

힘과 운동 개념 변화를 위한 연역 논리 과제에 대한 중학생의 반응 분석

박 종 원
(전남대학교)

서정아 · 정병훈 · 박승재
(서울대학교)

(1994년 2월 15일)

I. 연구 동기 및 목적

힘과 운동에 대한 학생의 개념 조사 연구는 그 동안 많이 있어왔으며, 특히, 수직으로 던져 올린 물체에 작용하는 힘에 대한 연구는 널리 잘 알려져 있다. 즉, 많은 학생들은 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중에는 물체의 운동 방향이 위이므로 물체에 작용하는 힘의 방향도 위이고, 최고점에서는 순간적으로 정지해 있으므로 작용하는 힘이 없다고 생각한다. 이러한 생각은 물체에 힘을 주면 움직이고 힘을 주지 않으면 정지한다는 아리스토텔레스의 생각과 일치한다. 또, 올라가고 있는 중 물체에 중력이 작용하고 있다고 하더라도 뒷방향의 힘이 있어 그 힘이 중력보다 더 크며, 최고점에서는 뒷방향의 힘과 중력이 같다고 생각하기도 한다. 이 때, 뒷방향으로 작용하는 힘은 손으로 던질 때의 힘을 물체가 가지고 있는 것이라는 임페투스 생각을 가지기도 하는데, 이것은 중세의 뷰리당 관점과 일치한다.

학생의 선개념이 이와 같이 물리학적으로 틀린 경우 물리학적 개념으로 변화시키기 위해 많은 과학교육학자들의 연구가 있어왔다. 예를 들어, 폰트와 듀이트(Pfundt & Duit, 1991)는 학생의 선개념에 대한 연구 3100여개를 분류하여 참고 서목을 만들었는데, 역학에 관한 연구 420여개 중에서 개념 변화를 위한 지도에 관한 연구는 130여개였다. 그러한 연구의 결과에 의하면, 학생의 선개념을 변화시키는

것이 그렇게 쉬운 것만은 아니라는 것을 알 수 있다.

왜 학생의 선개념을 변화시키는 것이 그렇게 어려울까? 이에 대한 해답을 얻기 위해서는 단순히 새로운 지도 방안을 고안하여 적용하는 것뿐 아니라, 고안된 새로운 지도 방안을 학생에게 적용하였을 때 실제로 학생이 그것을 어떻게 받아들이는지를 조사하거나, 고안된 지도 방안대로 학생이 따라오지 않을 때에는 어떠한 원인 때문인지를 밝히는 것 등이 중요하다(박종원, 윤혜경, 장병기, 박승재, 1993).

본 연구에서는 연역 과제를 통해 학생의 선개념 변화를 시도하고자 할 때 과제에 대한 학생의 반응을 조사하고자 한다. 연역 과제를 사용하려는 이유는 연역적 사고가 과학적 사고의 하나로 간주될 수 있기 때문이다. 즉, 주어진 원리나 법칙으로부터 자연 현상을 설명하거나 예측하는 데 다음과 같은 연역적 과정이 사용된다(찰머스, 1986, p.39).

전제 1 : 법칙이나 이론들

전제 2 : 초기 조건들

결론 : 자연 현상의 설명이나 예측

예를 들면, 전제 1이 운동량 보존 법칙과 에너지 보존 법칙으로 주어지고, 전제 2가 마찰이 없는 평면상에서 질량 M_1 인 물체와 M_2 인 물체가 각각 초기 속도 V_1 와 V_2 로 정면 탄성 충돌하는 경우로 주어지면, 결론에서는 질량 M_1 인 물

체와 M₂인 물체가 충돌 후 각각 어떠한 속도로 운동할 것인지를 예측할 수 있다.

이러한 설명이나 예측과정은 일반 과학 교실 학습에서도 많이 사용되는 과정이다. 그러나 이 경우에도 마찬가지로 학생들이 연역 과제를 모두 잘 수행하는 것은 아니다. 특히 연역적 결론이 학생의 선개념과 다른 경우에는 결론이 연역적으로 맞음에도 불구하고 쉽게 결론을 받아들이지 않을 수도 있다.

이와 같이 학생들이 연역 과제를 잘 수행하지 못하거나 연역적 결론을 잘 받아들이지 않는다면 그 이유는 무엇일까? 교사의 설명이 연역적으로 모순이 있기 때문일까? 학생의 연역적 사고 능력이 모자르기 때문일까? 아니면, 교사의 연역적 설명이 옳고 학생의 연역적 사고능력이 충분함에도 불구하고 개념이 변화하지 않았다면 다른 어떤 원인 때문일까?

