

전전두피질 비대칭성이 고통상황의 공감반응에 미치는 영향*

정 봉 교†

영남대학교

본 연구는 우측 중전두피질의 비대칭성이 공감특질 및 공감반응과 관련성이 있는가를 알아보았다. 실험 참가자들은 먼저 공감특질을 측정하기 위한 대인관계반응지수에 반응을 하였다. 기저선 중전두피질 EEG 비대칭성을 측정한 후, 실험참가자들이 고통상황 또는 중립상황을 나타내는 손이 포함된 사진 또는 만화를 보면서 고통단서에 주의를 쏟기를 요구하는 고통평정 과제 혹은 고통단서로부터 주의를 돌리려는 손의 수 세기 과제를 수행하는 동안, 사건관련전위(ERP)가 기록되었다. 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 유의하게 높은 공감적 걱정과 개인적 고통을 나타내었고, 고통평정 과제를 수행하는 동안 사진자극으로 제시된 고통상황의 고통강도를 가장 높게 평가하였다. 또한 우측 활성화 집단은 좌측 활성화 집단에 비해 사진자극으로 제시된 고통상황에서 고통강도를 평정하는 동안 더 높은 P300과 후기 양성전위(LPP)를 보였다. 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 더 높은 공감특질과 고통의 공감 상황에서 더 높은 P300과 LPP 반응을 나타내었다는 관찰은 우측 중전두피질의 비대칭성이 높은 공감특질과 고통상황에서 공감반응의 예측 요인이라는 가설을 지지해주었다. 본 연구는 우측 전두피질의 높은 활동성이 타인의 고통에 대한 민감성을 촉진함으로써 사회적 정서소통에 필요한 대인능력에 기여할 수 있다는 점을 시사해준다.

주요어 : 중전두피질 비대칭성, 대인관계반응지수, EEG, 고통, 공감, P300, LPP

* 이 논문은 2014년도 영남대학교 학술연구조성비지원에 의한 것임.

† 교신저자: 정봉교, 영남대학교 심리학과, (38541) 경북 경산시 대학로 280, Tel: 053-810-2234, E-mail: bkchung@ynu.ac.kr

대뇌의 좌반구와 우반구의 기능차이에 대한 발견은 뇌의 신비를 탐구하는 중요한 동인이 되었다. 이런 맥락에서 좌측 전두피질과 우측 전두피질의 상대적 활성화에 있어서 안정적인 차이를 보이는 사람의 정서와 동기 처리 과정에서 중요한 기능적 비대칭성이 발견되었다. 초기에 주로 전전두피질에 대한 뇌전도(electroencephalogram: EEG) 측정을 통해 밝혀진 결과에 의하면 상대적으로 높은 좌측 전전두피질의 활성화는 개인에게 유익한 반면에 상대적으로 높은 우측 전전두피질의 활성화는 개인에게 불리하다는 점을 시사해주는 증거들이 주류를 이루었다(Davidson, 2002; Gotlib, Ranganath, & Rosenfeld, 1998; Henriques & Davidson, 1991; Tomarken, Davidson, Wheeler, & Doss, 1992; 정봉교, 윤병수, 2001; 정봉교, 2007).

전전두피질 비대칭성(prefrontal brain asymmetry)의 개인차를 설명하려고 제안된 정서가 가설(valence hypothesis)은 전전두피질의 하위영역인 좌측 중전두피질이 긍정적 정서(positive affect)의 특질 또는 상태와 관련되는 반면에, 우측 중전두피질은 부정적 정서(negative affect)의 특질 또는 상태와 관련됨을 보여주었다(Davidson, 2002; Tomarken et al., 1992; 정봉교, 윤병수, 2001; 정봉교, 2007). 실제로 EEG 측정을 통해 임상집단에서 얻어진 결과에서 우울증 환자의 좌측 중전두피질이 우측 중전두피질에 비해 상대적으로 낮은 활성화를 보였다(Gotlib et al., 1991). 전전두 EEG 비대칭성의 정서적 및 행동적 결과에 관한 증거가 축적됨에 따라 정서가 가설에 의한 설명의 부족함을 보완하기 위해서 동기방향모형(motivational direction model)이 제안되었고, 좌측 중전두 활성화와 우측 중전두 활성화의 기능적 차이에 대한 설명으로 현재 더 널리 수용되고 있다(Davidson, 1995; Harmon-Jones, 2004; Harmon-Jones & Allen, 1997; Harmon-Jones, Gable, & Peterson, 2010; Sutton & Davidson, 1997; van Honk & Schutter, 2006; 정봉교, 2013). 이 설명은 중전두의 비대칭적 피질 활성화의 형태가 기본적 동

기적 방향과 유의한 연관이 있다는 것을 가정하는데, 즉 회피동기(avoidance motivation)는 상대적으로 높은 우측 활성화와 관련이 있지만 접근동기(approach motivation)는 상대적으로 높은 좌측 활성화와 관련이 있다는 것이다.

성격과 기질에 대한 광범위한 분석에서 회피동기는 신경증, 부정적 정서성 및 행동억제체계(behavioral inhibition system)의 활성화와 관련이 있는 반면에 접근동기는 외향성, 긍정적 정서성 및 행동활성화체계(behavioral activation system)의 활성화와 관련이 있다(Elliot, 2006; Elliot & Thrash, 2002). 이런 정보와 일치되게 비대칭적 전전두피질 활성화는 특정 동기와 정서 반응패턴과 밀접한 관계가 있다. 접근동기와 관련이 있는 행복이나 분노 같은 정서는 상대적으로 높은 좌측 중전두피질의 활동성과 관련이 있는 반면에(Conan, Allen, & Harmon-Jones, 2001; Davidson, Schaffer, & Saron, 1985), 회피와 연관된 혐오, 공포 및 슬픔과 같은 정서는 상대적으로 높은 우측 중전두 활동성과 관련이 있다(Conan et al., 2001; Dawson, Panagiotides, Kinger, Kinger, & Hill, 1992). 그러므로 긍정적 정서와 특질을 강조하는 현대의 연구풍토에서 상대적으로 우측 전전두피질의 비대칭성의 기능에 대한 관심은 상대적으로 소홀할 수밖에 없었다. 그러나 상대적으로 높은 우측 전전두피질의 활동성이 사회적 정서 소통에 필요한 대인능력에 기여할 수 있다는 점을 시사해주는 증거도 나타나고 있다(Eslinger, Moore, Troiani, Antani, Cross, Kwok, & Grossman, 2007; Quirin, Gruber, Kuhl, & Düsing, 2013).

따라서 본 연구는 전전두피질의 하위영역인 우측 중전두피질의 EEG 비대칭성(right midfrontal EEG asymmetry)이 부정적 정서와 관련된 중요한 대인능력인 공감(empathy)에서 하는 역할을 탐색해보려고 한다. 진화적 조망에서 공감은 종종 적응을 위한 역량으로 타인의 고통(distress)을 이해하고 도움을 제공하는 행동을 발휘하는 데 기여한다(Batson, Lishner, Cook, & Sawyer, 2005; de Waal, 2008; Eisenberg & Miller, 1987). 근본적으로

공감과정은 위험 혹은 위협과 관련된 환경의 적절한 측면에 관한 정보처리와 관련이 있다(de Waal, 2008; Hatfield, Cacioppo, & Rapson, 1994). 회피동기를 유발하는 혐오적 정서가 친사회적 행동을 일으키는 기제에 관한 여러 설명들이 있다. 인간이 부정적 기분을 감소시키려는 선천적 동기를 갖고 있으므로 도움행동과 같은 친사회적 행동을 통해서 기분고양 행동을 한다고 설명하는 부정적 상태 경감 모형(negative-state relief model; Cialdini, Darby, & Vincent, 1973) 그리고 고통을 겪고 있는 사람을 보는 것에 의해 발생하는 공감은 혐오적 경험이므로, 이 혐오적 경험을 감소시키려는 욕망에 의해 도움행동이 동기화된다는 혐오적 각성 감소 모형(aversive-arousal reduction model; Piliavin, Dovidio, Gaertner, & Clark, 1981)과 같은 고통-경감 모형(distress-relief models)은 우리가 타인의 불리한 상황에 의해 초래되는 자신의 개인적 고통을 줄이기 위해서 타인을 돕는다고 가정한다. 실제로 타인의 고통에 의해 유발된 부정적 정서가 보상 혹은 긍정적 정서유도에 의해 감소할 때 사람들은 도움행동을 적게 보여주었다(Cialdini, Schaller, Houlihan, Arps, Fultz & Beaman, 1987; Schaller & Cialdini, 1988).

공감이 도움을 제공하려는 접근동기를 반영해야만 한다는 직관적 견해와는 대조적으로 공감은 개인적 고통의 감정을 피하려는 회피동기를 반영한다. 공감이 종종 도움행동과 같은 타인 지향적 반응—일종의 “타인과의 관계추구(reaching out)”—을 일으키기 때문에, 이것이 접근경향과 관련이 있으므로 따라서 좌측 전전두피질의 높은 활성화와 관련이 있다는 것을 보여준 연구들도 있었다(Goetz, Keltner, & Simon-Thomas, 2010; Lamm, Batson, & Decety, 2007). 그러나 공감반응에 있어서 고통 혹은 슬픔 정서를 간접적으로 공유할 필요성을 강조하거나(Ikes, 1997, 2009) 혹은 개인적 고통 같은 부정적 감정의 필수적 역할을 주장하는(Cialdini et al., 1973; Ikes, 1997, 2009; Piliavin et al., 1981) 공감의 개

념화에 비추어 보면, 공감이 상대적으로 높은 우측 전전두피질의 활성화와 연관이 있을 가능성도 상당한 근거가 있다.

