韓國心理學會誌 : 發達
Korean Journal of Psychology : Developmental
1995. *Vol. 8, No. 1, 66-79.*

어린 아이들의 수세기와 기수원리의 이해

신 은 정　김 혜 리
충북대학교 심리학과

본 연구는 아이들이 수세기 원리를 이해하여 수세기를 하는지를 알아보기 위해 이루어졌다. 수세기 원리 중 기수원리(cardinality)를 중심으로 3, 4세 아이들의 수행을 비교하였다. 실험 1에서는 수를 세는 행위가 수세기 원리에 대한 이해를 반영하는지를 살펴보았다. 3세 아이들은 수를 알기 위해서는 수를 세어야만 한다는 사실을 이해하지 못하고 있는 반면 4세 아이들은 이를 이해하였다. 실험 2에서는 아이들이 기수원리를 이해하고 있는지 알아보았다. 4세 아이들은 기수원리 즉 마지막 수단어가 전체수를 의미하고 있음을 이해 하고 있었으나 3세 아이들은 잘 이해하지 못하였다. 실험 3에서는 실험 2의 결과가 아이들이 기수원리를 이해해서 나타난 것인지 아니면 단지 마지막 단어 편파인지를 알아보았다. 설사 3세 아이들이 마지막 수단어가 전체수를 나타낸다고 답을 했을지라도 그러한 반응은 단지 마지막 단어 편파였음을 보여주었다. 이에 반하여 4세 아이들은 기수원리를 이해하였다.

이러한 결과는 아이들이 먼저 수세기를 의미없이 배우다가 수세기 원리를 학습하게 된 다고 하는 "후원리 이론"을 지지한다. 그리고 이는 아이들이 여러가지 활동을 통하여 수 세기 원리를 스스로 터득하게 된다는 것을 시사한다.

우리는 주위에서 어린 아이들이 수단어(number word)를 사용하여 수를 세는 것을 쉽게 볼 수 있다. 어린 아이들은 수를 세는 것에 상당한 관심을 가지고 있는 것 같다. 어른이 물건을 가리키며 하나, 둘, 셋 등의 수단어를 사용하면서 수를 세면 아이들은 이에 많은 흥미를 보이고 따라한다. 그러나 아이들이 과연 수의 의미를 알면서 수를 세는 것인지, 아니면 단지 재미있는 행동으로만 여기며 연속적인 수단어를 반복하는 것인지에 대해서는 의문이 있을 수 있다. 수세기는 아이들이 획득하는 첫번째 형식적인 계산체계이므로 발달의 주요 관심사이다(McEvoy, 1989). 어린 아이들이 이렇듯 중요한 수세기를 언제부터 그리고 어떻게 알게 되는지에 대해서는 두가지 상반되는 주장, 즉 선원리 이론과 후원리 이론이 있다.

Gelman과 Gallistel(1978)은 "선원리 이론(principle-before)"을 주장한다. 이 이론은 아이들이 수세기 능력에 기본이 되는 수-특수적(number-specipic)인 5가지 원리를 선천적으로 가지고

있다는 것이다. 그들은 아이들이 이런 원리들을 분명히 알고 있지는 않으나 내재적으로 가지고 있으며 이런 지식으로 인하여 수를 셀 수 있게 되고, 뿐만 아니라 수세는 기술이 향상된다고 주장하고 있다. 이 5가지 원리는 일대일 대응 원리 (one to one correspond), 안정된 순서 원리 (stable order), 기수원리 (cardinality), 추상화 원리 (abstraction), 순서 비관련 원리 (order irrelevance)이다.

일대일 대응 원리는 수세기 되는 대상과 수단어간에 일대일 대응이 있어야 함을 말한다. 그리고 안정된 순서 원리는 수세기 단어가 고정된 순서를 가져야 함을 말한다. 즉 하나, 둘, 셋이라는 순서로 수를 세든지 하나, 둘, 여섯의 순서로 수세기를 하든지 사용되는 수단어의 순서가 고정되어야 한다. 그리고 기수원리는 마지막 수단어가 항목의 전체수 또는 기수를 나타낸다는 것을 의미한다. 다섯까지 수를 센 아이는 자신이 수세기한 전체수가 다섯임을 알아야 한다. 추상화 원리는 수세기 될 수 있는 대상이 무엇이냐에 관련된 원리이다. 즉 어떠한 대상도 셀 수 있는 대상임을 말해준다. 마지막으로 순서 비관련 원리는 수세기 되는 순서와 수세기 과정이 관련되어 있지 않다는 것이다. 즉 왼쪽에서 오른쪽으로 수를 세든지 오른쪽에서 왼쪽으로 수를 세든지 우리가 어떻게 수를 세느냐는 수세기에 어떠한 영향도 미치지 않는다는 것이다.

Gelman과 Gallistel(1978) 그리고 Gallistel (1990)에 의하면 수세기를 하는 능력과 언어능력은 서로 무관하다(distinct). 따라서 말을 하지 못하는 영아(infant)나 심지어는 동물조차도 수를 처리할 수 있다고 한다(Matsuzawa, 1985). 또 많은 영아 연구가들(대표적인 것으로 Antell & Keating, 1983; Starkey & Cooper, 1980; Strauss & Curtis, 1981)은 생후 6개월 미만된 영아들도 3, 4개 미만의 수를 변별할 수 있다는 것을 증명하였고 이와 같은 수에 대한 변별력의 기본이 되는 것이 정신적으로 수를 셀 수 있는 능력과 마지막 수가 그 전체수가 된다는 지식이라고 보았다.

그러나 Briars와 Siegler(1984), Fuson(1988) 그리고 Fuson과 Hall(1983)은, 어린 아이들은 특별한 의미가 없는 단순한 습관적 활동으로 수세기를 먼저 배우고, 그 과정에서 수세기 원리를 알게 된다고 주장한다. 즉 수세기 원리가 학습된다는 입장인데 이런 입장이 "후원리(principle-after)이론"이다.

