Korean J. of Child Studies
Vol. 36, No. 4, 229-242, August 2015
DOI : dx.doi.org/10.5723/KJCS.2015.36.4.229

www.childkorea.or.kr
pISSN1226-1688
eISSN2234-408X

과제 난이도에 따른 2, 4세 유아의 비상징적 연산능력

An Investigation into 2, 4 Year Old Children's Nonsymbolic Arithmetic Ability According to Task Difficulty

조우미 이순형
서울대학교 아동가족학과

Woo Mi Cho Soon-Hyung Yi
Seoul National University

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate young children's nonsymbolic arithmetic ability according to task difficulty. The participants in this study comprised 43 2-year-old children and 48 4-year-old children recruited from 5 childcare centers located in Seoul, Korea. All tasks were composed of comparison, addition, subtraction, multiplication and division tasks. In addition, each arithmetic task varied with the ratio of the two quantities; low level(1 : 2), middle level(2 : 3), high level(4 : 5). The results revealed that 2 & 4-year-old children could perform a large numerical range of nonsymbolic arithmetic tasks without influences from previously learned mathematics. This finding suggests that children have a degree of numerical capacity prior to symbolic mathematics instruction. Furthermore, children's performance on nonsymbolic arithmetic tasks indicated the ratio signature of large approximate numerical representation. This result implies that large approximate numerical representation can be used in arithmetical manipulations.

Keywords : 비상징적 연산능력(nonsymbolic arithmetic ability), 수 표상 능력의 발달(development of numerical representation ability), 과제 난이도(task difficulty).

* 본 논문은 2013년도 서울대학교 석사학위 청구논문의 일부임.
본 논문은 서울대학교 생활과학대학 부속 생활과학연구소로부터 일부 연구비를 지원받아 수행된 연구임.

Corresponding Author : Soon-Hyung Yi, Department of Child Development and Family Studies, Seoul National University, Seoul 151-742, Republic of Korea
E-mail : ysh@snu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

많은 연구자들은 수를 추론하는 능력이 학령 전기 후반에 나타난다고 믿어왔다. 이는 상징적인 수 단어를 통한 수세기 능력(counting), 연산 능력(calculation)과 같은 관습적인 수 관련 기술(conventional number skills)이 학령 전기 이전에는 나타나지 않기 때문이다. 특히 전조작기 유아를 대상으로 한 Piaget의 '수보존 과제 수행 실험'이 실패하면서 학령 전기 유아는 형식적인 수학 학습을 하기 전에 수의 개념적 이해에 필요한 논리 수학적 지식(logico-mathematical knowledge)이 부족하다고 생각했다(Piaget, 1965). 따라서 전조작기 유아는 수학과 관련된 교육을 받거나 수 과제를 수행하기에는 인지적으로 제약이 있다고 주장했다.

그러나 Gelman과 Gallistel(1978)가 Piaget의 주장에 도전하며 『아동의 수이해(The child's understanding of number)』라는 책을 출간한 이후로 많은 연구자들이 전조작기 유아가 가지고 있는 수 능력을 입증하고자 했다. 형식적인 수학 교육을 받기 전에 유아가 가지고 있는 수 능력을 살펴보기 위해 수량 과제(quantitative task)를 실시하였으며, 이러한 실험을 통해 인간이 수에 대한 본능적인 감각(number sense)을 가지고 태어날 뿐만 아니라 수와 같은 추상적 개념에 대해 뛰어난 민감성을 가지고 있다는 것을 보여주었다(Geary, 1994). 이러한 연구들은 Piaget의 연구에서보다 더 이른 시기에 수 과제를 수행할 수 있다는 것을 보여주는 것이었다.

유아의 수 능력의 발달에 관한 연구는 초기에 유아가 3 이하의 작은 수를 변별할 수 있는지, 서열 관계를 이해하는지, 수의 변형(예: 덧셈, 뺄셈 등)의 결과를 이해하는지에 관해 이루어졌다(Cooper, 1984; Strauss & Curtis, 1984). 이러한 연구들을 통해 유아가 3 이하의 작은 수가 가지고 있는 특성에 대해 인지하고 3 이하의 작은 수에 대한 정보를 처리할 수 있다는 것이 밝혀졌다(Antell & Keating, 1983; Cooper, 1984; Starkey & Cooper, 1980; Starkey, Spelke, & Gelman, 1990; Strauss & Curtis, 1981; Wynn, 1992a).

이후에 2와 3을 구별하는 영아가 4와 6은 구별하지 못하지만 4와 8을 구별하는 것을 관찰하고 연구자들은 3 이하의 작은 수를 표상할 때와는 다른 기제로 작동하는 큰 수 표상 능력에 대해 연구하기 시작했다(Lipton & Spelke, 2004; Starkey et al., 1980). 작은 수 표상과 마찬가지로 4 이상의 큰 수에 대한 변별능력, 서열관계, 수의 변형에 대한 이해를 중심으로 연구가 진행되었으며, 이에 따라 작은 수를 표상하는 체계와 큰 수를 표상하는 체계는 구별된다고 주장했다(Brannon, Abbott, & Lutz, 2004; Crollen, Castronovo, & Seron, 2011; Lipton & Spelke, 2003; Wood & Spelke, 2005; Xu, 2003). 작은 수 표상 능력과 큰 수 표상 능력이 가지고 있는 다른 특성은 작은 수 표상능력은 정확한 수를 근거로 하지만 큰 수 표상 능력은 추정치를 근거로 하며 비교되는 수 간의 비율제한(ratio limit) 특징을 보인다(Mix, Huttenlocher, & Levine, 1996). 6개월 영아는 비율이 1 : 2 인 두 수를, 9개월 영아는 비율이 1 : 1.5 인 두 수를 구별할 수 있으며 성인의 경우 비율이 1 : 1.15 인 두 수를 구별할 수 있다는 점 등이 밝혀졌다(Barth, Kanwisher, & Spelke, 2003; Cordes, Gelman, Gallistel, & Whalen, 2001). 이러한 결과는 연령이 높아짐에 따라 큰 수를 구별할 때 구별할 수 있는 두 수의 비율은 1에 가까워지며, 영아와 성인 간의 수 표상 능력의 격차는 발달하는 과정 중에 점차 줄어든다는 것을 의미한다(Barth, La Mont, Lipton, Dehaene, Kanwisher, & Spelke, 2006).