전전두피질과 공감기능의 유의한 관련성을 보여준 선행연구는 긍정적 정서를 유발하도록 고안된 과제를 하는 중임에도 불구하고 우측 전두극의 높은 EEG 활동성을 나타낸 아동들이 공감적 걱정(empathic concern)을 더 높게 보인다고 보고하였다(Light, Coan, Zahn-Waxler, Frye, Goldsmith, & Davidson, 2009). 또한 우측 복내측 전두피질(right ventromedial frontal cortex)에 손상이 있는 사람은 타인의 마음 읽기에 있어서 정서적 구성요소를 이해하는 것이 결핍되었음을 보여주었고(Shamay-Tsoory, Tomer, Berger, Goldsher, & Aharon-Peretz, 2005), 그리고 우측 전측두 신경망(right frontotemporal neural network)이 위축된 사람은 사회적 딜레마를 해결하는 데 있어서 어려움을 보였다(Eslinger et al., 2007). 공감과 관련된 신경구조를 분석한 또 다른 연구는 우측 전방 도피질(right anterior insula)과 하전두회(inferior frontal gyrus)가 공감과 특별히 관련이 있음을 보여주었다(Fan, Duncan, de Greck, & Northoff, 2011). 또한 좌측이 아닌 우측 배외측 전전두피질(dorsolateral prefrontal cortex)의 기능을 방해하는 것이 친사회적 행동을 억제하였다(Knoch, Pascual-leone, Meyer, Treyer, & Fehr, 2006). Hecht(2011)는 정신병질자의 신경생물학에 관한 연구를 종합한 결과, 그들이 보이는 정서 및 공감의 결손은 우측 반구의 낮은 활동성과 관련이 있다고 제안했다. EEG 측정을 바탕으로 FBA와 공감 간의 관계를 알아본 선행연구(Tullett, Harmon-Jones, & Inzlicht, 2012)에서도 상대적으로 높은 우측 중전두피질의 활성이 공감반응과 관련이 있었고, 중전두피질의 비대칭성(medial frontal asymmetry)이 슬픔의 정서를 매개로 하여 공감적 걱정 특질을 예측해준다는 것을 보여주었다.

본 연구는 공감반응과 관련된 지표로 사건관련전위(event-related potential: ERP)를 측정한다(Fan

& Han, 2008). ERP는 높은 시간해상도를 바탕으로 사건과 결부된 EEG 활동에 대한 기록과 분석을 제공한다. ERP의 P300 요소는 주의와 관련된 과정을 연구하기 위해 널리 이용되었다. 또한 정서자극의 정서가 수준은 P300에 영향을 미치는데, 중립자극에 비해 정서자극이 높은 P300을 나타내는 경향이 있다. 정서자극이 주의를 필요로 한다는 점에서 유쾌한 자극과 불쾌한 자극 모두 느리지만 지속적인 양성(+) ERP를 유발한다(Cano, Class, & Polish, 2009; Rozenkrants, Olofsson, & Polish, 2008). 후기 양성전위(late positive potential: LPP)라고 불리는 ERP 구성요소도 정서 사진자극의 정서에 의해 조절된다는 것이 계속적으로 발견되었다. 자극이 제시되고 약 300ms 이후 중심-두정 영역에서 관찰되는 LPP는 중립자극에 비해 정서자극에 대해 더 크게 나타났다(Sabatini, Lang, Keli, & Bradley, 2007; Schupp, Cuthbert, Bradley, Cacioppo, Ito, & Lang, 2000). 정서 사진자극을 이용한 연구들은 LPP 변화가 생식이나 방어와 관련된 장면을 묘사하는 자극에 대해 가장 크다는 것을 관찰하였는데, 자연조건에서 정서자극에 대한 지각과 평가는 배후의 접근과 회피 동기체계의 활동에 의존한다(Bradley, 2009; Schupp et al., 2006).

본 연구는 우선 중전두 비대칭성에 관한 동기방향 가설을 바탕으로 회피관련 정서에 대한 민감성이 높은 사람 즉 상대적으로 우측 활성화가 높은 사람이 타인의 고통을 잘 느낄 것이라는 논리를 근거로 하여, 우측 중전두 EEG의 비대칭적 활성화는 공감반응과 관련이 있을 거라는 가설을 검증하고자 한다(Light et al., 2009; Shamay-Tsoory et al., 2005; Tullett et al., 2012). 이런 목적을 위해서 FBA에 따른 공감특질의 차이를 비교한다. 따라서 기저선 EEG 측정을 통해 우측 중전두피질의 활성화가 높은 집단이 좌측 중전두피질의 활성화가 높은 집단에 비해 주관적 보고에서 높은 공감점수를 보고하는가를 알아본다. 기저선 FBA에 따른 공감특질의 차이를 비교한 연구는 없지만, 우측 전두피질의 상대적

활성화와 공감반응의 상관을 알아본 선행연구(Tullett et al., 2012)는 기저선 측정에서 상대적으로 높은 우측 중전두피질의 활성화가 자선행동을 묘사하는 상황에서 측정된 공감특질의 변인인 공감적 걱정과 개인적 고통(personal distress) 그리고 정서변인인 슬픔과 유의한 정적 상관을 보고하였다.

둘째로, 본 연구는 ERP를 이용하여 중전두피질의 비대칭성이 공감반응에서 하는 역할을 알아보고자 한다. 선행연구는 EEG를 이용한 sLORETA 분석을 통해 대뇌피질의 활동이 공감수준과 관련이 있음을 확인하였으나(박윤희, 정봉교, 2012), ERP를 측정하여 공감반응에서 좌측과 우측 중전두피질의 기저선 비대칭성의 역할을 알아본 연구는 없었다. 또 다른 선행연구는 공감과제에서 전두피질 ERP 반응의 시간과정을 알아보았다(Fan & Han, 2008). 이 연구자들은 고통스런 자극단서에 주의를 쏟는 참가자들에게서 독특하게 구분되는 신경활동패턴을 관찰하였는데, 전두피질의 전방영역에 걸쳐 나타나는 초기의 ERP 구성요소는 중립적 자극단서의 제시에 비해서 고통스런 자극단서가 제시된 후 140ms에서 출현하는 반면에, 두정 영역에 걸쳐 나타나는 후기 ERP 구성요소는 자극 제시 후 380ms에서 나타났다. 이 연구는 전두피질 전극의 ERP가 고통에 대한 공감과 관련된 초기 과정인 자동적 정서적 전염(automatic emotional contagion)과 연관이 있고, 나중에 두정피질 전극에서 관찰되는 ERP 구성요소는 고통자극에 대한 후기 과정인 통제적인 인지적 평가(controlled cognitive evaluation)와 관련이 있다고 주장하였다.

끝으로, 본 연구는 공감을 연구한 선행연구(Gu & Han, 2007; Fan & Han, 2008)에서 사용한 두 유형의 과제를 이용하여 중전두피질의 비대칭성이 ERP 반응에 미치는 영향을 알아보고자 한다. Gu와 Han(2007)은 기능적 자기영상법(fMRI) 연구를 통해 환경에 포함된 고통 단서에 대해 주의를 쏟는 것은 공감과 관련된 신경활동을 조절한다는 것을 관찰하였다. 그들은 고통 혹은

중립조건으로 제시된 손 자극에서 고통단서에 대한 주의를 조작하기 위해 두 가지 과제를 고안하였는데, 참가자가 모델의 손 자극에서 느껴지는 고통에 주의를 쏟게 하는 고통평정과제 그리고 모델의 손 자극에서 느껴지는 고통으로부터 주의를 돌리게 하는 손의 수 세기 과제이다. 또한 공감과 관련된 뇌의 신경활동은 자극의 맥락현실성(contextual reality)에 의해서도 조절되었다. 선행연구자들은 자극의 맥락현실성을 낮추기 위해서 사진으로 구성된 고통자극 사진(picture)을 만화(cartoon)로 변환하여 제시하였다. 중립자극 조건에서 손의 수를 세는 것에 비해 모델이 느끼는 고통강도를 평정하는 것은 사진자극과 만화자극 모두에서 전대상피질(anterior cingulate cortex)과 우측 중전두회(right middle frontal gyrus)의 활성화를 증가시켰다. 그러나 고통강도 평정하기와 관련되어 관찰된 증가된 신경활동은 고통상황이라도 손의 수를 세도록 요구받은 경우에는 감소되었다. 맥락현실성 변인도 유의한 영향을 미쳤는데, 고통에 대한 공감과 관련된 전대상피질의 활동은 사진자극에 비해 만화자극을 제시한 경우에 감소하였다. Fan과 Han(2008)은 사진자극과 만화자극 그리고 고통 평정하기와 손의 수 세기 과제를 이용한 공감연구에서 통증 자극에 대해 주의를 쏟는 것과 자극의 맥락현실성 조작이 자극 제시 후 나타나는 ERP 반응을 조절함을 보여주었다.

방 법

연구대상

심리학 강의를 듣고 있는 남녀 대학생 중 자원을 대상으로 실험을 실시하였다. 지원자 중 특별한 심리적, 운동 혹은 신경장애를 보이지 않는 건강한 오른 손잡이 학생 54명이 안정기와 공감과제를 수행하는 동안 EEG 측정을 받았다. 전체 참가자 중 EEG 측정기록에서 오류가 발견

된 2명, 기준 이하의 좌우반구 비대칭성을 나타낸 8명, 100 μ V가 넘는 크기의 안구운동(EOG)을 나타내어 제거된 epoch가 30%가 넘는 7명을 제외한 좌측 중전두활성화 집단 19명(남 6, 여 8; 연령 24.26 ± 3.06)과 우측 중전두활성화 집단 18명(23.28 ± 2.13)의 자료가 최종분석에 사용되었다. 실험참가자는 실험참가에 대한 보상으로 소정의 상품을 받았다.

자극재료

고통 또는 중립 상황에 있는 한손 혹은 양손을 보여주는 40개의 칼라 사진자극이 Cu와 Han(2007)의 자극을 이용하여 구성되었다. 사진은 당사자 조망(first-person perspective)에서 촬영된 것이고, 일상생활에서 발생할 수 있는 사건들을 묘사하였다. 고통상황 사진은 손이 문에 끼이거나 가위에 의해 상처를 입는 것 같은 상황을 나타내는 반면에 중립상황 사진은 손이 어떤 위험을 받지 않는 것을 묘사하였다(그림 1). 20개의 사진은 고통상황에 있는 손(8개는 한손, 12개는 양손)을 보여주고, 다른 20개의 사진은 고통이 없는 중립상황에 있는 손(8개는 한손, 12개는 양손)을 제시하였다. 각각의 고통상황 사진은 유사한 맥락이나 어떤 고통을 발생시키지 않는 상황에서 한손 혹은 양손을 보여주는 중립상황 사진과 대응되었다. 사진자극들은 Photoshop 소프트웨어의 “filter-> artistic -> poster edge” 도구를 사용하여 만화이미지로 전환되었다. 만화이미지는 사진자극과 유사하게 고통스런 상황과 중립적인 상황으로 제시되지만 시각적 상을 표상하는 데 필요한 색채와 결이 부족하였다(그림 1). 자극은 27인치 칼라모니터의 회색 배경의 중심에 제시되었다. 각 자극은 7cm × 5.5cm(가로 × 세로)의 크기이고 100cm 거리에서 시각도 4° × 3.15°의 각을 이루었다.



