

## Ordinality judgment on number and letter sequences yields reverse distance effects and correlates with academic achievement\*

Hayoung Lee<sup>1</sup>, Soohyun Cho<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychology, Chung-Ang University

The present study examined whether a reverse distance effect (RDE) is consistently observed for ordinality judgment using numbers, Korean letters and the alphabet. RDE refers to a phenomenon in which better performance is observed for judgment on stimuli that are closer to each other. We examined whether performance on these tasks are correlated with academic achievement in math, Korean and English domains. Indeed, RDEs were observed from all three tasks. This result reveals that the order of numbers and letters are similarly processed and is consistent with the results of previous studies reporting RDE. Performance was better for order judgment of numbers compared to Korean letters, and for Korean letters compared to the alphabet. This reveals that ordinality judgment of letters are less efficient compared to numbers and that ordinality judgment in the native language is more efficient compared to a foreign language. Linear regression analysis revealed that ordinality judgment performance using numbers and Korean letters significantly predicted math achievement. All three ordinality judgment performance predicted achievement in Korean and English domains. These results suggest that ordinality judgment of numbers and letters is related to achievement in not only math but also language. The present study is the first to examine the relationship between ordinality judgment performance and language achievement. We hereby propose that ordinal representations may be more domain-general than previously conceived, going beyond their presupposed numerical nature.

**Keywords:** ordinality, reverse distance effect, math achievement, academic achievement, language achievement

1 차원고접수 18.04.06; 수정원고접수 18.07.19; 최종게재결정 18.07.31

기수(cardinality) 표상은 수의 크고 작음, 수량의 많고 적음을 나타내며, 순서 표상은 수(e.g., 1, 2, 3...), 글자(A, B, C...), 요일(월, 화, 수...) 등 연쇄적 정보의 상대적 위치를 의미한다. 선행 연구에서는 주로 기수 표상을 중심으로 수 표상과 수 정보 처리에 대한 연구가 이루어져 왔으며, 순서 표상에 대한 연구는 상대적으로 매우 적다.

기수 처리의 정확도는 보편적으로 두 개의 수나 수량을 비교하여 어느 쪽이 더 큰(많은)지를 판단하는 과제를 통해 측정한다. 이러한 크기 비교 과제에서는 두 자극 간 거리(i.e., 크기 차이)가 멀수록 수행이 더 좋아지는 전형적 거리

효과(canonical distance effect)가 관찰된다. 수에 대한 정신적 표상은 크기 순서대로 일렬로 나열된 연속적인 '정신적 수 직선(mental number line)'을 구성한다고 가정된다(Dehaene, 2003). 이 때, 전형적 거리효과가 나타나는 이유가 명확하게 밝혀진 것은 아니지만, 대표적인 이론에 의하면 두 수 표상이 정신적 수 직선 상에 가까이 위치할수록 두 표상의 분포가 더 많이 겹치게 되므로 크기 비교 시 혼동이 유발될 수 있기 때문이라고 한다(Holloway & Ansari, 2009; Rugani et al., 2015). 순서 표상에 대한 연구는 주로 숫자 간 상대적 순서를 판단하는 과제를 통해 이루어졌는데,

\* 이 논문은 한국연구재단(NRF-2017R1D1A1B03032115)의 지원에 의하여 수행되었고, 이하영의 석사학위논문 데이터 중 일부가 사용되었음.

† 교신저자: 조수현, 중앙대학교 심리학과, (06974) 서울특별시 동작구 흑석로 84, Email: soohyun@cau.ac.kr

세 개의 숫자를 사용한 경우 역 거리 효과(reverse distance effect; 거리가 가까울수록 수행이 더 좋아지는 현상)가, 두 개의 숫자를 사용한 경우 전형적 거리 효과가 관찰되었다(Goffin & Ansari, 2016; Lyons et al., 2014; Turconi et al., 2004; Vogel et al., 2015).

