

그네타기 체험을 통한 인지갈등 전략이 학생들의 단진자에 작용하는 힘 개념에 미치는 영향

권미랑* · 김지나¹ · 최혁준² · 김중복 · 권재술

한국교원대학교 · 부산대학교¹ · 공주대학교²

Influence of Cognitive Conflict Strategy Through Swing Experience on the Students' Conception of Force on a Simple Pendulum

Kwon, Mirang* · Kim, Jina¹ · Choi, Hyukjoon² · Kim, JungBog · Kwon, Jaesool

Korea National University of Education · Pusan National University¹ · Kongju National University²

Abstract: This study examined 8th-graders' conceptions of force on a simple pendulum and investigated cognitive conflict and conceptual change through kinesthetic experience in swing. Participants of this study were guided to anticipate the direction of total force acting on a pendulum at three critical positions and observed it through swing experience. Having completed this, students read an article explaining the results they observed. Most of them considered gravity, tension, and motion-force to be the real forces acting on a pendulum in pre-test. Though they were interested in the activity and conceded their expectations to be different from observed results, the degrees of their cognitive conflict were not significantly high. In summation, 'interest' was the highest and 'anxiety' was the lowest. Most of the students memorized the direction of forces on a swing, but few could explain the reason behind the occurrence in an immediate post-test and delayed post-test.

Key words: cognitive conflict, kinesthetic experience, swing, conceptual change, force

I. 서 론

최근 과학교육에서 구성주의적 관점이 널리 받아들여지면서 학생 개념에 대한 이해가 효과적인 과학 개념 변화를 위한 중요한 요소로 인정되어 왔다. 학생 개념은 일상생활의 경험과 자신의 직관을 통해서 자연현상에 대해 나름대로 형성한 것으로서 대부분 과학자적 개념과 다르다. 이러한 학생 개념은 상황이 달라지면 필요에 따라 다르게 반응하기도 하지만, 일반적으로 견고하고 신념화되어 있어 자신의 개념을 보호하고 유지하는 특징이 있다(이영직과 권재술, 1993; Driver *et al.*, 1994; Pfund & Duit, 1988).

이러한 학생들의 개념을 효과적으로 변화시키기 위한 방법들에 대한 연구가 중요한 문제가 되어왔고 여러 연구 결과 학생 자신의 개념과 자연현상과의 불일치를 인식하고 인지갈등에 직면하도록 유도하는 것이 중요하다는 것이 알려졌다(김범기와 권재술, 1995;

Hashweh, 1986; Niaz, 1995). 그러나 불일치 상황의 제시만으로 학생들에게 인지갈등이 유발되는 것은 아니며 인지갈등이 유발되었다 하더라도 개념변화가 일어나지 않을 수도 있다(권재술 등, 2003; Chinn & Brewer, 1998). 이와 같은 연구 결과는 다양한 변인들에 따른 적절한 인지갈등 방법이 연구되어야 할 필요성을 시사해 준다. 이러한 맥락에서 다양한 변인들을 고려한 불일치 자료 제시 방법 및 인지갈등 유발 전략의 효과에 대한 연구가 이루어졌다(김지나 등, 2000; 박종원과 박문주, 1997; 서상오 등, 2002; 이경호와 권재술, 1999; 이채은 등, 2001; Dreyfus *et al.*, 1990; Druyan, 1997; Hynd, *et al.*, 1994).

이 중 이채은 등(2001)의 연구는 고등학생의 역학 수업에서 사용될 수 있는 특징적인 세 가지 상황 즉, 현상, 논리, 체험 상황을 개발하고 각 상황별로 인지갈등이 학생의 개념변화에 미치는 효과를 알아보았는데 그 결과 갈등상황이 개념변화에 미치는 긍정적인

*교신저자: 권미랑(kmr0811@edunet4u.net)

**2004.12.2(접수) 2005.7.25(1심통과) 2005.8.31(2심통과) 2005.9.23(최종통과)

효과는 체험, 현상, 논리 순이었다. 특히 근운동 체험이 가능한 상황인 스케이트보드를 이용한 작용·반작용 문항에서는 체험을 통한 인지갈등 집단의 개념변화율이 다른 집단에 비해 뚜렷이 높게 나타났다. 이것은 Druyan (1997)이 5~12세의 아동들을 상대로 다양한 갈등 자료를 제시하고 그에 따른 개념변화 효과를 비교한 연구에서 근운동 갈등이 개념변화에 미치는 효과가 가장 효과적이었다는 결과와도 잘 일치한다.

이 연구들은 분명히 체험 및 근운동을 통한 불일치 상황 제시의 유용성을 제시해주고 있다. 특히 역학의 영역에서 그 효과가 클 것으로 기대된다. 그러나 아직 근운동 체험을 통해 인지갈등을 효과적으로 일으키는 자료 개발이나 적용 사례 분석이 부족하다. 따라서 이 연구에서는 역학 영역 중 ‘힘과 운동’의 내용을 주제로 선택하고 비교적 인지갈등을 통한 개념변화 시도가 적었던 ‘진자에 작용하는 힘’ 개념에 대해 학생 개념을 조사한 후 근운동 체험을 통한 불일치 상황을 제시하고 인지갈등에의 효과와 개념변화를 살펴보고자 한다.

힘과 운동 분야에서 학생들의 개념은 특히 일상세계와의 제한된 상호작용이 큰 영향을 준 것으로 이해되고 있다. 실제 자연세계는 마찰을 무시할 수 없는 상황이 많다. 물체를 ‘밀면’ 미는 방향으로 물체가 움직이다가 밀지 않으면 멈춘다. 대부분의 학생들이 운동하는 물체는 운동하는 방향으로 힘을 작용 받고 있으며 그 힘은 속력에 비례한다고 생각한다(박성식, 1987; Gustone & Watts, 1985). 이렇게 습득된 그들의 개념은 경험을 바탕으로 할 뿐 아니라 때로는 유용하기까지 해서 쉽게 변하지 않는다(Hashweh, 1986). 단진자에 작용하는 힘에 대한 학생 개념의 연구에서도 비교적 비슷한 특징을 보인다(김영민과 정성오, 2003; 김익균, 1991; Clement, 1982; Gunstone & Watts, 1985; Viennot, 1979). 이들 연구에서 밝혀진 바로는 진자가 최하점에 도달했을 때 많은 학생들이 중력과 운동방향의 힘은 실제 힘으로 고려하면서도 장력은 고려하지 않는 경향이 있었으며 최고점에 도달했을 때는 정지하였으므로 힘이 0이라는 생각을 가지고 있었다. Gunstone and Watts(1985)는 2년 동안 물리 수업을 받은 17세의 학생들에게 흔들리는 진자의 운동에서 진자가 왼쪽 중간쯤에 도달했을 때 진자에 작용하는 힘을 물었는데, 50% 정도가 운동하는 방향으로의 힘이 있다고 응답했다. 김익균(1991)과 김영민과 정성오(2003)의 단진자에 작용하는 힘 개념 조사에서는 특히 가장 아래쪽에서 힘이 없다고 응답한 경우가 매우 많았다.

