

## 시각혐오자극으로 유발된 대뇌 피질 활성화도 변화

## The Change of Cortical Activity Induced by Visual Disgust Stimulus

정 욱<sup>1</sup> · 박두흠<sup>2</sup> · 유재학<sup>2</sup> · 유승호<sup>2</sup> · 하지현<sup>2</sup> · 신병학<sup>1</sup>Wook Jung,<sup>1</sup> Doo-Heum Park,<sup>2</sup> Jae-hak Yu,<sup>2</sup> Seung-Ho Ryu,<sup>2</sup> Ji-Hyeon Ha,<sup>2</sup> Byoung-Hak Shin<sup>1</sup>

## ■ ABSTRACT

**Objectives:** There are a lot of studies that analyze the interaction between the emotion of disgust and the functional brain images using fMRI and PET. But studies using sLORETA (standardized low resolution brain electromagnetic tomography) almost do not exist. The aim of this research is to explore the relationship of the emotion of disgust and the cortical activation using sLORETA analysis.

**Methods:** Forty five healthy young adults ( $27.1 \pm 2.6$  years) participated in the study. While they were watching 4 neutral images and 4 disgusting images associated with mutilation selected from the international affective picture system (IAPS), participants' EEGs were taken for 30 seconds per one picture. Through these obtained EEG data, sLORETA analysis was performed to compare EEGs associated with neutral and negative images.

**Results:** During looking for visual disgusting stimulus, all participants reported unpleasantness, arousal and stress. In sLORETA analysis, the decrease of current density in theta wave was shown at left frontal superior gyrus (BA10) and middle gyrus (BA10, 11). This voxel cluster consists of a total of 11 voxels and the threshold of t value indicating statistically significant decreases in the current density ( $p < 0.05$ ) was  $-1.984$ . There were no differences between male and female in the degree of being disgusted by the stimuli.

**Conclusion:** This finding may suggest that the activation of dorsolateral prefrontal cortex might be associated with regulating disgust emotion. **Sleep Medicine and Psychophysiology 2013 : 20(2) : 75-81**

**Key words:** Disgust · Emotion regulation · EEG · sLORETA.

75

## 서 론

정서(emotion)란 어떤 대상이나 상황을 지각하고 그에 동반되는 생리적 변화나 행동적 변화, 그리고 정서의 의식적 측면인 감정(feeling, affect)을 포함하는 개념으로(Suh 2004),

Received: November 12, 2013 / Revised: December 4, 2013

Accepted: December 4, 2013

<sup>1</sup>건국대학교병원 정신건강의학과

Department of Neuropsychiatry, Konkuk University Medical Center, Seoul, Korea

<sup>2</sup>건국대학교 의학전문대학원 정신건강의학교실

Department of Psychiatry, Konkuk University School of Medicine, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Korea

**Corresponding author: Doo-Heum Park,** Department of Psychiatry, Konkuk University Medical Center, Konkuk University School of Medicine, 120-1 Neungdong-ro, Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-729, Korea

Tel: 02) 2030-7568, Fax: 02) 2030-7749

E-mail: dhpark@kuh.ac.kr

다윈(Darwin 1965)은 정서와 정서표현방식은 진화에 의하여 형성된 생물학적 특징으로 동물의 생존을 위하여 중요한 기능을 한다고 주장하였다. 1937년 파페즈(Papez 1995)가 인간 정서와 변연계(limbic system)의 관련성을 발표한 이후로 인간 정서와 대뇌 구조와의 관련성에 대한 많은 연구가 진행되었고 그 결과 슬하전두대상피질(sgACC : subgenual anterior cingulate cortex)은 우울 또는 불안의 조절에 관련되며, 복내측전전두피질(VMPFC : ventromedian prefrontal cortex)은 감정의 프로세스에 중요하고, 편도체(amygdala)는 공포의 프로세스에 핵심부위라는 사실들이 알려졌다. 또한 이러한 정서들은 슬하전두대상피질(sgACC)-중견의지핵(nucleus accumbens)-시상(Thalamus)-피질(Cortex)를 연결하는 the cortico-striatal-thalamic-cortical(CSTC) loop를 통해 상호작용하며 조절되고 있는 것으로 생각하고 있다(Stahl 2000).

