

# 힘과 운동과의 관계에서 인지적 갈등을 일으키기 위한 시범에 대한 학생의 반응 분석

박 종 원 · 박 문 주\*

(전남대학교) · (숙명여자대학교)\*

(1996년 12월 6일 받음)

## I. 연구 동기와 연구 목적

시범은 실험과 함께 물리학습에서 사용되는 중요한 전략 중의 하나이며, 실제로 많은 과학교사들은 시범이 과학학습에 도움을 준다고 생각하고 있다(박종원, 1994). 시범은 학습 내용을 선택하고 조직화하고, 자리매김을 하는데 있어서 학생보다는 교사에게 더 통제력이 주어진다 면에서 실험과 구분짓기도 한다(Bernstein, 1971). 그러나 이외에도 시범은 실험과는 다른 여러 가지 특징과 기능을 가지고 있다(박종원과 정병훈, 1993). 특히 학생들이 이미 배웠거나 알고 있는 내용을 단순히 예시화하여 주기 위해 사용되기보다는, 시범 전에 학생들이 관련 내용을 먼저 예상하게 하고, 예상을 시범 결과와 비교하게 하는 활동은 학생에게 동기를 유발하게 하고, 예상과 결과가 다른 경우 인지적 갈등을 일으키게 하기 때문에 특히 유용하게 사용될 수 있다(Champagne et al., 1980).

학생의 오개념을 변화시키기 위해서 필요하다고 주장되는 조건 중의 하나인 인지적 갈등(권재술, 1989; Scott et al., 1992; 박종원, 1992)은 바로 위와 같은 목적으로 시범이 사용될 때 일어날 수 있다. 그러나 주어진 물리 현상에 대한 학생의 예상을 직접 관찰하게 하는 것이 항상 가능한 것만은 아니다. 예를 들어, 힘과 운동과의 관계에서 나타난 학생의 오개념 중, '힘의 방향은 물체의 운동 방향과 같다'는 오개념은 운동하는 물체에 작용한 힘의 방향을 직접 관찰할 수 없다는 면에서 학생에게 인지적 갈등을 일으키기 더욱 어렵게 만들고 있다.

따라서, 본 연구에서는 먼저 힘의 방향을 쉽게 찾을 수 있는 시범 장치를 개발하여, 운동하는 물체에 작용하는 힘의

방향에 대해서 오개념을 가지고 있는 학생에게 인지적 갈등을 일으키게 하여, 학생의 개념변화를 돕고자 한다.

그러나, 학생의 선개념과 불일치하는 시범 관찰에 대해서도 학생의 개념이 쉽게 변화되지 않는다는 연구 보고들이 많이 있다(예를 들면, Gunstone, 1991). 이들은 주로, 선개념이 시범의 결과를 해석하고 수용하는데 영향을 미치기 때문으로 해석하였다. 그러나, 구체적으로 시범이 학생의 개념적 이해에 어떻게 도전하고 개념이해를 발달시키는데 어떠한 역할을 할 수 있는지에 대한 연구가 충분한 것은 아니다(Shepardson et al., 1994). 따라서, 본 연구에서는 먼저 운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생의 선개념을 조사하고, 학생에게 인지적 갈등을 일으킬 수 있도록 시범장치를 고안하여 학생에게 시범해 보여 주었을 때, 학생이 어떠한 반응을 보이는지 분석함으로써, 시범을 통한 학생의 개념변화 과정을 면밀하게 조사하고자 한다.

## II. 이론적 배경

시범에 관한 연구로 초기에는 시범과 실험의 효과에 대한 비교 연구가 많이 있었다. 예를 들면, Coulter(1966)나 Yager(1969)는 실험과 시범을 비교하여 두 방법에 차이가 없었다고 보고한 바 있다. 그리고, 보다 종합적으로는 Garrett & Robert(1982)의 연구가 있는데, 그들은 1900~1980년까지의 연구들을 재검토하여 과학 교육에서 시범과 실험이 주는 효과에 대해 비교 조사를 하였다. 조사 결과, 단기적인 기억을 위해서는 시범이 효과적이었고 장기적인 기억을 위해서는 시범이 효과적이라는 논문들이 있기는 하였지만, 통계적으로 유의미하지 않은 경우가 많았으며, 따

로서 전반적으로 시범과 실험에 별 차이를 보이지 않았다고 결론지었다.

Glasson (1989)은 학생이 직접 실험을 한 경우와 교사가 시범한 경우를 비교하여, 두 수업 방법이 명제적 지식(declarative knowledge)의 습득에는 유의미한 차이를 보이지 않았지만, 과정적 지식(procedural knowledge)의 습득에서는 실험이 시범보다 유의미하게 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 즉, 실험을 실시한 경우에 과정적 지식의 습득이 시범을 보인 경우보다 더 높게 나타났다.

Thijs & Bosch(1995)는 정지해 있는 물체에 작용하는 힘에 대한 개념을 발달시키기 위해 Clement(1987)가 사용한 다리연결 전략을 사용하여, 교사가 시범을 하였을 경우와 학생이 직접 실험하였을 경우를 비교하였다. 연구 결과, 두 경우 모두 다리 연결 전략이 효과적이었으나 그 정도는 실험이나 시범의 경우에 차이를 보이지 않았다. 단, 여학생의 경우에는, 실험보다는 시범의 경우에 더 높은 성취를 보인다는 것을 발견하였다.

실험과 시범을 비교하는 연구뿐 아니라 다른 요인들도 함께 비교한 연구도 있다. Hynd 등(1994)는 뉴턴의 운동 법칙과 관련된 시범을 보인 경우와 학생간 토의를 한 경우, 그리고 뉴턴의 운동 법칙에 대한 반론 내용을 읽는 경우를 각각 비교하였다. 연구 결과, 가장 효과가 큰 것은 반론 내용을 읽은 경우로 나타났으며, 시범이나 토의는 중요한 효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 토의를 한 경우에는 시범을 보았거나 보지 않았거나 차이를 보이지 않았으나, 토의를 하지 않고 독립적으로 학습한 경우에는 시범을 보지 않은 경우보다 시범을 본 경우에 효과가 더 좋게 나타나, 시범과 토의간에 상호작용이 있다는 것을 지적하였다.

박종원(1996)은 시범을 직접 관찰하지는 않았지만, 전기 현상에 대한 과학고 학생의 선개념과 불일치하는 시범 결과를 제시하고 학생의 반응을 조사하였을 때, 결과의 해석에 필요한 탐구기능에 따라 학생의 반응이 다르게 나타난다는 것을 관찰하였다. 즉, 단순한 관찰에 의해서만 얻은 결과보다는 관찰뿐 아니라 변인통제 기능을 사용하여 얻은 결과를 더 신뢰하고, 따라서 후자의 경우에 자신의 선개념을 변화시키는 학생이 더 많이 있음을 관찰하였다.

시범의 효과는 내용과 대상에 따라, 그리고 시범의 목적이나 방법에 따라 서로 다르게 나타나고 있다. 예를 들어, 시범의 효과에 대해서 부정적인 관점을 보인 연구자로서, Swafford(1989)와 Marshall(1989)은 교과서의 정보를 읽은 후에 보여진 시범이 과학개념의 학습을 향상시켰다고 하였으나, 시범에 대한 강력한 효과는 보기 힘들다고 하였다. Hynd 등(in press)도 배울 내용을 읽기 전에 시범을 하면 단

기효과가 있다는 것을 발견하였으나, 시범에 대한 효과가 즉시적일 뿐 지속적이지는 못하다고 하였다.