단진자의 운동이 중학교 2학년 ‘힘과 운동’단원에서

한 소재로 빈번히 소개되고 있는 것에 비해 단진자 운동에 대한 중학생들의 개념 및 개념변화 연구는 많지 않다. 이 연구에서는 ‘힘과 운동’을 학습한 중학교 2학년생들을 대상으로 하였으며 단진자에 작용하는 힘에 대한 불일치 상황을 놀이터의 그네를 직접 타면서 힘의 방향을 관찰함으로써 경험하게 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

부산 소재 중학교 2학년 2개 반 학생 중 12명의 여학생과 12명의 남학생이 연구에 참여했다. 이들은 2학년 1학기 수업과정에서 힘과 운동을 학습하였다. 과학교사나 대학생 및 고등학교 학생조차도 관련 개념을 이해하는 비율이 높지 않다는 선행 연구 결과를 고려하여 성적이 비교적 상위인 학생들을 선정하였다.

2. 검사 도구(활동 자료) 및 연구 과정

검사도구는 학습 활동 자료에 포함되어 제시되었다. 활동 자료는 1차 제작 후 학교 성적이 우수한 2학년생 2명에게 활동을 하게함으로써 1차 검증 및 수정을 실시하였다. 수정된 활동자료를 사용하여 3학년생 10명과 함께 그네타기를 통한 과학 학습 활동을 한 후 그 적절성을 검토, 2차 수정을 하였다. 실제 활동 시기는 12월이었고 학생들은 12명씩 2조로 나누어 다른 날에 진행하였다.

사전 개념 검사, 인지갈등 검사 및 사후 개념 검사는 활동 자료의 순서에 따라 진행하였다. 활동 자료는 ‘준비’, ‘자신의 생각 정리’(사전 개념 검사), ‘체험’, ‘체험 후 소감’(인지갈등 검사), ‘관찰 결과 기록’, ‘읽기자료’, 및 ‘형성평가’(사후 개념 검사)로 구성되었다. ‘준비’의 첫 단계에서는 힘을 화살표로 표현하는 방법을 복습하기 위하여 벽에 가만히 매달린 추에 작용하는 힘을 분석하고 합력의 방향을 화살표로 나타내게 했다. 둘째 단계에서는 힘의 방향을 관찰하는 도구를 보여주고 활용하는 방법을 연습하였다. 힘의 방향 관찰 도구는 기존에 알려진 가속계(Unterman, 2001)를 참고하여 간편하게 제작할 수 있도록 개량하여 소개하였다(Fig. 1). 힘의 방향은 수평성분과 수직성분으로 나누어서 관찰하였다. 힘의 수평성분의 방향 관찰 도구는 그림과 같이 50 g의 추를 실에 매어 각도기의 중심에 붙여 만들었다. 수평의 어느 한 쪽 방향으로 힘이 작용하면 추는 힘의 방향과 반대방향으로 치우치므로, 본 활동에서는 추가 치우치는 방향을 관찰 한 후 그 반대 방향으로 힘의 방향을 해석하도록 안내하

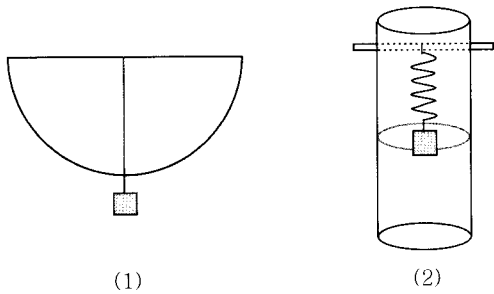


Fig. 1 Tools for measuring the direction of force (1) in a horizontal part, and (2) in a vertical part

었다. 힘의 수직성분의 방향 관찰 도구는 스프링의 끝에 100 g의 추를 매달고 스프링을 나무막대에 고정시킨 다음 주변을 적당히 두꺼운 투명비닐로 둘러싸고 평형상태에서의 추의 위치에 기준선을 그어 만들었다. 수평성분 관찰 도구와 마찬가지로 어느 한 쪽의 연직 방향으로 힘을 작용하면 추는 작용한 힘과 반대방향으로 치우치므로 이 활동에서는 추가 치우치는 방향을 먼저 관찰하고 그 반대방향을 작용한 힘의 방향으로 해석할 수 있도록 안내하였다. 도구에 눈금을 두어 적절히 활용하면 정량적인 관찰이 가능하나 이 활동에서는 정량적 관찰이 어렵다고 판단하고 힘의 두 성분을 정성적으로 관찰한 다음 두 성분을 합쳐 합력의 방향을 대략적으로 찾을 수 있게 하였다

‘자신의 생각 정리’는 단진자가 넓은 폭으로 운동할 때 단진자에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생 개념을 조사하는 검사 도구이다. 단진자에 작용하는 힘을 묻기 위해 단진자의 운동을 그네의 운동에 적용하여 운동 궤도에서 대표적인 세 위치(위치A, O, B)를 선정하였다(Fig. 2). 위치A는 그네가 왼쪽 최고점에서 최저점을 향하여 출발 한 직후이다. 위치O는 그네가 최저점을 지날 때이고, 위치B는 최고점에 도달하기 전 영역이다. 이들 세 위치는 자료제작 및 보관을 위한 예비활동에서 참여한 중학생들에 의해 관찰이 용이했던 영역이다.

힘의 방향은 화살표를 이용하여 도식으로 나타내게 하였고 응답이유는 도식과 글로 설명하게 하였다. 그리고 도구에서 관찰될 추가 치우치는 방향을 예상해 그림으로 나타내도록 하였다. 이때 그네는 큰 폭으로 운동하고 있고 사람이 타면서 발을 구르거나 밀지 않고 가만히 있는 상황이라고 강조하였다. 각 위치에서의 힘의 방향을 묻는 문항 뒤에, 응답에 대한 자기 확신도를 5단계 리커트 척도로 조사하였다.

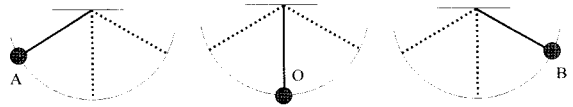


Fig. 2 Three positions for questions about the direction of total force, (1) the position A, (2) the position O, and (3) the position B.

추운 날씨로 인해 놀이터에서 모든 활동을 진행하기는 부리였기 때문에 ‘준비’와 ‘자기 생각 정리’ 단계는 과학실에서 진행하고(약 35분 소요) 이어서, 그네타기 활동을 하기 위해 학교 근처의 놀이터로 이동하였다(약 10분 소요).

‘체험’ 단계에서는 힘의 방향 관찰 도구를 들고 자유롭게 그네타기를 하면서 도구에서 추가 치우치는 방향을 관찰하였다. 관찰은 개인적으로도 하지만 다른 사람이 타는 것을 지켜보면서 그 사람의 도구에서 추가 치우치는 방향을 확인하기도 하였다.

‘체험 후 소감’ 단계는 그네 타기 활동을 통해 관찰된 힘의 방향이 자신이 예상한 것과 같은지 다른지에 대한 질문으로 시작된다. 이 단계의 핵심은 활동 후 발생한 학생의 인지갈등 정도를 알아보는 것으로서 인지갈등 검사 도구(Lee et al., 1999; 2003)가 사용되었다. 이 도구는 총 12문항이며 불일치 인식, 흥미, 불안, 인지적 재평가의 네 가지 구인에 대하여 각 3문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 5단계 리커트 척도를 사용하고 4점 만점이며 전체 도구의 총점은 48점이다.