이런 정서의 이해를 위한 분류 체계에 대해서는 연구자들

정 욱 등

에 따라 다양한 제안이 있으나 보편적으로 분노, 혐오, 공포, 기쁨, 슬픔, 놀람 6가지가 기본정서로 인정받고 있다(Ekman과 Davidson 1994 ; Ekman과 Sorenson 등 1969 ; Sohn 2011). 그 중 혐오(disgust)정서는 진화적인 관점에서 오염되거나 상한 음식을 거부하는 구강방어(oral defense)로 생각되고 있으며(Angyal 1941 ; Darwin 1965 ; Rozin과 Fallon 1987) 정신의학 영역에서는 강박장애 또는 특정 공포증(거미, 뱀) 외에도 식이장애, 우울증 및 성 장애(sexual disorder)까지 다양한 정신질환과 관련된 정서로 주목 받고 있다(Husted과 Shapira 등 2006 ; Olatunji과 McKay 2007). 혐오정서는 다양한 유발원(elicitors)에 의해서 생겨날 수 있는데 Haidt 등(Haidt과 McCauley 등 1994)은 혐오를 일으키는 유발원의 종류를 음식, 배설물, 특정 동물들(오염과 관련된 쥐, 바퀴벌레)과 관련된 core disgust와 성(sex), 개인위생, 폭력, 죽음(death) 등과 관련된 animal reminder disgust로 분류하였다. 이후의 몇몇 연구들에서는 혐오 정서의 유발원을 오염(contamination)과 신체훼손(mutilation) 크게 두 가지로 구분하여 기능적 영상 연구가 시행되었다(Schienze과 Schafer 등 2006 ; Wright과 He 등 2004). 하지만 오늘날까지 각각의 유발원에 의한 대뇌의 혐오 정서 프로세스가 차이가 있는가에 대해서는 명확하게 밝혀지지는 않았다(Sarlo과 Buodo 등 2005).

혐오 정서에 대한 기존 연구의 대다수는 혐오 정서의 유발원을 범주화하여 사진 또는 동영상 등의 시각자극을 준 후 fMRI 또는 PET을 이용하여 대뇌 활성을 확인하는 방식과 혐오스런 얼굴 표정 또는 음성 등의 인지(recognition)에 관련된 대뇌 활성을 살펴보는 방식으로 이루어져 왔으며 연구 대상은 일반 정상인군부터 강박장애 환자군까지 다양하다. 이 연구들에서 중요하게 보고되는 혐오정서와 관련된 대뇌 영역은 섬피질(insular cortex) 및 CTCS circuit으로 강박장애 환자들에게도 같은 영역의 활성화가 확인되었다(Husted과 Shapira 등 2006 ; Sarlo과 Buodo 등 2005).

혐오 정서에 대한 과거 연구들은 대부분 PET 또는 fMRI를 통해 이루어졌는데 이 두 방법들은 3차원에서 밀리미터 이하를 구분할 수 있는 높은 공간 해상도를 가진다는 장점이 있으나 신경활성을 간접적으로 측정한다는 단점이 있다(Kam과 Choi 등 2006). 이에 비해 뇌파는 신경 활성을 직접적으로 측정할 수 있고 시간해상도가 우수하다는 장점이 있다. 그러나 입체적인 뇌 안의 다양한 깊이와 강도를 가지고 있는 전기적 활성화가 두피에 투영될 때는 같은 신호를 보낼 수 있기 때문에 뇌파를 통한 뇌의 기능적 영상을 얻기에는 제약이 많다(Michel과 Murray 등 2004). 따라서 이러한 뇌파의 단점을 보완하기 위해 생겨난 것이 LORETA(low-

resolution electromagnetic tomography)이다. LORETA는 뇌파의 전기적 신호에 의해 형성되는 전류밀도를 3차원적인 접근방식으로 데이터를 처리하여 뇌 신호원의 국소화를 알아내는 알고리즘으로 분산전류원국지법(distributed source localization)을 통해 3차원 격자구조에 형성된 각 점의 뇌 전기 활성을 재구성하고, 표면에 가까운 격자점에는 전류밀도가 크게 나오는 단점을 보완하기 위해 깊이에 따른 가중치를 적용한다. 이 방법은 영상이 흐리다는 단점이 있지만 전류원의 국지화에는 더 용이하다(Kim과 Jin 2005 ; Pascual-Marqui과 Michel 등 1994).

1994년 Pascual-Marqui(Pascual-Marqui과 Michel 등 1994)에 의해 처음 소개된 이후 LORETA는 인지과정의 연구(Strik과 Fallgatter 등 1998), 시각, 청각 자극에 대한 피질 활성화에 대한 연구(Pascual-Marqui과 Michel 등 1994), 간질 부위의 국소화(Lantz과 Michel 등 1997), 정신분열증(Pascual-Marqui과 Lehmann 등 1999) 및 우울증(Lubar과 Congedo 등 2003) 등의 정신 장애의 연구, 중추신경계 약물 연구(Frei과 Gamma 등 2001), 뉴로피드백(Congedo과 Lubar 등 2004) 등 다양한 임상 영역에서 활용되고 있으나 아직 이를 이용한 혐오 정서에 대한 연구 사례는 알려진 바가 없다(Kim과 Jin 2005). 따라서 본 연구에서는 LORETA를 이용하여 정상 남녀들에게 국제정서사진체계(IAPS : international affective picture system)에 포함된 신체훼손(mutilation)과 관련된 혐오시각자극을 준 후 정량화 뇌파를 측정하였다. 이 데이터를 LORETA 분석을 통해 대뇌 뇌파 변화의 분석 및 국지화를 시도하였고, 그 결과를 기존의 PET 또는 fMRI 등을 통한 기능적 영상 연구와 비교해 보고자 하였다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

