Korean J. of Child Studies
Vol. 34, No. 1, 21-34, February 2013
DOI : dx.org/10.5723/KJCS.2013.34.1.21

www.childkorea.or.kr
pISSN1226-1688
eISSN2234-408X

# 물체의 '경사면이동현상'에 대한 아동의 지식 변화

## An Investigation of Children's Knowledge Change as a Result of the Sloping Phenomenon

김은영(Eun Young Kim)[1)]
이순형(Soon Hyung Yi)[2)]

**ABSTRACT**

The purposes of this study were (1) to investigate the differences in the level of children's knowledge and reasoning skills due to the sloping phenomenon according to their ages and the types of tasks they were asked to perform, and (2) to investigate whether children's prior knowledge is changed to post knowledge through their reasoning. A total of 120 subjects, forty from each of the age groups 4, 6 and 8 were selected for the study. The major findings are presented below : 8-year old children showed higher levels of prior knowledge than 6-year old children. The prior knowledge level of the "size" task was higher than that of the "weight" task. 6-and 8-year old children showed higher levels of reasoning than 4-year old children. The reasoning level of the "size" task was higher than that of the "weight" task. 6-and 8-year old children showed higher levels of post knowledge than 4-year old children. However, there was no difference in children's post knowledge according to task difference. Through the different types of reasoning involved in the children's performances of the two tasks, changes in the prior knowledge of the sloping phenomenon were observed among all age groups.

**Key Words** : 경사면이동현상(the sloping phenomenon), 사전지식(prior knowledge), 사후지식(post knowledge), 추론(reasoning), 지식변화(knowledge change).

[1)] 서울대학교 아동가족학과 박사과정 수료
[2)] 서울대학교 아동가족학과 교수 겸 생활과학연구소 연구원
**Corresponding Author** : Eun Young Kim, Department of Child Development & Family Studies, Seoul National University
E-mail : iloveagi@naver.com

© Copyright 2013, The Korean Society of Child Studies. All Rights Reserved.

# Ⅰ. 서 론

아동의 물리 지식 발달에 대한 연구는 Piaget로부터 시작되었다. Piaget는 다양한 소재를 이용해 아동의 물리 지식을 살펴본 결과 개별 현상에 대한 아동의 물리 지식 그 자체 보다 사고구조의 특성을 밝혀 내는데 중점을 두었다(Inhelder & Piaget, 1958; Piaget, 1930). 그 결과 Piaget는 인지구조의 발달 단계에 따라 아동이 습득하는 물리지식이 달라진다고 보았다. Piaget에 의하면 구체적 조작기 아동은 가역성과 보존 개념을 획득하지만 구체적 대상에만 조작이 가능할 뿐, 추상적 과학 지식이나 추론은 형식적 조작기에야 가능하다.

Piaget의 주장과 달리 영아가 다양한 물리지식을 이해하고 있음을 보여준 연구 결과들(Baillargeon, 1991; Gopnik & Meltzoff, 1997; Spelke, 1994)은 이론 이론(theory theory)의 근거가 되었다. 영유아의 인지능력은 연구방법과 과제에 따라 수행 수준이 달라진다. Piaget가 언어적 설명에 의존했던 연구방법을 사용한 반면, 이론 이론은 탈습관화 등 언어적 설명이 필요없는 방법을 이용하였다. 그 결과 영아와 전조작기의 유아도 어느 정도 초기 지식이 있으며, 경험을 통해 타고난 지식을 발달시켜 나가는 것으로 밝혀졌다. 이론 이론은 이러한 실험 연구들을 근거로 영아의 지식과 성인의 지식 간에 나타나는 차이는 연속적 차이일 뿐 질적으로 다르지 않다는 것을 가정했다. 그리고 어떤 연령의 아동이든지 직관적·초보적 이론을 자신의 경험에 비추어 끊임없이 수정해가는 과정에서 지식과 이론의 변화가 이루어지는 것을 인지발달로 규정했다(Gopnik & Meltzoff, 1997).

과학적 사고는 구조적 측면의 물리 지식 습득과 더불어 기능적 측면의 추론으로 완성된다. 추론이란 과학자들이 과학 지식을 형성하는 과정에서 이루어지는 사고과정으로, 이론과 증거의 조정을 말한다(Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Anderson, 1995). Klahr와 Dunbar(1989)의 이중탐색이론(scientific discovery as dual search)에 의하면, 과학적 발견은 아동의 사전지식에 의해 이루어지는 '가설공간'과 가설을 검증하는 '실험공간' 간의 탐색으로 이루어진다.

Piaget는 아동의 추론이 인지발달의 네 단계를 거치며 변화를 경험하고, 과학적 인지능력은 형식적 조작기에야 완성된다고 주장했다(Inhelder & Piaget, 1958). Piaget에 의하면, 전조작기 유아는 자신의 예측이나 설명과 실제 관찰 내용이 불일치할 때도 혼란을 느끼지 않는다. 예를 들어, 전조작기 유아는 한 특성에만 주의를 기울이므로 '큰 공의 힘이 세기 때문에 큰 공이 항상 더 멀리 갈 것'으로 예측한다. 구체적 조작기가 되어야 비로소 아동은 자신의 설명과 관찰 사이의 불일치를 인식한다(Inhelder & Piaget, 1958). 그러나 구체적 조작기의 추론은 구체적 대상에 한정된다는 한계가 있다. 형식적 조작기에 이르러 아동은 문제를 가상적 형태로 개념화하고 추상적 대상에 대해서도 가설을 세우고 추론할 수 있으므로 연역적·귀납적 추론을 할 수 있다.

