

# Effects of Central and Peripheral Cue Validity on Target Detection and Cueing Effect

BeomJun Koh<sup>1</sup>, ChangHo Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychology, Jeonbuk National University

Valid cues have an effect of reducing detection time of targets, which is called cueing effect. This study manipulated validity of central and peripheral cues between 25%, 40%, 55%, 70%, 85%, 100% and measured target detection time. In both of cue conditions overall response time (RT) decreased non-linearly when cue validity increased, and tended to be longer than expected linearly at corresponding validity level. As cue validity increased valid trials also showed similar nonlinear decreasing pattern of RTs, but cueing effect increased linearly. Further analysis indicates that 6 levels of validity could be grouped into three sections: 25% and 40% section, 55% to 85% section, and 100% level. In summary, RTs of valid trials did not match levels of cue validity sensitively, and there might be more strategic factors involved in utilizing cue validity information.

**Keywords:** attention, detection, spatial cueing, cue validity

1차원고접수 21.11.16; 수정본접수: 22.03.30; 최종게재결정 22.03.30

일상 환경에서 우리는 많은 자극들에 둘러싸여 있다. 자극을 탐지하기 위해서는 적당한 수준의 주의가 필요하며, 주의를 제대로 주지 않으면 자극을 탐지하지 못하는 경우가 있다. 주의가 제대로 주어지지 못할 때 새로운 자극의 출현을 알아차리지 못하거나(무주의맹), 기존 자극의 변화를 알아차리지 못하는(변화맹) 현상은 주의가 탐지에 필수적인 기제라는 것을 암시한다(Mack & Rock, 1998; Simons & Ambinder, 2005).

자극에 대한 주의를 외인적으로(exogenously) 혹은 내인적으로(endogenously) 주어질 수 있다(Mulckhuysse & Theeuwes, 2010). 외인성 주의를 환경에 있는 자극이나 사건에 의해 주의를 자동적으로 포획되는 것을 말한다. 예컨대 자극의 돌연한 출현(abrupt onset), 명도 변화, 운동 등은 불수의적으로 주의를 포획(attentional capture)하는 경향이 있다(Posner & Cohen, 1984; Yantis & Jonides, 1990). 반면

에 내인성 주의를 어떤 대상을 검색하고자 하는 목적이나 의도에 의해 주의를 유도되는 것을 말한다. 예컨대 단서가 가리키는 위치에서 표적을 더 잘 탐지할 수 있다는 기대에 의해 주의를 자발적으로 유도된다(Desimone & Duncan, 1995; Posner, Snyder, & Davidson, 1980).

주의 과제에서 탐지하거나 식별해야 할 자극을 표적이라고 하며, 표적이 무엇인지, 어디에서 나타날 것인지를 알려주는 자극을 단서라고 한다. 단서의 특성에 따라 표적에 대한 주의를 외인적으로 혹은 내인적으로 주어질 수 있으므로, 많은 시각 주의(visual attention) 연구들이 단서의 특성을 검토해 왔다(예, Jonides, 1981). 단서의 종류에서 흔히 말초단서(peripheral cue)와 중추단서(central cue)가 구별된다. 말초 단서는 표적의 출현 위치를 직접 가리키는 자극을 말하는데, 흔히 표적이 출현하는 위치 혹은 그 인근에, 현저한 자극(단서)을 제시하는 방식으로 사용된다. 중추단서는 단서가 가리

\* 본 논문은 제1저자의 석사학위 논문에 기초하며, 2021 한국 인지 및 생물 심리학회 연차학술대회에서 발표되었다. 본 연구는 한국연구재단 4단계 BK21사업(전북대학교 심리학과)의 지원을 받아 수행된 연구이다(No. 4199990714213).

† 교신저자: 박창호, 전북대학교 심리학과, (54896) 전북 전주시 덕진구 백제대로 567 인문사회관 720호실, E-mail: finnegan@jbu.ac.kr

키는 위치나 의미를 해석해야 하는 자극을 말하는데, 주로 화살표나 상징들을 표적의 출현 위치와 무관한 위치에 제시하는 방식으로 사용된다. 감각 속성의 현저한 변화를 통하여 말초단서는 주의를 외인적으로 포획하는 반면, 중추단서의 경우 단서가 해석된 후 비로서 주의 이동의 방향이 내인적으로 통제(유도)되므로, 두 단서는 서로 다르게 처리되고 또한 서로 다른 처리과정에 영향을 미친다고 주장되어 왔다 (Giordano, McElree, & Carrasco, 2009; Ivanoff & Klein, 2004; Riggio & Kirsner, 1997). 예컨대 말초단서는 빠르고 자동적인 주의 이동을 일으키고(Posner & Cohen, 1984; Possamai, 1986), 중추단서는 느리지만 참가자의 자발적인 주의 이동을 유도할 것이다(Müller & Findlay, 1988; Müller & Rabbitt, 1989; Riggio & Kirsner, 1997). 중추단서가 활용되려면 단서의 의미를 학습하고, 단서 효과에 대한 기대가 형성될 필요가 있다(Gaschler, Schwager, Umbach, Frensch, & Schubert, 2014).

말초(외인성) 단서와 중추(내인성) 단서의 역할을 연구하는데 공간 단서 실험과제(spatial cueing paradigm)가 많이 이용되었는데, 이 과제에서 실험참가자는 예컨대 화면의 왼쪽 혹은 오른쪽에 표적이 출현하면 가급적 빨리 반응 단추를 눌러야 한다. 이때 표적이 제시될 위치를 말초적 혹은 중추적 공간 단서가 가리킨다면, 해당 위치에서의 반응시간이 빨라지는 단서효과(cue effect)가 관찰된다. 이는 표적이 출현할 위치에 대한 주의 이동이 표적 탐지에 주는 이득을 학습한 결과일 것이다(Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012; Sisk, Remington, & Jiang, 2019). 공간 단서 과제에서 단서는 표적의 위치를 타당하게 가리키거나 비-타당하게 가리킬 수 있는데, 단서 타당도(cue validity)는 전체 시행 중에서 단서가 타당한 시행의 비율이다. 단서 타당도가 높으면 단서가 가리키는 위치로 주의를 이동하는 것이 빨리 반응하는 데 이득이 될 것이며, 타당도가 낮으면 그런 이득은 기대할 수 없을 뿐만 아니라 오히려 다른 위치에 제시된 표적을 향해 주의를 다시 이동해야 하는 손실이 발생할 것이다. 이러한 손익은 말초단서의 경우에 더 크게 관찰되기 쉬운데, 말초단서는 낮은 타당도에서도 자동적인 주의 이동을 유발할 수 있으므로 비-타당 단서로 인한 손실이 발생할 가능성이 크기 때문이다. 반면에 중추단서의 경우 주의 통제가 더 용이하여 낮은 타당도의 단서는 의도적으로 무시될 가능성이 높다.

