

## ‘낙하현상’에 대한 아동의 지식 변화

김 은 영 이 순 형\*

서울대학교 아동가족학과

이 연구는 낙하현상에 대한 아동의 지식이 연령과 과제에 따라 어떠한 차이가 있는지 밝히고, 추론을 통해 아동의 사전지식이 사후지식으로 변화되는지 규명하는 것을 목적으로 하였다. 서울과 경기도의 중류층 거주 지역 어린이집 3 곳과 초등학교 2 곳에 다니는 4, 6, 8세 아동 각 40명씩 총120명을 연구대상으로 선정하여 ‘무게과제’와 ‘크기과제’를 수행하도록 하고 낙하현상에 대한 사전지식, 추론과 사후지식을 살펴보았다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 낙하현상에 대한 사전지식은 연령에 따라 차이가 없었으며, 크기과제의 수행 점수가 유의하게 높았고, 연령과 과제의 상호작용효과가 나타났다. 둘째, 낙하현상에 대한 아동의 추론은 4세보다 6, 8세의 수행 점수가 유의하게 높았다. 그러나 과제에 따른 추론 수행 수준의 차이는 없었다. 셋째, 낙하현상에 대한 아동의 사후지식은 4세보다 6, 8세의 수행 점수가 유의하게 높았다. 그러나 과제에 따른 사후지식의 차이는 없었다. 넷째, 추론 후 낙하현상에 대한 아동의 사후지식은 4, 6, 8세 모두 사전 지식과 유의한 차이가 나타났다. 크기과제보다 무게과제에서 낙하현상 사전지식과 사후지식의 차이가 더 크게 나타났다. 이 연구는 4, 6, 8세 아동이 낙하현상에 대한 초보적 사전지식을 가지고 있음을 밝혔다. 그리고 실험 결과를 확인하고 해석하는 추론을 거치며 새로운 지식을 구성할 수 있음을 밝혔다.

주요어: 낙하현상, 사전지식, 추론, 사후지식, 지식변화

물리 지식은 물리 대상과 물리 현상에 대한 지식으로, 사물의 속성을 발견하고 그 물체와 관련된 물리 현상을 이해하기 위한 지식이다(Povinelli, 2003). 구체적으로 물리지식은 둘로 나눌 수 있다.

물리 대상에 대한 지식은 외관상으로 나타나는 색, 모양, 크기, 무게처럼 눈으로 보면 알 수 있는 지식이다(Charlesworth & Lind, 2007). 물리 현상에 대한 개념적 지식은 물체의 움직임을 일으키는 중

\* 서울대학교 생활과학연구소 연구원

력이나 부력처럼 눈으로 볼 수 없지만 물체와 관련된 물리 현상을 이해하기 위한 지식이다(Kamii, 1985). 이와 같이 물리 지식은 사물 인지의 한 부분을 형성한다는 점에서 인지발달에 중요한 영향을 미친다(Ginsberg & Oppen, 2006).

Piaget는 아동의 물리지식과 개념발달에 대한 연구를 가장 먼저 시작했다. 아동의 인지발달을 영역일반적 단계이론으로 설명했던 Piaget는 이러한 인지발달 단계에 따라 아동의 물리지식이 발달한다고 보았다. Piaget에 의하면 감각-운동기인 영아기에는 정신적 표상능력이 없으므로 물리 지식이 존재하지 않는다. Piaget는 그림자, 지렛대, 진자, 자동차, 배, 물 등 다양한 소재를 이용해 유아와 아동의 물리 지식을 살펴보았다(Inhelder & Piaget, 1958; Piaget, 1930). 그 연구 결과를 통해 Piaget는 전조작기 아동이 실체가 아닌 외관에 의존하며, 지각할 수 있는 상태에 초점을 두고, 가역성이 결여되어 있는 것으로 보았다. 구체적 조작기에 이르러 아동은 가역성과 보존개념이 획득되지만, 구체적 대상에만 조작이 가능할 뿐, 추상적 조작은 하지 못한다. 따라서 Piaget의 물리 지식 연구 결과에 의하면, 힘, 관성, 가속도와 같은 추상적 과학 지식이나 개념은 형식적 조작기에야 가능하다.

Piaget 이론을 검증하기 위한 많은 연구가 수행되는 과정에서 Piaget의 주장과는 달리 영아가 다양한 물리지식을 이해하고 있음을 보여주는 연구들이 축적되었다(Baillargeon, 1991, 1994; Gopnik & Meltzoff, 1997; Spelke, 1991, 1994). 이는 이론 이론의 형성 근거가 되었다. 이론 이론에 의하면 영아의 지식과 성인의 지식이 상당한 차이가 있는 것은 사실이지만 그 차이는 연속적 차이일 뿐 질적으로 다르지 않다. 이론 이론은 아동의 지식을

과학 이론에 비유했다. 아동은 어떤 연령에서든지 이러한 직관적·초보적인 이론을 자신의 경험에 비추어 끊임없이 검증하고 수정해 나간다. 이론 이론은 이 과정에서 발생하는 물리 지식과 이론의 변화과정을 인지발달로 규정했다(Gopnik & Meltzoff, 1997). 그러므로 이론 이론에 의하면 내용특정적 지식의 중요성이 강조되며, 유아기 아동이 학령기 아동보다 인지적으로 부족해 보이는 이유는 지식의 부족으로 설명된다. 영역특정성과 관련해 이론 이론은 물리·생물·심리 영역에 따라 지식 발달 수준이 다를 수 있다고 보았다. 아울러 한 영역 안에서는 여러 현상을 관련시키는 지식 체계를 구성하는 것으로 보았다.

영유아의 인지능력은 위와 같은 두 이론의 관점에 따라 달리 보고되었다. 이러한 차이에 대해 두 이론의 연구방법과 과제의 차이를 고려할 필요가 있다. 아동의 언어적 설명에 의존했던 Piaget의 연구방법과 달리, 이론 이론은 탈습관화 등 언어적 설명이 필요없는 방법을 이용하여 영아의 능력을 밝혔다(Baillargeon, 1991, 1994; Gopnik & Meltzoff, 1997; Spelke, 1991, 1994). 그 결과 영아와 전조작기 유아도 Piaget의 주장과 달리 어느 정도 초기 지식을 가지며, 성숙이나 경험을 통해 타고난 지식을 발달시켜 나가고 있음이 밝혀졌다. 그러나 변화에 대한 자세한 설명의 부족이 최근 인지발달 이론의 문제점으로 지적되고 있다(Siegler & Alibali, 2005).