그림 1. 본 연구의 실험조건별 자극의 예

측정도구

공감을 측정하기 위해서 Davis(1983)가 개발하였고, 박성희(2004)에 의해 한국어로 번안된 대인관계 반응지수(Interpersonal Reactivity Index: IRI)를 이용하였다. 이 설문지는 총 28개의 문항으로 구성되었고, 신뢰도는 .81이었으며, 4개의 하위척도는 조망수용(perspective taking), 환상(fantasy), 공감적 걱정(empathic concern), 개인적 고통(personal distress)으로 나누어졌다.

실험절차

실험실에 도착한 실험참가자들에게 먼저 실험 전날 음주를 한 사실과 신체적 혹은 심리적으로 불편한 점이 없는가를 확인하였다. 참가자들은 여러 사진과 만화 자극들에 대한 정신생리적 반응이 폴리그래프 장치에 의해 기록된다는 설명을 듣고 나서, 실험 참가 동의서에 서명을 하였다. 우선 참가자들은 공감척도에 응답을 한 후, 전극이 부착될 electrode cap을 쓰고 International 10-20 electrode system에 따라 29개의 EEG 전극(Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, TP9, CP5, CP1, CP2, CP6, TP10, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, Oz, O2)이 연결되었다. 그리고 세 개의 추가 전극이 안구운동을 측정하기 위해서 양 눈의 외측 안각(canthi)과 오른쪽 눈 아래에 부착되었다. 참가자들에게 측정 중에 머리 및 신체운동을 가능한

한 최소로 해줄 것을 요청하였다.

3분간의 적응시간이 지난 다음에, 안정상태의 기저선 FBA 측정을 위해 참가자들은 눈을 뜬 채로 4회의 30초간 지속되는 측정과 눈을 감은 채로 4회의 30초간 측정을 받았다. 실험절차 지시와 자극의 제시는 Superlab 프로그램(Cedrus)에 의해 통제되었다. 눈을 뜨거나 감으라는 지시는 음성적으로 제시하였고 눈을 뜬 기저선과 눈을 감은 기저선은 제시순서는 참가자별로 역균형화되었다. 기저선 측정이 끝나면 3분간의 휴식시간이 지난 다음 정신생리적 측정을 위해 사진 혹은 만화 자극이 제시되는 컴퓨터 모니터를 제시하도록 요청하였다. 그 다음 참가자들이 고통 상황 혹은 중립상황의 자극을 보면서 고통강도 평정이나 손의 수를 세는 동안에 EEG 측정이 이루어졌다.

각 참가자들은 자극과 과제에 따라 변동하는 8개의 시행구획에서 반응을 했다. 고통강도를 평정하는 과제에서 고통상황의 사진자극과 만화 자극에 포함된 모델의 손에 느껴지는 고통강도를 평정하는 2개의 시행구획 그리고 중립상황의 사진자극과 만화자극에 포함된 모델의 손에 느껴지는 고통의 강도를 평정하는 2개의 시행구획이 있었다. 고통단서로부터 주의를 분산시키기 위한 손의 수 세기 과제에서도 고통상황의 사진 자극과 만화자극에 제시된 모델의 손을 수를 세는 2개의 시행구획 그리고 중립조건 사진자극과 만화자극에서 제시된 모델의 손을 수를 세는 2개의 시행구획으로 이루어졌다. 각 구획은 3초

간의 과제 즉 통증 평정을 알려주는 지시문(“다음 사진 또는 만화에 있는 사람이 손에서 느끼는 고통의 정도를 판단해 주십시오.”) 혹은 손의 수를 세기를 알려주는 지시문(“다음 사진 혹은 만화에 있는 사람의 손의 수를 세어 주십시오.”)의 제시로 시작하였다. 과제를 알려주는 지시가 끝난 후 500msec 동안 빈 화면이 제시되고 그 후 자극은 최대 1000ms 동안 제시되었다. 자극을 제시할 때 고통을 평가하는 과제는 총 4개의 구획으로 이루어졌는데 각 구획은 자극유형(사진, 만화)과 상황(고통, 중립)으로 구분되는 4가지 유형의 자극 중 하나가 제시되는 40시행으로 구성되었고, 참가자들은 총 160회의 시행에서 반응을 하였다. 손의 수를 세는 과제도 동일하게 자극유형(사진, 만화)과 상황(고통, 중립)에 따라 40시행을 단위로 하는 4개의 구획으로 구분되었고, 총 반응시행은 160회이었다. 자극이 제시되는 동안 실험 참가자들은 과제조건에 따라 반응키를 이용하여 고통강도(1: 전혀 아프지 않다. 2: 아프지 않다. 3: 아프다. 4: 매우 아프다.)를 평정하거나 손의 수(1: 한손, 2: 양손)를 세는 반응을 하였다. 각 과제가 요구하는 반응이 이루어지면 시행이 종료되었다. 각 시행간의 간격은 자극은 최소 1000ms에서 최대 2000ms까지의 변동간격계획을 따랐다. 각 구획간의 간격은 7초이며 이 동안에 화면의 중앙에 응시점(+)이 제시되었다. 각 구획 내에서 상황과 과제로 구성되는 네 가지 실험조건들은 참가자 내에서 무선화되었다. 실험참가자들은 8회의 연습시행을 거친 후에 각각의 자극유형별 160회로 구성된 총 320회의 시행에서 반응을 했다.

ERP 측정 및 분석

EEG 기록을 위해서 32채널 증폭기(QuickAmp: Brain Products)와 자료수집 소프트웨어(Brain Vision Recorder)가 사용되었다. EEG는 초당 500Hz 비율로 계속 표집되었고, 임피던스는 5k Ω 이하로 유지되었다. 먼저 기저선에서 측정된

EEG 자료를 대상으로 안구운동, 신체운동 및 다른 오염원이 작용한 부분들이 시각적 검사와 ICA(independent component analysis)를 통해 2차에 걸쳐 확인되어 제거되었다. 전두피질의 비대칭성(FBA) 분석을 위해 기저선 EEG 측정자료는 텍스트 형식의 파일로 저장되었다. 다음으로 안정 기저선에서 측정된 중전두피질(F3/F4)의 EEG 자료 중 오염이 없는 부분은 2초 길이의 chunk들로 분할되었는데, 각 chunk는 서로 50%의 중복률을 갖도록 나누어졌다. 이 자료는 FFT(fast Fourier transformation)를 통해 분석되었고, 8-13Hz의 α 빈도 대에서 디지털화된 EEG의 α power density의 추정치를 얻는 데 사용되었다. 다음으로 FBA 측정치의 정상화를 위해서 α power density가 자연대수(ln)로 변환되고, 우측 중전두피질(F4)의 ln(α power density)의 값에서 좌측 중전두피질(F3)의 값을 뺀으로써 FBA를 구했다. 어떤 영역이 상대적으로 높은 ln(α power density)를 보이는 경우에는 그 영역의 활성화가 낮다는 것을 의미하기 때문에, 두 반구 간의 차이가 양수(+)일 경우에는 상대적으로 높은 좌측 중전두피질 활성화를 나타내었고, 음수(-)일 경우에는 상대적으로 높은 우측 중전두피질 활성화를 나타내었다. 두 반구 간의 수치의 차이가 소수점 2자리 미만일 경우에는 비대칭성이 없는 것으로 간주하였다.

ERP를 계산하기 위해서 EEGLAB과 ERPLAB 소프트웨어가 이용되었다. 먼저 측정된 EEG 자료는 EEGLAB 프로그램을 통해서 분석에 사용될 event들이 자극 제시 전 1초에서 자극제시후 1초를 단위로 선택되었고, 0.1 - 40 Hz 밴드패스를 통해서 필터되었다. 필터된 자료는 추가의 분석을 위해 좌측 우측 mastoid에 의해 re-reference되었다. 여기에서 얻어진 자료에서 안구운동 이외의 요인으로 인해 오염된 부분이 시각적으로 확인되어 제거되었다. 이 오염이 제거된 자료는 ERPLAB 프로그램을 통해서 eventlist가 작성되었고, bin-based epoch가 추출되었다. 또한 시각적으로 오염이 제거된 자료를 대상으로 ICA가 실행

되었고, 이 결과에서 안구운동을 포함한 다른 신체운동에 의한 요인들이 제거되었다. Eventlist가 작성되고 epoch가 추출된 자료를 자극제시 전 200ms에서 자극제시 후 200ms내에 $\pm 100\mu V$ 이상의 크기의 안구운동이 나타난 event를 제거하고 eventlist를 작성하였다. 이 자료에서 제거된 event에 관한 정보를 이용하여 ICA 분석을 통해 오염이 제거된 자료에서 안구운동이 기준치를 초과하여 나타난 event를 정리하였다. 오염요인으로 인해 제거된 event가 30%를 초과하는 경우 그 참가자의 자료는 분석에서 제외하였다. 최종적으로 오염요인이 정리된 자료를 이용하여 ERP 파형이 계산되었다. 그 결과 ERP 파형을 참조하여, 해당하는 전극의 위치에서 다음과 같은 시간간격 동안 즉 N170은 100ms에서 200ms 사이의 정점(-) 진폭으로 그리고 P300은 250ms에서 350ms 사이의 정점(+) 진폭으로 측정하였고, 후기 양성전위(late positive potential: LPP)는 400ms에서 600ms까지의 ERP 파의 평균 진폭을 측정하였다(정봉교, 2013).

자료분석

좌측 활성화 집단과 우측 활성화 집단 간의 공감변인들의 차이가 일원변량분석을 통해 비교되었고, 비대칭성(FBA)과 공감변인 점수들 간의 상관분석을 하였다. ERP 분석에서 250ms에서 350ms 사이에서 관찰되는 P300과 400ms에서 600ms 사이에서 관찰되는 LPP의 평균진폭을 비교하기 위해서 FBA(좌측 활성화 집단, 우측 활성화 집단)를 집단 간 요인으로 자극유형(사진, 만화), 과제(고통평정, 손의 수 세기), 상황(고통, 중립) 및 전극위치(P3, Pz, P4)를 집단 내 요인으로 하여 반복측정 변량분석을 실시하였다. 반복 측정변인의 분석에서 구형성(sphericity) 가정이 위반된 경우 Greenhouse-Geisser 절차를 적용하여 자유도를 교정하였다. 성별을 집단 간 요인으로 포함하여 공감반응, 고통자극에 대한 반응시간과 ERP반응의 차이를 분석한 결과 통계적으로

유의한 차이를 관찰하지 못하였으므로 자료를 통합하여 사용하였다.

