

# 구성주의 이론에 따른 코스웨어의 적용이 중학생의 힘과 운동 개념변화에 미치는 효과

정경미 · 김영민  
(부산대학교)

## The Effects of Constructivism-Based Courseware on Middle School Students' Conceptual Change about Force and Motion

Jung, Kyung-Mi · Kim, Young-Min  
(Pusan National University)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate middle school student's conceptual change about Force and Motion by the courseware based on constructivism. It is well known to science educators that misconceptions about physics concepts are hardly changed into scientific ones. So as to change student's misconceptions about force and motion, the courseware was developed through the analysis of students' conceptions.

20 students were tested before and after learning through the courseware. One of the questions was about the direction of force acting on the ball thrown in the air when it is rising, at the top, and falling. The other was about the magnitudes and directions of forces acting on a car when it is accelerating, in uniform velocity, and decelerating.

The results are as follows:

In case of vertical motion, all students had misconceptions before learning, but after learning 5 students(25%) have changed their ideas into scientific ones. In case of horizontal motion, 9(45%) out of 20 students who had misconceptions about force and motion have changed their ideas into scientific ones.

**Key words** : courseware, force, motion, constructivism, misconception

### 1. 서론

오늘날 교수-학습에 많은 시사점을 주는 구성주의에 의하면 학생은 수업 이전의 경험을 통해서 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 수업에 임하며

수업에서 제시되는 학습의 과정을 통해 능동적이고도 주체적으로 자신의 개념을 변화시켜 간다. 이는 곧 과학지식이 학습자의 인지 발달 수준과 개인적 경험 그리고 학습 환경에 따라 다른 의미로 학습될 수 있음을 암시하는 것이다.

\*1998년 9월 7일 받음

실제로 국내외적으로 많은 조사 연구를 통해 상당히 많은 학생들이 과학, 특히 힘과 운동에 대해 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났으며(권성기, 1987; 정대영, 1990; Osborne, 1985; Watts & Zylberstein, 1983), 이를 과학자적 개념으로 변화시키기 위한 수업 방향 연구도 다양하게 이루어졌다(김익균, 1991; 오원근, 1998; Galili & Bar, 1992; Thijs, 1992).

이러한 학생들의 과학 개념 변화 수업을 위해서는 수업 전에 학생들이 이미 파지하고 있는 개념의 형태를 조사하여 그것을 충분히 고려한 수업 방향을 세우고 수업에 적용해야 할 것이다. 그러나 한 차시 수업에 참여하는 학생수는 많고 시간은 제한되어 있어서 실제 수업에서 동시에 수업 방향으로 사용할 수 있는 정도에는 한계가 있다.

그러나, 학습 과제와 학습자의 특성을 잘 분석하여 그에 따라 적절한 처방을 계획하여 개발한 코스웨어를 통한 학습은 이들 학생들을 개별적으로 처방할 수 있기 때문에 개념 변화 학습에 매우 효과적일 것으로 생각된다. 그리고 코스웨어를 이용한 과학 학습은 정규 수업 시간이 아닌 다른 시간, 즉 자율 학습 또는 가정 학습 등에서도 자율적, 개별적으로 사용될 수 있으므로 효율적으로 쓰일 수 있을 것으로 기대된다.

코스웨어를 과학 수업에 적용한 연구가 일부 있으나(양일호와 정진우, 1991; 김영민과 김찬호, 1996; 이경운과 이성목, 1996; 노태희 외, 1998; Kinzer, 1986), 이들은 대부분 코스웨어를 통한 태도변화 조사, 프로그램의 개발, CAI 수업 이 학업 성취도에 미치는 영향 등이며, 개념 변화 연구에 적용된 예를 찾기 어렵다.

그러므로 구성주의 이론에 따라, 학생들의 선개념 조사 결과를 바탕으로 이들이 가진 오개념을 변화시키기 위한 수업 설계를 한 후 그 설계에 따라 코스웨어를 개발하여 적용해 보는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 여러 분야 중에서 학생들의 오개념이 견고하게 나타나는 '힘과 운동'을 주제로 구성주의 학습이론에 의거하여 멀티미디어 코스웨어를 개발한 다음, 이를 적용한 후에 학생들이 지니고 있는 힘과 운동 개념이 어떻게 변화하는지를 정성적으로 알아보고자 하였다. 본 연구의 목적을 달성하기

위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 학생들은 수업 전에 힘과 운동에 대해 어떤 개념을 가지고 있는가?
  - 1) 중력장 내에서 물체의 연직운동에 관해 어떤 개념을 가지고 있는가?
  - 2) 수평면에서의 직선운동에 관해 어떤 개념을 가지고 있는가?
- (2) 구성주의 학습이론에 기초한 코스웨어를 이용한 학습을 통해 학생들의 개념은 어떻게 변했는가?
  - 1) 중력장 내에서 물체의 연직운동에 관한 개념은 어떻게 변했는가?
  - 2) 수평면에서의 직선운동에 관한 개념은 어떻게 변했는가?

