

아동의 밀도 이해*

장 유 경

충북대학교 심리학과 강사

본 연구에서는 학령전 아동이 밀도의 개념을 무게와 구별하여 이해하고 있는가를 알아보았다. 밀도를 이해하기 위해서는 부피와 무게의 관계를 동시에 고려해야 한다. 특히 여러 물체들을 구성하는 재질(예; 쇠, 나무) 자체의 무게에 대해 어린 아동들도 민감하다는 사실을 이용하여 연구 1에서는 4-7 세 아동들에게 두 가지의 서로 다른 재질로 만들어진 물체들(예; 쇠막대, 진흙 막대)을 보여주고 물체들의 상대적인 무게에 대해 예언하도록 하였다. 그 결과 5세의 아동들도 재질 자체의 무게, 즉 밀도를 고려하여, 무거운 재질로 만들어진 막대(예; 쇠막대)는 크기는 크지만 덜 무거운 재질로 만들어진 막대(예; 나무 막대) 보다 더 무거운 것이라 정확하게 예언할 수 있었다. 연구 2에서는 4-5세 아동들에게 각 물체의 무게와 부피에 대한 정보를 제공한 다음 역으로 그 물체가 어떤 재질로 만들어졌는가를 예언하도록 했다. 연구 2에서도 4-5세의 아동들은 무게와 부피의 정보를 동시에 고려하여 재질의 무게 즉 밀도에 대해 상당히 정확하게 판단할 수 있었다. 본 연구의 결과는 밀도를 계산하고 양적인 개념으로 이해할 수 있기 훨씬 이전부터 아동들은 무게와 밀도의 개념을 구분할 수 있음을 보여준다. 이 결과는 선행연구(Piaget와 Inhelder, 1974; Carey, 1991; Smith, Carey, & Wiser, 1985)의 결과와는 달리, 아동들이 일찍부터 여러 물질과 물질의 특성에 대해 이해하고 있음을 시사한다.

최근 10년동안 인지발달의 연구에서는 영역일 반적인(domain-general) 변화로 인지의 발달을 설명하려는 전통적인 Piaget의 입장에 대해 새로운 도전들이 있었다. 새로운 견해는 인지발달이 영역특수적(domain-specific)이며, 각 영역 별로 질적인 변화가 이루어지고 있다고 주장한다 (Carey & Spelke, 1994; Gelman, 1991; Hirschfeld & S. Gelman, 1994; Keil, 1994; Markman, 1992). 영역특수적인 발달의 견해에 따르면, 발달 초기 몇 년 사이에 유아나 아동에게서

일어나는 인지발달의 제 현상들은 단순히 자극 과 반응의 연합, 또는 전반적인 인지구조의 변화로 설명할 수 없는 놀랄 만한 성취이다. 영역특수 적 발달의 견해에 의하면, 발달의 초기에 각 영역 에는 그 영역에 적절한 자극의 측면으로 주의를 끄는 역할을 하여 후속의 학습이 용이하게 일어나도록 돕는 '제한성' (constraints)(Gelman, 1990), 혹은 '원리' (principles)(Spelke, 1990)나 이론(theories)(Carey, 1991; Keil, 1991)이 존재한다. 초기의 학습을 돕는 이러한 편향들의 존재는 생물/무생물의 이해 (Gelman, 1990), 물질/비물질의

*본 논문은 UCLA 박사학위청구논문의 일부임.

이해 (Smith, Carey, & Wiser, 1985), 단어획득 (Au, Dapretto, & Song, 1994; Heibeck & Markman, 1987), 대상지각 (Baillargeon, 1991; Spelke, 1990)의 영역들에서 경험적으로 입증되었다. 특히, Smith, Carey와 Wiser(1985)는 아동들의 밀도에 대한 이해를 예로 들어, 물질과 비물질에 대한 이해가 생물/무생물의 이해에 비해 훨씬 늦게 발달함을 보고하였다.

Carey(1991)에 의하면 학령전기의 아동이나 초등학교 저학년들의 경우 물질과 비물질의 구분은 가능하지만, 이 시기의 아동들은 물질의 특성인 무게와 밀도의 개념은 구분하지 못하고 있다고 한다.

밀도는 부피/무게¹⁾으로 표시되는 개념으로, 밀도의 이해를 위해서는 부피와 무게의 두 변인을 동시에 고려해야 한다. 또한 서로 다른 물질(substance)에 따라서 밀도가 다르다. 따라서, 부피가 동일할 때 밀도가 높은 물질로 만들어진 물체는 밀도가 낮은 물질로 만들어진 물체 보다 무게가 더 무겁다. 이러한 무게의 차이는 부피의 차이에 의해 보상될 수 있다. 예를 들어, 부피가 동일할 때, 쇠공은 찰흙으로 만들어진 공 보다 더 무겁다. 그러나, 찰흙 공이 상당히 클 때는 쇠공 보다 더 무거울 수도 있다. 어린 아동들은 이와 같은 물체의 부피와 물질의 밀도, 부피의 관계에 대해 이해할 수 있는가?

Piaget와 Inhelder (1974), Smith, Carey와 Wiser (1985)에 따르면, 4세 -7세의 아동들은 두 물체의 부피가 동일하면, 그 물체들이 서로 다른 밀도의 물질들로 만들어졌을 때에도, 두 물체의 무게 역시 동일하다고 판단한다. 즉, 이 시기의 아동들은 서로 다른 물질들의 밀도의 차이를 고려하지 않고 오직 부피만을 고려하여 무게에 대한 판단을

한다고 한다. Piaget와 Inhelder (1974)는 '아동들에게 쇠공을 보여주고 그 공과 무게가 똑같이 지도록 찰흙으로 공을 만들어 보라고 지시했을 때, 4세 -7세까지의 아동들은 찰흙 공을 쇠공과 동일한 크기로 만들고, 크기가 같기 때문에 무게도 같다고 대답함을 보고했다. Smith, Carey와 Wiser (1985)도 Piaget와 Inhelder가 사용한 과제를 변형한 과제를 사용하여, 아동들에게 쇠공과 무게가 동일할 것이라고 생각되는 찰흙 공을 여러개 제시된 찰흙 공들 중에서 고르도록 했을 때, 4세 -7세까지의 아동들은 대다수가 쇠공과 크기가 같은 찰흙 공을 선택하였다. 이상의 선행 연구들에 의하면, 이 시기의 아동들은 밀도와 무게의 개념을 구분하지 못하기 때문에 부피가 같으면 밀도가 서로 다른 물질로 만들어진 물체라도 무게가 동일하다고 생각한다고 한다.

그러나, 선행 연구에서 사용한 과제에서의 몇 가지 문제점들로 인해 4-7세의 아동들이 물질의 밀도에 관한 이해가 없다는 결론은 성급한 것이라 생각된다.

첫째, Piaget와 Inhelder (1974)의 과제에서는 쇠공과 찰흙 공의 무게를 동일하게 하기 위해, 아동이 실제로 두공을 같은 크기로 만드는가 보다 왜 찰흙 공을 쇠공보다 더 크게 만들어야 하는가를 설명하는 언어적인 반응에 주목하였다. 즉 행동을 통해 나타나는 아동이 가진 내면적인 이해(implicit understanding)를 측정하기보다 언어적으로 표현되는 외현적인 이해(explicit understanding)를 측정하였다. 그러나, 아동들은 일반적으로 자신이 아는 바를 언어적으로 설명하기 수년 전에 행동적으로는 문제의 개념을 이해하고 있다 (Gleitman, Gleitman, & Shipley, 1972). 따라서, 언어적인 반응을 측정할 경우, 아동의 능력이 과소 평가되었을 가능성이 있다.

