



공간-수 반응 코드 연합(Spatial-Numerical Association of Response Codes; 이하SNARC) 효과란 왼쪽 공간에서는 작은 수가, 오른쪽 공간에서는 큰 수가 더 빠르고 정확하게 처리되는 현상을 말한다(Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993; Dehaene, Dupoux, & Mehler, 1990)(이 때, '공간'은 눈의 응시점을 기준으로 한 시각적 공간을 의미한다). Dehaene(1993)은 수 처리와 무관한 과제(홀수/짝수 판단 등)를 수행할 때에도 SNARC 효과가 나타나는 현상을 두고 수의 크기에 대한 정보 처리가 자동적이라고 해석하였다. 하지만, 홀수/짝수 판단 역시 수의 특성에 대해 생각하도록 하여, 수의 크기 정보를 활성화시킬 가능성이 있기 때문에(van Galen & Reitsma, 2008), 수 의미가 자동적으로 처리됨을 증명하기 위해 수의 의미와 무관한 과제를 사용할 필요가 있다. 소수의 선행 연구에서, 수 의미 처리의 자동성을 관찰하기 위해 숫자 자극에 대한 색상 변별 과제를 이용하여 SNARC 효과를 관찰하였다. Hoffmann, Hornung, Martin, and Schiltz(2013)과 Keus, Jenks, & Schwarz(2005)은 각기 미취학 아동과 성인을 대상으로 하여 색상 변별 과제를 실시한 결과 SNARC 효과가 나타남을 확인하였다. 이러한 결과들은 수의 의미 처리와 무관한 색상 변별 시에도 수의 크기 정보가 자동적으로 처리된다는 해석을 지지한다. 그러나, Fias, Lauwereyns, and Lammertyn (2001)의 성인 대상 연구에서는 유사한 과제를 이용했음에도 불구하고, SNARC 효과가 관찰되지 않았다. 연구 간 결과의 불일치는 다음과 같은 요인들에 기인할 것으로 추측해 볼 수 있다. 먼저, SNARC 효과는 실험 맥락 특히, 한 실험 회기 내에 사용되는 수의 범위나 과제 지시에 의해 영향을 받을 수 있다(Dehaene et al., 1993;

Fias, Brysbaert, Geypens, & d'Ydewalle, 1996; Lee, Chun, & Cho, 2016; Nuerk, Wood, & Willmes, 2005). 예를 들어, 동일한 숫자 5에 대해 반응할 때, 0-5 범위의 수를 사용한 실험에서는 왼손이 오른손보다 빠르지만, 4-9 범위의 수를 사용한 실험에서는 오른손이 왼손보다 빠르다(Dehaene et al., 1993; Fias et al., 1996). 즉, 5의 의미가 전자의 경우에는 상대적으로 큰 수로, 후자의 경우에는 상대적으로 작은 수로 처리되는 것으로 해석할 수 있다. 또한, Lee와 동료들(2016)은 수 범위뿐만 아니라 과제 지시에 따라 SNARC 효과의 양상이 달라짐을 보고하였다. 이러한 결과들은 과제의 맥락(수의 상대적 범위, 지시사항 등) 정보가 수의 자동적 처리 및 수-공간 연합에 영향을 준다는 증거가 된다. 이와 같은 결과들을 고려할 때, 선행 연구 간 결과의 불일치는 색상 변별 과제의 자극 제시 방법 등 실험 절차의 차이에 기인할 가능성이 있다(Keus와 동료들(2005)의 연구에서는 두 개의 숫자가 응시점의 양 옆에 하나씩 제시된 반면에, Fias와 동료들(2001)의 연구에서는 화면 중앙에 하나의 숫자가 제시되었다). 이와 더불어, 색상 변별 과제에서는 홀수/짝수 판단 과제와 비교할 때 SNARC의 효과의 크기가 상대적으로 작게 나타나는 경향이 있으므로, 극단치 제거 기준이나, 피험자 수, 자료 분석 방법에 의해서도 결과가 달라질 수 있다(Wood, Willmes, Nuerk, & Fischer, 2008).

