

분노 경험 회상시 특성 분노 수준에 따른 뇌 기능

Brain Function During Recall of Anger Experience According to the Level of Trait Anger

음영지* · 이경화** · 손진훈**
Young-Ji Eum* · Kyung Hwa Lee** · Jin-Hun Sohn**

*충남대학교 심리학과/뇌과학연구소

*Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University

**서울대학교병원 의생명연구원

**Biomedical Research Institute, Seoul National University Hospital

Abstract

Trait anger is one of the psychological traits associated with experiences of anger. Individuals with high trait anger become angry easily at trivial events, and experience anger more frequently, intensely, and over a longer duration. This study aimed to investigate neural responses during experiences of anger, and identify the neural correlates of trait anger. Thirty five adults participated in the functional magnetic resonance (fMRI) experiment. They were scanned while they recalled an anger-inducing memory that was supposed to evoke an experience of anger. During the angry recall compared to the emotionally neutral recall, our participants showed greater neural activation in the right superior temporal gyrus (BA38), left inferior frontal gyrus (BA45), right thalamus, right insula (BA13), bilateral cuneus (BA17), and right cerebellum anterior lobe. The correlation analysis revealed that trait anger scores were positively associated with right insula activity during the angry recall. Individuals with higher trait anger were more likely to show greater activity in the right insula in response to past experiences of anger, as previously implicated in various studies of emotional processing. This finding suggests that trait anger may be an important factor in modulating anger-related brain activity.

Key words: Trait Anger, Neural Substrates of Anger, Functional Magnetic Resonance Imaging, Angry Memory Recall

요약

특성 분노는 분노 경험과 관련된 개인의 심리 특성 중 하나로, 특성 분노가 높은 이들은 낮은 이들에 비해 더 자주, 더 강하게, 더 길게 분노를 경험한다. 본 연구의 목적은 분노를 경험하는 동안에 활성화되는 뇌 영역을 관찰하고, 활성화된 뇌 영역 중 특성 분노와 연관이 있는 영역을 확인하는 것이다. 본 연구에서는 실험 참가자 35명을 대상으로 과거에 분노했던 기억을 회상하여 분노를 유발하는 과제를 수행하는 동안의 뇌 기능을 측정하였다. 정서적 중립 사건을 회상하는 조건에 비해 분노 사건을 회상하는 조건에서 더 활성화된 뇌 영역은 우측 superior temporal gyrus (BA38),

※ 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1D1A1A01059095).

† 교신저자 : 손진훈 (충남대학교 심리학과/뇌과학연구소)

E-mail : jhsohn@cnu.ac.kr

TEL : 042-821-6369

FAX : 042-823-9448

좌측 inferior frontal gyrus (BA45), 우측 thalamus, 우측 insula (BA13), 양측 cuneus (BA17), 그리고 우측 cerebellum anterior lobe으로 나타났다. 분노 회상 시 뇌 활성화 정도와 특성 분노 점수 간 상관 분석 결과, 특성 분노 점수가 높을수록 분노 회상시 우측 insula의 활성화가 높았다. Insula가 정서 경험과 신체 내부감각수용기에서 오는 정보를 통합하여 자극에 대한 주관적인 느낌을 표상하는 영역으로 알려져 있으므로, 특성 분노가 높은 사람일수록 분노 자극에 대한 주관적인 느낌을 더 강하게 표상한다고 해석할 수 있다. 이 연구 결과는 분노의 개인차에 대한 뇌 기제를 규명한 것으로, 분노 및 분노 조절 관련 문제들에 대한 신경과학적 이해를 향상시키는데 기여할 것으로 기대된다.

주제어: 특성 분노, 분노 뇌기제, 기능적 자기 공명 영상, 분노 기억 회상

1. 서론

분노는 좌절, 위협 또는 모욕에 의해 일어나는 심리 반응으로, 분노를 일으킨 대상에게 보복을 하려는 잠재된 충동이다(Frost & Averill, 1982; Lazarus, 1991). 또한 긴장, 격분 등의 주관적인 느낌과 그에 따른 신경계의 활성화로 이루어진다(Spielberger et al., 1985).

분노 경험에 있어 개인차가 매우 크다는 주관적 보고 및 행동 연구 결과들이 있다(Douglas & Martinko, 2001; Tafrate, Kassinove & Dundin, 2002). 동일한 분노 유발 자극을 제시하였어도 실험 참가자들이 분노를 경험하지 않거나, 분노를 경험하였다고 보고하였어도 분노를 경험한 정도에서 개인차를 보인다는 연구 결과들이 있다(Harmon-Jones, 2007; Schum, Jorgensen, Verhaeghen, Sauro & Thibodeau, 2003; Tafrate, Kassinove & Dundin, 2002). 이러한 분노 경험의 개인차는 단순히 연구방법, 즉 주관적 자기 보고식(예, 분노를 경험하였지만 자기 보고에서 경험 정도를 적절하게 표현하지 못함)으로 연구하였다는 점에서 나타나는 현상인지 아닌지에 대한 이해가 필요하다. 위에서 언급하였듯이, 분노는 주관적 느낌뿐만 아니라 신경계 활성화로 일어나는 결과물이라는 점에서, 분노 경험에 있어 개인차에 대한 생물학적 기제(biological basis)에 대한 연구가 필요하다.

분노 경험시에 일어나는 또는 분노와 관련된 뇌 기제에 대한 fMRI 연구들이 수행되고 있다. 예를 들어, 분노를 경험하는 동안에는 insula, inferior frontal cortex (IFG), 그리고 anterior temporal lobe (ATL) 등의 뇌 영역이 주로 활성화 된다고 알려져 있다(Lindquist,

Wager, Kober, Bliss-Moreau & Barrett, 2012; Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence, 2003; Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002). 그러나 분노를 경험시 일어나는 뇌 활성화와 분노의 개인차에 대한 연구들이 보고되긴 했지만(Denson, Pedersen, Ronquillo & Nandy, 2009), 아직 상대적으로 부족한 편이다.

