

숫자수반 선분양분과제에서 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기의 상대적인 영향 비교

박 찬 흠 이 형 철 김 신 우[†]

광운대학교 산업심리학과

내적 양 직선 모형은 다양한 양 차원들이 공통 자원을 공유할 것이라고 가정한다. 하지만 숫자나 수량과 같은 불연속적인 양 차원과 크기나 길이와 같은 연속적인 양 차원이 혼재하는 경우, 어떤 양 정보가 상대적으로 더 큰 영향력을 가지는지에 대해서는 논란이 되고 있다. 숫자가 다른 양 차원에 비해 현저하게 처리된다고 보는 입장이 있는가 하면, 맥락에 따라 우세하게 처리되는 양 차원이 달라질 수 있다고 보는 입장이 있다. 본 연구에서는 숫자와 선분을 함께 제시하지만 선분의 길이에 대해서만 판단하기 때문에, 숫자가 과제와 무관하게 제시되는 숫자수반 선분양분과제를 사용하여, 숫자값에 대한 자동적 처리를 살펴보았다. 또한, 숫자값 크기의 영향력이나 숫자의 물리적 크기의 영향력을 다른 조건에서 개별적으로 살펴보는 숫자스트룹과제와는 달리, 두 차원을 동일 과제 내에서 함께 조작하여, 숫자값 크기와 물리적 크기 사이의 상대적인 영향력을 직접적으로 비교해 보았다. 숫자의 물리적 크기를 조작한 숫자수반 선분양분과제에서는 뚜렷한 경향성이 관찰되지 않았으나, 숫자값 크기를 조작한 숫자수반 선분양분과제에서는 큰 숫자 편향이 관찰되었다. 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기를 모두 조작한 스트룹 숫자수반 선분양분과제에서는 큰 숫자 편향이 강하게 나타나, 숫자값 크기의 영향력이 숫자의 물리적 크기의 영향력보다 더 강한 것으로 나타났다. 또한 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기 사이에 크기불일치성효과가 관찰되었다. 이 결과는 연속적인 양 차원과 불연속적인 양 차원이 공통 자원을 공유한다는 기존의 연구 결과를 재검증함은 물론, 숫자는 과제와 무관할 때에도 자동으로 처리되며, 다른 양 차원에 비해 현저한 양 정보라는 입장을 지지한다.

주요어 : 내적 수직선, 내적 양 직선, 크기불일치성효과, 스트룹 숫자수반 선분양분과제

[†] 교신저자 : 김신우, 광운대학교 산업심리학과, (139-701) 서울시 노원구 월계동 447-1 한울관 105호

E-mail : shinwoo.kim@kw.ac.kr

수 개념은 인간이 발전시켜온 다양한 의미 정보와 상징체계들 중 하나이다. 하지만 대부분의 의미 정보가 제한된 결합을 가지는 것과는 달리, 수 개념은 범용적으로 기능한다. 1시간, 1km, 1ml 등은 단위가 다르기에 다른 의미를 가짐에도 불구하고, 모두 1이라는 동일한 숫자로 표상이 가능하다. 그렇다면, 실제로 다른 의미 정보와는 독립적으로 수 개념에만 특화된 처리기제가 존재하는 것일까? 신경생리학적 연구를 통해, 맥락과는 무관하게 수 정보에만 발화하는 수 세포(number neuron, 혹은 numeron)가 관찰되었으며 (Nieder, 2013), 수에 대한 지식과 의미 지식 사이에 이중 헤리도 존재하는 것으로 나타나 (Dehaene & Cohen, 1997), 수 개념에 특화된 처리기제가 존재할 가능성을 강하게 지지하였다. 이에 더하여, 작은 수는 왼쪽, 큰 수는 오른쪽과 결합되어 있음을 보여주는 공간-숫자의 반응코드 연합효과(spatial-numerical association of response codes effect, SNARC effect)는 수 개념이 공간적 차원과 밀접한 관계가 있음을 시사한다 (Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993). 이를 바탕으로 수 개념이 공간적 속성을 가지고 직선 위에 표상될 것이라고 가정하는 내적 수직선(mental number line, MNL) 모형이 제안되었다 (Dehaene, 1997; Restle, 1970).

더불어 내적 수직선이 숫자(digit)나 수량(numerosity)과 같은 불연속적인 차원(discrete dimension) 뿐만 아니라, 크기나 길이와 같은 연속적인 차원(continuous dimension)까지 확장될 수 있음을 보여주는 현상이 관찰되었다. 예를 들어, 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기를 조작한 두 개의 숫자를 제시한 후, 한

조건에서는 두 숫자 중 어느 쪽의 숫자값 크기가 더 큰지 판단하고, 다른 조건에서는 어느 쪽의 물리적 크기가 더 큰지 판단하는 과제인 숫자스트룹과제(numerical Stroop task)에서, 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기가 일치하는 경우(예, 1 3)에 비해, 불일치하는 경우(예, 1 3), 수행이 저하되는 것으로 나타났다. 숫자값 크기를 판단하는 조건에서 숫자의 물리적 크기는 무시해야 되는 요인임에도 수행에 영향을 미친 것이다 (Henik & Tzelgov, 1982). 이를 크기일치성효과(size congruity effect)라고 하며, 서로 다른 양 차원 사이에 간섭이 존재함을 보여주는 현상으로 여겨진다. 이에 더하여, 수 처리에 관여하는 것으로 알려진 두정내고랑(intra-parietal sulcus, IPS)이 수뿐만 아니라 다른 양 차원들의 처리에도 관여하는 것으로 나타나 다양한 양 차원들이 공통 자원을 공유할 것이라는 가능성이 제기되었다. 이를 토대로 내적 수직선 모형은 불연속적인 양 차원과 연속적인 양 차원을 모두 포괄하는 내적 양 직선 모형(mental magnitude line, MML)으로 확장되었다(예, Henik, Leibovich, Naparstek, Diesendruck, & Rubinsten, 2011; Hubbard, Piazza, Pinel, & Dehaene, 2005; Walsh, 2003).

