한국심리학회지 : 발달
The Korean Journal of Developmental Psychology
2012. Vol. 25, No. 1, 43-62

연속적 자극의 크기 부호화 발달 및 실행기능과의 관련

김지은 정윤경* 권미경

가톨릭 대학교 심리학과

본 연구는 연속적 자극의 절대적 크기를 부호화하는 아동 능력의 발달을 알아보고 이와 관련된 요인으로 실행 기능의 역할을 검증하고자 설계되었다. 본 연구에서는 특히 절대적 크기를 부호화하는데 있어서 상대적 크기에 대한 반응 편향을 극복하는 것이 핵심적인 발달과제임을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 4세, 6세, 8세 아동을 대상으로 크기 부호화 과제(Duffy, Huttenlocher, & Levine, 2005)와 Flanker과제 (Munro, Chau, Gazarian, & Diamond, 2006)를 실시하여 연령별 아동의 수행과 그 관련성을 살펴보았으며 그 결과가 다음과 같다. 우선 크기 부호화 과제에서 아동의 수행은 4세에서 8세에 이르기까지 발달했으며, 오류의 대부분이 상대적 관계에 대한 반응 편향으로 인한 것이며 이러한 반응 경향성이 8세경 벗어남을 확인하였다. 또한 크기 부호화 과제 수행은 실행기능을 측정하기 위한 Flanker과제와 모든 연령대에서 관련을 보였으며, 특히 4세 아동의 경우 상대적 오반응률이 Flanker과제의 하위 조건 중 가장 어려운 세 번째 구획의 불일치 조건과 유의미한 관련성이 있음을 검증하여 아동 초기 크기 부호화의 핵심적 발달 요인이 실행 기능과 관련됨을 시사 하였다.

주요어 : 연속적 자극, 크기 부호화, 상대적 크기, 절대적 크기, 실행 기능

대상의 크기를 측정하는 능력은 아동이 자신이 속한 세계를 양적으로 지각하고 이해할 수 있도록 할 뿐 아니라 다양한 수학적 추론의 기초가 된다 (National Council of Teacher's Mathematics, 2000). 가령, 아동들은 '이 책이 가방에 들어갈까?', '이 컵의 우유는 어제 먹은 우유보다 많을까?'와 같은 수많은 측정활동을 일상에서 경험한다. 또한 측정을 통해 아동은 사물의 크기를 시간과 공간에 걸

* 본 연구는 가톨릭대학교 교비연구비(M-2011- B0002-00245)를 지원 받아 수행되었습니다.
* 교신저자: 정윤경, E-mail:benijeong@catholic.ac.kr

쳐 비교하고(Nunes & Bryant, 1996), 그 결과를 활용해 공간적 관계를 이해하고 다양한 수학적 문제 해결을 한다(Althouse, 1994; Duffy, Huttenlocher, & Levine, 2005a; Vasilyeva, Duffy, & Huttenlocher, 2007). 그러므로 아동들이 다양한 대상들의 크기를 어떤 방식으로 지각하고 이해하는지, 이러한 능력이 어느 시점에서 나타나며 어떠한 발달의 양상을 지니는 지를 이해할 필요가 있다. 그럼에도 불구하고 양적 추론(quantitative reasoning)에 관한 발달 심리학 연구들은 주로 비연속적 자극(discrete quantity)을 대상으로 하는 수 개념과 추론 능력, 혹은 측정 도구를 이용할 수 있는 능력 등에 집중되어 있으며 연속적 자극(continuous quantity)의 크기를 부호화하는 측정 능력의 발달에 대한 기초 연구는 부족하다(Miller, 1984; Petitto, 1990; Piaget, Inhelder, & Szeminska, 1960).

최근 들어 몇몇 서구 연구자들은 대상의 크기를 부호화하는 영아와 유아의 능력의 발달적 기원과 그 특성에 대하여 논하기 시작하였다(Mix, Levine & Huttenlocher, 2002). 이들은 대상의 크기가 비연속적인 변인(가령, 수)이나 연속적인 변인(가령, 양, 길이, 높이)으로 나타낼 수 있음을 구별하고 이 두 가지 방식이 구별 되여 연구되어야 할 것을 강조한다.

수 차원에 근거한 표상과 추론 능력과 그 발달에 관한 연구와 논쟁은 최근 약 30년간에 걸쳐 활발히 이루어진 반면(Antell & Keating, 1983; Starkey & Cooper, 1980; Starkey, Spelke, & Gelman, 1990; Strauss & Curtis, 1981; Van Loosbroek & Smitsman, 1990), 연속적 자극에 대한 측정 능력에 대한 연구는 미비하였는데 이는 연속적 자극의 크기를 측정하는 것이 어린 아동들에게는 아주 어려운 과업으로 여겨졌기 때문이기도 하다. 연속적 자극의 크기를 측정하기 위해서 아동은 자극을 같은 크기의 단위로 나누고 이를 자극에 적절히 적용하고 적용된 단위의 개수를 결정해야 한다. 비연속적인 자극은 집합의 개수가 바로 절대적인 측정으로 연결되므로 수를 세는 전략을 바로 이용하면 되지만 연속적 자극은 등분된 낱개의 단위로 세분화되어 있지 않아 아동은 측정의 어려움을 겪는다. 즉, 아동은 스스로 같은 크기의 단위를 생성하고 이를 대상에 적절히 적용하고 그 적용된 단위의 수를 세야하는 복잡한 과정을 획득해야 한다(Joram, Subrahmanayam, & Gelman, 1998).

실제로 아동의 크기 측정 능력에 관한 초기 연구들은 7세 이전 아동들이 크기에 대한 측정 도구를 사용하는 능력이나 인지적 추론 능력이 부족함을 밝혔다. 가령, Piaget, Inhelder와 Szeminska(1960)는 아동들에게 블록들을 이용하여 보기로 제시된 탑과 같은 높이의 탑을 쌓도록 지시한 후 아동들의 행동을 관찰하였다. 이 때, 두 탑은 각각 다른 높이에 놓여 있었으며 높이의 비교 기준으로 사용할 수 있는 나무막대기와 블록 등도 주변에 놓여 있었다. 아동들에게 기준의 사용에 대한 별도의 지시는 하지 않았다. 그 결과 7세 이전의 아동들은 자신이 쌓은 탑이 보기의 탑과 같은지를 결정하기 위하여 기준 막대기를 사용하지 못하였으며 두 탑이 서로 다른 높이에 놓여있음에도 불구하고 각 탑의 가장 높은 부분에 집중하였다. 또한 Petitto(1990)는 왜곡된 측정 단위로 만들어진 여러 개의 자(ruler)를 제시한 후 대상의 길이를 측정하기 위해 어떤 자를 선택하는지를 검사한 결과 동일한 크기의 단위로 분절된 자를 선택하는 능력이 나타나는 시기가 8세임을 발견하였다.

그런데 이후 연구자들은 연속적 자극의 크기에 대한 민감성이 이전 연구에서 제시된 나이보다 이른 나이에 나타남을 증명하였다. 가령, Newcombe,

Huttenlocher 그리고 Learmonth(1999)는 5개월 된 영아들에게 길고 폭이 좁은 모래상자의 특정 위치에 물체를 숨기는 것을 보여 주고 영아가 그 위치를 기억할 수 있는가를 연구하였다. 영아가 숨겨진 물체의 위치를 기억하기 위해서는 숨겨진 위치까지의 모래상자의 길이를 부호화해야한다. 실험자들은 이러한 영아의 능력을 검증하기 위해 두 제시 조건을 조작하였는데 한 조건에서 실험자는 영아에게 원래 실험자가 물체를 숨긴 위치와 같은 자리에서 물체를 찾는 것을 보여 주었고 다른 조건에서는 이전과 다른 위치에서 대상을 찾는 것을 보여주었다. 그 결과, 영아들은 다른 장소에서 대상이 나타났을 때 같은 장소에서 나타났을 때보다 유의미하게 긴 응시 시간을 보였다. 이는 길이와 같은 양적 크기에 대한 민감성이 영아기 초기에 존재함을 드러낸 것이다. 또한 Gao, Levine과 Huttenlocher(2000)의 연구에서도 습관화 절차를 이용하여 6개월 된 영아가 액체 양의 변화를 탐지할 수 있는지를 살펴보았다. 이들은 실린더에 든 액체의 양에 영아들을 습관화 시킨 후 동일한 크기의 실린더에 이전과 다른 양의 액체를 제시했을 경우 탈습관화 됨을 발견하였다. 6개월 된 영아들이 액체의 양을 부호화하고 이를 기억할 수 있음을 입증한 것이다.

