

# 수평 및 낙하 운동에 대한 과학사적 대립개념의 대비적 토론이 무중력 상황 도입을 통한 중학교 1학년 학생의 개념 변화에 미친 효과

김재우 · 오원근 · 박승재

(서울대학교)

(1996년 10월 28일 받음)

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성과 목적

학생들은 위로 던져진 물체는 항상 아래로 떨어지고 지상에서 움직이는 물체는 언젠가 정지하는 세계에서 태어나서 생활해 왔기 때문에, 그러한 운동 현상을 항상 '자연스럽게' 생각하게 된다. 이러한 사고는 과학사에서도 잘 나타난다. 아리스토텔레스에 의하여 전개된 운동의 본성에 대한 논의는 근본적으로 물체가 움직이는 데는 이를 일으키는 동인으로서 힘이 필요하다는 것과 물체의 낙하 속도는 무게에 비례한다는 주장을 담고 있다. 운동에 대한 이러한 논의는 중세까지 계속되면서 그 논의의 한계를 보완하기 위하여 임페투스 이론 등으로 발전되었지만, 갈릴레이에 이르러서야 비로소 낙하 속도는 무게와 무관하고 운동이 지속되는데 힘이 필요한 것은 아니라는 입장이 형성되게 되었다(Butterfield, 1962). 정확히 같은 단계를 따르지는 않지만 운동에 대하여 과학사에서 나타나는 개념 발달과 학생들의 개념 발달 사이에도 유사성이 존재한다고 생각할 수 있다(McCloskey, 1983; Sequeira and Leite, 1991; Gauld, 1991; Song et al., 1996). 낙하 운동은 지구 중력 때문에 일어나고 수평면 위에서 운동하는 물체는 마찰 때문에 언젠가 정지하게 되지만, 학생들은 운동에 대하여 이러한 지구라는 공간의 '특수성'을 잘 깨닫지 못하고 당연하게 생각하기 때문에 갈릴레이 이전의 과학자들과 유사한 생각을 지닌다(Bliss et al., 1989; Twigger et al., 1994). 따라서, 학생들이 뉴턴역학을 올바르

게 이해하기 위해서는 이러한 특수성을 잘 깨닫게 하기 위한 학습 지도방략이 필요하다. 이러한 의미에서 무중력 상황을 도입하는 것은 의미가 있다고 본다.

무중력 상황에서는 공중에 던져진 물체가 포물선 궤도를 그리며 낙하하거나, 얼마 가지 못하여 정지하는 것이 아니라, 던져진 방향으로 등속직선운동을 계속하게 된다. 이러한 현상은 낙하 및 수평 운동에 대하여 학생들이 당연하게 여기는 생각과 다른 경험을 제공하기 때문에 학생들의 개념 변화를 촉진할 수 있는 좋은 수단이라고 생각할 수 있다. 그렇지만 이러한 현상을 학생들에게 단순히 제시하는 것만으로 필요한 학습효과를 얻을 수 있다고 생각하기는 어렵다. 그동안 진행된 학생의 선개념에 대한 여러 연구에서 물리수업을 통하여 여러가지 실험적 사실이 제시된 이후에도 학생들의 생각은 수업 전의 생각에서 별로 발전되지 못한다는 것을 알 수 있다(Clement, 1982; 권성기, 1988; Hestenes & Wells, 1992).

학생들은 상식적 사고를 통해서도 그러한 현상들이 얼마든지 설명된다고 생각한다. 그렇기 때문에, 과학적인 설명이 제시된다고 해도 학생들에게는 이것이 현상에 대한 또 다른 대안적인 설명이나, 납득이 잘 가지 않는 설명으로 받아들여질 수 있다(Hashw도, 1986). 따라서, 운동의 본성에 대한 물리학적 설명을 학생들이 수용할 수 있게 하기 위해서는 어떤 상황이 제시되었을 때 상식적 사고와 물리학적 사고가 각각 어떻게 이러한 상황을 일관되게 설명하며, 어떠한 한계를 지니게 되는지 학생들이 충분히 생각할 수 있는 기회를 주어야 한다. 이를 통하여 학생들은 두 관점을 비판적으로 비교

할 수 있고, 자신이 옳다고 여기는 입장을 더 확고히 하거나 반대하는 입장을 비판할 수 있게 된다(김익균, 1991; 김명환, 1995). 이를 바탕으로 하여 새로이 제시되는 증거들을 평가함으로써 점차적으로 일상적인 생각보다 과학적 관점이 더 우월하다는 것을 이해할 수 있도록 이끌어야 한다. 이러한 학습 방법은 과학이론의 발전에 대하여 쿤(Kuhn, 1970)이 제시한 바와 같은 '경쟁하는 파라다임'의 대립적 측면을 학생들이 이해하게 하는데도 도움을 줄 수 있다고 생각한다.

그러한 학습 방법으로서, 수평 운동과 낙하 운동에 대하여 과학사적으로 대립되었던 상반된 관점들을 대비시켜 끝 열린 논쟁 형태로 구성된 토론이 학생들에게 자기 생각과 같거나 다른 생각들을 서로 비교할 수 있는 기회를 줄 수 있다. 이러한 토론을 '대비적 토론'이라 하고, 이를 무중력 상황을 도입한 낙하운동과 수평운동 학습에 활용하여, 무중력 상황과 지구의 차이를 학생들이 이해하고 이를 통하여 두 가지 운동의 본성에 대한 개념 변화를 촉진하는데 미치는 효과를 알아보고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 대비적 토론의 역할

대비적 토론은 한 가지 자연 현상을 설명하는 상반된 입장을 가진 사람들이 서로 논쟁하는 것이다. 구성주의적 학습 이론을 따르면 서로 다른 의견을 비판적으로 고찰하는 기회를 학생에게 부여하는 것은 적절한 개념 변화 방략이다(Fensham, 1994). 당연히 학생들이 스스로 이러한 논쟁을 구성하는 것이 효과적이지만, 초등 학생이나 중학교 1학년 학생들처럼 스스로 이러한 토론을 형성하기에 능력이 부족한 경우에는 하나의 대안으로서 두 전문가들 사이의 논쟁을 청취하게 할 수도 있다. 그러나, 이 경우에도 단지 청취만 하는 것이 아니라, 논쟁을 듣고 나서 둘 중 한 입장을 비판하고 다른 쪽을 지지하는 판단을 하게 하면 이 논쟁이 학생들의 사고에 영향을 미치게 될 것이다. 이 논쟁은 대립된 두 관점을 지닌 사람들이 서로 자신의 생각을 지지하는 증거를 제시하고, 상대방이 제시한 증거를 반박하거나 자신의 생각으로도 설명할 수 있다는 것을 보여주기 때문에 토론만으로는 어느 쪽이 옳다고 결론지어지지 않도록 끝 열린 형태로 구성되어 있다. 따라서, 학생들은 토론에서 제기되는 내용들을 자신의 생각과 비추어 보며 자신의 생각이 어떻게 옹호되고 어떻게 반박될 수 있는지 생각할 수 있는 기회를 가지게 된다고 본다. 그렇기 때문에 자기 생각을 유지하기 위한 논리적 설명을 하기 어려웠던 학생들은 이 토론에서 자기 생각과 일치하는 입장을 가진 토론자의 설명에 공감함으로써 자기의 입장을 견고히 할 수 있고, 자기 입장이 분명하지 않은 학생

들은 두 입장을 비판적으로 청취함으로써 더 옳다고 보이는 입장을 선택할 수도 있다. 이러한 과정을 거쳐 토론이 진행되고 난 후 학생들은 자신이 어떤 것을 지지하고, 어떤 것을 비판하는지 분명히 선택할 수 있게 될 것이다. 따라서, 대비적 토론은 학생들의 생각을 변화시키려는 것이 아니라, 왜 자신이 그러한 생각을 하게 되었는가 하고 선택한 입장을 명료화하게 하려는 것이다. 이렇게 명료화된 입장은 그 이후에 제시되는 다른 정보나 증거들을 평가하고 판단하는 데 필요한 이론적 기초가 된다. 즉, 과학철학적 용어로 학생들은 새로운 정보를 평가하기 위하여 '의존할 이론'을 가지게 된다고 할 수 있다(Chalmers, 1982).

