

불안장애에서 정서처리와 관련된 ERP 성분

임상감정인지기능연구소,¹ 인제대학교 의과대학 일산백병원 정신건강의학과실,² 고려대학교 심리학과³
문은옥¹ · 이승환^{1,2} · 김현택³

ERP Components Associated with Emotional Processing in Anxiety Disorder

Eunok Moon,¹ Seung-Hwan Lee, MD,^{1,2} Hyun Taek Kim, PhD³

¹Clinical Emotion and Cognition Research Laboratory, Goyang, Korea

²Department of Psychiatry, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Korea

³Department of Psychology, Korea University, Seoul, Korea

This article aimed to describe typical event-related potentials (ERP) components of emotional processing in patients with anxiety disorder and highly anxious individuals. ERP components associated with emotional processing could be broadly divided into three components with short, middle and long, respectively. Many studies show that patients with anxiety disorders are characterized by different emotional bias to specific stimuli and more sensitive to emotional stimuli than normal individuals. In addition, these emotional biases were stronger and quicker in patients with anxiety disorder than normal individuals. Some studies reported that anxious people show abnormality at the initial stage (e.g. P1) of emotional processing. However, other studies reported the abnormality at the late stage (e.g. LPP) or wholeness of emotional processing in anxious individuals. We summarized the updated finding of possible ERP components of emotional processing in patients with anxiety disorder and highly anxious individuals. The significance and clinical implication were discussed.

Key Words Emotion · Anxiety · ERP · Emotional processing.

Received: September 15, 2011 / **Revised:** November 8, 2011 / **Accepted:** December 14, 2011

Address for correspondence: Seung-Hwan Lee, MD

Department of Psychiatry, Ilsan Paik Hospital, Inje University School of Medicine, 170 Juhwa-ro, Ilsanseo-gu, Goyang 411-706, Korea

Tel: +82-31-910-7768, **Fax:** +82-31-910-7268, **E-mail:** lshpss@hanmail.net

서론

불안한 사람은 자신을 불안하게 만드는 자극에 매우 민감하다. 불안을 유발하는 자극을 빨리 알아채고, 오래 기억한다.¹⁾ 이런 반응은 개체의 생존에 영향을 미치는 자극에 대한 주의 편향(attentional bias) 때문에 나타나는 현상으로, 수 많은 외부 자극 중 개체 생존의 영향을 미치는 정서자극에 자동적으로 더 많은 주의를 기울이도록 만들어진 현상이다. 주의가 많이 기울여진 정서자극은 주의를 더 빨리 포착해 뇌에서 더 빠른 처리가 이루어지고 그만큼 더 빠른 반응을 하게 되며 더 오래 기억되어 개체 생존에 도움을 준다.²⁾ 이런 정서편향(emotional bias)은 정상적인 반응이지만 불안장애 환자는 더 광범위한 자극에 이상 정서편향을 나타내기도 하고(예, 범불안장애) 특정 자극에 비정상적 정서편향을 나타내기도 한다(예, 특정공포

증). 또한 불안장애 환자는 이런 정서편향이 정상인보다 더 빠르게 그리고 더 강하게 나타난다고 보고되었다.³⁾ 이런 정서편향을 확인하는 간단한 방법으로 특정 자극에 대한 반응시간이나 정확률 같은 행동측정치를 분석하는 방법이 있다. 그러나 정서편향은 의식단계 이전인 역하지각(subliminal perception)단계에서도 나타나는 현상이며,⁴⁻⁶⁾ 동결반응(freezing) 같이 행동으로 나타나지 않는 경우도 있다. 따라서 정서처리과정을 잘 이해하기 위해서는 행동으로 보고되는 측정치가 아니라 그 이전 단계인 초기 지각과정을 관찰하고 측정할 수 있는 측정치가 필요하다. 사건관련전위(event-related potentials, 이하 ERP)는 빠른 시간해상도를 가지고 있기 때문에 정보처리 단계, 즉 특정 자극에 대한 정보가 뇌에서 처리되는 과정을 행동측정치보다 직접적으로 관찰할 수 있다.

지난 몇십 년 간 정서자극 처리과정을 알아보기 위한 ERP 연

구가 많이 진행되었으나 불안장애 환자의 정서자극 처리과정을 알아보는 ERP 연구는 많이 이루어지지 않았다. 기존 연구들 따르면 불안장애 환자에서는 정상인에 비해 큰 정서적 혼란과,⁷⁸⁾ 인지적 편향, 그리고 인지적 손상이 나타났다.⁹⁻¹¹⁾ 특히 위협적인 자극에 대한 주의편향에서 정상인과 다르다고 보고되었다.¹²⁾

이 글에서는 정서자극에서 나타나는 대표적인 ERP 성분을 알아보고 정서자극을 사용한 불안장애 연구에서 보고되는 ERP 성분에 대해 정리해 보고자 한다.

정서처리와 관련된 ERP 성분

앞서 언급한 것과 같이 정서자극은 자동적이고 무의식적이며, 빠르게 처리된다.¹³⁾¹⁴⁾ 정서자극을 사용한 ERP 연구는 정서 자극과 비 정서자극(중립자극)을 비교하거나, 긍정 정서자극과 부정 정서자극을 비교하는 방식으로 이루어진다. 정서자극으로는 주로 International Affective Pictures System(이하 IAPS)¹⁵⁾ 얼굴표정, 정서관련 단어가 사용된다. 정서자극의 강도는 주로 정서가(valence)와 각성가(arousal)로 평가된다.¹⁶⁾ 정서가는 그 자극이 긍정정서를 유발하는지, 부정정서를 유발하는지 평가하는 수치이고, 각성가는 그 자극이 가지고 있는 정서적 강도를 의미한다.¹⁶⁾ IAPS에서는 정서가와 각성가는 1~9사이의 값을 가지며, 정서가는 1에 가까울수록 부정적, 9에 가까울수록 긍정적임을 의미하지만 각성가는 9에 가까울수록 자극 강도가 높음을 의미한다. IAPS는 각 자극마다 특정 나라의 표준 집단에서 얻어진 정서가와 각성가 값을 가지고 있어 이를 활용하지만, 이런 표준값이 없는 경우에는 해당 연구에 참여하는 이들이 평가한 정서가와 각성가를 사용한다.