Eriksen과 Yeh(1985)는 8개의 문자들을 원형으로 배치하고 그 중 한 위치(1차 위치)에 타당도 40%, 70%, 그리고 100%의 말초단서를 제시하였는데, 1차 위치에 표적이 없을 경우 그 건너편에 있는 2차 위치에 표적이 제시될 가능성이

있었다. 그들은 단서 타당도가 40%에서 70%로 증가할 때, 1차 위치의 표적을 탐지하는 반응시간은 타당도의 선형적 함수로 예측되는 반응시간과 비슷하다고 주장하였다. 단서 타당도에 대한 후속 연구들은 중추단서의 타당도를 대략 두세 수준으로 조작하는 방법을 사용하였다. 예컨대 Jonides(1980)는 중추단서인 화살표의 타당도를 30, 50, 70%로 조작하여 반응시간이 타당도에 비례하여 짧아지는 결과를 얻었다. 또한 Posner 등(1980)은 탐지 과제에서 표적의 네 위치를 미리 알려주는 숫자 1, 2, 3, 4의 타당도를 20, 50, 80%로 조작하여, 반응시간이 타당도에 비례하는 결과를 얻었다. Riggio와 Kirsner(1997)는 비정보적인 말초단서와 함께 정보적인(informative) 중추단서의 타당도를 50, 70, 100%(실험 3)으로 조작하여, 두 단서가 각각 반응시간에 미치는 영향을 관찰하였다. 다른 연구들은 ‘<’ 혹은 ‘>’ 모양인 중추단서의 타당도를 대략 50, 69, 88% 내외로 조작하여, 도약 안구운동 속도를 측정하거나(Vossel et al., 2014) 단추 누르기 반응시간을 측정하면서 fMRI 자료를 수집하였다(Kuhns, Dombert, Mengotti, Fink, & Vossel, 2017). 이상의 연구들은 Vossel 등(2014)을 제외하고는 단서 타당도가 높을수록 반응시간이 비례적으로 짧아지는 결과를 얻었다.

그런데 Eriksen과 Yeh(1985)의 실험 1에서 타당도 70% 조건에서 표적이 네 위치 중 2차 위치에 출현하였을 때, 사실 2차 위치의 타당도(10%)는 단서가 가리키지 않은 나머지 두 위치의 타당도와 동일하였음에도, 반응시간이 더 빨랐다. 이 결과는 1차 및 2차 위치의 타당도가 모두 40%인 조건과 유사하게 70%조건에서도 2차 위치에 더 우세하게 주의를 이동한 결과로 해석되었다. Wright와 Richard(1995)는 말초단서의 타당도가 우연보다 더 낮을 경우 참가자들이 제3의 위치에 주의를 초점화하는 전략을 사용한다고 주장하였다. Vossel 등(2014)은 참가자가 단서 타당도를 알지 못하고, 실시간으로 추측해야 하는 결과로 도약 안구운동 속도가 선형성에서 벗어난 것으로 결과를 해석했다. 이런 결과는 타당도 수준(의 지각)과 단서의 배치 방법에 따라 참가자들의 수행이 전략적일 수 있음을 시사한다. 예컨대 타당도가 매우 낮다면, 참가자는 단서를 의도적으로 무시하거나, 단서와 무관한 다른 위치에 주의를 주는 전략을 쓸 수 있다. 이와 달리 타당도가 일정 수준 이상으로 충분히 높으면, 단서에 더 크게 의존하여 비-타당 단서로 발생할 수 있는 잠재적 손실을 감수하려 할 것이다. 그렇다면 공간 단서 과제의 반응시간은 타당도에 비례하는 패턴을 보이지 않을 가능성이 있다. 그러나 선행 연구들은 주로 두세 수준의 타당도를 조작하였기 때문에 이 문제를 세밀하게 검토하지 못한 점이 있었다.

타당도에 의한 반응시간의 예측에서 타당도 수준의 지각도 문제가 된다. 참가자는 한 실험블록의 타당도를 어떻게 정확하게 지각할 수 있을 것인가? 타당도는 실험블록의 전체 시행을 기준으로 설정되므로, 참가자는 실험블록에서 타당한 시행이 무선적으로 출현하는 정도를 정확하게 기억하고 판단하기 어렵고, 그 판단은 최근에 경험한 다탕 혹은 비-타당 단서의 영향을 받을 것이다(Hertwig & Erev, 2009). 신호탐지 연구는 참가자가 아주 높은 타당도를 다소 낮게, 그리고 아주 낮은 타당도를 다소 높게 지각함으로써, 반응기준이 덜 효율적으로 설정(sluggish)될 가능성이 있음을 시사한다(Wickens, Hollands, Banbury, & Parasuraman, 2017). 표적의 출현비율(target prevalence)이 너무 낮거나 너무 높으면 반응기준이 변화한다는 것을 연구들이 보여주었다(Park, Son, & Hyun, 2015; Godwin, Menneer, Cave, Thaibsyah, & Donnelly, 2015; Wolfe et al., 2007). 이러한 결과 또한 공간 단서 과제의 반응시간이 타당도에 비례하지 않을 가능성을 시사한다.

이상의 논의에 따르면, 참가자의 반응시간과 단서효과는 타당도에 비례하지 않을 가능성이 있다. 이 점을 확인하기 위해 본 연구는 타당도를 선행 연구보다 더 많은, 25%(우연 수준)에서 100%(확실 수준)까지, 여섯 수준으로 조작하여 표적에 대한 반응시간을 측정하고자 한다. 그리고 각 타당도 수준에서 반응시간과 단서효과가 타당도 수준으로부터 선형적으로 예측되는지 아닌지를 검토하고자 한다. 이때 앞에서 논의하였듯이 단서 종류에 따라 반응시간 패턴이 달라질 가능성도 검토할 것이다. 말초단서는 자동적인 주의 이동을 유발하므로 여러 타당도 수준에서 어느 정도 일정한 단서효과가 관찰될 것으로 예상되는 반면, 중추단서 조건에서 참가자가 더 의도적으로, 전략적으로 대응한다면 타당도 수준에 따라 단서효과가 큰 변화를 보일 것으로 예상된다. 본 연구는 Eriksen과 Yeh(1985)과 비슷한 자극판에서 말초단서와 중추

단서를 이용한 식별 과제를 사용하여 이러한 아이디어를 검토하고자 한다.