대상자 61명(27.2±3.0세) 중 34명은 남자로 평균연령은 26.6±2.4세였으며, 여성은 27명이고 평균 28.0±3.5세였다. 이중 최종적으로 뇌파 검사상 아티팩트와 잡파가 있는 대상자를 제외시켜 최종 대상자는 총 45명(27.1±2.6세)이었으며 남자 24명(26.70±2.48세), 여자 21명(27.90±3.21세)의 자료가 분석에 이용되었다. 참여 기준은 1) 정상인 남성 혹은 여성으로 2) 40세 미만이고 21세 이상이며, 3) 정상 뇌파소견을 보이는 대상으로 하였다. 또한 손잡이에 대한 변이를 최소화하기 위하여 4) 오른손잡이인 사람만을 대상으로 하였다. 배제 기준은 정상적인 정서반응에 영향을 줄 수 있는 1) 신경과적인 질환을 앓은 과거력이 있거나 2) 정신과적인 병력이 있는 경우 또는 3) 물질남용 등의 병력이 있는 사람은 제외

되었으며, 4) 타과적 신체질환이 있는 사람도 제외되었다. 5) 뇌파검사 전 24시간 이내에 술을 마신 사람은 제외되었으며 6) BDI(Beck Depression Inventory) 상 14점 이상이거나 BAI(Beck Anxiety Inventory) 상 56점 이상인 자도 정신과적인 질환의 가능성을 고려하여 역시 제외되었다. 대상자들은 실험에 관한 설명을 듣고 동의서에 서명하였으며 본 연구 계획과 방법은 건국대학교병원 연구윤리심사위원회의 승인을 받았다.

## 2. 연구 방법

### 1) 국제정서사진체계(IPAS)-시각적 혐오자극 선정

혐오시각자극을 통한 뇌파를 비교 분석하기 위하여 국제정서사진체계를 사용하였다. 국제정서사진체계는 Lang 등(Lang 1999)이 개발한 방법으로 기쁨, 놀람, 공포, 분노, 혐오, 슬픔 등의 각 사진에 대한 감성의 3차원 값(pleasure, arousal, dominance)의 평균치를 제시하고 있다. 본 연구에서는 국제정서사진체계 사진 중 중립자극에 대한 4장의 사진들과, 혐오자극에 대한 4장의 사진을 선정하였다. 중립자극으로 선택된 사진들은 수건, 빈 접시, 물컵, 바구니의 사진이었고 혐오자극으로 선택된 사진들은 안면 손상, 손가락 손상, 화상, 시체 등의 훼손된 신체 일부분 또는 전체로서 이차원적 정서반응인 쾌/불쾌, 이완/각성 중 불쾌감과 각성을 유발하며 기본정서 중 혐오(disgust) 감정을 일으키는 것으로 선택되었다. 각 피험자가 컴퓨터 모니터를 통해 중립자극사진 4장, 혐오자극사진 4장을 각각 30초씩 감상하는 동안 뇌파를 측정하고, 혐오자극사진을 감상한 후에는 중립자극 사진에 비하여 1)얼마나 불쾌감을 느끼셨습니까?, 2)얼마나 놀라셨습니까?, 3)얼마나 스트레스를 받으셨습니까?의 세가지 질문에 대해서 점수를 주는 VAS(visual analogue scale) : 1(불쾌하지 않음)~10(아주 불쾌함) 양식의 설문지를 작성하였다.

### 2) 뇌파 분석

뇌파검사는 오전 8시에서 9시 사이에 소음이 차단되고 온도 및 습도가 쾌적하게 자동 유지되는 전자 차폐된 검사실에서 시행되었다. 30채널(FP1, FP2, F3, F4, F7, F8, FT7, FT8, FC3, FC4, FZ, FCZ, T7, T8, C3, C4, CZ, TP7, TP8, CP3, CP4, CPZ, P3, P4, P7, P8, PZ, O1, O2, OZ)을 사용하여 뇌파 자료를 얻었으며, 기준전극은 국제 10/20 시스템에 의거하여 양쪽 귀에 부착하였다. 또한 안구운동의 영향을 고려하기 위하여 안전도를 위한 전극이 부착되었다. 피험자가 중립자극사진 4장, 혐오자극사진 4장을 각각 30초씩 보는 동안, 총 4분의 뇌파가 측정되었다. 뇌파검사는 Neuroscan version

4.3.3(Compumedics®, Abbotsford, Australia)을 사용하여 측정되었고, 신호추출빈도는 채널당 500 Hz였으며 민감도는 0.15  $\mu$ V, 저역차단필터는 0.05 Hz, 고역차단필터는 60 Hz였다. 피험자들의 뇌파 중에서 안구운동과 눈 깜빡임이 심한 부분과 잡파가 많이 섞인 부분을 제외하였고 2초 간격으로 총 5개의 epoch를 선택하였다. 따라서 실험 참가자 한 명당 중립자극사진 4장에서 20 epoch(40초), 혐오자극사진 4장에서 20 epoch(40초), 총 40 epoch(80초) 구간의 뇌파가 분석되었다.