선원리 이론이 맞는지 후원리 이론이 맞는지 알아보기 위해서는 수세기 원리 중 기수원리를 사용하는 것이 좋다. 왜냐하면 아이들은 수에 대한 지식이 없을지라도 일대일 대응과 안정된 순서와 같은 원리를 표상할 수 있기 때문이다. 예를 들어 월, 화, 수 등의 요일 명칭에도 안정된 순서, 일대일 대응 원리가 적용된다. 그러나 기수원리는 자신들이 수를 정확하게 세었을 때 마지막 수단어가 전체수가 된다는 원리이므로 수세는 법에 대한 원리 중 수에 대한 지식을 가장 잘 평가할 수 있다. 따라서 선원리 이론과 후원리 이론을 검증하고자 하는 많은 연구들은 언제부터 어린 아이들이 기수원리를 이해하는지 연구하였다.

Gelman과 Gallistel(1978)은 3세 아이들에게 두 마리 또는 세 마리의 인형쥐가 있는 두개의 접시를 보여주고 인형쥐가 더 많은 접시를 승리자(winner)로 지적하도록 하였다. 3세 아이들은 접시위에 있는 인형쥐의 숫자가 서로 바뀌거나 세 마리 인형쥐의 배열이 두 마리 인형쥐의 배열보다 조밀하거나 또는 길이가 다르거나 하더라도 전체수에 반응하여 어느 접시가 승리 접시인지를 알았다고 한다. 이 결과는 3세 아이들도 기수원리를 이해하고 있음을 시사한다.

Frye, Braisly, Lowe, Maroudas 그리고 Nicholls

셀 수 있는 범위에 속하는 수인데도 큰 수의 경우는 마지막 단어로 반응하지 않은 것은 기수원리를 이해못한다는 사실과 함께 직관적 수변별이 수세기와는 무관한 과정임을 시사한다.

이와 같이 여러 연구 결과들이 일치하지 않고 있으므로 본 연구에서는 아이들이 수를 센다는 것과 수세기 원리간의 관계를 이해하고 있는지 그리고 아이들이 기수원리를 이해하고 있는지를 다시 한 번 검증해 보았다. 실험 1에서는 아이들이 수를 알기 위해서는 수를 세어 보아야 한다는 사실을 이해하는지 알아보았다. 그리고 실험 2와 실험 3에서는 아이들이 기수원리에 대해 이해하고 있는지 알아보았다.

실 험 1

본 연구에서는 수세기를 하는 행위가 수세기 원리에 대한 이해를 반영하는지 즉 수를 알기 위해서는 수를 세어야 한다는 사실을 이해하는지를 알아보고자 1−6까지 셀 수 있는 아이들에게 X개의 사물을 주고 "모두 몇 개 있는지"를 질문하였다. 만약 수를 세는 것이 수세기 원리에 대한 이해를 의미하는 것이라면 어린 아이들도 "모두 몇 개이냐"는 질문에 자발적으로 수를 세고, 답으로 마지막 수단어를 말할 것이다. 반면, 그렇지 않다면 질문 후에 수를 세지 않거나, 세더라도 전체수를 나타내기 위해 마지막 수단어를 답하지는 못할 것이다. 제시되는 사물의 수는 1−6개 사이로 하였다. 아이들이 1−6개 사이의 어느 경우에도 정확히 답한다면 수세는 행동과 수의 관계를 이해한다고 볼 수 있다. 그러나 1−3개 사이에서는 정확히 수단어를 말하나 4−6개 사이에서는 답을 하지 못한다면 그것은 수개념을 알아서가 아니라 직관적 수변별의 결과일 것이다. 본 연구에서는 이를 알아보고자 3세와 4세의 수행을 비교하였다.

방 법

피험자. 청주시내 유치원에 다니는 만 3세 (2년 8개월−3년 8개월 : 평균 3년 5개월) 아이들과 4세(3년 9개월−4년 6개월 : 평균 4년 4개월) 아이들 각각 18명씩 36명이 실험에 참가하였다. 피험자 대부분은 중류층이었고 성별은 남녀 동수로 하였다.

자극. 1−6개의 사탕이 자극으로 사용되었다.

절차. 아이들은 개별적으로 실험에 참가하였다. 실험자가 있는 방으로 아이가 들어오면 실험자는 아이에게 먼저 인사를 한 후 아이의 이름을 묻고 친숙해졌다고 판단하였을 때 실험과제를 실시하였다. 실험자는 아이에게 1−6개 중 무선적으로 선택된 사탕의 수만큼을 배열한 후 아이에게 수를 세라는 지시를 하지 않고 "모두 몇 개인지"를 질문하였다. 한 아이에게 작은 범위의 수에서 한 번, 큰 범위의 수에서 한 번씩 무선적인 순서로 질문하였다. 이와 같은 방법으로 36명에게 시행하였다. 각 피험자에게 소요된 시간은 3세 아이들이 약 3분 , 4세 아이들이 약 2분이었다.

결과 및 논의

아이들에게 수세기를 요구하지 않고 "모두 몇 개인지"를 질문하였을 때 정답을 말한 연령별 피험자 수와 그 평균비율을 표 1에 제시하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이 대부분의 아이들이 작은 범위의 수에서 정반응을 보였다. 이에 반해 큰 수에서 정반응을 보인 피험자 수는 3세에서는 5명에 지나지 않았으나 4세에서는 16명으로 대부분 정반응을 보였다. 이와 같은 결과가 통계적으로 의미있는 것인지 알아보기 위해서 연령(3세/4

표 1. 수세기와 수세기 원리의 이해에 대한 정반응 피험자 수(명)

	작은 수	큰 수	N
3세	14(78)	5(28)	18
4세	18(100)	16(89)	18

* 괄호 안은 비율(%)

표 2. "모두 몇 개인지" 질문에 대한 반응 형태별 피험자 수와 비율

	세고 정답		세고 오답		세지않고 정답		세지않고 오답		N
	작은 수	큰 수	작은 수	큰 수	작은 수	큰 수	작은 수	큰 수	
3세	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	14(78)	6(33)	4(22)	12(67)	18
4세	1(5)	12(67)	0(0)	0(0)	17(94)	4(22)	0(0)	2(11)	18

* 괄호 안은 비율(%)