본 연구에서는 두 실험 블록 간에 수의 범위를 달리한 색상 변별 과제를 사용하여, 수의 크기에 대한 자동적 해석이 실험 맥락 즉, 해당 실험 회기에 사용된 수의 범위에 따라 달라지는지를 검증하였다. 선행 연구에서 주로 10 이하의 수 범위를 사용한 데에 반해, 본 연구

에서는 수 범위를 50까지 확장하였으며, 색상 변별 과제를 통해 나타나는 미묘한 SNARC 효과를 관찰하기 위하여 충분한 피험자 수를 확보하고, 선행 연구들에서 사용한 두 가지 분석 방식을 모두 사용하여 자료를 분석하였다 (Hoffmann, Hornung, Martin, & Schiltz, 2013; Keus, Jenks, & Schwarz, 2005). 색상 변별 시에도 수의 크기에 대한 의미가 자동적으로 처리되어 작은 숫자에 대해서는 왼손이 더 빠르게 반응하고, 큰 숫자에 대해서는 오른손이 더 빠르게 반응하는 SNARC 효과가 관찰될 것으로 예측하였다. 또한, 한 실험 블록 내 사용된 수의 범위에 따라 수의 상대적 크기에 대한 자동적 해석이 달라져 SNARC 효과의 패턴 역시 달라질 것으로 예측하였다.

## 방 법

**참가자** 대학생 111 명(평균 연령(표준편차): 22.80 (2.39), 여성: 32명)이 실험에 참가하였다. 모든 참가자들은 사전에 서면으로 동의하였으며 소정의 사례비를 지급받았다.

### 색상 변별 과제(Color Discrimination Task)

이 과제는 e-prime software 2.0으로 제작되어, 피험자들은 화면 중앙에 제시된 숫자(글자 크기: 130pt)의 색상이 초록색인지 빨간색인지를 변별하여 양손으로 키보드(왼손: 3번, 오른손: 8번)를 통해 응답하였다(피험자의 반응 빨간색에 대해 3번, 나머지 반응 빨간색에 대해 8번 키를 누르도록 하였다). 자극은 피험자가 반응할 때까지 제시되었다. 본 실험은 제시되는 수의 범위를 달리하여 두 실험 블록으로 나누어 실시되었다. 첫 번째 블록에서는 2-9가 각 색상으

로 2 번씩 제시되었고, 두 번째 블록에서는 1-50은 각 색상으로 1 번씩 제시되어, 총 132회의 시행이 실시되었다.

**자료 분석** 전체 평균 정확도를 기준으로 3 표준편차를 벗어난 수행을 보인 피험자와 개인별로 정답 시행의 평균 반응 시간(RT)을 기준으로 3 표준편차를 벗어난 시행은 분석에서 제외되었다. 그 결과 4 명의 피험자와 6.4 %의 시행이 분석에서 제외되었다. 프로그램 상의 일시적 오류로 인하여 7이 제시되는 시행의 데이터가 일부 피험자로부터 수집되지 않아, 7이 제시된 모든 시행은 분석에서 제외되었다. 블록 별로 SNARC 효과가 나타났는지를 확인하기 위해 반복측정 분산분석(Repeated measures ANOVA)과 선형 회귀분석(Linear Regression), 단일 표본 t검정(One Sampled T-test)을 실시하였고, 두 블록에 공통적으로 제시된 2-9에 대한 반응을 비교하기 위해 선형 회귀 분석과 대응 표본 t검정을 실시하였다(선행 연구 간의 결과 차이가 분석 방법의 차이에 기인하는지를 확인하기 위해 본 연구에서는 사전 연구들에서 사용된 두 가지의 분석 방식을 모두 사용하였다).

### 블록 별 SNARC 효과 검증

**반복측정 분산분석.** Dehaene(1993)에서 SNARC 효과를 확인하기 위해 사용했던 방법에 따라(Dehaene et al., 1993), 블록 별로 '반응한 손(왼손, 오른손)' x '상대적 수 크기(작은 수, 큰 수)'를 두 요인으로 하여 RT에 대한 2x2 반복측정 분산분석을 실시하였다. 블록 1에서는 2-5가 작은 수로, 6-9가 큰 수로 분류되었고, 블록 2에서는 1-25가 작은 수, 26-50가 큰 수로 분류되었다. 블록 1과 2 모두에서 작은 수에

대해서는 왼손이, 큰 수에 대해서는 오른손이 더 빠르게 반응하여 SNARC 효과가 관찰될 것으로 예측하였다.

