

정서조절에 관한 Event related potentials 및 행동학적 반응 연구

서쌍희^{1*}

¹경남대학교 컴퓨터공학과

A Study on ERP and Behavior Responses in Emotion Regulation

Ssang-Hee Seo^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Kyungnam University

요약 본 논문은 정서-주의 태스크를 수행할 때의 신경학적, 행동학적 반응이 정서조절 능력을 반영할 수 있는지를 측정하였다. 이를 위해, 건강한 성인 남녀 19명을 대상으로 3일에 걸쳐 1일 1회씩 동일 시간대에 정서-주의 상호작용이 요구되는 실험을 수행하였다. 이 실험을 통해 정서를 유발하는 비디오를 보여주기 전과 후, 정서-주의 태스크를 수행할 때의 EEG와 반응시간이 측정되었다. ERP P100과 P300 성분 간의 밀접한 상관관계가 나타났으며, P100 진폭이 높을수록 P300 잠재기가 길게 나타났다. 또한 P300 잠재기가 길수록 반응시간이 길게 나타났다. 또한, 정서-주의 태스크를 수행할 때 ERP 성분과 반응시간에 개인별 차이가 존재하였다. 정서유발을 위해 사용된 비디오 자극의 유형에 관계없이 ERP 성분의 낮은 진폭과 빠른 잠재기를 나타낸 집단이 더 빠른 반응시간을 나타내었다. 이러한 반응특성은 목표인식에 대한 성급한 반응으로 해석될 수 있으며, 낮은 정서 조절력과 관련이 있다고 할 수 있다.

Abstract This paper measured whether neural and behavior responses to attention-emotion task were reflected to emotion regulation capacities. For this purpose, Nineteen healthy right-handed graduates participated in the emotion-attention task three times for three days. Before and after the negative and positive video clips were shown, the participants performed emotion-attention task. EEG and response time were recorded during emotion-attention task. There was positive correlation between ERP P100 and P300 component. The larger the P100 amplitudes at the specific positions, the longer the P300 latencies at these same positions during attention-emotion task. The longer the P300 latencies at the specific positions, the longer the delay in response time. Also, there is and individual differences in ERP components and response time during attention-emotion integration task. Individuals who had lower amplitude and shorter latency of ERP showed faster response time during attention-emotion task, regardless of the type of video clips. This characteristic was interpreted to the lower emotional controls due to premature response for target identification.

Key Words : Attention-Emotion Integration, Emotion Regulation, Event-Related Potentials(ERPs), Individual difference

1. 서론

정서조절에 관한 연구들은 사회학, 임상학, 발달학, 인지 심리학 등 다양한 분야에서 증가하고 있다[1]. 임상학적 관점에서 정서조절 능력의 부족은 기분장애와 행동학적 문제들과 관련이 있으며[2], 특히 발달학 관점에서

보면 정서조절은 인지와 정서능력을 발전시키는데 필수적이다[3,4]. 보다 최근의 연구들은 정서조절의 주요 개념으로서 정서와 인지간의 상호작용의 중요성에 대해 주장하고 있다[5-6]. 다양한 분야에서 정서조절에 대한 관심이 증가하고 있음에도 불구하고, 정서-인지의 통합과 정서조절에 관한 방법론적, 경험적 연구들은 여전히 부족

이 연구결과물은 2013학년도 경남대학교 2012 연구비 지원에 의한 것임.

*Corresponding Author : Ssang-Hee Seo(Kyungnam Univ.)

Tel: +82-55-249-6317 email: shseotwin@kyungnam.ac.kr

Received July 4, 2013

Revised (1st July 30, 2013, 2nd August 1, 2013)

Accepted October 10, 2013

한 것이 현실이다.

정서조절의 신경학적 기초에 관한 기존의 연구들은 주로 기능적 자기공명 기록법 (fMRI: functional magnetic resonance imaging)을 이용하여 이루어졌다. 그러나 정서 조절에 관한 최근의 연구들은 정서조절을 위한 신경학적 지표를 파악하기 위한 측정 도구로서 사건관련전위(ERP: event-related potential)를 사용하고 있다. 정서조절은 순간적으로 발생하는 감정에 대한 조절을 의미하므로, ERP는 높은 시간해상도 덕분에 정서조절과 관련된 정서적이고 인지적인 처리과정을 측정하는데 보다 효과적이다[7]. 기존의 이러한 연구들은 일시적으로 감정을 유도하거나 유발한 상태에서 인지 혹은 주의 태스크를 수행하는 능력을 평가하였으며, P1, Nc, N2, P3과 같은 ERP 성분들을 조사하였다. Dennis[8]의 연구는 주의태스크를 수행하기 직전, 주의태스크와 아무런 관련 없는 얼굴 자극에 대한 특정 ERP 성분들이 정서조절 능력을 예측하기 위한 지표가 될 수 있다고 주장하였다. 또한 Lewis[4]는 Go/No-go 태스크 수행동안 나타나는 ERP 성분들이 정서조절을 반영한다고 주장한다. 이러한 연구들은 정서적인 정보 내에서 억제조절이 요구될 때 인지제어와 관련된 향상된 ERP 성분이 좀 더 적응력이 있는 정서조절과 관련이 있다는 것을 보여준다.

정서와 인지처리의 상호작용에 관한 자원할당 이론은 정서적인 상태는 인지와 행동학적 처리에 영향을 줄 수 있으며, 처리를 위한 자원의 할당을 조절한다고 주장한다[9]. 특히 부정적인 감정 상태는 이후에 수행될 인지태스크에 할당되어질 수 있는 자원을 선점하기 때문에 이후 수행될 인지태스크의 효율적인 수행을 방해하는 것으로 알려져 있다. Kliegel[10]은 p3이 인지 자원 할당의 정신생리학적 지표이며, 특히 긍정적인 혹은 중립적인 자극과 비교하여 부정적인 자극 이후, 낮아진 p3 진폭은 줄어든 정보처리 능력을 나타낸다고 주장하였다. 이러한 연구들은 인지와 주의에 관한 ERP 성분들이 정서적인 자극에 의해 영향을 받을 수 있다는 것을 나타낸다.