## 방 법

### 참가자

전북대학교에서 심리학 관련 수업을 수강하는 38명의 학생이 실험에 참가하였다. 전체적인 정확률이 90% 미만인 참가자 1인과 신체적 피로를 호소한 참가자 1인을 제외한 36명(남자 14명, 여자 22명)이 말초단서 조건과 중추단서 조건에 각각 18명씩 참가하였다. 참가자의 평균 나이는 21.5세( $SD = 2.70$ )이었으며(교정) 시력은 0.6 이상이었다. 참가자들은 문화상품권을 보수로 제공받았다.

### 기구

실험 프로그램은 PsychoPy3(ver. 3.2.3)로 제작되었다. 실험의 진행은 PC로 통제되었고 자극은 15.6인치 모니터를 통해 제시되었다. 참가자와 모니터 간 거리는 70cm이었다.

### 자극

표적은 영문자 R과 K였으며, 방해자극은 A, D, H, Y, N, L이었다. 표적 및 방해자극의 크기는 모두 모니터 상에 세로 4mm(시각도,  $0.16^\circ$ )이었다. 자극은 지름이 30mm(시각도,  $2.5^\circ$ )인 가상적인 원주에서 문자반의 12시, 3시, 6시, 9시 위치에 제시되었다. 초점은 가로, 세로가 10mm인 십자 모양인데 가상적 원주의 정중앙에 제시되었다. 중추단서는 4mm 길이의 화살표로서 초점 위치에 제시되었으며, 말초단서는 지름이 2mm인 빨간 점으로서 그 중심이 표적과 방해자극 문자의 바깥쪽 가장자리에 접하는 위치에 제시되었다.

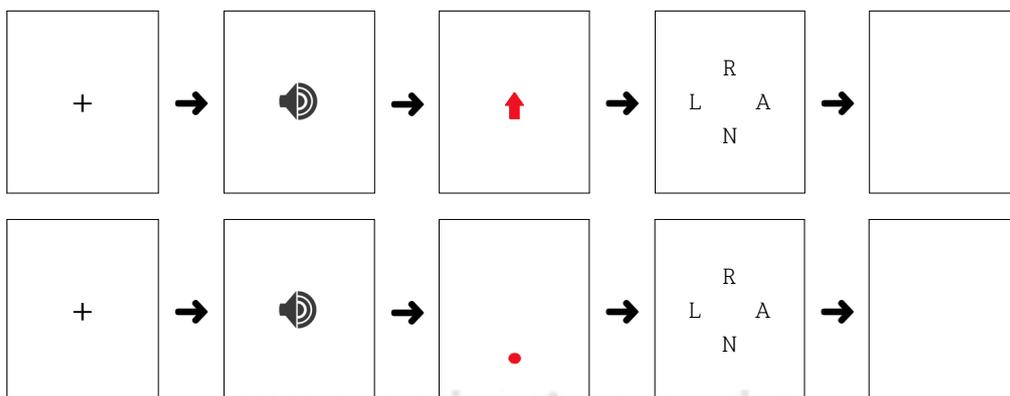


Figure 1. Sequence of a single trial in central cue (*top*) and peripheral cue (*bottom*) conditions.

**절차**

한 시행의 절차는 Eriksen과 Yeh(1985)의 절차를 기반으로 구성되었다. 참가자는 실험 절차에 대한 안내를 받은 후 연습 블록을 먼저 수행했다. 연습 블록은 타당도가 우연 수준(25%)인 50회 시행의 블록과 타당도가 100%인 50회 시행의 블록으로 구성되었는데, 연습은 두 블록의 정확 반응률이 95% 이상이 될 때까지 반복되었다. 연습과 본 실험 동안 참가자들에게 가능한 한 빠르고 정확하게 반응할 것을 요구하였다. 본 실험이 진행될 때 참가자에게 각 실험블록의 타당도를 미리 알려주었다. 각 시행의 진행 순서는 다음과 같았다(그림 1). 먼저 화면 중앙에 응시점이 500ms 동안 제시되었는데, 응시점이 제시되고 350ms가 지난 시점에서 440Hz의 신호음이 150ms 동안 제시되었다. 응시점과 신호음이 사라진 후, 단서가 제시되었다. 말초단서 조건에서 단서 제시시간은 150ms이었고, 중추단서 조건에서 단서 제시시간은 250ms이었다. 이 제시시간은 Carlson, Hogendoorn과 Verstraten(2006)이 두 가지 단서에 대한 주의이동 시간을 추정된 결과를 참조하여 결정되었는데, 중추단서의 제시시간이 더 긴 것은 말초단서에 비해 중추단서의 경우 단서의 의미 판단과 자발적 주의 이동에 추가 시간이 필요하기 때문이다. 단서가 사라진 다음 1개의 표적과 3개의 방해자극이 400ms 동안 문자반의 네(12시, 3시, 6시, 9시) 위치에 제시되었다. 참가자의 과제는 가상적 문자반의 네 위치 중 어느 한 곳에 출현하는 표적의 정체를 식별하는 것이었다. 표적과 방해자극의 정체와 출현 위치는 모두 무작위로 결정되었다. 참가자는 표적이 R이면 자판의 'Z'키를 누르고, K이면 'M'키를 누르도록 지시받았다. 참가자가 반응키를 누르면 공백 화면이 1100ms 동안 나타난 후 다음 시행이 이어졌다. 참가자가 표적의 정체를 오판하는 경우에는 880Hz의 경고음이 300ms 동안 제시되었다.

**설계**

단서의 종류(중추단서, 말초단서)는 참가자간 변인이었으며, 여섯 수준의 타당도(25%, 40%, 55%, 70%, 85%, 100%)는 참가자내 변인이었다. 여섯 수준의 타당도 블록의 시행수와

타당 시행 수는 미리 설정된 타당도에 맞게 조금씩 조정되었는데, 그 수는 다음과 같았다: 25% 타당도 (24회 타당 시행 / 전체 96 시행), 40% (40 / 100), 55% (60 / 108), 70% (72 / 104), 85% (88 / 104), 100% (96 / 96). 타당도 수준 블록이 주어지는 순서는 Latin 방격 배치법을 이용하여 결정되었다.

