JESK J Ergon Soc Korea 2019; 38(5): 373-383
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2019.38.5.373
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Brain Function during Facial Emotion Recognition among Individuals with Major Depressive Disorder (MDD)

Mi-Sook Park[1], Chaejoon Cheong[2], Jin-Hun Sohn[3]

[1]Seoul Hanyoung University, Department of Rehabilitation Counseling Psychology, Seoul Hanyoung University, Seoul, 08274
[2]Center for Research Equipment, Division of Scientific Instrumentation & Management, Korea Basic Science Institute, Cheongju, 28119
[3]Chungnam National University, Department of Psychology, Daejeon, 34134

주요우울 장애자의 얼굴 정서 인식 동안에 나타난 뇌 기능 특성

박미숙[1], 정재준[2], 손진훈[3]

[1]서울한영대학교 재활상담심리학과
[2]기초과학지원연구원 연구장비운영부
[3]충남대학교 심리학과

Corresponding Author
Jin-Hun Sohn
Chungnam National University, Department of Psychology, Daejeon, 34134
Mobile : +82-10-9250-6369
Email : jhsohn@cnu.ac.kr

Received : August 27, 2019
Revised : August 29, 2019
Accepted : September 02, 2019

Copyright@2019 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: The aim of this study is to investigate neural correlates of facial emotion recognition among individuals with major depressive disorders (MDD).

Background: Major depression is one of the most fatal diseases in the world and is estimated to be the second largest disease burden by 2020 (WHO, 2001). Despite the increasing number studies on the emotion recognition in MDD, neural underpinning of facial emotion recognition in MDD is not still clear.

Method: Twelve individuals with MDD and demographically matched 7 controls participated in the study. Facial recognition task was used for the study and face stimuli were selected from KUFEC (Korea University Facial Expression Collection). Functional images were scanned while recognizing the facial expressions of happiness, sadness, and anger on Phillips 3.T scanner. Imaging data were analyzed by using SPM 8.

Results: There was no group difference while the individuals with MDD were recognizing the sad and angry expressions in the face compared with the controls. In the fMRI result, there was no group difference of brain activity between the two groups during the sad and angry processing. However, during the recognition of happiness, MDD participants made more errors than the controls. In the fMRI result, MDD participants showed greater activation in the middle frontal gyrus, insula, and putamen during the happiness recognition.

Conclusion: Impairment of happiness recognition among MDD participants was related to hyperactivation in the inferior gyrus, insular, and putamen, known to be responsible for regulatory processes and emotional salience.

Application: The brain substrates associated with emotional processing among individuals with depression is still important and essential for the development of

new therapies for depression. The results on the neural correlates of facial expressions of emotion might help to develop new therapy for depression that target the specific brain regions.

Keywords: Brain activation, Major depressive disorder, Facial emotion recognition, fMRI

1. Introduction

주요우울장애는 전세계적으로 가장 치명적인 질병 중 하나이며 2020년까지 두 번째로 큰 질병 부담을 안겨줄 것으로 추정된다(WHO, 2001). 주요우울장애에서 정서 처리 이상을 연구한 경험적 조사들이 증가하고 있음에도 불구하고, 우울증의 신경 생물학적 토대를 이해하는 것은 여전히 중요하며 새로운 우울증 치료법 개발에 필수적이다. 우울한 환자는 얼굴 표정에 나타난 정서를 식별하는데 어려움이 있으며, 부정적인 얼굴 표정에 대해 편향이 있는 것으로 나타났다. 즉, 이들은 부정적인 얼굴은 더 빠르고 깊게 처리하는 것처럼 보이지만, 긍정적인 표정 처리에는 손상이 있는 것으로 여겨진다(Gotlib et al., 2004; Leyman et al., 2007; Suslow et al., 2004). 얼굴 표정 처리는 적절한 사회적 상호 작용을 유도하는 사회적 기능의 기본 단계이므로(Blair, 2003), 우울증 환자들이 보여주는 정서를 나타내는 얼굴 처리에서의 편향된 반응은 그들의 사회적 위축, 비언어적 표현의 제한, 그리고 그들에게서 자주 관찰되는 대인 관계 문제의 결정적인 요인이 될 수 있다(Suslow and Dannlowski, 2005).

기능적 자기 공명 영상(fMRI)과 같은 뇌 영상 기술을 통해 사람의 얼굴과 얼굴 표정이 어떻게 처리되는지 상당 부분 이해할 수 있게 되었다(Haxby and Gobbini, 2007; Posamentier and Abdi, 2003). 정서를 표현하고 생성하는데 일반적으로 관여하는 뇌의 주요 구성 요소는 편도체, 뇌섬엽, 안와 전두 영역 및 체성 감각 피질을 포함한다(Haxby et al., 2002). 특히, 이들 영역들은 모두는 아니지만 대부분의 경우 주요 우울증의 병인과 관련이 있다(for reviews Mayberg, 1997; Phillips et al., 2003; Phillips et al., 2008). 따라서, 얼굴 표정과 관련된 뇌 기능을 조사하는 것은 일반적으로 정서 처리에 핵심적이고 우울증의 병리 생리학에 결정적인 역할을 하는 중요 뇌 영역을 확인할 수 있는 타당하고 신뢰로운 방법이다(Fusar-Poli et al., 2009).