유아가 가지고 있는 이러한 수 표상 능력은 연산에 대한 직관적인 이해를 포함하고 있다 (Jordan, Huttenlocher, & Levine, 1994). 따라서 연구자들은 유아에 대한 단순 연산 과제를 통해 학령 전기 유아가 수 표상 능력을 선천적으로 갖는지를 밝히고자 했다. 이에 3 이하의 작은 수에 대한 연산과제를 실시하여 유아가 형식적인 수학교육을 받기 전에 연산에 대한 기초적인 능력을 가지고 있다는 것을 밝혔다(Barth, Beckmann, & Spelke, 2008; Barth et al., 2006; Ginsburg, 1982; Starkey, 1992; Wynn, 1992a). 이는 형식적인 수학학습을 받기 전에 유아가 가지고 있는 수 표상 능력이 연산기제에 적용된다는 것을 증명하기 위한 연구이며, 유아기의 수에 대한 민감성이 연산 개념에도 적용된다는 것을 의미한다. 그러나 작은 수의 연산과제는 학령 전기의 유아라 할지라도 언어적 수세기를 활용하여 과제를 해결할 수 있다는 문제가 있다. 따라서 연산과 같은 수 표상 능력이 상징적인 수 능력의 발달 이전에 존재한다는 주장을 지지하기 위해서는 작은 수의 연산수행과 달리 언어적인 과정이 개입되기 어려운 4 이상의 큰 수에 대한 추정(approximate) 연산수행이 가능한지 살펴보아야 한다. 그러나 큰 수의 비상징적 연산능력에 대해서는 주로 5세 이상의 아동을 대상으로 연구(Barth, La Mont, Lipton, & Spelke, 2005; Barth et al., 2008)가 이루어졌고 그보다 어린 연령을 대상으로 한 연구는 몇 편 되지 않는다는 점에서 연구 결과를 일반화하는데 어려움이 있다. 즉, 5세 유아의 경우 비상징적 연산과제의 수행에서 수 활동을 통해 습득한 상징적인 과정이 개입될 가능성이 있으므로 그보다 더 어린 연령의 유아를 대상으로 비상징적 연산과제를 실시할 필요가 있다. 또한 기존 연구결과에서 볼 수 있듯이 유아의 수 표상 능력이 연산능력을 포함하고 있다면(Jordan et al., 1994), 유아의 큰 수 표상능력의 특성이 비상징적 연산능력에도 나타날 것이다. 이때 큰 수 표상능력의 비율제한이라는 특징이 비상징적 연산능력에 나타나는지에 대해 확인할 필요가 있다(Mix et al., 1996).

한편 과제의 난이도란 과제의 쉽고 어려움에 대한 피험자의 지각과 관련된 요인으로 과제의 복잡성이나 규칙과 같이 과제의 특성을 근거로 하여 난이도 수준을 파악할 수 있다(Nicolls & Miller, 1983). 비상징적 연산과제에서는 비교하는 수의 비율에 따라 피험자가 과제의 난이도를 파악할 수 있다. 즉, 비상징적 연산능력 과제에서 두 수의 비율을 다르게 하여 난이도에 따라 연령별로 유아가 수행할 수 있는 비상징적 연산능력의 수준을 파악할 수 있다.

요약하면, 유아가 가지고 있는 수 표상 능력을 다룬 선행연구들에 기초하여, 이 연구에서는 연산을 포함한 수 표상 능력이 언어에 기초한 수학적 학습 이전에 나타나는지를 살펴보고자 하였다. 즉, 언어적 수세기를 통해 해결할 수 없는 4 이상의 큰 수에 대한 비상징적 연산능력이 어린 연령의 유아에게 나타나는지에 대해 알아보자 하였다. 또한 수량에 대한 비상징적 표상이 형식적인 학습의 기초가 되는지를 알아보기 위해서는 언어나 상징적 처리가 불가능한 큰 수에 대한 표상능력이 연산 기제에 반영되어야 한다. 이를 위해 이 연구에서는 유아의 큰 수 표상능력에서 나타나는 비율제한 특성이 비상징적 연산능력에 나타나는지를 확인하기 위해 비율제한 특성을 과제 난이도로 설정하여 과제 난이도에 따른 유아의 비상징적 연산능력을 알아보고자 하였다. 비상징적 연산능력을 다룬 기존 연구에서 다루지 않았던 곱셈과 나눗셈과제를

포함하여 수의 비교와 함께 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈의 다섯 가지 과제를 모두 실시하여 연산 유형별로 유아의 비상징적 연산능력을 살펴보고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

이 연구에서는 연령과 과제 난이도에 따른 2, 4세 유아의 비상징적 연산능력을 살펴보기 위해 서울 중류층 거주 소재 어린이집 5곳에서 2, 4세 유아 각각 43명, 48명씩 총 91명을 연구대상으로 임의 선정하였다.