## 3. 연구 문제

본 연구의 문제는 다음과 같다.

첫째, 낙하 운동과 수평 운동에 대하여 중학교 1학년 학생이 가지는 생각은 무엇이며 과학사에 나타난 것과 어떠한 유사성이 있는가?

둘째, 이러한 생각은 무중력 상황에 대한 영상자료만 시청한 경우와 대비적 토론만을 수행한 경우 어떠한 차이를 나타내는가?

셋째, 대비적 토론을 수행한 학생들과 그렇지 않은 학생들의 반응은 무중력 상황에 대한 영상자료를 시청한 후 어떻게 달라지는가?

## II. 연구 방법

연구 대상으로 학급간의 과학 과목에 대한 1학기 중간 고사, 기말 고사 성적의 동질성이 확보된 서울 시내 소재 중학교 2개 학급(1개 학급 당 43명)을 선정하여 1개 학급은 통제반, 다른 학급은 실험반으로 구성하였다.

두 집단에 대하여 동일한 검사 도구를 사용하여 사전 검사를 실시하였다. 그 후, 통제반은 무중력 상황의 운동 현상을 담은 영상자료(AAPT, 1976)를 시청하게 한 뒤, 사전 검사 때의 생각과 시청 후 생각의 차이를 비교하여 기술하게 하는 사후 검사를 실시하였다. 이것을 통하여 사전 검사와 생각이 달라졌는지 알아보았다. 실험반은 영상자료 시청 이전에 대비적 토론을 연구 형식으로 실시하여 학생들이 이 토론을 청취한 후 자신의 생각을 평결문 형식으로 기술하게 한 다음, 통제반과 동일한 형식으로 영상자료 시청과 사후 검사를 진행하였다.

사전 검사 도구는 지필 검사로서 중학교 1학년 학생이 과학 교과에서 학습하는 뉴턴 역학의 내용 중, 수평 운동과 낙

하운동에 대해서 과학사적으로 논점이 되었던 사고, 즉 운동에 대한 아리스토텔레스나 중세적 사고(A)와 갈릴레이-뉴턴적 사고(B)중에서 하나의 입장을 택할 수 있도록 하는 설문 형식으로 구성하여 제시하였다(부록 1).

대비적 토론은 학생들의 개념과 유사하며 과학사에서 논쟁이 되었던 생각들을 바탕으로 연구자들이 연극 형식의 대본을 구성하였다(부록 2). 이 대본의 특징은 양자의 관점을 대등하게 상호 반론 형식으로 제시하였고, 결론을 내리지 않고 열린 상태로 끝을 맺음으로써 학생들이 이에 추가하여 더 많은 논의를 자발적으로 할 수 있게 하여 자신의 입장 선택의 이유를 명료화 할 수 있도록 고안되었다. 또한, 토론 후 평결문(부록 3)을 작성하도록 하였는데, 평결문은 사전 검사에서 제시된 두 가지 입장 중 하나를 토론 후 다시 선택하고 그 이유를 쓰게 하였다.

자료의 분석은 통제반의 경우, 사전 검사와 사후 검사를 비교하여 영상 자료 시청의 효과를 알아보려 하였고, 실험반의 경우 사전 검사와 평결문을 비교하여 대비적 토론의 효과를 알아 본 다음 이 결과들을 다시 사후 검사와 비교하여 영상 자료 시청의 효과를 알아보려 하였다. 또한 통제반의 사후 검사 결과와 실험반의 평결문 분석 결과를 비교하여 각 수업 처치의 효과를 비교한 뒤, 다시 통제반의 사후 검사와 실험반의 시청 후 사후 검사를 비교함으로써 대비적 토론의 효과를 알아보려 하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 낙하 운동

낙하 운동에 대한 사전 검사에서는 종이와 책을 같이 떨어뜨리는 경우와 분필과 책을 같이 떨어뜨리는 경우 낙하속도의 차이를 대비시킨 후, 학생들에게 물체의 낙하 속도가 무게와 관계가 있는지 아닌지 선택하여 그 이유를 진술하게 하였다. 그 다음 통제반에서 무중력 상황의 운동 현상에 대한 영상 자료를 시청하게 하여 생각이 달라졌는가 하는 사후 검사를 실시한 결과와, 실험반에서 대비적 토론만을 실시한 후 토론내용에 대하여 학생 자신의 생각을 진술하게 한 평결문 분석 결과를 각각 사전검사와 비교하여 <표 1>에 나타내었다.

A를 선택한 학생들의 입장은 과학사적으로 물체의 낙하속도와 관련하여 갈릴레이 이전의 학자들과 같은 생각을 가지고 있다고 볼 수 있다. A를 선택한 학생들이 이를 유지한 빈도는 통제반이 실험반보다 큰 반면, A에서 B로 생각을 바꾼 학생의 빈도는 실험반이 통제반보다 크다는 것을 알 수 있

<표 1> 낙하 운동에 대한 통제반과 실험반의 응답의 변화

구분	통제반*	실험반**
A에서 A로	13	7
A에서 B로	4	11
B에서 A로	1	1
B에서 B로	22	19
기타	3	5
계	43	43

\* 통제반: 사전 검사와 영상자료 시청 후 사후 검사 비교

\*\* 실험반: 사전 검사와 대비적 토론 후 평결문 비교

A: 무거운 물체일 수록 빨리 낙하한다는 입장

B: 낙하 속도와 무게가 상관없다는 입장

다. 이는 대비적 토론이 끝 열린 형태로 제시되어 있으므로 단지 이를 청취하는 것만으로는 개념 변화가 일어나는데 필요한 정보를 얻지 못할 것이라는 예상과는 달리, 실험반의 대비적 토론이 통제반의 영상자료 시청보다 학생의 생각을 A에서 B로 바꾸는데 더 영향을 주었다는 것을 의미한다.

