

초등학생의 힘 개념에 따른 연모 실험 설계의 유형

권성기 · 박종두¹
(대구교육대학교) · (대구 대명초등학교)

Patterns of Designing Tools Experiments with Types of Force Conceptions in Elementary School Students

Kwon Sunggi · Park Jongdu¹
(Daegu National University of Education) · (Daegu Daemyoung Elementary School)¹

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify whether the elementary school students force conceptions may influence on designing tools experiments. Four questions with multiple choices and reasons for those choices were asked to identify scientific/alternative force conception. Also four tasks for tools experiments matched to each force conceptions were developed into open questions in hypothesizing, controlling variables and methods of experiments. Forty elementary students were selected from 4 classes in sixth grade of a school in Daegu city.

The major findings of this study were that the types of force conceptions can be classified into scientific and alternative conceptions. The patterns of designing experiments could be identified with types of hypothesis, controlling variables and methods of experiments in each four tools experiments. But students those who had scientific force conception did not better in hypothesis, methods of controlling variables and results for simple experiment than those who had alternative force conceptions. These results imply that students' force conception did not influence on designing tools experiments. The assumption that scientific conception could improve designing experiments was not guaranteed by this results.

Key words: force conception, designing experiment, tools experiment, elementary school

I. 서 론

1. 연구의 필요성

학생들은 학교에서 어떤 과학 개념을 배우기 이전에도 자연 세계의 현상을 경험하고 자기 나름의 개념을 구성하고 개인적인 의미를 부여한다(박승재와 조희형, 1994). 이런 과정의 배경에는 1980년대 이후에 오개념 연구 혹은 과학 개념 연구라는 이름으로 국내외에서 폭발적으로 많이 진행되어 왔다(조희형, 1988). 그 중에도 특히 초중등 학생을 대상으로 힘과 운동에 대한 개념 연구는 다른 분

야보다도 많은 결과들이 축적되어 있다(Duit, 1991; Driver, 1985; Gunstone, 1986).

한편 과학 개념은 과학 탐구를 수행할 때 혹은 과학 실험을 설계할 때 바탕이 되는 동시에 영향을 끼칠 것이다(Frost, 1997; Qualter, 1996). 영국에서 수행된 PACKS (Procedural and Conceptual Knowledge in Science) 프로젝트는 과학에 대한 탐구를 수행할 때 개념적 지식과 과정적 지식이 연결되어 있음을 바탕으로 깔고 있었다. 그리고 과정적 지식이 증거와 공정한 검사에 대한 생각을 말하는 것으로 탐구 문제에 연관된 개념 탐침(concept probes)과 자료 탐침(data probes)을 구별

중에서 자료 탐침은 과정적 지식을 평가하기 위한 평가 도구라고 하였다. 즉, 자료를 해석하는 능력과 유의한 측정 및 어떤 상황에서 측정을 반복해야 하는가를 판단하는 능력을 알아보기 위한 것이었다(Frost, 1997). 개념 탐침은 과학 개념에 대한 것을 평가하는 것이다. 이런 연구들에서는 개념적 지식과 과정적 지식은 탐구 문제에 함께 영향을 준다는 것이 가정되어 있는 것이다.

그러나 구체적으로 탐구 과정을 수행하는 과정에 과학 개념에 대한 영향을 포착하여 체계적으로 연구한 경우(Gott & Mashiter, 1994)라도 매우 일반적인 모형을 제시하였을 뿐이었다. 물론 개념적 지식과 절차적 지식이 서로 독립된 지식으로 구분되어 있으며 학생들에게는 두 가지 지식이 과학적 탐구를 수행하는 과정에서 사용된다는 모형을 설정한 것은 과정적 지식과 개념적 지식의 관련을 지적했다는 점에서는 주목할 만한 일이었다. 그러나 일반적인 모형으로서 개념적 지식과 절차적 지식이 상호 연관이 되어 있다고 보기 위하여, 개념적 지식이 과학적 개념에 해당되며 절차적 지식이 실험 설계의 형태로 나타날 것으로 볼 수 있기 때문에 구체적인 내용을 중심으로 그들 사이의 관계를 확인할 필요가 있었다.

초등학교 과학과 교육과정에서는 6학년에서 연모 단원이 나오는데, 빗면, 지레, 도르레 등의 간단한 기계를 이해하도록 구성되는데, 이 단원의 내용과 관련되어 힘에 대한 개념적 이해가 필수적이라고 볼 수 있다. 이에 본 연구는 초등학생을 대상으로 힘에 대한 개념을 조사하고, 이런 힘에 대한 개념이 힘과 관련된 연모 실험 과정을 수행할 때, 실험 설계의 능력(가설 설정, 변인 통제 및 실험 방법)을 분석하여 힘 개념이 연모 실험 설계에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 연구 문제

위와 같은 연구의 목적을 달성하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

- 1) 초등학생들은 힘에 대하여 어떤 유형의 개념을 가지고 있는가?
- 2) 초등학생들의 연모 실험 설계의 유형은 어떠한가?
- 3) 초등학생들의 힘 개념의 유형과 실험 설계의 유형과는 어떤 관계가 있는가?

3. 연구의 제한점 및 용어의 정의

본 연구는 연구의 대상이 대구시내에 위치한 1개 초등학교 6학년 학생 40명을 대상으로 하는 탐색적 성격임으로 연구 결과를 초등학생 전체로 일반화하는 데는 무리가 있으며, 해석에 유의할 필요가 있다. 한편 본 연구에서 사용하는 실험 설계라는 용어와 관련된 것으로는 일반적으로 가설을 검증하는데 가장 적절한 실험 절차를 설계하는 능력(Fraser, 1980), 특수한 문제나 실험을 검증하기 위해 실험을 설계하는 능력, 재료나 기구의 사용, 변인 통제를 통해서 가설을 검증하는 과정 등으로 정의되어 사용되고 있다. 그러나 본 연구에서는 실험 설계라는 용어를 주어진 과제에 대하여 가설을 설정하고 설정된 가설 속에서 독립 변인과 종속 변인 사이의 관계를 추출하기 위한 실험 방법 및 과정이라고 정의하며 실험 설계의 관련 요소로는 가설 설정, 변인 통제, 실험 방법을 설정하였다.

