

얼굴 매력도와 표정 정보 처리에 특정적으로 관련된 신경학적 기제들에 관한 fMRI 연구

김 운 섭 성 영 신 김 학 진[†]

고려대학교 심리학과

얼굴 매력도와 긍정적인 얼굴 표정은 선호판단 등과 같은 얼굴인상형성에 있어 중요한 신호들을 제공하며 다양한 사회적 상호작용과 의사결정과정에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 얼굴의 매력도와 긍정적 얼굴 표정처리에 자동적으로 그리고 특정적으로 관여하는 신경학적 기제들을 알아보기 위해 자기공명영상 기법(fMRI)을 사용하였다. 뇌영상을 촬영하는 동안 참가자들은 빠르게 제시되는 얼굴들을 기억하는 과제를 수행하였고, 실험이 끝난 후 기억과제에 사용되었던 얼굴 사진들을 다시 보며 각 얼굴에 대한 매력도와 얼굴표정의 정서가를 평가하였다. 각 얼굴사진에 대한 집단 평균 매력도와 얼굴표정 정서가에 의해 독립적으로 상관을 보이는 뇌영역들을 알아 본 결과 ventral striatum, amygdala, 그리고 hippocampus를 포함하는 medial temporal lobe영역은 얼굴의 매력도와 정적 상관관계를 보였던 반면, rostral cingulate cortex와 posterior cingulate cortex영역들은 얼굴의 긍정적 정서가와 정적 상관을 보이는 것으로 관찰되었다. 본 연구 결과들은 얼굴 매력도와 긍정적인 얼굴 표정 정보를 의식적 노력 없이 자동적으로 부호화하는 독립된 뇌기제들이 존재하며 이러한 기제들이 다양한 사회적 상황에서 얼굴 선호판단에 암묵적인 영향을 미칠 가능성을 시사하고 있다.

주요어 : 복측선조체, 편도체, 대상전회, 자기공명영상

[†] 교신저자 : 김학진, 고려대학교 심리학과, 서울시 성북구 안암동 5가
E-mail: hackjinkim@gmail.com

얼굴은 한 개인의 가장 현출한 특성으로 얼굴의 외형적인 특징들은 사회적 상호작용 상황에서 지각자에게 많은 정보들을 제공하고 타인과의 관계에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Alley 1988; Berscheid & Walster 1974; Bowman 1979; Fiske & Cox 1979). 특히, 얼굴의 매력도는 사회적 삶의 다양한 영역에서도 큰 영향력을 발휘하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 매력적인 사람은 비 매력적인 사람보다 고용 상황에서 유리하며 데이트 상대로 더욱 선호되는 것으로 나타났으며(Cash & Kilcullen, 1985; Walster, Aronson, Abrahams & Rottman, 1966), 얼굴의 매력도는 개인의 특성 지각, 설득 상황에서의 효과, 도움행동 등과 같은 다양한 사회적 행동들에도 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Barocas & Karoly, 1972; Benson, Karabenick & Lerner, 1976; Chaiken, 1979; Pallak, 1983).

매력적인 사람에 대한 선호편향(bias)은 특별한 인지적 노력없이도 자동적으로 나타날 수 있는 것으로 보인다. Langlois와 동료들의 연구를 보면 매력적인 얼굴과 비 매력적인 얼굴이 동시에 제시되었을 때, 생후 6개월 된 유아들조차도 매력적인 얼굴을 더 오래 응시하는 것으로 관찰되었다(Langlois, Ritter, Roggman, & Vaughn, 1991). 또한, 지각할 수 없을 만큼 짧은 시간동안 제시되는 얼굴에 대해서도 매력도를 구분하는 것이 가능한 것으로 나타났다(Olson & Marshuetz, 2005). 이러한 연구결과들은 종종 매력적인 얼굴을 탐지하는 능력이 생득적인 기제를 통해 이루어진다고 주장하는 사회 진화론적 관점을 뒷받침하는 증거로 사용되기도 한다(Buss & Barnes 1986; Symons

1979).

비교적 최근에 실시된 기능적 자기 공명 영상 기법(fMRI: functional magnetic resonance imaging)을 이용한 신경과학 연구에서, Aharon과 동료들은 남성이 매력적인 여성의 사진을 보는 경우, 비 매력적인 여성을 보는 경우에 비해 측핵(nucleus accumbens, NAC)와 중뇌 안에 자리 잡고 있는 복측피개(ventral tegmental area, VTA)부위가 보다 활성화 되는 것을 발견했다(Aharon, Etcoff, Ariely, Chabris, O'Connor, & Breiter 2001). 그 뒤를 이은 O'Doherty와 그의 동료들의 연구에 의하면 피험자들이 직접 매력도 판단을 하지 않는 동안에도 보상관련 뇌 영역이 자동적으로 얼굴 매력도에 반응한다는 사실이 밝혀졌다(O'Doherty, Winston, Critchley, Perrett, Burt & Dolan 2003). 이 연구에서 참가자들이 MRI기계 안에서 제시되는 사진 속 인물들의 성별을 판단하는 과제를 수행하였는데, 그 결과, 매력적인 얼굴을 볼 경우 덜 매력적인 얼굴을 볼 경우보다 보상관련 정보를 처리하는 부위로 잘 알려진 내측안와전두엽(medial orbitofrontal cortex, mOFC)가 높은 활동을 보이는 것으로 나타났으며, 이 부위의 반응 정도는 참가자가 평가한 주관적 얼굴 매력도 값과 정적인 상관을 보이는 것으로 밝혀졌다.

NAC를 포함하는 복측선조체(ventral striatum)와 mOFC는 VTA에 위치한 보상과 밀접한 관련을 보이는 신경 전달 물질인 도파민을 생성하는 신경세포들의 영향을 직접적으로 받는 것으로 잘 알려져 있다(Somers et al., 2009). 최근 신경영상기법을 이용한 연구들은 인간에게서 이 부위들이 돈이나 음식 등의 보상관련 자극들에도 반응한다는 사실을 밝히고 있다

(Knutson, Westdorp, Kaiser & Hommer 2000; Knutson, Adams, Fong & Hommer 2001; Small, Zatorre, Dagher, Evans & Jones-Gotman 2001). Medial orbitofrontal cortex 역시 보상적 가치를 가진 다양한 종류의 외부 자극들에 대해 반응하는 것으로 알려져 있으며(Blood, Zatorre, Bermudez, Evans 1999; Critchley & Rolls 1996; O'Doherty, Rolls, Francis, Bowtell, McGlone, Kopal, Renner & Ahne 2000), 최근 연구들은 NAC를 포함하는 ventral striatum과 orbitofrontal cortex가 얼굴 매력도와 관련한 선호 판단에도 밀접하게 관련되어 있다는 사실을 밝히고 있다(Aharon et al., 2001; Kim, Adolphs, O'Doherty & Shimojo, 2007).

최근의 연구에 의하면 ventral striatum과 orbitofrontal cortex뿐 아니라, 편도체(amygdala) 또한 얼굴 매력도에 반응하는 것으로 보인다. Winston과 그의 동료들(2007)은 amygdala가 얼굴 매력도의 양극단치에 모두 반응하는 U-형태의 비선형적인 반응패턴을 보인다는 사실을 밝힌 바 있다. 이러한 사실은 amygdala가 단순히 위협적이거나 부정정적인 자극에만 반응하는 것이 아니라 특정 정서가와 상관없이 생물학적으로 중요한 의미를 지닌 모든 정서적 자극에 반응하며 주의(attention)반응을 증가시켜 정보처리의 효율성을 향상시키고 의사결정을 돕는데 관여한다는 새로운 이론과 부합하는 것으로 보인다(Whalen, 1998).