분노를 경험하는 정도나 분노를 표출하는 정도에 있어 개인차를 반영하는 심리 특성 중에 ‘특성 분노(trait anger)’가 있다(Deffenbacher et al., 1996). 상태-특성 분노 이론에서는 특성 분노를 분노 경험에 대한 개인의 경향성으로 만성적이고 오래 지속되는 특성으로 정의한다(Spielberger, Jacobs, Russell & Crane, 1983). 특성 분노가 높은 사람은 특성 분노가 낮은 사람에 비해 더 많은 사건에서 분노를 빈번하게 경험하며, 분노 경험이 더 강하고, 더 오랫동안 지속이 된다고 알려져 있다(Baron et al., 2007; Bettencourt, Talley, Benjamin & Valentine, 2006; Tafrate et al., 2002). 뿐만 아니라 특성 분노가 높은 이들은 특성 분노가 낮은 이들에 비해 분노-관련 정보에 더 많은 주의를 기울이며(Eckhardt & Cohen, 1997; Putman, Hermans & van Honk, 2004), 과거에 분노했던 기억을 더 잘 인출하며(Todorov & Bargh, 2002; Wilkowski, Robinson, Gordon & Troop-Gordon, 2007), 모호한 상황에서 타인의 의도 또는 행동을 적대적인 태도로 해석한다(Crick & Dodge, 1994).

또한 특성 분노 수준에 따른 뇌 반응의 변화를 관찰한 두 연구들이 보고되었다. 선행 연구에서는 특성 분노가 분노 얼굴 표정 인식에 의해 활성화되는 lateral dorsal amygdala와 정적 상관이 있고(Carré, Fisher,

Manuck & Hariri, 2012), 휴지 상태에서의 OFC-amygdala 연결성의 강도와는 부적 상관이 있음을 밝혔다(Fulwiler, King & Zhang, 2012). 이 연구들은 특성 분노와 정서 재인 또는 휴지 상태에 따른 뇌 기능을 확인하였다. 그러나 특성 분노는 개인의 분노 경험에 대한 일반적인 경향성으로, 분노를 경험할 때 분노를 경험하는 강도와 분노 감정이 지속되는 정도에 개인차를 결정하는 중요한 요인이다(Deffenbacher et al., 1996; Spielberger et al., 1983). 이 때문에, 특성 분노의 뇌 기제를 확인하기 위해서는 실제 분노를 경험하는 동안에 활성화되는 뇌 영역과 그 영역이 활성화 되는 정도와의 연관성을 조사하여 확인하는 것이 중요하다. 본 연구는 특성 분노의 수준에 따라 분노 경험과 관련된 뇌 활성화가 다른지에 초점을 두고자 한다.

따라서 본 연구에서는 과거에 분노를 경험했던 사건을 회상할 때의 뇌 활성화를 확인하고, 그 뇌 활성화와 특성 분노와의 연관성에 대해서 연구하고자 한다. 가장 먼저, 분노를 경험하는 동안 활성화되는 뇌 영역 및 뇌 활성화 정도를 확인하고자 한다. 이를 위하여 기억 회상을 통한 분노 정서 유발 과제를 사용하였다. 이 과제는 과거에 특정 정서를 유발하는 기억을 회상하여 해당 정서를 유발하는 과제로 모든 실험 참가자에게 안정적이고 일관적으로 해당 정서를 유발할 수 있다는 장점이 있으며, 특히 효과적으로 분노 정서를 유발하는 것으로 검증되었다(Mills & D'Mello, 2014). 그리고 본 연구의 목적인 분노 경험시에 활성화된 뇌 영역 중에 특성 분노와 상관이 있는 영역을 조사하고자 한다. 최근 우리 사회에서 “분노”는 분노와 관련된 강력 범죄 증가로 인하여(Oh, 2017; Yeon & Ryu, 2015), 대중의 관심을 받고 있으며, 이러한 관심은 분노 관련 체계적 연구의 필요성을 증가시키고 있다. 본 연구는 분노 관련 연구의 필요성에 의거하여 계획되고, 수행되었으며, 본 연구 결과는 분노의 뇌 기제 및 분노의 개인차에 따른 뇌 기능을 규명함으로써, 분노의 신경과학적 기제에 대한 이해를 증진시키는 데 기여할 것이다.

2. 연구 방법

2.1. 실험 참가자

35명의 대학생 및 대학원생이 본 연구에 참여하였다(남자 19명, 여자 16명, 연령 평균±표준편차: 23.34±3.08). 실험참가자 모집은 대전 소재 대학들의 홈페이지 게시판과 사회 관계망 서비스(social networking service)를 이용하였다. 실험 참가를 희망하는 자들 중 정신과 또는 신경과 병력이 없었다고 보고하고, 인공 심장박동기, 척수자극기와 같은 체내삽입의료기기 및 치아교정기를 삽입하거나 착용하지 않았으며, 폐소공포증이 없고, 빈혈이 있거나 심장이 약한 자를 제외하여 참가자를 선정하였다. 실험 참가자들은 실험의 배경과 목적, 연구방법, 연구 참여 도중 중도 탈락에 대한 처리, 부작용 및 위험요소, 연구 참여에 따른 이익과 불이익, 개인정보의 비밀보장에 대한 내용을 숙지한 후 실험 참가에 동의하였다. 본 연구는 충남대학교 생명윤리위원회의 승인을 받은 후 실험을 진행하였다.

2.2. 특성 분노 측정

특성 분노를 측정하기 위하여 한국판 상태-특성 분노 표현 척도(Korean Adaptation of the State-Trait Anger Expression Inventory, STAXI-K; Han, Chon, Lee & Spielberger, 1997)의 하위 척도인 특성 분노 척도를 사용하였다. 이 척도는 10문항으로 구성되어있으며, ‘전혀(1점)’에서 ‘매우(4점)’로 평정을 하는 Likert 식 4점 척도였다. STAXI-K의 특성 분노 척도의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = .83$ 이었다.