정서와 인지의 상호작용에 관한 또 다른 연구 분야는 정서유형에 관한 연구이다. 정서유형은 정서적인 반응성과 조절의 정도에 있어서의 개인적인 차이를 말한다[11]. 일반적으로 시간에 따른 각 정서의 변화와 인지 처리가 상호작용하는 방식에 있어서 개인별 차이가 존재한다. 정서유형의 파라미터들은 정서적인 반응의 감쇠, 피크, 피크가 나타나는 잠재기와 같은 그러한 요소들이며, 이러한 요소들은 정서적인 반응의 동적상태를 사용하여 측정되어질 수 있다[12]. 정서유형은 한 개인의 정서상태가 어떻게 다른 인지처리, 기억, 인지 제어, 주의 등에 의해 영향을 주고 또한 어떻게 영향을 받는가와 밀접한 관련이

있다[13]. 정서-인지 통합의 관점에서 정서유형에 관한 연구는 정서조절의 신경학적 지표를 찾아내는데 도움을 줄 수 있다.

앞서 언급한 정서와 인지처리의 상호작용에 대한 기존의 정서자극을 사용한 대부분의 ERP 연구는 주로 정서유발을 위해 정서단어를 사용하거나[14,15], International Affective Pictures System(IAPS)[16]을 사용하였다. IAPS는 일련의 이미지로 구성되어 있으며, 자극의 종류, 자극의 특성, 제시방법, 시각도(visual angle)에 따라 유발된 ERP가 조금씩 다르며, 연구마다 약간씩 차이가 있다[17]. 연구마다 결과가 다양하게 나타나는 것은 이러한 자극에서의 차이와 실험에 참여한 피험자들의 개인적 특성에 기인하다고 볼 수 있다.

개인의 정서조절력을 직접적으로 평가하기는 쉽지 않다. 몇몇 기존 연구들은 정서가 가진 방해자극을 사용하여 목표자극을 인지할 때의 주의 효율성을 이용하여 조절능력을 간접적으로 나타내기도 하였다. 이러한 방법들은 정서자극에 대한 상향식 처리와 목표자극에 대한 하향식 처리가 경쟁하는 환경이며, 목표자극의 처리를 위해 개인의 조절능력이 요구된다. 이러한 연구들은 주로 목표자극에 대한 반응시간, 에러율, 눈 움직임, 말하기 등의 행동학적 반응을 이용하여 평가되었다. 정서와 주의 모두 주요 반응들이 1초 이내의 짧은 시간 내에서 나타난다는 점을 고려하면 정서-주의 상호작용에 대한 ERP 연구가 보다 효과적인 것이다. 따라서 본 논문에서는 목표와 목표를 방해하는 방해자를 동시에 제시하였으며, 이때 피험자가 방해자를 억제하면서 목표에 주의를 기울일 때의 ERP를 측정하였다. 또한 목표자극 인지에 대한 행동학적 반응 역시 주요한 평가요소가 될 수 있으므로, ERP 지표와 행동학적 반응간의 상호 관련성에 대해서도 파악하고자 한다.

본 논문에서는 Bush와 Shin[18]의 연구에서 기술된 실험방식을 수정하여 정서-주의 태스크 수행할 때의 주요 ERP 성분을 파악하고, 정서유발 자극 전과 후의 ERP 성분변화와 개인별 차이를 통해 개인의 정서-주의의 상호작용 즉 정서조절 능력을 평가하고자 하였다. 이러한 ERP 성분과 행동학적 특징들은 개인의 정서조절 능력뿐만 아니라 정서유형을 반영한다고 할 수 있다.

2. 실험방법

2.1 피험자들

본 실험은 수도권 소재 Y대학에 재학 중인 19명(10:남자, 9:여자, 평균연령: 30세)의 피험자들을 대상으로 수행

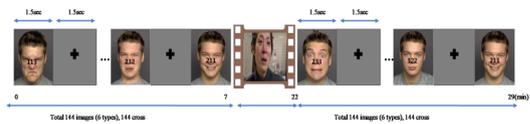
되었으며, 피험자들은 사전 조사를 통해 정신 질환 및 신경학적 장애가 없음이 확인되었다. 피험자들은 모두 자발적으로 실험에 참가하였으며, 실험 전 동의서를 작성하였다. 본 실험은 연세대학교 세브란스 병원의 임상연구윤리 심의위원회의 승인을 받았다.

2.2 실험방법

본 논문에서 사용한 정서-주의 태스크에 사용된 실험 패러다임은 Ebner[19]의 연구에서 사용된 것과 유사하다. 피험자들은 긍정적 혹은 부정적 정서를 유도하는 비디오를 보기 전과 후에 정서-주의 태스크를 먼저 수행한다. 정서-주의 태스크는 표정이 있는 얼굴 위에 목표 자극에 해당하는 3개의 숫자가 나타난다. 다양한 표정의 얼굴 그림들은 목표 숫자의 인식을 방해하는 방해자로서 사용되었다. 이 얼굴 그림들은 막스플랑크 연구소, Human Development에서 제공되는 FACES 3.3.1 데이터베이스로부터 선택되었다. 이 얼굴 그림들은 144개의 젊은 남자의 얼굴 이미지들이며, 6가지 얼굴유형 즉 중립, 슬픔, 역겨움, 두려움, 화남, 행복한 표정들로 구성되어 있다. 또한 목표자극은 3개의 숫자로 구성되어 있으며, 이 중 2개의 숫자는 동일하고 다른 나머지 1개의 숫자가 목표 숫자이다. 이 목표숫자가 나타나는 위치는 랜덤하다. 피험자는 목표숫자가 나타나는 위치(오른쪽, 가운데, 왼쪽)에 해당하는 버튼을 자체적으로 제작된 키패드를 이용하여 누르게 된다. 긍정적, 부정적 정서를 유도하기 위하여 슬픈 정서와 웃긴 정서를 유발하는 비디오를 사용하였다. 슬픈 정서를 유발하는 비디오는 문화방송사에서 제작된 한국 휴먼 다큐멘터리-사랑을 사용하였으며, 웃긴 정서를 유발하는 비디오는 ABC사에서 제작된 어메리칸 홈비디오를 사용하였다.