낮선 상대방에 대한 선호 결정에 있어서 얼굴 매력도는 무시할 수 없는 강력한 요인이지만 그 밖에도 여러 가지 다양한 요소들이 존재할 수 있다. 그 중에서도 얼굴에 드러나 감정, 즉 얼굴 표정은 처음 만난 사람의 의도와

성향 등을 추론하는데 큰 영향을 미칠 수 있다(Hess, Banse & Kappas, 1995). 특히, 웃는 표정은 친근함이나 솔직함 등과 연합된 특성과 밀접하게 관련된 것으로 알려져 있다(Hess, Blairy & Kleck, 2000; Reis, Wilson, Monestere & Bernstein, 1990). 웃는 얼굴은 협력 행동의 의도로서 지각되어 신뢰 게임 등에서 상대방으로 하여금 협력 행동을 이끌어내는 역할을 담당할 수 있으며(Scharlemann, Eckel, Kacelnik & Wilson, 2001). 얼굴 신뢰도를 결정하는 가장 중요한 요소로서 알려진 바 있다(Oosterhof & Todorov, 2009). Stone과 Valentine의 연구(2007)를 보면 사람들은 행복한 표정의 얼굴을 화난 얼굴에 비해 빠르게 인식했으며 보다 선호하는 것으로 나타났다.

Morris와 동료(1998)들은 fMRI를 사용한 연구에서 공포표정의 얼굴을 볼 때보다 행복한 표정의 얼굴을 볼 때 피각(putamen)을 포함한 여러 영역들에서 높은 활동이 관찰되는 것을 확인하였으며, 의식적 혹은 자동적으로 행복한 표정의 얼굴을 처리할 때 orbitofrontal cortex의 반응이 높아지는 것을 관찰하였다(Gorno-Tempini, Pradelli, Seraafini, Pagnoni, Baraldi, Porro, Nicoletti, Umità & Nichelli, 2001; O'Doherty et al., 2003). 이밖에도 긍정적인 표정의 얼굴들을 사용한 많은 연구들에서 부리 쪽 앞측대상회(rostral anterior cingulate cortex)를 포함하는 medial frontal cortex의 활동이 얼굴에 나타난 긍정적 정서와 상관을 보인다는 사실이 관찰되었다(Dolan, Fletcher, Morris, Kapur, Deakin & Frith. 1996; Lane, Reiman, Axelrod, Yun, Holmes & Schwartz. 1998; Damasio, Grabowski, Bechara, Damasio, Ponto, Parvizi &

Hichwa, 2000).

위에 소개된 연구들을 종합하여 볼 때, 얼굴의 매력도와 행복한 표정은 모두 선호판단에 큰 영향을 미치며 유사한 신경학적 기제들에 의해 처리되는 것으로 보인다. 하지만, 대부분의 기존 연구들에서는 매력도와 긍정적인 표정 측면에서 정교하게 구분되지 않은 얼굴 자극들을 사용했기 때문에 관찰된 뇌부위들이 얼굴에서 오는 다양한 신호들 중에서 구체적으로 어떠한 신호에 특징적으로 반응하는지에 대한 질문은 아직 미지수로 남아 있다. 따라서 본 연구에서는 실험자극 선정단계에서부터 얼굴의 매력도와 표정의 행복함 정도의 상관성을 제거하여 얼굴의 매력과 행복한 표정에 특징적으로 관여하는 신경학적 기제를 밝히는 것을 목표로 하였다. 또한, 얼굴매력도 또는 행복한 표정의 신경학적 처리에 top-down process가 미치는 영향을 최소화하기 위해 피험자들로 하여금 높은 수준의 집중력을 필요로 하는 기억과제를 수행하도록 하여 얼굴의 매력도와 행복감 정보 처리에 암묵적으로 관여하는 신경학적 기제를 알아보고자 하였다.

실 험

실험 참가자 본 연구는 건강한 20대 오른손잡이 여성 22명을 대상으로 이루어졌다(mean age=22.4 SD=1.5). 사전처리과정에서 머리를 심하게 움직인 것으로 밝혀진 3명을 제외하고 총 19명을 대상으로 분석을 실시하였다. 모든 참가자들은 신경학적 또는 심리적 질병을 가지고 있지 않았으며, 한국과학기술원(KAIST)에서 제공하는 fMRI 실험 진행과 피

험자 관리에 관한 내용을 읽고 동의한 후 실험에 참가하였다.

실험 자극 자극물로 사용할 얼굴 사진을 선정하기 위해 인터넷에 공개되어 있는 국내 사진관 웹사이트에서 20대 중반의 대학생들의 대학졸업 사진을 검색하여 매력도 수준이 다양한 240장을 수집하였다. 대부분의 여성사진들의 경우 화장과 액세서리를 착용해 얼굴 자체의 매력을 판단하는데 영향을 줄 가능성이 있으므로 자극물로 사용된 사진 속의 인물은 모두 남성으로 한정되었다. 사진의 해상도, 인물의 크기, 머리카락의 색 등에서 큰 차이를 보이는 사진들을 제거한 뒤에 120장의 최종 자극물을 선정하였고, 각 얼굴 사진들에 대해서 K대학에서 심리학을 수강하는 대학(원)생 22명(남학생 13명, 여학생 9명, 평균연령 28.6세)을 대상으로 7점 척도 상에서 얼굴의 매력도(1:전혀 매력적이지 않다 7:매우 매력적이다)와 정서(1:전혀 행복해보이지 않다 7:매우 행복해 보인다)를 평가하였다. 이렇게 사전조사를 통해 얻어진 평가치에 기초하여 자극물의 매력 수준과 얼굴 표정의 수준은 각각 3수준(매력: 고, 중, 저; 표정: 무표정, 미소, 웃음)으로 구성하였다. 제작된 자극물의 해상도는 640 x 480로 맞추어졌고, 사진의 배경은 Adobe Photoshop 7.0을 이용하여 회색으로 모두 동일하게 교정하였다. 사진 속 인물의 양쪽 눈 사이 중앙지점과 jittering을 위해 사용된 슬라이드의 '+'표시 위치가 일치하도록 조정하여 최초 안구 움직임에 의한 노이즈를 최소화하였다.

실험 절차 실험 참가자들은 스캐너 안에서 하게 될 과제에 대해 충분한 설명을 들은 뒤, 실제 뇌 영상 촬영 시 과제 수행을 위해 사전 연습을 실시하였다. 사전 연습은 총 3회에 걸쳐 이루어졌으며 과제 수행이 원활하지 못한 참가자의 경우에는 추가 연습을 시행하였다. 모든 참가자들은 본 실험이 시작되기 전에 스캐너 안에 설치된 LCD 화면을 통해 다시 한번 축약된 지시문을 읽도록 요구받았다. 참가자들은 뇌영상이 촬영되는 도중 총 12번의 간단한 얼굴 재인기억 과제를 수행하였다(Engell, Haxby & Todorov, 2007). 하나의 과제는 10명의 남성 사진들과 하나의 target 사진으로 구성되었고, 참가자는 10장의 사진들을 본 뒤에 제시되는 target 사진을 본 뒤에 target 사진 속의 인물이 이전에 제시된 10장의 사진 중에 포함되어 있었는지를 판단하도록 요구받았다. 12번의 재인 과제를 모두 마치고 난 뒤 5분 동안 뇌의 해부학적 이미지 촬영을 하였고, 모든 뇌영상 촬영들이 끝난 후 참가자들은 앞서 보았던 120장의 남성 사진을 다시 보면서 얼

굴의 매력도(1:전혀 매력적이지 않다 7:매우 매력적이다)와 정서(1:전혀 행복해보이지 않다 7: 매우 행복해 보인다), 그리고 친숙도(1:전혀 친숙하지 않다 7: 매우 친숙하다)를 평가하였다. 질문들 간의 순서효과를 최소화하기 위해서 ‘매력-정서-친숙,’ ‘정서-친숙-매력,’ ‘친숙-매력-정서’의 세가지 순서로 역균형화(counterbalancing)하여 제시되었다. 한 참가자의 전체 실험 시간은 약 60분 정도였으며 모든 절차가 끝난 후 각 참가자들에게는 25,000원의 참가비가 지급되었다.