**결 과**

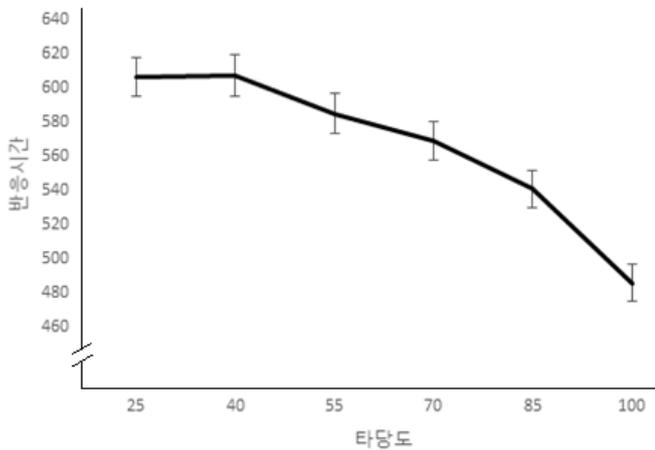
자료 분석에서 오반응, 300ms 미만이거나 2000ms 이상인 반응시간, 그리고 전체 평균에서 3표준편차보다 더 긴 반응시간은 오반응으로 처리되었다. 그 결과 전체적인 정확률은 중추단서 조건에서 95.7%, 말초단서 조건에서 95.8%이었다. 정확률에 대한 반복측정변량분석에서 단서 종류, 타당도 수준, 그리고 둘 간의 상호작용은 모두 통계적으로 유의하지 않았다( $p > .1$ ), 이는 본 실험에서 반응속도와 정확률의 교환(speed-accuracy trade-off)이 발생하지 않았으며, 정확률에 대한 추가 분석이 불필요함을 가리킨다.

중추단서와 말초단서 조건에서 타당도 수준별 평균 반응시간이 표 1에 제시되어 있다. 여기에서 평균은 각 타당도 수준에서 타당 시행과 비-타당 시행의 횟수를 가중 평균한 것이다. 본 연구에서 '단서 효과'는 특정 타당도 수준에서 단서가 타당한 조건과 타당하지 않은 조건의 반응시간 차이를 가리키며, '타당도 효과'는 단서의 타당도 수준(조건) 간에 평균 반응시간의 차이를 가리킨다. 반응시간에 대한 반복측정변량분석에서 타당도 수준이 증가할수록 반응시간이 유의하게 감소하였다( $F(5, 170) = 93.142, MSE = 828.985, p < .001$ ). 중추단서 조건과 말초단서 조건의 평균 반응시간 차이(11.2ms)는 유의하지 않았으며( $p > .1$ ), 단서 종류와 타당도 수준의 상호작용도 유의하지 않았다( $p > .1$ ).

반응시간의 경향성 분석에서 타당도 수준에 따른 직선형( $F(1, 34) = 193.600, MSE = 1768.925, p < .001$ ), 2차 함수형( $F(1, 34) = 59.029, MSE = 670.232, p < .001$ ), 4차 함수형( $F(1, 34) = 8.313, MSE = 308.586, p = .007$ ) 경향성이 유의하였다. 수준별 대비 검증에서 타당도 25% 조건과

**Table 1.** Mean RT (ms) and error rate (in parenthesis) as a function of cue validity in central cue and peripheral cue conditions.

| Cue type   | Validity levels |           |           |           |           |           | 평균    |
|------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
|            | 25%             | 40%       | 55%       | 70%       | 85%       | 100%      |       |
| Central    | 608 (4.8)       | 606 (4.7) | 592 (4.8) | 576 (3.9) | 551 (4.4) | 496 (3.3) | 571.4 |
| Peripheral | 605 (4.0)       | 609 (4.1) | 578 (4.2) | 562 (4.3) | 532 (4.4) | 476 (4.4) | 560.2 |
| Mean       | 606.3           | 607.3     | 585.1     | 569.1     | 541.2     | 486.0     | 565.8 |



**Figure 2.** Graph of mean RT as a function of validity (short verticals are error bars).

40% 조건 간에는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았으나( $p > .1$ ), 나머지 인접 수준 간에는 타당도가 높을수록 해당 블록의 반응시간은 짧아졌다(40% 대 55%,  $F(1, 34) = 24.317, MSE = 727.428, p < .001$ ; 55% 대 70%,  $F(1, 34) = 8.672, MSE = 1066.479, p = .006$ ; 70% 대 85%,  $F(1, 34) = 18.390, MSE = 1525.629, p < .001$ ; 85% 대 100%,  $F(1, 34) = 90.129, MSE = 1216.832, p < .001$ ; 그림 2 참조).

표 2는 중추 및 말초 단서 조건에서 타당 시행과 비-타당 시행의 반응시간, 그리고 단서효과를 타당도 수준별로 보여 준다. 타당도 수준별로 타당 시행과 비-타당 시행을 구분하여 반응시간에 대한 반복측정 변량분석을 하였다. 이때 타당 시행만 있는 타당도 100% 수준의 자료는 분석에서 제외되었다. 분석 결과 전반적으로 단서가 타당한 조건의 반응시간이 비-타당한 조건의 반응시간보다 빨랐다( $F(1, 34) = 135.438, MSE = 9654.218, p < .001$ ). 그리고 단서효과와 타당도 수준의 상호작용이 유의하였는데( $F(4, 136) =$

28.705,  $MSE = 1151.948, p < .001$ ), 타당시행에서는 타당도 수준이 증가할수록 반응시간이 감소하였으며, 비-타당시행에서는 타당도 수준이 증가할수록 반응시간이 증가하였다. 타당도 수준(의 효과)은 유의한 경향( $F(4, 136) = 2.228, MSE = 1392.649, p = .069$ )을 보였다. 이 결과는 평균 반응시간(표 1)의 분석에서 타당도 수준이 유의한 결과와 어울리지 않는데, 아마 타당도 100% 수준의 자료가 빠진 탓으로 보인다.