한편 이들은 크기에 대한 영유아기 민감성에 대한 자신들의 연구 결과에 의혹을 갖는다(Huttenlocher, Duffy, & Levine, 2002). 즉, 이들은 이전 연구에서 영아들이 자극의 절대적 크기를 직접 부호화한 것이 아니라 이를 다른 맥락적 기준에 비교하여 그 상대적 크기를 부호화했을 가능성을 제안하였다. 앞에서 언급된 Gao 등(2000)의 연구에서도 영아들은 액체의 절대적 높이를 표상하는 대신 실린더에서 차지하는 액체의 상대적 비율 정보(예를 들어, 1/2)를 부호화하였을 가능성이 있다는 것이다. 실제로 같은 시기 영아나 유아들을 대상으로 한 연구들은 이들이 연속적 자극의 비율적 관계에 민감함을 밝히고 있다(정윤경, 2005; Baillargeon, Needham, & DeVos, 1992). 이는 상대적 크기 정보의 부호화 능력이 절대적 크기 정보의 부호화 능력보다 발달적으로 먼저 나타나며 이전의 연구에서 나타난 영아들의 크기에 대한 민감성이 실제 사물의 절대적 크기를 부호화했기 보다는 상대적 관계에 반응한 것일 가능성을 제안하는 것이다.

이와 같은 가능성을 직접 검증하기 위하여 Huttenlocher, Duffy 그리고 Levine (2002)은 7개월 영아와 2세, 4세 아동을 대상으로 일련의 실험들을 수행하였다. 2세와 4세 아동에게는 원통형의 나무막대로 만들어진 목표자극을 잠시 동안 보여 주고 치운 뒤 목표자극과 크기가 동일하거나 다른 두 개의 선택 자극을 제시하면서 앞서 본 목표자극과 같은 것이 어느 것인가를 선택하게 하였다. 이러한 과제는 다음의 세 가지 조건에서 실시되었는데, 한 조건에서는 나무막대만 혼자 제시하였고(기준이 없는 조건) 두 번째 조건에서는 나무막대를 투명한 실린더에 넣어서 제시하였으며(실린더 기준 조건) 마지막 조건에서는 실린더 조건에서 사용된 실린더와 높이가 같으나 색이 다른 나무막대를 목표자극 혹은 선택 자극 옆에 나란히 제시하였다(나무막대 기준 조건). 그 결과, 2세 아동은 실린더 기준 조건과 나무막대 기준 조건에서만 목표자극을 올바르게 선택하였고, 기준이 없는 조건에서는 임의적으로 선택하였다. 반면, 4세 아동의 경우, 기준이 없이도 자극의 크기를 구분 할 수 있었다. 하지만 이들의 반응에도 한계는 있었는데, 선택지로 제시된 두 막대의 크기 차이가 클 때에만 성공적 선택이 가능하였다. 7개월 영아에게는 습관화 절차를 이용하여 같은 조건에서 크기 부호화 능력을 측정한 결과, 영아는 나무막대만을 제시했을 때보다 이를 실린더

에 넣거나 옆에 다른 나무막대를 세웠을 때 새로운 크기의 나무막대에 대해 응시 시간이 유의미하게 길었다. 이는 7개월 영아들이 지각적 기준이 존재하여 상대적인 크기를 부호화할 수 있을 때만 연속적 자극을 구별할 수 있었음을 증명하는 것이다. 요컨대 Huttenlocher와 동료의 일련의 연구는 4세 이전에는 크기 구분을 위해 맥락에 따른 기준이 반드시 필요하며, 4세 이후 성인 수준의 능력은 아니나 맥락 정보를 벗어나 절대적 크기를 대략적으로 부호화할 수 있는 인지적 성취를 달성한 것임을 보여주었다. 그러나 Huttenlocher 등의 연구는 맥락적 기준 정보가 어떻게 크기 부호화에 도움이 되는 지에 대해서는 설명하지 못하였다. 즉, 이들의 연구에서 보인 맥락적 기준의 효과는 다음의 두 가지 방법에 의해 모두 설명이 가능하다. 첫째, 맥락적 기준이 아동들에게 맥락적 기준과 목표자극 간의 상대적 관계 정보 (1/2 등과 같은 비율 정보)를 제공하여 크기 과제 수행을 향상시켰을 것이다. 두 번째, 상대적 크기 정보가 아니라 맥락적 기준으로 사용된 자극 (즉, 실린더 혹은 나무막대 기준) 자체가 아동의 주의를 끌어 크기 과제 수행을 향상시켰을 것이다.

이어 Duffy, Huttenlocher와 Levine은(2005a) 이 두 가능성을 살펴보기 위해 4세 아동을 대상으로 일련의 실험을 수행하였다. Duffy 등(2005a)은 상대적 크기가 절대적 크기보다 부호화가 용이하다면, 절대적 크기 정보와 상대적 크기 정보가 상충되도록 맥락적 크기 정보를 조작하였을 때, 아동이 절대적 크기보다 상대적 크기가 동일한 선택 자극을 고를 것이라고 가설을 세웠다. 한편, 맥락적 기준의 존재 자체가 아동의 크기 부호화를 돕는다면, 맥락적 기준의 크기 변화는 아동의 수행에 영향을 미치지 않을 것이다. 이를 검증하기 위해 다음과 같은 세 가진 조건에서의 아동의 수행을 관찰하였다. 각

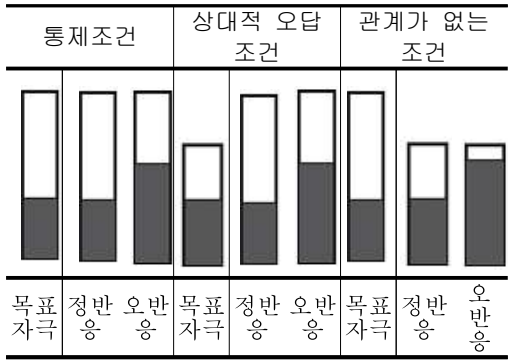

그림 1. Duffy 등(2005a)의 실험 조건

조건에 사용된 자극의 예시를 그림 1에 제시하였다.

Duffy 등(2005a)은 먼저 통제조건(Control Condition)과 상대적 오답 조건(Relative Foil Condition)에서의 4세 아동의 수행을 살펴보았다. 통제조건은 목표자극을 제시할 때와 선택 자극을 제시할 때 기준으로 제시된 실린더의 크기가 동일하여 목표자극과 정반응의 절대적인 크기, 상대적 크기가 모두 동일하다. 따라서 아동은 절대적 크기나 상대적 크기 둘 중에 하나만 부호화하여도 정답을 선택할 수 있다. 반면, 상대적 오답 조건에서는 목표자극이 제시된 실린더와 선택단계의 실린더 크기를 달리하여 목표자극과 정반응간의 상대적 크기가 다르다. 그러므로 상대적 오답 조건에서는 아동이 상대적 크기에 의존한다면 절대적 크기가 다르나 상대적 크기가 동일한 오반응을 선택하게 된다. 실험 결과, 통제조건에서는 아동이 약 80%의 높은 정확률을 보인 반면, 기준의 크기를 조작한 상대적 오답 조건에서는 약 70%의 아동이 상대적 오반응을 보였다. 이러한 결과는 어린 아동들이 절대적 크기보다 상대적 크기를 더 쉽게 부호화한다는 가설을 지지하는 것이다. Duffy 등(2005a)은 위의 실험만으로는 아동이 상대적 크기만을 부호화하는지, 아니면 상대적 크기와 절대적 크기를 모두 부호화

하지만 상대적 오반응에 사용된 자극을 우선적으로 선택하는 지의 여부를 증명할 수 없음을 지적하고 이를 해결하기 위해 실험 2에서 상대적 오반응 조건과 관계가 없는 조건(그림1)에서의 아동의 수행을 비교하였다. 크기 부호화 능력의 발달을 살펴보기 위해 4세 아동뿐만 아니라 8세 아동도 포함되었다. 관계가 없는 조건은 목표자극 제시단계와 선택단계의 실린더 기준의 크기가 다르다는 점에서 상대적 오반응 조건과 유사하지만, 상대적 크기가 동일한 자극 대신 상대적 크기와 절대적 크기가 모두 다른 자극을 이용한다. 그러므로 이 조건에서는 아동이 상대적인 크기 부호화에만 의존하여 선택을 한다면 아동의 입장에서 크기가 같아 보이는 것이 없을 것이므로 우연수준의 수행을 나타낼 것이라고 보았다. Duffy 등의 가설대로 4세 아동은 관계가 없는 조건에서 우연수준의 수행을 보였다. 반면, 8세 아동은 상대적 오반응 조건과 관계가 없는 조건에서 모두 우연수준 이상으로 높은 정확률을 보였다. 이는 성숙한 측정 능력이 7세 이후에 나타난다는 이전 연구들(Miller, 1984; Petitto, 1990; Piaget et al., 1960)의 결과와 일치한다.

이와 같은 선행 연구들의 결과는 대상 본래의 크기, 즉 절대적 크기에 대한 표상보다 그 대상이 다른 대상과 맺는 상대적 관계에 대한 표상이 발달적으로 선행함을 제안한다. 더불어 아동의 크기 부호화에 대한 발달은 아동 초기 보다 우세하고 자동적으로 나타나는 상대적 크기에 대한 부호화 경향성을 극복하는 것이 핵심적 과제임을 제안하는 것이다.