## II. 연구의 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

연구 대상은 1997년 12월 부산의 남자 중학교 1학년에 재학 중인 1개 학급의 학생 중에서 무작위로 선정된 20명이다. 사전 개념 조사를 실시할 당시 연구대상 학생들은 중학교 1학년 교과 과정을 마친 후이기 때문에 힘과 운동에 대한 정규 수업도 대부분 마친 상태였다. 사후 개념 조사를 실시한 1998년 5월에 이 학생들은 2학년에 재학 중이었으며 사전 개념 조사에 참여한 학생에 한하여 코스웨어를 적용하였고 그들을 대상으로 사후 검사를 실시하였다.

### 2 연구 절차

본 연구에서는 먼저 학습자의 사전 개념을 조사하여 변화가 요구되는 오개념을 분류하였다. 다음으로 오개념 변화를 위한 수업 모형을 선택한 다음, 코스웨어 개발의 설계 모형에 따라, 그리고 학생들이 지닌 오개념을 고려하여 코스웨어를 개발하였다. 개발한 코스웨어를 20명의 학생이 20대의 컴퓨터를 이용하여 동시에 개별적으로 학습하도록 하였다.

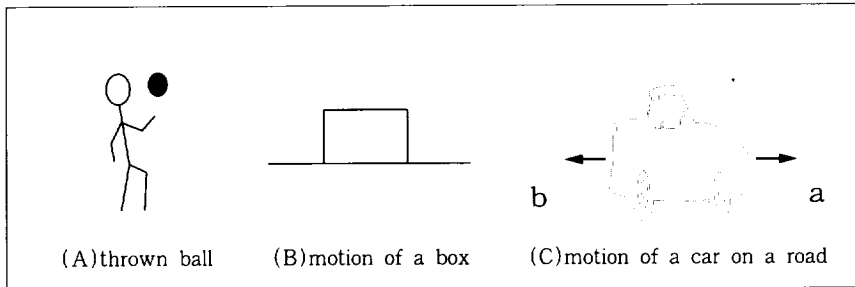


Fig. 1. Problem situations for pre and post tests

학습 시에는 코스웨어에 대한 안내없이 실제 수업과 같은 환경에서 이루어졌다. 적용 시간은 학생의 학습 속도에 따라 충분히 주어졌으며 학생 개인차가 있어 20분에서 40분 정도 소요되었다. 사후 검사는 코스웨어 적용 후 약 1시간이 경과한 후에 사후 개념 조사 도구를 이용하여 실시하였다.

### 3. 개념 조사 및 조사 도구

검사 문항은 선다형과 서술형이 함께 제시된 것으로 이미 개발된 것(Osborne, 1985; 김익균, 1991)을 위주로 하고 연구자가 개발한 한 개의 문항을 덧붙여 사용하였다.

#### (1) 사전 개념 조사 도구 및 조사 방법

수직운동의 경우 수직으로 던져올린 공이 올라갈 때, 최고점에 위치할 때, 내려올 때에 대해 각각 작용하는 힘의 방향을 묻는 문제이다(그림 1의 (A) 참고).

수평운동의 경우는 마찰을 무시할 수 있는 얼음판 위에 정지한 나무도막을 손으로 밀어 움직이게 한 후 손을 떼 다음 나무도막의 운동을 예상하는 문제와 역시 마찰을 무시한 얼음판 위에서 일정한 속력으로 움직이는 나무도막에 작용하는 힘을 선택하는 문제이다(그림 1의 (B) 참고).

사전 개념 조사는 과학 수업 시간에 45분 동안, 이해가 부족한 학생을 위해 문제 상황을 학생들의 선택에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 연구자가 직접 설명한 후 실시하였다.

#### (2) 사후 개념 조사 도구 및 조사 방법

사후 개념 조사 도구 중 연직운동에 관한 문제는 사전 개념 조사에 사용된 문제를 그대로 사용하였다. 그러나 수평운동에 관한 문제는 가급적 사전 검사와 너무 똑같은 문항들을 사용하지 않기 위해 자동차가 가속, 등속, 감속 운동할 때 각각의 경우 자동차의 앞으로 나아가려는 힘(a)과 운동을 방해하는 마찰력(b)의 크기를 비교하는 문제를 사용하였다(그림1의 (C) 참고). 사후 개념 조사는 코스웨어를 통한 학습을 마친 후 약 1시간 후에 45분 동안 실시하였다.

### 4. 연구 결과의 분석 방법

학생들의 설명에 사용된 용어들을 중심으로 각 유형별 빈도를 구했으며, 학생들의 개념 변화의 유형을 오개념이 유지된 경우, 오개념이 다른 오개념으로 바뀐 경우, 과학자적 생각에 혼란이 일어난 경우, 과학자적 생각으로 변한 경우, 과학자적인 생각이 유지되는 경우로 나누어 각각의 변화 유형에 해당되는 학생이 어느 정도인지 분석하였다. 그리고 각 학생들이 연직운동과 수평운동에서 일관성있게 과학자적인 생각을 하고 있는지 비교하였다.

## III. 연구의 결과

### 1. 코스웨어의 개발

코스웨어를 개발하고자 할 때에는 개발 모형과 절차가 필요한데 본 연구에서는 Wager, Wager와

Duffield의 모형(1990)을 따르는 것으로 하였다. 이 모형은 ① 분석단계 : 학습목표 기술, 선수 학습 정도 분석, ② 계획과 설계 단계 : 컴퓨터 기능의 타당성 검토, 교수 설계 전략 결정, 프로그램 설계안 작성, ③ 개발 및 적용 단계 : 개발, 적용, 지침서 및 자료 제작의 단계로 되어 있다. 이 모형을 원용하여 본 연구에서는 학생들의 힘과 운동 개념 변화를 위해 적용한 코스웨어를 다음과 같은 단계에 따라 개발하였다.