5개의 타당도 수준에서 비-타당 시행의 반응시간에서 타당 시행의 반응시간을 뺀 값인 단서효과를 종속변인으로 분석하였을 때, 위의 결과와 같이 타당도 수준은 유의하였다( $F(4, 136) = 28.705, MSE = 1151.948, p < .001$ ). 단서 종류의 효과는 유의한 경향을 보였는데( $F(1, 34) = 3.248, MSE = 19308.435, p = .080$ ), 전반적으로 말초단서 조건이 중추단서 조건보다 더 큰 단서효과(134.0ms 대 100.8ms)를 보이는 경향이 있었다. 타당도 수준과의 상호작용은 유의하지 않았다( $p > .1$ ).

타당도 수준에 따른 단서효과의 추세(그림 3)를 확인하기 위해 경향성 분석을 하였다. 단서효과는 타당도 수준의 증가에 따라 직선형 경향성을 보였다( $F(1, 34) = 59.403, MSE = 4442.549, p < .001$ ). 단서효과와 단서 종류의 상호작용은 타당도 수준의 증가에 따라 3차 함수 경향성을 보였다( $F(1, 34) = 4.416, MSE = 2014.344, p = .050$ ). 타당도가 높을수록 단서효과는 인접하는 조건보다 더 큰 경향이 있었다(25% 대 40%,  $F(1, 34) = 12.479, MSE = 2329.531, p = .001$ ; 40% 대 55%,  $F(1, 34) = 10.480, MSE = 2613.629, p = .003$ ; 55% 대 70%,  $F(1, 34) = 6.283, MSE = 4948.435, p = .017$ ; 70% 대 85%,  $F(1, 34) = 4.158, MSE = 4001.941, p = .049$ ; 그림 3 참조).

앞의 분석에서 단서효과와 타당도 수준의 상호작용이 유의

**Table 2.** Mean RT of valid and invalid trials, cue effect (ms), and error rates (in parenthesis) as a function of cue validity in central cue and peripheral cue conditions.

|            |            | Validity levels |           |           |           |            |           |
|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
|            |            | 25%             | 40%       | 55%       | 70%       | 85%        | 100%      |
| Central    | Valid      | 569 (2.8)       | 569 (2.1) | 550 (3.3) | 539 (2.5) | 533 (2.6)  | 496 (3.3) |
|            | Invalid    | 622 (5.4)       | 634 (6.6) | 653 (6.8) | 680 (7.1) | 682 (14.6) | -         |
|            | Cue effect | 53              | 65        | 103       | 141       | 149        |           |
| Peripheral | Valid      | 548 (2.4)       | 540 (1.8) | 523 (2.0) | 520 (2.2) | 510 (1.8)  | 476 (4.4) |
|            | Invalid    | 625 (4.5)       | 662 (5.6) | 663 (6.9) | 681 (9.2) | 705 (19.0) | -         |
|            | Cue effect | 77              | 120       | 140       | 161       | 195        | -         |

Note 1. Cue effect cannot be calculated at the 100 % level of validity.

하였는데, 단서효과는 타당 시행과 비-타당 시행의 반응시간 차이이므로, 그 상호작용이 타당 시행과 비-타당 시행 중 어느 쪽과 관련이 깊은지를 살펴보기 위해 타당 시행과 비-타당 시행을 구분하여 경향성 분석을 하였다. 먼저 타당도 100% 수준을 제외한, 타당 시행의 반응시간에 대한 경향성 분석에서 타당도 수준( $F(4, 136) = 13.432, MSE = 674.350, p < .001$ )이 유의하였으며, 타당 시행의 반응시간은 1차 함수 경향성( $F(1, 34) = 32.519, MSE = 1073.464, p < .001$ )을 보였다. 타당도 100% 수준을 포함한 타당 시행 반응시간에 대한 경향성 분석에서 타당도 수준은 직선형( $F(1, 34) = 104.456, MSE = 1079.000, p < .001$ ), 2차 함수형( $F(1, 34) = 8.784, MSE = 697.991, p = .006$ ), 4차 함수형( $F(1, 34) = 8.518, MSE = 402.056, p = .006$ ) 경향성을 보였다. 타당도 100% 수준의 반응시간 자료가 추가되었을 때 더 다양한 경향성이 관찰되었는데, 이것은 타당도 100% 수준에서의 반응시간이 직선적 경향성에서 예측되는 것보다 더 짧기 때문인 것으로 보인다(그림 3). 타당 시행 반응시간에서 타당도 수준 간 차이를 알아보았을 때, 타당도 40% 수준과 55% 수준의 차이( $F(1, 34) = 14.242, MSE = 808.959, p = .001$ ) 및 타당도 85% 수준과 100% 수준의 차이( $F(1, 34) = 38.489, MSE = 1191.694, p < .001$ ) 및 타당도 55%와 85% 수준의 차이( $F(1, 34) = 9.836, MSE = 413.279, p = .004$ )는 유의한 반면, 나머지 인접하는 타당도 25%와 40%, 55%와 70%, 70%와 85%수준 간에는 차이가 유의하지 않았다.

이상과 같은 결과는 단서가 타당한 시행의 반응시간이, Eriksen과 Yeh(1985)의 주장과 달리, 단순히 타당도에 반비

례하여 짧아지는 것은 아니라는 것을 보여준다. 이와 비교해서 비-타당 시행의 반응시간은 직선적 경향성( $F(1, 34) = 43.918, MSE = 2432.895, p < .001$ )을 보일 뿐, 다른 고차 경향성을 보이지 않았다( $ps > .1$ ). 이상의 경향성 분석에서 단서효과와 타당도 수준의 상호작용은 주로 타당 시행의 수행이 타당도 수준에 따라 비선형적인 패턴을 보인 결과라고 할 수 있다.

### 논 의

본 연구는 중추 및 말초 단서의 타당도가 표적의 탐지 시간에 미치는 영향을 살펴보았다. 단서의 타당도가 높을수록 타당 시행의 반응시간이 짧아지고 비-타당 시행의 반응시간이 길어진 결과로 두 조건 간의 차이인 단서 효과가 증가하는 패턴이 관찰되었다. 타당 시행의 반응시간은 타당도 수준에 따라 비선형적으로 감소하였다. 그리고 중추 단서와 말초 단서는 반응시간 패턴에서 대체로 큰 차이를 보이지 않았다.