Piaget와 달리 이론 이론은 어린 아동도 과학적 사고를 할 수 있다고 보았다. Piaget의 구성주의 관점은 물리적 지식 활동(Kami & DeVries, 1992)을 통해 아동이 과학지식이나 개념의 의미를 스스로 구성한다고 보았다. 이는 이론 이론의 지식 발달 기제와 유사하다. 그러나 이론 이론에 의하면 아동의 선천적 지식으로 인해 어느 연령에서든지 추론이 일어나므로 원인과 결과를 설명하는 아동의 추론이 Piaget의 주장보다 더 빠른 시기에 발달한다. 이에 근거해서 이

론 이론은 단계와 같은 극적인 추론 능력의 변화가 이루어진다는 Piaget의 주장과 입장을 달리했다. 변수를 간단히 조정하고 과제 요구수준을 낮추면 6~7세 아동도 이론과 증거를 조정하는 과학적 사고가 가능한 것으로 보고되었다(Koerber, Sodian, Thoermer, & Nett, 2005; Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993; Sodian, Zaitchik & Carey, 1991).

아동은 어려서부터 미끄럼틀 놀이나 경사길을 뛰어 오르고 내려갈 때의 경험을 통해 경사면에서의 움직임을 접하게 된다. 아동은 경사로에서 자동차를 굴려보는 등 다양한 활동을 통해 중력, 마찰, 관성, 구심력 등과 같은 힘과 운동 개념을 배울 수 있다(Desouza & Jereb, 2000; Sprung, 1996). 아동은 경사로 활동을 통해 물체의 특성 및 관계에 대한 과학적 내용지식과 개념 및 과정적 의미를 알아가고, 실험 기회를 통해 과학적 능력을 향상시킬 수 있다(Park, 2011). 이와 같이 물체가 경사면에서 저절로 미끄러져 내려오는 '경사면이동현상'은 아동에게 친숙한 물리현상이며, 좋은 물리적 지식활동의 예(Sprung, 1996)가 된다.

경사면에 놓인 물체에 힘을 주지 않아도 물체가 저절로 미끄러져 내려가는 '경사면이동현상'은 생활 속에서 느끼지 못하는 중력에 의한 물체의 움직임으로, 중력에 대한 아동의 지식을 살펴볼 수 있는 물리현상이다. 경사면의 기울기를 점점 올려 수직으로 되었을 때 물체는 자유낙하하게 된다. 따라서 물체가 경사면에서 미끄러져 내려오는 '경사면이동현상'도 물체가 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지는 낙하현상과 동일한 과학원리가 적용된다. 중력은 지구가 물체를 지구중심 방향으로 잡아당기는 힘으로, 물체의 무게에 비례하여 작용한다. 따라서 무거운 물체는 중력을 더 많이 받게 된다. 그러나 물체에 작용하는 중력가속도가 일정(g = 9.8 ㎨)하므로, 낙하현상에서 공기에 의한 부력 차이를 무시할 수 있는 밀도를 갖는 모든 물체는 물체의 무게와 크기에 상관없이 같은 높이에서 동시에 떨어뜨렸을 때 땅에 닿기까지 걸리는 시간이 같다. 마찬가지로 '경사면이동현상'에서도 공기저항을 무시할 수 있는 무게의 모든 물체는 물체의 무게와 크기에 상관없이 경사면에서 동시에 내려온다.

경사면에서 나타나는 물체의 움직임에 대해 2세, 5세 유아는 물체의 모양에 따라 미끄러지는 정도가 다르고, 어떤 물체는 경사로에서 힘을 주고 밀어야 내려가며, 경사각에 따라 내려가는 속도가 다르다는 것을 알고 있었다(Park, 2011). 또한, 대부분의 아동이 경사면이 매끄러울 때 물체가 더 잘 내려감을 알고 있는 것으로 나타나 경사면의 마찰력에 대해서는 잘 이해하고 있는 것으로 볼 수 있다(Park, 2004). 이는 미끄럼틀 놀이나 빙판길에서의 경험 등을 통해 표면이 매끄러울 때 물체가 더 잘 미끄러지는 것을 경험으로 쉽게 습득했다고 볼 수 있다. 이에 비해 물체의 '무게' 변인과 물체가 미끄러지는 '속도' 간의 관계에 대해서는 연령이 높아져도 이해하기 어려웠다(Park, 2004). 경사면을 내려오는 물체의 무게나 크기 변인과 물체가 땅에 닿기까지 걸리는 시간에 대한 이해는 아동의 경험으로 정확하게 알기 어렵다. 왜냐하면 경사면의 물체를 손에서 놓을 때 물체에 가해지는 힘의 미세한 차이에도 물체의 출발속도 자체가 달라지므로 엄격한 변인 통제가 어렵기 때문이다. 낙하현상에서 '무거운 물체가 빨리 떨어진다'는 오개념은 흔히 나타나며, 연령이 증가해도 쉽게 변하지 않는 것으로 보고되었다(Bar, Zinn, Goldmuntz, 1994; Brown & Clement, 1992; Ruggiero, Cartelli, Dupre &

Vincentini-Missoni, 1985). 낙하현상과 동일한 원리가 적용되는 경사면이동현상에서도 아동은 '무거운 물체가 경사면에서 더 빨리 내려간다'고 생각할지 모른다.

아동은 물체를 움직이는 힘을 물체의 '무게'와 '크기'로 특징짓는다(Piaget, 1930). 낙하현상에서 물체의 '무게'와 '크기' 차원을 포함했을 때 아동은 결과를 정확히 예측하고 관찰하기에 어려움이 있었다(White, 1990). 특히, 아동은 물체의 '무게'를 움직임의 방향과 절대적인 힘 혹은 저항력의 상징으로 생각하는 것으로 나타났다(Piaget, 1930). 물체의 '경사면이동현상'에서도 '무게' 변인이 물체의 움직임에 대한 판단 근거로 작용되는지를 확인해 볼 필요가 있다. 이를 통해 '아동의 지식이 상호관련된 개념들로 조직된다'는 Piaget 이론과 이론 이론의 공통된 주장이 물리지식에서 확인되는지 살펴볼 수 있을 것이다. 경사면의 재질이나 기울기와 속도의 관계에 관련해서는 대부분의 아동이 차이를 정확하게 알고 있는지라 '경사면이동현상'에서 '무게'과제와 '크기'과제를 이용해 아동의 물리지식을 알아볼 필요가 있다.