fMRI 실험 설계 fMRI 실험을 위해 rapid event-related design이 사용되었다. 각각의 사진 자극은 500ms동안 제시되었고 중첩되는 hemodynamic response들을 분리하기 위하여 ISI(interstimulus interval)는 1초에서 4초사이에서 무선적으로 변화하도록 설계되었으며 ISI동안에는 ‘+’가 삽입된 화면이 제시되었다. 10장의 얼굴사진들 뒤에 제시되는 target 사진은 1,000ms 동안 제시되었고 참가자들은 1,000ms

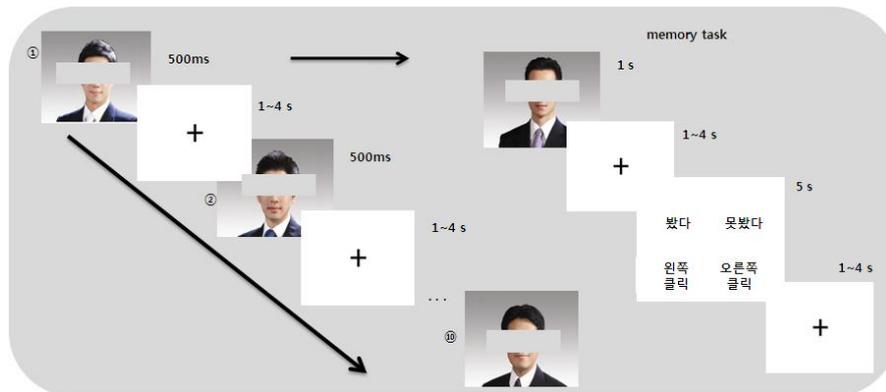


그림 1. 실험 절차. 참가자들은 총 12번의 기억과제를 수행하였으며, 각 기억과제 시행은 10장의 사진과 1장의 target 사진으로 이루어졌다.

내에 재인 여부를 응답하도록 요구받았다. 이를 정리하면 그림 1과 같다. 하나의 session은 2개의 run으로 구성되었으며, 각 run은 270 sec 동안 지속되었다. 따라서 각 피험자에 대해서 전체 실험을 위해 540 sec가 소요되었고 전체 270개의 volume들을 얻었다.

fMRI 자료 획득 및 분석 뇌 영상은 KAIST에 위치한 ISOL 3.0 Tesla forte MRI scanner (ISOL Tech, Oxford OR63)를 이용하여 촬영하였다. 전체 뇌는 24장으로 나누어 촬영했으며 (thickness=4mm, no gap, 24 slices, field-of-view=240mm, 64x64 pixel matrix), 뇌 전체를 한번 촬영하는데 걸리는 시간은 2초(TR=2,000ms, TE=30ms, flip angle=80°)였다. 뇌의 해부학적 이미지(anatomical image)는 실험이 끝난 후 5분 가량 FLAIR 영상을 이용해 촬영했다. 뇌 영상은 MATLAB(Mathworks, Inc., USA) 환경에서 구현되는 SPM5(Statistical Parametric Mapping, 2005 version, Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK)를 이용하여 사전처리와 연구 문제를 알아보기 위한 통계분석을 실시하였다. 사전 처리 단계에서는 가장 먼저 뇌의 활성화 시점과 촬영 시점의 시간 차이를 보정 해주었으며(Slice Timing), 각 참가자의 첫 번째 이미지를 이용하여 참가자의 머리 움직임을 보정해주었다(Realignment). 이 과정에서 머리를 심하게 움직인 3명을 제외하고 총 19명을 대상으로 분석을 실시하였다. 그 후 실험 참가자의 뇌 공간을 표준화(Normalization)해주었으며, 마지막으로 8mm의 FWHM(Full Width at Half Maximum)인 Gaussian Kernel을 사용하여 자료를 Smoothing해주었다. 사전 처리

가 끝난 후 개인분석단계에서 만들어진 design matrix에는 사진이 제시된 시점에서 추정된 혈역학 반응(hemodynamic response)을 사진 속 얼굴의 평균 매력 점수와 표정의 행복함 점수를 사용하여 독립적으로 조절하는 parametric modulation과정을 거쳤다. 또한, 각 참가자의 머리 움직임, 재인 과제에서 제시된 얼굴 사진, 선택을 위해 요구되었던 운동반응, 그리고 높은 친숙도 때문에 분석에서 제외된 사진들(친숙도 평가 5점 이상)은 모두 독립된 regressor들로 개인분석 design matrix에 함께 추가되었다. 각 피험자 내에서 얼굴의 매력도와 표정의 행복함 정도에 특징적으로 반응하는 뇌부위들을 관찰하기 위해 평균 매력도와 표정 점수에 해당하는 파라미터(parameter)들의 순서를 바꾼 또 하나의 design matrix를 제작하였다. 그리고 표정의 변화에 따른 혈역학 반응을 제거한 뒤 얼굴의 매력에 따른 혈역학 반응의 대조 영상을 각 개인마다 만들었으며 표정의 변화에 따른 혈역학 반응의 대조영상은 얼굴의 매력에 따라 변하는 혈역학 반응을 제거한 뒤 얻어졌다. 집단 분석에서는 각 개인분석 결과들로부터 얻은 얼굴 매력도와 표정의 행복함 정도를 반영하는 parameter들과 상관관계를 보이는 대조 영상들 각각에 대해서 one-sample t-test를 실시하였다. 통계적인 유의미 판단을 위해서 $p < 0.001$ (uncorrected)의 유의도 수준이 default값으로 사용되었다. Cortical 부위와 subcortical 부위들 간의 상대적인 구조적인 크기로 인한 detectability에서의 차이를 보정하기 위해 amygdala등과 같이 크기가 작은 subcortical structure들을 연구한 이전 여러 연구들(Egner et al., 2008; Gamer and Buchel, 2009;

Schiller et al., 2009)에서 사용된 바와 같이 본 연구에서도 amygdala와 nucleus accumbens들의 관찰을 위해서는 다소 낮은 threshold($p < 0.005$, uncorrected)가 사용되었다. 마지막으로, 집단 분석을 통해 얻어진 MNI(Montreal Neurological Institute) 좌표를 Talairach-Tournoux atlas좌표로 변환하여 활성화 된 뇌의 영역에 대한 해부학적 명칭을 알아보았다.

Functional ROI 분석 위의 분석들을 통해 발견된 영역들, 즉 매력도와 상관을 보인 amygdala, ventral striatum, 그리고 hippocampus와, 표정의 행복함과 상관을 보이는 것으로 관찰된 anterior medial frontal cortex와 posterior cingulate cortex를 대상으로 ROI(region of interest) 분석을 실시하였다. 이때 관심 영역은 가장 높은 활성화를 보인 peak voxel을 중심으로 반지름 0mm의 영역을 ROI로 정하였다. ROI분석을 위해 본 연구에 참가한 피험자들의 사후 얼굴 매력도 및 행복함 평정치에 기초하여 얼굴 자극들을 표 1과 같이 매력도 고, 중, 저 그리고 행복도 고, 중, 저로 범주화하였다. 이렇게 생성된 6개의 regressor들을 포함한 GLM(general linear model) 개인 분석을 통해 얻은 beta값들을 그래프로 표현하고 상호작용 효과 및 선형적 경향성 분석 등을 위해 사용하였다.

결 과

행동 결과 사진 속 인물에 대한 친숙도가 5 점 이상인 경우를 제거한 후, 얼굴의 매력과 표정의 행복함에 대하여 각각 평가할 때, 상호간의 영향력이 있는지를 알아보기 위하여 두 변수의 상관분석을 실시하였다. 이때, 개인차를 고려하기 위해 19명의 참가자 각각에서 두 변수간의 상관 계수를 추출하여 일 표본 차이 검증(one sample t-test)을 실시하였다. 그 결과 얼굴의 매력과 표정의 행복도를 평가 할 때 상호간의 영향력은 존재하지 않는 것으로 나타났다($r = .095$, $t(18) = 1.84$, $p > .05$). 또한 120장의 자극물에 대하여 참가자들이 각 얼굴들에 대해 평가한 평균 매력도(mean=3.03, SD=1.55)와 행복함(mean=4.04, SD=2.04) 정도 간에도 상관은 없는 것으로 나타났다($r = -.09$, $p = .33$).