II. 연구 방법

학생들은 어떤 유형의 힘에 대한 개념을 가지고 있는가를 알아보기 위하여 힘 개념 검사지로 개념을 파악하고, 교과서에서 다루는 내용 중 힘과 관련된 연모 실험 과정을 제시했을 때 각 과제에 대한 가설을 설정하고 그 가설을 검증하기 위해 변인 통제와 실험 방법을 기술하고 실험을 하도록 하여 실험 설계 유형을 파악한 다음 힘 개념과의 관련성을 비교 분석하였다.

1. 연구 대상 및 과정

대구시에 있는 1개 초등학교 6학년 중에서 4개 반의 학생을 대상으로 하였고, 그들이 기록한 실험 관찰 교재를 검토하고 예비 면담을 하여 각 반에서 예비 면담을 거쳐 각 반에서 10명씩, 총 40명을 표집하였으며, 그 중에는 남학생이 18명, 여학생이 22명으로 분포하고 있었다.

초등학생들이 힘에 대해서 어떤 개념을 가지고 있는가를 알아보기 위하여 기존 연구에서 사용된 힘 개념 검사 문항을 선정하였으며, 연구 대상에 포함되지 않은 10명의 학생에게 예비 투입하여 수정 보완하여 확정하고 표집된 학생에게 실시하여 힘에 대한 개념을 파악하였다. 또 교과서와 교육과정을 검토하여 교과서에서 다루고 있는 내

Table 1. Matched items for force conception and tasks for tools experiments

Items for force conception	Task for tools experiment
#1. falling of an iron and a plastic ball	#2. a lever experiment
#2. an inclined plane	#4. an inclined plane experiment
#3. a pulley	#3. a pulley experiment
#4. a spring	#1. a spring experiment

용으로 연모 실험 과제도 예비 투입 후 수정 보완의 절차를 거친 후에 힘 개념 검사를 실시한 후에 투입하였다.

2. 검사 도구

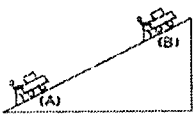
힘 개념을 검사하기 위하여 기존의 과학 개념의 연구 문헌 중에서 힘과 운동 분야를 조사하여 그 중에 대표적인 문항을 선택하여 초등학교학생들을 대상으로 수정하였다. Table 1에 있는 4개의 문항 중에서 힘 개념 검사의 최구슬 플라스틱 구슬 문항은 White(1984)가 대학생을 대상으로

로 연구한 것을 기본으로 하여 수정하였으며, 빗면 문항과 용수철 문항은 Sjoberg와 Ekeland(1984)가 14세의 학생으로부터 대학생까지 중력과 높이에 관한 생각을 조사한 연구에서 사용된 것을 수정 보완하였고, 도르래 문항은 Gunstone(1986)이 고등학생을 대상으로 연구한 것을 활용하였다. 힘 개념 검사 문항은 모두 과학교육 전문가에게 타당도를 검증 받았다.

연모 실험 과제는 힘 개념 문항과 관련이 있는 것 중에서 초등학교 교과서에서 다루는 내용을 바탕으로 실험 설계에 필요한 형태로 개발하였다(Fig. 1). 그럼으로써 힘

Part 1: Force Conception

2. When two persons push equal carts, how were the forces of each persons in position (A) and (B) ? ()



- ① More force is needed in position (A).
- ② More force is needed in position (B).
- ③ Equal forces is needed in position (A) and (B).

◆ Write your reason of above choices : _____

Part 2: Tasks for an designing experiment

2. When you pull a cart by on an inclined plane and by a hand, how will be the magnitude of forces. How can you design an experiment for this task with the below materials ?

materials for experiment : one wood plate, cart, spring balance, wood blocks for base.

hypothesis generated	methods of experiment	results of experiments

Fig. 1. Sample item for force conception(Part 1) & Task (Part 2) in an inclined plane

개념과 실험 설계가 어떤 관련이 있는지 알아보기 위하여 짝을 지어 분석하도록 하였다.

3. 자료의 분석

힘에 대한 학생들의 다양한 개념들에 대하여 선택형 응답과 선택 이유를 분석하여 과학적 개념 집단과 대안 개념 집단으로 분류하였으며, 연모 실험에서는 학생들이 기술한 가설 설정과 변인 조사, 실험 방법을 검토하여 대표적인 유형으로 분류하고 그 빈도를 분석하였다. 그러나 실제로 연모 실험의 결과에 대한 응답은 얻었지만 분석에서는 제외시켰다. 또 과학적 개념 집단과 대안 개념 집단에 따라 연모 실험 설계 유형에 차이가 있는지를 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 학생들의 힘 개념 유형

힘 개념 문항들은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 내용이거나 초등학교 교육과정에서 다루고 있는 내용을 중심으로 그림과 함께 선택형 문항으로 제시하고 그 중에서 하나를 선택하게 한 후, 그것을 선택한 이유를 함께 묻는 4 문항으로 되어 있다. 문항을 제대로 이해하지 못하는 학생은 문항을 푸는 과정에서 약간의 설명을 하거나 반응이 모호한 학생에게는 간단한 면담을 실시하여 그들의 개념을 명확히 알아내었다.

먼저 힘 개념 유형을 과학적 개념을 가진 집단과 대안 개념을 가진 집단으로 구분하였다. 이 때 힘 개념 검사의 객관식 응답을 올바르게 선택하였고 그 선택에 대한 이유도 모두 옳게 응답한 학생을 과학적 개념을 가진 집단으로 구분하였고 그 외의 학생을 대안 개념을 가진 집단으로 구분하였다. 힘 개념에 대한 전체적인 결과는 Table 2

에 정리되어 있다.