그리고 인지갈등 정도에 대한 검사 외에 관찰 수행, 관찰 방법 및 도구에 대한 평가, 관찰 결과의 재현 가능성, 관찰 결과에 대한 신뢰, 관찰 결과에 대한 타당성, 관찰 결과에 대한 설명 가능 여부, 관찰 후 자신의 생각이 변했는지에 대한 검사 문항이 포함되어 있다. 이 문항들도 5단계 리커트 척도를 사용하였으며 각 문항마다 4점 만점으로 두었다.

‘관찰 결과 기록’ 단계에서는 그네를 타면서 관찰한 힘의 방향을 기록한다. 먼저 두 관찰 도구에서 추가 치우친 방향을 그림으로 표시하고 그것으로써 힘의 수평 성분의 방향과 수직 성분의 방향을 해석하여 화살표로 표시하게 하였다. 그리고 힘의 두 성분을 합성하여 합력의 방향을 나타내게 하였다.

모든 참여자가 여기까지의 활동을 끝낸 것을 확인한 후, 학생들로 하여금 ‘읽기자료’를 읽게 하였다. ‘읽기자료’ 단계에서는 그네 또는 단진자에 작용하는 합력의 방향에 대해 간단히 설명하는 글을 제시하였다. 중력과 장력의 합성이라는 정역학적 설명과 성분







Table 1
The students' types of reason in the direction of total force applying a swing (pre-test)

Types of reason	
i	gravity + tension
ii	gravity + tension (indirectly considering the motion-force)
iii	gravity + motion-force
iv	tension + motion-force
v	gravity + tension + motion-force
vi	motion-force
vii	etc.

별 운동 변화와 힘의 관계를 설명하는 동역학적 설명 및 그네를 타는 동안 몸이 가벼워지거나 또는 무거워지는 느낌을 그네에 작용하는 합력과 관련지은 설명이 제시되었다. 이해가 잘되지 않는다는 부분에서 약간의 설명을 덧붙여 주었다.

‘형성평가’는 즉시 사후검사를 의미한다. 즉시 사후 검사에서는 두 문항을 제시하였다. 문항1에서는 그네가, 문항2에서는 실에 매달린 추가 넓은 폭으로 운동할 때 주요 세 위치에서 작용하는 힘의 방향에 대한 문항이다. 문항1은 선택형으로서 답을 선택하고 이유도 진술하게 하였고 문항2는 서술형이었다. 그네타기 활동에서부터 형성평가까지 약 45분의 시간이 소요되었다. 활동자료는 묶음으로 개인에게 나누어 주었으나

Table 2
The students' response to the direction of total force and the type of its reason on the position A (pre-test)

	The direction of total force on A	N	types of reason						
			i	ii	iii	iv	v	vi	vii
Right	Right-down 	2	a,o	-	-	-	-	-	-
	Inside the path Right 	3	-	-	n	-	w	-	u
	Right-up 	3	g	-	-	d	-	-	i
	On the path 	9	b,f,m,p,r	-	c,q,t	-	-	v	-
	Outside the path 	5	-	-	e,j	-	k,x	-	h
	Left 	2	-	-	l	-	-	s	-
Total number		24	8	-	7	1	3	2	3

Note: a~l: female, m~x: male.

연구자의 지시 없이는 다음 장으로 넘기거나 앞으로 되돌려 보는 것을 못하게 하였다.

지연 사후 검사는 2주 후에 실시되었으며 문항은 즉시 사후 검사의 문항과 같으며 단지 문항1의 보기 순서만 바꾸었다.

III. 연구 결과

1. 단진자(그네)에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생 개념

단진자가 큰 폭으로 움직일 때 대표적 세 위치(최고점에서 출발 후, 최하점을 지날 때, 최고점에 도착 전)에서 단진자에 작용하는 힘에 대한 중학생들의 응답이유를 Table 1과 같이 7가지 항목으로 분류하였다. 학생들이 단진자 및 그네에 작용한다고 생각하는 대표적 힘의 종류는 중력, 장력, 그리고 운동방향으로의 힘이었다. 분류는 이 힘들 중 언급된 힘들을 기준으로 하였으며 세 위치에서 응답 이유를 분석할 때 공통적으로 사용하였다.





그네의 대표적 세 위치에서 단진자에 작용하는 합력의 방향에 대한 학생개념을 조사한 결과는 다음과 같았다.

(1) 왼쪽 최고점에서 출발한 후 (위치A)

최고점에서 출발한 후(위치A), 단진자에 작용하는 힘의 방향에 대한 학생들이 응답한 결과는 Table 2와

Table 3

The students' response to the direction of total force and the type of its reason on the position O (pre-test)

The direction of total force on O	N	types of reason						
		i	ii	iii	iv	v	vi	vii
Right-up 	3	-	c	-	-	k	-	u
Right 	6	-	o,p,r	-	-	q	s	i
Right-down 	1	-	-	n	-	-	-	-
None 	14	a,d,e,g,h,j,l,m,t,v,x	b,f	-	-	w	-	-
Total number	24	11	6	1	-	3	1	2

Note: a~l: female, m~x: male.

같다. 운동 경로를 따라 힘의 방향을 표시한 학생들이 9명으로서 가장 많았다. 그 중 5명은 중력과 장력의 작용 때문이라고 하였으며 3명은 중력과 운동 방향으로의 힘이 작용하기 때문이라고 응답했다. 비교적 옳은 답에 근접했다고 생각되는 힘의 방향인 운동 경로 안쪽으로 응답한 학생은 총 8명이지만 그 중 중력과 장력을 응답이유로 설명한 학생은 3명뿐이었으며 두 힘의 합력에 구심 방향 성분이 있어야 한다는 것을 고려한 흔적은 없었다. 합력의 방향을 오른쪽으로 표시하되 운동 경로 밖으로 나타낸 학생들이 5명이었는데 이들은 중력 또는 중력과 장력에 운동하는 방향으로의 힘을 더하여서 합력을 구했기 때문이다. 진자(그네)의 운동 방향과는 반대인 왼쪽으로 응답한 학생들이 2명(1과 s)이었는데, 그들은 운동 방향의 힘을 고려하더라도 힘의 방향과 도구에서 나타나는 현상을 혼동하거나 문제 상황을 잘 이해하지 못한 것으로 판단된다.

응답 이유 유형에 따라 살펴보면 중력과 장력의 작용을 응답이유로 설명한 학생들(유형 i)이 8명으로 가장 많았고, 중력과 운동방향으로의 힘의 작용 때문이라고 나타낸 학생들(유형 iii)이 7명으로 그 다음으로 많았다. 참여자 중 20명의 학생들은 중력을 고려하였으며 14명의 학생들이 장력을 언급하였다. 응답 이유 유형 iii~vi에 해당하는 13명의 학생들은 모두 운동방향으로의 힘을 직접적으로 표현하여 합력의 방향을 설명하였다.