심리학의 연구들은 이러한 질문에 대한 단서를 제공한다. 예를 들면, 에반스 등(Evans, Barston, & Pollard; 1983; Evans, 1989)은 논리적으로는 타당하며 결론도 믿을만한 경우와 논리적으로는 타당하지만 결론이 믿을만하지 못한 경우, 논리적으로 타당하지 못하지만 결론은 믿을만한 경우와 논리적으로 타당하지 못하면서 결론도 믿을만하지 못한 경우로 연역 과제를 나누어 대상자에게 제시하고 그들의 응답을 조사하였다. 조사 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1>결론이 옳다고 한 설명 퍼센트(N=120)

	믿을만한 결론	믿을만하지 못한 결론
옳은 논리	89	56
틀린 논리	71	10

<표 1>에 의하면 논리적으로는 옳으나 결론이 믿을만하지 못하다고 하여 결론이 틀리다고 한 반응은 44%이고, 논리적으로 틀림에도 불구하고 결론이 믿을만하여 결론이 옳다고 한 반응은 71%나 있었다. 이것은 연역 논리 과제가 주어졌을 때 결론의 옳고 그름을 판단하는 데 피험자의 믿음이 영향을 미친다는 것을 의미한다. 에반스는 이것을 가리켜 믿음 편향적 반응이라고 하였다. 또, 논리가 옳은 경우보다 틀린 경우에 잘못된 반응이 더 많다는 것은 논리와 믿음 간에 상호작용이 있다는 것을 의미한다.

이러한 오류의 원인은 대상자의 논리적 사고가 부족하여 논리적으로 결론을 판단할 수 없을 때 자신의 믿음에 따라 반응하였기 때문일 수도 있고, 논리적으로 판단하기에 앞서

결론을 먼저 보고 자신의 믿음에 따라 판단을 내렸기 때문일 수도 있다(Evans, 1989; Newstead, 1992; Evans:1993).

물론 논리적 능력이 충분한지 부족한지는 사전에 추상적인 상황에서의 논리 능력을 조사하면 될 것이다. 또, 논리적으로 판단하지 않고 자신의 선개념대로 판단하였는지 알기 위해서는 증거평가가 과학적 사고의 한 측면이라고 강조한 쿤(Kuhn, 1988)의 연구 방법이 도움을 줄 수 있다. 쿤은 일상적 상황에서 일련의 증거를 제시하고 증거에 대한 대상자의 반응을 증거기초 반응과 생각기초 반응으로 분류하여 과학적 사고가 나이에 따라 발달하는지 등을 연구하였다.

또, 증거에 기초한 반응을 하면 모두가 증거를 그대로 받아들이는지를 알기 위해서는 박종원 등(1993)의 연구 방법이 도움을 줄 수 있다. 박종원 등은 학생들에게 자신의 선개념과 불일치하는 증거를 제시하였을 때, 학생들이 증거를 보았음에도 불구하고 선개념의 강한 영향으로 증거를 거부하거나 왜곡하는 경우가 있음을 발견하였다.

본 연구에서는 연역 논리를 사용하여 학생의 힘과 운동에 대한 잘못된 선개념을 변화시키고자 할 때 다음과 같은 내용을 조사하고자 한다.

첫째, 어느 정도로 학생의 선개념이 변화하는가?

둘째, 개념이 변화하는 데 학생의 논리적 사고능력이 중요한 영향을 미치는가?

셋째, 학생의 선개념이 변화하지 않았다면 그 이유는 무엇인가?

학생의 논리적 사고력이 부족하기 때문인가?

논리적으로 사고하지 않고 학생 자신의 선개념대로 결론을 내렸기 때문인가?

전제를 보고 논리적으로 사고하여 옳은 결론을 얻었음에도 불구하고 선개념의 영향으로 결론을 거부하였기 때문인가?

II. 연구 내용 및 연구 방법

본 연구는 두 단계 조사로 구성되어 있다.

1차 조사에서는 먼저, 수직 위로 물체를 던진 경우 물체에 작용하는 힘의 방향에 대해 학생의 선개념을 조사하였다. 문항 형태는 선택후 설명식으로, 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중, 최고점에 있는 순간, 그리고 다시 아래로 떨어지는 중에 물체에 작용하는 힘의 방향을 각각 선택하게 하고, 이유를 설명하도록 하였다.

또 1차 조사에서는, 추상적인 삼단 논법 과제를 사용하여 학생의 연역 논리 능력도 조사하였다. 이 조사에 사용된 문항은 전반적인 연역 논리 능력을 조사한 것이라기 보다는

2차 조사에서 사용될 연역 과제에 관련된 능력만을 조사한 것이다. 총 문항 수는 8개이며 이 중 4 문항은 논리적으로 옳은 경우이고, 나머지 4문항은 논리적으로 틀린 경우이다 (그림 1 참고).

전제 1과 전제 2가 옳다고 했을 때, 결론이 전제로부터 나올 수 있다고 생각하면 O, 나올 수 없다고 생각하면 X표를 하시오.

1번 ()
 전제 1 : 모든 A는 B이다.
 전제 2 : 모든 C는 A이다.
 결론 : 따라서 모든 C는 B이다.

<그림 1> 연역 논리 능력을 조사하기 위한 문항 예

1차 조사에는 중학교 2학년 학생 103명이 응하였다. 1차 조사에 응한 학생들 중에서 물체가 위로 올라가고 있는 중 작용하는 힘의 방향이 위라고 응답한 학생과, 최고점에서 작용하는 힘이 없다고 한 학생만을 대상으로 2차 조사를 실시하였다.

2차 조사에는 두개의 전제를 제시하여, 결론을 선택하게 하고 선택에 대한 이유를 설명하도록 한 연역 과제 2개를 사용하였다(그림2 참고). 연역 과제는 삼단논법의 형식을 가지고 있으며, 첫째 전제에는 직선 운동의 경우 운동변화와 힘의 작용과의 관계에 대한 동역학적인 법칙이 진술되어 있고, 두번째 전제에는 중력장내에서 수직 위로 던진 물체의 운동에 대한 운동학적인 진술이 제시되어 있다.