1) 쇠구슬/플라스틱 구슬 문항의 응답 결과

쇠구슬과 플라스틱 구슬을 동시에 떨어뜨리면 대부분의 학생들(72.5%)이 쇠구슬이 먼저 떨어진다고 응답하였으며 그 이유로 '쇠구슬이 플라스틱 구슬보다 더 무겁기 때문에' 라고 응답한 학생이 57.5%로 가장 많았다. 또 '바람의 영향을 받지 않아서' 라는 바람을 이유로 응답한 학생도 10%로 나타났다. 그리고 27.5%의 학생이 '동시에 떨어진다' 라고 응답하였는데 그 중에서 '중력이 작용하기 때문에' 라는 이유를 설명한 12.5%의 학생을 과학적 집단에 속하는 것으로 보았다.

이런 결과를 볼 때 초등학생들은 중력에 대하여 과학적인 사고보다 일상적인 경험에 비추어 직관적인 사고를 하며, 중력 이외에 바람의 영향을 많이 고려하고 있음을 알 수 있었다.

2) 빗면 문항의 응답 결과

똑같은 차를 빗면에서 밀고 있는데 하나는 위치가 높은 곳에서, 다른 하나는 위치가 낮은 곳에서 아래로 굴러가지 못하도록 하는데 필요한 힘을 묻는 문항에서 학생 중의 20명(50.0%)이 높은 곳의 차를 밀 때 더 큰 힘이 필요하다고 응답하였는데 그 이유로는 '높은 곳에 위치하므로' 라고 응답한 학생이 22.5%, '경사가 더 크기 때문에' 가 17.5%, '높이가 높을수록 더 큰 힘이 필요하므로' 가 10.0%를 차지하였다. 즉 학생들은 '위치가 높을수록 경사가 더 크다' 라고 하여 위치와 경사에 대한 오개념을 가지고 있었으며 또한 높이 올라가기까지 소모한 힘을 생각하여 높은 곳에 있으면 더 큰 힘을 가지고 있다는 대안적인 개념을 갖고 있었다. '힘의 크기가 같다' 라고 응답한 학생 15명(37.5%) 중 '경사가 같아서' 라는 과학적인 생각을 하는 학생은 14명(35.0%)으로 나타났다.

Table 2. Types of force conceptions

Groups	Items	No. of students (%)			
		1. Iron and plastic balls	2. Inclined plane	3. Pulley	4. Spring
scientific conceptions		5(12.5)	14(35.0)	5(12.5)	20(50.0)
alternative conceptions		35(87.5)	26(65.0)	35(87.5)	20(50.0)

Table 3. Types of designing elements in a lever experiment (N = 40)

Elements of designing experiment	Types of a lever experiments	No.(%)
Hypothesis generated	lever-hyp. 1*: It will be easier to tackle a heavy object by using a lever than a hand.	38(95.0)
	lever-hyp. 2: Magnitude of force will be same whether you use a lever or a hand.	1(2.5)
	lever-hyp. 3: According to position of a lever base, it will be easier to lift up a heavy object by using a lever than a hand.	1(2.5)
Control of variables	lever-cont.var. 1**: variables did not given.	26(65.0)
	lever-cont.var. 2: variables(lever, spring, position of spring, base plate, block, position of block) should be kept constant and position of a base should be moved.	4(10.0)
	lever-cont.var. 3: variables(weight of a block, spring) should be kept constant and it should be moved that ways of lifting block(directly or using a lever).	8(20.0)
	lever-cont.var. 4: variables(weight of a block) should be kept constant and position of a block should be moved.	2(5.0)
Methods of experiments	lever-meth. 1***: Measure an original length of a spring and an expanded length with hanged on object. Then put an object on one side of the lever and hang the spring on the other side, measure length of a spring on various positions of a lever base when an object is pulling up by the spring. And compare the different values.	1(2.5)
	lever-meth. 2. Measure the length of a expanded spring when the spring is hung. Then put an object on one side of the lever and hang the spring on the other side, measure the length when a spring pulls up an object. And compare the length of expanded spring with when an object is lifted by a hand.	5(12.5)
	lever-meth. 3. Measure an expanded length of a spring with hanging an object. Then put an object on one side of the lever and hang the spring on the other side. And measure the length on various positions of a lever when an object is up pulling the spring.	2(5.0)
	lever-meth. 4. Measure the length of a expanded spring when the spring is hung, lift up an object with a lever. And compare the length of spring.	25(62.5)
	lever-meth. 5. Measure the length of a expanded spring when the spring is hung, then measure the length on various positions of a lever when an object is up pulling the spring. And compare it with when we lift up with a hand.	7(17.5)

* lever-hyp. # means abbreviated terms for each types of hypotheses, **lever-cont. var. for each types of controls of variables, and ***lever-method for methods of experiments in designing experiments task will be used in later (Table 7).

3) 도르레 문항의 응답 결과

고정 도르레 양쪽에 공과 나무 상자가 정지해 있었는데 나무 상자를 아래로 잡아 당겼다가 놓으면 어떤 일이 일어날 것인가를 묻는 문항에서 '나무 상자가 아래로 움직일 것이다'를 선택한 학생이 전체 40명 중에서 8명(20%)이었다. '나무상자가 위로 올라갈 것이다'를 선택한 학생이 27명(67.5%)이었으며 그 중에서 '처음에 수평이 되어

서 처음처럼 되기 위해서'라고 이유를 응답한 학생이 15명(37.5%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 '처음부터 두 물체의 무게가 같아서'라고 응답한 학생이 15%, '공의 무게가 더 무거워서'라고 응답한 학생이 12.5%를 차지하였다. 이런 결과에서 학생들은 평형에 대한 두 가지의 대안적 개념이 존재함을 알 수 있었다. 즉 평형은 물체의 위치가 같아야 한다는 개념과 무게가 같으면 평형이 된다는 생각

을 하고 있었다. 반면에 나무가 정지할 것이라는 과학적인 개념을 선택한 비율은 12.5%로서 다른 문항보다 과학적인 힘 개념의 비율이 낮았었다.

