한국심리학회지 : 인지 및 생물
The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology
2016, Vol. 28, No. 4, 653-673
http://dx.doi.org/10.22172/cogbio.2016.28.4.003

수직선추정과제에서 사용되는 기준점 책략 검증

박 찬 흠 이 형 철 김 신 우†

광운대학교 산업심리학과

수직선추정과제는 수개념의 공간적 표상을 검증하기 위해 광범위하게 사용되어 왔다. 하지만, 수직선추정과제에서 참가자들이 몇 개의 기준점을 근거로 반응한다는 파워모형의 주장은 수직선추정과제의 결과가 인지적 전략에 의해 왜곡될 가능성이 있다는 것을 시사한다. 본 연구에서는 수직선추정과제에서 참가자들의 반응패턴인 내적수직선의 형태가 기준점 사용으로 인해 영향을 받는지를 검증하였다. 특히 일반 성인의 경우 내적수직선의 형태가 강한 직선경향성을 보인다는 점에 착안하여, 성인 참가자들이 추정해야하는 위치를 기준점 및 그와 미세한 차이를 가지는 위치들로 제시하여 직선경향성에 변화가 발생하는지 관찰하였다. 실험결과 중앙 기준점에서는 직선경향성이 발견되었지만 나머지 기준점들에서는 직선경향성이 약화되는 것을 관찰하였다. 특히 각 기준점으로부터 가까울수록 왜곡이 심화되는 것으로 나타났는데, 이는 수직선추정과제에서 기준점 책략이 사용되며 특히 중앙기준점이 중요한 역할을 담당한다는 것을 보여준다. 또한 중앙기준점의 왼쪽과 오른쪽에 위치한 기준점들에서 각각 과소 및 과대추정을 보이는 양극화 현상이 나타났다. 추가실험 결과, 선분의 길이가 길 때 양극화 현상이 강해짐을 확인하였으며, 이는 선분의 길이 역시 수직선추정과제에 중요한 영향을 미친다는 것을 보여준다. 이 결과들은 수직선추정과제에 다양한 지각적, 인지적 요인이 개입될 수 있으므로 결과해석에 각별한 주의가 필요하다는 것을 시사한다.

주요어 : 내적수직선, 수직선추정과제, 비율판단의 파워모형, 기준점 책략, 선분 길이

† 교신저자 : 김신우, 광운대학교 산업심리학과, (139-701) 서울시 노원구 월계동 447-1 한울관 105호
Email : shinwoo.kim@kw.ac.kr

www.kci.go.kr

수 개념이 공간적으로 표상된다는 제안이 등장한 이후(Dehaene, 2011; Hubbard, Piazza, Pinel, & Dehaene, 2005; Walsh, 2003), 수 표상의 형태를 밝혀내려는 연구가 증가하고 있다. 수 표상의 공간적 형태를 가장 직접적으로 살펴볼 수 있는 것으로 여겨져 많은 실험에서 사용되고 있는 과제는 수직선추정과제(number line estimation or number to position task)이다. 이 과제는 선분의 양쪽 끝에 숫자범위를 제시한 후, 숫자범위 내에서 선택된 표적자극(target number)이 선분 위의 어디쯤에 위치할지 표시하는 방식으로 진행되며, 수행 결과를 가로축은 제시된 숫자, 세로축은 반응한 지점을 표시한 그래프로 그릴 경우, 경향성을 매우 직관적으로 파악할 수 있다는 장점을 가진다(Figure 1 참고). 이렇게 얻어진 경향성에 가장 잘 부합하는 모형(best-fit model)이 무엇인지 탐색하는 분석을 통해, 내적수직선(mental number line)의 형태를 추정해 볼 수 있다.

Siegler와 Opfer(2003)는 수직선추정과제를 사용하여, 아동과 성인 사이의 추정 능력을 비교해 보았다. 아동들은 작은 숫자에는 넓은 공간이 할당되지만 숫자값이 커질수록 할당되는 공간이 줄어드는 로그경향성을 보인 반면(Figure 1B), 성인들은 숫자값과 할당되는 공간이 비례하는 직선경향성을 보였다(Figure 1A). 이를 토대로, 수 개념은 발달 초기에는 다양한 감각자극에 대한 지각 능력과 유사하게 Weber-Fechner 법칙을 따라 로그형태로 표상되지만, 학습과 훈련을 통해, 점차 직선표상으로 변환된다고 가정하는 로그-직선표상변환모형(logarithmic-to-linear representational-shift model)을 제안하였다. 다시 말해, 숫자값이 달라지더라도 인접한 두 숫자 사이의 숫자거리는 동일한 1이라는 것을 학습과 훈련을 통해 터득하게 되면(예를 들어, 1과 2 사이의 숫자거리와, 645,187,945와 645,187,946 사이의 숫자거리는, 비록 숫자값은 매우 큰 차이를 보일지라도, 1로 동일하다), 내적 표상이 다른 형태로 바뀌게 된다고 보는 것이다. 하지만, 성인들이라도 상황과 맥락에 따라 로그경향성이 나타날 수 있다는 연구들이 존재한다. 한 연구는 성인들을 대상으로 친숙하지 않은 숫자범위를 사용하여 수직선추정과제를 수행하였고(예, 10억, 1000조, 600경), 직선경향성이 약화되는 결과를 보였다(Rips, 2013). 다른 한 연구에서는 아동과 성인 사이에 나타나는 차이는, 아동들이 - 양정보 자체가 아니라 - 아라비아 숫자에 대한 이해가 부족하기 때문일 수 있다는 가설을 검증해 보기 위하여, 성인들을 대상으로 익숙하

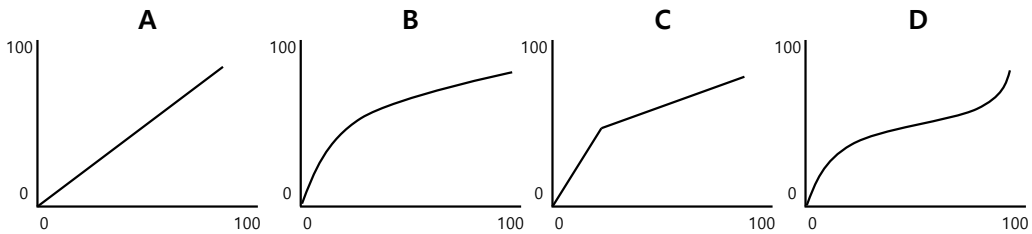


Figure 1. Model predictions in a number line estimation task

A: linear, B: logarithmic, C: 2-linear, D: power(1-cyclical model)

www.kci.go.kr

지 않은 표기법을 사용하여 수직선추정과제를 수행하였고(예, .999 x 104.5), 이 연구에서 역시 직선경향성이 무너지는 결과가 관찰되었다(Chesney & Matthews, 2013). 변환모형은 아동과 성인 사이에 나타나는 차이에 대한 직관적인 설명이 가능하다는 장점을 가지지만, 성인들이라도 상황과 맥락에 따라 다른 결과가 나타나는 것에 대해서는 설명하기 어려운 것으로 보인다.

그에 비해, Figure 1C에서 보여주는 2-직선 모형(two linear model)은 아직 수 개념이 충분히 확장되지 않은 아동들의 경우, 로그경향성을 띠는 것처럼 보이지만, 실제로는 친숙성이 높은 범위에서 한 개의 직선표상이 형성되고, 친숙성이 낮은 범위에서 또 다른 한 개의 직선표상이 형성되어, 두 개의 직선경향성이 공존하고 있는 것이라고 주장한다(Ebersbach, Luwel, Frick, Onghena, & Verschaffel, 2008). 그리고 두 개의 직선이 만나는 지점인 중단점(breakpoint)은 친숙성에 의해 결정되며, 수 개념이 확장될수록 점점 증가하게 된다(Moeller, Pixner, Kaufmann, & Nuerk, 2009). 성인들처럼 수 개념의 범위가 매우 큰 경우에는, 실험에서 사용된 숫자범위 내에 중단점이 포함되지 않을 수 있고, 수직선추정과제의 수행결과는 중단점 앞 쪽의 직선 한 개로만 그려지게 된다. 이 모형은 아동들의 수행 결과 뿐 아니라, 친숙하지 않은 숫자범위에 대해 성인들이 보이는 결과까지 포괄적으로 설명가능하다는 장점을 가진다. 하지만 수 표상에 영향을 주는 요인은 다양할 수 있음에도, 친숙성만을 주요인으로 제안하고 있다는 점에서 다소 한계를 보인다.

