Research Article

Korean J Child Stud 2017;38(1):117-126
https://doi.org/10.5723/kjcs.2017.38.1.117
pISSN: 1226-1688 eISSN: 2234-408X

KJCS
Korean Journal of Child Studies

An Investigation Into 3-, 4-, and 5-Year-Old Children's Nonsymbolic Magnitude Comparison Ability According to Ratio Limit and Task Condition

Woomi Cho[1], Soon-Hyung Yi[1,2]
Department of Child Development and Family Studies, Seoul National University, Seoul, Korea[1]
Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul Korea[2]

비율제한 및 과제제시방법에 따른 3, 4, 5세 유아의 비상징 수 비교능력

조우미[1], 이순형[1,2]
서울대학교 아동가족학과[1], 서울대학교 생활과학연구소[2]

Objective: The purpose of this study was to investigate young children's nonsymbolic magnitude comparison ability according to ratio limit and task condition.
Methods: The participants included 40 3-year-old children, 42 4-year-old children, and 41 5-year-old children recruited from 4 childcare centers located in Seoul, Korea. All magnitude comparison tasks were composed of image material tasks and concrete material tasks. In addition, each magnitude comparison task varied with the ratio of the two quantities; 0.5 ratio, 0.67 ratio, 0.75 ratio.
Results and Conclusion: The results revealed that 3-, 4-, and 5-year-old children could perform nonsymbolic magnitude comparison tasks without learning experiences. Also, 3-, 4-, and 5-year-old children could perform concrete material tasks better than image material tasks in nonsymbolic magnitude comparison tasks. Furthermore, children's performance on nonsymbolic magnitude comparison tasks indicated the ratio signature of the approximate number system. Children have a degree of numerical capacity prior to formal mathematics instruction. Also, children were influenced by task conditions or sense stimulus when they processed numerical information. Furthermore, the approximate number system can be used in understanding the ordinality of number.

***Keywords*:** nonsymbolic magnitude comparison ability, task condition, ratio limit

서론

유아의 수학적 지식에 대한 연구는 Piaget의 연구에서부터 시작되었다. 전조작기 유아가 Piaget의 '수 보존 과제'를 수행하지 못하면서 Piaget는 구체적 조작기가 되어야 수학적 사고의 발달에 필요한 논리수학적 지식이 형성된다고 주장하였다 (Piaget, 1965). 따라서 구체적 조작기가 되기 전에는 수학적 지식이 부족하므로 수 과제를 해결하기에 인지적으로 제약이

Corresponding Author: Soon-Hyung Yi, Department of Child Development and Family Studies, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, Korea
E-mail: ysh@snu.ac.kr

있다고 하였다. 그러나 이후의 연구들은 상징 수를 학습하거나 형식적 수학학습을 받기 전에도 전조작기 영유아가 비상징 수를 통한 수 과제를 해결할 수 있다는 사실을 밝힘으로써 Piaget의 주장에 반박하였다(Barth, Beckmann, & Spelke, 2008; Barth, la Mont, Lipton, & Spelke, 2005; McCrink, Dehaene, & Dehaene-Lambertz, 2007). 영아의 수 능력에 관한 연구들은 대부분 습관화(habituation) 기법을 사용하여 영아가 서로 다른 집합체 간에 수의 차이가 있다는 것을 인지할 수 있는지를 살펴보았다. 그 결과, 영아는 3이하의 적은 수의 집합체 간에 수의 차이가 있다는 것을 인지할 수 있으며(Antell & Keating, 1983; Starkey, Spelke, & Gelman, 1990), 4이상의 큰 수의 집합체 간의 동등성에 관한 인지는 추정 수 체계(approximate number system)의 비율제한(ratio limit) 특성을 나타낸다는 것을 밝혔다(Lipton & Spelke, 2003; Wood & Spelke, 2005). 즉, 집합체들 간의 수의 비율이 1에 가까워짐에 따라 영아가 동등성을 인지하는 능력이 떨어지며 이러한 능력은 성인이 될 때까지 발달을 지속하여 성인의 경우 0.9 비율의 수를 구별할 수 있다(Cordes & Brannon, 2008; Halberda, Mazzocco, & Feigenson, 2008).

이처럼 기수적 동등성에 대한 인지는 상대적인 규모에 관한 지식을 요구하지 않기 때문에 신생아에게도 나타난다. 그러나 수는 다른 수와의 관계에 의해 정의되기 때문에 수의 서열관계에 대한 지식은 기수적 동등성에 대한 지식보다 복잡한 개념의 이해를 요구한다. 따라서 영아는 기수적 동등성을 이해한 후 생후 16개월경에 3이하의 적은 수에 대해 많고 적음을 이해할 수 있는 것으로 나타났다(Cooper, 1984). 영아의 기수적 동등성과 수 서열관계에 대한 이해를 다룬 연구들은 타고난 기수적 동등성 이해와 형식적 수 학습을 받기 전에 영유아에게 나타나는 복잡한 수 서열관계 이해와의 관계에 관심을 가졌다(Barth et al., 2008; Barth et al., 2006). Piaget (1965)는 단계이론에 따라 아동이 각 단계에 적절한 지식을 습득하기 때문에 발달단계에 따라 아동이 습득하는 지식에 차이가 있다고 주장하였다. Piaget의 입장에 따르면 추정 수 체계를 기반으로 하는 기수적 동등성에 대한 지식은 이후에 발달하는 수 서열에 관한 지식과는 질적으로 차이가 있다. 반면 이론 이론(theory theory) 접근에 따르면 인간이 가지고 있던 지식을 검증하고 수정하는 과정에서 인지발달이 이루어지기 때문에(Gopnik & Meltzoff, 1997) 영아기 수 서열에 관한 지식은 타고난 기수적 동등성에 관한 지식으로부터 발달한 것으로 볼 수 있다. 이 입장에 따르면 기수적 동등성에 대한 이해의 중요한 특성인 비율제한 특성이 수 서열을 이해할 때에도 나타난다. 따라서 과제에 제시된 두 수의 비율은 유아의 수 비교과제 수행능력에 영향을 미칠 것이다.