2.3 실험절차

모든 참가자들은 3일 간 동일 시간대에 총 3번의 실험에 참가하였다. 2번은 정서 유발 자극으로서 슬픈 비디오(38개 데이터)를 사용하였으며, 1번은 즐거운 비디오(19개 데이터)를 사용하였다. 일반적으로 부정적 자극이 정서조절에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 피험자들은 10분간 휴식을 취한 후 전체 실험과정에 익숙해지기 위해 본격적인 실험 전에 연습과정을 거쳤다. Fig. 1은 전체 실험 과정을 나타낸 것이며, 정서 유발을 위한 비디오의 유형만 달라질 뿐 3번의 실험은 동일한 방식으로 진행되었다.



[Fig. 1] Diagram of experimental design

2.4 EEG 측정 및 데이터 분석

EEG(Electroencephalography)는 실험 전 과정동안 측정되었다. 전극은 컷볼을 포함하여 10-20방식에 근거하여 부착하였다. 접지 전극은 뒷목 가운데 부분(Iz)에 그리고 레퍼런스 전극은 오른쪽과 왼쪽 컷볼(A1+A2)에 부착하였다. 눈 깜박임에 의한 잡음은 ICA 알고리즘을 이용하여 수정되었으며, 모든 전극의 임피던스는 5k Ω 미만이다. 본 실험에 사용된 EEG 장비는 Biopac MP150 TM이며, 대역통과 필터는 0.1~100Hz, 샘플링률은 1000Hz이다. EEG 신호의 고역필터는 0.5Hz, 저역필터는 100Hz이며, 60Hz 노치필터가 사용되었다. ERP 파형은 베이스라인 조정 후 0~1000ms 동안의 자극에 의해 유발된 파형에 대해 평균화 과정을 수행하여 얻었다. 특히 정서-주의 태스크를 수행할 때 자극이 제시된 후 F3, F4, Cz, Pz 위치에서의 P100(100~200ms 사이에서 발생하는 양의 피크)과 P300(250~450ms 사이에서 발생하는 양의 피크) 성분의 피크 진폭과 피크 잠재기를 비교하였다. 또한 3명의 참가자에 대한 EEG 데이터는 EEG 측정 오류로 인해 유효 데이터에서 배제되었다. 진폭의 단위는 μ V이며, 피크 잠재기의 단위는 ms이다. 측정된 데이터에 대한 통계학적 분석은 SPSS(Ver. 14.0)을 사용하여 이루어졌으며, 유의수준은 .05로 하였다. 주요 ERP 성분들 간의 상관관계를 파악하기 위해 상관분석을 실시하였으며, 또한 ERP 성분과 행동학적 반응 간의 상관분석을 실시하였다. 비디오 자극의 유형에 따라 ERP 성분에 변화가 있는지를 파악하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였으며, 피험자들 간의 개인별 특성을 집단화하기 위해 주요 ERP 성분을 기준으로 k-평균군집분석을 실시하였다. 또한 비디오 자극 전과 후 집단들 간의 ERP 평균차이는 일원배치 분산분석을 통해 얻어졌다.

3. 실험결과

3.1 정서유발 자극에 대한 평가

슬픔 혹은 즐거운 자극이 적절하게 유발되었는지를 평가하기 위해 피험자들은 실험 종료 후 정서유발 정도를 자기평가 하도록 하였다. 4점 척도로 조사하였으며, Table 1은 정서유발을 위해 사용된 비디오들의 정서유발

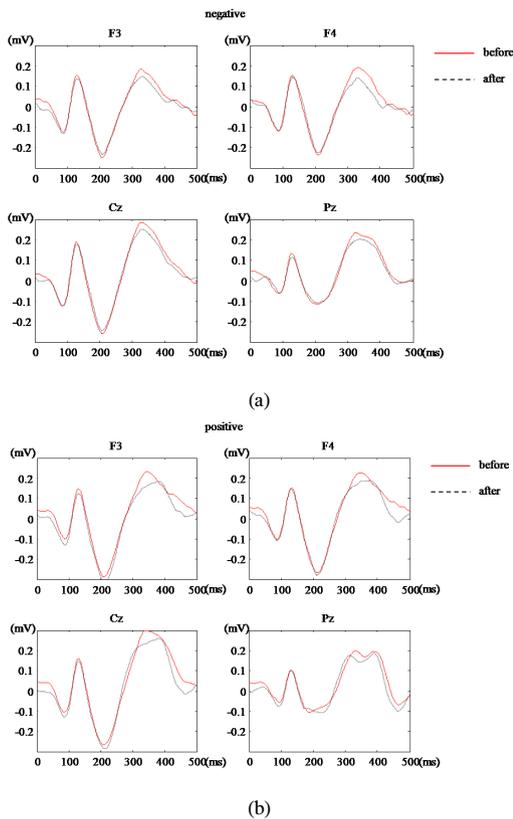
정도에 대한 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 사용된 비디오들은 적절하게 부정적 혹은 긍정적 정서를 유발하였음을 나타내고 있다.

[Table 1] Participants' valence self-rating

Video condition	Rating M (S.D.)
Negative	3.192982 (0.74255)
Positive	2.590909 (0.85407)

3.2 신경학적 및 행동학적 반응

3.2.1 신경학적 반응



[Fig. 2] Average ERP for attention-emotion task before and after stimulus.