4) 용수철 문항의 응답 결과

길이가 다른 두 개의 용수철에 각각 같은 추를 매달아 보았을 때 용수철의 늘어난 길이는 어떻게 되겠는가를 묻는 문항에서 '똑같이 늘어날 것이다'를 선택한 학생은 14명(35.0%)이었으며, 그 이유로는 대개 '무게가 같으면 늘어난 길이가 같다'라고 했다. 한편 '긴 용수철이 더 많이 늘어날 것이다'를 선택한 학생이 22명(55%)으로 가장 많았으며 그 이유로는 '처음부터 더 길어서 또는 길이가 길수록 더 많이 늘어나므로'라고 응답한 학생이 그 중에서 20명(50.0%)이었다. 이런 학생을 과학적 개념을 가진 집단에 포함시켰다. 왜냐하면 이런 학생을 대상으로 면담하는 과정에서 학생들은 문항을 풀 때 추를 매달아서 늘어난 길이를 용수철 전체의 길이로 알고 잘못 선택했으며 용수철이 늘어난 길이만으로 볼 때는 올바르게 말하였기 때문에 긴 용수철과 짧은 용수철의 늘어난 길이가 같음을 알고 있다고 볼 수 있었다. 반면에 짧은 용수철이 더 많이 늘어날 것이다'고 선택한 학생은 4명(10%)에 불과하였다.

2. 연모 실험 설계의 유형

힘 개념 문항과 관련이 있는 연모 실험 과제 네가지에서 가설 설정, 변인 조사, 실험 방법으로 구분하여 분석하였다.

1) 지레 실험에 나타난 실험 설계 유형

무거운 물체를 직접 들 때와 지레를 이용하여 들 때의 힘의 크기를 묻는 과제(Table 3)에서 '무거운 물체를 직접 들 때보다 지레를 이용하면 힘이 적게 들 것이다'라고 가설을 설정한 학생이 38명(95.0%)으로 대부분을 차지하고 있었다. 지레 실험의 변인 통제에서는 변인을 고려하지 않은 학생이 26명(65.0%)이나 되었으며 가장 중요한 변인인 '지레 받침의 위치'를 고려하여 같게 해야 할 변인으로 '지레, 용수철, 받침대, 물체의 위치, 용수철의 위치'를, 다르게 해야 할 것으로 '받침대의 위치'라고 과학적으로 변인을 통제한 학생은 4명(10.0%)에 불과하였다. 지레 실험의 방법에서도 대부분의 학생

들이 변인을 고려하지 않고 단순히 직접 들 때와 지레를 이용하여 들어보고 늘어난 길이를 비교한다는 식으로 생각하고 있었다.

2) 빗면 실험에 나타난 실험 설계 유형

실험용 수레를 직접 들 때와 빗면을 이용하여 끌어올릴 때 힘의 크기를 묻는 과제에서 가설 내용을 살펴보면 변인(빗면의 기울기)을 고려한 가설은 6명(15.0%)에 불과하고 대부분의 학생(75.0%)은 빗면을 이용하면 힘이 적게 들 것이라는 가설을 설정하고 있었다(Table 4).

빗면 실험의 변인 통제에서 같게 해야 할 변인으로 '실험용 수레와 용수철'로 생각하면서 다르게 해야 할 변인으로는 '빗면의 기울기'라고 과학적인 변인 통제를 한 학생은 7명(17.5%)이었다.

빗면 실험의 방법으로 '실험용 수레를 용수철 저울로 직접 달아보고, 빗면을 만들어 수레를 끌어올리면서 용수철 저울 눈금을 읽은 다음, 서로 비교한다'와 '빗면의 기울기'를 고려하여 실험 방법을 세운 학생이 각각 21명(52.5%), 19명(47.5%)으로 비슷하게 나왔다. 여기서 특이한 점은 변인 통제에서 빗면을 고려한 학생은 7명에 불과하였으나 실험 방법에서는 19명으로 12명의 학생이 실험 방법을 기술하면서 새로이 빗면의 기울기를 생각했다는 것이다.

3) 도르레 실험에 나타난 실험 설계 유형

Table 5를 보면, 물체를 직접 들 때와 고정시킨 도르레를 사용하여 들 때의 힘의 크기를 묻는 과제에서 학생들이 설정한 가설은 크게 두 가지 유형으로 대별된다. 하나는 '고정시킨 도르레를 이용하면 직접 들 때보다 힘이 적게 들 것이다'였으며, 다른 하나는 '힘의 크기는 같을 것이다'였다. 이들 두 유형으로 가설을 설정한 학생이 97.5%로 대부분을 차지하였다. 도르레 실험의 변인 통제에서는 변인을 따로 기술하지 않은 학생이 50%이었으며, 30%의 학생들은 '용수철의 길이'와 '추의 무게'를 변인으로 생각하고 있었으며 그 외에 '도르레 이용'과 '직접 들기'를 변인으로 제시한 학생도 8명(20.0%)나 되었다. 도르레 실험의 방법에서 학생들은 용수철의 '늘어난 길이'에 대한 명확한 용어 정의가 되지 않아서 단순히 '용수철이 늘어난 길이를 비교한다'라고 응답한 학생이 36명(90.0%)이나 되었다.

Table 4. Types of designing elements in an inclined plane experiment (N = 40)

Elements of designing experiment	Types of an inclined plane experiments	No.(%)
Hypothesis generated	inclined plane-hyp. 1: It will be easier to push a heavy object by using an inclined plane than by a hand.	30(75.0)
	inclined plane-hyp. 2: Due to angles, it will be easier to push a heavy object by using an inclined plane than by a hand.	6(15.0)
	inclined plane-hyp. 3: I will push an object with a hand and then it with a pulley.	2(5.0)
	inclined plane-hyp. 4: Less force is need to lift up an object when we use hands.	2(5.0)
Control of variables	inclined plane-cont.var. 1: variables did not given.	24(60.0)
	inclined plane-cont.var. 2: variables(weights, length of springs) should be kept constant and the ways of lifting up a block should be differed.	9(22.5)
	inclined plane-cont.var. 3: variables(weights, length of springs) should be kept constant and the angle of a plane should be differed.	7(17.5)
Methods of experiments	inclined plane-meth. 1: Weigh the experimental cart with a spring balance. Pulling it on an inclined plane, compare the each results.	21(52.5)
	inclined plane-meth. 2: Weigh the experimental cart with a spring balance. Pull it on an inclined plane at various angles, compare the each results.	19(47.5)

Table 5. Types of designing elements in a pulley experiment (N = 40)