둘째, Piaget와 Inhelder (1974), Smith, Carey와

¹⁾'무게' 보다는 '질량'이 더 정확한 표현이지만, 중력이 일정할 때 '질량'과 '무게'는 비례하며, 본 연구의 피험자는 어린 아동이므로 '질량'이라는 용어대신 '무게'로 사용하였음.

Wiser (1985) 모두에서 아동들의 과제는 한가지 물질로 만들어진 공과 동일한 무게의 공을 다른 물질로 만들거나 고르는 일이었다. 예를 들어, Smith, Carey와 Wiser (1985)에서는 아동들에게 “이 쇠공과 동일한 (‘as heavy as’) 무게를 갖는 찰흙 공을 골라 봐” 하고 지시를 하였다. 이때 아동들이 쇠공보다 더 큰 찰흙 공을 고르기만 하면, 아동들이 밀도의 개념을 이해하고 있는 것으로 평가하였지만, 아동들에게는 상당히 혼란스러운 지시가 아닐 수 없다. 왜냐하면, 실제로 두 공들을 들어보지 않고는 동일한 무게를 갖는 공들을 선택할 수 없기 때문이다. 따라서 아동들은 이러한 상황에서 아동들은 자신들의 능력을 최대한 발휘하기보다 더 미숙한 문제 해결의 책략을 사용하여 부피가 동일한 두 공을 선택했을 가능성도 있다.

셋째, Smith, Carey와 Wiser(1985)는 아동들에게 여러 크기의 공들을 제시하고 그 중에서 하나를 고르도록 했다. 특히 이때에는 표적대상 (target stimuli)과 동일한 크기의 선택대상 (alternatives)이 항상 제공되어 아동들을 혼란스럽게 했을 가능성도 있다.

이상의 선행 연구의 방법론적인 문제들 외에도, 선행 연구가 아동들의 밀도이해 능력을 과소 평가했을 가능성을 암시하는 연구 결과들도 있다. Singer(1992)는 밀도가 물체들의 ‘뽐뽐함’의 정도로 지각적으로 표현되었을 때 5세의 아동들이 점들의 밀도를 비교할 수 있음을 보고하였다. 그러나, Singer 연구의 제한점은 밀도가 지각적으로 표현되었기 때문에 아동들이 밀도비교를 위해 면적과 갯수의 정보를 의도적으로 통합하지 않아도 되는 과제였다.

한편 Kohn(1993)은 4세의 아동들에게 물체의 뜨고, 가라앉음을 예언하도록 했을 때 이들이 단순히 물체의 무게만을 고려하여 판단치 않고, 무게

와 부피의 정보 모두를 고려함을 보고하였다.

비록, Kohn의 연구는 밀도의 개념에 대한 이해를 직접적으로 연구하기보다, 물체의 뜨고 가라앉음에 대한 이해를 본 것이지만, 그 결과는 아동들도 무게와 부피 정보 모두를 고려함을 시사한다.

또한, Kohn(1993)과 Singer(1992)의 연구는 아동이 언어적으로 표현하지 못하는 지식을 연구하기 위한 한 방법을 제시한다. 즉, 아동이 이미 친숙하게 사용하고 있는 다른 개념들이나 상황을 사용하는 것이다 (Gelman, 1978). Kohn의 경우, 물체들의 뜨고 가라앉음의 현상은 아동들에게 이미 경험을 통해 상당히 친숙한 상황이기 때문에 아동이 문제의 개념 (여기서는 밀도)에 대해 고려하기가 쉬웠을 가능성이 있다. Singer의 경우에는 지각적인 ‘뽐뽐함’이 밀도를 표현하는 효과적이고 친숙한 수단으로 사용되었다.

밀도의 개념에 대한 연구를 위해 사용할 수 있는 친숙한 개념으로 ‘물질’의 개념을 들 수 있다. 서로 다른 물질로 만들어진 두 물체는 부피가 같더라도 무게는 다를 수 있다. 왜냐하면, 두 물질의 밀도가 다르기 때문이다. 이때, 밀도는 ‘물질의 무게’(heaviness of substance)로 정의된다. 학령 전 아동들도 물질의 종류나 서로 다른 물질의 특성에 대해 이미 많은 것을 알고 있다 (Au, Sidle, & Rollins, 1993; Prasada, 1993). 특히, 아동들은 물질의 무게에 대해 자주 언급한다. 예를 들어, Prasada의 연구에서, 아동들에게 왜 슬레이트 타일이 플라스틱 타일 보다 더 무거운가를 질문했을 때, 3세 아동의 70 %가 재료를 언급하였다. 또한, 어린 아동들은 저울 등의 측정기를 통해 측정된 무게의 개념 보다 ‘실제로 느껴지는 무게’(felt-weight)의 개념에 더욱 익숙하므로(Smith, Carey, & Wiser, 1985; Au, Sidle, & Rollins, 1993), 물질의 무게에 대한 질문을 통해서 학령 전 아동들이 보다 친숙하게 접하는 상황에서 밀

도의 개념을 알아보는 것이 필요하리라고 생각된다.

연구 1

본 연구에서는 먼저 선행연구에서와 마찬가지로 아동들에게 서로 다른 물질로 만들어진 두 물체를 제시하여, 아동이 물체의 부피와 물질의 상대적인 밀도를 알 때, 두 물체의 무게에 대해 생각할 수 있는가를 알아보았다. 그러나, 본 연구는 선행의 연구들과 아래의 두 가지 점에서 차이가 있다: (1) 아동이 밀도의 개념을 이해하고 있는지의 여부를 더욱 민감하게 측정하기 위해, 언어적 설명을 요구하기보다 행동적인 반응을 측정하였다 (2) 아동들은 선행연구에서처럼 정확하게 동일한 무게를 가진 물체를 고르라고 (혹은 만들라고) 지시 (exact weight match)를 받았을 뿐 아니라, 두 물체의 상대적 무게 비교 (relative weight judgment) 역시 요구받았다.

만약 선행 연구에서 아동들의 밀도에 대한 이해가 동일한 무게의 대상을 찾으려 하거나 (정확한 무게 예언), 엄격한 정반응의 기준 (언어적 설명)에 의해 과소 평가되었다면, 선행 연구의 절차를 따른 과제들에서는 아동들이 저조한 수행을 보이더라도, 이들을 보완한 새로운 과제에서는 우연수준 이상의 좋은 수행을 보일 것으로 예상되었다.

방법

피험자

본 연구에는 만 4세 아동 (평균연령 = 4세 7개월) 14명, 만 5세 아동 (평균연령 = 5세 8개월), 6세 아동 (평균연령 = 6세 5개월) 14명, 7세 아동 (평균연령 = 7세 6개월) 14명, 총 56명의 아동들이 피험자로 참가하였다. 이들 중 5세-7세의 아동들은 미국 캘리포니아 로스엔젤레스 지역의 공립학교에 재학 중인 유치원, 1, 2학년 학생들이었다. 4세

의 아동들은 동일 지역의 유아원 두곳에 다니고 있는 아동들이었다. 아동들은 모두 중상류층의 가정의 아동들이었으며, 각 연령 집단에서 7명은 남아, 나머지 7명은 여아였다.