(a) Average ERP before and after negative stimulus (b) Average ERP before and after positive stimulus

Fig. 2는 정서-주의 태스크를 수행하는 동안 4개의 측정 위치(F3, F4, Cz, Pz)에서 나타나는 ERP 파형을 나타내고 있다. ERP P100과 P300 성분들이 두드러지게 나타나며, 이러한 ERP 성분들은 정서유발 비디오 이후의 정서-주의 태스크를 수행할 때도 동일하게 나타났다. 이것

은 정서-주의 태스크 수행 시 인지기능과 관련하여 P100과 P300 성분들이 유의미한 요소가 될 수 있음을 나타낸다. 특징적인 점은 자극의 유형에 관계없이 정서유발 비디오를 본 이후에도 유사하게 나타났으며, 긍정적, 부정적 비디오를 보기 전과 후를 비교하면 정서-주의 태스크 수행동안 P100과 P300 성분의 진폭은 약간 감소하고 P100과 P300 성분의 피크 잠재기는 약간 느려지는 것으로 나타났다. 일반적으로 정서방해자극의 주의 억제에 의한 목표자극에 대한 주의 할당을 나타내는 ERP 성분은 P300이다.

3.2.2 ERP 성분들 간의 상호작용

정서-주의 태스크 수행 시 나타나는 P100과 P300 성분들이 상호간에 어떤 관련성을 가지고 있는지를 파악하기 위하여, SPSS ver. 14.0을 사용하여 상관분석을 실시하였다. Table 2(a)와 Table 2(b)로부터 정서유발 비디오를 보기 전·후 모두 P100 진폭과 P300 잠재기 간의 유의미한 양의 상관관계가 존재하는 것을 볼 수 있다. 이것은 P100 진폭이 높을수록 P300 잠재기가 길어지는 것을 의미한다. F3, F4, Cz 위치는 중간전두엽과 대뇌에 해당하는 대뇌 피질 부분으로 주의와 정서의 상호작용이 일어나며, 정서와 행동을 통제하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 특히 정서유발 비디오를 본 이후 이러한 위치에서 보다 뚜렷한 상호관련성을 나타내고 있으며, 이것은 본 실험에 사용된 정서-주의 태스크가 주의와 정서의 상호작용을 유발시키는 것으로 해석될 수 있다.

[Table 2] Correlation scores of ERP components before-after stimulus.

(a) Correlation scores between P100 and P300 components before stimulus. (b) Correlation scores between P100 and P300 components after stimulus.

(a)

	Position	P100 amplitude			P100 latency	
		F3	F4	Cz	F3	F4
P300 amplitude	F3	0.171	0.298*	0.076	-0.255	-0.136
	F4	0.227	0.344*	0.112	-0.279*	-0.180
	Cz	0.244*	0.344*	0.240*	-0.154	-0.096
	Pz	0.172	0.289*	0.172	-0.351*	-0.277*
P300 latency	F3	0.587**	0.601**	0.561**	0.307*	0.338*
	F4	0.598**	0.591**	0.540**	0.395**	0.383**
	Cz	0.606**	0.602**	0.557**	0.319*	0.346*
	Pz	0.626**	0.613**	0.613**	0.311*	0.288*

(b)

	Position	Negative (sadness: N=35)			Positive (joy: N=19)		
		P100 amplitude			P100 amplitude		
		F3	F4	Cz	F3	F4	Cz
P300 amplitude	F3	0.323	0.361*	0.299	0.648**	0.638**	0.491*
	F4	0.410*	0.451**	0.313	0.705**	0.681**	0.520*
	Cz	0.407*	0.465**	0.415*	0.559*	0.556*	0.562*
	Pz	0.271	0.356*	0.288	0.367	0.422	0.299
P300 latency	F3	0.721**	0.673**	0.607**	0.665**	0.692**	0.724**
	F4	0.671**	0.601**	0.572**	0.577**	0.713**	0.644**
	Cz	0.706**	0.654**	0.583**	0.688**	0.735**	0.762**
	Pz	0.698**	0.675**	0.598**	0.731**	0.720**	0.665**

** p<.01, * p<.05

3.2.3 ERP 성분들과 반응시간 간의 상호작용

인지적 처리 특성은 신경학적 반응뿐만 아니라 행동학적 반응으로도 평가된다. 따라서 본 논문에서는 정서-주의 태스크 수행에 따른 신경학적 반응인 ERP 성분과 행동학적 반응인 목표자극에 대한 반응시간 간의 상호관련성을 평가하였다. 피험자들은 태스크 수행동안 목표가 되는 숫자를 인식할 때 마다 키패드의 숫자 버튼을 누르도록 지시 받았으며 그 때의 반응시간이 측정되었다. 측정된 모든 위치에서 ERP P300 성분의 잠재기가 반응시간과 양의 상관관계(F3: $r = 0.358, p = .008$; F4: $r = 0.357, p = .008$; Cz: $r = 0.310, p = .023$; Pz: $r = 0.295, p = .030$)를 나타내었다. 이것은 P300 잠재기가 길어질수록 반응시간도 길어진다는 것을 의미한다. 또한 Cz, Pz 위치에서는 ERP P300 진폭이 반응시간과 양의 상관관계(Cz: $r = 0.369, p = .006$; Pz: $r = 0.299, p = .028$)를 나타내었다. 그러나 ERP P100 성분은 반응시간과 유의미한 상관관계를 나타내지 않았다. 반응시간은 목표가 되는 숫자를 인식하는 순간에 이루어지는 행동학적 반응을 반영하는 것이므로 ERP P300 성분이 목표인식과 직접적으로 관련이 있는 것으로 해석될 수 있다. 또한 이러한 ERP P300 성분과 반응시간간의 상관관계는 정서유발자극 이후에 약해지는 것으로 나타났다. 슬픈 비디오를 본 이후 수행된 정서-주의 태스크 동안 단지 F3 위치에서만 P300 잠재기와 반응시간간의 양의 상관관계($r = 0.338, p = .047$)가 나타났으며, 웃긴 비디오를 본 이후 수행된 정서-주의 태스크 동안 F3, F4 위치에서 P300 지연시간과 반응시간간의 양의 상관관계(F3: $r = 0.490, p = .033$; F4: $r = 0.551, p = .015$)가 나타났다. 요약하면, P300 요소의 길어진 잠재기는 느려진 반응시간과 관련이 있으며, 정서-주의 태스크 수행 동안 나타나는 ERP P300 요소는 목표

인식에 따른 반응과 직접적으로 관련이 있음을 나타낸다.