내적 양 직선 모형의 등장은 다양한 양 차원들 사이의 관계에 대해서도 관심을 갖도록 만들었다. de Hevia와 Spelke (2009)는 선분 양 쪽 끝에 숫자 혹은 수량을 제시한 후, 선분의 중앙지점을 표시하도록 요구하는 과제인 숫자수반 선분양분과제(bisection with numerical flankers)를 사용하여 실험을 진행하였다. 선분만 단독으로 제시할 경우, 지각된 중앙지점이 실제 중앙지점에 비해 좌측으로 편향되는 가

성무시효과(pseudoneglect effect)가 관찰되는 것에 반해 (Jewell & McCourt, 2000), 숫자가 함께 제시될 경우 지각된 중앙지점이 큰 숫자나 큰 수량 쪽으로 편향되는 결과가 나타났다. 비록 60mm와 80mm의 선분을 사용한 실험 1에서 약 0.1-0.43mm 정도로 편향값의 크기가 큰 편은 아니었으나, 통계적으로 유의미한 차이인 것으로 나타났다. 또한, 재검증을 위해 진행된 실험 3-6에서도 유사한 결과를 보였기에, 안정적으로 관찰되는 효과임이 검증되었다. 이 결과에 더하여, Gebuis와 Gevers (2011)는 다양한 양 차원들 사이의 상대적인 영향력을 더욱 구체적으로 살펴보기 위하여, 수량의 크기와 함께 개별 점들의 크기와 점들 사이의 간격(즉, 수량 내에서의 밀도)도 조작하였다. 그 결과, 수량의 크기가 아닌 점들의 물리적 크기나 밀도와 같은 다른 양 차원에 의해 편향의 방향이 바뀔 수 있는 것으로 나타났다. 이를 토대로, 수량은 다양한 양 차원들 중 하나일 뿐이며, 주어진 자극 내에서 가장 우세한 양 정보를 판단하는 추가적인 처리가 존재할 것이라고 제안하였다. 하지만 숫자수반 선분양분과제는 제시된 숫자는 무시하고 선분의 중앙지점을 판단하도록 지시하는 과제이기에, 숫자에 대한 직접적인 처리가 요구되지 않는 과제이다. 그럼에도 불구하고, 숫자값 크기가 수행에 영향을 미쳤다는 것은 숫자값에 대한 자동적 접근이 존재함을 시사하며, 숫자는 다양한 양 차원들 중에서 더욱 우세하고 현저한 정보라고 보는 입장 역시 존재한다 (de Hevia & Spelke, 2009; de Hevia, 2011).

본 연구에서는 숫자수반 선분양분과제와 숫자스트롭과제를 결합하여, 불연속적인 양 차

원인 숫자값 크기와 연속적인 양 차원인 숫자의 물리적 크기 사이의 관계에 대해 살펴보고자 한다. 숫자스트롭 과제만으로도 숫자값 크기와 물리적 크기 사이에 나타나는 간섭을 확인할 수 있지만, 한 조건에서는 물리적 크기는 무시하고 숫자값 크기에 대해서만 판단하도록 요구하고, 다른 조건에서는 숫자값 크기는 무시하고 물리적 크기에 대해서만 판단하도록 요구하는 과제의 특성상, 숫자값 크기의 영향력과 물리적 크기의 영향력을 직접적으로 비교하기 어렵다는 한계를 가진다. 두 차원의 영향력을 직접적으로 비교하기 위해서는, 두 차원 모두 처리하도록 요구하든, 둘 다 처리하지 않도록 요구하든, 어느 쪽이든 간에, 동일한 기준을 유지시킬 필요가 있다. 이에 본 연구에서는, 숫자값 크기와 물리적 크기를 함께 조작하되, 숫자값 크기와 물리적 크기를 둘 다 무시하고 선분의 길이에 대해서만 판단하도록 요구하는 선분양분과제를 사용하여, 두 차원을 동일선상에서 비교할 수 있도록 통제하였다. 만약, 수 혹은 양 차원에 대한 자동적 처리가 존재한다면, 숫자값 크기나 물리적 크기에 대한 반응을 요구하지 않았음에도, 숫자값 크기나 물리적 크기로 인한 영향이 나타날 것으로 기대할 수 있으며, 이에 더하여, 숫자값 크기의 영향력과 물리적 크기로 인한 영향력 중 어느 쪽이 더 크게 나타나는지 직접적으로 비교해 볼 수 있을 것이다.

Gebuis와 Gevers (2011)의 연구 역시 유사한 의문을 가지고 출발하였으나, 숫자와 수량 중 수량만을 자극으로 사용하였다는 점에서 제한적인 설명만 가능하다. 비록 수량과 숫자가 수(number)라는 큰 범주로 함께 묶이기는 하

지만, 숫자는 학습을 통해 임의의 기호와 숫자값 사이의 연합을 형성한 상징적인 수 (symbolic number)라는 점에서 비상징적인 수 (non-symbolic number)인 수량과는 다른 특징을 가지기 때문에, 수량과 숫자 사이에는 다른 결과가 나타날 가능성이 존재한다. 하지만, Gebuis와 Gevers (2011)의 연구는 비상징적이고 연속적인 양 차원인 선분의 길이를 판단하는 과제에, 역시 비상징적이고 연속적인 양 차원인 크기와 밀도를 함께 조작하여, 비상징적인 양 차원인 수량과의 관계를 살펴보았기 때문에, 상징적인 수에 대해서는 알려주는 바가 없다. 상징적인 수를 사용함으로써 인한 차이는 물론이고, 상징적인 수와 비상징적인 양 차원인 길이를 함께 처리함으로써 인한 차이 역시 존재할 수 있기에, 본 연구에서는 숫자를 사용하여 실험을 진행해 보고자 한다.