무엇보다 이들의 연구는 크기에 대한 정보를 지각, 기억하고 맥락에 따라서 그 정보를 이용하는 심리적 과정이 인지발달에 있어서 근간이 되는 기초 능력으로 활발한 연구가 이루어질 필요성이 있음을 제안하는 것이다. 그럼에도 불구하고 국내의 연구는 사물을 단위로 이용한 측정이나 어림하기 등 교육적인 입장에서 아동의 수행을 살펴본 연구가 주를 이루며 (김잔디, 2009; 양승희 & 조인숙, 2001; 이기현, 1991; 전희영, 2001; 정정희, 최효정, 권미정, 2009; 한광래, 류재인, 문병찬, 2004), 그 능력의 발달적 특성에 대한 초기 기초 자료의 제공은 부족한 실정이다. 국내 아동을 대상으로 초기 측정 능력의 정도와 성인과는 다른 양상으로 나타날 수 있는 아동측정 능력의 특성과 그 발달적 과정에 대한 기초연구가 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서는 절대적 크기의 측정에 대한 발달적 체계에 근거하여 국내 아동의 발달적 변화를 검증해 보고자 하였다. 보다 구체적으로 본 연구에서는 미국의 중산층 아동을 대상으로 한 Huttenlocher와 동료들의 연구(Duffy et al. 2005a, 2005b; Huttenlocher et al., 2002)에서 제안된 상대적 크기 부호화에 대한 편향이 국내 아동에게도 동일하게 나타나는지, 이러한 편향에 대한 극복의 양상은 어떠한지를 직접 검증하였다.

더불어 본 연구에서는 이러한 발달적 변화에 기저 하는 인지적 요인을 탐색하고자 하였다. 많은 연구자들이 절대적 크기 부호화 능력이 발달하기 위해서는 목표자극 정보에 선택적으로 주의를 주며 동시에 불필요한 상대 크기 정보 자극을 억제하는 능력이 필요할 것임을 가정해왔으나(Bryant, 1974; Duffy et al., 2005a; Vasilyeva et al., 2007), 그 능력과 아동의 크기 부호화 능력의 관계를 경험적으로 증명한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우세한 상대적 크기 정보를 억제하고 절대적 크기 차원에 주의를 집중하여 반응하는 데 핵심이 되는 실행 기능과 크기 측정 능력 발달의 관계를 검증하였다.

일반적으로 실행기능은 사고와 행동을 관리, 통제하는 인지적 조절과정으로 정의되며 자동적으로 일어나는 사고나 반응을 중단할 수 있도록 하며

(Garon, Bryson, & Smith, 2008), 계획하기, 문제해결, 환경의 변화에 대한 반응 등 적응적인 행동과 관련된다(Banich, 2004; Rabbitt, 1997; Vaughan & Giovanello, 2010에서 재인용). 이러한 실행기능은 단일한 심리적 체계라기보다는 여러 구성 요소를 포함하는 심리적 과정으로 간주되어 왔다. 가령, Barkley(1997)는 실행기능의 한 요인으로 행동억제를 강조하였으며, Pennington과 Ozonoff(1996)는 행동억제와 작업 기억의 연합을 실행기능의 요소로 간주하였다. 또한 Miyake, Friedman, Emerson, Witzki 그리고 Howerter(2000)은 실제로 실행기능 하위 영역 중 하나의 영역만을 측정하도록 설계된 9개의 과제를 사용하여 확증적 요인분석을 실시한 결과 반응 억제, 작업 기억, 전환 능력이 실행기능의 하위요인임을 밝혔다.

실행기능의 발달에 대해서 기존의 연구들은 아동기부터 청소년기까지 연령과 관련되어 체계적인 향상을 보인다고 하였다(Zelazo & Muller, 2002). Posner와 Rothbart(2000)는 핵심적 주의 체계의 발달은 2세에서 6세 동안 일어나는 실행기능의 변화에 근거한다고 주장하였다. 실행기능의 세 하위 요인 각각의 발달적 양상은 과제의 난이도와 채점 방법에 따라 차이가 나긴 하지만 인지적 억제, 또는 전환과 같은 실행 기능의 발달은 아동 초기에 시작되어 학령전기를 지나며 향상된다(Diamond, 2006).

또한 국내외의 연구들은 이러한 실행 기능은 아동의 정서, 인지 등의 조절 능력과도 상관이 있으며(Blair & Razza, 2007), 아동의 일상생활 과제뿐 아니라 학업 수행에 모두 필요한 능력임을 밝혔다. 가령, Brainerd(1981)의 초기 연구에서는 학령전기와 학령기 아동의 학률 추론 과제 수행과 작업기억 용량이 관련됨을 밝혔다. 국내 아동을 대상으로 한 연구에서도 인지적 억제와 전환 기능은 시지각적 자료를 읽고 해석하는 능력과 유의미한 상관이 있음을 증명하였다(맹세호, 2010).

무엇보다 이러한 실행 기능은 본 연구의 절대적 크기 부호화 과제에서 아동의 수행과 밀접한 관련이 있을 것으로 가정되었다. 관련 없는 정보를 억제하고 실험 과제에서 요구하는 차원에 주의를 집중하는 능력, 즉, 지각적으로 유사한 비율적 관계에 자동적으로 반응하는 경향성을 억제하고 절대적 크기 차원에 주의를 전환하여 동일한 자극을 선택하는 인지적 과정이 본 연구에서 제시된 과제의 성공과 높은 관련이 있을 것이다. 보다 구체적으로 이는 앞에서 언급된 실행 기능의 하위 요인(Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000)중 반응 억제와 전환 능력과 관련을 맺을 것으로 기대되어진다.

이에 본 연구에서는 아동의 절대적 크기 측정 능력의 발달을 기술하고 이러한 관련성을 직접 탐색하기 위하여 절대적 크기 부호화 과제의 수행과 억압과 전환 기능을 측정하는 실행 기능에서의 과제 간의 관련성을 연령별로 검증하고자 하였다. 구체적으로 다음과 같은 연구 문제를 갖는다.

연구문제1. 연속적 자극의 절대적 크기의 판단 능력은 연령에 따른 차이가 어떠한가?

연구문제2. 연속적 자극의 절대적 크기의 판단 능력과 실행기능 과제 수행 간 어떠한 관련이 있는가?

방 법

대상

경기도에 B시에 소재한 유치원과 어린이집 그리고 초등학생 아동 90명을 대상으로 실험을 실시하였다. 4세(45개월~58개월), 6세(69개월~81개월), 8세

(94개월~104개월) 각각 30명씩 참여하였다. 절대적인 크기에 대한 부호화가 나타나기 시작하는 연령이 4 세이며(Huttenlocher et al., 2002), 성숙한 측정능력은 8세는 되어야 나타난다는 선행연구(Duffy et al. 2005a; Miller, 1984; Petitto, 1990)의 결과를 바탕으로 실험을 수행할 연령집단을 설정하였으며 연령에 따른 발달적 경향을 살펴보기 위하여 6세 집단을 추가로 설정하였다.

연구 과제 및 절차

크기부호화과제 아동의 절대적 크기 부호화 능력을 측정하기 위하여 본 연구에서는 동일 대상 찾기 과제(Equivalence matching task)를 사용하였다. 그림2에서와 같은 목표자극을 제시하고 감춘 후 세 가지 선택지 중 목표자극과 동일한 크기의 자극을 선택하도록 하였다. 한 실험에 2개의 선택지를 사용한 선행연구(Duffy et al., 2005a)와 달리 세 개의 선택지를 동시에 제시하여 이 중 선택하게 하는 피험자 내 설계로 구성하였다. 세 보기 중 하나는 목표자극과 절대적인 크기는 동일한 정반응이며 다른 하나는 목표자극과 비율은 같지만 절대적 크기는

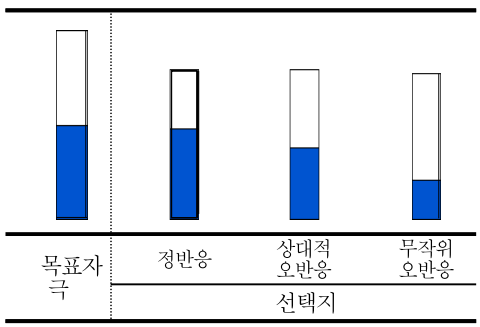

그림 2. 목표자극과 선택자극의 예

표 1. 실험 시행의 구성 및 자극 크기(cm)

시행	색상	목표자극실린더	제시자극	선택지실린더	선택자극		
					정반응	상대적오반응	무작위오반응
1	갈색	18	8.6	13	8.6	6.2	3
2	파랑	13	4.3	18	4.3	5.9	7.5
3	주황	13	1.6	18	1.6	2.3	8
4	파랑	18	7.5	13	7.5	5.9	4.3
5	주황	18	2.3	13	2.3	1.6	8
6	갈색	13	6.2	18	6.2	8.6	3

다른 상대적 오반응으로 Duffy 등(2005a)의 연구에서 상대적 오류 조건을 반영한 것이다. 마지막 보기는 나무막대와 절대적인 크기도 다르고, 상대적인 크기도 다른 무작위 오반응이다. 이 보기를 함께 제시함으로써 아동의 측정능력에서 나타나는 오류의 양상이 상대적인 정보에 의한 것인지 혹은 비체계적인 오류인지를 확인할 수 있다.