Elements of designing experiment	Types of a pulley experiments	No.(%)
Hypothesis generated	pulley-hyp. 1: It will be easier to pull a heavy object by using a fixed pulley than by a hand.	24(60.0)
	pulley-hyp. 2: Magnitude of force will be same whether you use a fixed pulley or a hand.	15(37.5)
	pulley-hyp. 3: I will pull an object with a hand and then with a fixed pulley.	1(2.5)
Control of variables	pulley-cont.var. 1: variables did not given.	20(50.0)
	pulley-cont.var. 2: variables(weights of blocks, length of springs) should be kept constant.	6(15.0)
	pulley-cont.var. 3: variables(springs, length of string, kinds of pulleys) should be kept constant.	6(15.0)
	pulley-cont.var. 4: variables(weights of bobs, length of springs) should be kept constant and the ways of lifting up a block should be differed.	8(20.0)
Methods of experiments	pulley-meth. 1: Measure the original length of the spring and the expended length when a weight is suspended. Setting a fixed pulley on the stand, hang a thread with a weight and spring on each sides. And compare the length of the spring when a spring is up with when we lift up the weight with a hand.	1(2.5)
	pulley-meth. 2. Measure the expanded length of spring when we lift it with a hand. Setting a fixed pulley on the stand, hang a thread with a weight and spring on each sides. And compare the length of the spring when a spring is up pulling a spring with when we lift up the weight with a hand.	25(62.5)
	pulley-meth. 3. Compare the results when we lift up a weight using a spring with a fixed pulley.	11(27.5)
	pulley-meth. 4. Set a fixed pulley on the stand, hang a thread with a weight and spring on each sides. Measure the length of the spring when a spring is suspended.	3(7.5)

4) 용수철 실험에 나타난 실험 설계 유형

Table 6을 보면, 길이가 서로 다른 두 개의 용수철에 크기와 무게가 같은 두 개의 추를 각각 매달았을 때 용수철의 늘어난 길이를 묻는 과제에서 '길이가 다른 용수철이라도 늘어난 길이가 같을 것이다' 라고 가설을 설정한 학생이 55.0%로 나타났고, '긴 용수철이 더 많이 늘어날 것이다' 라고 가설을 설정한 학생도 42.5%를 차지하여, 두 가설 유형이 비슷한 비율을 보였다.

용수철 실험의 변인 통제에서는 변인을 고려하지 않은 학생이 22명(55.0%)이었다. 변인을 제시한 학생은 18명(45.0%)이었으며 이들은 같게 해야 할 변인으로 추의 무게와 자, 다르게 해야 할 변인으로 용수철의 길이로 기술했으므로 올바른 변인 통제를 하고 있음을 알 수 있었다.

용수철 실험의 방법으로는 '늘어난 길이'를 올바르게 이해한 학생과 그렇지 못한 학생이 절반씩 같은 비율을 차지하고 있었다. 즉 '늘어난 길이'를 추를 매달았을 때 늘어난 길이에서 처음 길이를 뺀 순수한 '늘어난 길이'와 단순히 추를 매달았을 때 전체의 길이를 '늘어난 길이'라고 생각하는 학생들이 절반씩 나타났다.

3. 힘 개념 유형과 연도 실험 설계 유형간의 관계

힘 개념 문항과 연도 실험 과제 사이에 관련이 있는 문항끼리 1:1로 연결시켜 분석하였는데, 힘 개념에 대하

여 앞의 Table 2처럼 과학적 개념을 가진 집단과 대안적 개념을 가진 집단으로 구별하여 각 연도 실험 과제에 대하여 가설 설정과 변인 통제, 실험 방법의 비율을 분석하였다.

1) 낙하할 때의 힘 개념 유형에 따른 지레 실험 설계 유형 분석

쇠구슬과 플라스틱 구슬 문항에서 과학적 개념을 가진 집단은 5명(12.5%)이었으며, 그들의 가설 설정 방법에서는, Table 7에서 보듯이, 모두가 유형 1과 같은 형태로 진술하였다. 대안 개념을 가진 집단은 35명(87.5%)이며, 이들 두 집단이 세운 가설은 유형 1이 대부분을 차지하여 이들 두 유형간의 χ^2 검증 결과 0.05 유의 수준에서 통계적으로 유의하지 않았다.

또한 변인 통제에서 과학적 개념을 가진 집단에서는 변인 통제 유형1과 유형2의 형태로 진술한 학생이 3명이었으며, 대안 개념 집단에서는 유형1과 같이 진술한 학생이 24명(68.6%), 유형3이 7명(20.0%) 등으로 나타나 이들에 대한 χ^2 검증 결과 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하지 않았다.

실험 방법에서는 가장 과학적인 방법인 유형5의 형태로 진술한 학생은 과학적 개념을 가진 집단에서는 2명(40.0%), 대안 개념을 가진 집단에서는 5명(14.3%)으로 이 두 집단에 대한 χ^2 검증 결과는 유의수준 0.05에서 통

Table 6. Types of designing elements in a spring experiment (N = 40)

Elements of designing experiment	Types of spring experiments	No.(%)
Hypothesis generated	spring-hyp. 1: The expanded length will be the same if we hang the same thread on a long and a short spring.	22(55.0)
	spring-hyp. 2: A long spring will expand more greatly than a short spring.	17(42.5)
	spring-hyp. 3: A short spring will expand more greatly than a long spring.	1(2.5)
Control of variables	spring-cont.var.1: variables did not given.	22(55.0)
	spring-cont.var.2: variables(a thread, a ruler) should be kept constant and a variable(length of a spring) should be changed.	18(45.0)
Methods of experiments	spring-meth. 1: measure the original length of two(long and short) springs, and after the threads attached with measure the length of each springs, and compare the value of two measurements.	20(50.0)
	spring-meth. 2: Hang a thread on a long and a short spring, simultaneously, measure the length and compare the values.	20(50.0)

Table 7. Types of designing a lever experiment with types of a force conception for an iron and a plastic ball item N = 40

Elements of designing an experiment	Groups		sum (No.)	χ^2	P
	Scientific group	Alternative group			
lever-hyp.1*	5	33	38	0.301	0.860
lever-hyp.2		1	1		
lever-hyp.3		1	1		
sum	5	35	40		
lever-cont.var. 1	2	24	26	5.978	0.113
lever-cont.var. 2	2	2	4		
lever-cont.var. 3	1	7	8		
lever-cont.var. 4		2	2		
sum	5	35	40		
lever-meth. 1		1	1	2.802	0.592
lever-meth. 2		5	5		
lever-meth. 3		2	2		
lever-meth. 4	3	22	25		
lever-meth. 5	2	5	7		
sum	5	35	40		

* lever-hyp.1 means to types of hypothesis generated by students in a lever experiments (Table 3), also other types of hyp., cont.var., and meth. mean to those in Table 3.

