

Effects of approximate number sense on child's ability to solve non-symbolic multiplication problem

Nayun Kwon¹, Jejoong Kim¹, So-Yeon Kim^{1*}

¹Department of Psychology, Duksung Women's University

Approximate Number Sense (ANS) is an intrinsic intuition and innate cognitive function. It helps children to roughly determine if a quantity is larger or smaller than another. In the current study, we examined relative roles of ANS and intelligence on early arithmetic development in children aged 4-6. Our purpose was 1) to examine whether children aged 4-6 can solve non-symbolic multiplication problems and 2) to examine effects of ANS on early arithmetic development after controlling out effects of intellectual ability. Twenty one young children (4-6 years old) performed non-symbolic multiplication tasks (i.e., multiplication 2 and 4) and a ANS task. Results showed that children as young as 4 years old can solve both non-symbolic multiplication problems above chance level. Also, we found that the efficiency of ANS measured by ANS RTs played a critical role for non-symbolic multiplication 2 task performance even after controlling out effects of IQ. Overall, we conclude that preschoolers as young as 4 years old who don't have prior learning experience of multiplication problems can solve non-symbolic multiplication problems, which might be explained by children's ANS functions.

Keywords: Child, Preschooler, Approximate Number Sense (ANS), Non-symbolic multiplication, IQ

1 차원고접수 18.05.18; 수정원고접수 18.07.16; 최종게재결정 18.07.23

기초 산술 능력에 영향을 미치는 개인의 능력에는 대략적 수 민감도(Approximate Number Sense, ANS)와 수 지식, 지능 등 다양한 인지적 능력들이 있다(Göbel, Watson, Lervåg, & Hulme, 2014). 이와 관련하여, 최근에는 ANS와 산술 기능에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004). ANS는 대략적으로 수량이 많은 지 또는 적은 지를 파악하는 직관으로, 성인 뿐 아니라 신생아 또는 동물들에게서도 공통적으로 관찰되는 선천적인 인지 능력이다(Feigenson et al., 2004; Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013). ANS는 일반적으로 개체의 수를 변별하는 개인의 정확도와 속도로 평가 된다(Piazza et al., 2010). 이러한 ANS는 아동이 자발적으로 수를 탐지하여 대략적인 수의 비교를 가능하게 할 뿐 아니라, 대략적 덧셈과 뺄셈 능력에도 영향을 미친다고 보고되어 왔다(Halberda, Mazzocco,

& Feigenson, 2008; Kibbe & Feigenson, 2015; Kim, Hashimoto, Tassone, Simon, & Rivera, 2013). 그러나 이와 함께, ANS를 통한 수 변별은 숫자를 직접 세어보는 것보다 더 빠르게 이루어지고, 수 변별 능력의 차이가 수의 비율의 차이에 따라 정해지기 때문에 직접적인 계산에 기초하지 않는다는 주장도 있다(Göbel et al., 2014). 또한 최근 연구에서, ANS는 서수 관계(ordinal relations)에 대한 이해를 돕고, 비-상징적인 수를 판단하고 조절하는 능력을 돕는 것으로 보고되었다(Gebuis & Reynvoet, 2015).

최근에는 상징적이거나 언어적인 수로 제시되는 덧셈 문제를 해결할 수 없는 어린 아동들도 비-상징적으로 제시된 문제는 직관적인 ANS를 사용하여 해결할 수 있음이 밝혀졌다(Kibbe & Feigenson, 2015). 하지만 대부분의 선행 연구에서는 학령전기 아동들을 대상으로 ANS를 측정 한 뒤, 아동이

* 교신저자: 김소연, 덕성여자대학교 심리학과, (01369) 서울특별시 도봉구 삼양로 144길 33, Email : vicky47syk@ds.ac.kr

학령기에 진입한 후 수학 성취도나 산술 평가를 통해 산술 기능을 측정하여 ANS와 수학적 능력과의 관계를 살펴보거나(e.g. Libertus et al., 2013; Wong, Ho, & Tang, 2016), 산술에 대한 학습이 이루어진 아동을 대상으로 ANS와 수학성취도 간의 관계를 보고하여왔다(e.g. Matthews, Lewis, & Hubbard, 2016). 그러나 이러한 설계에서는, 동일한 시점에 ANS와 수학적 능력이 측정되지 않아 두 기능 간 관계에 대한 직접적인 분석이 어렵고, 혼합요인들 역시 통제하기 어렵다는 제한점이 있다.