크기지각 연구에서, 전체와 비교하여 부분의 크기를 추정하도록 요구하는 비율판단 과제의 수행 결과는 순환주기모형을 따르는 것으로 알려져 있다(Hollands & Dyre, 2000; Spence, 1990; Spence & Krizel, 1994). Barth와 Paladino(2011)는 수직선추정과제에서 아동들이 보이는 수행 결과가 비율판단 연구 결과와 매우 유사하다는 점을 발견하였고, 수직선추정과제를 사용하여 모형 비교 연구를 수행해본 결과, 비율판단 과제에서 나타나는 순환주기모형이 수직선추정과제에 있어서도 높은 설명력을 가짐을 보여주었다(Figure 1D). 이 모형은 표적숫자를 선분 위의 특정 위치로 변환하는 과정에서 선분의 전체 길이와 표적숫자 간에 비율판단이 일어나게 되고, 쉽게 나눠지는 비율을 가지는 지점이 기준점(reference point)으로 활용되는 책략이 사용될 것이라고 제안한다. 예를 들어, 숫자범위가 0-100인 선분에 대해 과제를 수행할 경우, 2등분으로 나눠지는 중앙지점이나 4등분으로 나눠지는 25 혹은 75 지점을 기준점으로 활용할 수 있다. 만약, 제시된 표적숫자가 40일 경우, 0을 기준으로 40 만큼 이동하기 보다는, 먼저 50에 해당하는 위치를 확인한 후, 50에서 왼쪽으로 10 만큼 이동하는 책략을 사용하는 것이다. 하지만, 표상의 형태가 로그경향성이나 직선경향성이 아닌 순환주기형태라는 것은 보여주었을지 몰라도, 그런 결과가 기준점 책략으로 인해 발생했다는 증거를 보여주지는 못했다는 점에서 다소 한계를 보인다. 이런 점을 보완하기 위하여 수직선추정과제를 수행하는 동안 눈운동을 측정한 한 연구는, 응시(eye fixation) 횟수와 시간이 중앙 지점과 1/4, 3/4 지점에서 매우

www.kci.go.kr

높게 나타났으며, 그 중에서도 특히 중앙 지점에서 가장 높게 나타나, 파워모형을 지지하는 결과를 보였다(Sullivan, Juhasz, Slattery, & Barth, 2011). 하지만, 기준점 책략의 사용유무를 주요한 요인으로 고려하고 있음에도 불구하고, 과제 수행 시 특정 책략을 사용하도록 유도하거나, 책략에 따라 다른 결과가 나타나도록 조작하는 방법으로 진행한 행동학적 연구는 아직 미흡하다는 점에서 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 기준점 책략을 유도할 경우, 수직선추정과제 결과가 어떻게 달라지는지 확인해 보고자 한다. 이를 위해, 기존 연구에서는 표적숫자를 숫자범위 전체에 걸쳐 무선적으로 사용하거나, 로그경향성을 잘 보여줄 수 있도록 작은 숫자들을 더 많이 포함시켜 실험을 진행한 것과는 달리, 본 연구에서는 표적숫자를 기준점 및 그와 미세한 차이를 가지는 인근의 숫자들로 사용하였다. 또한, 아동들의 경우, 수직선추정과제의 결과가 다양한 패턴이 혼재되어 나타나는 반면, 성인들의 경우, 일반적으로는 직선경향성이 일관성 있게 관찰되지만, 친숙하지 않은 숫자범위나 표기법을 사용하는 것과 같은 특수한 경우에만 직선경향성이 약화되는 것으로 알려져 있기 때문에, 성인들을 대상으로 수직선추정과제를 수행한 결과에서 직선경향성이 관찰되지 않는다면, 실험적 조작으로 인해 영향을 받은 것이라고 해석할 수 있을 것이다. 이에, 성인들을 대상으로 수직선추정과제를 수행하여, 그 결과가 직선경향성을 유지하는지, 아니면, 기준점에 의해 영향을 받아 다른 패턴이 관찰되는지 확인해 보고자 한다. 만약, 변환모형이나 2-직선모형이 가정하는 것처럼 수 표상이 수 개념의 범위나 친숙성에 의해 결정되며, 수직선추정과제가 특정 책략의 영향을 받지 않고 수 표상의 형태를 있는 그대로 반영하는 과제라면, 대부분의 성인들에게서 관찰되는 직선경향성이 나타날 것이다. 하지만, 기준점을 이용하는 책략이 친숙하지 않은 숫자범위나 표기법과 같이 강력한 영향을 미치는 요인이라면, 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이가 발생하여 직선경향성이 약화될 것이다.

실험 1

방 법

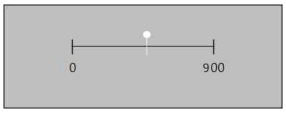
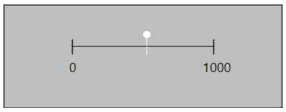
참가자 광운대학교 학부생 18명이 자원하여 실험에 참가하였으며, 5000원의 보상을 지급하였다. 모든 참가자는 오른손잡이였으며, 정상 시력 혹은 교정된 정상 시력을 보유하였다.

도구 실험 자극은 19인치 LCD 모니터(해상도: 1280x1024, 60Hz)를 통해 제시하였으며, 실험 프로그램은 Matlab 7.12.0.635와 Matlab 함수 모음인 Psychophysics Toolbox를 사용하여 구현하였다.

실험 자극 참가자는 제시된 표적숫자가 숫자범위를 가지는 선분 위의 어디쯤에 위치하는지 표시하는 수직선추정과제를 수행하였다. Table 1은 각 조건의 숫자범위와 표적자극을 보여준다. 숫자범위는 3등분과 4등분 사이에 차이가 있는지 살펴보기 위하여, 3등분으로 쉽게 나눠지는 900과 4등분으로 쉽게 나눠지

www.kci.go.kr

Table 1. Number lines and target digits

Number range	Example of stimuli	Reference points and target digit
0-900		300 (1/3) : 285, 290, 295, 299, 300, 301, 305, 310, 315 450 (1/2) : 435, 440, 445, 449, 450, 451, 455, 460, 465 600 (2/3) : 585, 590, 595, 599, 600, 601, 605, 610, 615
0-1000		250 (1/4) : 235, 240, 245, 249, 250, 251, 255, 260, 265 500 (1/2) : 485, 490, 495, 499, 500, 501, 505, 510, 515 750 (3/4) : 735, 740, 745, 749, 750, 751, 755, 760, 765

는 1000의 두 종류를 사용하였다. 두 조건 모두에서 선분의 좌측 끝에는 0을 제시하였고, 우측 끝에는, 900조건에서는 900을, 1000조건에서는 1000을 제시하였다. 기준점을 이용하여 반응하는 책략을 사용하는지 살펴보기 위하여, 표적숫자는 기준점에 해당하는 숫자와 기준점 인근의 숫자들을 사용하였다. 기준점은 900조건에서는 1/2 지점에 해당하는 450과, 1/3 지점인 300, 2/3 지점인 600을 사용하였고, 1000조건에서는 1/2 지점에 해당하는 500과, 1/4 지점인 250, 3/4 지점인 750을 사용하였다. 표적숫자는 기준점을 기준으로 -15, -10, -5, -1, 0(기준점), +1, +5, +10, +15에 해당하는 숫자를 사용하여, 각 숫자범위 당 총 자극개수는 27개였으며, 각 숫자 당 반복횟수는 3회였다. 표적숫자의 제시순서는 전체 시행에 걸쳐 무선화하였으나, 동일한 숫자가 연속으로 제시되는 경우는 없도록 통제하였다. 각 참가자는 두 조건을 모두 수행하였으며, 두 조건의 제시 순서는 참가자 간에 역균형화 하였다. 모든 조건에 걸쳐 총 시행 수는 162회였다(숫자범위 2개 x 기준점 3개 x 각 기준점으로부터의 숫자거리 9개 x 반복 3회 = 총 162회).