### 3) sLORETA 분석

비교군간 피질의 활성화 차이를 보기 위하여 sLORETA software package(Pascual-Marqui 2002)를 이용하여 상호스펙트럼분석(cross-spectral analysis)을 실시하였다. 이를 통해 대뇌 속 전류밀도를 얻어 최대 차이 부분(local max coordinates)의 신호원을 국소화하였다. sLORETA는 Talairach와 Tournoux의 anatomical brain atlas에 등록되어 있는 두부 모형과 뇌파 전극 좌표(EEG electrode coordinates) 자료를 이용하였고 재현되는 뇌 영상은 몬트리올 신경학 연구소 뇌영상 센터(brain imaging center, montreal neurological institute)의 디지털 영상을 이용하였다. sLORETA에서 분석된 주파수 대역은 델타(1.5~6 Hz), 세타(6.5~8 Hz), 알파-1(8.5~10 Hz), 알파-2(10.5~12 Hz), 베타-1(12.5~18 Hz), 베타-2(18.5~21 Hz), 베타-3(21.5~30 Hz)으로 총 7개 밴드로 분석되었다. 또한 통계적으로 유의미한 복셀 클러스터의 복셀 수를 10개 이상으로 정하였다.

sLORETA 분석은 기본적으로 남자군, 여자군, 남녀통합군의 3군으로 구분하여 혐오자극과 중립자극 뇌파의 차이를 비교해 보았고 추가적으로 각 성별로 혐오자극과 중립자극 뇌파 차이를 구한 후 그 차이를 남녀 비교해 보는 남녀 차이군의 분석이 실시되었다. 각각의 통계 분석은 대응표본 t-검정(paired t-test)을 통해 이루어졌고, 네 번째 남녀 차이군에서는 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다.

## 결 과

### 1. 설문결과

Table 1은 최종적으로 분석에 사용된 45명의 평균 연령 및 우울 불안 척도를 보여준다. 남자 24명의 평균 연령은 26.70  $\pm$  2.48세였으며 여자 21명의 평균연령은 27.90  $\pm$  3.21세였다. 남녀 간 평균 연령에서는 유의미한 차이는 없었고, 실험 전 실시된 우울 불안 척도인 BDI, BAI, STAI(state-trait anxiety inventory) I, II에서 남녀 평균의 유의미한 차이는 없

었다. 혐오 시각 자극 후 실시한 감정 반응에 대한 VAS 결과 실험 참가자들 대부분이 불쾌감, 놀람, 스트레스를 받았다고 보고하였으나, 남녀 간 혐오자극에 대한 주관적 감정 반응에서는 유의한 차이가 없었다.

## 2. sLORETA 분석 결과

시각적 혐오자극 이후 남자의 경우 베타2파에서 두정엽(parietal lobe)의 췌기전소엽(precuneus : BA7) 영역의 유의미한 전류원 밀도 감소를 보였고, 남녀통합군에서는 췌타파와 알파-1파 영역에서 좌측 전두엽의 위이마이랑(superior fron-

**Table 1.** Demographic data

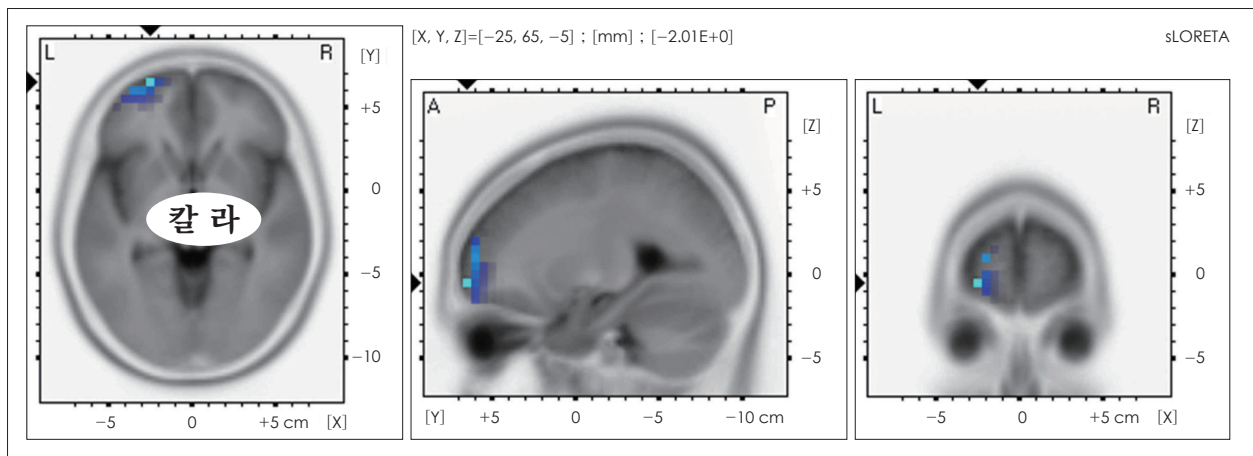
N	Male		Female		Comparison male vs. female
	24		21		
Age (years)	26.70±2.48		27.90±3.21		p=0.163
Depression & anxiety					
BDI	3.67±3.70		4.76±4.13		p=0.354
BAI	2.33±2.52		4.04±3.51		p=0.064
STAI I	39.71±6.95		41.38±6.96		p=0.425
STAI II	43.42±4.58		43.00±4.89		p=0.769
VAS					
Unpleasantness	4.04±2.61		5.38±3.29		p=0.136
Arousal	3.62±2.43		4.57±2.86		p=0.236
Stressfulness	3.96±2.53		5.48±2.69		p=0.580