우울장애 환자를 대상으로 한 뇌 기능 연구들은 이들의 얼굴 표정 인식과 관련된 뇌 기능을 규명하기 위해 꾸준히 노력해 왔다. Suslow 등(2010)은 주요우울장애 환자 집단에서 대조군에 비해 슬픔 얼굴 지각에서 뇌섬엽과 해마옆 이랑의 활성화가 증가하고 행복한 얼굴 지각에서는 이들 영역에서의 활성화가 감소함을 확인하였다. 반면, Townsend 등(2010)은 주요우울장애 환자를 대상으로 한 연구에서 슬픔과 공포 얼굴 자극에서 뇌섬엽의 활성화가 감소한다고 보고하였다. 우울장애 환자를 대상으로 한 Victor 등(2010)의 연구에서는 슬픔에서는 편도체의 활성화가 증가한 반면 기쁨에서는 활성화가 감소하였다. Zhong 등(2011)은 공포와 분노에서 편도체의 활성화가 증가함을 보고하였다.

현재까지 우울증에서 정서적 얼굴 처리에 관한 연구들은 결과가 비일관적이다. 이는 연구 대상의 이질성(예: 질병 상태, 약물 상태 등), 이미징 패러다임(예: 암시적 또는 명시적 처리 패러다임, 자극, 기저 조건) 및 분석 방법(예: 활성화 또는 연결성 분석)의 차이로 인해 연구 결과들이 상충된다. 선행 연구들은 이러한 비일관적인 결과에 대한 원인을 주요우울장애 환자의 얼굴 인식에 관한 뇌 영상 연구가 뇌 반응에 영향을 미칠 수 있는 피험자 관련 변인(나이, 약물 복용력, 우울 기간)을 통제하지 못했기 때문이라고 제안하고 있다. 따라서 본 연구는 뇌 활성화에 영향을 미치는 피험자 관련 변인을 통제하고자 하였다. 즉, 본 연구는 20대 초중·반의 약물 복용력이 없는 주요우울 장애자를 대상으로 하여 건강한 통제군과 비교하여 얼굴 표정 인식 동안에 나타나는 뇌 활성화 특성을 규명하고자 하였다.

2. Method

2.1 Participants

연구자가 직접 대학교 상담센터와 지역사회 정신보건센터를 내방하여 기관장에게 허락을 득한 후 센터 이용자를 대상으로 연구에 대해 설명하고 지원자를 모집하였다. 연구 지원자를 대상으로 임상 심리 전문가가 정신장애의 진단 및 통계편람 제 4판(Diagnostic and

Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition; DSM-IV, 2013) 준거에 의거한 심층 면접을 실시하여 참가자들의 주요우울장애 여부를 조사하였다. 면접에는 정신과적 장애 및 역사, 가족력, 중대한 의과적 문제, 정신과 약물 복용 여부, 약물 남용 문제 및 알코올 사용을 조사하는 내용을 포함하였다. 면접을 통해 최종적으로 주요우울장애 진단 기준에 부합하는 13명을 실험군(남=8명, 평균 나이: 23.94±2.50)으로 선정하였다. 통제군은 실험군 참가자들과 지능 및 인구통계학적 변인은 유사하나 우울장애 및 다른 정신장애가 없는 일반인을 선정하였다. 주요우울장애 이외의 약물 문제 및 다른 정신병적 특징이 있는 지원자는 실험군 및 통제군 모두에서 배제하였다. 알코올 사용 및 흡연 요인을 통제하기 위하여 우울 집단 참가자의 알코올 사용 및 흡연 수준과 유사한 통제군 참가자를 선정하는 짝짓기 방법을 사용하였다. 최종적으로 통제군은 주요우울장애가 없는 일반인 7명(남=4명, 평균 나이: 22.89±3.12)이 선정되었다. 우울 집단의 Beck의 우울척도(Beck depression inventory, BDI) (Beck et al., 1961) 점수는 27.16 (±10.25), 통제 집단의 점수는 4.66 (±3.50)이었다.

2.2 Experimental stimuli

정서 인식을 위한 얼굴 표정 사진은 고려대학교 얼굴표정자극모음집(Korea University Facial Expression Collection; KUFEC) (Lee et al., 2006)으로부터 수집하였다. 실험 참가자들을 대상으로 자극모음집의 행복, 놀람, 공포, 슬픔, 혐오, 분노(6가지 기본 정서)를 나타내는 얼굴 사진을 이용하여 예비 연구를 수행하였다. 예비 연구 결과 6가지 기본 정서를 인식하는 과제는 난이도가 높았으며, 참가자들이 구분하기 어려운 공포, 혐오, 놀람 정서를 연구에서 제외하였다. 예비 연구를 통해 참가자들이 얼굴 표정 자극을 보고 정서 구분이 가능한 세 가지 정서, 즉 기쁨, 슬픔, 분노를 연구에 포함하였다. 연구자들이 자극의 적합도를 고려하여 3개 정서별(기쁨, 슬픔, 분노)로 각각 2장을 최종 자극으로 선정하였다. 다양한 얼굴 표정 강도를 포함하기 위하여 표정에 나타난 정서 강도를 100%로 산정하여 얼굴 표정 강도를 30~100%까지 7단계로 구성하였다. 단계별 표정은 몰핑 프로그램을 이용하여 제작하였다. 얼굴 표정 자극은 3개 정서별(기쁨, 슬픔, 분노)로 각각 2장의 얼굴 사진을 7단계로 구성하여 42장이 실험에 포함되었다. 비교를 위한 중립 자극 14장을 포함하여 총 56장의 얼굴 사진이 실험 자극으로 사용되었다. 얼굴 표정 자극의 예시는 Figure 1과 같다.