계적으로 유의하지 않았다.

결과적으로 무거운 구슬이 더 빨리 떨어진다는 대안적 개념을 가진 학생들이 많았지만, 지레 실험 과제에서 지레를 이용하면 무거운 물체는 직접 드는 것보다 힘이 적게 든다는 가설 유형을 주로 선택하였다는 의미이며 따라서 물체의 낙하에 대한 힘 개념은 지레와 관련된 연모 실험의 가설 설정에는 아무 영향을 주지 못하였다. 그 뿐만 아니라 지레 실험의 변인 통제나 실험 방법에도 아무런 차이를 주지 못했다. 이런 점들은 결국 물체의 낙하 상황에 대한 힘 개념이 지레 실험의 설계 능력과는 무관한 것임을 알려 주었다.

2) 빗면의 힘 개념 유형에 따른 빗면 실험 설계 유형 분석

빗면 문항에서 과학적 개념을 가진 초동학생은 14명(35.0%)이었으며, 대안 개념을 가진 집단은 26명(65.0%)이었다(Table 8). 이들에게 빗면 과제에 대한 가설을 세워 보도록 하였을 때, 과학적 개념 집단과 대안 개념 집단 모두 유형1의 형태로 가설을 진술한 학생이 12명(85.7%)과 18명(69.2%)으로 대부분을 차지하였다. 이런 결과는 빗면에 대한 힘 개념이 과학적이든 대안적 개념이든지 빗면

실험에 대하여 유형1의 가설을 설정하고 있다는 뜻이다. 따라서 빗면에 대하여 과학적 개념을 가지고 있든지, 대안적 개념을 가지고 있든지 빗면으로 물체를 끌면 힘이 적게 든다는 가설을 세우는 비율이 많았다는 점에서 힘에 대한 개념이 실험을 위한 가설 설정에 영향을 주지 않고 독립적으로 가설을 세운다고 보아야 한다는 의미이다.

변인 통제에서 과학적 개념 집단은 변인 통제의 유형1이 8명(57.1%), 유형3이 4명(28.6%) 순으로 많았으며 대안 개념 집단 또한 유형1이 16명(61.5%), 유형2가 7명(26.9%) 순으로 나타났다. 이런 결과는 마찬가지로 빗면에 작용하는 힘에 대한 개념이 빗면 실험의 변인 통제에도 영향을 미치지 못하고, 그와 독립적으로 빗면 실험의 변인 통제를 생각한다는 의미이다.

실험 방법 진술에 있어서 과학적 개념 집단은 실험 방법 유형1이 8명(57.1%), 유형2가 6명(42.9%)으로 나타났으며, 대안 개념 집단에서는 유형1과 유형2가 각각 13명(50.0%)으로 같았다. 이들 두 집단 간의 χ^2 검정 결과 과학적 개념을 가진 집단과 대안 개념을 가진 집단은 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하지 않았다. 이런 결과도 앞에 있던 빗면 실험의 가설 설정, 변인 통제의 경우처럼 실험 방법에 과학적 개념이나 대안적 개념이 별다른 영향을

Table 8. Types of designing an inclined plane experiment with types of a force conception for an inclined item

Elements of designing an experiment	Groups		sum (No.)	χ^2	P
	an inclined plane items				
	Scientific group	Alternative group			
inclined plane-hyp. 1	12	18	30		
inclined plane-hyp. 2	2	4	6		
inclined plane-hyp. 3		2	2	2.4917	0.477
inclined plane-hyp. 4		2	2		
sum	14	26	40		
inclined plane-con.var. 1	8	16	24		
inclined plane-con.var. 2	2	7	9		
inclined plane-con.var. 3	4	3	7	2.184	0.336
sum	14	26	40		
inclined plane-meth. 1	8	13	21		
inclined plane-meth. 2	6	13	19	0.186	0.666
sum	14	26	40		

주지 못하는 것을 시사한다.

따라서 빗면에 대한 힘 개념과 연모 실험을 분석하면, 힘에 대한 개념이 빗면 실험의 가설 설정 과정이나 변인 통제 및 실험 방법 등의 과정에 아무런 영향을 주지 못하며, 이 두 가지는 서로 독립적인 특성임을 알 수 있었다.

3) 도르래의 힘 개념 유형에 따른 도르래 실험 설계 유형 분석

도르래 문항에서 과학적 개념 집단은 5명(12.5%)이었으며 대안 개념 집단은 35명(87.5%)이었다. 고정 도르래 실험 설계에서 과학적 개념 집단은 가설 설정의 유형1이 4명(80.0%)으로 대부분을 차지하였으며, 대안 개념 집단에서도 유형1이 20명(57.1%)으로 가장 많았다(Table 9).

변인 통제에서 과학적 개념 집단은 유형1과 유형4가 각각 2명(40.0%)이었으며, 대안 개념 집단에서는 유형1이 18명(51.4%), 유형2와 유형3, 유형4가 각각 6명, 5명, 6명으로 비슷하였다.

실험 방법에서 과학적 개념 집단에서는 유형2의 형태로 진술한 학생이 2명(40.0%), 유형3이 3명(60.0%)이었다. 대안 개념 집단 역시 유형2가 23명(65.7%), 유형3이 8명(22.9%)이었다. 이들 두 집단 간의 χ^2 검증 결과에서 통계적으로 유의한 차이는 아니었음이 밝혀졌다.