역 거리 효과는 연쇄적 탐색(serial search)을 통한 순서 판단 과정에서 나타나는 현상으로 추측되고 있다(Lyons et al., 2016; Reynvoet & Sasanguie, 2016). 예를 들어, '7 5 3' 과 같은 배열의 순서가 오름(내림)차순인지, 무선적인지를 판단할 때, 피험자들은 숫자열을 떠올려 연쇄적 탐색을 한다. 이 때, 숫자열 내 순서 상 가까운 거리에 있는 세 자극 간 순서 판단이 더 용이할 것으로 추측할 수 있다. 또한, 숫자 열처럼 과학습된 배열일 경우 순서 판단이 더 용이할 것으로 예측된다. 선행 연구들은 이와 같은 가정에 기반하여 순서 판단 시에 역 거리 효과가 나타나는 결과를 해석하고 있다(Jou, 1997; Lyons, Vogel, & Ansari, 2016; Reynvoet & Sasanguie, 2016). 한편, 두 개의 숫자로 순서 판단을 시킬 경우, (순서를 비교하기보다는) 단순 크기 비교를 통해 과제를 수행하였을 가능성이 있으므로 기수 비교 과제에서와 같이 전형적 거리 효과가 나타났을 가능성이 있다(Jou, 1997; Lyons et al., 2016; Reynvoet & Sasanguie, 2016). 그렇다면, 세 개의 자극을 이용하여 보다 효과적으로 순서 정보처리가 유발되는 경우 역 거리 효과가 나타나는 것으로 기존 연구 결과들을 정리할 수 있다.

크기 비교 과제와 순서 판단 과제에서 각기 전형적 거리 효과와 역 거리 효과가 나타나는 현상은 크기 비교와 순서 판단 시에 질적으로 다른 인지 과정이 일어남을 시사한다. 그러나 숫자 자극을 사용하여 순서 판단 과제를 실시하는 경우, 세 개의 자극을 사용하더라도 크기 비교 과정의 개입을 완전히 배제하기 어렵다. 따라서 순서 표상에 대한 연구에서는 숫자보다는 글자를 사용하는 것이 더 좋은 방법이라 할 수 있다. 그러나 현재까지 글자 자극을 이용한 순서 표상에 대한 연구는 그 수가 매우 적을 뿐 아니라 소수의 연구 간에 일치하지 않는 결과가 보고되었다. 즉, 세 개의 글자를 사용한 연구의 경우 역 거리 효과가, 두 개의 글자를 사용한 경우 전형적 거리 효과가 보고되었다(Gevers, Reynvoet, & Fias, 2003; Hamilton & Sanford, 1978; Turconi et al., 2004; Vogel et al., 2017; Vos et al., 2017). (숫자 과제에서와 마찬가지로) 두 개의 글자를 이용한 순서 판단 시에도 전형적 거리 효과가 나타난 것은 (자극의 종류와 무관하게) 두 개의 자극 비교 시에 개입되는 어떤 공통적인 인지 과정이 전형적 거리 효과를 나타나게 할 가능성을 시사한다

(Lyons et al., 2016; Reynvoet & Sasanguie, 2016). 또한, 세 개의 글자에 대한 순서 판단 시에 역 거리 효과가 나타난 결과는 순서 정보를 처리할 때에 자극의 종류와 무관하게 역 거리 효과가 관찰됨을 확인시켜 준다(Fulbright et al., 2003; Turconi et al., 2004; Vogel et al., 2017; Vos et al., 2017). 그러나 글자를 이용한 기존의 연구들은 모두 알파벳만을 사용하였으므로, 다른 글자 체계(e.g., 한글)에서도 동일한 현상이 나타나는지 검증할 필요가 있다.

순서 표상을 다룬 모든 선행 연구들에서, '순서' 표상은 자극의 종류(숫자, 알파벳 혹은 달(month)의 이름 등)와 무관하게 '수학적'인 표상으로 가정되었다(Franklin & Jonides, 2009; Goffin & Ansari, 2016; Jacob & Nieder, 2008; Lyons & Ansari, 2015; Turconi et al., 2006). 이러한 관점에 기반하여, 순서 판단 능력이 '수학' 성취도와 관련된다는 연구 결과들이 보고되었다(Goffin & Ansari, 2016; Knops & Willmes, 2014; Lyons & Ansari, 2015; Lyons & Beilock, 2011; Vos et al., 2017). 그러나 본 연구의 저자들은 순서 표상이 반드시 '수학'에 기반하지 않을 수 있으며, 그 관련성이 수학에만 국한되지 않을 가능성이 있다고 생각하였다. 이를 검증하기 위해 본 연구는 기존에 연구되지 않은 한글을 포함한 여러 종류의 자극(i.e., 아라비아 숫자, 한글, 알파벳)을 이용하여 순서 표상에 대한 연구 중 처음으로 순서 판단 능력이 수학 및 수학 외 영역(국어, 영어)의 성취도와 관계되는지를 검증하였다.