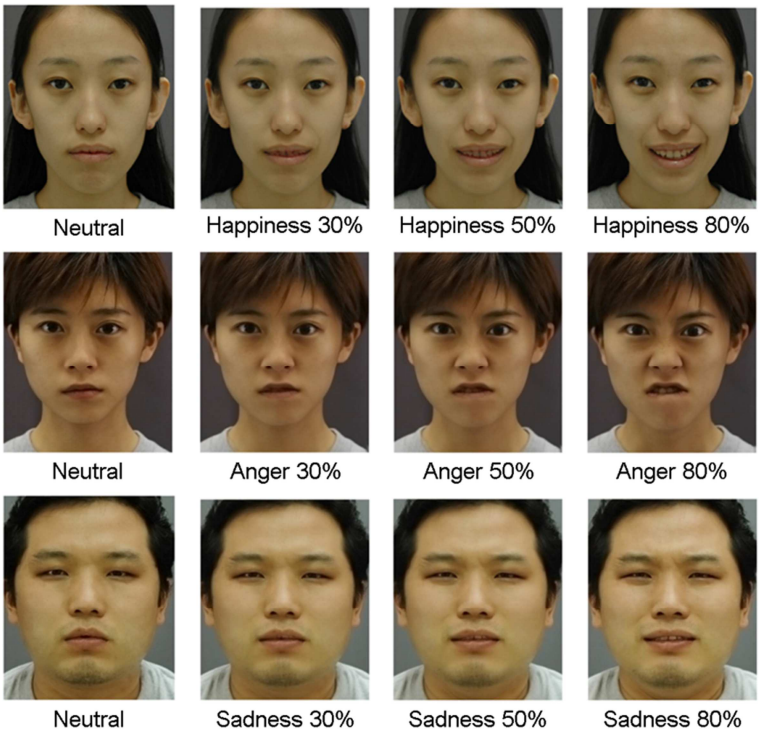

Figure 1. The example of facial stimuli

2.3 Experimental procedure and paradigm

총 실험 소요 시간은 약 40여 분으로, 실험 소개, 뇌 영상 획득을 위한 shimming 작업, 영상 데이터 수집, debriefing 순서로 이루어졌다. 참여자는 실험 전 실험에 대한 주의사항과 간략한 설명을 듣고 실험 동의서에 서명하였다. 그 후 약 5분여 동안 간단한 연습 시행을 실시하여 과제 수행 방법을 숙지하였다. 다음으로 참여자는 뇌 영상 촬영을 위하여 촬영실로 이동하였다. 참여자가 뇌 영상 촬영 장치 안에 누우면 뇌 신호 안정을 위해 10여분 동안 shimming 작업이 진행 후 참여자가 얼굴 표정 자극에 나타난 정서를 평가하는 20여분 동안 뇌 영상 데이터를 획득하였다.

뇌 영상 촬영을 위한 fMRI 패러다임은 사건 관련 디자인으로 구성하였다. 실험에 사용된 56장의 얼굴 사진은 각 6초간 제시되었다. 얼굴 사진 제시 후에 참여자들은 버튼을 이용하여 8개의 보기 '기쁨, 슬픔, 분노, 놀람, 공포, 혐오, 중립, 모름' 중 얼굴 표정에 나타난 정서를 하나만 선택하였다. 얼굴 표정 자극이 제시되고 난 후 안정 상태를 유지하기 위하여 '+' 모양을 제시하였다. 과제 수행에는 약 20분 여가 소요되었으며 자극 제시 순서는 E-prime 2.0을 통해 피험자마다 자동적으로 역균형화하여(counterbalance) 제시하였다. 과제는 E-prime 2.0을 이용하여 뇌 영상 촬영 장치 내부에 설치된 모니터를 통해 제시되고, 각 과제의 매 시행마다 피험자의 정답 반응과 반응 시간이 저장되었다. 제시된 자극 패러다임의 예시는 Figure 2와 같다. 뇌 영상 촬영이 종료되면 참여자를 대상으로 실험 참여 동안 불편한 점은 없었는지, 실험 동안 유발된 감정은 모두 중립화되었는지를 확인하는 debriefing 절차를 5분 정도 실시하였다. 모든 연구 절차는 기관 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 진행되었다(충남대 IRB no. 201309-SB-004-01).

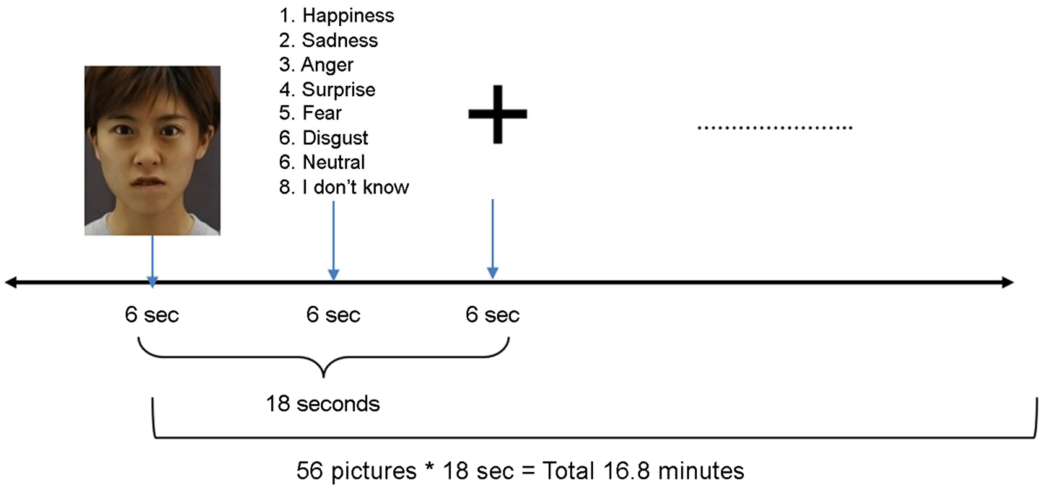

Figure 2. Event-related fMRI paradigm for the recognition of emotional facial expressions

