

물체의 수중낙하에 대한 아동 및 청소년의 사전생각과 사후생각 형성

Prior Thinking and Posterior Thinking Formation of Children and Adolescents In Sinking Objects

서울대학교 생활과학대학 아동가족학과
석사 김혜라
교수 유안진

Dept. of Child & Family Studies, Seoul National Univ.
Master : He-ra Kim
Prof. : An-jin Yoo

목 차

- | | |
|------------------|---------------|
| I. 서론 | IV. 연구결과 및 해석 |
| II. 이론적 배경 | V. 결론 및 논의 |
| III. 연구문제 및 연구방법 | 참고문헌 |

<Abstract>

The purpose of this study is to investigate prior thinking and posterior thinking formation of children and adolescents in sinking objects. The subjects consisted of twenty eight, 9- and 11-year old children and fourteen, 13-year old adolescents selected from one elementary school and two middle schools. The transcripts were analyzed to classify children and adolescents' prior thinking and posterior thinking frequency, reasoning response(evidence based response, idea based response) and reasoning method(valid method, invalid method). The data were analyzed by frequency, percentile, mean and standard deviation, t test, ANOVA.

Major findings were as followings:

1. Children and adolescents have already had prior thinking in sinking objects.
2. Children and adolescents applies their prior thinking to posterior thinking formation process.
3. There were significant differences in children and adolescents' posterior thinking formation process, especially choices in objects and reasoning methods depending on age.
4. There were significant differences in children and adolescents' reasoning response depending on presented evidences types.
5. Through the experimentation, children and adolescents' prior thinking was different from their posterior thinking. There were significant differences in differences between the prior thinking and posterior thinking depending on age.

주제어(Key Words): 사전생각(prior thinking), 사후생각(posterior thinking), 사후생각 형성(posterior thinking formation)

I. 서론

인간이 삶을 영위하는 과정에는 많은 난관과 문제가 따르고 이러한 난관을 잘 헤쳐나가기 위해서 인간의 인지기능은 더 조직적이고 논리적으로 발달해 나가게 되었다. 생각하는 인간(Homo sapiens)으로서 사람들은 자신의 사고할 줄 아는 능력을 토대로 오늘날 다른 어떠한 생물종보다 높은 문화적 업적과 문명의 발달을 이루었다. 이러한 비교할 수 없는 발전의 원동력이 되는 인간의 논리적 사고의 한 부분을 이루는 것이 바로 과학적 사고이다. 과학적 사고의 기능중의 하나가 바로 본 논문에서 연구하고자 하는 과학적 추론이다. 과학적 추론이란 어떠한 문제 해결을 위한 행위를 하기에 앞서 합리적으로 문제를 파악하고 문제 해결을 위한 전략을 세우는 과정을 뜻한다. 따라서 과학적 추론에 대한 연구를 통해 인간의 사고기능에 대한 많은 정보를 알 수 있고 이를 학습이나 다른 영역에 확장하여 적용할 수 있다. 특히 인지기능이 급속하게 성숙하는 아동기나 청소년기에 대한 연구는 과학적 추론의 발전형태를 직접 관찰할 수 있다는 점에서 특히 중요성을 띤다. 따라서 본 연구에서는 과학적 추론이 아동과 청소년기에 어떠한 형식으로 이루어지고 그 발전형태는 어떤 방식으로 진행되는지에 주목하였다.

과학적 추론에 관한 연구들은 지금까지 두 가지 형태로 존재해왔다(Penner & Klahr, 1996; Schauble, 1996). 하나는 영역 특수 지식(domain-specific knowledge)에 대한 연구로, 어떤 영역에 대한 개념의 내용과 구조에 중요한 가치를 둔(장병기, 1993; Helm & Novak, 1983) 관점이고, 다른 하나는 영역 일반화 절차(domain-general procedure)에 대한 연구로, 개념에 관심을 두기 보다 증거를 이끌어내고 해석하는 과정과 절차에 관심을 둔 것이다.

영역 특수 지식에 관련된 연구들(Carey, 1985; Chi & Ceci, 1987; Chi & Koeske, 1983; Vosniadou & Brewer, 1994)은 한 영역에 대한 새로운 생각의 수용 여부를 결정할 때, 그 생각이 사전 생각과 얼마나 일관성을 유지하느냐에 초점을 맞춘 것으로 사전 생각의 중요성이 강조되는 접근법이라 할 수 있다. 그러

나 이 접근법은 사고의 과정에는 거의 관심을 두지 않아, 사고 구조가 어떻게 구성되고 변화되는지는 밝히지 못한다(장병기, 1993). 따라서 이런 접근법이 적용된다면, 사고의 변화가 일어나기 어려우며 특히 기존 사고가 옳지 않을 경우, 잘못된 사고를 지속적으로 유지하게 된다(Schauble, 1996)는 단점이 있다.

반대로 영역 일반화 절차에 관련된 연구들(Fay & Klahr, 1996; Kulkarni & Simon, 1988)은 문제를 해결하기 위해 사용하는 과정이나 절차를 중요시하고 그 과정과 절차가 얼마나 논리적으로 타당한지에 초점을 맞춘다. 그러나 이는 사전 생각과 사고 과정 사이의 상호작용을 간과하기 때문에(장병기, 1993), 실험 방법론적 문제로 인해 나타나는 실수나 유사한 유형의 상관관계들로 인한 결과도 논리적으로 타당하기만 하면 수용될 수 있으므로(Schauble, 1996), 증거에 대한 해석이 과장될 수도 있다는 단점이 있다. 따라서 과정에만 관심을 둘 게 아니라 사전 생각 또는 이론이 증거를 해야만 제시된 증거에 대한 해석이 올바르게 될 수 있다. 이처럼 영역 특수 지식과 영역 일반화 절차라는 두 형태에 대한 연구들은 과학적 추론에 대한 연구에서 서로 상보적인 역할을 한다. 따라서, 두 접근법이 함께 적용될 때, 우리는 과학적 추론이 어떤 방식으로 발전되는지에 대해 올바르게 이해할 수 있을 것이다.

