



Effects of Arousal and Habituation of Negative Emotional Stimuli on Visuo-spatial Working Memory*

Seonkyoung Lee¹, Yoonhyoung Lee^{2†}

¹Korean Brain Research Institute, ²Yeungnam University

The purpose of the present study was to examine how arousal of task-irrelevant negative emotions affect spatial and visual working memory, and furthermore, whether the effects of negative emotions can be regulated. To do so, Participants were repeatedly presented with three high-arousal or low-arousal negative distractors while performing a spatial (Study 1) or visual working memory task (Study 2). The results showed that low-arousal negative emotions did not affect performance on the spatial working memory task, but repeated exposure to high-arousal negative distractors interfered with performance on the spatial working memory task. To further examine the affective habituation effect over time, we split the trials in half, and found that the interference effect remained intact for accuracy, but disappeared in the later trials for reaction time. These results suggest that affective habituation from repeated exposure may have different effects on accuracy and reaction time. In contrast, visual working memory performance was unaffected by negative distractors. These results support the claim that the interference is due to the high arousal caused by negative emotion and show that the interference effect is not easily modulated by repeated exposure to high-arousal stimuli. Furthermore, by showing different effect of emotion on visual and spatial working memory, this study suggests that visual and spatial working memory are distinct.

Keywords: negative emotion, arousal, visuo-spatial working memory, habituation, emotional regulation

1차원고접수: 23.06.14; 수정본접수: 23.07.13; 최종게재결정: 23.07.14



Copyright: © 2023 The Korean Society for Cognitive and Biological Psychology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited and the use is non-commercial.

현대의 연구자들은 정서가 초기 감각 및 지각적인 처리부터 시작해 고차 인지에 이르기까지 넓은 범위에 걸친 다양한 인지적 정보 처리와 상호작용하여 행동에 영향을 미친다는 것에 동의한다. 따라서 인간 정보 처리 과정의 핵심이라 할 수 있는 작업기억의 처리에 정서가 미치는 영향을 살펴보는 연구들이 다수 진행되었는데 그 결과 작업기억에서 처리되는 정보의 유형이나 정서의 유형에 따라서 정서와 인지의 상호작용 양상이 다르다는 것이 확인되었다(Dolcos, Jordan, &

Dolcos, 2011; Pessoa, 2008, 2009). 예를 들어, 일련의 연구자들은 유도된 정서가 공간 작업기억과 언어 작업기억에 미치는 영향을 살펴보았는데 그 결과 부정적인 정서가 언어 작업기억 과제 수행에는 영향을 주지 않고 공간 작업기억 과제 수행에만 선택적으로 영향을 주었다(Lavric, Rippon & Gray, 2003; Li, Li & Luo, 2006; Li, Ouyang & Luo, 2012; Liu et al., 2018; Shackman et al. 2006; Vytal et al., 2013).

* 이 논문은 대한민국 교육부(NRF-2020S1A3A2A02103899)의 지원에 의해 수행되었음.

이 논문은 이선경의 박사학위 논문의 일부를 수정, 보완한 것임.

† 교신저자: 이윤형, 영남대학교 심리학과, (38541) 경북 경산시 대학로 280, E-mail: yhleee01@yu.ac.kr

부정적인 정서가 공간 작업기억 과제만 선택적으로 간섭하고, 언어 작업기억 과제에는 영향을 미치지 않는 이유에 대해 연구자들은 반구 비대칭 가설(hemispheric asymmetry hypothesis)로 설명하고 있다. 이 가설에 따르면 부정적인 정서는 공간 작업기억과 주의자원을 공유하며, 이로 인해 공간 작업기억 과제 수행률이 저하된다. 예를 들어, 실험적으로 유도된 고각성의 부정적 정서는 우반구 배외측 전전두피질, 후두정피질, 상전두회, 전대상피질 등의 영역을 활성화시키게 되는데, 이 영역들은 부정적인 정서 뿐만 아니라 공간적인 정보를 처리하는 인지적 영역이기도 하기 때문에 부정적인 정서가 공간 작업기억 과제 수행을 저하한다(Heller, Nitschke, & Miller, 1998; Oliveri et al., 2001; Owen, McMillan, Laird & Bullmore, 2005; Shackman et al., 2006; Smith, Jonides, & Koeppe, 1996; Vytal et al., 2013).

실험실 상황에서 유도된 부정적인 정서가 공간 작업기억 과제만을 선택적으로 간섭하는 이유는 불안의 유형에 따른 차이로도 설명될 수 있다. 불안은 불안 염려(anxiety apprehension)와 불안 각성(anxiety arousal) 두 가지 유형으로 구분되는데 불안 염려는 부정적인 사건에 대한 언어적인 반추, 걱정을 포함하는 요소로 좌반구 활동 증가와 관련이 있는 반면, 불안 각성은 교감신경계의 작용과 관련된 생리적인 과잉각성(hyper-arousal), 신체적 긴장을 포함하는 요소로 우반구 활동 증가와 관련이 있다(Härpfer et al., 2021; Heller, Nitschke, & Lindsay, 1997; Hofmann et al., 2005; Mathersul, Williams, Hopkinson, & Kemp, 2008; Smith, Zambrano-Vazquez, & Allen 2016). 따라서 잠재적으로 부정적인 사건에 대한 언어적인 반추, 과도한 염려가 주요 증상인 범불안장애 환자의 경우에는 좌반구에서 음운적인 정보를 유지하거나 조작해야 하는 언어적 작업기억 과제 수행이 손상되는 반면(Goodwin, Yiend & Hirsch, 2017), 지나친 생리적 각성이 주요 특징인 공황장애 환자의 경우 공간적 과제 수행이 손상된다(Deckersbach, Moshier, Tuschen-Caffier, & Otto, 2011; Lucas, Telch, & Bigler, 1991). 이처럼 부정적인 정서의 간섭 효과는 불안의 유형과 작업기억에서 처리되는 정보의 유형에 따라 달라질 수 있다.

불안 관련 장애가 없는 정상인에게 부정적인 정서를 유도하기 위한 실험적 조작 방법은 참가자의 주관적 불쾌감을 증가시키는 것뿐만 아니라, 다양한 생리적 변화를 일으킬 수 있으므로(Heller et al., 1997; Levenson, 1992), 실험실 내에서 부정적인 자극에 노출되는 동안 유발된 각성 상태가 공간

작업기억 과제 수행을 선택적으로 손상시킨 것으로 고려된다. 하지만 이러한 기존의 연구결과들을 바탕으로 불안 각성이 공간 작업기억 과제 수행을 간섭하게 되는 주요 요인이라고 단정하기에는 무리가 있다. 이는 기존의 연구들이 공간적인 정보 처리와 부정적인 정서의 상호작용 원인으로 각성을 상정하고 있음에도 실제 실험에서는 각성 수준을 조작하지 않았기 때문이다. 예를 들어 부정정서가 공간 작업기억을 간섭하는지 살펴보았던 대부분의 연구들이 고각성의 부정정서 사진과 중립적인 사진에 대한 수행을 비교하거나(Lee, Hong, Lee, & Choi, 2019; Lee, Lee, & Choi 2021; Li et al., 2006, 2012), 전기충격이 무작위로 가해질 수 있는 조건과 그렇지 않은 조건의 수행을 비교하였다(Clarke, Johnstone, 2013; Lavric et al., 2003; Shackman et al., 2006; Vytal et al., 2013). 즉 두 경우 모두 높은 각성을 유발할 수 있는 부정적인 정서와 중립정서가 비교되었음을 고려하면 공간 작업기억 과제를 간섭하는 주요 원인이 부정적인 정서자극이 주는 불쾌감 때문인지 혹은 높은 각성 때문인지 명확히 알 수 없다.