## 방 법

### 참가자

한국어를 모국어로 사용하는 대학생 60명이 참여하였고, 이 중 전체 순서 판단 과제에서 50% 미만의 정확도를 보인 2명을 제외한 58명의 자료가 분석에 사용되었다(남성: 39명, 연령 평균(표준편차)=24.1(2.4)세; 여성: 19명, 연령=21.4(1.5)세). 참가자들은 시작 전에 실험 절차에 대한 안내를 받고 실험 참가에 대해 서면으로 동의하였다. 모든 참가자들은 실험이 종료된 후 사례비를 지급받았으며 대학수학능력시험 성적을 제출한 43명에게는 소정의 추가 사례비가 제공되었다(남성: 29명, 연령=23.8(2.5)세; 여성: 14명, 연령=21.0(1.3)세).

### 검사, 과제 및 절차

순서 판단의 정확도를 측정하기 위한 순서 판단 과제, 수학 성취도 측정을 위한 기초학습기능 수행평가체제(Basic

Academic Skills Assessment; BASA) 수학 지필 검사 및 컴퓨터 연산 과제, 유동지능 검사, 일반 처리속도 측정 과제가 실시되었다. 순서 효과를 방지하기 위하여 과제/검사의 실시 순서는 참가자 간에 역균형화되었다.

**순서 판단 과제.** 아라비아 숫자, 한글 자음/모음, 영어 알파벳이 자극으로 사용되었다. 각 과제에서 화면 중앙에 세 개의 자극이 한 세트로 제시되었다(Figure 1). 참가자는 숫자 키패드를 사용하여 자극 세트가 순차(e.g., 7 1 2) 혹은 역순(e.g., C B A)으로 배열되었다고 판단할 경우 8번, 무작위 순서(e.g., 4 1 3)로 배열되었다고 판단할 경우 2번 키를 누르도록 지시를 받았다. 역균형화를 위하여 참가자의 절반은 응답 키를 반대로 지시받았다. 숫자 순서 판단 과제에서는 직산<sup>1)</sup> 범위를 제외한 6-40의 숫자가 제시되었다. 자극을 순차적으로 재배열하였을 때, 순서 상 가까운 두 쌍의 인접 자극(i.e., 첫째와 둘째, 둘째와 셋째) 간 거리(이하 '자극 간 거리')는 1-9였다(순차/역순 시행에서 두 쌍의 인접 자극 간 거리는 언제나 동일하였다). 10번의 연습 시행 후 210번의 본 시행이 실시되었다. 글자 과제에서는 14개의 한글 자음(ㄱ-ㅎ), 10개의 한글 모음(ㅏ-ㅣ), 14개의 알파벳 대문자(A-N)가 자극으로 제시되었다. 글자 과제에서 자극 간 거리는 1-3이었다. 8번의 연습 시행 후 한글 자음 및 알파벳 과제는 180번, 한글 모음 과제는 108번의 본 시행이 실시되었다.

Digit	Korean letters			Alphabet
	Consonants	Vowels		
6 7 8	ㄱ ㄴ ㄷ	ㅏ ㅑ ㅓ		A B C

Figure 1. Example trials of the ordinal judgment tasks

**BASA 수학 지필 검사.** BASA 수학 검사 중 통합 단계 문제 유형 1-5가 서면으로 제공되었다. 참가자들은 매 유형마다 주어진 주관식 사칙연산 24문항을 2분 내에 가능한 빠르고 정확하게 풀도록 지시를 받았다. 검사의 총점을 종속 변인으로 사용하였다.

**컴퓨터 연산 과제.** 화면 중앙에 주관식 덧셈, 뺄셈 문항이 세로 식으로 제시되었다. 참가자는 암산을 통해 답을 계산하고, 숫자 키패드를 사용하여 10의 자리, 1의 자리 순서로 답을 입력하였다. 받아올림이 있거나 없는 덧셈, 받아내림이

있거나 없는 뺄셈 문제가 무선적으로 제시되었다. 5번의 연습 시행 후 128번의 본 시행이 실시되었다.

**대학수학능력시험.** 표준화된 국어 및 영어 성취도 점수를 측정하기 위하여 자원한 참가자에 한하여 대학수학능력시험 성적을 수집하였다. 국어(언어), 영어(외국어) 영역의 표준점수와 백분위를 회귀분석에서 종속 변인으로 사용하였다.