세)×세트크기(작은 수/큰 수)의 2요인으로 정답수를 변량분석하였다. 연령은 피험자간 변인이었고 세트크기는 피험자내 변인이었다. 변량분석 결과 연령($F(1,34)=16.0$, $p<.001$)과 세트크기($F(1,34)=15.2$, $p<.001$)의 주효과가 의미있었다. 그리고 연령과 세트크기의 이원 상호작용 효과($F(1,34)=5.5$), $p<.05$)가 의미있었다. 연령과 세트크기의 상호작용 효과는 3세 아이들은 작은 수에서의 수행이 큰 수에서의 수행에 비해 의미있게 높았으나($F(1,17)=13.6$, $p<.01$), 4세 아이들의 경우는 작은 수와 큰 수에서의 수행 차이가 없었음($F(1,17)=2.1$, $p>.10$)을 보여준다. 이 3원 상호작용 효과는 3세 아이들은 작은 범위 수에서는 정답을 했으나(14명, $p<.01$), 큰 범위 수에서는 정답을 하지 못했음(5명, $p>.10$)을 나타낸다. 이에 반해 4세 아이들은 작은 범위 수와 큰 범위 수 모두에서 정답을 했음을(18명, $p<.05$, 16명, $p>.05$) 나타낸다.

본 연구의 초점은 대상을 "모두 몇 개인지"를 질문하였을 때 아이들이 과연 그 대상의 수를 센 후 답을 하는지 아니면 수를 세지 않고 답을 하는지를 알아보는 것이었다. 만약 대상을 센 후에 답을 한다면 수세기와 수세기 원리간의 관계를 이해하는 것으로 볼 수 있으나 수를 세지 않고 대상이 모두 몇 개인지를 말하는 것은 그 관계를 이해하는 것으로는 볼 수 없다.

표 2에 아이들의 반응 형태별 피험자 수를 제시하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 3세의 경우, 사탕을 세고 모두 몇 개인지에 대한 질문에 올바른 답을 준 아이는 한명도 없었으나 14명(78%)의 피험자들이 작은 범위의 수에서 사탕을 세지 않고도 질문에 대해 정답을 말했다. 이러한 결과는 작은 범위의 수에서는 수를 세지 않아도 그 수가 얼마인지를 알 수 있었기 때문에 굳이 셀 필요가 없어서 일 수 있다. 만약 작은 범위의 수에서 수를 세지 않은 것이 수를 알기 위해서는 수를 세어야만 한다는 사실을 이해는 하나 작은 범위의 수에서는 굳이 수를 세지 않고도 수를 쉽게 알 수 있었기 때문이라면 직관적 수변별이 안되는 큰 수에서는 수를 세는 반응이 나타날 것이다. 그러나 큰 수의 경우에서도 마찬가지로 3세 아이들은 수를 세는 반응을 한명도 보이지 않았다. 이 결과는 3세 아이들이 작은 범위의 수에서 보여준 78%의 수행률은 직관적 수변별의 결과로

해석할 수 있다.

이에 반하여 4세 아이들은 작은 범위의 수에서는 한명을 제외한 17명(94%)의 아이들이 사탕을 세지 않고도 정답을 말했으나 큰 수에서는 12명(67%)이 사탕이 "모두 몇 개이냐"는 질문에 사탕을 센 후 정답을 하였다. 이 결과는 4세 아이들이 작은 수에서는 세지 않아도 수를 알 수 있으나 좀 더 큰 범위의 수에서는 수를 알기 위해서는 수를 세어야만 한다는, 수와 수세기와의 관계성을 이해하고 있다는 것을 시사한다.

Starkey(1991)의 연구에 의하면 어린 아이들(24-30개월)에게 언어적으로 수를 세도록 하였을 때에도 아이들은 수를 세지 않았으나 작은 세트크기(1-3)에서는 과제를 잘 할 수 있었다고 한다. Starkey(1991)의 결과와 본 실험의 결과로 미루어 볼 때, 3세 아이들의 경우에는 수세기를 하는 이유가 수를 알기 위해서라는 사실을 이해하지 못하는 반면, 4세 아이들의 경우에는 수를 알기 위해서는 수를 세어보면 된다는 수세기 원리를 이해하고 있음을 보여주는 것이다. 따라서 본 연구 결과는 "선원리 이론(principle-before)" 보다는 수를 셀 수 있다 할지라도 초기에는 수세기 원리를 이해하지 못하고 서서히 수세기 원리를 알게 된다는 "후원리 이론(principle-after)"을 지지한다고 볼 수 있다.

실 험 2

실험 2에서는 아이들이 수를 센 후에 "모두 몇 개 인지"를 질문 받았을 때, 과연 맨 마지막 수가 전체수임을 아는지, 즉 기수원리를 이해하는지 알아보았다. 아이들의 기수원리에 대한 이해의 정도를 알아보고자 세 조건에서 아이들에게 수를 질문하였다. 한 조건에서는 아이들에게 수를 세도록 요구한 후에 "모두 몇 개인지"를 물었다. 그리고 다른 한 조건에서는 실험자가 올바르게 수세기를 한 후, 아이들에게 "모두 몇 개가 있는지"를 물었다. 마지막 조건에서는 실험자가 한 사물을 두 번 세거나 또는 어떤 것을 빼고 센 후에 "모두 몇 개인지"를 질문하였다. 아이들이 기수원리를 정확히 이해한다면 오류없이 정확히 센 경우만 마지막 수단어가 전체수를 나타낸다고 생각할 것이다. 그러나 마지막 단어 편파가 있다면 틀리게 센 경우나 옳게 센 경우 모두 마지막 수단어가 전체수라고 생각할 것이다. 또 수세기 원리를 정확히 이해한다면 수세기를 자신이 직접 한 경우나 남이 한 경우 모두 정확히 센 경우만 마지막 수를 전체수라고 생각할 것이다.

방 법

피험자. 청주시내 유치원에 다니는 만 3세(2년 11개월-3년 8개월 : 평균 3년 5개월)와 만 4세(3년 10개월-4년 6개월 : 평균 4년 3개월) 아이들 중 6까지 정확히 셀 수 있는 아이들로 각각 54명씩 모두 108명이 실험에 참가하였다. 아이들의 성별은 남녀 동수였으며, 피험자들의 대부분은 중류층이었다.

자극. 1-6개의 사탕이 자극으로 사용되었다.

