

인지과학, 제21권 제2호
Korean Journal of Cognitive Science
2010, Vol. 21, No. 2, 387~408.

자극과 맥락의 정서성이 기억 부호화에 미치는 영향: ERP 연구*

이 연구는 자극의 정서성에 따른 부호화 기전의 차이와 맥락의 정서성이 중립 단어의 부호화 기전에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었으며, 특히 정서자극의 우수한 기억 수행이 주의자원 배분에 기인한 것인지 밝히는 것을 목적으로 하였다. 이 연구는 연구 목적을 달성하기 위해 정서자극과 비정서적 단어를 연속으로 제시하여 자극과 맥락의 정서성이 기억 수행과 ERP 평균 진폭에 미치는 영향을 분석하였다. 정서자극으로는 IAPS(International Affective Picture System) 자극을 사용하였으며, 긍정, 중립, 부정자극을 제시하였다. 행동 분석 결과, 정서자극이 중립자극보다 우수한 기억 수행을 보인 반면, 정서맥락 내 단어는 중립맥락 내 단어에 비해 저조한 기억 수행을 보였다. 또한 ERP의 LPC(Late Positive Complex) 진폭 분석 결과, 정서자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 보인 반면, 정서맥락 내 단어는 중립맥락 내 단어에 비해 낮은 진폭을 나타냈다. 이 결과는 정서자극에 대한 주의 선점이 정서맥락 내 단어의 기억 수행을 방해한다는 자원할당 모형의 설명에 부합하는 것으로서, 정서자극에 대한 주의자원 배분 설명을 지지하는 것이다.

주제어 : 정서자극, 정서맥락, 주의지원 활동, IAPS OCIS code: 000.0000, 000.5920

* 이 논문은 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임[KRF-2007-521-H00005]. 실험을 도와준 김준용 교수에게 감사의 표를 드립니다.

[†] 교신저자: 박태진, 전남대학교 심리학과, E-mail: tpark@chonnam.ac.kr

자극의 기억에 미치는 정서의 영향에 관한 연구는 주로 정서자극과 중립자극을 제시하여 기억 수행 결과를 비교하는 방식으로 이루어졌고, 일반적으로 정서자극이 중립자극보다 잘 기억된다고 보고되었다. 이 연구는 정서자극의 기억 수행 향상에 대한 원인이 정서자극에 대한 주의자원 배분에 있다는 것을 검증하기 위해 정서자극에 대한 기억뿐만 아니라 정서자극과 함께 비정서적 단어를 제시하고 정서맥락 내 단어의 기억 수행 결과를 분석하였다.

정서자극에 대한 기억 수행 향상을 보고한 연구자들은 그 원인으로 자원할당모형(resource allocation model)을 드는 경우가 많다(Bluck & Li, 2001; Bornstein, Liebel & Scarberry, 1998). 자원할당모형은 과제에 배분할 수 있는 용량이 제한되어 있고, 정서상태가 인지적 과제에 배분된 주의 용량의 크기에 영향을 미친다고 가정하고 있다(Ellis & Ashbrook, 1988). 정서자극의 우수한 기억 수행에 대한 자원할당모형은 자극의 정서성이 기억 협소화(memory narrowing)를 야기한다는 주장을 뒷받침한다. 기억 협소화는 정서자극을 접할 때, 중심자극에 대한 기억은 향상되지만 정서가 주의의 범위를 제한하여 주변자극에 대한 기억의 정확성은 떨어지는 현상이다(Easterbrook, 1959). 자원할당 모형에 따르면 정서적 자극에 대한 주의자원 배분이 이루어진다고 가정하고 있어서, 정서자극에 대한 주의 선점이 정서맥락 내 단어의 기억 수행에 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있다. 즉 정서자극에 대한 자원할당모형을 반영한다면, 정서맥락 내 단어가 중립맥락 내 단어보다 저조한 기억 수행을 보일 것이다.

이 연구에서는 특히 ERP를 통한 뇌 활성화 패턴을 분석하여 자극과 맥락의 정서성에 따른 신경기제를 밝히고자 한다. ERP를 통한 정서자극의 연구 결과는 대부분 정서자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 유발한다고 제안되고 있다. 자극의 정서적 특성을 반영하는 대표적인 ERP 성분으로 LPP(Late Positive Potentials)가 있다. LPP는 자극 제시 후 약 300ms에 나타나기 시작하며, 중심-두정 영역에서 최대 진폭을 보인다. 정서자극에 관련하여 LPP에 초점을 맞춘 연구결과를 살펴보면, LPP는 정서그림의 범주화(Cacioppo, Crites, & Gardner, 1996), 그림의 정서적 내용 처리(Diedrich, Naumann, Maier, & Becker, 1997), 정서자극 처리에 있어서 주의자원 할당(Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000), 정서자극에 대한 주의 증가와 의미적 결합(Dillon, Cooper, Grent-t-Jong, Woldorff, & LaBar, 2006)을 반영한다고 제안