BDI : Beck Depression Inventory, BAI : Beck Anxiety Inventory, STAI : State Trait Anxiety Inventory, VAS : Visual Analogue Scale

**Table 2.** sLORETA analysis-statically significant Voxels in total group ( p<0.05)

Wave	t-value	Talairach coordination			Region	BA
		x	y	z		
Theta (6.5-8 Hz)	-2.011	-25	65	-5	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.993	-25	60	10	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.993	-20	65	10	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.992	-30	60	10	Middle frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.992	-35	60	-10	Middle frontal gyrus (frontal lobe)	11
	-1.991	-30	60	5	Middle frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.989	-30	60	0	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.989	-35	60	-5	Middle frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.988	-25	60	15	Middle frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.988	-30	60	-5	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10
	-1.986	-25	60	5	Superior frontal gyrus (frontal lobe)	10

BA : Brodman Area



**Figure 1.** The slice view of significant voxels in theta frequency in total group shows the voxels that have the significant decrease of current density of theta band in total group. This voxel cluster consists of a total of 11 voxels and the threshold of t-value indicating statistically significant decreasing of current density p<0.05) is -1.984. Talairach coordination of voxel which has maximum t-value (-2.014) is (X, Y, Z)=(-20, 65, -5).

tal gyrus : BA10)과 중간이마이랑(middle frontal gyrus : BA10, 11)의 유의미한 전류원 밀도 감소가 관찰되었다. 이 중 본 연구에서 유의미한 것으로 정의한 복셀 클러스터의 복셀 수 10개 이상을 만족하는 것은 남녀 통합군의 세타파의 복셀 클러스터였다. 이 band의 유의미한 전류밀도( $p < 0.05$ )의 감소를 나타내는 t값의 임계값은 -1.984였고 총 11개의 복셀이 이에 해당되었다. Table 2에는 유의미한 11개의 복셀과 t값이 정리 되어있고 Figure 1에는 최고 t값을 보이는 복셀의 Talairach 좌표와 유의미한 복셀들이 시각화되어 있다.

## 고 찰

본 연구에서는 국제정서사진체계(IAPS)를 이용하여 혐오 정서를 유발하는 신체훼손(mutilation) 사진을 시각 자극으로 제시한 후 뇌파변화를 측정하였고 sLORETA 분석을 통해 대뇌 피질의 활성을 관찰하였다. sLORETA 분석상 남자의 경우 베타-2파에서 두정엽의 뺨기전소엽 영역의 유의미한 전류원 밀도 감소를 보였고 남녀통합군에서는 세타파와 알파-1파 영역에서 좌측 전두엽의 위이마이랑)와 중간이마이랑의 유의미한 전류원 밀도 감소가 관찰되었다. 이 중 본 논문에서 유의미한 복셀 클러스터로 정의한 복셀 수 10개 이상을 만족하는 것은 남녀통합군에서 세타파 영역에서 브로드만 10번과 11번에 해당하는 복셀 클러스터였다. 본 논문에서는 세타파의 전류밀도 감소는 전기적 활성으로 판단하였고 결과적으로 혐오 시각 자극에 의하여 왼쪽 전두엽의 위이마이랑(BA10)과 중간이마이랑(BA 10, 11)의 전기적 활성을 관찰할 수 있었다.

