

일련의 자극들이 같은 위치에서 연속적으로 빠르게 제시되고 사라지는 신속순차제시(rapid serial visual presentation, RSVP)에서 방해자극들 사이에 나타나는 두 표적을 찾으라고 지시받았을 때, 두 표적이 시간적으로 근접하여 있는 경우(200-500ms), 매우 빈번하게 첫 번째 표적(T1) 식별 후에 두 번째 표적(T2)에 대해서 식별하지 못하는 경향을 보인다. 이는 시각 기제 능력의 한계를 반영하는 현상의 예로서, '주의 깜박임(attentional blink)'이라고 명명되었다(Raymond, Shapiro & Arnell, 1992).

주의 깜박임은 매우 견고한(robust) 현상으로, 반복적인 훈련을 통해서도 제거되지 않는다고 보고되어 왔다(Braun, 1998). 이와 달리, 최근의 연구는 단기간의 돋음색 훈련(color-salient training)을 통해서 주의 깜박임이 제거 될 수 있고, 심지어 그 효과가 몇 달간 지속된다는 것을 보고하였다(Choi, Chang, Shibata, Sasaki & Watanabe, 2012). 돋음색 훈련 동안 RSVP에서 등장하는 모든 자극을 흰색으로 하고, 오직 T2만을 항상 빨간색으로 나타나게 함으로써 T2에 대한 현출성(salience)을 높였다. T2에 대한 현출성은 T2의 식별이 용이하도록 하기 때문에 일시적으로 주의 깜박임을 제거할 수 있다(김기연, 2014). Choi 등(2012)은 돋음색 훈련을 통하여 표적자극은 선별하고, 방해 자극은 억제하는 주의 통제 능력(attentional control mechanism)이 향상될 수 있고, 그 결과로 T2가 돋음색으로 나타나지 않는 경우에도 주의 깜박임이 제거된다고 주장하였다.

Choi 등(2012)의 주장과는 달리, 돋음색 훈련 효과가 훈련 동안 제시되는 자극에 반복적

로 노출되면서 발생할 수 있는 시지각 학습(visual perceptual learning)의 결과라는 주장도 설득력을 갖는다(최훈, 홍락균, 2015). 시지각 학습은 훈련을 통해 이루어지는 시각 과제에서 장기적으로 유지되는 수행 향상으로 정의되는데(Fahle & Poggio, 2002), 의식적인 노력뿐만 아니라 자극에 반복적으로 노출되면 암묵적으로도 학습이 될 수 있는 것이 밝혀졌다(Watanabe, Nanez, & Sasaki, 2001). Choi 등(2012)의 실험에서는 돋음색 훈련 기간 동안 사용된 자극들과 실제 검사에서 사용되는 자극들이 동일했다. 돋음색 훈련 동안 약 1500회의 시행에서 총 여덟 개의 숫자만이 표적으로 사용되어서, 참가자들은 T2로 제시되는 각각의 숫자 자극에 대해서 평균적으로 약 180회 정도 반복적으로 노출되었다. 자극의 반복 노출로 인해 시지각 학습이 이루어졌고, 그 결과 RSVP의 각 자극이 더 빠르고 용이하게 처리되면 주의 깜박임이 제거 될 수 있다.

돋음색 훈련 효과에 대한 시지각 학습 가설을 검증하는 직접적인 방법은 돋음색 훈련 효과가 훈련 회기에 사용되지 않았던 표적자극에서도 발생하는 주의 여부를 알아보는 것이다. 시지각 학습의 가장 중요한 특성 중의 하나는 특정성(specificity)으로 훈련 기간 중에 노출되었던 자극에 한해서만 훈련 효과가 발생하기 때문이다(Fahle & Poggio, 2002). 최훈과 홍락균(2015)은 검사 회기와 훈련 회기에서 표적자극-방해자극 간의 역할을 서로 바꾸는 전략을 통해 시지각 학습 가설을 검증하고자 하였다. 돋음색 훈련 회기와 검사 회기에서 사용된 자극 자체는 동일하였으나, 훈련 회기에서는 숫자가 표적으로 영어 문자가 방해 자극