이상과 같은 선행연구 고찰을 통해 물체의 무게 변인이 강조된 '무게과제'와 크기 변인이 강조된 '크기과제'를 이용해 물체의 '경사면이동현상'에 대한 4, 6, 8세 아동의 지식과 추론을 연령과 과제 종류에 따라 살펴보고자 한다. 또한 추론을 통해 사전지식의 변화가 일어나는지 살펴보고자 한다. 이를 통해 경사면이동현상에 대한 아동의 물리지식이 Piaget의 단계이론처럼 연령에 따라 질적으로 다른 단계를 보여주는지, 아니면 이론 이론의 주장처럼 선천적으로 가지고 태어난 물리영역의 지식을 발달시켜 나가는지 살펴보고자 한다. 연구문제는 다음과 같다.

<연구문제1> '경사면이동현상'에 대한 아동의 사전지식은 연령(4, 6, 8세)과 과제 종류(무게과제, 크기과제)에 따라 유의한 차이가 있는가?

<연구문제2> '경사면이동현상'에 대한 아동의 추론은 연령(4, 6, 8세)과 과제종류(무게과제, 크기과제)에 따라 유의한 차이가 있는가?

<연구문제3> '경사면이동현상'에 대한 아동의 사후지식은 연령(4, 6, 8세)과 과제 종류(무게과제, 크기과제)에 따라 유의한 차이가 있는가?

<연구문제4> '경사면이동현상'에 대한 아동의 사후지식은 사전지식과 유의한 차이를 나타내는가?

## Ⅱ. 연구방법

### 1. 연구대상

이 연구에서는 물체의 '경사면이동현상'에 대한 아동의 지식과 추론을 살펴보기 위해 서울과 경기도의 중류층 거주 지역에 위치한 어린이집 3 곳과 초등학교 2 곳에 다니는 만 4, 6, 8세 아동 각 40명씩 모두 120명을 연구대상으로 선정하였다. 연구대상의 성별은 4, 6, 8세 모두 각각 남자 20명, 여자 20명이었다. 연구대상의 평균연령은 4세 아동은 4년 7개월, 6세 아동은 6년 5개월, 8세 아동은 8년 7개월이었다.

### 2. 과제

물체의 '경사면이동현상'에 대한 아동의 사전지식, 추론 및 사후지식을 살펴보기 위해 '무

게과제'와 '크기과제'를 이용하였다. 두 과제는 '낙하현상'에 대한 Bar 등(1994), Piaget(1929) 및 White(1990)의 연구와 '경사면이동현상'에 대한 Park(2004)와 Park(2011)의 연구를 참고하여 연구자가 새롭게 구성하였다.

'무게과제'는 두 물체의 무게는 같고 크기가 다르게 구성된 셋트이다(Figure 1). '크기과제'는 두 물체의 크기는 같고 무게가 다르게 구성된 셋트이다(Figure 2). '무게과제'는 크기가 같은 두 원형 플라스틱 통에 한쪽은 쇠구슬을 가득 채우고, 나머지 한쪽은 쇠구슬을 간격을 두고 배치해 크기가 같고(지름 9 cm) 무게가 다른(27개, 7개) 두 물체로 구성했다. '크기과제'는 똑같은 쇠구슬 7개를 한쪽은 큰 원형 플라스틱 통에 넣고, 나머지 한쪽은 작은 원형 플라스틱 통에 넣어 무게가 같고(쇠구슬 7개) 크기가 다른(지름 9 cm, 지름 6 cm) 두 물체로 구성했다.

무게과제에 사용된 두 물체의 크기는 지름 9 cm, 높이 1.7 cm로 똑같았으며, 무거운 물체의 무게는 348 g, 가벼운 물체의 무게는 106 g으로 달랐다. 크기과제에 사용된 두 물체의 무게는 106 g으로 똑같았으며, 큰 물체의 크기는 지름 9 cm, 높이 1.7 cm, 작은 물체의 크기는 지름 6 cm, 높이 1.7 cm로 달랐다. 각 물체의 최종 무게는 플라스틱 통과 쇠구슬 외에 접착테이프의 무게가 더해진 값이다. 연구과제는 아동학 박사 4인, 이학 박사 1인을 통해 내용타당도를 확인받았다.

<Figure 1> Weight task

<Figure 2> Size task

## 3. 측정도구

### 1) 경사면이동현상 사전지식 측정

측정에 앞서, 아동에게 과제별로 두 물체를 자유롭게 탐색하도록 한 후 두 물체의 무게와 크기의 관계를 확인하도록 했다. 즉, 무게과제에서 두 물체의 크기는 같고 무게가 다르다는 것을, 크기과제에서 두 물체의 무게는 같고 크기가 다르다는 것을 확인하도록 했다. 크기과제에서 두 물체의 무게가 같다는 것을 아동이 쉽게 확인하지 못하는 경우에는 양팔저울로 무게가 같음을 확인하도록 하였다. 다음에 경사면이동현상에 대한 '사전지식'을 살펴보기 위해 아동에게 과제별로 두 물체를 제시하고 결과를 예측('두 물체를 경사면에 올려놓고 막대로 막았어. 막대를 올리면 두 물체가 어떻게 될까?)하게 한 후, 응답에 대한 이유를 설명('왜 그렇게 생각하니?') 하도록 했다.

### 2) 경사면이동현상 추론 측정

이후에 경사면이동현상에 대한 '추론'을 살펴보기 위해 경사면이동현상 실험을 실시하였다. 물체가 표면에 닿아 있을 때 물체는 움직임을 방해하는 '마찰력'을 받으며, 중력이 이 마찰력을 이길 때 물체가 움직일 수 있다. 이 연구에서는 경사면과 물체의 바닥이 모두 매끄럽게 하고, 물체가 스스로 미끄러져 내려올 수 있는 각도로 경사면의 기울기를 조절하여 '마찰력'을 배제하였다. 경사가 심하거나 길이가 짧으면 아동이 물체가 경사면에서 미끄러져 내려오는 현상을 관찰하기에 어려우므로, 실험하고 관찰하기에 적합한 각도의 길이로 Figure 3과 같이 경사대를 준비하였다(길이 85 cm, 높이 27 cm, 각도 37도). 과제별로 두 물체를 경사대의 출발점에 올려놓고 나무막대로 막은 후 연구자가

<Figure 3> Sloping phenomenon experiment tool

막대를 들어올려 두 물체를 동시에 출발시키고 아동이 결과를 관찰하도록 하였다. 아동에게 결과를 확인('두 물체가 어떻게 되었니?)하도록 한 후, 결과에 대한 이유('왜 그렇게 되었을까?')를 설명하도록 했다.