과학적 사고는 이러한 물리지식의 증가와 더불어 추론 능력의 향상으로 완성된다. 추론이란 과학자들이 과학적 지식을 생성하는 과정에서 사용되는 사고과정으로, 가설 창안, 가설 검증, 증거 수집과 평가, 가설 수정 등의 과정을 말한다(Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Anderson, 1995). Klahr와

Dunbar(1989)의 이중탐색이론(scientific discovery as dual search)에 의하면, 과학적 발견은 아동의 선지식, 믿음, 이론 등에 의해 이루어지는 '가설공간'과 가설을 검증하는 '실험공간' 간의 탐색과 통합으로 가능하다. 과거의 개념변화 연구는 추론 활동, 즉 실험활동이 개념 이해에 주는 영향을 최소화했다. 그러나 최근 연구결과는 사전지식과 추론 사이의 상호작용에 주목하고 있다(양일호, 2003).

Piaget의 구성주의 관점이 아동은 물리적 지식 활동(Kami & DeVries, 1992)을 통해 과학지식이나 개념의 의미를 스스로 구성한다고 보았던 것은 이론 이론의 지식 발달 기제와 유사하다. 유아가 능동적으로 지식을 구성한다는 관점에 있어 Piaget의 인지적 구성주의와 이론 이론의 관점은 유사하다. 두 관점 모두 아동을 '직관적 과학자'로 보며, 이는 현재 인지발달 연구에 가장 보편화되어 있다(Flavell, Miller, & Miller, 2002).

Piaget 이론에 의하면 아동의 추론은 인지발달의 네 단계를 거치며 현격한 변화를 경험한다. 전 조작기 유아는 자기중심적 편견이 강해 물리 세계의 반응에 대한 잘못된 추론을 수정하지 못한다. 구체적 조작기에 이르면 아동은 자신의 설명과 관찰 사이의 불일치를 인식하지만 구체적 대상에 한정된다. 형식적 조작기가 되어야 아동은 보이지 않는 속성에 대해서도 가설을 세우고 연역적 귀납적 추론이 가능하게 된다(Inhelder & Piaget, 1958).

그러나, 이론 이론은 어느 연령에서든지 이론의 검증과 수정, 즉 추론이 일어난다고 보았으므로, 단계와 같은 극적인 추론 능력의 변화가 이루어진다는 Piaget의 주장을 반박했다. 또한 이론 이론가들은 아동이 선천적 지식을 가지고 시작하므로 원인과 결과를 설명하는 아동의 추론이 Piaget의 주장보다 더 빠른 시기에 발달한다고 주장했다. 변수

를 간단히 조정하고 과제의 요구수준을 낮추어 아동의 과학적 사고를 살펴본 결과 6~7세 아동도 이론과 증거의 조정에 성공하는 것으로 나타났다(Koerber, Sodian, Thoermer, & Nett, (2005); Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993; Sodian, Zaitchik & Carey, 1991).

아동은 영아기부터 다양한 물체를 던지고 떨어뜨리는 경험을 통해 '낙하현상'을 접하게 된다. '낙하현상'은 중력에 의한 물리현상이다. 중력은 지구가 물체를 지구중심 방향으로 잡아당기는 힘이다. 중력은 물체의 무게에 비례하여 작용하므로 무거운 물체는 중력을 더 많이 받게 된다. 그러나 '낙하현상'에서 물체가 떨어지는 가속도는 일정( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )하므로, 물체의 무게와 크기에 상관없이 같은 높이에서 동시에 떨어뜨린 두 물체가 땅에 닿는 데 걸리는 시간은 같다. 즉, 공기에 의한 부력 차이를 무시할 수 있는 밀도를 갖는 모든 물체는 같은 높이에서 떨어뜨리면 무게와 크기에 상관없이 동시에 땅에 닿는다. 단, 공기에 의한 부력의 영향을 받는 아주 가벼운 무게의 물체는 무거운 물체보다 천천히 떨어진다. 이는 쇠구슬과 깃털의 낙하속도 비교로 알 수 있다. 또, 종이처럼 가벼운 물체는 공기에 의한 부력으로 물체의 크기에 따라 떨어지는 속도가 다르다. 이는 똑같은 크기의 종이를 펼쳤을 때와 뭉쳤을 때의 낙하속도 비교로 알 수 있다. 과학사를 살펴볼 때, 아리스토텔레스는 '무거운 물체가 더 빨리 떨어진다'는 생각을 가지고 있었다. 이후 갈릴레이의 사면 실험으로 낙하현상에서 공기에 의한 부력을 무시할 수 있을 정도의 무거운 물체라면 물체의 무게와 크기에 상관없이 떨어지는 시간의 차이가 별로 없다는 것이 밝혀졌다.

Piaget(1930)는 천체의 부유(suspension)와 관련해 중력과 자유낙하에 대한 아동의 지식을 살펴

보았다. Piaget에 의하면, 5세경 아동은 천체의 부유 현상을 인공론과 물활론으로 설명한다. 7세경 아동은 구름이 하늘에 붙어있다고 생각한다. 9세경 아동은 역동적인 이유로 구름이 공기 중에 남아있는 것으로 보며, 10세경 아동은 무게의 개념을 접하게 된다. 이 때 아동은 물체의 ‘무게’가 물체를 움직이게 하는 힘이나 물체를 매달려 있게 하는 힘과 관련된다고 생각한다. 즉 물체의 ‘무게’는 힘에 동화되어 나타난다. Piaget(1930)에 의하면 물체의 낙하와 관련해, 7세 이하 아동은 ‘물체가 무겁기 때문이 아니라 잡아주는 것이 없기 때문에 아래로 떨어진다’고 생각하며, 7세 이상 아동은 ‘물체가 무겁기 때문에 아래로 떨어진다’고 생각한다. 아동에게 망치 머리와 같은 무거운 물체와 리본말이와 같은 가벼운 물체를 보여준 뒤, 2미터 정도의 실을 따라 그 물체를 떨어뜨리도록 했을 때, 7세 이상 아동은 ‘무거운 물체가 무겁기 때문에 빨리 떨어질 것’으로 대답했다. 7세 이하 아동은 ‘가벼운 물체가 더 가볍기 때문에 더 빨리 떨어질 것’으로 생각했다. 위와 같은 천체의 부유와 물체의 낙하에 대한 Piaget의 연구(1930)에 의하면, 아동은 ‘무게’를 움직임의 방향과 절대적인 힘 혹은 저항력의 상징으로 생각했다.