**평균 회귀 계수에 대한 단일 표본 t검정.** Fias와 동료들(2001)에서 사용한 SNARC 효과 분석 방법에 따라(Fias et al., 1996; Fias et al., 2001; Lorch & Myers, 1990) 먼저, 피험자마다 블록 별로, 각 블록 내에 제시된 수들에 대한 양손 간 평균 RT의 차이(dRT; Left hand RT - Right hand RT)를 계산하였다. 다음, dRT를 예측 변인으로, 제시 숫자를 종속변인으로 하여 회귀선의 기울기(회귀 계수)를 계산하였다(제시된 숫자에 대한 dRT의 설명력이 클수록 회귀계수가 커지고, 이는 강한 SNARC 효과를 의미함). 마지막으로, 단일 표본 t검정을 통해 회귀 기울기가 0과 유의하게 다른 지를 검증하였다.

#### 공통 수에 대한 블록 간 dRT 차이 검증

**선형 회귀분석.** 두 블록에 공통적으로 사용된 2-9에 대한 dRT를 비교하기 위해 선형 회귀 분석을 실시하였다(Fias et al., 1996). 블록 별로 각 숫자를 독립 변인으로, dRT를 종속 변인으로 사용하여 선형 회귀 분석을 실시하였다. 한 실험 내 제시된 수의 범위에 따라 수의 의미적 크기가 상대적으로 해석될 것이라는 가설에 따

1) 작은 수에 대해 왼손 반응이 오른손보다 빨라서 dRT가 음수이고, 큰 수에 대해서는 오른손 반응이 왼손보다 빨라서 dRT가 양수이면, SNARC 효과가 나타났다고 볼 수 있다. 회귀계수가 크다는 것은 dRT가 target 숫자를 잘 예측한다는 의미로, 숫자의 크기와 dRT 간의 관계성을 반영한다. 반면, 왼손과 오른손 RT의 차이가 숫자의 크기와 무관할 경우 dRT가 target 숫자와 관계가 없으므로, 회귀 계수가 0에 가깝게 된다.

라, 공통 수인 2-9에 대하여 블록 1에서만 SNARC 효과가 관찰될 것으로 예측하였다(블록 1에서 (상대적으로 작은) 5보다 작은 수에 대해서는 왼손 반응이 더 빠를 것이고, (상대적으로 큰) 6보다 큰 수에 대해서는 오른손 반응이 더 빠를 것으로 예측됨. 1-50까지의 수 범위가 사용된 블록 2에서 2-9에 대해서는 모두 왼손 반응이 빠르게 나타날 것으로 예측됨).

**대응 표본 t검증.** 두 블록에 공통적으로 제시된 2-9에 대하여 블록 간 dRT의 차이를 확인하기 위해 대응 표본 t검증을 실시하였다. 블록 1에서 상대적으로 작은 수에 해당하는 5 보다 작은 수에 대해서는 왼손 반응이 더 빠를 것이고, 큰 수에 해당하는 6보다 큰 수에 대해서는 오른손 반응이 더 빠를 것으로 예상하였다. 반면에, 블록 2에서 2-9는 모두 상대적으로 작은 수에 해당하므로 일괄적으로 왼손 반응이 더 빠를 것으로 예측하였다. 따라서, 6보다 큰 수에 대한 dRT에서만 블록 간에 유의한 차이가 나타날 것으로 예측하였다.

## 결 과

**기술 통계** 전체 평균 정확도는 .96, 평균 RT는 379.28 ms, 블록 1의 평균 정확도는 .94, 평균 RT는 375.71 ms, 블록 2의 평균 정확도는 .97, 평균 RT는 380.39 ms였다. 정확도와 RT에 대한 성별 효과는 유의하지 않았고( $t(105) = .022, p = .98$ ;  $t(105) = -.079, p = .93$ ), 반응 속도-정확도 간 교환(speed-accuracy trade off) 현상도 나타나지 않았다.

#### 블록 별 SNARC 효과 검증

**반복측정 분산분석.** 블록 1에서 ‘상대적 수 크기와 ‘반응한 손’ 간의 상호작용이 유의하여 ( $F(1,103) = 6.28, p < .05, \eta^2 = .06$ ), SNARC 효과가 관찰되었다(Figure 1a). 또한, 반응한 손의 주효과가 나타났다(오른손이 왼손에 비해 유의하게 빨랐음;  $F(1,103) = 5.93, p < .05, \eta^2 = .05$ ), 이는 오른손잡이의 비율이 높아 오른손 반응이 더 효율적이었기 때문일 것으로 추측된다. 상대적 수 크기의 주효과는 유의하지 않았다( $p > .05$ ).