2.4 Data acquisition and analysis

뇌 영상 데이터는 한국기초과학지원연구원의 3.T (Phillips) 장비를 이용하여 획득되었다. 데이터는 Single-shot EPI 기법을 사용하여 획득되었으며, 구조적 이미지 획득을 위한 프로토콜은 다음과 같았다: TR/TE=280/14ms, flip angle = 60°, field of view (FOV) = 24 × 24cm, matrix size = 256 × 256, slice thickness = 4mm no gap, 35 slices 이었다. 뇌 영상 데이터 획득을 위한 패러다임은 TR/TE=2000/30ms, flip angle = 90°, FOV = 24 × 24cm, matrix size 64 × 64mm, slice thickness 5mm no gap, 25 slices 이었다.

행동 데이터는 SPSS 20.0을 사용하여 분석되었다. 비모수 검정 방법인 Mann-Whitney 검정(Mann-Whitney test) (α=0.05)을 수행하여 얼굴 표정 정서 인식에 대한 주요우울장애 집단과 통제 집단 간의 정답률 차이를 확인하였다. 뇌 영상 데이터는 SPM 8을 이용하여 분석되었다. 뇌 영상 데이터 분석을 통해 각 개인별로 정서 조건(행복, 슬픔, 분노)과 중립 자극 조건에 해당하는 각 부피소의 활성 수

치를 일반선형 모형(General linear model, GLM)을 이용하여 확인하였다. 다음으로, 감산법을 이용하여 중립 자극 조건에 비해 정서 조건에서 더 활성화된 영역을 계산하여 개인별 대조 영상(contrast image)을 얻었다. 각 집단 내에서 정서 조건에 따라 활성화된 뇌 영역을 확인하기 위하여 단일표본 T 검증(one sample *t*-test)을 실시하였다. 검증을 통해 각 집단 내에서 각 정서 조건(정서 조건-중립 자극 조건)에 따른 뇌 영역들의 활성화 평균을 구하고 T 점수에 따라 색채 부호화하여 뇌 지도를 얻었다. 추가적으로, 개인별 분석 데이터에서 얻은 대조 영상(정서 조건-고정 자극 조건)을 이용하여 독립표본 T 검정(two sample *t*-test)을 실시하여 두 집단(우울 집단과 통제 집단)간 차이나는 영역을 확인하였다. 각 영역에서 나타난 신호값의 집단간 차이를 계산하고 T 점수에 따라 색채 부호화하여 집단간 차이가 나는 뇌 영역에 대한 뇌 지도를 얻었다. 영상 결과의 산출은 다중 비교(multiple comparison)에서 유의 수 p 값을 보정하지 않은 .001을 적용하고(uncorrected, $p<.001$), 범위 역치(extent threshold) 값인 k는 20 부피소로 지정하였다.

3. Results

3.1 Behavioral response

행복, 분노, 슬픔 정서 조건에서 주요우울 장애자는 일반인에 비해 분노, 슬픔 얼굴 표정 인식율에서는 차이가 없었다(분노 Z=-1.15, $p=0.25$; 슬픔 Z=-1.87, $p=0.06$). 반면 행복한 얼굴 표정 인식에서는 주요우울 장애자가 일반인에 비해 더 많은 오류를 범했다(Z=-2.59, $p<0.01$). 두 집단의 정서 조건에 따른 정답 반응률의 평균과 표준편차는 Figure 3와 같다.

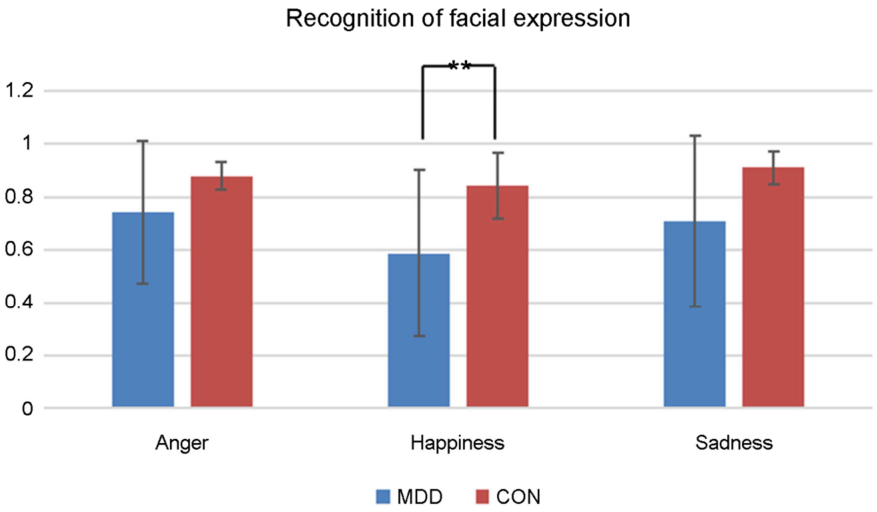

Figure 3. The mean and standard deviation of accuracy in the recognition of the facial expressions of anger, happiness, and sadness (blue: MDD group, red: control group, $^{**}p<0.01$)