이에, 몇몇 연구들에서 아동들이 사전 훈련이나 교육 없이 수량적이고 연속적인 값(비-상징적인 값)을 통해 비-상징적인 곱셈 문제를 해결할 수 있는지의 여부를 조사하여, 학령전(만 5-7세) 아동도 우연 수준보다 유의미하게 높은 수준으로 비-상징적 곱셈 과제를 해결할 수 있음을 보고하였다(Barth, Baron, Spelke, & Carey, 2009; McCrink & Spelke, 2010). 이러한 연구들에서 비-상징적 곱셈 과제를 해결하는 아동의 수행은 연령과 정적인 상관을 보였으며, 비교 배열들 간의 거리 차이에 따른 효과 역시 연령과 정적인 상관을 보였다는 결과가 보고되었다. 즉, 이러한 결과들은 비교해야 하는 배열들 간의 비율의 차이가 클수록 어린 아동들이 더 저조한 수행을 보였다는 것을 의미하며, 따라서 아동이 비-상징적 곱셈 문제를 해결할 때 ANS의 특징인 비율 의존적인 처리를 하였다는 것을 시사한다(Barth et al., 2009; McCrink & Spelke, 2010). 그러나 이러한 연구들의 경우, ANS와 곱셈 과제를 독립적으로 실시한 것이 아니라 비-상징적인 곱셈 과제 내에 서로 다른 비율의 조건을 두어 ANS를 측정하여 살펴보았기 때문에 명확하게 ANS와 비-상징적 곱셈 능력을 분리하여 볼 수 없다는 한계가 있다. 또한, 아동의 초기 산술 능력 발달에 영향을 미치는 요인으로 알려져 온 ANS와 아라비아 숫자에 대한 아동의 지식을 측정하는 Göbel 등(2014)의 연구는 만 6세 아동의 아라비아 숫자에 대한 지식이 산술 능력 발달에 대한 강력한 예측 변수라는 것을 보고하였고, 그에 반해 수 크기를 대략적으로 짐작하는 ANS의 기능은 추후 산술 능력의 차이를 예측하지 못한다는 점을 추가로 보고하였다(Göbel et al., 2014).

이렇듯, 산술 능력에 대한 ANS의 역할에 대한 연구 결과들은 혼재되어 있다. 그 이유 가운데 하나로, 각 연구에서 사용한 산술 능력을 측정하는 도구의 차이나 연구 설계 및 분석의 차이 등이 있음이 최근 연구들에서 제한점으로 제시되었다(De Smedt, Noël, Gilmore, & Ansari, 2013; Peters & Bjälkebring, 2015). 즉, 이는 어떤 형식으로 수를 사용하여 산술 능력을 평가하였는가에 따라 결과가 다르게 나타날

수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구에서는 ANS 과제와 비-상징적인 곱셈 과제(상징적인 아라비아 숫자가 아닌 사각형을 사용하여 제시되는 곱셈 과제)를 사용하여, 비-상징적인 산술 추론 능력에 ANS가 미치는 영향에 대하여 알아보고자 한다. 또한, 현재까지 지능과 ANS, 그리고 비-상징적 산술 추론 능력 간의 관계를 학령전기 아동(만 4-6세)을 통해 살펴본 연구는 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 곱셈에 대한 선행학습이 이루어지지 않은 학령전기 아동(만 4-6세)을 대상으로 지능과 ANS, 그리고 비-상징적 곱셈 과제를 실시하여 ANS가 비-상징적인 곱셈 추론에 미치는 영향이 아동의 지능을 통제하였을 때에도 나타나는지를 확인하고자 하였다. 마지막으로, 현재까지 ANS와 곱셈 능력을 비교한 연구들에서 만 4세에 대한 결과는 보고된 바 없다. 하지만 비-상징적으로 제시되는 수 크기에 대한 도식은 만 3-4세에 발달되어, 이 시기의 아동들은 수가 커지거나 작아지는 등의 수 변화를 인지할 수 있게 된다(Resnick, 1989). 따라서 본 연구에서는 연구 대상에 만 4세의 아동들을 포함하여, 만 4세 아동도 비-상징적으로 제시되는 수의 변화 뿐 아니라 간단한 곱셈까지도 추론할 수 있는지를 확인하고자 하였다. 이러한 목적에 따른 본 연구의 가설은 다음과 같다.