영아의 물리지식을 연구한 이론 이론에 의하면 영아도 중력에 관한 기본지식을 가지고 있다. 즉, 1-4개월 영아는 중력을 인식하기 시작하고, 6개월 경의 영아는 아래로 떨어지던 공이 받침이나 지지가 없이 공중에 멈추어 있을 수 없음을 이해한다. 또한 4-8개월경에는 중력의 영향에 대해 더 발달된 개념을 형성한다(Baillargeon, 1994; Needham & Baillargeon, 1994; Spelke, 1991). 3세 아동도 ‘공기저항이 없는 진공상태에서는 물체의 무게와 상관없이 물체가 같은 속도로 떨어진다’는 것을 알고 있었다(박선미, 2004).

이러한 이론 이론의 연구결과와 달리 중력에 대한 이해가 어렵다는 다른 선행연구들이 있다. ‘무거운 것이 더 빨리 떨어진다’는 생각은 중력 관련 지식 연구에서도 흔히 나타났다(채동현, 1992; Bar, Zinn, Goldmuntz, 1994; Brown & Clement, 1992; Ruggiero, Cartelli, Dupre & Vincentini-Missoni, 1985). Ruggiero와 동료들은(1985)은 중력, 무게, 자유낙하의 관계에 대한 중학생의 잘못된 개념을 3유형으로 제시했다. 채동현(1992)의 연구에 의하면 중력현상에서 공기의 유무, 대기압, 마개의 유무, 물의 상태변화, 온도 등의 영향을 받는 유아기 사고가 고학년으로 올라갈수록 줄어들고 있음을 알 수 있다. 10세 아동을 대상으로 지구의 모양, 색깔, 중력에 대한 선개념을 조사한 연구에 의하면, 중력 문항의 43%에서만 과학적 개념이 표출되었다(강인숙·정진우·김윤지, 2008). 아동과 성인을 대상으로 중력에 대한 지식을 조사한 박선미의 연구(2004)에 의하면, 나이든 아동의 중력에 대한 이해가 완전하지 못하며 어린 아동은 물체가 아래로 떨어진다는 지식조차 일관성 있게 사용하지 못한다. 또한 비슷한 모양과 크기의 농구공이 솜사탕보다 빨리 떨어지는 이유로 농구공이 더 무겁기 때문이라는 반응이 많은 것으로 나타난 반면, 공기 저항 때문에 나타나는 현상이라는 응답은 없었다.

아동이 낙하현상에서 ‘무거운 물체가 빨리 떨어진다’고 판단하는 경향은, ‘무게’ 변인이 물체의 움직임에 공통적으로 작용되는 판단 근거로 작용됨을 확인해 볼 필요성을 제기한다. 이는 물리 지식에 대한 아동의 사고 특징으로 볼 수 있을 것이다. 그러므로 ‘낙하현상’에서 물체의 무게 변인이 반영된 ‘무게과제’와 크기 변인이 반영된 ‘크기과제’를 이용해 과제에 따른 아동의 물리 지식과 추론을 알아볼 필요가 있다. 아울러 낙하현상에 대한 아동의 물리지식 발달이 Piaget의 단계이론처럼 전조작

기와 구체적 조작기를 전후해 달리 나타나는지 아니면 이론 이론이 시사한 바처럼 선천적으로 가지고 태어난 핵심영역 지식을 발달시켜 나가는지 살펴볼 필요가 있다. 그러므로 낙하현상에 대한 사전 지식이 전조작기 전기인 4세와 후기인 6세 및 구체적 조작기에 해당하는 8세 아동의 연령과 과제에 따라 차이가 있는지 살펴보고자 한다. 또한 낙하현상에 대한 실험과정에서 이론과 증거를 조정하는 추론능력이 연령과 과제에 따라 차이가 있는지 살펴보고자 한다. 그리고 추론 후 구성된 낙하현상에 대한 사후지식이 연령과 과제에 따라 차이가 있는지 살펴보고자 한다. 마지막으로 낙하현상에 대한 사전지식이 추론을 거치며 사후지식으로 변화되는지 살펴보고자 한다.

## 방 법

### 연구대상

이 연구에서는 낙하현상에 대한 아동의 지식변화를 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 임의 선정하였다. 연구대상의 성별은 4, 6, 8세 모두 연령별로 각각 남자 20명, 여자 20명이었다. 연구대상의 평균연령은 4세 아동은 4년 7개월, 6세 아동은 6년 5개월, 8세 아동은 8년 7개월이었다.

### 과제

낙하현상에 대한 아동의 지식변화를 살펴보기 위해 '낙하현상'에 대한 Bar와 동료들(1994),

Piaget(1930), 박선미(2004)의 선행연구를 참고하여 연구자가 '무게과제'와 '크기과제'를 그림1, 2와 같이 새롭게 구성하였다. 아동의 낙하현상 지식에 대한 선행 연구는 주로 '무게' 변인 중심으로 이루어졌다. 물체의 크기, 무게, 형태, 색, 숫자 등 여러 차원 중 '무게'와 '크기' 차원을 포함했을 때 아동이 결과를 정확히 예측하고 관찰하기에 어려움이 있었다(White, 1990). 그러므로 물체의 '무게'와 '크기' 변인에 중점을 두고 아동의 낙하현상 지식을 살펴볼 필요가 있다.

이 연구에서 '무게과제'는 두 물체의 크기는 같고 무게가 다르게 구성된 셋트이다(그림1). '크기과제'는 두 물체의 무게는 같고 크기가 다르게 구성된 셋트이다(그림2). '무게과제'는 크기가 같은(지름 9cm) 두 원형 플라스틱 통에 한쪽은 쇠구슬을 가득 채우고(27개), 나머지 한쪽은 쇠구슬을 간격을 두고 배치해(7개) 크기가 같고 무게가 다른 두 물체로 구성했다. '크기과제'는 똑같은 쇠구슬 7개를 한쪽은 큰(지름 9cm) 원형 플라스틱 통에 넣고, 나머지 한쪽은 작은(지름 6cm) 원형 플라스틱 통에 넣어 무게가 같고 크기가 다른 두 물체로 구성했다. 쇠구슬은 원형 플라스틱 통 안에서 움직이지 않도록 양면테이프로 고정했다. 쇠구슬을 고정한 원형 플라스틱 통은 투명한 뚜껑을 덮고 테이프를 붙여 마무리했다.