2.3. 분노 유발 과제

본 연구에서는 분노 유발을 위하여 실험 참가자들에게 그들이 과거에 경험한 분노 사건을 회상하는 과제를 사용하였다. 실험 자극은 Sinha & Tuit (2012)가 표준화한 절차에 따라 ‘정서 유발 사건 질문지’를 사용하여 수집하였다. 실험 참가자들은 지난 1년 동안

있었던 일 중에서 화가 났던 사건을 떠올린 후, ‘정서 유발 사건 질문지’에 어떤 일이 있었는지, 누구에게 화가 났는지, 왜 화가 났는지 등 사건에 대한 구체적인 내용을 서술하였다. 또한 사건이 발생하였을 때 분노를 경험한 정도와 사건에 대한 기억을 회상하였을 때 분노를 경험한 정도를 평정하도록 하였다. 평정 범위는 ‘0점(전혀)’에서 ‘10점(매우)’까지였다. 한 실험 참가자에게서 세 개의 분노 사건을 수집하였으며, 수집한 분노 사건은 사건이 발생하였을 때 분노를 경험한 정도가 8점 이상이었으며, 해당 사건을 다시 회상하였을 때 분노를 경험한 정도는 7점 이상이었다. 또한 정서적으로 아무 것도 느끼지 않았던 사건 세 가지를 기술하게 하여 통제 자극으로 사용하였다. 실험 참가자가 기술한 분노 사건들과 정서적 중립사건들을 바탕으로 실험자는 각 사건에 대한 내용을 3-5 단어로 요약하여 실험 자극을 구성하였다. 이 실험 자극은 참가자들이 fMRI 실험에 참여할 때 해당 사건에 대한 기억을 상기시키는 ‘cue’로 사용되었다.

2.4. 실험 절차

실험 참가자들은 실험실에 두 번 방문하였다. 첫 번째 방문에서는 실험 내용과 절차에 대한 설명을 듣고 참가 동의서에 서명을 한 후, 분노 유발 사건 질문지를 작성하였다. 실험 참가자들이 분노 유발 사건 질문지에 기술한 분노 유발 사건들은 실험자가 실험 자극을 구성하는데 사용하였다. 일주일 후 실험 참가자는 실험실에 두 번째로 방문을 하여 fMRI 실험에 참여하였다. 실험에 들어가기 전 실험자는 실험 참가자에게 과제에 대해 설명하였으며, 몸에 착용하고 있는 모든 금속물질은 제거하도록 요청하였다. 실험참가자가 fMRI scanner에 들어간 후, 오퍼레이터는 약 5분 정도 보정 작업을 통해 anterior commissure와 posterior commissure 선을 맞추었다. 이 후 실험 참가자의 해부학적 뇌 영상을 약 5분 정도 획득한 후 실험 과제를 수행하였다. 실험자는 인터폰을 통해 실험 참가자에게 주의 사항을 재확인 시킨 후, 실험 자극을 제시하였다. fMRI 실험 패러다임은 블록 디자인으로 실험을

소개하는 화면이 6초간 제시된 후, 분노 자극 세 가지와 정서적 중립 자극 세 가지 중 하나씩 무선으로 40초간 제시된다. 실험 참가자들은 자극으로 제시된 단어를 보고 해당 기억을 회상하였다. 그 후 정서적 각성을 진정시키고, 실험 참가자를 원상태로 회복시키기 위한 휴식이 20초간 주어졌다. 실험이 끝나면, 실험자는 인터폰으로 실험 참가자의 상태에 대한 질문을 하였다. 질문의 내용은 과제를 수행하는 동안 자극에 집중을 잘 하였는지 여부와 즐았는지 여부를 확인하는 것이었다. 이 후, 실험 참가자들은 MRI scanner에서 나와 fMRI 실험에서 제시되었던 자극에 대한 심리 평가를 실시하였다. 심리 평가는 기억을 회상할 때 경험한 분노의 강도를 평가하는 문항이었다(평정 범위: 0점 - 10점). 또한 제시된 자극이 분노 정서 이외의 다른 정서를 경험하였다면 어떤 정서를 경험하였는지 기술하고, 경험한 정서의 강도를 평정하도록 하였다(평정 범위: 0점 - 10점).

2.5. 실험 장비 및 자료 획득

뇌 영상 획득은 한국기초과학지원연구원 오창센터 내 자기공명영상연구동에 있는 7.0 Tesla MR scanner (Philips Healthcare, Best, The Netherlands)를 통해 획득되었다. MRI 촬영실에는 CCTV가 설치되어 있었는데, 실험자는 촬영실 밖에 있는 운영실(operating room)에서 CCTV와 연결된 관찰 모니터를 통해 MRI scanner 안에 있는 실험 참가자를 관찰할 수 있었다. 이를 통해 실험자는 실험참가자가 실험과제를 수행하는 동안 과제에 집중하는지 여부를 확인하였다. 실험 자극은 운영실(operating room)의 자극 제시용 컴퓨터에 연결된 프로젝터를 통해 제시하였고, 실험 참가자는 머리 코일(head coil) 위에 장착된 거울을 통해 반사된 자극을 볼 수 있었다. 자극은 E-prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, PA, USA)을 사용하여 제시하였다. 실험 참가자가 제시되는 자극을 보면서 과제를 수행하는 동안, EPI-BOLD (Echo Planner Imaging Blood Oxygen Level Dependent) 기법을 이용하여 뇌 영상을 얻었으며, middle 그리고 inferior

frontal cortex와 temporal cortex를 중심으로 촬영되었다. 뇌 기능 영상 획득 파라미터는 다음과 같았다: TR/TE 2000/17 msec, flip angle 70°, FOV 192 × 198 × 72 mm, matrix 144, voxel resolution = 1.5 mm × 1.5 mm × 3.0 mm, 24 slices. 실험 동안 획득한 총체적 영상(volume)은 6초 동안에 획득된 dummy 영상 3개를 포함하여 183장이었다. 뇌의 구조적 영상은 T1 강조 영상을 수집하였다(TR/TE = 280/14 ms, flip angle = 60°, FOV = 240 mm, matrix = 256 × 256, slice thickness = 4 mm).