절차. 피험자들은 개별적으로 실험에 참가하였다. 실험자가 있는 방으로 들어온 아이에게 먼저 인사를 한 후 이름을 묻고 친숙해졌다고 판단하였을 때 실험을 시작하였다. 한 조건에서는 아이들 앞에 배열된 사탕의 갯수를 세도록 요구하였다. 아이들이 사탕을 다 센 후에 다시 실험자는 "모두 몇 개의 사탕이 있어요?"라고 질문하였다. 두번째 조건에서는 실험자가 올바르게 수세기를 한 후에 아이들에게 같은 질문을 하였고, 세번째 조건에서는 실험자가 틀리게 수세기한 후에 질문하였다. 실험자는 절반의 피험자들에게는 한개의

표 3. 마지막 수를 전체수로 답한 정반응 수(피험자 수)

	아이가 수세기		N	실험자 수세기		N	실험자 오류		N
	작은 수	큰 수		작은 수	큰 수		작은 수	큰 수	
3세	17(94)	4(22)	18	18(100)	6(33)	18	14(78)	2(11)	18
4세	18(100)	12(67)	18	18(100)	14(78)	18	18(100)	11(61)	18

* 괄호 안은 비율(%)

사탕을 두 번 세었고 나머지 절반의 피험자들에게는 한개의 사탕을 빼고 세었다. 아이들은 각 조건내에서 무선적인 순서로 작은 수(1−3)와 큰 수(4−6) 모두에 대해서 질문받았다. 각 연령 집단에서 무선적으로 18명의 아이들은 아이들 자신이 수세기한 후 기수원리 과제에 답하는 조건에 할당되었고 , 18명의 아이들은 실험자가 올바르게 수세기한 후 기수원리 과제에 답하는 조건에 할당되었다. 그리고 나머지 18명의 아이들은 실험자가 틀리게 수세기한 후 기수원리 과제에 답하는 조건에 할당되었다. 한 피험자가 각 조건에 답하는데 3세 아이들은 약 4분, 4세 아이들은 약 3분이 소요되었다.

결과 및 논의

각 조건에 대해서 옳게 센 경우만 마지막 수를 전체수로 옳게 답한 피험자 수와 그 비율을 표 3에 제시하였다. 표 3에서 보듯이 3세 아이들의 경우, 세 조건 즉 아이가 수를 센 경우와 실험자가 올바르게 수를 센 경우 그리고 실험자가 틀리게 수세기를 한 경우 모두에서 작은 범위의 수에 대해서는 수행을 잘하였으나(91%) 큰 범위의 수에 대해서는 수행이 낮았다(22%). 그리고 4세 아이들의 경우에는 작은 범위의 수와 큰 범위의 수 모두에서 수행이 좋았다(작은 수 :100%, 큰 수 :69%).

각 조건별 수행이 유의미한 차이를 보이는지를 검증하고자 연령(3세/4세)×조건(아이 수세기/실험자 수세기/실험자 오류)×세트크기(작은 수/큰 수)의 3요인으로 정답수를 변량분석하였다. 연령과 조건은 피험자간 요인이었고 세트크기는 피험자내 요인이었다. 변량분석 결과 연령($F(1,102)=32.0$, $p<.001$), 세트크기($F(1,102)=126.4$, $p<.001$)의 주효과가 유의미 하였으나 조건의 주효과는 유의미한 수준에 근접하였다($F(2,102)=2.9$, $.05< p<.10$). 그리고 연령과 세트크기($F(1,102)=18.4$, $p<.001$)의 2원 상호작용 효과가 의미있었다.

조건의 주효과가 유의미한 수준에 근접하였는데 이는 세 가지 조건에서 아이들이 정답을 보인 정도에 차이가 있을 가능성을 시사한다(아이 수세기 조건의 정답 비율:71%, 실험자 수세기 조건:78%, 실험자 오류 조건:63%). 이는 전체수를 묻는 질문에 대해 아이들이 마지막 수단어가 전체수라고 생각하는 마지막 단어 편파를 갖고 있을 가능성을 시사한다. 만약 아이들이 수를 세고 난 후 그 수세기가 옳건 그르건 마지막 수단어가 전체수라고 답하는 마지막 단어 편파가 있다면 실험자가 틀리게 세고 난 후에는 옳게 세고 난 후보다 정답율이 떨어질텐데 조건의 주효과가 유의미한 수준에 근접한 본 연구 결과는 3, 4세 아이들 모두 마지막 단어 편파를 갖고 있을 가능성을 시사한다고 하겠다.

연령과 세트크기의 이원 상호작용 효과는 작은 수에서의 연령 효과($F(1,102)=4.4$, $p<.05$)보다

큰 수에서의 연령 효과(F(1,102)=29.1, $p<.001$)가 더 의미있었음을 보여준다. 즉 3세 아이들은 작은 범위 수에서는 수행을 잘하였으나(평균:91%, $p<.01$), 큰 범위 수에서는 수행을 잘하지 못했다(평균:22%, $p>.10$). 이에 반해 4세 아이들은 작은 범위 수에서 수행을 잘하였고(평균:100%, $p<.01$), 큰 범위 수에서도 작은 범위 수에서의 수행보다 낮지만 상당히 수행을 잘하였다(평균:69%, $p<05$). 만약 아이들이 기수원리를 이해하고 있다면 작은 범위의 수에서 뿐만 아니라 큰 범위의 수에서도 좋은 수행을 보여야 한다. 3세 아이들은 사탕의 수가 4-6개일 때는 과제를 잘 수행하지 못했고 4세 아이들은 큰 수에서는 상당히 잘했다. 이러한 결과는 3세 아이들은 기수원리를 이해하지 못하는 반면 4세 아이들은 기수원리를 잘 이해하고 있음을 시사한다.