정서자극은 자극의 종류, 자극의 특성, 제시 방법, 시각도(visual angle)에 따라 유발된 ERP가 조금씩 다르다. 각 속성들은 ERP 성분에 독립적으로 영향을 주기도 하고 상호적으로 영향을 주기도 한다. 일반적으로 정서자극이 중립자극보다 더 높은 진폭과 더 빠른 잠재기를 갖는다고 보고되지만,¹⁶⁾ 연구마다 약간씩 차이가 있다.

Fig. 1은 대표적인 ERP 성분을 그린 그림이다. ERP 연구에서 나타난 성분은 정점(peak)이 나타난 시점에 따라 두 단계로 구분하기도 하고, 세 단계로 구분하기도 한다. 이 글에서는 초기, 중기, 후기 세 단계의 성분으로 구분해 기술 할 것이다. 정서효과는 자극의 속성에 따라 초기, 중기, 후기 중 일부 단계에서만 나타나기도 하고, 모두에서 나타나기도 한다.¹⁶⁾

초기 성분(Short latency)

초기 성분은 자극이 제시되고 100~200 ms 부근에 빠르게 나타나는 성분으로 초기 감각처리 단계를 반영하는 파형으로

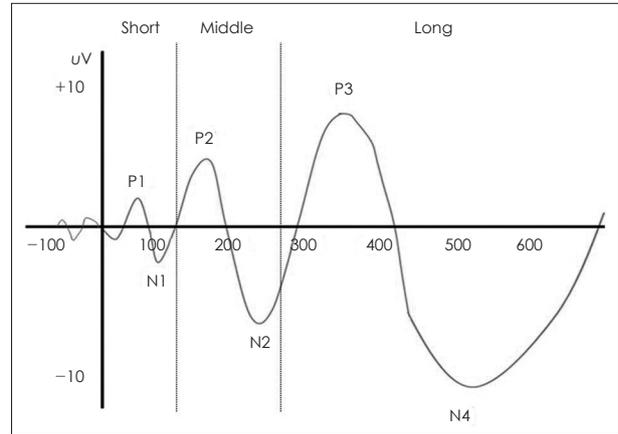


Fig. 1. Illustration of typical ERP component.

생각된다.¹⁶⁾¹⁷⁾ 자극의 물리적 속성에 민감하며 긍정자극이나 중립자극보다 부정자극에서 더 큰 진폭을 보인다.¹⁶⁾ 초기 성분에 해당하는 파형은 P1, N1, N170이다. P1은 후두영역(occipito area)에서 나타나는 정파(positive wave) N1은 전두영역(frontal area)에서 나타나는 부파(negative wave) N170은 후측두영역(posterior temporo-occipital area)에서 나타나는 부파이다.¹⁷⁾

P1은 선조 외 피질(extrastriate cortex)영역의 활동으로 유발되는 것으로 생각되며, N1은 자극의 외부적인 속성에 의해 주의가 포착되었을 때 나타나는 것으로 생각된다.¹⁶⁾ N170은 얼굴 자극에 특이적으로 나타나는 파형으로,¹⁸⁾¹⁹⁾ 얼굴 형태를 부호화(encoding)할 때 방추회(fusiform gyrus)의 활동을 반영하는 파형일 것으로 생각된다.¹⁹⁾

P1과 N1의 잠재기는 자극에 의한 주의포착(attention of stimulus-driven capture) 시간을 반영하는 것으로 여겨지며,²⁰⁾ 진폭이 클수록 시각자극에 더 많은 주의가 기울여졌다고 생각할 수 있다.⁷⁾

초기 성분들은 긍정자극보다 부정자극에서 진폭이 더 높게 나타난다고 보고되지만,¹⁶⁾²¹⁻²³⁾ 이 단계는 1차 감각지각 단계이기 때문에 정서의 차이가 나타나지 않았다고 보고하는 논문도 있다.²⁴⁾²⁵⁾ 자극 제시 방법, 자극의 종류, 수행 과제 등에 따라 상이한 결과가 보고되는 시기이다.²²⁾

중기 성분(Middle latency)

중기 성분은 자극 제시 후 150~300 ms에 나타나는 파형으로 자극의 정서 구분과 반응 결정단계의 신경활동을 반영하는 것으로 생각된다.¹⁶⁾ 이 시기에 나타나는 대표적인 파형은 P2, N2, early posterior negativity(이하 EPN) 등이다. 중기 성분은 정서자극에서 더 큰 진폭을 나타낸다.¹⁶⁾ 이 성분들은 자극의 정서가에 따른 차이를 반영하는 것으로 여겨졌으나, 정서가 보다는 각성가에 더 큰 영향을 받는 것이라는 결과도 있다.¹⁶⁾

각성도가 높은 정서적 사진에 주의가 빠르고 자동적으로 기울여지는 것은 위협한 정보에 대한 편도체(amygdala)의 빠른 처리 과정을 반영하는 것이며,²⁶⁾ ERP 중기 성분은 이를 반영하는 것이라고 여겨진다.¹⁶⁾

P2는 전두-중앙 영역(fronto-central area)에서 정점이 나타나는 정파로, 초기성분들과 마찬가지로 자극에 주의를 기울이는 초기 지각단계를 반영한다고 여겨지기도 한다.¹⁷⁾ N2는 전두-중앙 영역에서 정점이 나타나는 부파로,¹⁷⁾ 자극을 구분하거나 분류하는 과정에서 발생하는 파형이라고 추정된다.⁷⁾ 전측대상피질(anterior cingulate cortex, 이하 ACC)의 활동을 반영하는 것으로 여겨진다.²²⁾

EPN은 측두-후두(temporal-occipital) 영역에서 정점이 나타나는 부파로,²⁷⁾²⁸⁾ 초기 지각수준의 시각정보 처리과정에서 정서자극에 자동적으로 주의를 기울여지는 선택적 주의를 반영하는 것으로 생각된다.²³⁾²⁷⁾²⁹⁾ EPN은 진화적으로 중요한, 즉 생존과 생식에 영향을 미치는 각성이 높은 종류(예, 사람의 신체가 훼손된 사진, 나체, 성행위 사진)의 자극에서는 그렇지 않은 자극에서 보다 진폭이 더 크게 나타나기 때문에 자극의 정서보다 각성도에 좀 더 큰 영향을 받는 것으로 여겨진다.¹⁶⁾²⁷⁾