2.6. 분석 방법

MRI 자료의 전처리와 분석은 SPM 8 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK)을 사용하였다. 전처리에서는 실험 중 발생하는 머리의 움직임을 재정렬(realignment)하였고, Montreal Neurological Institute (MNI) template에 맞추어 개인별 뇌 영상을 표준화(normalization)하였다. 그 후 6mm의 full width at half maximum (FWHM)인 Gaussian kernel을 이용하여 자료를 편평화(smoothing)하였다. 뇌 영상 분석 시, 각 실험 참가자 별 분노 조건과 중립 조건에 해당하는 각 부피소의 활성화 수치 비교를 통해 일반선형모형(General Linear Model, GLM)을 제작하여 각 개인의 실험 조건(분노 조건, 중립 조건) 별 대조 영상(contrast image)을 획득하였다. 각 조건에서 활성화된 뇌 영역을 확인하기 위해 각 조건 별로 one sample *t*-test를 실시하여 각 조건 내에서 뇌 영역들의 활성화 평균과 *t* 점수를 산출한 것을 바탕으로 색채 부호화하여 뇌 지도를 얻었다. 또한 두 조건 간 차이 나는 영역을 확인하기 위하여 각 개인에서 조건 별로 얻은 대조 영상을 이용하여 paired *t*-test를 실시하였다. 각 영역에서 나타난 신호 값에 대한 조건 간 차이를 계산하고 *t* 점수에 따라 색채 부호화하여 뇌 지도를 획득하였다. 추가적으로 분노를 경험하는 동안에 활성화 되는 뇌 영역 중 특성 분노와 관련이 있는 영역을 확인하기 위하여 상관 분석을 실시하였다. 활성화가 확인된 뇌 영역은 관심 내 영역(regions of interest, ROI)으로 지정하여 % BOLD signal change를 추출한 후, 특성 분

노와 사후 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 표준화된 분노 유발 자극이 아닌 각 실험 참가자의 분노 기억을 회상하여 분노를 유발하였기 때문에, 개인별로 경험한 분노의 강도를 통제된 후 부분 상관 계수(partial correlation coefficient)를 산출하였다. 뇌 영상 결과는 다중비교(multiple comparison)에 따른 오류를 보정하는 한 가지 방법인 false discovery rate (FDR) 보정을 시행하여 유의 수준 .05, 범위 역치(extent threshold) 값인 *k*를 100 부피소 이상으로 정의하여 산출하였다($p < .05$, FDR-corrected, $k > 100$). 최종 산출된 영역의 MNI 좌표는 Talairach 좌표로 변환하여 그 명칭과 Brodmann area (BA)를 확인하였다. 심리 반응 자료는 SPSS 22.0 (IBM, Inc., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였다. 분노 조건과 중립 조건 간 경험한 분노의 강도 차이를 비교하기 위하여 paired-samples *t*-test를 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 분노 유발의 심리 반응

분노 조건에서는 모든 실험 참가자들이 분노를 경험하였고(분노의 강도: 7.90 [± 1.19]), 분노 이외의 다른 정서는 경험하지 않았다고 보고하였다. 중립 조건에서는 모든 실험 참가자들이 아무런 감정을 경험하지 않았다고 보고하였다(분노의 강도: 0.11 [± 0.10]). 두 조건 간 분노의 강도 차이는 유의미하였다($t(34) = 38.220$, $p < .001$, Cohen's $d = 7.420$).

3.2. 분노 경험과 관련된 뇌 반응

각 조건에서 활성화된 뇌 영역을 확인한 후, 두 조건 간 유의한 차이가 나타나는 뇌 영역을 확인하기 위하여 paired *t*-test를 실시하였다. 분노 기억을 회상하는 조건에서는 좌측 inferior frontal gyrus (BA 47), 우측 insula (BA 13), 우측 superior temporal gyrus (BA38), 그리고 cerebellum anterior lobe이 활성화되었다. 정서적 중립

Table 1. Talairach coordinates and *t* scores of activated brain regions

| Region | BA | L/R | coordinates | | | <i>t</i> | # of voxels |
|---|----|-------|-------------|-----|-----|----------|-------------|
| | | | x | y | z | | |
| Neutral Memory Recall | | | | | | | |
| Lingual Gyrus | 19 | Left | -10 | -84 | -2 | 8.11 | 362 |
| Calcarine Gyrus | 17 | Right | 16 | -86 | 0 | 7.16 | 216 |
| Anger Memory Recall | | | | | | | |
| Inferior Frontal Gyrus | 47 | Left | -42 | 20 | 2 | 11.29 | 3302 |
| Cerebellum Anterior Lobe | | Right | 4 | -46 | -12 | 9.72 | 3217 |
| Insula | 13 | Right | 40 | 10 | 10 | 9.23 | 1621 |
| Superior Temporal Gyrus | 38 | Right | 42 | -36 | 6 | 7.63 | 130 |
| Anger Memory Recall > Neutral Memory Recall | | | | | | | |
| Cerebellum Anterior Lobe | | Right | 4 | -48 | -12 | 6.57 | 3887 |
| Superior Temporal Gyrus | 38 | Right | 40 | -38 | 8 | 5.21 | 263 |
| Inferior Frontal Gyrus | 45 | Left | -52 | 18 | 12 | 4.60 | 1029 |
| Thalamus | | Right | -2 | -6 | 10 | 4.28 | 803 |
| Cuneus | 17 | Right | 16 | -92 | 2 | 4.14 | 461 |
| Insula | 13 | Right | 40 | 8 | 8 | 3.68 | 573 |
| Cuneus | 17 | Left | -12 | -88 | 8 | 3.07 | 129 |
| Anger Memory Recall < Neutral Memory Recall (No regions identified) | | | | | | | |