FMRI 자료분석 결과

얼굴의 매력도와 상관을 보인 뇌 영역. 얼굴의 매력에 고유하게 관련된 신경학적 메커니즘을 알아보기 위해 표정의 행복함에 따른 혈액학 반응을 제거 한 후, 전체 뇌 영역(whole-brain analysis)에서 각 얼굴의 매력에 대하여 참가자들이 평가한 값에 따라 조절되는 영역을 살펴보았다. 결과는 표 3과 같다. 결과에서 볼 수 있듯이 insula와 hippocampus를 포

표 1. ROI분석을 위한 얼굴의 매력도와 행복함 평균 평정치의 범주화

	저	중	고
매력	1.6-2.59 (n=35)	2.64-3.47 (n=49)	3.5-5.4 (n=36)
행복함	2.3-3.48 (n=35)	3.52-4.51 (n=45)	4.57-6.61 (n=40)

표 3. 얼굴의 매력과 정적 상관을 보인 뇌 영역

영역		좌표(mm)			유의수준 (z 값)	cluster size
		x	y	z		
Middle frontal cortex	right	46	22	48	p<.001 (3.33)	102
Precuneus/Posterior cingulate cortex	right	4	-32	8	.001 (3.28)	235
Insula	left	-44	-8	-10	.001 (3.09)	15
Hippocampus	left	-34	-12	-16	.001 (3.05)	35
Ventral striatum	left	-16	4	-14	.004 (2.62)	17
Amygdala	left	-14	-6	-16	.005 (2.55)	5

함하는 medial temporal lobe 영역(x=-44, y=-8, z=-10, Z=3.09, p=.001/x=-34, y=-12, z=-16, Z=3.05, p=.001)이 매력적인 얼굴일수록 활성화 되는 것으로 나타났다(그림 3-가).

그림 3-가에 나타난 영역에 대한 ROI(Region of Interest) 분석 결과는 그림 3-나와 같다. 이를 자세하게 살펴보면, 좌측 hippocampus (x=-34, y=-12, z=-16, Z=3.05, p<0.005)에서의

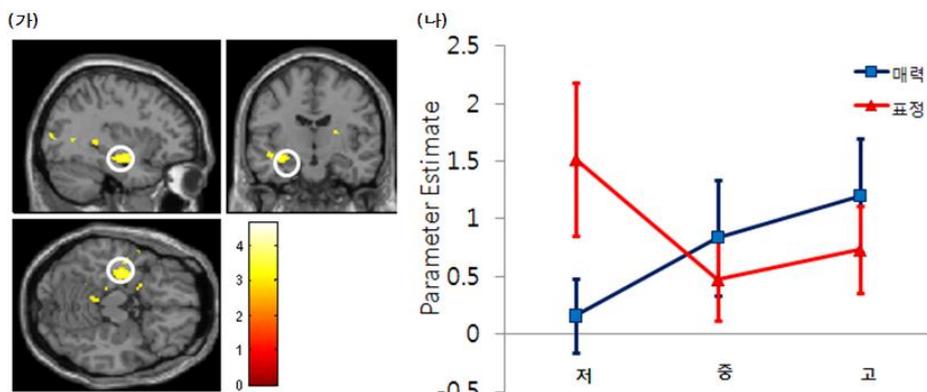


그림 3. 얼굴 매력도의 변화에 따라 특정적으로 활성화 정도가 조절되는 것으로 나타난 뇌부위. (가. Hippocampus: x=-34, y=-12, z=-16, Z=3.05 p=.001). (나) 그림 3-(가)에서 나타난 영역(Hippocampus: x=-34, y=-12, z=-16)의 ROI 분석 결과. (각 수직선은 표준오차를 나타냄) *본 그림의 활성화는 p=0.005 수준에서 관찰한 것임

반응은 얼굴의 매력 수준에 따라 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 반면, 표정과 관련해서는 무표정일 때 가장 높은 반응을 나타내며 표정이 행복정도가 증가할수록 상대적으로 낮은 반응을 보이는 것으로 나타났다. 유의도 수준을 조금 낮추어 관찰해 본 결과, 좌측 amygdala ($x=-14, y=-6, z=-16, Z=2.55, p=0.005$)와 bilateral ventral striatum($x=-16, y=4, z=-14, Z=2.62, p=0.004$)부위에서 다소 낮은 통계치를 보이는 독립적인 cluster들이 발견되었다(그림

4). 이는 posterior dorsal amygdala와 nucleus accumbens를 연결하는 sublentica extended amygdala(SLEA)가 얼굴 매력도에 반응한다는 이전 연구 결과와 일치하는 것으로 보인다(Aharon et al., 2001).

그림에는 포함되지 않았으나, dorsolateral prefrontal cortex는 외모가 매력적이지 않을 때 활성화 되는 것으로 나타나 외모의 매력과는 부적 상관이 있는 것을 발견하였다($x=-46, y=34, z=18, Z=3.49, p<0.001$).

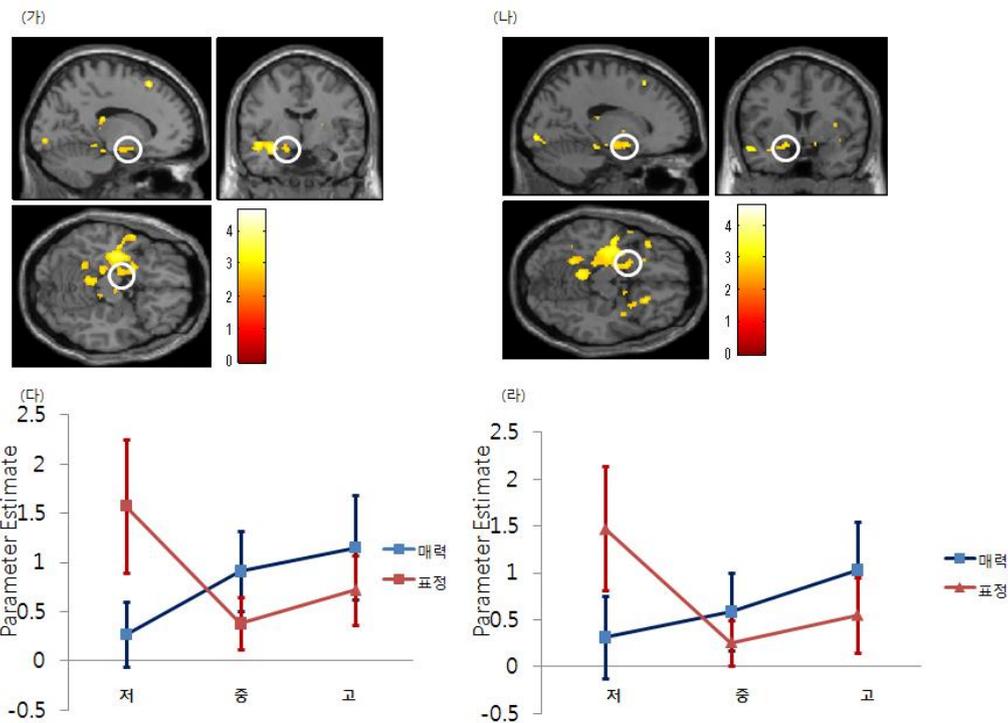


그림 4. 얼굴 매력도의 변화에 따라 특정적으로 활성화 정도가 조절되는 것으로 나타난 뇌부위.

(가) Amygdala ($x=-14, y=-6, z=-16, Z=2.55, p=.005$)

(나) Ventral striatum ($x=-16, y=4, z=-14, Z=2.62, p=.004$)

(다) Amygdala ($x=-14, y=-6, z=-16$)의 ROI 분석 결과 (각 수직선은 표준오차를 나타냄).