한편, 처음에 B를 선택한 학생들은 과학사적으로 볼 때 갈릴레이 이후 물리학적 관점과 일치하는 입장으로 볼 수 있는데, 이들이 나중에 A로 바뀌거나 B를 유지한 빈도는 두 반이 비슷하다. 이 표에서 보면 두 반 모두 절반 이상의 학생들이 이러한 관점을 가지고 있는 것으로 나타나고 있어서, 이는 많은 학생들이 갈릴레이 이전의 사고와 유사한 생각을 가지고 있다는 다른 연구 결과들과는 잘 일치하지 않는 것처럼 보인다. 그렇지만 학생들이 이러한 입장을 선택했다고 해서 이들이 과학적으로 올바른 관점을 이미 가지고 있다고 판단할 근거는 부족하기 때문에, 그렇게 선택한 이유를 구체적으로 알아보았다. <표 2>는 각 집단별로 사전검사서 응답 A와 B를

<표 2> 낙하운동 사전 검사에서 각 집단별 A와 B 선택 이유

설명유형	통제반		실험반	
	A	B	A	B
무게 차이	14	0	12	0
공기저항 차이	0	5	4	5
무게, 모양, 딱딱함	2	2	1	3
책, 방송 참조	0	7	1	0
기타	0	7	0	6
무응답	1	2	0	6
A도 B도 아님		3	2	3
계	17	23	18	20

택한 응답자만을 선택하여 응답 이유를 빈도수와 함께 나타낸 것이다.

사전 검사에서 A를 택한 학생들은 두 집단 모두 그 이유가 대체로 무게가 다르면 떨어지는 속도가 다르기 때문이라는 생각을 하고 있다. 실험반의 일부는 무거운 것이 공기 저항을 덜 받아서 먼저 떨어진다는 설명을 하고 있지만, 이들은 “자는 플라스틱이므로 떨어질 때 바람의 영향을 받기 때문에 종이가 같이 천천히 떨어지지만, 책과 분필은 똑같이 떨어질 것이다(18번 학생).” 처럼 낙하속도가 공기저항 때문에 차이가 난다는 것은 인식하더라도, 무게가 다르면 낙하속도가 다른 것은 당연하다고 생각하고 있다. 그러나, 이들 중에는 “무거운 물건이 먼저 떨어지는 것은 당연하다. B가 주장하는 책과 분필을 사용한 것은 적절한 것이 되지 못하다. 이유는 책이 떨어질 때는 책의 넓이가 커서 바람의 저항을 받고 분필은 가늘어서 저항을 덜 받아 동시에 떨어지기 때문이다(19번 학생).”와 같이 책과 분필이 똑같이 떨어지는 것이 모양에 따라 공기저항을 다르게 받기 때문이라는 생각을 하는 경우도 있다. 따라서, A를 선택한 학생들은 대부분 낙하속도에 대하여 갈릴레이 이전의 학자들이 생각하고 있던 것과 유사한 생각을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

B를 택한 학생들의 설명은 A처럼 한 두 가지로 수렴되지 않고 여러가지로 나누어 있다. 이들 중 일부만이 공기 저항 때문에 낙하 속도의 차이가 난다는 것을 지적하였을 뿐이고, 나머지는 “무거운 것은 빨리 떨어질 수 없다. 왜냐하면 가벼운 것도 빨리 떨어질 수 있기 때문이다. 또한 중이는 저쪽으로 갔다 이쪽으로 왔다 하면서 떨어지므로 느려지는 것이라고 생각한다(통제반 7번 학생).”라든지 “물체의 무게는 상관 없이 중력의 힘은 똑 같으므로 무거운 것과 가벼운 것은 동시에 떨어진다(실험반 36번 학생).” 처럼 ‘낙하경로가 다르기 때문에’, ‘중력이 일정하기 때문에’와 같이 갈릴레이적 관점을 가졌다고 보기에는 적절하지 않은 설명을 제시하고 있다. 통제 집단에서 B를 택한 학생들 중에는 7명이나 낙하 운동에 대한 내용을 책이나 방송 매체를 통해 접했다고 진술하여 선택한 이유가 자신의 고유한 관점에 근거한 것이 아님을 보여주고 있다. 이러한 점들은 학생들이 B를 선택했다고 해서 모두 과학적인 관점을 잘 알고 있다고 보기는 어렵다는 것을 의미한다. 결국 사전 검사 결과를 보면 두 집단 모두 물체의 낙하속도와 관련하여 갈릴레이 이후의 관점을 적절히 이해하고 있다고 볼 수 있는 학생들은 많지 않다.

〈표 3〉은 통제 집단의 영상 자료 시청 후 사후 검사 결과와 실험 집단의 대비적 토론 후 평결에서 다시 학생들이 A와 B를 고른 이유와 그 빈도를 함께 나타낸 것이다.

사후검사서에서 다시 A를 선택한 학생들은 두 집단 모두 사

〈표 3〉 낙하 운동에 대한 통제반 사후 검사 및 실험반 평결에서 A, B를 택한 이유

설명유형	통제반		실험반	
	A	B	A	B
무게 차이	12	1	4	0
공기 저항 차이	0	0	3	23
중력이 일정하여	1	5	0	1
무게는 무관하다	0	16	0	0
기타	1	1	0	4
무응답	0	3	1	2
A도 B도 아님		3		5
계	14	26	8	30

전 검사와 동일한 이유를 제시하였다. 즉, 영상자료 시청이나 대비적 토론 등 수업 처치에 의하여 이미 가지고 있는 생각이 별로 영향을 받지 않은 학생들이 있음을 알 수 있다.

B를 선택한 실험반 학생들은 거의 모두가 낙하 속도가 달라지는 이유를 공기 저항의 차이라고 응답하였다. 이는 토론에서 이와 관련하여 이루어진 논쟁이 영향을 주었기 때문이라고 볼 수 있다. 제시된 사례 중 종이를 떨어뜨릴 때 펼쳐서 떨어뜨리는 경우와 뭉쳐서 떨어뜨리 경우는 무게가 동일한 물체가 모양만 달라지는 경우이다. “종이를 펴서 떨어뜨리면 공기의 저항을 많이 받아서 늦게 떨어지고, 종이를 뭉쳐서 떨어뜨리면 공기의 저항을 조금 받아 빨리 떨어진다고 생각한다(21번 학생, A에서 B로 바뀜).”, “종이와 책을 떨어뜨릴 때 책이 먼저 떨어진다. 종이를 뭉치면 동시에 떨어진다. 공기저항 때문에 차이가 나는 것이다(33번 학생, A에서 B로 바뀜).”, “수영선수들이 물의 저항을 적게 받으려고 수영모자를 쓰는 것도 빨리 가려고 하기 때문이다. 마찬가지로 물체는 공기의 저항을 많이 받느냐 조금 받느냐에 따라 떨어지는 속도가 달라지는 것 같다(35번 학생, B를 유지함).”와 같은 사례를 통하여 학생들은 무게가 낙하속도 결정의 변인이 되지 못한다는 점을 인식하게 된 것으로 생각한다. 따라서, 사전 검사에서 B를 선택하였지만 A를 반박할 만한 타당한 이유를 제시하지 못했던 실험반 학생들은 대비적 토론 후 공기저항을 가능한 설명요인으로 생각하게 되었고, A를 선택했던 학생들은 자신의 생각을 바꿀 수 있게 된 것으로 보인다. 이는 대비적 토론과정에서 학생들이 자신의 생각과 토론 내용을 비교하면서 일치하는 입장을 옹호하거나, 반대되는 입장을 반박할 수 있는 설명 방법을 찾아내게 되었다고 생각할 수 있다.