$p < .05$, FDR-corrected, $k > 100$

기억을 회상하는 조건에서는 좌측 lingual gyrus (BA19)와 우측 calcarine gyrus (BA 17)가 활성화되었다. 중립 조건에 비해 분노 조건에서 활성화된 뇌 영역은 우측 cerebellum anterior lobe, 우측 superior temporal gyrus (BA38), 좌측 inferior frontal gyrus (BA45), 우측 thalamus, 우측 insula (BA13), 그리고 양측 cuneus (BA17)이었다. 반면에 분노 조건과 비교하여 중립 조건에서 활성화된 뇌 영역은 없었다. 각 영역의 Talairach 좌표, *t* 값은 Table 1에 제시하였다.

3.3. 특성 분노와 관련된 뇌 영역

분노를 경험하는 동안 활성화된 뇌 영역 중에 특성 분노와 관련이 있는 영역을 확인하기 위하여, 개인별 분노 조건에서 획득한 contrast map과 특성 분노 점수를 사용하여 상관 분석을 실시하였다. 그 결과, 특성 분노와 우측 insula 간의 상관이 유의하였다($p < .05$, FDR-corrected, $k > 100$; Table 2; Fig. 1). 활성화된 우

측 insula에서 % signal change를 추출하여 특성 분노 점수와의 관계에 대한 사후분석을 실시한 결과, 분노 경험의 강도를 통제한 후에도 상관이 유의한 것으로 나타났다($r = .45$, $p < .01$; Fig. 2).

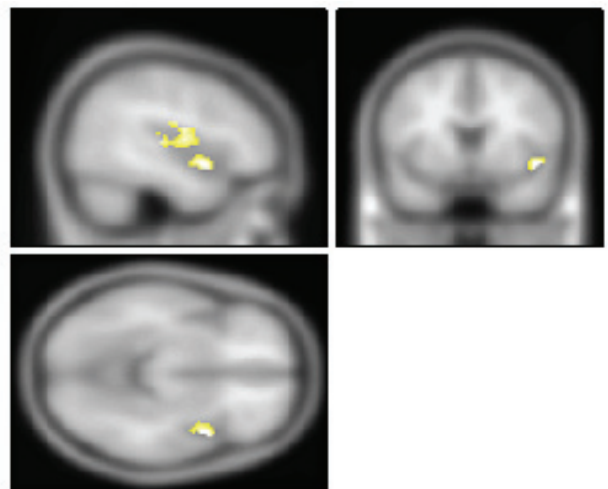


Fig. 1. Activity in the right insula, which was positively associated with individual differences in trait anger

Table 2. The region of significant correlation between brain activation during the anger memory recall and score of trait anger ($p < .05$, FDR-corrected, $k > 100$)

| Brain Region | coordinates | | | t | # of voxels |
|--------------|-------------|---|----|------|-------------|
| | x | y | z | | |
| Right Insula | 46 | 6 | -8 | 3.86 | 218 |

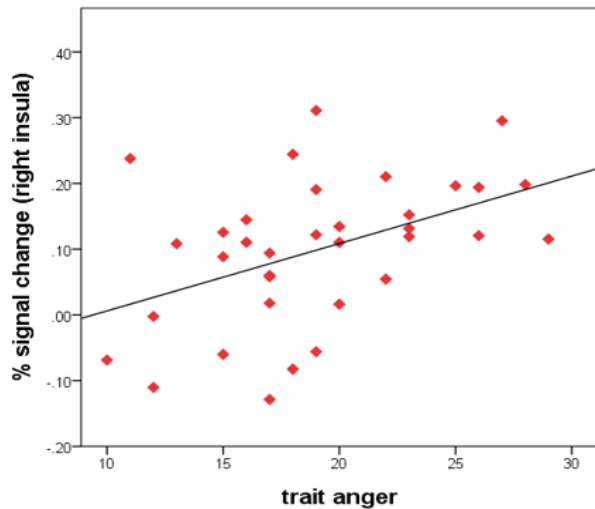


Fig. 2. The relationship between % signal change extracted from the right insula and scores of trait anger

4. 결론 및 논의

본 연구는 분노 경험 동안에 활성화되는 뇌 영역 중 특성 분노와 관련이 있는 뇌 영역을 확인하였다. 본 연구에서 사용된 분노 자극은 분노를 효과적으로 잘 유발한 것으로 나타났다. 모든 실험 참가자가 분노 경험을 회상할 때, 다소 높은 분노(0-10점 평정척도에서 7점 이상)를 경험하였다고 보고하였으며, 중립 자극 또한 모든 실험 참가자들이 아무런 감정을 느끼지 않았다고 보고하였다.

뇌 영상 분석 결과, 정서적 중립 사건을 회상하는 조건에 비해 분노를 유발하는 사건을 회상하는 동안 cerebellum anterior lobe, 우측 superior temporal gyrus (BA38), 좌측 inferior frontal gyrus (BA45), 우측 thalamus, 우측 insula (BA13), 그리고 양측 cuneus (BA17)에서 더 많이 활성화되었다. 이 결과는 분노 정서의 재인 및 경험과 관련된 뇌 기능 연구 결과와

일치한다(Coccaro, McCloskey, Fitzgerald & Phan, 2007; Damasio et al., 2000; Denson et al., 2009; Dougherty et al., 1999; Lindquist et al., 2012; Murphy et al., 2003; Phan et al., 2002). 이러한 기존 연구와 일치된 결과는 분노를 경험할 때 prefrontal, temporal, 그리고 occipital cortices와 같은 대뇌 피질 영역과 thalamus와 insula와 같은 limbic 영역에서의 뇌 활성화 증가는 cortico-limbic 영역을 포함하는 분노 경험 처리와 관련된 뇌 네트워크(brain network)가 존재할 가능성을 시사한다.