도르래에 대한 힘 개념이 과학적 개념이든, 대안적 개념이든 고정 도르래를 이용한 실험 설계의 가설 설정 유형이나 변인 통제 유형 및 실험 방법의 유형에서 유의

한 차이를 보이지 않았다는 결과는 앞의 연모 실험 과제에 대한 분석 결과와 일관되는 것으로, 도르래에 대한 힘 개념이 도르래 실험을 설계하는 능력과는 독립적인 것임을 알려 주는 것이다.

4) 용수철의 힘 개념 유형에 따른 용수철 실험 설계 유형 분석

용수철 문항에서 힘에 대한 과학적 개념을 가진 집단은 20명(50.0%)으로 대안 개념을 가진 집단 20명(50.0%)과 비슷한 비율을 차지하였다. 그런데, Table 10에서 보듯이, 용수철 실험의 가설 설정에 있어 과학적 개념 집단은 유형2의 가설을 진술한 학생이 13명(65.0%), 유형1의 가설이 7명(35.0%)이었다. 대안 개념 집단에서는 유형1의 가설이 15명(75.0%)으로 가장 많았고, 유형2의 가설이 4명(20.0%)으로 나타났다. 이에 대한 χ^2 검증 결과 0.05 유의수준에서 통계적으로 유의하였다. 이것은 용수철에 작용하는 힘에 대한 과학적 개념을 가질수록 용수철 실험의 가설을 유형2(긴 용수철이 더 많이 늘어날 것이다)로 설정하는데 비하여 대안적 개념을 가질수록 유형1(긴 용수철과 짧은 용수철에 같은 무게를 달면 늘어난 길이가 같은 것이다)로 설정하는 특성을 보인다는 것이다. 그러나 용수철 실험의 변인 통제와 실험 방법에 있어서 과학적 개념 집단과 대안 개념 집단 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 앞의 결과와 다른 점이 용수철 실험의 가설을 설정하는 능력에서 힘에 대한 개념이 유의한

Table 9. Types of designing an pulley experiment with types of a force conception for an pulley item

Elements in designing an experiment	Groups		sum (No.)	χ^2	P
	a pulley items				
	Scientific group	Alternative group			
pulley-hyp. 1	4	20	24	0.990	0.609
pulley-hyp. 2	1	14	15		
pulley-hyp. 3		1	1		
sum	5	35	40		
pulley-cont.var. 1	2	18	20	2.210	0.530
pulley-cont.var. 2		6	6		
pulley-cont.var. 3	1	5	6		
pulley-cont.var. 4	2	6	8		
sum	5	35	40		
pulley-meth. 1		1	1	3.229	0.358
pulley-meth. 2	2	23	25		
pulley-meth. 3	3	8	11		
pulley-meth. 4		3	3		
sum	5	35	40		

Table 10. Types of designing a spring experiment with types of a force conception for a spring item

Elements in designing an experiment	Groups		sum (No.)	χ^2	P
	a spring items				
	Scientific group	Alternative group			
spring-hyp. 1	7	15	22	8.674	0.013
spring-hyp. 2	13	4	17		
spring-hyp. 3		1	1		
sum	20	20	40		
spring-cont.var. 1	10	12	22	0.404	0.525
spring-cont.var. 2	10	8	18		
sum	20	20	40		
spring-meth.1	10	10	20	0.000	1.000
spring-meth. 2	10	10	20		
sum	20	20	40		

차이를 일으킨다고 볼 수 있지만, 이것이 용수철 실험의 변인 통제나 실험 방법에도 영향을 미친다고 말할 수는 없었다.

이상의 결과를 정리하면, 연모 실험에 대한 4개 과제에서 힘 개념에 따라서 연모 실험 설계에서 유의한 차이를 보인 것은 단지 용수철 실험의 가설 설정 뿐이었고, 나머지는 모두 힘 개념이 연모 실험 과제에서 아무런 차이를 일으키지 못했다고 정리할 수 있다. 따라서 물체의 낙하 상황, 빗면 상황, 도르래 상황에서 힘에 대한 개념은 그와

관련된 연모 실험에서 가설을 설정하고, 변인을 통제하고 실험 방법을 고안하는 등의 실험 설계 능력에 아무런 영향을 미치지 못했으며, 결국 힘 개념은 연모 실험 설계에 영향을 주지 않으며, 힘 개념과 연모 실험의 설계는 별개의 독립적인 능력으로 보인다고 결론내리게 되었다. 단지 용수철 길이에 따른 늘어난 길이에 대한 실험 설계의 가설 설정에서만 용수철에 대한 힘 개념이 영향을 끼치는 것으로 나타났지만, 전반적으로 힘 개념이 연모 실험에 유의한 차이를 일으키지 못했다는 결과는 개념적 지식과

과정적 지식이 서로 영향을 주고받을 것이라는 가정을 확인하기는 어려웠으며, 힘에 대한 개념적 지식과 과정적 지식이 서로 다른 영역의 능력이라고 보아야 할 것이다.

IV. 결론 및 시사점

초등학생들에게 네 가지 상황에서 힘에 대한 개념을 조사한 후, 힘이 작용하는 연모 실험 설계 능력에 미치는 영향을 확인하려고 수행한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

일단 '쇠구슬, 플라스틱 구슬' 문항에서 초등학생들은 '무거운 물체가 먼저 떨어진다'는 일상 경험에 비추어 힘 개념에 대해 대안적인 개념을 갖고 있었다. 이는 초등학교 3학년에서 '수평잡기' 단원을 5학년에서 '힘과 연모' 단원의 학습했음에도 불구하고 초등학생의 중력 개념은 대안적 개념이 많았다. 마찬가지로 '빗면' 문항에서 학생들은 '위치가 높을수록 경사가 더 크다'라는 대안적 개념을 가지고 있으며, '도르래' 문항에서는 힘의 평형에 대하여 학생들이 많이 어려워하였다. '용수철' 문항에서는 용수철의 늘어난 길이에 대한 명확한 의미를 파악하지 못하였다. 이런 결과들은 초등학생들의 힘에 대한 대안적 개념은 학교 수업에 의하여 쉽게 변화되지 않는다는 연구 결과(선우종철, 1987; 이영직, 1992)를 확인시켜 주었다. 또한 연모 실험 설계에 있어서 초등학생들은 가설 설정 방법은 알고 있었으나 변인 통제라고 할 때 변인에 대한 의미를 잘 모르고 있으며 변인을 고려한 가설을 세운다든지 변인을 고려하여 실험 방법을 생각하는 경우는 매우 드물었다.