### (1) 계획

사전 개념 조사를 통해 학생들의 오개념 유형을 분석한 다음, 그에 맞추어 학습 내용을 선정하고 조직하였다.

### (2) 설계

본 연구에서 적용한 수업 방향과 프로그램의 특징은 다음과 같다.

#### 1) 교수 전략

① 수업이전의 경험을 통해 형성된 학생들의 선개념의 제시 단계를 거치면서 자신의 선개념을 스스로 진단하도록 하였다. 이 단계에서 학생들은 운동하는 물체에는 움직이는 방향으로 힘이 작용한다고, 즉 운동방향으로 힘이 작용한다고 생각하는 학생들과 물체가 운동을 하면 힘이 점점 줄어들고 그 힘이 다 줄어서 없어지면 멈춘다고 생각하는 학생들과 힘과 속력 변화를 연결시킬 수 있어 과학자적 개념을 가지고 있는 학생들, 이상의 개념을 동시에 지닌 학생들로 분류되었다.

② 오개념을 지닌 학생들은 그 생각으로 잘 설명이 되지 않는 상황을 접하고 인지적 갈등을 느낄 수 있는 단계, 이 갈등을 해소하려는 동기를 유발하는 단계, 과학자적 개념을 제시하는 단계, 새로운 개념이 얼마나 유용하며, 여러 현상을 더 잘 설명할 수 있는지를 활용하는 단계를 학습하도록 하였다.

③ 과학자적 개념을 가진 학생들은 그 개념을 다시 한 번 확인하고 확장시킬 수 있도록 여러 상황을 제시하였다.

④ 학습 후에는 형성 평가단계에서 학습결과를 평

가하여 피드백을 제공하도록 하고 형성 평가의 결과에 따라 제시된 수준 이하의 성취를 보이는 학생은 다시 학습하고, 통과한 학생들은 자유의사에 따라 학습을 종료하거나 처음부터 다시 학습할 수 있도록 설계하였다.

#### 2) 프로그램의 특징

① 자유낙하하는 물체의 운동 등은 실제 상황에서는 너무 짧은 시간에 일어나므로 운동상황을 컴퓨터 화면으로 느리게 제시하였다.

② 힘을 화살표로 표시하여 그 방향이나 크기를 간단히 나타내어 힘의 작용 여부를 학생들이 쉽게 알아볼 수 있도록 표현하였다.

③ 프로그램의 유형 : 학생들이 대부분 과학자적 개념을 가지고 있지 못하므로 학습 내용을 체계적으로 학습할 수 있도록 구조적 유형의 개인 교수형 프로그램으로 설계하였다.

④ 실제 생활에서 볼 수 있는 여러 운동들을 음향 효과를 가미한 애니메이션으로 제시하여 학습의 효과를 높일 수 있도록 설계하였다.

### (3) 구현

멀티미디어 저작 도구인 Authorware Professional을 이용하여 설계한 내용을 구현하였으며, 이렇게 개발된 프로그램을 내용 타당성, 프로그램 설계의 타당성 등에 대해 두 차례 평가를 거쳐 수정하고 보완하였다.

## 2 사전 개념 조사 결과

코스웨어 적용 전 개념 조사의 결과는 다음과 같다.

### (1) 중력장 내에서의 연직운동

검사 문항은 공을 연직으로 던져올렸을 경우 물체가 올라가고 있을 때, 최고점에 위치할 때, 내려오고 있을 때에 작용하는 힘의 방향을 묻는 것이었다. 여기서 기대하는 과학자적 개념은 세 경우 모두 물체에 작용하는 힘은 중력으로 그 방향은 지구 중심 즉 아래 방향이다.

1) 공이 올라갈 때 작용하는 힘의 방향

공을 위로 던져서 올라가고 있는 중에 작용하는 힘의 방향을 묻는 문제에 대해서 19명의 학생이 위로 작용하는 힘이 존재한다고 응답하였고 한 명만이 아래로 힘이 작용한다고 응답했다. 학생들은 단순히 운동 방향만을 고려하여 절반인 10명의 학생이 운동 방향으로 힘이 작용한다고 설명하였다. 또한 '사람이 던진 힘이 계속해서 운동하는 물체에 작용한다'고 설명한 학생이 모두 7명, '물체에 올라가려는 힘이 작용한다'고 설명한 학생이 2명이었다. 또한 잘못된 힘 합성의 개념으로 '중력 보다 더 큰 던진 힘, 올라가는 힘이 작용한다'고 하여 결과적으로 위로 힘이 작용한다고 설명하였다. 아래로 힘이 작용한다고 응답한 학생의 설명도 과학적 설명이라고 볼 수 없었다.