최근, 과학적 추론에 관한 몇몇 연구들(Dunbar & Klahr, 1989; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Schauble, 1990)은 영역 특수 지식과 영역 일반화 절차의 상호작용에 관심을 둔 연구를 시도했다(장병기, 1993; Penner & Klahr, 1996). Kuhn 등(1988)의 연구는, 아동들은 제시된 증거나 자료를 해석하는데 있어 자신의 생각이나 믿음에 따라 그 증거나 자료를 다른 방식으로 사용한다는 것을 보여 주었다. 그러나 그들이 설정한 상황은 일반적인 내용 영역에서 이루어진 것이었는데, Dawson & Rowell(1967)의 연구에 의하면 아동들은 일상적인 상황보다는 과학과 관련된 상황 속에서 자신들의 생각보다는 주어진 자료를 더 잘 이용한다고 한다. 따라서 본 연구에서는 과학과 관련된 상황을 설정하여, 아동과 청소년의 사전 생각과 사후 생각 형성 과정이 어떻게

관련되는 지를 밝히려 한다.

또한 두 접근법의 상호작용에 대한 연구들은 변수의 조작이 가능한 실험 상황에서의 연구가 대부분이었으나 우리가 살고 있는 자연 세계는 잘 구조화되어 있거나 쉽게 예측 가능하지 않다(Schauble, 1996). 즉, 위의 연구들은 실험적 조작을 통해 변수의 통제가 가능한 상황에서의 연구이므로 실험적 통제가 불가능한 현실 세계에서 과학적 추론을 밝히는 데는 한계가 있다고 할 수 있다. 따라서 완벽한 변수의 통제가 불가능한 자연 상황에서의 과학적 추론 형태에 대한 연구가 보완되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 실제 자연 상태에서 영역 특수 지식과 영역 일반화 절차의 상호작용을 보려 한다.

또한 특정한 교과 영역에서 아동과 청소년은 어떻게 학습하며, 주어진 정보로부터 자신의 원래 개념을 어떻게 변화시키는가를 이해하기 위해서는 일반화된 간접적인 결과에 의한 예상보다는 좀 더 구체적이고 직접적인 연구를 필요로 한다.

이를 위해 본 연구에서는 학습이나 경험에 의해 습득되지 않은 사전 생각을 지니고 있다고 판단되는 영역에서, 인위적인 통제가 없는 실험(무게, 모양, 크기, 재질이 다른 물체의 낙하) 상황을 설정하고, 9세, 11세 아동 28명과 13세 청소년 14명을 대상으로, 아동과 청소년의 사전 생각이 실험을 수행하는 과정에서 어떻게 적용되어 나타나는지, 또한 실험에서 얻어진 증거를 어떻게 해석하는지, 실험을 통해 사전 생각이 어떻게 변화되는 지를 알아보고자 한다. 이는 사전 생각의 중요성을 강조한 영역 특수 지식에 대한 접근법과 사고 과정의 절차를 중요시한 영역 일반화 절차의 관점을 통합한 시도로서, 자연 상태에서 이 두 접근법의 상호작용을 밝힐 수 있으리라 기대된다.

II. 이론적 배경

1. 과학적 추론

과학적 사고란 과학적 추론을 포괄하는 더 넓은

의미의 개념이다. 과학적 사고와 방법은 무엇을 관찰할 것인지 결정하고, 무엇을 주목해야 할지 선택하며, 추론을 사용하여 해석하고, 실험 자료로부터 결론을 끌어내는 활동 등을 포함한다(Collins, 1985). 그러나 그러한 활동들은 반드시 과학 영역에서만 이루어지는 것은 아니며 인간이 수행하는 모든 탐구 활동에서 보편적으로 적용되는 방법일 뿐 아니라 일상적인 활동들에서도 충분히 적용되는 모든 인간이 보편적으로 할 수 있는 인간 사고의 한 부분이라고 할 수 있다.

과학적 사고가 인간의 일상적인 생활에서 보편적으로 나타나는 사고라면, 우리는 인간의 사고를 이해하기 위해서 과학적 사고에 주목할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 과학적 사고의 한 부분인 과학적 추론에 대하여 밝혀보려고 한다.

1) 과학적 추론과 사전 생각

과학적 추론이란 어떤 영역의 문제 해결에서 얼마만큼 주어진 근거에 의존하여 왜 그러한 결과가 나왔을까를 합리적으로 예측하는 과정이다. 즉 이론과 증거의 분리를 통해 얼마만큼의 적절한 정보를 이용하여 자신들의 기존 생각과 일치하지 않은 실험의 결과를 해석하고 그를 통해 잘못된 기존 생각을 수정하는 일련의 과정을 지칭하는 것으로 이러한 고등 정신 기능의 발현을 통해 문제 해결을 위한 전략을 구성하고 그 전략을 활용하는 과정을 통해 인간은 좀 더 과학적이고 합리적으로 사고할 수 있게 되고 이러한 진보는 인간이 삶을 영위하는 데 있어서 매우 중요한 요소가 된다.

최근 십여년 동안 과학 교육 분야에서 알아낸 중요한 사실은 과학을 가르치는 일이 단순히 예전에 갖추지 못한 정보를 제공하는 것이 아니라는 것이다(Kuhn et al, 1988). 많은 인지 심리학자들과 과학 교육자들은 성인 뿐 아니라 어린 아동들도 자연 현상에 대하여 나름대로의 미숙한 개념들을 다양하게 지니고 있다는 것을 밝혔고(Carey, 1985, 1986; Champagne & Klopfer, 1984; DiSessa, 1983; Larkin, 1983; West & Pines, 1985), 이는 수업에 의해 쉽게 변화되지 않는다는 것을 알았다.