실험 절차 참가자가 실험용 컴퓨터 앞에 자리를 잡으면, 자세로 인한 오염변인을 최소화하기 위하여 참가자와 모니터 사이의 거리가 60cm가 되도록 조정하였으며, 실험이 진행되는 동안 자세를 고정하도록 지시하였다. 모니터에 실험 안내문을 제시한 후, 실험을 수행하는 방법에 대하여 설명하였으며, 시간이 오래 걸리더라도 최대한 정확하게 반응할 것을 강조하였다. 각 시행에서 표적숫자는 회색 화면 중앙에 가로 9.8cm 세로 4.3cm 크기로 제시하였다. 참가자가 숫자를 확인한 후 스페이스바를 누르면, 숫자는 사라지고 숫자범위가 표시된 검은색 선분이 나타났다. 선분의 길이는 가로 28.2cm 세로 0.2cm이었고(가로 길이는 1000px이었으며, 이후 분석에서는 편의를 위해 픽셀 단위로 표기함), 선분의 양쪽 끝에는 가로 0.2cm 세로 1.1cm의 세로선과, 숫자범위에 해당하는 숫자를 세로선 아래에 표시하였다(Table 1 참고). 참가자는 마우스를 이용하여 반응하였으며, 반응을 돕기 위하여 제시된 흰색 세로선이 마우스의 움직임을 따라 함께 움직였다. 흰색 세로선의 최초 위치가 반응에 영향을 미치는 것을 통제하기 위하여, 흰색 세로선을 전체 시행의 반은 선분의 좌측 끝에

www.kci.go.kr

제시하였고, 나머지 반은 우측 끝에 제시하였다. 참가자는 흰색 세로선을 표적숫자가 해당하는 위치로 이동시킨 후, 마우스를 클릭하여 반응을 완료하였다. 반응이 끝나면, 화면에서 자극이 사라지고 1.5초 후에 다음 숫자가 나타났다.

결 과

반응값의 평균±3SD를 넘어서는 시행은 불성실한 반응이라 판단하여 분석에서 제외하였다. 표적숫자와 참가자의 반응값은 기준점에 대한 상대값으로 변환하였다(예를 들어, 기준점 250에서 0은 250을 의미하며 -10은 240을 의미한다). Figure 2는 숫자범위, 기준점, 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 반응값을 보여준다.

조건 간 차이를 더 구체적으로 살펴보고자, 참가자내 반복측정 변량분석을 실시하였다. 각 기준점에서 숫자범위(900조건과 1000조건)에 따른 차이는 발견되지 않았다. 반응시간의 차이를 살펴본 결과, 900 조건에서 중앙 기준점은 5.02초, 작은 기준점과 큰 기준점은 각각 6.42초, 6.21초로 나타나, 중앙 기준점에서 반응시간이 유의미하게 빠른 것으로 나타났다, $F(2,17)=6.48$, $p=.002$. 1000 조건에서 역시 중앙 기준점은 5.38초, 작은 기준점과 큰 기준점은 각각 6.08초, 6.16초로 나타나, 중앙 기준점에서 반응시간이 빠른 경향성을 보였다, $F(2,17)=1.95$, $p=.143$. 두 숫자범위 모두에서

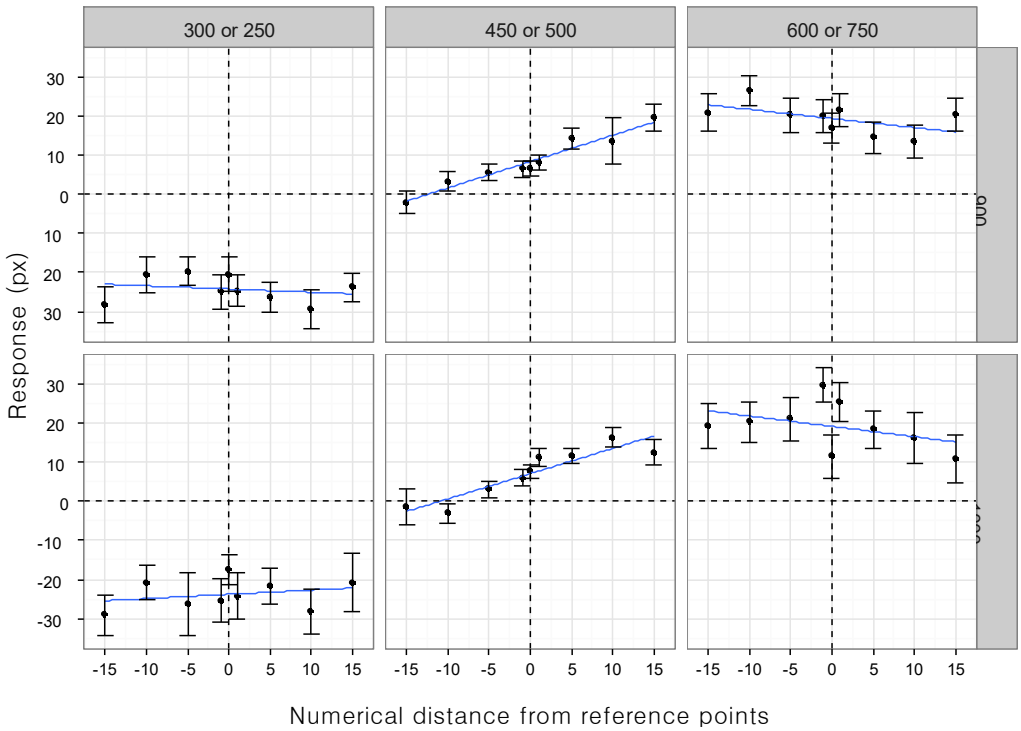


Figure 2. Number line estimation as a function of numerical distance (Experiment 1)

www.kci.go.kr

Table 2. One sample t-test results for intercept and slope (Experiment 1)

Number range	Reference points	Intercept			Slope		
		Degrees of freedom	t	*p*	Degrees of freedom	t	*p*
900	300	17	-4.52	0.000	17	-0.49	0.630
1000	250	17	-3.37	0.004	17	0.62	0.542
900	450	17	3.92	0.001	17	3.05	0.007
1000	500	17	3.65	0.002	17	2.19	0.043
900	600	17	4.09	0.001	17	-1.29	0.215
1000	750	17	2.43	0.026	17	-1.06	0.306

Table 3. Regression results for each reference points (Experiment 1)

Number range	Reference points	Intercept	Slope	*p*	R^2
900	300	-24.28	-0.08	0.562	0.05
1000	250	-23.71	0.10	0.549	0.05
900	450	8.40	0.66	0.000	0.94
1000	500	7.01	0.64	0.000	0.84
900	600	19.23	-0.23	0.129	0.30
1000	750	19.12	-0.26	0.291	0.16

기준점에 따른 반응값의 주효과가 관찰되었으며, 900조건: $F(2,17)=73.80$, $p<.001$, 1000조건: $F(2,17)=98.50$, $p<.001$, Bonferroni 쌍대쌍 분석 결과, 모든 기준점에 대하여 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 작은 기준점(300 혹은 250)에서는 실제 표시해야 될 위치보다 좌측편향, 즉 과소추정을 보였고, 중앙 기준점(450 혹은 500)과 큰 기준점(600 혹은 750)에서는 실제 표시해야 될 위치보다 우측편향, 즉 과대추정을 보였으며, 중앙 기준점보다는 큰 기준점에서 과대추정 경향성이 더 강하게 나타났다(Figure 2 참고). 이 결과는 조건별 회귀절편에 대한 단일표본 t 검증 결과를 통해서도 지지되었다(Table 2). 모든 조건에서 회귀절편은 0(각 기준점)과 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 작은 기준점에서는 음수값, 중앙 기준점과 큰 기준점에서는 양수값을 보였다(Table 3).

표적숫자와 실제 표시지점 사이에 선형 관계가 존재하는지 살펴보기 위하여, 각 조건별로 회귀분석을 실시하였다. 두 숫자범위 모두에서 중앙 기준점에서만 회귀 경향성이 관찰되었다, 900조건: $p<.001$, $R^2=.94$, 1000조건: $p<.001$, $R^2=.84$(Table 3). 각 참가자의 회귀 기

www.kci.go.kr

울기에 대한 단일표본 t 검증 결과 역시, 중앙 기준점에서만 유의미한 차이가 있는 것으로 나타나, 회귀 분석 결과를 지지하였다(Table 2). 그에 비해, 작은 기준점과 큰 기준점에서는 회귀 경향성이 관찰되지 않았기에, 표적숫자가 기준점보다 작은 수이든 큰 수이든 기준점과 비슷한 위치에 표시한 것으로 나타났다.