그러나, Gunstone(1991)은 실험 과정이 요리책의 과정과 같이 그대로 따라 하는 방식의 것이라면, 오히려 적절한 시범이 학생들에게 더 많은 지적 활동을 할 수 있게 한다고 주장하였다. 즉, 학생들이 기구와 상호작용하는 데 걸리는 시간을 줄이고, 반면에 자신의 생각과 상호작용하는데 더 많은 시간을 투자하게 함으로서, 시범이 학생 자신의 이론을 재구성하게 하는데 도움을 줄 수 있다고 주장하였다.

최근에는 자연현상에 대해 가지는 학생의 선개념 연구에 기초하여, 학생의 선개념이 시범의 관찰과 해석에 미치는 영향에 대한 연구, 즉, 학생의 선개념과 시범과의 상호작용에 대한 연구도 진행되어 왔다. Gunstone(1991)은 POE(Prediction-Observation-Explanation)를 사용한 연구에서 많은 학생들이 교사나 연구자가 예상하는 것과는 다르게 관찰을 하고 해석한다는 것을 지적하였다. 예를 들어, 옴의 법칙에 대한 실험에서 아직 빨갛게 달아오르지 않은 저항(예를 들면, 전구의 필라멘트)의 경우에는 전류와 전압과의 그래프가 직선으로 나타나지 않으므로 무시하는 경우이다. 또 Gunstone 등(1988)은 음식이 부패하면 사라지거나 무게가 줄어든다고 생각하는 학생들에게 항아리에 상한 고기를 넣고 밀봉하여 무게를 측정하는 시범을 보였을 때, 무게가 일정한 것을 발견하고도 자신의 생각을 바꾸기 보다는 완전히 밀봉되지 않아 공기가 들어가서 무게가 같아진 것이라고 결론을 내리는 것을 관찰하였다.

또, Gunstone과 White(1981)는 도르래에 매달린 나무블럭과 모래 주머니에 대해 일어날 현상을 예상하게 한 후에, 예상과 일치하지 않는 시범을 보여주었을 때, 자신의 생각을 바꾸기 보다는 시범에서의 다른 측면에 관심을 가지고, 그러한 측면의 영향때문이라고 함으로서 관찰을 거부하는 것을 관찰하였다.

Shepardson 등(1994)도 시범을 관찰하게 하였을 때, 학생들이 자신들이 관찰한 것을 적는 것이 아니라 자신이 예상한 것을 적는다는 것을 발견하고, 이것이 관찰에 미치는 선개념의 영향때문이라고 해석하였다.

Park과 Pak(1997)은 전기 회로에서 전구의 밝기에 대한 학생의 선개념을 조사하고, 직접 전구의 밝기를 관찰하게 하면서 면담을 하였다. 이때, 학생의 반응을 자신의 생각에 기초한 반응과 제시된 증거에 기초한 반응으로 나누고, 전기 회로에 포함된 변인이 전구의 밝기에 영향을 준다고 생각하는지 아닌지에 따라 학생의 생각을 인과적인 생각과 비인과적인 생각으로 나누어 분석하였을 때, 학생의 생각 유형에 따라 반응에 차이가 난다는 것을 알 수 있었다. 즉, 인과적인

생각을 가지고 있는 경우에 비인과적인 생각을 가지고 있는 경우보다 더 증거에 기초한 반응이 유의미하게 많았다.

관찰이 아동의 개념발달에 어떠한 도움을 주는지를 조사한 연구로는 Brickhouse(1994)의 연구가 있다. 그는 빛과 그림자에 대해 아동의 관찰과 아동의 개념 발달과의 상호작용에 대해서 연구하였는데, 그 결과, 관찰을 통해서 아동들은 교실에서의 탐구 상황에서는 어느 정도 유용하게 빛에 대한 이론을 발달시킬 수는 있었지만, 교실 밖 현상까지 설명할 수 있을 정도로는 발달되지 못하였다고 하였다.

시범에 대한 이와 같은 여러 연구들에도 불구하고 아직, 시범이 학생의 개념이해에 어떻게 도전하고 발달시킬 수 있는지에 대한 연구가 충분한 것은 아니다(Shepardson et al., 1994).

본 연구는 이러한 측면에서 힘과 운동에 대해 인지적 갈등을 일으킬 수 있도록 고안된 시범 장치를 이용하여 학생의 반응을 분석함으로써, 시범을 통한 학생의 개념 변화 과정을 면밀하게 조사하기 위한 연구이다.

### Ⅲ. 연구 내용

구체적인 연구 내용은 첫째, 물체에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생의 선개념을 조사하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 수평 가속운동과 수직 가속운동, 등속 원운동하는 물체에 대해 힘의 방향을 묻는 선택후 설명식 문항을 개발하였다.

두 번째 연구내용은 물체에 작용하는 힘의 방향을 직접 관찰할 수 있는 시범 장치를 고안하는 것이다. 시범장치는 물속에 스프링으로 연결된 탁구공으로 만들어져 있는데, 이 장치를 이용하면 물체가 가속운동할 때 탁구공이 항상 가속도 방향으로 움직이게 되므로, 탁구공이 움직이는 방향이 바로 물체에 작용하는 힘의 방향임을 알 수 있다.

세 번째 연구 내용은 시범을 통해 학생에게 인지적 갈등을 일으키도록 하고, 면담을 통해 시범에 대한 반응을 조사하는 것이다. 본 연구에서 실시한 면담은 두 단계로 이루어져 있는데, 첫 단계는 인지적 갈등을 일으키기 전에 먼저, 시범 장치가 어떠한 목적으로 사용될 수 있는 장치인지를 이해할 수 있도록 돕기 위한 단계이고, 두 번째 단계는 시범을 통해 인지적 갈등이 일어날 수 있도록 한 단계로 구성하였다. 면담 과정은 비디오로 녹화되고, 녹화된 비디오를 통해 학생의 반응을 분석하였다.

네 번째 연구 내용은 면담에서의 학생의 반응에 기초하여 학생의 개념 변화 과정을 기술하는 것이다.

## Ⅳ. 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구 대상은 서울에 소재하는 중학교 1학년 2개 학급을 임의로 선정하였다. 대상 학생은 모두 남학생으로 120명이었고, 본 연구 전에 이미 1학년 과정에서 힘의 크기와 방향, 힘의 합성을 배웠으며, 운동에서 속력과 속력의 변화, 그리고 힘의 작용과 운동의 변화에 대해서 학습하였다.

처음 선개념 조사에 참여한 학생은 120명이었으나, 면담을 위한 학생 20명을 선정하고 2회에 걸쳐 12명을 대상으로 예비면담을 실시함으로써, 본 면담에 참여한 학생은 8명이었다.

### 2. 선개념 조사 문항

선개념은 수평 가속 운동과 수직 가속 운동, 그리고 등속 원운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향을 묻는 것이었다. 조사는 11월에 실시되었으며, 각 문항별 내용은 <표 1>과 같다.