(라) Ventral striatum ($x=-16, y=4, z=-14$)의 ROI 분석 결과 (각 수직선은 표준오차를 나타냄).

*본 그림의 활성화는 $p=0.01$ 수준에서 관찰한 것임

표정의 행복함과 관련한 뇌 영역. 얼굴 표정 정보를 처리하는데 관련된 뇌기제를 알아보기 위해 얼굴의 매력도에 따라 반응하는 영역을 제거한 후, 표정의 행복한 정도의 변화에만 특정적으로 반응하는 영역을 whole-brain analysis를 통해 살펴보았다. 이때에도 모든 참가자들이 각 얼굴에 대하여 평가한 평균값을 이용하여 분석을 실시하였으며, 결과는 표 4와 같다.

결과를 보면 예상했던 것과 같이 rostral cingulate cortex(x=2, y=30, z=10, Z=4.04, p<.001)와 posterior cingulate cortex(x=6, y=-20, z=44 Z=3.66 p<0.001)의 활동이 표정의 행복한 정도에 따라 조절되는 것으로 나타났다(그림 5-가, 그림 5-나). 이 두 영역에 대한 ROI(Region of Interest) 분석 결과에 따르면 rostral cingulate cortex에서는 표정이 행복해보일수록 높은 반응을 보이는 반면, 얼굴의 매력에 따라서는 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 또한 posterior cingulate cortex는 표정이 아주 행복할 때만 높은 활성화를 보이고 무표

정이나 중간 정도의 행복한 표정에는 낮은 활성화를 보이는 것으로 나타났으며, 얼굴의 매력 정도에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Superior temporal sulcus(x=48, y=-48, z=2, Z=3.53, p<0.001)와 occipital cortex(x=34, y=-84, z=0, Z=3.66, p<0.001)는 표정이 무표정에 가까울수록 활성화가 증가하는 것으로 나타나 표정의 행복한 정도와 부적 상관이 있는 것을 발견하였다.

뇌 영역 별 얼굴의 매력과 표정 처리의 기능적 차이 분석. 위에 보고된 뇌 부위들의 기능적 차이를 통계적으로 검증하기 위해, 각 contrast map들에 규명된 ROI들의 peak voxel들에 대해서 각 영역별로 조건(매력, 표정) x 수준(고, 중, 저)의 두 요인을 이용한 피험자 내 이원변량분석(2-way ANOVA)을 실시하였다. 얼굴의 매력에 따라 반응하였던 영역들의 ANOVA결과를 살펴보면 좌측 Hippocampus (x=-34, y=-12, z=-16)와 Amygdala(x=-14, y=-6,

표 4. 표정의 행복함 정도와 정적 상관을 보인 뇌 영역

영역		좌표(mm)			유의수준 (z 값)	cluster size
		x	y	z		
Anterior Medial Frontal Cortex	right	2	30	10	p<.001 (4.04)	44
Posterior cingulate cortex	right	6	-20	44	p<.001 (3.66)	117
	left	-2	-10	42	p<.001 (3.37)	
Postcentral cortex	right	66	-20	36	p<.001 (3.37)	10

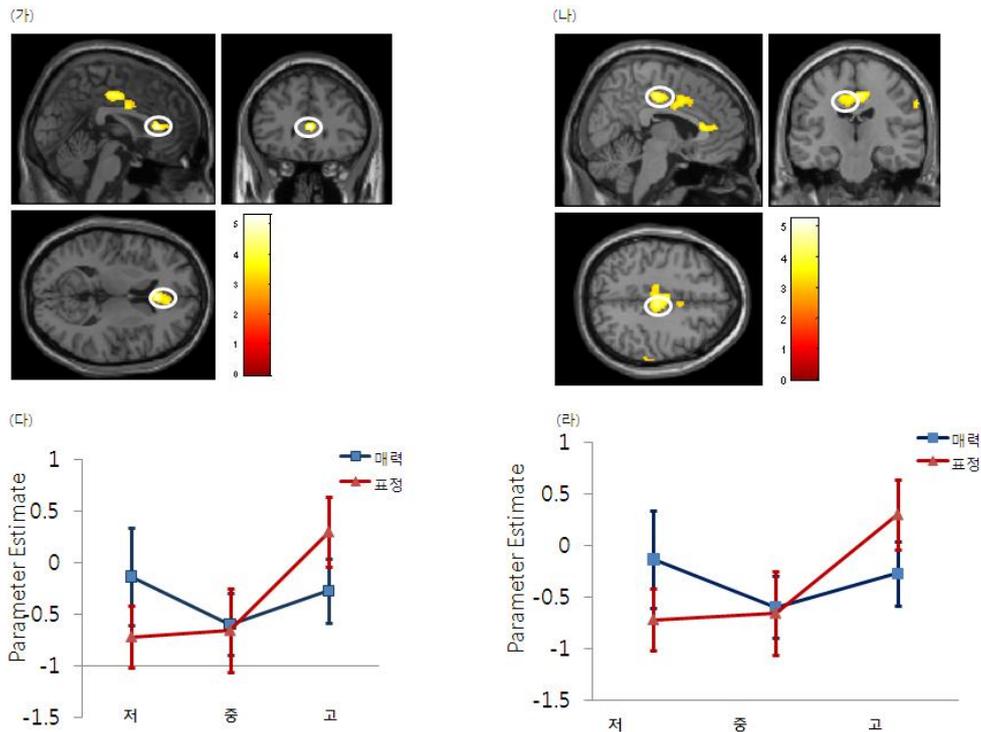


그림 5. 얼굴표정의 행복한 정도에 특정적으로 활성화가 조절되는 것으로 나타난 영역

(가). Anterior medial frontal cortex($x=2, y=30, z=10, Z=4.04, p<0.001$)

(나). Posterior cingulate cortex($x=6, y=-20, z=44, Z=3.66, p<0.001$)

(다). Anterior medial frontal cortex($x=2, y=30, z=10$)에 대한 ROI 분석 결과. (각 수직선은 표준오차를 나타냄)

(라). Posterior cingulate cortex($x=6, y=-20, z=44$)에 대한 ROI 분석 결과. (각 수직선은 표준오차를 나타냄) *본 그림의 활성화는 $p=0.005$ 수준에서 관찰한 것임

$z=-16$) 모두에서 얼굴의 매력도와 표정의 행복함 정도에 따른 활성화 차이가 유의미한 것으로 나타났으며 ($F(2,36)=3.42, p<0.05$ / $F(2,36)=3.55, p<0.05$), 상호작용 효과의 수준에 따른 선형적 경향성 또한 유의미한 것으로 관찰되었다 ($F(1,18)=5.43, p<0.05$ / $F(1,18)=4.76, p<0.05$). 그리고, Ventral striatum($x=-16, y=4, z=-14$)의 경우, 조건과 수준 간의 상호작용 효과는 유의미수준에 근접한 결과를 보였고

($F(2,36)=3.24, p=0.051$), 상호작용 효과의 수준에 따른 선형적 경향성은 유의미한 결과를 보였다 ($F(1,18)=4.82, p<0.05$). 마지막으로, 위의 세 영역 모두에서 얼굴 매력도 3수준에서의 선형 경향성은 유의미한 것으로 나타났으나 ($F(1,18)=8.66, p<0.05$ / $F(1,18)=4.05, p<0.05$ / $F(1,18)=5.31, p<0.05$), 표정의 행복함 정도 3수준에서의 선형 경향성은 모두 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

표정의 행복한 정도에 따라 반응하였던 Anterior medial frontal cortex(x=2, y=30, z=10)의 경우 역시 활성화가 얼굴의 매력과 표정의 행복한 정도에 따라 유의미하게 다른 것으로 나타났다($F(2,36)=6.69, p<0.05$), 상호작용 효과의 수준에 따른 선형적 경향성 또한 유의미한 것으로 관찰되었다($F(1,18)=12.17, p<0.05$). Posterior cingulate cortex의 경우, 조건과 수준 간의 상호작용 효과는 유의미하지 않았으나 ($F(2,36)=2.8, p=0.074$), 상호작용 효과의 수준에 따른 선형적 경향성은 유의미한 것으로 나타났다 ($F(1,18)=7.77, p<0.05$). 마지막으로, 위의 두 영역 모두에서 표정의 행복함 정도 3수준에서의 선형 경향성은 유의미한 것으로 나타났다($F(1,18)=21.11, p<0.05 / F(1,18)=16.60, p<0.05$), 얼굴의 매력도 3수준에서의 선형 경향성은 모두 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