블록 2에서도 상대적 수 크기와 반응한 손의 상호작용 효과가 유의하게 나타나( $F(1,103) = 8.44, p < .01, \eta^2 = .07$ ), SNARC 효과가 관찰되었다(Figure 1b). 또한, 반응한 손의 주효과와 상대적 수 크기의 주효과가 모두 유의하였다 ( $F(1,103) = 6.48, p < .05, \eta^2 = .06$ ;  $F(1,103) = 4.58, p < .05, \eta^2 = .04$ ). 즉, 블록 1에서와 마찬가지로 왼손보다 오른손의 RT가 빨랐으며, 큰 수에 대한 반응이 작은 수에 비해 유의하게 빨랐다. 이는 큰 수에 대해 오른손으로 반응하는 시행에서, 우세손인 오른손으로 공간-수 연합의 방향과 일치하는 반응을 했기 때문에 상대적으로

로 더 빠르게 반응할 수 있었던 것으로 해석할 수 있다.

**평균 회귀 계수에 대한 단일 표본 t검정.**

블록 별로 각 개인의 평균 회귀 계수가 블록 1 과 2에서 각각 .12, .13로 나타났고, 모두 0과 유의하게 달랐다(블록 1:  $t(90)=2.80, p < .01$ , 블록 2:  $t(106)=2.53, p < .05$ ). 즉, 두 블록에서 모두 유의한 SNARC 효과가 나타났다.

**공통 수에 대한 블록 간 dRT 차이 검증**

**선형 회귀분석.**

블록 간에 공통적으로 제시된 2-9 범위의 dRT에 대한 선형 회귀 분석 결과, 블록 1에서만 2-9가 dRT를 유의하게 예측했다(블록 1:  $B=.15, p < .01$ , 블록 2:  $p > .05$ ). 즉, 예측한 대로 2-9에 대해 블록 1에서만 공간-수 연합에 따른 SNARC 효과가 관찰되었다(Figure 2).

**대응 표본 t검정.**

블록 간에 공통적으로 제시된 2-9에 대한 dRT를 각 수 별로 비교한 결과, 2-6의 dRT는 블록 간에 유의한 차이가 없

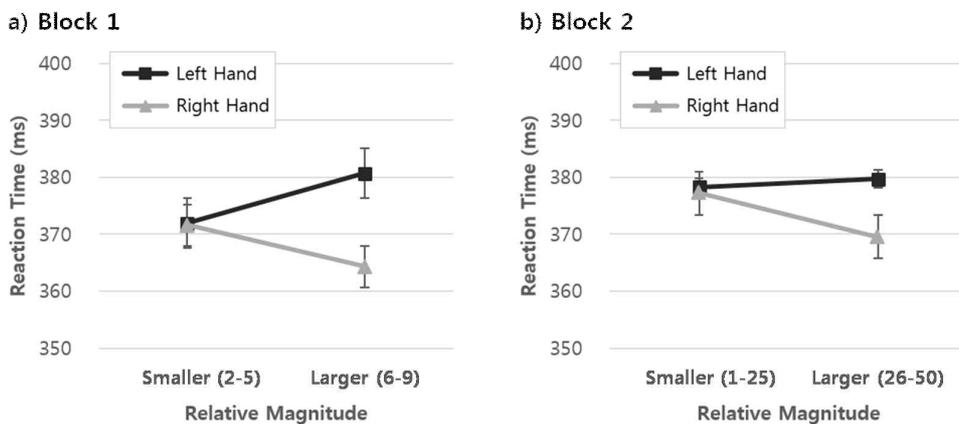
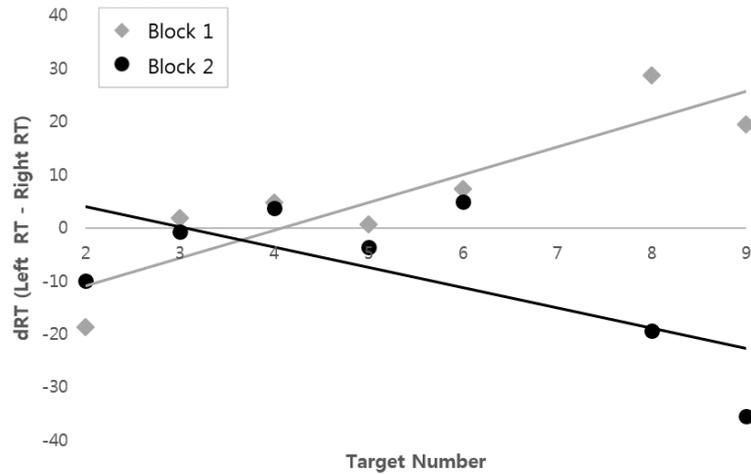