연구대상 연령을 위와 같이 정한 이유는 비상징적 연산능력이 4 이상 큰 수의 서열관계에 대한 이해 능력을 바탕으로 하고 있기 때문에 개별 수에 기초한 서열관계에 대한 인지가 가능한 연령을 연구대상으로 선정하게 되었다. 개별적인 수에 기초한 수량의 서열관계에 대한 이해 능력이 2세∼3세 시기에 나타나며(Mix et al., 2002), 비교적 정확한 연산능력이 2세 6개월경에 나타나 학령기를 넘어서까지 발달을 계속한다(Jordan et al., 1994). 이러한 선행 연구의 근거를 바탕으로 예비조사를 실시하였고 개별적인 수에 기초한 수량의 서열관계와 연산능력이 나타나는 중요한 시기인 2세를 연구대상으로 선정하였으며 발달상의 뚜렷한 차이를 보고자 4세 유아를 연구대상으로 함께 선정하였다. 또한 유아의 비상징적 연산능력은 반에서 이루어지는 수 관련 활동에 의해 영향을 받을 수 있다는 것을 고려하여 월령이 아닌 반을 단위로 표집 하였다. 전체 연구대상은 총 91명이었으며, 그 중 남아가 47명, 여아가 44명이었다. 연구에 참여한 유아는 2세 유아 43명(남아 22명, 여아 21명; 평균월령 40.98개월), 4세 유아 48명(남아 25명, 여아 23명; 평균월령 63.35개월)이었다.

2. 연구도구

유아의 비상징적 연산능력을 측정하기 위한 연구도구는 선행연구를 참고하여 연구자가 예비조사를 통해 제작하였다. Barth 등(2005)이 개발한 비상징적 연산과제(nonsymbolic arithmetic task)를 연구목적에 맞게 수정 및 보완하여 구성하였다. Barth 등(2005)이 개발한 비상징적 연산과제는 수 단어나 수와 관련된 상징적 기호가 포함되지 않은 수를 시각적인 자극으로 제시하여 비교, 덧셈, 뺄셈과 같은 연산과정을 통해 수가 변화한 것을 인지하고 수의 서열관계를 이해할 수 있는지 알아보기 위해 고안되었다. 연구자는 이 도구에 곱셈과 나눗셈과제를 추가하고 연산유형별로 과제 난이도에 따른 차이를 살펴보기 위해 두 수 간의 비율을 3가지로 나누어 구성하였으며, 유아의 비상징적 연산능력에 영향을 미칠 수 있는 윤곽길이(contour length)와 점의 크기(dot size)와 같은 연속변수를 통제하였다.

이 연구에서 각각의 과제는 비상징적 연산능력의 비교과제, 덧셈과제, 뺄셈과제, 곱셈과제, 나눗셈과제로 이루어져 있으며, 각각 낮은 난이도(1 : 2) 과제 2문제, 중간 난이도(2 : 3) 과제 2문제, 높은 난이도(4 : 5) 과제 2문제씩 6문제로 구성되어 있다. 색깔 선호도 효과를 통제하기 위해 같은 문제의 색깔을 바꾸어(빨간색 → 초록색, 초록색 → 빨간색) 6문제를 다시 한 번 더 제시하였으므로 각각의 연산유형마다 12문제로 구성하여 실시하였다.

과제를 제작할 때 같은 색깔의 상자 안으로 들어가는 빨간색 점과 초록색 점의 크기는 지름

이 1cm인 원이고, 점이 들어가는 상자의 크기는 가로 9cm, 세로 6.5cm의 직사각형으로 빨간색과 초록색의 명도와 채도는 유사하게 조정하였다. 첫 번째 화면에서 유아가 빨간색과 초록색을 알고 있는지에 대해 질문한 뒤 색깔에 대해 인지하지 못하면 손가락으로 가리키면서 설명하고 유아의 응답 역시 손가락으로 가리키도록 하였다. 두 번의 연습문제로 유아에게 실험절차를 설명해주고 이어서 6문제를 연속으로 제시하였다. 비교과제에서는 빨간색 상자와 초록색 상자 안으로 점이 들어가는 것을 보여주고 '어느 상자에 점이 더 많이 들어있을까요?' 라고 질문하였다. 덧셈과제에서는 상자에 점이 두 번 연속으로 들어가고 다른 색 상자 안으로 점이 들어가는 것을 보여준 뒤 '어느 상자에 점이 더 많이 들어있을까요?' 라고 질문하였다. 뺄셈과제에서는 상자 안으로 들어간 점들 중에서 몇 개가 빠져나오고 다른 색 상자 안으로 점이 들어가는 것을 보여준 뒤 '어느 상자에 점이 더 많이 들어있을까요?' 라고 질문하였다. 곱셈과제에서는 묶여있는 빨간색 점이 여러 번 빨간색 상자 안으로 들어가고 묶여있는 초록색의 점이 여러 번 초록색 상자 안으로 들어가는 것을 보여준 뒤 '어느 상자에 점이 더 많이 들어있을까요?' 라고 질문하였다. 나눗셈과제에서는 똑같은 개수의 빨간색 점과 초록색 점을 보여주고 빨간색 점은 여러 개의 빨간색 상자 안에, 초록색 점은 여러 개의 초록색 상자 안에 똑같이 나누어 들어가는 것을 보여준 뒤 한 개의 빨간 색 상자와 초록 색 상자를 보여주며 '어느 상자에 점이 더 많이 들어있을까요?' 라고 질문하였다.