(2) 최하점을 지날 때(위치O)

학생들의 응답은 Table 3과 같다. 최하점을 지날

때(위치O), 구심 방향으로의 합력을 표현한 학생은 한 명도 없었으며 응답 이유에 포함시킨 학생들도 없었다. 오히려 아무런 힘이 작용하지 않는다고 응답하는 학생들이 14명으로 가장 많았는데 이들 중 11명은 중력과 장력의 합력이 0이기 때문이라고 응답했으며 나머지 3명(b, f, w)은 합력이 0이기 때문에 운동이 멈춘다는 설명을 직·간접적으로 첨가하였다. 오른쪽으로 합력이 주어진다고 설명한 학생들 10명 중, 약간 오른쪽-위쪽으로 답한 학생들 3명과 오른쪽으로 답한 학생들 6명도 대부분 중력 및 장력과 함께 운동방향을 직접적으로 합성하여 합력을 설명하였다. 약간 오른쪽-아래쪽이라고 답한 1명(n)의 학생은 중력과 운동방향의 힘만으로 설명하였다.







응답 이유에서 중력과 장력은 모두 포함시킨 학생들이 총 22명이다. 중력과 장력만을 고려한 학생들이 11명이었고 중력과 장력 외에 운동방향으로의 힘을 직·간접적으로 고려한 학생들이 11명 이었다. 위치A에서는 중력과 장력을 모두 포함시켜 합력을 분석한 학생 13명 외 9명은 위치O에서만 두 힘을 모두 고려했다.

(3) 오른쪽 최고점에 도착 전(위치B)

학생들의 응답은 Table 4와 같다. 합력의 방향을 왼쪽으로 표현한 학생들은 총 14명이다. 그 중 운동 경로 안쪽에서 왼-위쪽으로 표현한 학생이 3명이며 경로 위에서 경로를 따라 표현한 학생이 7명, 경로 밖으로 표현한 학생이 4명이었다. 응답 이유를 살펴보면 7명의 학생들은 중력과 장력을 합성하여 합력을 표현했다(유형 i). 이들은 합력이 경로 안쪽이거나 위

Table 4

The students' response to the direction of total force and the type of its reason on the position B (pre-test)

The direction of total force on A		N	types of reason							
			i	ii	iii	iv	v	vi	vii	
Left	Inside the path Left-up		3	g,v	-	-	d	-	-	-
	On the path		7	b,f,m,r	-	c,q	-	-	-	i
	Outside the path		4	a	-	e	-	k	-	x
Right	Right-down		3	-	-	h,j,n	-	-	-	-
	Right-up		6	-	o,p	l	-	w	s,t	-
None			1	-	-	-	-	-	-	u
Total number			24	7	2	7	1	2	2	3

Note: a~l: female, m~x: male.

거나 바깥에 대한 특별한 추가적인 이유는 없었다. 운동방향의 힘을 포함시키면서도 합력이 왼쪽인 학생들(c, d, e, k, q)은 모두 ‘되돌아가려는’ 힘을 고려하였기 때문이다(유형 iii ~ v). 합력의 방향을 오른-아래쪽이라고 응답한 학생이 3명 있었는데 이들은 중력과 운동방향의 힘을 합하였다. 그리고 오른-위쪽이라고 응답한 학생들이 6명으로 상당히 많았다. 그들 중 대부분이 중력 또는 장력을 고려하면서도 여러 가지 이유로 두 힘의 효과는 상쇄시키고 운동방향으로 합력을 나타내었다.

중력을 포함시킨 학생들은 총 20명이었으며 장력을 포함시킨 학생들은 14명, 그리고 운동방향의 힘을 포함시킨 학생들은 15명이었다.

세 위치에서의 응답을 비교해 보면 다음과 같은 특징이 있었다. 첫째, 왼쪽 최고점을 출발 한 후(위치A)에 작용하는 합력의 방향에 대해 대부분의 학생들은 오른쪽이라고 응답하여 진행방향과 비슷하게 설명한 반면 오른쪽 최고점에 도착하기 전(위치B)에는 14명(58.3%)의 학생들이 합력의 방향이 왼쪽이라고 응답하고 9명(37.5%)의 학생들은 합력이 운동방향과 비슷한 오른쪽이라고 응답하여 응답 경향이 다양하였다. 이는 위치B에서는 중력과 장력만을 고려한 7명의 학생들 외, 일부 학생들은 진자가 최하점으로 되돌아가려는 운동 특성을 고려하여 합력을 왼쪽으로 나타내고, 또 다른 일부 학생들은 운동 방향으로의 힘을 고려하여 합력을 오른쪽으로 나타냈기 때문으로 이해된다. 둘째, 왼쪽 최고점을 출발한 후(위치A)와 오른쪽

최고점에 도착 전(위치B)에서 개인별 응답 이유를 비교해 보면 거의 비슷하다. 그러나 진자가 최하점을 지날 때(위치O)는 개인별 응답이유가 달라지는 경우가 많았다. 예를 들면, 학생 e, j, l의 경우 위치A와 B에서는 중력과 운동방향의 힘을 고려하였지만 위치O에서는 중력과 장력을 고려하였으며 학생 r은 위치A와 B에서는 중력과 장력만을 고려하다가 위치O에서는 운동방향으로의 힘을 간접적으로 고려하여 응답하였다. 이렇게 운동 상태에 따라 작용하는 힘을 결정하려는 아동들의 사고 특징은 박성식(1987)의 연구 결과와도 일관된다. 셋째, 장력과 중력의 합으로서 그 이유를 설명한 학생들이 가장 많았지만 합력을 경로 안쪽으로 표시한 학생은 2~3명밖에 되지 않았다. 더구나 그들 또한 진자의 운동이 갖는 구심방향의 가속도를 인식하고 응답하지는 않았으며 합력이 경로 안쪽으로 향한다는 의도는 없었다.

2. 인지갈등 정도

관찰 결과가 자신의 예상과 같았는지에 대해 모두 ‘아니다’라고 응답하였다. 몇 명의 학생은 처음에는 자신의 예상이 관찰 결과와 같다고 응답한 경우가 있었으나 연구자가 안내하여 그네타기를 통한 관찰을 다시 한번 하게 했을 때 예상과 결과가 다르다는 것을 분명히 인정하게 되었다. 부분적으로 예상과 관찰 결과가 같은 경우도 있었으나 세 위치 모두에 대해 옳게 예상한 사람은 한명도 없었다.

Table 5
The score of cognitive conflict through swing experience

	Recognition	Interest	Anxiety	Reappraisal	Total
Female	7.67	10.50	5.25	8.92	32.33
Male	7.17	7.08	3.33	5.92	23.50
Total	7.42	8.79	4.29	7.42	27.92

인지갈등 검사 전 다음의 네 문항에 대한 응답 평균은 다음과 같다. 각 문항의 만점은 4점이다. ‘관찰 수행’에 대한 문항에서는 응답평균이 3.33(여 3.67, 남 3.00)으로 대부분의 학생들이 매우 잘 했다고 응답하였다. ‘관찰 방법 및 도구’에 대해서는 평균 3.46(여 3.92, 남 3.00)으로 대부분이 문제가 없다고 답했다. 이 두 문항에서는 여학생들의 응답 평균이 남학생보다 높았다. ‘관찰 결과의 재현가능성 신뢰’와 ‘관찰 결과 신뢰’는 모두 평균 3.67로 매우 높았으며 남여의 차이는 없었다. 표본이 적어서 통계적 유의성을 보일 수는 없었지만 이 네 문항에 대해 높게 응답한 학생들은 뒤에 제시된 ‘관찰 후 자신의 생각이 변했는지’에 대한 문항에서도 높게 응답한 경향이 있었다.