실험 1에서는 아이들에게 수세기를 요구하지 않고 "모두 몇 개인지" 질문하였는데 그 결과 3세 아이들은 수와 수세기의 관계를 잘 이해하지 못하고 있음을 입증하였다. 실험 2의 첫번째 과제에서는 아이들에게 수를 세도록 한 후 "모두 몇 개인지"를 물었는데 이 때도 큰 수에서 옳은 기수 값을 준 3세 아이들의 비율은 4세 아이들보다 낮았다. 그런데 만약 사탕을 세도록 요구하지 않고 모두 몇 개인지를 묻는 질문의 경우보다(실험 1) 수를 세도록 요구한 후 모두 몇 개인지를 묻는 질문(실험 2의 조건1)을 한 경우에 수행이 더 좋다면, 아이들이 수를 알기 위해서는 수를 세야 한다는 사실을 이해하지 못하고 실험자의 요구에 의해서 세고 난 후 모두 몇 개이냐는 질문에 대해 단순히 마지막 수단어를 반복하여 답을 하는 것일 수도 있다. 이에 반하여 두 과제에서 모두 수행이 비슷하게 나쁘다면 수를 알기 위해서는 수를 세어야만 한다는 사실을 실험자가 가르쳐 주어도 기수원리를 이해하지 못하는 것으로 해석할 수 있다. 또 두 과제에서 모두 수행이 비슷하게 좋다면 수를 알기 위해서는 수를 세어야만 한다는 사실과 마지막 수단어가 전체수를 나타낸다는 것을 이해하는 것으로 해석할 수 있다.

따라서 이 두 조건에서의 수행 차이가 있는지를 알아보고자 조건(수세기 요구하지 않음/수세기 요구)×연령(3세/4세)×세트크기(작은 수/큰 수)의 3요인으로 변량분석하였다. 변량분석 결과 연령(F(1,68)=24.9, $p<.001$)과 세트크기(F(1,68)=57.4, $p<.001$)의 주효과가 의미있었다. 하지만 조건의 주효과는 유의미하지 않았다(F(1,68)=.4, $p>.05$). 그리고 조건과 세트크기(F(1,68)=5.5, $p<.025$)의 이원 상호작용 효과와 연령과 세트크기(F(1,68)=11.5, $p<.01$)의 이원 상호작용 효과가 의미있었다.

조건과 세트크기의 이원 상호작용 효과는 수세기를 요구하지 않고 모두 몇 개인지 질문한 조건에서 작은 수에서의 정답 비율은 89%이고 큰 수에서의 정답 비율은 59%인데 반하여 수세기를 요구한 후 모두 몇 개인지 질문한 조건에서는 각각 97%, 45%로 세트크기에 따른 차이가 수세기를 요구한 후 수를 질문한 경우에 더 컸음을 나타낸다.

연령과 세트크기의 이원 상호작용 효과는 4세 아이들보다 3세 아이들이 작은 수와 큰 수에서의 수행 차이를 더 보였음을 시사한다. 즉 4세 아이들의 경우는 작은 수에서 100%, 큰 수에서 78%의 정반응율을 보였으나 3세 아이들의 경우는 작은 수에서 86%, 큰 수에서 25%의 정반응율을 보였다.

위의 분석에서 두 조건간의 차이가 유의미하지 않았는데 이런 결과는 3세 아이들의 경우(56%, $p>.10$), 아이들이 수를 알기 위해서는 수를 세야 한다는 사실도 잘 모를뿐 아니라 가르쳐 주어서 수를 센 후에도 모두 몇 개인지를 묻는 질문에서 자신들이 센 마지막 수단어를 말해야 한다는 것

을 이해하지 못하고 있음을 시사하는 것이다. 이에 반하여 4세 아이들의 경우(89%, $p<.01$)는 수를 알기 위해서는 수를 세어야 한다는 사실과 기수원리를 이해한다는 것을 의미한다.

위의 분석에서 4세 아이들의 경우는 수를 알기 위해서는 수를 세어야 하고 그 마지막 수단어가 전체수를 나타낸다는 기수원리를 이해한다는 것으로 나타났다. 만약 아이들이 정확하게 기수원리를 이해한다면 마지막 수단어가 전체수가 되는 것은 그 수세기가 옳은 경우에만 적용된다는 사실도 역시 이해해야 할 것이다. 이 사실을 이해하는지 알아보기 위해서 실험 2의 두 조건 즉, 실험자가 옳게 세고 난 후 수를 질문한 조건과 틀리게 세고 난 후 수를 질문한 조건간의 수행을 비교하였다. 즉 이 두 조건의 정답수로 연령(2)×조건(2)×세트크기(2)의 3요인으로 변량분석하였다. 그 결과 주요 관심사인 조건($F(1,68)=6.657$, $p<.025$)의 주효과와 연령($F(1,68)=24.262$, $p<.001$), 세트크기($F(1,68)=75.181$, $p<.001$)의 주효과가 의미있었으며 연령과 세트크기($F(1,68)=10.372$, $p<.01$)의 이원 상호작용 효과도 의미있었다. 조건의 주효과는 실험자의 수세기가 틀린 경우 정답률이 낮았다는 것을 나타내는데 이는 바로 틀리게 수를 세고 나서도 그 마지막 수단어로 답하는 마지막 단어 편파가 있음을 보여주며 조건과 연령의 상호작용 효과가 유의미하지 않은 것($F(1,68)=1.375$, $p>.10$)으로 보아 4세 아이들도 어느 정도는 이런 성향을 갖고 있는 것으로 볼 수 있다.

마지막으로 실험자가 틀리게 수세기를 한 경우 두 조건(두번 셈/빼고 셈)에 따른 유의미한 차이가 있는지를 알아보고자 연령(3세/4세)×조건(두번 셈/빼고 셈)×세트크기(작은 수/큰 수)의 3요인 변량분석을 하였다. 변량분석 결과 연령($F(1,32)=15.0$, $p<.001$)과 세트크기($F(1,32)=39.0$, $p<.001$)의 주효과가 의미있었으나 조건에 따른 차이는 유의미하지 않았다.

연령의 주효과는 연령에 따른 수행의 차이가 있었음을 보여주며 세트크기의 차이도 작은 수가 큰 수보다 수행이 더 좋음을 의미한다. 이러한 차이는 Gelman과 Meck(1983)의 연구에서 아이들이 일대일 대응 원리 즉 한 사물에 한 수단어만을 짝지어야 한다는 원리를 이해했다는 결과와는 일치하지 않으나 Briars와 Siegler(1984)의 연구에서, 3세 아이들은 4-5세 아이들보다 일대일 대응과 안정된 순서 원리를 이해하지 못했다는 결과와는 일치한다. 즉 실험 1, 2의 결과는 수세기 원리가 선천적이라는 주장보다는 수세기를 하고 난 후 수세기 원리를 학습한다는 이론을 지지하는 결과라고 할 수 있다.