또한 이러한 부정적인 정서의 간섭 효과가 조절될 수 있는지에 대해서도 논쟁의 여지가 있다. 많은 연구자들은 인지적으로 어려운 과제를 수행하는 동안 활성화되는 인지통제 네트워크가 정서를 무의식적으로 조절할 수 있다는 점에 주목하고 있지만(de Voogd, Phelps, 2020; Dolcos et al., 2011; Erk, Kleczar, & Walter, 2007; Vytal, Cornwell, Arkin & Grillon, 2012; Vytal et al., 2013; Yang, Wang, Jin, & Li, 2015) 공간 작업기억 과제 수행 시 인지적 부하의 증가가 부정적인 정서의 간섭을 감소시킬 수 있는지 여부에 대해서는 대립되는 결과들이 보고되고 있다(Clarke, Johnstone, 2013; Yang et al., 2015; Vytal et al., 2013). 예를 들어 Clarke와 Johnstone(2013)의 연구에서는 공간 작업기억 과제 수행 중 전기 충격이 무작위로 제시되는 경우(위협 블록)와 그렇지 않은 경우(안전 블록)를 비교하였는데 낮은 난이도 조건에서는 수행의 위협 블록이 안전 블록에 비해 정확률이 낮았으나, 높은 난이도 조건에서는 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 또한 이들은 참가자들이 과제를 수행하는 동안 fMRI를 통해 작업기억 및 정서적 정보 처리와 관련된 뇌 영역의 활성화를 살펴보았는데, 쉬운 조건의 경우에는 전기 충격이 제시되는 위협 블록에서 부정적인 정서 처리에 관여하는 편도체의 활성화가 높게 관찰되었으나, 어려운 조건의 경우에는 편도체 활성화의 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 인지적 부하가 증가하자 전전두피질 영역이 목표 관련 과제에 주의를 기울이기 위하여 편도체의 활동

을 하향 조절했음을 시사한다. 이와 대조적으로 Vytal 등 (2013)의 연구에서는 공간 작업기억 과제의 난이도와 관련 없이 안전 조건에 비해 전기 충격 위험 조건에서 수행 오류율이 증가하였다. 이 연구에서는 또한 참가자의 왼쪽 눈 아래 전극을 부착하여 과제 수행 중 전기 충격으로 인한 놀람 반응을 측정하였는데, 과제 난이도와 관련 없이 여전히 위험 블록에서 놀람 반응이 컸다. 이를 바탕으로 연구자들은 진화적인 측면에서 위협적인 자극을 직면하게 된 후 유발되는 생리적 반응은 하향적인 인지 조절로 쉽게 감소되지 않는다고 제안하였다.

한편 시각 작업기억의 경우 언어 및 공간 작업기억과 달리 정서의 영향에 대한 연구결과에 일관성이 떨어진다 (Berggren, 2020; Lee et al., 2019, 2021; Moriya, Sugiura, 2012; Souza, Thaler, Liesefeld, Santos, Peixoto, & Albuquerque, 2020; Spachtholz, Kuhbandner, & Pekrun, 2014; Xie, Zhang, 2016). 예를 들어 일부 연구에서는 사진을 통해 정서를 유도한 후, 연속적인 스펙트럼에서 추출된 다양한 색상의 사각형을 기억하도록 하여 정서가 시각 작업기억에 미치는 영향을 살펴보았다. 이 때 참가자들에게 색상환(color wheel)에서 자신이 기억하고 있는 색상과 가장 일치하는 색을 선택하도록 하였는데, 긍정 혹은 중립정서에 비해 부정정서가 유도되었을 때 참가자들은 해당 색상을 정확하게 기억해냈다. 이러한 결과를 토대로 연구자들은 부정정서가 시각 작업기억에 저장된 표상의 질을 향상시킨다고 제안하였다(Spachtholz et al., 2014; Xie, Zhang, 2016). 또한 Moriya와 Sugiura(2012)의 연구에서는 특성 불안(trait anxiety) 혹은 상태 불안(state anxiety) 수준이 높은 참가자를 대상으로, 색상 혹은 막대의 방향을 기억해야 하는 변화 탐지 과제를 수행하도록 하였는데 특성 불안의 수준이 높을수록 시각 작업기억 용량이 높은 정적 상관이 관찰되었다. 반면 상태 불안의 수준이 높은 것은 시각 작업기억 용량과 관련이 없었다. 이와 달리 Berggren(2020)의 연구에서는 특성 불안의 수준이 높은 것이 시각 작업기억 용량과는 관련이 없었고, 오히려 과제 무관한 방해자극을 억제하는 기능을 손상시키는 것으로 관찰되었다. 또한 Lee와 동료들은 작업기억의 능동적 조작 기능을 반영하는 과제(Lee et al., 2019)와 유지 기능을 반영하는 과제(Lee et al., 2021)를 사용하여 부정적인 방해자극의 영향을 각각 살펴보았는데, 전자의 경우 부정적인 정서자극으로 인해 시각 작업기억의 조작 기능에 방해가 받았으나, 후자의 경우에는 유지 기능이 방해받지 않았다.

종합하면 언어 및 공간 작업기억과는 달리 시각 작업기억

의 경우 부정적인 정서의 영향에 관한 연구 결과의 일관성이 떨어진다. 또한 동일한 패러다임을 사용해 언어와 공간 작업기억을 모두 살펴본 연구들(Lavric et al., 2003; Li et al., 2006, 2012; Shackman et al., 2006; Vytal et al., 2013)에 비해, 동일한 패러다임을 사용해 시각과 공간 작업기억을 비교해 살펴본 연구들이 부족하다(Lee et al., 2019, 2021).

따라서 본 연구에서는 부정적인 정서자극의 각성 수준을 조작하여, 각성이 시각과 공간 작업기억 과제 수행을 간섭하는지를 살펴보고 나아가 이러한 간섭 효과가 조절될 수 있는지를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 시공간 작업기억 과제를 수행하는 도중 고각성 혹은 저각성의 부정적 방해자극을 반복적으로 노출했을 때의 정서적 간섭 효과를 살펴보고자 하였다. 정서 조절 방법으로 과제의 난이도를 다양하게 한 선행연구와 달리(Clarke, Johnstone, 2013; Yang et al., 2015; Vytal et al., 2013), 본 연구에서는 정서자극을 반복적으로 노출함으로써 해당 자극에 대한 습관화 반응을 통해 정서 조절을 유도하고자 하였다. 습관화(habituation)란 특정한 자극에 반복적으로 노출될 경우 해당 자극에 대한 반응이 소거되는 것을 의미하는데 정서적인 자극에도 습관화가 일어날 수 있으며, 습관화의 결과로 정서적 자극에 대한 주의 할당, 정향 반응(orientation response)이나 자율신경계 각성 등이 감소할 수 있다(Bradley, Lang, & Cuthbert, 1993; Codispoti, De Cesarei, Biondi, & Ferrari, 2016; Codispoti, Ferrari & Braddeley, 2006; Ferrari, MASTRIA & Codispoti, 2020; Fisher, Wright, Whalen, McInerney, Shim, & Rauch, 2003).

따라서, 만약 정서적인 자극이 과제와 무관한 방해자극일 때, 정서적 방해자극에 대한 습관화가 일어날 경우 과제 수행에 대한 간섭 효과가 점차 감소할 수 있다. 예컨대 Spielberg 등(2013)은 참가자들이 단어의 의미를 무시하고 단어의 잉크 색상을 읽어야 하는 정서단어 스트룹 과제를 수행하는 동안 fMRI를 측정하여 시간에 따른 습관화 패턴을 살펴보았다. 그 결과 불안 각성이 높은 참가자들은 과제 초반에는 잠재적으로 위협을 모니터링하고, 위협이 감지되면 효과적으로 대처하기 위한 반응을 즉각적으로 유발시키는 것과 관련된(Corbetta, Patel, & Shulman, 2008; Nitschke, Heller, & Miller, 2000) 중측두회 및 하측두회 영역의 활성화가 관찰되었으며 주의의 하향식 조절과 관련이 있는(Corbetta et al., 2008; Pessoa, 2008; Dolcos et al., 2011; Spielberg et al., 2013) 상전두회 및 배외측 전전두피질의 활성화도 관찰되었지만, 시간이 지남에 따라 이러한 영역들의 활성화가 점차적으로 감소하였다. 이러한 결과를 바탕으로

연구자들은 불안 각성은 초기에 부정적인 자극을 빠르게 탐지하고 주의를 편향시키게 되지만, 자극이 친숙해지고 예측 가능해짐에 따라 이러한 주의 편향은 약화된다고 제안하였다. 따라서 습관화는 정서적인 자극에 대한 주의 할당을 효과적으로 감소시킬 수 있는 방법일 수 있다.

본 연구의 첫 번째 목적은 부정적인 정서자극의 각성 차원이 공간 작업기억을 간섭하는지, 또한 이러한 각성이 조절될 수 있는지 살펴보는 것이다. 나아가 정서의 효과가 시각 작업기억에는 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다. 우선 불안 각성이 공간 작업기억을 간섭한다는 주요 요인이라는 선행연구들의 제안에 기반하여, 정서(valence)는 동일하되 각성(arousal)이 고-저로 구분되도록 부정적인 정서자극을 구성하였다. 또한 매 시행마다 새로운 자극을 제시하지 않고, 동일한 자극을 반복적으로 제시하고 실험의 전반과 후반의 결과를 살펴본다 습관화에 따라 부정정서의 간섭 효과가 감소하는지 혹은 여전히 유지되는지 살펴보았다. 이를 위해 고각성 부정정서 자극과 저각성 부정정서 자극이 제시되는 조건의 실험을 각각 구성하였다. 마지막으로 연구 1은 공간 작업기억, 연구 2는 시각 작업기억 실험으로 구성되어 정서의 간섭 효과가 시각과 공간 작업기억 과제 수행에 동일하게 영향을 미치는지, 혹은 각기 다른 영향을 미치는지 검증하고자 하였다.