인지갈등 점수 결과는 Table 5와 같다. 인지갈등 총점은 48점 만점에 대해 평균 27.92로서 평균적인 인지갈등은 그다지 높지 않았다. 그러나 남여를 분리해서 보면 여학생은 32.33으로서 인지갈등이 다소 높게 나왔으며 남학생은 23.50으로 중간 정도였다.

인지갈등 정도가 남녀의 차이가 크므로 인지갈등의 구인별 정도를 살펴볼 때 다음과 같이 남녀를 나누어 살펴보았다. 구인별로 3문항이 주어지므로 구인별 만점은 12점이다. ‘불일치 인식’은 남여 두 집단이 비슷했으며 전체평균 7.42로서 중간 정도였다. 학생들은 자신의 예상이 관찰한 것과 다르다는 것을 확인하고 인정했음에도 불구하고 결과에 대해 ‘왜 그럴까 하는 의문’이나 ‘놀라’거나 ‘이상하다는 생각’이 그다지 크지 않았다. ‘흥미’는 여학생이 10.50으로 높은 편이었고, 남학생은 7.08로 중간 정도였다. 네 가지 구인 중 흥미의 점수가 가장 높은 것으로 보아, 이 활동에서는 학생이 불일치를 자신들의 기존 인지에 도전적인 경우로 받아들이기 보다는 활동 자체의 즐거워하고 예상과 다른 결과에 재미있어 하며 호기심과 관심을 갖게 된다는 것을 알 수 있다. ‘불안’은 여학생이 5.25, 남학생이 3.33으로서 낮은 편이었다. 자신이 예상한 것이 틀렸더라도 ‘혼란스럽다’거나 ‘답답하다’, ‘고민된다’와 같은 반응을 별로 보이지 않았다. 또한 전반적으로 불안이 낮지만, ‘관찰 결과의 재현가능성 신뢰’ 정도가 높다고 응답한 학생들이 비교적 낮은 불안을 보

이는 경향도 보였다. ‘인지적 재평가’는 여학생은 8.92, 남학생은 5.92로 여학생이 남학생보다 높은 점수를 보였다. ‘자신의 생각을 좀 더 확인’하고 관찰 결과가 ‘왜 그런지 생각해 보려고’ 하거나 설명할 수 있는 ‘근거를 찾으려는’ 의도가 남학생에게 있어서 다소 부족했다.

전체적으로 보면 ‘흥미’가 가장 높았으며 ‘불안’이 가장 낮았다. 불안이 특히 낮다는 경향은 서상오 등(2002)의 연구에서 체험을 통한 인지갈등의 특징과 같았다. 그리고 흥미, 불안, 인지적 재평가에서는 모두 여학생의 점수가 더 높았지만 사례수가 적으므로 통계적으로 남녀 집단별 차이의 유의미성을 확인할 수는 없었다. 다만 남학생들이 더 적극적으로 활발히 그네타기에 참여한 것에 비해 남학생의 인지갈등이 전반적으로 낮다는 것은 이러한 체험을 통한 불일치 상황이 남학생들의 인지적 참여를 이끌어 내는데 부족한 면이 있었음을 시사해주었다.



불일치 인식이나 불안, 인지적 재평가가 그다지 높지 않음에도 불구하고 ‘학생 자신의 예상과 다른 결과를 타당하다고 인정하는가’에 대한 응답에서는 평균 3.33으로 높게 나왔으며 ‘관찰한 결과를 설명할 수 있는가’에 대해서는 응답이 1.83으로 설명할 수 없다는 쪽으로 치우쳤다. 그리고 ‘관찰 후 자신의 처음 생각을 바꾸었는가’에 대해서는 3.21로서 생각을 바꾸었다고 응답하였다. 그러나 대부분의 학생들이 바뀐 생각을 구체적으로 설명하지 않았거나 설명을 하더라도 타당하지 않은 설명을 하였다. 학생들은 관찰 후 관찰 결과가 자신들이 예상한 것과 다르다는 것을 확인한 정도에 비해서, 그러한 불일치가 ‘불일치 인식’ 및 ‘불안’이나 ‘인지적 재평가’로 이어진 정도가 약했다. 그 이유는 체험으로 관찰한 장면의 권위를 확실히 인정하고 그 결과를 설명할 수는 없지만 그 결과에 맞추어 자신들의 생각을 재빠르게, 그러나 적당히 바꾸었기 때문으로 보인다. 이러한 경향은 김연수(2002)의 연구에서의 불안유형 중 불안이 낮은 범주의 특징과 비슷하기도 하다.

3. 직후 사후 검사와 지연 사후 검사

직후 사후 검사의 문항1은 사람이 그네를 타는 모

Table 6

The students' response to the direction of total force and the type of its reason on the position A, B and O (problem 1 of the immediate post-test)

The direction of total force on A, O and B	N	types of reason								
		i	ii	iii	iv	v	vi	vii	no explanation	
	23	A, B	a, c, d, f, k, l, o, p, r, w	-	q	m	n	-	b, e, g, h, j, s, v, x	i, t
		O	a, c, d, f, h, k, l, r, w	-	-	m	n	-	b, e, i, j, q, s, t, x	g, o, p, v
	1	A, B	-	-	-	-	-	-	u	-
		O	-	-	-	-	-	-	u	-

Note: a~l: female, m~x: male.

습을 그려주고 위치A, O, B에서 사람에게 작용하는 합력의 방향을 묻는 선택형 문항이다. 문항1에 대한 응답 결과는 Table 6과 같다. 각각의 위치에 대해 $\nwarrow, \uparrow, \nearrow$ 라고 선택한 학생은 23명이었으며 $\nwarrow, \cdot, \nearrow$ (위치O에서 합력은 0)을 선택한 학생은 1명이었다. 각 학생들의 위치A와 B에서의 응답 이유는 일치했지만 위치O에서의 응답이유는 A또는 B에서와 일치하지 않은 경우가 있었으므로 응답이유를 위치A·B와 위치O로 구분하여 나타내었다.