전조작기 유아의 수 비교능력을 다룬 연구들을 살펴보면 형식적 수 학습을 받기 전 시기에 비상징적으로 제시된 수를 비교할 수 있는지와 이 능력의 한계치(upper limit)를 밝히는데 집중하였다(Mix, Huttenlocher, & Levine, 2002). 이때 선행연구들은 유아가 면적이나 윤곽길이와 같은 연속양(continuous amount)에 근거하여 과제를 해결하였을 가능성을 배제하지 못했다(Brannon, Abbott, & Lutz, 2004). 따라서 유아의 수 비교능력의 발달양상을 밝히기 위해서는 연속양을 통제한 수 비교과제를 실시할 필요가 있다. 또한 최근의 연구들은 유아의 수 능력에 영향을 미치는 요인에 집중하고 있다(McNeil, Fyfe, Petersen, Dunwiddie, & Brletic-Shipley, 2011). 영아기의 타고난 수학적 지식은 발달과정에서 수 능력으로 나타나는데, 형식적 수 학습을 받기 전 단계의 전조작기 유아가 수 능력을 잘 발현할 수 있도록 하기 위해서 유아의 수 능력을 향상시킬 수 있는 과제에 대한 연구가 관심을 받고 있다. 신Piaget 학파는 과제의 수준이나 제시방법을 변화시키면 Piaget가 주장했던 것보다 더 이른 시기에 수 과제를 해결할 수 있다고 주장하였다. 즉, 과제의 특성이나 과제 수행 상황 등의 과제제시방법의 차이는 유아의 과제수행능력에 영향을 준다(Flavell, 1986; Flavell, Green, & Flavell, 1989). 또한 정보처리이론에 따르면 다른 연령에 속한 유아들은 정보를 처리하는 능력이 다르기 때문에 수 개념을 획득하는데 차이가 나타날 수 있다고 하였다. 수 과제를 수행하는데 필요한 정보처리능력은 연령이 높아짐에 따라 향상되기 때문에 과제수행 능력은 연령이 높아짐에 따라 향상된다. 발달적 측면 외에도 과제의 특성이 유아의 정보처리능력을 향상시킬 수 있으므로(Case, Kurland, & Goldberg, 1982; Siegler, 1991) 유아의 수 과제수행능력을 높일 수 있는 과제에 대한 연구가 필요하다.

Bruner (1966)는 지식의 구조(structure of knowledge)에 따라 세 가지 표상방식을 제안하였다. 구체물을 실제로 조작 또는 탐색해보는 동작적 표상(enactive representation)으로 시작하여 사진이나 그림과 같은 시각적 방법에 의존하는 영상적 표상(iconic representation), 언어와 기호 같은 상징을 활용하는 상징적 표상(symbolic representation)으로 발달한다. 유아의 수 능력은 한계치가 있지만 유아의 발달 수준에 적합한 표상양식을 제시하는 것은 과제해결능력에 도움을 준다. 따라서 유아의 수 과제해결능력을 높일 수 있는 과제는 표상양식과 관련지어 연구될 필요가 있다. 동작적 표상양식이 반영된 과제는 구체물 과제이다. 유아들은 물리적 세계의 구체물을 통해 내재되

어 있던 수 감각을 쉽게 이끌어낼 수 있다(Resnick, 1992). 또한 구체물은 과제에 대해 유아들이 흥미나 동기를 가지도록 하여 과제 수행에 주의집중을 높일 수 있다(Mussen & Carmichael, 1983). 그러나 이러한 결과와 상반되게 지각적이며 보다 실제적인 구체물의 정보들은 유아들에게 인지적 부담을 줄 수 있다는 결과도 있었다(Kalyuga Ayres, Chandler, & Sweller, 2003). 영상적 표상이 반영된 영상물 과제의 경우 최근 스마트 기기의 보급 및 확대로 인해 교육적 효과를 검증하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 영상물 도구가 과제해결능력에 도움을 준다는 결과와 그렇지 않다는 결과도 있는 등 측정방법이나 연구대상에 따라 그 결과가 상이하게 나타났다(Li & Ma, 2010; Rakes, Valentine, McGatha, & Ronau, 2010). 이처럼 기존의 선행연구들은 영상물 또는 구체물 과제를 제시하여 유아의 과제해결능력을 살펴보았지만 영상물 과제와 구체물 과제를 함께 제시하여 과제제시방법에 따른 유아의 수행능력의 차이를 살펴본 연구는 거의 없으므로 이를 살펴볼 필요가 있다.

이상의 내용을 종합해볼 때 유아의 비상징 수 비교과제를 다른 방법으로 제시하면 유아의 과제수행능력이 달라질 것을 예상할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 전체면적과 윤곽길이와 같은 연속양을 통제한 실험을 실시하여 전조작기 유아의 비상징 수 비교능력의 발달양상을 밝히고자 하며, 과제를 영상물 과제와 구체물 과제로 나누어 제시함으로써 전조작기 유아의 비상징 수 비교능력에 영향을 미치는 요인을 밝히는 것을 목표로 하고 있다. 또한 각 과제 내 제시되는 두 수의 비율을 다르게 하여 추정 수 체계의 비율제한 특성이 수 비교능력에 나타나는지를 살펴보고자 한다.

연구문제

유아의 비상징 수 비교능력은 유아의 연령(3, 4, 5세)과 수의 비율(0.5, 0.67, 0.75)및 과제제시방법(영상물, 구체물)에 따라 유의한 차이가 있는가?