논 의

타인의 얼굴을 통해 수집되는 다양한 신호들은 일상적인 사회적 상호작용과 의사결정 과정에 있어서 큰 부분을 차지하며, 특히 얼굴의 매력도와 표정은 기본적 선호판단에 있어서 가장 중요한 근간을 이룬다고 해도 과언이 아니다. 본 연구는 이 두 가지 중요한 신호들을 특징적으로 부호화하는 뇌 기제들을 밝힌 첫 번째 시도라는 점에서 그 의의를 지닌다. 높은 주의 집중을 요하는 기억과제동안에 피험자들의 ventral striatum과 amygdala/hippocampus를 포함하는 medial temporal lobe은 의식적인 노력 없이도 얼굴의 매력 정도와 정적 상관을 보

이는 활성화 패턴을 보였던 반면에, rostral cingulate cortex와 posterior cingulate cortex는 얼굴표정의 긍정적인 정도가 증가할수록 활성화 수준이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 위에 언급된 부위들이 얼굴 매력도와 표정으로부터 얻어지는 신호들을 감지하는 데 특징적으로 관여하고 있을 가능성을 시사하고 있다.

대표적인 공포 학습(LeDoux, 1996; 2000)기제로 널리 알려져 온 amygdala는 부정적 자극 뿐 아니라 보상적 자극을 처리하는 데에도 관련되어 있는 것으로 밝혀지고 있다(Everitt, Parkinson, Olmstead, Arroyo, Robledo & Robbins, 1999; Schultz, Apicella, Scarnati, & Ljungberg, 1992). 사람을 대상으로 한 최근 연구들에 의하면 인간의 amygdala는 얼굴의 매력도(Winston et al., 2007)와 신뢰도(Vuilleumier & Sander, 2008)의 양쪽 극단 치에 모두 반응하는 U형태의 비선형적 반응양상을 보이는 것으로 밝혀진 바 있다. 본 연구에서 참가자들이 높은 수준의 주의집중을 요하는 기억과제를 수행하는 동안에도 amygdala의 반응이 얼굴의 매력도와 긍정적인 상관을 보였다는 사실은 얼굴 자극의 매력도에 관한 암묵적 평가가 amygdala에 의해서 이루어 졌음을 시사한다. 또한, amygdala에 의해서 이루어지는 얼굴자극에 대한 정서적 정보의 평가는 피험자 개인의 주관적 매력도 평가치 보다 전체 집단의 평균적 매력도 평가치와 더 높은 상관을 보인다는 사실은 amygdala의 평가가 최종적인 주관적 평가 보다는 좀더 기본적이고 보편적인 정서가를 부호화한다는 최근 이론 그리고 연구 결과들과 일치하는 것으로 보인다(Engell, Haxby &

Todorov, 2007; Todorov, Baron & Oosterhof, 2008).

얼굴매력도의 변화에 주로 반응했던 amygdala가 웃는 얼굴보다 무표정한 얼굴에 대해 보다 높은 반응을 보인 본 연구 결과는 이 부위가 정서적인 얼굴표정뿐 아니라 무표정한 얼굴에도 반응한다는 사실을 보고한 최근의 여러 연구들과도 일치한다(Fitzgerald et al., 2006; Somerville et al., 2004). 웃는 표정의 얼굴들과 함께 제시될 때 무표정한 얼굴은 상대적으로 부정적인 표정으로 인식될 가능성이 존재한다는 기존 연구결과들을 고려할 때 (Russell & Fernandez, 1997), 본 연구에서 사용된 무표정한 얼굴들은 실제로 부정적인 표정으로 인식되어 이러한 맥락 정보들에 의해 amygdala의 반응이 조절되어 증가했을 가능성 또한 존재한다(Kim et al., 2004). 하지만, Amygdala의 학습관련 기능을 강조하는 최근 이론에 의하면 무표정한 얼굴에 대한 amygdala의 반응에 대하여 조금 다른 해석도 가능하다. 이 이론에 의하면 생물학적으로 중요하지만 불확실한 정보를 지닌 자극에 대해서 오히려 amygdala의 반응이 증가하게 되고 이렇게 증가된 amygdala의 활동은 전두엽 등과 같은 대뇌피질 부위를 활성화시켜 보다 정교한 정보처리력을 야기시킬 수 있음을 주장하고 있다(Kim et al., 2003; Whalen, 1998). 따라서, 무표정한 얼굴에 대한 amygdala의 반응은 불확실한 정서적 정보를 보다 정교하게 처리하기 위해 증가된 주의 수준을 반영한다는 해석도 가능할 것으로 보인다.

얼굴 매력도와 상관을 보이는 활성화 패턴은 Ventral striatum에서도 관찰되었으며 이는

이전 연구들을 재검증하는 결과라 할 수 있다 (Aharon, Etcoff, Ariely, Chabris, O'Connor, & Breiter 2001; Cloutier, Heatherton., Whalen, & Kelley. 2008). 또한, 매력도 판단과 관련없는 작업 기억을 수행하는 동안에도 이 부위의 활동이 얼굴 매력도에 따라 변화했다는 본 연구의 결과는 ventral striatum이 자동적이고 암묵적으로 얼굴 선호판단에 관여한다는 이전 연구 결과를 지지하는 증거로 보인다 (Kim, Adolphs., O'Doherty, Shimojo. 2007).

Amygdala와 더불어 hippocampus역시 얼굴의 매력에 따라 조절되는 반응패턴을 보였는데 이는 이 부위의 기억관련 기능과 연관지어 생각해 볼 수 있다. 주로 삽화적 기억 등에 관련되어 있는 것으로 알려져 있는 hippocampus에 비해 (Squire 1992; Cohen & Eichenbaum. 1993; Squire & Schacter. 2002) amygdala는 정서적 기억형성에 중요한 기능을 담당하고 있는 것으로 알려져 있는데, 정서적 정보에 의해 활성화된 amygdala는 hippocampus 또는 다른 대뇌피질 부위들로 신호를 보냄으로써 기억을 형성하는데 관여하는 것으로 알려져 있다 (LaBar, Gatenby, Gore, LeDoux & Phelps, 1998; McGaugh, McIntyre & Power, 2002). 이러한 맥락에서 볼 때, 본 연구에서 관찰된 바와 같이 amygdala와 함께 매력도에 따라 조절된 hippocampus의 반응은 매력적인 얼굴에 의해 활성화된 amygdala가 그 얼굴을 보다 잘 기억할 수 있도록 hippocampus의 기능을 조절하는 과정을 반영하는 것으로 해석될 수 있다. 매력적인 얼굴이 그렇지 않은 얼굴에 비해 더욱 잘 기억되는 것으로 밝혀진 과거의 연구들(Cross, Cross & Daly, 1971)은 이러한

hippocampus의 기능을 뒷받침하는 증거를 제시하고 있다.