### 3) 경사면이동현상 사후지식 측정

마지막으로 추론을 통해 사전지식이 '사후지식'으로 어떻게 변화되었는지 살펴보기 위해 아동에게 과제별로 두 물체를 제시하고 결과를 예측('두 물체를 경사면에 올려놓고 막대로 막았어. 막대를 올리면 두 물체가 어떻게 될까?')하게 한 후, 응답에 대한 이유를 설명하도록('왜 그렇게 생각하니?') 했다.

사전지식과 사후지식의 예측에 대한 설명에서, 아동이 추상적인 '중력가속도' 개념을 언급하기는 매우 어렵다. 그러므로 주어진 과제 정보인 무게나 크기를 예측 결과와 연결하여 대답하면 정답으로 간주했다. 예를 들어, 무게과제에서 '무게가 달라도 두 물체가 동시에 내려와요' 또는 '크기가 같으면 두 물체가 동시에 내려와요' 라고 말하면 이유를 정확하게 설명한 것으로 평가했다. 또한 크기과제에서 '크기가 달라도 두 물체가 동시에 내려와요' 또는 '무게가 같으니까 두 물체가 동시에 내려와요' 라고 말하면 이유를 정확하게 설명한 것으로 평가했다.

사전지식 및 사후지식의 채점기준은 예측과 설명이 모두 맞으면 2점, 예측만 맞으면 1점, 틀리거나 모른다는 응답은 0점을 부여했다. 추론의 채점기준은 결과확인과 결과설명이 모두 맞으면 2점, 결과확인만 맞으면 1점, 틀리거나 모른다는 응답은 0점을 부여했다. 그러므로 경사면이동현상에 대한 사전지식, 추론 및 사후지식 점수는 각각 무게과제 2점, 크기과제 2점으로 각 현상별 과제총점은 4점씩이다.

## 4. 조사절차

아동의 연령에 적합한 과제의 종류를 결정하고 실험의 적합성을 살펴보기 위해 예비조사를 실시하였다. 예비조사에서 과제별로 두 물체를 자유롭게 탐색하도록 하고 결과를 예측하도록 하였을 때 두 물체의 무게와 크기 관계를 제대로 파악하지 못하는 아동이 있었다. 그러므로 본조사에서는 사전지식을 측정하기에 앞서 우선 두 물체의 무게와 크기 관계를 명확하게 확인하도록 하였다. 예비조사 결과 두 손으로 물체를 각각 잡았다가 동시에 놓는 경우, 양 손의 힘이 조금이라도 차이가 있으면 다른 결과가 나왔다. 그러므로 본조사에서는 손으로 물체를 잡는 대신, 두 물체를 나무막대로 막고 막대를 들어올려 한꺼번에 출발시켰다.

본조사에서는 순서효과를 통제하기 위해 무게과제와 크기과제를 무작위로 제시하였다. 조사 시간은 한 아동당 15분 정도 소요되었으며, 조사는 조용한 실내 공간에서 실험자와 아동 간의 일대일 면접으로 이루어졌다. 조사자는 아동의 응답을 기록지에 기록하는 동시에 녹음하였다. 아동의 응답내용 분석과 평정은 물리 전공 중학교 교사1명과 이학박사 1명, 유아교사 1명을 통해 내용타당도를 확인받았다.

### 5. 자료분석

수집된 자료는 SPSS 프로그램을 이용해 분석되었으며, 통계방법은 평균, 표준편차, 반복측정 변량분석, 쌍체t검증이 이용되었다. 먼저 경사면이동현상에 대한 사전지식, 추론, 사후지식의 전반적 경향을 파악하기 위해 평균과 표준편차를 살펴보았다. 다음으로 사전지식, 추론, 사후지식의 연령과 과제종류에 따른 차이를 살펴보기 위해 연령을 피험자간 요인으로 하고 과제종류를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 각각 실시하였다. 반복측정 변량분석 결과 연령 간 차이가 있는 경우에는 Scheffé 사후검증을 실시했다. 추론을 통해 사전지식과 사후지식의 차이가 생겼는지 살펴보기 위해 쌍체t검증을 실시했다.

## Ⅲ. 결과분석

### 1. 연령과 과제 종류에 따른 경사면이동현상 사전지식

연령과 과제 종류에 따른 아동의 경사면이동현상 사전지식의 전반적 경향은 Table 1과 같다. 4세는 1.30점(SD = 1.04), 6세는 .95점(SD = .99), 8세는 1.65점(SD = 1.25)으로 나타났다. 무게과제는 .33점(SD = .69), 크기과제는 .97점(SD = .97)으로 크기과제의 점수가 높았다.

연령과 과제 종류에 따라 경사면이동현상 사전지식 점수에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 그 결과 Table 2와 같이 경사면이동현상 사전지식 점수는 연령에 따라 유의한 차이가 나타났다($F$ =