연구 1

연구 1의 목적은 공간 작업기억 과제를 수행하는 도중 고각성 혹은 저각성의 부정적 방해자극을 반복적으로 노출시켰을 때 정서적 간섭 효과와 조절 효과를 살펴보고, 이를 통해 공간 작업기억에 미치는 각성의 영향을 살펴보고자 하였다.

방 법

참가자

XXX 지역에 위치한 대학교에 재학 중이며 심리학 강의를 수강하는 대학생 68명이 본 실험에 참가하였다. 참가자의 평균 연령은 21.8세였으며, 남성은 26명, 여성은 42명이었다. 참가자들의 시력 및 교정 후 시력은 정상이었다. 모든 참가자들은 구글(google)에서 제공하는 온라인 설문지를 이용하여 제작된 실험 참가 동의서에 동의하였으며, 고각성과 저각성 조건의 실험에 각 34명씩 무선택당되었다. 참가자들은 실험이 종료된 후에 실험 참가 보상으로 모바일 상품권을 제공받았다.

실험 도구

실험의 제작은 E-prime 3.0 프로그램을 이용하였으며, 실험은 온라인으로 진행되었으며 E-prime go 1.0을 사용하여 참가자들이 각자 개인 컴퓨터를 이용하여 실험을 진행할 수 있도록 하였다. 참가자들의 반응은 키보드를 통해 수집하였다.

실험 재료

16개의 도형 자극과 16곳의 위치(4x4 grid)를 조합하여 구성된 자극을 사용하였다. 도형 자극의 경우 최대한 언어적으로 표현하기 어려운 추상적인 도형 자극을 사용하기 위하여 8명을 대상으로 5점 리커트 척도로 평정을 받았다. 해당 자극이 언어적으로 표현하기 쉬울수록 1점에 가깝게, 표현하기 어려울수록 5점에 가깝게 평정을 받았으며 가장 높은 점수를 받은 16개의 도형 자극이 최종 실험자극으로 선정되었다(평균 4.6점, 표준편차 0.2점, 범위 0.625점). 선정된 16개의 도형은 16개의 보이지 않는 그리드 중 한 곳에서 제시되었다. 16개의 도형과 16개의 위치를 조합하여 총 210개의 자극을 구성하였으며, 그 중 14개는 연습시행에서 제시되는 자극으로 사용하였고 196개는 본 시행에서 제시되는 자극으로 사용하였다. 본 연구에서 사용된 자극은 Lee et al. (2019)에서 사용된 자극과 동일한 것이다.

방해자극으로는 국제 정서 사진 체계(International affective picture system, IAPS) 자극을 사용하였다. IAPS 자극은 실험실 상황에서 참가자에게 특정한 정서를 유발시키기 위해 사용되는 사진자극으로, 각 사진은 정서가와 각성가 수준이 1점부터 9점 척도로 평정되어 있다. 본 연구에서는 박태진과 박선희(2009)가 한국인을 대상으로 평정을 받은 값을 기반으로 고각성 부정정서, 저각성 부정정서, 중립정서 IAPS 자극을 각 3장씩 선정하였다. 본 연구에서 사용된 사진자극의 정서가와 각성가 수치는 Table 1에 제시되었다.

Table 1. Mean values of valence and arousal of IAPS stimuli

	valence	arousal
high arousing negative	2.5	7.3
low arousing negative	2.49	7.28
neutral	5.12	4.4

실험 절차

참가자들은 자유로운 시간에 개인 컴퓨터를 이용하여 온라인으로 실험을 실시하였다. 실험 참가 동의서에 동의한 참가자들에게는 실험 링크를 전달하였으며, 참가자들은 링크를 통

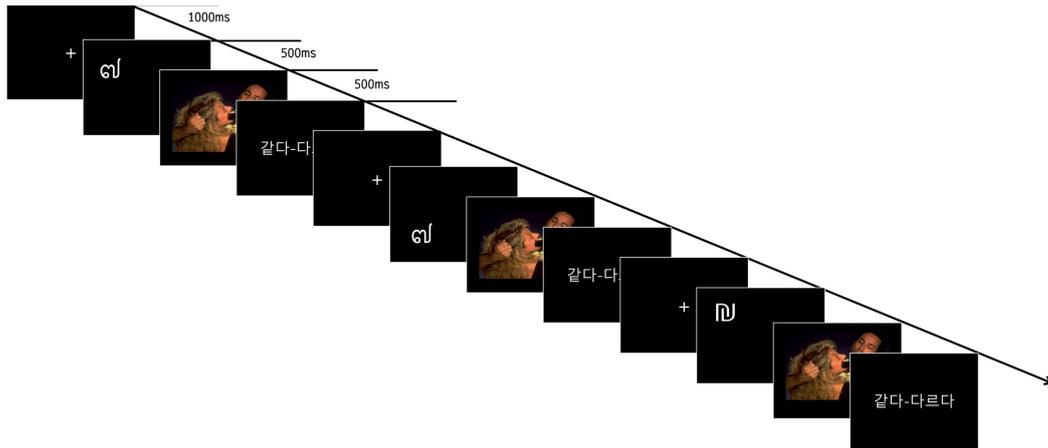


Figure 1. Trial schematic of the experimental procedure

해 실험 파일을 다운로드 받은 후 실험을 진행하였다. 참가자들에게는 실험 시작 전 자세한 지시와 안내문이 제공하였으며, 실험 절차에 대한 도식적 그림을 통해 실험 진행 방법을 설명하였다. Figure 1에 실험 절차를 제시하였다.

연구 1에서는 공간 작업기억 과제로 2-back 과제를 사용하였다. 참가자들이 실험 진행 방법에 대해 숙지할 수 있도록 그림 도식으로 절차를 설명하고 연습시행 14회를 진행한 후 본 시행을 시작하였다. 연습시행에서는 참가자의 반응에 대한 정오 피드백(“정답입니다” 혹은 “정답이 아닙니다”)이 제공되었으며, 본 시행에서는 피드백이 제공되지 않았다. 각 시행의 순서는 다음과 같다. 모니터 중앙에 응시점 “+”이 1000ms 동안 제시되었으며, 그 후 4x4의 보이지 않는 그리드로 구성된 16곳의 위치 중 한 곳에 도형 자극이 500ms 동안 제시되었다. 참가자들에게는 자극의 모양과 관련없이 자극이 화면의 어느 위치에서 나타났는지를 기억하도록 지시하였다. 해당 자극이 사라진 후에는 500ms 동안 IAPS 자극이 제시되었다. 이때 IAPS 자극은 범주별로 3장의 사진이 무선적으로 반복 제시되었다. IAPS 자극이 사라진 후에는 화면 중앙에 ‘같다 - 다르다’ 라는 반응 화면을 제시하였다. 참가자들은 현재 시행과 두 번째 전 시행에 나타난 자극의 위치가 동일할 경우 ‘같다’ 버튼(키보드의 ‘d’ 버튼), 동일하지 않을 경우 ‘다르다’ 버튼(키보드의 ‘j’ 버튼)을 최대한 빠르고 정확하게 누르도록 지시 받았다. 응답 시간에는 제한을 두지 않았으며, 참가자가 버튼을 누른 후에는 1000ms의 공백이 제시되었다. 본 연구에서 사용한 과제가 2-back 과제이므로 첫 번째, 두 번째에 제시된 자극에 대한 반응은 받지 않았으며 세 번째 자극부터 반응을 받았다.

참가자들은 고각성 혹은 저각성 부정정서 사진이 나오는 조건의 실험에 각각 배정되었다. 또한 본 연구에서는 2-back 자극 196개를 두 개의 리스트(각 리스트당 98개 자

극)로 분류하였으며 98개의 작업기억 자극으로 구성된 리스트(1, 2)와 정서 자극 유형(중립, 부정)을 조합하여 블록별로 역균형화하였다. 즉, 리스트 1에서 중립정서 사진이 방해자극으로 제시되었다면, 리스트 2에서는 부정정서 사진이 방해자극으로 제시되었다. 순서 효과를 방지하기 위해 일부 참가자들에게는 고각성 혹은 저각성 부정정서 블록이 먼저 제시되었고, 다른 참가자들에게는 중립정서 블록이 먼저 제시되었다.