연구방법

연구대상

이 연구는 연령과 수의 비율 및 과제제시방법에 따른 3, 4, 5세 유아의 비상징 수 비교능력을 살펴보기 위해 중류층이 거주하는 서울에 소재하는 어린이집 4곳에서 3, 4, 5세 유아 각각 40명, 42명, 41명씩 총 123명을 연구대상으로 선정하였다.

연구대상 연령을 3, 4, 5세로 정한 이유는 면적이나 윤곽길이와 같은 연속변수에 근거하지 않고 수(numerosity)에 근거한 서열관계에 대한 인지가 가능한 연령을 연구대상으로 선정하고자 하였기 때문이다. 수에 근거한 수량의 서열관계에 대한 이해 능력이 2.5세-3세 시기에 나타나 학령기를 넘어서까지 발달을 지속한다는 연구결과(Mix et al., 2002)를 바탕으로 3세부터 5세까지의 전조작기 유아를 연구대상으로 선정하였다. 전체 연구대상은 총 123명이었으며, 그 중 남아가 65명, 여아가 58명이었다. 연구에 참여한 유아는 3세 유아 40명(남아 23명, 여아 17명; 평균월령 43.65개월), 4세 유아 42명(남아 24명, 여아 18명; 평균월령 55.40개월), 5세 유아 41명(남아 18명, 여아 23명, 평균월령 66.63개월)이었다.

연구도구

유아의 비상징 수 비교능력을 측정하기 위한 연구도구는 Barth 등(2005)이 개발한 비상징 수 연산과제(nonsymbolic arithmetic task)를 참고하여 연구자가 예비조사를 통해 제작하였다. Barth 등(2005)이 개발한 비상징 수 연산과제는 아라비아 숫자나 수단어와 같은 상징 기호가 포함되지 않은 수량이 컴퓨터 화면 상에 시각 자극으로 제시되고 비교, 덧셈과 같은 연산과정을 통해 수를 변화시켰을 때 5세 유아가 수가 변화한 것을 인지하고 수의 서열관계를 이해할 수 있는지 알아보기 위해 고안되었다. 유아의 비상징 수 표상능력에서는 유아가 면적이나 윤곽길이, 밀도 등과 같은 연속양을 배제하고 수에 근거하여 과제를 해결하였는지가 중요하다(Shuman & Spelke, 2006). 연구자는 이 도구에서 비상징 수 비교능력에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 윤곽길이(contour length)와 전체면적(total area)을 동일하게 하기 위해 점의 크기(dot size)를 조정하였다.

이 연구에서 비상징 수 비교과제는 영상물 과제와 구체물 과제 각각 0.5 비율과제 1문제, 0.67 비율과제 1문제, 0.75 비율과제 1문제로 총 3문제로 구성되어 있다. 여기서의 비율이란 한쪽 상자에 들어가는 점의 수를 다른 한쪽 상자에 들어가는 점의 수로 나눈 것이므로 0.5 비율과제는 왼쪽 상자에 들어가는 점의 수와 오른쪽 상자에 들어가는 점의 수의 비가 1:2인 과제이고 0.67 비율과제는 왼쪽 상자에 들어가는 점의 수와 오른쪽 상자에 들어가는 점의 수의 비가 2:3인 과제이며, 0.75 비율과제는 왼쪽 상자에 들어가는 점의 수와 오른쪽 상자에 들어가는 점의 수의 비가 3:4인 과제이다.

왼쪽 상자에 들어가는 수와 오른쪽 상자에 들어가는 수를

바꾸어서 같은 문제를 다시 한 번 더 제시하였으므로 영상물 과제 6문제, 구체물 과제 6문제로 구성되어 있다. 유아가 우연히 과제를 해결할 가능성을 통제하기 위해 연구자는 유아가 동일한 문제 2번을 모두 맞힌 경우 1점을, 그렇지 않은 경우 0점을 준다. 따라서 영상물과 구체물로 제시한 비상징 수 비교 능력 총점은 각각 3점씩이다. 자세한 연구도구의 구성은 Table 1에 제시되어 있다.

영상물로 제시된 비상징 수 비교과제는 검정색 점과 검정색 상자로 구성하였다. 점이 들어가는 상자의 크기는 가로 9cm, 세로 6.5cm의 직사각형이며, 비상징 수 비교능력에 영향을 미칠 수 있는 윤곽길이와 총면적을 동일하게 하기 위해 상자 안으로 들어가는 점의 크기를 조정하였다. 실험자는 두 번의 연습문제로 유아에게 실험 절차를 설명해주고 이어서 6문제를 연속으로 제시하였다. 연구자는 유아에게 검정색 상자 두 개가 놓여있는 화면을 보여주고 다음 화면에서 검정색 구슬이 상자 안으로 들어가고 그 다음 화면에서 검정색 구슬이 검정색 상자 안으로 들어가는 것을 보여주었다. 모든 구슬이 상자 안으로 들어간 후 연구자는 유아에게 어느 상자 안에 구슬이 더 많이 들어갔는지에 대해 질문하였다. 구체물로 제시된 비상징 수 비교과제는 영상물 과제와 동일한 크기의 구체물로 제작되었다. 가로 9cm, 세로 6.5cm의 직사각형 모양의 상자 두 개가 검정색 두꺼운 도화지로 제작되어 가로 30㎝, 세로 21㎝의 하드보드지에 부착되었다. 구체물 과제에서 상자 안으로 들어가는 점은 플라스틱 재질 반구를 사용하여 영상물 과제와 동일한 크기로 제작되었으며 윤곽길이와 배열을 동일하게 하여 투명필름지에 부착되었다. 연구자는 구체물 과제를 영상물 과제와 동일한 방식으로 진행하였다. 영상물 과제는 연구자가 컴퓨터 화면을 넘기면서 진행하였지만 구체물 과제는 연구자가 제작된 도구를 한 개씩 넘기면서 진행하였다. 영상물 과제에서 검정색 상자 안으로 구슬이 들어가는 장면은 구체물 과제에서 연구자가 구슬이 부착된 투명 필름지를 손으로 이동시켜 보여주었다. 연구자의 과제 진행속도와 유아의 반응시간이 과제수행에 미칠 수 있는 영향을 통제하기 위해 구체물 과제는 영상물 과제와 동일한 속도로 진행하였으며, 유아의 반응시간을 동일하게 하였다. 구체물 과제와 영상물 과제는 Figure 1에 제시되어 있다.