3. 연구절차

유아의 비상징적 연산능력을 측정하는데 적합한 연구도구 및 연구 설계를 구성하기 위해 예비조사를 실시한 후 예비조사 결과에 따라 연구도구 및 연구 설계를 수정·보완하여 본 조사를 실시하였다. 본 조사는 서울에 소재하는 중류층 지역의 어린이집 총 5곳을 2012년 9월 17일부터 10월 31일까지 연구자가 직접 방문하여 실시하였다. 실험은 오전 또는 오후 자유놀이 시간에 연구대상 유아를 개별적으로 조용한 공간으로 불러서 실험자와 일대일 실험을 실시하였다. 각 유아들은 비교과제, 덧셈과제, 뺄셈과제, 곱셈과제, 나눗셈과제에 모두 참여하였다.

유아와 실험자는 유아용 책상에 나란히 앉아 유아 정면에 노트북을 놓았으며 실험자는 유아의 오른편에 앉았다. 유아에게 이름과 소속 반을 물어보며 라포를 형성한 뒤, 정해진 지시문에 따라 유아에게 과제를 간단히 소개하였다. 유아가 시작할 준비가 되었다고 하면, 유아에게 컴퓨터 화면을 보여주며 과제를 실시하였다. 유아는 질문에 언어적으로 대답하거나 손가락으로 답에 해당하는 상자를 가리키도록 했다. 유아가 대답하면 조사자는 별도의 응답 기록지에 유아의 응답을 표시하였다. 기록이 끝난 뒤에는 다음 화면을 제시하여 과제를 진행하였다. 유아가 각 질문에 대해 바로 응답이 없으면 반응시간(reaction time)이 유아의 비상징적 연산능력 점수에 미칠 수 있는 영향(Barth et al., 2005)을 고려하여 다음 화면을 제시하여 과제를 진행하였다. 실험은 비교과제, 덧셈과제, 뺄셈과제, 곱셈과제, 나눗셈과제의 다섯 가지 연산유형의 순서를 무작위로 제시하여 순서효과를 통제하였다. 유아의 색깔 선호도를 통제하기 위해 빨간색과 초록색을 바꾸어 같은 과제를 두 번 측정하였다. 총 5 가지 연산유형으로 구성된 실험에서 유아 1인당 5번의 면접기회를 가졌으며 1회당 과제에 소요되는 시간은 약 5분이었다.

4. 자료분석

수집된 자료는 SPSS 프로그램을 통하여 분석되었으며, 통계방법으로는 평균, 표준편차, 독립표본 t검정, 상관표본 t검정, 반복측정변량분석(repeated measures ANOVA), 이원분산분석(two-way ANOVA), Pearson의 적률상관계수가 이용되었다.

먼저 과제 난이도와 연령 및 연산유형에 따른 비상징적 연산능력의 전반적인 경향을 파악하기 위해 평균 및 표준편차를 살펴보았다. 또한 연령별로 연산유형 및 과제 난이도에 따른 비상징적 연산능력에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 연령을 피험자 간 요인으로 하고, 연산유형과 과제 난이도를 피험자 내 요인으로 하여 반복측정 변량분석(repeated measures ANOVA)

〈Table 1〉 Nonsymbolic arithmetic ability scores according to task difficulties

	Difficulty level	Age		*Mean* (N = 91)	*Scheffé*	F
		2(N = 43)	4(N = 48)			
		M(SD)	*M(SD)*	*M(SD)*		
Nonsymbolic arithmetic	Low level (1 : 2)[a]	11.86(2.82)	15.94(2.28)	14.01(3.26)	a > b > c	168.07***
	Middle level (2 : 3)[b]	7.88(3.28)	13.38(3.11)	10.78(4.20)		
	High level (4 : 5)[c]	5.91(2.72)	10.21(3.31)	8.18(3.72)		
Comparison	Low level	3.26(1.00)	3.96(.20)	3.63(.78)	a > b > c	39.76***
	Middle level	2.16(1.43)	3.69(.88)	2.97(1.39)		
	High level	1.56(1.16)	3.27(1.09)	2.46(1.41)		
Addition	Low level	2.79(1.12)	3.58(.74)	3.21(1.02)	a > b > c	74.74***
	Middle level	1.58(1.10)	2.96(.94)	2.31(1.23)		
	High level	1.16(.87)	1.85(1.03)	1.53(1.01)		
Subtraction	Low level	2.67(1.08)	3.13(.84)	2.91(.98)	a > b > c	67.62***
	Middle level	2.23(1.11)	2.85(.87)	2.56(1.04)		
	High level	1.28(.91)	1.77(.88)	1.54(.92)		
Multiplication	Low level	2.56(1.10)	3.42(.77)	3.01(1.03)	a > b a > c	28.64***
	Middle level	1.70(1.10)	2.48(1.35)	2.11(1.29)		
	High level	1.56(.98)	2.13(1.27)	1.86(1.17)		
Division	Low level	.58(1.12)	1.85(1.32)	1.25(1.38)	a > b a > c	14.46***
	Middle level	.21(.56)	1.40(1.38)	.84(1.22)		
	High level	.35(.72)	1.19(1.33)	.79(1.16)		

***p < .001.

을 실시하였다. F검정으로 연령과 연산유형 및 과제 난이도에 따른 단순주효과를 분석하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 유아의 비상징적 연산능력의 전반적 경향

비상징적 연산능력 전체점수와 각 연산유형별 점수는 Table 1과 같다. 2세 유아의 경우 비교과제는 6.98점(*SD* = 2.66), 덧셈과제는 5.53점(*SD* = 1.89), 뺄셈과제는 6.19점(*SD* = 2.17), 곱셈과제는 5.81점(*SD* = 2.10), 나눗셈과제는 1.14점(*SD* = 2.10)으로 나타났으며, 4세 유아의 경우 비교과제는 10.92점(*SD* = 1.82), 덧셈과제는 8.40점(*SD* = 1.85), 뺄셈과제는 7.75점(*SD* = 1.83), 곱셈과제는 8.02점(*SD* = 1.96), 나눗셈과제는 4.44점(*SD* = 3.65)로 나타났다. 비상징적 연산능력 하위영역의 전반적인 경향은 4세 유아(*M* = 39.52, *SD* = 7.00)가 2세 유아(*M* = 25.65, *SD* = 7.25)보다 비상징적 연산능력 점수가 더 높게 나타났다. 또한 난이도가 높을수록 비상징적 연산능력 전체점수와 하위영역별 점수는 낮아졌다.