### 절차



그림1. 무게과제



그림2. 크기과제

아동의 연령에 적합한 과제의 종류를 결정하고 실험의 적합성을 살펴보기 위해 3세부터 7세까지 각 연령 당 5명씩을 대상으로 예비조사를 실시하였다. ‘무게과제’와 ‘크기과제’를 이용해 낙하현상에 대한 아동의 ‘사전지식’, ‘추론’ 및 ‘사후지식’을 측정했다. 예비조사 결과 3세는 낙하현상 활동 자체에는 관심이 있었으나 과제를 이해하는 부분이나 설명을 제시하기에 어려움이 있어 연구 대상에서 제외하였다. 과제별로 두 물체를 자유롭게 탐색하도록 하고 ‘두 물체를 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라고 질문하고 설명하도록 하였을 때 두 물체의 무게와 크기 관계를 제대로 파악하지 못하는 아동이 있었다. 또한 연구자가 서서 물체를 떨어뜨리는 경우보다 아동과 마주보고 앉아 아동의 눈높이에서 실험을 진행하는 것이 아동이 실험 결과를 관찰하기에 더 적합한 것으로 나타났다. 그리고 아동이 물체를 직접 떨어뜨려보는 것보다 연구자가 물체를 떨어뜨리고 아동이 결과를 관찰하는 것이 더 적합한 것으로 판단되었다. 물체를 떨어뜨리는 순간 두 손에 주어지는 힘이나 속도의 차이가 결과에 영향을 미쳤고, 아동의 직접 실험을 하면 관찰에 어려움이 있었기 때문이다.

본조사에서는 사전지식을 측정하기에 앞서 우선 두 물체의 무게와 크기 관계를 명확하게 확인하도록 하였다. 즉, 무게과제에서 두 물체의 크기는 같고 무게가 다르다는 것을, 크기과제에서 두 물체의 무게는 같고 크기가 다르다는 것을 확인하도록 했다. 사전지식과 사후지식 측정은 두 과제를 제시하고 아동의 응답과 설명을 들었다. 이에 비해, 추론 측정은 두 과제로 연구자가 직접 실험을 실시하고 아동이 결과를 관찰하고 해석하도록 하였다.

먼저 낙하현상에 대한 ‘사전지식’을 살펴보기 위해 과제별로 두 물체를 제시하고 예측(‘두 물체를 떨어뜨리면 어떻게 될까?’)하게 한 후, 응답에 대한

이유를 설명(‘왜 그렇게 생각하니?’)하도록 했다.

다음으로 낙하현상에 대한 ‘추론’을 살펴보기 위해 낙하현상 실험을 실시했다. 연구자와 아동이 테이블을 사이에 두고 마주 앉았다. 과제별로 연구자가 두 물체를 양 손에 잡고 손을 올린 후 담요가 담긴 바구니에 한꺼번에 떨어뜨려 아동에게 실험의 결과를 확인(‘두 물체를 떨어뜨렸더니 어떻게 되었니?’)하도록 한 후, 결과에 대한 이유(‘왜 그렇게 되었을까?’)를 설명하도록 했다.

마지막으로 추론을 통해 사전지식이 ‘사후지식’으로 어떻게 변화되었는지 살펴보기 위해 아동에게 과제별로 두 물체를 제시하고 예측(‘두 물체를 떨어뜨리면 어떻게 될까?’)하게 한 후, 응답에 대한 이유를 설명(‘왜 그렇게 생각하니?’)하도록 했다.

순서효과를 통제하기 위해 무게과제와 크기과제는 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.

사전지식의 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. 마지막으로 사후지식의 채점기준은 예측과 설명이 모두 맞으면 2점, 예측만 맞으면 1점, 틀리거나 모른다는 응답은 0점을 부여했다. 그러므로 낙하현상 사전지식은 무게과제 2점, 크기과제 2점으로 과제총점은 4점이다. 또한 낙하현상에 대한 추론도 무게과제 2점, 크기과제 2점으로 과제총점은 4점이다. 낙하현상에 대한 사후지식도 무게과제 2점, 크기과제 2점으로 과제총점은 4점이다.

**자료분석**

수집된 자료는 SPSS 프로그램을 이용해 분석되었다. 통계방법은 평균, 표준편차, 반복측정 변량분석, 대응표본 t검증이 이용되었다. 먼저 낙하현상에 대한 사전지식, 추론, 사후지식의 전반적 경향을 파악하기 위해 평균과 표준편차를 살펴보았다. 다음으로 사전지식, 추론, 사후지식의 연령과 과제에 따른 차이를 살펴보기 위해 연령을 피험자간 요인으로 하고 과제를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 반복측정 변량분석 결과 연령 간 차이가 있는 경우에는 Scheffé사후검증을 실시했다. 연령과 과제 간에 상호작용 효과가 유의하게 나타난 경우에는 주효과를 구체적으로 밝히기 위해 대응표본 t검증을 이용하여 단순주효과분석을 실시했다. 추론을 통해 사전지식과 사후지식의 차이가 생겼는지 살펴보기 위해 대응표본 t검증을 실시했다.

**아동의 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 사전지식**

아동의 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 사전지식의 전반적 경향은 표1과 같다. 아동의 연령과 과제에 따라 낙하현상에 대한 사전지식 점수에 차이가 있는지 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자 간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자 내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 시행하였다. 그 결과 낙하현상에 대한 사전지식 점수에서 연령에 따른 주효과는 나타나지 않았다. 과제에 따른 주효과 및 연령과 과제에 따른 상호작용효과가 유의하게 나타났다.

과제에 따른 주효과를 구체적으로 살펴보면, 아동의 낙하현상에 대한 사전지식 점수는 과제에 따라 유의한 차이가 나타났다( $F_{1,117}=51.53, p<.001$ ). 무게과제의 평균점수는 .34점( $SD=.66$ ), 크기과제의 평균점수는 1.10점( $SD=.97$ )으로 사전지식 점수는 크기과제에서 상대적으로 더 높았다. 이 연구에서 크기과제의 조건은 '무게는 같고 크기는 다르다'였

**결 과**

표1. 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 사전지식, 추론, 사후지식 점수

범 주	연 령			평 균	점수 범위
	4세(N=40)	6세(N=40)	8세(N=40)	(N=120)	
	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	
<b>낙하현상 사전지식</b>	1.15(.97)	1.50(1.20)	1.68(1.23)	1.44(1.15)	0-4
무게과제	.35(.62)	.40(.71)	.28(.64)	.34(.66)	0-2
크기과제	.80(.91)	1.10(.98)	1.40(.93)	1.10(.97)	0-2
<b>낙하현상 추론</b>	2.50(1.04)	3.18(.98)	3.60(.81)	3.09(1.05)	0-4
Scheffé	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>		
무게과제	1.25(.63)	1.55(.60)	1.65(.62)	1.48(.64)	0-2
크기과제	1.25(.71)	1.63(.63)	1.95(.32)	1.61(.64)	0-2
<b>낙하현상 사후지식</b>	2.03(1.50)	2.88(1.29)	3.35(.97)	2.75(1.37)	0-4
Scheffé	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>		
무게과제	.90(.87)	1.45(.71)	1.60(.71)	1.32(.82)	0-2
크기과제	1.13(.88)	1.42(.82)	1.75(.67)	1.43(.83)	0-2