되었다. 한편, LPP와 유사하게 두정영역에서 최대진폭을 보이고, 자극 제시 후 300ms 이후에 나타나는 ERP 성분으로 P3b가 있다. P3b는 P3 ERP 성분의 일부로서, P3은 P3a와 P3b의 두 유형으로 나뉜다. P3a는 갑작스런 변화에 의해 발생하며, 목표자극에 대한 주의 전환을 반영하고, P3b는 과제와 관련한 맥락 정보의 추가와 기억 저장을 반영하며, 능동적으로 주의를 기울여야 하는 경우에 발생한다고 알려져 있다(Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert, & Sequeira, 2004; Polich, 2007; Squires, Squires, & Hillyard, 1975). P3a와 P3b는 최대 진폭을 보이는 영역과 시간 창에 있어서 상이한 것으로 보고되고 있다. P3a가 P3b보다 선행하고, P3a는 전두 영역에서 최대 진폭을 보이는 반면, P3b는 두정 영역에서 최대 진폭을 보인다(Knight, 1984; Knight, Grabowecky, & Scabini, 1995).

P3b와 LPP는 후기 정적 파형의 지속시간에서는 약간의 차이가 있지만(Cuthbert 등, 2000; Foti & Hajcak, 2008; Hajcak & Olvet, 2008), 최대 진폭을 보이는 영역과 시간 창은 유사하다. 또한 LPP가 정서자극 처리 관련 주의자원 배분(Cuthbert 등, 2000), 정서적 내용 처리(Diedrich 등, 1997), 정서자극에 대한 주의 증가(Dillon 등, 2006) 등에 관련되고, P3b는 능동적 주의(Squires 등, 1975)와 주의자원 배분에 민감(Isreal, Chesney, Wickens, & Donchin, 1980)하다고 제시되고 있어 두 성분이 반영하는 인지적 과정도 유사하다. 따라서 이 연구에서는 두정영역에서 최대진폭을 나타내는 후기 정적 전위를 LPC(Late Positive Complex)로 볼 것이다. 단어 처리과정에서 정서와 주의의 상호작용을 밝힌 ERP 연구에서도(Kissler, Herbert, Winkler, & Junghofer, 2009) P3b와 LPP를 LPC로 기술한 바 있다.

이 연구의 초점은 정서자극과 정서맥락의 효과에 대한 ERP 활성화 패턴을 분석하는 데 있다. 특히 정서자극에 대한 주의자원 배분이 정서자극과 함께 제시되는 단어에 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 이를 위해 정서자극에 대한 ERP 성분으로 LPC를 반영하는 400~700ms 시간 창의 평균 진폭을 분석하고, 정서맥락 내 단어에 대한 ERP 성분으로 LPC를 반영하는 400~700ms 시간 창과 P3a를 반영하는 100~300ms 시간 창의 평균 진폭을 분석할 것이다.

한편, 정서는 종종 ‘정서가’와 ‘각성’ 차원으로 구분되며(Dolcos, LaBar, & Cabeza, 2004; Feldman, 1995; Vogt, Houwer, Koster, Damme, & Crombez, 2008), ‘각성’은 안정과 흥분으로, ‘정서가’는 긍정과 부정으로 나뉜다. 정서자극의 각성 차원을 강조하

는 경우에는 보통 정서자극이 중립자극에 비해 우수한 기억 수행을 보인다고 제안하고, 정서가 차원을 강조하는 경우에는 부정자극이 긍정자극이나 중립자극에 비해 기억 수행이 우수하다는 점을 제시한다. 예를 들어 각성 차원을 강조한 연구로 그림이나 단어를 자유 회상하게 한 경우 중립자극에 비해 정서자극에 대한 회상이 우수했다고 보고한 사례가 있고(Phelps, LaBar, Anderson, Connor, Fulbright, & Spencer, 1998; Danion, Kauffmann-Muller, Grange, Zimmermann, & Greth, 1995; Rubin & Friendly, 1986), 재인 판단을 하게 한 경우에도 정서자극에 대한 재인율이 중립자극에 대한 재인율보다 높았다는 결과가 있다(Hamann, Ely, Grafton, & Kilts, 1999). 반면, 정서가 차원을 강조하는 연구자들은 정서자극을 긍정/중립/부정으로 구분하고, 주로 부정자극의 기억 수행이 긍정자극이나 중립자극에 비해 우수하다는 ‘부정 편향(negativity bias)’을 보고하였다(Baumeister, Bratslavsky, Finkenauer, & Vohs, 2001; Cacioppo, Gardner, & Berntson, 1999; Taylor, 1991).