결 과

주관적 보고

표 1에는 중전두피질의 비대칭성(F3F4 FBA)에 따른 각 공감변인의 점수를 보여주고 있다. 우측 활성화 집단은 좌측 활성화 집단에 비해 공감적 걱정[F(1, 35) = 7.98, $p < .01$, MSE = .21, $\eta^2 = .19$]과 개인적 고통[F(1, 35) = 9.22, $p < .01$, MSE = .23, $\eta^2 = .21$]을 유의하게 높게 보여주었다. FBA 점수와 공감변인 간의 상관을 살펴보면, FBA 점수는 공감적 걱정($r = -.45$, $p < .01$) 및 개인적 고통($r = -.39$, $p < .05$)과 유의한 상관을 나타내었다. 이 결과들은 우측 활성화가 높을수록 고통의 정서와 관련된 공감능력이 더 높다는 것을 나타낸다.

반응시간

고통상황과 중립상황을 나타내는 사진 및 만화 자극에 대한 고통평정과 손의 수 세기 과제에서 반응시간 그리고 고통평정과제에서 각 자극들에 대한 고통강도의 평정결과가 표 2에 제시되어 있다. 좌측 활성화 집단과 우측 활성화 집단 간의 반응시간에는 유의한 차이가 없었다.

표 1. 중전두피질 비대칭성에 따른 공감변인의 평균(표준편차)

공감변인	중전두피질 비대칭성	
	좌측 활성화 집단	우측 활성화 집단
조망수용	3.07(.44)	3.20(.33)
환상	3.40(.53)	3.47(.50)
공감적 걱정	2.94(.48)	3.37(.43)
개인적 고통	3.12(.47)	3.61(.50)

표 2. 고통평정시 반응시간과 고통강도 평정의 평균(표준편차)

		자극유형	사진		만화	
상황	과제 비대칭성	고통평정	손의 수 세기	고통평정	손의 수 세기	
반응 시간 (ms)	고통	좌측 활성화	840.80 (175.72)	743.57 (102.10)	720.38 (170.91)	614.41 (96.80)
		우측 활성화	790.54 (108.39)	714.74 (88.88)	632.76 (144.76)	604.13 (116.36)
	중립	좌측 활성화	738.20 (148.91)	655.00 (124.65)	674.69 (144.29)	632.61 (135.75)
		우측 활성화	727.10 (150.70)	611.78 (112.43)	604.70 (138.83)	596.70 (127.54)
고통 평정	고통	좌측 활성화	2.95 (.27)	—	2.79 (.29)	—
		우측 활성화	3.20 (.41)	—	2.96 (.50)	—
	중립	좌측 활성화	1.18 (.24)	—	1.20 (.32)	—
		우측 활성화	1.27 (.35)	—	1.18 (.28)	—

그러나 자극유형, 과제 그리고 상황의 주효과는 유의하였는데, 사진자극보다는 만화자극에 대한 반응시간이 빨랐고[$F(1, 35) = 15.09, p < .001, MSE = 62056.37, \eta^2 = .30$], 고통평정보다는 손의 수 세기 과제에서 반응시간이 빨랐고[$F(1, 35) = 11.39, p < .01, MSE = 44392.98, \eta^2 = .25$], 그리고 고통상황에 비해 중립상황에서 반응시간이 빨랐다[$F(1, 35) = 21.90, p < .001, MSE = 54551.76, \eta^2 = .38$]. 또한 자극유형과 과제의 상호작용이 유의하였다[$F(1, 35) = 6.08, p < .05, MSE = 54551.75, \eta^2 = .15$]. 이것은 사진자극에 대한 고통의 평정이 다른 조건에 비해 유의하게 긴 반응시간을 보였기 때문이다(Bonferroni, $p < .05$). 본 실험에서는 자극이 충분한 시간(1000ms) 동안 제시되었고, 37명의 피험자 중 2명이 손의 수 세기 반응에서 3회 미만의 오류를 보였고,

다른 1명은 5회의 오류를 보였으므로 표를 이용해 자료를 제시하는 않았다.

고통평정과제에서 고통 혹은 중립 상황을 묘사하는 사진 혹은 만화 자극에 대한 고통강도의 평정결과를 살펴보면 FBA의 주효과는 유의하지 않았으나 자극유형의 주효과는 유의하였다[$F(1, 35) = 13.41, p < .01, MSE = .04, \eta^2 = .28$]. 고통상황은 중립상황에 비해 유의하게 더 고통스럽다고 평가되었다[$F(1, 35) = 611.56, p < .001, MSE = .19, \eta^2 = .95$]. 그리고 자극유형과 상황과의 상호작용효과는 유의하였다[$F(1, 35) = 6.29, p < .05, MSE = .04, \eta^2 = .15$]. 사후검증결과에서 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 고통상황의 사진자극에 대해 유의하게 더 고통스럽다고 평가하였고[$F(1, 35) = 4.49, p < .05, MSE = .12, \eta^2 = .11$], 만화자극에서는 FBA에

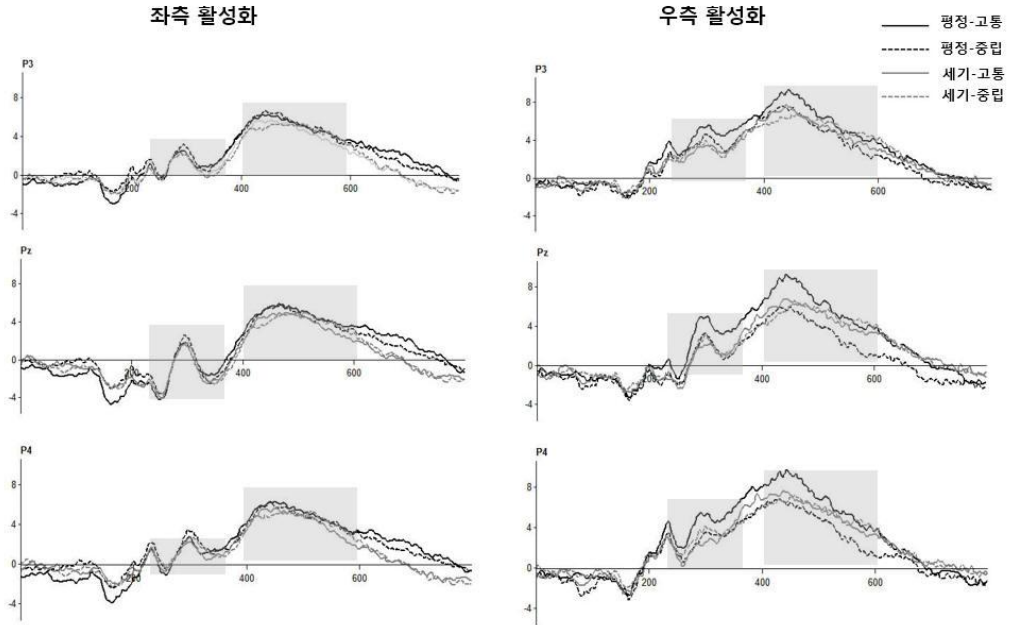


그림 2. 사진자극에서 중전두피질 비대칭성, 과제 및 상황에 의해 유발된 ERP의 평균곡선. 좌측 음영은 P300이 측정된 구간(250 - 350ms)이고 우측 음영은 LPP가 측정된 구간(400 - 600ms)이다.

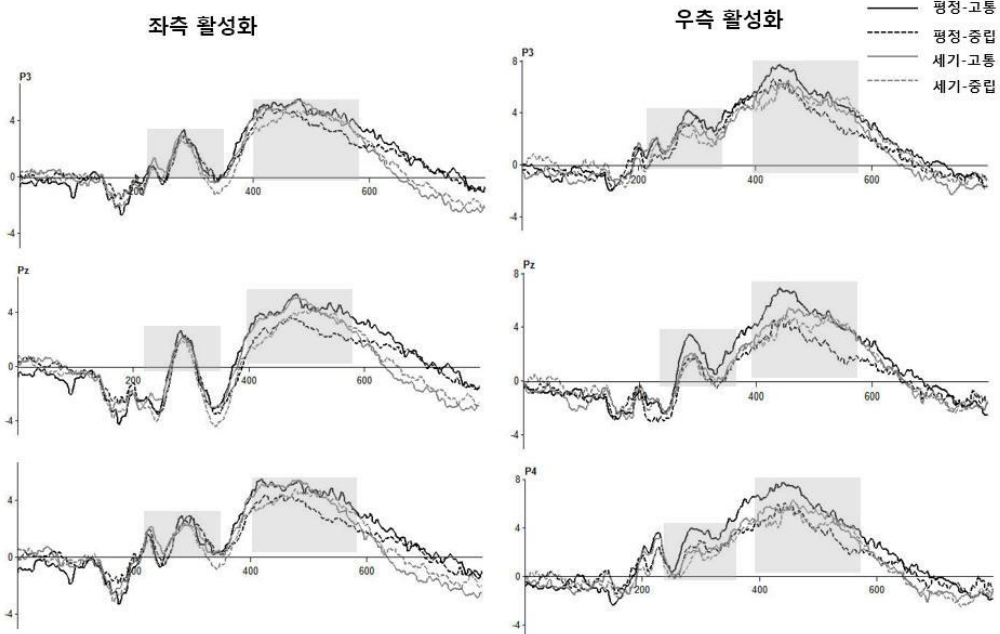


그림 3. 만화자극에서 중전두피질 비대칭성, 과제 및 상황에 의해 유발된 ERP의 평균곡선. 좌측 음영은 P300이 측정된 구간(250 - 350ms)이고 우측 음영은 LPP가 측정된 구간(400 - 600ms)이다.

따른 유의한 차이가 없었다.

ERP 반응

좌측 활성화 집단과 우측 활성화 집단에서 두정영역의 각 전극위치(P3, Pz, P4)에서 측정된 ERP 결과가 사진자극(그림 2)과 만화자극(그림 3)으로 분리되어 제시되어 있다. 우선 100 ~ 200ms 시간대에서 관찰되는 ERP 파(N170)의 평균진폭에 대한 자료를 분석해보면 전극위치에 따른 차이만 통계적으로 유의하였고[F(2, 70) = 41.89, $p < .001$, $MSE = 3.86$, $\eta^2 = .55$], FBA, 자극유형, 과제 및 상황에 따른 유의한 차이가 없었으므로 수치 자료를 제시하지 않았다.