모든 위치에서 진자에 작용한 합력을 중력과 장력의 합이라고 하고 장력과 중력 및 합력의 방향을 적절히 표현한 학생은 8명(a, c, d, f, k, l, r, w)이었으며 학생 o와 p는 위치A와 B에서만, 그리고 학생 h는 위치 O에 대해서만 중력과 장력의 합으로 합력을 설명했다. 학생 e는 중력과 장력의 합으로 합력을 설명했다지만 위치A와 B에서 장력의 방향을 수평방향으로 잘못 설명하고 있었다. 이와 비슷하게 학생 h, j, q, v도 위치A와 B에서 수직방향으로 중력을 나타내고 각기 다른 이유로 수평방향의 힘을 그려서 합력을 표현했다. 이러한 현상은 학생들이 힘의 방향을 관찰할 때 수평·수직 성분을 따로 관찰했기 때문인 것으로 여겨진다. 일부 학생은 중력과 장력의 언급은 없었어도 읽기자료에 포함되었던 일부분을 이유로 제시하기도 하였다. 위치A와 B에 대해서는 ‘가볍다고 느껴졌다’(g) 또는 ‘운동방향을 바꾸어야 한다’(x)고 설명하였고 위치O에 대해서는 ‘구심 방향으로 남아있는 힘’(b), ‘등속직선운동이 아니다’(i), ‘무거워지는 느낌’(j), ‘방향을 바꿔줌’(t), ‘그네가 받쳐주는 힘’(x)이라고 설명하였다. 반면 ‘관성’을 힘의 한 종류로 언급해 합력을 구하거나(m, n) ‘가는 힘’(q)을 언급하거나 막연히 ‘실험결과가 그러했다’(s)라고만 설명하기도

하였다. 학생 m은 사전 검사에는 중력과 장력의 합으로 합력의 방향과 응답이유를 설명했지만 체험 및 읽기 자료의 처치 후에는 오히려 ‘관성과 장력에 의해서’라고 하였는데 이는 힘의 방향 관찰 도구의 원리(관성)가 개념변화에 부정적 영향을 준 것으로 이해된다. 학생n은 사전 검사에서는 중력과 운동방향의 힘의 합력이라고 설명했었는데 체험 및 읽기 자료의 처치 후에는 ‘장력’의 요소가 첨가 되었다. 학생 q는 위치 A와 B에서는 사전 검사의 응답 이유 유형과 일치했으며 위치O에서는 ‘가는 힘이 약해져서’라고 설명하면서 사전 학생 개념(범주 v)에서 운동방향으로의 힘을 약화시켰다. 힘의 방향을 잘 못 선택한 학생(u)은 단지 그렇게 관찰했다고만 언급하였다.

문항2는 추가 실에 매달려 다소 큰 폭으로 운동하고 있을 때 위치A, O, B에서 추에 작용하는 합력의 방향을 묻는 서술형 문항이었다. 세 위치에서 합력이 각각 $\nwarrow, \uparrow, \nearrow$ 라고 응답한 학생들은 모두 19명이었으며 대부분이 문항 1에서와 비슷하게 설명하였다. 단, 학생 m은 ‘관성과 중력 및 장력의 합’으로, 학생 n은 ‘중력과 장력의 합’으로 응답이유가 문항1과 다르나 체험 및 읽기자료 처치 후 얻어진 ‘관성’ 또는 ‘장력’에 대한 생각은 그대로 유지되고 있다. 합력의 방향을 문항1과 다르게 응답한 학생은 c, g, j, p이다. 학생 c는 위치 A에서만 중력과 장력을 합하여 진행방향으로 합력을 표시했으며 학생 g는 세 위치 모두에서 연직하방으로 합력을 나타내고 ‘중력과 합력이 작용한다’는 적절하지 못한 설명을 했다. 학생 j는 장력과 중력이라고 설명하여 위치 O에서는 옳게 표시했지만 위치A와 B에서는 학생 e와 마찬가지로 장력을 수평방향으로 잘 못 나타내어 합력을 접선 밖으로 나타내었다. 학생 p는 위치O에서 ‘수직방향으로는 합력이

Table 7

The students' response to the direction of total force and the type of its reason on the position A, B and O (delayed post-test)

The direction of total force on A, O and B	N	types of reason							
		i	ii	iii	iv	v	vi	vii	
	18	A, B	b, c, d, f, i, k, o, s, u	-	e, g, j, q, t, v	-	-	-	h, w, x
		O	b, d, e, f, i, k, o, q, s, t	-	-	-	-	-	c, g, h, j, u, v, w, x
	5	A, B	a, p, r	-	l, m	-	-	-	-
		O	a, p, r	-	-	-	-	-	l, m
	1	A, B	n	-	-	-	-	-	-
		O	n	-	-	-	-	-	-

Note: a~l: female, m~x: male.

0이므로 수평방향으로만 힘이 작용한다'고 설명하였다.

지연 사후 검사에서는 참여자 모두가 그네타기 그림으로 제시한 선택형 문항1과 실에 매달린 추의 상황으로 제시한 서술형 문항2에서 동일하게 응답하였다. 지연 사후 검사에 대한 학생 응답은 Table 7과 같다. 위치A, O, B에서 단진자에 작용하는 힘의 방향이 각각 라고 응답한 학생은 18명이었고 로 응답한 학생이 5명, 그리고 라고 응답한 학생이 1명 있었다.

라고 응답한 학생들의 위치A와 B에 작용하는 힘에 대한 이유를 살펴보면 그들 중 9명(b, c, d, f, i, k, o, s, u)만 중력과 장력의 합으로 그 이유를 설명했으며 6명의 학생들(e, g, j, q, t, v)은 운동방향으로의 힘과 중력을 합으로 설명하였다. 운동하는 방향을 되돌려야 하기 때문이라고 설명한 학생들도 2명(w, x) 있었다. 위치O에서 단진자에 작용하는 힘에 대한 이유를 살펴보면 10명(b, d, e, f, i, k, o, q, s, t)의 학생이 중력과 장력이 더해지되 장력이 더 크기 때문이라고 설명하였으며 학생 c, w, x는 장력만 작용하기 때문이라고 설명하였고 학생 g와 h는 중력 때문이라고 설명하였으며 학생 j와 v는 위치O에서 B로 갈 때 위로 올라가기 때문이라는 설명을 포함시켰다.

각 위치에서 로 응답한 학생들의 응답 이유를 살펴보면 위치A, B 및 O에서 중력과 장력의 합으로 설명한 학생은 3명(a, p, r)이고 학생 1과 m은 위치A와 B에서는 나아가는 방향으로의 힘과 중력의 합으로 설명하면서 위치O에서는 학생 1은 설명 없이 위쪽 힘과 아래쪽 힘의 합으로 설명하기도 하고 학생 m은 오른쪽이나 왼쪽으로 가는 힘이 없기 때문이라고 설명하기도 하였다. 그리고 라고 응답한 학생 n은 구체적 표현 없이 장력과 중력의 합이라고

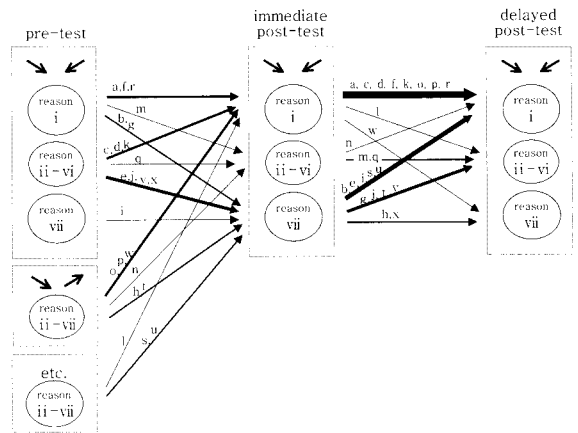


Fig. 3 Changes of students' conceptions of total force on the position A and B of the simple pendulum

설명하였다.