반면, 통제반에서 B를 선택한 학생들은 낙하 속도가 달라지는 것에 대한 별다른 설명을 하지 못하고, “나는 전에 물체가 무거운 것과 가벼운 것이 동시에 떨어진다고 생각했다. 역시 비디오를 보고 나서도 변함이 없다(37번 학생. B를 유지함).” 또는 “나는 옛날에 무거운 것과 가벼운 것이 동시에 떨어진다고 생각했다. 영상자료를 보았지만 내 생각에 영향을 주지 않았다(10번 학생. B를 유지함).” 처럼 별다른 설명 없이 단지 낙하속도는 무게와 무관하다고만 진술하고 있다.

<표 4>는 영상자료가 통제반 학생들의 생각에 미친 영향을 알아보기 위하여 학생 스스로 진술한 영상자료의 영향 여부를 응답의 변화와 관련지어 나타낸 것이다. 무중력 현상에 대한 영상 자료는 무중력 상황에서 일어나는 운동 현상만을 보여주기 때문에 이 자료만으로는 물체의 낙하 속도와 무게의 관련성을 직접적으로 알기는 어렵고, 단지 이 상황에서는 낙하현상이 일어나지 않는다는 차이점만을 보여주고 있다. 따라서 영상 자료는 낙하 운동에 대한 학생의 생각을 유지시키거나 변화시키는 데 불충분하다고 볼 수 있다. 실험반 학생들이 대비적 토론 후 평결에서 낙하속도 차이에 대한 설명을 잘 제시하는 데 비하여 통제반 학생들이 그렇지 못한 이유는 대비적 토론을 통해서 그러한 설명방법을 얻을 수 있지만, 이 영상자료만으로는 낙하 속도 차이에 대한 이유를 알아내기 어렵기 때문이다.

여기에서 “내 생각과 마찬가지로였다. 영상자료로 인하여 더 확실해졌다. 예전에는 같이 떨어지는게 약간 불안하고 자신이 없었는데 영상자료를 보니 확실해졌다(38번 학생. B를 유지함).” 라거나 “나는 무거운 것이 먼저 떨어지는 줄 알았는데 영상자료를 보니 그게 아니었다. 가벼운 것과 무거운

것이 무게와는 달리 똑같이 떨어졌다(24번 학생. A에서 B로 바뀜).” 처럼 영상자료를 보고 영향을 받아서 자신의 생각을 유지하거나 변경하였다고 진술한 경우(YY)는 19명이다. 이들은 낙하 운동과는 직접 상관이 없는 내용을 자신의 생각이 변화한 근거로 제시하였기 때문에 낙하 운동에 대하여 적절한 이해를 하고 있다고 보기 어렵다. 영상자료에는 두 개의 낙하속도를 비교하는 내용이 전혀 들어있지 않으므로, 영상자료를 보고 A에서 B로 생각이 바뀌었다고 진술한 3명은 비록 입장이 B로 바뀌었지만 적절하게 바뀌었다고 판단하기는 어렵다. 이는 통제 집단에서 의미있게 A에서 B로 생각이 바뀌었다고 볼 수 있는 학생은 거의 없다는 것을 의미한다. 즉 단순히 무중력 상황의 운동현상에 대한 영상 자료를 제시한 것만으로는 낙하운동에 대하여 의미있는 개념 변화를 일으키기 어렵다는 해석이 가능하다.

이러한 결과들로부터 통제반과 비교하여 실험반의 대비적 토론은 두 가지 효과를 나타내었다고 할 수 있다. 첫째, 불분명한 학생들의 생각을 문제와 관련시켜 의미있게 재구성하게 했다는 것이다. <표 3>의 결과를 보면 통제반에서는 영상자료 시청 후 B를 택한 학생들이 별다른 설명없이 무게와 무관하다는 것을 주장만 하고 있는 반면, 실험반에서 토론 후 평결에서 B를 택한 학생들의 이유는 낙하속도 차이가 공기의 저항 때문이라는 설명으로 수렴하였다. 이러한 실험반의 결과는 앞에서 제시된 예시에서 볼 수 있듯이, 대비적 토론 속에 책과 종이를 낙하시킬 때 종이를 편 경우와 종이를 구긴 경우 낙하 속도가 달라진다는 내용이 학생들에게 의미있게 받아들여졌기 때문이라고 볼 수 있다. 즉 통제반 학생들은 영상자료에서 제시된 정보를 자신의 생각과 적절히 연관시켜 해석하지 못한 반면, 실험반 학생들은 토론에서 제시된 사례와 설명들을 자기 생각과 비교하는 과정에서 토론 전에 막연히 지니고 있던 생각들을 잘 설명할 수 있게 되었다고 본다.

둘째, 이렇게 재구성된 실험반 학생들의 생각은 그 이후 영상자료를 통하여 새로 제시되는 정보를 해석할 수 있는 관점을 제공하였다. <표 5>는 영상 자료를 시청한 후 그 영향으로 실험반 학생들의 생각이 어떻게 변화하였는지 분석한 것이다.

통제반 학생들은 영상자료가 자기 생각에 영향을 주지 못한다거나 또는 이 자료 때문에 생각이 바뀌었다고 진술하여, 영상자료의 낙하 운동에 대한 정보를 잘못 해석하고 있다. 이에 반하여 실험반 학생들 중 A나 B에서 C로 응답이 변화한 학생들은 “지구에서는 물체를 놓으면 지구의 중력 때문에 떨어지지만 우주에서는 중력이 작용하지 않기 때문에 가만히 놓으면 등등 뜬다는 것을 알았다. 예전에는 ‘동시에 떨어

**<표 4> 통제 집단에서 영상자료의 영향과 응답의 변화 (낙하 운동)**

유형	YY*	YN**	NN***	계
A에서 A로	5	5	3	13
A에서 B로	3	1	0	4
B에서 A로	1	0	0	1
B에서 B로	10	12	0	22
계	19	18	3	40

\* YY: 응답에서 영상자료를 언급하고, 영상자료가 응답 선택에 영향을 준 경우  
 \*\* YN: 응답에서 영상자료를 언급하였으나, 응답 선택에는 영향을 주지 않은 경우  
 \*\*\* NN: 응답에서 영상자료를 언급하지 않고, 응답 선택에 영향을 주지 않은 경우

진다' 라고 생각했는데, 이 영상자료를 본 후의 생각은 변함이 없다(1번 학생).” 라든지 “나는 이 영상자료를 보기 전에 무거운 것이 무조건 빨리 떨어지는 줄 알았는데 그게 아니라 동시에 떨어진다고 생각한다. 무거우면 떨어지는게 당연한 것인 줄 알았는데 그게 아니었다. 중력이 그 무게와 같은 무게를 잡아당기는 줄 알게 되었다(22번 학생).”, “영상자료를 보고 나니 의문이 확실해진 것 같다. 무중력에는 물체가 힘을 받아야 떨어지고 멈추지 않는다는 것을 알았다(40번 학생).” 와 같이 대부분이 물체가 낙하하는 것은 당연한 현상이 아니라 지구에서 일어나는 특수한 현상이라거나, “영상자료를 보고 나니 무게는 떨어지는 데 관계가 없다는 확신이 생긴다. 물체가 떨어지는 것은 중력 때문이지 무게가 무겁다고 해서 빨리 떨어지는 것은 아니다.(43번 학생)” 처럼 지구는 무중력 상황과 달리 물체가 낙하하기 위한 원인이 존재한다는 것을 지적함으로써, 이 자료를 통하여 낙하 현상의 원인을 깨닫게 되었다고 진술하고 있다. 이들은 시칭 후 무중력 상황과 지구를 비교함으로써 지구에는 낙하의 원인이 존재한다는 것을 지적하여, 낙하 현상을 당연히 여기는 일상적 생각을 극복하게 되었다고 본다.