설계

단일요인 피험자내 설계가 사용되었다. 각 아동에게 무게대응과제, 무게선택과제, 무게비교과제의 세과제(재료 및 절차에서 자세히 설명)를 모두 제시되었으며, 각 과제는 역평균화절차에 따라 아동들에게 제시되었다. 각 과제에는 쇠, 찰흙, 밀랍(wax)의 세 종류 물질들이 짝지어 제시되었는데, 이때 피험자의 1/2은 쇠-찰흙 쌍을 먼저 제시받았고, 나머지 1/2의 피험자들은 밀랍-찰흙의 쌍을 먼저 제시받았다.

재료 및 절차

예비시행에서 아동들이 쇠, 찰흙, 밀랍의 이름을 산출하거나 이해할 수 있는지의 여부를 검사하였다. 산출시행 (production session)에서는 찰흙공, 밀랍공, 쇠공을 하나씩 제시하고, 아동들에게 “이 공이 무슨 재료(‘what kind of stuff’)로 만들어졌는지 아니?” 하고 질문하였다. 그 다음 이해시행 (comprehension session)에서는 위의 세 공과 함께 고무공, 구슬 (marble)이 제시되고, 아동들은 “쇠공을 찾아봐라.” 혹은 “찰흙 공을 찾아봐라.” 하는 지시를 받았다. 이해시행이 끝난 뒤에는 아동들에게 그들이 몰랐던 물질들의 이름을 가르쳐 주었다. 각 아동은 개별적으로 학교나 유아원의 독립된 방에서 검사를 받았으며, 전체 절차에 소요된 시간은 30-40분이었다.

본 연구에서는 선행의 연구 결과들과의 비교를 위해 Piaget와 Inhelder (1974), Smith, Carey, & Wisner (1985)를 복제한 두 과제와 선행 연구들의 문제점을 보완한 새로운 과제를 함께 사용하였다. 무게대응과제 (weight match task)에서는 Piaget와 Inhelder (1974)의 절차에서처럼 아동들에게

표적대상이 되는 공과 똑같은 무게의 공을 다른 물질로 만들어 보도록 지시하였다.

무게선택과제 (weight choice task)에서는 Smith, Carey, & Wisner (1985)의 절차에서처럼 표적 대상의 공과 동일한 무게의 공을 주어진 선택대상들에서 고르도록 했다. 마지막으로, 무게비교과제 (which is heavier task)에서는 선행 연구와는 달리 표적대상의 공과 동일한 무게의 공을 만들거나, 선택하는 대신 다른 물질로 만들어진 두개의 공 중에서 어느 것이 더 무거운가 상대적인 판단을 하도록 요구하였다.

자세한 절차를 보면, 무게대응과제에서는 아동들에게 먼저 동일한 부피의 쇠공-찰흙 공의 쌍을 제시하였다. 아동들이 제시된 두 공의 부피가 동일함을 확인한 후에 아동들에게 두 공을 양손으로 들어서 무게를 비교해 보라고 지시하였다. 동일한 부피일 때는 쇠공이 찰흙공 보다 월등히 무겁기 때문에, 어떤 아동도 찰흙 공이 더 무겁다고 대답한 아동은 없었다. 이 무게비교의 절차는 검사시행 전에 아동들에게 각 물질의 밀도를 비교할 기회를 제공하고자 포함되었다. 다음에는 이미 주어진 쇠공보다 더 큰 쇠공을 표적자극으로 제시하고 아동에게 찰흙 덩이로 표적 쇠공과 동일한 무게의 찰흙 공을 만들어 보라고 지시하였다. 단, 이때 새로 주어진 쇠공은 아동이 들어보는 것을 허락하지 않았다. 따라서, 아동들은 순전히 두 물질의 밀도 차이와, 부피의 관계를 고려하여 반응하여야 했다. 일단 아동이 찰흙으로 공을 만들고 난 뒤에는 두 공의 크기를 아동들에게 판단토록 했다. 이상의 절차를 처음에 제시된 쇠공보다 더 작은 표적 쇠공을 제시하여 그대로 되풀이하였다. 그 다음 밀랍-찰흙의 쌍에 대해서도 동일한 절차가 반복되었다.

아동이 밀도의 개념을 이해하는 것으로 분류되기 위해서는, Piaget & Inhelder (1974)와는 달리,

이유를 설명할 필요 없이 찰흙 공을 쇠공보다 더 크게 만들지만 하면 되었다. 그러나, 밀랍-찰흙의 쌍에서는 찰흙 공을 밀랍공 보다 더 작게 만들어야 했다.

무게선택과제는 Smith, Carey, & Wisner (1985)의 과제를 그대로 사용하였으며, 무게대응과제와 두 가지 점에서 달랐다. 첫 번째 차이점은 예비시행에서 아동들에게 쇠공과 찰흙 공을 제시할 때, 무게대응의 과제에서는 도공이 부피가 같고 무게가 달랐지만, Smith, Carey, & Wisner (1985)의 절차를 따른 무게선택과제에서는 두 공이 부피가 다르고, 무게가 같았다. 이러한 절차 상의 차이가 시사하는 바는 결론 부분에서 더 자세히 언급하였다. 아동은 두 공이 무게가 같은가 혹은 둘 중의 하나가 더 무거운가를 판단하도록 요구받았고, 만약 아동이 두 공 중 하나의 무게가 더 무겁다고 잘못 판단하면, 저울을 이용하여 두 공의 무게가 같음을 보여주었다.

무게선택과제와 무게대응과제의 절차상에 나타난 두 번째 차이점은 검사시행의 방식이다. 무게선택과제의 검사시행은 사용되는 물질 쌍의 종류(즉, 쇠-찰흙, 밀랍-찰흙)에 따라 2 블럭으로 진행되며, 각 블럭은 다시 3회의 검사시행으로 구성된다. 예를 들어, 쇠-찰흙을 사용한 블럭에서는, 2회의 검사시행을 위해서는 두개의 크기가 다른 쇠공을 표적자극으로 사용하였으며, 나머지 1회에서는 찰흙 공이 표적자극으로 사용되었다. 이때 아동의 과제는 표적자극이 되는 쇠공(혹은 밀랍공)과 무게가 동일한 밀랍공(혹은 쇠공)을 세계의 크기가 다른 선택대상 속에서 고르는 것이었다. 아동이 밀도의 개념을 이해한다고 판단되기 위해서는 아동은 3회 시행 모두에서 정반응을 보여야만 했다.

본 연구에서 새로 고안된 과제인 무게비교과제도 역시 예비시행과 검사의 시행으로 구분된다.