1. 만 4세(48-59개월) 아동들도 비-상징적 곱셈 문제를 해결할 수 있을 것이다.
2. ANS는 비-상징적 곱셈 추론 능력과 정적인 상관을 보일 것이며, 이러한 관계는 지능을 통제한 후에도 유의미한 것이다.

방 법

참가자

만 4-6세 아동 21명(남아 11명, 여아 10명; 평균 연령: 65개월(범위: 48-79개월))이 참가하였다. 연령 별 참가자 수는 각각 만 4세 8명, 만 5세 7명, 만 6세 6명이었다. 참여한 모든 아동은 곱셈에 대한 정규 학습이 선행되지 않은 상태였다. 아동들은 인터넷 모집 공고 게시글을 통하여 모집된 서울과 경기도 소재의 아동들로 이루어졌다. 본 연구에 참여한 모든 아동들에게는 보상으로 지능 검사 보고서와 ANS 측정 결과 보고서를 제공하였다. 본 연구는 덕성여자대학교 기관 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다.

연구도구

Panamath ANS 측정 과제. 참여 아동들의 ANS는 Halberda

등(2008)이 개발한 Panamath 프로그램을 사용하여 측정하였다(http://panamath.org). ANS 측정 과제는 비-상징적인 수 크기 변별 과제로, 노란색 점 배열과 파란색 점 배열이 화면의 양쪽에 동시에 빠르게 제시되었다가 사라진 후, 참여한 아동들은 두 배열 중 어느 색의 점 배열이 더 많은 점을 포함하고 있는지를 판단하는 과제였다. 본 연구에 참가한 만 4-6세의 아동들에게는 약 3.23초 동안 점 배열 자극이 제시되었다. 아동의 연령은 각 아동의 만 나이로 설정하였으며, 과제의 난이도는 상(Hard)으로 설정하여 비교해야하는 수들 간의 비율의 차이가 1:1.2, 1:1.3, 1:1.8, 1:3인 자극들로 연령에 따라 무작위로 제시되었다. ANS 과제는 약 3분 동안 진행되었다.

비-상징적 곱셈 과제(Non-symbolic multiplication task). 비-상징적 곱셈 과제는 선행 연구의 과제를 지원받아 수정 후 사용하였다(McCrink & Spelke, 2010, 2016; Figure 1). 곱셈 추론 과제 실험은 과제 설명 시행, 연습 시행, 테스트 시행의 3개의 블록으로 구성되었으며, 곱하기 2와 곱하기 4 조건의 두 개의 독립적인 과제가 모든 참가자에게 동일한 순서로 진행되었다(각 3 블록 씩, 총 6 블록). 최대 3번의 과제 설명 시행 후, 연습 시행이 시행되었다. 연습 시행 동안, 아동은 마법봉이 나타난 이후에 초기 사각형의 수가 변화되는 것을 상상하고 화면 오른쪽에 제시되는 비교 배열과 비교하여 좌우 배열 중 어느 쪽의 사각형이 더 많은지를 선택하였으며, 수행에 대한 피드백이 주어졌다. 연습 시행은 총 여섯 번의 시행으로 구성되었다. 테스트 시행은 피드백이 주어지지 않는다는 것을 제외하고 연습 시행과 동일하게 진행되었다(실험 자극 구성 및 실시 프로토콜과 관련한 구체적인 내용은 McCrink & Spelke, 2010 참고). 테스트 시행은 총 16번 진행되었으며 연습 시행과 테스트 시행을 모두 합하여 총 22 시행을 실시하였다. 테스트 시행에서의 비교 배열은 이전 배열들과는 다른 크기의 사각형들로 구성되었으며, 각 조건에서 면적과 길이가 통제되어 제시되었다. 따라서 성공적인 수행을 위해서는 수의 크기와 함께 변화되는 지각적인 변수가 아닌 사각형 수의 변화를 추론해야했다.