결과 및 논의

고각성 혹은 저각성의 부정적 방해자극이 공간 작업기억 과제 수행에 미치는 영향을 살펴보기 위해 반응시간 및 정확률 분석을 실시하였다. 반응시간 분석 시 참가자가 지나치게 느리게 반응하여 평균에서 2표준편차 이상을 벗어나는 극단치의 값들은 2표준편차에 해당하는 값으로 치환한 후 분석을 실시하였다. 또한 각 정서적 방해자극(부정정서, 중립정서) 조건별로 평균과 표준편차를 구한 후 대응표본 t검정을 수행하였다.

고각성 부정정서 방해자극 실험 결과 분석

정확률 분석 결과 정서에 따른 차이가 관찰되었다($t(1, 33)=11.361, p=.002, \eta^2=.256$). 즉 중립적인 방해자극에 반복적으로 노출되는 것에 비해, 고각성의 부정적 방해자극에 반복적으로 노출될 때 공간 작업기억 과제 수행의 정확률이 낮았다. 그러나 반응시간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았으며($t(1, 33)=2.499, p=.123, \eta^2=.070$) 추가적으로 정당 시행에 대한 반응시간을 분석한 경우에도 동일하였다($t(1, 33)=1.148, p=.259, \eta^2=.038$). Table 2-1에 조건별 평균 정확률, 반응시간 및 유의확률을 제시하였다.

Table 2-1. Mean(SD) values of the each emotion condition

	high arousing negative	neutral	<i>t</i>	<i>p</i>
accuracy	80.4 (12.9)	83.8 (13.5)	11.361	.002
reaction time	651 (264)	593 (280)	2.499	.123

Table 2-2. Mean(SD) values of the each emotion condition across early and late half trials

	early half			late half		
	negative	neutral	<i>p</i>	negative	neutral	<i>p</i>
accuracy	79.8 (13.5)	84.1 (13.8)	.007	80.9 (13.0)	83.4 (13.8)	.012
reaction time	710 (251)	626 (302)	.046	592 (320)	559 (302)	.529

Note. Standard deviations are in parenthesis

또한 본 연구에서는 고각성 부정적 방해자극에 대한 습관화 효과를 살펴보기 위해 과제의 초반 시행과 후반 시행으로 절반씩 구분하여 각각에 대한 정확률과 반응시간을 분석하였다. 정확률의 경우 초반 시행(중립: 84.1%, 부정: 79.8%, $t(34)=-2.868, p=.007, \eta^2=.200$)과 후반 시행(중립: 83.4%, 부정: 80.9%; $t(34)=-2.645, p=.012, \eta^2=.175$)에서 모두 방해자극 간 유의미한 차이가 있었다. 반응시간 분석 결과, 시행의 초반에는 중립적인 방해자극에 비해 고각성의 부정적인 방해자극에 대한 반응시간이 통계적으로 유의미하게 더 길었다(중립: 626ms, 부정: 710ms; $t(34)=2.078, p=.046, \eta^2=.116$). 그러나 시행의 후반에는 두 방해자극 간 반응시간에 유의미한 차이가 관찰되지 않았다(중립: 559ms, 부정: 592ms; $t(34)=.636, p=.529, \eta^2=.012$). 이러한 결과는 고각성의 부정적 자극에 반복적으로 노출되었을 때, 공간 작업기억 과제 수행에 대한 정확률과 반응시간이 서로 다르게 영향을 받을 수 있음을 의미한다. Table 2-2에 시행별 방해자극

의 반응시간과 정확률, *p*값을 제시하였으며 Figure 2에 그래프를 제시하였다.

저각성 부정정서 방해자극 실험 결과 분석

반응시간 및 정확률 분석 결과 저각성의 부정적 방해자극에 반복적으로 노출되었을 때와 중립적 방해자극에 반복적으로 노출되었을 때 작업기억 과제 수행에 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되지 않았다[반응시간: $t(1, 33)=.064, p=.802, \eta^2=.002$; 정확률: $t(1, 33)=.505, p=.482, \eta^2=.015$]. 반응시간의 경우 추가적으로 정반응 시행만 분석한 경우에도 여전히 차이가 관찰되지 않았다($t(1, 33)=-.290, p=.773, \eta^2=.003$). Table 3-1에 정서 자극별 반응시간, 정확률의 평균과 표준편차를 제시하였다. 시행을 초반과 후반으로 나누어 저각성의 부정적 방해자극과 중립적 방해자극 간 정확률과 반응시간 차이를 분석한 결과 역시 마찬가지로 모든 조건에서 통계적으로 유의미한 결과가 관찰되지 않았다(Table 3-2).

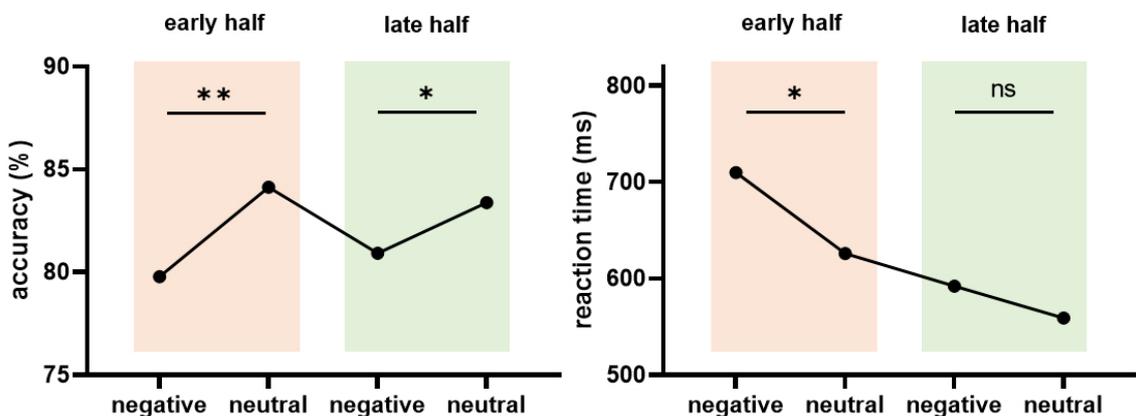


Figure 2. Comparisons of spatial 2-back performance for emotional conditions in early and late half trials. ** $p<.01$ * $p<.05$ ns non-significant

Table 3-1. Mean(SD) values of the each emotion condition

	low arousing negative	neutral	<i>t</i>	<i>p</i>
accuracy	83.4 (12.9)	84.3 (12.8)	.505	.482
reaction time	529 (208)	535 (207)	.064	.802

Table 3-2. Mean(SD) values of the each emotion condition across early and late half trials

	early half			late half		
	negative	neutral	<i>p</i>	negative	neutral	<i>p</i>
accuracy	83.0 (13.2)	84.5 (12.3)	.395	83.7 (14.1)	83.9 (14.6)	.894
reaction time	551 (230)	558 (222)	.805	506 (225)	520 (238)	.640

Note. Standard deviations are in parenthesis

연구 2

연구 2에서는 연구 1과 동일한 패러다임을 사용하되 시각 정보를 기억해야 하는 과제를 이용하였다. 이를 통해 시각 작업기억에 미치는 부정적인 정서에 대한 각성 수준의 영향을 살펴보았다. 연구 1과 동일하게 고각성 혹은 저각성의 부정적 사진자극이 참가자들이 시각 작업기억 과제를 수행하는 동안 방해자극으로 제시되었다.

참가자

연구 1에 참여하지 않은 66명(평균 연령 23.3세, 여성 44명, 남성 22명)이 연구 2에 참여하였다. 참가자들은 고각성 조건의 실험에 34명, 저각성 조건의 실험에 32명씩 무선향당되었다. 참가자들의 시력 및 교정 후 시력은 정상이었다. 모든 참가자들은 연구 1과 동일하게 구글 온라인 설문지로 제작된 실험 참가 동의서에 동의한 후 실험에 참가하였으며, 실험 참가에 대한 보상을 제공받았다.

실험 도구

연구 1과 동일하다.

실험 재료

연구 1과 동일하다.

실험 절차

참가자들에게 지시를 달리하여 공간 및 시각 작업기억 과제를 구분하였다. 즉 도형 자극이 나타난 위치를 기억하게끔 했던 연구 1과는 달리 연구 2에서는 나타난 위치와 관련 없이 도형 자극의 모양을 기억하게끔 지시하였다. 지시를 제외한 모든 절차는 연구 1과 동일하다.