다. ‘무게가 다른’ 무게과제보다 ‘무게가 같은’ 크기 과제에서 아동의 수행수준이 더 높았다. 즉, ‘무게가 같으면 같이 떨어진다’고 생각하는 것은 쉽지만, ‘무게가 다르면 같이 떨어진다’고 생각하는 것은 어려운 것으로 나타났다. 이러한 결과는 많은 아동과 청소년이 ‘무거운 물체가 더 빨리 떨어진다’고 생각하는 경향과 관련된다(박선미, 2004; 채동현, 1992; Bar et al., 1994; Brown & Clement, 1992; Ruggiero et al., 1985). 두 과제의 점수 차이를 통해 4, 6, 8세 아동은 ‘무거운 물체가 더 빨리 떨어진다’고 생각하는 경향이 있음을 확인했다.

낙하현상에 대한 사전지식 점수에서 아동의 연령과 과제 간에 유의한 상호작용효과가 나타났으므로( $F_{2,117}=3.48, p<.05$ ) 대응표본 t검증을 통해 단순주효과를 분석하였다(그림3). 사전지식 점수에서 연령과 과제 간에 나타난 상호작용효과를 구체적으로 살펴보면, 4세는 크기과제 점수가 유의하게 높았다( $t=-4.56, df=39, p<.001$ ). 6세도 크기과제 점수가 유의하게 높았다( $t=-5.79, df=39, p<.001$ ). 8세도 크기과제 점수가 유의하게 높았다( $t=-11.02, df=39, p<.001$ ).

즉, 4, 6, 8세 모두 무게과제보다 크기과제에서 낙하현상에 대한 사전지식 점수가 높았다. 과제에 따른 사전지식의 차이는 연령이 증가하면 더욱 커졌다. 이러한 결과는 연령차와 무관하게 아동이

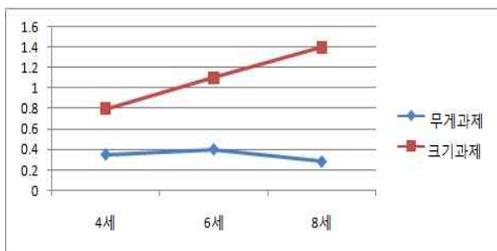


그림3. 낙하현상 사전지식에서 연령과 과제에 따른 상호작용효과

‘크기’ 변인보다 ‘무게’ 변인에 치중해서 낙하현상을 이해하고 있음을 나타낸다. 특히 ‘무거운 것이 더 빨리 떨어진다’는 생각은 연령의 증가에도 불구하고 더욱 더 우세해졌다.

### 아동의 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 추론

아동의 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 추론 점수의 전반적인 경향을 살펴보면 표1과 같다. 낙하현상에 대한 추론 점수가 아동의 연령과 과제에 따라 차이가 있는지 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자 간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자 내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 시행하였다. 그 결과 연령에 따른 주효과가 유의하게 나타났다( $F_{2,117}=13.67, p<.001$ ). 낙하현상에 대한 추론의 평균점수는 4세가 2.5점( $SD=1.04$ ), 6세가 3.18점( $SD=.98$ ), 8세가 3.60점( $SD=.81$ )으로 연령이 증가하면 추론 점수는 상대적으로 높아졌다. Scheffé 사후검증 결과 낙하현상에 대한 추론 점수는 4세와 6세, 4세와 8세 간에 유의한 차이가 나타났다. 즉 낙하현상에 대한 추론 점수는 6, 8세보다 4세가 상대적으로 더 낮게 나타났다. 이는 Piaget의 주장과 달리 전조작기의 6~7세 아동도 과제 절차를 단순하게 하거나 요구 수준을 낮추면 추론을 할 수 있다는 선행연구(Bullock & Ziegler, 1999; Koerber et al., 2005; Ruffman et al., 1993; Sodian, et al., 1991)와 일치한다. 또한 이 연구결과에 의하면 4세도 추론이 가능하다. 낙하현상에 대한 추론의 점수 범위는 두 과제의 점수를 합한 0-4점이다. 4세의 추론 평균 점수는 2.50점이었다. 무게과제와 크기과제의 점수는 각각 1.25점으로 이는 4세 아동이 낙하현상 실험에서 결과를 바르게 확인하게 그 이유를 어느 정도 해석할 수 있는 수준임을 보여준다. 그러므로 4세 아동도 낮은 수준

이나마 추론이 가능하다고 볼 수 있다.

아동의 낙하현상에 대한 추론 점수는 과제에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 '물체는 무게나 크기에 상관없이 동시에 떨어진다'는 결과를 확인하고 그 이유를 설명하는 과정에서, 아동이 주어진 무게와 크기 정보를 실험 결과와 연결하여 추론하는 능력 자체는 과제의 종류와 무관함을 의미한다. 즉, 아동이 낙하현상에 대해 '무게'변인 위주의 사전지식을 보여 주지만, 실험결과를 확인하고 해석하는 과정에 있어서는 '무게'와 '크기'변인에 따른 차이가 없음을 알 수 있다.

#### 아동의 연령과 과제에 따른 낙하현상에 대한 사후지식

연령과 과제에 따른 아동의 낙하현상에 대한 사후지식의 전반적인 경향을 살펴본 결과, 사후지식 점수와 각 과제별 점수는 표1과 같다. 아동의 연령과 과제에 따라 낙하현상에 대한 사후지식 점수에 차이가 있는지 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자간 요인으로, 과제(무게과제, 크기과제)를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 시행하였다. 그 결과 낙하현상에 대한 사후지식 점수에서 연령에 따른 주효과가 유의하게 나타났다 ( $F_{2,117}=11.19, p<.001$ ). 연령별 사후지식 평균 점수를 살펴보면, 4세는 2.03점( $SD=1.50$ ), 6세는 2.88점( $SD=1.29$ ), 8세는 3.35점( $SD=.97$ )으로 연령이 증가하면 사후지식 점수도 상대적으로 높아졌다. Scheffé 사후검증 결과 아동의 낙하현상에 대한 사후지식 점수는 4세와 6세, 4세와 8세 간에 유의한 차이가 나타났다. 이는 4세 아동보다 6, 8세 아동이 낙하현상에 대한 사후지식의 인지 수준이 더 높음을 보여준다. 과제에 따른 주효과는 나타나지 않았다.