**유동지능 검사.** 일반 인지 능력의 영향을 통제하기 위하여 유동지능을 측정하는 Raven's Advanced Progressive Matrices의 축약형 검사 점수를 공변인으로 사용하였다 (Arthur Jr et al., 1999).

**일반 처리 속도(general processing speed) 과제.** 컴퓨터 프로그램에 기반한 인지 행동과제를 수행할 때 자극에 대한 일반적인 반응시간(RT)을 통제하기 위하여, 일반 처리속도 과제의 측정치를 공변인으로 사용하였다(Reigosa-Crespo et al., 2012; Vos et al., 2017).

**자료 분석**

각 과제의 조건 별로 정확도가 50% 미만인 참가자의 수행은 분석에서 제외되었다. 순서 판단 과제에서 자극 간 거리가 수행에 영향을 미치는지(즉, '거리 효과'가 있는지)를 알아보기 위해 선행 연구의 방법에 기초하여 회귀 분석을 실시하였다(De Smedt et al., 2009). 먼저, 순서 판단 과제에서의 자극 간 거리를 세 구간으로 나누었다(숫자: 1-3, 4-6, 7-9; 글자: 1, 2, 3). 다음, 세 구간의 평균 거리(숫자: 2, 5, 8; 글자: 1, 2, 3)를 예측 변인으로, 해당 구간에서의 수행(RT 혹은 정확도(ACC))을 종속 변인으로 하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 계산된 회귀선의 기울기(회귀계수)를 '거리 효과'로 계산하였다. 즉, 거리 효과는 자극 간 거리가 순서 판단 수행을 예측하는 정도를 의미한다. 모든 과제에서 오름차순(순차), 내림차순(역순) 조건의 시행이 분석에 포함되었다. 한글 과제는 자음과 모음 조건을 통합하여 분석하였다. 일부 수행 측정치가 정규성 가정을 위반하여 Spearman 편상관분석을 실시하였다(유동지능 점수와 일반 처리속도를 공변인으로 사용하였음.). 편상관분석 결과를 토대로 각 과제의 수행을 예측 변인으로, 유동지능 점수, 일반 처리속도 과제 RT를 공변인으로, 각 성취도 점수를 종속 변인으로 하는 선행 회귀분석을 실시하였다.

1) 직산(subitizing): 작은 수량(e.g., 1-4)의 물체를 일일이 세지 않고 한 번에 정확하게 수량을 파악하는 인지 과정

**기술 통계**

각 과제의 평균(표준편차) 수행은 Table 1.1과 같았다. 독립 표본 t검증 결과, 숫자 과제의 수행은 한글 과제보다( $t_{RT}(57) = -12.37, p < .01, \text{Cohen's } d = -1.62; t_{ACC}(57) = 4.18, p < .01, \text{Cohen's } d = .55$ ), 한글 과제의 수행은 알파벳 과제보다 유의하게 빠르고 정확하였다( $t_{RT}(57) = -5.40, p < .01, \text{Cohen's } d = -.71; t_{ACC}(57) = 6.17, p < .01, \text{Cohen's } d = .81$ ).

**거리 효과**

각 과제에서 측정된 거리 효과의 크기는 Table 1.2와 같았다. 각 과제에서의 거리 효과가 0과 유의미한 차이를 보이는지 알아보기 위하여 단일 표본 t 검증을 실시한 결과, 모든 과제에서 역 거리 효과가 유의하였다(숫자:  $t_{RT}(57) = 5.86, p < .01, \text{Cohen's } d = .77; t_{ACC}(57) = -1.81, p < .08, \text{Cohen's } d = -.24$ ; 한글:  $t_{RT}(57) = 8.18, p < .01, \text{Cohen's } d = 1.07$ ; 알파벳:  $t_{RT}(57) = 6.67, p < .01, \text{Cohen's } d = .88; t_{ACC}(57) = -4.79, p < .01, \text{Cohen's } d = -.63$ ).