활성화된 각 영역의 기능을 살펴보면 다음과 같다. Superior temporal gyrus는 정서 자극을 재인하여 그 자극의 정서적 의미를 해석하고 평가하는 것과 관련이 있다고 알려져 있다(Adolphs, 2003; Allison, Puce & McCarthy, 2000; Mazzola et al., 2016; Paulus, Feinstein, Leland & Simmons, 2005; Singer et al., 2004; Xu, Gannon, Emmorey, Smith & Braun, 2009). 또한 thalamus는 anterior cingulate cortex, prefrontal cortex, anterior temporal cortex, 그리고 amygdala와 기능적 신경 네트워크를 이루어 정서 반응을 형성(forming)하고 표현하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Hirayama, 2015). 일차 정서 처리 영역인 amygdala와 기능적 연결성을 가지는 inferior frontal gyrus는 amygdala 활성화를 조절하여 분노 반응을 억제하는 영역으로 알려져 있다(Alia-Klein et al., 2009; Fabiansson et al., 2012; Pawliczek et al., 2013). 그리고 insula는 분노, 혐오와 같은 부정 정서와 관련된 정서 과제를 수행할 때 일반적으로 활성화되며(Wager & Barrett, 2017), 자율 신경계 반응을 발생시키는 영역이다(Bechara & Naqvi, 2004; Lindquist et al., 2012). 또한 정서 경험과 신체 내부감각수용기(interoceptor)에서 오는 정보를 통합하여 정서 자극에 대한 주관적

느낌을 표상하는 역할을 하는 영역으로 제안되고 있다(Craig, 2002, 2009).

본 연구에서 흥미로운 결과는 분노 경험의 정도를 통제된 후, 특성 분노 점수와 분노를 경험하는 동안의 우측 insula의 활성화 간에 정적 상관이 나타났다는 것이다. 이러한 결과가 나타난 것에는 세 가지로 해석할 수 있다. 첫 번째는 특성 분노가 높은 사람은 특성 분노가 낮은 사람에 비해 분노를 더 강하게 경험을 한다(Baron et al., 2007; Bettencourt et al., 2006; Tafrate et al., 2002). 이러한 특성으로 인해, 특성 분노가 높은 사람은 분노를 더 강하게 경험하여 부정 정서와 처리와 관련된 insula에서의 활성화가 커졌을 가능성이 있다. 두 번째로는 insula는 자율 신경계 반응을 발생시키는 영역으로(Bechara & Naqvi, 2004; Lindquist et al., 2012), 특성 분노가 높은 사람일수록 분노를 경험하는 동안 더 큰 자율 신경계 반응이 나타났을 가능성이 있고(Lee, Jang, Chung & Sohn, 2007; Kreibig, 2010), 이는 더 큰 insula의 활성화와 관련이 있을 수 있다. 본 연구에서는 자율 신경계 반응을 측정하지 않았기 때문에 추후 연구에서는 특성 분노, insula의 활성화, 그리고 자율 신경계 반응(예, 심장 박동, 피부 전도 반응 등) 간의 관계를 통합적으로 연구할 필요가 있다. 마지막으로 특성 분노가 높은 사람일수록 insula가 분노 경험과 신체 내부감각수용기에서 오는 정보를 통합하여 분노 자극에 대한 주관적 느낌을 표상할 때 더 강하게 표상하는 것으로 해석할 수 있다(Craig, 2002, 2009). 특성 분노가 높은 사람이 특성 분노가 낮은 사람에 비해 사소한 분노 자극임에도 불구하고 매우 강한 분노 자극으로 지각을 하는데(Tafrate et al., 2002), 이러한 과정이 분노 자극에 대한 주관적 느낌을 표상하는 역할을 하는 insula의 활성화의 증가와 연관되었을 가능성이 있다.

본 연구에서 제시한 특성 분노와 insula 간의 관련성에 대한 해석을 검증하기 위해서는 자극이 제시되는 동안의 분노를 경험한 정도와 특성 분노 또는 분노를 경험하는 동안의 insula 활성화 정도와의 관련성을 확인해야한다. 그러나 실험 참가자들이 보고한 분노 자극에 대한 주관적 평가는 7점에서 10점으로(0-10

점), 그 범위가 한 방향으로 편향되어 있었다. 이 때문에, 본 연구에서는 분노를 경험한 정도를 통제된 후, 특성 분노 점수와 분노를 경험하는 동안의 우측 insula의 활성화 간의 고유한 관계를 측정하였다. 추후 연구에서는 분노 자극에 의해 경험한 분노의 정도와 특성 분노 및 insula의 관련성을 확인하여 특성 분노와 insula 간의 관련성에 대한 해석을 검증해야 한다. 또한 특성 분노가 높고 우측 insula의 활성화가 높은 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비해 더 낮은 분노 조절 능력을 갖고 있을 가능성이 있다. 따라서 특성 분노가 높은 사람들 또는 분노를 경험하는 동안 우측 insula의 활성화가 높은 사람들을 대상으로 그들의 분노 조절 능력을 측정하는 후속 연구가 필요하다.

요약하면, 본 연구에서는 분노를 경험하는 동안 활성화되는 뇌 영역 중에서 우측 insula가 특성 분노와 관련성이 있음을 확인하였다. 또한 본 연구의 결과는 분노 경험과 관련된 뇌 기능 연구를 수행할 때, 분노 관련 특성의 개인차를 고려해야 함을 시사한다. 이를 통해 분노 경험과 관련이 높은 특성과 그와 관련된 뇌 영역 또는 회로를 규명하여 분노 발생 과정 및 분노 경험의 신경과학적 이해를 증진시키고, 결과적으로 분노 경험의 주관적, 생물학적 기제를 포함한 통합적 분노 조절 프로그램 개발에 기초 자료를 제공할 것이다.