Figure 1. Repeated measures ANOVA results for Block 1(a) and Block 2(b)



		2	3	4	5	6	8	9
블록1	L	370.34 (8.95)	373.30 (9.87)	384.60 (8.08)	378.91 (7.59)	383.47 (9.86)	386.37 (8.52)	379.34 (9.38)
	R	377.01 (9.21)	369.56 (8.99)	378.65 (9.34)	375.43 (9.73)	369.10 (8.04)	363.51 (7.48)	372.19 (8.57)
블록 2	L	390.94 (9.87)	384.22 (8.08)	373.04 (7.59)	391.97 (9.86)	381.73 (7.57)	388.16 (9.38)	385.31 (10.98)
	R	387.19 (9.82)	383.85 (9.07)	386.56 (10.42)	393.92 (9.07)	383.02 (10.50)	382.24 (9.82)	383.31 (8.17)

Figure 2. (a) Linear regression on dRT as a function of target number, (b) Mean RT and Standard Error for each target number

는 데에 반해, 8, 9의 dRT는 블록 간에 유의한 차이가 있었다( $t(104) = 3.25, p < .01, t(103) = 2.1, p < .05$ ). 2-9가 제시되는 블록 1에서 8, 9는 상대적으로 큰 수로 해석되기 때문에 오른손 RT가 더 빨랐고, 반대로 1-50이 제시되는 블록 2에서 8, 9는 상대적으로 작은 수로 해석되기 때문에 왼손의 RT가 더 빨랐던 것으로 해석할 수 있다(Figure 2). 이는 실험 블록 내 사용된 수의 전체 범위에 따라 제시된 수의 의미적 크기에 대한 자동적 해석이 달라져 SNARC 효과의 패턴이 달라짐을 보여준다.

## 논 의

본 연구는 성인을 대상으로 색상 변별 과제를 이용하여 수의 의미적 크기에 대한 정보 처리의 자동성 및 SNARC 효과의 맥락 의존성을 검증하였다. 색상 변별 과제는 홀수/짝수 판단 과제보다 더 엄격하게 수의 의미 정보 처리를 배제하여 수의 자동적 처리에 대한 증거를 제공한다고 볼 수 있다(Fias, Lauwereyns, & Lammertyn, 2001; Hoffmann et al., 2013).

또한 SNARC 효과에 대한 선행 연구에서 주

로 10 이하의 수 범위를 사용한 데에 반해, 본 연구는 수 범위를 50 까지 확장하여, 두 블록 간 사용된 전체 수 범위에 따른 SNARC 효과의 맥락 의존성을 검증하였다. 연구 결과, 색상 변별 과제 수행 시에도 수 의미의 자동적 처리로 인한 SNARC 효과가 관찰되었으며, 수의 의미에 대한 자동적 해석은 한 실험 블록 내에서 제시된 수의 범위에 따라 달라졌다. 다시 말해, 2-9의 수 범위를 사용한 블록 1에서는 8, 9가 상대적으로 큰 수로 해석되어 오른손 반응이 왼손보다 더 빨랐던 반면, 1-50의 수 범위를 사용한 블록 2에서는 전체 범위를 고려할 때 8, 9는 상대적으로 작은 수로 해석되어 왼손이 더 빠른 반응을 보였다. 이러한 결과는 SNARC 효과가 절대적인 수의 크기가 아니라 실험 맥락에 의해 상대적으로 해석된 수의 의미적 크기에 따라 다른 패턴으로 나타난다는 것을 보여주는 증거라고 할 수 있다(Dehaene et al., 1993; Fias et al., 1996). 종합하면, 본 연구는 엄밀하게 수의 의미 처리를 배제한 실험 과제를 이용하여 확장된 수 범위에서 수 정보 처리의 자동성과 수-공간 연합의 맥락 의존성을 보여주었다는 의의가 있다. 본 연구 결과에 따르면, 수의 의미는 직접적인 지시 없이도 자동적으로 처리되는데, 이 때 수의 크기에 대한 해석은 절대적으로 결정된 것이 아니라 실험 맥락에 따라 상대적으로 달라질 수 있음을 알 수 있다.