주의 받은 위치에서 자극이 더 정확하게 식별된다는 것은 잘 알려져 있다(Luck, Hillyard, Mouloua, & Hawkins, 1996). 그런데 주의 자원은 제한되어 있으므로 여러 공간적 위치에 대한 주의는 최적으로 할당될 필요가 있다. 공간주의의 분포는 표적의 탐지 확률(기대)에 따라 최적화될 것으로 생각되지만(Shaw & Shaw, 1977), 또한 참가자의 주의 할당 전략에 의해서도 영향을 받을 수 있다(Handy, Kingstone, & Mangun, 1996). 본 연구에서 단서 타당도는 대체로 상응하는 효과를 보여 주었지만, 참가자가 타당도의 가치를 전략적으로 판단하는 듯이 보이는 결과 패턴도 얻어졌다. 본 연구

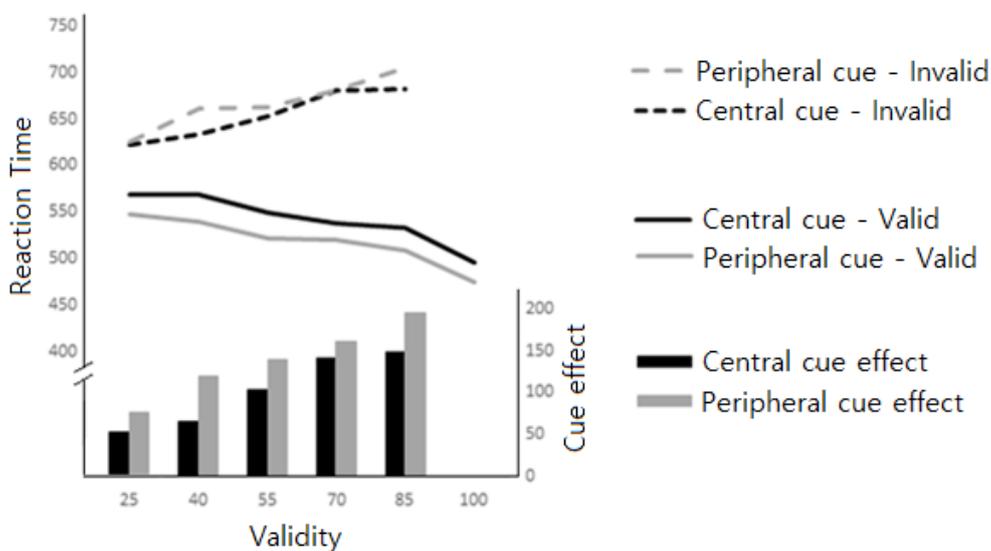


Figure 3. Mean RT (graph) of valid and invalid trials, and cue effect (bar) as a function of cue validity in central cue and peripheral cue conditions.

에서 타당 시행의 반응시간이 타당도의 여섯 수준에 따라 직선형 경향성 외에도, 2차 함수형, 및 4차 함수형 등의 좀 더 복잡한 경향성을 함께 보인 것은 타당도 효과가 단순하지 않음을 시사한다. 흥미로운 점은 타당도 효과를 기준으로 할 때 타당도 수준들이 몇 개의 구간으로 나뉘는 것으로 보인다는 점이다. 즉 25%와 40% 수준이 한 구간을 이루고, 그 다음으로 55%, 70%, 85% 수준들이 다른 한 구간을 이루며, 끝으로 100% 수준이 구별되는 것으로 보인다. 이것은 타당도의 실제 가치(중요성)가 수치상 가치와 다르기 때문일 것이다. 예를 들면, 타당도 40% 조건은 25% 조건(우연 수준)에 비해 단서 위치에서는 타당도가 15% 증가하고, 세 개의 비-단서 위치의 타당도는 75%에서 60%로 감소하여, 각 위치에서는 타당도가 각각 5%씩 감소한 것인데, 이런 변화가 참가자의 주의 할당 전략에 큰 영향을 주지 못하였을 가능성이 있다. 왜냐하면 비-단서 위치의 타당도가 60%이므로 여전히 단서 위치의 타당도보다 높기 때문이다. 반면 타당도가 55% 이상으로 증가하면, 단서 위치에 대한 주의 할당이 더 유리한 것으로 지각되고, 참가자는 타당도를 더 세심하게 고려하는 전략을 취하였을 가능성이 있다.

본 연구에서 타당도가 100%인 조건은 85% 조건과 비교해서 두드러지게 빠른 반응시간을 보였다. 타당도가 100%인 조건이 아니라면, 비-단서 위치를 완전히 무시하는 것은 비-타당 시행에서 매우 큰 비용을 초래하므로, 단서 위치에 전적으로 주의를 할당할 수 없을 것이며, 이로 인해 100% 조건에서 85% 조건과 대비되는 결과가 얻어졌을 것이다. Riggo와 Kirsner(1997)도 100% 수준이 다른 조건들과 다르게 처리되는 것처럼 보인다고 언급하였다. 타당도 100% 조건에서 참가자는 단서가 제시되자마자 반응할 준비를 할 수 있는데, 이것은 가외 이득을 가져다줄 것이다. 손-손가락 사전단서(hand-finger precuing) 과제에서 타당도의 증가는 자극의 출현 이전에 동공의 확장을 비롯한 반응준비 태세를 더 많이 야기하였다(Adam, Bovend'Eerd, Smulders, Van Gerven, 2014; Moresi, Adam, Rijken, Van Gerven, 2008). 타당도 수준이 표적의 출현 이전에 참가자의 준비 반응에 미치는 영향은 앞으로 검토할 만한 주제라고 생각된다.

말초단서는 강제적인 주의를 유도한다는 점에서 자발적인 주위가 필요한 중추단서와 구별된다. Riggio와 Kirsner(1997)는 중추단서와 말초단서가 별개로 그리고 서로 다른 방식으로 처리된다고 주장하였으며, Giordano 등(2009)은 타당도에 따른 손익 분석에서 두 단서가 상이한 패턴을 보인다는 결과를 얻었으며, Botta, Santangelo, Raffone, Lupiáñez와 Belardinelli (2010)는 단서의 종류에 따라 자극의 숫자나 이