후기 성분(Long latency)

후기 성분은 자극 제시 300 ms 이후에 나타나는 파형으로 기억과 주의지속 같은 고차적인 인지기능을 반영한다고 생각된다.³⁰⁾ 따라서 후기 성분은 깊은 정서처리를 반영하는 것이라고 생각된다.¹⁶⁾

N300은 중앙 영역(central area)에서 300 ms부근에 부정점이 나타나는 파형으로 인지처리 과정보다는 정서처리 과정을 반영한다고 알려져 있다.²⁴⁾

P3는 300~500 ms에 나타나는 정파로,²⁹⁾ 자극에 주의 할당이 많이 되었음을 반영하며²⁹⁾ 더 나아가 그 정보가 일차 기억 단계에 저장되었음을 의미하는 파형으로 생각된다.¹⁶⁾³⁰⁾

P3는 P3a와 P3b라는 두 개의 하위성분으로 나눌 수 있다.³⁰⁾ P3a는 전두-중앙 영역에서 주로 관찰되며, P3b는 두정 영역에서 주로 관찰된다. P3a는 P3b보다 잠재기가 짧다.³⁰⁾ P3a는 각성도보다는 정서도에 영향을 받는 파형으로,²²⁾ 긍정자극에서 진폭이 더 크다고 보고되기도 하지만,¹⁶⁾²²⁾ P3a는 주로 새롭게 나타난 자극, 맥락에서 벗어난 독특한 자극에 주의를 기울여지면서 나타나는 성분이라고 알려져 있다.²⁴⁾³⁰⁾ 반면 P3b는 자극의 물리적 특징보다는 정서적 특징, 즉 자극 자체가 가지는 정서도와 각성도에 의한 정서편향을 반영하는 파형으로 생각된다.³⁰⁾ 특히 공포자극처럼 각성도가 높은 자극은 그렇지 않은 자극보다 더 큰 파형이 나타난다.¹⁶⁾

Late positive potential(이하 LPP)은 300~700 ms에서 나타

나는 정파로 두정 영역(parietal site)에서 주로 나타난다. LPP를 P3b, Late positive component(이하 LPC) 등으로 칭하는 연구자도 있고,⁷⁾³¹⁾ P3b와 Slow Wave(이하 SW)가 합쳐진 파형을 일컫는다고 하는 연구자도 있다.¹⁶⁾ P300과 유사해 구분이 쉽지 않지만, LPP는 P3a에 비해 파형의 폭이 넓고 기울기가 완만한 형태이며, 정서자극 제시 후 수 초간 지속되는 특징을 보인다.³²⁾ 자극의 지각적 특징보다 정서가와 각성도 같은 정서적 특징에 영향을 받는 파형으로 여겨지며,²⁹⁾ 정서적인 자극은 중립적인 정서자극보다 더 큰 LPP를 유발시킨다.⁷⁾ 또한 정서자극이 나올 거라고 미리 알려준 경우에는 진폭이 작아지는 것으로 보아 인지적인 정서처리를 반영하는 것으로 생각된다.³³⁾³⁴⁾

LPP는 초기 지각 이후 주의유지(sustained attention) 평가(evaluation) 의사결정(decision-making) 기억의 부호화(memory encoding)과 같은 정교한 인지적 처리와¹⁶⁾²³⁾²⁴⁾³¹⁾³⁵⁾ 정서조절(emotional modulation)기능을 반영하는 것으로 생각된다.²³⁾³⁶⁾

N400은 단어의 의미를 처리하는 과정에서 나타나는 파형이다.⁷⁾¹⁷⁾ 무의미 철자 단어에서는 진폭이 증가하고 흔히 보는 익숙한 단어에서는 진폭이 감소하는 것이 관찰되었고,⁷⁾ 특히 정서 단어에서는 진폭이 감소하였다.⁷⁾

SW는 자극 제시 후 300~900 ms에 중앙-두정 영역(centro-parietal area)에서 관찰되는 정파로 뚜렷한 정점이 관찰되지는 않는 경우가 대부분이다.¹⁶⁾ 정서기보다는 각성도에 더 큰 영향을 받는 파형으로, 각성도가 높은 자극에서 더 큰 진폭이 나타난다.¹⁶⁾ 각성도가 높은 자극은 기억이 잘 되므로 SW를 재인 기억(recognition memory)의 지표로 삼을 수 있을 것으로 생각된다.¹⁶⁾²⁷⁾ 특히 500 ms 이내에 나타나는 SW는 하향처리(top-down processing)를 반영하는 것으로 여겨지기도 한다.¹⁶⁾ 정서 판단 과제를 수행할 때, 500~650 ms에서 나타난 SW는 감소하는 것으로 관찰되었으며,²⁶⁾ 정서반응을 억압하도록 주문했을 때, SW가 작아지는 것도 관찰되었다.²⁶⁾

불안장애에서 ERP 이상

불안장애는 각기 다른 성향의 여러 질환이 속해 있는 장애이다. 정서처리과정에서 불안장애 환자의 특징은 정서적 자극에 빠른 주의전환(orienting) 그리고 정서적인 특징을 나타내는 대상에 대한 빠른 반응이다.³⁷⁾

정서처리과정을 불안장애 환자를 대상 확인해본 연구는 대부분이 행동연구이며 ERP 연구는 많지 않다. 여기서는 특정 공포증, 사회공포증, 외상 후 스트레스장애, 범불안장애 환자를 대상으로 한 ERP 연구들과 불안이 높은 정상인을 대상으로 한 ERP 연구들을 정리해보겠다. Table 1은 본문에 인용한 기존 연구들을 간단하게 정리한 표이다.