3.2 Brain response

뇌 반응 결과에서 분노 및 슬픔 조건에서는 주요우울장애 집단과 일반인 집단에서 유의하게 차이가 나타나는 영역은 발견되지 않았다. 반면, 행복 조건에서는 집단간 차이가 나타났다. 행복 조건에서 각 집단 내에서 활성화가 나타난 영역을 살펴보면 Figure 4과 같다. 먼저 행복한 얼굴을 보는 동안에 중립적인 얼굴을 보는 동안에 비해 통제 집단에서는 양측 Parahippocampal Gyrus, 우측 Middle Frontal Gyrus, 우측 Cingulate Gyrus, 우측 Cuneus, 우측 Postcentral Gyrus가 활성화되었다. 행복한 얼굴을 보는 동안에 중립적인 얼굴을 보는 동안에 비해 우울 집단에서는 우측 Lateral Globus Pallidus, 우측 Middle & Inferior Frontal Gyrus, 좌측 Inferior Frontal Gyrus (BA 9) & Precentral Gyrus (BA 6), 우측 Superior Parietal Lobule (BA 7), 우측 Insula가 활성화되었다. 집단간 차이가 나타난 영역을 확인한 결과, 주요우울 장애자는 행복한 얼굴 표정을 보는 동안에 일반인에 비해 전두 피질 및 변연계에서 더 큰 활성화를 나타내었다. 구체적인 영

역은 Table 1에 제시된 데로 좌측 Inferior Frontal Gyrus, 좌측 Superior Frontal Gyrus, 우측 Lateral Globus Pallidus, 좌측 Lingual Gyrus, 좌측 Putamen, 좌측 Insula, 우측 Middle Frontal Gyrus, 좌측 Medial Frontal Gyrus 였다. 그 중 좌측 Inferior Frontal Gyrus, Insula와 Putamen의 활성화는 Figure 5에 제시하였다.

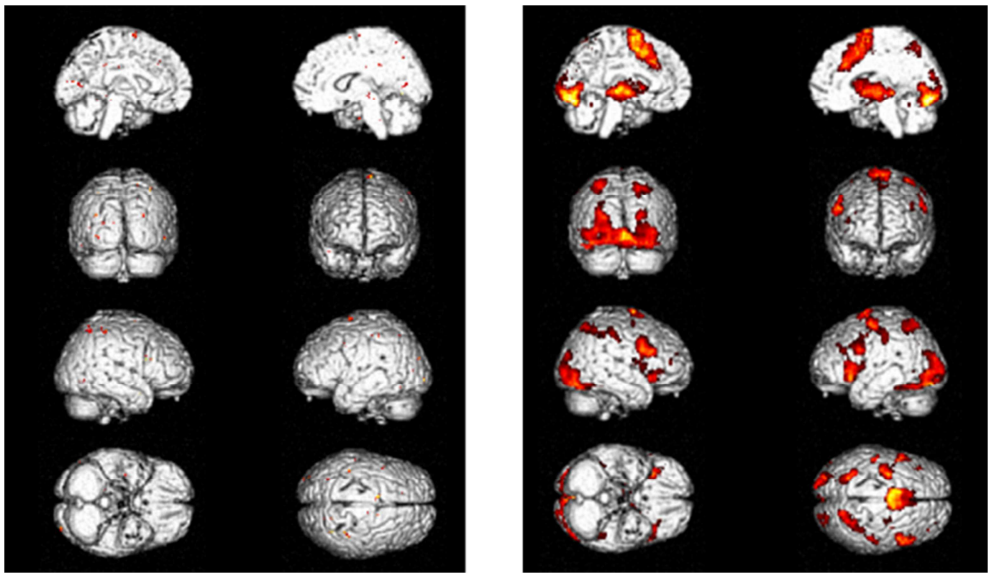

Figure 4. The brain activations during the happy face compared to the neutral face (left: normal controls, right: individuals with MDD)

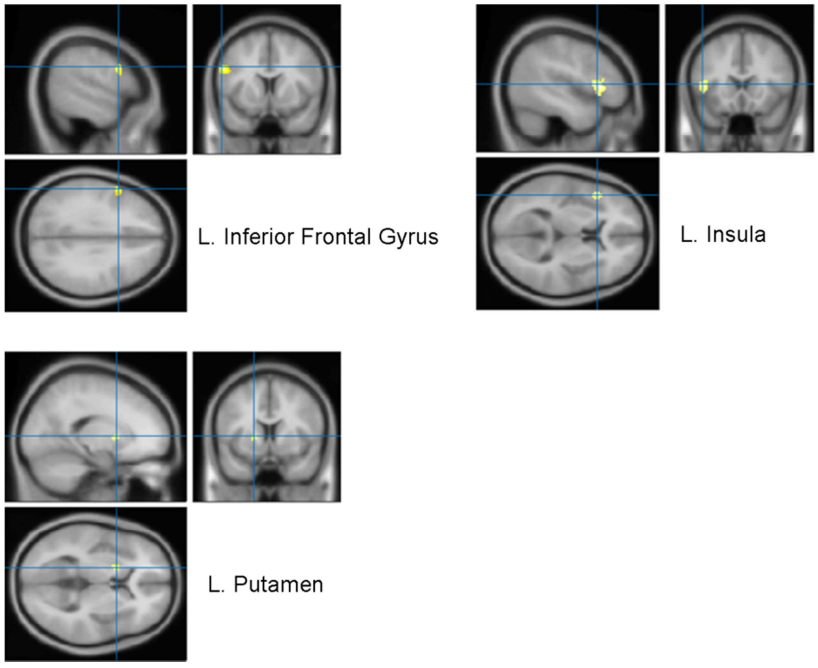

Figure 5. The brain activations during the happy face compared to the neutral face in the individuals with MDD than the normal controls

Table 1. Talairach coordinates for the brain activations during the happy compared to the neutral face in the individuals with MDD than the normal controls