Table 1
Designing Tasks

Task condition	Ratio	The number of problems	Score
Image	0.50	2	3
			3
	0.67	2	3
	0.75	2	
Concrete	0.50	2	3
			3
	0.67	2	3
	0.75	2	
Total score		12	0-6

연구절차

연구자는 유아의 비상징 수 비교능력을 측정하는데 적합한 연구도구 구성 및 연구 설계를 위해 예비조사를 실시한 후 예비조사 결과에 따라 연구도구 및 연구 설계를 수정 · 보완하여 본 조사를 실시하였다. 본 조사는 서울에 소재하는 중류층 지역의 어린이집 총 4곳을 2016년 1월 25일부터 3월 18일까지 연구자가 직접 방문하여 실시하였다. 실험은 연구자가 오전 또는 오후 자유놀이 시간에 연구대상 유아를 개별적으로 조용한 공간으로 불러서 일대일 실험을 실시하였다. 각 유아들은 영상물 비교과제와 구체물 비교과제에 모두 참여하였다.

유아가 영상물로 비상징 수 비교과제를 수행할 때에는 유아와 연구자는 유아용 책상에 나란히 앉아 유아 정면에 노트북을 놓았으며 연구자는 유아의 오른편에 앉았다. 유아가 구체물로 비상징 수 비교과제를 수행할 때에는 연구자가 유아 정면에 앉아 구체물이 상자에 들어가는 것을 보여주고 질문에 답할 수 있도록 하였다. 모든 실험이 시작되기 전에 연구자는 유아에게 이름과 소속 반을 물어보며 라포를 형성한 뒤, 정해진 지시문에 따라 유아에게 과제를 간단히 소개하고 과제를 실시하였다. 유아는 질문에 언어적으로 대답하거나 손가락으로 답에 해당하는 상자를 가리키도록 했다. 유아가 대답하면

Figure 1. Nonsymbolic magnitude comparison tasks (image and concrete).

연구자는 별도의 응답 기록지에 유아의 응답을 표시하였다. 유아가 각 질문에 대해 바로 응답이 없으면 반응시간(reaction time)이 유아의 비상징 수 비교능력점수에 미칠 수 있는 영향(Barth et al., 2005)을 고려하여 다음 화면을 제시하여 과제를 진행하였다. 영상물 과제와 구체물 과제는 약 2일의 간격을 두고 실시되었으며 순서효과를 통제하기 위해 실험 대상 유아의 절반은 영상물 과제를 구체물 과제보다 먼저 수행하도록 하였고 나머지 절반은 구체물 과제를 영상물 과제보다 먼저 수행하도록 하였다. 유아 1인당 두 번의 면접기회를 가졌으며 1회당 유아가 과제수행에 소요되는 시간은 약 7분이었다.

자료분석

수집된 자료는 SPSS 20.0 (IBM Co., Armonk, NY) 통계프로그램을 통하여 분석되었으며, 통계방법으로는 평균, 표준편차, 상관표본 *t* 검정, 반복측정변량분석(repeated measures ANOVA), *F* 검정이 이용되었다.

먼저 수의 비율과 과제제시방법에 따른 비상징 수 비교능력의 전반적인 경향을 파악하기 위해 평균 및 표준편차를 살펴보았다. 또한 연령별로 수의 비율과 과제제시방법에 따른 비상징 수 비교능력에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 연령을 피험자 간 요인으로 하고, 수의 비율과 과제제시방법을 피험자 내 요인으로 하여 반복측정 변량분석을 실시하였다. 과제제시방법에 따른 차이는 상관표본 *t* 검정을 통해 주효과를 분석하였으며 수의 비율에 따른 차이를 살펴보기 위해 *F* 검정과 Scheffé의 사후검증을 실시하였다. 비상징 수 비교능력에서 연령과 수의 비율에 따른 상호작용효과를 살펴보기 위해 *F* 검정을 실시하여 단순주효과를 분석하였으며, 과제제시방법과 수의 비율의 상호작용효과를 살펴보기 위해 상관표본 *t* 검정을 실시하였다.

연구결과

유아의 비상징 수 비교능력의 전반적 경향

유아의 비상징 수 비교능력 전체점수와 각 과제제시방법별 점수는 Table 2와 같다. 영상물 과제에서 3세 유아의 경우는 1.57점(*SD* = 1.06), 4세 유아의 경우는 2.45점(*SD* = 0.63), 5세 유아의 경우는 2.56점(*SD* = 0.55)로 나타났다. 구체물 과제에서 3세 유아의 경우는 1.95점(*SD* = 0.99), 4세 유아의 경우는 2.71점(*SD* = 0.51), 5세 유아의 경우는 2.90점(*SD* = 0.30)으로 나타나 모든 연령에서 구체물 과제에서의 점수가 영상물 과제에서의 점수보다 높게 나타났다.

유아의 비상징 수 비교능력의 전반적인 경향은 연령이 높은 유아가 비상징 수 비교능력 점수가 더 높게 나타났다. 또한 과제 내 제시되는 수의 비율이 1에 가까워질수록 유아의 비상징 수 비교능력 점수는 낮게 나타났다.