결과 및 논의

고각성 혹은 저각성의 부정적 방해자극이 시각 작업기억 과제 수행에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 연구 1과 동일한 분석을 수행하였다.

고각성 부정정서 방해자극 실험 결과 분석

시각적인 도형 정보를 기억해야 하는 2-back 과제 수행을 하는 동안 고각성의 방해자극에 반복적으로 노출되었을 때, 이러한 방해자극이 과제 수행을 간섭하는지 살펴보았다. 그 결과 고각성의 부정적 방해자극은 중립적 방해자극에 비해 유의미하게 시각적 2-back 과제의 수행을 손상시키지 않았다(Table 4-1). 또한 연구 1과 동일하게 초반 시행과 후반 시행으로 구분하여 각 시간에 따른 분석을 실시하였으나, 후반 시행뿐만 아니라 초반 시행에서도 고각성의 부정적 방해자극으로 인한 간섭 효과가 나타나지 않았다(Table 4-2).

Table 4-1. Mean(SD) values of the each emotion condition

	negative	neutral	<i>t</i>	<i>p</i>
accuracy	82.2 (12.9)	83.5 (13.1)	1.237	.274
reaction time	725 (380)	700 (385)	.457	.501

Table 4-2. Mean(SD) values of the each emotion condition across early and late half trials

	early half			late half		
	negative	neutral	<i>p</i>	negative	neutral	<i>p</i>
accuracy	82.0 (13.7)	83.7 (12.8)	.217	82.4 (15.9)	83.3 (14.4)	.581
reaction time	760 (365)	739 (389)	.687	690 (458)	660 (397)	.479

Note. Standard deviations are in parenthesis

Table 5-1. Mean(SD) values of the each emotion condition

	negative	neutral	<i>t</i>	<i>p</i>
accuracy	83.9 (11.2)	84.7 (12.8)	.693	.411
reaction time	629 (280)	639 (311)	.064	.802

Table 5-2. Mean(SD) values of the each emotion condition across early and late half trials

	early half			late half		
	negative	neutral	<i>p</i>	negative	neutral	<i>p</i>
accuracy	82.9 (11.4)	85.5 (11.4)	.093	84.9 (12.8)	84.1 (15.2)	.528
reaction time	669 (305)	675 (328)	.919	589 (293)	604 (331)	.740

Note. Standard deviations are in parenthesis

저각성 부정정서 방해자극 실험 결과 분석

중립 방해자극과 저각성의 부정적 방해자극이 제시되는 조건 간 과제 수행에 유의미한 차이가 관찰되지 않았다(Table 5-1, 5-2).

종합 논의

본 연구의 목적은 동일한 패러다임을 사용하여 공간과 시각 작업기억에 미치는 정서의 효과를 비교하고 시공간 작업기억 과제 수행에 미치는 부정적 방해자극의 간섭 효과 및 조절 효과가 방해자극의 각성가에 따라 달라지는지를 살펴보는 것이다. 이를 위해 참가자들이 시공간 작업기억 과제를 수행하는 동안 고각성의 부정적 사진 또는 저각성의 부정적 사진을 반복하여 방해자극으로 제시하였다.

먼저 연구 1에서는 공간 작업기억에 미치는 고각성과 저각성 부정적 방해자극의 영향을 살펴보았다. 그 결과, 고각성의 부정적 방해자극을 반복적으로 제시한 경우는 중립적 방해자극에 비해 공간 작업기억 과제 수행의 오류율이 높았으며 이러한 현상은 과제 수행 초반과 후반에 모두 동일하였다. 이러한 결과는 고각성의 부정적인 정서가 공간 작업기억 과제 수행을 간섭한다고 제안한 기존의 연구들과 맥을 같이 한다(Clarke, Johnstone, 2013; Lavric et al., 2003; Lee et

al., 2019, 2021; Li et al., 2006, 2012; Liu et al., 2018; Shackman et al., 2006; Vytal et al., 2013). 본 연구의 결과는 또한 고각성의 부정적인 정서자극에 반복적으로 노출되어 예측 가능해지고 익숙해지더라도 여전히 정서적인 자극에 대한 주의 편향이 강하게 나타나며 쉽게 조절되지 않을 수 있다는 제안(Vytal et al., 2013)을 지지한다.

하지만 본 연구의 결과는 부정적인 자극에 대한 빠른 탐지 및 주의 편향이 일어난 후, 자극이 예측 가능해지고 친숙해짐에 따라 습관화가 비교적 빠르게 일어난다는 주장(Spielberg et al., 2013)과는 대조된다. Spielberg 등(2013)의 연구에서는 정서단어 스트룹 과제를 수행하게 한 후, 시간 경과에 따른 습관화 패턴을 살펴보았는데, 불안 각성이 높은 참가자들의 경우 과제 수행 초반에는 우반구 배외측 전전두 피질, 상전두회, 중측두회, 하측두회 등 부정적인 정서를 처리하고 주의를 조절하는 영역에서 강한 활성화가 나타났지만 시간이 지날수록 이러한 활성화가 점차 감소하는 패턴이 관찰되었다. 이러한 결과를 바탕으로 연구자들은 불안 각성은 초반에 강하게 주의를 편향시키지만 빠르게 습관화될 수 있다고 제안한 바 있다. 다만 이들의 연구에서는 정서단어 스트룹 과제를 사용하였기 때문에 연구에서 사용된 정서자극에 다소 차이가 있다. 일반적으로 정서단어에 비해 정서사진이 더 강력하게 정서를 유발하며 주의를 편향시킬 뿐더러(De

Houwer, Hermans, 1994; Stormark, Torkildsen, 2004), 정서단어의 처리는 언어적인 정보 처리에 의존하기 때문에 시공간 주의자원의 사용과 관련이 없어, 상대적으로 쉽게 조절될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 높은 각성을 지닌 부정적인 자극에 반복적으로 노출되어도 습관화가 일어나지 않고 여전히 공간 작업기억 과제를 간섭한 이유는 부정적인 정서사진 자극의 처리와 공간적인 정보 처리가 많은 시공간 주의자원을 공유하기 때문인 것으로 해석된다(Shackman et al., 2006; Vytal et al., 2013).

다만 오류율과 달리 반응시간 분석 결과에서는 습관화로 인한 정서 조절이 나타났다. 본 연구에서는 시행을 절반으로 구분하여 초반과 후반 시행에서의 과제수행을 살펴보았는데 정확률에서는 초반과 후반 시행에서 모두 부정적인 정서로 인한 간섭 효과가 나타난 반면, 반응시간 분석 결과 초반 시행에서는 정서적 간섭 효과가 나타났으나 후반 시행에서는 간섭 효과가 사라졌다(Table 3). 이러한 결과는 자극에 대한 반복적 노출의 결과로 일어나는 정서 조절의 효과가 정보 처리의 효과성(performance effectiveness)과 효율성(processing efficiency)에 다소 다르게 영향을 미칠 가능성을 시사한다. 우선 효과성은 과제 수행의 질적인 측면을 반영하며, 일반적으로 수행의 정확률에 의해 지표화된다. 반면 효율성의 경우 과제 수행에 드는 노력이나 자원을 의미하며 반응시간에 의해 지표화된다(Eysenk, Derakshan, Santos, & Calvo, 2007; Kensinger, Corkin, 2003; Codispoti et al., 2016). 이러한 맥락에서 본 연구는 Codispoti 등(2016)의 연구결과와 일맥상통하는데, 이들은 화면 중앙에 나타나는 IAPS 자극을 무시하고 양 옆에 나타난 숫자의 홀짝 맞춤 판단 과제를 수행하는 동안 방해자극의 정서적 습관화 효과를 살펴보았다. 그 결과 반응시간에서는 습관화가 일어난 반면 정확률에서는 이를 관찰할 수 없었다. 보다 구체적으로 첫 번째 블록에서는 정서적인 방해자극이 중립 방해자극에 비해 홀짝 맞춤 판단 과제의 반응시간을 지연시켰으나 두 번째 블록과 세 번째 블록에서는 방해자극 간 차이가 감소하였다. 하지만 정확률에서는 이러한 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 정서 자극의 반복적 노출을 통해서 고각성의 부정적 방해자극에 대한 주의 할당을 약화시키는 상향적인 정서 조절 방법은 인지적인 정보 처리의 속도, 효율성을 회복시킬 수 있으나 정보 처리의 효과성은 회복시키지 못할 수 있음을 시사한다. 구체적으로 실험 1에서 초반 시행의 경우 중립적인 자극에 비해 부정적인 자극이 제시되었을 때 공간 작업기억 과제에 대한 반응시간이 더 긴 것으로 보아 과제 수행에 더 많은 노력이 요구되었음을 알 수 있다. 그러나 후반 시행에서는 점차 반

응시간이 감소하여 중립 자극과 유의미한 차이가 관찰되지 않은 것으로 보아, 처리 효율성이 증가한 것으로 여겨진다. 그럼에도 불구하고 여전히 수행 정확률은 부정적인 정서 자극이 더 낮았다. 이는 해당 자극에 대한 반복으로 인한 주의 약화가 수행의 질적인 상승에는 크게 영향을 미치지 않으나, 보다 효율적으로 과제를 수행하기 위한 전략적인 측면에는 도움이 되는 것으로 추측된다.