운동학이 물체의 운동을 있는 그대로 기술하는 것이라면, 동역학이란 왜 그런 운동을 하게 되는지를 힘으로서 설명하는 것이다. 따라서, 두번째 전제에서 수직 위로 던진 물체의 운동학적인 진술이 제시되어 있으면, 첫번째 전제에 제시된 동역학적인 법칙을 이용하여 두번째 전제에서 그런 운동을 하게 한 힘의 방향을 찾을 수 있다.

첫번째 과제는 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중 작용하는 힘의 방향이 위라고 생각하는 학생의 선개념을 논리적으로 사고하여 변화시킬 수 있도록 만들어져 있으며, 두번째 과제는 최고점에서 작용하는 힘이 없다고 생각하는 학생의 선개념을 논리적으로 사고하여 변화시킬 수 있도록 만들어져 있다.

다음에 주어진 두가지 전제를 보고 어떤 결론을 이끌어 낼 수 있는지 다음 중에서 선택하시오.

(문제1)
 전제 1 : 움직이는 물체가 점점 느려지고 있다면, 그 물체에는 운동하는 방향과 반대 방향으로 힘이 계속 작용하고 있다.
 전제 2 : 위로 던진 물체는 위로 올라가면서 점점 느려진다.

따라서, 전제 1과 전제 2에 의하면, 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 동안 그 물체에는 힘이 ①작용하지 않는다. ②위로 작용한다. ③아래로 작용 한다. ④기타)

이유는 ? _____

(문제2)
 전제 1 : 움직이는 물체가 점점 느려지면서 순간적으로 정지했다가 되돌아 간다면 그 물체에는 처음 운동방향과 반대방향의 힘이 계속 작용하고 있다.
 전제 2 : 위로 던진 물체는 점점 느려지면서 최고점에서 순간적으로 정지했다가 아래로 떨어진다.

따라서, 전제 1과 전제 2에 의하면, 위로 던진 물체가 최고점에서 순간적으로 정지했을 때, 그 물체에는 힘이 ①작용하지 않는다. ②위로 작용한다. ③아래로 작용한다. ④기타)

그 이유는 ? _____

<그림 2> 연역 과제

연역 과제(그림2 참고)의 논리적인 구조를 추상적인 기호로 나타내면,

전제 1 : 만일 A라면, B이다.
 전제 2 : C는 A이다.
 결론 : 따라서, C는 B이다.

와 같고, 첫번째 과제에서는 A, B, C가 각각 다음과 같으며,
 A = 물체의 속도가 감소
 B = 운동방향과 반대 방향으로 힘이 계속 작용
 C = 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있을 때
 두번째 과제에서는 A, B, C가 각각 다음과 같다.

- A = 물체의 속도가 감소하다가 순간적으로 정지했다가 되돌아 감
- B = 처음 운동방향과 반대방향으로 힘이 계속 작용
- C = 위로 던진 물체

두번째 과제는 첫번째 과제보다 약간 더 복잡하다. 복잡하다는 것은 원래 전제 1과 2만으로 내릴 수 있는 결론이 "따라서, 위로 던진 물체에는 처음 운동방향과 반대방향으로 계속 힘이 작용한다"이지만, 한 단계 더 나아가 "따라서, 위로 던진 물체가 최고점에 순간적으로 정지해 있는 순간에도 처음 운동 반대 방향으로(즉 아래 방향으로) 힘이 계속 작용하고 있다"는 결론을 내리는 것을 요구하므로, 한 단계가 더 있다는 것을 의미한다. 또 전제에 주어진 명제의 길이가 길다는 것도 첫번째 과제보다 더 어려운 것으로 작용할 수 있다. 따라서, 두번째 과제는 첫번째 과제보다 단계가 더 필요하고, 명제가 길므로 학생들이 올바른 결론을 내리기가 더 어려울 수도 있다.

여하튼, 각 과제는 학생들이 논리적으로 사고하면 비록 자신의 선개념과는 다르지만 과학적으로 옳은 개념을 얻을 수 있도록 되어 있다. 만일 학생이 논리적인 사고 능력이 모자르다면 결론을 내릴 수 없고 선개념의 영향을 받아 선개념과 같은 결론을 내릴 것이다. 그러나 학생의 논리적인 능력에 상관없이 전제에 따라 논리적으로 사고하지 않고 자신의 선개념대로 결론을 내릴 수도 있다. 이 경우에 학생이 논리적으로 사고한 것인지 아닌지를 구별하기 위해 결론 선택에 대한 학생의 이유 설명을 "생각기초 설명"과 "전제기초 설명"으로 나누어 분석하였다. 즉, 생각에 기초한 설명이란 전제를 전혀 언급하지도 않고 따라서 전제를 보지도 않았거나 전제를 보았더라도 전제에 따라 논리적으로 사고하지 않은 것으로 판단되는 설명이며, 전제에 기초한 설명이란 적어도 전제를 보고 논리적으로 사고(하러)한 것으로 판단되는 설명을 의미한다. 학생의 설명은 결론을 선택한 이유를 설명한 것을 기초로 분석하였으며 분류 기준은 <그림 3>과 같다. 연역 과제를 통해 학생의 선개념이 과학적인 개념으로

변화된 경우와 그대로 유지된 경우로 나누고, 각 경우를 다시 전제에 기초한 설명과 생각에 기초한 설명으로 나누면 4개의 경우가 나올 것이다. 또 각 경우를 연역 논리 능력이 평균 이상인 경우와 평균 이하인 경우로 나누면 표 2와 같이 학생의 설명을 총 8개의 경우로 나눌 수 있다.