목표자극과 이에 기준이 되는 자극을 제시하기 위해 원형 막대와 크기가 다른 두 개의 눈금 없는 투명한 실린더를 각각 이용하였다. 목표자극으로 제시되는 자극의 크기는 매 시행에서 다르게 구성되었으며 제시단계와 선택단계에서 사용된 실린더 크기를 다르게 하였다. 실험은 두 단계로 아동에게 선택해야 할 목표자극을 제시하는 목표자극 제시단계와 세 반응 중에서 절대적인 크기가 같은 것을 고르는 선택 단계이다. 목표자극을 약 7초간 아동에게 제시하고, 약 3초의 지연 후 세 가지 선택 자극을 동시에 제시하여 반응하게 하였다. 각 세트의 제시 순서와 모든 시행에서 선택 단계에 제시되는 자극의 위치를 균형화 하였으며, 시행 간 구분을 돕기 위해 시행마다 막대의 색을 다르게 구성하였

다. 실험 시행의 구성은 표 1에 제시하였다.

Flanker과제* 실행기능을 측정하는 도구로 Munro, Chau, Gazarian과 Diamond (2006)의 Flanker 효과에 관한 연구에서 사용되었던 자극들을 CBT(computer based testing) 형식으로 제작하였으며(맹세호, 2010), 피험자의 반응 속도와 정확도를 종속 변인으로 측정하였다. 본 연구에서 사용된 Flanker과제는 세 구획으로 이루어졌는데, 그림 3에서와 같이 첫 번째 구획에서는 중앙에 있는 파란색 물고기가 가리키는 화살표 방향의 버튼을 눌러 물고기에게 먹이를 주는 것이 아동이 수행해야 할 과제이다. 두 번째 구획에서는 분홍색 물고기가 제시되는데 아동은 주변 물고기에 제시된 화살표 방향의 버튼을 눌러서 물고기에게 먹이를 주어야 한다. 마지막으로 세 번째 구획에서는 파란색 물고기와 분홍색 물고기가 무선으로 번갈아 화면에 나타나므로 물고기 색깔에 근거하여 규칙을 전환하여

그림 3. Computer based Flanker과제
(맹세호, 2010에서 재인용함)

반응해야 하는 복합 시행 구획이며 가장 높은 수준의 인지적 통제가 요구된다. 모든 구획 내 자극에는 가운데 물고기와 주변 물고기의 화살표 방향이 일치되는 조건과 불일치한 조건으로 이루어지며, 이는 무작위로 반반씩 제시 되었다.

연구절차

본 연구의 과제는 모두 실험자와 아동이 일대일로 크기 부호화 과제를 먼저 실시한 후 실행 기능 과제를 실시하였다. 크게 부호화 과제에서 실험자는 아동에게 먼저 다음과 같은 지시문을 제시하였다.

"오늘 여기 멍멍이와 간단한 게임을 할 거야. ○○가 할 일은 멍멍이가 나무막대에 숨겨놓은 뼈다귀를 찾는 거야." 실험자는 나무막대의 바닥에 뼈다귀 모양의 스티커를 미리 부착해 두었다. 강아지 인형으로 실린더에 나무막대를 넣는 것과 같은 동작을 보여주고 나무막대 바닥에 뼈다귀 스티커가 붙어 있는 것을 실린더를 들어 보여준다. 그리고 "뼈다귀는 이것(목표자극으로 제시되는 뼈다귀 스티커가 부착된 나무막대)과 똑같은 크기의 막대에 숨겨있어. 선생님이 한 개를 보여 줄 거야. 그럼 우리 ○○는 이 나무막대의 크기를 잘 기억해뒀다가 선생님이 이걸 치우고 다른 세 개를 보여주면 그 중에서 똑같은 나무막대를 찾아내는 거야. 규칙은 크기를 잘 기억해뒀다가 똑같은 나무막대를 찾아내는 거야. 연습을 해볼까?"라고 지시한다. 두 번의 연습시행에서 아동에게 선택한 반응을 직접 확인하도록 하여 정반응과 오반응에 대한 피드백을 제공한 후 본 시행을 실시하였다.

* Flanker 과제는 다른 실행기능 과제와는 달리 실행기능에서 요구하는 하위 기능과 작업 기억 부하량이 다른 세 개의 구획으로 이루어져 있어 다른 과제들에 비해 보다 타당하고 포괄적으로 아동의 실행기능을 측정할 수 있다. 따라서 아동들의 실행 기능을 측정하는 과제의 종류는 매우 다양하나 본 연구에서는 Flanker 과제 하나만으로 실행 기능을 측정하였다. 실제로 본 연구의 결과에서도 세 구획간의 수행 수준이 연령별로 차이가 나타났다.

크기 부호화 과제를 마친 아동은 곧이어 실행기능을 검사하기 위한 Flanker과제를 수행하기 위해 컴퓨터를 배치한 장소로 이동하였다. 컴퓨터 프로그램으로 이루어진 Flanker과제에서는 화면에 규칙과 방법에 대한 설명이 제시되나 더욱 아동의 이해를 돕기 위하여 실험자가 나란히 앉아 아동과 지시문을 읽고 규칙을 설명해주었다.

결 과

크기 부호화 능력의 발달

크기 부호화 과제에서 연령과 성별에 따른 정반응의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 아동의 정반응 비율을 분석하였다. 정반응 비율은 '전체 6 시행 중 정반응을 보인 시행 수(가령, 6시행 중 2시행에서만 정반응을 보였다면 0.33)'으로 정의하였으며, 비율 자료의 특성상 나타나는 분포의 왜곡도 문제를 보완하기 위하여 arcsine 변환(Kirk, 1994)을 실시한 후, 이원(연령*성별) 변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 여아(0.66)와 남아(0.72)의 정반응률의 차이가 유의미하지 않았고, p=.23, 상호 작용 또한 유의미 하지 않았다, p=.13. 따라서 성별 변인은 이후 분석에 포함되지 않았다.

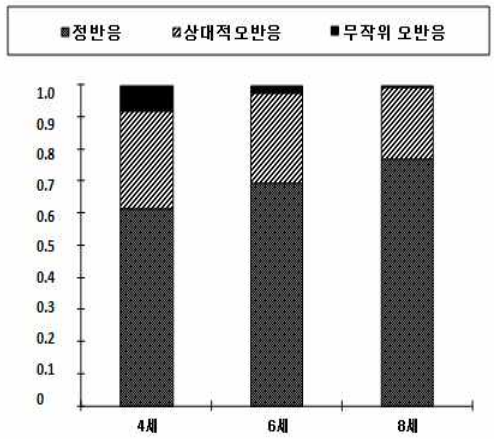

그림 4. 연령에 따른 아동의 반응 비율

표 2. 연령에 따른 크기 부호화 과제 수행 비율 평균과 표준편차

	4세 I	6세 II	8세 III	F	Scheffe
정반응	0.62 (0.21)	0.69 (0.22)	0.77 (0.18)	4.148*	I < III
상대적 오반응	0.30 (0.20)	0.28 (0.23)	0.23 (0.18)	1.249	
무작위 오반응	0.08 (0.14)	0.02 (0.06)	0.01 (0.03)	6.401*	I < II,III

*p<.05

크기부호화 과제에서 연령 집단별 정반응과 두 종류의 오류(상대적 오반응과 무작위 오반응)에 대한 아동의 실제 반응 비율을 표 2와 그림 4에 제시하였다. 크기 부호화 과제에서 정반응률의 (4세: 0.62, 6세: 0.69, 8세: 0.77) 연령차는 유의미하였으며, $F(2, 87) = 4.148$, $p<.05$, 사후분석 (Scheffe test) 결과 4세와 8세의 차이가 유의미하게 나타났으나, 4세와 6세, 6세와 8세의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, p's>.05. 또한 아동의 정반응 비율이 우연 수준(0.33)보다 높은지 확인하기 위하여 정반응과 우연수준에 대한 연령별 독립 표본 t-test를 실시한 결과, 모든 연령 수준에서 정반응 비율이 우연 수준 보다 유의미하게 높은 것으로 확인되었다, 4세: $t(29) = 7.31$, $p<.01$, 6세: $t(29) = 8.93$, $p<.01$, 8세: $t(29) = 13.03$, $p<.01$. 요컨대, 4세에서 8세에 이르기까지 유의미한 발달이 이루어지기는 하나 이미 4세에 절대적 크기에 대한 부호화

에 대하여 우연 수준 이상으로 구별할 수 있음을 나타낸 것이다.