예비시행에서는, 서로 크기가 같은 쇠-찰흙 막대의 쌍이 5개의 다른 크기로 제시된다. 이때 아동들은 각 쌍을 들어보고 어떤 막대가 더 무거운가를 판단하도록 한다. 이 과정을 통해서, 아동들에게 동일한 크기의 쇠막대가 찰흙 막대 보다 더 무겁다는 것을 깨닫게 하고자 하였다. 각 물질의 무게, 즉 밀도의 차이를 아동에게 주지시키는 예비시행의 절차는 선행연구에서 사용된 과제들에도 유사하게 포함되어 있지만, 본 연구에서 고안된 무게비교과제는 예비시행을 더욱 강화하여 아동이 사용된 물질간의 밀도차이를 확실히 주목하도록 고안되었다. 동일한 크기의 쌍을 비교한 후에는 10개의 막대를 섞어서, 이번에는 크기가 다른 쇠-찰흙 막대의 쌍을 제시한다. 이때, 적어도 한 번은 찰흙 막대가 쇠막대 보다 무거워서, 아동이 쇠막대는 찰흙 막대 보다 항상 더 무겁다고 생각하는 것을 방지한다.

시험시행에서는 5개의 크기가 다른 쇠 막대와 3개의 크기가 다른 진흙 막대를 사용한다. 시험시행에서 사용된 막대들은 예비시행에서 사용된 막대들과는 굵기가 다른 새로운 자극세트였다. 다섯개의 쇠막대 중, 3개는 3개의 진흙 막대와 길이가 동일하였고, 나머지 2개의 쇠막대는 어떤 진흙 막대 보다 더 긴 것과 더 짧은 것이었다. 먼저, 찰흙 막대와 길이가 같은 쇠막대를 아동에게 보여 주며, "어떤 막대가 더 무거운가, 이 막대들을 들어보지 않고 말해 보겠니?"라고 질문하였다. 다음에는 동일한 찰흙 막대를 네개의 크기가 다른 쇠막대와 무선적으로 짝지어 제시하면서 매번 동일한 질문을 한다. 이와 같은 절차를 다른 두개의 찰흙 막대에 대해서도 반복적으로 시행하였다. 따라서, 각 물질의 쌍에 대해 15회의 무게비교 (3개의 진흙막대 X 5개의 쇠 또는 밀랍 막대)가 요구되었다.

무게비교과제에서 아동은 쇠막대가 동일한 크기

의 찰흙 막대 보다 더 무겁다고 판단하고 동시에 적어도 일회 이상은 그 보다 더 긴 찰흙 막대보다도 더 무겁다고 판단하여야 했다. 따라서 아동은 쇠가 찰흙 보다 더 밀도가 높다는 것뿐 아니라 이러한 밀도의 차이가 크기의 차이에 의해 상쇄될 수도 있음을 알아야만 했다.

결과 및 논의

결과 분석은 다음의 두 가지 질문을 중심으로 이루어졌다: (1) 아동은 언제부터 무게, 부피, 밀도의 관계에 대한 이해를 나타내는가?, (2) 밀도를 연구한 선행의 연구들 (Piaget & Inhelder, 1974; Smith, Carey, & Wiser, 1985)에서 아동의 능력이 과소 평가되었는가?

연령 각 과제에 따라 수행의 차이가 있기는 했지만, 5세의 아동들도 밀도에 대해 어느 정도 이해하고 있었다. 무게비교과제에서는 5세 아동의 1/2이 밀도와 부피 모두에 근거하여 무게 예언을 했다. 예를 들어, 아동들은 쇠막대가 그보다 더 긴 찰흙 막대보다도 더 무거운 것이라고 올바르게 예언했다. 무게대응과제에서는 5세 아동의 2/3 이상이 찰흙 공과 쇠공의 무게가 같아지기 위해서는 찰흙 공이 쇠공보다 더 커야 한다고 판단했다.

무게대응과제, 무게선택과제, 무게비교과제에서 정반응을 보인 아동의 수는 5세의 경우 쇠-찰흙의 쌍에서 10명, 3명, 7명이었으며, 이는 무게선택과제를 제외하고는 우연수준 이상의 반응을 보인 것이었다 ($p < .05$).

연령의 효과를 보기 위해 각 아동들에게 정반응 시마다 1점을 주어 총 6점(3과제 X 2물질 쌍)을 만점으로 하여 변량분석을 실시하였다. 이때 각 연령 당 평균점수는 4세부터 7세 까지, 1.0, 2.5, 3.43, 3.93이었다. 변량분석의 결과 연령의 주효과가 있었다 ($F(3,52) = 14.05, p < .01$). Tukey 사

후검사 결과는 4세 집단의 평균이 다른 연령 집단의 평균에 비해 의미있게 낮았다. 또한 5세 집단의 평균은 7세 집단에 비해 의미있게 낮았다, $p < .05$. 그러나 전반적으로, 아동의 수행은 세 과제 모두에서 연령에 따라 향상되었다.

5세 아동들이 물질의 밀도에 대해 부분적으로 이해하고 있음을 보이는 본 연구의 결과는 7, 8세가 되어야 아동들이 물질의 밀도와 부피를 동시에 고려할 수 있음을 보고한 선행의 연구 (Piaget & Inhelder, 1974; Smith, Carey, & Wiser, 1985)들과 대조된다. 그러나, 본 연구의 결과는 Kohn (1993)과는 일치되는 결과이다.

과제의 차이 각 과제에서 밀도를 이해하는 것으로 분류된 아동들의 수를 비교하였다. 예상 한대로, 무게선택과제에서 보다 무게비교과제에서 더 많은 아동들이 밀도의 개념을 이해하는 것으로 분류되었다, sign test, $p < .05$. 그러나, 무게대응과제와 무게비교과제의 수행에는 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 선행의 연구에서 아동들의 수행이 과소 평가되었음을 시사한다. 본 연구에서는 동일한 아동이 세 과제를 모두 수행하였으므로, 선행의 연구 결과에 비해 본 연구에서 아동의 수행이 향상된 것은 과제의 차이로 설명될 수 있다.

Piaget와 Inhelder (1974)의 절차를 사용한 무게대응과제에서 아동들은 주어진 쇠공과 무게가 같아지도록 찰흙 공을 만들어야 했다. 그러나, 아동들의 언어적인 설명에 따라 아동이 밀도의 개념을 이해했는지 여부를 결정한 Piaget와 Inhelder의 절차와 달리, 무게대응과제에서는 실제로 아동이 찰흙 공을 쇠공보다 더 크게 만드는가를 측정하였다. Piaget와 Inhelder연구 결과에 대한 통계적인 수치가 보고되어 있지 않아서 직접적인 비교는 힘들지만, 본 연구에서는 71%의 5세 아동이 표적 쇠공보다 찰흙 공을 더 크게 만들었다,

Binomial test, 우연수준 이상, $p < .01$. 이러한 결과는 아동의 언어적 표현력의 미숙함으로 인해 그들의 능력이 과소평가 되었음을 시사한다.

무게비교과제에서는 64%의 아동이 밀도의 개념을 이해하는 것으로 분류되었다. 그들은 두개의 막대가 동일한 크기일 때는 쇠막대가 찰흙 막대보다 더 무거울 것이라고 예언했을 뿐 아니라, 쇠막대가 찰흙막대보다 더 작을 때에도 쇠막대가 더 무거울 것이라고 예언했다. 이는 아동들이 물질의 밀도와 막대의 크기를 모두 고려하여 무게 비교를 하고 있음을 보여준다.