2. 연령별 연산유형과 난이도 수준에 따른 비상징적 연산능력의 차이

유아의 비상징적 연산능력이 연령별로 연산유형 및 난이도 수준에 따라 유의한 차이를 보이는지 알아보기 위해 반복측정변량분석을 실시하였다. 그 결과, Table 2에 제시된 것과 같이 유아의 연령별 연산유형 및 난이도 수준에 따라 비상징적 연산유형 점수에 차이가 있었다. 먼

〈Table 2〉 Differences of nonsymbolic arithmetic ability scores according to ages, arithmetic types and task difficulties

Source			*SS*	*df*	*MS*	*F*
Nonsymbolic arithmetic	Between-subjects	Age	290.88	1	290.88	86.15^{***}
		Error	300.52	89	3.38	
	Within-subjects	Difficulty	311.04	1.85	168.27	171.60^{***}
		Age×Difficulty	5.24	1.85	2.84	2.89
		Error	161.32	164.52	.98	
		Arithmetic type	616.02	2.89	213.04	117.72^{***}
		Age×Arithmetic type	25.91	2.89	8.96	4.95^{**}
		Error	465.75	257.36	1.81	
		Difficulty×Arithmetic type	51.81	6.48	8.00	8.89^{***}
		Age×Difficulty ×Arithmetic type	17.86	6.48	2.76	3.07^{**}
		Error	518.55	576.54	.90	

$^{**}p < .01$. $^{***}p < .001$.

저, 연산유형에 따른 주효과를 살펴보기 위해 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 연산유형에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다(F = 113.16, df = 3.12, 280.33, p < .001).

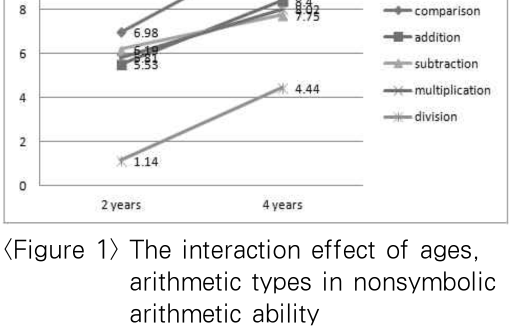
이에 따라 어느 하위영역 간에 차이가 유의한지 살펴보기 위해 사후검정을 실시하였다. 사후검정 결과는 비교과제와 나눗셈과제는 다른 연산유형과 모두 차이가 나타났으며 덧셈, 뺄셈, 곱셈과제 점수 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

다음으로 난이도에 따른 주효과는 Table 1에서 제시한바와 같이 비상징적 연산능력 전체점수에 유의한 차이가 있었다(F = 168.07, df = 1.91, 171.63, p < .001). 비상징적 연산능력의 하위영역 중에서는 비교과제(F = 39.76, df= 2, 180 p < .001), 덧셈과제(F = 74.74, df = 1.89, 170.50, p < .001), 뺄셈과제(F = 67.62, df = 1.86, 167.22, p < .001), 곱셈과제(F = 28.64, df = 1.75, 157.27, p < .001), 나눗셈과제(F = 14.46, df = 1.86, 167.04, p < .001)에서 유의한 차이가 나타났다. 난이도 수준의 차이가 어느 하위영역 간에 유의한 차이가 있는지 살펴보기 위해 사후검증을 실시하였는데, 그 결과는 Table 1에 함께 제시하였다. 비교과제, 덧셈과제, 뺄셈과제에 대한 사후검정 결과는 난이도 낮음, 중간, 높음 모두에서 차이가 났는데, 낮은 난이도에서 가장 높고 다음으로 중간 난이도, 그리고 높은 난이도에서 가장 낮았다. 곱셈과제, 나눗셈과제에 대해서는 중간 난이도와 높은 난이도에서는 유의한 차이가 없었지만 낮은 난이도에서와 중간 난이도, 높은 난이도 간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 수행능력이 높은 비교, 덧셈, 뺄셈과제의 경우 난이도에 따라 수행능력의 차이가 크게 나타나지만 수행능력이 낮은 곱셈과 나눗셈과제의 경우에는 중간 난이도 (2 : 3)에서 유아의 수행능력이 크게 떨어져 높은 난이도(4 : 5)에서의 점수와 유의한 차이가 나타나지 않는다는 것을 의미한다.

그 다음으로 유아의 비상징적 연산능력에서 유아의 연령과 연산유형 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 따라서 상호작용 효과를 구체적으로 탐색하기 위해서 F검정을 실시하여 단순주효과를 분석하였으며 분석결과는 Figure 1과 Table 3과 같다.

2세 유아는 비교과제에서 점수가 가장 높았으며 덧셈, 뺄셈, 곱셈과제에서의 점수 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 나눗셈과제에서의 점수가 가장 낮았다(F = 66.25, df = 3.42, 143.46, p < .001). 4세 유아는 비교과제에서 점수가 가장 높았으며 덧셈과제 점수와 곱셈과제 점수, 뺄셈과제 점수와 곱셈과제 점수 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 나눗셈과제에서의 점수가 가장 낮았다(F = 58.62, df = 2.61, 122.69, p < .001). 이는 연령이 낮은 유아일수록 나눗셈을 제외한 연산유형 간에 점수의 차이가 적었다는 것을 의미한다.