으로 사용된 반면, 검사 회기에서는 영어 문자가 표적으로 숫자가 방해 자극으로 사용되었다. 실험 결과, 돋음색 훈련 효과는 표적과 방해 자극이 뒤바뀐 경우에도 발생하였으나, 이 결과가 시지각 학습 가설을 기각하기에는 한계점을 갖는다. 검사 회기에서 사용된 표적이 훈련 회기 때의 표적으로는 사용되지 않았으나, 방해자극으로는 사용되어서 시지각 학습의 대상이 될 수 있기 때문이다. 실제로 과제와 전혀 연관이 없는 자극들이 역치 수준으로 제시되었을 때에도 시지각 학습이 발생될 수 있다는 점이 기존 연구들을 통해서 보고되었다(Watanabe, Nanez, & Sasaki, 2001). 본 연구에서는 표적-방해자극 역전 전략이 아닌 다른 방식으로 돋음색 훈련 효과에 대한 시지각 학습 가설을 검증하고자 하였다.

본 연구에서는 돋음색 훈련 회기와 검사 회기 모두 숫자표적-영어문자방해자극을 사용하였으나, 검사 회기에서는 모든 숫자 표적이 나타난 반면, 돋음색 훈련 회기에서는 숫자 표적 중 무작위로 선별된 절반만을 사용하였다. 만일 시지각 학습 가설이 옳다면, 돋음색 훈련 회기에서 사용되지 않았던 절반의 숫자에 대해서는 훈련 효과가 발생하지 않을 것이다.

방 법

참가자 본 실험에는 춘천 지역에 거주하는 20대 11명이 참가하였다. 참가자들은 모두 시력(혹은 교정시력)이 정상이었고, 색 지각에도 이상이 없었다. 참가자들은 실험의 목적을 알지 못하였고, 한림대학교 생명윤리위원회의

승인을 받은 동의서에 서명하였으며, 실험이 종료된 이후에 소정의 금전적 보상을 제공받았다.

장치 본 실험은 빛이 차단된 암실에서 진행되었으며, 3.40GHz의 CPU가 탑재된 조립 PC가 사용되었다. 실험 자극의 생성 및 실험의 전반적 통제는 Matlab R2014a(The MathWorks, Natick, MA)에서 구동되는 Psychophysics Toolbox(Brainard, 1997; Pelli, 1997)를 통해 이루어졌다. 자극들은 1920 X 1080 픽셀의 해상도와 120Hz의 주사율을 가진 24인치 LCD 모니터(BENQ XL2420Z)에 제시되었다. 참가자들은 모니터로부터 약 56cm의 거리를 두고 앉았으며, 모니터의 자극 제시 영역은 시각각도(visual angle) 상 52° X 29° 에 해당했다.

자극 각 시행에서 사용된 RSVP는 모두 아홉 개의 자극으로 구성되었으며, 각 자극은 여덟 개의 아라비아 숫자(0과 1은 제외)와 22개의 영어 알파벳(B, I, O와 Q는 제외)의 대문자와 소문자 44개 가운데서 무작위로 선택되었다. 표적으로는 항상 숫자가 사용되었으며, 시각각도 상 0.4° X 0.6°에 해당하는 크기로 제시되었다. RSVP에 사용된 자극들은 무선적으로 선택되었으며, 한 시행 내에서는 같은 숫자 또는 문자가 반복되어 나타나지 않았다. 또한, 1.4° 시각각도 내의 흰색 원 모양 테두리 안에서 한 번에 한 자극씩, 각각 100ms 동안 아홉 개의 자극들이 연속적으로 제시되었다.