만약 수직선추정과제에서 기준점을 사용한다면, 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이가 발생할 것이라는 가설을 검증해 보기 위하여 추가적인 분석을 실시하였다. 반응값은 숫자거리로 인한 차이를 반영하지 못하기 때문에, 기준점으로부터의 숫자거리 대비 반응값을 더 정확하게 살펴보기 위하여 백분율 값을 산출하였다(|반응값| ÷ |기준점으로부터의 숫자거리| x 100). 예를 들어, 참가자의 반응값이 5px인 경우를 백분율로 변경하면, 기준점으로의 숫자거리가 5인 경우에는 100%를, 10이라면 50%, 1이라면 500%를 응답한 것이다. 또한 숫자거리에 음수값과 양수값이 모두 포함되어 있기에 평균할 경우 0에 가까운 수치가 나오게 되므로 조건 간 차이를 살펴보기 어렵다는 점을 감안하여, 절대값을 구한 후 기준점으로부터 좌측이든 우측이든 상관없이 숫자거리에 따른 차이를 비교해 보았다. Figure 3은 조건별 반응값의 백분율을 보여준다. 참가자 내 반복측정 변량분석 결과, 기준점으로부터의 숫자거리로 인한 차이가 유의미한 것으로

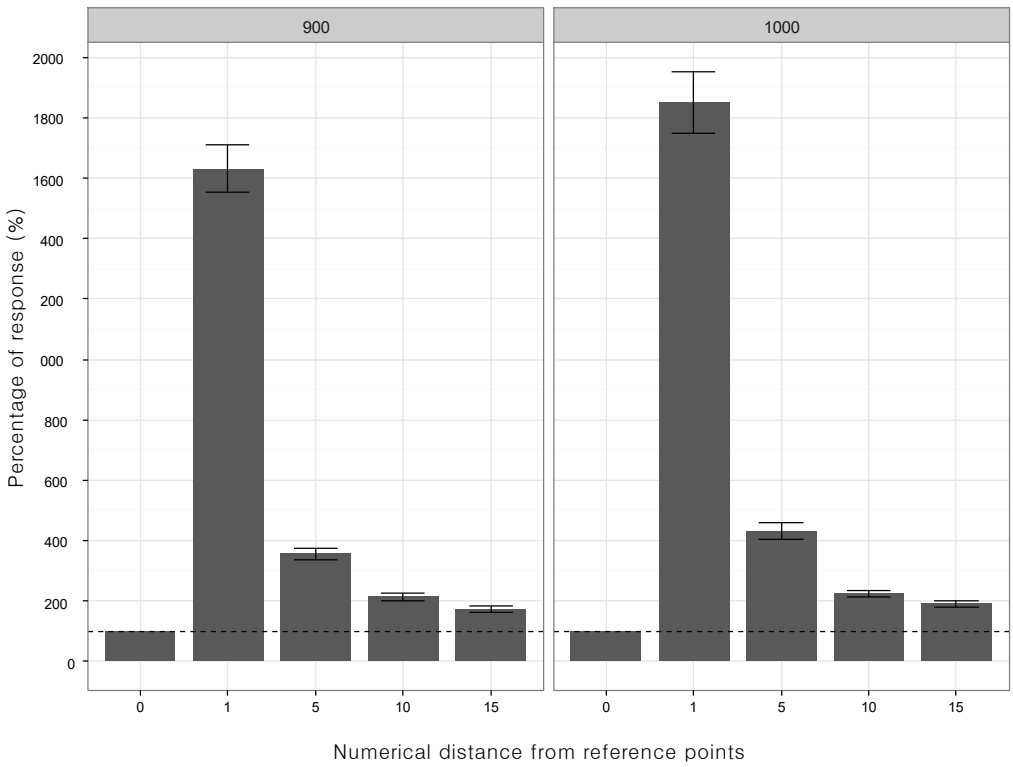


Figure 3. Percentage of response as a function of numerical distance (Experiment 1)

www.kci.go.kr

나타났다, 900조건: $F(4,17)=42.97$, $p<.001$, 1000조건: $F(4,17)=44.64$, $p<.001$. Bonferroni 쌍대쌍 분석 결과, 900조건과 1000조건 모두에서, 숫자거리 10과 15, 그리고 900조건의 숫자거리 5에서는 반응값의 백분율이 100%에 가까운 것으로 나타났고, 그 외의 숫자거리에서는 100%보다 유의미하게 높은 것은 것으로 나타났다.

실험 2

인지 과제를 수행함에 있어서 신속성-정확성 교환(speed-accuracy trade-off)은 잘 알려진 현상이다. 어떤 책략은 빠르게 반응해야 되는 상황에서는 사용하기 어려울 수 있다. 기준점을 사용하는 책략 역시 시간을 충분히 필요로 할 가능성을 배제할 수 없기에, 신속성을 강조하는 실험을 추가적으로 진행해 보았다.

방 법

참가자 광운대학교 학부생 19명이 자원하여 실험에 참가하였으며, 5000원의 보상을 지급하였다. 모든 참가자는 오른손잡이였으며, 정상 시력 혹은 교정된 정상 시력을 보유하였다.

실험 자극 및 절차 실험 진행 방법은 실험 1과 동일하였으나, 실험을 설명하는 과정에서 정확성 대신 신속성을 강조하여, 최대한 빠르게 수행할 것을 요구하였다. 또한 정확성 조건에서 반응시간의 25% 지점이었던 3.2초를 기준으로 하여, 3.5초의 시간제한을 두었다. 자극이 제시되고 3.5초 이내에 반응이 없을 경우, 비프음이 들리고 자극이 화면에서 사라졌다. 참가자가 반응을 놓친 시행은 준비된 시행이 모두 끝난 후 마지막에 추가하였다.

결 과

반응값의 평균±3SD를 넘어서는 시행은 불성실한 반응이라 판단하여 분석에서 제외하였다. 평균 반응시간이 900조건에서 1.86초, 1000조건에서 1.92초로 실험 1에 비해 매우 빠른 것으로 나타나, 실험적 조작이 적절하게 이루어졌음을 확인하였다. 하지만, 실험 1과는 달리 조건 간 유의미한 차이는 관찰되지 않았다. 참가자내 반복측정 변량분석 결과, 기준점에 따른 반응값의 주효과가 관찰되었으며, 900조건: $F(2,18)=58.47$, $p<.001$, 1000조건: $F(2,18)=14.91$, $p<.001$, Bonferroni 쌍대쌍 분석 결과, 모든 기준점에 대하여 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(Figure 4). 조건별 회귀 절편에 대하여 단일표본 t 검증을 수행해 본 결과, 작은 기준점에서는 실험 1과 유사하게 실제 표시해야 될 위치보다 좌측편향, 즉 과소추정을 보였으나, 중앙 기준점과 큰 기준점에서는 회귀 절편이 0과 유의미한 차이가 관찰되지 않아, 실험 1과는 다르게 기준점과 가까운 위치에 반응한 것으로 나타났다(Table 4). 표적숫자와 실제 표시지점 사이의 선형 관계를 살펴보기 위하여 실시한 회귀분석 결과, 실험 1과 마찬가지로, 두 숫자범위 모두에서 중앙 기준점에서만 회귀 경향성이 관찰되었으며, 900조건: $p<.001$, $R^2=.92$, 1000조건: $p<.001$, $R^2=.91$(Table 5), 회귀 기울기에 대한 단일 표본 t 검증 결과 역시 중앙 기준점에서

www.kci.go.kr

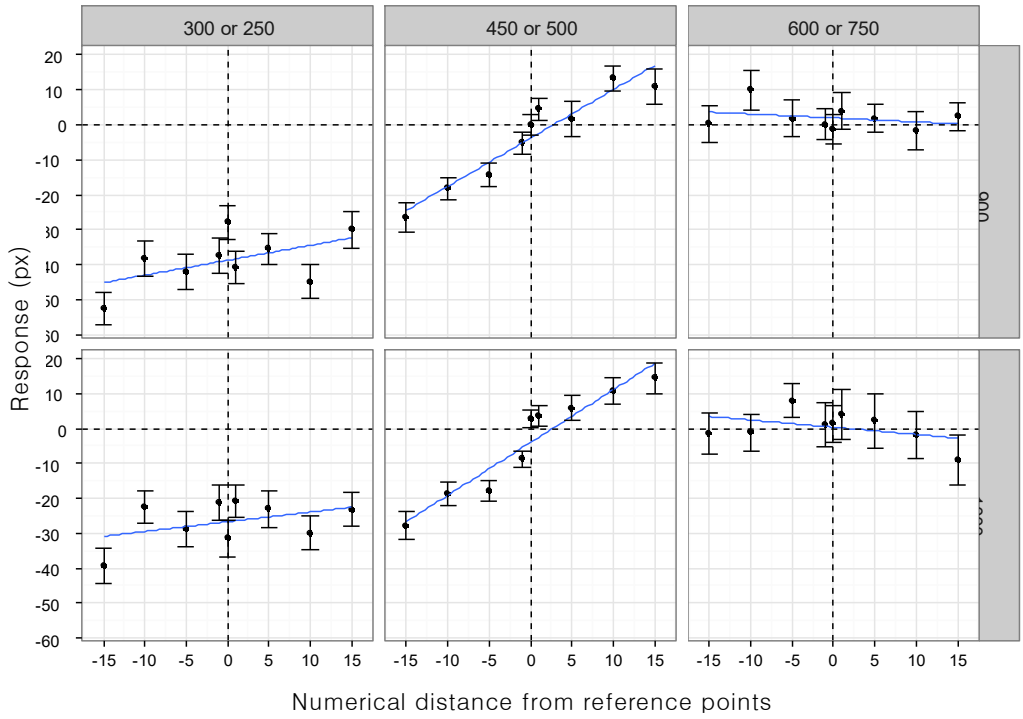


Figure 4. Number line estimation as a function of numerical distance (Experiment 2)