Table 1. Emotional processing in anxiety

	Author	Selection scale		Stimuli	ERP components (emotional effect)
Specific phobia	Kopp & Altmann. (2005)	SPQ SNAQ DSM-IV	IAPS	Spider/Snake/Chair/Household	P1/N1/EPN/LPP
	Leutgeb et al. (2009)	SPQ DSM-IV		Spider/Disgust/Fear/Neutral	P3/early LPP/late LPP
	Michalowski et al. (2009)	SPQ		Spider/Neutral/Positive/Negative	P1/EPN/LPP
Social phobia	Muller et al. (2008)	ADIS-IV-L	FACE	Angry/Happy/Neutral	P1
	Moser et al. (2008)	SPIN DASS		Happy/Surprise/Anger/Disgust	P2/LPP (P3)
	Li et al. (2008)	BIS SPS		Happy/Neutral	P1
PTSD	Felmingham et al. (2003)	STAI DSM-IV	FACE	Angry/Neutral	N110/N650
	Metager et al. (1997)	STAI DSM-III	WORD	Personal Related/Traumatic Related/Neutral	P300
GAD	Weinberg & Hajcak (2010)	MINI DSM-IV	IAPS	Negative/Positive/Neutral	P1/late LPP
High trait anxiety	Bar-Haim et al. (2005)	STAI BDI	FACE	Neutral/Anger/Sad/Happy	P1/N1/P2
	Rossignol et al. (2005)	STAI BFNE		Fear/Happy	N2b/N400
	Holmes (2008)	STAI		Fear/Happy/Neutral	P1/EPN
	Li & Lou (2005)	STAI	IAPS	Neutral/Threat-related	P1
	Weinstein (1995)	STAI BDI	WORD	Threat/Neutral/Positive	P1/N400
	Li et al. (2007)	BIS		Neutral/Threat	P1/LPP
	Gibbons (2009)	STAI		Positive/Negative arousal/ Non-arousal	LPC
	Sass et al. (2010)	PSWQ MASQ		Pleasant/Threat/Neutral	P1/N2/P3/N400

ADIS-IV-L : Anxiety Disorder Interview Schedule for DSM-IV : Lifetime Version, BDI : Beck Depression Inventory, BFNE : Brief Fear of Negative Evaluation questionnaire, BIS : Behavioral Inhibition Scale, DASS : Depression Anxiety Stress Scale, MCPL : Multiple-Cue Probabilistic Learning, MINI : Mini International Neuropsychiatric Interview, MASQ : Mood and Anxiety Symptom Questionnaire, PSWQ : Penn State Worry Questionnaire, SNAQ : Snake Questionnaire, SPIN : Social Phobia Inventory, SPS : Social Phobia Scale, SPQ : Spider Phobia Questionnaire, STAI : State-Trait Anxiety Inventory

불안장애 환자

특정 공포증(Specific phobia)

특정 공포증 환자는 자신이 공포를 가지고 있는 대상에 더 민감하게 반응한다.³⁸⁾ 그 대상은 다분히 주관적인 것으로, 특정 공포증 환자는 공포를 느끼는 대상에 대해 즉각적으로 공포를 느끼고 그 대상이나 상황을 회피하게 된다.³²⁾

Kopp와 Altmann³⁹⁾의 연구에서 거미와 뱀공포증 환자는 공포증과 관련된 자극인 거미와 뱀을 보여줬을 때, P1, N1 등의 진폭이 더 높게 나타남을 보고하였다. 이를 보아 공포증과 관련된 자극은 선조 외 피질 같은 시각영역이나 편도체 같은 초기 감각정서 처리를 담당하는 영역의 활동을 더 활발하게 하는 것으로 생각된다.

또 다른 연구에서 거미공포증 환자는 다른 부정, 긍정적인 사진보다 개인적인 공포 자극인 거미 사진을 보여줬을 때 정상인보다 더 큰 P3, early LPP가 나타났지만 정상인보다 작은 late LPP가 나타남을 보고하였다.³²⁾ 이는 공포증 환자가 공포증과 관련된 자극에 주의를 많이 빼앗기지만 그 주의가 오랫동안 유지되지는 못하는 것을 보여준다.

Michalowski³⁹⁾는 거미공포증 척도(Spider Phobia Questionnaire, 이하 SPQ)가 높은 정상인을 대상으로 공포 관련 연구를 하였다. 공포증 집단은 자극의 정서에 상관없이 정상인보다 더

높은 진폭의 P1을 보였고, EPN과 LPP는 거미사진에서만 정상인 보다 더 높은 진폭을 나타냈다. 이런 결과를 종합해보면 거미공포증 환자는 초기에 자극의 종류를 구분하지 않고 모든 자극에 주의를 기울이는 과잉경계(hypervigilance)가 나타나지만, 그 이후의 과잉경계는 공포와 관련된 자극에서만 주의를 할 당해 공포자극이 더 자세하고 더 정교하게 처리되도록 하는 것으로 생각된다.

사회공포증(Social phobia)

사회공포증은 사회적으로 위협적인 정보 처리에 문제가 있으며,⁴⁰⁾ 사회적 안정을 나타내는 사회적 신호를 받아들이는데도 문제가 있다.⁴¹⁾ 이런 특징 때문에 사회공포증 연구에는 사회적 자극 즉, 사람 얼굴표정이 주로 사용된다.

Mueller 등⁴²⁾은 얼굴표정자극(angry, happy, neutral)을 사용해 사회공포증 환자의 주의편향을 알아보는 실험을 하였다. 사회공포증 환자에서는 화난 얼굴을 보여줬을 때 유의미하게 큰 P1이 관찰되었는데 이는 사회적 자극에 대한 과잉경계반응을 반영하는 것이다.

Moser 등⁴³⁾은 사회공포증 척도(Social Phobia Inventory)⁴⁴⁾가 높은 사람과 낮은 사람을 대상으로 긍정(happy, surprise) 부정(anger, disgust) 얼굴표정을 보여주고 ERP를 측정하였다. 사회불안이 높은 사람은 사회불안이 낮은 사람에 비해 부정 열

굴 사진에서 더 큰 P3/LPP를 보였지만, 긍정 얼굴 사진에서는 더 낮은 P2가 나타났다. 즉, 사회불안이 높은 사람은 정보처리 초기에 사회적 위협이 되는 정보(부정편향)가 더 강하게 처리되지만, 이후 사회적으로 안정적인 신호(긍정편향) 처리는 약한 것으로 나타났다.