중과제 등의 부가적인 인지적 요소가 미치는 영향이 다를 수 있음을 보여주었다. 중추 단서가 말초 단서와 비슷한 시간경과에서 활용되기 위해서는 말초 단서보다 더 긴 제시시간(혹은 SOA)이 필요하다는 것은 잘 알려져 있다(Carlson et al., 2006 참조). 본 연구는 중추 단서(250ms)를 말초 단서(150ms)보다 100ms 더 길게 제시하여, 두 가지 단서의 처리 시간 차이를 맞추었다. 이런 조건에서 말초 단서와 중추 단서는 여러 타당도 수준에서 차이 나는 반응시간 패턴을 보이지 않았다. 그리고 단서효과에서도 말초단서가 중추단서보다 전반적으로 더 큰 효과를 낳는 경향이 있었을 뿐, 타당도 수준에 따른 단서 효과 패턴의 차이가 나타나지 않았다. 단서 종류, 단서효과, 및 타당도 수준의 3차 함수 경향성이 있었는데, 그 의미는 분명치 않다. 이처럼 단서 종류의 차이가 나오지 않은 결과에 대한 한 가지 설명은 중추단서로 쓰인 화살표가 분명한 방향성을 가지고 있고 과학습되어 있어서 말초단서와 비슷하게 작용했으리라는 것이다(Hommel, Pratt, Colzato, & Godijn, 2001). 다른 설명은 본 연구에서 사용한 식별과제가 단서 종류에 덜 민감하였을 것이라는 것이다. Terry, Valdes와 Neill(1994)은 탐지과제에서 회귀억제(inhibition of return)를 관찰한 반면 식별과제에서는 관찰하지 못하였다. 표적의 식별 과정이 말초 혹은 중추 단서의 독특한 주의 효과를 완충하였을 가능성이 있다.

이런 점을 고려할 때 중추 단서와 말초 단서가 단서효과 및 타당도 효과에서 동등하다고 결론짓는 것은 아직 선부르게 보인다. 화살표 외에도 문자, 색깔 등 다양한 자극이 중추단서로 사용되고 있으며, 실험 과제에서 단서를 선택할 때 이런 자극들의 특성이 세심하게 고려되어야 할 것이다. 앞에서 언급하였듯이 Eriksen과 Yeh(1985)의 연구에서 참가자는 말초단서가 가리키는 1차 위치와 (1차 위치가 타당하지 않을 경우의) 2차 위치의 타당도를 함께 고려하는 것으로 보였다. 주의를 포획하는 말초단서 대신에 중추단서가 사용된다면, 참가자는 더 융통성 있게 그리고 전략적으로 주의를 배분할 가능성이 있다.

본 연구에서 사용된 자극판의 시각도는 2.5° 로 자극판 전체를 한꺼번에 주의하는 것이 비교적 용이하였으며, 단서 효과에 안구 이동 요인이 개입할 가능성은 높지 않다. 그러나 자극판이 점점 더 커질수록, 단서가 가리키는 위치로 주의(혹은 안구) 이동을 하였을 때 예상되는 이득과 손실의 차이도 비례하여 커질 가능성이 높고, 이에 대한 손익 분석(Girardi, Antonucci, & Nico, 2013)이 단서 활용과 주의 이동 여부에 영향을 줄 것이다. 타당 시행에서 반응시간의 감소(이득)는 반드시 비-타당 시행에서 반응시간의 증가(손

실)를 일으키는 것은 아니다(Park et al., 2015). 그리고 표적의 적중(hit)과 비표적의 정확 기각 중 어떤 반응에 더 큰 비중을 두는지가 전반적인 손익 분석 및 반응시간의 분포에 영향을 줄 가능성이 있다. 자극판이 충분히 커지면 표적과 방해자극에 대한 주의 할당 전략이 달라지고(Handy et al., 1996), 타당도 수준에 따라 주의 할당도 상이한 패턴을 보일 가능성이 있다. 예컨대 타당도가 상당히 낮은 조건에서는 단서 활용의 이득보다 손실이 증가할 것이므로, 참가자는 단서를 무시하려는 경향을 보일 가능성이 있다. 본 연구의 결과도 이런 가능성을 암시하는 것으로 보이는데, 손익 분석에 따른 전략적인 단서 활용 가능성에 대해 더 분석적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 참가자가 실험 블록의 단서 타당도를 얼마나 잘 활용하는가에 관심을 두었으므로 매 실험블록의 타당도를 참가자에게 미리 알려주었다. 그렇게 하지 않아도 암묵적인 지각 학습의 결과로 참가자는 수행중인 블록의 단서 타당도를 파악하고 그에 상응하는 수행을 보여줄 가능성이 있다. 그러나 참가자는 지금까지 일어난 시행들을 모두 기억할 수 없으므로 현재 기억하는 정보에 근거해서 확률을 판단할 수밖에 없으므로(Edwards, 1961) 상당한 시행 동안 주관적 확률 판단에 큰 오차가 발생할 수 있다(Hertwig & Erev, 2009). 본 연구와 같이 참가자가 실험블록의 타당도를 아는 경우에도, 단서 타당도가 수행에 미치는 영향은 즉각 발휘되지 않을 것이다. 확률 추정이 기존의 정보와 새로운 정보의 누적 과정을 통해 일어난다는 관점(Lee & Wagenmakers, 2014)에서 보면, 시행들이 거듭되고 단서 활용의 이득과 손실이 누적적으로 평가되면서 타당도의 효과가 점진적으로 나타날 것이다. 이런 과정은 특히 유관성이 탐지되는 단서 - 표적의 관계에 대한 암묵적 학습 과정으로 이해될 수 있을 것이다(Girardi et al., 2013), 이 과정에서 타당도 수준은 반응시간 패턴은 물론, 오반응율 패턴에도 영향을 미칠 수 있다(Giordano et al., 2009). 특정한 타당도 수준에 대한 참가자의 확률 지각이 단서 활용에 어떤 전략을 낳으며, 시행에 걸쳐 어떻게 변화할 것인지도 공간 단서 실험과제에서 흥미로운 문제가 될 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구에서 관찰한 타당도 효과의 추세는 좀 더 다양한 조건과 실험과제에서 재검토될 필요가 있다.

References

Adam, J. J., Bovend'Eerdt, T. J., Smulders, F. T., & Van Gerven, P. W. (2014). Strategic flexibility in response

preparation: Effects of cue validity on reaction time and pupil dilation. *Journal of Cognitive Psychology*, 26(2), 166-177.

Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: A failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 437-443.

Botta, F., Santangelo, V., Raffone, A., Lupiáñez, J., & Belardinelli, M. O. (2010). Exogenous and endogenous spatial attention effects on visuospatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(8), 1590-1602.

Carlson, T. A., Hogendoorn, H., & Verstraten, F. A. (2006). The speed of visual attention: What time is it? *Journal of Vision*, 6(12), 1406-1411.

Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18(1), 193-222.

