있겠다.

다시 말해, 과학사적 학습지도 방법은 남녀 학생 모두에게 학교 현장에서 적용 가능하고, 학생들의 흥미유발과 개념학습에 유의미하다. 따라서 학교 과학 성적과 학생의 과학 적성은 인과관계가 반드시 있다고 할 수 없으므로 학생들에게 다양한 교수-학습 방법으로 과학수업을 진행한다면, 과학에 대한 학생들의 친밀도는 증가할 것이다. 그러므로 과학 수업은 학생의 능력에 맞는 수준별 학습지도에 의해서 진행하여야 하며, 이에 대한 학교 현장에서의 연구가 있어야 하겠다.

## IV. 결 론

중학생들의 낙하운동 개념학습을 위한 과학사적 학습지도의 효과와 성취도 변화에 관한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사전검사 결과 학생들이 낙하운동에 대해 갖는 개념 유형은 ① 중력은 지표 가까이 내려올수록 그 세기가 크게 작용한다고 생각한 학생이 많아 물체의 속력은 힘이 크기에 비례한다는 비과학적 생각을 갖고 있었고, ② 진공과 무중력을 혼동하고 있는 학생들이 많았다. 그리고 ③ 많은 학생들이 무거운 물체가 빨리 떨어진다는 생각을 갖고 있었으며, ④ 물체가 운동을 할 때는 반드시 운동하는 방향으로 힘이 작용한다는 오개념을 갖고 있어 힘과 운동방향을 연관지어 생각하고 있는 학생들이 많았다. 뿐만 아니라, ⑤ 정지하고 있는 물체에는 힘이 작용하지 않는다는 학생들이 많아 힘과 운동 및 정지 현상을 서로 연관시켜 생각지 못하고 있다.

둘째, 과학수업에 적극적으로 참여한다는 학생들의 비율은 전통적 수업 15.4%에서 과학사적 학습지도 수업 41.5%로 증가하였고, 흥미도는 12.3% 높게 나타났다. 그러므로 과학사적 학습지도 방법은 학생들의 흥미유발과 과학에 대한 친밀도를 높일 수 있는 교수-학습 방법이라고 하겠다.

셋째, 과학사적 학습지도에 의한 실험집단의 학업 성취도는 통제집단 보다 15.0% 높게 나타났고, 실험집단 학생들의 학교 과학 성적과 성취도 검사 성적을 비교해 본 결과 대부분의 학생들의 성취도 성적이 고르게 향상되었다. 이런 결과로부터 과학사를 이용한 수업은 학생들의 낙하운동에 대한 오개념을 바로 잡는데 효과적인 수업 방법이라고 할 수 있다.

넷째, 여학생은 남학생보다 과학 학업 성취도가 낮은 것이 일반적인 경향이다. 그러나 본 연구에서 여학생이 수업 참여도 증가율은 남학생보다 크고 과학성적과 과학 탐구능

력이 낮은데도 성취도 검사 성적은 남학생과 같은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들에게 과학에 좀 더 관심을 갖도록 하는 수업 방법이 될 수 있을 것이다.

다섯째, 일부 학생은 자신의 과학 성적에 비해 성취도 검사 성적이 향상된 경우도 있고 내려간 경우도 있는데, 이것은 과학 성적과 과학 적성은 항상 일치하는 것이 아니므로 학생에 따라 적절한 수업 방법이 필요하다는 것을 의미한다. 그러므로 과학 수업은 능력에 맞는 수준별 학습을 하여야 하겠다.

끝으로, 과학사적 학습지도는 교실에서 간단하게 실행할 수 있고 오개념 교정에 효과적인 개념학습 방법이나, 토의학습에 대한 교사와 학생들의 지식과 경험 등의 재반 여건이 완비되어야 하겠으며 과학사와 과학교육에 대한 교재 개발도 시급하다고 하겠다.