표 1은 숫자스트룹 상황에서 물리적 크기와 숫자값 크기가 미치는 상대적인 영향에 따른

결과 예측을 보여준다. 만약 양 정보 추출 과정에서 물리적 크기와 숫자값 크기가 동일한 영향력을 가진다면 (표 1. 물리적 크기의 영향력 = 숫자값 크기의 영향력), 크기일치 조건에서는 물리적 크기와 숫자값 크기가 모두 큰 방향으로 강한 편향이 유발되지만, 크기불일치 조건에서는 물리적 크기와 숫자값 크기의 영향력이 상쇄되어 특정한 편향이 관찰되지 않을 것이다. 만약 물리적 크기가 숫자값 크기에 비해 월등히 강한 영향력을 가진다면 (표 1. 물리적 크기의 영향력 > 숫자값 크기의 영향력), 숫자값 크기와는 무관하게 물리적 크기로 인한 편향만 유발될 것이다. 만약 숫자값 크기가 물리적 크기에 비해 월등히 강한 영향력을 가진다면 (표 1. 물리적 크기의 영향력 < 숫자값 크기의 영향력), 물리적 크기와는 무관하게 숫자값 크기로 인한 편향만 관찰될 것이다.

표 1. 조건에 따른 결과 예측

선분 제시위치 및 자극 예				물리적 크기와 숫자값 크기의 영향력에 따른 결과 예측		
큰숫자 위치	큰크기 위치	크기 일치성	자극 예	물리적 크기의 영향력 =	물리적 크기의 영향력 >	물리적 크기의 영향력 <
				숫자값 크기의 영향력	숫자값 크기의 영향력	숫자값 크기의 영향력
좌측	좌측	일치	3 1			
	우측	불일치	3 1			
우측	좌측	불일치	1 3			
	우측	일치	1 3			

방 법

참가자 광운대학교 학부생 14명(남 12명, 여 2명, 평균 연령 23.8세)이 자원하여 실험에 참가하였으며, 5000원의 보상이 지급되었다. 모든 참가자는 오른손잡이였으며, 정상 시력 혹은 교정된 정상 시력을 보유하고 있다.

도구 실험 자극은 종이(규격: A4, 가로 297mm x 세로 210mm) 혹은 19인치 LCD모니터(해상도: 1280x1024, 60Hz)를 통해 제시하였다. 실험 프로그램은 Matlab 7.12.0.635 와 Matlab 함수 모음인 Psychophysics Toolbox를 사용하여 구현하였다.

실험 자극 및 절차 총 5개의 선분양분과제를 진행하였으며, 모든 과제에서 가로 160mm, 세로 2mm의 선분 자극을 제시하였다. 참가자의 반응은 제시된 선분의 중앙지점을 최대한 빠

르고 정확하게 표시하는 것이었다. 참가자는 동일한 방식으로 반응하였으나, 과제에 따라 숫자 자극의 유무 및 제시 방법에 있어서 차이가 있었다(표 2는 과제 종류와 자극의 예를 보여준다). 종이기반 선분양분과제를 제외한 나머지 4개의 과제는 모두 컴퓨터로 진행하였다.

실험은 가성무시효과를 재검증하기 위하여 준비한 2개의 선분양분과제(종이기반 및 컴퓨터기반)를 먼저 수행한 후, 이어서 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기가 미치는 영향을 살펴보기 위하여 고안된 3개의 과제를 수행하였다. 과제 수행 순서는 종이기반 선분 양분 과제 → 컴퓨터 기반 선분양분 과제 → 숫자의 물리적 크기를 조작한 숫자수반 선분양분과제 → 숫자값 크기를 조작한 숫자수반 선분양분 과제 → 스트룹 숫자수반 선분양분과제 순서로 이루어졌다. 단, 과제의 수행 순서가 스트룹 과제에 미치는 영향을 상쇄하기 위하여,

표 2. 과제 종류

		선분양분과제		숫자수반 선분양분과제	
과제	종이 기반	컴퓨터 기반	숫자의 물리적 크기 조작 (숫자값 크기는 동일)	숫자값 크기 조작 (물리적 크기는 동일)	스트룹 (숫자의 물리적 크기 vs. 숫자값 크기)
자극	선분	선분	선분, 숫자쌍 (1,1), (3,3), (4,4), (6,6), (7,7), (9,9)	선분, 숫자쌍 숫자거리2: (3,1), (9,7) 숫자거리5: (6,1), (9,4)	선분, 숫자쌍 숫자거리2: (3,1), (9,7) 숫자거리5: (6,1), (9,4)
자극 예			1 ————— 1 1 ————— 1	1 ————— 3 3 ————— 1	일치 조건 1 ————— 3 3 ————— 1 불일치 조건 1 ————— 3 3 ————— 1

숫자의 물리적 크기를 조작한 과제와 숫자값 크기를 조작한 과제의 수행 순서는 참가자 간에 역균형화하였다. 각 과제 사이에는 휴식시간이 주어졌다. 휴식시간이 끝나고 새로운 과제를 시작할 때마다 자세로 인한 오염변인을 최소화하기 위하여, 참가자의 상체의 중앙이 종이 혹은 모니터의 중앙에 위치하도록 자세를 확인하였다. 참가자와 자극 사이의 거리가 60cm가 되도록 줄자를 사용하여 거리를 측정하였으며, 과제가 진행되는 동안 자세를 고정할 것을 지시하였다.

각 과제의 자세한 실험 방법은 아래와 같다.