연령별 수의 비율과 과제제시방법에 따른 비상징 수 비교능력의 차이

유아의 비상징 수 비교능력이 연령별로 수의 비율 및 과제제시방법에 따라 유의한 차이를 보이는지 알아보기 위해 반복측

Table 2
Nonsymbolic Magnitude Comparison Ability Scores by Ages, Task Conditions, and Ratio

		Age			Mean		
		3 (n = 40)	4 (n = 42)	5 (n = 41)	(N = 123)		
Ratio	Task condition	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	Total	Scheffé
0.5	Image	0.60 (0.50)	0.95 (0.22)	1.00 (0.00)	0.86 (0.35)	1.79 (0.53)	a > b > c
	Concrete	0.83 (0.39)	0.98 (0.15)	1.00 (0.00)	0.93 (0.25)		
0.67	Image	0.60 (0.50)	0.88 (0.33)	0.93 (0.26)	0.80 (0.40)	1.66 (0.65)	
	Concrete	0.65 (0.48)	0.90 (0.30)	1.00 (0.00)	0.85 (0.36)		
0.75	Image	0.38 (0.49)	0.62 (0.49)	0.63 (0.49)	0.54 (0.50)	1.28 (0.77)	
	Concrete	0.48 (0.51)	0.83 (0.38)	0.90 (0.30)	0.74 (0.44)		
Total		3.73 (0.20)	5.29 (0.20)	5.46 (0.75)		4.84 (1.48)	

정변량분석을 실시하였다. 그 결과, Table 3에 제시된 것과 같이 유아의 연령별 수의 비율 및 과제제시방법에 따라 비상징 수 비교능력 점수에 차이가 있었다.

연령에 따른 주효과를 살펴보면 3, 4, 5세 유아의 비상징 수 비교능력 점수에 유의한 차이가 있었다(F[2, 120] = 27.26, p < .001). 이에 따라 어느 하위영역 간에 차이가 유의한지 살펴보기 위해 사후검정을 실시한 결과, 3세 유아는 4, 5세 유아와 비상징 수 비교능력에 차이가 있었으며 4세와 5세 유아 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 3세 유아의 평균점수(M = 3.73, SD = 0.20)가 가장 낮고 다음으로 4세 유아의 평균점수(M = 5.29, SD = 0.20)와 5세 유아의 평균점수(M = 5.46, SD = 0.75)가 유사하게 나타났다.

다음으로 수의 비율에 따른 주효과를 살펴보면 Table 3에 제시된 바와 같이 비상징 수 비교능력 점수에 유의한 차이가 있었다(F[2, 120] = 31.21, p < .001). 이에 따라 어느 하위영역 간에 유의한 차이가 있는지 살펴보기 위해 사후검증을 실시하였는데, 그 결과는 Table 2에 함께 제시하였다. 사후검정 결과는 0.5 비율과제, 0.67 비율과제, 0.75 비율과제 모두에서 차이가 나타났으며 0.5 비율과제에서의 점수가 가장 높고, 그 다음으로는 0.67 비율과제에서의 점수가, 그리고 0.75 비율과제에서 점수가 가장 낮았다.

마지막으로 과제제시방법에 따른 주효과를 살펴보면 Table 3에 제시된 바와 같이 비상징 수 비교능력 점수에 유의한 차이가 있었다(F[2, 120] = 30.94, p < .001). Table 2에 제시된 바와 같이 비상징 수 비교능력 점수는 구체물 과제에서 2.53점(SD = 0.77)으로 영상물 과제에서 점수인 2.20점(SD = 0.89)보다 높았다(t = -5.69, p < .001).

그 다음으로 유아의 비상징 수 비교능력에서 수의 비율과 과제제시방법 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 따라서 상호작용 효과를 구체적으로 탐색하기 위해서 상관표본 t 검

Table 3

Differences of Nonsymbolic Magnitude Comparison Ability Scores by Ages, Ratio, and Task Condition

Source	SS	*df*	MS	*F*
Nonsymbolic magnitude comparison ability				
Between-subjects				
Age	14.69	2	7.35	27.26***
Error	32.33	120	0.27	
Within-subjects				
Ratio	8.45	2	4.22	31.21***
Age × Ratio	0.11	4	0.03	.19
Error	32.47	240	0.14	
Task condition	2.18	1	2.18	30.94***
Age × Task condition	0.05	2	0.02	.33
Error	8.45	120	0.07	
Ratio × Task condition	0.71	2	0.36	3.75*
Age × Ratio × Task condition	0.90	4	0.22	2.37
Error	22.71	240	0.10	

*p < .05. ***p < .001.

Table 4

Differences of Nonsymbolic Magnitude Comparison Ability Scores by Ratios, Task Conditions

Ratio	Condition	*N*	*M*	*SD*	Paired-*t*
0.5	Image	123	0.85	0.36	-2.98**
	Concrete	123	0.93	0.25	
0.67	Image	123	0.80	0.40	-1.42
	Concrete	123	0.85	0.36	
0.75	Image	123	0.54	0.50	-4.02***
	Concrete	123	0.74	0.44	

**p < .01. ***p < .001.

정을 실시하여 단순주효과를 분석하였으며 분석결과는 Figure 2, Table 4와 같다.