얼굴매력도와 상관을 보인 곳으로 피질 하 영역들뿐 아니라 middle frontal cortex와 Precuneus/posterior cingulate cortex를 포함하는 피질부위에서도 역시 관찰되었다. Etkin et al. (2006)에 의하면, middle frontal cortex의 활동은 amygdala에 의해 탐지된 공포표정관련 정보를 효율적으로 억제하는데 실패하였을 경우 높은 반응을 보였던 DLPFC영역(44, 18, 52)과 거의 유사한 부위인 것으로 보인다. 따라서, 본 연구에서 관찰된 바와 같이 middle frontal cortex가 얼굴매력도에 따라 반응이 변화한 것은 제시되는 얼굴의 매력도에 의해 피험자들이 수행하던 기억과제가 방해받은 정도, 또는 이러한 정서적 침투를 억제하기 위한 인지적 노력을 반영하는 것으로 고려될 수 있다. 최근 연구에 따르면 Precuneus/posterior cingulate cortex는 subcortical과 cortical 영역들을 포함하는 다양한 부위들로부터의 신호들을 통합하고 (Cavanna & Trimble, 2005), 특히 새로운 얼굴을 보았을 때 빠르게 형성되는 첫인상과 관련 있는 사회적 정보들을 부호화하여 저장하는 역할을 담당하는 것으로 알려진 바 있다 (Schiller et al., 2009). 따라서, 본 연구 결과와 관련지어 볼 때, Precuneus/posterior cingulate cortex는 암묵적인 매력도 관련 첫인상 형성을 통해 이와 관련된 사회적 특성을 추론하는 과정에 관여하는 것으로 보인다.

얼굴 표정의 행복감 정도가 증가함에 따라 rostral anterior cingulate cortex와 posterior cingulate cortex를 포함하는 내측 피질 구조들의 반응이 증가하는 것으로 관찰되었다. 이

두 부위들은 모두 과거 연구들을 통해 공포나 무표정에 비해 행복한 표정에 더 높은 반응을 보이는 것으로 잘 알려져 있으며 (Lane et al., 1998; Damasio et al., 2000), 이러한 결과는 ventromedial prefrontal cortex의 활동이 얼굴 표정의 행복감 정도에 따라 조절된다는 기존의 연구를 다시 한 번 확인하고 있다 (O'Doherty et al., 2003). 뿐만 아니라, 얼굴의 행복감 정도를 공변량으로 넣었을 때 이 부위의 활동이 얼굴매력도와 상관을 보이지 않았다는 본 연구의 결과는 이 부위의 활동이 얼굴 매력도보다는 표정의 행복한 정도에 보다 특정적으로 반응한다는 사실을 시사한다.

본 연구는 서로 깊은 관련성을 지니지만 상호독립적인 얼굴 매력도와 행복한 표정의 두 가지 종류의 신호에 특정적으로 반응하는 뇌 기제를 밝힌 첫 연구라는 점에서 의의를 가진다. 인간의 외모와 표정은 기본적인 선호 형성에서 매우 중요한 요소들이며 이는 진화론적으로 볼 때 유기체의 생존과 밀접하게 관련된 다양한 정보를 내포하고 있는 것으로 보인다. 따라서, 외모의 매력도와 표정과 관련한 정보들을 즉각적이고 자동적으로 처리하는 신경학적인 기제가 발달해왔다는 사실은 놀라운 일이 아닐 것이다. 본 실험 결과를 보면 인지적인 기억과제를 수행하는 동안에도 상호독립적인 처리기제가 얼굴의 매력과 표정의 행복함 정도를 판단하는데 관여하는 것으로 관찰되어 위의 가설이 지지되고 있음을 알 수 있다. 이때, 외모의 매력도는 ventral striatum과 medial temporal lobes에서 자동적으로 부호화되며 표정의 행복함은 cingulate cortex와 관련되어 있는 것으로 관찰되었다. 앞으로 선호 판

단이나 편향적 사고 등과 같이 얼굴을 통해 제시되는 정보를 기초로 하는 다양한 의사결정 상황에서 의식적 노력없이 자동적으로 얼굴 매력도와 표정관련 정보들을 부호화하는 독립된 뇌기제들이 서로 상호작용하며 의사결정 과정에 참여하는 방식을 규명하는 보다 체계적인 향후 연구들이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- Aharon, I., Etcoff, N., Ariely, D., Chabris, C. F., O'Connor, E. & Breiter, H. C. (2001). Beautiful faces have variable reward value: fMRI and behavioral evidence. *Neuron*, 32 (3), 537-551.
- Alley, T. R. (1988). *Social and applied aspects of face perception: An introduction*. Erlbaum.
- Barocas, R. & Karoly, P. (1972). Effects of physical appearance on social responsiveness. *Psychological Reports*, 31 (2), 495-500.
- Benson, P. L., Karabenick, S. A. & Lerner, R. M. (1976). Pretty pleases: The effects of physical attractiveness, race, and sex on receiving help. *Journal of Experimental Social Psychology*, 12 (5), 409-415.
- Berscheid, E. & Walster, E. (1974). *Physical attractiveness*. Advances in Experimental Social Psychology, Vol. 7. Ed. L. Berkowitz. New York :Academic Press.
- Blood, A., J, Zatorre, R. J., Bermudez, P. & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2 (4), 382-387.
- Bowman, P. C. (1979). Physical constancy and trait attribution: Attenuation of the primacy effect. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 5 (1), 61- 64.
- Buss, D. M. & Barnes, M. (1986). Preferences in human mate selection. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50 (3), 559-570.
- Cash, T. F. & Kilcullen, R. (1985). The eye of the beholder: Susceptibility to sexism and beautyism in the evaluation of managerial applicants. *Journal of Applied Social Psychology*, 15 (4), 591-605.
- Cavanna, A. E. & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 129 (3), 564-583.
- Chaiken, S. (1979). Communicator physical attractiveness and persuasion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37 (8), 1387-1397.
- Cloutier, J., Heatherton, T. F., Whalen, P. J., & Kelley, W. M. (2008). Are attractive people rewarding? Sex differences in the neural substrates of facial attractiveness. *J Cogn Neurosci*, 20 (6), 941-951.
- Cohen N. J. & Eichenbaum H. (1993). *Memory, amnesia and the hippocampal system*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Critchley, H. D. & Rolls, E. T. (1996). Hunger and satiety modify the responses of olfactory and visual neurons in the primate orbitofrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 75 (4),

- 285-290.
- Cross, J. F., Cross, J., & Daly, J. (1971). Sex, race, age, and beauty as factors in recognition of faces. *Perception and Psychophysics*, 10, 393-396.
- 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.
- Dolan, R. J., Fletcher, P., Morris, J., Kapur, N., Deakin, J. F., & Frith, C. D. (1996). Neural activation during covert processing of positive emotional facial expressions, *NeuroImage*, 4 (3), 194-200.
- Egner, T., Etkin, A., Gale, S., & Hirsch, J. (2008). Dissociable neural systems resolve conflict from emotional versus nonemotional distracters. *Cereb Cortex*, 18 (6), 1475-84.
- Engell, A. D., Haxby, J. V. & Todorov, A. (2007). Implicit trustworthiness decisions: Automatic coding of face properties in the human amygdala. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19 (9), 1508-1519
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D., Kandel, E., & Hirsch, J. (2006). Resolving Emotional Conflict: A Role for the Rostral Anterior Cingulate Cortex in Modulating Activity in the Amygdala. *Neuron*, 51 (6), 871-882.
- Everitt, B. J., Parkinson, J. A., Olmstead, M. C., Arroyo, M., Robledo, P. & Robbins, T. W. (1999). Associative processes in addiction and reward. The role of amygdala-ventral subsystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 877, 412-438.
- Gamer, M., & Büchel, C. (2009). Amygdala activation predicts gaze toward fearful eyes. *J Neurosci*. 29 (28), 9123-6.
- Hess, U., Banse, R., & Kappas, A. (1995). The intensity of facial expressions is determined by underlying affective state and social situation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69, 280-288.
- Hess, U., Blairy, S., & Kleck, R. E. (2000). The Influence of Facial Emotion Displays, Gender, and Ethnicity on Judgments of Dominance and Affiliation. *Journal of Nonverbal Behavior*, 24, 265-283.
- Fiske, S. T. & Cox, M. G. (1979). Person Concepts: The effect of target familiarity and descriptive purpose on the process of describing others. *Journal of Personality*, 47 (1), 136-161.
- Fitzgerald, D. A., Angstadt, M., Jelsone L. M., Nathan, P. J., Phan, K. L. (2006). Beyond threat: amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect. *NeuroImage*, 30, 1441-1448.
- Gorno-Tempini, M. L., Pradelli, S., Seraafini, M., Pagnoni, G., Baraldi, P., Porro, C., Nicoletti, R., Umità C. & Nichelli, P. (2001). Explicit and incidental facial expression processing: An fMRI study. *NeuroImage*, 14 (2), 465 - 473.
- Kim, H., Somerville, L. H., Johnstone, T., Alexander, A. L, & Whalen, P. J (2003).