<표 2> 학생의 설명 유형과 연역 점수에 따른 개념 변화 정도

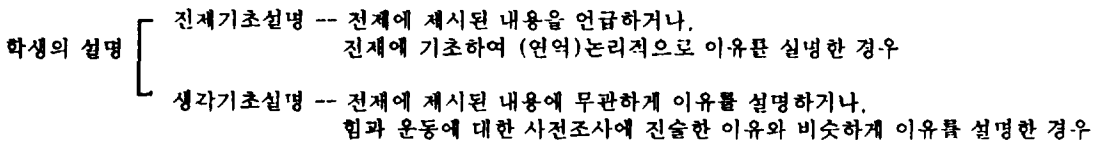
개념	설명유형	
	생각기초	전제기초
유지된 경우		
높은 연역 점수	A ₁	B ₁
낮은 연역 점수	A ₂	B ₂
변화된 경우		
높은 연역 점수	C ₁	D ₁
낮은 연역 점수	C ₂	D ₂

<표 2>에서 A₁은 연역 논리 능력이 높음에도 불구하고 생각에 기초하여 선개념이 그대로 유지된 경우이므로 이 학생은 전제를 보지도 않았거나 전제를 보았더라도 논리적으로 사고하지 않고 선개념대로 결론을 내린 경우라고 할 수 있다.

A₂는 연역 논리 능력이 평균 이하이고 생각에 기초하여 선개념이 그대로 유지되었으므로, 전제를 보지도 않았거나 전제를 보려고 했더라도 논리적으로 사고하지 못하므로 포기하고 선개념대로 결론을 내린 경우라고 할 수 있다.

B₁은 연역 논리 능력이 평균 이상이고 전제에 기초하였음에도 불구하고 선개념이 유지된 경우이므로, 논리적으로 사고하였고 옳은 결론을 얻었음에도 불구하고 선개념이 강하게 영향을 미쳐 연역적으로 내린 결론을 거부하고 자신의 선개념대로 결론을 내린 경우라고 할 수 있다.

B₂는 전제에 기초한 설명을 하였지만, 연역 논리 능력이 낮아 논리적으로 결론을 내리지 못하여 선개념대로 결론을 내린 경우라고 할 수 있다.



<그림 3> 학생의 설명 분류 기준

C₁은 생각기초 설명으로 나타났으나, 연역 논리 능력이 평균 이상이고 선개념이 변화하였으므로, 학생은 실제로는 증거를 보고 논리적으로 사고하였지만, 지필 검사의 한계로 학생의 사고 과정이 나타나지 않아 생각기초 설명으로 분류된 것으로 해석할 수 있다. 따라서 이 학생의 경우에는 면담을 통한다면 명확하게 논리적으로 사고하였는지 아닌지를 알 수 있을 것이다. 본 연구에서는 면담을 실시하지 않았지만 논리적으로 사고하여 개념이 변화한 경우로 간주하였다.

C₂는 연역 논리 능력이 평균 이하이고 생각에 기초한 설명을 하였음에도 불구하고 선개념이 변한 경우이므로 해석하기 어려운 경우이다. 따라서 이론적으로는 이 경우에 해당되는 학생이 없어야 할 것이다. 만일 이 경우에 해당되는 학생이 많이 나타난다면 연구 방법상에 한계가 있음을 나타내는 것이 될 것이다.

D₁은 연역 논리 능력이 평균 이상이고 또 전체에 기초한 설명을 하여 선개념이 변화한 경우이므로 전체를 보고 논리적으로 잘 사고하여 자신의 선개념을 변화시킨 바람직한 경우라고 하겠다.

D₂는 전체에 기초한 설명을 하였지만, 연역 논리 능력이 평균 이하임에도 불구하고 선개념이 변화하였으므로 이 경우에도 이론적으로는 이에 해당되는 학생이 없어야 할 것이다. 만일 이에 해당되는 학생이 많이 나타난다면 마찬가지로 연구 방법상에 한계가 있음을 나타내는 것이 될 것이다.

결론적으로 8개 각 경우에서 나타나는 학생의 빈도를 조사하면, 논리적으로 잘 사고하여 변화한 경우가 몇 명인지(C₁ + D₁), 전체를 보고 논리적으로 사고하려 하였지만 논리적 능력이 부족하여 선개념이 그대로 유지된 학생은 몇 명인지(B₂), 논리 능력에 상관없이 전체를 보지도 않았거나 전체를 보았더라도 논리적으로 사고하지 않고 선개념을 그대로 유지시킨 학생은 몇명인지(A₁+A₂), 그리고 논리력이 있고 전체를 보고 논리적으로 사고하였음에도 불구하고 결론을 거부하고 선개념을 유지시킨 학생이 몇 명인지(B₁)를 알 수 있게 될 것이다. 물론 C₁와 D₂는 논리 능력이 부족함에도 불구하고 개념이 변화한 경우이므로 이 경우에 해당되는 학생이 얼마나 많이 나타나는가를 통해 연구 방법이 얼마나 타당하며 또 앞으로 어떻게 개선되어야 할 지를 논의할 수 있을 것이다.