이와 대조적으로 저각성의 부정적 방해자극과 중립적 방해 자극 간에는 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 저각성의 부정적 방해자극에 노출되었을 때 반응시간과 정확률을 분석에서 모두 차이가 나타나지 않았으며 시행의 초반과 후반 모두에서 일관되게 정서적 간섭 효과가 나타나지 않은 점으로 미루어볼 때, 저각성의 부정정서는 공간 작업기억에 크게 영향을 주지 못할 가능성이 크다. 이러한 결과는 높은 각성을 일으키는 불안 각성이 주의자원을 선점하여 공간 작업기억 과제를 간섭한다는 선행 연구들의 제안을 지지한다(Deckersbach et al., 2011; Goodwin et al., 2017).

추가적으로 본 연구의 결과는 정서자극에 대한 주의 편향을 설명하는 범주적 부정 이론(categorical negativity theory)과 각성 이론(arousal theory) 중, 각성 이론과 부합된다. 범주적 부정 이론에 따르면 사람들이 환경 속에서 정서적인 자극에 직면하였을 때 해당 자극에 대한 평가는 긍정적인지 부정적인지와 같은 단순 범주를 기준으로 일어나게 된다. 따라서 부정적인 자극에 대해서 더 위협적이거나 덜 위협적이라는 구체적인 평가와 관련 없이, 부정적이라고 평가되는 자극에 빠르게 주의 편향이 일어나게 된다(Fox, Russo, Bowles, & Dutton, 2001; O'hman, Flykt, & Esteves, 2001; Pratto, John, 1991). 이러한 범주적 부정 이론을 지지하는 연구들은 긍정자극과 부정자극을 비교한 후 긍정자극에 비해 부정자극이 더 많은 주의 편향을 유발한다고 보고해왔다(Fox et al., 2001; O'hman et al., 2001). 하지만 추후 각성이론을 제안한 연구자들은 범주적 부정 이론을 지지한 연구들이 고각성 부정자극을 저각성 긍정자극과 비교하였다는 한계가 있으며 정서자극에 대한 주의 편향은 자극의 정서가가 아니라 각성 수준에 의해 주도될 수 있다고 주장했다(Buodo, Sarlo, & Palomba, 2002). 이들에 따르면 성적인 자극과 같이 높은 각성을 유발하는 긍정적 자극의 경우 부정적인 자극만큼이나 강하게 주의를 편향시킬 수 있다. 마찬가지로 동일한 부정적 자극일지라도 고각성의 자극은 저각성의 자극에 비해 더 주의를 사로잡아 인지적 과제 수행을 더 크게 간섭할 수 있다(Schimmack, Derryberry, 2005). 이처럼 각성 이론은 자극의 정서가보다 각성 수준에 따라 주의 할당

의 정도가 달라진다고 제안하고 있다. 특히 공간 주의 할당에 미치는 정서가와 각성가의 영향을 독립적으로 살펴본 연구에 따르면 정서가와 관련 없이 각성이 더 높은 자극을 향해 주의를 이탈(attention disengagement)되는 것으로 나타났는데 이는 정서자극의 각성 수준이 공간 주의 할당을 조절한다는 것을 보여준다(Vogt, De Houwer, Van Damme & Crombez., 2008).

이처럼 부정적인 자극이 인지적 과제 수행에 미치는 영향을 미치는지는 해당 자극의 각성 수준에 따라 달라질 수 있다. 즉, 부정적인 자극의 각성이 높을 경우 주의자원이 정서 자극의 처리에 전용되고, 행동적 과제 수행에 보다 극적인 영향을 미치게 될 수 있는 반면, 각성이 낮을 경우에는 정서적인 자극을 향해 주의를 편향된다고 하더라도, 행동 수준에 미치는 영향은 미미할 수가 있다(Pessoa, 2009). 본 연구에서는 정서가 수준은 동일하였지만 각성 수준이 다른 부정적 방해자극을 사용하였는데, 각성 수치에 따라 다른 결과가 관찰된 본 연구의 결과는 각성 이론의 설명에 부합된다. 또한 본 연구의 결과는 부정적인 방해자극에 대한 높은 각성이 공간 작업기억 과제를 간섭하게 되는 주요 요인 중 하나이며, 해당 자극에 반복적으로 노출되어도 이러한 각성이 쉽게 조절되지 않고 여전히 주의 편향이 일어나 공간 작업기억을 간섭할 수 있음을 시사한다.

반면 시각 작업기억에 미치는 정서의 효과를 살펴본 연구 2에서는 어떠한 조건에서도 중립 방해자극과 정서적 방해자극 간 유의미한 차이를 찾을 수 없었다. 이는 본 연구와 유사한 패러다임을 사용하여 고각성의 부정정서 방해자극이 시각 작업기억의 조작 기능에 영향을 준다는 결과를 보여준 Lee et al.(2019)와는 다소 차이가 있다. 하지만 Lee et al. (2019)의 연구에서는 매 시행 새로운 고각성의 부정적 방해자극이 제시되었으며 본 연구에서는 3개의 자극이 반복되어 나타났다는 차이점이 있다. 여러 연구에서 시각 작업기억에서 정서의 효과에 대해 일관적인 결과를 보고하지 못하는 것으로 미루어보아(Berggren, 2020; Lee et al., 2019, 2021; Moriya, Sugiura, 2012; Souza et al., 2020; Spachtholz et al., 2014; Xie, Zhang, 2016), 시각 작업기억의 경우 정서적인 자극에 대한 주의 할당 정도를 포함하여 여러 가지 변수들에 의해 간섭 효과의 크기가 달라질 가능성이 있는 것으로 추측된다.

보다 중요하게 본 연구의 결과는 작업기억의 시공간 잡기장에 대한 두 가지 견해 중 영역 특정적 모형(domain-specific model)을 지지한다. 영역 특정적 모형에 따르면 시각과 공간 작업기억은 서로 분리된 영역에서 처리

되며 독립적인 주의자원을 가지고 있다(Carlesimo, Perri, Turriziani, Tomaiuolo, & Caltagirone, 2001; Courtney, Ungerleider, Keil, & Haxby, 1996; Min et al., 2021; Vuontela, Rämä, Raninen, Aronen & Carlson, 1999; Woodman, Luck, 2004; Woodman, Vogel, & Luck, 2001; Wilson, Scalaidhe, & Goldman-Rakic, 1993). 즉 일차 시각피질에서 복측과 배측으로 투사된 정보는 전전두 피질에서도 복측과 배측으로 구분되어 처리되는데, 복외측(ventrolateral) 영역은 색상이나 도형과 같은 비공간적인 정보들을 처리하며, 배외측(dorsolateral) 영역은 공간적인 정보를 처리한다는 것이다. 이처럼 시각과 공간 정보는 서로 다른 영역에서, 독립적인 주의자원으로 정보를 처리하기 때문에 시각과 공간 작업기억은 서로의 정보 처리를 간섭하지 않는다. 이와 대조적으로 영역 일반적 모형(domain-general model)은 시각과 공간 정보의 처리에 특정하게 전문화되어 있는 뇌 영역 혹은 주의자원이 있다기보다, 일반적이고 유동적인 주의자원이 시각과 공간 정보의 처리에 모두 사용된다고 제안한다(Barrouillet, Bernardin, Portrat, Vergauwe., & Camos, 2007; Oliveri et al., 2001; Owen, Stern, Look, Tracey, Rosen, & Petrides, 1998; Vergauwe, Barrouillet, & Camos, 2009).