마지막으로 유아의 비상징적 연산능력에서 유아의 연령과 연산유형 및 난이도 수준 간에



〈Figure 1〉 The interaction effect of ages, arithmetic types in nonsymbolic arithmetic ability

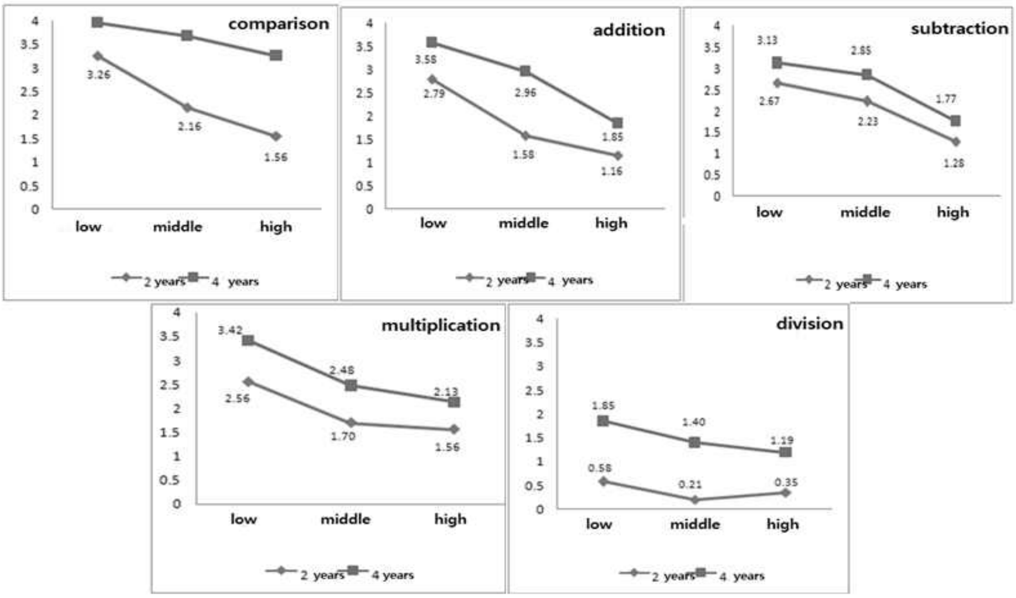
〈Table 3〉 Differences of nonsymbolic arithmetic ability scores according to ages, arithmetic types

Age	Arithmetic types	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*Scheffé*
2years	Comparison[a] Addition[b] Subtraction[c] Multiplication[d] Division[e]	906.49	3.42	265.39	66.25***	a > b > e a > c > e a > d > e
4years	Comparison Addition Subtraction Multiplication Division	1025.86	2.61	393.00	58.62***	a > b > c > e a > d > e

$^{***}p$ <. 001.

유의한 상호작용 효과가 나타났다. 따라서 상호작용 효과를 구체적으로 탐색하기 위해서 F검정을 실시하여 단순주효과를 분석하였으며 분석결과는 Figure 2와 Table 4와 같다.

2세 유아는 덧셈과제에서 낮은 난이도에서의 점수가 가장 높았으며, 중간 난이도와 높은 난이도 간의 점수 차이는 없는 것으로 나타났다(F = 30.29, df = 2, 84, p < 001). 그러나 4세 유아는



〈Figure 2〉 The interaction effect of ages, arithmetic types, and difficulty levels in nonsymbolic arithmetic ability

〈Table 4〉 Differences of nonsymbolic arithmetic ability scores according to ages, arithmetic types and task difficulties

Age	Type	Difficulty level	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*Scheffé*
2years	Comparison	Low[a] Middle[b] High[c]	63.67	2	31.84	31.22***	a > b > c
	Addition	Low Middle High	61.46	2	30.73	30.29***	a > b a > c
	Subtraction	Low Middle High	43.74	2	21.87	26.39***	a > b > c
	Multiplication	Low Middle High	25.23	2	12.61	13.12***	a > b a > c
	Division	Low Middle High	3.04	2	1.52	4.98**	a > b a > c
4years	Comparison	Low Middle High	11.51	2	5.76	12.94***	a > b > c
	Addition	Low Middle High	73.60	2	36.80	54.27***	a > b > c
	Subtraction	Low Middle High	49.29	1.55	31.76	43.40***	a > b > c
	Multiplication	Low Middle High	42.76	1.51	28.39	15.63***	a > b a > c
	Division	Low Middle High	11.17	2	5.58	11.54***	a > b > c

$^{**}p$ <. 01. $^{***}p$ <. 001.

덧셈과제에서 낮은 난이도, 중간 난이도, 높은 난이도 모두에서 점수 차이가 나타났는데(F = 54.27, df = 2, 94, p < .001), 낮은 난이도에서 가장 높고 다음으로 중간, 그리고 높은 난이도에서 점수가 가장 낮았다. 또한 2세 유아는 나눗셈과제에서 낮은 난이도에서의 점수가 가장 높았으며 중간 난이도와 높은 난이도 간의 점수 차이는 없는 것으로 나타났다(F = 4.98, df =2, 84, p < .001). 그러나 4세 유아는 나눗셈과제에서 낮은, 중간, 높은 난이도 모두에서 점수 차이가 나타났는데(F = 11.54, df = 2, 94, p < .001), 낮은 난이도에서 가장 높고 다음으로 중간, 그리고 높은 난이도에서 점수가 가장 낮았다. 즉, 연령이 낮은 유아일수록 중간 난이도와 높은 난이도에서 유의한 차이가 나타나지 않았는데 이는 난이도 중간 과제에서 2세 유아의 수행능력 점수가 크게 떨어져 난이도가 가장 높은 과제수행에 도달하지 못했음을 의미한다.