다음 아동의 과제 수행을 좀 더 자세히 살펴보기 위해 두 종류의 오류 선택지에 대한 아동의 반응 비율을 연령 별로 조사하였다. 그 결과, 무작위 오반응의 비율은 연령에 따른 차이가 유의미하였지만, $F(2, 87) = 6.40$, $p<.05$, 모든 연령대에서 10% 이하의 낮은 반응 비율을 보였다. 모든 연령대에서 우연 수준 보다 유의미하게 낮은 수준이었다, 4세: $t(29) = -9.915$, $p<.01$, 6세: $t(29) = -28.942$, $p<.01$, 8세: $t(29) = -58.400$, $p<.01$. 반면, 상대적 오반응에 대한 비율은 연령에 따른 차이는 유의미하지 않았으나, p's>.1, 모든 연령에서 오류의 대부분을 차지하는 반응으로 나타났다. 전체 아동의 73%에게서 무작위 오반응보다 상대적 오반응이 높게 나타났으며, (이항분포에서 절반 이상의 아동에 해당, $p<.01$), 연령별로 상대적 오반응의 비율과 무작위 오반응 비율의 차이를 검증한 결과 상대적 오반응의 비율이 유의미하게 높게 나타났다, 4세: $t(29) = 4.408$, $p<.001$; 6세: $t(29) = 5.789$, $p<.001$; 8세: $t(29) = 6.495$, $p<.001$. 연령별로 상대적 오반응의 비율과 우연 수준(0.33)과의 차이를 검증한 결과 4세: $t(29) = -0.810$, $p=.42$, 6세: $t(29) = -1.123$, $p=.27$,의 경우 우연 수준과 유의미한 차이가 나타나지 않았으나, 8세의 경우 우연수준보다 유의미하게 낮은 수준의 반응을 나타냈다, $t(29) = -3.059$, $p<.05$. 4세와 6세 아동과는 달리 8세 아동들은 절대적 크기 부호화 과제에서 상대적 비율에 더 이상 편향되지 않음을 확인하는 결과이다.

실행기능의 발달

아동의 실행 기능 수행 능력을 살펴보기 위하여 Flanker과제에서의 각 연령집단의 정반응률을 구획별, 일치-불일치 조건별로 살펴보았다. 이를 위하여, 먼저 구획별, 일치-불일치 조건별로 개별 아동의 정반응 시행수를 전체 시행수로 나눈 후, 각 연령 진단의 구획별, 일치-불일치 조건별 평균을 구하였으며 그 결과를 표 3에 제시하였다. 실행 기능의 발달을 구체적으로 살펴보기 위하여 정반응률을 종속변인으로, 연령집단 (4세, 6세, 8세), 일치 (일치, 불일치), 그리고 구획 (첫 번째, 두 번째, 세 번째)을 독립 변인으로 한 삼원 혼합 변량분석을 실시하였다. 그 결과, 연령, $F(2, 87) = 45.191$, $p<.001$, 과 구획, $F(2, 174) = 8.044$, $p<.001$,에서 유의미한 주효과가 나타났다. 사후 분석(Scheffe) 결과 4세와 6세, 그리고 4세와 8세가 통계적으로 유의미한 차이가 나타나, p's<.001, Flanker과제에서의 정확도가 연령에 따라 증가함을 보였다. 구획에 대한 사후 분석 결과에서는 가장 복잡한 규칙을 요구하는 세 번째 구획에서 정확률이 단일한 규칙을 적용하는 첫 번째 구획과 두 번째 구획보다 유의미하게 낮은 것으로 나타났다, p's<.01.

표 3. 연령에 따른 Flanker과제 정반응률 평균

		4세	6세	8세
일치 조건	첫 번째 구획	0.83 (0.22)	0.97 (0.11)	0.99 (0.05)
	두 번째 구획	0.73 (0.24)	0.94 (0.11)	0.99 (0.05)
	세 번째 구획	0.75 (0.12)	0.89 (0.08)	0.95 (0.05)
불일치 조건	첫 번째 구획	0.73 (0.25)	0.94 (0.14)	0.99 (0.05)
	두 번째 구획	0.82 (0.25)	0.96 (0.12)	1.00 (0.00)
	세 번째 구획	0.71 (0.18)	0.91 (0.09)	0.95 (0.07)

또한 연령 x 일치 x 구획의 삼원 상호작용, $F(2, 174)=3.00$, $p<.05$, 도 유의미하게 나타났으며, 이는 4세 집단에서의 일치 여부에 따른 구획 간 수행 차

표 4 연령별 Flanker과제 평균반응시간(초)

	4세 I	6세 II	8세 III	*F*	사후분석 Scheffe
첫 번째 구획	2.94 (2.44)	1.36 (0.66)	1.07 (0.48)	16.18**	I < II, III
두 번째 구획	2.34 (0.94)	1.55 (0.45)	1.11 (0.37)	34.06**	I < II, III
세 번째 구획	2.18 (0.84)	1.85 (0.50)	1.44 (0.35)	12.34**	I < III

** $p<.01$

이가 6세와 8세 집단과 다르게 나타났기 때문인 것으로 볼 수 있다(그림 5). 구체적으로, 4세 집단에서는 일치 조건에서는 각 구획별 정확도의 차이가 유의미하지 않으나, p's>.1, 불일치 조건에서는 세 번째 구획에서의 정확도가 두 번째 구획에서의 정확도보다 유의미하게 낮게 나타났다, t(29) = -2.95, p<.05. 반면, 6세와 8세 집단에서는 일치여부에 따른 구획 간 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다, *p's*>.05,

다음, 반응 시간에서도 구획별 차이가 유사하게 나타나는 지를 살펴보기 위하여 연령별 세 구획에서의 반응 시간을 살펴보았다. 구획별 연령집단의 평균 반응 시간을 표 4에 제시하였으며, 반응 시간의 분포가 전체적으로 정적으로 치우치게 나타나 Log 변환(Kirk, 1994)을 실시한 후 변량 분석을 하였다. 그 결과, 반응 시간에서도 정반응률에서 발견된 것과 유사한 구획 간 차이가 나타났다. 구체적으로, 6세 집단과 8세 집단이 세 번째 구획과 첫 번째 구획 사이, 6세: t(29) = 5.865, p<.001, 8세: t(29) = 5.042, p<.001, adjusted alpha = .05/3 =.016, 그리고 세 번째 구획과 두 번째 구획 사이, 6세: t(29) = 4.365, p<.001, 8세: t(29) = 7.586, p<.001, adjusted alpha = .05/3 =.016,에서 반응 시간이 유의미하게 증가하였다. 또한, 4세 집단에서는 세 구획간의 반응 시간의 차이가 통계적으로 유의미하게 다르지는 않았지만, p's>.05, 첫 번째 구획에서 세 번째 구획으로 갈수록 반응 시간이 선형적으로 증가하는 경향성이 나타났다.

*

그림 5. 일치-불일치 조건에서의 두 번째 구획과 세 번째 구획의 정반응률 차이

크기 부호화와 실행기능과의 관계

크기 부호화 과제와 실행 기능과제의 수행 간 관련성을 검증하기 위하여 크기 부호화 과제에서 아동의 정반응 비율, 상대적 오반응 비율, 무작위 오반응 비율과 Flanker과제의 구획별 정반응과 반응 시간간의 Pearson 상관관계를 산출하였다(표 5). 그 결과 크기 부호화 과제에서의 정반응과는 Flanker 과제의 세 번째는 Flanker과제의 세 번째 구획에서의 정반응과는 정적상관이, r = .266, p<.01, 두 번째 구획의 반응 시간과는 부적 상관이 유의미하게 나타났다, r = -.264, p<.05. 크기 부호화 과제에서 상대적 오반응은 세 번째 구획 정반응과는 부적상관의 경향성이 나타났다, r = -.146, p<.1. 마지막으로 크기 부호화 과제에서의 무작위 오반응은 세 번째 구획의 정반응과 유의미한 부적 상관을, r

표 5. 측정 변인들 간 상관분석

	정반응	상대적 오반응	무작위 오반응
첫 번째 구획 정확도	.101	-.109	.008
첫 번째 구획 반응시간	-.109	-.008	.358**
두 번째 구획 정확도	.168†	-.119	-.125
두 번째 구획 반응시간	-.264*	.123	.369**
세 번째 구획 정확도	.266**	-.146+	-.324**
세 번째 구획 반응시간	-.154	.045	.297**

= -.324, $p<.01$, 첫 번째, r =.358, $p<.01$, 두 번째, r =.369, $p<.01$, 세 번째 구획의 반응 시간과는 유의미한 정적 상관을 나타냈다, r =.297, $p<.01$.

다음, 크기 부호화 과제에서 상대적 크기 정보를 억제하고 절대적 크기 정보에 선택적으로 반응하는 능력과 실행 기능과제 수행간의 관련성이 연령에 따라 어떻게 나타나는가를 보다 자세히 알아보기 위하여 각 연령별로 크기 부호화 과제에서 아동의 정반응 비율, 상대적 오반응 비율의 고저에 따라 Flanker과제의 정확률과 반응 시간을 다음과 같이 비교하였다. 이를 위하여 크기 부호화 과제의 정반응, 상대적 오반응의 고저 집단을 해당 연령별 중앙값을 기준으로 나누고 Flanker과제의 세 구획 중, 가장 높은 인지적 능력을 요구하는 세 번째 구획(Munro et al., 2006)의 일치, 불일치 조건에서의 Flanker과제 정확률과 반응 시간을 종속변인으로 그 차이를 비교하였다. 연령별로 정반응과 상대적 오반응 수준에 Flanker과제 세 번째 구획의 평균 정확률이 표 6에 제시되었다.