따라서 학습자의 사고 과정을 조사하기 위한 출발점으로서 학습자 자신의 사전 생각에 주목하는 것은 매우 중요하다. Pazzani(1991)는 이전 지식이 없다면, 사람들은 새로운 문제에 직면했을 때, 증거의 사용을 적절하게 하지 못할 것이라고 했고, Schauble 등(1991)도 발견 과정은 지식과 실험 과정 사이의 연계를 발전시킨다고 주장하였다. 특히 Carey(1985)는 인지 발달이 전적으로 영역 특수적인 지식에서의 변화들로 구성된다고 하여 영역 특이적인 지식 바탕의 역할을 강조하며, 그것은 특정한 영역 내에서의 연속적인 개념적 변화에 의해 설명될 수 있는 것이라고 주장한다. 즉 사전 생각과 이론은 어떤 문제에 직면했을 때, 그 문제를 자신이 갖고 있는 틀에 맞게 조정하고 잠정적으로 조사할 중요한 변수를 강조하여 초기 탐험을 이끌어 낸다(Penner & Klahr, 1996)는 것이다. 이러한 연구들은 어떤 현상에 대한 사고가 진행되기 위해서는 먼저 지니고 있었던 사전 생각이 기초가 되어야 한다고 주장했고, 여러 과학적 현상에 대한 아동과 일반 성인의 이해와 형태들에 대해 많은 것을 밝혔다. 아동의 개념에 대한 연구들은 자연 현상에 대한 한 개인의 사전 생각이, 새로운 정보의 동화를 위한 배경을 제공하고, 반복된 수정을 겪게 되는 정신 모형이나 이론들 속으로 조직된다는 사실을 부각시켰다.

그러나 영역 특수 지식의 중요성을 강조한 연구들은 지식의 구조 자체만을 확인하고 서술하는 것에 집중되었고, 지식의 변화가 일어나는 과정에 대해서는 거의 언급하지 않았다. 또한 자연 현상에 대한 피험자의 추론 과정에서 나타나는 변화는 거의 간과하고 있다. 그러나 과학적 지식들은 변화하지 않고 과거의 지식 위에 누적되어 발전하는 것이 아니라 때로는 과거의 지식들과 모순되는 새로운 이론들도 자연현상에 대한 새로운 해석이 가능하다고 할 수 있다. '과학자로서의 아동'이라는 비유는 아동이 자신의 과제를 해결하기 위해 과학자가 행하는 인지 과정을 사용한다고 가정하는 것인데 앞서 밝힌 대로 연구자들의 연구 결과는 학습자가 지닌 잘못된 개념은 쉽게 변하지 않는다는 사실을 알려준다. 그렇다면 사실 아동은 과학자들과 매우 다

른 방식으로 문제를 해결하기 위해 접근할 지도 모른다(Posner et al., 1982). 따라서 과학적 지식이 어떻게 변화하는지, 그리고 과학적 사고 과정과는 어떻게 연관되는지 밝히는 일이 필요하다.

2) 과학적 추론과 사후 생각 형성 과정

과학적 활동은 가설 세우기, 실험하기, 그리고 추론하기라는 3가지 중요한 단계로 구분된다(Kuhn & Phelps, 1982; Pitt, 1983). Simon(1977)에 의하면 이러한 과정은 문제 해결 과제에서 일어나는 과정과 비슷하며, 따라서 과학적 활동이 문제 해결을 위한 탐색 과정으로 특징지어질 수 있다는 것을 제안하였다(Newell & Simon, 1972). 과학적 탐구를 본질적으로 문제를 해결하는 과정이라고 보는 연구자들은 과학 문제들을 해결하기 위해 사용하는 절차나 지식 등을 조사해왔다(Greeno & Simon, 1984). 이들의 관심사는 문제 해결 전반에 관련된 행동 등에 대한 것이었고 이를 전문가와 초보자를 비교함으로써 연구하였다.

일반적으로 연구자들은 전문가들이 좀 더 많은 정보를 효과적으로 조직하고 초보자와 다르게 이용한다는 것을 시사한다(Chase & Simon, 1973; Chi, Feltovitch, & Glaser, 1980; Larkin & Rief, 1979) 가령, Chase & Simon(1973)은 체스 게임에서 전문가가 초보자에 비해 체스 알들의 관계를 잘 파악한다는 것을 관찰했다. Chi, Feltovitch와 Glaser(1980)는 전문 물리학자와 초급 물리학자에게 물리 문제를 범주화하게 하여 문제 해결 정보가 어떻게 조직되는지를 조사한 결과, 초보자들은 문제에 있는 표면적인 정보에 의존하는 경향이 있는 반면 전문가들은 문제 해결에 필요한 본질적인 정보를 사용하여 문제를 범주화하는 경향이 있다는 것을 밝혔다.

즉, 전문가는 문제를 해결할 때 먼저 문제에 대하여 숙지하고 전반적인 계획을 세우며 주어진 문제들의 관련성을 파악하여 조심스럽게 실행에 옮기는 반면, 초보자는 계획보다 먼저 개별적 원리를 적용시켜 문제 해결을 급하게 하는 경향을 보인다고 하였다.

그러나 전문가와 초보자는 그들의 경험과 환경이

다르기 때문에 전문가의 방식을 초보자에게 그대로 적용시키는 것에는 한계가 있다. 또한 문제 해결에 대한 연구들은 문제 해결 과정에서 그 절차와 문제 해결에 사용되는 지식이 중요하다는 것을 밝혔지만, 문제 해결 과정에서 나타나는 지식과 절차들 사이의 구체적인 상호작용에 대해서는 간과하는 경향을 보였다. 따라서 문제 해결에 사용되는 사전 생각이 어떻게 구체적으로 문제 해결 과정에서 적용되어 나타나는 지에 대하여 자세히 살펴 볼 필요가 있다.

3) 사전 생각의 사후 생각 형성 과정에서의 적용

최근 과학적 추론에 대한 연구들은 한 개인이 어떠한 영역에 대한 이해를 어떻게 구축하고 그러한 이해가 어떻게 변화하는 지에 관심을 두기 시작했다.

Kuhn 등(1988)은 이러한 측면을 주목, 아동의 사고 과정을 조사하기 위한 출발점으로서 아동 자신의 이론에 주목하면서, 인과적 추리와 형식 조작적 추론의 발달에 대한 앞선 연구들을 바탕으로 아동의 증거 평가 능력과 그 발달에 대해 연구를 했다.