아동들의 수행은 무게선택과제에서는 저조하였다. 이 과제에서는 주어진 쇠공과 무게가 같을 찰흙 공을 세계의 크기가 다른 찰흙공 중에서 선택해야만 했다. 흥미로운 것은 다른 두 과제에서 좋은 수행을 보여준 아동들도 무게선택과제에서는 오류반응을 나타내며 주어진 쇠공과 크기가 동일한 찰흙 공을 선택했다는 것이다. 7세의 집단을 제외한 모든 연령집단에서 이러한 오반응이 빈번하였다. 이는 Smith, Carey, 와 Wiser (1985)의 결과와 일치하는 것으로, 동일한 아동들의 다른 과제에서의 우수한 수행에 견주어 볼 때, Smith 등의 절차에서 아동들의 수행이 과소 평가되었음을 강력하게 시사한다.

물질의 효과 각 물질 쌍에 따른 아동의 수행을 비교하였을 때, 아동들은 밀랍-찰흙의 쌍이 제시되었을 때 보다 쇠-찰흙의 쌍이 제시되었을 때 더 좋은 수행을 보였다 (sign test, one-tailed, $ps < .05$). 이러한 물질의 효과는 쇠, 찰흙, 밀랍의 실제 밀도 차이에서 기인하는 것으로 보인다. 밀랍과 찰흙의 밀도차이 (1: 1.5)는 쇠와 찰흙의 밀도차이 (1: 2.5)에 비해 작았다. 두 물질간의 실제 밀도차이가 크지 않았을 때에는 그 차이를 고려하기가 더 어려웠을 것으로 보인다. 물질간의 밀도차이에 의한 효과는 연구 2에서 더 집중적으로

다루어졌다.

연구 2

연구 1의 결과를 통해 친숙한 과제 상황에서는 5세의 아동들도 밀도의 개념을 이용하고 있음이 밝혀졌다. 선행의 연구들이 사용한 과제들과 새로운 과제의 수행을 비교한 연구 1의 결과들은 선행의 연구들이 아동의 능력을 과소 평가하였음을 시사한다.

그러나 연구 1에서 사용된 과제외에도 Smith, Carey, Wiser (1985)가 사용한 분류과제의 결과는 연구 1의 결과와 일치하지 않는다. Smith 등이 사용한 분류과제에서는 아동들에게 크기가 다른 쇠 또는 알루미늄의 막대를 종이로 싸서 재질이 보이지 않게 한 다음 아동이 각 막대를 들어 보고 그 막대가 알루미늄 막대인지 쇠막대인지 알아 맞추도록 했다. 이 분류과제에서도 아동들은 무게선택과제에서처럼 8-9세가 될 때까지 막대의 무게와 크기를 동시에 고려하지 않고, 무게만을 고려하는 반응을 했다. 즉, 아동들은 가벼운 쇠막대를 알루미늄 막대로, 무거운 알루미늄 막대를 쇠막대로 분류하는 오반응을 보였다.

연구 1의 5세 아동들이 물질의 밀도와 크기를 알 때, 무게에 대해 판단할 수 있었다면, Smith 등의 분류과제에서의 저조한 수행은 어떻게 설명할 수 있을까?

한가지 가능성은 아동들은 무게, 크기, 밀도의 관계를 이해하고 있지만, 사용된 두 물질의 밀도 차이가 충분히 크지 않을 때(즉, 동일한 크기일 때 무게의 차이가 현저하지 않는 경우) 혼돈스러운 반응을 보였을 수 있다. 이러한 가능성은 연구 1에서 사용된 물질의 쌍에 따라 수행의 차이가 유의미했다는 결과가 뒷받침한다.

따라서 연구 2에서는 Smith 등(1985)의 분류과제를 사용하되 서로 밀도의 차이가 다른 물질의

쌍들을 사용하여 4-5세 아동들에게 실시하였다.

연구 1의 결과에서 보듯이 4-5세의 아동들이 무게와 부피의 정보를 이용하여 물질의 밀도에 대해 생각할 수 있다면, 분류과제 중에서도 밀도의 차이가 큰 두 물질을 분류하는 경우에는 학령전 의 아동들도 우연수준 이상의 수행을 보일 것으로 예상된다.

방법

피험자 45명의 4-5세 아동 (평균연령 =4세 9개월)이 실험에 참가하였다. 이들 이외에 세 명의 아동이 예비훈련과정에는 참여하였으나, 훈련을 마치지 못하여 본 과제에 참여할 수 없었다. 아동들은 미국 로스앤젤레스 지역의 유치원에 다니고 있었으며, 모두 중상류 가정 출신이었다.

자극재료 쇠-알루미늄 막대 쌍은 Smith 등 (1985)의 쇠-알루미늄 쌍과 무게가 비슷하게 제작되었다. 쇠-알루미늄 쌍은 12개의 연습자극과 10개의 검사자극으로 구성되어 있었으며, 이때 연습자극은 동일한 크기의 쇠와 알루미늄 막대 6쌍이었고, 이들 중 쇠, 알루미늄 4쌍은 종이로 말아져 있었다. 검사자극은 5개의 쇠막대와 5개의 알루미늄 막대였으며 이들은 모두 종이로 말아져 있어서 재질을 볼 수 없게 되어 있었다. 쇠와 알루미늄의 밀도 비는 약 3 : 1 이었다.

쇠-나무 막대 쌍과 알루미늄-나무 막대의 쌍도 쇠-알루미늄의 막대 쌍과 동일한 방법으로 구성되었으며, 각 쌍의 밀도 비는 각각 12: 1 과 4: 1 이었다.

절차 아동들은 개인적으로 유치원의 조용한 방에서 실험에 참여하였으며, 아동 당 10- 20 분의 시간이 소요되었다. 각 아동은 쇠-알루미늄, 쇠-나무, 알루미늄-나무조건 중 하나에 무선 할당되었다.

쇠-알루미늄의 분류

1. 훈련시행: 아동들에게 종이가 감겨져 있지 않

은 쇠 막대와 알루미늄 막대를 제시하고 아동들은 각 막대를 들어보고 쇠와 알루미늄의 막대를 구분해야 했다. 곧이어 다른 한 쌍을 다시 제시하고 분류하도록 하였다. 다음 절차는 두 가지 국면으로 나뉘어서, 첫 번째 회기에서는 4쌍의 종이로 말린 쇠와 알루미늄의 막대를 쌍으로 4회에 걸쳐 제시하였다. 이때 4회의 시행 중 오류가 한 번이라도 발생하면, 모든 쌍을 다시 제시하여 오류가 생기지 않을 때까지 되풀이하였다. 두 번째 회기에서는 8개의 종이로 말린 쇠막대와 알루미늄 막대를 한번에 하나씩 제시하여 종이에 싸인 막대가 쇠인지 알루미늄인지 분류하도록 하였다. 이때에도 아동의 오류는 정정을 해주고, 8회 시행 중 오류가 한 번이라도 발생하면, 다시 8회의 추가적인 훈련시행이 실시되었는데, 이러한 전 8회의 추가시행은 최대한 5번 반복될 수 있었다. 실제 Smith (1985) 등의 절차에서는 아동이 오반응을 하면, 그 막대만 다시 제시하여 재분류하도록 했으나, 본 연구에서는 예비시행시 이러한 방법이 적당치 않음이 지적되어 오반응을 한 막대 외에 나머지 막대들에 대한 재분류를 실시하도록 하였다. 따라서 본 연구에서의 훈련과정이 Smith (1985) 등의 훈련과정 보다 더 철저했으며, 이와 유사한 훈련절차는 Trabasso (1985)가 4-5세 아동들에게 전이적 추론을 훈련시키는 과정에서도 효과적으로 사용된 바있다. 본 연구에서는 아동이 8개의 막대를 5번 반복시행하는 동안에도 오반응을 계속 나타낼 때는 훈련기준미달로 실제 검사에서 제외되었다. 훈련시행에서 기준에 미달한 아동은 모두 2명이었으며, 다른 1명의 아동은 훈련받기를 거부하였기 때문에 본 검사에 참여하지 못하였다.