먼저, 크기 부호화 과제의 정반응 수준과 Flanker과제의 정확률의 관계를 검증하고 그 발달 양상을 검증하기 위해 변량 분석을 실시하였다. 크기 부호화 과제와 실행 기능 과제 모두 연령별 차이가 나타났으므로 두 과제 수행 능력의 관계에서도 연령별로 다른 결과가 나올 것으로 기대하였으며, 각 연령별로 정반응 비율의 고저(2), 일치 여부(2)를 독립변인으로, 그리고 Flanker과제의 정확률을 종속변인으로 한 이원 변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 4세 아동에게서 크기 부호화 과제의 정반응 고저 x Flanker과제의 물고기 방향의 일치의 이원 상호작용이 유의미하게 나타났다, $F(1, 28) = 13.247$, $p<.01$. 정반응 고저 x 일치조건의 상호작용을 구체적으로 살펴보기 위하여 일치 조건과 불일

표 6. Flanker과제의 세 번째 구획에서 크기부호화과제 반응에 따른 평균 정확률

		집단	평균 (SD)
4세	일치 조건	정반응 저	.77 (.11)
		정반응 고	.72 (.16)
		상대적 오반응 저	.75 (.14)
		상대적 오반응 고	.76 (.11)
	불일치 조건	정반응 저	.66 (.17)
		정반응 고	.81 (.17)
		상대적 오반응 저	.77 (.15)
		상대적 오반응 고	.65 (.19)
6세	일치 조건	정반응 저	.90 (.07)
		정반응 고	.88 (.09)
		상대적 오반응 저	.88 (.09)
		상대적 오반응 고	.90 (.07)
	불일치 조건	정반응 저	.90 (.11)
		정반응 고	.92 (.05)
		상대적 오반응 저	.92 (.05)
		상대적 오반응 고	.90 (.11)
8세	일치 조건	정반응 저	.95 (.06)
		정반응 고	.95 (.05)
		상대적 오반응 저	.95 (.05)
		상대적 오반응 고	.95 (.06)
	불일치 조건	정반응 저	.95 (.07)
		정반응 고	.95 (.06)
		상대적 오반응 저	.95 (.06)
		상대적 오반응 고	.95 (.07)

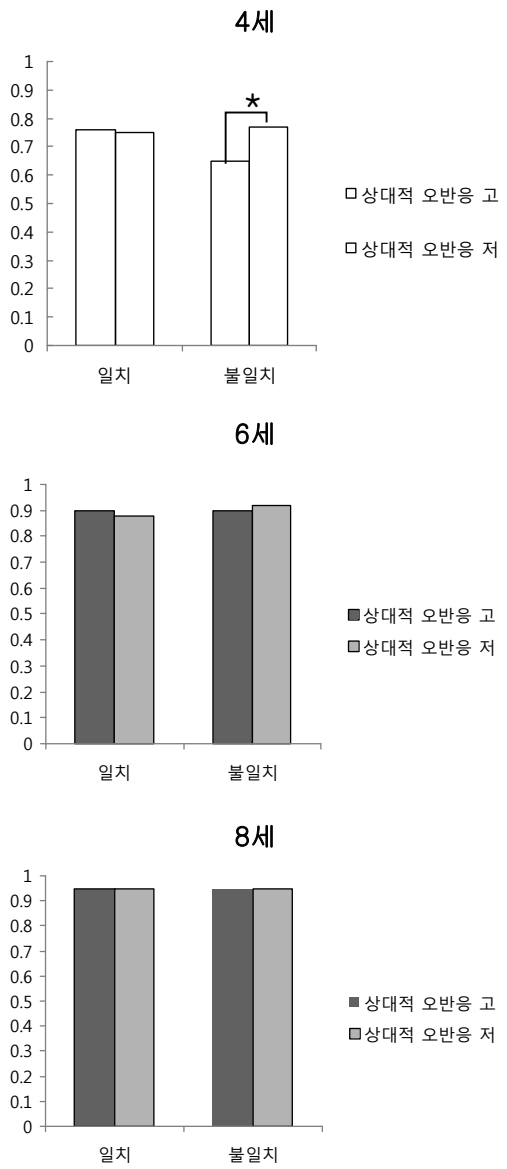

그림 6. 상대적 오반응 수준과 일치 여부에 따른 Flanker과제 세 번째 구획에서의 정반응률

치 조건에서의 정반응 고집단과 저집단 간의 차이를 독립표본 t-test를 사용하여 비교 검증한 결과, 불일치 조건에서는 크기 부호화 과제의 정반응 고집단이 정반응 저집단보다 Flanker과제에서 유의미하게 높은 정확률을 보였으나, $t(28) = 2.209$, $p<.036$, 일치 조건에서는 두 집단 간 Flanker과제에서의 정확률 차이가 유의미하지 않았다, $p>.3$. 반면, 6세와 8세 아동에게서는 유의미한 주효과와 상호 작용 효과가 나타나지 않았다, p's >.2.

다음, 크기 부호화 과제의 상대적 오반응 수준과 Flanker과제의 정확률의 관계를 검증하기 위하여 각 연령별로 상대적 오반응의 고저(2)와 일치 여부(2)를 독립변인으로, Flanker과제의 정확률을 종속변인으로 한 이원 변량 분석을 실시한 결과 4세 아동의 경우에만 그 차이가 유의미하게 나타났다. 즉, 4세 아동에게서 크기 부호화 과제의 상대적 오반응 고저 x 일치 간 이원 상호작용이 유의미하게 나타났으며, $F(1, 28) = 7.130$, $p<.01$, 이를 확인하기 위하여 일치와 불일치조건으로 나누어 상대적 오반응의 고저집단 간의 차이를 검증한 결과 불일치 조건에서만 상대적 오반응을 적게 보인 집단이 많게 보인 집단보다 Flanker과제에서 통계적으로 유의하지는 않으나 높은 정반응률을 보이는 경향성을 보였다, $t(28) = 1.997$, $p=.056$. 6세와 8세 집단에서는 통계적으로 유의미한 주효과 및 상호작용이 발견되지 않았다, p's>.2. (그림 6).

같은 방법으로 크기 부호화 과제의 정반응 고저와 상대적 오반응 고저에 따른 Flanker과제의 반응시간을 비교한 결과, 세 연령 집단 모두에서 유의미한 주효과와 상호작용이 나타나지 않았다, p's>.1.

논 의

본 연구는 한국 아동의 연속적 자극의 절대적 크기를 측정하는 능력의 발달적 차이를 확인하고 이 능력과 실행기능이 맺는 관계를 알아보는 것을 목

적으로 하였다. 특히 본 연구에서는 상대적 크기에 대한 초기 아동의 민감성이 절대적 크기 측정 과제에서 아동의 수행을 편향시키는지를 확인하고 이러한 반응 경향성의 극복이 실행 기능의 발달과 관련이 있는가를 탐색하고자 하였다. 이를 위하여 Duffy와 동료들 (2005a)이 사용한 실험을 재구성한 크기 부호화 과제와 CBT형식으로 제작한 Flanker 과제를 4세, 6세 그리고 8세 아동들에게 실시하여 그 관련성을 살펴보았으며 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 크기 부호화 과제에서 연령에 따라 수행이 증가하였다. 특히 4세와 8세의 수행에서 유의미한 차이를 보였으며 이는 서양 아동의 반응(Duffy et al., 20005a)과도 유사한 결과이다. 하지만 연령별로 정반응률과 우연수준과의 차이를 검증한 결과에서는 차이가 있었는데, Duffy와 동료들의 연구에서는 4세 아동의 반응은 우연 수준과 다르지 않은 반면, 한국 아동의 경우 모든 연령대의 아동의 수행이 우연 수준보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 동서양 아동이 근본적으로 다른 양적 추론의 발달에 근거한다고 보기는 어렵다. 오히려 동서양 간 어른들을 대상으로 한 비교 연구들에 따르면, 동양인들은 배경 정보와 목표자극을 함께 처리하는 전체적(holistic) 사고의 경향성이 서양인들보다 더 높게 나타나기 때문에 (Ji, Peng, & Nisbett, 2000; Nisbett & Masuda, 2003; Nisbett & Masuda, 2006; Nisbett, Peng, Choi, & Norenzayan, 2001), 동양인에게서 상대적 크기에 반응하는 편향이 더 높게 나타나야 할 것이다 (Kitayama, Duffy, Kawamura, & Larsen, 2003). 실제로, 일본 아동과 미국 아동의 절대 크기 측정 능력과 비율 추리 능력을 비교한 최근 연구(Duffy, Toriyama, Itakura, & Kitayama, 2009)에서는 7-8세 경 동양 아동이 서양의 아동보다 높은 상대적 편향성을 보이기 시작함을 밝혔다. 따라서 본 연구에서 나타난 4세 아동의 높은 정반응률은 크기 부호화와 관련된 문화 인지적 차이보다는 실험 절차의 차이에 기인할 가능성이 높다. 예를 들어, Duffy 등(2005a)의 연구에서의 상대적 오반응 조건을 살펴보면 각 시행 당 두 개의 선택지가 사용되었고 이 두 개의 선택 자극이 큰 실린더(18cm)와 함께 제시될 때에는 상대적 오반응 선택지의 나무막대가 정반응 선택지의 나무막대보다 컸다. 또한 선택 자극이 작은 실린더(13cm)와 함께 제시될 때에는 상대적 오반응의 나무막대가 정반응 선택지보다 작았다. 이러한 실린더 기준 자극과 상대적 오반응의 크기 사이의 정적 상관관계가 아동으로 하여금 목표자극 혹은 선택 자극 대신 실린더의 크기에 주의를 집중시키게 하고 결과적으로 실제보다 높은 상대적 오반응을 보이게 하였을 가능성이 있다. 반면에 본 연구에서는 선택지의 수를 두 개에서 세 개로 늘려 특정 반응과 실린더 크기 사이의 정적 관계를 통제하였기 때문에 이전 연구보다 낮은 상대적 오반응 비율과 높은 정반응 비율을 나타냈을 가능성이 있다.