표 3은 실험조건별 P300의 평균 진폭을 보여 주는데, FBA[F(1, 35) = 4.20, $p < .05$, $MSE = 237.80$, $\eta^2 = .11$], 과제[F(1, 35) = 5.85, $p < .05$, $MSE = 7.23$, $\eta^2 = .14$], 상황[F(1, 35) = 5.45, $p < .05$, $MSE = 10.89$, $\eta^2 = .14$], 그리고 전극위치[F(1.94, 68.07) = 8.56, $p < .01$, $MSE =$

23.53, $\eta^2 = .20$]의 주효과가 유의하였다. FBA와 상황[F(1, 35) = 6.33, $p < .05$, $MSE = 10.89$, $\eta^2 = .15$], 자극유형과 전극위치[F(2, 70) = 14.70, $p < .001$, $MSE = 1.36$, $\eta^2 = .30$] 그리고 상황과 전극위치[F(2, 70) = 8.03, $p < .01$, $MSE = .54$, $\eta^2 = .19$]의 2원 상호작용효과가 유의하였다. 또한 FBA, 자극유형 및 과제[F(1, 35) = 4.70, $p < .05$, $MSE = 7.64$, $\eta^2 = .12$], 그리고 과제, 상황 및 전극위치[F(2, 70) = 4.28, $p < .05$, $MSE = 1.00$, $\eta^2 = .11$]의 3원 상호작용효과가 유의하였다.

자극유형이 FBA나 과제와 유의한 상호작용을 보였으므로, 사진자극과 만화자극을 분리하여 분석하였다. 먼저 사진자극에 대한 분석결과를 살펴보면, FBA, 과제 및 전극위치의 주효과가 유의하였는데, 즉 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 더 높은 P300을 보였고[F(1, 35) = 7.61, $p < .01$, $MSE = 136.52$, $\eta^2 = .18$], 교통평정은 손의 수 세기보다 더 높은 P300을 나타내었고[F(1, 35) = 6.21, $p < .05$, $MSE =$

표 3. 실험조건별 P300 진폭(μV)의 평균(표준편차)

	자극유형	사진				만화					
		과제	교통평정		손의 수 세기		과제	교통 평정		손의 수 세기	
전극	상황 비대칭	고통	중립	고통	중립	고통	중립	고통	중립	고통	중립
P3	좌측 활성화	2.97 (1.15)	3.67 (1.83)	2.86 (1.26)	2.56 (1.13)	3.80 (2.39)	3.43 (2.27)	3.30 (1.76)	3.06 (2.05)		
	우측 활성화	6.88 (3.12)	4.64 (2.82)	5.27 (2.39)	3.17 (2.08)	4.95 (2.85)	4.47 (2.57)	4.35 (2.04)	4.23 (2.86)		
Pz	좌측 활성화	2.01 (1.97)	2.99 (1.91)	2.73 (1.97)	2.88 (2.15)	3.77 (2.29)	3.65 (2.83)	3.58 (2.87)	3.18 (2.92)		
	우측 활성화	5.99 (2.99)	3.91 (1.76)	3.62 (2.09)	3.17 (2.08)	4.07 (2.22)	2.27 (1.91)	2.69 (1.62)	2.01 (2.06)		
P4	좌측 활성화	3.26 (2.27)	4.19 (2.68)	3.54 (2.21)	4.07 (2.36)	4.28 (2.92)	4.11 (2.51)	3.93 (2.59)	3.22 (2.02)		
	우측 활성화	6.49 (3.30)	5.71 (2.58)	5.32 (2.62)	4.58 (2.61)	4.27 (2.94)	2.95 (2.45)	2.82 (2.64)	2.25 (2.61)		

7.13, $\eta^2 = .15$], Pz에 가장 낮은 P300이 관찰되었다[F(1.95, 68.34) = 6.53, $p < .01$, MSE = .72, $\eta^2 = .10$]. FBA와 과제[F(1, 35) = 7.40, $p < .05$, MSE = 7.13, $\eta^2 = .18$] 및 FBA와 상황[F(1, 35) = 13.88, $p < .01$, MSE = 4.12, $\eta^2 = .28$]의 2원 상호작용효과가 유의하였다. 또한 FBA, 과제 및 상황[F(1, 35) = 4.10, $p < .05$, MSE = 8.88, $\eta^2 = .12$] 그리고 과제, 상황 및 전극위치[F(2, 70) = 5.32, $p < .01$, MSE = .52, $\eta^2 = .13$]의 3원 상호작용효과도 유의하였다. FBA와 상황의 유의한 상호작용효과에 따른 단순효과 검증에서 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 높은 크기의 P300을 보였는데 특히 우측활성화 집단 내에서 고통상황에 대한 고통평정이 유의하게 높은 P300을 유발하였다(Bonferroni, $p < .05$).

전극위치별로 사진자극에 대한 P300의 분석 결과를 살펴보면, P3 위치에서 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 더 높은 P300을 나타내었고[F(1, 35) = 9.99, $p < .01$, MSE = 43.00, $\eta^2 = .22$] 그리고 고통평정이 손의 수세기보다 더 높은 P300을 초래하였다[F(1, 35) = 6.07, $p < .05$, MSE = 2.88, $\eta^2 = .17$]. FBA와 상황의 2원 상호작용도 유의하였다[F(1, 35) = 4.69, $p < .05$, MSE = 1.94, $\eta^2 = .12$]. Pz 위치에서 좌측 활성화 집단에 비해 우측 활성화 집단이 유의하게 높은 P300을 보였다[F(1, 35) = 4.62, $p < .05$, MSE = 50.74, $\eta^2 = .12$]. 또한 FBA와 과제[F(1, 35) = 8.60, $p < .01$, MSE = 3.68, $\eta^2 = .20$] 그리고 FBA와 상황[F(1, 35) = 15.21, $p < .001$, MSE = 2.03, $\eta^2 = .30$]의 2원 상호작용효과들이 유의하였다. 유의한 상호작용효과에 따른 단순효과 검증 결과를 보면, 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 높은 P300을 보였고, 특히 우측 활성화집단 내에서 고통상황에 대한 고통평정이 고통상황에서 손의 수 세기, 중립상황에서 고통평정이나 손의 수 세기보다 유의하게 큰 높은 P300을 초래하였다(Bonferroni, $p < .05$). P4 위치에서도 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 높은 크기의

P300을 보였다[F(1, 35) = 5.72, $p < .05$, MSE = 68.70, $\eta^2 = .14$]. 또한 FBA와 과제[F(1, 35) = 4.17, $p < .05$, MSE = 3.32, $\eta^2 = .11$] 그리고 FBA와 상황[F(1, 35) = 13.07, $p < .01$, MSE = 1.57, $\eta^2 = .27$]의 2원 상호작용효과가 유의하였다. 이 경우에도 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 높은 P300을 나타내었고, 우측 활성화 집단 내에서 고통상황에 대한 고통평정이 다른 실험조건들에 비해 높은 크기의 P300을 보여주었다(Bonferroni, $p < .05$).

만화자극에 대한 분석결과를 살펴보면, 고통상황이 중립상황보다 더 큰 P300을 보여주었고[F(1, 35) = 5.94, $p < .05$, MSE = 11.44, $\eta^2 = .15$], 전극위치[F(2, 70) = 9.11, $p < .001$, MSE = 12.32, $\eta^2 = .21$]의 주효과가 유의하였다. 전극위치별 분석을 보면, P3과 Pz 위치에서는 어떤 주효과나 상호작용효과도 유의하지 않았다. 단지 P4 위치에서만 고통상황이 중립상황보다 높은 P300을 보였다[F(1, 35) = 5.59, $p < .05$, MSE = 5.87, $\eta^2 = .14$].

표 4는 400 ~ 600 ms 시간대의 평균 ERP 진폭인 후기 양성전위(LPP)의 결과를 보여주고 있다. 자극유형[F(1, 35) = 25.45, $p < .001$, MSE = 6.55, $\eta^2 = .42$], 상황[F(1, 35) = 21.22, $p < .001$, MSE = 4.88, $\eta^2 = .38$], 전극위치[F(1, 35) = 7.88, $p < .01$, MSE = 5.23, $\eta^2 = .189$]의 주효과가 유의하였다. FBA와 상황[F(1, 35) = 4.78, $p < .05$, MSE = 4.88, $\eta^2 = .12$], 과제와 상황[F(1, 35) = 13.09, $p < .01$, MSE = 4.85, $\eta^2 = .27$] 및 상황과 전극위치[F(2, 70) = 14.54, $p < .001$, MSE = .29, $\eta^2 = .29$]의 2원 상호작용효과 그리고 FBA, 과제 및 상황[F(2, 70) = 6.66, $p < .05$, MSE = 4.85, $\eta^2 = .16$]의 3원 상호작용효과가 유의하였다.

LPP의 경우에도 사진자극과 만화자극을 각자 분리하여 분석하였다. 사진자극에 대한 분석결과를 살펴보면, 고통상황이 중립상황보다 높은 평균 LPP를 나타내었고[F(1, 35) = 5.95, $p < .05$, MSE = 3.77, $\eta^2 = .15$], 전극위치에 따른 효과

표 4. 400 ~ 600ms 시간대 실험조건별 평균진폭(μV)의 평균(표준편차)

전극	자극유형		사진				만화			
	과제		고통평정		손의 수 세기		고통 평정		손의 수 세기	
	상황 비대칭	고통	중립	고통	중립	고통	중립	고통	중립	
P3	좌측 활성화	4.83 (3.09)	5.22 (3.04)	4.63 (2.74)	4.73 (2.93)	4.61 (2.80)	3.70 (3.33)	4.47 (3.47)	4.06 (3.06)	
	우측 활성화	6.46 (2.91)	5.09 (3.66)	5.38 (3.54)	5.56 (3.26)	5.54 (3.24)	4.22 (3.04)	4.80 (3.07)	4.82 (3.17)	
Pz	좌측 활성화	4.44 (3.46)	4.47 (3.38)	4.01 (2.96)	4.10 (3.42)	4.09 (3.32)	2.62 (3.74)	3.89 (3.73)	3.24 (3.63)	
	우측 활성화	6.36 (3.06)	3.72 (2.85)	5.03 (3.90)	5.09 (3.47)	4.88 (2.89)	2.78 (2.96)	4.21 (3.18)	3.80 (3.03)	
P4	좌측 활성화	4.83 (3.37)	4.85 (2.99)	4.48 (2.97)	4.58 (3.14)	4.50 (3.30)	2.62 (3.74)	4.37 (3.21)	3.92 (3.46)	
	우측 활성화	6.89 (2.83)	4.52 (3.10)	5.64 (3.15)	5.68 (3.02)	5.50 (2.71)	2.79 (2.96)	4.52 (2.84)	4.10 (2.52)	

도 유의하였다($F(1, 35) = 6.99, p < .01, MSE = 1.36, \eta^2 = .17$). FBA와 상황($F(1, 35) = 25.45, p < .001, MSE = 6.55, \eta^2 = .42$), 과제와 상황($F(1, 35) = 7.10, p < .05, MSE = 4.60, \eta^2 = .17$) 및 과제와 전극위치($F(2, 70) = 6.50, p < .01, MSE = .81, \eta^2 = .16$)의 2원 상호작용효과가 유의하였다. 또한 FBA, 과제 및 상황($F(1, 35) = 7.71, p < .01, MSE = 4.60, \eta^2 = .18$) 그리고 과제, 상황 및 전극위치($F(2, 70) = 4.08, p < .05, MSE = .63, \eta^2 = .10$)의 3원 상호작용효과도 유의하였다. FBA와 상황의 유의한 상호작용효과에 따른 단순효과 검증을 보면, 우측 활성화 집단에서 고통상황이 중립상황에 비해 높은 평균 진폭의 LPP를 보여주었다(Bonferroni, $p < .05$). FBA, 과제 및 상황의 상호작용효과가 유의한 것은 우측 활성화 집단에서 과제와 상황의 단순상호작용이 유의하였기 때문인데($F(1, 17) = 11.57, p < .01, MSE = 5.73, \eta^2 = .41$), 즉 우측 활성화 집단에서 고통상황에 대한 고통평정이

다른 실험조건들에 비해 유의하게 높은 LPP를 초래하였기 때문이다(Bonferroni, $p < .05$).