Table 4. One sample t-test results for intercept and slope (Experiment 2)

Number range	Reference points	Intercept			Slope		
		Degrees of freedom	t	*p*	Degrees of freedom	t	*p*
900	300	18	-5.47	0.000	18	1.94	0.068
1000	250	18	-4.06	0.001	18	1.14	0.267
900	450	18	-0.90	0.381	18	4.33	0.000
1000	500	18	-1.59	0.130	18	3.79	0.001
900	600	18	0.34	0.741	18	-0.53	0.602
1000	750	18	0.02	0.983	18	-0.66	0.520

만 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 4).

기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이를 살펴보기 위하여, 실험 1에서처럼 반응값의 백분율을 산출하였다. Figure 5는 조건별 반응값의 백분율을 보여준다. 참가자내 반복측정

www.kci.go.kr

Table 5. Regression results for each reference points (Experiment 2)

Number range	Reference points	Intercept	Slope	p	R^2
900	300	-38.77	0.43	0.138	0.29
1000	250	-26.79	0.28	0.250	0.18
900	450	-3.73	1.38	0.000	0.92
1000	500	-4.01	1.51	0.000	0.91
900	600	1.96	-0.11	0.443	0.09
1000	750	0.33	-0.21	0.252	0.18

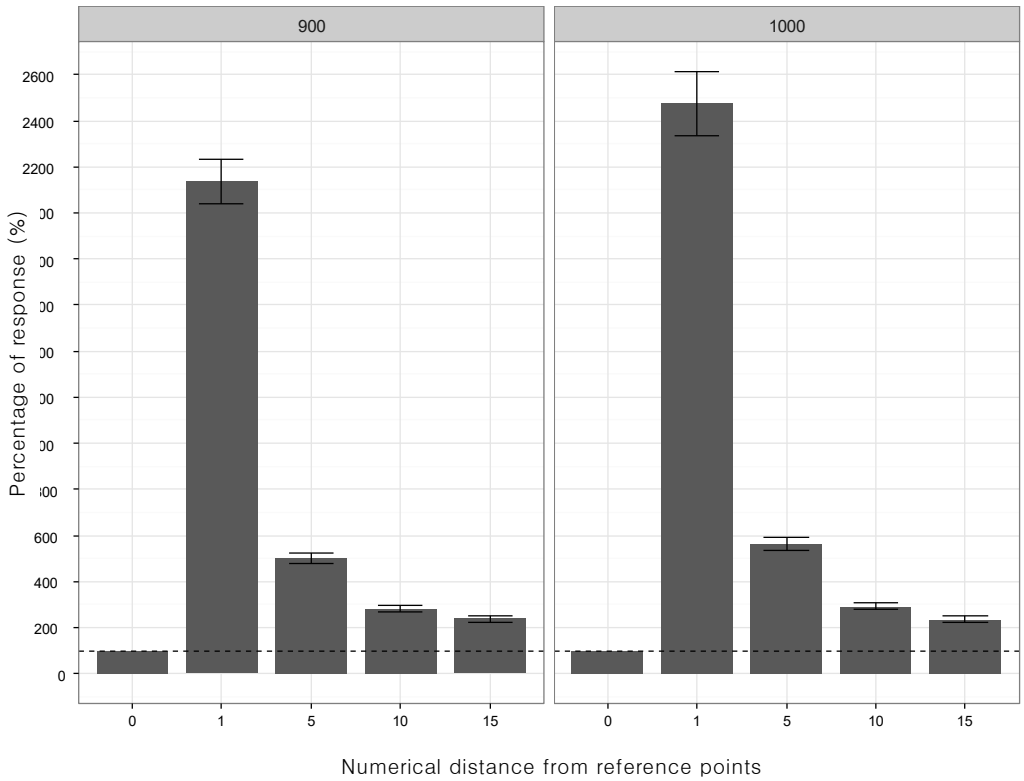


Figure 5. Percentage of response as a function of numerical distance (Experiment 2)

변량분석 결과, 기준점으로부터의 숫자거리로 인한 차이가 유의미한 것으로 나타났다, 900조건: $F(4,18)=62.50$, $p<.001$, 1000조건: $F(4,18)=50.96$, $p<.001$. Bonferroni 쌍대쌍 분석 결과, 두 조건 모두에서 숫자거리 10과 15에서의 반응값의 백분율은 100%에 가까운 것으로 나타났으나, 나머지 숫자거리에서는 기준점보다 유의미하게 큰 것으로 나타나, 실험 1과 마찬가

www.kci.go.kr

지로 기준점과 가까운 숫자거리에서 오차가 더욱 크게 나타나는 경향성을 보였다.

논 의

본 연구에서는 기준점을 이용하는 책략을 사용하는지 살펴보기 위하여, 기준점과 인근 숫자들을 자극으로 사용하였다. 숫자범위는 십진법 체계에서 친숙하게 사용되며, 2등분과 4등분으로 쉽게 분할되는 1000과, 상대적으로 덜 친숙하며 3등분으로 분할되는 900을 사용하여, 숫자범위에 따라 사용하는 책략이 달라지는지 살펴보았다. 또한, 실험 1에서는 정확성을 강조하였고, 실험 2에서는 신속성을 강조하여, 신속성-정확성 교환으로 인해 결과가 달라지는지도 확인해 보았다.

실험 1과 실험 2 모두에서 숫자범위에 따른 차이는 발견되지 않았으며, 중앙 기준점에서는 표적숫자의 크기에 따라 반응값도 증가하는 직선형태가 관찰되었으나, 작은 기준점과 큰 기준점에서는 기준점과 인근 숫자들에 대한 반응값이 유사하게 나타났다(Figure 2, 4 참고). 이런 결과는 작은 기준점과 큰 기준점에 비해 중앙 기준점에서 훨씬 정확하게 반응했다는 의미이며, 주어진 숫자범위와는 무관하게 중앙 기준점이 수직선추정과제에서 중요한 역할을 함을 시사한다. 중앙 기준점에서의 회귀 기울기가 정확성을 강조한 실험 1에서는 .65로 나타나 기준점에서 숫자거리가 멀어질수록 실제보다 과소추정하는 경향성이 관찰된 반면, 신속성을 강조한 실험 2에서는 1.45로 나타나 기준점에서 숫자거리가 멀어질수록 실제보다 과대추정하는 경향성이 관찰되었다. 또한 기준점으로부터 숫자거리가 1 떨어져 있는 조건에서 반응값의 백분율이 실험 1에서는 1739.66%이었던 반면, 실험 2에서는 2305.31%로, 신속성을 강조할 경우 기준점을 사용함으로 인해 발생하는 왜곡이 더욱 큰 것으로 나타났다.

숫자 범위 전체를 놓고 보면, 직선형태도 로그형태도 아닌 양극화 경향성이 나타났다(Figure 2, 4 참고). 작은 기준점에서는 0 쪽으로 향하는 편향이 나타났으며, 큰 기준점에서는 각 조건의 숫자범위였던 900이나 1000 쪽으로 향하는 편향이 나타났다. 하지만 이런 현상은 연구자들도 예상하지 못했었던 부분이며, 작은 비율에서는 과대추정이, 큰 비율에서는 과소추정이 나타날 것이라고 가정하는 파워모형에도 부합하지 않는 결과이다. 숫자거리에 따른 조건 간 차이는 파워모형을 지지하는 결과를 보였음에도, 전체적인 양상은 다소 상반되는 결과가 나타난 이유가 무엇인지 살펴보고자 추가 실험을 진행해 보았다.