Side	Region	X	Y	Z	Brodmann area (BA)	*T* value
Left	Inferior frontal gyrus	-56	10	30	9	6.78
Left	Superior frontal gyrus	-4	10	52	6	5.11
Right	Lateral globus pallidus	20	-2	0	–	5.50
Left	Lingual gyrus	-10	-80	-4	–	4.38
Left	Putamen	-18	8	4	–	5.26
Left	Insula	-46	18	8	44	5.12
Right	Middle frontal gyrus	48	10	40	8	4.92
Left	Medial frontal gyrus	-12	26	32	9	4.63

4. Conclusion

본 연구는 주요우울 장애자들의 행복, 슬픔, 분노 얼굴 표정 인식과 관련된 뇌 활성화를 연구하였다. 우울한 참가자들은 우울하지 않은 일반인에 비해 분노, 슬픔 얼굴 표정 인식에서는 행동 반응과 뇌 반응 모두에서 차이가 없었다. 반면, 우울한 참가자들이 행복한 얼굴을 인식할 때는 일반인에 비해 더 많은 오류를 범하였다. 행복 조건에서 뇌 반응 결과를 살펴보면, 정서 처리에서 핵심적인 전두 피질, 뇌섬엽 및 조가비핵에서 우울한 참가자들은 일반인 참가자에 비해 더 큰 활성화를 나타내었다. 이는 우울 장애자가 행복한 얼굴 표정을 인식하는 과제를 수행하는 동안 일반인과는 다른 정서 처리 전략을 사용했을 가능성을 시사한다(Scheuerecker et al., 2010).

우울장애 환자를 대상으로 한 선행 연구에서 얼굴 자극에 대한 전두 피질의 반응은 결과가 일관적이지 않다. 등외측 전전두 피질의 반응 이상은 주요우울장애 환자들 사이에서 널리 발견되지만, 주요우울 장애자들이 얼굴 감정을 처리하는 동안 나타내는 전두 피질에서의 활성화에 대해 일반적인 결론을 내리기는 어렵다. 몇몇 연구들은 슬픔, 공포, 분노 얼굴 자극에서 중간 전두 영역의 활성화가 감소한다고 보고하였다(Keedwell et al., 2005; Lee et al., 2008; Lawrence et al., 2004). 반면, Surguladze 등(2010)은 주요우울장애 환자들이 혐오 정서를 처리하는 동안 전두 피질이 과활성화 된다고 제안하였다. 전두 피질은 정서 조절 과정에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Seminowicz et al., 2004; Tekin and Cummings, 2002). 행복한 얼굴을 인식하는 동안에 일반인 집단에 비해 주요우울장애 집단에서 나타난 중간 전두 피질의 더 큰 활성화는 우울한 참가자들이 행복한 얼굴을 인식하는 동안 정서 조절 과정에 더 관여했을 수 있음을 시사한다(Price and Drevets, 2010).

우울장애 환자를 대상으로 한 선행 연구에서 슬픈 얼굴 자극에 대한 뇌섬엽의 과활성화는 두드러진 결과이며, Suslow 등(2010)은 일반인에 비해 우울장애 환자들이 슬픈 얼굴을 볼 때 뇌섬엽 및 해마옆 이랑에 활성화가 증가한다고 보고하였다. 뇌섬엽은 특히, 혐오감 처리에 중추적인 역할을 한다(Surguladze et al., 2010). Surguladze 등(2010)은 주요우울장애 환자 집단과 통제 집단을 대상으로 혐오감을 나타내는 얼굴에 대한 반응을 조사했다. 연구자들은 일반인과 비교하여 우울한 환자들이 좌측 뇌섬엽에서 더 큰 활성화가 나타남을 관찰하였다. 뇌섬엽에 대해 구체적으로 살펴보면, 이 영역은 편도체와 강력한 기능적 연관성을 가지고 있다(Stein et al., 2007). 하두정 피질 및 편도체와 뇌섬엽의 연결은 의미 있는 정보, 사회적 단서 및 조건화된 반응의 식별 및 표현에 관여한다(Calder et al., 2001; Critchley et al., 2000). 일반인 보다 우울 장애자들은 행복한 표정을 구분하는 과제를 더 어려워하여 과제를 수행하는 동안 정서 정보 처리에 더 관여한 것으로 보인다.

우울장애 환자를 대상으로 한 선행 연구들은 슬픔과/분노한 얼굴 표정에서 두드러진 조가비핵과/선조핵의 과반응성(hyper responsiveness)을 관찰하였다(Fu et al., 2008; Scheuerecker et al., 2010). 선초체의 일부인 조가비핵은 기분, 인지적 처리, 동기 그리고 동작의 조절(Koolschijn et al., 2009)과 연관된다. 본 연구에서 우울한 참가자들이 일반인 참가자들에 비해 행복한 얼굴을 보는 동안에 조가비핵에서 더 큰 활성화를 나타낸 결과는 우울 장애자들이 일반인에 비해 행복한 얼굴 표정 정서를 인식하는 동안에 동기 및 인지 처리에 더

관여했을 수 있음을 시사해 준다.