한편, B의 생각을 영상자료 시칭 후에도 유지한 실험반 학생들은 통제반과는 달리 대비적 토론을 거쳐 이미 공기의 저항 때문에 낙하 속도가 달라진다는 것을 인정하게 된 학생들이다. 이들은 “저번 연극을 본 후 오늘 비디오를 보고 난 느

였다. 우리 지구에 방해하는 힘이 있기 때문에 물체는 떨어질 때 차이가 있다고 생각된다. 그러므로 물체는 방해하는 힘만 없으면 무게에 관계없이 떨어진다는 것을 알았고, 우리 지구에 방해하는 힘이 있다는 것도 알았다(12번 학생).”, “모양이 같고 무게가 다르다 하여도 동시에 떨어진다. 공기의 저항도 떨어짐에 영향을 주지만 비디오를 보니 중력이 없고 공기는 있어도 물체는 떨어지지 않았다. 우주에서는 끌어당기는 힘이 작용하지 않기 때문에 모든 물체는 떠있다(36번 학생).”와 같이 낙하 현상이 지구에서 일어나는 특수한 현상이라는 점을 지적하고 있다. 이는 중세 학자들이 낙하 현상을 당연한 것으로 여겼기 때문에 낙하 속도가 무게와 상관성이 있다고 생각한 것과는 다른 것이다. 즉 이 학생들은 낙하 현상이 지구상에서 일어나는 현상이므로 무중력 상태와 비교하여 알 수 있듯이 꼭 무게와 상관성이 있는 것은 아니라는 점을 인식한 것이다. 이는 통제반에서 B의 생각을 가지게 된 학생들이 별다른 설명을 하지 못한 것과는 차이가 있는 것이다.

대비적 토론을 통하여 실험반 학생들은 물체의 낙하속도와 무게가 어떤 관련성이 있는가 하는 관점에 집중하게 되었기 때문에, 물체의 낙하 현상이 나타나지 않는 영상자료를 대하고는 자기가 지니고 있던 입장과 관계없이 이 자료가 제공하는 새로운 정보인 물체의 낙하현상이 당연하지 않을 수도 있다는 점을 인식하게 된 것으로 보인다.

〈표 5〉 실험 집단에서 영상자료의 영향과 응답의 변화 (낙하 운동)

유형	YY*	YN**	NN***	계
A에서 A로	1	0	0	1
A에서 B로	2	0	0	2
B에서 A로	0	0	0	0
B에서 B로	21	0	0	21
A에서 C#로	5	0	0	5
계	98	0	0	9
계	38	0	0	38

\* YY: 응답에서 영상자료를 언급하고, 영상자료가 응답 선택에 영향을 준 경우

\*\* YN: 응답에서 영상자료를 언급하였으나, 응답 선택에는 영향을 주지 않은 경우

\*\*\* NN: 응답에서 영상자료를 언급하지 않고, 응답 선택에 영향을 주지 않은 경우

#C: 지구에서 낙하는 언급하지 않고 무중력 상황에서 낙하하지 않는다는 것만 언급

## 2. 수평 운동

수평 운동에 대한 사전 검사에서는 책상 위의 책을 밀면 조금 후 정지하는 원인이 사람이 준 힘이 소모되기 때문인가 외부의 어떤 저항력이 작용하여 이루어지는 것인가 하는 두 관점을 대비시켜 제시한 뒤, 학생들에게 한 입장을 선택하고 그 이유를 진술하게 하였다. 그 후 통제반에 대해서는 무중력 상황에서 일어나는 운동 현상에 대한 영상 자료를 시칭한 후 자신의 입장을 다시 진술하는 사후 검사를, 실험반에 대해서는 대비적 토론을 실시한 후 찬성하는 입장과 이유를 진술한 평결문을 작성하게 하여, 그 결과 평면 위에서 운동하는 물체가 정지하게 되는 이유에 대한 학생의 응답 변화를 〈표 6〉에 나타내었다.

낙하 운동과 달리, 수평 운동은 무중력 상황의 운동현상에 대한 영상자료를 통하여 제시된 문제에 대해 필요한 정보를 얻을 수 있었다. 또한, 수평 운동에 대한 대비적 토론은 결론을 내지 않고 끝이 열려 있으므로 이 토론만으로는 A, B 중 어느 입장이 옳은지 알 수 없다. 그런데, 〈표 6〉에 나타난 결과로 보면, 〈표 1〉에 나타난 낙하운동 문제의 결과에 비하여

**<표 6> 통제반과 실험반의 응답의 변화**

구 분	통제반*	실험반**
A에서 A로	12	15
A에서 B로	10	10
B에서 A로	4	3
B에서 B로	11	14
기 타	6	1
계	43	43

A: 사람이 준 힘이 소모되면 물체가 정지하게 된다는 입장

B: 외부의 저항력 때문에 물체가 정지하게 된다는 입장

\*통제반: 사전 검사와 영상자료 시청 후 사후 검사 비교

\*\*실험반: 사전 검사와 대비적 토론 후 평결문 비교

수평운동 문제에서 B라는 입장을 선택하게 만든 통제반의 영상자료 시청 효과나 실험반의 대비적 토론 효과는 비슷하다고 볼 수 있다. 수평 운동 문제에서도 낙하운동에서 나타난 결과처럼 사전 검사에서 B를 선택한 학생들의 빈도가 비교적 큰 편이다. 이 결과도 다른 연구에서 나타난 결과와 차이가 있는 것처럼 보인다. 그렇지만 이 학생들이 B의 관점을 택했다고 해서 과학적으로 올바른 생각을 가지고 있다고 판단할 만한 근거는 여전히 부족하기 때문에, 그렇게 선택한 이유를 <표 7>에서 구체적으로 알아보았다.

사전 검사에 나타난 응답을 보면 두 집단 모두 A를 택한 이유가 대부분 물체가 움직이려면 힘이 필요하기 때문이라는 것을 알 수 있다. 이는 다른 연구들에서도 나타난 결과로서, 중세 학자들의 생각과 A를 선택한 학생들의 생각은 서로 유사하다는 것을 보여준다. 그런데 낙하 운동에서 B를 선택한 학생들의 생각이 '전에 책에서 보았다.' 등으로 타당한 설명이 적었던 것과는 달리, 수평 운동에서는 B를 택한 이유가 두

**<표 7> 수평운동 사전 검사에서 각 집단별 A, B 선택 이유**

설명유동	통제반		실험반	
	A	B	A	B
힘이 필요	22	0	24	0
방해하는 힘	0	4	0	5
마찰력	0	4	0	6
책, 방송	0	1	0	0
기 타	0	3	0	4
무응답	0	3	1	2
A도 B도 아님		6		1
계	22	15	25	17

집단 모두 방해하는 힘이나 마찰력 등 물리학적 관점과 일치하는 관점들을 주된 이유로 제시하고 있다. 낙하 운동의 경우 사전 검사에서 무거운 물체가 먼저 떨어지는 사례 및 설명과 동시에 떨어지는 사례 및 설명을 대등하게 제시하였기 때문에, 학생들은 어느 한 입장을 선택하더라도 반대편 사례를 자신이 선택한 입장에서 다시 설명하여야만 하였다. 그러나, 수평운동에서는 운동하던 물체가 정지하는 현상에 대하여 상반된 두 설명만이 제시되었기 때문에 학생들이 어느 한 입장을 선택하면 그에 대한 설명을 같이 수용할 수 있었다. 이 때문에 B를 선택한 학생들의 설명이 수평 운동에서는 두 반 모두 분산되지 않은 것으로 생각된다.