REFERENCES

- Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience: cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(3), 165-178.
DOI: 10.1038/nrn1056
- Alia-Klein, N., Goldstein, R. Z., Tomasi, D., Woicik, P. A., Moeller, S. J., Williams, B., Craig, I. W., Telang, F., Biegan, A., Wang, G.-J., Fowler, J. S., & Volkow, N. D. (2009). Neural mechanisms of anger regulation as a function of genetic risk for violence. *Emotion*, 9(3), 385-396. DOI: 10.1037/a0015904
- Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: role of the STS region.

- Trends in Cognitive Sciences*, 4(7), 267-278.
DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01501-1
- Baron, K. G., Smith, T. W., Butner, J., Nealey-Moore, J., Hawkins, M. W., & Uchino, B. N. (2007). Hostility, anger, and marital adjustment: concurrent and prospective associations with psychosocial vulnerability. *Journal of Behavioral Medicine*, 30(1), 1-10. DOI: 10.1007/s10865-006-9086-z
- Bechara, A., & Naqvi, N. (2004). Listening to your heart: interoceptive awareness as a gateway to feeling. *Nature Neuroscience*, 7(2), 102-103.
DOI: 10.1038/nn0204-102
- Bettencourt, B., Talley, A., Benjamin, A. J., & Valentine, J. (2006). Personality and aggressive behavior under provoking and neutral conditions: a meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 132(5), 751-777.
DOI: 10.1037/0033-2909.132.5.751
- Britton, J. C., Taylor, S. F., Sudheimer, K. D., & Liberzon, I. J. N. (2006). Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks. *Neuroimage*, 31(2), 906-919.
DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.12.050
- Carré, J. M., Fisher, P. M., Manuck, S. B., & Hariri, A. R. (2012). Interaction between trait anxiety and trait anger predict amygdala reactivity to angry facial expressions in men but not women. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(2), 213-221. DOI: 10.1093/scan/nsq101
- Coccaro, E. F., McCloskey, M. S., Fitzgerald, D. A., & Phan, K. L. (2007). Amygdala and orbitofrontal reactivity to social threat in individuals with impulsive aggression. *Biological Psychiatry*, 62(2), 168-178. DOI: 10.1016/j.biopsych.2006.08.024
- Craig, A. (2002). How do you feel? interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 655-666.
DOI: 10.1038/nrn894
- Craig, A. (2009). Emotional moments across time: a possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1525), 1933-1942.
DOI: 10.1098/rstb.2009.0008
- Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin*, 115(1), 74-101.
DOI: 10.1037/0033-2909.115.1.74
- Damasio, A. R., Grabowski, T. J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L. L., Parvizi, J., & Hichwa, R. D. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience*, 3(10), 1049-1056.
DOI: 10.1038/79871
- Deffenbacher, J. L., Oetting, E. R., Thwaites, G. A., Lynch, R. S., Baker, D. A., Stark, R. S., Thacker, S., Eiswerth-Cox, L. (1996). State-trait anger theory and the utility of the trait anger scale. *Journal of Counseling Psychology*, 43(2), 131-148.
DOI: 10.1037/0022-0167.43.2.131
- Denson, T. F., Pedersen, W. C., Ronquillo, J., & Nandy, A. S. (2009). The angry brain: neural correlates of anger, angry rumination, and aggressive personality. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 734-744.
DOI: 10.1162/jocn.2009.21051
- Dougherty, D. D., Shin, L. M., Alpert, N. M., Pitman, R. K., Orr, S. P., Lasko, M., Macklin, M. L., Fischman, A. J. & Rauch, S. L. (1999). Anger in healthy men: a PET study using script-driven imagery. *Biological Psychiatry*, 46(4), 466-472.
DOI: 10.1016/S0006-3223(99)00063-3
- Eckhardt, C. I., & Cohen, D. J. (1997). Attention to anger-relevant and irrelevant stimuli following naturalistic insult. *Personality and Individual Differences*, 23(4), 619-629.
DOI: 10.1016/S0191-8869(97)00074-3

- Fabiansson, E. C., Denson, T. F., Moulds, M. L., Grisham, J. R., & Schira, M. M. (2012). Don't look back in anger: Neural correlates of reappraisal, analytical rumination, and angry rumination during recall of an anger-inducing autobiographical memory. *Neuroimage*, *59*(3), 2974-2981. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.09.078
- Frost, W. D., & Averill, J. R. (1982). Differences between men and women in the everyday experience of anger. In J. R. Averill (Eds.), *Anger and Aggression* (pp. 281-316). New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4612-5743-1_13
- Fulwiler, C. E., King, J. A., & Zhang, N. (2012). Amygdala-orbitofrontal resting state functional connectivity is associated with trait anger. *Neuroreport*, *23*(10), 606-610. DOI: 10.1097/WNR.0b013e3283551cfe
- Hahn, D. W., Chon, K. K., Lee, C. H., & Spielberger, C. D. (1997). Korean adaptation of the state-trait anger expression inventory: anger and blood pressure. *Korean Journal of Health Psychology*, *2*(1), 60-78. Retrieved from <http://kiss.kstudy.com>
- Harmon-Jones, E. (2007). Trait anger predicts relative left frontal cortical activation to anger-inducing stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, *66*(2), 154-160. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2007.03.020
- Hirayama, K. (2015). Thalamus and emotion. *Brain and Nerve = Shinkei Kenkyu no Shinpo*, *67*(12), 1499-1508. DOI: 10.11477/mf.1416200328
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biological Psychology*, *84*(3), 394-421. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.03.010
- Lazarus, R. S. (1991). Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *American Psychologist*, *46*(8), 819-834. DOI: 10.1037//0003-066X.46.8.819
- Lee, Y. C., Jang, E. H., Chung, S. C., & Sohn, J. H. (2007). ANS responses in negative emotions induced by audio-visual film clips. *Science of Emotion & Sensibility*, *19*(4), 471-480. Retrieved from <http://www.ndsl.kr/>
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *Behavioral and Brain Sciences*, *35*(3), 121-143. DOI: 10.1017/S0140525X11000446
- Mazzola, V., Arciero, G., Fazio, L., Lanciano, T., Gelao, B., Popolizio, T., Vuilleumier, P., Bondolfi, G., & Bertolino, A. (2016). What impact does an angry context have upon us? The effect of anger on functional connectivity of the right insula and superior temporal gyri. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *10*, 109. DOI: 10.3389/fnbeh.2016.00109
- Mills, C., & D'Mello, S. (2014). On the validity of the autobiographical emotional memory task for emotion induction. *PLoS One*, *9*(4), e95837. DOI: 10.1371/journal.pone.0095837
- Murphy, F. C., Nimmo-Smith, I., & Lawrence, A. D. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *3*(3), 207-233. DOI: 10.3758/CABN.3.3.207
- Oh, S. Y. (2017). Factors in crime of passion and countermeasures, *Korean Association of Public Safety and Criminal Justice Review*, *26*(1), 39-65. DOI: 10.21181/KJPC.2017.26.2.37
- Paulus, M. P., Feinstein, J. S., Leland, D., & Simmons, A. N. (2005). Superior temporal gyrus and insula provide response and outcome-dependent information during assessment and action selection in a decision-making situation. *Neuroimage*, *25*(2), 607-615. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2004.12.055
- Pawliczek, C. M., Derntl, B., Kellermann, T., Gur, R. C., Schneider, F., & Habel, U. (2013). Anger under control: neural correlates of frustration as a function