Ⅳ. 논의 및 결론

이 연구는 어린 연령의 유아를 대상으로 비상징적 연산능력을 살펴본 선행연구가 거의 없다는 점에 주목하여 2, 4세 유아의 비상징적 연산능력을 살펴보고자 하였다. 또한 유아의 비상징적 연산능력에 영향을 줄 것으로 생각되는 과제 난이도에 따라 유아의 비상징적 연산능력에 어떠한 차이가 있는지 규명하는 것을 목적으로 하였다. 수집된 자료의 분석 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 2, 4세 유아는 상징적인 수 학습 이전에 큰 수의 비상징적 연산과제를 수행할 수 있다. 이는 상징적인 수 학습 이전에도 수에 대한 능력을 보유하고 있음을 의미한다. 이러한 결과는 약 7, 8세가 되어야 기초 연산에 대한 개념적 이해를 할 수 있으므로 전조작기 유아가 연산과제를 수행하기에는 인지적으로 제약이 있다고 하였던 Piaget(1965)의 주장과 차이가 있을 뿐만 아니라 Piaget가 전조작기 유아의 연산능력을 매우 과소평가하고 있다는 신 Piaget학파의 주장을 지지하는 것이다.

둘째, 비상징적 연산과제에서 유아의 비상징적 연산능력은 큰 수 표상능력에서 보이는 비율제한 특징을 나타낸다. 2세와 4세 모두 두 수의 비율이 1 : 2 인 문제를 가장 잘 수행하였으며, 다음으로 비율이 2 : 3 인 문제를, 그 다음으로 4 : 5 인 문제 순으로 수행하였다. 이는 비상징적 연산능력에서 과제수행의 정확도가 비율제한 특징을 나타낸다고 한 선행연구(Barth et al., 2005; Barth et al., 2008)를 지지한다. 이는 유아가 작은 수 표상체계와 다른 기제로 작동하는 큰 수 표상체계를 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈과제에서 나타나는 비율제한 특징은 유아가 선천적으로 가지고 있는 큰 수를 표상하는 능력이 연산기제에 반영될 수 있다는 것을 나타낸다. 뿐만 아니라 유아가 선천적으로 가지고 있는 수 감각이 형식적인 수학 학습이 이루어진 후에 나타나는 상징적인 수 능력으로 연결될 수 있다는 것을 의미한다. 유아는 비상징적 연산과제 수행 시 비율제한 특징을 보이기 때문에 유아가 가지고 있는 수 능력에 적합한 수준의 난이도로 수 교육을 제공하는 것이 필요하다.

셋째, 비상징적 연산과제에서 유아의 비상징적 연산능력은 연산유형에 따라 다르다. 이 연구에서 2, 4세 유아는 다섯가지 연산유형에서 비교과제를 가장 잘 수행하였으며, 다음으로 덧셈과제, 뺄셈과제, 곱셈과제를 유사하게 수행하였으며, 나눗셈과제를 가장 잘 수행하지 못했다.

수의 서열관계에 대한 이해가 연산에 대한 이해보다 더 이른 연령에 나타나며 이후의 발달에도 영향을 주었음을 알 수 있다. 또한 이 연구의 대상이 되는 유아는 수와 관련된 활동에 상대적으로 적게 참여한 연령이므로 특정 연산유형에만 친숙해 있을 가능성이 낮다고 생각해볼 수 있다. 이러한 연구결과는 연산유형의 친숙도에 따라 연산과제 수행능력에 차이가 있다는 선행연구(Barrouillet Mignon, & Thevenot, 2008)와 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 특히 이 연구에서의 과제가 선천적인 수 표상능력을 바탕으로 하고 있으므로 학령기 이후에 나타나는 학습을 통한 상징적인 연산유형에 따른 능력과는 차이가 있을 수 있다. 따라서 비상징적 연산능력의 경우 연산유형별 순차적인 학습방법과 다르게 동시적 학습이 가능하다고 볼 수 있다.

그러나 위와 같은 결론을 일반화하는 데는 제한점을 고려해야 한다. 유아의 수 표상을 다룬 선행연구들이 유아의 수 표상 능력에 관한 실험에서 영아와 유아의 수의 판단에 영향을 미칠 수 있는 연속변수들을 고려해야 한다고 했다(Clearfield et al., 1999; Feigenson, Carey, & Hauser, 2002). 이에 따라 많은 연구에서 유아의 수의 판단에 영향을 미칠 수 있는 윤곽길이, 밀도, 전체 면적 등의 연속변수에 대해 연구(Barth et al., 2006)가 필요하다. 이 연구에서는 개별 수에 기초한 연산능력이 2세 6개월경에 나타나며 연령이 높아질수록 연속변수가 아닌 개별 수에 기초하여 수를 판단한다는 선행연구결과(Mix et al., 2002)를 토대로 윤곽길이와 점의 크기 이외의 다른 연속변수에 대해 고려하지 않았다는 데 제한점이 있다. 후속연구에서는 유아의 비상징적 연산능력에 영향을 줄 수 있는 연속변수에 대한 연구를 함께 살펴볼 필요가 있다.