실 험 3

어린 아이들 중 기수원리를 묻는 질문에 마지막 단어로 답하는 아이가 있다면 그것은 수세기 원리를 이해하는 것일 수도 있지만 어쩌면 마지막 단어 편파(last word bias)의 결과일 수 있다. 본 실험에서는 다른 방식으로 마지막 단어 편파가 있는지 알아보고자 하였다. 즉 실험 3에서는 수를 세고 난 후 그 마지막 수단어에만 집중을 해서는 해결할 수 없는 과제와 마지막 단어에만 신경을 써도 해결할 수 있는 과제를 주어서 그 수행을 비교하였다. 아이들에게 수를 세도록 한 후 수를 묻는 세 가지의 과제를 제시하였다. 그 첫째 유형은 ① "모두 몇 개의 사탕이 있니?" 형태이다. 이 경우 수를 세고 나서 맨 마지막의 수단어를 답해야 한다. 이 과제는 실험 2의 아이가 수세기한 과제와 동일한 것이다. 두번째 유형은 ② "사탕이 모두 X개 있니?" 형태이다. 이 경우도 수를 세고 맨 마지막의 수단어가 X와 일치하는지 않은지만 확인하고 답하면 된다. 그러나 이 경우는 마지막 수단어를 X와 비교하기 위해서

마지막 수단어를 기억하고 있어야 하므로 첫번째 유형의 과제 보다는 어려운 과제일 수 있다. 세번째 유형은 Frye등(1989)과 Wynn(1990)이 사용한 과제와 동일한 유형으로 ③ "나에게 사탕을 X개 만큼 주겠니?" 형태(여기서 X는 수를 나타냄)이다. 이 경우는 모든 갯수를 세고 난 후 그 일부인 X개 만큼을 골라야 하는 것이므로 세었던 마지막 수단어에 신경을 써서는 정답을 말할 수 없을 것이다. 그러므로 마지막 수를 전체수로 답하는 것이 반응 편파 때문이라면 ①, ②유형의 과제에서는 수행을 잘 할 것이나 ③유형의 과제에서는 오류를 많이 보일 것이다.

방 법

피험자. 청주시내 유치원에 다니는 만 3세(2년 8개월-3년 7개월 : 평균 3년 4개월)와 4세 (3년 10개월-4년 4개월 : 평균 4년 5개월) 아이들 각각 18명씩 모두 36명이 실험에 참여하였다. 아이들은 대부분이 중류층의 아이들이었으며 아이들의 성별은 남녀 동수였다.

자극. 1-6개의 사탕이 자극으로 사용되었다.

절차. 아이들은 개별적으로 실험에 참여하였다. 실험자가 있는 방으로 아이들이 들어 오면 먼저 인사를 한 후 아이의 이름을 물었다. 그리고 실험자와 친숙해졌다고 판단되었을 때 실험을 진행하였다. 먼저 아이에게 6까지 수를 세도록 하였다. 그리고 나서 3가지 기수과제를 무선적인 순서로 한 과제씩 아이에게 물었다. 예를 들자면, X개의 사탕을 배열한 후 아이에게 수세기 하도록 요구한 뒤에 "모두 몇 개의 사탕이 있는지?"를 물었다(과제 1). 그 후에 6개의 사탕을 배열하고 세도록 요구한 후에 "나에게 X개의 사탕을 주겠니?"라고 말했다(과제 3). 그 뒤에 X개의 사탕을 배열하고 세도록 한 후 "사탕이 X개 있니?"라고 질문했다(과제 2). 사탕이 모두 X개 있는지를 질문하는 과제에서의 정답의 반은 예(Yes) 반응이 나오도록 그리고 반은 아니오(No) 반응이 나오도록 조작하였다. 각 연령 집단에서 무선적으로 1/2의 아이들에게는 첫째날 1-3개 범위의 수로 질문했고 나머지 1/2은 4-6개 범위의 큰 수로 질문했다. 아이들이 한 번에 세가지 과제를 수행해야 하므로 과제를 수행하는 동안 답하는 방식을 학습할 수 있다. 따라서 학습효과를 방지하기 위해 이틀에 걸쳐 실험을 실시하였다. 또 한 아이에게 제시된 세과제에서 사용된 수의 크기는 무선적으로 변화시켰다. 예를 들어 "모두 몇개 있니?" 과제에서 3개가 사용되었다면, "모두 X개 있니?" 과제에서는 2개, "X 개만큼 줄래?" 과제에서는 1개가 사용되었다. 한 피험자가 세 종류의 과제에 답하는데 3세는 약 5분, 4세는 약 3분이 소요되었다.

결과 및 논의

표 4에 기수과제에 따라 정반응을 보인 피험자 수를 제시하였다. 표 4에서 보듯이 작은 범위에서의 수행은 두 연령층 모두에서 좋았으나(3세: 91%, 4세:96%) 큰 범위의 수에서는 차이가 있었다. 즉 과제 1과 과제 2에서는 3, 4세 아이들의 수행이 좋으나 과제 3에서는 4세 아이들에 비해 3세 아이들의 정반응 비율이 떨어졌다. 이런 결과는 비록 3세 아이들의 반응이 모든 범위에서 좋은 반응이었을지라도 기수원리를 이해하여서 보여준 것이라기보다는 마지막 단어 편파 반응이었음을 시사하는 것이라 할 수 있다.

세 가지 과제에 따른 수행이 유의미한 차이를 보이는지를 알아보고자 연령(3세/4세)×실시 순서(작은 수에서 먼저 질문/큰 수에서 먼저 질문)×과제(모두 몇 개있니/모두 X개있니/X개 만큼

표 4. 기수과제에 따른 정반응을 보인 피험자수와 그 비율

	과제1		과제2		과제3		N
	모두 몇개있니?		모두X개 있니?		X개 만큼 줄래?		
	작은 수	큰 수	작은 수	큰 수	작은 수	큰 수	
3세	16(89)	12(67)	18(100)	17(94)	15(83)	3(17)	18
4세	18(100)	15(83)	17(94)	15(83)	17(94)	13(72)	18

*괄호 안은 비율(%)

주겠니)×세트크기(작은 수/큰 수)의 4요인으로 정답수를 변량분석하였다. 변량분석 결과, 실시순서 효과가 유의미하지 않았고 다른 어떤 변인과도 상호작용하지 않으므로 실시 순서에 따른 정답수를 pooling하여 연령×과제×세트크기의 3요인으로 변량분석하였다. 연령($F(1,34)=5.1$, $p<.05$)과 과제($F(2,68)=11.9$), $p<.001$) 그리고 세트크기($F(1,34)=29.8$, $p<.001$)의 주효과가 유의미하였다. 그리고 연령과 과제($F(2,68)=7.1$, $p<.01$)와 과제와 세트크기($F(2,68)=8.1$, $p<.001$)의 2원 상호작용 효과가 유의미하였다. 그리고 연령과 과제와 세트크기($F(2,68)=4.1$, $p<.025$)의 3원 상호작용 효과가 의미있었다.