**상관분석**

모든 과제의 평균 RT 및 ACC 간 Spearman 편상관관계를 분석한 결과, 숫자 및 한글 과제 간( $r_{RT}(52) = .36, p < .01$ ;

$r_{ACC}(52) = .28, p < .05$ ), 숫자 및 알파벳 과제 간( $r_{RT}(52) = .27, p < .05; r_{ACC}(52) = .26, p < .06$ ), 한글 및 알파벳 과제 간( $r_{RT}(52) = .82, p < .01; r_{ACC}(52) = .44, p < .05$ )에 각기 유의한 상관관계가 발견되었다.

**회귀분석**

각 순서 판단 과제의 평균 RT 및 ACC를 예측 변인으로, 유동 지능 검사 ACC와 일반 처리속도 과제 RT를 공변인으로 국어, 영어, 수학 성취도를 종속 변인으로 투입하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 그 결과, 숫자 과제의 RT가 컴퓨터 연산 과제의 RT를, 한글 과제의 ACC가 BASA 점수를, 알파벳 과제의 RT가 컴퓨터 연산 과제의 ACC를 유의하게 예측하였다(숫자:  $R^2 = .14, F(3,54) = 2.89, p < .05, \beta_{RT} = .35, p < .05$ ; 한글:  $R^2 = .22, F(3,43) = 4.00, p < .05, \beta_{ACC} = .42, p < .01$ ; 알파벳:  $R^2 = .19, F(3,43) = 3.33, p < .05, \beta_{RT} = .26, p = .06$ ). 숫자, 한글, 알파벳 과제의 RT가 각기 국어 영역의 표준 점수를 유의하게 예측하였다(숫자:  $R^2 = .18, F(3,39) = 2.82, p = .05, \beta_{RT} = -.41, p < .05$ ; 한글:  $R^2 = .25, F(3,32) = 3.62, p < .05, \beta_{RT} = -.51, p < .01$ ; 알파벳:  $R^2 = .26, F(3,33) = 3.85, p < .05, \beta_{RT} = -.48, p < .01$ ). 또한 숫자, 한글, 알파벳 과제의 RT가 각기 영어 영역의 백분위 점수를 유의하게 예

**Table 1.1.** Descriptive statistics of behavioral performance. Numbers in parentheses denote standard deviations.

Tasks		RT (ms)	ACC or total score
Ordinal judgment	Digit	1071.88(211.53)	0.90(.04)
	Korean letter	1808.52(478.16)	0.85(.09)
	Alphabet	2044.61(577.89)	0.75(.13)
Covariates	General processing speed	276.63(28.00)	-
	Fluid intelligence	29974.20(12689.11)	0.71(0.20)
	Computerized calculation	2717.63(731.86)	0.94(0.04)
Math achievement	BASA math	-	117.33(2.20)
	Tests		Standardized score
Korean language achievement		124.39(6.26)	88.66(9.88)
English language achievement		124.70(7.93)	87.39(11.55)

**Table 1.2.** Analysis of distance effects (linear regression on performance using distance as predictor). \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ .

	RT			ACC		
	regression coefficient	t	d	regression coefficient	t	d
Digit	12.02(15.61)	5.86**	0.77	0.00(0.01)	-1.81	-0.24
Korean letters	154.34(143.67)	8.18**	1.07	-0.01(0.05)	-1.20	-0.16
Alphabet	183.59(209.66)	6.67**	0.88	-0.04(0.07)	-4.79**	-0.63

측하였다(숫자:  $R^2 = .20$ ,  $F(3,39) = 3.32$ ,  $p < .05$ ,  $\beta_{RT} = -.39$ ,  $p < .05$ ; 한글:  $R^2 = .23$ ,  $F(3,32) = 3.13$ ,  $p < .05$ ,  $\beta_{RT} = -.40$ ,  $p < .05$ ; 알파벳:  $R^2 = .24$ ,  $F(3,33) = 3.40$ ,  $p < .05$ ,  $\beta_{RT} = -.41$ ,  $p < .05$ ).