3.2.4 정서유발에 따른 ERP 및 행동학적 반응 변화

인지 행동 처리에 관한 자원할당 이론에 의하면 부정적 정서는 다른 인지 작업의 수행을 방해하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 긍정적 비디오를 본 이후에 비해 부정적 비디오를 본 이후 정서-주의 태스크를 수행할 때 ERP 성분 및 반응시간에 차이가 있을 것으로 가정하였다. 이를 위해 정서유형별로 비디오를 보기 전과 후 정서-주의 태스크 수행 시 나타나는 ERP P100, P300 성분과 반응시간에 대해 대응표본 t-검정을 수행하였다. Table 3은 비디오를 보기 전과 후의 ERP 성분 및 행동학적 반응의 변화를 나타낸다. 비디오의 유형의 관계없이 P100 잠재기는 짧아지고, 반응시간은 길어지는 것으로 나타났다. 특징적인 점은 P300 잠재기의 경우 부정적인 비디오를 본 이후에는 더 빨라졌지만, 긍정적인 비디오를 본 이후에는 더 느려졌다. 긍정적 비디오를 본 이후에 비해 부정적 비디오를 본 이후 길어진 반응시간은 부정적 정서의 영향에 의한 목표 자극의 느린 인식으로 해석될 수 있다.

[Table 3] Mean difference of neural and behavior response by before-after stimulus

Stimulus		Position	M	S.D.	t	p
Negative	P100 latency	F3	-7.000	14.685	-2.820	.008**
		F4	-7.286	11.801	-3.652	.001**
		Cz	-6.571	13.345	-2.913	.006**
	P300 latency	F3	-9.971	27.237	-2.166	.037*
	P300 amplitude	Cz	0.013	0.278	2.827	.008**
		Pz	0.011	0.202	3.238	.003**
Response time			20.167	37.488	3.183	.003**
Positive	P100 latency	Pz	-4.526	7.648	-2.580	.019*
	P300 latency	Cz	11.158	16.863	2.884	.010**
	Response time			16.096	26.623	2.635

3.3 ERP 반응에서의 집단 간 차이

3.3.1 정서유발에 따른 ERP 반응에서의 집단 간 차이

본 논문에서 사용된 또 다른 가정은 인지-정서의 상호작용과 정서유형에 있어서 개인 간의 차이가 존재한다는 것이며, 정서유형은 정서적 자극에 영향을 받기 보다는 개인의 고유한 특성과 연관이 있다. 이를 파악하기 위해 본 논문에서는 정서비디오를 보기 전 정서-주의 태스크

를 수행할 때의 주요 ERP 성분인 P100과 P300을 기준으로 k-평균 군집분석을 사용하여 3개 그룹으로 분류하였다. 적절한 초기 k 값을 구하기 위해 k를 2부터 10까지 변화시키면서 k-평균군집분석을 반복하였으며, F 값이 크고, 유의도가 낮은 k를 선택하였다. Table 4는 정서 유발 이전에 수행된 정서-주의 태스크 동안 나타나는 주요 ERP 성분에 근거한 집단 간 평균의 차이를 나타내고 있다. 3개 그룹 간에는 유의미한 평균의 차이를 나타내었으며, 특히 집단 1은 다른 집단에 비해 ERP P100, P300 진폭이 가장 높고 잠재기가 가장 긴 것으로 나타났다. 반면 집단 2는 다른 집단에 비해 ERP P100, P300 진폭이 가장 낮고 잠재기 또한 가장 짧은 것으로 나타났다.

[Table 4] Group classification based on ERP components.

	Position	Final cluster center (N=54)			ANOVA	
		Group1 (N=15)	Group2 (N=22)	Group3 (N=17)	F	p
P100 latency	F3	178.7	160.8	167.2	7.698	.001
	F4	177.9	161.1	168.7	7.359	.002
P300 latency	F3	410.6	313.1	363.8	208.298	.000
	F4	408.1	316.1	358.1	145.256	.000
	Cz	419.8	320.6	374.1	117.141	.000
P100 amplitude	F4	0.149427	0.065469	0.091780	14.513	.000
	Cz	0.158822	0.079060	0.120563	11.847	.000
P300 amplitude	Cz	0.064974	0.001927	0.050895	5.146	.009

또한 정서 유발 자극 후 정서-주의 태스크 동안 나타나는 주요 ERP 성분의 집단 간 평균의 차이는 Table 5와 같다. 특히 부정적 비디오를 본 이후 집단 1은 다른 집단에 비해 여전히 ERP P300 진폭은 높고 잠재기는 느린 것으로 나타났다. 또한 집단 2 역시 ERP P300의 진폭과 잠재기가 다른 집단에 비해 여전히 낮고 빠른 것으로 나타났다. 그러나 긍정적 정서 유발 자극 이후의 경우 ERP P100 지연시간과 P300 진폭에서는 집단 간 유의미한 평균의 차이를 나타내지 않았다. Table 5 (a), (b)의 결과들은 정서유발 비디오의 유형에 관계없이 ERP 주요 성분들에 대한 각 집단 간의 특징들은 유지되며, 이것은 그 집단의 특성 즉 그 집단에 속한 개인들의 특성을 반영한다는 것을 보여주고 있다.