실험 3

세 종류의 기준점 중에서 중앙 기준점은 작은 기준점이나 큰 기준점에 비해, 상대적으로 정확하며 직선경향성을 보였다. 이는 중앙 기준점이 숫자를 선분 위의 위치로 변환하는 과정에서 중요한 역할을 한다는 점을 보여주며, 과제 전체에 걸쳐 중앙 기준점이 다른 기준점에 대한 또 다른 기준점으로 작용할 가능성이 존재함을 시사한다. 그 결과로 선분 내에서 중앙 기준점에 해당하는 숫자들에 더 많은 영역이 할당되는 현상이 나타났을 수 있다. 기

www.kci.go.kr

준점에 대한 양극화 현상이 이런 요인으로 인해 발생한 것인지 확인해 보기 위하여, 중앙 기준점을 제외한 후 실험을 진행하였다.

방 법

참가자 실험 1, 2에 참여하지 않은 광운대학교 학부생 19명이 자원하여 실험에 참가하였다.

실험 자극 및 절차 실험 자극 및 절차는 몇 가지 점을 제외하고 실험 1, 2와 동일하였다. 실험 자극은 중앙 기준점에 해당하는 숫자를 제외한 후, 작은 기준점과 큰 기준점에 해당하는 숫자만 사용하였다(Table 1 참고. 0-1000 숫자범위의 500 지점에 해당하는 숫자들만 제외함). 숫자범위에 따른 차이가 나타나지 않았기 때문에, 두 종류의 숫자범위를 모두 사용할 필요가 없다고 판단하여 숫자범위는 1000 조건만 사용하였다. 또한 정확성 조건과 신속성 조건 사이에 큰 차이가 나타나지 않았기 때문에, 최대한 빠르고 정확하게 반응하도록 지시하였다.

결 과

반응값의 평균±3SD를 넘어서는 시행은 불성실한 반응이라 판단하여 분석에서 제외하였다. 참가자내 반복측정 변량분석 결과, 기준점에 따른 주효과가 관찰되었다, $F(1,18)=15.84$, $p<.001$(Figure 6 좌측). 중앙 기준점을 제외하였음에도, 실험 1, 2와 마찬가지로 양극화 경향성이 관찰되었다는 점은 양극화 현상이 중앙 기준점에 대한 공간 할당의 문제라기보다는 다른 요인이 개입되었기 때문이라는 점을 보여준다. 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이를 살펴보기 위하여, 실험 1에서처럼 반응값의 백분율을 산출한 후, Bonferroni 쌍대쌍 분석을 실시해본 결과, 숫자거리 1과 다른 숫자거리들(숫자거리 5, 10, 15) 사이에 모두 유

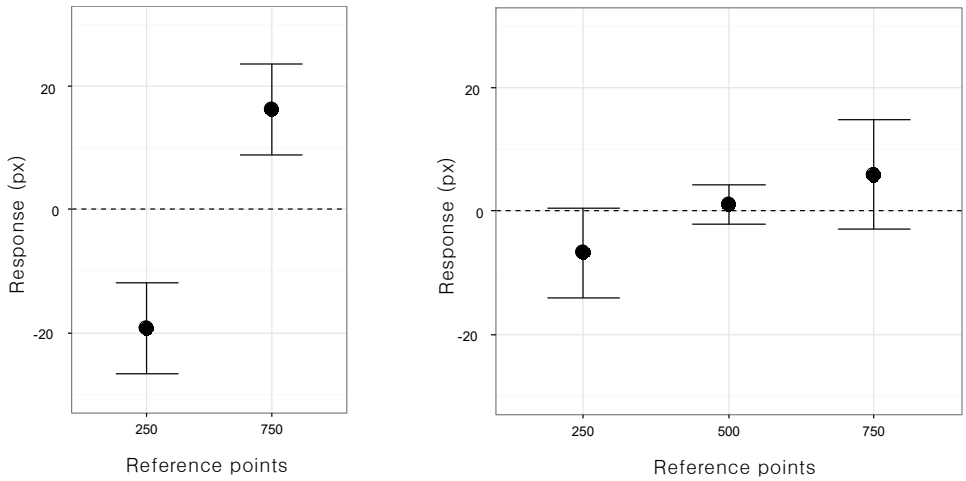


Figure 6. Mean estimation for reference points (left: Experiment 3, right: Experiment 4)

www.kci.go.kr

의미한 차이가 있는 것으로 나타나, $p<.001$, 중앙 기준점이 제시되지 않은 경우에도 기준점 인근에서만 왜곡이 크게 발생하는 것으로 나타났다.

실험 4

만약, 작은 기준점이나 큰 기준점에 해당하는 숫자를 선분 위에 표시하기 위하여 특정 방향에 시선을 고정시킬 경우, 주의가 선분 전체에 고르게 할당되지 않고 어느 한쪽 끝에만 집중될 가능성이 존재한다. 이 때, 선분 길이가 충분히 짧지 않아서 한눈에 들어오지 않는다면, 주의를 기울이는 쪽과 반대 방향의 끝 지점에 대한 무시(neglect)가 발생할 수 있으며, 그 결과로 작은 기준점이나 큰 기준점에서의 양극화 현상이 나타났을 수 있다. 이 가능성을 확인해 보기 위하여, 선분 길이를 축소한 후, 실험을 진행하였다.

방 법

참가자 광운대학교 학부생 18명이 자원하여 실험에 참가하였다.

실험 자극 및 절차 실험 자극 및 절차는 몇 가지 점을 제외하고 실험 3과 동일하였다. 실험 3에서는 중앙 기준점으로 인한 영향을 살펴보기 위하여, 중앙 기준점에 해당하는 숫자들을 제외하였으나, 실험 4에서는 실험 1, 2와 마찬가지로 세 종류의 기준점에 해당하는 숫자들을 모두 사용하였다. 실험 4는 선분 길이로 인한 영향을 확인하기 위하여 진행하였기에, 선분 길이를 다른 실험의 반으로 축소하여 14.1cm로 제시하였다.

결 과

반응값의 평균±3SD를 넘어서는 시행은 불성실한 반응이라 판단하여 분석에서 제외하였다. 참가자내 반복측정 변량분석 결과, 기준점에 따른 주효과가 관찰되지 않아, 선분 길이가 양극화 현상에 영향을 미쳤다는 결과를 보여주었다, $F(1,17)=0.15$, $p=.694$.(Figure 6 우측). 조건별 회귀 절편에 대한 단일표본 t 검증 결과 역시, 모든 조건에서 절편이 0과 유의미한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 표적숫자와 실제 표시지점 사이의 선형 관계를 살펴보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과, 작은 기준점과 중앙 기준점에서 회귀 경향성이 관찰되었

Table 6. One sample t-test results for intercept and slope (Experiment 4)

Number range	Reference points	Intercept			Slope		
		Degrees of freedom	t	p	Degrees of freedom	t	p
1000	250	17	-0.97	0.345	17	2.53	0.022
1000	500	17	0.44	0.662	17	4.04	0.001
1000	750	17	0.67	0.514	17	0.99	0.335

www.kci.go.kr

Table 7. Regression results for each reference points (Experiment 4)

Number range	Reference points	Intercept	Slope	p	R^2
1000	250	-6.93	0.56	0.004	0.71
1000	500	1.37	1.43	0.001	0.83
1000	750	5.94	0.20	0.216	0.21

다, 작은 기준점: p=.004, R^2=.71, 큰 기준점: p=.001, R^2=.83(Table 7). 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이를 살펴보기 위하여, 실험 1에서처럼 반응값의 백분율을 산출한 후, Bonferroni 쌍대쌍 분석을 실시해본 결과, 숫자거리 1과 다른 숫자거리들(숫자거리 5, 10, 15) 사이에 모두 유의미한 차이가 있는 것으로 나타나, p<.001, 선분 길이를 축소한 경우에도 기준점 인근에서만 왜곡이 크게 발생하는 것으로 나타났다.

종합논의

수직선추정과제에서 기준점을 이용하여 반응하는 책략을 사용하는지 행동학적 증거를 살펴보기 위하여 일련의 실험을 진행하였다. 일반적으로는 매우 강한 직선경향성을 보이지만, 특정 상황이나 맥락을 유도할 경우, 직선경향성이 약화되는 것으로 알려진 성인들을 대상으로, 기준점으로 활용되는 몇 개의 분할지점과 그 인근의 숫자들을 제시하여 수행 결과가 달라지는지 살펴보았다. 기준점에 따른 차이를 비교해 본 결과, 중앙 기준점에서만 선형회귀경향성이 강하게 나타났으며, 작은 기준점이나 큰 기준점에서는 중앙 기준점에 비해 정확성이 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다. 또한, 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 반응값의 차이를 살펴본 결과, 기준점에서 멀리 떨어진 숫자에 비해 기준점 인근의 숫자에서 더욱 큰 왜곡이 발생하는 것으로 나타나, 각 기준점 인근에서 직선경향성이 약화되는 결과를 관찰하였다.