절차 본 실험은 사전 검사 1회기 이후, 2회기의 훈련과 사후 검사 1회기의 순서로 구성

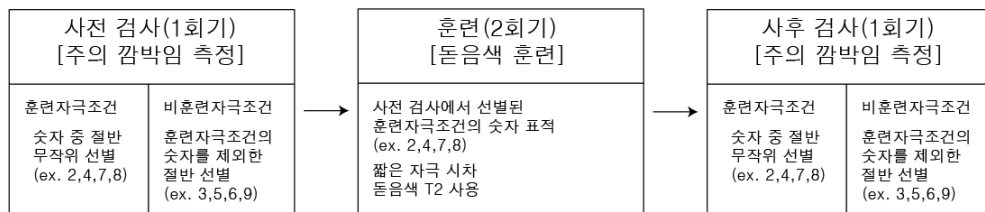
되었다(그림 1a). 참가자들은 총 4일 동안 가급적 매일 같은 시간에 실험에 참가하였고, 반드시 하루에 한 회기씩 수행하였으며, 2일 이상 연속하여 불참하는 경우는 허용하지 않았다. 또한, 실험이 진행되는 4일 동안 참가자들은 항상 같은 암실에서 같은 컴퓨터를 이용하도록 하여, 훈련-검사 간 동일한 환경을 유지하였다.

참가자들은 RSVP에서 제시되는 자극들 중 표적인 숫자를 식별하는 과제를 수행하였고, 한 시행에서 표적이 한 번 또는 두 번 나타날 수 있음을 지시받았다. 참가자들은 스스로 키보드를 이용하여 매 시행을 시작하였고, RSVP가 모두 제시되면 안내되는 질문에 따라서 식별한 표적을 순서대로 컴퓨터 키보드로 입력하여 보고하였다.

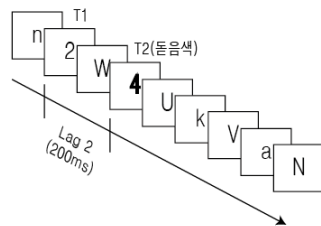
사전 및 사후 검사. 실험은 총 4회기로, 첫째 날에는 사전 검사를 통해 주의 깜박임 효과를 측정하였다. 이후 실험 마지막 날에 사후 검사를 통해 다시 주의 깜박임 효과를 측정하여, 두 검사에서 측정된 효과의 차이를 통하여 돌음색 훈련 효과를 확인하였다.

돌음색 훈련 효과가 시지각 학습의 결과인지를 검증하기 위하여 서로 다른 두 조건을 포함시켰다. 각각의 조건은 한 시행 내의 두 표적이 돌음색 훈련 기간 동안에 훈련된 자극으로만 제시되는 조건(훈련자극 조건)과 훈련되지 않은 자극으로만 제시되는 조건(비훈련자극 조건)이었다. 추가적으로, 검사 회기에서 실험이 진행되는 동안 두 조건이 반복적으로 나타나 참가자들이 실험 조건을 인지할 가능성에 대비하여, 한 시행 내의 두 표적이 훈련

(a) 실험 절차



(b) 돌음색 훈련



(c) 실험 결과

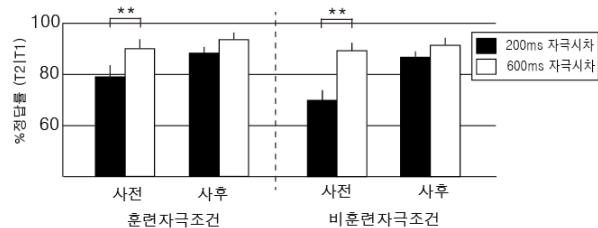


그림 1. (a) 실험절차. 사전 검사 1회기 - 돌음색 훈련 2회기 - 사후 검사 1회기로 구성되었다. (b) 돌음색 훈련. 두 번째 표적이 언제나 200ms의 자극시차를 가지며, 빨간색으로 제시되었다. (첫 번째 표적과 다른 방해자극들은 하얀색으로 제시되었다.) (c) 실험결과. 훈련자극조건과 비훈련자극조건 모두에서 사후 검사에서 주의 깜박임이 제거되었다.