- .Inverse amygdala and medial prefrontal cortex responses to surprised faces. *Neuroreport*, 14 (18), 2317-2322.
- Kim, H., Somerville, L. H., Johnstone, T., Polis, S., Alexander, A. L., Shin, L., & Whalen, P. J. (2004). Contextual modulation of amygdala responsivity to surprised faces, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (10), 1730-1745.
- Kim, H., Adolphs, R., O'Doherty, J. P., Shimojo, S. (2007). Temporal isolation of neural processes underlying face preference decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104 (46), 18253-18258.
- Knutson, B., Westdorp, A., Kaiser, E., & Hmoor, D. J. (2000). fMRI visualization of brain activity during a monetary incentive delay task. *Neuroimage*, 12 (1), 20-27.
- Knutson, B., Adams, C. M., Fong, G. W., & Hmoor, D. J. (2001). Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens. *The Journal of Neuroscience*, 21 (16), 1-5.
- LaBar, K. S., Gatenby, J. C., Gore, J. C., LeDoux, J. E. & Phelps, E. A. (1998) Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study. *Neuron*, 20 (5), 937-945.
- Lane, R .D., Reiman, E. M., Axelrod, B., Yun, L-S, Holmes A. & Schwartz G. E. (1998). Neural correlates of levels of emotional awareness: Evidence of an interaction between emotion and attention in the anterior cingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (4), 525-535.
- Langlois, J. H. Ritter, J. M ., Roggman, L. A. & Vaughn, L. S. (1991). Facial diversity and infant preferences for attractive faces. *Developmental Psychology*, 27 (1), 363 - 369.
- LeDoux, J. (1996). Emotional networks and motor control: a fearful view. *Progress in Brain Research*, 107, 437-446.
- LeDoux, J. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience* 23, 155-184.
- McGaugh, J. L., McIntyre, C. K. & Power, A. E. (2002) Amygdala modulation of memory consolidation: Interaction with other brain systems. *Neurobiology of Learning and Memory*, 78 (3), 539-552.
- Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., Rowland, D., Young, A. W., Calder, A. J. & Dolan, R. J. (1998). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383 (6603), 812-815.
- O'Doherty J., Rolls E. T., Francis, S., Bowtell, R., McGlone, F., Kobal, G., Renner, B. & Ahne, G. (2000). Sensory-specific satiety-related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex. *NeuroReport*, 11 (4), 399-402
- O'Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M. & Dolan, R. J. (2003). Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia*, 41 (2), 147-155.
- Olson, I. R. & Marshuetz, C. (2005). Facial

- Attractiveness Is Appraised in a Glance. *Emotion*, 5 (4), 498-502.
- Oosterhof, N. N., & Todorov, A. (2009). Shared perceptual basis of emotional expressions and trustworthiness impressions from faces. *Emotion*, 9, 128-133.
- Pallak, S. R. (1983). Salience of a communicator's physical attractiveness and persuasion: A heuristic versus systematic processing interpretation. *Social Cognition*, 2 (2), 156-168.
- Reis, H. T., Wilson, I. M., Monestere, C., & Bernstein, S. (1990). What is smiling is beautiful and good. *European Journal of Social Psychology*, 20, 259-267.
- Russell, J. H. and Fernandez-Dols, J. M. (1997). *The psychology of facial expression*, New York: Cambridge University Press.
- Scharlemann, J. P. W., Eckel, C. C., Kacelnik, A., & Wilson, R. K. (2001). The value of a smile: Game theory with a human face. *Journal of Economic Psychology*, 22, 617-640.
- Schiller, D., Freeman, J. B., Mitchell, J. P., Uleman, J. S., & Phelps, E. A. (2009). A neural mechanism of first impressions. *Nat Neurosci.*, 12 (4), 508-14.
- Schultz, W., Apicella, P., Scarnati, E. & Ljungberg, T. (1992). Neuronal activity in monkey ventral striatum related to the expectation of reward. *Journal of Neuroscience*, 12 (12), 4595-4610.
- Small, D. M., Zatorre, R. J., Dagher, A., Evans, A. C. & Jones-Gotman, M. (2001). Changes in brain activity related to eating chocolate: From pleasure to aversion. *Brain*, 124 (9), 1729-1733.
- Somers, L. A., Beyene, M., Carelli, R. M., & Wightman, R. M. (2009). Synaptic overflow of dopamine in the nucleus accumbens arises from neuronal activity in the ventral tegmental area. *J Neurosci*, 29(6), 1735-1742.
- Somerville, L. H., Kim, H., Johnstone, T., Alexander, A. L., & Whalen, P. J. (2004). Human amygdala responses during presentation of happy and neutral faces: correlations with state anxiety. *Biological Psychiatry*, 55 (9), 897-903.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99 (2), 195-231.
- Squire, L. R. & Schacter, D. L. (2002). *The Neuropsychology of Memory*. :Guilford Press.
- Stone, A. & Valentine, T. (2007). Angry and happy faces perceived without awareness: A comparison with the affective impact of masked famous faces. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19 (2), 161-186.
- Symons, D. (1979). *The evolution of humor sexuality*. New York: Oxford University.
- Todorov, A., Baron, S. G. & Oosterhof, N. N. (2008). Evaluating face trustworthiness: a model based approach. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3 (2), 119-127.
- Walster, E., Aronson, V., Abrahams, D. & Rottman, L. (1966). Importance of Physical Attractiveness in dating behavior. *Journal of*

- Personality and Social Psychology*, 4 (5), 508-516.
- Whalen, P. J. (1998). Fear, Vigilance, and Ambiguity: Initial neuroimaging studies of human amygdala. *Current Directions in Psychological Science*, 7 (6), 177-188.
- Winston, J. S., O'Doherty, J., Kilner, J. M., Perrett, D. I. & Dolan, R. J. (2007). Brain systems for assessing facial attractiveness. *Neuropsychologia*, 45 (1), 195-206.
- Vuilleumier, P. & Sander, D. (2008). Trust and valence processing in the amygdala. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3 (4), 299-302.
- 1 차 원고접수 : 2009. 9. 3
수정원고접수 : 2010. 2. 16
최종게재결정 : 2010. 3. 6

Functionally distinctive neural circuitries involved uniquely in encoding facial attractiveness and facial happiness

Kim, Woon-sup

Sung, Young-Shin

Kim, Hackjin

Dept. of Psychology, Korea University

In the present study utilizing functional MRI technique, we aimed to examine the neural circuitries uniquely involved in encoding facial attractiveness and happy expression in the absence of explicit attention. While being scanned, 22 female subjects performed a simple working memory task, where they were asked to report whether a target face was included in an immediately preceding block of 10 novel faces. At the end of the experiment, subjects saw all the faces once again and rated each of them in terms of subjectively perceived facial attractiveness and happiness. In order to examine the neural systems engaged uniquely in encoding facial attractiveness and facial happiness, the hemodynamic responses to face images were modulated separately by the parameters of normative facial attractiveness and happiness ratings. The analyses revealed that the ventral striatum as well as the medial temporal lobe including the amygdala and the anterior hippocampus showed a significant positive correlation with facial attractiveness, but not with facial happiness, whereas the rostral anterior cingulate cortex and posterior cingulate cortex showed a significant positive correlation with facial happiness, but not with facial attractiveness. To our best knowledge, the present study demonstrated for the first time that facial attractiveness and facial happiness may be encoded by separate neural mechanisms even in the absence of direct attention.

Key words : face, ventral striatum, amygdala, cingulate, hippocampus