2) 공이 최고점에 위치할 때 작용하는 힘의 방향

15명의 학생이 '작용하는 힘이 없다'고 응답했으며, 나머지 5명의 학생은 '아래로 힘이 작용한다'고 응답하였다. 학생들은 단순히 운동의 위치(최고점)나 정지라고 하는 운동 상태에 초점을 두어 생각하여 힘이 없다고 설명하는 경향이 있었으며, 공이 올라갈 때와 연관지어 '사람이 던진 힘이 소모되거나 감소된다'고 응답하는 학생이 3명, 중력이나 내려가는 힘과 올라가려는 힘이나 위로 향하는 힘의 크기가 같아 알짜 힘이 0이어서 멈추는 것으로 설명하는 학생이 6명 있었다. 또한 현상적으로 생각하여 '곧 아래로 떨어질 것이기 때문에 아래로 힘이 작용한다'고 설명한 학생도 1명 있었다.

3) 공이 내려올 때 작용하는 힘의 방향

19명의 학생이 '아래로 힘이 작용한다'고 응답하였으며, 1명의 학생은 '힘이 없다'고 응답한 후에 '중력이 작용한다'고 하여 중력이 작용하기는 하지만 중력을 힘으로 인식하지 못하고 있는 것으로 보였다. 이들의 응답은 앞의 두 문항에 비해 과학자적 생각을 가진 학생이 많은 데 이것은 이들이 힘과 운동에 관한 개념이 정립되어서라기 보다는 역시 운동 방향에 초점을 두고 생각하는 경향이 있기 때문으로 보인다. 즉 운동 방향이 아래 방향이기 때문에 작용하는 힘이 아래 방향이라고 생각하고 있었다. 또한 이

경우에도 역시 잘못된 힘의 합성 개념을 적용한 학생들이 많았는데 이들은 모두 소모되는 힘의 개념을 지니고 있었다. 즉 '던진 힘이 소모되고 떨어지는 힘이 생겼다', 또는 '중력보다 적어졌다', '중력만 남았다'와 같은 설명을 하는 학생이 모두 8명이었다. 또한 한 학생은 중력이 아래 방향으로 작용한다고 응답하기는 하였으나 중력을 힘으로 파악하지 못하고 있어 이전의 교육 과정에서 중력에 대한 이해가 제대로 되지 않아 힘의 개념으로 받아들이지 못하고 단순히 중력이란 용어만 암기하고 있음을 알 수 있다.

(2) 마찰을 무시한 수평면에서의 수평운동

다음으로 마찰을 무시한 수평면에서의 물체의 수평운동에 관한 학생들의 생각을 조사한 결과 다음과 같다.

1) 마찰을 무시한 수평면에서의 운동예상

마찰을 무시한 수평면에 위치한 물체에 사람이 힘을 가하여 움직이게 한 후 손을 떼 다음 움직이는 물체의 운동을 예상하는 질문에 14명은 '계속 나아간다'고 응답하였고, 5명의 학생은 '조금 움직이다 멈춘다'고 응답하였으며, 나머지 1명은 기타란에 '사람이 밀어준 힘에 비례하여 이동 거리가 정해진다'고 하였다. '계속 운동을 지속할 것이다'고 응답한 학생들은 마찰력, 즉 운동을 방해하는 힘이 없으므로 운동을 지속할 것이라고 옳은 설명을 하고 있었으며, 1명은 중력을 언급하여 '중력은 작용하나 역시 마찰력이 없으므로 계속해서 운동을 할 것'으로 예상하였다. 이들은 물체 내에 물체가 나아가려는 힘이나 사람이 밀어준 힘이 내포되어 있다고 생각하여 마찰이 없으면 힘이 소모되지 않기 때문에 계속 운동을 할 것으로 예상한 것으로 보인다. 그리고 5명의 학생들은 운동을 지속하지 못하고 멈출 것으로 예상하였다.

2) 등속운동하는 물체에 작용하는 힘

마찰을 무시한 수평면에서 등속직선 운동을 하는 물체에 작용하는 힘의 종류를 묻는 본 질문에 대한 옳은 응답은 '아래 방향과 뒷방향으로 같은 힘이 존재하지만 이들 두 힘을 합하면 합력이 0이 되므로 힘

이 없다'이다.

그러나 20명의 학생 중 아래, 위 방향의 힘과 함께 운동 방향의 힘이 있다고 응답한 학생이 모두 7명으로, 운동 방향의 힘에 대해 4명은 운동 방향으로 힘이 작용한다고 하였고, 나머지 3명의 학생은 물체가 앞으로 나아가는 힘이 있다고 응답하였다.

아래 방향과 운동 방향의 힘이 있다고 응답한 학생은 모두 7명으로 이들이 말한 운동 방향의 힘은 밀어준 힘(3명), 사람이 준 힘(1명), 물체의 나아가는 힘(1명), 이동 방향의 힘(1명), 무게(아래 방향)보다 더 큰 밀어준 힘(1명) 등으로 설명하였다.

5명의 학생은 다른 힘없이 역시 운동 방향의 힘만이 작용한다고 보았다. 이들이 표출한 운동 방향의 힘은 사람이 미치는 힘이 남아있는 것(3명), 이동방향의 힘(1명), 나아가는 힘(1명) 등이었다. 나머지 1명은 아래로 작용하는 중력과 중력의 반작용력으로 위로 향하는 힘, 그리고 앞으로 나아가는 힘인 운동 방향의 힘과 무엇인지는 모르지만 그 힘의 반작용력으로 운동 방향의 반대 방향으로 작용하는 힘이 작용한다고 하여 무의식적으로 쌍으로 작용하는 반작용력이 운동 반대 방향으로 작용한다고 설명한 것으로 보인다.