종이기반 선분양분과제. A4 용지 한 장에 한 개의 자극을 가로 방향으로 인쇄하여, 각 시행마다 한 장씩 제시하였다. 참가자는 펜을 사용하여 종이에 제시된 수평선의 중앙지점을 표시하였다. 동일한 지점을 반복적으로 표시할 가능성을 배제하기 위하여, 선분이 제시되는 위치를 종이의 좌측, 중앙, 우측, 세 지점으로 조작하였다. 중앙 조건은 종이의 정중앙에 제시하였으며, 좌측 조건은 좌측 여백이 20mm, 우측 조건은 우측 여백이 20mm였다. 제시되는 순서는 무선화하였으나, 동일 위치의 자극이 연속적으로 제시되는 경우는 없도록 제한하였다. 5회의 반복이 포함되어 전체 시행 수는 총 15회였다 (선분 제시위치 3 [종이의 좌측, 중앙, 우측] x 반복 5 = 총 15회).

컴퓨터기반 선분양분과제. 자극과 조건은 종이기반의 선분양분과제와 동일하였으나, 종이 대신 모니터 화면에 자극을 제시하였으며,

펜 대신 마우스로 클릭하여 반응하도록 하였다. 종이기반 과제와 유사하게 자극의 제시 위치는 좌측, 중앙, 우측, 세 지점으로 조작하였다. 컴퓨터 기반에서는 각 위치 조건 내에서도 동일한 지점이 반복되지 않도록 변화를 주었다. 중앙 조건은 정중앙을 기준으로 좌측 혹은 우측으로 2.6-13mm 내에서 무선적으로 이동한 지점에 제시하였으며, 좌측 조건은 좌측 여백이, 우측 조건은 우측 여백이, 26-52mm 내에서 각 시행마다 무선적으로 결정되었다. 마우스 커서의 제시 위치에 따른 편향을 제거하기 위하여, 전체 시행의 반은 마우스 커서가 자극의 왼쪽에 위치하였고, 나머지 반은 자극의 오른쪽에 위치하였다. 자극은 참가자가 반응을 완료할 때까지 유지되었다. 다음 시행으로 넘어가기 전 1s 동안 시행간 간격이 제시되었다. 이후 언급할 다른 과제들도 실험 절차는 본 과제와 동일하였다.

숫자의 물리적 크기를 조작한 숫자수반 선분양분과제(이하, 물리적 크기 과제). 선분의 중앙지점 지각에 미치는 외부 자극의 영향을 살펴보기 위하여, 선분의 좌측 끝과 우측 끝에 각각 한 개씩 두 개의 숫자를 추가하였다. 같은 숫자로 이루어진 6개의 숫자쌍[(1,1), (3,3), (4,4), (6,6), (7,7), (9,9)]을 사용하여 숫자값 크기는 동일하였으나, 물리적 크기를 조작하였다. 선분의 좌측에 제시되는 숫자의 물리적 크기가 큰 경우와(예. **1 1**), 우측에 제시되는 숫자의 물리적 크기가 큰 경우(예. **1 1**)가 있었다. 큰 크기는 가로 13mm 세로 17.5mm였고, 작은 크기는 가로 7mm 세로 9mm였으며, 선분과 숫자 자극 사이의 간격은 7mm였다. 3

회의 반복이 포함되어 총 시행 수는 108회였다(선분 제시위치 3 [화면의 좌측, 중앙, 우측] x 큰 크기 위치 2 [선분의 좌측, 우측] x 숫자쌍 6 [(1,1), (3,3), (4,4), (6,6), (7,7), (9,9)] x 반복 3 = 총 108회).

숫자값 크기를 조작한 숫자수반 선분양분 과제(이하, 숫자값 크기 과제). 숫자의 물리적 크기는 가로 9mm 세로 13mm 로 동일하게 유지하였고, 숫자값을 다르게 조작하였다. 각 숫자쌍은 선분의 좌측에 제시되는 숫자의 숫자값이 큰 경우(예. **3 1**)와, 우측에 제시되는 숫자의 숫자값이 큰 경우(예. **1 3**)가 있었다. 총 시행 수는 72회였다 (선분 제시위치 3 [화면의 좌측, 중앙, 우측] x 큰 숫자 위치 2 [선분의 좌측, 우측] x 숫자쌍 4 [(1,3), (7,9), (1,6), (4,9)] x 반복 3 = 총 72회).

스트룹 숫자수반 선분양분과제(이하, 스트룹 과제). 숫자의 물리적 크기와 숫자값 크기를 모두 조작하였으며, 물리적 크기는 물리적 크기 과제와 동일하였고, 숫자값 크기는 숫자값 크기 과제와 동일하였다. 숫자의 물리적 크기에 대한 큰 크기 방향과 숫자값 크기에 대한 큰 숫자 방향이 교차되었기에, 크기 차

원에서 일치하는 조건과 불일치하는 조건으로 분류 가능하다. 숫자값 크기가 큰 쪽이 물리적 크기도 크고, 숫자값 크기가 작은 쪽이 물리적 크기도 작은 경우는 크기일치 조건에 해당하고 (예. **3 1, 1 3**), 숫자값 크기가 작은 쪽이 물리적 크기는 크고, 숫자값 크기가 큰 쪽이 물리적 크기는 작은 경우는 크기불일치 조건에 해당한다 (예. **1 3, 3 1**). 총 시행 수는 144회였다 (선분 제시위치 3 [화면의 좌측, 중앙, 우측] x 큰 크기 위치 2 [선분의 좌측, 우측] x 큰 숫자 위치 2 [선분의 좌측, 우측] x 숫자쌍 4 [(1,3), (7,9), (1,6), (4,9)] x 반복 3 = 총 144회).