[Table 5] Mean difference of neural response by group
(a) Mean difference of neural response by group after negative stimulus
(b) Mean difference of neural response by group after positive stimulus

(a)						
	Position	Total (N=35)			ANOVA	
		Group1 (N=7)	Group2 (N=16)	Group3 (N=12)	F(2,32)	p
		M(S.D.)	M(S.D.)	M(S.D.)		
P300 latency	F3	414.000 (18.502)	324.000 (36.940)	377.417 (26.821)	23.544	.000
	F4	410.857 (16.385)	310.250 (25.096)	373.500 (24.975)	51.508	.000
	Cz	421.857 (20.440)	319.000 (34.783)	378.750 (32.993)	32.039	.000
P100 amplitude	F4	0.156 (0.244)	0.064 (0.049)	0.092 (0.432)	10.994	.000
	Cz	0.152 (0.033)	0.078 (0.053)	0.134 (0.030)	9.860	.000
P300 amplitude	Cz	0.084 (0.044)	0.005 (0.078)	0.023 (0.048)	3.787	.033

(b)						
	Position	Total (N=19)			ANOVA	
		Group1 (N=8)	Group2 (N=6)	Group3 (N=5)	F(2,16)	p
		M(S.D.)	M(S.D.)	M(S.D.)		
P300 latency	F3	409.875 (22.427)	303.500 (18.251)	354.200 (48.277)	21.598	.000
	F4	399.625 (29.549)	303.333 (13.064)	357.000 (20.893)	29.201	.000
	Cz	405.500 (30.458)	307.833 (10.496)	358.000 (29.072)	25.162	.000
P100 amplitude	F4	0.139 (0.042)	0.045 (0.046)	0.102 (0.044)	8.064	.004
	Cz	0.146 (0.037)	0.061 (0.046)	0.132 (0.053)	6.661	.008

3.3.2 반응시간에서의 집단 간 차이

정서유형에 관한 또 다른 요소로서 본 논문에서는 주요 ERP 성분과 반응시간 간의 집단별 차이를 파악하였다. 이를 위해 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 각 집단 간에는 유의미한 평균의 차이가 있는 것으로 나타났다($F(2,51) = 9.460, p = .000$). Tukey HSD를 이용한 사후 분석에서 집단 1 ($M = 700.221, S.D. = 46.026$)과 집단 2 ($M = 637.178, S.D. = 79.914$)는 유의미한 차이 ($p = .022$)를 나타내었으며, 집단 2와 집단 3 ($M = 737.818, S.D. = 83.965$) 역시 유의미한 차이($p = .000$)를 나타내었다. 낮은 진폭, 짧은 잠재기의 ERP 특징을 나타내는 집단 2는 가장 빠른 반응시간을 나타내었다. 부정적 비디오를 본 이후 정서-주의 태스크 수행할 때의 반응시간 역시 집단 간 평균의 차이는 유의미한 것으로 나타났다 ($F(2,32)$)

= 4.354, $p = .021$). 반응시간에 있어서의 각 집단별 평균과 표준편차는 다음과 같다. 집단 1 ($M = 679.493$, $S.D. = 74.598$), 집단 2 ($M = 629.876$, $S.D. = 73.602$), 집단 3 ($M = 716.092$, $S.D. = 83.106$). 그러나 긍정적 비디오를 본 이후 수행된 정서-주의 태스크를 수행할 때 반응시간에 있어서의 집단 간 평균의 차이는 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이 결과는 반응시간은 목표인식과 밀접한 관련이 있으므로 부정적 정서상태가 정서-주의 태스크를 수행할 때 목표인식에 보다 많은 영향을 미친다는 것을 의미한다. 특히 다른 집단과 비교하여 집단 2의 경우 낮은 진폭, 빠른 잠재기의 ERP 성분과 빠른 반응시간을 나타내었으며, 이 집단은 정서-주의 태스크를 수행할 때 낮은 주의력에 따른 선부반 반응 성향을 가진 것으로 해석될 수 있다.

4. 고찰 및 결론

정서조절력은 이성과 정서를 조화롭게 통제하여 인간을 가장 인간답게 만드는 능력 중의 하나이다. 부족한 정서조절력의 낮은 사회 적응력과 밀접하게 관련될 뿐만 아니라 다양한 신경정신과적 질환에서 빈번하게 나타나는 현상이다. 본 논문에서는 정서-주의의 상호작용에 대한 ERP 반응과 행동학적 반응을 통해 정서조절력을 평가할 있는 객관적인 지표를 파악하고자 하였다.

이를 위해 본 논문에서는 정서-주의 태스크를 수행할 때의 EEG를 측정하여 목표인식을 방해하는 방해자와 목표가 동시에 나타날 경우의 ERP 성분을 분석하였다. 또한 부정적(슬픔) 그리고 긍정적(즐거움)인 동영상을 이용하여 적절하게 정서를 유도한 후 정서-주의 태스크를 수행하도록 하였다. 정서상태가 정서-주의 태스크 수행에 어떠한 영향을 미치는 지를 파악하기 위해 정서유도 전과 후의 ERP 성분 변화를 분석하였으며, 정서-주의 태스크를 수행할 때 정서적 자극보다 개인의 특성과 더 밀접한 관련이 있는지를 파악하기 위하여 ERP성분과 목표에 대한 반응시간을 분석하였다.

본 실험의 주요 결과는 다음과 같다. 정서-주의 태스크를 수행할 때 ERP P100과 P300간의 유의미한 상관관계가 나타났으며, 특히 P100 진폭이 높을수록 P300 잠재기가 더 길게 나타났다. 또한 이 특성은 긍정적, 부정적 비디오를 본 이후에도 동일하게 나타났다. ERP 성분과 목표인식에 대한 반응시간의 경우 전두엽(F3, F4) 위치에서 P300의 잠재기가 길어질수록 반응시간도 길어지는 것으로 나타났다. 긍정적, 부정적 비디오를 본 이후에도 유사하게 나타났다. 또한 정서유발 비디오의 유형에 따른 정

서-주의 태스크 수행 시의 ERP 성분변화는 P100 잠재기와 반응시간은 비디오의 유형에 관계없이 잠재기는 빨라지고 반응시간은 느리게 나타났다. 그러나 부정적 비디오를 본 이후 P300 잠재기는 빨라졌으나, 긍정적 비디오를 본 이후 P300 잠재기는 길어진 것으로 나타났다. 이 결과는 P300 잠재기가 정서의 상태에 영향을 받는 ERP 성분이라는 것을 나타낸다. 개인의 고유한 특성을 파악하기 위한 ERP 성분에 근거한 분류에서는 P100과 P300 성분 모두 진폭이 낮은 집단이 잠재기가 짧은 것으로 나타났으며, 이 특성은 긍정적, 부정적 비디오 자극을 본 이후에도 동일하게 유지되었다. 또한 P100과 P300 성분 모두 진폭이 낮은 집단이 잠재기가 짧은 집단이 가장 빠른 반응시간을 나타내었다. 이 집단은 정서-주의의 상호작용이 요구되는 태스크를 수행할 때 다른 집단에 비해 낮은 주의도와 정상보다 이른 반응을 보이는 집단이며, 보다 낮은 정서조절력을 가진 것으로 해석될 수 있다.