- of trait aggression. *PLoS One*, 8(10), e78503.
DOI: 10.1371/journal.pone.0078503
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 16(2), 331-348.
DOI: 10.1006/nimg.2002.1087
- Putman, P., Hermans, E., & van Honk, J. (2004). Emotional stroop performance for masked angry faces: it's BAS, not BIS. *Emotion*, 4(3), 305-311.
DOI: 10.1037/1528-3542.4.3.305
- Schum, J. L., Jorgensen, R. S., Verhaeghen, P., Sauro, M., & Thibodeau, R. (2003). Trait anger, anger expression, and ambulatory blood pressure: A meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 26(5), 395-415.
DOI: 10.1023/A:1025767900757
- Singer, T., Seymour, B., O'doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303(5661), 1157-1162.
DOI: 10.1126/science.1093535
- Sinha, R., & Tuit, K. (2012). *Imagery Script Development Procedures Manual*. North Charleston, SC: CreateSpace Independent Publishing Platform.
Retrieved from <http://books.google.co.kr/>
- Smith, P., & Waterman, M. (2003). Processing bias for aggression words in forensic and nonforensic samples. *Cognition & Emotion*, 17(5), 681-701.
DOI: 10.1080/026999303022281
- Smith, P., & Waterman, M. (2005). Sex differences in processing aggression words using the emotional stroop task. *Aggressive Behavior*, 31(3), 271-282.
DOI: 10.1002/ab.20071
- Smith, T. W., Glazer, K., Ruiz, J. M., & Gallo, L. C. (2004). Hostility, anger, aggressiveness, and coronary heart disease: an interpersonal perspective on personality, emotion, and health. *Journal of Personality*, 72(6), 1217-1270.
DOI: 10.1111/j.1467-6494.2004.00296.x
- Spielberger, C. D. Johnson, E. H., Russell, S. F., Crane, R. J., Jacobs, G. A., & Worden, T. J. (1985). The experience and expression of anger: construction and validation of an anger expression scale. In M. A. Chesney & R. H. Rosenman (Eds.), *Anger and Hostility in Cardiovascular and Behavioral Disorders*, (pp. 5-30). Washington DC: Hemisphere.
Retrieved from <http://books.google.co.kr/>
- Spielberger, C. D., Jacobs, G., Russell, S., & Crane, R. S. (1983). Assessment of anger: the state-trait anger scale. In J. N. Butcher & C. D. Spielberger (Eds.), *Advances in Personality Assessment* (Vol. 2, pp. 159-187). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
Retrieved from <http://books.google.co.kr/>
- Tafate, R. C., Kassiove, H., & Dundin, L. (2002). Anger episodes in high-and low-trait-anger community adults. *Journal of Clinical Psychology*, 58(12), 1573-1590. DOI: 10.1002/jclp.10076
- Todorov, A., & Bargh, J. A. (2002). Automatic sources of aggression. *Aggression and Violent Behavior*, 7(1), 53-68. DOI: 10.1016/S1359-1789(00)00036-7
- van Honk, J., Tuiten, A., van den Hout, M., Putman, P., de Haan, E., & Stam, H. (2001). Selective attention to unmasked and masked threatening words: relationships to trait anger and anxiety. *Personality and Individual Differences*, 30(4), 711-720. DOI: 10.1016/S0191-8869(00)00160-4
- Wager, T. D., & Barrett, L. F. (2017). From affect to control: Functional specialization of the insula in motivation and regulation. *BioRxiv*, 102368.
- Wilkowski, B. M., Robinson, M. D., Gordon, R. D., & Troop-Gordon, W. (2007). Tracking the evil eye: trait anger and selective attention within ambiguously hostile scenes. *Journal of Research in Personality*, 41(3), 650-666.
DOI: 10.1016/j.jrp.2006.07.003

- Xu, J., Gannon, P. J., Emmorey, K., Smith, J. F., & Braun, A. R. (2009). Symbolic gestures and spoken language are processed by a common neural system. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(49), 20664-20669. DOI: 10.1073/pnas.0909197106
- Yeon, S. J., & Ryu, C. H. (2015). *Recent Developments of Anger Management Virtual Reality Cognitive Behavioral Therapy (VR-CBT) Program for Juvenile Offenders* (Report No. 15-AB-04). Retrieved from Korean Institute of Criminology Website: <https://www.kic.re.kr/>

원고접수: 2018.08.29

수정접수: 2018.09.17

게재확정: 2018.09.17