2. 검사시행: 훈련시행이 성공적으로 끝난 뒤 곧이어 검사시행이 실시되었다. 검사 시행에서는 새로운 쇠막대와 알루미늄 막대가 하나씩 제시되었

고, 아동들은 종이에 싸인 막대가 쇠인지 알루미늄 막대인지 하나씩 들어보고 정확하게 분류해야 했다.

쇠막대와 나무 막대의 분류/알루미늄 막대와 나무막대의 분류 쇠-알루미늄 막대의 구분에서와 동일한 절차가 사용되었다.

결과 및 논의

아동들의 분류과제의 수행은 연구 1의 결과와 일치하는 것이었다. 본 연구에 참가한 대부분의 4, 5세 아동들은 종이에 싸여 재질을 눈으로 확인할 수 없는 막대들을 손으로 들어보고 그 막대들의 무게와 크기를 모두 고려하여 정확하게 분류할 수 있었다. 특히 훈련시행에서는 물질의 밀도차이에 따른 수행의 효과가 나타났으며, 이러한 밀도차이에 의한 효과는 검사시행에서는 나타나지 않았다.

검사시행

전반적 수행 검사시행에서 쇠-알루미늄, 알루미늄-나무, 쇠-나무 막대를 정확하게 분류한 비율은 각각 0.94, 0.97, 0.97이었다. 이들은 모두 우연수준 이상의 반응이었다 ($t_s(14) > 32, p_s < .05$).

분류의 패턴 Smith 등 (1985)의 연구에서처럼 각 아동들의 분류양식을 분석하였다. Smith등에 의하면, 아동이 분류시 전혀 오류반응을 나타내지 않을 때 이를 밀도의 패턴으로 정의하였다. 이러한 밀도의 패턴을 보인 아동들의 비율은 쇠-알루미늄 조건에서 53 %, 알루미늄-나무의 조건에서 73 %, 쇠-나무의 조건에서 86 %였다. 쇠-알루미늄 조건과 쇠-나무 조건간에는 유의미한 차이가 있었으나($p < .05$, Fisher's exact test, one-tailed), 다른 조건 간 차이는 유의미하지 않았다. 이러한 밀도 패턴의 비율은 Smith등의 연구에서 4-5세 아동들의 20 %와 비교할 때 상당히 높은 수행이다.

조건간 차이 각 조건에서 정확하게 분류한 막대의 수에 대해 ANOVA를 실시한 결과 사용된 물질들 간의 밀도 차이에 의한 수행의 차이는 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 예상과 달리 밀도의 차이가 물질들의 분류에 도움을 주지 못하였음을 의미할 수도 있겠으나, 훈련시행에서의 분류 수행에 대한 자료는 이러한 결론이 타당하지 않음을 시사한다.

훈련시행

본 연구에서는 4, 5세 아동들이 밀도에 따라 물질을 분류할 때 오류반응을 거의 나타내지 않았다. 검사시행에서 아동들의 전반적인 정반응율이 세 조건 모두에서 0.90 이상이었으며, Smith등이 사용한 자극과 거의 비슷한 자극을 사용한 쇠-알루미늄 조건에서조차도 정반응율이 0.94였다. 이러한 결과는 Smith등의 선행연구와 현저하게 대조되는 결과이다.

본 연구에서 아동들이 월등히 나은 수행을 보인 것은 절차부분에서도 언급한 바 있으나, Smith등의 선행연구와 본 연구의 훈련시행에서의 차이에 의한 것일 가능성이 있다. Smith등의 연구에서는 아동이 훈련시행에서 어느정도의 오류반응을 보였는지에 대한 자료는 없으나, 아동이 오반응을 보였을 때 잘못 분류한 자극만 다시 제시하여 재분류하도록 했다. 이에 비해 본 연구에서는 잘못 분류한 자극 이외에 나머지 자극 막대들을 모두 다시 제시하여 자극세트 전체를 완전하게 분류할 때까지 훈련을 실시하였다. 따라서 본 연구에서는 아동이 한번이라도 오반응을 보인 경우, Smith등의 연구에서 보다 더 많은 수의 훈련시행을 실시 받았다. 본 연구에서 아동들이 보여준 90% 이상의 높은 검사시행의 결과는 훈련시행에서의 완벽한 훈련의 결과인 듯하다.

훈련시행에서의 집단 간 차이 훈련시행의 첫 번째 회기에서 쇠-알루미늄 조건의 경우 40 %의

아동이 오반응없는 수행을 보였으며, 알루미늄-나무 조건에서는 53 %, 쇠-나무 조건에서는 93 %가 오반응이 전혀 없는 완벽한 수행을 보여주었다. 쇠-알루미늄 조건과 쇠-나무 조건간에는 유의미한 집단의 차이가 있었으며 ($p < .01$, Fisher's exact test, one-tailed), 알루미늄-나무 조건과 쇠-나무 조건간의 차이도 유의하였다 ($p < .05$, Fisher's exact test, one-tailed).

훈련시행의 두 번째 회기에서도 조건간의 차이가 유의하였다 (쇠-알루미늄 조건과 쇠-나무 조건, $p < .001$; 알루미늄-나무 조건과 쇠-나무 조건, $p < .01$; Fisher's exact test, one-tailed). 두 번째 회기에서 오반응이 전혀 없는 완벽한 수행을 보여준 아동들은 쇠-알루미늄 조건에서 50 %, 알루미늄-나무 조건에서 60 %, 쇠-나무 조건에서 100 % 였다. 따라서, 쇠-알루미늄 조건에서 50 %, 알루미늄-나무의 조건에서 40 %의 아동들은 훈련시행을 보충으로 더 받게 되었다.

쇠-나무 조건에서 모든 아동들이 훈련시행의 두 번째 회기에서 완벽한 수행을 보여 준 것은 두 물질간의 비교적 큰 밀도 차이에 기인하는 것으로 보인다. 이러한 결과는 기대한 바와 같이 두 물질간의 밀도의 차이가 비교적 큰 상황에서는, 4, 5세 아동들도 훈련이 거의 없는 상태에서도 밀도에 따른 분류를 할 수 있음을 시사한다.

따라서, 검사시행에서의 조건간의 차이가 유의하지 않았던 것은 본 연구의 훈련시행에서 실시된 충분한 훈련과정을 통해 천정효과 (ceiling effect)가 나타났기 때문이라고 생각된다.