Kuhn 등의 연구 이후, 과학적 추론에 관한 연구들은 사전 생각과 사후 생각 형성 과정의 조정에 관심을 두어 진행되었다. 대부분의 과학적 추론은 인과 관계를 밝히는 것을 목적으로 한다. 인과 관계를 밝히려는 아동들의 노력에 대한 연구들에 의하면 아동들과 과학자들의 문제 해결은 일반적으로는 비슷해 보이지만 큰 차이가 존재하는데 그러한 차이 중 하나가 바로 이론과 증거의 분리에 있다. 아동들은 자주 상황에 대한 증거에 의한 결론과 그들의 사전 생각에 의한 결론을 구분하지 못한다.

Klahr와 Dunbar(1988)은 아동과 성인에게 프로그래밍된 로봇을 특별한 교육없이 작동하도록 하여 과학적 추론의 과정과 지식의 변화에 대한 설명 모형을 제시했는데, 이들에 의하면 아동들은 가장 마지막에 수행한 실험의 결과에 기초하여 지엽적인 해석을 하였고 최소한의 증거 혹은 불충분한 증거에 기초하여 결론을 내리는 등 아동의 과제 수행은 성인에 비하여 성공적이지 못하였다.

Kuhn 등(1988)에 의하면 많은 아동과 청소년, 때로는 성인들도 증거와 이론을 구별하는데 어려움을

보이고, 해석을 자료의 설명으로서 만들어진 것으로 보기보다는 기존의 해석이나 결론들을 정당화하기 위해 자료를 사용한다는 것이다. 그들은 연구에서 증거를 평가하는 기능들이 청소년기에 이르지 못한 아동들에게는 취약하고, 이러한 기능들은 아동기의 중반에서 성인기에 이르기까지 어느 정도 발달을 보여 주지만, 성인이 되었더라도 적절한 발달 수준에 훨씬 미치지 못한 채로 남아 있다는 것을 가리키는 결과들을 제시하였다.

아동에 있어 이론과 증거의 구별 부족은 제시된 증거의 특성에 따라 달라진다는 연구 결과가 존재한다. Kuhn 등(1988)은 아동들은 제시되는 증거가 자신들의 사전 생각이나 개념과 일치하지 않는 실험의 결과를 해석하는데 있어서 어려움을 느낀다고 하였다. 특히 어린 아동의 이론과 증거의 구별 부족이 자신의 사전 생각과 제시된 증거가 일치될 때와 그렇지 못할 때 모두 나타난다는 것을 보여 주었다. 박종원 등(1993)은 제시된 증거가 사전 생각과 일치할 경우 증거에 의존하지 않고 생각에 의존한 추론 반응을 보이는 반면, 제시된 증거가 사전 생각과 일치하지 않을 경우 증거에 의존한 추론을 보인다고 하였다. 즉 증거의 특성에 따라서 추론 반응이 어떻게 달라지는 지를 확인해 볼 필요가 있다.

과학적 추론 기능에서의 중요한 발달은 이론과 증거를 구별하고 이론과 증거의 상호작용 과정을 의식적인 통제 수준까지 끌어올리는 것이다(장병기, 1993). 이를 위해서는 제시되는 증거가 구체적인 형태를 취할 때, 더욱 효과적이라 할 수 있겠다. 장병기(1993)는 Kuhn 등의 연구를 더욱 구체화하여 직접적인 실험에서 얻어지는 증거를 제시하였다. 그는 제시하는 증거를 변인들 사이의 상호작용이 있고 그러한 상호작용의 결과를 인과 관계로 해석하기보다는 설명 모형으로 해석할 수 있는 증거를 사용하여 청소년의 추론을 조사하였다. 또한 제시된 증거 유형에 대한 청소년의 증거 평가에 대한 반응을 증거 사용 여부, 추론 과정에서의 인과적 판단 및 그에 대한 추론 방식 등의 세 측면에서 분석하여 청소년의 사전 생각과 비교 분석하였다. 그 결과, 청소년의 사전 생각은 제시된 증거와 관련하여 그들의

추론에 영향을 준다는 것을 심층적으로 밝혔다. 여기에서는 연구자가 피험자에게 증거를 임의로 제시하여 증거를 스스로 선택하도록 했을 때의 결과에 대해서는 알 수가 없었다. 따라서 본 연구에서는 연구 대상에게 직접 증거를 선택하도록 하여 그들의 증거 선택이 어떠한지를 분석하기로 한다.

Schauble(1990)은 사전 생각, 새로운 증거를 내놓은 실험, 그리고 새로운 자료와 이전 신념에서 나온 결론들간의 상호작용에 대해 연구를 수행하여 과학적 추론을 반복하여 학습한 결과, 아동들의 실험 방법과 인과관계를 밝히는 능력이 발전함을 밝혔다. 그러나 Schauble의 실험은 자연 상태에서의 실험이 아니었다. 그녀가 고안한 실험은 변수를 조작하여 실제 자연 상태와는 동떨어진 상황을 만들었다. 그러나 우리는 자연 상태에서 살고 있고 따라서 변수의 조작으로 가능해지는 인위적인 상태에서의 추론 과정보다는 자연 상태에서의 추론 과정을 밝히는 것이 더 의미있는 일이라 할 수 있겠다.

III. 연구문제 및 연구방법

1. 연구문제

<연구문제 1> 물체의 수중 낙하 이유에 대한 아동과 청소년의 사전 생각은 무엇인가?

<연구문제 2> 아동과 청소년의 사후 생각 형성과정은 어떠한가?

<연구문제 3> 아동과 청소년의 사전 생각과 사후 생각 사이에 유의한 차이가 있는가? 그리고 이는 연령에 따라 유의한 차이가 있는가?