과제의 주효과는 과제에 따른 수행차가 있었음을 의미한다. 이 결과는 과제 1과 2보다는 과제 3에서의 수행이 떨어졌음을 나타낸다. 연령과 과제의 2원 상호작용 효과는 과제 1과 과제 2에서는 연령 효과가 없었으나(각각 $F(1,34)=2.640$, $p>.10$, $F(1,34)=1.404$, $p>.10$) 과제 3에서 연령차가 있었다는 것을 보여준다($F(1,34)=11.333$, $p<.01$). 이러한 결과는 4세 아이들의 수행은 기수원리를 이해해서 이루어진 것인데 반하여 3세 아이들의 수행은 마지막 단어 편파였음을 시사한다. 왜냐하면 과제 3에서는 실험자에게 X개 만큼의 사물을 주도록 요구하였을 때 마지막 단어에 집중하면 그 과제를 수행할 수 없기 때문이다. 따라서 3세 아이들의 경우처럼 과제 1과 2의 수행이 좋다할지라도 과제 3의 수행이 떨어진다면 과제 1과 2의 수행은 기수원리를 이해해서 이루어진 것이 아니라 단지 마지막 단어에 집중했기 때문에 나온 결과로 해석할 수 있다. 연령과 과제와 세트크기의 3원 상호작용 효과는 연령에 따라 과제와 세트크기의 상호작용이 다르다는 것을 보여준다. 즉 3세 아이들은 과제 3에서 큰 범위의 수일때 낮은 수행률(17%)을 보였는데 반하여 4세 아이들은 높은 수행률(72%)을 보였다($F(1,34)=15.455$, $p<.001$). 이러한 결과는 아이들에게 대상을 주고 세도록 한 후 모두 몇 개인지 물었을 때 어린 아이들은 기수원리를 이해해서 올바른 답을 주기 보다는 마지막 단어에 집중하여 그들이 수세기할 때 언급한 마지막 수단어를 말한다는 것을 시사한다. 이에 반하여 4세 아이들은 기수원리를 이해한 후 질문에 답한다는 것을 알 수 있다. 또 모든 아이들이 수세기에서는 전혀 오류를 보이지 않았는데 이 결과는 Gelman등(Gelman & Gallistel, 1978, 1990)의 주장과 같이 아이들이 기수원리를 먼저 이해하고 있기보다는 수세는 행위를 먼저 배우고 그리고 나서 자신들이 센 대상의 전체수가 모두 얼마인지에 답하기 위해서는 마지막 단어를 말해야 한다는 사실을 약 4세경에 점차 배우게 된다는 것을 시사한다.

전체 논의

본 연구의 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 실험 1에서 어린 아이들(3세)은 "몇 개이

냐"는 질문에 답하기 위해 스스로 세지 않았으나 4세 아이는 큰 수의 경우 자발적으로 수를 세고 마지막 단어로 답하였다. 이것은 4세가 되어야 점차 수를 알기 위해서는 수를 세어야 한다는 사실을 학습한다는 것을 나타낸다.

2. 실험 2에서 3세 아이들의 경우, 아이가 수를 센 경우와 실험자가 올바르게 수를 센 경우 그리고 실험자가 틀리게 수세기를 한 경우 모두에서 작은 범위의 수에 대해서는 많은 아이들이 정답을 한 반면 큰 범위의 수에 대해서는 정답을 하지 못했다. 그리고 4세 아이들의 경우에는 작은 범위의 수와 큰 범위의 수 모두에서 정답을 하였다. 이 결과는, 3세 아이들은 마지막 수단어가 전체를 나타낸다는 기수원리를 이해하지 못하나 4세 아이들은 모든 조건에서 마지막 수단어가 전체수임을 알고 있다는 것을 나타낸다.. 그러나 4세 아이들도 옳게 센 경우만 마지막 수단어가 전체수를 나타낸다는 사실은 분명하게 이해하지 못하였다. 즉 약간의 마지막 단어 편파가 있음이 나타났다.

3. 실험 3에서 "모두 몇 개 있니?"와 "모두 X개 있니?"에서는 3, 4세 아이들의 수행이 좋았으나 "나에게 X개 만큼 줄래?"에서는 4세 아이들에 비해 3세 아이들의 정반응 비율이 떨어졌다. 이 결과는, 3세 아이들은 기수원리를 묻는 과제에 정답을 했을지라도 마지막 단어에 집중하여 마지막 수단어를 말한 것이지 기수원리를 이해한 것은 아니었음을 나타낸다. 이에 반하여 4세 아이들은 세과제 모두 수행을 잘하였는데 이는 기수원리를 이해한다는 것을 나타낸다.

이상과 같은 결과는 아이들이 수세기 원리를 선천적으로 알고 있다는 "선원리 이론(principle-before)"보다는 아이들이 먼저 수세기를 의미없이 배우다가 수세기 원리를 학습하게 된다고 하는 "후원리 이론(principle-after)" 입장과 일치하는 결과라 할 수 있다.