전체논의

어린 아동들이 밀도를 물질의 한 특성으로 이해할 수 있는가를 연구하였다. 연구 1에서는 아동들에게 여러 다른 물질로 만들어진 물체의 부피와 밀도(즉, 물질의 무게)의 정보를 주고 이들이 물

체의 무게에 대해 판단할 수 있는가를 보았다. 본 연구의 5세 아동들은 밀도가 높은 물질로 만들어진 물체는 그것보다 좀 크지만 밀도가 작은 물질로 만들어진 물체 보다 더 무거운 것이라고 정확하게 예언하였다. 이러한 결과는 선행의 연구들과는 달리 어린 아동들도 무게의 개념과 밀도의 개념을 혼돈하고 있지 않음을 보여준다. 더 나아가서, 본 연구의 결과는 아동들이 밀도, 무게, 부피의 관계에 대해서도 이해하고 있음을 보여준다.

연구 2에서는 밀도, 무게, 부피의 관계에 대한 아동의 이해를 분류과제를 이용하여 연구하였다. 4, 5세 아동들에게 종이에 싸여 표면을 볼 수 없게 제작된 나무 혹은 쇠막대를 제시하고 이 막대들의 크기와 무게를 고려하여 그것이 나무인지 쇠인지 분류할 수 있는가를 보았다. 즉, 물체의 무게와 부피의 정보가 주어질 때 이들을 고려하여 밀도에 대해 판단할 수 있는가를 보았을 때, 본 연구에서 아동들이 보여 준 높은 수행율은 놀랄만한 것이었다. 연구 2의 결과는 사용하는 물질들의 밀도 차이가 현저할 때에는 혼란이 거의 없이도 아동들은 쉽게 밀도에 따라 자극들을 분류할 수 있음을 보여준다. 또 밀도의 차이가 그리 크지 않은 경우에도 (예; 쇠-알루미늄 조건)충분한 훈련을 통해 아동의 수행이 향상될 수 있음을 보여 주었다.

이상의 결과들은 3,4세의 어린 아동들도 각각 다른 물질들의 특성에 대해 직관적인 이해를 하고 있다는 Au(1994)의 주장과 일치하며, 밀도의 개념에 대해 생각하기 보다 밀도의 개념을 사용하여 하는 과제들을 통해 어린 아동들이 밀도의 개념을 이해하고 있음을 보여준 Kohn(1993)과 Singer(1992)의 연구결과와도 일치한다.

본 연구의 결과들은 4, 5세의 아동들이 무게의 개념과 구별되는 밀도의 개념을 이해하고 있지 못하다는 선행의 연구 (Piaget & Inhelder, 1974;

Strauss, Globerson, & Mintz, 1983; Smith, 1985; Smith, Carey, & Wiser, 1985; Smith, Snir, & Grosslight, 1987, 1992)의 결과들과 불일치를 보인다. 이러한 불일치는 본 연구와 선행연구들 사이에 존재하는 개념적인 차이와 방법론적인 차이로 설명할 수 있겠다. 먼저, 본 연구에서는 아동이 “물질의 무게”로서의 밀도의 개념을 이해하고 있는가를 알아보려고 하였다. 즉, 아동들이 각 물질의 무게와 각 물질들로 만들어진 물체의 무게를 구별할 수 있는가를 보았다. 본 연구의 관심이 과학적인 교육을 받기 이전에 아동들이 가지고 있는 직관적인 수준에서의 밀도 개념의 이해라면, Piaget와 Inhelder의 연구를 비롯한 선행의 연구들에서는 “무게/부피”라는 밀도의 개념에 대해 아동들이 논리적이고, 과학적인 수준에서 이해하고 있는가를 알아보는 것이 주관심사였다. 이와 같이 밀도의 개념에 대한 접근에 있어 직관적인 수준대 과학적인 수준으로 구별이 되므로, 방법론적인 문제에서의 차이도 불가피하다고 하겠다.

Piaget의 거의 대부분의 연구에서와 마찬가지로, Piaget와 Inhelder (1974)의 연구에서는 아동들의 밀도에 대한 논리적인 이해가 관심사였으므로, 아동들에게 자신이 이해한 바를 언어적으로 설명하는 것을 요구했으며, 이에 근거하여 아동들의 이해수준을 구별하였다. 그러나, 본 연구에서는 4-5세의 어린 아동에게 논리적으로 대답하기를 요구하기보다는 아동들의 행동반응을 통해 밀도에 대한 이해 여부를 판단하였다. 또한 밀도라는 개념을 아동들이 이미 쉽게 이해하고 있는 다른 친숙한 개념 (물질의 무게)을 통해 정의함으로써, 아동의 이해를 도왔다. 이는 지식의 이해를 외현적인 이해 (explicit understanding)와 내면적인 이해 (implicit understanding)로 구분하여, 외현적인 이해가 없이도 어린 아동들이 내면적인 이해를 보인다는 결과들을 보고한 선행의 연구들

(Gleitman, Gleitman, & Shipley, 1972; Gelman, 1978; Gelman & Baillargeon, 1983)과도 일치한다. 또한 특정의 개념이 이해의 대상으로 사용되는 과제상황에서는 수행이 저조하지만, 그 개념을 사용하여야하는 상황에서는 높은 수행수준을 보인다는 주장 (Scholnick, 1983)과도 일치하는 결과이다.

연구 2에서 나타난 밀도차이의 효과는 아동들의 밀도의 이해가 정확한 계산에 의한 것이기보다는 오히려 질적이며 직관적인 수준에서 이루어지고 있음을 시사한다. 성인들도 경우에 따라서는 무게와 부피의 두 수치를 통합하여 밀도를 계산하지 않는다 (장유경, 1995). 최근 영아의 대상지각 연구들의 결과에 의하면, 6.5개월 된 영아들도 회전하는 스크린 뒤에 물체가 놓여 있으면 그 스크린이 얼마만큼 회전한 뒤 멈추어야 할 지에 대해 양적인 추리할 수 있다 (Baillargeon, 1990). 특히, 이들의 양적인 추리는 가리어진 것과 동일한 물체가 스크린 옆에 놓여 있을 때 더욱 용이했다. 이는 12개월 이전의 영아들도 질적인 책략의 사용을 통해 양적인 문제해결을 하고 있음을 보여준다.

본 연구의 결과도 아동들이 특정의 물체나 대상들의 무게, 크기에 대해 나름대로 규준 (normative standard)을 가지고 있는 것처럼 물질의 무게인 밀도에 대해서도 규준을 형성하고 있음을 시사한다. 이 규준들은 정확한 수치로 표시되는 것이라기 보다 가능한 범위를 나타내는 것일 가능성이 많다. 그렇다면, 두 물질간의 밀도의 차이가 그리 크지 않을 경우 그 범위들이 중복되게 될 것이고 따라서 물질의 밀도에 따라 두 물질을 구별하기가 어려워 질 것이다. 따라서 본 연구에서 발견된 밀도 차이로 인한 효과는 아동이 물질의 무게로서 밀도의 개념을 가지고 있지 않다는 주장보다는 밀도의 개념을 가지고 있어도,

계산에 의한 정확한 것이 아니기 때문에 정확한 반응을 하지 못하였다는 주장을 뒷받침한다.