남녀 통합군에서 전기적 활성의 증가가 관찰된 브로드만 10번, 11번 영역은 왼쪽 전두엽의 위이마이랑과 중간이마이랑의 입쪽 부분(rostral portions)으로 브로드만 9~12번, 45~46번 영역과 함께 배외측 전전두엽(dorsolateral PFC)에 속한다. 이 영역의 기능에 대해서는 아직 많은 것이 알려져 있지 않지만 왼쪽 위이마이랑은 고위 인지기능 및 작업기억을 담당하는 영역으로 생각되고 있다(Du Boisgueheneuc과 Levy 등 2006). 또한 전전두엽(prefrontal cortex)은 이론적으로는 편도체와 감정조절에 있어서 역작용의 관계(inverse relationship)를 가지고 있다고 여겨진다. 그 중 브로드만 10번 영역은 편도체와의 직접적 연결(direct connectivity)은 별로 없지만 안와전두피질(orbitofrontal region)에 정보를 전달함으로써 감정의 하향조절(down regulation)을 담당하는 정서조절회로(regulation circuit)의 일부로 생각 된다(Quirk과 Beer 2006).

부정적 정서조절은 이론적으로 인지적 정서조절(cognitive reappraisal : antecedent focused strategies) 과 행동적 정서

조절(expressive suppression : response focused strategies)로 나누어 볼 수 있다. 전자는 감정이 최대치에 도달하기 전 초기에 인지적, 집행기능으로 정서를 조절하는 것으로 내측, 배외측, 복외측 전전두엽(medial, dorsolateral, ventrolateral prefrontal cortex)과 전두대상피질(ACC)과 관련되어 있는 것을 알려져 있고(Gross 1998), 후자는 정서의 반응으로 나타나는 얼굴 표정, 행동, 생리적 반응 등을 억제함으로써 정서를 조절하는 방식으로 우측 복외측 전전두엽(right ventrolateral PFC)과 관련 있는 것으로 제안되고 있다(Garavan과 Hester 등 2006). 2007년 Goldin 등(Goldin과 McRae 등 2008)은 수술 장면으로 혐오 시각자극을 준 후 fMRI를 통하여 상기 정서 조절 방식에 따라 섬피질(insula cortex), 편도체(amygdala), 전전두엽(PFC)등의 활성화 변화를 측정하였고 인지적 정서 조절 시 브로드만 10번 영역을 포함한 전전두엽 영역의 활성화 및 편도체와 섬피질의 활성이 떨어짐을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 확인된 브로드만 10번 11번의 활성화는 정서조절과 관련되어 있는 것으로 추론할 수 있다.

혐오 정서에 대한 기존 PET 또는 fMRI 연구를 살펴보면 혐오사진을 통한 시각 자극 후 대뇌의 섬피질(insula cortex)과 기저핵(basal ganglia)의 활성화가 보고되었다(Husted과 Shapira 등 2006 ; Phan과 Fitzgerald 등 2004 ; Shapira과 Liu 등 2003). 그 외에도 혐오정서를 유발하는 후각 자극에 의해서도 비슷한 섬피질과의 관련성이 보고되었으며(Royet과 Plailly 등 2003), 혐오 감정을 나타내는 얼굴표정을 인지할 때 좌측 섬피질과 우측 조가비핵(putamen)의 활성을 관찰 하였다(Sprengelmeyer과 Rausch 등 1998). 또한 cortico-striatal-thalamic-cortical(CSTC) circuit이 혐오정서를 인지(recognition)하는 데 중요한 역할을 한다고 주장되었다(Sprengelmeyer과 Rausch 등 1998 ; Sprengelmeyer과 Young 등 1996). Wright 등(Wright과 He 등 2004)은 본 연구에서도 사용한 국제정서사진체계의 사진들을 이용하여 오염(contamination) 또는 신체훼손(mutilation)으로 혐오시각자극을 구분하여 fMRI를 촬영하였고 두 혐오자극 모두에서 섬피질(insula cortex)의 활성화를 보고하였다. 또한 신체훼손자극에 의해서는 복측시야영역(ventral visual area)과 우측 위두정피질(superior parietal cortex)의 활성화를 관찰하였고 본 연구와 유사한 BA 8, 9번 영역의 좌측 위이마이랑(superior frontal gyrus)의 활성화를 보고하였다.

하지만 이번 sLORETA연구에서는 기존 연구에서 많이 논의되었던 섬피질(insula cortex) 및 기저핵(basal ganglia) 등의 활성화는 확인되지 않았고 브로드만 10번 11번 영역의 활성화만이 관찰되었다. 이에 대한 이유로는 다양한 원인을 고려해 볼 수 있는데 sLORETA의 분석 부위는 주로 피질이

기 때문에 기저핵과 같은 깊은 부위에 있는 피질 하 조직은 측정할 수 없으며, sLORETA 분석은 해상도가 낮기 때문에 심피질 같은 좁은 부위의 내부 피질의 변화를 관찰하기가 어려웠을 것으로 추정된다. 그 외에도 실험대상자의 n수가 많지 않았다는 점도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