결 과

종이 기반 선분양분과제에서는 두 명의 연구자가 참가자의 반응지점을 측정하였으며, 두 값의 평균값을 최종 반응값으로 사용하였다. 컴퓨터 기반 과제에서는 pixel 단위로 기록된 값을 mm 단위로 변환하였다. 편향값은 참가자가 표시한 주관적 중앙지점에서 실제 중앙지점을 빼는 방식으로 산출하였다 (0: 실제 중앙지점과 반응한 중앙지점이 동일한 경우, 음수값: 좌측으로 편향된 경우, 양수값: 우측

표 3. 각 과제에 따른 평균 편향값 (* $p < .05$)

과제	평균 편향값 (mm)	df	t	p
종이 기반 선분양분과제	-1.39	13	-3.15	0.01*
컴퓨터 기반 선분양분과제	-0.82	13	-1.80	0.10
물리적 크기 과제	-1.42	13	-2.71	0.02*
숫자값 크기 과제	-1.43	13	-3.21	0.01*
스트룹 과제	-1.26	13	-2.83	0.01*

으로 편향된 경우). 각 과제 내에서 평균 편향값의 $\pm 3SD$ 를 넘어서는 시행은 불성실한 반응이라 판단하여 분석에서 제외하였다.

표 3은 각 과제에 따른 평균 편향값을 보여준다. 가성무시효과를 재검증하기 위하여 진행한 종이기반 및 컴퓨터기반 선분양분과제에서 참가자가 지각한 중앙지점이 실제 중앙지점에 비해 좌측으로 치우친 것이 확인되어, 가성무시효과가 재검증되었다(Jewell & McCourt, 2000). 물리적 크기와 숫자값 크기의 영향을 살펴보기 위하여 수행한 과제들에서도 조작한 조건과는 무관하게 좌측 편향이 나타나 가성무시효과가 관찰되었다.

가성무시효과와는 독립적으로 발생하는 숫자수반의 영향을 살펴보기 위하여, 수집한 모든 자료에 대하여 가성무시효과를 제거하는 절차를 수행하였다. 각 과제 내에서, 각 참가자의 평균 편향값을 산출한 후, 각 참가자의 모든 시행에서 그 값을 빼는 방식을 사용하였다. 조건 간 차이를 살펴보기 위하여 각 과제별로 반복측정 참가자내 변량분석을 실시하였다.

물리적 크기 과제 큰 크기가 좌측에 제시된 조건과 우측에 제시된 조건 사이에 유의미한 차이가 관찰되지 않았다, $F < 1$ (그림 1).

숫자값 크기 과제 큰 숫자가 좌측에 제시된 조건과 우측에 제시된 조건 사이에 유의미한 차이가 관찰되었다, $F(1, 13) = 11.63, p < .001$. 그림 2는 조건에 따른 편향의 차이를 보여준다. 큰 숫자가 좌측에 제시된 경우에는 좌측편향이 나타났으며 ($M = 0.25, SE = 2.27$), 우측에 제시된 경우에는 우측편향이 나타나 ($M = -0.25, SE = 2.24$), 기존 연구와 마찬가지로 큰 숫자 편향이 관찰되었다 (de Hevia & Spelke, 2009).

스트롭 과제 큰 숫자가 좌측에 제시된 경우에는 좌측편향이 나타났으며 ($M = -0.52, SE = 2.38$), 우측에 제시된 경우에는 우측편향이 나타나 ($M = 0.52, SE = 2.47$), $F(1, 13) = 15.86, p < .001$, 숫자값 크기 과제와 마찬가지로 큰 숫자 편향이 관찰되었다. 그에 비해 물리적 크기로 인한 영향은 큰 크기가 좌측에 제시된 경우에는 우측편향이 나타났으며 ($M = 0.20, SE = 2.43$), 우측에 제시된 경우에는 좌측편향

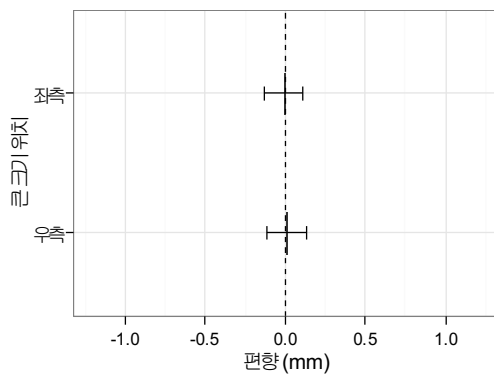


그림 1. 물리적 크기 과제 결과

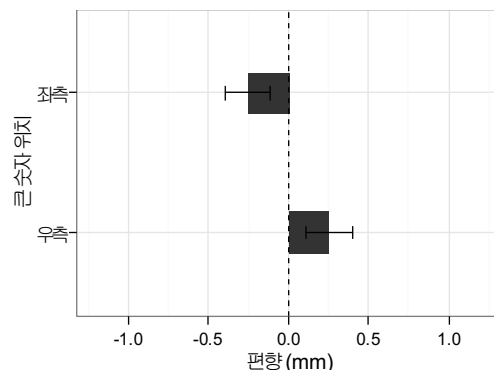


그림 2. 숫자값 크기 과제 결과

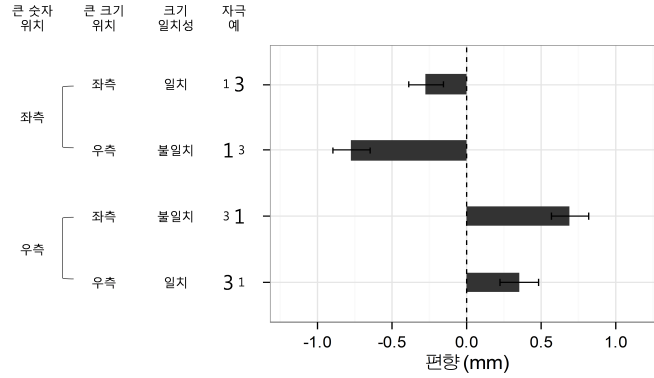


그림 3. 스트룹 과제 결과

이 나타나 ($M=-0.20$, $SE=2.52$), $F=50.93$, $p<.001$, 작은 크기 편향이 관찰되었다. 숫자값 크기와 물리적 크기로 인한 주효과 이외의 상호작용효과는 관찰되지 않았다. 그림 3은 숫자값 크기와 물리적 크기의 조건에 따른 편향을 보여준다. 큰 크기가 제시된 위치와는 무관하게, 큰 숫자가 좌측에 제시된 경우에는 좌측편향, 우측에 제시된 경우에는 우측편향이 나타나, 숫자값 크기의 영향이 물리적 크기에 비해 더 큰 것으로 나타났다.