### 3. 시범 장치

힘과 운동과의 관계에서 많은 학생들이 뉴턴적 관점을 가지고 있기 보다는 아리스토텔레스적인 관점이나 부리당적 관점을 가지고 있다는 것은 밝혀졌다(예를 들면, 박종원과 신만수, 미발행). 개념 변화를 위한 하나의 전략으로서 인지적 갈등을 중요한 요인으로 보는 전략에서는, 학생의 선개념과는 다른 상황에 접하게 할 것을 제안하고 있다. 이러한 갈등 상황은 여러가지 방법으로 제안될 수 있지만, 특히 힘과 운동과의 관계에서 직접 힘의 방향을 관찰할 수 없기 때문에

<표 1> 선개념 조사를 위한 문항 내용

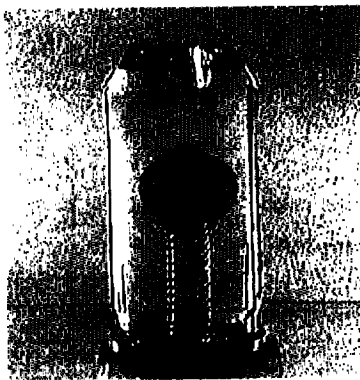
문항번호	문항 내용
1번	수직 위로 던진 공이 올라가는 중, 물체에 작용하는 힘의 방향
2번	수직 위로 던진 공이 최고점에 있는 순간, 물체에 작용하는 힘의 방향
3번	수직 위로 던진 공이 내려오는 중, 물체에 작용하는 힘의 방향
4번	수평으로 속력이 점점 빨라지는 수레에 작용하는 힘의 방향
5번	등속 운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향

다른 간접적인 방법으로 제안되곤 하였다(예를 들면, 논리적 추론을 통해 인지적 갈등을 유발시키고자 한 연구에는 다음과 같은 연구가 있다; 박종원 등, 1994; Park, 1995; 서정아 등, 1996; 박종원과 한수자, 미발표). 따라서, 본 연구에서는 직접 힘의 방향을 관찰할 수 있는 시범 장치를 개발하여 그 장치를 통해 학생의 개념 변화를 돕고자 하는 것이다.

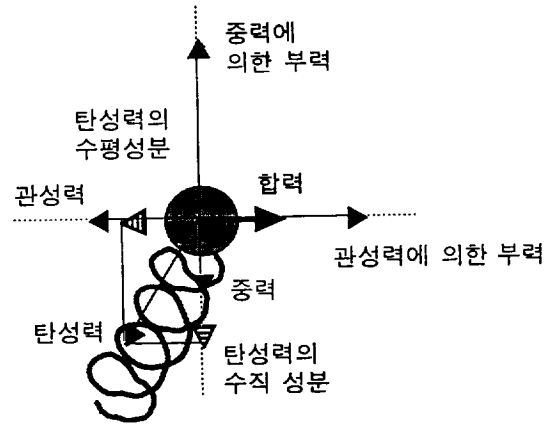
시범장치는 <그림 1>과 같이 투명한 물 통에 스프링과 탁구공을 연결하여 만들었다. 이 장치가 가만히 정지해 있거나, 등속 운동하는 경우에는 탁구공에 작용하는 힘들이 평형을 이루어 제자리에 가만히 있게 된다. 즉, 중력과 스프링에 의한 탄성력, 그리고 물에 의한 부력이 평형을 이루게 된다.

이 장치가 가속 운동하게 되면, 가속 좌표계에서 볼 때 물과 물 속의 탁구공 모두에는 가속 운동에 의한 관성력이 작용하게 된다. 이 때 관성력의 방향은 물론 좌표계의 가속도 방향과 반대 방향이 된다. 이 관성력에 의해 물 속에 있는 탁구공에 부력이 작용하게 되는데, 이때 부력의 크기는 관성력의 크기보다 더 크며, 방향은 관성력의 반대방향이 된다. 따라서, 항상 탁구공은 가속도의 방향을 가르키게 된다. 이것은 수평 가속 운동의 경우뿐 아니라, 수직 가속운동의 경우와 등속 원운동 등 모든 경우에 적용된다. 즉, 수평가속 운동인 경우에는 탁구공이 가속도 방향으로, 중력장에서 운동하는 경우에는 탁구공이 항상 아래 방향으로, 등속 원운동의 경우에는 탁구공이 안쪽으로 향하게 된다(<그림 2>)

자유 낙하하는 경우에는 설명이 더 쉬워진다. 자유 낙하의 경우에는 시범장치 안이 무중력 상태가 되므로 탁구공에는 스프링에 의한 탄성력만 작용하고, 중력이나 부력이 작용하지 않게 된다. 따라서, 시범 장치를 수직 위로 던졌을 때, 위로 올라가는 중이나 최고점에 있는 순간, 그리고 내려오는 중에 항상 탁구공이 아래를 향하게 된다.



<그림 1> 힘의 방향을 찾을 수 있는 시범 장치



<그림 2> 가속도 방향이 오른쪽일 때 탁구공의 움직임

#### 4. 면 답

면답은 기본적으로 힘과 운동과의 관계에 대해 오개념을 가지고 있는 학생이 인지적 갈등을 인식할 수 있도록 구성하였다.

면답은 크게 두 단계로 구성되어 있다. 첫단계는 시범장치의 용도를 이해할 수 있도록 한 단계이고, 두번째 단계는 시범을 통해 오개념을 변화시킬 수 있도록 한 단계이다.

먼저, 시범장치를 이해하기 위해서는 자신의 생각과 시범 결과가 일치할 때 시범장치를 이해하기가 더 쉬운 것이다. 따라서, 1단계 면답에서는 선개념 조사 문항 중, 수직 아래로 떨어지는 물체(문항 3)와 수평가속 운동하는 물체(문항 4번)에 작용하는 힘에 대해 옳은 개념을 가지고 있는 학생을 선정하고, 그 학생들에게 자신이 예측한 힘의 방향과 같은 방향으로 탁구공이 움직이는 것을 관찰하게 함으로서 제시된 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치임을 이해할 수 있도록 돕고자 하였다.

두번째 단계에서는 선개념 조사 문항 중 3번 문항과 4번 문항에 대해서는 옳은 개념을 가지고 있지만, 나머지 문항들에 대해서는 오개념을 가진 학생들로 선정하였다. 그 이유는 이 학생들이 면답의 첫번째 단계에서 3번과 4번 문항에 관한 시범을 통해 시범장치를 이해할 수 있도록 하기 위해서이다. 즉, 3번과 4번 문항에 대해서는 옳은 개념을 가지고 있었기 때문에 시범을 보여주었을 때, 시범결과가 자신의 예상과 일치하게 되고, 따라서, 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치라는 것을 쉽게 받아들일 수 있다고 보았기 때문이다. 그리고 1, 2, 5번 문항에 대해서는 자신의 오개념과 불일치하는 시범을 관

〈표 2〉 시범 내용과 시범 목적

시범단계	시범내용	시범목적
1단계	수평가속운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향 수직아래로 떨어지는 물체에 작용하는 힘의 방향	선개념과 일치되는 시범을 관찰함으로써 시범장치를 이해
2단계	수직 위로 올라가는 물체에 작용하는 힘의 방향 최고점에 있는 순간 물체에 작용하는 힘의 방향 등속원운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향	선개념과 불일치하는 시범을 관찰함으로써 인지적 갈등 인식

〈표 3〉 면담 내용

시범단계	면담 내용
1단계	1) 선개념 확인 2) 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치임을 알려주고, 시범에 대해 예측 3) 시범 관찰을 통해 힘의 방향 확인 4) 시범장치 사용 용도의 이해
2단계	1) 선개념 확인 2) 시범에 대한 예측 3) 시범 관찰 4) 힘의 방향 찾기 5) 시범 결과와 선개념과의 비교

찰하게 되고, 이때 학생과의 면담을 통해 학생의 반응을 조사함으로써 학생의 개념과 시범과의 상호작용을 보다 자세하게 알 수 있다.