지능 검사. 모든 아동의 지능지수는 최신 개정판인 웨슬러 유아지능평가 4판(Wechsler, 2012)을 국내에서 Park, Lee와 Ahn(2016)이 표준화한 K-WPPSI-IV를 사용하여 측정되었다.

연구절차

모든 아동은 ANS 과제와, 비-상징적 곱셈 과제, 그리고 K-WPPSI-IV 지능 검사에 참가하였다. 세 과제의 실시 순서는 역균형화(counter-balanced)되어 실시되었다. 연구의 모든 절차는 아동과 연구자가 1:1로 독립된 방에서 진행하였다. ANS 과제와 비-상징적 곱셈 과제는 모두 13.3 인치(해상도 2560 × 1600) 노트북 Macbook Pro(Apple Inc., cupertino, CA)를 통해 제시되었다. ANS 과제의 소요 시간은 약 5분, 비-상징적 곱셈 과제의 소요 시간은 평균 30분, 지능 검사의 소요 시간은 평균 1시간~1시간 20분으로, 전체 연구는 총 2시간 정도 소요되었다. 각 절차가 끝날 때 마다 아동들에게 10분 이상의 충분한 휴식 시간을 주었으며 아동이 다음 절차를 진행할 준비가 되었다고 동의하였을 때 진행하였다. 참여한 모든 참가자들에게는 아동의 간식과 K-WPPSI-IV 지능 검사 결과 보고서, 그리고 ANS 측정 결과 보고서가 보상으로 제공되었다.

결 과

비-상징적 곱셈 실험 결과

반복측정 분산분석 2 (곱하기 조건, within factor) × 3 (연령, between factor)을 사용하여 곱하기 2와 4의 난이도에 따른 정확도의 차이와 각 연령 간의 차이를 살펴보았다. 그 결과 곱하기 조건의 유의미한 주효과가 나타났다($F(1, 18) = 4.486, p < .05$). 반면, 연령의 주효과와 곱하기 조건과 연령 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다(all $ps > .05$). 곱하기 2와 곱하기 4를 추론하는 두 과제 모두에서 전체 아동들의 평균 정확도는 우연 수준보다 유의미하게 높게 나타났다. 곱하기 2 조건에서의 아동들의 테스트 정확도는 75%였으며



Figure 1. Schematic of the multiplication videos presented to the children (McCrink & Spelke, 2010)

곱하기 4 조건의 정확도는 67.26%이었다(단일표본 t-test: $t(20) = 8.74$ and $t(20) = 5.61$, both $ps < .001$). 또한 개인의 수행률이 우연 수준보다 높은 아동의 수를 이항검정을 통해 계산하였을 때, 곱하기 2 조건에서는 총 21명의 아동 중 20명이 이 기준을 충족하는 것으로 나타났으며(검정비율 .05, $p < .001$), 곱하기 4 조건에서는 총 21명의 아동 중 18명이 기준을 충족하는 것으로 나타났다(검정비율 .05, $p = .001$). 기준을 충족하지 못한 아동들의 데이터 탐색을 한 결과 극단치로 지정되지 않았으므로 상관계수 추정치의 값을 왜곡시키지 않을 것으로 보였다. 선행 연구(McCrink & Spelke, 2010)에서도 이러한 데이터를 모든 분석에 포함한 것을 바탕으로 본 연구의 추후 분석에서도 이러한 데이터를 모두 포함하였다. 또한, 단일표본 t-test를 통해 곱하기 2와 곱하기 4의 각 연령별 평균 수행률을 살펴보았다. 그 결과, 곱하기 2 조건에서의 만 4세 아동의 평균 수행률은 68.75%이었으며($t(8) = 3.55$, $p < .01$), 만 5세의 경우 81.25%($t(7) = 9.35$, $p < .01$), 그리고 만 6세 아동의 경우 76.04%($t(6) = 5.00$, $p < .01$)로 모두 우연수준 보다 유의미하게 높은 수행률을 보였다. 곱하기 4 조건에서의 만 4세 아동의 평균 수행률은 66.40%($t(8) = 4.02$, $p < .01$), 만 6세의 경우 69.48%($t(6) = 3.35$, $p < .05$)로 우연수준 보다 유의미하게 높은 수행률을 보였다. 반면, 만 5세의 경우 66.07%($t(6) = 2.36$, $p = .056$)로 유의수준에 근접한 수행률을 보였다. 이러한 결과는 곱셈에 대한 정규 학습이나 훈련이 이루어지지 않은 만 4세에서 6세의 유아도 비-상징적인 곱셈 추론 과제를 유의미한 수준으로 해결할 수 있음을 시사한다.