<Table 1> Means and standard deviations of the prior knowledge, reasoning and post knowledge

| | | Age | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 4-year-old ($N$=40) | 6-year-old ($N$=40) | 8-year-old ($N$=40) | ($N$=120) |
| | | *M(SD)* | *M(SD)* | *M(SD)* | *M(SD)* |
| Prior knowledge | | 1.30(1.04) | .95( .99) | 1.65(1.25) | 1.30(1.13) |
| *Scheffé* | | ab | a | b | |
| | Weight-task | .42( .71) | .15( .53) | .40( .78) | .33( .69) |
| | Size-task | .88( .91) | .80( .97) | 1.25( .98) | .97( .97) |
| Reasoning | | 2.77(1.23) | 3.40( .74) | 3.72(.55) | 3.30( .97) |
| *Scheffé* | | a | b | b | |
| | Weight-task | 1.35( .66) | 1.57( .55) | 1.82( .39) | 1.58( .57) |
| | Size-task | 1.42( .75) | 1.82( .45) | 1.90( .38) | 1.72( .58) |
| Post knowledge | | 2.53(1.40) | 3.18(1.20) | 3.55( .75) | 3.08(1.21) |
| *Scheffé* | | a | b | b | |
| | Weight-task | 1.18( .81) | 1.50( .75) | 1.75( .54) | 1.48( .74) |
| | Size-task | 1.35( .80) | 1.67( .66) | 1.80( .56) | 1.61( .70) |

<Table 2> ANOVA analysis of the prior knowledge, reasoning and post knowledge

| Source | | | *SS* | *df* | *MS* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Prior knowledge | Between groups | Age | 4.90 | 2 | 2.45 | 4.05* |
| | | Error | 70.70 | 117 | .60 | |
| | Within groups | Task | 25.35 | 1 | 25.35 | 32.94*** |
| | | Task×Age | 1.60 | 2 | .80 | .36 |
| | | Error | 90.05 | 117 | .77 | |
| Reasoning | Between groups | Age | 9.33 | 2 | 4.66 | 11.79*** |
| | | Error | 46.28 | 117 | .40 | |
| | Within groups | Task | 1.07 | 1 | 1.07 | 5.31* |
| | | Task×Age | .41 | 2 | .20 | 1.02 |
| | | Error | 23.53 | 117 | .20 | |
| Post knowledge | Between groups | Age | 10.76 | 2 | 5.38 | 8.19*** |
| | | Error | 76.83 | 117 | .66 | |
| | Within groups | Task | 1.07 | 1 | 1.07 | 3.40 |
| | | Task×Age | .21 | 2 | .10 | .33 |
| | | Error | 36.73 | 117 | .31 | |

*$p$ < .05., ***$p$ < .001.

4.05, df = 2, 117, $p$ < .05). Scheffé 사후검증 결과 경사면이동현상 사전지식 점수는 6세와 8세 간에 유의한 차이가 나타났다. 이는 6세보다 8세의 경사면이동현상 사전지식 수준이 더 높음을 의미한다.

또한, 아동의 경사면이동현상 사전지식 점수는 과제 종류에 따라 유의한 차이가 나타났다 ($F$ = 32.94, df = 1, 117, $p$ < .001). 경사면이동현상 사전지식 점수는 크기과제에서 상대적으로 높았다. 즉 '무게가 다른' 무게과제보다 '무게가 같은' 크기과제에서 아동의 수행수준이 더 높았다. 이는 '무거운 물체가 경사면에서 더 빨리 내려온다' 및 '물체의 무게가 같으면 같이 내려온다'는 아동의 사고를 나타낸다. 이러한 결과는 낙하현상에서 '무거운 물체가 더 빨리 떨어진다'고 생각하는 경향(Bar et al., 1994; Brown & Clement, 1992; Park, 2004; Ruggiero et al., 1985; White, 1990)과 유사하다. 경사면이동현상은 '중력가속도가 일정하므로 공기저항을 무시할 수 있는 무게의 모든 물체는 물체의 무게나 크기에 상관없이 경사면에서 동시에 내려온다'는 과학원리가 적용된다. 그러나, 이 연구 결과 아동은 '무거운 물체가 경사면에서 더 빨리 내려온다'고 생각하는 경향이 강한 것으로 나타나 정확한 과학적 개념과 차이가 있다. 또한, 중력에 의해 물체가 경사면에서 미끄러져 내려오는 경우에 아동은 물체의 '크기' 변인보다 '무게' 변인에 편중한 사고를 나타냄을 알 수 있다.

## 2. 연령과 과제 종류에 따른 경사면이동현상 추론

연령과 과제 종류에 따른 아동의 경사면이동

현상 추론 점수의 전반적 경향을 살펴보면 Table 1과 같다. 추론 평균점수는 4세 2.77점(SD = 1.23), 6세 3.40점(SD = .74), 8세 3.72점(SD = .55)으로 연령이 증가하면 추론 점수는 상대적으로 높아졌다. 과제 종류에 따른 평균점수는 무게과제 1.58점(SD = .57), 크기과제 1.72점(SD = .58)으로 크기과제에서 상대적으로 높게 나타났다.

아동의 연령과 과제 종류에 따른 경사면이동현상 추론 점수의 차이를 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 그 결과 Table 2와 같이 아동의 경사면이동현상 추론 점수에서 연령에 따른 주효과 및 과제 종류에 따른 주효과가 유의하게 나타났다. 연령에 따른 주효과를 살펴보면, Scheffé 사후검증 결과 4세와 6세, 4세와 8세 간에 유의한 차이가 나타났다($F$ = 11.79, df = 2, 117, $p$ < .001). 즉 경사면이동현상 추론 점수는 4세가 6, 8세보다 상대적으로 더 낮게 나타났다. 이는 과제요구 수준을 낮추거나 절차를 단순화하면 6, 7세도 추론을 할 수 있다는 선행연구(Bullock & Ziegler, 1999; Koerber et al., 2005; Ruffman et al., 1993; Sodian et al., 1991) 결과와 부분적으로 일치한다. 이 연구결과에 의하면 4세도 실험결과를 해석하고 자신의 이론과 증거를 조정하는 추론이 가능함을 보여준다.

과제 종류에 따른 주효과를 살펴보면, 아동의 경사면이동현상 추론 점수는 과제 종류에 따라 유의한 차이가 나타났다($F$ = 5.31, df = 1, 117, $p$ < .05). 크기과제 추론 수준이 무게과제 추론 수준보다 상대적으로 높게 나타났다. 이는 '물체는 무게나 크기에 상관없이 경사면에서 동시에 내려온다'는 결과를 확인하고 그 이유를 설명하는 과정에서, 아동이 주어진 무게와 크기 정보를 결과와 연결하여 추론하는 능력이 크기 과제에서 상대적으로 높음을 의미한다.