그렇지만 본 연구에서 나타난 절대 자극 크기 과제에서의 발달적 순서는 서양 아동과 유사하다. 구체적으로 본 연구에서 국내 아동의 상대적 오반응 비율이 4세에서 8세 사이에 유의미하게 감소하였는데 이러한 발달적 양상은 이전 연구 (Duffy et al., 2005a)의 결과와 일치한다. 또한, 8세 아동만이 상대적 오반응 비율이 우연 수준보다 유의미하게 낮은 것으로 나타나 상대적 관계에 대한 편향에서 벗어나는 시기가 학령기가 넘어선 8세경으로 추정되었는데, 이는 8세가 맥락에 따른 상대적인 정보의 영향을 억제하고 절대적인 크기를 변별해내는 성숙한 측정이 가능한 연령이라고 주장한 선행연구 (Duffy et al., 2005; Huttenlocher et al., 2002)의 결과와 일치하는 것이다.

둘째, 상대적 관계에서 벗어나 절대적 차원에 주의를 집중하여 크기를 부호화하는 것이 발달적 관건임을 고려하여 본 연구에서는 아동의 실행기능 능력을 측정하고 그 관련성을 조사하였다. 먼저 실행기능의 발달을 살펴보면, 4세에서 8세 사이 Flanker과제에서 정반응률은 증가하고 반응 시간은 감소함을 밝혀 아동의 수행이 연령에 따라 증가함을 확인하였다. 이는 국내외의 선행 연구들과 일치하는 양상이다(맹세호, 2010; 이명주, 홍창희, 2006; Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006; Diamond & Kirkham, 2005). 특히 본 연구에서는 세 개의 구획으로 구성된 Flanker과제를 사용하였는데 모든 연령에서 가장 인지적으로 복잡한 반응을 요구하는 세 번째 구획에서 아동의 수행이 가장 낮음을 확인하였으며 이 또한 선행 연구와 일치하는 결과이다(Munro et al., 2006). 또한 각 구획 안의 중심자극이 주변자극과 일치하는 조건과 불일치하는 조건에 따라 연령별 차이를 발견할 수 있었는데, 본 연구에서 가장 어린 4세 아동의 경우에만 세 번째 구획 불일치 조건에서 보다 낮은 수행을 보여 실행 기능의 하위 영역에서의 서로 다른 발달적 양상을 확인할 수 있었다. 마지막으로, 위와 같은 실행 기능의 결과와 아동의 연속적 자극의 부호화 능력간의 관계를 살펴보았으며 둘 간의 전반적 관련성을 확인할 수 있었다. 우선 Flanker과제의 모든 구획의 정반응률이 높을수록 크기 부호화 과제의 정반응이 높았으며, Flanker과제의 반응시간이 빠를수록 정확도가 높았다. 이러한 전반적 관련성을 보다 자세히 탐색하기 위해서 난이도가 가장 높은 세 번째 구획을 중심으로 크기 부호화 과제에서의 아동 수행과 실행 기능의 관련성을 살펴보았다. 그 결과 둘 간의 관련성은 연령과 실행기능의 조건에 따라 달리 나타났는데, 4세 아동만이 크기 부호화 정반응률에 따라 실행기능의 일치와 불일치 조건에서의 수행의 차이가 유의미하였다. 4세에서는 크기 부호화 정반응 수준이 높은 아동들이 낮은 아동들에 비해 실행 기능 과제 중 난이도가 가장 높은 세 번째 구획의 불일치 조건에서 수행이 유의미하게 높았으며 이는 앞서 나타난 전반적 상관이 주로 가장 어린 연령 4세에서 가장 어려운 실행기능과 크기 부호화 과제간의 관련성에서 비롯됨을 제시하는 결과이다. 반면, 이러한 양상이 연령이 높은 집단에서는 나타나지 않았는데 이는 6세와 8세 아동이 실행기능의 정반응에서 천정을 보였으며 특히 8세의 경우 상대적 오류에서도 거의 벗어났기 때문으로 볼 수 있다.

무엇보다 본 연구에서는 상대적 크기 정보를 억제하고 절대적 크기에 선택적으로 주의하는 실행기능이 크기를 부호화하는데 있어 핵심적인 발달적 요인임을 확인하고자 하였다. 이를 보다 직접 검증하기 위해서 상대적 오반응 비율과 Flanker과제의 세 번째 구획에서의 수행과 관련성을 살펴본 결과 4세 아동의 경우 상대적 오반응이 높을수록 실행기능 과제의 불일치 조건에서의 수행이 유의미하게 낮음을 밝혀, 가장 난이도가 높은 실행 기능과 상대적 관계를 억제하는 경향성이 관련됨을 확인하였다. 이러한 결과는 실행기능과제에서 측정되는 능력, 즉, 과제 관련 차원에 주의를 집중하여 정보를 처리하고 반응하는 일반적 인지 능력이 학령기 이전의 아동의 크기 부호화 과제에서의 성공과 관련이 있으며 특히 상대적 관계를 억제하는 능력이 가장 중요함을 증명한 것이다. 정반응률과 마찬가지로 실행기능과 상대적 관계를 억제하는 경향성 간의 관련성이 6세와 8세에서는 유의미하지 않았다. 이는 6세와 8세에 이르면서 전반적으로 실행 기능 능력이 향상되어 상대적 오반응 고저집단 간의 실행 기능 차이가 미미하게 나타났을 가능성을 시사한다. 또한, 본 연구에서는 두 기능간의 관련성이

실행 기능의 반응시간 보다는 정반응률에서 나타났는데, 이는 어린 아동에게서는 반응 시간보다 정확도가 실행 기능과 관련된 인지 능력을 더 잘 측정할 수 있음을 보인 선행 연구들(Davidson et al., 2006; Diamond & Kirkham, 2005)과도 일치하는 결과이다.

이와 같은 본 연구의 결과는 국내 아동의 절대적 크기를 측정하는 부호화 능력은 학령 전기에서 학령기에 거쳐 증가하며 상대적 크기를 부호화하는 편향을 극복하는 것이 중요한 발달적 과제이며 실행기능과 같은 일반적 인지 기능이 관련됨을 제안하는 것이다. 그럼에도 불구하고 이는 두 변인 간 상관이나 집단 간의 차이를 통해 그 관련성을 탐색한 것이므로 인과적 관계를 밝힌 것은 아니며 그 관련성 또한 어린 아동에게 국한되어 있었다. 이는 실행 기능 외에도 크기 부호화에 영향을 미치는 변인들이 있을 수 있으며 그 변인들이 연령에 따라 다르게 작용하기 때문일 것으로 추측할 수 있다. 가령, 절대 크기 측정의 발달에는 자동적으로 부호화된 상대크기 정보를 억제하는 실행 기능뿐만 아니라 단위를 생성하고 적용하는 측정의 기술 또한 중요한 관련 변인으로 작용할 것이다. 실제로, Vasilyeva 등(2007)은 학교에서 배우는 측정 혹은 다른 수학 경험이 절대 크기 지각 과제에서의 성공과 관련이 있을 가능성을 제시하였다. 심적 단위(mental unit)를 생성하여 이를 대상의 길이나 면적 등을 어림하는 데 적용하는 측정 능력도 학령기 이후에 두드러지게 향상되며 (Joram, 2003; Joram, Gabriele, & Bertheau, 2005), 이러한 능력의 발달이 학령 전기에서 학령기에 걸친 크기 부호화 발달의 기저가 될 수 있을 것이다. 또한 비교 연구자들은 지각 과제에서 목표 대상에 집중하는 능력이 분석적 사고 능력과 관련이 있음을 주장하며 분석적 사고를 강조하는 서구식 교육 경험이 이러한 지각 과제 수행을 향상시킬 것이라고 제안하였다(Duffy, Toriyama, Itakura, & Kitayama, 2009; Kolinsky, Morais, Brito-Mendes, 1990; Kolinsky, Morais, Content, & Cary, 1987).