#### 아동의 낙하현상 사전지식과 사후지식의 차이

아동의 낙하현상에 대한 사전지식이 추론 이후에 변화되었는지 살펴보기 위해 사전지식 평균점수와 사후지식 평균점수의 차이를 살펴보았다. 대응표본 t검증을 실시한 결과 사전지식과 사후지식은 통계적으로 유의한 차이( $t=-10.10, df=119, p<.001$ )가 있었다. 즉, 아동은 낙하현상에 대한 추론을 통해 사전지식과 다른 수준의 사후지식을 새롭게 형성하였다. 대응표본 t검증 결과에 의하면, 세 연령 모두 사전지식과 사후지식의 차이가 유의하게 나타났다. 구체적으로 연령에 따른 사전지식과 사후지식의 점수 차이를 알아보면, 4세의 사전지식 점수는 1.15점( $SD=.97$ ), 사후지식 점수는 2.03점( $SD=1.50$ )으로 유의한 차이( $t=-3.56, df=39, p<.01$ )가 있었다. 6세의 사전지식 점수는 1.50점( $SD=1.20$ ), 사후지식 점수는 2.88점( $SD=1.29$ )으로 유의한 차이( $t=-6.72, df=39, p<.001$ )가 있었다. 8세의 사전지식 점수는 1.68점( $SD=1.23$ ), 사후지식 점수는 3.35점( $SD=.97$ )으로 유의한 차이( $t=-8.10, df=39, p<.001$ )가 있었다. 4, 6, 8세 아동 모두 낙하현상에 대한 추론을 통해 사전지식을 과학적으로 보다 정확한 사후지식으로 변화시켰다. 따라서 6, 8세뿐만 아니라 4세도 실험 과정의 예측과 결과해석을 통해 새로운 지식을 구성할 수 있음을 보여주었다. 앞서 4세의 낙하현상에 대한 추론이나 사후지식의 수준은 6, 8세보다 유의하게 낮았다. 그러므로 낙하현상 실험에 대한 추론을 통해 4, 6, 8세 아동이 사전지식과 유의한 차이가 있는 사후지식을 구성한다는 점은 같지만, 그 수준은 4세가 6, 8세보다 더 낮음을 알 수 있다.

낙하현상에 대한 사전지식과 사후지식의 점수 차이를 과제에 따라 살펴보면 다음과 같다. 무게과제에서 사전지식 점수는 .34점( $SD=.66$ ), 사후지식

점수는 1.32점( $SD=.82$ )으로 유의한 차이가 있었다( $t=-10.60$ ,  $df=119$ ,  $p<.001$ ). 크기과제에서 사전지식 점수는 1.10점( $SD=.97$ ), 사후지식 점수는 1.43점( $SD=.83$ )으로 유의한 차이가 있었다( $t=-4.09$ ,  $df=119$ ,  $p<.001$ ). 두 과제 모두 사전지식 점수와 사후지식 점수 간에 유의한 차이가 있었지만, 특히 무게과제에서 그 차이가 더 크게 나타났다. 이는 낙하현상에 대한 사전지식에 있어 무게 변인에 대한 인지 수준이 크기 변인에 비해 상대적으로 더 낮았지만, 추론을 통해 무게 변인에 대한 새로운 지식을 구성했음을 의미한다.

## 논 의

이 연구에서는 4, 6, 8세 아동을 대상으로 낙하현상에 대한 아동의 지식변화를 살펴보고자 하였다. 구체적으로 낙하현상에 대한 아동의 사전지식, 추론, 사후지식이 연령과 과제에 따라 유의한 차이가 있는지 살펴보았다. 또한 이론과 증거의 조정과정인 추론을 통해 새롭게 구성된 사후지식이 사전지식과 차이를 나타내는지 살펴보았다.

이 연구목적을 위해 서울과 경기도의 중류층 어린이집 세 곳과 초등학교 두 곳에 다니는 4, 6, 8세 아동 각 40명씩 총 120명을 연구대상으로 선정하고 ‘무게과제’와 ‘크기과제’로 낙하현상에 대한 사전지식, 추론과 사후지식을 살펴보았다. 수집된 자료의 분석을 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

낙하현상에 대한 4세, 6세, 8세의 사전지식 수준은 차이가 없다. 이는 아동의 물리지식이 인지발달 단계에 의존해 영역 일반적 지식발달을 보인다는 Piaget의 이론과 다르다. 이러한 결과는 물리·심리·생물 등 핵심영역의 지식이 영역특정적으로

발달하고, 타고난 지식 기초가 유아기 지식을 진전시킨다고 주장하는 이론 이론과 맥을 같이 하는 것으로 볼 수 있다.

낙하현상에 대한 사전지식은 크기과제의 수행 수준이 높다. 이는 아동이 ‘무거운 물체가 더 빨리 떨어진다.’ 또는 ‘두 물체의 무게가 같으면 같이 떨어진다.’고 생각함을 보여준다. ‘무거운 것이 더 빨리 떨어진다.’는 생각은 연령이 증가하면서 더욱 강해진다. 즉, 아동은 낙하현상에서 ‘크기’ 변인보다 ‘무게’ 변인을 실험결과와 더 많이 연결하여 생각하고, 이러한 경향은 연령증가에 따라 더 강해진다. 아동은 물체가 물에 뜨고 가라앉는 현상에서 ‘무거운 것이 빨리 떨어진다.’고 생각하는 ‘무게-밀도 개념 미분화 경향’이 있다(Hewson & Hewson, 1983; Smith, Carey, & Weiser, 1985). 이와 유사하게 낙하현상에서는 ‘무거운 것이 가라앉는다.’고 생각하는 경향이 있다. 이는 아동이 물리현상을 ‘무게’중심으로 사고하는 특징이 있음을 보여준다. 또한, 이는 아동이 물체의 ‘무게’가 물체를 움직이게 하는 힘과 관련되어 있다고 생각함을 보여준다.

이 연구에 의하면 낙하현상에 대한 추론은 4세도 어느 정도 가능하다. 6, 8세는 4세보다 추론 능력이 상대적으로 더 높다. 이는 전조작기 유아는 기존의 지식을 관찰 결과와 조정하기 어려우며, 형식적 조작기인 11세 이상이 되어야 추론이 가능하다고 보았던 Piaget의 주장과 차이가 있다. 이러한 결과는 아동이 선천적 지식을 가지고 태어나므로 물리 현상의 원인과 결과에 대한 추론이 Piaget가 제안한 것보다 이른 시기에 발달한다고 주장한 이론 이론의 입장과 맥을 같이 한다.