III. 결 과

1차 조사에서는 위로 던진 물체에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생의 선개념을 조사하였고, 추상적인 연역(삼단 논법)과제에서 학생의 연역 논리 능력을 조사하였다.

먼저, 힘과 운동에 대한 학생의 선개념 조사 결과는 다음과 같다.

<표 3> 힘과 운동에 대한 학생의 선개념

학생의 선개념	학생수(N=103)
공이 위로 올라가고 있는 중 작용하는 힘의 방향은 위다	61(59.2%)
작용하는 힘의 방향은 아래이다	29(28.1%)
작용하는 힘은 없다.	4(3.8%)
기타	9(8.7%)
공이 최고점에 있을 때, 작용하는 힘의 방향은 위다	5(4.3%)
작용하는 힘의 방향은 아래이다	46(44.7%)
작용하는 힘은 없다	43(41.7%)
기타	7(6.8%)
무응답	2(1.9%)

정답율은 물체가 위로 올라가고 있는 경우보다 최고점에 있는 경우에 높게 나타났다. 2차 조사 대상자는 물체가 올라가고 있는 중 물체에 작용하는 힘의 방향이 위라고 응답한 학생 61명과 최고점에 있는 순간 작용하는 힘이 없다고 응답한 학생 43명이다.

다음으로, 1차 조사에서 실시한 연역 논리 점수 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 학생의 연역 논리 점수(N=103)

	점수(8점 만점)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
학생수	0	0	2	3	6	11	26	20	35

$$\bar{M} = 6.5, Sd=1.5$$

<표 4>에 의하면 절반 정도의 학생이 삼단 논법식의 연역 논리는 모두 맞추거나 하나만 틀린 것으로 나타났다.

2차 조사에서 실시한 연역 과제는 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중과 최고점에 있는 순간, 각각에 대

해 전제를 제시하여 결론을 선택하게 하고 선택한 이유를 설명하도록 하였다. 첫번째 연역 과제(위로 올라가는 중)와 두번째 연역 과제(최고점에 있는 순간)를 통해 학생의 개념이 변화한 정도를 각 과제별로 나타내면 <표 5>와 같다.

<표 5> 연역과제를 통한 학생의 개념변화 정도

	개념	
	변화	유지
위로 올라가는 중*	38(62.3%)	23(37.7%)
최고점에 있는 순간**	10(23.8%)	32(76.2%)

* N = 61

** N = 43명 중에서 1명 분석 불가

<표 5>에 의하면, 첫번째 과제의 경우에는 62%의 학생이 선개념을 옳은 개념으로 변화시켰으나, 두번째 과제에서는 24%의 학생만이 개념이 변화했다. 개념 변화에 연역 논리 능력이 영향을 주었는지를 알아보기 위해 분석한 결과는 <표 6>과 <표 7>과 같다.

<표 6> 연역논리 점수에 따른 개념변화 정도 I
(올라가고 있는 중)

개념	연역 논리 점수 평균
유지된 경우	6.25
변화된 경우	6.49

t=0.55, p>.1

<표 7> 연역논리 점수에 따른 개념변화 정도 II
(최고점에 있는 순간)

개념	연역 논리 점수 평균
유지된 경우	6.64
변화된 경우	6.70

t=0.09, p>.1

<표 6>과 <표 7>에 의하면 개념이 변화한 경우가 유지된 경우보다 모두 연역 논리 능력이 높게 나타났지만 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 즉 연역적 사고가 개념 변화에 별 영향을 주지 않는다고 볼 수 있다. 그렇다고 연역적인 사

고를 하지 않고도 개념이 변화하였다는 것을 의미하는 것은 아니다. 연역적인 사고 능력이 있으면 개념이 잘 변화할 것이라고 단순히 예측할 수 없다는 것을 의미한다. 즉, 개념을 변화시키기 위해서는 연역 논리 능력이 있어야 하겠지만, 연역 논리 능력이 있다고 하더라도 항상 개념 변화에 도움을 주는 것은 아니다. 그 이유로 생각해 볼 수 있는 것은, 먼저 추상적인 과제에서는 연역 논리 능력이 있는 것으로 나타났지만 내용이 있는 연역 논리 과제에서는 전제를 보지도 않고 선개념대로 결론을 내렸기 때문이거나, 전제를 보았다고 하더라도 논리적으로 사고하지 않고 학생 자신의 선개념대로 결론을 내렸기 때문이라는 것이다.