Edwards, W. (1961). Probability learning in 1000 trials. *Journal of Experimental Psychology*, 62(4), 385-394.

Eriksen, C. W., & Yeh, Y. Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(5), 583-597.

Gaschler, R., Schwager, S., Umbach, V. J., Frensch, P. A., & Schubert, T. (2014). Expectation mismatch: Differences between self-generated and cue-induced expectations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 46, 139-157.

Giordano, A. M., McElree, B., & Carrasco, M. (2009). On the automaticity and flexibility of covert attention: A speed-accuracy trade-off analysis. *Journal of Vision*, 9(3): 30, 1-30.

Girardi, G., Antonucci, G., & Nico, D. (2013). Cueing spatial attention through timing and probability. *Cortex*, 49(1), 211-221.

Godwin, H. J., Menneer, T., Cave, K. R., Thaibsyah, M., & Donnelly, N. (2015). The effects of increasing target prevalence on information processing during visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(2), 469-475.

Handy, T. C., Kingstone, A., & Mangun, G. R. (1996). Spatial distribution of visual attention: Perceptual sensitivity and response latency. *Perception & Psychophysics* 58(4), 613-627.

Hertwig, R., & Erev, I. (2009). The description - experience gap in risky choice. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(12), 517-523.

- Hommel, B., Pratt, J., Colzato, L., & Godijn, R. (2001). Symbolic control of visual attention. *Psychological Science, 12*(5), 360 - 365.
- Ivanoff, J., & Klein, R. M. (2004). Stimulus-response probability and inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review, 11*(3), 542-550.
- Jonides, J. (1980). Towards a model of the mind's eye's movement. *Canadian Journal of Psychology, 34*(2), 103-112.
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye movement. In J. B. Long & A. D. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX* (pp. 187-203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kuhns, A. B., Dombert, P. L., Mengotti, P., Fink, G. R., & Vossel, S. (2017). Spatial attention, motor intention, and Bayesian cue predictability in the human brain. *Journal of Neuroscience, 37*(21), 5334-5344.
- Lee, M. D., & Wagenmakers, E. J. (2014). *Bayesian Cognitive Modeling: A Practical Course*. Cambridge University Press.
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., & Hawkins, H. L. (1996). Mechanisms of visual - spatial attention: Resource allocation or uncertainty reduction? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22*(3), 725 - 737.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattentional Blindness*. MIT press.
- Moresi, S., Adam, J. J., Rijcken, J., & Van Gerven, P. W. (2008). Cue validity effects in response preparation: A pupillometric study. *Brain Research, 1196*, 94-102.
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica, 134*(3), 299-309.
- Müller, H. J., & Findlay, J. M. (1988). The effect of visual attention of peripheral discrimination thresholds in single and multiple element displays. *Acta Psychologica, 69*(2), 129-155.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15*(2), 315-330.
- Park, H.-B., Son, H.-G., & Hyun, J.-S. (2015). Characterizing Information Processing in Visual Search According to Probability of Target Prevalence. *Korean Journal of Cognitive Science, 26*(3), 357-375.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X: Control of Language Processes* (pp. 531-556).
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General, 109*(2), 160-174.
- Possamai, C. A. (1986). Relationship between inhibition and facilitation following a visual cue. *Acta Psychologica, 61*(3), 243-258.
- Riggio, L., & Kirsner, K. (1997). The relationship between central cues and peripheral cues in covert visual orientation. *Perception & Psychophysics, 59*(6), 885-899.
- Shaw, M. L., & Shaw, P. (1977). Optimal allocation of cognitive resources to spatial locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 3*(2), 201-211.
- Simons, D. J., & Ambinder, M. S. (2005). Change blindness: Theory and consequences. *Current Directions in Psychological Science, 14*(1), 44-48.
- Sisk, C. A., Remington, R. W., & Jiang, Y. V. (2019). Mechanisms of contextual cueing: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics, 81*(8), 2571-2589.
- Terry, K. M., Valdes, L. A., & Neill, W. T. (1994). Does "inhibition of return" occur in discrimination tasks? *Perception & Psychophysics, 55*(3), 279 - 286.
- Vossel, S., Mathys, C., Daunizeau, J., Bauer, M., Driver, J., Friston, K. J., & Stephan, K. E. (2014). Spatial attention, precision, and Bayesian inference: A study of saccadic response speed. *Cerebral Cortex, 24*(6), 1436-1450.
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2017). *공학심리와 인간수행. (곽호완 등 역) 서울: 시그마프레스. [원저명: Engineering psychology and human performance]*
- Wright, R. D., & Richard, C. M. (2000). Location cue validity affects inhibition of return of visual processing. *Vision Research, 40*(17), 2351-2358.
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., Van Wert, M. J., Kenner, N. M., Place, S. S., & Kibbi, N. (2007). Low target prevalence is a stubborn source of errors in visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: General, 136*(4), 623-638.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*(1), 121-134.

## 중추 및 말초 단서의 타당도가 표적의 탐지 시간 및 단서효과에 미치는 영향

고범준<sup>1</sup>, 박창호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 심리학과

타당한 단서는 표적의 탐지 시간을 줄이는 효과가 있는데 이를 단서 효과라고 한다. 본 연구는 중추 단서와 말초 단서의 타당도의 수준을 25%, 40%, 55%, 70%, 85%, 및 100%로 변화시켰을 때 표적 탐지의 반응시간을 측정하고, 단서 효과가 타당도 수준에 따라 변화하는 추세를 관찰하였다. 두 단서 조건 모두에서 단서 타당도가 증가할 때 전반적인 반응 시간은 비선형적으로 감소하였으며, 타당도 수준으로 예측되는 것보다 대체로 더 긴 경향이 있었다. 타당도 수준이 증가할 때 타당 시행의 반응 시간도 비선형적인 감소 패턴을 보인 반면, 단서 효과는 선형적으로 증가하였다. 추가 분석에서 여섯 개의 타당도 수준은 25%와 40% 구간, 55%에서 85%까지의 구간, 그리고 100% 수준 등 세 개의 타당도 범위로 구별될 수 있는 것처럼 보인다. 종합하여 보았을 때, 타당 시행에서 표적 탐지 수행은 전반적으로 단서 타당도 수준의 변화에 민감하게 대응하지 않으며, 단서 타당도 정보의 활용에는 전략적인 요인이 개입할 가능성이 있는 것으로 보인다.

**주제어:** 주의, 탐지, 공간 단서, 단서 타당도