전극위치별로 사진자극에 대한 LPP를 비교하면, P3에서 FBA와 상황($F(1, 35) = 4.82, p < .05, MSE = 1.35, \eta^2 = .12$)의 2원 상호작용효과 그리고 FBA와 과제 및 상황($F(1, 35) = 5.73, p < .05, MSE = 1.35, \eta^2 = .14$)의 3원 상호작용효과가 유의하였다. 유의한 상호작용에 따른 사후검증에서 우측 활성화 집단의 고통상황에 대한 고통평정이 모든 다른 실험조건들보다 더 높은 LPP를 보여주었다(Bonferroni, $p < .05$). Pz 위치에서 고통상황이 중립상황보다 높은 LPP를 보여주었다($F(1, 35) = 9.45, p < .01, MSE = 1.49, \eta^2 = .21$). 또한 FBA와 상황($F(1, 35) = 11.21, p < .01, MSE = 1.49, \eta^2 = .24$) 및 과제와 상황($F(1, 35) = 9.35, p < .01, MSE = 1.88, \eta^2 = .21$)의 2원 상호작용효과 그리고 FBA와 과제 및 상황($F(1, 35) = 8.62, p < .01, MSE = 1.88, \eta^2 = .20$)의 3원 상호작용효과가 유의하였다. 사후검

증에서 우측 활성화 집단의 고통상황에 대한 고통평정이 다른 실험조건들보다 더 높은 LPP를 나타내었다(Bonferroni, $p < .05$). P4 위치에서도 중립상황에 비해 고통상황에서 높은 LPP가 관찰되었다($F(1, 35) = 8.13, p < .01, MSE = 1.38, \eta^2 = .19$). 그리고 FBA와 상황($F(1, 35) = 9.89, p < .01, MSE = 1.38, \eta^2 = .22$) 및 과제와 상황($F(1, 35) = 7.85, p < .01, MSE = 1.83, \eta^2 = .18$)의 2원 상호작용이 유의하였다. 또한 FBA, 과제 및 상황($F(1, 35) = 12.35, p < .05, MSE = 1.82, \eta^2 = .16$)의 3원 상호작용도 유의하였다. 이 경우에도 우측 활성화 집단의 고통상황에 대한 고통평정이 다른 조건들보다 더 큰 LPP를 초래하였다(Bonferroni, $p < .05$).

만화자극에서 측정된 LPP 결과를 살펴보면 고통상황이 중립상황보다 높은 LPP를 나타내었고($F(1, 35) = 19.96, p < .01, MSE = 5.73, \eta^2 = .41$), 전극위치의 주효과도 유의하였다($F(1.58, 55.18) = 10.22, p < .001, MSE = 3.37, \eta^2 = .22$). 그리고 과제와 상황($F(1, 35) = 7.51, p < .05, MSE = 4.11, \eta^2 = .18$) 및 상황과 전극위치($F(2, 70) = 7.83, p < .01, MSE = .30, \eta^2 = .18$)의 2원 상호작용효과도 유의하였다. 과제와 상황의 상호작용이 유의한 것은 고통상황에 대한 고통평정이 손의 수 세기나 중립상황의 두 과제보다 높은 LPP를 보였기 때문이다(Bonferroni, $p < .05$).

만화자극에서 전극위치별 분석을 살펴보면, 세 전극위치에서 유사한 결과가 관찰되었다. P3 위치에서 중립상황에 비해 고통상황에서 높은 LPP가 관찰되었고($F(1, 35) = 12.63, p < .01, MSE = 1.26, \eta^2 = .27$) 그리고 과제와 상황의 상호작용효과($F(1, 35) = 5.61, p < .05, MSE = 1.41, \eta^2 = .14$)가 유의하였다. 단순효과검증을 보면 고통평정과제에서 중립상황에 비해 고통상황이 높은 LPP를 보여주었다(Bonferroni, $p < .05$). Pz 위치에서 중립상황에 비해 고통상황에서 높은 LPP가 관찰되었고($F(1, 35) = 22.75, p < .001, MSE = 2.18, \eta^2 = .39$), 그리고 과제와 상황의

상호작용효과($F(1, 35) = 7.51, p < .05, MSE = 1.92, \eta^2 = .17$)가 유의하였다. 고통상황과 중립상황에 대한 고통평정이 고통상황에서 손의 수 세기보다 높은 LPP를 나타내었다(Bonferroni, $p < .05$). P4 위치에서도 고통상황이 중립상황에 비해 높은 LPP를 보여주었고($F(1, 35) = 17.77, p < .001, MSE = 1.82, \eta^2 = .34$), 과제와 상황의 상호작용효과도 유의하였다($F(1, 35) = 5.29, p < .05, MSE = 1.72, \eta^2 = .13$). 이 경우는 고통상황에서 고통평정이 손의 수 세기보다 높은 LPP를 나타내었다(Bonferroni, $p < .05$).

논 의

본 연구의 결과를 요약하면, 우측 중전두활성화 집단이 좌측 중전두활성화 집단에 비해 주관적 보고에서 높은 공감적 걱정과 개인적 고통의 특질을 보여주었다. 고통상황의 사진자극은 만화자극보다 고통수준이 높다고 평정되었고, 특히 우측 활성화 집단은 좌측 활성화 집단에 비해 고통상황의 사진자극에 대해 더 고통을 느낄 것이라고 평가하였다. 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 사진자극에 대해 높은 P300을 보였는데, 고통상황의 사진자극에 대해 고통평정을 하는 동안 가장 큰 P300을 나타내었다. 고통상황은 중립상황보다 그리고 고통평정은 손의 수 세기보다 높은 P300을 보여주었다. 만화자극에서는 고통상황은 중립상황보다 그리고 고통평정은 손의 수 세기보다 높은 P300을 보여주었지만, FBA에 따른 차이는 유의하지 않았다. LPP 측정의 경우, 사진자극이 만화자극에 비해 높은 LPP를 보여주었다. 사진자극에 있어서 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 고통상황에 대해 높은 LPP를 보여주었는데, 특히 고통평정과제에서 고통상황이 가장 높은 LPP를 나타내었다. 만화자극에서는 FBA에 따른 유의한 차이는 없었지만, 중립상황에 비해 고통상황에서 그리고 손의 수세기에 비해 고통평정에서 우

의하게 높은 LPP가 관찰되었다.

본 연구는 기저선 측정에서 좌측 중전두피질에 비해 우측 중전두피질의 활성화가 높은 사람들이 회피관련 정서에 대해 민감성이 높다고 제안하는 동기방향가설(Harmon-Jones, 2004; Harmon-Jones & Allen, 1997; Harmon-Jones et al., 2010; Sutton & Davidson, 1997; van Honk & Schutter, 2006; 정봉교, 2013)을 바탕으로, 상대적으로 우측 활성화가 높은 사람이 좌측 활성화가 높은 사람에 비해 타인의 혐오적 정서를 잘 느낄 수 있을 것이므로 높은 공감특질을 나타낼 것이라는 가설을 검증하였다. 우선 우측활성화가 높은 사람이 좌측 활성화가 높은 사람에 비해 주관적 보고를 바탕으로 하는 공감의 측정에서 높은 공감특질을 갖고 있는가를 비교하였는데, 우측 활성화가 높은 사람은 높은 공감적 걱정과 개인적 고통을 보고하였다. 이 결과는 공감에 있어서 FBA의 역할에 관한 본 연구의 가설을 지지하는 것으로, 선행연구의 결과와도 일치한다(Tullett et al., 2012).

본 연구는 기저선 FBA 점수와 공감특질의 상관을 알아본 선행연구(Tullett et al., 2012)와는 달리 FBA 변인을 집단변인으로 하여 공감특질을 비교하였다. 즉 기저선 측정을 바탕으로 우측 활성화와 좌측 활성화가 상대적으로 높은 집단을 구분하여 우측 활성화가 높은 집단이 좌측 활성화가 높은 집단에 비해 높은 공감특질을 보였다는 결과를 보고한 반면에, 선행연구는 좌측의 높은 활성화를 나타내는 기저선의 FBA 점수와 공감적 특질간의 상관을 비교하여 좌측 활성화 점수가 공감적 걱정 및 개인적 고통과 부적 상관이 있음을 보여주었다. 본 연구도 선행연구와 마찬가지로 기저선 FBA 점수와 공감적 특질간의 상관을 비교해본 결과, FBA 점수가 공감특질 즉 공감적 걱정 및 개인적 고통과 부적 상관을 나타내었다. 또한 FBA 점수가 다른 공감변인인 조망수용과는 유의한 상관이 없다는 결과도 선행 연구와 일치하였다. 이 결과는 신경해부학적 연구를 통해서 우측 전두피질이 공감특질과

관련이 있음을 보여준 다수의 선행연구들을 확인해 주는데, 우측 전두극의 높은 EEG 활동성과 높은 공감적 걱정(Light et al., 2009), 우측 복내측 전두피질의 손상과 공감의 정서적 구성요소 결핍(Shamay-Tsoory et al., 2005), 우측 배외측전두피질의 기능방해와 친사회적 행동의 억제(Knoch et al., 2006) 그리고 공감의 결손과 우측 반구의 파소 활동과의 관련성(Hecht, 2011)이 보고되었다.