본 연구의 결과는 색상 변별 과제를 통해 SNARC 효과를 관찰한 Hoffman과 동료들(2013)과 Keus와 동료들(2005)의 연구와 일치한다. 선행 연구와 본 연구 결과를 종합적으로 고려할 때, Fias와 동료들(2001)의 연구에서 색상 변별 과제를 통하여 유의한 SNARC 효과를 관찰하지 못한 원인은 피험자 수가 충분하지 않아 충분

한 통계적 검증력을 확보하지 못한 데에 기인할 것으로 추측해볼 수 있다. 덧붙여, 본 연구에서는 사전 연구 간에 결과가 불일치하는 원인이 분석 방법의 차이에 기인하는지를 확인하기 위하여 여러 가지 분석법을 모두 사용한 결과, 분석 방법과 무관하게 숫자 자극의 색상 변별 시에도 수의 의미가 자동적으로 처리됨을 확인하였다. 또한, 본 연구에서 Fias와 동일한 자극 제시 방법으로 SNARC 효과를 관찰하였으므로, 선행 연구 결과 간의 불일치가 자극 제시 방법 때문이 아님을 확인할 수 있었다.

본 연구는 다음과 같은 몇 가지 한계점을 지닌다. 첫째, 일시적 프로그램 오류로 인해, 일부 피험자들의 실험에서 숫자 7이 제시되지 않아, 모든 피험자의 자료에서 7이 제시된 시행을 일괄적으로 분석에서 제외하였다. 오류가 있었던 피험자들만 제외한 동일한 분석 결과는 앞서 보고된 결과와 동일하게 두 블록 모두에서 SNARC 효과가 나타났다( $F(1,75) = 3.267, p < .1, \eta^2 = .04$ ,  $F(1,75) = 8.442, p < .1, \eta^2 = .04$ ). 둘째, 본 연구의 블록 1과 2 간의 개별 자극의 제시 횟수에 차이가 있었다. 그러나 추가 분석을 실시한 결과, 두 블록의 RT의 분산이 동일한 것으로 확인되어, 시행 횟수의 차이로 인해 연구 결과가 영향을 받지 않았을 것으로 추측할 수 있다.

본 연구는 SNARC 효과 및 수-공간 연합이 실험 맥락 특히, 실험에 사용된 전체 수 범위에 따라 유동적인 양상으로 나타남을 보여주었다. 후속 연구를 통해 SNARC 효과에 영향을 미치는 다양한 요인을 밝힘으로써 수-공간 연합 현상을 다면적으로 더 깊이 있게 이해할 필요가 있다.

References

- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371.
- Dehaene, S., Dupoux, E., & Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(3), 626.
- Fias, W., Brysbaert, M., Geypens, F., & d'Ydewalle, G. (1996). The importance of magnitude information in numerical processing: Evidence from the SNARC effect. *Mathematical cognition*, 2(1), 95-110.
- Fias, W., Lauwereyns, J., & Lammertyn, J. (2001). Irrelevant digits affect feature-based attention depending on the overlap of neural circuits. *Cognitive Brain Research*, 12(3), 415-423.
- Hoffmann, D., Hornung, C., Martin, R., & Schiltz, C. (2013). Developing number-space associations: SNARC effects using a color discrimination task in 5-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 116(4), 775-791.
- Keus, I. M., Jenks, K. M., & Schwarz, W. (2005). Psychophysiological evidence that the SNARC effect has its functional locus in a response selection stage. *Cognitive Brain Research*, 24(1), 48-56.
- Lee, D., Chun, J., & Cho, S. (2016). The Instructional Dependency of SNARC Effects Reveals Flexibility of the Space-Magnitude Association of Nonsymbolic and Symbolic Magnitudes. *Perception*, 45(5), 552- 567.
- Lorch, R. F., & Myers, J. L. (1990). Regression analyses of repeated measures data in cognitive research. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 149.
- Nuerk, H.-C., Wood, G., & Willmes, K. (2005). The universal SNARC effect: The association between number magnitude and space is amodal. *Experimental psychology*, 52(3), 187-194.
- Shaki, S., Fischer, M. H., & Petrusic, W. M. (2009). Reading habits for both words and numbers contribute to the SNARC effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 328-331.
- van Galen, M. S., & Reitsma, P. (2008). Developing access to number magnitude: A study of the SNARC effect in 7-to 9-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 101(2), 99-113.
- Wood, G., Willmes, K., Nuerk, H.-C., & Fischer, M. H. (2008). On the cognitive link between space and number: A meta-analysis of the SNARC effect. *Psychology Science Quarterly*, 50(4), 489.
- 1 차원고접수 : 2018. 01. 07  
수정원고접수 : 2018. 02. 04  
최종게재결정 : 2018. 02. 06