낙하현상에 대한 사후지식의 수준은 4세보다 6, 8세 아동이 상대적으로 더 높다. 이는 낙하현상에 대한 추론의 수준이 4세보다 6, 8세가 더 높은 것과 일치한다. 이는 낙하현상에 대한 사전지식 수준

이 4, 6, 8세 간에 차이가 없는 것과 다르다. 종합해 보면, 낙하현상에 대한 사전지식은 연령에 따른 차이가 없지만, 실험을 통해 결과를 해석하고 새로운 사후지식을 구성하는 능력은 4세와 6, 8세간에 차이가 있다. 이는 이론과 증거를 조정하는 과학적 사고능력이 연령이 증가할수록 증가한다는 선행연구 결과(Klahr, & Dunbar, 1989; Schauble, 1990)를 지지한다. 4, 6, 8세 모두 낙하현상에 대한 사전지식은 추론을 거치면서 과학적으로 보다 정확한 사후지식으로 변화된다. 4세도 추론을 통해 지식의 변화가 가능하다는 이 연구의 결과는 4, 5세 아동은 증거 제시에도 불구하고 사전지식을 변화시키지 못한다는 선행연구(김혜라, 이순형, 2009)와 차이가 있다. 이 연구에 의하면, 변인을 간단하게 조정하고 과제 요구 수준을 낮추면 6~7세 아동도 추론이 가능하다고 보았던 선행연구(Bullock & Ziegler, 1999; Koerber et al., 2006; Ruffman et al., 1993; Sodian et al., 1991)보다 더 어린 4세도 추론이 가능하다. 그러나 4세는 6, 8세보다 추론이나 사후지식의 수준이 유의하게 낮다. 따라서 이 연구는 4세도 6, 8세 보다 낮은 수준이긴 하지만 추론을 통해 새로운 사후지식을 구성할 수 있음을 입증한다.

낙하현상에 대한 사후지식은 과제에 따른 차이가 없다. 그러나 사전지식과 사후지식 간의 점수 차이는 크기과제보다 무게과제에서 더 크다. 이는 사전지식 수준이 더 낮았던 '무게' 변인에 대한 추론을 통해 '무게'에 관련된 지식의 변화가 더 많이 일어났음을 나타낸다.

종합하면, Piaget의 인지발달 단계이론이 주장하는 것보다 낮은 연령의 아동도 낙하현상에 대한 사전지식을 가지고 있으며, 추론을 통해 지식의 변화가 가능하다. 즉, 전조작기의 4, 6세 유아도 낙하현상에 대해 초보적 수준의 물리 지식을 가지고

있다. 또한 자신의 지식이나 이론을 바탕으로 물리 현상에 대해 예측할 수 있다. 이는 어느 연령에서든 아동은 타고난 개념을 이용해 사건의 원인을 설명하거나 이론화하고, 초보 이론을 경험과 대조해 검증하고, 이론이 새로운 정보를 적절히 설명하지 못하면 수정해 나간다는 이론 이론의 입장과 맥을 같이 한다.

그러나 물리 현상에 대한 아동의 예측과 설명의 판단 근거는 과학적으로 정확할 수도 그렇지 않을 수도 있다. 특히 유아는 두 변인을 동시에 고려하기에 어려움이 있다. 낙하현상에 대한 사전지식에서 아동은 '크기' 변인보다 '무게' 변인에 치우쳐 생각하는 경향이 강하게 나타났다. 그러므로 낮은 연령일수록 단순하게 통제된 변인을 제시하고 실험으로 확인하게 할 필요성을 제기한다. 이러한 과정은 영아와 전조작기 유아가 성숙이나 경험을 통해 타고난 지식을 발달시켜 나가고 있지만, 변화에 대한 자세한 설명이 부족하다는 문제점(Siegler & Alibali, 2005)에 대한 해결책의 출발점이 될 수 있을 것이다.

변인이 통제되어 간단히 제시되면, 전조작기의 4, 6세 유아도 실제 실험을 통해 자신의 이론과 증거를 조정하는 추론이 가능하다. 실험의 결과가 사전지식과 일치하면 아동은 더욱 견고한 사후지식을 구성하게 된다. 아동의 사전지식과 일치하지 않는 불일치증거를 확인하고 이론과 증거를 조정하는 추론 과정은 사전지식을 새로운 사후지식으로 변화시킬 수 있다. 그러므로 아동의 사전지식을 근거로 먼저 실험결과를 예측하고, 예측과 결과의 일치여부를 실제 실험을 통해 확인한 뒤, 결과와 원인을 고려해 보는 과정은 물리 지식과 더불어 추론 능력을 향상시킨다. 물리 지식과 추론의 양 면이 모두 향상될 때 궁극적으로 과학적 사고는 증진된다. 이 연구에서 4세의 추론과 사후지식 수준이 6, 8세

보다 낮긴 했지만, 4세도 추론을 통해 사전지식의 변화가 일어났다. 그러므로 변인을 통제해 과제 요구 수준을 낮추고 실험 과정을 단순하게 하면 구체적 조작기 아동뿐만 아니라 4세도 낮은 수준이 아니라 새로운 물리 지식의 구성과 추론이 가능함을 나타낸다.

이 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 이 연구는 아동의 물리 지식 발달 양상이 Piaget의 영역일반적 인지 발달 이론과 차이가 있음을 밝혔다. 즉, 아동의 물리 지식 발달은 인지 발달 구조의 변화가 아니라 경험을 통한 지식의 변화, 이론의 변화임을 밝혔다. 아동은 발달 단계나 연령에 상관없이 실제 실험을 통해 이론과 증거를 조정하고 새로운 지식을 구성할 수 있다. 둘째, 이 연구는 물체의 낙하현상에 대한 아동의 지식 변화를 사전 지식, 추론, 사후 지식의 세 단계에서 측정하여 그 차이를 살펴보았다. 그 결과 연령별로 아동이 현재 가지고 있는 지식 및 추론의 내용과 수준이 어떠하며, 추론을 통해 어떻게 새로운 지식으로 변하는지 그 과정을 구체적으로 밝혔다. 예측과 불일치한 실험 결과는 아동에게 지식과 증거를 조정하는 기회를 제공했고, 예측과 일치한 실험 결과는 아동의 지식을 견고하게 하였다. 그 결과 세 연령 모두 낙하현상에서 사전 지식 수준과 유의한 차이가 있는 사후 지식을 형성했다. 셋째, 아동이 물리 현상을 판단하는 주요 판단 근거는 '무게' 변인과 '크기' 변인이다. 이 연구의 '무게과제'와 '크기과제'는 두 변인을 동시에 고려하기 어려운 유아의 특성에 적합하도록 변인이 최대한 단순화되어 제시되었다. 실생활에서 쉽게, '무게'와 '크기' 변인을 분리해 살펴볼 수 있는 과제를 제공함으로써 낙하현상에 대한 아동의 지식과 추론이 어떤 부분에서 더 발달되어 있고 어떤 부분이 더 발달되도록 지원해야 할지 증명하였다.