또한 부정적인 정서자극은 공간적인 정보 처리와 시공간 주의자원을 공유하기 때문에, 공간 작업기억 과제의 수행을 손상시킨다고 제안되어 왔는데(Lee et al., 2019, 2021; Lavric et al., 2003; Li et al., 2006, 2012; Liu et al., 2018; Shackman et al., 2006; Vytal et al., 2013), 만약 시각 정보와 공간 정보가 동일한 주의자원을 사용하여 처리된다면 과제와 무관한 부정적인 방해자극은 시각 작업기억 또한 간섭해야만 한다. 하지만 본 연구에서는 공간 작업기억과 달리 시각 작업기억에는 부정정서의 영향이 미치지 않았다. 이는 영역 특정적 모형이 제안한 바와 같이 시각과 공간 작업기억이 서로 다른 주의자원으로 처리된다는 것을 보여준다. 비록 복잡한 조작 기능을 요구하는 시각 작업기억 과제를 수행하는 동안 고각성의 부정적인 자극이 제시될 경우 보다 일반적인 간섭 효과가 나타날 수 있겠으나(Lee et al., 2019), 이러한 정서의 효과는 상대적으로 미미하고 쉽게 조절될 가능성이 있으며 실제로 다양한 연구에서 일관된 결과를 보고하고 있지 못하다(Lee et al., 2019, 2021; Berggren, 2020; Moriya, Sugiura, 2012; Spachtholz et al., 2014; Souza et al., 2020; Xie, Zhang, 2016). 다만 본 연구는 시각과 공간 작업기억이 주의자원을 공유하는지 여부에 대해, 부정적인 정서의 간섭 효과를 토대로 두 모형을 간접적으로

검증하였으므로 두 과제 간의 차이를 엄밀하게 균질화할 수 없었다는 제한점이 있다. 각 과제의 난이도, 차폐 효과 등이 결과에 영향을 미칠 수 있으므로, 시각과 공간 작업기억 과제의 차이를 보다 최소화하고 직접적인 방식으로 두 모형과 정서적 간섭 효과를 검증할 수 있는 패러다임이 요구된다.

종합하면 본 연구에서는 고각성 부정정서가 공간 작업기억 수행을 방해한다는 것을 확인하였다. 잠재적으로 위협할 수 있는 대상이 어느 위치에 있는지 정확히 탐지하는 것은 유기체의 생존에 중요하기 때문에, 부정적인 정서 정보의 처리와 공간 정보의 처리는 동일한 시공간 주의자원을 공유할 수 있다. 실제로 많은 뇌 영역(예: 우반구 배외측 전전두피질, 후두정피질 등)에서 공간적인 정보와 부정적인 정서 정보의 처리에 동시에 관여하는 것으로 확인되었다(Heller et al., 1998; Oliveri et al., 2001; Owen et al., 2005; Shackman et al., 2006; Smith et al., 1996; Vytal et al., 2013). 하지만 그 대상이 무엇인지와 같은 세밀한 정보는 위협적인 상황에 직면했을 때 크게 중요하지 않다. 본 연구에서는 추상적이고 복잡한 도형 자극을 사용했으므로 보다 세부적인 정보의 처리가 필요했는데 이 때문에 고각성의 부정정서가 시각 정보의 처리에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 여겨진다.

마지막으로 본 연구에서는 3개의 정서자극이 총 98번씩 제시되었으나, 시행을 더 늘려 정서자극에 대해 더 장기적으로 노출시킨다면 정확률에서도 습관화의 효과가 나타났을 가능성을 배제할 수 없다. 아울러 본 연구의 결과는 반응시간과 정확률과 같은 행동적 수준만을 측정하였으나, 추후에는 ERP와 같이 정보 처리의 시간적 역학에 우수한 측정법을 통해 정서자극에 대한 주의 할당, 각성 정도의 변화를 실시간으로 살펴보면서 방해자극의 영향이 점차 감소하는지 살펴볼 필요가 있다.

References

- Barrouillet, P., Bernardin, S., Portrat, S., Vergauwe, E., & Camos, V. (2007). Time and Cognitive Load in Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 570-585.
- Berggren, N. (2020). Anxiety and apprehension in visual working memory performance: no change to capacity, but poorer distractor filtering. *Anxiety, Stress, & Coping*, 33(3), 299-310.
- Bradley, M. M., Lang, P. J., & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, novelty, and the startle reflex: habituation in humans. *Behavioral neuroscience*, 107(6), 970-980.
- Buodo, G., Sarlo, M., & Palomba, D. (2002). Attentional resources measured by reaction times highlight differences within pleasant and unpleasant, high arousing stimuli. *Motivation and Emotion*, 26(2), 123-138.
- Carlesimo, G. A., Perri, R., Turriziani, P., Tomaiuolo, F., & Caltagirone, C. (2001). Remembering what but not where: independence of spatial and visual working memory in the human brain. *Cortex*, 37(4), 519-534.
- Clarke, R. J., & Johnstone, T. (2013). Prefrontal inhibition of threat processing reduces working memory interference. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 228.
- Codispoti, M., De Cesarei, A., Biondi, S., & Ferrari, V. (2016). The fate of unattended stimuli and emotional habituation: Behavioral interference and cortical changes. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16(6), 1063-1073.
- Codispoti, M., Ferrari, V., & Bradley, M. M. (2006). Repetitive picture processing: autonomic and cortical correlates. *Brain research*, 1068(1), 213-220.
- Corbetta, M., Patel, G., & Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 58(3), 306-324.
- Courtney, S. M., Ungerleider, L. G., Keil, K., & Haxby, J. V. (1996). Object and spatial visual working memory activate separate neural systems in human cortex. *Cerebral cortex*, 6(1), 39-49.
- de Voogd, L. D., & Phelps, E. A. (2020). A cognitively demanding working-memory intervention enhances extinction. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11.
- Deckersbach, T., Moshier, S. J., Tuschen-Caffier, B., & Otto, M. W. (2011). Memory dysfunction in panic disorder: an investigation of the role of chronic benzodiazepine use. *Depression and anxiety*, 28(11), 999-1007.
- Dolcos, F., Iordan, A. D., & Dolcos, S. (2011). Neural correlates of emotion - cognition interactions: A review of evidence from brain imaging investigations. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(6), 669-694.
- Erk, S., Kleczar, A., & Walter, H. (2007). Valence-specific regulation effects in a working memory task with emotional context. *Neuroimage*, 37(2), 623-632.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and Cognitive Performance: Attentional Control Theory. *Emotion*, 7(2), 336-353.
- Ferrari, V., Mastria, S., & Codispoti, M. (2020). The Interplay