구체적인 시범 목적과 면담 내용은 〈표 2〉와 〈표 3〉과 같다.

1단계 면담에서 한가지 문제점은 학생들에게 시범장치의 원리를 물리적으로 완전하게 이해시킬 수는 없다는 것이다. 왜냐하면, 중학교 1학년 학생에게 관성력을 설명할 수도 없을 뿐 아니라, 자유낙하 운동에서의 무중력 상태를 이해시킬 수도 없기 때문이다. 그러나, 시범장치가 자신의 예측과 일치함으로써, 시범장치가 어떤 목적으로 사용되는지에 대해서는 이해시킬 수가 있다. 따라서, 본 연구에서는 1단계에서 자신의 선개념과 일치되는 시범을 관찰하게 함으로서 본 시범 장치가 힘의 방향을 찾는데 사용되는 장치라는 것을 설명해 준다. 사실, 어떤 측정 장치의 기본 원리를 알지 못하지만 그 장치의 사용 목적만을 알고 사용하는 경우는 이외에도 많이 있다. 예를 들면, 전류계나 전압계도 마찬가지로, 좀 더 복잡하기로는 정전압 장치도 어떻게 일정한 전압을 만들어 주는 지를 알지 못하지만 그 장치를 사용하여 실험하는 경우는 많이 있다. 따라서, 본 연구에서도 시범장치의 원리에 대한 물리적인 이해가 없어도, 시범 장치가 어떠한 현상을 설명하는데 사용하는지는 알 수 있다고 보았다. 물론, 실제로 학생이

얼마나 시범장치의 용도를 잘 받아들일 수 있는지는 1단계 면담을 분석하여 조사하였다.

## 5. 분석 방법

면담 내용은 비디오로 녹화하였고, 녹화된 면담 내용을 옮겨 적어서 분석하였다. 분석할 면담 내용은 1단계 면담에서는 2개 시범에 대해 각각 4개의 주요 면담 내용이 있었고(표 3), 2단계 면담에서는 3개 시범에 대해 각각 5개의 면담 내용이 있었으므로(표 3), 1인당 총 23개의 면담 내용이 있었다. 따라서, 8명에 대한 총 면담 내용은 184개였다.

분석은 3개 측면에서 이루어졌다. 첫째, 개인별로 반응을 분석하여 반응과정을 기술하였고, 둘째, 개인별 반응을 유형별로 요약하였다. 이때 주요 관심으로는, 예상은 어떻게 하는지, 관찰은 어떻게 하는지, 불일치하는 관찰 결과에 대해 어떠한 반응을 보이는지 등이다. 세번째로, 개인별 반응을 모아 전체적으로 어떠한 특성들이 나타나는지를 정리하였다.

## V. 연구 결과

### 1. 가속운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생의 선개념

학생의 선개념을 조사하기 위한 문항은 총 5개 문항이었다. 먼저 선택형에 대한 학생의 응답을 제시하면 〈표 4〉와 같다.

선택에 대한 이유 설명에 대해서는 대부분의 비슷한 다른 연구에서 밝혀진 것과 크게 다르지 않으므로 여기서는 생략하겠다.

### 2. 1단계 면담

1단계 면담은 자신의 선개념과 일치되는 시범을 관찰하게 함으로서 시범장치가 힘의 방향을 찾기 위한 장치임을 이해

〈표 4〉 가속운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생의 선택형 응답 (N=120)

문항 번호	문항 내용	선택형	학생수(%)
1	수직 위로 올라가는 물체	위	20
		아래*	1
		위 > 아래	75
		없다	0
		기타	4
2	최고점에 있는 순간	위	2.4
		아래*	43
		위 = 아래	36
		없다	8.4
		기타	9.4
3	아래로 떨어지는 물체	위	2.4
		아래*	58
		위 < 아래	28
		없다	7
		기타	4.8
4	수평가속운동하는 물체 (오른쪽으로 점점 빨라지는 물체)	오른쪽*	37.3
		왼쪽	3.6
		오른쪽 = 왼쪽	4.8
		왼쪽 < 오른쪽	44.6
		없다	2.4
		기타	7.2
5	등속 원운동하는 물체	접선	14.5
		중심방향*	4.8
		바깥 방향	3.6
		중심방향과 바깥방향	13.3
		중심 + 바깥 + 접선방향	24
		중심 + 접선방	7.2
		바깥 + 접선방향	16.9
		없다	1
		기타	14.5

\* 물리적으로 옳은 선택

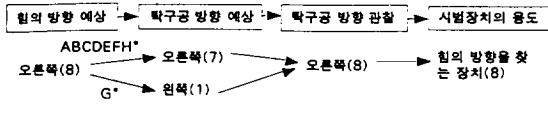
하기 위한 목적으로 수행되었다.

I단계 시범 1의 면담 결과

면담에 참여한 학생들은 시범 1, 즉, 수평 가속 운동(오른쪽으로 점점 빨리 움직이는 운동)에 대해서 힘의 방향이 오른쪽이라고 옳게 응답한 학생들이었다. 그 학생들에게 시범을 보이기 전에 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치임을 먼저

알려주고, 수평으로(오른쪽으로) 일정한 힘으로 당겼을 때 탁구공의 움직임을 예측하게 하였다. 8명 중에서 7명은 오른쪽이라고 옳게 예상하였고, 1명 만이 왼쪽이라고 예상하였다. 즉, 7명은 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치라는 소개말을 듣고, 힘의 방향과 같은 방향인 오른쪽 방향으로 탁구공이 움직일 것이라고 예측하였다. 그러나 왼쪽이라고 응답한 학생은 그 이유를 다음과 같이 말했다:

<연구논문> 힘과 운동과의 관계에서 인지적 갈등을 일으키기 위한 시범에 대한 학생의 반응 분석 : 박종원 · 박문주



\*영문자는 학생 번호를 의미함

<그림 3> I 단계 시범 1에서 나타난 학생의 반응 요약

\*영문자는 학생 번호를 의미함

“탁구공은 원래 가만히 있었잖아요. 이게 (수레에 연결된 추) 내려가면 이리로(오른쪽으로) 가는데, 탁구공은 제자리에 있었잖아요. 그러니까 이건 (탁구공은) 제자리에 있으려고 하고, 수레는 오른쪽으로 가니까 (탁구공이) 왼쪽으로 가는 것처럼 보이지요 ...”

즉, 이 학생은 시범장치의 작용에 대한 연구자의 설명보다는 탁구공의 작동 방법 자체를 설명하려고 하면서, 예상을 다르게 한 것이다. 사실, 이러한 예상은 갑자기 떠나는 버스 안에서의 경험으로도 쉽게 예상할 수 있을 것으로 생각된다.

시범을 직접 관찰하였을 때에는 8명 모두 오른쪽이라고 옳게 관찰하였고, 따라서, 시범장치가 힘의 방향을 찾는 장치라는 설명에 동의하였다.

<그림 3>에서 나타난 유형을 요약하면 다음과 같다.

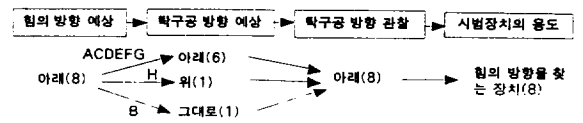
I-A형 : 옳은 선개념대로 예상하고, 선개념과 일치하는 옳은 관찰을 하여, 힘의 방향과 탁구공의 움직이는 방향이 같다는 것에 동의하였다(학생 ABCDEFH).