먼저, 학생이 전제를 얼마나 보았는지 알아보기 위해 학생의 설명을 생각기초 설명과 전제기초 설명으로 분류된 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 연역과제에 대한 학생의 설명유형

	개념	
	생각기초	전제기초
위로 올라가는 중	26(42.6%)	35(57.4%)
최고점에 있는 순간	36(85.7%)	6(14.3%)

<표 8>에 의하면, 첫번째 과제(위로 올라가고 있는 중)에 대해서는 학생들이 전제에 기초한 설명을 더 한 반면에 두번째 과제(최고점에 있는 순간)에 대해서는 학생들이 전제를 별로 보지 않은 것으로 나타났다. 이것은 연구 방법에서도 언급하였듯이 두번째 연역 논리 과제가 첫번째보다 명제의 길이가 길고 사고 단계도 많아 논리적으로 사고하기를 꺼려하여 나타난 결과로 해석될 수 있다. 따라서, <표 5>에서 보았듯이 두번째 연역 과제에서 개념 변화 정도가 낮은 이유는 두번째 과제에서 학생들이 전제를 잘 보지도 않았거나 보았더라도 논리적으로 사고하지 않았기 때문으로 해석된다. 전제를 보지 않은 경우에는 개념이 변화되는 정도가 낮고 전제를 보고 논리적으로 사고하면 개념 변화 정도가 높은 지를 통계적으로 검증하기 위해 학생의 설명에 따른 개념 변화 정도를 분석한 결과가 <표 9>와 <표 10>에 제시되어 있다.

<표 9>에 의하면, 첫번째 연역 과제에 대해서는 전제에 기초한 설명을 한 경우가 생각에 기초한 설명을 한 경우보다 개념 변화 정도가 높다는 것을 알 수 있다. 즉, 적어도

학생들이 전제를 잘 읽고 논리적으로 사고하면 개념 변화가 잘 된다는 것을 의미한다. 이것은 첫번째 연역 논리 과제가 이론적으로는 학생의 개념 변화에 도움을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 <표 10>에 의하면, 두번째 연역 과제에서 제시된 전제를 잘 읽는다고 해서 개념변화가 잘 된다고 볼 수 없으므로, 두번째 연역 과제는 개념 변화에 별 도움을 주지 못하는 것으로 해석된다.

<표 9> 학생의 설명유형에 따른 개념변화 정도 I (위로 올라가는 중)

개 념	설명유형	
	생각기초	전제기초
유지된 경우	14(23.0%)	9(14.8%)
변화된 경우	12(19.7%)	26(42.6%)

$$\chi^2 = 5.026, P < .05$$

<표 10> 학생의 설명 유형에 따른 개념변화 정도 II (최고점에 있는 순간)

개 념	설명유형	
	생각기초	전제기초
유지된 경우	28(66.7%)	4(9.5%)
변화된 경우	8(19.1%)	2(4.8%)

$$\chi^2 = 0.35, P > .05$$

또, 첫번째 연역 과제가 개념 변화에 도움을 주는 것으로 나타났지만, 전제에 기초한 설명을 하였다고 해서 모두 개념이 변화한 것은 아니었다. 전제를 보았다고 하더라도 연역 논리 능력이 낮아서 올바른 결론을 얻지 못한 경우도 있을 수 있으며, 또, 연역 논리 능력이 높고 전제에 기초하였음에도 불구하고 선개념의 영향이 강하여 개념이 변화하지 않았을 수도 있다. 이러한 경우를 알아보기 위해 조사한 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11>에 의하면, 전제를 보았지만 논리 능력이 낮아 개념이 변화되지 않은 경우는 첫번째 과제에서는 5명이었고, 두번째 과제에서는 3명이었다. 그리고 전제를 보았고 논리 능력이 있어서 올바른 결론을 얻었을 것으로 생각됨에도 불구하고 선개념이 강하여 그대로 유지된 경우는 첫번째 과제에서는 4명이 있었고, 두번째 과제에서는 1명이 있었다.

<표 11> 전제기초 설명 중 개념이 유지된 경우의 학생수

연역과제	학생수
위로 올라가는 중	
연역점수 높은	4(6.6%)
연역점수 낮은	5(8.2%)
최고점에 있는 순간	
연역점수 높은	1(2.4%)
연역점수 낮은	3(7.1%)

전체적으로 연역 논리 능력(연역 점수 높음/낮음)에 따라, 그리고 제시된 전제에 대한 설명 유형(생각/전제기초 설명)에 따라 개념 변화 정도가 어떻게 다른지 정리한 결과는 <표 12>, <표 13>과 같다.

<표 12> 학생의 설명유형과 연역논리 능력에 따른 학생의 개념변화 정도 I (N=61)

개 념	설명유형	
	생각기초	전제기초
유지된 경우		
연역점수 높은	8(13.1%)	4(6.6%)
연역점수 낮은	6(9.8%)	5(8.2%)
변화된 경우		
연역점수 높은	8(13.1%)	16(26.2%)
연역점수 낮은	4(6.6%)	10(16.4%)

<표 12>에 의하면, 첫번째 연역 과제에서 주어진 전제를 통해 학생들이 연역적으로 잘 사고하여 개념이 변화한 경우는 39.3%(13.1%+26.2%)였고, 전제에 기초하여 연역적으로 사고하려 했으나 논리 능력이 부족하여 선개념이 유지된 경우는 8.2%였다.

그러나 논리 능력에 상관없이 전제를 보지도 않았거나 보았더라도 연역적으로 사고하지 않고 선개념을 그대로 유지시킨 경우가 22.9%(13.1%+9.8%)였고, 연역적으로 사고하여 옳은 결론을 얻었음에도 불구하고 결론을 거부하고 선개념을 유지시킨 경우가 6.6%였다.