하지만 본 연구 결과는 주요우울 장애자의 얼굴 표정 인식에 관한 다른 선행 결과와는 다른 측면이 있다. 선행 연구들은 일반인에 비해 우울장애 환자들에게서 행복한 얼굴 표정에 대한 반응으로 창백핵과/선조핵의 반응이 저하됨을 관찰하였다. 이와 유사하게 일부 연구들은 일반인에 비해 우울장애 환자들이 행복한 얼굴을 볼 때 뇌섬엽의 활성화가 감소함을 보고하였다(Gotlib et al., 2005; Suslow et al., 2010). 선행 연구 결과와 본 연구 결과에서 차이가 나타난 이유는 연구간 과제의 난이도 차이일 수 있다. 예를 들면, Suslow 등(2010)은 얼굴 자극의 성별을 식별하는 과제를 사용하였다. 본 연구는 8가지 보기를 제시하고 얼굴 표정 정서를 인식하는 과제를 수행하도록 하였는데, 선행 연구에서 사용한 과제에 비해 본 연구 과제가 우울한 참가자에게는 난이도가 높은 과제였을 수 있다. 본 연구에서 난이도가 높은 과제를 수행하는 동안 우울한 참가자들은 일반인과는 다른 인지 및 정서 전략을 사용했을 가능성이 있고, 이에 따라 좌측 중간 전두 이랑, 뇌섬엽 및 조가비핵에서 더 활성화되었을 가능성이 있다.

종합하면, 본 연구는 20대 초중·반의 약물 복용력이 없는 주요우울 장애자를 대상으로 행복한 얼굴 표정을 인식하는 동안 중간 전두피질, 뇌섬엽과 조가비핵과 같은 확장된 얼굴 정서 처리 시스템에서(Haxby et al., 2000)에서 과활성화가 나타남을 규명하였다. 우울 장애자의 행복 정서 인식 손상과 관련된 뇌 기전을 규명할 수 있다면 이는 추후 우울증의 치료 및 개입에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 제한점이 존재한다. 선행 연구에서 밝힌 슬픔 및 분노 얼굴 표정 인식에서는 우울 집단과 일반인 집단과 행동 및 뇌반응에서 차이가 없었다. 그 이유는 주요우울장애 참가자들에게 분노나 슬픔 얼굴 표정 인식은 부정 정서를 나타내는 얼굴 표정은 우울한 참가자들에게는 행복한 표정 인식에 비해 덜 어려운 과제였을 수 있으며 따라서 일반인과 유사한 전략을 사용하여 유사한 수행을 나타내었을 가능성이 있다. 그러나, 본 연구는 사례수가 적었다. 따라서 본 연구의 결론을 확인하기 위해서는 더 많은 사례수를 확보한 추후 연구를 수행하여 우울 장애자의 정서 인식, 특히 행복과 관련된 신경 기전을 검증할 필요가 있겠다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2018R1C1B5085034) and Korea Basic Science Institute (Grant-#T38800).

References

Beck, A.T., Ward, C.H., Mendelson, M., Mock, J. and Erbaugh, J., An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, 4, 561-571, 1961.

Blair, R.J.R., Facial expressions, their communicatory functions and neurocognitive substrates, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358, 561-572, 2003,

Calder, A.J., Lawrence, A.D. and Young, A.W., Neuropsychology of fear and loathing, *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 352-363, 2001.

Critchley, H., Daly, E., Phillips, M.L., Brammer, M., Bullmore, E., Williams, S., Van Amelsvoort, T., Robertson, D., David, A. and Murphy, D., Explicit and implicit neural mechanisms for processing of social information from facial expressions: a functional magnetic resonance imaging study, *Human Brain Mapping*, 9, 93-105, 2000.

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition. Arlington: American Psychiatric Publishing. 2013.

Fu, C.H.Y., Williams, S.C.R., Cleare, A.J., Scott, J., Mitterschifthaler, M.T., Walsh, N.D., Donaldson, C., Suckling, J., Andrew, C.M., Steiner, H. and Murray, R.M., Neural responses to sad facial expressions in major depression following cognitive behavioral therapy, *Biological Psychiatry*, 64, 505-512, 2008.

Fusar-Poli, P., Placentino, A., Carletti, F., Landi, P., Allen, P., Surguladze, S., Benedetti, F., Abbamonte, M., Gasparotti, R., Barale, F., Perez, J., McGuire, P. and Politi, P., Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies, *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 34, 418-432, 2009.

Gotlib, I.H., Krasnoperova, E., Yue, D.N. and Joormann, J., Attentional biases for negative interpersonal stimuli in clinical depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 113, 127-135, 2004.

Gotlib, I.H., Sivers, H., Gabrieli, J.D.E., Whitfield-Gabrieli, S., Goldin, P., Minor, K.L. and Canli, T., Subgenual anterior cingulate activation to valenced emotional stimuli in major depression, *Neuroreport*, 16, 1731-1734, 2005.

Haxby, J. and Gobbini, M.I., The perception of emotion and social cues in faces, *Neuropsychologia*, 45(1), 2007.

Haxby, J., Hoffman, E. and Gobbini, M.I., The distributed human neural system for face perception, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233, 2000.

Haxby, J., Hoffman, E. and Gobbini, M.I., Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51, 59-67, 2002.

Keedwell, P., Andrew, C.M., Williams, S.C.R., Brammer, M. and Phillips, M.L., A double dissociation of ventromedial prefrontal cortical responses to sad and happy stimuli in depressed and healthy individuals, *Biological Psychology*, 58, 495-503, 2005.

Koolschijn, P.C., Van Haren, N.E., Cahn, W., Schnack, H.G., Janssen, J., Klumpers, F., Hulshoff Pol, H.E. and Kahn, R.S., Hippocampal volume change in schizophrenia. *Journal of Clinical Psychiatry*, 71(6), 737-744, 2009.

Lawrence, N.S., Williams, A.M., Surguladze, S., Giampietr, V., Brammer, M., Andrew, C.M., Frangou, S., Ecker, C. and Phillips, M.L., Subcortical and ventral prefrontal cortical neural responses to facial expressions distinguish patients with bipolar disorder and major depression, *Biological Psychiatry*, 55, 578-587, 2004.