요컨대 본 연구에서는 국내 아동의 측정 능력의 핵심 과정인 크기 부호화 능력의 발달을 기술하고 이와 관련된 인지적 기제를 탐색함으로써 양적 발달의 이해를 위한 기초 자료를 제공하였으며 다음과 같이 추후 실험을 통해 검증되어야 할 문제들을 남겼다. 첫째, 본 연구는 크기부호화 능력과 그의 인지적 기제로서의 실행 기능의 관련성을 탐색하였으나 그 두 능력간의 직접적 인과 관계의 여부는 밝히지 못하였다. 그러므로 실행 기능 혹은 다른 인지적 기제의 훈련이 크기부호화 능력의 향상으로 이어지는 지를 실험적으로 검증하는 후속 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 한국 아동의 크기 부호화 과제 정확률이 미국 아동을 대상으로 한 선행 연구(Duffy et al., 2005a; Huttenlocher et al., 2002) 결과보다 높게 나타났다. 두 나라 아동을 동일한 실험 조건 내에서 비교하여 두 나라 아동의 수행 차이가 문화적 혹은 환경적 차이에 기인하는 지 아니면 실험 절차의 차이에 기인하는 지에 대한 경험적 검증이 필요하다.

참 고 문 헌

김잔디. (2009). 어림 측정 전략 지도가 초등학교 2학년 학생들의 측정 감각과 측정 능력에 미치는 영향. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.

맹세호. (2010). 실행기능의 발달과 그에 따른 비언어적 수학적 추론능력. 카톨릭대학교 일반대학원 석사학위논문.

양승희, 조인숙. (2001). 유아의 측정능력과 수학적

개념 및 문제해결 능력의 관계에 관한 연구 -길이, 면적, 부피에 관하여. 열린유아교육연구, 5(3), 103-122.

이기현. (1991). 위상적 공간에서 유아의 길이측정 능력에 관한 연구. 아동교육, 1(1), 15-24.

이명주, 홍창희. (2006). 실행기능의 차원과 영역별 발달. 한국심리학회지:임상, 25(2), 587-602.

전희영. (2001). 유아의 측정능력에 관한 연구. 덕성여자대학교 일반대학원 석사학위논문.

정윤경. (2005). 비율 추론 능력의 발달. 한국심리학회지:발달, 18(4), 109-127.

정정희, 최효정, 권미정. (2009). 어림하기 활동이 유아의 수 연산과 측정 능력에 미치는 효과. 아동학회지, 30(1), 109-125.

한광래, 류재인, 문병찬. (2004). 초등학교 학생들의 어림 및 측정능력에 관한 연구. 교과교육연구, 25(1), 383-401.

Althouse, R. (1994). *Investigating mathematics with young children*. New York: Teachers College Press.

Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development, 54*, 695-701.

Baillargeon, R., Needham, A., & DeVos, J. (1992). The development of young infants' intuitions about support. *Development and Parenting, 1*, 69-78.

Barkley, R., A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin, 121*, 65-94.

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review, 29*, 180-200.

Blair. C., & Razza. R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*, 647-663.

Brainerd, C., J. (1981). Working memory and the developmental analysis of probability judgment. *Psychological Review, 88*, 463-502.

Bryant, P. (1974). *Perception and understanding in young children: An experimental approach*. New York: Basic Books.

Davidson, M.C., Amso, D., Anderson, L.C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4-13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, 44*, 2037 - 2078.

Diamond. A.(2006). The early development of executive functions. In E., Bilaystok, & F, Craik, . (Eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of change*. New York: Oxford University Press.

Diamond, A. & Kirkham, N.Z. (2005). Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. *Psychological Science, 16*, 291-297.

Duffy. S., Huttenlocher. J., & Levine. S. (2005a). It is all relative: How young children encode extent. *Journal of Cognition and Development, 6*, 51-63.

Duffy. S., Huttenlocher. J., Levine. S., & Duffy. R. (2005b). How infants encode spatial extent. *Infancy, 7*, 81-90.

Duffy, S., Toriyama, R., Itakura, S. & Kitayama,

S. (2009). Development of cultural strategies of attention in North American and Japanese children. *Journal of Experimental Child Psychology, 102*, 351-359.

Gao. F., Levine. S. C., & Huttenlocher. J. (2000). What do infants know about continuous quantity? *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 20-29.

Garon. N., Bryson. S. E., & Smith. I.M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*, 31-60.

Huttenlocher. J., Duffy. S., & Levine. S. (2002). Infants and toddlers discriminate amount: Are they measuring? *Psychological Science, 13*, 244-249.

Ji, L. J., Peng, K., & Nisbett, R. E. (2000). Culture, control, and perception of relationships in the environment. *Journal of Personality and Social Psychology, 78*, 943 - 955.

Joram, E. (2003). Benchmarks as tools for developing measurement sense. In D. H. Clements & G. Bright (Eds.) *Learning and teaching measurement - NCTM 2003 Yearbook* (pp. 57-67). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Joram, E. Gabriele, A., & Bertheau, M. (2005). Children's use of the reference point strategy for measurement estimation. *Journal for Research in Mathematics Education, 36,* 4-23.

Joram, E., Subrahmanyam, K., &, Gelman, R. (1998). Measurement estimation: Learning to map the route from number to quantity and back. *Review of Educational Research, 68*, 413-449.

Kirk, R. E. (1994). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.

Kitayama, S., Duffy, S., Kawamura, T., & Larsen, J. (2003). Perceiving an object and its context in different cultures: a cultural look at new look, *Psychological Science, 14,* 201-206.

Kolinsky, R., Morais, J., & Brito-Mendes, C. (1990). Embeddedness effects on part verification in children and unschooled adults. *Psychologica Belgica, 30,* 49-64.

Kolinsky, R., Morais, J., Content, A., & Cary, L. (1987). Finding parts within figures: A developmental study. *Perception, 16*, 399-407.

Miller, K. (1984). Child as the measurer of all things: Measurement procedures and the development of quantitative concepts. In C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills* (pp. 193-228). Hillsdale, NJ: Erbaum.

Mix, K., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (2002). *Quantitative development in infancy and early childhood*. New York: Oxford University Press.

Miyake. A., Friedman. N. P., Emerson. M. J., Witzki. A. H., & Howerter. A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.

Munro, S., Chau, C., Gazarian, K., & Diamond, A. (2006, April). *Dramatically Larger Flanker Effects*. Poster presented at the 2006 Annual Cognitive Neuroscience Society Meeting, San

Francisco, CA.

National Council of Teacher's of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Newcombe. N., Huttenlocher. J., & Learmonth. A. (1999). Infants' coding of location in continuous space. *Infants Behavior and Development*, *22*, 483-510.

Nisbett, R., & Masuda, T. (2003). Culture and point of view. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100,* 163-170.

Nisbett, R., & Masuda, T. (2006). Culture and change blindness. *Cognitive Science, 30,* 381-399.

Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I., & Norenzayan, A. (2001). Culture and systems of thought: Holistic vs. analytic cognition. *Psychological Review, 108*, 291-310.

Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Cambridge, MA: Blackwell.

Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37*, 51-87.

Petitto, A.L. (1990). Development of number line and measurement concepts. *Cognition and Instruction, 7*, 55-78.

Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, B. (1960). T*he child's conception of geometry*. New York: Basic Books.

Posner, M., & Rothbart, M. K. (2000). Developing mechanisms of self-regulation. *Development and Psychopathology, 12,* 427-441.

Starkey, P., & Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science, 210,* 1033-1035.

Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1990). Numerical abstraction by human infants. *Cognition, 36,* 97-127.

Strauss, M. S., & Curtis, L. E. (1981). Infant perception of numerosity. *Child Development, 52,* 1146-1152.

Van Loosbroek, E., & Smitsman, A. W. (1990). Visual perception of numerosity in infancy. *Developmental Psychology, 26*, 911-922.

Vasilyeva. M., Duffy. S., & Huttenlocher. J. (2007). Developmental changes in the use of absolute and relative information: The case of spatial extent. *Journal of Cognition and Development*, *8*, 455-471.

Vaughan, L., & Giovanello, K. (2010). Executive function in daily life: Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging, 25,* 343-355.

Zelazo, P. D., & Muller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of Childhood Cognitive Development*. (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.

1차 원고 접수: 2012. 1. 15.
수정 원고 접수: 2012. 2. 10.
최종 게재 결정: 2012. 2 11.

한국심리학회지: 발달
The Korean Journal of Developmental Psychology
2012. Vol. 25, No. 1, 43-62

Children's Encoding of Absolute Size of Continuous Quantity and its Relation to Executive Function

Ji-Eun Kim Yoon-Kyung Jeong Mee-Kyoung Kwon
Dept. of Psychology, Catholic University of Korea
Dept. of Psychology, University of Chicago

The present study examined the ability to encode information about absolute size and its relation to executive functioning (EF). In particular, we explored whether the ability to inhibit relational information is critical in encoding size information. For this purpose, 4-, 6-, and 8-year-olds were given an absolute size task (Duffy, Huttenlocher, & Levine, 2005a) and a Flanker task. Our results showed that the ability to encode absolute size improves significantly between 4 and 8 years of age. The most prevalent type of error was relative error, which was significantly reduced when they reached age 8. There was also a significant correlation in all age groups between performance on the two tasks. Furthermore, we found a significant relationship between the amount of relative error and performance in the third block of the Flanker task in 4-year-olds. These findings indicate that executive function is critical in encoding absolute size in early childhood.

Keywords: continuous quantity, encoding, relative size, absolute size, executive function