Li 등⁴⁵⁾ 역시 유사한 연구를 보고하였다. 이 연구에서 불안 수준의 차이에 따라 정서 차이가 나타나는 성분은 P1이었다. 불안이 높은 사람은 낮은 사람과 비교하여 행복얼굴에서는 차이가 나타나지 않았지만 공포얼굴에서 P1의 진폭이 더 컸다. 이러한 결과는 정보처리 초기 단계에 무의식적으로 사회적 정보를 처리하는 것으로 생각된다.

외상 후 스트레스장애(Posttraumatic stress disorder, 이하 PTSD)

외상 후 스트레스장애 환자는 강한 외상을 경험한 후에 생김으로 외상과 관련된 자극에 매우 민감한 반응을 보인다.^{46/47)} 그러나 외상과 관련 없는 자극에 대해서는 어떤 반응이 나타나는지는 아직 분명하지 않다.⁴⁷⁾

Felmingham 등⁴⁸⁾은 15명의 PTSD 환자와 정상인을 대상으로 부정(angry) 중립(neutral) 얼굴표정을 봤을 때의 ERP를 측정하였다. PTSD 환자는 정상인에 비해 더 작은 진폭의 N110, N650을 보였으며, 부정과 중립 자극 간 차이가 없었다. 이는 PTSD 환자가 지각 초기단계와 그 이후 처리에서 일반적으로 위협이 되는 자극과 그렇지 못한 자극을 구별하는 능력이 정상인에 비해 떨어짐을 보여주는 것이다.

Metzger 등⁴⁹⁾은 PTSD 환자가 개인적으로 좋아하는 단어와 외상과 관련된 단어, 그리고 중립단어를 사용한 emotional word stroop 과제를 수행하는 PTSD 환자의 ERP 파형을 측정하였다. 그 결과 PTSD 환자의 P300은 정상인에 비해 진폭이 작고, 잠재기가 더 길었다. PTSD 환자는 긍정적 단어와 외상과 관련된 단어에서 중립적인 단어보다 더 큰 P300이 유발되었으며, 외상과 관련된 단어에서는 더 긴 잠재기를 가진 P300이 유발되었다. 이는 PTSD 환자가 외상과 관련된 자극 외에도 일반적으로 각성을 유발시키는 자극에 정상적으로 반응하지만, 자신에게 위협이 되는 즉, 외상과 관련된 자극의 처리에 더 긴 시간을 사용되는 것을 나타낸다.

범불안장애(Generalized anxiety disorder, 이하 GAD)

범불안장애는 광범위한 자극에 대한 불안과 정서적인 자극에 민감하게 반응하는 특징을 보인다.⁵⁰⁾

Weinberg와 Hajcak⁵⁰⁾의 연구를 보면 범불안장애 환자는 긍정, 부정, 중립 모두에서 정상인에 비해 더 큰 P1이 나타났다. 이는 불안장애 환자들은 정보처리 초기 단계에 정서적인 자극

에 대해 과잉경계가 나타난 것이다. 또한 범불안장애 환자의 late LPP는 정상인에 비해 유의미하게 작았다. 이는 정보처리 초기단계에 비정상적으로 과잉경계가 나타나지만 이후 단계에서 주의를 오래 유지하는 데 실패한 것으로 보인다.

불안이 높은 정상인(High anxiety trait)

불안이 높은 정상인을 대상으로 한 ERP 연구는 자기보고형 설문지를 이용해 불안이 높은 사람과 불안이 낮은 사람을 선별한다. 주로 사용되는 설문지는 State-Trait Anxiety Inventory(이하 STAI)⁵¹⁾다. 경우에 따라서는 Penn State Worry Questionnaire⁵²⁾와 Mood and Anxiety Symptom Questionnaire^{53/54)}을 사용하기도 한다.

불안이 높은 정상인은 특별히 민감한 대상이 없기 때문에 얼굴 표정, 정서 단어, 정서적 사진 등의 자극을 고루 사용한다. 먼저 얼굴 표정을 사용한 연구를 살펴보면, Bar-Haim 등²⁰⁾은 무표정, 화남, 공포, 슬픔, 행복한 얼굴 사진을 보여줬을 때, 불안이 높은 집단이 불안이 낮은 집단에 비해 초기 ERP 파형(P1, N1, P2)의 잠재기와 진폭이 더 높았다. 즉, 불안이 높은 사람은 얼굴 사진에 주의를 빨리 기울여졌고 더 강한 처리가 이루어지는 것을 시사한다.

Rossignol 등²⁴⁾은 공포, 행복 얼굴을 보여주는 실험에서 불안 수준에 따른 정서효과가 초기성분(P1, N1, N170, VPP, N2b)에서는 나타나지 않았고 후기성분(P3b, N300)에서만 나타난다고 보고하였다. 불안이 높은 사람은 잠재기가 짧고 진폭이 높은 P3b, 진폭이 감소한 N300을 보였다. 불안이 높은 사람은 정서적 자극의 직접적인 평가에 주의자원을 덜 쓰는 것 같고(N300) 빠르고 강한 의사결정과정(결과)이 나타났다(P3b).

또 다른 연구로 Holmes 등⁵⁵⁾은 공포, 행복, 무표정을 사용해 ERP를 측정했다. 불안이 높은 집단은 불안이 낮은 집단보다 공포자극에 대해 더 큰 P1, 그리고 더 작은 EPN을 보였다. 이는 불안이 높은 사람은 위협과 관련된 대상에 주의를 빨리 기울여 지지만 이후 인지 단계까지 유지되지 않는다는 것을 시사한다.

IAPS를 사용한 연구에서는 위협적이거나 그렇지 않은(중립적인) IAPS 사진을 사용해 불안 수준에 따른 차이를 발견했다.⁵⁶⁾ 불안이 높은 사람은 위협적인 사진이 단서로 나타난 위치에 나타난 자극에서 P1의 진폭이 더 컸다. 그러나 불안이 낮은 사람들은 그 반대의 위치에서 P1의 진폭이 더 컸다. 불안 수준이 높은 사람은 위협적인 자극에 주의를 많이 기울이고 있으나, 불안수준이 낮은 사람은 그렇지 않음을 보여준다고 볼 수 있다.