## 참 고 문 헌

1. 조희영 : 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습과의 관계, 한국과학교육학회지, 제4권 제1호, pp. 34~43 (1984).
2. 김명련 : 인지 갈등 수업 전략이 중학생의 과학 개념 변화와 과학적 태도에 미치는 효과(석사학위논문), 한국교원대학교 대학원 (1994).
3. 김상명 : 열과 온도에 대한 학생들의 개념조사 및 오인을 감소시키기 위한 수업전략에 따른 처치효과(석사학위논문), 이화여자대학교 (1993).
4. M. McCloskey : Intuitive Physics, Scientific American, Vol.248, pp. 122~238 (1983).
5. J. Nussbaum : Classroom conceptual change: the lesson to be learned from the history of science. in H. Helm and J. Novak, (eds.). Proceedings of the misconceptions in science and mathematics, Cornell University, Ithaca, pp. 272~281 (1983).
6. E. Saltiel and L. Viennot : What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning. in P. Lijnse, (ed.). The many faces of teaching and learning mechanics: Proceedings of a conference on physics education. Utrecht, Netherlands, pp. 199~214

- (1985).
7. I. A. Halloun and D. Hestenes ; Common sense concepts about motion. American Journal of Physics, Vol.53(11), pp. 1056~1065 (1985).
  8. 김익균 ; 대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념변화(박사학위논문), 서울대학교 대학원 (1991).
  9. 양승훈의 4인 ; 과학사와 과학교육, 민음사, pp. 53~82 (1996).
  10. 이선경, 김우희 ; 열의 오개념 교정을 위한 과학사의 도입에 관한 연구, 한국과학교육학회지, 제15권 3호, pp. 275~283 (1995).
  11. 양승훈 ; 물리학과 역사, 청문각, pp. 1~15 (1996).
  12. 권재술, 김범기 ; 과학 오개념 편람 - 역학편, 한국교원대학교 물리교육연구실 (1993).
  13. D. Nachtigall ; Conceptions of fifth grade students concerning freely falling objects, Research in physics Education, La Londe Les Maures, pp. 151~154 (1983).
  14. B. White ; Difficulties in understanding Newtonian dynamics, The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics, ed. P. L. Lijnse, W.C.C.-Utrecht (1984).
  15. M. Sequeira and L. Leite ; Alternative conceptions and history of science in physics teacher education, Science Education 75, pp. 45~56 (1991).
  16. L. C. McDermott ; Critical review of research in the domains of mechanics, Research on Physics Education, La Londe Les Maures, pp. 151~154 (1983).
  17. D. M. Watts and A. Zylberstajn ; A survey of some ideas about forces, The Institute on Physics 16, pp. 360~365 (1981).
  18. J. Clement ; Student preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics 50, pp. 66~71 (1982).
  19. R. Osborne ; Building on children's intuitive ideas, American Journal of Physics 50, pp. 66~71 (1982).
  20. R. K. Boyle and D. P. Maloney ; Effects of written test on usage of Newton's third law, Journal Research in Science Teaching 28, pp. 123~

22 科學教育(1997. 12.)

139 (1991).

21. 제주도교육연구원 ; 중학교 학업 성취도 평가 결과 분석자료 (1996).
22. 노태희, 최용남 ; 성역할의 관점에서 조사한 과학자와 자신에 대한 이미지의 격차 및 과학 관련 태도와의 관계성 조사, 한국교육학회지, 제16권 제3호, pp. 286~294 (1996).
23. 노태희, 최용남 ; 남녀 혼성반 학생들의 수업 환경에 대한 인식의 성별 차이, 한국교육학회지, 제16권 제4호, pp. 401~409 (1996).
24. 김재우, 오원근, 박승재 ; 수평 및 낙하운동에 대한 과학사적 내립 개념의 대비적 토론이 무중력 상황 도입을 통한 중학교 1학년 학생의 개념 변화에 미친 효과, 한국교육학회지, 제17권 제1호, pp. 31~44 (1997).