### 3. 사후 개념 조사 결과 및 사전 검사 결과와 비교

학생들이 코스웨어를 통한 학습을 실시한 한 시간 후에 사후 개념 조사를 실시하여 그 결과를 학습 전의 응답과 비교하여 분석하였다.

#### (1) 중력장 내에서의 연직운동

##### 1) 던진 공이 올라가고 있을 때

옳은 답에 해당하는 '아래로 힘이 작용한다'를 선택한 학생이 1명에서 10명으로 증가하였지만, 나머지 10명은 여전히 '위로 힘이 작용한다'를 선택하였다. 코스웨어 적용 전에는 '아래로 힘이 작용한다'고 응답한 학생이 1명에 불과하였으나 코스웨어 적용 후에는 8명의 학생이 '중력의 작용을 받는다'고 응답하였다. 그리고 힘과 운동 방향을 동일하게 생각하여 '올

라가기 때 문에 또는 위로 움직이기 때문에 위로 힘이 작용한다'고 설명한 학생은 10명에서 2명으로 많이 줄었으나, '물체에 사람이 던진힘이 계속 작용하기 때문에 위로 힘이 작용한다'고 설명한 학생은 3명에서 4명으로 오히려 증가하였으며 중력과 위로 올라가는 힘이나 던진 힘을 비교한 학생도 그 수에 있어 변화가 거의 없었다. 학생들의 개념 변화 유형을 아래와 같이 분류하였다. 오개념이 유지된 경우 : 6명, 오개념이 다른 오개념으로 변환된 경우 : 5명, 오개념에서 과학자적 생각으로 바뀐 경우 : 9명, 이상의 분석 결과를 보면 코스웨어를 통한 학습 후에 과학자적 사고를 하는 학생은 객관식 선택에서는 10명 이었으며, 그 중 9명이 설명까지 과학자적으로 하고 있었다. 11명의 학생들은 오개념을 유지하거나 다른 오개념으로 변화되어 학습 후에도 55%의 학생들은 오개념을 가지고 있었다.

##### 2) 던진 공이 최고점에 위치할 때

학습 전과 후에 동일하게 25%인 5명의 학생만이 과학적으로 옳은 '아래로 힘이 작용한다'는 선택을 하였다. 설명유형에 따른 학생 수는 코스웨어를 통한 학습 전과 후에 별 차이가 없는데 '최고점에서는 힘이 없다'고 설명한 학생이 3명에서 2명으로 줄었으며, '정지 상태기 때문에 힘이 작용하지 않는다'고 설명한 학생이 3명에서 4명으로, '던진 힘이 소모되거나 감소된다'고 생각하는 학생도 3명에서 4명으로, '중력과 올라가는 힘이나 위로 향하는 힘이 갈기 때문에 합력이 0이다'라고 설명한 학생은 6명에서 4명으로 변했다. 한편 과학자적인 설명방식인 '아래로 중력이 작용한다'고 한 학생은 4명에서 5명으로 늘었으나 학습 후에도 25%에 지나지 않았다. 코스웨어를 통한 학습 전과 후에 변화된 양상을 보면 오개념이 유지된 경우가 7명, 오개념이 다른 오개념으로 바뀐 경우가 7명, 과학자적 생각에 혼란이 일어난 경우가 1명, 오개념에서 과학자적 생각으로 변환된 경우가 2명 과학자적 생각이 유지된 경우가 3명이었다. 이상의 분석 결과를 보면 코스웨어를 통한 학습 후에도 과학자적 생각을 하는 학생은 5명에 지나지 않아 학습 전과 차이가 없었다.

**Table 1.** Individual conceptual change before and after courseware implementation(vertical motion)

Before (N=20)	Force			After (N=20)
	When moving up	At the top point	When falling down	
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	up	no force	down	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 20
15, 16, 17, 18	up	down	down	
	down	no force	down	1, 5, 6, 13
	19 down	down	down	8, 14, 17, 18, 19
	20 up	no force	no force	

\*scientific idea

\*\*The number is the student's personal code no.

3) 던진 공이 내려올 때

옳은 응답을 한 비율이 학습전 95%에서 학습후에는 100%로 학습 전후에서 앞의 두 문항에 비해 매우 높다. 코스웨어 학습을 끝낸 뒤에 던져진 공이 내려올 때 '중력이 작용한다'고 설명한 학생은 5명에서 7명으로 증가하였으나, '던진 힘이 소모되었다'고 생각하는 학생은 0명에서 3명으로, '던진 힘이 소모되어 중력보다 작아져 합력이 아래로 작용한다'고 설명한 학생은 4명에서 4명으로 유지되는 등 학습 후에도 13명의 학생이 오개념을 가지고 있었다. 수업 전후의 설명 변화 유형을 살펴보면 다음과 같다. 오개념이 유지된 경우가 5명, 오개념이 다른 오개념으로 바뀐 경우가 4명, 과학자적인 생각에 혼란이 일어난 경우가 4명, 과학자적 생각으로 바뀐 경우가 6명, 과학자적 생각을 유지한 경우가 1명 등이다. 학습을 마친 후 모든 학생이 '아래로 힘이 작용한다'고 하여 과학적인 답을 선택하였으나 이상에서 분석한 것처럼 학생들은 '아래로 운동하는 것으로 보아 아래 방향의 힘이 작용한다'고 설명한 학생과 '던진 힘이 소모되어 중력보다 작아져 그 합력이 아래 방향이다'라고 설명한 학생들이 많아 과학자적인 생각을 가지고 응답한 학생은 7명(35%)에 지나지 않는다.