숫자값 크기와 물리적 크기 사이에 나타나는 간섭을 살펴보기 위하여, 두 조건(좌측 제시, 우측 제시)을 통합한 후, 추가적인 분석을 수행하였다. 큰 숫자 편향이 물리적 크기의 영향력보다 더 강력한 것으로 나타났기에, 큰 숫자가 좌측에 제시된 조건을 역코딩하여, 큰 숫자 편향을 기준으로 정렬하였다. 큰 숫자와 큰 크기가 모두 좌측에 제시된 경우나 모두 우측에 제시된 경우는 일치 조건, 큰 숫자는 좌측에 제시되었지만 큰 크기는 우측에 제시되었거나, 반대로, 큰 숫자는 우측, 큰 크기는

좌측에 제시된 경우는 불일치 조건으로 분류하여, 일치 조건과 불일치 조건 사이의 차이를 살펴보았다. 그림 4는 큰 숫자 편향(방향무관, 절대값) 내에서 크기일치성으로 인한 편향의 차이를 보여준다. 숫자값 크기와 물리적 크기가 일치하는 경우에 비해, 불일치하는 경우 편향이 더욱 큰 것으로 나타나, 크기불일치성효과가 관찰되었다, $F(1, 13)=15.87$, $p<.001$.

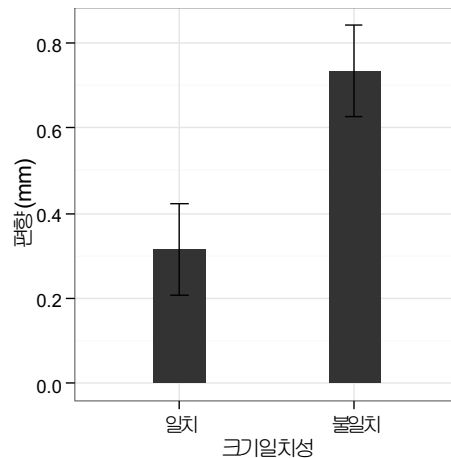


그림 4. 스트룹 과제에서 나타난 크기불일치성효과

논 의

다양한 양 정보들이 공통 자원을 공유할 것이라고 가정하는 내적 양 직선 모형을 지지하는 증거들이 축적되고 있지만, 다양한 양 정보들이 혼재하는 상황에서의 처리에 대해서는 아직 논란이 되고 있다. 수는 다른 양 차원에 비해 우선적이고 현저한 속성이라고 보는 입장이 있는가 하면, 수 역시 다양한 양 차원들 중 하나일 뿐이며 주어진 자극이 가지는 다양한 속성들 중에서 가장 우세한 단서에 가중치를 부여하는 처리가 일어날 것이라고 보는 입장이 있다. 본 연구에서는 다양한 양 차원들 중에서 물리적 크기와 숫자값 크기 사이의 관계를 살펴보기 위하여 일련의 실험을 진행하였다. 측정하려는 변인과 과제 사이의 독립성을 확보하기 위하여, 물리적 크기나 숫자값 크기에 직접적으로 접근할 것이 요구되지 않는 선분양분과제를 사용하였으며, 물리적 크기의 영향만 독립적으로 살펴본 과제와, 숫자값 크기의 영향만 독립적으로 살펴본 과제, 그리고 물리적 크기와 숫자값 크기가 혼재하는 스트룹 과제를 사용하여, 물리적 크기와 숫자값 크기가 미치는 영향과 그 둘 사이의 관계에 대하여 살펴보았다. 숫자값 크기 과제에서는 큰 숫자 편향이 강력하게 나타난 반면, 물리적 크기 과제에서는 특별한 경향성이 발견되지 않았다. 스트룹 과제에서는 표 1의 결과 예측에서 숫자값 크기의 영향이 물리적 크기의 영향보다 더 클 경우 나타날 것이라고 기대했던 경향성과 가장 유사한 결과를 보였다. 하지만, 상대적으로 효과 크기는 작을지라도, 물리적 크기 역시 영향을 미치는 것으로

나타났다. 편향의 방향은 큰 숫자 제시 위치에 의해 결정되는 것으로 나타났으나, 큰 숫자 편향 내에서 편향의 정도는 작은 크기 쪽으로 치우치는 양상을 보였다. 이는 물리적 크기 역시 숫자값 크기와 마찬가지로 큰 크기 편향이 나타날 것이라고 기대했었던 것과는 상반되는 결과이다. 물리적 크기와 숫자값 크기가 혼재하는 상황에서 나타나는 간섭을 살펴보기 위하여, 크기일치 조건과 크기불일치 조건으로 나누어 비교해 본 결과, 크기일치 조건에 비해 크기불일치 조건에서 편향의 정도가 더욱 커지는 것이 관찰되었다.