자극과 비훈련자극으로 각각 다르게 구성되는 두 가지 종류의 채움(filler) 시행(각각 50시행, 전체 시행 중 16.7%)을 삽입하였으며, 결과 분석에는 포함시키지 않았다.

모든 시행에서 첫 번째 표적(T1)은 항상 RSVP의 두 번째 순서에 제시되었다. 두 번째 표적(T2)은 T1으로부터 한 개의 방해자극을 사이에 두고 제시되거나(Lag 2, 200ms, 짧은 자극시차 조건), 다섯 개의 방해자극을 사이에 두고 제시되었다(Lag 6, 600ms, 긴 자극시차 조건). 이는 주의 깜박임 효과를 측정하기 위한 방법으로서, 일반적으로 200ms의 자극시차에서는 T2를 식별하기 힘든 반면, 600ms의 자극시차에서는 T2를 식별하기 쉽다. 따라서 주의 깜박임은 두 조건 간의 차이로 정의되었다. 또한, 표적이 항상 두 번 제시될 경우에 모든 시행에서 두 개의 표적이 나타난다는 것을 참가자들이 알아차리고, 그것이 실험 결과에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 본 실험에서는 RSVP 내의 표적이 단 한 개만 나타나는 단일 표적 조건을 채움 시행(100시행[전체 시행 중 33.3%])으로 삽입하고, 결과 분석에는 포함하지 않았다.

검사의 총 시행 수는 300회였고, 한 구획 당 60회씩 5번 진행되었다. 한 구획은 각각의 조건이 5번씩 나타나도록 구성되었고, 제시 순서는 완전 무선화 하였다. 첫 번째 구획은 훈련 회기로 결과 분석에는 포함하지 않았다.

돋음색 훈련. 실험의 두 번째와 세 번째 날의 이틀 동안은 돋음색 훈련을 실시하였다. 이 두 회기 동안 참가자들은 돋음색이 포함된 RSVP를 수행하였다. RSVP의 두 표적들은 사

전 검사에서 선택된 훈련자극 조건의 숫자들 중에서 나타나도록 하였고, 참가자들은 사전 및 사후 검사와 동일하게 RSVP에 제시되는 표적을 식별하도록 지시 받았다. 모든 시행에서 두 표적 중 T1은 항상 RSVP의 두 번째에 제시되었고, T2는 네 번째에 제시되는, 짧은 자극시차 조건과 동일한 경우였다. 기존의 돋음색 훈련과 동일하게, RSVP 내의 모든 자극은 흰색으로 제시되는 반면, T2는 빨간색으로 제시되었다(그림 1b). 돋음색 훈련은 한 회기를 기준으로, 매 구획이 80회의 시행으로 구성되어 있고, 9번 반복하여 총 720회를 진행하였다. 사전 및 사후 검사와 동일하게 매 시행에서 참가자들은 스스로 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

결 과

주의 깜박임을 측정하는 전통적인 측정치인, T2|T1 식별률(T1이 식별되었을 때, T2가 식별되는 확률)이 조건별로 그림 1c에 제시되었다. 통계적 분석을 위해 반복측정 삼원 변량 분석(repeated measure 3-way ANOVA)을 수행하였다(자극 시차[긴 자극시차 vs. 짧은 자극시차], 표적자극[훈련자극 vs. 비훈련자극], 훈련 유무[사전 vs. 사후]). 자극 시차, 표적자극과 훈련 유무의 주효과는 모두 유의미하였다, 각각 $F(1,10) = 7.838, p = .019, \text{partial } \eta^2 = .439$, $F(1,10) = 9.224, p = .013, \text{partial } \eta^2 = .480$, $F(1,10) = 17.053, p = .002, \text{partial } \eta^2 = .630$. 훈련 유무와 자극 시차의 이원 상호작용은 유의미하게 나타났다, $F(1,10) = 6.616, p = .028, \text{partial } \eta^2 = .398$. 이는 돋음색 훈련 이후