### 3. 연령과 과제 종류에 따른 경사면이동현상 사후지식

아동의 연령과 과제 종류에 따른 경사면이동현상 사후지식의 전반적인 경향을 살펴본 결과는 Table 1과 같다. 경사면이동현상 사후지식 점수를 살펴보면, 4세의 무게과제 평균점수는 1.18점(SD = .81), 크기과제 평균점수는 1.35점(SD = .80)이었다. 이는 추론 이후 4세는 '무게' 변인과 '크기' 변인에 상관없이 경사면이동현상의 결과를 바르게 예측할 수 있고, 그 원인을 일부 설명할 수 있는 수준의 사후지식을 형성했음을 의미한다. 6세의 무게과제 평균점수는 1.50점(SD = .75), 크기과제 평균점수는 1.67점(SD = .66)이었다. 8세의 무게과제 평균점수는 1.75점(SD = .54), 크기과제 평균점수는 1.80점(SD = .56)이었다. 이는 6, 8세는 추론을 통해 '무게' 변인과 '크기' 변인에 상관없이 경사면이동현상 결과를 정확하게 예측할 수 있고 그 원인을 설명할 수 있는 사후지식을 형성했음을 나타낸다.

아동의 연령과 과제 종류에 따라 경사면이동현상 사후지식 점수에 차이가 있는지 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시한 결과, Table 2와 같이 아동의 경사면이동현상 사후지식 점수에서 연령에 따른 주효과가 유의하게 나타났다($F$ = 8.19, df = 2, 117, $p$ < .001). Scheffé 사후검증 결과 아동의 경사면이동현상 사후지식 점수는 4세와 6세, 4세와 8세 간에 유의한 차이가

나타났다. 이는 6, 8세가 4세보다 경사면이동현상 사후지식 인지 수준이 더 높음을 보여준다.

경사면이동현상 실험에서 결과확인을 통해 '물체의 무게나 크기에 상관없이 경사면에서 두 물체가 동시에 내려간다'는 사실 판단은 쉽게 가능하다. 그러나 '물체의 무게나 크기에 상관없이 두 물체가 경사면에서 왜 동시에 내려가는지'에 대한 이유를 아동이 실험 결과로 추론하기는 어렵다. '중력가속도가 일정하므로 물체의 무게나 크기에 상관없이 두 물체가 동시에 경사면에서 내려간다'는 과학적 원리를 아동이 물체의 무게나 크기 정보로 알 수는 없기 때문이다. 그러므로 아동은 경사면이동현상 실험에서 무게나 크기가 다른 두 물체가 동시에 내려가는 결과에 대해 물체의 지각적 특징인 '무게'나 '크기'로 결과의 원인을 추론하게 된다.

## 4. 아동의 경사면이동현상 사전지식과 사후지식의 차이

아동의 경사면이동현상 사전지식 평균점수와 사후지식 평균점수를 Table 3과 같이 살펴보았다. 아동의 경사면이동현상 사전지식과 사후지식이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 살펴보기 위해 쌍체t검증을 실시한 결과, Table 3과 같이 유의한 차이($t$ = -13.63, $p$ < .001)가 있었다. 아동은 경사면이동현상 추론을 통해 사전지식과 다른 사후지식을 형성하였다. 쌍체t검증 결과, 4세(t = -5.52, $p$ < .001), 6세($t$ = -9.53, $p$ < .001), 8세($t$ = -9.56, $p$ < .001) 모두 사전지식과 사후지식의 차이가 유의하게 나타났다. 4, 6, 8세 모두 경사면이동현상 추론을 통해 과학적으로 보다 정확한 사후지식을 구성하였다. 세 연령 모두 경사면이동현상에서 사전지식과 사후지식의 차이가 나타났으며, 4세는 그 차이가 6,

<Table 3> The difference between prior knowledge and post knowledge

| Age | Task | Prior knowledge | Post knowledge | *M(SD)* | *t* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *M(SD)* | *M(SD)* | | |
| 4-year-old (N=40) | Weight task | .43( .71) | 1.18( .81) | -.75( .93) | -5.12*** |
| | Size task | .88( .91) | 1.35( .80) | -.48( .96) | -3.13** |
| | Total | 1.30(1.04) | 2.53(1.40) | -1.23(1.40) | -5.52*** |
| 6-year-old (N=40) | Weight task | .15( .53) | 1.50( .75) | -1.35( .83) | -10.24*** |
| | Size task | .80( .97) | 1.68( .66) | -.88(1.02) | -5.44*** |
| | Total | .95( .99) | 3.18(1.20) | -2.23(1.48) | -9.53*** |
| 8-year-old (N=40) | Weight task | .40( .78) | 1.75( .54) | -1.35( .92) | -9.27*** |
| | Size task | 1.25( .98) | 1.80( .56) | -.55( .88) | -3.97*** |
| | Total | 1.65(1.25) | 3.55( .75) | -1.9(1.26) | -9.56*** |
| Total (N=120) | Weight task | .33( .69) | 1.48( .74) | -1.15( .93) | -13.52*** |
| | Size task | .98( .97) | 1.61( .70) | -.63( .96) | -7.22*** |
| | Total | 1.30(1.13) | 3.08(1.21) | -1.78(1.43) | -13.63*** |

**$p$ < .01., ***$p$ < .001.

8세보다 작다.

과제 종류별 경사면이동현상 사전지식과 사후지식 점수 차이를 살펴 본 결과, 무게과제($t$ = -13.52, $p$ < .001)와 크기과제($t$ = -7.22, $p$ < .001) 모두 유의한 차이가 있었다. 특히 무게과제에서 사전지식과 사후지식의 차이가 크게 나타났다. 이는 사전지식에서 무게 변인 인지 수준이 상대적으로 낮았지만, 추론을 통해 무게 변인에 대한 새로운 지식을 구성했음을 의미한다.