2. 연구대상

Piaget에 의하면 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 전환하면서 아동은 추상적인 사고를 할 수 있게 된다. 그러나 일반적인 기대와는 달리, Kuhn 등(Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988)은 어린 아동 뿐 아니라 성인도 이론과 증거를 구분하는데 어려움을

<표 1> 연구 대상자의 연령 및 성별

연령	남	여	N
9	7	7	14(33.3%)
11	7	7	14(33.3%)
13	7	7	14(33.3%)
계	21(50%)	21(50%)	42(100%)

느낀다고 했다. 이에 반해, 6세의 아동도 가설과 증거를 구분할 수 있다는 연구(Sodian, Zaitchik & Carey, 1991)도 있다. Vygotsky 학자들은 6세에서 10세 아동들도 이론적으로는 추론을 하기 시작하지만 그 과정이 완성되는 것은 18세 이후가 되어야 한다고 믿는다. 이렇듯 현재 상반되는 견해들이 혼재되어 있지만, 전환적 사고기에 관한 사전 생각과 사후 생각의 형성 과정에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 구체적 조작기에서 추론적 사고가 가능해지는 형식적 조작기로의 전환이 과학적 추론과 어떠한 관련이 있는지를 알아보기 위하여, 9세, 11세 아동과 13세 청소년을 연구 대상으로 선정하여 그들의 사고 과정에 유의한 차이가 있는지를 살펴보았다. 본 연구를 위해 대상으로 선정된 아동과 청소년의 연령과 성별은 <표 1>과 같다.

3. 연구 도구

1) 사용된 실험 도구

물체의 수중 낙하 실험을 위해 물을 담기 위한 원통과 낙하시킬 물체를 제작하였다. 물을 담기 위한 원통은 투명한 아크릴을 이용하여 높이 100cm, 직경 12cm로 제작하였고 실험시 물의 깊이는 85cm였다. 낙하시킬 물체의 재질로는 쇠와 테플론을 선정하였고, 각각의 재질마다 크기(큰 것과 작은 것)와 모양(정육면체와 구)을 변화시켜 8개의 물체를 제작, 사용하였다. 즉 쇠 공과 쇠 정육면체, 테플론 공과 테플론 정육면체의 무게와 부피를 같게 하였고, 쇠 공과 테플론 공, 쇠 정육면체와 테플론 정육면체의 부피를 같게 하여 겉으로 보기에는 같은 크

〈표 2〉 실험 도구의 특성

		구		육면체	
		큰 것	작은 것	큰 것	작은 것
쇠	무게(g)	67.18	16.75	67.39	16.60
	부피(cc)	9.0	2.8	9.0	2.8
	침수시간(sec)	.58	.62	.83	.91
	모양	●	●	■	■
테플론	무게(g)	19.14	4.97	18.87	4.89
	부피(cc)	9.4	2.9	8.8	2.8
	침수시간(sec)	1.23	1.38	1.71	2.04
	모양	○	○	□	□

기로 보이도록 제작하였다. 이 때 사용된 물체의 특성은 〈표 2〉에 나타나 있다.

2) 실험 절차

(1) 사전 생각 조사

먼저 아동과 청소년의 물체의 수중 낙하 이유에 대한 사전 생각을 조사하였다. 즉 아동과 청소년에게 물에서 물체가 가라앉는 이유가 그 물체의 어떤 속성 때문인지에 대하여 질문하였다.

그 다음으로 준비된 8개의 물체를 아동과 청소년에게 보여주며 그 물체들에 대하여 설명해주어 아동과 청소년이 그 물체들과 익숙해지도록 하였다.

사전 생각으로 나타날 수 있는 무게, 모양, 크기, 재질 중 눈으로 파악이 불가능한 물체의 무게를 아동과 청소년에게 알려 주었다.

그리고 실험자가 임의로 두 개의 물체를 선정하여 아동과 청소년에게 물에서 어떤 것이 먼저 낙하할 것인지를 예측하도록 요청하였다. 또 왜 그렇게 생각하는지에 대하여 질문하였다. 물체를 바꾸어가며 위와 같은 방법을 2~3회 반복하였다.

(2) 가설 설정

아동과 청소년은 직접적인 실험(사후 생각 형성 과정)을 하기 전에 가설을 설정하는 작업을 하였다. 가설 설정 작업은 8개의 물체의 수중 낙하 시간 순서를 결정하여 나열하는 것이었다.

(3) 증거의 선택과 추론

아동과 청소년은 8개의 물체 중 2개를 선택하여 수면에서 동시에 떨어뜨리는 실험을 하도록 하였다. 수면에서 물체를 떨어뜨리기 전에 어떤 물체가 더 빨리 가라앉을 것인지, 그리고 왜 그렇게 생각하는지를 질문했으며, 수면에서 떨어뜨린 후에 왜 그 물체가 더 빨리 가라앉았는지에 대하여 설명하도록 하였다. 이러한 과정은 추론을 함에 있어서 아동과 청소년의 사전 생각이 얼마나 반영되는지를 보여주는 동시에 증거(실험에서 보여진 결과)를 어떻게 해석하는지를 보여준다. 아동과 청소년에게 이러한 방법으로 4회의 실험을 진행하도록 한 다음, 물에서 물체가 가라앉을 때 어떤 속성이 중요한지 스스로 파악되었으면 실험을 그만 하도록 하였고, 미처 파악하지 못하였으면 실험을 더 하도록 하였다.

(4) 사후 생각 조사

실험이 끝난 후 아동과 청소년에게 물에서 물체가 가라앉을 때 어떤 속성이 중요한지 다시 한 번 이야기하도록 하였다.

IV. 연구결과 및 해석

1. 사전 생각

물체의 수중 낙하 이유에 대하여 학습한 적이 없고, 경험을 지니고 있지 않은 아동과 청소년을 대상으로 물체의 속성 중 물 속에서 낙하하도록 하는 것은 무엇인지에 대한 그들의 사전 생각을 조사하였다.

〈표 3〉에서 볼 수 있듯이, 모든 아동과 청소년은 물체의 수중 낙하 이유에 대하여 물체의 무게를 언급하였다. 또한 〈표 4〉에서 보듯이, 42명의 아동과 청소년 중 35명(83.33%)이 물체의 수중 낙하 이유는 물체의 속성 중 무게 때문이라고 생각하고 있었고, 나머지 7명은 물체의 무게와 다른 이유들(모양, 크기) 때문이라고 생각하고 있었다.