에 주의 깜박임이 약화되었음을 시사하였다. 표적자극과 훈련 유무의 이원 상호작용, 표적 자극과 자극 시차의 이원 상호작용은 모두 유의하지 않았다, 각각 $F(1,10) = 3.571, p = .088, \text{partial } \eta^2 = .263, F(1,10) = 1.796, p = .210, \text{partial } \eta^2 = .152$. 특히 자극 시차와 표적 자극, 훈련 유무의 삼원 상호작용 효과는 유의하지 않게 나타났다, $F(1,10) = 3.899, p = .077, \text{partial } \eta^2 = .281$.

위의 결과는 돌음색 훈련 효과가 훈련자극과 비훈련자극 모두에서 비슷한 정도로 일어났음을 시사하였다. 이를 보다 구체적으로 알아보기 위하여 주의 깜박임 효과의 변화를 확인하였다. 훈련자극 조건에서 사전 검사에서는 짧은 자극시차 조건과 긴 자극시차 조건 간 T2|T1 식별률 차이가 유의하게 나타났지만, $t(10) = -3.809, p = .003, d = -1.151$, 사후 검사에서는 차이가 나타나지 않았다, $t(10) = -1.458, p = .175, d = -0.651$. 위와 동일하게, 비훈련 조건에서도 사전 검사에서는 두 자극시차 간 T2|T1 정답률 차이가 유의하게 나타났지만, $t(10) = -3.536, p = .005, d = -1.614$, 사후 검사에서는 차이가 나타나지 않았다, $t(10) = -1.355, p = .205, d = -0.393$. 단일 표적 조건의 식별률은 모든 조건에서 사전, 사후 모두 매우 높게 나타났다(사전[훈련 조건: 93.64%, 비훈련 조건: 92.27%], 사후[훈련 조건: 94.55%, 비훈련 조건: 94.55%]). 이 결과들은 표적으로 등장하는 자극의 훈련 여부와는 상관없이 돌음색 훈련의 결과로 주의 깜박임이 제거되었음을 보여주었다.

논 의

본 연구에서는 일부의 숫자만을 표적으로 사용하여 돌음색 훈련을 실시한 후, 훈련 동안 사용되지 않았던 다른 숫자들에 대해서도 훈련 효과가 발생함을 확인하였다. 이는 돌음색 훈련의 효과가 자극의 반복적인 노출에 의한 시지각 학습의 결과로 해석될 수 없다는 것을 보여주었다. 돌음색 훈련 효과에 대한 시지각 학습 가설을 검증하는 직접적인 방법은 훈련 회기에서 사용되지 않았던 자극에 대해서 훈련 효과가 전이되는지를 확인하는 것이다. 하지만, 주의 깜박임의 효과 크기는 표적과 방해자극 간의 구별가능성에 의해 달라지기 때문에(Chun & Potter, 1995), 훈련 회기에 사용된 자극과 검사 회기에 사용된 자극 간의 동일한 구별가능성을 유지하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 훈련 회기와 검사 회기 모두에서 숫자표적-영어문자방해자극 세트를 사용하여 구별가능성을 동일하게 하였다. 이 점에서 시지각 학습 가설을 체계적으로 검증할 수 있었다. 하지만 후속 연구에서는 표적 또는 방해자극의 범주를 훈련 회기와 검사 회기에서 서로 다르게 하되, 구별가능성을 동일하게 조절하여 훈련 효과의 전이 여부를 확인한다면 흥미로운 연구가 될 것이다.

시지각 학습 가설을 배제하는 본 연구의 결과는 돌음색 훈련 효과가 주의 능력 향상에서 비롯된다는 Choi 등(2012)의 주장을 직접 검증하지는 않았다. 하지만 Choi 등(2012)은 훈련 회기에서 T2의 자극시차가 고정되어 있지만(200ms), 훈련 효과는 T2가 다른 자극시차를 가져도 발생한다는 점 등을 근거로 주의 능력

향상 가설을 주장하였다. 이후 일련의 후속 연구들(예, 최훈, 홍락균, 2015; Choi & Watanabe, 2014)이 대안적인 가설에 대해서 검증하여 기각하는 방식을 택하고 있으며, 본 연구도 이와 궤를 같이 한다고 할 수 있다.