ANS 측정 결과

본 연구에 참여한 만 4-6세 아동의 대략적 수 민감도(ANS) 과제에서의 평균 정확도는 86.93%로 높은 수준이었다. ANS 과제에서의 정확도와 반응시간 평균을 각 연령별로 살펴 본 결과 만 4세의 경우에도 82.10%로 비교적 정확도가 높았

며, 만 5세는 86.60%, 만 6세는 93.75% 이었다. 반응속도의 경우에는 만 4세가 2500ms, 만 5세가 2348ms, 만 6세가 1964ms로 나타났다. 즉, 연령이 높아질수록 정확도가 높아지며, 반응시간은 더 빨라지는 패턴을 보였다. 그러나 일원 분산분석 결과, ANS 과제 수행 정확도에서 각 연령 간 유의미한 차이가 나타나지 않았으며($F(2, 18) = 1.637$, $p > .05$), 반응시간 역시 연령 간 유의미한 차이가 나타나지 않았다($F(2, 18) = 0.92$, $p > .05$).

지능 검사 결과

평균 전체지능(FSIQ)은 109였으며 표준 편차는 10.77이었다. 전체지능의 최소값이 87이었으므로 모든 아동은 이후 분석에 모두 포함되었다. 일원분산분석을 실시한 결과, FSIQ에서 유의미한 연령의 주효과가 나타나지 않았다($F(2, 18) = 0.54$, $p = .592$).

상관 및 회귀분석

전체 참가 아동을 대상으로 비-상징적 곱셈 과제(곱하기 2, 곱하기 4)의 정확도, ANS 과제에서의 정확도, ANS 과제에서의 반응시간, 전체지능 간의 상관을 보기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다. Figure 2에 제시된 바와 같이 아동의 곱하기 2 정확도는 지능과 유의미한 정적 상관을 보였으며($r = .447$, $p < .05$) ANS 과제 반응시간과는 유의미한 부적 상관을 보였다($r = -.531$, $p < .05$)이 있었다. 반면, 곱하기 4 정확도와 유의미한 상관을 보인 요인은 나타나지 않았다(all $ps > .05$).

상관분석 결과를 바탕으로, 곱하기 2 정확도 결과를 종속 변인으로 설정하고 ANS 과제 반응시간과 전체지능 점수를 독립변인으로 설정하여 위계적 회귀분석을 실시하였다. 그 결과, Figure 2에 나타난 바와 같이 전체지능이 아동의 곱하기 2 추론 정확도를 유의미하게 예측하는 것으로 나타났다($R^2 = 0.20$, $p < .05$). 또한, 전체지능과 ANS 반응시간을 독

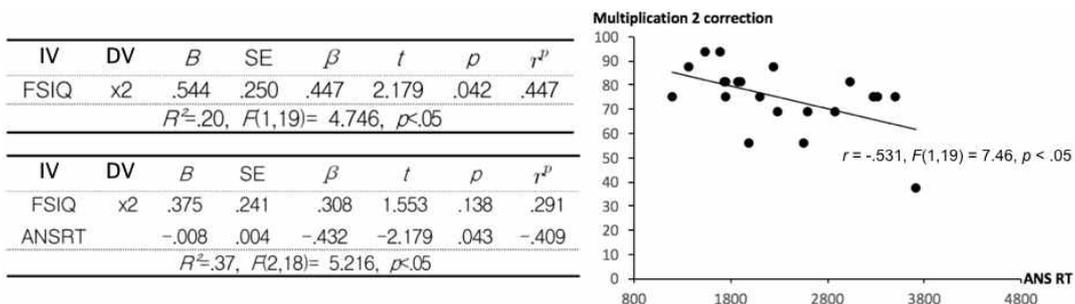


Figure 2. Regression analysis and scatter plot. (DV is Dependent variable, IV = Independent variable, ANS RT = ANS reaction time, FSIQ = full scale IQ)