0.75 비율과제의 경우 영상물 과제와 구체물 과제의 점수 간의 차이(t = -4.02, p < .001)가 0.5 비율과제의 점수 간의 차이 (t = -2.98, p < .01)보다 더 크게 나타났다. 이는 구체물로 과제를 제시한 경우에는 과제의 수준이 높아지더라도 영상물로 제시한 과제에 비해 점수의 하락폭이 적었다는 것을 의미한다. 0.67 과제의 경우 영상물 과제와 구체물 과제의 점수 간의 차이가 나타나지 않았다. 이는 0.5 비율과제에서는 3세 유아만이 영상물 과제와 구체물 과제의 점수에서 차이를 보였으며 0.75 비율과제에서는 4세 유아와 5세 유아의 영상물 과제와 구체물 과제에서의 점수 간의 차이가 크게 나타났기 때문으로 볼 수 있다. 3세 유아의 경우에는 0.67 비율과제와 0.75 비율과제에서의 수행능력이 떨어져 과제제시방법의 차이가 수행능력에 영향을 미치지 않았지만 과제의 수준이 적절한 0.5 비율과제에서는 과제제시방법이 과제수행능력에 영향을 주었음을 의미한다. 4세 유아와 5세 유아의 경우에는 0.5 비율과제나 0.67 비율과제의 경우 과제의 수준이 낮아 과제제시방법에 관계없이 수행이 가능하기 때문에 수의 비율에 따른 차이가 나타나지 않지만 0.67 비율과제의 경우에는 과제제시방법이 과제수행에 영향을 주었음을 의미한다.

논의 및 결론

이 연구는 전조작기 유아를 대상으로 비상징 수 비교능력의 발달양상을 살펴본 선행연구가 거의 없다는 점에 주목하여 3, 4, 5세 유아의 비상징 수 비교능력을 살펴보고자 하였다. 또한

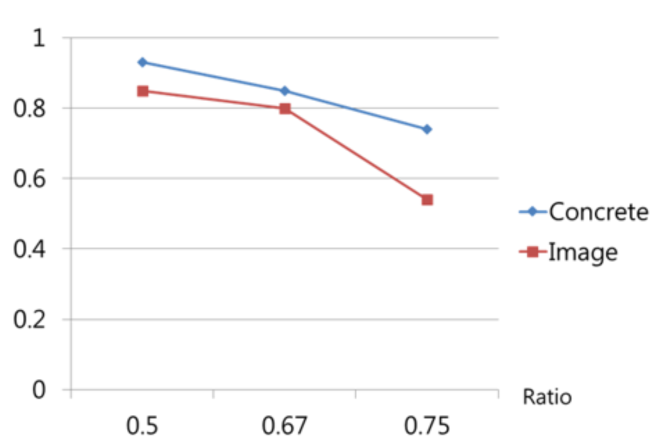

Figure 2. The interaction effect of ratios and task conditions in nonsymbolic magnitude comparison ability.

유아의 비상징 수 비교능력에 영향을 줄 것으로 생각되는 과제제시방법을 영상물 과제와 구체물 과제로 구분하여 그 차이를 규명하는 것을 목적으로 하였다. 이때 과제 내 제시되는 수의 비율을 다르게 하여 추정 수 체계의 비율제한 특성이 수 비교능력에 나타나는지를 살펴보고자 하였다. 수집된 자료의 분석 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 3, 4, 5세 유아는 형식적 수 학습 이전에 비상징 수 비교과제를 수행할 수 있다. 이는 전조작기 유아가 형식적 수 학습 이전에도 수 과제해결능력을 가지고 있음을 의미한다. 이러한 사실은 전조작기 유아는 논리수학적 지식이 부족하므로 수 과제를 해결할 수 없다고 주장한 Piaget (1965)의 주장을 반박하는 결과이며 타고난 수학적 지식의 기초가 유아의 수능력으로 발달한다고 주장하는 이론 이론과 같은 맥락으로 볼 수 있다(Carey, 2009; McCrink & Wynn, 2007). 또한 유아의 비상징 수 비교능력은 3세와 4세 사이에 급격한 발달적 변화를 보이며, 4세와 5세 사이에 발달속도가 안정화된다. 3세 유아의 비상징 수 비교능력은 수의 비율이 낮을 때(0.5) 과제제시방법에 영향을 받지만 4세와 5세 유아의 비상징 수 비교능력은 수의 비율이 높을 때(0.75) 과제제시방법에 영향을 받는다. 비상징 수 비교능력에서 과제 내 제시되는 수의 비율은 과제의 수준을 나타내는 중요한 지표이므로(Barth et al., 2008) 과제제시방법에 따라 영향을 받는 수의 비율을 살펴보면 과제수행능력을 알 수 있다. 따라서 전조작기 내에서도 비상징 수 비교능력이 연령에 따라 발달하고 변화하며, 특히 3세에서 4세 사이는 보다 어려운 수준에서도 수를 비교할 수 있도록 비상징 수 비교능력이 보다 심화되고 확장되는 시기로 볼 수 있다.

둘째, 유아의 비상징 수 비교능력은 추정 수 체계에서 나타나는 비율제한특성을 보인다. 3, 4, 5세 유아는 비상징 수 비교과제에서 제시되는 수의 비율이 1에 가까워질수록 과제수행능력이 떨어진다. 3, 4, 5세 유아 모두 두 수의 비율이 0.5인 과제를 가장 잘 수행하였으며, 다음으로는 비율이 0.67인 과제를, 그 다음으로 0.75인 과제 순으로 수행하였다. 비율제한 특성이 수를 비교하는 과제에 나타난 것은 타고난 추정 수 체계가 이후에 발달하는 복잡한 수 서열에 대한 이해에 기반이 된다는 사실을 의미한다. 뿐만 아니라 타고난 수학적 지식을 수정하고 검증하는 과정에서 인지발달이 이루어지기 때문에 (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004) 전조작기 유아도 타고난 수 능력을 활용하여 복잡한 수 추론 과제를 해결할 수 있다고 볼 수 있다. 셋째, 유아의 비상징 수 비교능력은 과제제시방법에 영향을 받는다. 3, 4, 5세 모두 비상징 수 비교과제를 영상물로 제시하였을 때보다 구체물로 제시하였을 때 과