추가적으로 결과 분석에는 사용되지 않았던 채움 시행에서도 흥미로운 결과가 발견되었다. 표적자극으로 여덟 개의 숫자만이 사용되었고, 훈련 회기에는 네 개의 숫자만이 사용되었기 때문에, 참가자가 실험 조건을 인지할 가능성을 낮추기 위해서 검사 회기에서 1) T1-훈련자극, T2-비훈련자극(훈련-비훈련 시행), 2) T1-비훈련자극, T2-훈련자극(비훈련-훈련 시행)으로 구성된 두 종류의 채움 시행을 포함시켰다. 훈련-비훈련 시행의 경우에는 주의 깜박임이 사라지는 훈련 효과가 발견 되었으나, 비훈련-훈련 시행에서는 훈련 효과가 발생되지 않았다. 훈련 효과가 비훈련-훈련 시행으로 전이되지 않은 이유에 대해서는 후속 연구가 진행될 필요가 있다.

참고문헌

김기연 (2014). 신속순차제시에서 표적 현출성이 주의깜박거림에 미치는 영향. 중앙대학교 대학원 석사학위논문.

최 훈, 홍락균 (2015). 돌음색 훈련을 통한 주의 깜박임 제거 효과의 전이 가능성. 한국심리학회지: 인지 및 생물, 27(1), 23-40.

Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433-436.

Braun, J. (1998). Vision and attention: the role of training. *Nature*, 393, 424-425.

Choi, H., Chang, L. H., Shibata, K., Sasaki, Y., & Watanabe, T. (2012). Resetting capacity limitations revealed by long-lasting elimination of attentional blink through training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109, 12242-12247.

Choi, H., & Watanabe, T. (2014). Can attenuation of attentional blink also evoke removal of repetition blindness? *Vision Research*, 99, 141-147.

Chun, M. M., & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in RSVP. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.

Fahle, M., & Poggio, T. (2002). *Perceptual learning*. MIT Press.

Pelli, D. G. (1997). The Video Toolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437-442.

Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(3), 849-860.

Watanabe, T., Náñez, J. E., & Sasaki, Y. (2001). Perceptual learning without perception. *Nature*, 413(6858), 844-848.

1 차원고접수 : 2015. 12. 24

수정원고접수 : 2016. 01. 15

최종게재결정 : 2016. 01. 15

〈Brief Report〉

Removal of Attentional Blink and Attention Capacity Improvement through the Color-Salient Training

Rak-kyeun Hong

Hoon Choi

Department of Psychology, Hallym University

When participants are asked to identify two targets embedded in a rapid serial visual presentation (RSVP), they hardly identify the second target that is presented within 200-500ms after the first target. This is called an attentional blink (AB). A recent study reported that AB can be removed by the color-salient training in which the second target within 200-500ms is presented in a salient color. The study suggested that the training effect is caused by an improvement of our attentional control mechanism, which is responsible for both target selection and distractor inhibition. Alternatively, however, the training effect might be understood as a result of visual perceptual learning evoked by repetitive exposure to stimuli during the training. The current study tested these two hypotheses through an experiment that consisted of four sessions: a pre-test session, two color-salient training sessions, and a post-test session, in that order. All sessions employed number targets and alphabet letter distractors in RSVP. During the training, only half of eight numbers (from 2 to 9) were randomly selected as targets. Our results showed that even when untrained numbers, which were not used in the training, were employed as targets in the post-test, the training effects occurred, resulting in removal of AB. It supported the hypothesis that the color-salient training effect occurs not as a result of the visual perceptual learning but as a result of improvement in our attentional capacity.

Key words : attentional blink, color-salient training, attentional mechanism, visual perceptual learning