## Ⅳ. 논의 및 결론

이 연구에서는 4, 6, 8세 아동을 대상으로 물체의 경사면이동현상에 대한 지식과 추론이 연령과 과제 종류에 따라 유의한 차이가 있는지, 추론을 통해 형성된 사후지식이 사전지식과 차이를 나타내는지 살펴보았다. 이 연구목적을 위해 서울과 경기도의 만 4, 6, 8세 아동 총120명을 연구대상으로 선정하고 '무게과제'와 '크기과제'로 경사면이동현상에 대한 사전지식, 추론과 사후지식을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 물체의 경사면이동현상 사전지식 인지 수준은 6세보다 8세가 더 높다. 또한 무게과제보다 크기과제에서 사전지식 수준이 높은 것으로 나타나 '무거운 물체가 경사면에서 더 빨리 내려온다', '무게가 같은 물체는 경사면에서 동시에 내려온다'고 생각하는 경향을 보여준다. 이러한 결과는 물체의 경사면이동현상에서 아동은 '크기' 변인보다 '무게' 변인에 치우친 사전지식을 가지고 있음을 보여준다. 또한 이는 아동이 물체의 '무게'가 물체를 움직이게 하는 힘과 관련되어 있다고 생각하는 경향(Piaget, 1930; White, 1990)을 보여준다.

둘째, 물체의 경사면이동현상에 대한 아동의 추론은 4세도 가능하며, 6, 8세는 4세보다 추론 능력이 상대적으로 더 높다. 이는 전조작기 유아가 기존의 지식이나 이론을 증거와 조정하기 어려우며 형식적 조작기가 되어야 추론이 가능하다고 보았던 Piaget 이론과 차이가 있다. 이러한 결과는 아동이 선천적 지식을 가지고 태어나므로 물리 현상의 원인과 결과를 설명하는 추론이 Piaget가 주장한 것보다 이른 시기에 발달한다는 이론 이론의 관점을 지지한다.

물체의 경사면이동현상에서 '무게가 같으면 물체가 경사면에서 동시에 내려온다'는 추론은 '크기가 같으면 동시에 내려온다'는 추론보다 훨씬 우세하며, 이는 연령이 증가해도 지속된다. 사전지식과 추론을 함께 살펴보면, 사전지식 수준이 더 높은 크기과제가 추론 수준도 더 높다. 즉, 경사면이동현상에서 '물체의 무게가 같으면 두 물체가 경사면에서 동시에 내려온다'는 생각이 '물체의 크기가 같으면 두 물체가 경사면에서 동시에 내려온다'는 생각보다 사전지식에서 우세하고, 이러한 경향은 추론에서도 유지된다.

셋째, 물체의 경사면이동현상에 대한 아동의 사후지식 수준은 4세보다 6, 8세가 상대적으로 더 높다. 이는 추론 수준이 4세보다 6, 8세가 더 높은 것과 일치한다. 반면, 이는 사전지식 수준이 6, 8세 간에 차이가 있는 것과 다르다. 종합해 보면, 경사면이동현상에 대한 사전지식 자체는 6세와 8세 간에 차이가 있다. 그러나 실험을 통해 결과를 해석하고 추론하여 사후지식을 형성하는 능력은 4세와 6, 8세 간에 차이가 있다. 따라서 6세의 경사면이동현상 사전지식 수준은 8세보다 낮지만, 이론과 증거를 조정하는 추론 능력은 8세와 차이가 없다. 이는 과학적 사고능력이 연령이 증가할수록 향상된다는 선행연구

(Klahr & Dunbar, 1989; Schauble, 1990)와 일맥상통한다.

넷째, 물체의 경사면이동현상에 대한 아동의 사전지식은 추론을 거치면서 과학적으로 보다 정확한 사후지식으로 변화된다. 4, 6, 8세 모두 지식의 변화를 경험했다. 다만, 4세의 사후지식 수준은 6, 8세보다 낮다. 이는 추론 능력이 4세가 6, 8세보다 낮은 것과 같은 결과이다. 이러한 결과는 구체적 조작기에 이르러 자신의 설명과 관찰 사이의 불일치를 인식할 수 있고, 형식적 조작기가 되어서야 추론이 가능하다고 보았던 선행연구(Inhelder & Piaget, 1958; Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988; Piaget, 1930)와 다르다. 이 연구에 의하면 변인을 단순화시키고 과제 요구도를 낮추면 6, 7세도 추론이 가능하다고 보았던 선행연구(Bullock & Ziegler, 1999; Koerber et al., 2006; Ruffman et al., 1993; Sodian et al., 1991)에서 나아가 4세도 6, 8세 아동보다 낮은 수준이긴 하지만 추론을 통해 새로운 사후지식을 구성할 수 있음을 입증한다. 경사면이동현상에서는 크기과제보다 무게과제의 사전지식과 사후지식 차이가 더 크다. 이는 무게 변인에 대한 사전지식 수준이 더 낮으나 추론을 통해 새로운 지식을 구성하였음을 나타낸다.

위와 같은 결론과 논의는 다음과 같이 정리할 수 있다. 물체의 경사면이동현상에 대한 추론은 4, 6, 8세 아동 모두 지식의 변화를 가져왔다. 이는 선천적 지식이 연령에 상관없이 탐색과 경험을 통해 더 정교한 지식으로 발달된다는 이론 이론의 입장과 일치한다. 또한 아동이 발견학습을 통해 능동적으로 지식을 구성해 나간다는 Piaget의 인지적 구성주의와 부분적으로 일치한다. 경사면이동현상에 대한 추론과 사후지식 수준은 4세에 비해 6세와 8세가 더 높다. 이는 Piaget의 인지발달 단계보다 더 낮은 연령에서도 추론이 가능함을 나타낸다. 또한, 이는 연령집단 간 지식발달의 차이는 Piaget의 주장처럼 단계나 유형의 차이가 아니라 수준의 차이(Siegler & Alibi, 2005)로 보는 관점을 지지한다.