## 논 의

본 연구에서는 숫자, 한글 자음/모음, 영어 알파벳을 자극으로 사용한 순서 판단 과제에서 어떠한 거리 효과가 나타나는지, 각 과제의 수행이 수학, 국어, 영어 성취도를 예측할 수 있는지를 검증하였다. 분석 결과, 숫자, 한글, 알파벳 순서 판단 과제에서 모두 유의한 역 거리 효과가 발견되었다. 이는 숫자와 알파벳 순서 판단 과제에서 역 거리 효과를 발견하였던 선행 연구 결과와 일치한다(Vogel et al., 2017; Vos et al., 2017). 또한 이는 세 개의 자극을 사용한 순서 판단 과제에서 자극의 종류와 관계없이 역 거리 효과가 관찰됨을 재확인해준다. 선행 연구 결과에서와 같이, 참가자들은 글자보다 숫자 순서 판단 과제에서 더 좋은 수행을 보였다(Turconi et al., 2004; Vogel et al., 2017; Vos et al., 2017). 이는 글자결과 비교할 때 숫자열이 더 많이 연습된(혹은 사용 빈도가 높은) 자극 배열이기 때문인 것으로 해석할 수 있다(Fulbright et al., 2003; Turconi et al., 2004).

숫자와 한글 과제 수행 간의 유의한 상관관계는 숫자와 한글의 순서 표상이 유사하게 처리됨을 시사한다. 본 연구에서 한글 과제의 수행이 알파벳 과제보다 유의하게 높았던 결과는 외국어에 비하여 모국어 글자의 순서 판단이 더 효율적이기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 한편, 한글과 알파벳 과제 수행 간 유의한 상관관계는 언어적 숙련도의 차이에도 불구하고 한글과 알파벳 순서 판단 과정이 유사하거나 서로 밀접하게 관련됨을 시사한다.

회귀분석 결과, 숫자 과제의 RT가 컴퓨터 연산 과제의 RT를, 한글 과제의 ACC가 BASA 점수를, 알파벳 과제의 RT가 컴퓨터 연산 과제의 ACC를 유의하게 예측하였다. 또한 숫자, 한글, 알파벳 과제의 RT가 국어 및 영어 성취도 점수를 각기 유의하게 예측하였다. 이는 순서 정보 처리 능력과 학업 성취도 간의 관계가 수학 영역에 국한되지 않고 언어 영역을 포함하는, 더 광범위한 영역의 학업 성취도와 관계될 가능성을 보여준다. 이러한 연구 결과는 수 크기나 음소 변별 능력이 각기 수학, 언어 영역의 성취를 예측하듯이, 숫자나 글자의 상대적인 순서에 대한 기초적인 정보 처리 역시 수학, 영어, 국어를 포함한 영역의 학업 성취를 예측할 가능성을 보여준다. 종합하면, 이와 같은 결과들은 정보를

구성하는 기본 단위의 특성(e.g., 수 크기, 음소의 발음, 자음/모음의 순서)에 대한 기초적인 이해 능력이 고등한 정보처리 및 학업 성취에 영향을 줄 가능성을 시사한다. 후속 연구에서는 숫자, 글자 외의 순서 표상과 보다 폭넓은 영역의 학업 성취도 간의 관계를 밝히고 언어의 숙련도에 따라 이러한 관계가 어떻게 달라지는지에 대하여 살펴볼 필요가 있다.

## References

- Arthur Jr, W., Tubre, T. C., Paul, D. S., & Sanchez-Ku, M. L. (1999). College-sample psychometric and normative data on a short form of the Raven Advanced Progressive Matrices Test. *Journal of Psychoeducational Assessment, 17*, 354-361.
- Dehaene, S. (2003). The neural basis of the Weber - Fechner law: a logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 145-147.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 469-479.
- Franklin, M. S., Jonides, J., & Smith, E. E. (2009). Processing of order information for numbers and months. *Memory & Cognition, 37*, 644-654.
- Fulbright, R. K., Manson, S. C., Skudlarski, P., Lacadie, C. M., & Gore, J. C. (2003). Quantity determination and the distance effect with letters, numbers, and shapes: a functional MR imaging study of number processing. *American Journal of Neuroradiology, 24*, 193-200.
- Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W. (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition, 87*, B87-B95.
- Goffin, C., & Ansari, D. (2016). Beyond magnitude: Judging ordinality of symbolic number is unrelated to magnitude comparison and independently relates to individual differences in arithmetic. *Cognition, 150*, 68-76.
- Hamilton, J., & Sanford, A. (1978). The symbolic distance effect for alphabetic order judgements: A subjective report and reaction time analysis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 30*, 33-41.
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 17-29.