4) 올라갈 때 힘, 최고점의 힘, 내려올 때 힘에 관한 응답 종합

던진 공이 올라갈 때, 최고점에 위치할 때, 내려올 때의 세 가지 상황을 함께 묶어서 결과를 분석해 보는 것도 다른 의미를 찾을 수 있으므로 세 문제 상황의 선택 유형을 코스웨어를 통한 학습의 전과 후로 나누어 <표 1>을 작성하였다.

던진 공에 작용하는 힘의 방향을 위, 없다, 아래로 선택하여 운동 방향으로 힘이 작용한다고 생각하는 학생이 학습전 14명에서 11명으로 줄었으나 여전히 과반수 이상인 55%였다.

과학적으로 옳은 선택인 아래, 아래, 아래를 선택한 학생은 학습전 1명에서 5명으로 증가하였으나 전체 학생의 25%에 지나지 않았다. 학습 전에는 한 명도 선택하지 않은 아래, 없다, 아래 항목을 4명이 선택하였는데 이들은 모두 학습전에는 위, 없다, 아래 항목을 선택하였었다. 또한 학습전에는 위, 아래, 아래 항목을 선택한 4명의 학생은 학습 후 2명은 운동 방향으로 힘이 작용한다고 생각하는 위, 없다, 아래 항목, 나머지 2명은 과학자적 선택인 아래, 아래, 아래 항목을 선택하였다. 학습 전에는 위, 없다, 없다 항목을 선택했던 1명은 학습 후에는 위, 없다, 아래를 선택하였다.

(2) 수평면에서의 직선 운동 사후 조사

문항은 자동차가 점점 빨라질 때, 등속 운동할 때,

점점 느려질 때 각각의 경우 자동차가 앞으로 나아가려는 힘  $a$ 와 운동을 방해하는 마찰력  $b$ 의 크기를 묻는 것이다.

#### 1) 자동차가 빨라질 때

20명의 모든 학생이  $a$ 가 더 크다고 하여 과학자적 선택을 하였다. 그러나 60%인 12명의 학생이 과학적으로 옳은 '속력이 빨라지고 있기 때문'이라고 설명하였고 35%인 7명은 '운동방향으로 힘이 작용한다'고 생각하여 앞으로 이동하고 있기 때문에 앞으로 나아가는 자동차의 힘이 더 크다고 설명하였다.

이 학생들은 이동방향이 '앞으로 향하기 때문에 앞으로의 힘이 더 크다'고 선택한 것이므로 비록 옳은 답을 선택하였으나 과학자적 생각을 한다고 볼 수 없다. 나머지 한 명은 '속력이 있기 때문에 앞으로의 힘이 더 크다'고 하여 힘과 운동 상태의 변화가 아닌 힘을 속력과 연관짓고 있음을 알 수 있다.

#### 2) 자동차가 등속 운동할 때

10명의 학생이 과학적 선택인 ' $a$ 와  $b$ 가 같다'고 선택하였고 45%인 9명의 학생은 ' $a$ 가 더 크다'고 선택하였다. 나머지 1명은 기타란에 '앞으로의 힘만 작용한다'고 하였다.

과학자적 선택을 한 10명의 학생 중 9명이 속력이 일정하므로, 또는 속력이 변하지 않으므로, 나머지 1명은 관성에 의해 움직이는 것이지 알짜 힘은 0이라고 하여  $a$ 와 마찰력  $b$ 의 크기가 같다고 하였다. 그래서 10명 모두가 과학자적인 개념을 바탕으로 옳은 선택을 한 것임을 알 수 있다. 기타란에 자신의 생각을 적은 한 명의 학생은 등속운동을 하면 마찰력이 0이 된다고 생각하여 '마찰력은 존재하지 않고 앞으로 향하는 힘만 작용한다'고 설명하였다. 이 학생은 정규 수업 시간에 외부의 힘(마찰력)이 없으면 등속운동을 한다는 설명을 거꾸로 해석하여 등속운동하면 마찰력이 없어진다고 나름대로 재해석한 것으로 보인다. 코스웨어 학습 전 개념 조사의 결과와 비교하여 보면 학습 전에는 20명 중 19명의 학생들이 운동 방향인 앞으로 알짜 힘이 작용한다는 문항을 선택하였으나 코스웨어를 통한 학습을 마친 후에는 앞으로 향

하는 힘이 마찰력보다 더 커서 운동방향의 알짜 힘이 작용하는 것으로 응답한 학생이 9명으로 줄었다. 또한 학습 전에는 단 1명만이 운동 방향의 알짜 힘이 0이라고 하였으나 학습 후에는 10명이 앞으로 향하는 힘과 마찰력의 크기가 같다고 하여 알짜 힘이 작용하지 않는다는 과학자적 생각을 가지게 되었다.