본 연구와 같이 우측 전두피질의 활성화가 높은 공감특질과 관련 있음을 보여준 선행연구(Tullett et al., 2012)는 기저선 FBA 점수와 자신 행동을 보여주는 영상들에 노출된 후 측정된 공감반응과 슬픔과의 상관을 계산하였는데, 우측 활성화가 공감적 걱정, 개인적 고통 및 슬픔과 정적 상관을 나타내었다. 또한 부정적 정서이면서 회피동기를 반영하는 슬픔이 FBA와 공감적 걱정 사이를 매개한다는 모형을 추가적으로 보여주었다. 본 연구는 부정적 정서이면서 회피동기를 반영하는 고통을 대상으로 하여, 타인의 고통에 대해 느끼는 공감에 있어서 FBA의 역할을 이해하려고 시도하였다. 따라서 우측 중전두 활성화 집단과 좌측 중전두활성화 집단이 고통이나 중립 상황을 나타내는 사진이나 만화 자극에 대해 보이는 고통상황과 중립상황에서 고통 평정과제와 손의 수 세기 과제에 대한 반응시간과 고통평정과제에서 고통상황 및 중립상황에 대한 주관적 고통강도를 측정하였다. 우선 반응시간 결과를 사진자극보다 만화자극에서, 손의 수 세기 과제보다 고통평정과제에서 그리고 고통상황의 평정보다 중립상황의 평정에서 반응시간이 빨랐는데, 맥락현실성과 상황에 대한 주의를 조절하는 과제가 공감반응에 영향을 미친다는 점이 지지된 것이다(Fan & Han, 2008). 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단에 비해 고통에 대해 더 민감한 반응을 보일 가능성은 확인되지 않았지만, 그래도 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 고통상황에서 고통평정에서 더 빠른 반응을 나타내는 경향성은 있었다.

주관적 고통평정의 결과를 살펴보면, 실험참

가자들은 중립상황보다 고통상황에서 모델이 더 고통을 느낄 것이라고 보고하였고, 특히 만화자극보다 사진자극의 모델이 더 고통을 느낄 것이라는 반응을 보여주었다. 그리고 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 고통상황을 나타내는 사진자극에 대해 더 고통을 느낄 것이라고 보고하였지만 만화자극에서는 그 차이가 없었다. 이 결과는 회피동기를 기반으로 제안된 FBA의 공감가설 즉 좌측 중전두피질에 비해 우측 중전두피질의 높은 활성화가 고통의 공감반응과 더 관련성이 높을 것이라는 가설을 지지해주는 결과이다(Tullett et al., 2012). 고통상황을 나타내는 사진자극이 만화자극보다 주관적으로 높은 고통반응을 나타내었다는 결과는 자극의 맥락현실성이 높은 경우 즉 고통상황이 더 분명하게 지각되는 경우 공감반응이 높다는 것을 보여주는 것이다. 특히 우측 중전두활성화 집단이 좌측 중전두활성화 집단보다 고통상황의 사진자극에 대해 더 높은 고통반응을 나타내었다는 결과는 우측 중전두피질이 타인의 고통에 대한 공감에서 더 중요한 기능을 한다는 점을 시사해준다. 그러나 본 연구에서 손의 수 세기를 할 때는 고통의 평정이 없고 고통강도를 평정할 때만 고통강도에 대한 평가자료를 얻었기 때문에, 이 결과가 동기방향 가설에서 제안된 공감반응에서 FBA의 차이를 직접 보여준다고보다는 단순히 우측 중전두피질의 높은 활성화를 보이는 사람의 부정적 자극에 대한 민감성에 의한 결과라는 정서가 가설에 의한 설명도 가능하다(Davidson, 2002; Tomarken et al., 1992; 정봉교, 윤병수, 2001; 정봉교, 2007).

따라서 본 연구는 공감의 문제를 직접 다루기 위해서 고통상황에서 고통에 주의를 쏟게 하는 고통평정 과제와 고통으로부터 주의를 돌리게 하는 손의 수 세기 과제를 비교하여 FBA, 자극의 맥락현실성 및 상황의 역할을 ERP 반응을 통해서 알아보았다. 그 결과 고통상황은 중립상황에 비해 그리고 고통평정 과제는 손의 수 세기 과제에 비해 높은 두정 P300과 LPP반응을 나

타내었는데, 특히 공감반응을 알아보기 위해 설정된 고통상황에 대한 고통평정이 가장 높은 P300과 LPP 반응을 유발하였다. 이것은 본 연구의 실험 조건이 공감을 이해하기 위해서 ERP를 측정하는 절차에 적절하다는 것을 보여주는 것이다. 공감과 관련하여 FBA의 역할을 세부적으로 분석해보면, 우측 활성화 집단은 좌측 활성화 집단보다 사진으로 제시된 고통상황에 대해 고통강도를 평정하는 조건에서 높은 P300과 LPP를 나타내었다. 그러나 만화자극에 대해서는 고통상황이 중립상황에 비해 높은 P300과 LPP를 나타내었지만 FBA에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 이것은 고통자극의 맥락현실성이 높은 경우에 회피동기에 바탕을 둔 공감의 FBA 가설이 ERP 반응을 통해서 지지된 것이다. 우측 활성화가 높은 사람이 고통상황의 사진자극에 대해 높은 ERP를 나타낸다는 결과는 기저선 측정에서 우측 중전두피질의 활성화를 높게 보이는 사람이 높은 공감특질을 나타내었다는 선행연구(Tullett et al., 2012)와 본 연구에서 FBA에 따른 공감특질의 주관적 보고와 고통상황에 대한 고통의 평정에서 얻어진 결과를 보완해준다.

사진자극을 이용한 과제에서는 우측 활성화 집단이 좌측 활성화 집단보다 고통을 매개로 하여 높은 공감반응을 나타낼 가능성이 확인되었다. 그러나 맥락현실성을 낮춘 만화자극에 있어서는 공감반응을 요구하는 조건 즉 고통을 나타내는 자극에 대한 고통평정과제는 공감과 관련된 ERP 반응을 유발하기에는 충분하지만 FBA에 따른 차이를 보여주지는 못하였다. 본 연구와 같이 기저선 FBA를 집단 간 변인으로 하여 공감기능에서 자극의 맥락현실성, 공감과제 및 고통의 역할을 알아본 연구가 없었으므로 FBA와 맥락현실성에 대한 결과를 직접 비교하기는 곤란하다. 단지 자극의 맥락현실성이 공감반응과 특정 뇌영역의 활동성에 영향을 미친다는 것을 시사해주는 선행연구들이 있다. Fan과 Han(2008)은 고통상황 혹은 고통평정과제에서 사진자극이 전두-중심영역의 ERP를 증가시켰지만 만화자극

은 그런 효과를 나타내지 않음을 보여주었다. 고통상황과 중립상황에서 고통평정과 손의 수세기 과제를 사용하면서 fMRI 측정을 통해 뇌의 신경활동을 알아본 연구는 고통평정이 전대상피질이나 중전두회를 포함한 다양한 공감에 관여하는 뇌구조의 활동을 변경시키는데, 특히 고통의 공감에서 사진자극이 만화자극에 비해 전대상피질의 활동을 증가시켰다(Cu & Han, 2007). 다른 선행연구는 사람들 간의 사회적 상호작용을 나타내는 동영상 클립은 공감과 관련된 내측 전전두피질의 활동을 증가시키지만 동일한 상황을 묘사하는 만화자극은 이 구조를 활성화시키지 못하였지만 후방 두정피질의 좌우 양측을 활성화시킨다는 것을 발견하였다(Han, Jiang, Humphreys, Zhou, & Cai, 2005). 본 연구와 선행연구들의 결과를 놓고 보면 고통자극의 맥락현실성 높은 경우 공감반응을 유발하는 데 유리하다는 점을 확인해준다. 공감연구에서 공감반응을 유발하기 위해서 흔히 만화과제만을 사용하여 뇌활동의 변화를 관찰하였지만(박윤희, 정봉교, 2012), 본 연구에서와 같이 맥락현실성의 차이를 알아보기 위해서 사진자극과 만화자극을 동시에 사용한 경우에는 사진자극과 만화자극에 의해 발생하는 전체 ERP 반응에서는 차이가 없었지만, FBA나 공감과제 및 정서적 자극이 공감반응에 미치는 효과에는 영향을 줄 수 있음을 보여주었다. 특히 선행연구들에 비해 본 연구는 맥락현실성과 공감반응에서 FBA의 역할을 추가적으로 다루었다는 점에서 가치가 있다.

FBA를 집단변인으로 하여 얻어진 본 연구의 ERP 결과는 좌측 중전두피질의 활성화가 높은 집단은 긍정적 정서사건자극에 대해 높은 P300과 LPP를 나타내는 반면에, 우측 중전두피질의 활성화가 높은 집단은 부정적 정서사건자극에 대해 높은 P300과 LPP 반응을 나타낸다는 결과와 동일한 맥락에서 해석될 수 있다(정봉교, 2013). 그러나 본 연구와 동일한 자극과 과제를 이용하여 좌측과 우측의 전두, 중심 및 두정피질에서 ERP 반응의 측정하여 비교한 선행연구

의 결과와는 다소 상이하였다(Fan & Han, 2008). 본 연구는 ERP 반응의 좌우반구차이를 확인하지 못한 반면에, 선행연구에서는 본연구의 LPP와 유사한 시간대의 ERP 반응인 380ms 이후에 중심-두정 영역에서 관찰되는 공감과 관련된 ERP 반응이 우반구(C4, P4)보다는 좌반구(C3, P3)에서 현저하게 나타났다. 자극의 맥락현실성과 관련하여 살펴보면, 만화자극에 비해 사진자극에서 초기 자동적 공감반응과 관련된 260ms 이하에서 나타나는 ERP 곡선의 정적 변경(positive shift)의 시작시간이 더 빨랐다. 그러나 공감의 인지적 구성요소를 반영하는 P300 반응에서는 고통상황에서는 사진자극과 만화자극의 차이가 없었다(Fan & Han, 2008). 본 연구와 선행연구의 상이한 결과에 대해서는 현재로는 설명하기가 어렵지만 선행연구의 자극제시시간(200ms)이 매우 짧은 반면에 본 연구의 자극 제시시간(1000ms)이 비교적 길었으므로, 맥락현실성이 공감의 초기 자동적 과정이나 후기 인지적 과정에 미치는 영향이 차이가 나타났을 가능성을 추측해볼 수 있다.

본 연구에서 측정한 ERP 반응은 FBA와 관련하여 공감특질의 주관적 보고, 고통의 주관적 평정 그리고 공감자극에 대한 주의를 쏟는 실험적 조작의 예언과 일치되는 결과를 보여주었다. 그러나 FBA와 공감의 관련성을 논의하는 데 있어서 초기 시간과정에서 좌측 전두 ERP 반응과 우측 전두 ERP 반응의 차이를 발견한 선행연구와 달리 본 연구에서는 두정 전극위치를 제외하고는 좌반구와 우반구의 ERP 차이가 관찰되지 않았다. 전두피질의 비대칭성이 공감의 초기 과정인 정서적 전염 그리고 후기 과정인 통제적인 인지과정에서 상이한 역할을 할 가능성이 있으므로 이 문제를 집중적으로 검토할 수 있는 실험적 조건을 포함하는 추후의 연구가 필요하다.