립변인으로 설정하여 회귀분석을 실시하였을 경우 회귀모델은 유의하게 나타났으며($F(2, 18) = 5.216, p < .05$), 지능과 함께 ANS 반응시간을 추가하였을 때 두 독립변인이 곱하기 2 추론 정확도의 총 분산 중 36.7%를 설명하는 것으로 나타났으며($R^2 = 0.367, p < .05$), ANS 반응시간이 추가되었을 때 모델의 설명력이 유의미하게 증가하였다. 또한, ANS 반응시간은 비-상징적 곱셈 수행에 대한 전체지능의 설명력을 통제 한 후에도 아동의 곱하기 2 정확도를 유의미하게 설명하는 것으로 나타났으며($\beta = -.432, t(20) = -2.18, p < .05$). 즉, ANS 과제에서의 반응속도가 빠른 아동일수록, 곱하기 2의 정확도가 유의미하게 높게 나타났으며, 이러한 관계는 아동의 전체지능을 통제한 후에도 유의미하였다. 이러한 결과를 종합해 보았을 때 아동의 곱하기 2 추론 능력의 정확도를 가장 잘 설명하는 요인은 ANS 반응시간으로 나타났고, 다음으로는 전체지능임을 알 수 있었다.

논 의

본 연구에서는 만 4-6세 아동을 대상으로 ANS, 지능, 그리고 비-상징적인 곱셈 추론 과제를 실시하여 각 변인들 간의 관계를 알아보려고 하였다. 그 결과, 만 4세 아동도 곱하기 2 조건과, 곱하기 4 조건 모두에서 우연 수준보다 유의미하게 높은 수행률을 보였다. 이를 통해 곱셈에 대한 정규 학습이 이루어지지 않은 만 5-6세 아동들 뿐 아니라(McCrink & Spelke, 2010), 만 4세의 어린 아동들도 비-상징적인 곱셈 추론 문제를 곱하기 4의 난이도 수준까지 해결할 수 있다는 것을 확인하였다. 그러나 본 연구의 전체 참가자 수는 21명이었고 그 중에서 만 4세가 8명으로 표본 크기가 작으며, 이 때문에 결과의 해석에 신중을 기해야 할 한계점이 있다. 하지만 선행연구(McCrink & Spelke, 2010) 역시 전체 표본 수가 16으로 작았으며(만 5, 6세 각 8명) 그럼에도 본 연구와 일관된 결과가 관찰된 것으로 미루어, 본 연구 결과가 작은 표본으로 인한 우연한 결과라고 보긴 어려우며, 표본 크기 증가에 따라 더 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구에서 ANS 과제 정확도와 반응시간을 각 연령별로 비교하였을 때, 연령이 높아질수록 정확도가 높아지고 반응시간은 더 줄어들어, 여러 선행 연구들과 일치하는 패턴을 보였다(Feigenson et al., 2004; Libertus et al., 2013). 그러나 ANS 수행에 있어 연령 간 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았는데, 이는 본 연구에서 사용한 ANS 과제 특성에 기인한 것으로 보인다. 즉, 본 과제는 각 아동의 연령에 맞추어 각기 다른 난이도로 제시되었기 때문

에, 같은 연령 내의 수행 차이는 볼 수 있으나 각 연령 간의 유의미한 수행 차이를 보기는 어려웠다.