수량과 다른 양 차원의 크기를 함께 조작한 Gebuis와 Gevers (2011)의 연구에서는 수량의 크기보다 개별 점들의 크기나 전체 밀도와 같은 다른 양 차원이 선분의 중앙지점 지각에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 반면, 본 연구에서는 숫자값 크기가 다른 양 차원에 비해 현저한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 수량은 비상징적인 수라는 특징을 가지는 것에 반해, 숫자는 고차원적인 인지과정을 통해 습득되는 상징적인 수라는 특징을 가지는 것에서 기인하는 것으로 보인다. 하지만 본 연구에서는 상징적인 수와 비상징적인 수 사이의 직접적인 비교는 이루어지지 않았기에, 그 둘 사이에 나타난 차이가 상징적인 수가 비상징적인 수에 비해서 더욱 현저한 정보로 작용하기 때문인지, 혹은 비상징적인 수가 상징적인 수에 비해서 연속적인 양 차원으로 인한 영향을 더욱 크게 받기 때문인지에 대해서는 명확하게 결론내리기 어렵다. 다양한 양 차원 사이의 관계를 더 구체적으로 살펴보기 위해서는, 두 종류의 수를 직

접적으로 비교하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

숫자값 크기 과제에서는 큰 숫자 편향이 나타난 반면, 물리적 크기 과제에서는 물리적 크기로 인한 특별한 경향성이 관찰되지 않았다. 숫자값 크기 과제와는 달리 특별한 경향성이 나타나지 않은 이유는 무엇일까? 첫째, 물리적 크기로 인한 영향이 나타날 만큼 자극 크기의 조작이 충분하지 않았기 때문일 수 있다. 실제로는 물리적 크기로 인해 유발되는 편향이 존재함에도 불구하고, 큰 크기와 작은 크기 사이의 크기 차이가 미미했기 때문에 관찰되지 않았을 가능성이 존재한다. 둘째, 강력하게 영향을 미치는 다른 효과에 의해 상쇄된 것일 수 있다. 선분양분과제는 수반자극이 포함되지 않았을 때 좌측편향이 관찰되는 가상 무시효과가 나타나는 것으로 알려진 과제이며, 본 연구에서 역시 가상 무시효과가 재검증되었다. 가상 무시효과가 너무 강력했기 때문에 상대적으로 약한 효과인 물리적 크기로 인한 편향은 반응 단계에서 관찰되지 않은 것일 수 있다. 마지막으로, 실험 결과를 있는 그대로 해석하는 것 역시 가능할 것으로 보인다. 즉, 물리적 크기는 선분양분과제 상황에서는 특별한 영향력을 미치지 않는 것일 수 있다. 숫자값 크기 과제에서 큰 숫자 편향이 나타났기 때문에, 물리적 크기에서도 특정한 편향이 나타날 것이라고 가정하였으나, 물리적 크기는 숫자값과는 달리 특정한 선호를 가지지 않는 차원일 가능성 역시 존재한다. 하지만 언급한 세 가지 가능성 모두 스트룹 과제 결과와는 상충된다는 점에서 한계를 가진다. 물리적 크기 과제와 스트룹 과제는 동일한 자극

크기를 사용하였으며, 스트룹 과제에서 역시 가상 무시효과가 나타났음에도 불구하고 물리적 크기로 인한 작은 크기 편향이 관찰되었기 때문이다. 이러한 결과는 물리적 크기 차원이 독립적으로 주어졌을 때에는 큰 크기 혹은 작은 크기 중 어느 쪽으로도 특정한 선호가 존재하지 않지만, 다른 양 차원과 혼재하는 상황에서는 다른 양 차원이 가지는 크기와의 간섭에 의해 특별한 영향력이 발생할 수 있음을 시사한다. 크기일치성을 기준으로 재코딩하여 크기일치 조건과 불일치 조건을 비교해 본 결과, 작은 크기 편향으로 보여지는 결과가 실제로는 크기불일치성으로 인한 차이라는 점을 확인하였다 (그림 4). 결국, 물리적 크기는 선분지각에 독립적으로는 영향을 미치지 않지만, 숫자값 크기와 함께 처리될 때, 크기불일치성으로 인한 편향의 정도에만 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

크기불일치 조건에서 편향의 크기가 더욱 크게 나타났다는 점은 다소 반직관적인 결과이다. 만약, 물리적 크기와 숫자값 크기 사이에 영향력이 동일하다면, 두 크기 차원 사이의 간섭에 의해 상쇄 효과가 관찰될 것으로 기대할 수 있기 때문이다. 이런 예상과는 다른 결과는 몇 가지 측면에서 중요한 의의를 가진다. 첫째, 물리적 크기는 지각적 속성을 가지고, 숫자값 크기는 인지적 속성을 가짐에도 불구하고, 크기일치성 차원에서 두 양 정보가 모두 영향을 미쳤다는 점은, 단순히 지각과 인지 차원을 넘어서, 양 정보에 특화된 처리 기제가 존재할 것이라는 기존의 가설을 지지한다. 둘째, 물리적 크기와 숫자값 크기를 함께 처리하는 과정에서 간섭이 발생하였기

때문에, 연속적인 양 차원과 비연속적인 양 차원이 각각의 처리기제를 가지기보다는 공통 자원을 공유한다는 내적 양 직선 모형을 지지하는 결과로 볼 수 있다. 셋째, 서로 다른 양 차원이 혼재하는 자극에서, 두 양 차원의 크기가 불일치하는 경우, 각각의 크기 정보를 추출하는 과정에 더 많은 주의 자원이 할당될 수 있음을 보여준다. 그리고 이 과정에서, Gebuis & Gevers (2011)가 제안한 것처럼 다양한 양 차원들 중 주어진 맥락을 고려하여 가장 우세한 단서에 가중치를 부여하는 처리가 일어날 수도 있을 것이다. 하지만 양 정보들 사이에 가중치를 부여하는 처리를 가정한다는 것이 모든 양 정보들이 동일한 우선순위를 가진다고 가정해야 함을 의미하지는 않는다. 물리적 크기로 인한 영향은 과제에 따라 다소 다르게 나타난 반면, 숫자값 크기로 인한 영향은 숫자값 크기 과제와 스트룹 과제 모두에서 강력한 것으로 나타났기 때문에, de Hevia & Spelke (2009)가 제안한 것처럼, 숫자는 다른 양 정보에 비해 우선적이고 현저한 속성인 것으로 보인다. 게다가 선분양분과제는 숫자값에 직접적으로 접근할 것이 요구되지 않는다는 점에서, 숫자가 과제와 무관하게 제시되는 경우에도 숫자값에 자동적으로 접근된다는 가정 역시 지지한다(Dehaene, 1997; Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993).