한편 유아는 두 변인을 동시에 고려하기에 어려움이 있다. 변인을 나누어 살펴본 결과, 경사면이동현상 사전지식과 추론에서 아동은 '크기' 변인보다 '무게' 변인에 치우친 사고 경향을 나타냈다. 따라서 연령이 어릴수록 변인을 간단하게 통제하여 제시하고 실험결과를 눈으로 확인하게 할 필요성이 있다. 변인이 단순화되고 통제되면 하나의 현상 안에서도 아동의 지식과 추론이 구체적으로 어떤 부분에서 정확한 지식형성에 어려움을 겪는지 알 수 있기 때문이다. 이 연구에서 추론을 통해 4세도 사전지식과 다른 사후지식을 구성했다. 이는 변인을 단순하게 통제해 사전지식을 근거로 예측하고, 실험을 통해 확인하고 결과의 원인을 탐구해 보는 과정은 아동의 물리지식과 추론능력을 증진시킴을 의미한다.

이 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 이 연구는 아동의 물리지식 발달은 인지발달 단계에 따른 변화라기 보다 경험을 통한 지식의 변화임을 밝혔다. 즉, 아동은 발달단계와 상관없이 결과를 예측하고 확인하는 과정을 통해 이론과 증거를 조정하고 새로운 지식을 구성할 수 있다. 둘째, 아동의 물리지식과 추론 능력의 발달은 갑작스러운 질적 변화를 일으키기보다 연령과 경험의 증가에 따라 그 정도와 수준이 변하는 양적 변화를 일으킨다는 사실을 입증했다. 셋째, 이 연구는 물체의 경사면이동현상에 대한 아동의 사전지식, 추론, 사후지식을 측정하여 그 차이를 살펴 보았다. 이를 통해 연령별로 물리지식의 내용과 수준이 어떠하며, 추론을 통

해 그 내용과 수준이 어떻게 변하는지의 과정을 구체적으로 밝혔다. 넷째, 이 연구의 과제는 유아의 특성을 고려하여 '무게과제'에서는 '무게' 변인만, '크기과제'에서는 '크기' 변인만 고려하도록 함으로써 경사면이동현상에서 아동이 어떤 변인을 중심으로 사고하는지 밝힐 수 있었다.

이 연구의 제한점과 후속연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 이 연구는 4세도 물체의 경사면이동현상에 대한 물리지식을 가지며 추론이 가능함을 밝혔다. 그러므로 더 어린 연령의 유아가 물리현상에 대해 가지고 있는 지식과 추론을 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 경사면이동현상에 대한 아동의 사후지식을 견고히 할 수 있는 불일치증거를 지속적으로 제시할 다양한 방법을 모색할 필요가 있다. 오개념은 한번의 증거제시로 변화되지 않는 경우가 많으므로 아동의 사전지식과 다른 불일치증거를 반복해서 제시할 필요가 있다. 셋째, 과학활동에서 중요한 것은 아동의 흥미유지 및 변인의 통제에 대한 고려이다. 이를 위해 아동의 수준에 적절하면서 과학교육면에서도 의미를 살릴 수 있는 활동으로 구성할 필요가 있다.

## References


Baillargeon, R.(1991). Reasoning about the height and location of hidden object in 4.5-6.5 month-old infants. *Cognition*, 38, 13-42.

Bar, V., Zinn, V., Goldmuntz, R., & Carey, S. (1994). Children's concepts about weight and sloping. *Science Education, 78*(2), 149-169.

Brown, D., & Clement, J. (1992). Classroom teaching experoments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Neidderer(Eds)., *Proceedings of the international workshop on research in physics learning : Theoretical issues and empirical studies.* Bremen, Germany : IPN.

Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning : Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & Schneider(Eds.), *Individual development from 3 to 12 : Findings from the Munich longitudinal study.* New York : Cambridge University Press.

Desouza, J. M. S., & Jereb, J. (2000). Gravitating toward Reggio. Science and Children, April, 26-29.

Gopnik, A. & Meltzoff, A. N. (1997). *Words, thoughts, and theories.* Cambrids : MIT Press.

Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence.* New York : Basic Books.

Kamii, C. K., & DeVries, R. (1992). *Physical knowledge in preschool education*, Implications of Piaget's theory. New York : Teachers College Press.

Klahr, D. & Dunbar, K., (1989). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science, 12*, 1-48.

Koerber, S., Sodian, B. Thoermer, C., & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children : Preschooler's ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology, 64,* 141-152.

Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). The development of scientific thinking skills. San Diego, CA : Academic Press.

Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Anderson,

C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*(4, Serial No. 245)

Park, S. M. (2004). Physical knowledge in children : children's developing understanding of object motion. *Korean Journal of Cognitive Science, 15*(4), 31-47.

Park, H. M. (2011). A study of the science knowledge of content, science concept and the meaning of learning process through children's activities on an inclined plane, *Korean Journal of Child Education and Care, 11*(4), 1-19.

Piaget, J. (1930). *The child' conception of the physical casuality.* London : Kegan Paul, Trench, & Trubner.

Ruffman, T., Perner, J., Olson, D. R., & Doherty, M. (1993). Reflecting on scientific thinking : Children's understanding of the hypothesis-evidence relation. *Child Development, 64*, 1617-1636.

Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F., & Vincentini-Missoni, M. (1985). Weight, gravity and air pressure : Mental representations by Italian middle school pupils. *European Journal of Science Education, 1,* 205-221.

Schauble, L.(1990). Belief revision in children : The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology, 49,* 31-57.

Siegler, R. S. & Alibali, M. S.(2005). Children's thinking(4th Ed)(박영신 · 이현진 · 정윤경 · 최영은 역(2007). 아동 사고의 발달. 서울 : 아카데미프레스), Prentice Hall.

Sodian, B. Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development, 62,* 753-766.

Spelke, E. (1994). Initial knowledge : Six suggestions. *Cognition,* 50, 431-445.

Sprung, B(1996). Physics is fun, physics is important, and physics belongs in the early childhood curriculum. *Young Children, 51*(5), 29-32.

White, J. E.(1990). Children's mental models of gravity and their interpretations and explanations of the sloping of objects. Doctoral dissertation, University of Georgia.

2012년 10월 31일 투고, 2013년 1월 28일 수정
2013년 2월 6일 채택