〈표 3〉 아동과 청소년의 사전 생각과 사후 생각

연령	연구대상	사전 생각				사후 생각			
		무게	모양	크기	재질	무게	모양	크기	재질
9	s1	*				*	*		
	s2	*				*			
	s3	*				*			
	s4	*				*			
	s5	*	*			*	*		
	s6	*				*	*		
	s7	*				*	*		
	s8	*				*	*		
	s9	*				*			
	s10	*				*			
	s11	*				*	*		
	s12	*				*			
	s13	*				*			
	s14	*				*			
11	s15	*		*		*	*		
	s16	*				*		*	
	s17	*				*	*		
	s18	*				*			*
	s19	*				*	*		
	s20	*				*	*		
	s21	*				*	*		
	s22	*				*			*
	s23	*				*	*		
	s24	*				*		*	
	s25	*				*	*		
	s26	*	*			*	*		*
	s27	*	*			*	*		
	s28	*				*	*		
13	s29	*		*		*	*		
	s30	*				*		*	
	s31	*				*			*
	s32	*				*	*		*
	s33	*				*	*		
	s34	*				*	*		
	s35	*				*	*		
	s36	*	*			*	*	*	
	s37	*	*			*	*		
	s38	*				*	*	*	
	s39	*				*			*
	s40	*				*	*		
	s41	*				*	*		
	s42	*				*	*		

〈표 4〉 아동과 청소년의 사전 생각 비율

아동과 청소년의 사전 생각	N(42명)
물체가 물에서 가라앉는 이유는 그 물체의 무게 때문이다.	35(83.3%)
그 물체의 무게와 모양 때문이다.	5(11.9%)
그 물체의 무게와 크기 때문이다.	2(4.8%)

2. 아동과 청소년의 사후 생각 형성 과정

1) 증거의 선택

아동과 청소년이 실험을 설계하는 과정에서 사후 생각을 형성하기 위해 선택하는 증거는 연령에 따른 차이가 있는 지를 살펴보았다. 이를 위해 모양과 크기가 같고 무게와 재질이 다른 두 물체를 선택한 경우와 무게와 크기, 재질이 같고 모양이 다른 두 물체를 선택한 경우의 개수를 세어보았다. 구체적인 증거의 선택에 대한 모든 경우를 〈표 5〉에 제시하였다.

모양과 크기가 같은 쇠와 테플론을 짝지어서 무게를 비교한 경우가 9세 아동은 31쌍, 11세 아동은 13쌍, 13세 청소년은 12쌍이었다. 또한 무게와 크기가 같은 쇠 또는 테플론을 짝지어서 모양을 비교한 경우가 9세 아동은 15쌍, 11세 아동은 20쌍, 13세 청소년은 16쌍이었다.

9세의 아동은 무게 차이가 많이 나는 두 개의 물체를 선택해 실험해보고, 더 무거운 물체가 먼저 가라앉으면 그 이유는 무게 때문이라고 쉽게 결론을 내리는 경향을 보였다. 그런 반면 11세의 아동은 모양이 다른 두 개의 물체를 선택해 실험해보고 동그란 모양이 먼저 가라앉으니 모양 때문이라고 결론짓는 경향을 많이 보였다. 이와 같은 결과는, 자신들의 생각이 맞는 지를 확인해보기 위해 9세의 아동은 무게 비교를 할 수 있는 물체를 선택했고, 11세의 아동은 모양 비교를 할 수 있는 물체를 선택했다는 것을 시사해준다. 또한 실험에서 보여지는 태

〈표 5〉 무게 비교와 모양 비교 증거

무게비교증거	●○	■□	●○	■□
모양비교증거	●■	○□	●■	○□

도에서도 차이가 나타났는데 9세, 11세 아동들은 자신들의 실험 결과에 대하여 매우 만족해하며 결론을 당당하게 내리는 반면, 13세 청소년들은 실험을 해서 눈으로 확인을 한 후에도 쉽게 물질의 속성을 언급하지 못하고 망설이는 모습을 많이 보였다.

2) 증거 특성에 따른 추론 반응

증거의 특성에 따라서 아동과 청소년의 실험 후 추론 반응이 어떠한 지를 알아보았다. 이를 위해 먼저 아동과 청소년의 추론 반응을 증거 의존 반응과 생각 의존 반응으로 나누고, 증거의 특성에 따라서 아동과 청소년이 어떠한 추론 반응을 보이는 지를 살펴보고 또한 자신들의 생각과 일치하지 않는 증거가 제시되었을 때 아동과 청소년의 반응을 분석하였다.

〈표 6〉은 아동과 청소년이 실험에서 보여진 증거에 대한 추론 반응의 비율이다. 물에서 물체가 가라앉는 이유에 대한 아동과 청소년의 생각을 조사하면서 증거가 제시되었을 때 그들의 추론 반응을 증거 의존 반응과 생각 의존 반응으로 나누었는데, 전체 반응의 36.4%의 반응이 증거에 의존한 반응이었고 나머지 63.3%의 반응이 생각에 의존한 반응으로서, 아동과 청소년은 증거를 보고서도 그 증거를 적극적으로 이용하지 않고 자신들의 생각에 더 많이 의존했음을 알 수 있다. 이는 박종원 등(1993)의 연구에 의해서 지지된다.

〈표 7〉에서 보듯이 아동과 청소년이 일치 증거일

〈표 6〉 증거에 대한 아동과 청소년의 추론반응 비율

사전 아동과 청소년의 추론 반응	반응수(N=187)
증거 의존 반응	68(36.4%)
생각 의존 반응	119(63.6%)

〈표 7〉 증거특성에 따른 아동과 청소년의 추론 반응

증거 특성	아동과 청소년의 추론 반응(N=187)	
	증거 의존 반응	생각 의존 반응
일치 증거	12(5.60%)	98(52.58%)
불일치 증거	56(30.62%)	21(11.20%)

때보다 불일치 증거일 때 더 증거에 기초한 반응을 한다는 것을 보여준다($\chi^2=42.58, p<.001$). 이는 박종원 등(1993)의 연구에 의하여 지지되는 결과로서, 아동과 청소년의 사전 생각이 과학적으로 옳지 않을 때, 제시된 증거는 아동과 청소년의 사전 생각과 불일치하게 되므로 불일치 증거가 제시되었을 때 생각 의존 반응보다 증거 의존 반응을 더 많이 한다는 것은 바람직하다고 볼 수 있다.

3. 사전 생각과 사후 생각의 차이

마지막으로 실험이 끝난 후 형성된 사후 생각은 사전 생각과 차이가 있는 지를 살펴보고, 이는 연령과 성별에 따라 차이가 있는 지를 알아보았다.