Lee, B.T., Seok, J.H., Lee, B.C., Cho, S.W., Yoon, B.J., Lee, K.U., Chae, J.H., Choi, I.G. and Ham, B.J., Neural correlates of affective processing in response to sad and angry facial stimuli in patients with major depressive disorder, *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 32, 778-785, 2008.

Lee, T.H., Lee, K., Lee, K.Y., Choi, J.S. and Kim, H.T., The Korea University Facial Expression Collection: KUFEC. Seoul, South Korea: Lab of Behavioral Neuroscience, Department of Psychology, Korea University, 2006.

Leyman, L., De Raedt, R., Schacht, R. and Koster, E.H.W., Attentional biases for angry faces in unipolar depression, *Psychological Medicine*, 37, 393-402, 2007.

Mayberg, H.S., Limbic-cortical dysregulation: a proposed model of depression. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 9, 471-481, 1997.

Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. and Lane, R., Neurobiology of emotion perception II: Implications for major psychiatric disorders, *Biological Psychiatry*, 54(5), 515-528, 2003.

Phillips, M.L., Ladouceur, C.D. and Drevets, W.C., A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for

understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular Psychiatry*, 13(9), 833, 2008.

Posamentier, M.T. and Abdi, H., Processing faces and facial expressions, *Neuropsychology Review*, 13, 113-143, 2003.

Price, J.L. and Drevets, W.C., Neurocircuitry of mood disorders, *Neuropsychopharmacology*, 35, 192-216, 2010.

Scheuerecker, J., Meisenzahl, E.M., Koutsouleris, N., Roesner, M., Schöpf, V., Linn, J., Wiesmann, M., Brückmann, H., Möller, H.J. and Frodl, T., Orbitofrontal volume reductions during emotion recognition in patients with major depression, *Journal of Psychiatry & Neuroscience: JPN*, 35(5), 311, 2010.

Seminowicz, D.A., Mayberg, H.S., McIntosh, A.R., Goldapple, K., Kennedy, S., Segal, Z. and Rafi-Tari, S., Limbic-frontal circuitry in major depression: a path modeling metanalysis, *NeuroImage*, 22, 409-418, 2004.

Stein, J.L., Wiedholz, L.M., Bassett, D.S., Weinberger, D.R., Zink, C.F., Matty, V.S. and Meyer-Lindenberg, A., A validated network of effective amygdala connectivity, *Neuroimage*, 36, 736-745, 2007.

Surguladze, S., El-Hage, W., Dalgleish, T., Radua, J., Gohier, B. and Phillips, M.L., Depression is associated with increased sensitivity to signals of disgust: a functional magnetic resonance imaging study, *Journal of Psychiatric Research*, 44, 894-902, 2010.

Suslow, T. and Dannlowski, U., Detection of facial emotion in depression. In Mood State and Health. Edited by Clark, A.V. and Hauppauge, N.Y. Nova Biomedical Books, 1-32, 2005.

Suslow, T., Dannlowski, U., Lalee-Mentzel, J., Donges, U.S. and Arolt, V., Spatial processing of facial emotion in patients with unipolar depression: a longitudinal study, *Journal of Affective Disorders*, 83, 59-63, 2004.

Suslow, T., Konrad, C., Kugel, H., Rumstaedt, D., Zwitserlood, P., Schöning, S., Ohrmann, P., Bauer, J., Pyka, M., Kersting, A., Arolt, V., Heindel, W. and Dannlowski, U., Automatic mood-congruent amygdala responses to masked facial expressions in major depression, *Biological Psychiatry*, 67,155-160, 2010.

Tekin, S. and Cummings, J.L., Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: an update, *Journal of Psychosomatic Research*, 53, 647-654, 2002.

Townsend, J.D., Eberhart, N.K., Bookheimer, S.Y., Eisenberger, N.I., Foland-Ross, L.C., Cook, I.A., Sugar, C.A. and Altshuler, L.L., fMRI activation in the amygdala and the orbitofrontal cortex in unmedicated subjects with major depressive disorder, *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 183, 209-217, 2010.

Victor, T.A., Furey, M.L., Fromm, S., Ohman, A. and Drevets, W.C., Relationship between amygdala responses to masked faces and mood state and treatment in major depressive disorder. *Archives of General Psychiatry*, 67, 1128-1138, 2010.

World Health Organization: Mental Health: New Understanding, New Hope Geneva, Switzerland: WHO, 2001.

Zhong, M., Wang, X., Xiao, J., Yi, J., Zhu, X., Liao, J., Wang, W. and Yao, S., Amygdala hyperactivation and prefrontal hypoactivation in subjects with cognitive vulnerability to depression, *Biological Psychology*, 88, 233-242, 2011.

Author listings

Mi-Sook Park: misook_park@hanmail.net
Highest degree: PhD, Department of Psychology, Chungnam National University
Position title: Professor, Department of Rehabilitation Counseling Psychology, Seoul Hanyoung University
Areas of interest: Brain function, Alcoholism, Emotion

Chaejoon Cheong: cheong@kbsi.re.kr
Highest degree: PhD, Biophysics Graduate Group, University of California, Berkeley
Position title: Senior Researcher, Division of Scientific Instrumentation & Management, Korea Basic Science Institute
Areas of interest: Brain function, Depression

Jin-Hun Sohn: jhsohn@cnu.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Psychology, Korea University
Position title: Professor, Department of Psychology, Chungnam National University
Areas of interest: Human-computer Interaction, Emotion, Addiction