본 연구에서 곱하기 2 추론 능력에 대한 ANS의 설명력은 아동의 지능을 통제한 후에도 유의미하게 나타났다. 반면, 곱하기 4 추론 과제는 다른 요인들과의 유의미한 상관이나 나타나지 않았다. 따라서 지능을 통제하였을 때에도 대략적 수민감도가 비-상징적인 곱셈 추론 능력에 유의미한 영향을 미칠 것이라는 본 연구의 가설은 곱하기 2 조건에서만 검증되었다. ANS 민감도와 수학 성취도 간의 관계를 살펴본 Libertus 등(2013)의 연구에서도, 평가하는 계산 능력의 조건에 따라 비밀관적인 결과를 보고하였다. 본 연구에서도 비교적 단순한 추론인 곱하기 2 조건보다 복잡한 조건인 곱하기 4 조건에서 아동이 보다 어려움을 느꼈을 수 있다. 실제로, 분산분석 결과 곱하기 조건의 주효과가 나타났으며, 연령과의 상호작용은 유의미하지 않았다. 따라서 본 연구에서 곱하기 2 과제와 곱하기 4 과제에 대한 ANS와 지능 간의 관계가 상이하게 나타난 것은, 보다 작은 수의 변환을 다루는 곱하기 2 조건과 수의 양이 더 크게 변환 되는 것을 추론해야 하는 곱하기 4 조건에서 아동이 사용하는 인지적인 기제와 처리 과정이 상이하기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 추후 연구에서 연령의 범위를 확대하여(예: 만 7세 이상) 연령에 따라 처리할 수 있는 큰 수의 범위에 차이가 있는지를 측정하거나 더 큰 수의 샘플을 모집하여 재검증해보아야 할 필요가 있을 것이다. 또한, 비-상징적 곱셈 추론 뿐 아니라 비-상징적 나눗셈 추론을 살펴봄으로 큰 배열의 수가 먼저 제시되고 더 작아지는 수를 추론하도록 하였을 경우 대략적 수민감도와 다른 패턴의 상관이나 나타나는지를 확인하여 산술과제 종류에 따라 ANS가 미치는 영향이 상이한 지를 확인할 필요가 있다.

또한 본 연구에서 사용한 ANS 과제의 경우에는 연령에 따라 난이도가 다르게 설정되어 연령 간 비교가 어렵다는 제한점이 있었지만, 비-상징적 곱셈 과제의 경우에는 모든 연령에게 동일한 과제를 사용하였기 때문에 연령 간의 차이가 나타났을 수 있다. 따라서 두 과제의 연령에 대한 이러한 차이로 인해 ANS와 각 곱셈 조건 간의 상관관계가 일관적으로 나타나지 않았을 가능성이 있다. 따라서 추후 연구에서는 ANS 과제를 연령에 따라 다른 난이도로 제시하는 것이 아닌 단일 과제로 실시하여 곱셈 과제와의 상관을 살펴보는 것이 필요할 것이다. 또한, 만 6세 이상의 아동을 대상으로 상징적, 비-상징적 곱셈 과제를 함께 사용하여, ANS 기제와 곱셈 추론 능력 간의 관계를 명확히 검증할 필요가 있다.

이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 만 4-6세의 어린

아동들을 대상으로 ANS와 지능, 비-상징적인 곱셈 문제 해결 능력 간의 관계를 직접적으로 검증하여, ANS가 학령전기 아동의 비-상징적 곱셈 추론 능력을 설명하는 유의미한 요인임을 발견하였다는 의의가 있다. 또한, 본 연구는 만 4세 아동도 비-상징적 곱셈 문제를 추론할 수 있음을 최초로 발견하였다. 추후 연구에서는 ANS와 비-상징적인 곱셈 과제 뿐 아니라 비-상징적 나눗셈 과제와 상징적 곱셈 및 나눗셈 과제를 종합적으로 사용하여, ANS와 비-상징적인 산술 능력이 아동의 수학 성취도를 예측할 수 있는 요인이 될 수 있는지를 확인할 필요가 있다.