정서단어를 사용한 연구는 emotional word stroop 과제를 수행하는 동안의 ERP 파형을 측정한다. Weinstein⁵⁷⁾은 부정, 긍정, 중립적인 정서 단어를 보여줬을 때 ERP 파형을 분석했

다. 불안이 높은 집단에서는 부정단어에 대한 P1과 N400의 진폭이 증가했고, N400의 잠재기가 더 짧게 나타났다. 불안이 높은 사람은 위협적인 정보와 관련된 단어의 처리가 더 빠름을 보여주는 결과였다. Li 등⁶⁾은 위협적인 단어를 보여줬을 때 P1과 LPP의 진폭이 더 크게 나타남을 보고했다. 불안이 높은 사람은 무의식적으로 위협에 대한 처리가 빨랐고 더 강한 것으로 보인다. 역하(subliminal) 자극을 사용한 Gibbons⁵⁾의 연구에서는 불안이 높은 사람이 정서가와 각성가가 모두 높은 단어에 대해 더 큰 LPC를 보였다. 특히 LPC는 긍정 단어가 부정 단어에 비해 진폭이 더 높았다. 그러나 초기 성분에서는 불안 수준에 따른 차이가 없었다. Sass 등⁷⁾의 연구에서는 불안이 높은 집단에서 더 높은 P1, N2를 보고했다. 특히 여자는 남자보다 더 큰 P1을 보였다. 또한 불안한 사람은 더 작은 P3 진폭이나 더 짧은 잠재기를 나타냈고 더 작은 진폭의 N400을 보였다. 이는 불안한 사람은 정보처리 초기에서부터 정서편향이 나타남을 의미한다.

결론

불안장애 환자 및 정상인을 대상으로 정서자극 처리 과정을 알아본 연구는 아직 많지 않다. 불안한 사람에게 정서자극을 제시하면 중립정서 자극과 다른 진폭과 잠재기를 가지는 ERP 파형을 나타낸다는 점에서 불안한 사람이 정서자극에 민감하게 반응한다는 행동연구 결과와 일치한다. ERP 성분은 대체로 부정적인 자극에서 진폭이 더 컸다. 이런 정서편향은 초기 지각과정부터 계속 나타날 수도 있고, 초기에만 또는 후기에만 나타날 수도 있다. 기존 연구들은 정서편향이 정서처리의 어떤 단계에서 나타나는지에 대해서 일관된 결과를 보고하지는 않았다.

일관되지 않은 결과가 나타나는 가장 큰 이유로 생각해 볼 수 있는 것은 불안장애는 다양 특성을 가지는 장애들의 집합이라는 것이다. Sass 등⁷⁾은 불안장애를 크게 각성이 높은 불안(이하 anxious arousal)과 걱정이 많은 불안(이하 anxious apprehension)으로 나누었다. anxious arousal은 특정 공포증과 공황장애, 그리고 외상 후 스트레스장애가 보이는 주된 특징으로⁷⁾ 신체적 긴장과 심리적 각성이 주된 특징이다.⁵⁸⁾ 반면 anxious apprehension은 걱정과 언어적, 행동적 반추(ruminate)가 특징이다.⁵⁹⁾⁶⁰⁾ 범불안장애, 강박증, 그리고 불안특질을 가진 사람들이 이런 특징을 보인다. 또한 anxious arousal은 경계(vigilance) 반응, 자동적인 각성(autonomic arousal)에 관련된 우반구의 활동이 언어와 관련된 좌반구에 비해 더 우세한 것으로 관찰되었으나,⁶⁰⁾⁶¹⁾ anxious apprehension은 좌반구의 활동이 우반구보다 더 우세한 것으로 나타났다.⁷⁾ 즉, 불안장애 중

류에 따라 뇌 활동이 다르고 불안의 특징이 다르기 때문에 불안장애들에서 일관된 결과가 나타나지 않았을 가능성이 있다.

특히 불안이 높은 사람을 선별할 때 주로 사용하는 STAI 척도는 anxious apprehension과 우울증에서 높은 상관을 나타냈다.⁷⁾ 우울증은 anxious arousal이 낮음을 의미하는 것이므로 STAI는 불안의 apprehension만을 측정하는 척도라고 볼 수 있다.⁷⁾⁶²⁾ 그러므로 불안이 높은 정상인을 대상으로 한 연구는 불안장애의 한 가지 측면만을 측정할 연구일 수도 있다.

일관되지 않은 결과가 나타난 또 다른 이유로 생각해볼 수 있는 것은 다양한 속성의 자극과 다양한 제시방법이다. 앞서 잠깐 언급한 대로 어떤 자극에 의해 유발 되었는지에 따라 서로 다른 ERP 파형이 유발되며, 동일한 자극을 사용하더라도 제시 방법, 제시 시간, 개인차 등의 요인에 의해 서로 다른 ERP 파형이 나타난다.

기존 불안장애 연구에 사용된 자극은 크게 정서 얼굴, IAPS, 정서 단어로 구분해볼 수 있다. 정서자극에 의한 ERP 성분은 자극의 정서가와 각성가에 크게 영향을 받는데,¹⁶⁾ 얼굴 표정과 단어, 사진 등은 정서적 강도가 다를 수 밖에 없다. 게다가 정서자극은 자극 노출 시간, 자극의 물리적 특징 등에 따라서도 주관적인 정서강도가 달라진다.⁶³⁾ 또한 정서자극에 노출되는 동안 수행해야 하는 과제도 뇌 활동에 영향을 미칠 것이다. 이런 이유들 때문에 일관되지 않은 결과가 나타났을 수도 있다.

이런 이유들로 기존 연구들에서 일관되지 않은 연구 결과가 보고되었을 것으로 생각되지만 더 많은 연구가 이루어지면 ERP 성분이 불안장애 치료의 신경생리적 지표가 될 수도 있을 것으로 생각된다. Leutgeb 등³²⁾은 거미공포증 환자의 치료 지표로 불안장애 환자와 정상인의 차이가 비교적 뚜렷한 P1이나 LPP를 사용하였다. 환자군에서 정상인과 뚜렷한 차이를 보이던 P1, LPP는 치료 후 정상인과 비슷한 형태로 변화하였다. 이를 확증하기 위해서는 더 많은 연구가 이루어져야 하지만, 불안장애의 특징적인 ERP 성분을 찾게 되면 불안장애 환자의 치료효과를 신경생리학적으로 확인하는 것도 가능한 것이라고 생각된다.