이 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째로 실험군의 모집이 의대생으로 이루어졌다는 점이다. 제한된 특수집단으로 일반인들에 비해서 혐오 정서반응이 약했을 것으로 예상되며 사진을 인지적으로 파악하려는 작용이 많이 관여했을 것으로 추측할 수 있다. 따라서 순수한 혐오 정서의 유발이 어려웠을 가능성이 있다. 둘째로 혐오정서의 유발원이 시각 자극 뿐이라는 것이다. 기존의 연구들은 혐오 감정을 일으키는 유발원(elicitors)에 대해 시각 자극 외에도 청각을 포함한 시청각 자극 또는 미각, 후각에까지 다양한 유발원이 활용되었다. 유발원의 내용적인 측면에서도 기존 연구들은 오염(contamination) 또는 신체훼손(mutilation)과 같이 범주화(categorization)하여 혐오정서를 측정·비교하였으나, 이 연구에서는 신체훼손(Mutilation)에 대한 혐오시각자극만을 사용하여 연구의 폭이 좁았다고 생각된다.

그럼에도 본 연구는 sLORETA를 통해 혐오정서의 기능적 영상을 얻고자 한 최초의 연구이며 브로드만 10번과 11번 영역의 대뇌 피질의 활성화를 확인할 수 있었다는 점에서 의의를 가진다. 향후 뇌파의 측정 및 분석 알고리즘의 발달과 보다 구조화된 연구를 통해서 혐오 정서의 대뇌 프로세스를 정확히 파악하고, 그와 더불어 강박장애 및 특정 공포증 등의 질병에 대한 정신병리 또한 더 깊이 이해할 수 있게 되길 기대해본다.

## 요 약

**목 적 :** 혐오 자극에 대한 뇌의 기능적 영상 연구에 있어서 기능적 자기공명영상, 양전자방출단층촬영 등의 연구는 많이 진행되어 있으나 저해상 전자기 단층촬영(low resolution brain electromagnetic tomography) 분석을 이용한 연구는 거의 없다. 본 연구의 목적은 피험자들에게 시각적 혐오 자극을 준 후 나타나는 대뇌 피질의 활성변화를 저해상 전자기 단층촬영을 이용하여 파악하고자 하는 것이다.

**방 법 :** 총 45명(27.1±2.6세)의 건강한 젊은 성인남녀가 연구에 참여하였다. 국제정서사진체계를 사용하여 중립 자극에서 4장, 신체훼손과 관련된 혐오자극에서 4장의 사진을 뽑아 피험자들에게 각 30초간 보여주면서 뇌파를 측정하였다. 저해상 전자기 단층촬영분석을 시행하여 중립자극에 대비해 혐오자극에서의 변화된 전류밀도를 비교 분석하였다.

**결 과 :** 혐오시각 자극을 받는 동안 피험자 모두 불쾌감, 놀람, 스트레스를 받았다고 보고하였다. 저해상 전자기 단층촬영 분석상 세타파에서 좌측 전두엽의 위이마이랑(BA10)과 중간이마이랑(BA10, 11) 영역에서 유의미한 전류밀도의 감소를 보이는 복셀 클러스터가 관찰되었다. 이 복셀 클러스터는 총 11개의 복셀로 구성되어 있으며 유의미한 전류밀도( $p < 0.05$ )의 감소를 나타내는 t값의 임계값은 -1.984이었다. 남녀 간의 혐오 반응 정도에 유의미한 차이는 없었다.

**결 론 :** 이 연구의 결과인 시각 혐오자극에 의한 배외측 전전두엽의 활성은 혐오 정서의 조절과 관여되어 있을 것으로 생각된다.

**중심 단어 :** 혐오 · 감정 조절 · 뇌파 · 저해상 전자기 단층촬영.

## REFERENCES

- Angyal A. Disgust and related aversions. *J Abnorm Psychol* 1941; 36:393-412.
- Congedo M, Lubar JF, Joffe D. Low-resolution electromagnetic tomography neurofeedback. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2004;12:387-397.
- Darwin C. The expression of the emotions in man and animals; 1965.
- Du Boisgueheneuc F, Levy R, Volle E, Seassau M, Duffau H, Kinkingnehun S, et al. Functions of the left superior frontal gyrus in humans: a lesion study. *Brain* 2006;129:3315-3328.
- Ekman P, Davidson RJ. The nature of emotion: Fundamental questions. New York, US, Oxford University Press;1994.
- Ekman P, Sorenson ER, Friesen WV. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science* 1969;164:86-88.
- Frei E, Gamma A, Pascual-Marqui R, Lehmann D, Hell D, Vollenweider FX. Localization of MDMA-induced brain activity in healthy volunteers using low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). *Hum Brain Mapp* 2001;14:152-165.
- Garavan H, Hester R, Murphy K, Fassbender C, Kelly C. Individual differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control. *Brain Res* 2006;1105:130-142.
- Goldin PR, McRae K, Ramel W, Gross JJ. The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biol Psychiatry* 2008;63:577-586.
- Gross JJ. Antecedent- and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *J Pers Soc Psychol* 1998;74:224-237.
- Haidt J, McCauley C, Rozin P. Individual differences in sensitivity to disgust: A scale sampling seven domains of disgust elicitors. *Pers Individ Di* 1994;16:701-713.
- Husted DS, Shapira NA, Goodman WK. The neurocircuitry of obsessive-compulsive disorder and disgust. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2006;30:389-399.
- Kam SC, Choi SM, Jeh SU, Hwa JS, Jung KH, Jeong SW, et al. Location of Brain Electrical Source Activation according to Visually Stimulated Sexual Arousal: A Cross Spectral Analysis using Low Resolution Brain Electromagnetic Tomography (LORETA). *Korean J Uro* 2006;47:779-785.
- Kim WS, Jin SH. LORETA analysis of EEG responding to positive/negative emotional stimuli for different sensitivities of behavioral activation and inhibition systems. *Journal of Korean Soci-*