이 연구의 제한점과 후속 연구를 위한 제언은 아래와 같다. 첫째, 이 연구는 4세도 초보적 수준의 물리 지식을 가지며 추론이 가능함을 밝혔다. 그러므로 더 어린 연령의 유아가 낙하현상에 대해 가지고 있는 물리 지식과 추론을 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 이 연구에서는 추론을 통해 4, 6, 8세 모두 사전 지식보다 수준 높은 사후 지식을 구성했음을 입증했다. 과학 오개념은 연령이 증가해도 지속되는 경우가 많으므로 불일치 증거를 반복해서 제시할 필요가 있다. 그러므로 낙하현상에 대한 아동의 사후 지식을 견고히 할 수 있는 불일치 증거를 지속적으로 제시할 다양한 방법을 모색할 필요가 있다. 특히 이 연구에서 낙하현상에 대한 아동의 지식이 물체의 '무게' 변인에 치중된 것으로 밝혀졌다. 그러므로 아동이 물체의 '크기' 변인에 관심을 가질 수 있는 실험이 제공될 필요가 있다. 마지막으로, 이 연구는 4, 6, 8세 아동이 물리 지식을 가지고 있으며, 경험을 통해 지식을 변화시킬 수 있음을 밝혔다. 물리 지식은 눈으로 관찰 가능한 물리 대상에 대한 지식과, 눈으로 볼 수 없지만 물리 현상을 이해하기 위한 물리 개념에 대한 지식으로 나누어진다. 이 연구에서 낙하현상과 관련된 아동의 지식은 주로 물체의 물리적 특징인 '무게'나 '크기' 변인과 관련되어 표현되었다. 앞으로 낙하현상을 비롯해 다양한 물체의 움직임을 일으키는 중력이나 부력 같은 보이지 않는 힘에 대한 아동의 초보적 지식과 추론을 알아보는데 관심을 가졌으면 한다.

## 참 고 문 헌

- 강인숙 · 정진우 · 김윤지(2008). 지구의 모양, 색깔, 중력에 대한 3학년 학생들의 선개념. 초등과학교육, 27(1), 31-41.

- 김혜라, 이순형(2009). 유아의 빛과 그림자 현상에 대한 지식의 변화. *유아교육연구*, 29(3), 305-323.
- 박선미(2004). 아동의 물리 지식: 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 이해와 발달. *인지과학*, 15(4), 31-47.
- 양일호(2003). 과학적 지식 생성과정에서 사전지식과 과학적 사고의 역할. *초등교과교육연구*, 4, 51-65.
- 채동현(1992). 한국 학생들의 중력현상에 대한 유년적 사고. *한국과학교육학회지*, 12(2), 67-79.
- Baillargeon, R.(1991). Reasoning about the height and location of hidden object in 4.5-6.5 month-old infants. *Cognition*, 38, 13-42.
- Baillargeon, R. (1994). How do infants learn about the physical world? *Current Directions in Psychological Science*, 28, 91-204.
- Bar, V., Zinn, V., Goldmuntz, R., & Carey, S. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
- Brown, D., & Clement, J. (1992). Classroom teaching experiments 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.
- Charlesworth, R., & Lind, K. K. (2007). *Math and science for young children*(5th Ed.). NY : Thomson Delmar Learning.
- Flavell, J. H., Miller, P., & Miller, S. (2002). *Cognitive development*(4th Eds.) Engelwood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Ginsberg, H. P. & Opper, S. (2006). *Piaget's theory of intellectual development*(3rd Ed)(김정민 역(2006), 피아제의 인지발달이론, 서울: 학지사), Prentice Hall
- Gopnik, A. & Meltzoff, A. N. (1997). *Words, thoughts, and theories*. Cambrids: MIT Press.
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). The effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Kamii, C. K. (1985). *Young Children reinvent arithmetic : Implications of Piaget's theory*. New York : Teachers College Press.
- 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., 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)
- Needham, A. & Baillargeon, R. (1993). Intuition about support in 4.5-month-old infants. *Cognition*, 47, 121-148.
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of the physical causality*. London: Kegan Paul, Trench, & Trubner.
- Povinelli, D. J. (2003). *Folk physics for apes*. London: Oxford University Press.
- 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, NJ ; Prentice Hall
- Smith, C., Carey, S., & Weiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177-237.
- Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753-766.
- Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy. In S. Carey & R. Gelman(Eds.). *The epigenesis of mind*. New Jersey. Lawrence Erlbaum.
- Spelke, E. (1994). Initial knowledge: Six suggestions. *Cognition*, 50, 431-445.
- White, J. E. (1990). Children's mental models of gravity and their interpretations and explanations of the free fall of objects. Doctoral dissertation, University of Georgia.

---

1차 원고 접수: 2012. 10. 15.

수정 원고 접수: 2012. 11. 25.

최종 게재 결정: 2012. 11. 26.

# Children's knowledge change about the free-fall phenomenon

EunYoung Kim    SoonHyung Yi

Department of Child Development & Family Studies, Seoul National University

The purposes of this study were (1) to investigate the differences in children's knowledge of and reasoning about the free-fall phenomenon according to their ages and tasks, and (2) to investigate whether the children's prior knowledge changes to post knowledge through reasoning. Forty from each of three age groups-4-, 6-, and 8-year-olds, for a (total of 120 subjects) were selected for the study. The subjects were chosen from three preschools and two elementary schools located in the middle class residential areas of Seoul and of Kyoung-Ki Province. Each child was to perform tasks dealing with weight and size. Under observation were each child's prior knowledge, reasoning and post knowledge of the free-fall phenomenon. The major findings are as follows: first, there were no differences in the children's prior knowledge of the free-fall phenomenon according to the different age groups. However the prior knowledge level of the size task was higher than for the weight task. There was an interaction effect between ages and tasks. Second, 6- and 8-year old children showed higher levels of reasoning than did 4-year old children. However, there were no differences in the children's reasoning between the different tasks. Third, 6- and 8-year old children showed higher levels of the post knowledge than 4-year old children. However, there was no difference in children's post knowledge according to different tasks. Fourth, there was a significant difference between the prior and the post knowledge. Through measuring the reasonings in the two task experiments, changes in the prior knowledge of the free-fall phenomenon were observed among all three age groups. The difference between prior and post knowledge was higher in the weight than in the size task.

*Key words: the free-fall phenomenon, prior knowledge, reasoning, post knowledge, knowledge change*