따라서 이후 연구는 앞서 지적한 여러 사항을 고려해 실험 대상과 자극을 선정해야 할 것이며, 무엇보다 불안장애 환자를 대상으로 한 연구가 많이 이루어져야 할 것이다. 불안장애마다 고유의 일관된 결과를 찾게 되면 불안장애 환자의 정서처리 과정의 특징을 더 잘 이해하게 될 것이며, 치료 방법이나 치료 과정의 결정에도 큰 도움을 줄 것이다.

중심 단어: 정서·불안장애·사건유발전위·정서처리.

Acknowledgments

이 논문 또는 저서는 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-32A-B00282).

Conflicts of interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) **Compton RJ.** The interface between emotion and attention: a review of evidence from psychology and neuroscience. *Behav Cogn Neurosci Rev* 2003;2:115-129.
- 2) **LeDoux JE.** Emotional memory systems in the brain. *Behav Brain Res* 1993;58:69-79.
- 3) **Bar-Haim Y, Lamy D, Pergamin L, Bakermans-Kranenburg MJ, van IJzendoorn MH.** Threat-related attentional bias in anxious and non-anxious individuals: a meta-analytic study. *Psychol Bull* 2007;133:1-24.
- 4) **Liddell BJ, Williams LM, Rathjen J, Shevrin H, Gordon E.** A temporal dissociation of subliminal versus supraliminal fear perception: an event-related potential study. *J Cogn Neurosci* 2004;16:479-486.
- 5) **Gibbons H.** Evaluative priming from subliminal emotional words: insights from event-related potentials and individual differences related to anxiety. *Conscious Cogn* 2009;18:383-400.
- 6) **Li W, Zinbarg RE, Paller KA.** Trait anxiety modulates supraliminal and subliminal threat: brain potential evidence for early and late processing influences. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2007;7:25-36.
- 7) **Sass SM, Heller W, Stewart JL, Silton RL, Edgar JC, Fisher JE, et al.** Time course of attentional bias in anxiety: emotion and gender specificity. *Psychophysiology* 2010;47:247-259.
- 8) **Berenbaum H, Raghavan C, Le HN, Vernon LV, Gomez JJ.** A taxonomy of emotional disturbances. *Clinical Psychological Science Practice* 2003;10:206-226.
- 9) **Eysenck MW, Calvo MG.** Anxiety and performance: the processing efficiency theory. *Cognition and Emotion* 1992;6:409-434.
- 10) **Eysenck MW, Derakshan N, Santos R, Calvo MG.** Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion* 2007;7:336-353.
- 11) **Derakshan N, Ansari TL, Hansard M, Shoker L, Eysenck MW.** Anxiety, inhibition, efficiency, and effectiveness. An investigation using antisaccade task. *Exp Psychol* 2009;56:48-55.
- 12) **Compton RJ, Heller W, Banich MT, Palmieri PA, Miller GA.** Responding to threat: hemispheric asymmetries and interhemispheric division of input. *Neuropsychology* 2000;14:254-264.
- 13) **Hajcak G, Olvet DM.** The persistence of attention to emotion: brain potentials during and after picture presentation. *Emotion* 2008;8:250-255.
- 14) **Hajcak G, Dunning JP, Foti D.** Motivated and controlled attention to emotion: time-course of the late positive potential. *Clin Neurophysiol* 2009;120:505-510.
- 15) **Lang P, Bradley M, Cuthbert B.** International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. Boston: NIMH Center for the study of emotion and attention;1997.
- 16) **Olofsson JK, Nordin S, Sequeira H, Polich J.** Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biol Psychol* 2008;77:247-265.
- 17) **Stewart JL, Silton RL, Sass SM, Fisher JE, Edgar JC, Heller W, et al.** Attentional bias to negative emotion as a function of approach and withdrawal anger styles: an ERP investigation. *Int J Psychophysiol* 2010;76:9-18.
- 18) **Lee SH, Kim EY, Kim S, Bae SM.** Event-related potential patterns and gender effects underlying facial affect processing in schizophrenia patients. *Neurosci Res* 2010;67:172-180.
- 19) **Eimer M.** The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport* 2000;11:2319-2324.
- 20) **Bar-Haim Y, Lamy D, Glickman S.** Attentional bias in anxiety: a behavioral and ERP study. *Brain Cogn* 2005;59:11-22.
- 21) **Smith NK, Cacioppo JT, Larsen JT, Chartrand TL.** May I have your attention, please: electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia* 2003;41:171-183.
- 22) **Carretié L, Hinojosa JA, Albert J, Mercado F.** Neural response to sustained affective visual stimulation using an indirect task. *Exp Brain Res* 2006;174:630-637.
- 23) **Foti D, Hajcak G, Dien J.** Differentiating neural responses to emotional pictures: evidence from temporal-spatial PCA. *Psychophysiology* 2009;46:521-530.
- 24) **Rossignol M, Philippot P, Douilliez C, Crommelinck M, Campanella S.** The perception of fearful and happy facial expression is modulated by anxiety: an event-related potential study. *Neurosci Lett* 2005;377:115-120.
- 25) **Pérez-Edgar K, Fox NA.** Individual differences in children's performance during an emotional Stroop task: a behavioral and electrophysiological study. *Brain Cogn* 2003;52:33-51.
- 26) **LeDoux JE.** Emotion: clues from the brain. *Annu Rev Psychol* 1995;46:209-235.
- 27) **Schupp HT, Ohman A, Junghöfer M, Weike AI, Stockburger J, Hamm AO.** The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis. *Emotion* 2004;4:189-200.
- 28) **Schupp HT, Junghöfer M, Weike AI, Hamm AO.** The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology* 2004;41:441-449.
- 29) **Junghöfer M, Schupp H, Stark R, Elbert T, Hamm A, Vaitl D.** Valence, arousal and selective picture processing: An fMRI analysis. *Psychophysiology* 2002;39:14-15.
- 30) **Polich J.** Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol* 2007;118:2128-2148.
- 31) **Kissler J, Herbert C, Winkler I, Junghofer M.** Emotion and attention in visual word processing: an ERP study. *Biol Psychol* 2009;80:75-83.
- 32) **Leutgeb V, Schäfer A, Schienle A.** An event-related potential study on exposure therapy for patients suffering from spider phobia. *Biol Psychol* 2009;82:293-300.
- 33) **Hajcak G, Nieuwenhuis S.** Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2006;6:291-297.
- 34) **Krompinger JW, Moser JS, Simons RF.** Modulations of the electrophysiological response to pleasant stimuli by cognitive reappraisal. *Emotion* 2008;8:132-137.
- 35) **Dien J, Spencer KM, Donchin E.** Parsing the late positive complex: mental chronometry and the ERP components that inhabit the neighborhood of the P300. *Psychophysiology* 2004;41:665-678.
- 36) **Hajcak G, MacNamara A, Olvet DM.** Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review. *Dev Neuropsychol* 2010;35:129-155.
- 37) **Mogg K, Bradley B, Miles F, Dixon R.** Time course of attentional bias for threat scenes: Testing the vigilance avoidance hypothesis. *Cognition and Emotion* 2004;18:689-700.
- 38) **Kopp B, Altmann R.** Neurocognitive effects of phobia-related stimuli in animal-fearful individuals. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2005;5:373-387.
- 39) **Michalowski JM, Melzig CA, Weike AI, Stockburger J, Schupp HT, Hamm AO.** Brain dynamics in spider-phobic individuals exposed to phobia-relevant and other emotional stimuli. *Emotion* 2009;9:306-315.
- 40) **Heinrichs N, Hofmann SG.** Information processing in social phobia: a critical review. *Clin Psychol Rev* 2001;21:751-770.
- 41) **Kashdan TB.** Social anxiety spectrum and diminished positive experiences: theoretical synthesis and meta-analysis. *Clin Psychol Rev* 2007;27:348-365.
- 42) **Mueller EM, Hofmann SG, Santesso DL, Meuret AE, Bitran S, Pizzagalli DA.** Electrophysiological evidence of attentional biases in social anxiety disorder. *Psychol Med* 2009;39:1141-1152.