거듭되는 물체의 수중 낙하 실험을 통해서 새롭게 형성된 생각이 그 다음의 추론에 나타나는 피드백 과정을 여러 차례 반복하면서, 아동과 청소년의

〈표 8〉 아동과 청소년의 사후 생각

아동과 청소년의 사후 생각	N(42명)
물체가 물에서 가라앉는 이유는	
그 물체의 무게 때문이다.	8(19%)
그 물체의 모양 때문이다.	1(2.4%)
그 물체의 재질 때문이다.	1(2.4%)
그 물체의 무게, 모양 때문이다.	22(52.4%)
그 물체의 무게, 크기 때문이다.	3(7.1%)
그 물체의 무게, 재질 때문이다.	3(7.1%)
그 물체의 무게, 모양, 크기 때문이다.	2(4.8%)
그 물체의 무게, 모양, 재질 때문이다.	2(4.8%)

〈표 9〉 연령에 따른 사전 생각 개수와 사후 생각 개수의 분석 결과와 Scheffe 검증 결과

	연령	N	M(SD)	Scheffe	F값
사전 생각	9세	14	1.0(.60)	a	1.05
	11세	14	1.3(.51)	a	
	13세	14	1.2(.50)	a	
사후 생각	9세	14	1.4(.51)	a	8.13***
	11세	14	2.1(.85)	b	
	13세	14	2.2(.40)	b	

*** $p<.001$

사후 생각은 사전 생각과 차이가 나타났다. 처음에 아동과 청소년이 사전생각에 언급한 물질 속성의 개수는 12개로 거의 무개라는 대답이 주를 이루었는데, 사후 생각에 언급한 물질 속성의 개수는 1.9개로 물질과 모양을 주로 많이 언급한 것으로 나타났다($t(41)=7.34, p<.001$).

〈표 8〉은 아동과 청소년의 사후 생각을 조사했을 때 언급된 물질의 특성으로 사전 생각에는 무게, 모양, 크기, 재질의 조합 중 무게, 무게와 모양, 무게와 크기 이렇게 3개의 경우만이 조사된 반면, 사후 생각에서는 총 8개의 경우가 조사되었다. 이는 아동과 청소년의 사후 생각이 사전 생각에 비해 매우 다양해졌음을 보여주는 결과이다.

이러한 결과는 아동들이 완벽하게 실험에 대하여 이해하지는 못했지만, 실험을 통해서 자신들의 사전 생각을 수정했다는 것을 나타내는 것으로 아동과 청소년은 미시 세계에서의 실험을 통해 자신들이 갖고 있던 강력한 사전 생각을 실험 결과에 따라 조금씩 바꾸었음을 알 수 있다.

〈표 9〉에서 볼 수 있듯이 사전 생각의 개수는 연령에 따른 차이를 보이지 않았으나 사후 생각의 개수는 연령에 따른 차이를 보였고, 9세와 11세 집단 간에 유의한 차이가 있었으나 11세와 13세 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 9세 아동들은 11세 아동과 13세 청소년에 비해서, 자신들의 사전 생각을 더 많이 고수하고 있다는 것을 시사한다. 따라서 연령이 높은 아동과 청소년이 그렇지 않은 아동보다 실험의 증거를 좀 더 받아들이고 일관성있게 자신들의 사고를 형성하기 위한 시도를 한다는 것을 알 수 있고, 이러한 결과는 과학적 추론에 관해 밝힌 많은 연구들(Klaczynski & Narasimhan, 1998; Klahr & Dunbar, 1988; Klahr & Fay, 1993; Kuhn, 1989; Penner & Klahr, 1996; Schauble, 1990; 1996)에 의해서 지지된다.

V. 결론 및 논의

자료 분석 결과 나타난 주요 연구 결과 및 논의

를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 아동과 청소년은 사전에 학습이나 경험에 의하여 습득하지 않은 지식 영역에서 그들 나름의 생각을 지니고 있음을 알 수 있었다. 아동과 청소년은 물체의 수중 낙하 이유에 대하여 그 물체의 무게 때문이라는 강한 사전 생각을 지니고 있었다. 그러나 초등학교와 중학교의 과학 교과서를 살펴본 결과, 물질의 특성에 대해서 초등학교 3학년과 중학교 1학년 교과서에서 낮은 정도의 수준으로 다루었을 뿐이었고 물체의 수중 낙하 이유에 대하여는 연구 대상 모두 경험해 본 적이 없다고 응답하였기 때문에 물체의 수중 낙하 이유에 대한 그들의 생각은 학습이나 경험에 의한 것이 아니었다. 이는 어린 아동도 자연 세계에 대한 그들 나름의 개념 및 생각을 다양하게 지니고 있다는 여러 연구 결과와 일치한다(Carey, 1985, 1986; Champagne & Klopfer, 1984; diSessa, 1983; Gentner & Gentner, 1983; Larkin, 1983; McCloskey, 1983; West & Pines, 1985). 따라서 아동이 자연 세계에 대한 생각과 개념을 어떻게, 언제 습득하는 지에 대하여 연구의 필요성이 제기된다.

둘째, 아동과 청소년은 사후 생각 형성 과정을 수행함에 있어 연령에 따른 차이를 나타냈다. 증거의 선택에 있어, 9세 아동은 11세 아동과 13세 청소년에 비해 무게를 비교할 수 있는 물체의 쌍을 더 많이 선택해 자신들의 사전 생각이 옳다는 것을 증명하고자 하는 경향을 보였다. 11세 아동은 9세 아동과 13세 청소년에 비해 무게를 비교할 수 있는 물체의 쌍을 더 많이 선택했지만 이는 연령차가 나타나지 않았다. 비록 증거의 선택에 있어 연령차가 나타났기는 했지만 모든 연구 대상이 증거의 선택을 더 치우치게 하는 경향을 보였고 Snyder와 Swann (1978)의 결과에 의해 지지된다.