<표 8>은 통제반의 영상자료 시청 후 사후 검사 결과와 실험반의 대비적 토론 후 평결에서 학생들이 다시 A와 B를 선택한 이유를 각 집단별로 분석한 결과이다.

이 응답 내용을 보면 A를 선택한 학생들은 두 집단 모두 여전히 사전 검사에서 제시한 것과 마찬가지로 설명을 하였다. 이는 갈릴레이 이전의 학자들과 유사한 A의 생각을 유지한 학생들은 제시된 영상자료나 토론의 영향을 받지 않은 것처럼 보인다.

두 집단 모두 B를 선택한 학생들은 "물체가 힘이 없어서 멈추는 것이라고 생각했는데, 영상자료를 보니 무언가 방해하여 멈추는 것 같다. 전에는 힘이 떨어져서 멈춘다고 생각했는데, 중력때문에 멈추는 것 같다(38번 학생)." 라든지 "이 문제에서 나는 마찰력이 멈추게 하는 줄 알았는데 우주에서 물체가 계속 가는 것을 보고 지구의 중력 때문이라고 느껴졌다(18번 학생)." 와 같이 대부분 마찰력이나 방해하는 힘을 그 이유로 들어 공통성을 나타내었으나, 통제반의 경우는 "나는 힘의 작용을 멈추어서 물체가 멈춘다고 생각했지만

**<표 8> 수평 운동에 대한 통제반 사후 검사 및 실험반 평결에서 A와 B를 택한 이유**

설명유동	통제반		실험반	
	A	B	A	B
힘이 필요	11	0	17	1
방해하는 힘	0	7	0	9
마찰력	0	7	0	7
중력	2	7	0	0
미끄러운 곳	0	0	0	3
기 타	2	0	1	4
무응답	1	0	0	0
A도 B도 아님		6		1
계	14	26	8	30

중력 때문에 그런 것이라는 것을 알았다. 우주 공간에서는 물체가 계속 움직이고 팽기도 계속 들었다. 중력 작용 때문이다(40번 학생).”와 같이 7명의 학생이 중력을 정지하는 이유로 들고 있다. 이들은 영상 자료를 시청 한 후 무중력 상황의 운동 현상이 지구와 다르다는 것과 중력의 존재를 깨달았지만 이를 수평 운동 문제에 잘못 연관시킨 것으로 생각할 수 있다. 이는 실험반 학생들이 주로 낙하운동 문제에서 영상자료 시청 후 인식하게 된 내용이다.

〈표 9〉는 영상 자료가 통제반 학생의 생각에 미치는 영향을 알아보기 위하여 학생 스스로 진술한 자료의 영향 여부를 응답의 변화와 관련지어 나타낸 것이다.

수평 운동에 대하여 영상자료는 직접 관련이 있는 증거이므로, “나는 물체가 가다가 힘이 빠진다고 생각했는데 지금 역시 물체에 힘이 빠져서 멈추는 것이라고 생각한다. 영상자료는 아무런 의미도 없었다(2번 학생).” 라든지 “나는 옛날에 물체가 움직이다가 멈추는 것은 마찰력 또는 중력에 의해 멈춘다고 생각했다. 영상자료를 보았지만 내 생각에 아무런 영향을 받지 못했다(10번 학생).” 와 같이 이를 언급하고도 자신의 입장에 영향이 없다고 대답한 학생(YN)들은 타당한 생각을 하고 있다고 볼 수 없다. 그러나 “물체는 가다가 멈춘다. 그 전에는 왜 그런지 이유를 몰랐는데 영상자료를 보고 난 후 물체는 마찰 때문에 멈춘다고 생각된다. 예를 들어 비행기는 공기의 저항력을 받아 그렇고 공은 울퉁불퉁한 부분에 마찰되어 멈춘다(1번 학생).” 나 “나는 옛날에 물체에 힘을 가했을 때 어떤 힘의 방해로 멈춘다고 생각했었는데, 영상자료를 보고 생각이 같다(32번 학생).” 와 같이 YY중 A에서 B로 생각을 바꾼 9명과, B의 생각을 굳힌 9명의 학생은

〈표 9〉 통제 집단에서 영상자료의 영향과 응답의 변화 (수평 운동)

유형	YY*	YN**	NN***	계
A에서 A로	4	6	2	12
A에서 B로	9	0	1	10
B에서 A로	3	0	1	4
B에서 B로	9	2	0	11
계	25	8	4	37

\* YY: 응답에서 영상자료를 언급하고, 응답 선택에 영향을 준 경우

\*\* YN: 응답에서 영상자료를 언급하였으나, 응답 선택에는 영향을 주지 않은 경우

\*\*\* NN: 응답에서 영상자료를 언급하지도 않고, 응답 선택에 영향을 주지 않은 경우

영상자료를 통해 타당한 생각의 변화가 일어났다고 볼 수 있다.

그런데, B에서 B로 생각을 굳힌 9명의 설명을 구체적으로 찾아본 결과 그 중 4명이 “물체를 밀면 가다가 멈춘다고 했는데 계속 가는 것을 알게 되었다. 중력이 가는데 도움을 주는 것 같다(3번 학생).”와 같이 중력을 이유로 부적절하게 언급하였고, A에서 B로 생각을 바꾼 9명 중에서도 “나는 물체를 밀면 계속 가는 것에 대해 방해해서 멈춘다고 생각했다. 이유는 어떤 책에서 보니까 물체는 밀면 계속 가다가 중력 때문에 멈춘다고 나왔기 때문이다. 비디오투를 보니 내 생각이 옳다고 생각한다(17번 학생).” 와 같이 중력을 이유로 언급한 학생이 1명 있었다. 이들은 모두 생각이 타당하게 변화했다고 보기 어렵다. 따라서 영상자료의 영향을 받은 18명 중 13명 정도만이 근거있는 생각을 했다고 볼 수 있다.

〈표 10〉은 실험반 학생들에게 평결 후 통제 집단과 같은 영상 자료를 시청하게 한 결과이다.