- 43) Moser JS, Huppert JD, Duval E, Simons RF. Face processing biases in social anxiety: an electrophysiological study. *Biol Psychol* 2008; 78:93-103.
- 44) Connor KM, Davidson JR, Churchill LE, Sherwood A, Foa E, Weisler RH. Psychometric properties of the Social Phobia Inventory (SPIN). New self-rating scale. *Br J Psychiatry* 2000;176:379-386.
- 45) Li W, Zinbarg RE, Boehm SG, Paller KA. Neural and behavioral evidence for affective priming from unconsciously perceived emotional facial expressions and the influence of trait anxiety. *J Cogn Neurosci* 2008;20:95-107.
- 46) Vieweg WV, Julius DA, Fernandez A, Beatty-Brooks M, Hettema JM, Pandurangi AK. Posttraumatic stress disorder: clinical features, pathophysiology, and treatment. *Am J Med* 2006;119:383-390.
- 47) Bae KY, Kim DW, Im CH, Lee SH. Source imaging of P300 auditory evoked potentials and clinical correlations in patients with posttraumatic stress disorder. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2011;35:1908-1917.
- 48) Felmingham KL, Bryant RA, Gordon E. Processing angry and neutral faces in post-traumatic stress disorder: an event-related potentials study. *Neuroreport* 2003;14:777-780.
- 49) Metzger LJ, Orr SP, Lasko NB, McNally RJ, Pitman RK. Seeking the source of emotional Stroop interference effects in PTSD: a study of P3s to traumatic words. *Integr Physiol Behav Sci* 1997;32:43-51.
- 50) Weinberg A, Hajcak G. Electroocortical evidence for vigilance-avoidance in Generalized Anxiety Disorder. *Psychophysiology* 2011;48: 842-851. doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01149.x.
- 51) Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1983.
- 52) Meyer TJ, Miller ML, Metzger RL, Borkovec TD. Development and validation of the Penn State Worry Questionnaire. *Behav Res Ther* 1990;28:487-495.
- 53) Watson D, Clark LA, Weber K, Assenheimer JS, Strauss ME, McCormick RA. Testing a tripartite model: II. Exploring the symptom structure of anxiety and depression in student, adult, and patient samples. *J Abnorm Psychol* 1995;104:15-25.
- 54) Watson D, Weber K, Assenheimer JS, Clark LA, Strauss ME, McCormick RA. Testing a tripartite model: I. Evaluating the convergent and discriminant validity of anxiety and depression symptom scales. *J Abnorm Psychol* 1995;104:3-14.
- 55) Holmes A, Nielsen MK, Green S. Effects of anxiety on the processing of fearful and happy faces: an event-related potential study. *Biol Psychol* 2008;77:159-173.
- 56) Li X, Li X, Luo YJ. Anxiety and attentional bias for threat: an event-related potential study. *Neuroreport* 2005;16:1501-1505.
- 57) Weinstein AM. Visual ERPs evidence for enhanced processing of threatening information in anxious university students. *Biol Psychiatry* 1995;37:847-858.
- 58) Clark LA, Watson D. Tripartite model of anxiety and depression: psychometric evidence and taxonomic implications. *J Abnorm Psychol* 1991;100:316-336.
- 59) Barlow DH. Disorders of emotion. *Psychological Inquiry* 1991;2:58-71.
- 60) Heller W, Nitschke JB, Etienne MA, Miller GA. Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety. *J Abnorm Psychol* 1997; 106:376-385.
- 61) Merckelbach H, Muris P, Pool K, de Jong PJ. Resting EEG asymmetry and spider phobia. *Anxiety Stress and Coping* 1998;11:213-223.
- 62) Nitschke JB, Heller W, Imig JC, McDonald RP, Miller GA. Distinguishing dimensions of anxiety and depression. *Cognitive Therapy and Research* 2001;25;1-22.
- 63) Lamy D, Amunts L, Bar-Haim Y. Emotional priming of pop-out in visual search. *Emotion* 2008;8:151-161.