제를 더 잘 수행한다. 이는 구체물 과제의 감각인식적 특성이 추상적 수를 이해하는데 도움을 준다고 주장한 선행연구결과(Ginsburg & Goldbeck, 2004)와 일치한다. 특히 이 연구는 Bruner의 표상방식에 따라 과제를 구분하여 제시하였으므로 유아의 발달에 적합한 표상방식을 고려한 과제를 제시하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

또한 과제제시방법은 과제의 수준과 함께 유아의 비상징 수 비교능력에 영향을 미친다. 3, 4, 5세 유아는 비상징 수 비교과제를 해결할 때 과제의 수준이 높아짐에 따라 과제수행능력이 떨어지는데, 이때 과제를 구체물로 제시하면 영상물로 과제를 제시할 때보다 과제수행능력이 크게 떨어지지 않는다. 수를 비교하는 과제에서 과제의 수준이 높아지더라도 구체적이고 공간적인 특성을 과제에 제시하면 유아가 더 쉽게 접근 가능한 표상을 유발한다는 선행연구결과와 같은 맥락에서 이해할 수 있다(Pezzulo et al., 2011). 또한 과제가 지각적으로 우세한 특성을 보일수록 전조작기 유아의 과제수행능력이 높아진다는 선행연구결과(Bryant, Christie, & Rendu, 1999; Schliemann & Carraher, 2002)와 일치한다. 무엇보다도 이러한 효과는 유아가 해결이 가능한 수준에서만 나타난다. 즉, 유아가 과제를 해결하기에 지나치게 수준이 높은 과제는 구체물 과제로 제시방법을 바꾸어도 유아의 비상징 수 비교과제 수행에 별다른 도움이 되지 않는다. 따라서 유아의 비상징 수 비교능력을 높이기 위해서는 유아가 해결 가능한 수준과 유아의 발달에 적합한 표상양식을 함께 고려한 과제를 제시함으로써 유아의 수 과제수행능력을 높이는 것이 중요하다.

이 연구는 다음과 같은 의의를 지닌다. 첫째, 이 연구는 3, 4, 5세 유아의 비상징 수 비교능력의 발달양상을 밝힘으로써 선행연구에서 밝히지 못했던 전조작기 유아의 수 서열관계에 대한 이해를 체계적으로 살펴보았다는데 의의가 있다. 유아의 비상징 수 비교능력에 영향을 미칠 수 있는 수의 비율과 과제제시방법을 다르게 하여 3세에서 5세 사이에 수 비교능력이 급격히 발달되고 안정화되어지는 시기임을 밝힐 수 있었다.

둘째, 이 연구는 전조작기 유아의 비상징 수 비교능력의 발달양상을 밝히기 위해 전조작기 유아의 수 과제해결능력에 영향을 줄 수 있는 지각적 요인인 전체면적과 윤곽길이를 통제한 과제를 실시하였다는 점에서 의의가 있다. 기존에 유아의 수 표상능력을 살펴본 선행연구들은 유아가 연속양에 근거한 판단일 가능성을 배제하지 못했는데, 이 연구를 통해 3, 4, 5세 유아는 연속양을 제외하고 개별 수(discrete number)에 근거하여 비상징 수 비교과제를 해결할 수 있다는 것을 밝혔다.

셋째, 이 연구는 유아교육현장에서 이루어지는 유아수학교육의 방향과 구체적 방법을 제시하였다. 우선 이 연구는 추정 수 체계에 기반한 수 표상능력이 수 서열능력으로 이어진다는 증거를 제공한다. 형식적 수 교육을 받기 전에 3, 4, 5세 유아가 수 비교과제를 해결하기 위해 수 표상능력을 활용한다는 것은 타고난 추정 수 체계가 인간에 의해서만 발달하는 복잡한 수학적 사고의 발달에 기반이 된다는 것을 의미한다. 따라서 유아수학교육기관에서 타고난 수 감각을 활용할 수 있는 수학프로그램을 제공하는 것이 바람직하다. 또한 유아의 수 능력을 향상시키기 위해서는 구체물을 활용한 수 활동이 중요하다. 이 연구를 통해 최근에 유아의 교육활동 자료로 많이 활용되고 있는 다양한 영상물 매체들이 유아의 인지발달을 향상시키는데 상대적으로 좋은 매체가 되지 못한다는 것을 알 수 있다. 따라서 유아가 수 활동을 할 때 감각지각적 특성을 활용할 수 있는 교구 및 교재를 개발할 필요가 있다.

그러나 이와 같은 결론을 일반화하기 위해서는 다음과 같은 제한점을 고려해야 한다. 유아의 비상징 수 비교능력을 다룬 선행연구들은 유아의 비상징 수 비교과제수행에 영향을 미칠 수 있는 윤곽길이, 면적, 밀도 등의 연속양을 고려하는 것이 중요하다고 하였다(Feigenson, Carey, & Hauser, 2002). 이에 따라 이 연구에서는 유아의 비상징 수 비교능력에 영향을 미칠 수 있는 가장 중요한 윤곽길이와 전체면적을 통제하였지만 다른 연속양을 고려하지 않았다는 제한점이 있다. 후속연구에서는 유아의 비상징 수 비교과제 해결능력에 영향을 미칠 수 있는 연속양을 함께 연구할 필요가 있다. 이를 위해서는 각 연속양을 통제한 과제와 통제하지 않은 과제를 함께 제시하여 과제수행능력을 살펴볼 필요가 있다. 이러한 연구는 과제수행능력이 낮게 나타나는 유아의 경우 원인이 연속양에 근거한 판단인지 또는 다른 이유가 있는지를 구체적으로 밝힐 수 있을 것이다.