Fig. 3과 4는 사전검사, 직후 사후검사 및 지연 사후검사를 통해 진자에 작용하는 학생들의 힘 개념의 변화를 나타낸 것이다. 변화과정을 좀 더 간단히 나타내기 위하여 응답이유 중 운동방향으로의 힘을 포함하고 있는 ii-vi를 한 범주로 묶었으며 힘의 방향도 큰 범주로 묶어 위치A와 B에서는 힘의 방향을 오른쪽-왼쪽()과 오른쪽-오른쪽() 및 기타로 나누고 위치O에서 힘의 방향은 구심방향()과 합력 0 () 및 진행방향()으로 나누었다.

위치A와 B의 경우, 사전 검사에서는 학생들의 응답이 다양했으나 사후검사에서는 모든 학생들이 힘의 방향을 로 응답했다(Fig. 3). 사전검사에서는 운동방향으로의 힘을 합력에 포함시키고 있었던 대부분의 학생들이 즉시 사후검사에서는 운동방향으로의 힘 개념을 언급하지 않았다. 단지 학생 q와 n만 운동방

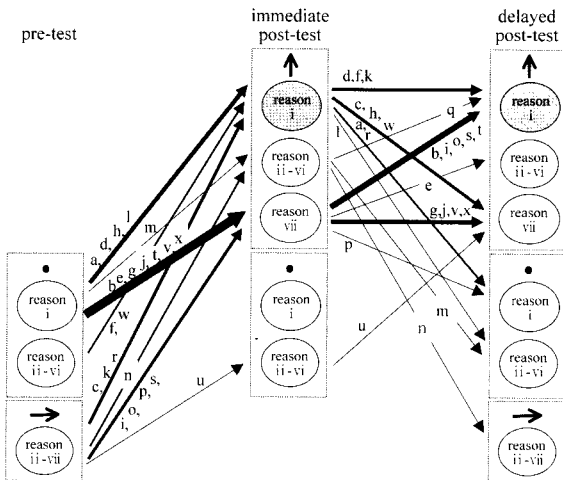


Fig. 4 Changes of students' conceptions of total force on the position O of the simple pendulum

향으로의 힘 개념을 그대로 가지고 있었다. 반면 처음에 중력과 장력의 합으로 힘의 방향을 설명했지만 사후검사에서 오히려 그렇게 설명하지 않은 학생들(b, g, m)도 있었다. 학생 b는 중력과 장력을 언급하지 않았을 뿐 ‘구심 방향으로 남아있는 힘’이라고 하면서 체험과 읽기 자료를 통해 알게 된 특징을 설명했으며 지연 사후검사에서는 중력과 장력의 합으로 힘의 방향을 적절히 설명한 것으로 보아 이유 범주에 변동이 있기는 했지만 개념변화가 부정적으로 된 것은 아니라고 판단된다. 그러나 학생 g는 즉시 사후검사 문항 2에서 적절하지 못한 설명을 했고, 학생 m은 ‘관성’을 힘으로 언급했으며 지연 사후검사에서는 학생 g와 m 모두 운동방향의 힘을 언급하여 개념변화가 부정적으로 이루어진 것을 보여주었다. 이러한 반응 특징이 무엇 때문인지 명확히 조사하지는 못했지만 한 가지 이유를 추리한다면 사전검사 과정에서 자신의 개념이 충분히 드러나지 못했을 가능성이 있다. 학생 g와 m은 준비활동에서 언급했던 실이 잡고 있는 힘에 대한 설명을 일시적으로 기억하고 진자에 작용하는 힘을 설명할 때 적용한 것으로 보인다.

즉시 사후검사에서 중력과 장력의 합으로 합력을 설명하는 학생이 10인데 그 중 3명은 사전검사의 설명을 유지시킨 학생들이고 7명은 사전검사에서 적절하지 않게 설명했던 학생들이었다. 힘 개념 설명이 적절하게 변한 학생 수가 많지 않아 보인다. 그러나 이들 10명 중 8명은 지연 사후검사에서도 개념을 유지하고 있었으며 즉시 사후검사에서 ‘기타’ 범주(이유 유형 vii)에 속했던 5명의 학생들을 포함한 6명도 중력과 장력으로 설명하여 지연 사후검사에서 중력과

장력으로 힘의 방향을 적절히 설명한 학생 수가 총 14명이 되었다.

위치O의 경우 개념 변화의 변화 양상이 훨씬 복잡하다(Fig. 4). 사전 검사에서는 어느 누구도 힘의 방향이 구심방향으로 작용한다고 설명하지 않았다. 그러나 즉시 사후검사에서 1명을 제외한 모든 학생들이 구심 방향의 힘을 선택했고 응답이유로서 중력과 장력의 합이 구심방향으로 향한다고 설명한 학생들은 9명이었다. 이들 중 3명만 지연 사후검사까지 설명을 동일하게 유지했으며 나머지는 적절하지 않게 변화했다. 직후 사후검사에서 응답이유가 ‘기타(vii)’ 범주에 속했던 11명의 학생들 중 5명을 포함한 6명이 지연 사후검사에서 중력과 장력의 합으로 적절하게 힘의 방향을 나타내었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 단진자에 작용하는 힘에 대해 중학생들이 가지고 있는 개념을 조사하고 근운동을 사용한 체험으로서 불일치 자료를 제시하여 인지갈등과 개념변화에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 불일치 상황 제시로는 놀이터의 그네를 타면서 큰 폭으로 운동하는 단진자에 작용하는 힘을 관찰하게 하였다. 이 연구에서 얻은 결론 및 제언은 다음과 같다.

단진자의 왼쪽 최고점을 출발한 후(위치A)와 오른쪽 최고점에 도착 전(위치B)에서 학생들은 합력의 방향을 운동경로와 유사하게 표현하는 경우가 가장 많았지만 합력을 운동경로 안쪽으로 나타낸 학생은 매우 작았으며 그들조차도 구심방향의 힘의 성분을 고려한 흔적은 없었다. 진자가 최저점을 지날 때(위치O)는 합력이 구심을 향한다고 응답한 학생은 한 명도 없었다. 합력이 없다고 응답한 학생이 가장 많았는데 그 중 상당수가 중력과 장력이 상쇄되기 때문이라고 설명하였고 그 외 다수가 운동방향으로 힘이 있어서 합력이 오른쪽이라고 응답하였다. 개인별로 응답이유를 살펴보면 위치A와 B에서는 비슷했지만 위치O에서는 상당히 달라 운동 상태에 따라 작용하는 힘을 결정하려는 아동들의 사고 특징을 보였다. 그리고 반 이상의 학생들이 운동방향으로의 힘을 직접적으로 언급하여 학생들의 대표적인 오개념을 드러냈다.

선행 연구에서는 진자에 작용하는 힘에 대해 학생들이 장력을 고려하지 못하는 경우가 많았다고 하는데 반해 이 연구에서는 반 이상의 학생들이 장력을 실재하는 힘으로 언급하였다. 이는 준비 단계에서의 실에 가만히 매달려 있는 추에 작용하는 힘으로 힘

표시를 연습한 것이 영향을 준 것으로 생각된다.