References

- Barth, H., Baron, A., Spelke, E., & Carey, S. (2009). Children's multiplicative transformations of discrete and continuous quantities. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 441-454.
- De Smedt, B., Noël, M. P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education, 2*, 48-55.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*, 307-314.
- Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2015). The Development of Numerical Abilities. *The Oxford Handbook of Numerical Cognition, 331-333*.
- Göbel, S. M., Watson, S. E., Lervåg, A., & Hulme, C. (2014). Children's arithmetic development It is number knowledge, not the approximate number sense, that counts. *Psychological Science, 25*, 789-798.
- Halberda, J., Mazzocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*, 665-668.
- Kibbe, M. M., & Feigenson, L. (2015). Young children 'solve for x' using the Approximate Number System. *Developmental Science, 18*, 38-49.
- Kim, S. Y., Hashimoto, R. I., Tassone, F., Simon, T. J., & Rivera, S. M. (2013). Altered neural activity of magnitude estimation processing in adults with the fragile X premutation. *Journal of Psychiatric Research, 47*, 1909-1916.
- Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Is approximate number precision a stable predictor of math ability?. *Learning and Individual Differences, 25*, 126-133.
- Matthews, P. G., Lewis, M. R., & Hubbard, E. M. (2016). Individual differences in nonsymbolic ratio processing predict symbolic math performance. *Psychological Science, 27*, 191-202.
- McCrink, K., & Spelke, E. S. (2010). Core multiplication in childhood. *Cognition, 116*, 204-216.
- McCrink, K., & Spelke, E. S. (2016). Non-symbolic division in childhood. *Journal of Experimental Child Psychology, 142*, 66-82.
- Park H. W., Lee K. O., & Ahn D. H. (2016). *K-WPPSI-IV Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence*. Seoul: Hakjisa
- Peters, E., & Bjälkebring, P. (2015). Multiple numeric competencies: When a number is not just a number. *Journal of Personality and Social Psychology, 108*, 802.
- Resnick, L. B. (1989). Developing mathematical knowledge. *American Psychologist, 44*, 162.
- Wechsler, D. (2012). *Technical and interpretative manual: WPPSI-IV*. NY: Pearson Inc.
- Wong, T. T. Y., Ho, C. S. H., & Tang, J. (2016). The relation between ANS and symbolic arithmetic skills: The mediating role of number-numerosity mappings. *Contemporary Educational Psychology, 46*, 208-217.

아동기 대략적 수 민감도가 비-상징적 곱셈 추론에 미치는 영향

권나연¹, 김제중¹, 김소연^{1*}

¹덕성여자대학교 심리학과

대략적 수 민감도(Approximate Number Sense; ANS)는 대략적으로 수량이 많은 지, 적은 지를 파악하는 능력이다. 본 연구에서는 21명의 만 4-6세 아동을 대상으로 비-상징적 곱셈 추론 문제를 해결하는 능력을 검증하고, 아동의 ANS와 지능, 그리고 비-상징적 곱셈 추론 능력 간의 관계를 살펴보았다. 이를 통해 1) 만 4-6세 아동들이 비-상징적으로 제시되는 곱셈 문제를 해결 할 수 있는 지를 알아보고자 하였으며, 2) 아동의 지능을 통제하고도 ANS가 초기 산술 능력을 유의미하게 설명할 수 있는지를 검증해보고자 하였다. 그 결과 만 4-6세 아동들은 비-상징적으로 제시되는 곱하기 2 조건과 곱하기 4 조건 모두에서 우연 수준보다 유의미하게 높은 수행률을 보였으며, 이는 곱셈에 대한 정규 교육을 받지 않은 어린 아동의 경우에도 비-상징적인 곱셈의 추론이 가능함을 시사한다. 또한, 비-상징적 곱셈 추론 정확도, 대략적 수 민감도의 정확도와 반응시간, 그리고 전체지능(FSIQ) 간의 관계를 살펴본 결과, 곱하기 2 추론 정확도는 ANS 과제에서의 반응시간과 유의미한 부적상관을 보였으며 이러한 결과는 아동의 지능을 통제하였을 때에도 유의하였다. 즉, 곱하기 2 추론의 경우, 만 4-6세 아동이 ANS 과제에서 더 빠르게 반응할수록 비-상징적 곱셈 추론의 정확도가 높았으며, 이러한 관계는 아동의 지능과 관계없이 나타났다. 그러나 곱하기 4 추론 정확도와 ANS, 그리고 지능 간의 관계는 유의미하지 않았다. 본 연구의 결과는 비-상징적 곱셈 추론 능력이 최소 만 4세 연령에서도 가능함을 시사하며, 아동의 ANS가 비-상징적 곱셈 추론 능력을 설명할 수 있음을 시사한다.

주제어: 아동, 학령전기, 대략적 수 민감도, 비-상징적 곱셈, 지능