본 연구는 내적 양 직선 모형에 대한 추가적인 지지 증거를 관찰하고, 연속적인 양 차원과 비연속적인 양 차원 사이에 나타나는 크기불일치성효과를 발견했다는 점에서 의의를 가지지만, 몇 가지 점에서 추가 연구를 통한 보완이 필요할 것으로 보인다. 첫째, 실험을

진행할 때, 참가자에게 선분에만 주의를 집중하여 최대한 빠르고 정확하게 반응할 것을 요구하였지만, 참가자들이 그 지시를 충분히 따랐는지에 대한 검토가 부족했기에 요구특성이 개입되었을 가능성이 존재한다. 참가자가 반응을 할 때까지 화면에 자극이 유지되었기 때문에, 지각적 차원보다 후기 단계에서 처리되는 숫자의 의미 정보가 더 큰 영향력을 미쳤을 가능성을 배제하기 어려울 것으로 보인다. 이를 보완하기 위해, 자극 제시 시간이나 반응 시간에 제한을 두는 방법을 통해, 참가자들이 가외의 책략을 사용하기보다는 직관적인 반응을 할 수 있도록 유도할 수 있을 것이다. 또한, 속도-정확도 교환(speed-accuracy tradeoff)을 고려하면, 신속성을 강조하는 조건과 정확성을 강조하는 조건 사이에 다른 결과가 나타날 가능성도 있을 것으로 보인다. 둘째, 비연속적인 차원으로 사용된 숫자값 크기는 다양한 하위 수준을 포함시킨 반면, 연속적인 차원으로 사용된 물리적 크기는 작은 조건과 큰 조건으로 단순하게 분류하였다는 점에서 한계를 가진다. 물리적 크기 역시 여러 수준을 포함시켜 실험을 진행한다면, 숫자값 크기와 물리적 크기 사이의 관계를 더 자세히 살펴볼 수 있음은 물론, 두 차원이 동일한 영향력을 가지는 지점을 확인할 수 있는 정신물리학적 함수도 산출해 낼 수 있을 것이다. 또한, 연속적인 차원은 물리적 크기 이외에도 매우 다양하기에, 대비나 깊이 같은 시공간적 차원이나 음의 길이나 높낮이 같은 청각적 차원까지 살펴본다면, 여러 양 차원 사이의 관계에 대해 더욱 깊은 이해를 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- Baldwin, J. M. (1895). The effect of size-contrast upon judgements of position in the retinal field. *Psychological Review*, 2, 244 - 259.
- de Hevia, M. D. (2011). Sensitivity to number: Reply to Gebuis and Gevers. *Cognition*, 121(2), 253-255.
- de Hevia, M. D., & Spelke, E. S. (2009). Spontaneous mapping of number and space in adults and young children. *Cognition*, 110(2), 198-207.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371.
- Gebuis, T., & Gevers, W. (2011). Numerosities and space; indeed a cognitive illusion! A reply to de Hevia and Spelke (2009). *Cognition*, 121(2), 248-252.
- Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five: The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory & Cognition*, 10(4), 389-395.
- Henik, A., Leibovich, T., Naparstek, S., Diesendruck, L., & Rubinsten, O. (2011). Quantities, amounts, and the numerical core system. *Frontiers in human neuroscience*, 5.
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(6), 435-448.
- Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38(1), 93-110.
- Nieder, A. (2013). Coding of abstract quantity by 'number neurons' of the primate brain. *Journal of Comparative Physiology A*, 199(1), 1-16.
- Restle, F. (1970). Speed of adding and comparing numbers. *Journal of Experimental Psychology*, 83(2p1), 274.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in cognitive sciences*, 7(11), 483-488.

1 차원고접수 : 2015. 03. 27
 수정원고접수 : 2015. 10. 23
 최종게재결정 : 2015. 10. 29

The effects of physical size of numbers versus numerical values in line bisection task with numerical flankers

ChanHeum Park Hyung-Chul O. Li ShinWoo Kim

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

Mental magnitude line assumes that various magnitude dimensions share common resources. However, relative influence between discrete dimensions such as digit or numerosity versus continuous dimensions such as size or length is a matter of debate when they are presented together. Some argue that numbers are cognitively more salient than other magnitude dimensions, but others claim that dominant magnitude dimension can change depending on context. This study examined automatic processing of numerical values using line bisection task with numerical flankers where participants respond to the center of presented line while disregarding numbers which appear at the two ends of the line. In addition, contrary to numerical Stroop task which separately tests individual influence of numerical value or physical size of numbers under different conditions, we directly compared relative influence of numerical value vs. physical size by manipulating the two variable dimensions within a same task. Although there was no effect of physical size of numerical flankers in the line bisection, a reliable bias toward numerically larger number was observed when numerical values of the flankers were manipulated. In Stroop line bisection where both physical size and numerical value of flankers were manipulated, a strong bias toward numerically larger number was obtained indicating greater influence of numerical value than physical size. In addition, size incongruity effect between physical size and numerical value was also observed. These results not only replicate the previous finding that discrete and continuous magnitude dimensions share common resources but also imply that numerical value is cognitively salient so that the processing for numerical values is automatic even when they are task-irrelevant.

Keywords : mental number line, mental magnitude line, size congruity effect, Stroop bisection with numerical flankers