- ety for Emotion and Sensibility 2005;8:403-413.
- Lantz G, Michel CM, Pascual-Marqui RD, Spinelli L, Seeck M, Seri S, et al. Extracranial localization of intracranial interictal epileptiform activity using LORETA (low resolution electromagnetic tomography). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997;102:414-422.
- Lubar JF, Congedo M, Askew JH. Low-resolution electromagnetic tomography (LORETA) of cerebral activity in chronic depressive disorder. *Int J Psychophysiol* 2003;49:175-185.
- Michel CM, Murray MM, Lantz Gr, Gonzalez S, Spinelli L, Peralta RGd. EEG source imaging. *Clin Neurophysiol* 2004;115:2195-2222.
- Olatunji BO, McKay D. Disgust and psychiatric illness: have we remembered? *Br J Psychiatry* 2007;190:457-459.
- Papez JW. A proposed mechanism of emotion. 1937. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 1995;7:103-112.
- Pascual-Marqui RD, Lehmann D, Koenig T, Kochi K, Merlo MC, Hell D, et al. Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) functional imaging in acute, neuroleptic-naive, first-episode, productive schizophrenia. *Psychiatry Res* 1999;90:169-179.
- Pascual-Marqui RD, Michel CM, Lehmann D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int J Psychophysiol* 1994;18:49-65.
- Phan KL, Fitzgerald DA, Gao K, Moore GJ, Tancer ME, Posse S. Real-time fMRI of cortico-limbic brain activity during emotional processing. *Neuroreport* 2004;15:527-532.
- Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN. International affective picture system (IAPS): Instruction manual and affective ratings, The Center for Research in Psychophysiology;1999.
- Quirk GJ, Beer JS. Prefrontal involvement in the regulation of emotion: convergence of rat and human studies. *Curr Opin Neurobiol* 2006;16:723-727.
- Royet JP, Plailly J, Delon-Martin C, Kareken DA, Segebarth C. fMRI of emotional responses to odors: influence of hedonic valence and judgment, handedness, and gender. *Neuroimage* 2003;20:713-728.
- Rozin P, Fallon AE. A perspective on disgust. *Psychol Rev* 1987;94:23-41.
- Sarlo M, Buodo G, Poli S, Palomba D. Changes in EEG alpha power to different disgust elicitors: the specificity of mutilations. *Neurosci Lett* 2005;382:291-296.
- Schienze A, Schafer A, Hermann A, Walter B, Stark R, Vaitl D. fMRI responses to pictures of mutilation and contamination. *Neurosci Lett* 2006;393:174-178.
- Shapira NA, Liu Y, He AG, Bradley MM, Lessig MC, James GA, et al. Brain activation by disgust-inducing pictures in obsessive-compulsive disorder. *Biol Psychiatry* 2003;54:751-756.
- Sohn JH. Review on Discrete, Appraisal, and Dimensional Models of Emotion. *J Ergon Soc Korea* 2011;30:179-186.
- Sprengelmeyer R, Rausch M, Eysel UT, Przuntek H. Neural structures associated with recognition of facial expressions of basic emotions. *Proc Biol Sci* 1998;265:1927-1931.
- Sprengelmeyer R, Young AW, Calder AJ, Karnat A, Lange H, Homburg V, et al. Loss of disgust. Perception of faces and emotions in Huntington's disease. *Brain* 1996;119:1647-1665.
- Stahl SM. *Sthal's Essential Psychopharmacology*, cambridge medicine;2000.
- Strik WK, Fallgatter AJ, Brandeis D, Pascual-Marqui RD. Three-dimensional tomography of event-related potentials during response inhibition: evidence for phasic frontal lobe activation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998;108:406-413.
- Suh MS. Physiological Basis of Emotion and Thought. *The Korean Journal of Health Psychology* 2004;9:53-68.
- Wright P, He G, Shapira NA, Goodman WK, Liu Y. Disgust and the insula: fMRI responses to pictures of mutilation and contamination. *Neuroreport* 2004;15:2347-2351.