그렇다면 아이들이 어떻게 기수원리를 이해하게 되는지에 대해 의문이 생길 수 있다. 아이들은 작은 범위의 수에 대해서는 직관적 수변별하여 수를 인식할 수 있다. 즉 대상을 보았을 때 순간적으로 그 수를 알 수 있다. 예를 들어 점 두 개 있는 것을 보고 머리속에서 개념적으로 또는 지각적으로 둘을 표상할 수 있다. 이 둘에 성인들이 수단어 둘을 적용하는 것을 보고 개념적 또는 지각적인 둘이라는 표상을 단어로 둘이라고 한다는 것을 아이들이 점차 배울 수 있을 것이다. 이런 과정을 통해서 직관적 수변별할 수 있는 범위 내의 수개념을 수단어로 하나, 둘, 셋이라고 한다는 것을 배울 수 있을 것이다. 또 이런 과정속에서 성인들이 점 두개 있는 것을 가리키며 하나, 둘 세면서 둘이라고 마지막 단어를 강조하여 말하는 것을 보고 아이들은 세고 나서 맨 마지막 수단어가 전체수를 기리키는 것이라는 기수원리를 알게 될 것이다. 일단 이 원리를 알게 되면 즉각적으로 그 수를 알 수 없는 보다 큰 수에도 수를 세고 난 후 마지막 단어로 답하므로써 기수원리를 적용할 것이다.

그러나 수세기 원리를 의미없이 반복적으로 수를 세는 과정에서 자연히 알게 된다고 해서 어린 아이들이 수적인 개념을 발달초기에 거의 가지고 있지 않다고 할 수는 없다. 많은 영아 연구(Starkey, Gelman, Spelke, 1983 ; Starkey, Spelke & Gelman, 1983; 1990)에 의하면 생후 3, 4개월은 물론 생후 3일 정도된 신생아도 (Antell & Keating, 1983) 둘과 셋을 구분할 수 있다. 이와 같이 둘, 셋을 구분하는 것은 둘, 셋의 수개념은 이해한다는 것을 나타낸다. 아마도 이와 같은 수개념은 거의 생래적으로 가지고 있는 것으로 보이며 이러한 본유적인 지식인 작은 수에 대한 수개념이 성인의 수세는 행동을 보면서 수세기를 따라하도록 이끌며 이 모방과정의 결과 기수원리와 같은 수세기 원리를 추상화 하게 되는 것으로 보인다.

참 고 문 헌

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

Beckwith, M., & Restle, F. (1966). The process of enumeration. *Psychological Review, 73,* 437−444.

Briars, D., & Siegler, R. (1984). A featural analysis of preschoolers'counting knowledge. *Developmental Psychology, 20,* 607−618.

Chi, M. T. H., & Klahr, D. (1975). Span and rate of apprehension in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology, 19,* 434−439.

Frye, D., Braisly, N., Lowe, J., Maroudas, C. & Nicholls, J.(1989). Young Children's Understanding of Counting of and Cardinality. *Child Development, 60,* 1158−1171.

Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number.* New York: Springer.

Fuson, K. C., & Pergament, G. G., & Lyons, B. G., & Hall, J. W.(1985). Children's Conformity to the Cardinality Rule as a Function of set size and Counting Accuracy. *Child Development, 56,* 1429−1436.

Fuson, K. C., & Hall, J. W. (1983). The acquisition of early number word meanings. In H. Ginsberg(Ed.), *The development of children's mathmatical thinking*(pp. 49−107). New York: Academic Press.

Gallistel, C. R. (1990). *The organization of learning.* Cambridge, MA:Bradford Books/MIT Press.

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

Gelman, R., & Meck, E. (1983). Preschooler's counting: Principles before skill. *Cognition, 13,* 343−359.

Karmiloff−Smith, A. (1993). *Beyond Modularity : A Developmental Perspective on Cognitive Science.* MIT Press.

Klahr, D., & Wallace, J. G. (1976). *Cognitive development : An information processing view.* Hillsdale, N. J. : Earlbaum.

Mandler, G., & Shebo, B. J.(1982). Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General, 3,* 1−22

Matsuzawa, T. (1985). Use of numbers by a chimpanzee. *Nature, 315,* 57−59.

McEvoy, J. (1989). From Counting to Arithmetic: The Development of Early Number Skills. *British Journal of Special Education, 16,* 107−114.

Pepperberg, J. (1987). Evidence for conceptual quantitative abilities in the African Grey Parrot: Labelling of cardinal sets. *Ethology, 75,* 37−61.

Schaeffer, B., Eggleston, V. H., & Scott, J. L. (1974). Number development in young children. *Cognitive Psychology, 6,* 357−379.

Silverman, I. W., & Rose, A. P. (1980). Subitizing and counting skill in 3−year−olds. *Developmental Psychology, 16,* 539−540.

Starkey, P.(1991). The early development of numerical reasoning. *Cognition, 43,* 93−126.

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

Starkey, P., Gelman, R., & Spelke, E. (1983).

Detection of 1-to-1 correspondences by human infants. *Science, 210,* 1033-1035.

Starkey, P., Spelke,E. S., & Gelman, R. (1983). Detection of intermodal correspondences by human infants. *Science, 222,* 179-181.

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.

Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition, 36,* 155-193.

韓國心理學會誌：發達
Korean Journal of Psychology: Developmental
1995. *Vol. 8, No. 1, 66-79.*

Young Children's Understanding of Counting and Cardinality

Eun-Jeong Shin Hei-Rhee Ghim

Department of Psychology
Chungbuk National University

Three-and 4-year-old children's knowledge of counting and cardinality was tested in three experiments. Experiment 1 investigated children's knowlege of counting. Without asking to count experimenter asked the children "How many candies are there?". Three-year-old children responded correctly only at the smaller set size(1-3), but 4-year-old children responded correctly both the smaller and larger set sizes. The results of Experiment 1 indicate that 3-year-old children do not understand the counting principle, but 4-year-old children do.

Experiment 2 examined whether children understand that the last word used in a count represents the numerosity(cardinality principle). The results revealed that 3-year-old children do not understand the cardinality principle but 4-year-old children do.

Experiment 3 explored the cardinality principle using three differnt tasks. Three differnt cardinality questions - "How many candies are here?" "Are there X candies here?" " Please give me X candies" - were used. For 4-year-old children's performance across the three taskss indicates that 4-year-old children understand the cardinality principle, but the 3-year-olds do not.

These results do not support the principle before theory that young children initially understand the principle of cardinality(Gelman & Baillargeon, 1983; Gelman & Gallistel, 1978; Gelman & Meck, 1983). Rather the results supports the principle after theory(Fuson & Hall, 1983; Fuson et al., 1985).