- Jacob, S. N., & Nieder, A. (2008). The ABC of cardinal and ordinal number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*, 41-43.
- Jou, J. (1997). Why is the alphabetically middle letter in a multiletter array so hard to determine? Memory processes in linear-order information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*, 1743.
- Knops, A., & Willmes, K. (2014). Numerical ordering and symbolic arithmetic share frontal and parietal circuits in the right hemisphere. *Neuroimage*, *84*, 786-795.
- Lyons, I., Vogel, S., & Ansari, D. (2016). On the ordinality of numbers: a review of neural and behavioral studies. *Progress in Brain Research*, *227*, 187-221.
- Lyons, I. M., & Ansari, D. (2015). Numerical Order Processing in Children: From Reversing the Distance Effect to Predicting Arithmetic. *Mind, Brain, and Education*, *9*, 207-221.
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, *121*, 256-261.
- Lyons, I. M., Price, G. R., Vaessen, A., Blomert, L., & Ansari, D. (2014). Numerical predictors of arithmetic success in grades 1-6. *Developmental Science*, *17*, 714-726.
- Reigosa-Crespo, V., Valdés-Sosa, M., Butterworth, B., Estévez, N., Rodríguez, M., Santos, E., . . . Lage, A. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana Survey. *Developmental Psychology*, *48*, 123.
- Reynvoet, B., & Sasanguie, D. (2016). The Symbol Grounding Problem Revisited: A Thorough Evaluation of the ANS Mapping Account and the Proposal of an Alternative Account Based on Symbol - Symbol Associations. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1581.
- Rugani, R., Vallortigara, G., Priftis, K., & Regolin, L. (2015). Number-space mapping in the newborn chick resembles humans' mental number line. *Science*, *347*, 534-536.
- Turconi, E., Campbell, J. I., & Seron, X. (2006). Numerical order and quantity processing in number comparison. *Cognition*, *98*, 273-285.
- Turconi, E., Jemel, B., Rossion, B., & Seron, X. (2004). Electrophysiological evidence for differential processing of numerical quantity and order in humans. *Cognitive Brain Research*, *21*, 22-38.
- Vogel, S. E., Haigh, T., Sommerauer, G., Spindler, M., Brunner, C., Lyons, I. M., & Grabner, R. H. (2017). Processing the order of symbolic numbers: A reliable and unique predictor of arithmetic fluency. *Journal of Numerical Cognition*, *3*, 288-308.
- Vogel, S. E., Remark, A., & Ansari, D. (2015). Differential processing of symbolic numerical magnitude and order in first-grade children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *129*, 26-39.
- Vos, H., Sasanguie, D., Gevers, W., & Reynvoet, B. (2017). The role of general and number-specific order processing in adults' arithmetic performance. *Journal of Cognitive Psychology*, *29*, 469-482.

# 숫자와 글자 순서 판단 수행의 역 거리 효과 및 학업 성취도와의 관계 분석

이하영<sup>1</sup>, 조수현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 심리학과

역 거리 효과란, 비교 과제에서 자극 간의 거리가 가까울수록 더 좋은 수행을 보이는 현상을 말한다. 본 연구에서는 숫자, 한글 자음/모음, 영어 알파벳을 사용한 순서 판단 시 역 거리 효과가 나타나는지를 확인하고, 각 과제의 수행과 수학, 국어, 영어 성취도 간의 관계를 분석하였다. 연구 결과, 모든 순서 판단 과제에서 역 거리 효과가 나타나 숫자와 글자의 순서 정보가 유사하게 처리됨을 확인하였다. 참가자들은 숫자 과제를 한글 과제보다, 한글 과제를 영어 과제보다 더 우수하게 수행하였다. 이는 숫자와 비교할 때 글자 순서 판단은 상대적으로 익숙하지 않은 과제이기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 또한, 이 결과를 통해 외국어와 비교할 때 모국어 글자 판단이 더 수월하였음을 알 수 있다. 회귀분석 결과, 숫자, 한글, 알파벳 순서 판단 과제의 수행이 수학, 국어, 영어 성취도를 유의하게 예측하였다. 이러한 결과는 숫자와 글자 순서 판단 과제의 수행이 수학만이 아닌 언어 영역의 학업 성취도와도 밀접한 관계가 있음을 시사한다. 본 연구는 순서 판단 과제의 수행과 언어 영역 성취도 간의 관계를 살펴본 최초의 연구로서, 순서 판단 능력이 수학 및 수학 외 언어 영역의 성취도와 밀접한 관계가 있음을 시사한다.

**주제어:** 순서 표상, 역 거리 효과, 수학 성취도, 학업 성취도, 언어 성취도