연구 2의 훈련 시행의 효과는 아동의 직관적인 이해를 위해 훈련 또는 경험의 중요성을 시사한다. Piaget는 아동의 인지발달이 논리-수학적인 구조의 변화로 보고 단순한 반복이나 물리적 경험들은 이러한 구조의 변화에 도움을 주지 못한다고 보았다 (Piaget, 1964). 그러나, 연구2의 철저한 훈련의 효과는 훈련이나 반복적인 경험이 실제적으로 도움이 될 수 있음을 보여준다. 즉, 두 물질간의 밀도 차이가 크지 않아서 아동이 가지고 있는 두 물질의 밀도의 범위가 어느 정도 중복된다고 하더라도 이는 후속의 훈련 또는 경험을 통해 더욱 더 분명하게 구분될 수 있다. 이는 다시 Piaget의 주장과는 달리 아동이 밀도의 개념에 대한 직관적인 수준의 이해가 이미 가능했기 때문에 훈련이 효과가 있었음을 시사한다 (Gelman, 1978).

종합하면, 아동이 밀도의 개념을 이해하고 있지 못하다는 선행의 연구들 (Piaget & Inhelder, 1978; Smith, Carey, & Wiser, 1985; Carey, 1991)은 개념적, 방법론적인 문제로 인해 어린 아동들의 직관적 수준에서의 이해를 과소 평가했다. 본 연구의 5세 아동들은 물질의 무게로서의 밀도의 개념을 이해 또는 사용하고 있었으며, 밀도와 무게, 크기의 관계도 이해하고 있었다. 또한 두 물질간의 밀도 차이가 클 때, 아동들의 수행이 촉진될 수 있으며, 밀도 차이가 크지 않더라도, 훈련을 통해 수행이 나아질 수 있다.

본 연구의 결과는 교육 분야에 직접 활용될 수 있으리라 생각된다. 예를 들어 과학교육의 경우, 추상적인 과학의 개념들을 일상생활의 경험들과 연결시켜 제시하는 방법들이 효과적일 것이라 생각된다. 밀도를 “질량/부피”로 공식으로부터 소개하기보다는 본 연구에서처럼 서로 다른 “물질들

의 무게” 등의 보다 쉽고 구체적인 방법으로 소개할 수 있다. 현재는 유치원 수준에서의 과학교육도 어려운 용어를 가르치고 이해하지도 못하는 실험을 실시하거나 혹은 전혀 방치되어 있는 실정이다. 본 연구에서 사용한 절차 등의 유사한 방식을 도입하여 학령전 아동들에게도 아동들이 생활에서 쉽게 접할 수 있는 상황 속에서 과학적인 개념들을 쉽게 소개하고 이와 관련된 유사한 현상들에 대해 교육시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- 장유경 (1995). 대학생의 밀도 이해. *한국심리학회지: 발달*, 8, 107-119.
- Au, T. K. (1994). Developing an intuitive understanding of substance kinds. *Cognitive Psychology*, 27, 71-111.
- Au, T. K., Sidle, A. L., Rollins, K. B. (1993). Developing an intuitive understanding of conservation and contamination: Invisible particles as a plausible mechanism. *Developmental Psychology*, 29, 286-299.
- Au, T. K., Dapretto, M., & Song, Y. (1994). Input vs. Constraints: Early word acquisition in Korean and English. *Journal of Memory and Language*, 33, 567-582.
- Baillargeon, R. (1990). Young Infants' physical knowledge. Paper presented at the APA Convention, Boston, August, 1990.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind* (pp. 257-292). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Carey, S. & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169-200). New York: Cambridge University Press.
- Gelman, R. (1978). Cognitive development. *Annual Review of Psychology*, 29, 297-332.
- Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and the animate-inanimate distinction as examples. *Cognitive Science*, 14, 79-106.
- Gelman, R. (1991). Epigenetic foundations of knowledge structures: Initial and transcendent constructions. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of mind* (pp.293-322). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gelman, R., & Baillargeon, R. (1983). A review of some Piagetian concepts. In J. H. Flavell, & E. M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol 3: Cognitive development* (pp. 167-230). New York: Wiley.
- Gleitman, L. R., Gleitman, H., & Shipley, E. F. (1972). The emergence of the child as a grammarian. *Cognition*, 1, 137-164.
- Heibeck, T. K., & Markman, E. M. (1987). Word learning in children: An examination of fast mapping, *Child*

- Development*, 58, 1021-1034.
- Hirschfeld, L. A. & Gelman, S. A. (1994). Toward a topology of mind: An introduction to domain specificity. In L.A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind* (pp. 3-36). New York, NY: Cambridge University Press.
- Keil, F. C. (1991). The emergence of theoretical beliefs as constraints on concepts. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind* (pp. 237-256). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Kohn, A. S. (1993). Preschooler's reasoning about density: Will it float? *Child Development*, 64, 1637-1650.
- Markman, E. M. (1992). Constraints on word learning: Speculations about their nature, origins, and domain specificity. In M. R. Gunnar & M. P. Maratos (Eds.), *Minnesota Symposium on Child Psychology*, 25 (pp.59-101). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. In J. K. Gardner (Ed.), *Readings in developmental psychology*, second edition (pp. 276-285). Boston: Little, Brown,
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of quantities*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Prasada, S. (1993). Learning names for solid substances: Quantifying solid entities in terms of portions. *Cognitive Development*, 8, 83-104.
- Scholnick, E. K. (1983). Why are new trends in conceptual representation: A challenge to Piaget's theory? In E.K. Scholnick (Ed.), *New Trends in Conceptual Representation: Challenge to Piaget's Theory?* (pp. 41-70). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Singer, J. A. (1992). *Reasoning about density: The influence of two processes*. Unpublished doctoral dissertation, University of Pittsburgh.
- Smith, C. (1985). Weight, density, and matter: A study of elementary children's reasoning about density with concrete materials and computer analogs (Technical report No. 85-15). Cambridge, MA: Educational Testing Center.
- Smith, C., Carey, S., & Wisner, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1987). Teaching for conceptual changes using a computer-based modeling approach: The case of weight/density differentiation (Technical Report No 87-11). Cambridge, MA: Educational Testing Center.
- Spelke, E. S. (1990). Principles of object perception. *Cognitive Science*, 14, 29-56.
- Strauss, S., Globerson, T., & Mintz, R. (1983). The influence of training for the

atomistic schema on the development of the density concept among gifted and nongifted children, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 4, 125-147.

Trabasso, T. R. (1975). Representation, memory

and reasoning; How do we make transitive inferences? In A. D. Pick (Ed.), *Minnesota Symposia on Child Psychology: vol. 9* (pp. 135-172). Minneapolis: University of Minnesota Press.

Young children's understanding of density

You-Kyung Chang-Song

Department of Psychology

Chungbuk National University

Young children's intuitive understanding of the relationship between volume, weight, and density was examined. Especially when "density" was defined as "heaviness of substance", 4-to 7-year-olds were asked to reason on weight given volume and substance information on the objects used. The results of the study 1 showed that 5-year-olds successfully predicted the relative weight of the objects considering both volume of objects and heaviness of substance. In study 2, based on weight and volume information, 4- and 5-year-olds successfully identified substance kinds given objects were made of. The results indicate that, contrary to previous studies, young children have an intuitive understanding of density.