본 연구 설계상 설명하기 어려운 설명, 즉 연역 논리 능력이 낮음에도 불구하고 개념이 변화한 경우가 23.0%(6.6%+16.4%)였으며, 따라서 이 설명들을 설명하기 위한 연

구 방법상의 개선이 필요함을 알 수 있었다.

<표 13> 학생의 설명유형과 연역논리 능력에 따른 학생의 개념변화 정도 II(N=42)

개 념	설명유형	
	생각기초	전제기초
유지된 경우		
연역접수 높은	18(42.9%)	1(2.4%)
연역접수 낮은	10(23.8%)	3(7.1%)
변화된 경우		
연역접수 높은	5(11.9%)	2(4.8%)
연역접수 낮은	3(7.1%)	0(0.0%)

<표 13>에 의하면, 두번째 연역 과제에서 주어진 전제를 통해 학생들이 연역적으로 잘 사고하여 개념이 변화한 경우는 16.7%(11.9%+4.8%)에 불과하였고, 전제에 기초하여 연역적으로 사고하려 했으나, 논리 능력이 부족하여 선개념이 유지된 경우는 7.1%였다.

그러나 연역 논리능력에 상관없이 전제를 보지도 않았거나 보았더라도 연역적으로 사고하지 않고 선개념을 그대로 유지시킨 경우가 66.7%(42.9%+23.8%)로 많았고, 연역적으로 사고하여 옳은 결론을 얻었음에도 불구하고 결론을 거부하고 선개념을 유지시킨 경우가 2.4%였다.

본 연구 설계상 설명하기 어려운 설명은 7.1%(7.1%)였다.

IV. 요약 및 앞으로의 연구 과제

본 연구에서는 연역적으로 사고하면 과학적으로 옳은 결론에 도달할 수 있도록 한 연역 과제를 제시하였을 때, 힘과 운동에 대한 학생의 선개념이 얼마나 변화하였는지, 개념 변화에 연역 논리 능력이 얼마나 영향을 주었는지, 개념이 변화하지 않았다면 그 원인이 연역 논리 능력이 부족하기 때문인지 또는 논리 능력에 상관없이 제시된 연역적으로 사고하지 않고 선개념대로 결론을 내렸기 때문인지, 아니면 연역 논리 능력이 있고 전제를 보았음에도 불구하고 선개념이 강하여 결론을 거부하였기 때문인지를 알아보았다.

이를 위해 1차 조사에서는 수직 위로 던진 물체에 작용하는 힘의 방향에 대해 학생의 선개념을 조사하고, 동시에 추상적인 상황에서 학생의 연역 논리 능력을 조사하였다. 2차 조사는 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중

물체에 작용하는 힘의 방향이 위라고 생각하는 학생과 최고점에 있는 순간 물체에 작용하는 힘이 없다고 생각하는 학생만을 대상으로 실시하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중에는 59%의 학생이 작용하는 힘의 방향이 위라고 응답하였고, 최고점에 있는 순간에는 42%의 학생이 작용하는 힘이 없다고 응답하였다. 각각의 경우 정답율은 28%와 45%였다.

둘째, 첫번째 연역 과제(위로 올라가고 있는 중)를 통해서 60%의 학생이, 두번째 연역 과제(최고점에 있는 순간)를 통해서 24%의 학생이 개념이 변화하였다.

셋째, 학생의 선개념이 변화한 경우가 변화하지 않은 경우보다 연역 논리 평균이 약간 높게 나타났지만 통계적으로 유의미한 것이 아니었다.

넷째, 두번째 연역 과제의 경우, 전제가 길고 사고 단계가 더 많기 때문에 전제를 보지도 않았거나 보았더라도 논리적으로 사고하지 않은 학생이 86%로 많이 있었고, 따라서 개념 변화정도도 첫번째 과제보다 적었다.

다섯째, 첫번째 연역 과제의 경우, 전제에 기초한 설명을 한 경우가 생각에 기초한 설명을 한 경우보다 개념이 더 많이 변한 것으로 나타났으나 두번째 연역 과제는 별 차이가 없었다. 따라서, 학생이 전제를 잘 본다면 첫번째 연역 과제는 개념 변화에 도움을 주지만, 두번째 연역 과제는 전제를 잘 본다고 하더라도 개념 변화에 별 도움을 주지 못하는 것으로 나타났다.

여섯째, 첫번째 연역 과제를 통해서, 연역적으로 잘 사고하여 개념이 변한 학생은 39.3%였다. 선개념이 그대로 유지된 학생 중, 연역적으로 사고하려 하였으나 논리 능력이 부족하기 때문인 경우가 8.2%, 연역 논리 능력에 상관없이 전제를 보지도 않았거나 보았더라도 논리적으로 사고하지 않았기 때문인 경우가 22.9%, 연역 논리 능력이 있고 전제를 보았음에도 불구하고 결론을 거부하였기 때문인 경우가 6.6%였다.