관찰 방법 및 도구, 관찰 수행, 관찰 결과 신뢰에 대해서는 매우 긍정적이라고 응답하였고 관찰 결과가 자신의 예상과 다르다는 것을 명확히 확인했음에도 불구하고 인지갈등의 평균 점수는 그다지 높지 않았다. 특히 남학생의 인지갈등 정도가 여학생에 비해 전반적으로 낮았다. 요소별로 보면 ‘흥미’가 비교적 높은 편이었고, ‘불일치 인식’과 ‘인지적 재평가’는 중간 정도, ‘불안’은 매우 낮았다. 체험을 통한 불일치 상황 제시의 유용성을 좀 더 구체적으로 살펴보기 위해서는 불안 구인이 낮게 나타나는 이유를 조사해 볼 필요가 있다. 또한 남녀 학생의 어떠한 특성 차이가 인지갈등에 영향을 주는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것 같다.

직후 사후검사에서는 24명 중 23명, 지연 사후검사에서는 18명이 힘의 방향을 옳게 응답했다. 대다수의 학생들이 최하점을 지날 때(위치O) 합력이 구심을 향해 존재하고 있다는 것을 기억하였고 중력과 장력이 동시에 작용한다고 설명하는 학생 수는 증가하였으며 운동 방향으로 힘을 언급하는 학생 수는 매우 줄었다. 그리고 중력과 장력을 언급하지 않더라도 중량에 대한 느낌이나 운동변화, 관찰된 사실 등을 설명하면서 합력을 적절히 표현하는 경우도 있었다. 이러한 면들은 그네타기 체험을 통한 불일치 제시가 단진자에 작용하는 힘의 개념변화에 효과적인 면이 있다는 것을 반영한다. 그러나 문항별로 중력과 장력 및 합력을 적절히 표현하고 설명하는 학생이 반수에 미치지 못할 뿐 아니라 직후 사후검사와 지연 사후검사 전체에서 힘의 방향과 응답이유가 모두 적절한 학생들은 3명(d, f, k)에 불과했으며 개인별로 보았을 때 직후 사후 검사와 지연 사후 검사에서의 응답이 일관되지 못한 학생들이 많았다. 이러한 면들은 개념변화가 불안정하고 표면적이라는 것을 반영해준다.

진자에 작용하는 힘 개념이 중학생들에 어려운 개념임에도 불구하고 근운동 체험을 통한 불일치 상황에 참여하게 함으로써 다수의 학생들이 힘의 방향을 대략적으로 알고 기억하게 되었다는 것은 근운동 체험이 기억에 미치는 효과를 잘 나타내 주었다. 그러나 체험이 그 현상의 이유를 이해하는 데는 직접적인 큰 도움이 되지는 못했다. 이 연구에서 수행한 근운동 체험을 통한 불일치 상황이 인지갈등을 효과적으로 유발시키지 못했기 때문인지 아닌지는 확실하지 않다. 사후 개념이 비교적 적절했던 학생들 중 여학생이 남학생보다 많다는 것은 인지갈등이 개념변화에 미친 효과를 무시할 수 없음을 간접적으로 반영하므로 좀

더 구체적인 추가 연구가 필요하다 본다. 그리고 간단한 설명문을 통한 과학 개념 학습이 현상을 충분히 이해하도록 안내하기에는 부족했던 것으로 여겨진다. 근운동 체험이 인지갈등과 개념변화에 미치는 효과에 직·간접적으로 영향을 주는 요인들을 밝히도록 좀 더 깊이 있는 사례연구들이 필요하다.

국문 요약

이 연구에서는 진자에 대한 중학생들의 개념을 조사하고 그네를 타는 근운동 체험으로 불일치 자료를 제시하고 인지갈등 정도 및 개념변화를 살펴보았다. 다수의 학생들은 단진자에 작용하는 합력에 대해 진자 운동의 양 끝 주변에서는 운동궤도를 따라 표현하며 중심 부근에서는 힘이 없다고 하였다. 그 이유를 설명할 때 많이 고려하는 힘의 종류는 중력, 운동방향으로의 힘, 그리고 장력이었다. 모든 학생들이 관찰 결과가 자신들의 예상과 다르다는 것을 인정하고 활동을 매우 즐거워하였지만 인지갈등 정도는 그다지 높지 않았다. 인지갈등 요소별로 보면 ‘흥미’가 가장 높았으며, ‘불안’이 현저하게 낮았다. 직후 사후 검사와 지연 사후 검사에서 대부분의 학생들이 관찰했던 합력의 방향은 잘 기억하게 되었으나 그 이유를 잘 이해하고 옳게 진술한 학생은 소수였다.

참고 문헌

권재술, 이경호, 김연수 (2003). 인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.

김범기, 권재술 (1995). 과학개념과 인지적 갈등 유형이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15(4), 472-485.

김연수 (2002). 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기심리학적 요인에 따른 학생의 물리개념 변화 특성. 한국교원대학교 박사학위논문.

김영민, 정성오 (2003). 단진자 운동에 대한 오개념 분석. 제43차 한국과학교육학회 동계학술대회.

김익균 (1991). 대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념변화. 서울대학교 박사학위논문.

김지나, 이경호, 권재술 (2000). 갈등상황 제시 유형에 따른 학생들의 물리 개념 변화 유형. 새물리, 40(2), 84-93.

방성식 (1987). 힘과 운동에 대한 중학생들의 개념 조사. 서울대학교 석사학위논문.

박종원, 박문주 (1997). 힘과 운동과의 관계에서 인지적 갈등을 일으키기 위한 시범에 대한 학생의 반응

분석. 한국과학교육학회지, 17(2), 149-162.

서상오, 진순희, 정성안, 권재술 (2002). 진기회로 학습에서 초등학생의 토론과 체험을 통한 인지갈등. 한국과학교육학회지, 22(4), 862-871.

이경호, 권재술 (1999). 관성개념에 대하여 자기의 생각과 불일치하는 상황의 유형에 따른 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 19(4), 516-527.

이영직, 권재술 (1993). 오개념의 견고성 지수. 한국과학교육학회지, 13(3), 310-316.

이채은, 이경호, 김지나, 권재술 (2001). 인지갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념 변화. 한국과학교육학회지, 21(4), 697-709.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An Empirical Test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.

Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Elievitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change-some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Construction scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

Druyan, S. (1997). Effect of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1083-1099.

Gunstone, R. F. & Watts, M. (1985). Force and motion. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 85-104). Milton Keynes, England: Open University Press.

Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.

Hynd, C. R., McWhorter, J. Y., 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.

Lee, G. H., Kwon, J. S., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (1999, March). The development of an instrument for the measuring of students' cognitive conflict levels. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

Lee, G., Kwon J., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (2003). Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary-level science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 585-603.

Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problem: A dialectic constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 959-970.

Pfunt, H. & Duit, R.(1988). *Bibliography students' alternative framework and science education* (2nd Ed.). Kiel, Germany: IPN at the University of Kiel.

Unterman, N. A.(2001). *Amusement park physics, A teacher's guide* (2nd Ed.). Portland, Me, U. S. A.: J. Weston Walch, Publisher.

Viennot, L.(1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.