시각적 방해자극과 목표자극의 처리에 대한 ERP연구들은 주의제어를 통한 선택적 주의의 신경학적 특성을 이해하는데 도움을 준다. Bledowski[20]의 목표자극과 방해자극에 대한 ERP 성분에 대한 연구에서 목표자극에 비해 방해자극의 P300 잠재기가 빠르게 나타나며, P3b 성분은 대뇌피질의 두정엽 위치에서 목표자극과 방해자극에 의해 유도되지만, P3a는 전두엽-중양 위치에서 방해자극에 의해 유도되는 것으로 나타나는 것으로 보고하였다. Doallo[21]는 피험자들이 시각 중심 태스크를 수행하는 동안 주변 위치에 태스크와 관련 없는 중립과 기분 나쁜 그림을 제시하였으며, 주의와 정서간의 상호관계를 연구하였다. 이 연구는 낮은 부담 조건의 시각 중심 태스크를 수행할 때 두정엽-후두엽 위치와 후두엽 위치에서 중립 그림에 비해 기분 나쁜 그림에서 N1, P2성분에서 더 큰 진폭을 나타낸다고 보고하였다. 또한 Schupp[22]는 선 개수 세기 태스크를 사용하여 태스크와 관련 없는 정서 방해자에 대한 시각 부담 처리의 효과에 대해 유의미한 EPN(Early Posterior Negativity) 성분을 보고하였으며, Hajcak[23]은 산술 뺄셈 태스크를 사용하여 유의미한 LPP(late positive potential)성분을 보고하였다. 이러한 연구들은 정서-주의의 상호작용이 요구되는 환경에서 방해자극과 목표자극을 반영하는 초기, 중기, 후기의 다양한 ERP 성분이 나타난다는 것을 뒷받침한다. 본 연구 결과에서 나타나는 초기와 후기 성분에 해당하는 P100, P300 성분들은 정서를 가진 방해자극에 대한 목표자극의 인지 처리에 있어 방해자극과 목표자극에 대한 주의할당을 동시에 반영하는 것으로 해석될 수 있다.

또한 많은 연구들은 정서정보가 태스크와 관련 없는 것일 때 정서자극에 대한 증가된 주의는 인지에 방해가

될 수 있다고 주장한다[24]. 이 효과는 우울, 불안과 같은 임상적인 조건들에서 더욱 악화되며, 이런 환자들에게서 나타나는 정서 방해자에 대한 높아진 민감성은 부분적으로 조절 매커니즘에 결함 때문일 수도 있다. 이러한 조절 장애는 상향적 기본적 정서 처리와 하향적 주의제어를 포함하는 고차원 수행처리간의 불균형으로 보고되고 있다[25]. PD(Panic disorder)과 GAD(generalized anxiety disorder)환자들 간의 신경생리학적 차이에 대한 Hnanti[26]의 연구에서는 Pz 위치에서 N1, P2, N2, P3 성분들 간의 피크 잠재기, 진폭 그리고 피크 간 잠재기를 비교하였다. 이 연구의 결과는 GAD와 정상그룹에 비해 PD환자들이 P2, N2, P3 잠재기가 빠른 것으로 나타났으며, N1-P2 피크 간 잠재기도 빠른 것으로 나타났다. 정상인에 비해 PD를 가진 사람들이 Pz 위치에서 P2, N2, P3 성분에 대해 더 빠른 잠재기를 나타내는 것으로 보고하였다. 이 연구 결과는 불안장애와 관련된 ERP연구에서 빠른 잠재기가 불안과 밀접한 관련이 있음을 나타낸다. 불안은 조절장애의 대표적 한 유형이다. 따라서 기존의 연구들은 방해자극과 목표자극이 동시에 경쟁하는 환경에서 목표자극에 대한 ERP성분의 빠른 잠재기는 조절 불균형을 반영한다는 것을 나타낸다. 또한 이러한 목표자극에 대한 빠른 잠재기는 빠른 반응시간과 밀접한 관련을 가지고 있다. 본 연구에서 낮은 조절력을 가진 집단의 특성으로서 ERP 성분의 낮은 진폭, 빠른 잠재기, 그리고 빠른 반응시간 특성은 이러한 기존의 연구결과들과 일치한다.

본 연구는 정서-주의 상호작용이 발생하는 환경에서 정서조절능력을 반영하는 신경학적, 행동학적 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 정서적인 얼굴표정이 방해자극으로 사용될 때 목표자극인 숫자를 인지할 때의 ERP성분과 평균반응시간을 측정하였다. 이 실험에서 피험자들은 정서정보를 가진 방해 자극을 억제하면서 목표자극에 주의를 주는 주의제어가 이루어져야 했기 때문에 정서조절 능력이 요구되었다. 본 연구는 정서-주의 태스크를 수행할 때, ERP성분의 낮은 진폭과 빠른 잠재기, 그리고 빠른 반응시간은 낮은 조절력을 반영하며, ERP 성분과 반응시간이 정서조절에 대한 효과적인 지표로서 사용될 수 있다는 것을 나타낸다. 또한 이 결과는 개인의 정서유형에 차이가 있다는 것을 반영한다.