일곱째, 두번째 연역 과제를 통해서, 연역적으로 잘 사고하여 개념이 변화한 학생은 16.7%였다. 선개념이 그대로 유지된 학생 중, 연역적으로 사고하려 하였으나 논리 능력이 부족하기 때문인 경우가 7.1%, 연역 논리 능력에 상관없이 전제를 보지도 않았거나 보았더라도 논리적으로 사고하지 않았기 때문인 경우가 66.7%였고, 연역 논리 능력이 있고 전제를 보았음에도 불구하고 결론을 거부하였기 때문인 경우가 2.4%였다.

여덟째, 연역 논리 능력이 낮음에도 불구하고 개념이 변화한 경우가 첫번째 과제에서는 23%, 두번째 과제의 경우

에는 7.1%가 각각 있어 이러한 경우를 설명하기 위해서는 연구 방법을 좀 더 정밀하게 개선할 필요성이 있음을 알 수 있었다.

앞으로의 연구 과제로는 다음과 같은 것들이 있다.

첫째, 자연 현상을 설명하거나 예측하기 위해 연역적인 설명을 할 때, 학생들이 연역적으로 사고하지 않을 수 있으므로, 연역적으로 사고하게 하기 위해 어떠한 방안이 있을 수 있는지 살펴보는 것이 필요할 것이다. 예를 들면, 설명 내용을 추상화된 기호로 먼저 나타내면 결론을 얻기 위해 연역적으로 사고하지 않을 수 없게 될 수도 있다.

또, 연구 결과 연역적인 사고 단계가 많거나 전제가 길면 학생들이 더 연역적으로 사고하지 않을 수 있으므로 어떻게 전제들을 더 함축적으로 줄일 수 있는가를 살펴보는 것이 필요할 것이다. 예를 들면, 연역 과제를 몇개 하위 연역 과제들로 나누어서, 간단한 전제들로부터 1차 결론을 내리게 하고, 다시 그 결론을 전제로 사용하여 2차 결론을 내리게 하는 방법을 사용할 수도 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서 사용한 논리 구조는 전건 긍정식의 구조와 유사하다. 이에 비해 후건 부정식의 구조는 결론이 "따라서, --는 --가 아니다"로 주어지게 된다. 이 경우에는 자신의 선개념이 잘못되었다는 것을 결론으로 얻게 하는 데 사용할 수 있으며, 따라서 인지적 갈등을 유발시키는데 더 유용할 수도 있다. 이러한 구조의 연역 과제를 예로 들면 다음과 같다.

전제 1 : 정지한 물체가 계속 정지해 있으면, 그 물체에 작용하는 힘은 0이다.

전제 2 : 위로 던져 최고점에서 순간적으로 정지한 물체는 곧 아래로 떨어진다.

결론 ; 따라서, 위로 던져 최고점에 순간적으로 정지한 물체에 작용하는 힘이 0이 아니다.

세째, 본 연구에서 사용한 연역 과제를 개념 변화를 위한 실제 수업에 적용하기 위한 가능성도 살펴봐야 할 것이다.

참고 문헌

- 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재. (1993) 중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거평가. *한국과학교육학회지*, 13(2), 135-145.
- 앨런 찰머스 (1986) *현대의 과학철학*(신일철, 신중섭 옮김). 서광사(원본 발행 년도, 1982).
- Evans, J. St. B. T.(1993). The mental model theory of conditional reasoning: critical appraisal and revision. *Cognition*, 48, 1-20.
- Evans, J. St. B. T.(1989). *Bias in human reasoning: Causes and consequences*. Lawrence Erlbaum Associates, Pub.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M.(1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press, INC.
- Newstead, S. E., Pollard, P., Evans, J. St. B. T., & Allen, J. L.(1992). The source of belief bias effects in syllogistic reasoning. *Cognition*, 45, 257-284.
- Pfundt, H & Duit, R.(1993). Bibliography "Students' Alternative Frameworks and Science Education". IPN.
- Pollard, P., & Evans, J. St. B. T.(1987). Content and context effects in reasoning. *American Journal of Psychology*, 100(1), 41-60.

(ABSTRACT)

An Analysis of Middle School Student's Responses to the Deductive Reasoning Task for Change of Concept about Force and Motion

Jongwon Park

(Chonnam National University)

Jeongah Seo · Byunghoon Chung · Sungjae Pak

(Seoul National University)

Many students have misconceptions that upward direction force act on the object which is moving upward after being thrown vertically upward, and no force act on the object at the top of its flight because the object stop or don't' move at the top.

To change these misconceptions, in this study, deductive reasoning tasks were used, and student's responses to the tasks were analyzed.

In the first part of this study, student's prior conceptions about force and motion and student's deductive reasoning abilities were investigated. And the second part, student's explanations were classified to either the premise-based or idea-based explanation.

In the case of the object which is moving upward, 62% of students who had misconception changed their misconceptions to physically correct concept, but, only 24% of students changed their misconceptions for the object at the top.

For the first task, more students changed their misconceptions when they made responses based on premises than based on their own idea($p < .05$), so, the first task can be helpful for conceptual change. 40% students changed their own misconception by reasoning deductively based on premises provided in the first task, but only 17% students changed by the second task. Student's reasoning abilities investigated in the first part of this study did not affect the conceptual change. Four students for the first task and one student for the second task did not change their misconception even though they made premise-based explanation and had high reasoning abilities.