I-B형 : 옳은 선개념과는 다르게 예상하였으나, 선개념과 일치하는 옳은 관찰을 하여, 힘의 방향과 탁구공의 움직이는 방향이 같다는 것에 동의하였다(학생 G).

I 단계 시범 2의 면담 결과

I 단계에서의 두번째 시범은 수직 아래로 떨어지는 운동에 관한 것이었다. 이때에도 물론 모든 학생이 작용하는 힘의 방향이 '아래'라고 생각하고 있었다. 시범 장치를 관찰하기 전에 탁구공이 움직이는 방향을 물었을 때, 8명 중 6명의 학생이 '아래'라고 옳게 예상하였고, 1명은 가만히 있을 것이라고 예상하고, 1명은 '위'라고 예상하였다. 뒤의 두 학생은 모두 시범 장치가 힘의 방향을 찾기 위한 것이라는 소꿉말에 쉽게 동의하지 못하였음을 알 수 있었다.

그러나, 직접 낙하하여 탁구공의 움직임을 관찰하게 하였



<그림 4> I 단계 면담 2에서 나타난 학생의 반응 요약

을 때, 8명 학생은 모두 탁구공이 아래로 움직인다고 옳게 관찰하였고, 탁구공이 힘의 방향과 같은 방향으로 움직인다는 것에 동의하였다.

<그림 4>에서 나타난 유형을 요약하면, 과제 1의 경우와 같이 I-A형과 I-B유형이고, 각 유형에 속한 학생은 다음과 같다.

I-A형 → 학생 ACDEFG

I-B형 → 학생 BH

결론적으로 대부분의 학생이 면담 1과 면담 2에서 시범장치의 탁구공이 움직이는 방향을 옳게 예상하였고, 따라서 탁구공이 움직이는 방향을 보고 힘의 방향을 찾을 수 있다는 것에 동의하였다. 1~2명의 학생만이 시범 전에 시범장치의 탁구공이 힘의 방향대로 움직인다는 설명과는 다르게 탁구공의 움직임을 예상하였으나, 직접 관찰을 한 후에는 탁구공의 움직이는 방향을 보고 힘의 방향을 찾을 수 있다는 것에 동의하였다.

3. 2단계 면담

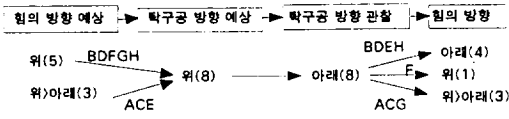
2단계 면담은 시범장치를 이용하여 자신의 선개념과는 다른 관찰을 하게 함으로서 학생에게 인지적 갈등을 일으키게 하고, 그에 대한 반응을 분석하기 위한 면담이다.

II 단계 시범 3의 면담 결과

시범 3에 관한 선개념으로, 수직 위로 올라가는 중 물체에 작용하는 힘에 대해서는 5명의 학생이 '위'라고 예상하고 있었고, 3명은 '위>아래'라고 생각하고 있었다.

이 학생들에게 시범을 보이기 전에 탁구공이 어디로 움직일 것인지에 대해서 예상하게 하였을 때, 8명 모두 선개념대로 '위로' 움직일 것이라고 예상하였다. 즉, 탁구공이 힘이 작용하는 방향으로 움직이므로, 힘의 방향에 대한 자신들의 선개념대로 탁구공도 '위로' 움직일 것이라고 예상하였다.

직접 시범을 관찰하게 하였을 때에는 8명 모두가 '탁구공이



〈그림 5〉 II 단계 시범 3에서 나타난 학생의 반응 요약

아래로 움직인다'고 옳은 관찰을 하였다.

시범 후, 수직 위로 올라가는 물체에 작용하는 힘의 방향을 물었을 때, 4명은 선개념을 변화시켜 작용하는 힘의 방향이 '아래'라고 응답하였지만, 나머지 4명은 선개념을 그대로 유지시키거나, 선개념과 관찰 사실을 복합시켜 다른 오개념으로 변화되었다.

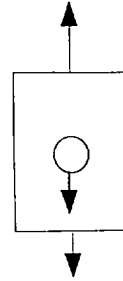
〈그림 5〉에서 나타난 학생의 반응 유형을 요약하면, 다음과 같다.

- II-A형 : 틀린 선개념대로 예상하고, 선개념과 불일치하는 옳은 관찰을 하여 틀린 선개념을 옳은 개념으로 변화시켰다(학생 BDEH).
- II-D형 : 틀린 선개념대로 예상하고, 선개념과 불일치하는 옳은 관찰을 하였으나, 틀린 선개념을 그대로 유지시켰다(학생 ACF).
- II-D'형 : 틀린 선개념대로 예상하고, 선개념과 불일치되는 옳은 관찰을 하였으나, 틀린 선개념과 관찰 결과를 복합시켜 다른 오개념으로 변화시켰다(학생 G).

II-D형과 II-D'형은 선개념을 그대로 유지시키거나, 관찰 사실과 복합시켜 선개념을 다른 오개념으로 수정시킨 경우이다. 이 학생들의 반응에서 나타난 특징을 요약해 보면 다음과 같다.

먼저, 옳은 관찰을 하였음에도 불구하고 선개념을 그대로 유지시킨 학생 A는, 처음에는 물체에 작용하는 윗방향의 힘이 아랫방향의 힘보다 크다고 예상하였는데, 시범 관찰 후에는, 〈그림 6〉과 같이 그림을 직접 그리면서, 탁구공에만 아래 방향의 힘이 작용하고, 시범 장치에는 (선개념대로) 윗방향의 힘과 아랫방향의 힘이 있다고 하여, 시범에 의한 관찰 내용을 탁구공의 경우에만 한정지음으로서, 자신의 선행 개념을 그대로 유지시켰다(그림 6).

C학생도 시범 전에 윗방향의 힘이 아랫방향의 힘보다 더 크게 작용한다고 예상하였는데, 시범을 옳게 관찰했음에도 불구하고, 아래 면담 내용과 같이 시범장치와 탁구공을 분리시켜 생각함으로써 자신의 선개념을 그대로 유지시켰다.



〈그림 6〉 시범을 관찰한 후 자신의 선개념을 유지시키면서 동시에 관찰 내용을 조화시킨 응답

“(시범을 관찰한 후에) 이 장치가 올라가는 동안에 어디로 힘을 받지?”

“아래로요.”

.....

“장치가 받는 힘의 방향이 어디라고?”

“위로요.”

“아래쪽이라고 그랬잖아.”

“아, 그건 탁구공이요. 탁구공은 아래쪽이요.”

F학생은 1단계 시범에서 탁구공의 방향이 힘의 방향과 같다는 것을 인정했지만, 2단계 시범에서 관찰 사실이 작용하는 힘의 방향이 위라는 자신의 선개념과 다르자, 아래 면담 내용과 같이 시범장치의 작동 방식을 거부함으로써, 선개념을 유지시켰다.

“지난번에는 탁구공이 그 방향에서 힘을 주는대로 가는 줄 알고, 실험 후 힘을 주어도 그 공이 다른 방향...”

“다시 설명해 봐, 무슨 말인지 모르겠는데?”

“실험 전에는 공에 한쪽 방향으로 힘을 줄 때 그 방향만으로 가는 줄 알았는데요, 실험 후에는 힘을 준 방향 말고 다른 방향으로도 가요.”

.....

“공을 던지면 실험 전에는 그냥 그쪽(위쪽)으로 가는 줄 알았는데요. 실험 후에는 아래쪽으로도 가요.”