요약하면, 이 연구는 3, 4, 5세 유아를 대상으로 비상징 수 비교능력의 발달양상과 영향을 미치는 요인을 밝혔으므로 유아의 수 능력의 발달에 적합한 수 교육 프로그램을 만들기 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 수 서열관계에 대한 이해능력은 이후의 복잡한 수 능력의 발달에 중요한 출발점이 된다. 따라서 유아의 수 비교능력을 다양한 측면에서 살펴보고 이러한 능력이 발달될 수 있는 방안에 대한 연구가 중요하다고 볼 수 있다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

In English

Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development, 54*(3), 695-701. doi:10.2307/1130057

Barth, H., Beckmann, L., & Spelke, E. S. (2008). Nonsymbolic approximate arithmetic in children: Abstract addition prior to instruction. *Developmental Psychology, 44*(5), 1466-1477. doi:10.1037/a0013046

Barth, H., la Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. S. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(39), 14116-14121. doi:10.1073/pnas.0505512102

Barth, H., la Mont, K., Lipton, J., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition, 98*(3), 199-222. doi:10.1016/j.cognition.2004.09.011

Brannon, E. M., Abbott, S., & Lutz, D. J. (2004). Number bias for the discrimination of large visual sets in infancy. *Cognition, 93*(2), B59-B68. doi:10.1016/j.cognition.2004.01.004

Bruner, J. (1966). *The culture of education.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bryant, P., Christie, C., & Rendu, A. (1999). Children's understanding of the relation between addition and subtraction: Inversion, identity, and decomposition. *Journal of Experimental Child Psychology, 74*(3), 194-212. doi:10.1006/jecp.1999.2517

Carey, S. (2009). *The origins of concepts.* New York: Oxford University Press.

Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology, 33*(3), 386-404. doi:10.1016/0022-0965(82)90054-6

Cooper, R. G. (1984). Early number development: Discovering number space with addition and subtraction. In C. Sophian (Ed.), *The origins of cognitive skill: The eighteenth annual Carnegie symposium on cognition* (pp. 157-192). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cordes, S., & Brannon, E. M. (2008). Quantitative competencies in infancy. *Developmental Science, 11*(6), 803-808. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00770.x

Feigenson, L., Carey, S., & Hauser, M. (2002). The representations underlying infants' choice of more: Object files versus analog magnitudes. *Psychological Science, 13*(2), 1 50-156. doi:10.1111/1467-9280.00427

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(7), 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Flavell, J. H. (1986). The development of children's knowledge about the appearance–reality distinction. *American Psychologist, 41*(4), 418-425. doi:10.1037/0003-066X.41.4.418

Flavell, J. H., Green, F. L., & Flavell, E. R. (1989). Young children's ability to differentiate appearance-reality and level 2 perspectives in the tactile modality. *Child Development, 60*(1), 201-213. doi:10.2307/1131085

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

Halberda, J., Mazzocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*, 665-668. doi:10.1038/nature07246

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist, 38*(1), 23-31. doi:10.1207/S15326985EP3801_4

Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review, 22,* 215-243. doi:10.1007/s10648-010-9125-8

Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of number sense large-number discrimination in human infants. *Psychological Science, 14*(5), 396-401. doi:10.1111/1467-9280.01453

McCrink, K., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2007). Moving along the number line: Operational momentum in nonsymbolic arithmetic. *Perception & Psychophysics, 69*(8), 1324-1333. doi:10.3758/BF03192949

McCrink, K., & Wynn, K. (2007). Ratio abstraction by 6-month-old infants. *Psychological Science, 18*(8), 740-745. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/40064768

McNeil, N. M., Fyfe, E. R., Petersen, L. A., Dunwiddie, A. E., & Brletic-Shipley, H. (2011). Benefits of practicing 4 = 2 + 2: Nontraditional problem formats facilitate children's understanding of mathematical equivalence. *Child Development, 82*(5), 1620-1633. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01622.x

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

Mussen, P. H., & Carmichael, L. (1983). *Handbook of child psychology.* New York: Wiley.

Pezzulo, G., Barsalou, L. W., Cangelosi, A., Fischer, M. H., McRae, K., & Spivey, M. J. (2011). The mechanics of embodiment: A dialog on embodiment and computational modeling. *Frontiers in Psychology 2*(5), 1-21. doi:10.3389/fpsyg.2011.00005

Piaget, J. (1965). *The child's conception of number.* New York: W. W. Norton & Company.

Rakes, C. R., Valentine J. C., McGatha, M. B., & Ronau, R. N. (2010). Methods of instructional improvement in algebra: A systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research, 80*(3), 372-400. doi:10.3102/0034654310374880

Resnick, L. B. (1992). From protoquantities to operators: Building mathematical competence on a foundation of everyday knowledge. *Analysis of Arithmetic for Mathematics Teaching, 19,* 275-323. Retrieved from http://eric.ed.gov/ED342648.pdf

Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (2002). The evolution of mathematical reasoning: Everyday versus idealized understandings. *Developmental Review, 22*(2), 242-266. doi:10.1006/drev.2002.0547

Siegler, R. S. (1991). *Children's thinking.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1990). Numerical abstraction by human infants. *Cognition, 36,* 97-127. doi:10.1016/0010-0277(90)90001-Z

Shuman, M., & Spelke, E. (2006). Area and element size bias numerosity perception [Abstract]. *Journal of Vision, 6, 777.* doi:10.1167/6.6.777

Wood, J. N., & Spelke, E. S. (2005). Infants' enumeration of actions: Numerical discrimination and its signature limits. *Developmental Science, 8*(2), 173-181. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00404.x

ORCID

Woomi Cho http://orcid.org/0000-0001-9902-9417
Soon-Hyung Yi http://orcid.org/0000-0002-3381-1788

Received November 4, 2016
Revision received December 2, 2016
Accepted December 14, 2016