중앙 기준점에서 직선경향성이 관찰되었다는 점은, 아동일 때는 로그표상을 가지는 반면 성인이 되면 직선표상으로 변환된다고 제안하는 변환모형을 지지하는 결과로 볼 수 있다. 또한, 변환모형은 숫자값이 작을수록 넓은 공간이 할당되고, 숫자값이 커질수록 할당되는 공간이 줄어든다고 가정하기 때문에, 만약 (비록 대학교육을 받고 있는 학생들을 무선적으로 모집했음에도 불구하고) 참가자들의 수 개념 범위가 일반적인 성인들에 비해 현저하게 낮은 수준이라면, 큰 기준점에서 과대추정한 결과에 대해서도 설명이 가능할 것으로 보인다. 하지만, 작은 기준점에서 과소추정이 관찰되어, 중앙 기준점에 비해 더욱 좁은 공간이 할당되었다는 점에 대해서는 설명이 어렵다. 비록, 양극화 현상의 원인을 탐색하기 위해 선분길이를 축소하여 진행된 실험 4에서는 작은 기준점에서도 선형 회귀 경향성이 관찰되기는 했지만, 기울기가 .56으로 나타나, 일반적으로 직선경향성에서 기대되는 1에 비해

www.kci.go.kr

서는 현저하게 낮은 수치이다. 변환모형에서는 숫자값이 작을 때에는 가파른 회귀 경향성이 나타나고, 숫자값이 커질수록 완만한 회귀 경향성이 나타날 것이라고 가정하지만, 중앙 기준점에서 기울기가 1.43으로 작은 기준점에 비해 더욱 가파른 회귀 경향성을 보이고 있기에, 변환모형을 지지하기는 어려울 것으로 보인다.

그에 비해, 친숙성이 높을 경우 가파른 직선형태를 보이지만, 친숙성이 낮을 경우 완만한 직선형태를 보인다고 가정하는 2-직선모형은 중앙기준점에서만 가파른 직선경향성을 보이는 결과에 대해 잘 설명할 수 있을 것으로 보인다. 일상생활에서 중앙 기준점에 해당하는 숫자인 500이 작은 기준점인 250이나 큰 기준점인 750보다 더욱 많이 사용되어 친숙성이 높을 수 있기 때문이다. 예를 들어, 국내의 화폐단위는 0과 5단위로 증가하며(예, 1,000원권, 5,000원권), 25나 75에 해당하는 단위는 존재하지 않는다(예, 2,500원권, 7,500원권). 하지만, 각 기준점 내에서 기준점으로부터의 숫자거리에 따른 차이가 발생한 것에 대해서는 다소 설명이 어려운 것으로 보이는데, 기준점으로부터의 숫자거리가 상대적으로 먼 숫자인 240이나 260에 비해, 기준점 인근의 숫자인 249나 251이 더욱 친숙하다고 보기는 힘들기 때문이다.

반면, 쉽게 분할되는 지점을 기준점으로 이용하는 책략을 사용하여 수직선추정과제를 수행한다는 비율판단의 파워모형의 주장은 기준점 인근의 숫자에서 왜곡이 크게 일어난 현상에 대해서 잘 설명하고 있는 것으로 보인다. 만약, 수직선 위에서 각 숫자값에 해당하는 위치를 직관적으로 표시한다면, 오차가 발생하더라도 여러 표적숫자에 걸쳐 유사하게 나타날 것이고, 전체 참가자의 수행을 평균할 경우, 숫자값이나 기준점으로부터의 숫자거리로 인한 차이는 발생하지 않을 것이다. 하지만, 기준점을 기준으로 “작다/크다”라는 책략을 사용할 경우, 기준점으로부터의 숫자거리가 1이나 5처럼 매우 가까운 경우라 하더라도, 기준점보다 크다는 점을 강조하기 위하여 실제보다 더욱 많이 이동하는 왜곡이 발생할 것이라고 기대할 수 있다. 이에 더하여, 기준점을 이용하는 책략은 기준점에 더 많은 주의를 기울이게 만들었을 가능성 역시 존재한다. 대상에 주의를 기울일 경우, 하향처리(top-down process)를 일으켜, 공간 해상도를 높이고 수행을 증진시킨다는 것은 잘 알려진 현상이다(Carrasco, 2011; Carrasco, Ling, & Read, 2004). 심지어, 때로는, 주의를 기울인 대상에 대한 왜곡이 발생해 지각된 크기가 확장되는 결과를 보이기도 한다(Anton-Erxleben, Henrich, & Treue, 2007; Gobell & Carrasco, 2005). 기준점 인근의 숫자에서 왜곡이 일어난 현상 역시, 기준점을 이용하는 책략으로 인해 기준점에 많은 주의가 할당되어, 기준점으로부터의 숫자거리가 먼 경우보다 가까운 경우, 공간적 확장이 발생했기 때문일 수 있다. 또한, 중앙 기준점과는 달리 작은 기준점과 큰 기준점에서 직선경향성이 약화된 현상 역시 기준점 책략으로 인한 결과일 수 있다. 만약, 0-1000의 숫자범위에서 특정 숫자에 해당하는 위치를 표시할 때, 0부터 순차성(ordinarlity)을 기반으로 판단한다면, 1000에 가까운 숫자(예, 750)에 비해, 0에 가까운 숫자(예, 250)에서, 정확성은

www.kci.go.kr

높고 반응시간은 빠르게 나타나, 좋은 수행을 보일 것이라고 예상할 수 있는 반면, 기준점 책략을 사용한다면, 작은 기준점(예, 250)이나 큰 기준점(예, 750)에 비해, 1/2의 비율로 쉽게 분할되는 중앙 기준점(예, 500)에서 빠른 반응시간과 높은 정확성을 기대할 수 있을 것이다. 전체적으로 반응시간이 매우 짧게 나타나 천정효과를 보이는 신속성 조건에서는 기준점들 사이에 반응시간의 차이를 관찰할 수 없었으나, 반응시간에 제한을 두지 않은 정확성 조건에서는 중앙 기준점에서 반응시간이 매우 빠른 것으로 나타났고, 정확성 조건과 신속성 조건 모두 중앙 기준점에서 정확성이 훨씬 높은 것으로 나타나, 후자를 지지하는 결과를 보였다.

Barth와 Paladino(2011)의 연구가 기존의 변환모형이나 2-직선모형에 비해, 비율판단의 파워모형이 수직선추정과제 결과에 대해 더욱 높은 설명력을 가진다는 것을 보여, 표상의 “형태” 측면에서 기준점 책략을 사용할 가능성을 보여주었다면, 본 연구는 일반적으로 직선경향성을 보이는 성인들이 기준점과 기준점 인근의 숫자들에 대해 판단할 때, 기준점으로부터의 숫자거리가 가까울수록 큰 왜곡이 발생하며, 작은 기준점이나 큰 기준점에서보다 중앙 기준점에서 높은 정확성과 빠른 반응시간을 보인다는 점을 관찰하여, 참가자의 “수행” 측면에서 기준점 책략이 사용된다는 것을 보여주었다. 하지만, 숫자범위 전체에 걸친 표상의 “형태”에 있어서는 파워모형의 예측과 다소 다른 경향성이 관찰되었다. 파워모형에 의하면, 작은 비율에서는 과대추정이, 큰 비율에서는 과소추정이 나타날 것이라고 기대할 수 있는 반면, 본 연구에서는 작은 기준점에서는 0쪽으로 향하는 편향, 즉, 과소추정이 관찰되었고, 큰 기준점에서는 900이나 1000 쪽으로 향하는 편향, 즉, 과대추정이 관찰되어, 양극화 경향성이 나타났다. 선분 길이가 너무 길 경우, 주의를 기울이는 반대쪽 끝 지점에 대한 무시가 일어날 가능성을 고려하여, 선분 길이를 축소하여 추가실험을 진행한 결과, 양극화 현상이 약화되는 결과를 확인하였고, 이는 선분 길이가 양극화 현상에 영향을 미친 요인일 수 있음을 시사한다. 엄밀히 말하면, 선분 길이로 인해 달라지는 시각도(visual angle)가 일정 범위를 넘어설 경우, 시야각의 변두리 영역에는 주의를 기울이기 어려워질 수 있는 것이다. Table 8은 수직선추정과제 연구들에서 사용한 자극의 시각도를 정리한 것이다. 시각도를 직접적으로 언급한 경우는 없었으며, 선분 길이를 명시했다 하더라도, 시청 거리에 대한 언급이 없었기 때문에 시각도를 확인할 수 없었다. 시청 거리를 언급한 연구가 있었으나, 선분 길이를 자극의 물리적 길이가 아닌 모니터 상의 픽셀로 표기하고, 모니터의 정확한 크기는 언급하지 않았기 때문에, 이 경우 역시 시각도는 계산할 수 없었다. 시청 거리가 유사했을 것이라고 가정한다 하더라도, 선분 길이는 연구들 사이에 큰 차이를 보이고 있다. 기존의 연구들 사이에 상이한 결과가 나타나는 데에는 선분 길이로 인한 차이가 오염변인으로 작용했기 때문일 가능성을 배제하기 어려울 것으로 보인다. 본 실험에서는, 선분 길이가 너무 길 경우 발생할 수 있는 영향만 살펴보았으나, 선분 길이가 너무 짧을 경우 나타날 수 있는 잠재적인 변수 역시 존재