전체 43명 중 40명이 적절하게 B로 생각이 변화한 것으로 나타났다. 이것은 통제 집단 학생들이 시청 후 13명만이 적절한 변화를 보인 것과 큰 차이라는 것을 알 수 있다. 즉, 영상자료를 시청한 결과로만 두 집단을 비교하면 통제반 학생들은 시청 결과 일부만이 자기 생각 B로 바꾸거나 B의 입장을 확인한 데 비하여, 실험반 학생들은 거의 모든 학생들이 시청 결과 그러한 결과를 보여주고 있다. 이는 실험반 학생들의 영상자료 시청 이전에 실시한 대비적 토론이 B의 입장을 타당한 것으로 선택하는데 효과를 나타내었음을 의미한다. 이는 낙하운동과 마찬가지로 수평운동에서도 학생들이

〈표 10〉 실험 집단에서 영상자료의 영향과 응답의 변화 (수평 운동)

유형	YY*	YN**	NN***	계
A에서 A로	0	0	0	0
A에서 B로	16	0	0	16
B에서 A로	0	0	0	0
B에서 B로	24	0	0	24
기 타	0	0	2	2
계	40	0	2	42

\* YY: 응답에서 영상자료를 언급하고, 영상자료가 응답 선택에 영향을 준 경우

\*\* YN: 응답에서 영상자료를 언급하였으나, 응답 선택에는 영향을 주지 않은 경우

\*\*\* NN: 응답에서 영상자료를 언급하지 않고, 응답 선택에 영향을 주지 않은 경우



대비적 토론을 통하여 토론 전에 자신이 그렇게 생각했던 이유를 분명히 할 수 있게 되었다는 의미이다. 또한, 이 토론을 통하여 학생들은 영상자료에서 자신들이 알아내어야 하는 정보가 어떤 것인가에 대한 관점을 가지게 되었다고 볼 수 있다. 그 결과 영상 자료에서 자기 생각과 일치하는 정보를 찾았다고 생각한 학생들은 “지구에서는 물체를 밀면 가다가 서지만 영상자료에서 본 것 같이 마찰 같은 방해하는 힘이 없어 계속가는 것은 지구와 다르다. 그리고 내 생각에는 지구에는 무슨 힘이 있다고 생각한다(13번 학생).”, “물체는 마찰이라는 움직임을 방해하는 힘이 없으면 계속 앞으로 나간다. 영상자료에서 마찰이 없으니 사람이 힘을 조금만 받으면 계속 나갔다. 그것으로 보아 방해하는 힘이 없으면 물체는 계속 나간다(8번 학생).”, “물체는 운동하지만 반대로 방해하는 힘도 있었다. 영상자료를 보면서 물체를 방해하는 힘이 없으니 계속 운동을 한다(36번 학생).”, “마찰이 없는 세상은 살기가 힘들 것이라고 느꼈다. 마찰이 없는 우주에서는 밀기만 해도 끝없이 날아가는 것을 볼 수 있다. 세상이 그렇게 된다면 어지러울 것이다. 역시 중력이 꼭 필요하다. 우리 지구 만세(32번 학생).” 와 같이 이를 쉽게 수용하여 자기 생각을 확신하게 되었고, 불일치하는 정보를 찾았다고 여긴 학생들은 자기 생각에 문제가 있음을 깨달았다고 볼 수 있다. 따라서, 수평운동에서도 대비적 토론은 학생들이 가진 생각을 재구성하므로써, 새로운 정보를 해석할 수 있는 관점을 제공했다고 볼 수 있다.

#### IV. 요약 및 결론

사전검사의 첫째 문제는 물체가 낙하할 때 속도가 무게와 관련이 있는 것인지를 질문하여 학생들의 운동에 대한 생각을 조사해 보고자 한 것이다. 사전 검사에서는 두 반 모두 유사하게 낙하 속도가 무게 차이 때문에 달라진다는 생각을 가지고 있는 학생이 많았으며, 그 이외에 공기의 저항, 밀도, 모양, 면적, 중력이나 낙하하는 경로 등을 고려하는 학생들이 있었다. 그러나, 영상자료를 시청하고 난 후, 대비적 토론이 이루어지지 않은 통제반의 경우는 단순히 영상자료의 내용을 무시하거나 그 내용이 문제와 관련이 있다고 생각하여 자기의 생각을 바꾸거나 확신하였다고 응답하는 등 타당하지 않은 반응을 보인 반면, 그 이전에 대비적 토론을 수행한 실험반 학생들은 이 자료가 문제와 무관한 정보라는 점을 인식하고 오히려 낙하의 원인이라는 새로운 정보를 알게 되었다. 이것은 시청각 자료 시청 전에 수행한 대비적 토론이 영상자료를 통하여 새로 제시되는 정보를 평가할 수 있는 이론적 틀을 제시하였기 때문에 나타난 차이라고 생각할 수 있

다.

두번째 문제는 물체가 운동을 지속하려면 계속적으로 힘을 필요로 하는지 아닌지를 질문하여 관성에 대한 학생들의 생각을 알아보려 한 것이다. 사전 검사에서는 두 반 모두 유사하게 힘이 필요하다는 학생들과 필요하지 않다는 학생들로 나누어졌다. 따라서, 사전 검사에서 학생들의 절반 정도는 대체로 운동을 지속하는 데 힘이 필요하다고 하는 직관을 가진 것으로 볼 수 있다. 힘이 필요하지 않다고 응답한 학생들은 일단 일상적인 생각을 한 것은 아니지만, 이들이 관성 개념을 잘 형성하게 되어 그렇게 응답하였다고 판단할 수 있는 근거는 충분하지 않다. 그러나, 시청각 자료를 시청하고 난 후, 통제집단에서는 많은 학생들이 자신의 입장을 유지한 채, 자료 시청이 자신의 생각에 영향을 주지 못했다고 응답한 반면, 실험집단 학생들은 대부분 물체의 운동을 지속하는데 무중력 상황에서는 힘이 필요하지 않다는 사실을 지적하면서, 지구상에서 이러한 일이 일어나지 않는 것은 마찰력에 의한 것으로 생각할 수 있다는 점을 지적하였다. 따라서, 실험집단 학생들은 대비적 토론을 통하여 관성개념을 형성하는데 필요한 관점을 가지게 되었다고 볼 수 있다. 이 문제에서도 두 집단 학생들 간에 이러한 생각의 차이가 드러난 것은 실험집단에서 시청각 자료 시청 전에 실시한 대비적 토론이 학생의 생각을 재구성하여 새로운 정보를 해석할 수 있는 관점을 제공하는 역할을 하였다고 판단된다.

결론적으로 대비적 토론은 학생들이 가지고 있는 개념을 재구성하고 불분명한 생각을 명료화하여, 새로운 자료가 제시되었을 때 그것이 자기의 생각을 입증하는 데 어떤 관련을 가지는지 파악할 수 있는 관점을 가지게 하므로써 학생들의 개념변화를 촉진할 수 있는 적절한 학습 방법이 될 수 있다고 본다.