초등학생들의 힘 개념과 연모 실험 설계와의 관련성을 분석한 결과는 과학적 개념 집단의 실험 설계 방법과 대안 개념 집단의 그것과는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉 두 집단의 실험 설계 방법에 있어서 차이가 나타나지 않았다는 것이다. 단지 힘 개념에 의하여 유의한 차이를 보인 것은 용수철 실험의 가설 설정뿐이었고, 나머지는 모두 힘 개념이 연모 실험 과제에서 아무런 차이를 일으키지 못했다고 말할 수 있다. 따라서 물체의 낙하 상황, 빗면 상황, 도르래 상황에서 힘에 대한 개념은 그와 관련된 연모 실험의 가설을 설정하고, 변인을 통제하고 실험 방법을 고안하는 등의 실험 설계 능력에 아무런 영향을 미치지 못했으며, 결국 힘 개념은 연모 실험 설계와 독립적인 능력임을 시사한다고 하겠다.

그렇다면 이런 결론은 초등학교에서 실험 설계 능력을 증진시키기 위하여 힘 개념에 대한 과학적으로 학습시키는 것으로는 충분하지 않은 것이며, 과학적 개념 학습과는 독립적으로 실험 설계의 능력으로 가설 설정하고, 변인을 통제할 수 있도록 학습시키는 것이 필요하다는 의미이다. 또한 반대로 과학 실험 설계 능력으로서 가설 설정이나 변인 통제 및 실험 방법에서 뛰어난 과정적 지식이 뛰어나더라도 힘에 대한 개념적 지식이 높을 것이라고 보기도 어렵다는 의미이다. 이처럼 과정적 지식과 개념적 지식은 분명히 구분되는 것이며, 특정 영역에서 서로 관련된 내용을 대상으로 하더라도 개념적 지식과 과정적 지식은 구별되어 학습되어야 한다는 점을 시사한다고 볼 수 있다.

국문 요약

본 연구의 목적은 초등학생들의 힘에 대한 개념이 연모 실험을 설계하는 과정에 영향을 끼치고 있는가를 탐색적으로 분석하는 것이다. 초등학교 6학년 학생 40명을 대상으로 힘에 대한 개념을 4개의 선다형 문항을 실시하여 응답 유형을 구분하였다. 힘 개념을 조사하는 문항과 짝을 이루도록 개발된 연모 실험의 4가지 과제를 동일한 학생들에게 해결하도록 하여 실험 설계 능력 중 가설 설정, 변인 통제 및 실험 방법의 요인으로 구분하여 조사하였다.

연구의 분석 결과 초등학생들을 힘에 대한 개념을 과학적 개념과 대안적 개념 집단으로 구별될 수 있었으며, 그 개념에 따라서 실험 설계 능력 중 가설 설정과 변인 통제 및 실험 방법에서 어떤 유형으로 구별되는가를 분석하였는데, 과학적인 힘 개념을 가진 학생들이 연모 실험의 가설 설정과 변인 통제 및 실험 방법에서 차이를 보이지 못하였다. 이런 결과는 초등학생들의 힘 개념이 연모 실험을 설계하는데 아무런 영향을 주지 못하며, 결국 과학 개념이 실험을 설계하는데 긍정적인 역할을 하도록 한다는 가정이 유지되기 어렵다는 점을 시사받을 수 있었다.

참고 문헌

- 권재술(1989). 과학개념 형성의 한 인지적 모형. *물리교육*, 7(1), 1-9. 한국물리학회.
- 권재술, 김범기(1993). *과학 오개념 편람*. 한국교원대학교 물리교육 연구실.

- 김주훈, 이양락(1984). 국민학교 자연과 평가의 원리와 실제. 한국교육개발원 연구 보고, TR 84-7.
- 물리학습연구실(1993). 학생의 물리 개념: 물리교육 자료. 서울대학교 물리학습연구실.
- 박승재, 조희형(1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- 박종두(1999). 힘 개념 유형에 따른 연모 실험 설계. 대구 교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 선우종철(1987). 중력과 운동에 대한 중학생의 개념 분석. 서울대학교 석사학위 논문.
- 이범홍, 김영민(1983). 과학과 수업과정 모형 및 평가방법 개선 연구 -초등학교 자연과를 중심으로. 한국교육개발원 연구보고, RR 83-7.
- 이영직(1992). 뉴턴 운동법칙에 관한 학생들의 오개념의 견고성. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이항로(1991). 고등학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가도구 개발-지구과학을 중심으로. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 조희형(1988). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.
- Driver, R.(1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes; Open University Press.
- Duit, R.(1991) Students' conceptual frameworks: consequences for learning science. In Shawn M. Glynn, Russell H. Yeany, and Bruce K. Britton, (Eds.) *The Psychology of Learning Science*. Lawrence Erlbaum Associates. (권성기, 임청환 역 (2000). 구성주의적 과학학습심리학. 시그마프레스)
- Fraser, B. J.(1980). Development and validation of a test of enquiry skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(1), 7-16.
- Frost, J.(1997). *Creativity in primary science*. Open University Press.
- Gott, R. and Mashiter, J.(1994). Practical work in science: A task-based approach?, In Ralph Levinson (Ed.) *Teaching Science*, 178-189, Routledge.
- Gunstone, R. F.(1986). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8), 691-696.
- Qualter, A.(1996). *Differentiated primary science*. Open University Press.
- Sjoberg, S. and Ekeland P. R.(1984). Ideas in mechanics a Norwegian study. In P.L. Lijnse (Ed.) *The many faces of teaching and learning mechanics*. Utrecht.
- White, B.(1984). Difficulties in understanding Newtonian dynamics, In P.L. Lijnse (Ed.) *The many faces of teaching and learning mechanics*. Utrecht.