이러한 제한점에도 불구하고 이 연구는 다음과 같은 의의를 지닌다. 첫째, 유아의 비상징적 연산능력에 관한 기존의 연구가 대부분 5세 유아를 대상으로 이루어진 것과는 달리 이 연구에서는 2, 4세 유아의 비상징적 연산능력에 대해 살펴보았다. 따라서 선행연구에서 밝히지 못했던 초기 유아기의 비상징적 연산능력의 발달 양상을 연산유형별로 밝힐 수 있었다는데 의의가 있다. 또한 비상징적 나눗셈과제에서 2세 유아의 대부분이 과제를 수행하지 못했는데, 4세 유아의 경우 나눗셈과제를 수행 할 수 있었다는 점은 나눗셈 개념에 대한 이해가 2세와 4세 사이에 발달이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

둘째, 연산유형의 일부만을 살펴본 선행연구와는 달리 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈의 사칙연산을 모두 살펴보았다는 점에서 의의가 있다. 특히 곱셈과 나눗셈에 관해서는 주로 학령기에 형식적인 수학학습 경험이 있는 아동을 대상으로 연구가 진행되었고 유아를 대상으로 한 비상징적 곱셈과 나눗셈에 관한 연구는 거의 수행되지 않았다. 그럼에도 불구하고 유아에게 비상징적 곱셈과 나눗셈에 관한 능력이 있다는 것을 밝혔다는 점에서 의의가 있다.

셋째, 이 연구는 유아의 추정적인 수 표상 능력이 연산기제 개입된다는 강력한 증거를 제공한다. 형식적인 수학교육을 받지 않은 2, 4세 유아가 연산과제를 수행하기 위해 수 표상 능력을 이용한다는 것은 유아기의 수 표상 능력이 학령기 이후에 이루어지는 수학적 사고의 발달에 중요한 역할을 한다는 것이다. 따라서 학령기 아동의 수학능력의 발달을 위해 유아수학교육기관에서 유아가 가지고 있는 수 표상 능력을 활용할 수 있는 수학 프로그램을 제공하는 것이 바람직하다.

요약하면, 이 연구는 2, 4세 유아를 대상으로 비상징적 연산능력을 밝혔으므로 유아의 수 표

상능력의 발달에 적합한 유아수학교육 프로그램을 만드는 기초자료로 제공될 수 있다. 유아의 수 개념은 생애초기부터 발달되며 유아기의 경험이 이후의 수학적 사고의 발달을 위한 근원이 되기 때문에 수 개념을 살펴보는 것은 실제 수학교육에서 중요한 출발점이 된다. 특히 형식적 교육을 받기 전에 유아가 가지고 있는 비상징적인 수 표상 능력을 살펴보고 이러한 능력이 발달될 수 있도록 도와주는 것은 중요한 교육적 과제가 될 수 있다.

References

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

Barrouillet, P., Mignon, M., & Thevenot, C. (2008). Strategies in subtraction problem solving in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*(4), 233-251.

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

_______ , Kanwisher, N., & Spelke, E. S. (2003). The construction of large number representation in adults. *Cognition. 86,* 201-221.

_______ , La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 102,* 14116-14121.

_______ , Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Non-Symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition, 98,* 199-222.

Brannon, E., Abbott, S., & Lutz, D. (2004). Number bias for the discrimination of large visual sets in infancy. *Cognition, 93,* B59-B68.

Clearfield, M. W., & Mix, K. S. (1999). Number versus contour length in infant's discrimination of small visual sets. *Psychological Science, 10,* 408-411.

Cooper, R. G., Jr. (1984). Early number development: Discovering number space with addition and subtraction. In C. Sopian (Ed.), *Origins of cognitive skills: The eighteenth annual Carnegie simposium on cognition.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cordes, S., Gelman, R., Gallistel, C. R., & Whalen, J. (2001) Variability signatures distinguish verbal from nonverbal counting for both large and small numbers. *Psychonomic Bulletin and Review, 8,* 698-707.

Crollen, V., Castronovo, J., & Seron, X. (2011). Under- and over-Estimation. *Experimental Psychology, 58*(1), 39-49.

Feigenson, L., Carey, S., & Hauser, M. (2002). The Representations Underlying Infants' Choice of More: Object Files Versus Analog Magnitudes. *Psychological Science, 13*(2), 150-156.

Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development: Research and practical applications.* Washington, DC: American Psychological Association.

Gelman, R. (2000). Domain specificity and variability in cognitive development. *Child Development, 71,* 854-856.

__________ , & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number.* Cambridge, MA:

Harvard University Press.
Ginsburg, H. P. (1982). The development of addition in the contexts of culture, social class, and race. In T. P. Carpenter, J. M. Moser, & T. A. Rpmberg (Eds.), *Addtion and subtraction; A cognitive perspective* (pp. 191-210). Hillsdale. NJ: Erlbaum.
Jordan, N.C., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (1994) Assessing early arithmetic abilities: Effects of verbal and nonverbal response types on the calculation performance of middle-and low-income children. *Learning and Individual Differences, 6,* 413-432.
Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins number sense: large number discrimination in human infants. *Psychological Science. 15,* 396-401.
______________________ (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy, 5*(3), 271-290.
Mix, K. S., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (1996). Do preschool children recognize auditory-visual numerical correspondences? *Child Development, 67,* 1592-1608.
____________________________________ (2002). *Quantitative development in infancy and early childhood.* New York: Oxford University Press.
Piaget, J. (1965). *The child's conception of number.* New York: Norton.
Starkey, P. (1992). The early development of numerical reasoning. *Cognition, 43*, 93-126.
_________ & Cooper, R. G., Jr. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science, 210*, 1033-1035.
_________ , 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.
__________________________ (1984). Development of numerical concepts in infancy. In C. Sopian (Ed.), *Origins of cognitive skills.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Wood, J. N., & Spelke, E. S. (2005). Infants' enumeration of actions: numerical discrimination and its signature limits. *Developmental science,* 173-181.
Wynn, K. (1992a) Addition and subtraction by human infants. *Nature, 358.* 749-750.
Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: evidence for two systems of representations. *Cognition, 89*, B15-B25.

Received July 31, 2015
Revision received August 21, 2015
Accepted August 23, 2015