셋째, 아동과 청소년이 선택한 증거의 특성에 따라 나타나는 아동과 청소년의 추론 반응에는 차이가 있었다. 아동과 청소년은 전체적으로 증거에 의존한 반응보다는 생각에 의존한 반응을 많이 했다. 특히 제시된 증거가 자신들의 사전 생각과 일치할 경우에는 자신들의 사전 생각에 의존해서 추론하는

경향을 보였다. 그러나 자신들의 사전 생각과 일치하지 않는 증거가 제시되었을 때, 아동들은 증거에 의존한 추론 반응을 보였다. 이는 아동과 청소년이 자신들의 사전 생각과 불일치하는 증거가 제시되었을 때, 인지적 갈등을 일으켜 잘못된 자신들의 사전 생각을 바꾸려 한다는 것을 시사하고 있고 매우 바람직한 추론 반응이라고 사려된다. 다만 사전 생각과 일치하지 않는 증거가 제시되었을 때에도 생각에 의존한 반응을 보인 비율이 11.20%나 된다는 것은 옳지 않은 사전 생각을 쉽게 변화시킨다는 것이 어렵다는 것을 나타내준다고 할 수 있겠다.

특히 아동과 청소년의 사전 생각과 일치하지 않는 놀라운 증거가 제시되었을 때에도 아동과 청소년은 자신들의 생각에 의존하여 그 결과에 대하여 해석하였다. 자신들의 사전 생각과 일치하지 않는 놀라운 증거였지만 자신들의 생각으로 해석할 수 있는 결과였던 것이다. 또한 실험을 통해 훨씬 더 많은 증거를 얻을 수 있음에도 불구하고 선불리 결론을 내리는 모습을 보였다. 이는 Penner와 Klahr (1996), Schauble(1990)의 연구에 의하여 지지된다. 이처럼 9세에서 13세 아동과 청소년은 사전 생각과 일치하지 않는 증거가 제시되었을 때, 그것을 좀 더 탐구하여 왜 그런지 이유에 대하여 탐색하려는 모습을 보이지 않는다는 것을 잠정적으로 알 수 있다. 이는 아동과 청소년이 한 영역에 대하여 좀 더 탐구하려고 하는 태도를 보이도록 교육 방법과 교과 교재를 더 흥미롭게 준비해야 한다는 점을 시사해 준다.

넷째, 아동과 청소년이 사후 생각 형성 과정을 통해 새롭게 형성한 사후 생각은 사전 생각과 유의한 차이가 있음이 입증되었다. 아동과 청소년은 이 실험을 통해 물체가 물에서 가라앉는 이유에 대하여 완벽하게 이해하지는 못했지만 그들이 갖고 있는 단순하고 순진한 사전 생각을 변화시킬 수 있었다. 실험을 통해 새롭게 형성된 생각이 다시 실험에 적용되는 과정을 반복하면서 아동과 청소년은 사전 생각과는 다른 사후 생각을 형성했다. 또한 새롭게 형성된 사후 생각은 사전 생각에 비해 확대, 보완된 것으로 아동과 청소년이 실험을 통해서 물체의 수

중 낙하 이유에 대하여 좀 더 폭넓게 파악했다는 것을 보여준다. 실험이 끝난 후 아동과 청소년은 무게뿐 아니라 모양이 수중 낙하의 이유가 된다는 것을 깨달았고 크기, 물질의 중요성을 인식하기도 했다. 따라서 실질적인 실험 과정은 아동과 청소년의 올바르게 않은 사전 생각이나 개념을 더 쉽게 변화시킬 수 있다고 하겠다. 또한 이러한 결과는 연령에 따른 차이를 보였는데 9세 아동보다 11세 아동, 13세 청소년이 물체의 수중 낙하 이유에 대하여 더 다양하게 언급하였다.

요약하면 아동과 청소년은 자신들이 지니고 있는 사전 생각을 관련된 사후 생각 형성에 적용시키는 것으로 나타났다. 사후 생각 형성 과정을 수행할 때 연령이 낮은 아동은 증거의 선택을 연령이 높은 아동과 청소년에 비해 치우치게 한다는 것을 알 수 있었다. 또한 연령이 낮은 아동이 충분한 증거가 제시되었음에도 불구하고 부적절한 추론 방식을 많이 보였다. 아동과 청소년은 사후 생각 형성 과정에서 자신들의 사전 생각과 일치한 증거가 제시되면 생각 의존 반응을, 사전 생각과 일치하지 않은 증거가 제시되었을 때 증거 의존 반응을 많이 하는 것으로 나타났다. 사후 생각 형성 과정이 끝난 후 형성된 아동과 청소년의 사후 생각은 단순하고 직관적이었던 사전 생각과는 달리 좀 더 확대, 보완된 것으로 아동과 청소년은 실험을 통해 물체의 수중 낙하 이유에 대하여 합리적이고 폭넓은 사후 생각을 형성한 것으로 나타났다.

■ 참고문헌

- 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거 평가. *한국과학교육학회지*, 13(2), 135-145.
- 장병기(1993). 그림자 현상에 대한 학생의 생각과 제시된 증거 유형에 따른 추론 방식. 서울대학교 박사학위 논문.
- Carey, S. (1985). Are children fundamentally different kinds thinkers and learners than adults? In S. Chipman, J. Segal, & R. Glaser(Eds.), *Thinking and learning skills*(Vol. 2, pp.485-517). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130.
- Chi, M. T. H., Feltovitch, P. J., & Glaser, R. (1980). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Collins, H. M. (1985). *Changing Order*. London: Sage.
- Dawson, C., & Rowell, J. The use of data in problem solving: The whys, whens and wherefores, *Research in Science Education*, 17, 1-10. (1987).
- DiSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall(Eds.), *Constructivism in the Computer age*(pp. 49-79), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dunbar, K. (1993). Concept discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 17, 397-434.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1993). Connecting scientific and informal reasoning. *Merrill-Palmer Quarterly*, 38, 74-103.
- Kuhn, D., & Phelps, E. (1982). The development of problem-solving strategies. In H. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 17, pp. 1-44). New York: Academic Press.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.

- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kulkarni, D., & Simon, H. A. (1988). The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation. *Cognitive Science*, 12, 139-175.
- 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.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge - reach contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102-119.
- Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753-766.
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.