G학생은 시범 전에 윗방향의 힘만이 작용한다고 예상하였는데, 탁구공이 아래로 움직이는 것을 관찰하고는, 윗방향의 힘과 아랫방향의 힘이 같이 작용하는데, 윗방향의 힘이 아랫방향의 힘보다 크다고 응답함으로써, 자신의 선개념과 관찰 사실을 교묘하게 통합시켰다.



<연구논문> 힘과 운동과의 관계에서 인지적 갈등을 일으키기 위한 시범에 대한 학생의 반응 분석 : 박종원 · 박문주

“장치를 던졌더니, 탁구공이 아래로 향했는데, 그럼 장치가 올라가는 동안에 받는 힘의 방향은 어디니?”

“아래쪽.”

“그럼 물체를 위로 던졌을 때 그 물체가 위로 올라가는 동안에 받는 힘의 방향은 어디니?”

“위쪽.”

.....

“자. 그런 어떤 물체를 던져 올렸을 때, 그 물체가 받는 힘의 방향은 어디겠니?”

“위쪽, 아래쪽 전부 다요.”

“그럼 여기다 그려봐. 크기는 서로가 똑같은지? 어떤 것이 더 크니?”

“위쪽이 더 길어요.”

### II 단계 시범 4의 면담 결과

시범 4에서는 최고점에 있는 순간 물체에 작용하는 힘에 대해서 2명이 시범 직전에 자신의 선개념을 ‘아래’라고 바꾸어 분석에서 제외하였고, 4명이 ‘위=아래’, 2명이 ‘없다’고 예상한 학생만을 대상으로 시범을 보여주고 면담을 계속하였다.

이 학생들(6명)에게 탁구공이 어디로 움직일 것인지에 대해서 예상하게 하였을 때, 5명이 움직이지 않을 것이라고 예상하였고, 1명(D학생)만이 위로 움직일 것이라고 예상하였다. 이 학생은 아래 면담 내용을 보면, 시범장치의 탁구공이 힘을 받는 쪽으로 움직인다고는 생각하면서 보는 위치에 따라 다르다고 생각한 것으로 판단되었다.

“...장치가 최고점에서 받는 힘의 방향은 어떨까?”

“그냥 내려가는 방향과 올라가는 방향의 중간 정도.”

“그럼 탁구공은 어디 있겠니?”

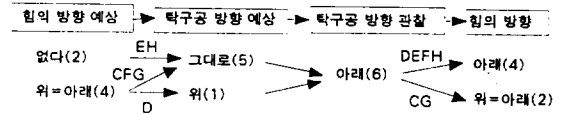
“이쪽으로 올라가는 것을 보면 위쪽으로 올라가겠죠.”

그러나, 직접 시범해 보여주고 관찰 사실을 물었을 때, 6명 모두가 탁구공이 아래로 움직인다는 것을 옳게 관찰하였다.

시범 후, 최고점에 물체가 정지한 순간 물체에 작용하는 힘의 방향을 물었을 때, 4명은 ‘아래’라고 응답하여 자신의 선개념을 옳은 개념으로 바꾸어 응답하였고, 2명은 ‘위=아래’라고 응답하여, 옳은 관찰에도 불구하고 계속 자신의 선개념을 유지하였다.

<그림 7>에서 나타난 유형을 요약하면 II-A형과 II-D형 외에 다음과 같은 유형이 포함되어 있다.

II-A형 : 학생 EHF



<그림 7> II 단계 시범 4에서 나타난 학생의 반응 요약

II-B형 : 틀린 선개념과 다르게 예상하였으나, 선개념과 불일치되는 옳은 관찰을 하여, 틀린 선개념이 옳은 개념으로 변화하였다(학생 D)

II-D형 : 학생 CG

시범 4에서 옳은 관찰에도 불구하고 자신의 선개념을 변화시키지 않은 C학생은 시범 3에서의 경우와 마찬가지로, 처음에는 시범장치의 용도를 받아들였지만, 모순되는 관찰이 있자 탁구공의 경우로 한정되었다.

“(실험을 관찰한 후) 장치가 최고점에서 받는 힘의 방향은 어디라고 생각하니?”

“아래요.”

“그러면, 물체를 던져 올렸을 때, 물체가 최고점에서 받는 힘의 방향은 어디라고 생각하니?”

“안 받을 것 같아요.”

“장치는 아래쪽으로 받는다고 했잖아?”

“아까 같아요. 장치를 던졌을 때에는 이것은 사람의 힘을 받구요, 탁구공은 중력을 받는다고 했잖아요. 이거(시범장치)는 사람의 힘이 없으니까 멈추고, 저것(탁구공)은 중력이 언제나 있으니까 밑으로 향하는 것 같은데요.”

즉, C학생은 시범 3과 시범 4에서 일관적으로 시범장치에서 탁구공의 경우를 분리하였다.

다음으로 G학생은 최고점에 있는 순간에서 자신의 예측과 불일치하는 관찰을 통해 인지적 갈등을 인식했지만, 시범 결과를 받아들이기 보다는 자신의 선개념을 그대로 유지시켰다.

“...실험에서는 탁구공이 밑으로 이렇게 ..., 근대 최고점이 까 최고점에서 멈추는 것잖아요. 그러니까 힘의 크기가 같은 것 같은 데, 탁구공이 밑으로 가는 것이 이상해요.”

.....

“그런데 탁구공이 아래로 내려와 있는 게 이상하다 이거지?”

“네.”

“그럼 왜 내려와 있는 걸까? 왜 공이 내려와 있을 것 같애?”

“내려오는 순간이니까”

.....

“그렇다면, 던져올린 물체는 힘이 어느 쪽 방향으로 작용했어?”

.....

“올라가던 물체는 올라가려는 힘이 남아있고, 내려오려는 힘도 있어서 평형으로 멈추어 있어요.”

**II 단계 시범 5 면담 결과**

시범 5에 관련된 선개념으로, 등속 원운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향에 대해서는 시범 전에, 2명이 ‘중심쪽과 접선쪽’이라고 예상하였고, 2명이 ‘바깥쪽’, 2명이 ‘중심+바깥+접선’, 1명이 ‘접선’, 1명이 ‘바깥+접선’이라고 예상하였다. 즉, 중심쪽을 언급한 학생이 4명이었고, 접선쪽을 언급한 학생은 6명, 바깥쪽을 언급한 학생이 5명이었다.

이 학생들에게 시범을 보이기 직전, 탁구공이 어디로 움직일 것인지에 대해서 예상하게 하였을 때, 5명은 선개념대로 탁구공이 움직일 것이라고 예상하였지만, 3명(학생 DFG)은 선개념과는 다르게 예상하였다. 예를 들어, D학생은 물체에 작용하는 힘의 방향이 접선방향이라고 예상하였지만, 탁구공은 바깥쪽으로 움직일 것이라고 예상하였고, F학생과 G학생은 힘의 방향이 각각 중심+접선, 그리고 중심+바깥+접선방향이라고 예상하였지만, 둘 다 접선방향을 무시한 채로 탁구공이 움직일 것이라고 예상하였다.

시범을 보여주었을 때, 6명 모두 탁구공이 중심방향으로 움직인다고 옳은 관찰을 하였고, 2명이 접선방향으로 움직인다고 잘못 관찰하였다. 이러한 잘못된 관찰은 시범이 잘못되었기 때문일 수도 있었기 때문이다. 왜냐하면 시범장치를 일정한 원운동을 하는 장치에 놓고 한 것이 아니고, 손으로 직접 들고 돌았기 때문에, 일정한 속도가 아닐 수도 있었다.