References

- [1] J. J. Gross and R.A. Thompson. Emotion regulation: Conceptual foundations. Edited J. J. Gross, Handbook of emotion regulation. pp. 3-24, The Guilford Press, New York, 2007.
- [2] P. M. Cole, S. E. Martin, and T. A. Dennis, "Emotion regulation as a scientific construct: Methodological challenges and directions for child development research", *Child Development*. 75, pp. 317-333, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00673.x>
- [3] M. D. Lewis and J. Stieben, "Emotion regulation in the brain: Conceptual issues and directions for Developmental research", *Child Development*. 75, pp. 371-376, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00680.x>
- [4] M. D. Lewis, C. Lamm, S. J. Segalowitz, J. Stieben, and P. D. Zelazo, "Neurophysiological correlates of emotion regulation in children and adolescents", *Journal of Cognitive Neuroscience*. 18, pp. 430-443, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2006.18.3.430>
- [5] M. D. Lewis, "Bridging emotion theory and neurobiology through dynamic systems modeling", *Behavioral and Brain Sciences*. 28, pp. 169-194, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X0500004X>
- [6] K. N. Ochsner and J. J. Gross, "Cognitive emotion regulation: Insights from social cognitive and affective neuroscience", *Current Directions in Psychological Science*. 17, pp. 153-158, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x>
- [7] T. Banaschewski and D. Brandeis, "Annotation: What electrical brain activity tells us about brain function that other techniques cannot tell us-a child psychiatric perspective", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 48, pp. 415-435, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01681.x>
- [8] T. A. Dennis, M. M. Malone and C. C. Chen, "Emotional face processing and emotion regulation in children: an ERP study", *Developmental Neuropsychology*. 34, pp. 85-102, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87565640802564887>
- [9] H. C. Ellis and P. W. Ashbrook, Resource allocation model of the effects of depressed mood states on memory, in *Affect, cognition and social behavior*, Edited K. Fiedler & J. Forgas, pp. 25-43, Hogrefe, Toronto, 1988.
- [10] M. Kliegel, A. B. Horn and H. Zimmer, "Emotional after-effects on the P3 component of the event-related brain potential", *International Journal of Psychology*. 38, pp. 129-137, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00207590344000006>
- [11] R. J. Davidson, "Affective neuroscience and psychophysiology: Toward a synthesis", *Psychophysiology*.

- 40, pp. 655-665, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1469-8986.00067>
- [12] R. J. Davidson, "Affective style, psychopathology, and resilience: Brain mechanisms and plasticity", *American Psychologist*. 55, pp. 1196-1214, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.55.11.1196>
- [13] T. A. Dennis, "Neurophysiological markers for child emotion regulation from the perspective of emotion-cognition integration: current directions and future challenges", *Developmental Neuropsychology*. 35, pp. 212-230, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87565640903526579>
- [14] A. M. Weinstein, "Visual ERPs evidence for enhanced processing of threatening information in anxious university students", *Biol Psychiatry*. 37, pp. 847-858, 1995.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3223\(94\)00249-3](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3223(94)00249-3)
- [15] W. Li, R. E. Zinbarg, and K.A. Paller, "Trait anxiety modulates supraliminal and subliminal threat: brain potential evidence for early and late processing influences", *Cogn Affect Behav Neurosci*. 7, pp.25-36, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3758/CABN.7.1.25>
- [16] P. Lang, M. Bradley, and B. Cuthbert, *International affective picture system(IAPS): Technical manual and affective ratings*. Boston, NIMH Center for the study of emotion and attention, 1997.
- [17] J. K. Olofsson, S. Nordin, H. Sequeira, and J. Polich, "Affective picture processing: and integrative review of ERP findings", *Biol Psychol*. 77, pp. 247-265, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.11.006>
- [18] G. Bush and L. M. Shin, "The multi-source interference task: an fMRI task that reliably activates the cingulo-frontal-parietal cognitive/attention network", *Nature Protocols* 1, pp. 308-313, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nprot.2006.48>
- [19] N. C. Ebner, and M. K. Johnson, "Age-group differences in interference from young and older emotional faces", *Cognition & Emotion*. 24, pp. 1095-1116, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02699930903128395>
- [20] C. Bledowski, D. Prvulovic, K. Hoehstetter, M. Scherg, M. Wibrall, R. Boebel, and D.E.J. Linden, "Localizing P300 generators in visual target and distractor processing: A combined event-related potential and functional magnetic resonance imaging study", *The Journal of Neuroscience*, 24, pp. 9353-9360, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1897-04.2004>
- [21] S. Doallo, S. R. Holguín, and F. Cadaveira, "Attentional load affects automatic emotional processing: evidence from event-related potentials", *Neuroreport*, 17, pp. 1797-1801, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.wnr.0000246325.51191.39>
- [22] H. T. Schupp, J. Stockburger, F. Bublitzky, M. Junghofer, and A. I. Weike A.I., "Explicit attention interferes with selective emotion processing in human extrastriate cortex", *BMC Neurosci*, 8:16, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2202-8-S1-P16>
- [23] G. Hajcak, J. P. Dunning, and D. Foti, "Neural response to emotional pictures is unaffected by concurrent task difficulty: an event-related potential study", *Behav Neurosci*, 121, pp. 1156-1162, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0735-7044.121.6.1156>
- [24] F. Dolcos, G. McCarthy, "Brain systems mediating cognitive interference by emotional distraction", *J. Neurosci*. 26, pp. 2072-2079, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5042-05.2006>
- [25] M. K. Johnson, C. L. Raye, K. J. Mitchell, E. J. Greene, W. A. Cunningham, and C. A. Sanislow, "Using fMRI to investigate a component process of reflection: prefrontal correlates of refreshing a just-activated representation", *Cogn. Affect. Behav. Neurosci*. 5, pp. 339-361, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3758/CABN.5.3.339>
- [26] T. Hanatani, N. Sumi, S. Taguchi, O. Fujimoto, H. Nan-No, M. Takeda, "Event-related potentials in panic disorder and generalized anxiety disorder", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 59, pp. 83-88. 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1819.2005.01336.x>

서 쌍 희(Seo-Ssang Hee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2002년 2월 ~ 2010년 8월 : 부산대학교 기금교수
- 2010년 10월 ~ 2012년 2월 : 연세대학교 기초연구교수
- 2012년 3월 ~ 현재 : 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>
인지공학, 뇌공학