www.kci.go.kr

Table 8. Visual angles of line stimuli in previous studies

Study	Tool	Line length	Viewing distance	Visual angle
Moeller et al., 2009	Paper	10cm	-	-
White & Szűcs, 2012	Paper	16cm	-	-
Opfer, Thompson, & Kim, 2016	Paper	21.8cm	-	-
Barth & Paladino, 2011	Paper	23cm	-	-
Slusser et al., 2013	Paper	23cm	-	-
Siegler et al., 2003	Paper	25cm	-	-
Friso-van den Bos et al., 2014	Laptop computer	25cm	-	-
Sullivan et al., 2011	CRT monitor (20inch)	830px	83cm	-

할 수 있을 것이다. 선분 길이를 다양하게 조작하여 비교해 보는 추가 연구가 이루어진다면, 선분 길이로 인한 영향을 더욱 명확하게 이해할 수 있을 것이다.

선분 길이 외에도 다른 요인들이 개입되었을 가능성 역시 존재한다. Barth와 Paladino (2011)의 연구는 아동들을 대상으로 이루어진 반면, 본 연구는 성인들을 대상으로 이루어졌기에, 기준점 책략의 사용으로 인한 결과가 아동과 성인 사이에 다르기 때문일 수 있다. 혹은, 본 연구에서는 기준점과 기준점 인근의 숫자들만 사용했기에, 숫자범위 전체의 숫자들이 골고루 포함된 경우와는 다른 결과가 나타날 가능성 역시 배제할 수 없다. 이에 대해 명확한 결론을 내리기 위해서는, 본 연구에서 사용한 방법을 사용하되 아동들을 대상으로 실험을 진행해 본다거나, 표적숫자를 숫자범위 전체에 걸쳐 사용하면서 기준점 책략을 사용하도록 유도할 수 있는 다른 실험 방법을 고안해내는 등의 추가 연구가 필요할 것이다.

심리학에서 사용되는 과제 중 그 어떤 과제도 살펴보고자 하는 연구 주제만 온전히 반영하기는 어려울 것이다. 다만, 수행에 미치는 영향이 크지 않고 무선적으로 작용한다면, 참가자 수가 증가할수록 무시할 수 있는 수준이 될 것이다. 하지만, 어떤 요인이 유의미한 차이가 나타날 정도로 강력한 영향을 체계적인 방식으로 미치는 것이 관찰된다면, 더 이상은 무시해도 되는 가외변인으로 여기기 힘들 것이다. 수직선추정과제는 내적수직선을 가장 잘 반영하는 과제로 여겨졌지만, 본 연구 결과는 수직선추정과제의 수행 결과에 기준점 책략으로 인한 영향이 강하게 개입될 수 있으며, 단순히 표적숫자를 특정 범위로 제한하는 것만으로도 직선경향성이 약화될 수 있음을 보여주었다. 또한, 그동안은 큰 관심을 받지 못했던 선분 길이 역시 내적수직선의 형태를 있는 그대로 살펴보기 어렵게 만드는 요인 중 하나일 수 있다는 점도 확인하였다. 이런 결과는 주로 내적수직선의 형태를 비교하는 데 치우쳐 있는 기존의 수 표상 연구에 더하여, 다양한 지각적 및 인지적 요인들의 개입을 적

www.kci.go.kr

극적으로 고려할 필요가 있음을 시사한다.

참고문헌

Anton-Erxleben, K., Henrich, C., & Treue, S. (2007). Attention changes perceived size of moving visual patterns. *Journal of Vision*, *7*, 5.

Barth, H. C., & Paladino, A. M. (2011). The development of numerical estimation: Evidence against a representational shift. *Developmental Science, 14*, 125-135.

Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, *51*, 1484-1525.

Carrasco, M., Ling, S., & Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, *7*, 308-313.

Chesney, D. L., & Matthews, P. G. (2013). Knowledge on the line: Manipulating beliefs about the magnitudes of symbolic numbers affects the linearity of line estimation tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*, 1146-1153.

Dackermann, T., Huber, S., Bahnmueller, J., Nuerk, H. C., & Moeller, K. (2015). An integration of competing accounts on children's number line estimation. *Frontiers in Psychology, 6*.

Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York, NY: Oxford University Press.

Ebersbach, M., Luwel, K., Frick, A., Onghena, P., & Verschaffel, L. (2008). The relationship between the shape of the mental number line and familiarity with numbers in 5-to 9-year old children: Evidence for a segmented linear model. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 1-17.

Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E., Xenidou-Dervou, I., Jonkman, L. M., Van der Schoot, M., & Van Lieshout, E. C. (2015). Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children. *Journal of Experimental Child Psychology, 134*, 12-29.

Gobell, J., & Carrasco, M. (2005). Attention alters the appearance of spatial frequency and gap size. *Psychological Science*, *16*, 644-651.

Hollands, J. G., & Dyre, B. P. (2000). Bias in proportion judgments: The cyclical power model. *Psychological Review*, *107*, 500.

Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience, 6*, 435-448.

Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2009). Children's early mental number line: Logarithmic or decomposed linear?. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 503-515.

Opfer, J. E., Thompson, C. A., & Kim, D. (2016). Free versus anchored numerical estimation: A unified approach. *Cognition, 149*, 11-17.

Rips, L. J. (2013). How many is a zillion? Sources of number distortion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *39*,

www.kci.go.kr

1257.

Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science, 14*, 237-250.

Slusser, E. B., Santiago, R. T., & Barth, H. C. (2013). Developmental change in numerical estimation. *Journal of Experimental Psychology: General, 142*, 193.

Spence, I. (1990). Visual psychophysics of simple graphical elements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*, 683.

Spence, I., & Krizel, P. (1994). Children's perception of proportion in graphs. *Child Development, 65*, 1193-1213.

Sullivan, J. L., Juhasz, B. J., Slattery, T. J., & Barth, H. C. (2011). Adults' number-line estimation strategies: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*, 557-563.

Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 483-488.

White, S. L., & Szűcs, D. (2012). Representational change and strategy use in children's number line estimation during the first years of primary school. *Behavioral and Brain Functions, 8*, 1.

1 차원고접수 : 2016. 05. 20
수정원고접수 : 2016. 10. 28
최종게재결정 : 2016. 10. 28

www.kci.go.kr

한국심리학회지 : 인지 및 생물 http://dx.doi.org/10.22172/cogbio.2016.28.4.003
The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology
2016, Vol. 28, No. 4, 653-673

Verifying use of reference points in the number line estimation task

ChanHeum Park Hyung-Chul O. Li ShinWoo Kim

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

Number line estimation task has been widely used to test spatial representation of numerical concepts. However, the claim of power model that participants respond based on a few reference points suggests the possibility that results can be affected by cognitive strategies. The current research tested whether use of reference points in number line estimation task affects shape of mental number line, that is, participants' response patterns. Based on the reliable linearity reported in adults' mental number line, we asked our adult participants to estimate positions including both reference points and those close to the reference points, and then observed whether there happens any change in the typical linearity in number line estimation. The results showed linearity in the middle reference points, but the tendency was fairly weaker in the other reference points. In particular, greater estimation bias was observed for the positions closer to the reference points, indicating use of reference points in estimation and importance of middle reference point. In addition, bipolar response tendency was obtained where participants underestimate or overestimate reference points on the left or right side of the line, respectively. Additional experimental results showed stronger bipolarity for longer line lengths, suggesting importance of line length in number line estimation task. These results imply that researchers need to be cautious in interpretation of experimental data as the results can be easily affected by various perceptual and cognitive factors.

Key words : mental number line, number line estimation task, power model of proportion judgment, cyclical model, line length

www.kci.go.kr