시범 후, 등속 원운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향을 물었을 때, 6명이 시범 관찰한대로 자신의 생각을 변화시켰으며, 2명이 옳은 관찰에도 불구하고 자신의 선개념을 그대로 유지시켰다. 이때, 자신의 선개념을 관찰에 따라 변화시

킨 6명 중에는 탁구공이 접선 방향으로 움직인다고 관찰하여, 탁구공에 작용하는 힘의 방향이 접선 방향이라고 응답한 학생 2명이 포함되었다.

그림 8에서 나타난 학생의 유형을 요약하면, II-A형, II-B형, II-D형 외에도 다음과 같은 유형이 포함된다.

II-A형 : 학생 B

II-B형 : 학생 CDE

II-C형 : 틀린 선개념대로 예상하였는데, 관찰을 잘못하여, 잘못된 관찰대로 개념이 변화되었다(학생 H).

II-C'형 : 틀린 선개념과 다르게 예상하였는데, 관찰을 잘못하여 잘못된 관찰대로 개념이 변화되었다(학생 F).

II-D형 : 학생 AG

옳은 관찰을 하였음에도 불구하고 선개념대로 결론을 내린 학생은 2명이었다. 이 중 A학생은 시범현상을 거부함으로써 자신의 선개념을 유지하려 하였다.

“실험을 보면 (탁구공이) 어디로 가니?”

“몸의 중심쪽으로 가요.”

“탁구공 장치가 돌아가고 있는 동안에 작용하는 힘의 방향은 어디일까?”

“중심쪽과 접선쪽.”

.....

“네가 볼 때에는 탁구공 장치가 원의 중심쪽으로만 가 있었잖아. 가는 방향으로는 공이 움직이지 않았는데 그런 왜일까?”

“(아무 말이 없다)”

“그래도 그 힘(접선 방향의 힘)이 있어야 할 것 같니?”

“예”

G학생도 시범결과를 나름대로 재해석하면서 시범결과를 거부하고, 자신의 선개념을 그대로 유지시켰다.

“탁구공 장치가 돌아가는 동안에 장치 전체가 받는 힘의 방향은 어디니?”

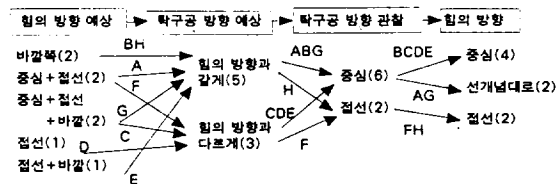
“중심방향”

“자 그럼 돌아가고 있는 물체가 받는 힘의 방향을 여기 중에서 그렇다면.....”

.....

“똑같이 5번(중심+바깥+접선방향)이요.”

“왜 그렇다고 생각하니?”



**<그림 8> II단계 시범 5에서 나타난 학생의 반응 요약**

〈표 5〉 면담 과정과 시범 종류에 따른 학생의 반응 유형과 유형별 학생

면담 과정과 시범 종류	반응 유형과 유형별 학생					
	II-A형	II-B형	II-C형	II-C형	II-D형	II-D'
면담 과정						
선개념대로 예상	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
옳바른 관찰	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
관찰대로 개념변화	Yes	Yes	Yes <sup>1)</sup>	Yes <sup>1)</sup>	No No <sup>2)</sup>	
시범 종류						
시범 3	BDEH	-	-	-	ACF	G
시범 4 <sup>3)</sup>	EFH	D	-	-	CG	-
시범 5	B	CDE	H	F	AG	-

- 1) 관찰한대로 개념을 변화시켰지만, 관찰이 틀려서 틀린 개념으로 변화된 경우
- 2) II-D형은 선개념을 그대로 유지하였지만, II-D'형은 선개념과 관찰사실이 복합된 형태로 된 경우
- 3) 시범 4에서는 A학생과 B학생이 시범 전에 선개념을 바꿈으로서 면담에서 제외되었다.

“이쪽으로 돌아가고 있으니까요 이쪽으로 가려고, 이쪽으로 간다면 이렇게 대퓰처럼 이렇게 되잖아요. 돌아가고 있는 동안에 물체가 이렇게 힘을 받는데, 그 동안 이 물체가 이쪽으로 오니까 힘을 이쪽으로 갈대는 힘이 생기잖아요. 그리고 안쪽으로 가는 힘은요…….”

“잠깐만, 바깥쪽으로 가려는 힘은 왜 생긴다고?”

“이게 이쪽으로 가니까요. 처음에 앞으로 가려고 하고 있는데 그동안 이게 움직이잖아요. 그러니까 아까 그 힘은 이리고 가고 있는데 이걸 이리로 가니까 ….”

## II 단계 시범에 대한 학생의 반응 요약

II 단계 시범을 유형별로 비교하여 보면 〈표 5〉와 같다.

따라서, 개인별로 요약하여 보면, A와 G학생은 시범을 통해서도 계속 자신의 선개념을 유지하였고, B, D, E학생은 시범에 의해 자신의 생각을 모두 변화시켰다. H학생도 시범 5에 대해서는 관찰을 잘못하였지만, 시범에 의해 자신의 생각을 모두 변화시켰다. C학생과 F학생은 시범종류에 따라 자신의 생각을 바꾼 경우와 바꾸지 않은 경우가 있었다.

전반적으로 볼 때, 전체 22개 반응유형 중에서 시범에 의해 옳은 개념으로 개념이 변화된 경우는 55%에 해당되는 12개 반응(II-A형과 II-B형)이었고, 시범에 의해서도 자신의 선개념을 유지하거나 다른 오개념으로 변화시킨 경우가 36%에 해당되는 8개 반응(II-D형과 II-D'형)이었다. 나머지 9%에 해당되는 2개 반응(II-C형과 II-C'형)은 시범에 의해 개념이 변화되었지만, 잘못된 관찰에 의해 잘못된 개념으로 변화된 경우였다.

36%의 반응에는 시범 관찰 결과에 의해 갈등을 인식했지만 관찰 결과 자체를 거부하고 선개념을 유지시킨 반응, 시범 관찰 결과를 자신의 선개념과 조화시켜 다른 오개념으로 변화시킨 반응, 시범 장치의 작동 방식은 의문시 하는 반응, 시범장치와 탁구공에 작용하는 힘을 서로 다르게 적용시켜 관찰 결과를 거부하지도 않으면서 선개념을 유지시킨 반응 등이 포함되어 있었다.

## VI. 결론 및 논의

본 연구에서는 힘과 운동에 대한 학생의 선개념을 변화시키기 위해 힘의 방향을 직접 관찰할 수 있는 시범을 관찰하게 하였을 때, 학생들이 어떠한 반응을 보이는지를 분석함으로써, 시범의 기능과 시범을 통한 학생의 개념 변화 과정을 이해하고자 하였다.

연구결과, 약 절반의 학생들에게는 인지적 갈등을 일으키기 위해 고안된 시범이 개념 변화에 도움을 주는 것으로 나타났다. 역시 많은 학생들(약 35% 정도)이 옳은 시범 관찰에도 불구하고 계속 자신의 선개념을 유지시키거나 다르게 변형시킨다는 것을 알 수 있었다. 특히 개념 변화에 실패한 경우에 구체적으로 학생들이 어떻게 반응하였는지를 개인별로 심층 조사함으로써, 학생의 개념변화 과정을 좀 더 실제적으로 이해할 수 있었다.