결론적으로 본 연구는 우측 활성화 집단과 좌측 활성화 집단의 공감 특질의 차이, 고통자극에 대한 평정, 그리고 ERP 반응을 통해서 좌측 전두피질에 비해 상대적으로 높은 우측 전두

피질의 활성화가 고통의 공감반응에서 중요한 역할을 할 것이라는 가설을 지지하였다. 이것은 FBA에 대해 제안된 회피동기 가설에서 의한 우측 활성화에 관한 예측을 지지해주는 결과이다. 특히 긍정적 정서와 특질을 강조하는 현대의 연구풍토에서 관심이 상대적으로 관심이 소홀할 수밖에 없었던 우측 전두피질의 중요한 기능에 대한 관심을 환기시키는 데 기여를 할 수 있을 것이고, 상대적으로 높은 우측 전두피질의 활동성이 사회적 정서소통에 필요한 대인능력에 기여할 수 있다는 점을 보여주었다는 점에서 중요한 가치를 둘 수 있다.

참고문헌

- 박성희 (2004). *공감학*. 서울: 학지사.
- 박윤희, 정봉교 (2012). 인지 및 정서 추론 만화 과제에서의 반응시간 및 대뇌피질 활동과 공감 수준 간의 관계. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 24, 295-313.
- 정봉교 (2007). 전두피질 비대칭성, 긍정적 정서 및 접근 동기. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 19, 127-147.
- 정봉교 (2013). 중전두피질의 비대칭성이 정서사진 자극에 대한 사건유발전위에 미치는 영향. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 25, 463-482.
- 정봉교, 윤병수 (2001). 전뇌 α 파 활동성의 반구 비대칭성과 정동유형. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 13, 71-81.
- Batson, C. D., Lishner, D. A., Cook, J., & Sawyer, S. (2005). Similarity and nurturance: Two possible sources of empathy for strangers. *Basic and Applied Social Psychology*, 17, 15-25.
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1-11.
- Cano, M. E., Class, Q. A., & Polich, J. (2009). Affective valence, stimulus attributes, and P300: Color vs. black/white and normal vs. scrambled images. *International Journal of Psychophysiology*, 71, 17-24.
- Cialdini, R. B., Darby, B. K., & Vincent, J. E. (1973). Transgression and altruism: A case of hedonism. *Journal of Experimental Social Psychology*, 9, 502-516.
- Cialdini, R. B., Schaller, M., Houlihan, D., Arps, K., Fultz, J., & Beaman, A. L. (1987). Empathy-based helping: Is it selflessly or selfishly motivated? *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 749-758.
- Coan, J. A., Allen, J. J. B., & Harmon-Jones, E. (2001). Voluntary facial expressions and hemispheric asymmetry over the frontal cortex. *Psychophysiology*, 38, 912-925.
- Cu, X. & Han, S. (2007). Attention and reality constraints on the neural processes of empathy for pain. *NeuroImage*, 36, 256-267.
- Davidson, R. J. (1995). Cerebral asymmetry, emotion, and affective style. In R. J. Davidson & K. Hudgahl(Eds.), *Brain asymmetry*(pp. 361-364). Cambridge, MA: MIT press.
- Davidson, R. J. (2002). Anxiety and affective style: Role of prefrontal cortex and amygdala. *Biological Psychiatry*, 51, 68-80.
- Davidson, R. J., Schaffer, C. E., & Saron, C. (1985). Effects of lateralized presentations of faces on self-reports of emotion and EEG asymmetry in depressed and non-depressed subjects. *Psychophysiology*, 22, 353-364.
- Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44, 113-126.
- Dawson, G., Panagiotides, H., Klinger, L. G., & Hill, D. (1992). The role of frontal lobe functioning in the development of infant self-regulatory behavior. *Brain and Cognition*, 20,

- 152-175.
- de Waal, F. B. M. (2008). Putting the altruism back into altruism: The evolution of empathy. *Annual Review of Psychology*, 59, 279-300.
- Eisenberg, N. & Miller, P. A. (1987). The relation of empathy to prosocial and related behaviors. *Psychological Bulletin*, 101, 91-119.
- Elliot, A. J. (2006). The hierarchical model of approach-avoidance motivation. *Motivation and Emotion*, 30, 111-116.
- Elliot, A. J. & Trash, T. M. (2002). Approach-avoidance motivation in personality: Approach and avoidance temperaments and goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, 804-818.
- Eslinger, P. J., Moore, P., Troiani, V., Antani, S., Cross, K., Kwok, S., & Grossman, M. (2007). Oops! Resolving social dilemmas in frontotemporal dementia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 78, 457-460.
- Fan, Y., Duncan, N. W., de Greck, M., & Northoff, G. (2011). Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 35, 903-911.
- Fan, Y. & Han, S. (2008). Temporal dynamic of neural mechanisms involved in empathy for pain: An event-related brain potential study. *Neuropsychologia*, 46, 160-173.
- Goetz, J. L., Keltner, D., & Simon-Thomas, E. (2010). Compassion: An evolutionary analysis and empirical review. *Psychological Bulletin*, 136, 351-374.
- Gotlib, I. H., Ranganath, C., & Rosenfeld, J. P. (1998). Frontal EEG alpha asymmetry, depression, and cognitive function. *Cognition and Emotion*, 12, 449-478.
- Han, S., Jiang, Y., Humphreys, G. W., Zhou, T., & Cai, P. (2005). Distinct neural substrates for the perception of real and virtual visual worlds. *NeuroImage*, 24, 928-935.
- Harmon-Jones, E. (2004). Contributions from research on anger and cognitive dissonance to understanding the motivational functions of asymmetric frontal brain activity. *Biological Psychology*, 67, 51-76.
- Harmon-Jones, E. & Allen, J. J. B. (1997). Behavioral activation sensitivity and resting brain EEG asymmetry: Covariation of putative indicators related to risk for mood disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 106, 159-163.
- Harmon-Jones, E., Gable, P. A., & Peterson, C. K. (2010). The role of asymmetrical frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update. *Biological Psychology*, 84, 451-462.
- Hatfield, E., Cacioppo, J. T., & Rapson, R. L. (1994). *Emotional contagion*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hecht, D. (2011). An inter-hemispheric imbalance in the psychopath's brain. *Personality and Individual Difference*, 51, 3-10.
- Ikes, W. (1997). *Empathic accuracy*. New York, NY: Guilford Press.
- Ikes, W. (2009) Empathic accuracy: Its links to clinical, cognitive, developmental, social, and physiological psychology. In J. Decety & W. Ickes(Eds.) *The social neuroscience of empathy*(pp. 57-70). Cambridge, MA: The MIT press.
- Knoch, D., Pascual-leone, A., Meyer, K., Treyer, V., & Fehr, E. (2006). Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex. *Science*, 314, 829-832.
- Lamm, C., Batson, C. D., & Decety, J. (2007). The neural substrate of human empathy: Effects of perspective-taking and cognitive appraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 42-48.
- Light, S. N., Coan, J. A., Zahn-Waxler, C., Frye, C., Goldsmith, H. H., & Davidson, R. J. (2009). Empathy is associated with dynamic change in

- prefrontal brain electrical activity during positive emotion in children. *Child Development*, 80, 1210-1231.
- Piliavin, J. A., Dovidio, J. F., Gaertner, S. L., & Clark, R. D. III. (1981). *Emergency intervention*. New York, NY: Academic Press.
- Quirin, M., Gruber, T. Kuhl, J., & Düsing, R. (2013). Is love right? Prefrontal resting brain asymmetry is related to the affiliation motive. *Frontiers in Human Neuroscience*. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2013.00902>.
- Rozenkrantz, B., Olofsson, J. K., & Polish, J. (2008). Affective visual event-related potentials: Arousal, valence, and repetition effects for normal and distorted pictures. *International Journal of Psychophysiology*, 67, 114-123.
- Sabanetini, D., Lang, P. J., Keli, A., & Bradley, M. M. (2007). Emotional perception: Correlation of functional MRI and event related potentials. *Cerebral Cortex*, 17, 1085-1091.
- Schaller, M. & Ciald, R. B. (1988). The economics of empathic helping: Support for a mood management motive. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 333-353.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37, 257-261.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D., Goldsher, D., & Aharon-Peretz, J. (2005). Impaired "affective theory of mind" is associated with right ventromedial prefrontal damage. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 18, 55-67.
- Sutton, S. K. & Davidson, R. J. (1997). Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems. *Psychological Science*, 8, 204-210.
- Tomarken, A. J., Davidson, R. J., Wheeler, R. E., & Doss, R. (1992). Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62, 676-687.
- Tullett, A. M., Harmon-Jones, E., & Inzlicht, M. (2012). Right frontal cortical asymmetry predicts empathic reactions: Support fo link between withdrawal motivation and empathy. *Psychophysiology*, 49, 1145-1153.
- von Honk, J. & Schutter, D. J. L. G. (2006). From affective valence to motivational direction: The frontal asymmetry of emotion revisited. *Psychological Science*, 17, 963-965.

1 차원고접수 : 2015. 09. 03.

수정원고접수 : 2015. 11. 02.

최종게재결정 : 2015. 11. 05.

The Influence of Prefrontal Cortical Asymmetry on Empathic responses in painful situation

Bong-Kyo Chung

Yeungnam University

This research examined whether right midfrontal cortical asymmetry might be associated with empathic traits and reactions. Experimental participants completed interpersonal reactivity index(ARI) to measure empathic traits. Resting EEGs were recorded to measure frontal cortical asymmetry. During presenting pictures or cartoons of hands that were in painful or neutral situation, event-related brain potentials(ERPs) were recorded from participants who performed a pain judgement task that required attention to pain cues in the stimuli or a hand counting task that withdraw their attention from these cues. Relative to left midfrontal activation group, right midfrontal activation group showed higher empathic concern and personal distress and rated the painful picture stimuli as the highest painful ones. In rating pain intensity of painful picture stimuli, right midfrontal asymmetry induced increased P300 and LPP(late positive potentials) than left frontal activation did. These results supported the hypothesis that right frontal EEG asymmetry might be a predictor of empathic traits and empathic reactions in painful situation. This study suggests that right bias in frontal cortical activation may contribute to desirable interpersonal abilities for social communication of emotion through facilitating sensitivity towards the suffering of others.

Keywords : midfrontal asymmetry, ARI, EEG, pain, empathy, P300, LPP