#### 참고 문헌

- 권성기(1988). 중학생의 과학 수업에 의한 힘과 운동의 개념 변화, 서울대학교 대학원, 석사학위 논문.
- 김명환(1995). 안내된 토의 활동이 고등학생의 힘과 운동 개념 변화에 미치는 역할, 서울대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 김익균(1991). 대립 개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념 변화, 서울대학교 대학원, 박사학위논문.
- AAPT(1976), Skylab Film, AAPT.
- Bliss, J., Ogborn, J., and Whitelock, D. (1989). Secondary school pupils' common sense theories of motion,

- International Journal of Science Education*, 11(3), pp. 261-272.
- Butterfield, H. (1962). *The Origin of Modern Science 1300-1800*, Macmillan, New York.
- Chalmers, A.F. (1982). *What is this thing called science? : An assessment of the nature and status of science and its method*, Univ. of Queensland Press.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, 50 (1), Jan, pp. 66-71.
- Fensham, P. (1994). *The Content of Science: A constructivist approach to its teaching and learning*, The Palmer Press.
- Gauld, C. (1991). History of science, individual development and science teaching, *Research in Science Education*, 21, pp. 131-140.
- Hashweh, M. Z. (1986). Towards an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8 (3), pp. 229-250.
- Hestenes, D., and Wells, M. (1992). A Mechanical Baseline Test, *The Physics Teacher*, 30, pp. 159-166.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*, 248, pp. 122-138.
- Sequeria, M., and Leite, L.(1991). Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education, *Science Education*, 75(1), pp. 45-56.
- Song, J., Jang, K., and Pak, S. (1996). Students' Conception and the Historical Change of the Concept: Free-fall Motion, *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 16(2), pp. 164-174.
- Twigger, D., Byard, M., Driver, R. et al. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15years: an interview study designed to guide instruction, *International Journal of Science Education*, 16 (2), pp. 215-230.

(ABSTRACT)

## The Effect of Contrastive Discussion Based on the Historically Debated Concepts of Falling and Horizontal Motion on the Conceptual Change of 7 Year Pupils by Introducing Weightless Context

Kim, Jae-Woo · Oh, Won-Kun · Pak, Sung-Jae  
(Seoul National University)

One class of grade 7 was chosen as a control group, and the other as an experimental group. The control group watched only a film of motion in weightless situation, but the experimental group had a contrastive discussion before watching the film.

In pretest, pupils were given contrasted views between the pre-Galilean and post-Galilean about falling and horizontal motion of bodies, and asked to choose one from two points of view and to write the reason why they choose it. After the pretest, control group students watched the same film as the experimental group did. On the falling problem, the control group ignored the contents of the film or regarded related contents as not related contents. However, through the contrastive discussion, experimental group pupils reconstructed their past vague ideas and noticed the cause of falling which was not perceived by the control group.

On the horizontal motion, some in the control group agreed with post-Galilean view points after watching the film. Some of the pupils in the experimental group agreed with the post-Galilean viewpoint after performing the contrastive discussion. However, most of them agreed after watching the film. So we can conclude that the contrastive discussion which helped students to reconstruct their ideas made the difference between the two groups.

## <부록 1> 사전 검사지

# 다음은 움직이는 물체에 대한 A와 B 두 사람의 대화이다. 그들의 대화 내용을 읽고 물음에 답을 하시오

A: 자, 책과 종이를 떨어뜨려보자. 책이 먼저 떨어지지. 그러니까 가벼운 것과 무거운 것 중에서 무거운 것이 빨리 떨어진다.

B: 아니다. 책과 분필을 떨어뜨려보자. 동시에 떨어진다. 그러니까 그렇게 말할 수는 없다. 무거운 것과 가벼운 것은 동시에 떨어진다.

나는 누구의 의견에 동조하는가?

왜 상대방의 의견이 틀리다고 말할 수 있는가? 또 자기와 다른 생각을 가진 사람의 주장을 어떻게 그렇지 않다고 설득할 수 있는가? 자기의 의견을 써라.

# 다음은 움직이는 물체에 대한 A와 B 두 사람의 대화이다. 그들의 대화 내용을 읽고 물음에 답을 하시오

A: 책상 위에서 책을 밀어봐라. 책에서 손을 떼면 책은 멈추게 된다. 그러니까 물체는 힘이 없으면 언젠가는 정지하게 된다.

B: 아니다. 물체는 특별한 외부의 작용이 없는 한 움직임을 계속하는데 책상 위의 책에는 무언가 방해하는 힘이 있기에 정지하게 된 것이다.

나는 누구의 의견에 동조하는가?

왜 상대방의 의견이 틀리다고 말할 수 있는가? 또 자기와 다른 생각을 가진 사람의 주장을 어떻게 그렇지 않다고 설득할 수 있는가? 자기의 의견을 써라

## <부록 2> 대비적 토론 대본

### 낙하운동

- A: (책과 종이를 떨어뜨리며) 보라! 무거운 것이 가벼운 것보다 빨리 떨어진다.  
B: 아니다. 이것은 원래 같이 떨어지는데 공기의 저항 때문에 그런 것이다.  
A: 공기의 저항이 있다는 것을 어떻게 아느냐?  
B: 종이를 펴서 떨어뜨리면 천천히 떨어지지만 뭉쳐서 떨어뜨리면 빨리 떨어진다는 것으로 알 수 있다.  
A: 그것은 낙하속도가 모양에 관계된다는 것을 말해주는 것 아닌가?  
B: 하지만 공기가 없는 진공에서 실험을 해보면 알 수 있다.  
A: 실험을 해보았는가? 어떻게 알 수 있는가?  
B: 진공 실험은 장치가 없어서 못한다. 그렇다면 무거운 것이 빨리 떨어지는 것을 어떻게 아는가? 분필과 책을 떨어뜨리면 왜 같이 떨어지지?  
A: 분필과 책이 무게가 같은 것이다.  
B: 그건 말이 안된다. 그렇다면 분필과 책과 가방, 지우개, 의자 등등이 다 무게가 같다는 소리냐?  
A: 그런 소리가 아니라 종이나 깃털은 가벼우니까 천천히 떨어지고 담배연기는 떨어지지 않고 오히려 올라가게 되니까 무게가 다르다.

### 수평 운동

- A: 사람이 책에 힘을 주지 않으면 책은 혼자 움직이지 못한다. 즉 힘이 없으면 못 움직이는 것이다.  
B: 하지만 책을 세게 밀었다 놓으면 잠시 동안은 가다가 정지한다. 힘이 없다고 못간다는 것은 아니다.  
A: 그것은 밀어주는 힘이 책에 남아있다가 힘이 빠지면 멈추는 것이다.  
B: 밀어준 힘이 어떻게 책속에 남아있느냐? 힘이 물건이냐?  
A: 힘은 물건이라는 말이 아니다. 힘이 있으면 움직인다. 계속 움직이므로 힘이 있다고 볼 수 있다.  
B: 그게 아니다. 책이 움직이는데 책상 면하고 마찰이 있어 책이 움직이지 못하게 되는 것이다. 책상면과 책의 표면이 더 미끄러우면 더 멀리 간다.  
A: 아무리 미끄러워도 언젠가는 멈춘다. 따라서 힘이 없으면 가지 못한다.

### <부록 3> 평결문

# 진지한 자세로 동료의 연극을 시청하고 자기의 생각을 적어보자. 특히 자기의 생각이 바뀌게 되었으면 그 생각을 잘 정리하여 표현해 주십시오.

1번 연극을 보고

당신은 누구의 의견에 동조하게 되었는가?

예전의 생각은?

현재의 생각은?

2번 연극을 보고

당신은 누구의 의견에 동조하게 되었는가?

예전의 생각은?

현재의 생각은?

### <부록 4> 사후 검사지

# 진지한 자세로 영상자료를 시청하고 자기의 생각을 적어보자. 특히 자기의 생각이 바뀌게 되었으면 그 생각을 잘 정리하여 표현해 주십시오.

영상자료를 보고 느낀 소감을 쓰시오.

1번 문항에 대해 -

예전의 생각은?

현재의 생각은?

2번 문항에 대해 -

예전의 생각은?

현재의 생각은?