시범이 개념 변화 수업에 적용될 때에는 시범 자체만으로 개념 변화에 완벽하게 도움을 주리라고 생각지 않는다. 따라서, 시범이 보다 효과적이기 위해서는 어떠한 측면이 고려되어야 하는지를 계속 연구할 필요가 있다. 예를 들면, Thijs

& Bosch(1995)는 시범을 보일 때, 교사가 시범의 중요한 측면을 지적해 주는 것(예를 들어, 학생들에게 어떻게 시범을 보아야 하는지, 어떻게 관찰 결과를 해석해야 하는지 등을 논의하고, 적절한 시기에 필요한 법칙을 언급하여 준다)이 개념 변화에 좋은 영향을 주었지만, 그러한 지적이 없더라도 시범 후에 시범에 대해 학생들간, 그리고 학생과 교사가 의미협상이 주어지면, 개념변화가 더 잘 이루어진다는 것을 관찰하였다.

시범에서 사회적 상호작용의 중요성을 언급한 연구자들도 있는데, 예를 들면, Wheatley(1991)은 과학 시범에서 아동의 생각에 도전하는 사회적인 상호작용이 표현된 생각을 스스로 반성하게 하는 것이 중요하다고 하였고, Barnes & Todd(1977)은 과학 시범에 대한 의미를 증진시키기 위해서는 협동적 논의를 불러 일으키는 것이 필요하다고 하였다. 그러한 상호작용은 학생들로 하여금 기존의 생각이 시범을 설명하기에는 만족스럽지 못하다는 관점을 가지도록 할 수 있고, 아동에게 대안적 생각을 평가할 기회를 제공하여 아동이 개념적 이해를 돌리도록 할 수 있다(Posner et al., 1982).

또, Shepardson 등(1994)은 시범이 아동들에게 효과적인 기 위해 필요한 조건을 제시하였다. 첫째 시범에서 다른 불필요한 외적 변인들이 아동들에게 가능하면 관찰가능하지 않도록 해야 하고, 둘째 시범이 모든 학생들에게 잘 보일 수 있도록 배열이 되어야 하며, 셋째, 시범은 보여주는 것 자체가 목적이 아니라, 시범을 통해 학생의 생각을 검증하는데 사용되도록 구성해야 한다는 것이었다.

## 참고 문헌

- 권재술 (1989) 과학개념의 한 인지적 모형. 한국물리학회, 물리교육 7(1), 1-9.
- 박종원 (1992). 인지적 갈등의 이론적 모형. 전남대학교 과학교육연구지, 16(1), 17-35.
- 박종원, 정병훈 (1993). 물리시범장치 개발과 탐구 활동에의 적용. 한국물리학회, 물리교육, 11(2), 177-189.
- 박종원 (1994). 과학시범기구 개발대회 평가연구. 전남대학교 과학교육연구지, 18(1), 1-26.
- 박종원, 서정아, 정병훈, 박승재(1994). 힘과 운동 개념 변화를 위한 연역 논리 과제에 대한 중학생들의 반응 분석. 한국과학교육학회지, 14(2), 133-142.
- 서정아, 박승재, 박종원 (1996). 힘과 운동에 대한 연역추론 과제 수행에 대한 중등학생의 반응 분석. 한국과학교육학회지, 16(1), 87-96.
- 박종원 (1996). 학생의 선개념과 탐구 기능이 전기 실험 결과의 해석에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 16(3), 227-238.
- 박종원, 한수자 (미발표) 힘과 운동에 대한 개념 변화에 있어서 연역논리의 역할.
- Barnes, D., & Todd, F. (1977). *Communication and learning in small groups*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Bernstein, B. (1971). On the classification and framing of educational knowledge. In F.M.D. Young (Ed.) *Knowledge and control*. Collier-Macmillan, London.
- Brickhouse, N.W. (1994). Children's observations, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 639-656.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E., & Anderson, J.H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.
- Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: the role of anchoring intuitions and analogical validity. In J.D. Novak(ed.) *Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, Vol. III (pp.84-97). Ithaca, NY, Cornell University.
- Coulter, J.C. (1966). The effectiveness of inductive laboratory demonstration and deductive laboratory in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 185-186.
- Garrett, R.M. & Robert, I.F. (1982). Demonstration versus small group practical work in science education. A critical review of studies since 1900. *Studies in science education*, 9, 109-146.
- Glasson, G.E. (1989). The effect of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 121-131.
- Gunstone, R.F., White, R.T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.
- Gunstone, R.F., Champagne, A.B., & Klopfer, L.E. (1988). Instruction for understanding: A case study. *Australian Science Teachers' Journal*, 27, 27-32.

- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B.E. Woolnough (ed.) *Practical science: The role and reality of practical work in school science* (p.67-77). Open University Press.
- Hynd, C.R., Alvermann, D.E., & Qian, G. (in press). *Perspective teachers' comprehension and teaching of a complex science concept* (Tech. Rep.). Athens: University of Georgia, National Reading Research Center.
- Hynd, C.R., McWhorter, J., Phares, V.L., & Suttles, C. W. (1994). The Role of Instructional variables in Conceptual Change in High School Physics Topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 933-946.
- Marshall, N. (1989). Overcoming problems with incorrect prior knowledge: An instructional study. In J. Zutell & S. McCormick (Eds.) *Cognitive and social perspectives for literacy research and instruction, Thirty-eighth yearbook of the national Reading Conference* (pp.323-330). Chicago: National Reading Conference.
- Park, Jongwon (1995). *Deductive reasoning in the scientific explanation and test of hypotheses*. The 3rd Workshop on Students' Conceptual Structures and Changes in Learning Physics (pp. 83-88). Seoul National University.
- Park, Jongwon & Pak, Sungjae (1997). Students' responses to experimental evidences based on perceptions of causality and availability of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 57-67.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Scott, P.H., Asoko, H.M., & Driver, R.H. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R.Duit & F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning : Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). IPN.
- Shepardson, D.P. & Moje, E.B., Kennard McClland, A.M. (1994). The impact of a science demonstration on children's understandings of air pressure. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 243-258.
- Swafford, J. (1989). *The effects of a science text and demonstration on conceptual change of high school students*. (Doctoral dissertation, University of Georgia). Dissertation Abstracts International, 50, 3040A.
- Thijs, G.D., & Bosch, G.M. (1995). Cognitive effects of science experiments focusing on students' preconceptions of force: a comparison of demonstrations and small-group practicals. *International Journal of Science Education*, 17(3), 311-323.
- Yager, R.E. (1969). Effects of the laboratory and demonstration method upon the outcomes of instruction in secondary biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 76-86.
- Wheatley, G.H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75, 9-21.

(ABSTRACT)

## The Analysis of Students' Responses about Demonstrations for Cognitive Conflict on the Force and Motion

Park, Jong-Won · Park, Mun-Joo\*  
(Chonnam National University) · (Sookmyung Women's College)\*

Many students have misconceptions about the direction of force of moving objects, but development of teaching strategy for conceptual change is not easy because the direction of force of moving objects can not be observed directly. Therefore, we developed demonstration using table tennis ball connected with spring in the water, in which a ball always move to the direction of force of moving objects.

This study is to investigate students' responses on the demonstrations designed to generate cognitive conflict and to understand more deeply the process of conceptual change.

To do this, five questions were administrated to identify students' preconceptions about force and motion, and interview was conducted using demonstrations, and the process of interview was recorded by video camera.

About half of students changed their preconceptions by observing the demonstration. However about thirty percent of students did not change their preconceptions even though they observed demonstration correctly, among these students, some students simply rejected the observation, doubted the process of demonstrations, or reinterpret the result of observation to preserve their own preconceptions.