- Between Attention and Long-Term Memory in Affective Habituation. *Psychophysiology*, 57(6), e13572.
- Fischer, H., Wright, C. I., Whalen, P. J., McInerney, S. C., Shin, L. M., & Rauch, S. L. (2003). Brain habituation during repeated exposure to fearful and neutral faces: a functional MRI study. *Brain research bulletin*, 59(5), 387-392.
- Fox, E., Russo, R., Bowles, R., & Dutton, K. (2001). Do threatening stimuli draw or hold visual attention in subclinical anxiety?. *Journal of Experimental psychology. General*, 130(4), 681-700.
- Goodwin, H., Yiend, J., & Hirsch, C. R. (2017). Generalized Anxiety Disorder, worry and attention to threat: A systematic review. *Clinical Psychology Review*, 54, 107-122.
- Härpfer, K., Spychalski, D., Kathmann, N., & Riesel, A. (2021). Diverging Patterns of EEG Alpha Asymmetry in Anxious Apprehension and Anxious Arousal. *Biological Psychology*, 108111-108111.
- Heller, W., Nitschke, J. B., & Lindsay, D. L. (1997). Neuropsychological correlates of arousal in self-reported emotion. *Cognition & Emotion*, 11(4), 383-402.
- Heller, W., Nitschke, J. B., & Miller, G. A. (1998). Lateralization in emotion and emotional disorders. *Current Directions in Psychological Science*, 7(1), 26-32.
- Hofmann, S. G., Moscovitch, D. A., Litz, B. T., Kim, H. J., Davis, L. L., & Pizzagalli, D. A. (2005). The worried mind: autonomic and prefrontal activation during worrying. *Emotion*, 5(4), 464-475.
- Houwer, J. D., & Hermans, D. (1994). Differences in the affective processing of words and pictures. *Cognition & Emotion*, 8(1), 1-20.
- Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Effect of Negative Emotional Content on Working Memory and Long-Term Memory. *Emotion*, 3(4), 378-393.
- Lavric, A., Rippon, G., & Gray, J. R. (2003). Threat-evoked anxiety disrupts spatial working memory performance: An attentional account. *Cognitive therapy and research*, 27(5), 489-504.
- Lee, S. K., Hong, Y. J., Lee, Y. H. & Choi, W. I. (2019). The Effect of the Task-unrelated Negative Emotion on the Visual and Spatial Working Memory Task. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 21(3), 1483-1495.
- Lee, S. K., Lee, Y. H. & Choi, W. I. (2021). The Effect of Task Unrelated Negative Emotion on Spatial and Object Recognition Memory, *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 33(1), 1-14.
- Levenson, R. W. (1992). Autonomic nervous system differences among emotions. *Psychological Science*.
- Li, X., Li, X., & Luo, Y. J. (2006). Differential influences of negative emotion on spatial and verbal working memory: Evidence from event-related potential and source current density analysis. *Neuroreport*, 17(14), 1555-1559.
- Li, X., Ouyang, Z., & Luo, Y. J. (2012). The cognitive load affects the interaction pattern of emotion and working memory. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCINI)*, 6(2), 68-81.
- Liu, X., Liu, S., Guo, D., Sheng, Y., Ke, Y., An, X., ... & Ming, D. (2018, July). Effect of Emotion States on the Updating Function of Working Memory. *In 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 1907-1910). IEEE.
- Lucas, J. A., Telch, M. J., & Bigler, E. D. (1991). Memory functioning in panic disorder: a neuropsychological perspective. *Journal of Anxiety Disorders*, 5(1), 1-20.
- Mathersul, D., Williams, L. M., Hopkinson, P. J., & Kemp, A. H. (2008). Investigating models of affect: relationships among EEG alpha asymmetry, depression, and anxiety. *Emotion*, 8(4), 560-572.
- Min, B. K., Kim, H. S., Ko, W., Ahn, M. H., Suk, H. I., Pantazis, D., & Knight, R. T. (2021). Electrophysiological Decoding of Spatial and Color Processing in Human Prefrontal Cortex. *Neuroimage*, 118165-118165.
- Moriya, J., & Sugiura, Y. (2012). High visual working memory capacity in trait social anxiety. *PloS one*, 7(4), e34244.
- Nitschke, J. B., Heller, W., & Miller, G. A. (2000). Anxiety, stress, and cortical brain function. *The neuropsychology of emotion*, 1, 298-219.
- Öhman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *Journal of experimental psychology: general*, 130(3), 466.
- Oliveri, M., Turriziani, P., Carlesimo, G. A., Koch, G., Tomaiuolo, F., Panella, M., & Caltagirone, C. (2001). Parieto-frontal interactions in visual-object and visual-spatial working memory: evidence from transcranial magnetic stimulation. *Cerebral cortex*, 11(7), 606-618.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N back working memory paradigm: A meta

- analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human brain mapping*, 25(1), 46-59.
- Owen, A. M., Stern, C. E., Look, R. B., Tracey, I., Rosen, B. R., & Petrides, M. (1998). Functional organization of spatial and nonspatial working memory processing within the human lateral frontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(13), 7721-7726.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(2), 148-158.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control?. *Trends in cognitive sciences*, 13(4), 160-166.
- Pratto, F., & John, O. P. (1991). Automatic vigilance: the attention-grabbing power of negative social information. *Journal of personality and social psychology*, 61(3), 380-391.
- Schimmack, U., & Derryberry, D. E. (2005). Attentional interference effects of emotional pictures: threat, negativity, or arousal?. *Emotion*, 5(1), 55-66.
- Shackman, A. J., Sarinopoulos, I., Maxwell, J. S., Pizzagalli, D. A., Lavric, A., & Davidson, R. J. (2006). Anxiety Selectively Disrupts Visuospatial Working Memory. *Emotion*, 6(1), 40-61.
- Smith, E. E., Jonides, J., & Koeppel, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral cortex*, 6(1), 11-20.
- Smith, E. E., Zambrano-Vazquez, L., & Allen, J. J. (2016). Patterns of alpha asymmetry in those with elevated worry, trait anxiety, and obsessive-compulsive symptoms: A test of the worry and avoidance models of alpha asymmetry. *Neuropsychologia*, 85, 118-126.
- Souza, A. S., Thaler, T., Liesefeld, H. R., Santos, F. H., Peixoto, D. S., & Albuquerque, P. B. (2021). No evidence that self-rated negative emotion boosts visual working memory precision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 47(2), 282-307.
- Spachtholz, P., Kuhbandner, C., & Pekrun, R. (2014). Negative affect improves the quality of memories: Trading capacity for precision in sensory and working memory. *Journal of Experimental Psychology*, 1450-1456.
- Spielberg, J. M., De Leon, A. A., Bredemeier, K., Heller, W., Engels, A. S., Warren, S. L., ... & Miller, G. A. (2013). Anxiety type modulates immediate versus delayed engagement of attention related brain regions. *Brain and Behavior*, 3(5), 532-551.
- Stormark, K. M., & Torkildsen, Ø. (2004). Selective processing of linguistic and pictorial food stimuli in females with anorexia and bulimia nervosa. *Eating behaviors*, 5(1), 27-33.
- Vergauwe, E., Barrouillet, P., & Camos, V. (2009). Visual and spatial working memory are not that dissociated after all: a time-based resource-sharing account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 1012-1028.
- Vogt, J., De Houwer, J., Koster, E. H., Van Damme, S., & Crombez, G. (2008). Allocation of Spatial Attention to Emotional Stimuli Depends Upon Arousal and Not Valence. *Emotion*, 8(6), 880-885.
- Vuontela, V., Rämä, P., Raninen, A., Aronen, H. J., & Carlson, S. (1999). Selective interference reveals dissociation between memory for location and colour. *Neuroreport*, 10(11), 2235-2240.
- Vytal, K. E., Cornwell, B. R., Arkin, N. E., Letkiewicz, A. M., & Grillon, C. (2013). The complex interaction between anxiety and cognition: insight from spatial and verbal working memory. *Frontiers in human neuroscience*, 7(93), 1-11.
- Vytal, K., Cornwell, B., Arkin, N., & Grillon, C. (2012). Describing the interplay between anxiety and cognition: from impaired performance under low cognitive load to reduced anxiety under high load. *Psychophysiology*, 49(6), 842-852.
- Wilson, F. A., Scaldie, S. P., & Goldman-Rakic, P. S. (1993). Dissociation of object and spatial processing domains in primate prefrontal cortex. *Science*, 260(5116), 1955-1958.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2004). Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic bulletin & review*, 11(2), 269-274.
- Woodman, G. F., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (2001). Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 12(3), 219-224.
- Xie, W., & Zhang, W. (2016). Negative emotion boosts quality of visual working memory representation. *Emotion*, 16(5), 760-774.
- Yang, P., Wang, M., Jin, Z., & Li, L. (2015). Visual short-term memory load modulates the early attention and perception of task-irrelevant emotional faces. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 490.

부정정서 자극의 각성과 습관화가 시공간 작업기억에 미치는 영향

이선경¹, 이윤형²

¹한국뇌연구원, ²영남대학교 심리학과

본 연구의 목적은 과제와 무관한 부정적인 정서의 각성 수준이 공간 및 시각 작업기억에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고, 나아가 이러한 부정정서의 영향이 조절될 수 있는지 살펴보기 위한 것이다. 이를 위해 참가자들이 공간 작업기억(연구 1) 혹은 시각 작업기억(연구 2) 과제를 실시하는 동안 3개의 고각성 혹은 저각성의 부정정서 방해자극을 반복적으로 제시하였다. 그 결과 저각성의 부정정서는 공간 작업기억 과제 수행에 영향을 미치지 않았지만 고각성의 부정적 방해자극의 반복적인 노출이 공간 작업기억 과제 수행을 방해하였다. 시간 경과에 따른 습관화 효과를 살펴보기 위해 초반 시행과 후반 시행으로 절반씩 나누어 분석한 결과, 정확률의 경우 간섭 효과가 그대로 유지되었지만 반응시간의 경우 후반 시행에서 간섭 효과가 사라졌다. 이러한 결과는 자극의 반복적 노출로 인한 습관화가 정확률과 반응시간에 다른 영향을 미칠 가능성을 시사한다. 반면 고각성과 저각성 부정정서 방해자극은 시각 작업기억 수행에는 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 부정적인 정서의 공간 작업기억에 대한 간섭효과가 부정정서에 의해 유발된 높은 각성 때문이라는 주장을 지지하며 고각성 부정정서 자극에 반복적으로 노출되어도 간섭 효과가 쉽게 조절되지 않음을 보여준다. 아울러 본 연구는 정서가 시각과 공간 작업기억에 서로 다른 방식으로 영향을 준다는 것을 보여주는 것을 통해 이 둘이 구분된 체계임을 시사한다.

주제어: 부정정서, 각성, 시공간 작업기억, 습관화, 정서 조절