#### 3) 자동차가 느려질 때

80%인 16명의 학생이 과학적인 답인 '마찰력  $b$ 가  $a$ 보다 크다'는 문항을 선택하였으며 15%인 3명은 '마찰력보다 앞으로 향하는 힘  $a$ 가 더 크다', 1명은 '두 힘의 크기가 같다'는 문항을 선택하였다. 과학자적 선택을 한 16명의 학생 중 10명은 속력이 느려지기 때문이라고 하여 과학자적 개념을 바탕으로 올바른 선택을 하였으며 나머지 6명은 멈추기 위해 또는 정지하기 위해 마찰력이 더 커야된다고 설명하였다. 앞으로 나아가게 하는 힘이 마찰력보다 더 크다고 생각하는 3명의 학생들은 비록 느려지기는 하지만 그래도 앞으로 가고 있으므로  $a$ 가 더 크다고 하여 전형적인 운동 방향의 힘 개념을 학습 후에도 가지고 있었다. 두 힘의 크기가 같다고 선택한 학생은 그 이유를 설명하지 못하였다.

#### 4) 자동차가 빨라질 때, 등속운동할 때, 느려질 때 힘의 비교에 관한 응답 결과

정지한 자동차가 출발하여 점점 빨라지는 경우, 등속운동하는 경우, 점점 느려지는 경우로 나누어 세 문제 상황의 선택 유형을 <표 2>와 같이 나타내었다.

#### (3) 연직운동과 수평운동에서의 결과 비교

코스웨어를 통한 학습 후에 연직운동과 수평운동에서 모두 과학자적인 선택을 한 학생의 수는 각각 25%인 5명, 45%인 9명으로 연직운동 상황보다 수평운동 상황에서 더 많은 학생이 옳은 선택을 하였다. 연직운동과 수평운동에서 각각의 학생이 옳은 응답을 하였는지 두 상황에서의 선택의 비교를 <표 3>으로 나타내었다. 코스웨어를 통한 학습 후에 연직, 수평운동에서 모두 과학자적 선택을 한 학생은 20명 중 20%인 4명에 지나지 않아 두 경우 모두 비과학자



**Table 2.** Students' conceptions about forces acting on a car when it is driven.

Students conceptions			Students' personal code number
When accelerating	When moving with constant velocity	When decelerating	
a>b'	a=b'	a<b'	5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 17, 18
a>b	a>b	a<b	10, 15, 16
a>b	a>b	a<b	2, 3, 4, 9, 11, 19
a>b	no response	a<b	20
a>b	a=b	a=b	1

\* Scientific idea

\*\* The sign, a>b, means the force 'a' is bigger than the force 'b',  
 'a=b' means 'a' is the same as 'b', 'a<b' means 'a' is smaller than 'b'

**Table 3.** Students' conceptions about forces acting on objects in vertical motion and in horizontal motion

About vertical motion	About horizontal motion	Students' personal code number (N=20)
Scientific conception	Scientific conception	8, 14, 17, 18
Scientific conception	Unscientific conception	19
Unscientific conception	Scientific conception	5, 6, 7, 12, 13
Unscientific conception	Unscientific conception	1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 15, 16, 20

적인 선택을 한 학생인 50%(10명)에 비해 훨씬 적었다. 그리고 두 문제 상황에서 일관되게 과학자적 선택을 하지 못하고 한 경우에만 옳은 선택을 한 학생도 30%인 6명이 있었다. 이는 힘과 운동에 대한 개념이 상황 의존성이 큼을 시사하고 있다.

### V. 결론 및 논의

본 연구의 목적은 중학생들이 힘과 운동에 관해 어떤 개념을 가지고 있는지 연직운동과 수평운동 상황으로 나누어 알아보고, 구성주의 이론에 바탕을 둔 코스웨어의 적용을 통해 이들의 오개념에 어떤 변화

가 일어나는지 알아보는 것이었다. 먼저 코스웨어 적용 전에 공을 연직으로 던져올린 경우를 제시하여 사전 개념 조사를 한 결과 설명까지 과학자적으로 한 학생은 단 1명도 없었다. 또한 수평운동의 개념을 알아보기 위해 마찰이 없는 수평면에서의 물체의 운동을 제시하여 사전 개념 조사를 실시한 결과 역시 많은 학생들이 오개념을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. 학생들의 오개념을 수정하기 위해 개념 조사 결과를 바탕으로 구성주의 학습이론에 근거한 코스웨어를 제작하여 코스웨어를 적용한 후의 사후 개념 조사를 실시하였다. 연직운동의 경우는 학습 전과 같은 문항 검사지를 사용하였는데 과학자적인 선택을 한 학생이

1명(5%)에서 5명(25%)로 증가하였고 공에 작용하는 힘을 위, 없다, 아래로 선택하여 운동 방향으로 힘이 작용한다고 생각하는 학생이 학습전 14명에서 11명으로 줄었으나 여전히 55%에 달했다. 그리고 설명 방식에도 별다른 변화를 보이지 않았다.

수평운동의 경우에는 정지한 자동차가 빨라질 때, 등속 운동할 때, 느려질 때로 나누어 나아가는 힘과 마찰력의 크기를 비교하도록 하였다. 세 경우에 과학자적 선택을 한 학생이 0%에서 45%인 9명으로 증가하였으며, 앞으로 진행하므로 세 경우 모두 앞으로 나아가는 힘이 더 크다고 선택한 학생은 3명(15%)이었다.

이상에서 구성주의에 바탕을 둔 코스웨어를 통한 학습으로 중학생들의 힘과 운동에 관한 개념이 문제 상황에 따라 차이가 있기는 하지만 과학자적 개념으로의 변화가 있음을 보았다. 그러나 연직운동 중에서 공이 최고점에 있을 때는 과학자적인 선택의 비율에 큰 차이가 없었으므로 본 코스웨어의 내용을 보충하여 던진 공이 올라가서 내려오는 것이 중력의 연속적인 작용에 의해 올라가고 내려오는 것을 연결 지어 그 도중에 순간적으로 속력이 0이 되는 것임을 주지시켜줄 필요가 있음을 시사한다. 이처럼 학생들의 특성을 파악하여 그에 따른 적절한 처치로 구성되어진 코스웨어는 학생들의 힘과 운동에 관한 개념 변화에 효과적임을 알 수 있다.

그러나 학생들은 상황에 따라 다른 개념을 나타내기도 하고 학습 후에도 여전히 많은 수의 학생들이 직관적인 오개념을 가지고 있음이 밝혀져 지속적인 연구가 필요함을 시사한다.

## 적 요

물리 개념에 대한 학생들의 오개념은 과학자적 개념으로 변화시키는 것이 매우 어려운 것으로 보고되어 왔다. 이 논문의 목적은 물리 개념 중에서 힘과 운동에 관한 내용을 구성주의에 따른 코스웨어로 개발하여 중학생들에게 적용했을 때 학생들의 개념 변화를 조사하기 위한 것이었다. 먼저 학생들의 사전 개념을 조사하여 그것을 바탕으로 내용의 순서와 처

치방략을 세워 코스웨어를 설계하였으며, 그에 따라 실제 프로그램으로 구현하여 학생들에게 적용하였다.

연구 대상으로 이미 정규 교육과정에서 힘과 운동에 대해 학습한 20명의 학생이 선정되었으며, 학습전 개념을 조사한 후 본 연구자가 개발한 코스웨어를 투입하여 학습하도록 한 다음 사후 검사를 실시하였다. 사전 검사는 연직운동과 수평 운동에 대한 개념 조사 도구를 투입하였으며, 이미 여러 연구에서 사용하여 신뢰도와 타당도가 검증된 도구를 사용하였다. 연직운동의 경우는 위로 던져 올린 공이 위로 올라가는 동안, 최고점에 정지해 있는 동안, 그리고 떨어지는 동안에 공에 작용하는 힘을 묻는 것이었으며, 수평운동은 물체가 등속도로 운동하고 있을 때, 가속 운동하고 있을 때, 감속 운동하고 있을 때 물체에 작용하는 힘의 크기와 방향을 묻는 것이었다.

그 결과는 다음과 같다.

연직 운동의 경우는 학습 전에 연구 대상 모든 학생이 오개념을 가진 것으로 나타났으나, 코스웨어 적용 후에는 25%의 학생이 과학자적 개념으로 변화되었다.

수평 운동의 경우 또한 조사 대상 20명의 학생이 학습 전에 오개념을 가진 것으로 조사되었으나 프로그램 투입후에는 45%의 학생이 과학자적 개념으로 변화되었다.

## 참 고 문 헌

- 권성기(1987). 중학생의 과학 수업에 의한 힘과 운동의 개념 변화. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김영민, 김찬호(1996). 반복연습형 CAI 프로그램을 통한 초등학생의 전류 개념 변화 연구. 한국과학교육학회지, 16(4), 417-428.
- 김익균(1991). 대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념 변화. 서울대학교 박사학위논문.
- 노태희 외(1998). 중학교 과학수업에서 입자 수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 18(2), 161-172.
- 양일호, 정진우(1991). 과학 컴퓨터보조 학습 프로그

- 램의 효과 분석에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 11(1), 37-50.
- 이경운, 이성목(1996). 대학 일반물리를 위한 파동의 회절 시뮬레이션 연구. 한국물리학회지 [물리교육], 14(1). 한국물리학회.
- 정대영(1990). 고등학생의 힘과 운동에 대한 수업 전후 개념 변화. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- Driver, R.(1987). *Changing conceptions*. Prepared for international seminar, adolescent development and school science, King's College, London, September.
- Galili, I., & Bar, V.(1992). Motion implies the force: Where to expect vestiges of the misconception? *International Journal of Science Education*, 14, 63-81.
- Kinzer, C.K.(1986). *Computer Strategies for Education*. Merrill Publishing Company
- Osborne, R.(1985). Building on children's intuitive ideas. In *Learning in Science*, Auckland London Portsmouth N.H., Heinemann, p.41-50.
- Thijs, G.D. (1992). Evaluation of an introductory course on "force" considering students' preconceptions. *Science Education*, 76, 155-174.
- Wager, W., Wager, S., & Duffield, J.(1990). *Computers in teaching: a complete training manual for teachers to use computers in their classroom*. Cambridge, M.A. : Brookline Books, Inc.
- Watts, D.M. & Zylberstein(1983). A Survey of Some Children's Ideas about Force. *Physics Education*, 15, 360-365.