중립자극에 비해 정서자극의 우수한 기억수행을 밝히고, 정서자극의 각성 차원을 강조한 연구자들은 각성 수준이 자극처리 과정에서의 동기체계 활성화를 반영한다고 설명한다(Cuthbert 등, 2000). Davidson(1992)의 접근-회피 동기 모델을 기반으로 하는 이 설명은 긍정정서가 접근/욕구적 동기(appetitive motivation)와 관련되고, 부정정서가 회피/방어적 동기(defensive motivation)와 관련된다고 제안하고 있다(Konorski, 1967). Konorski(1967)는 동기 체계 활성화의 증가가 각성 수준과 교감 신경계 반응 증가로 나타난다고 설명했다. Lang, Bradley, 그리고 Cuthbert (1997)도 접근-회피 동기의 강도가 각성 수준으로 반영된다고 제안하면서, 부정자극과 긍정자극이 둘 다 각성 수준 증가와 정적 상관을 보인다고 주장했다. 즉 접근-회피 동기가 정서가에 관계없이 각성 수준이나 정서적 강도에 따라 기억수행의 차이를 유발한다는 것이다. 정서자극에 대한 각성 증가는 주의자원 배분 증가 때문인 것으로 보이는데, Bradley, Greenwald, Petry, 그리고 Lang (1992)은 정서적 그림자극의 정서 강도가 강할수록 부호화할 때 더 많은 주의자원이 배분되었기 때문이라고 제안했다.

반면 정서가 차원에 초점을 맞추고 부정 편향을 강조하는 연구자들은 사람들이 정서적으로 부정적인 사건에 특별한 민감성을 보인다면서, 그 원인으로 부정자극에 대한 주의 증가를 꼽았다(Smith, Cacioppo, Larsen, & Chartrand, 2003; Smith, Larsen,

Chartrand, & Cacioppo, 2006). 또한 Meinhardt와 Pekrun (2003)은 부정자극에 대한 주의편향이 과제-관련 처리자원을 제한한다고 주장하기도 했다. 한편 지금까지 정서가 차원에 초점을 맞춘 연구가 대부분 부정자극에 대한 편향을 강조한 데 비해, 긍정자극에 대한 연구는 드물다. 또한 연구자들은 부정자극이 긍정자극이나 중립자극에 비해 우수한 기억 수행을 보인다면서, 긍정자극과 중립자극의 기억 수행에는 차이가 없다고 본다.

ERP를 적용한 연구에서도 각성 차원을 강조한 연구자들은 정서자극이 중립자극에 비해 높은 LPC 진폭을 보인다고 주장했다. 정서적 그림(Schupp, Cuthbert, Bradley, Cacioppo, Ito, & Lang, 2000; Hajcak, Dunning, & Foti, 2009)이나 단어(Dillon 등, 2006)를 보는 동안 정서자극이 중립자극에 비해 LPC 진폭이 증가했다고 보고한 연구에서, 연구자들은 LPC가 정서자극에 대한 높은 각성 수준과 정서적 강도의 증가(Schupp 등, 2000), 주의자원 배분(Hajcak 등, 2009)을 나타낸다고 설명했다. 또한 Cuthbert 등(2000)은 정서자극이 중립자극에 비해 LPC 진폭이 크다고 밝히면서, 이 결과가 각성 효과를 반영하고 정서자극을 처리하는 과정에서 뇌의 동기 체계 활성화를 반영한다고 해석했다. 반면, 정서가 차원을 강조한 연구자들은 정서자극을 보는 동안 부정자극이 긍정자극이나 중립자극에 비해 LPC 진폭이 증가했다고 보고하면서, 이 결과가 부정적 자극에 대한 주의 증가, 즉 부정 편향 때문이라고 설명했다(Inaba, Nomura, & Ohira, 2005; Ito, Larsen, Smith, & Cacioppo, 1998; Smith 등, 2006).

정서자극을 사용하여 기억 수행과 ERP 패턴을 분석한 연구들을 정리해보면, 정서자극의 기억 수행 증진이나 활성화 정도를 설명하는데 주로 ‘주의’라는 동일한 인지 기제를 통해 해석을 시도하고 있지만, 정서가 또는 각성을 강조하는 연구자들의 결론이 일치하지 않는다. 또한 정서맥락의 영향에 대한 정서가와 각성 차원의 검토는 이루어지지 않았다. 따라서 이 연구에서는 정서자극의 주의자원 할당 모형을 검증하면서 동시에 정서자극의 정서가와 각성 차원의 특성을 살피고자 한다. 특히 정서자극 뿐만 아니라 정서맥락 내 단어의 기억 수행 결과와 ERP 패턴을 분석하여 자극과 맥락의 정서성에 따른 정서가와 각성 차원의 특성을 연구하고자 하였다.

이 연구의 목적은 정서의 자원할당 모형을 검증하기 위해 자극과 맥락의 정서성

의 효과를 살피는 것이다. 이를 위해 ERP 기법을 적용하여 자극과 맥락의 정서성에 따른 신경기전을 규명하고자 한다. 정서자극에 대한 이전의 ERP 연구들은 정서가 기억수행 향상에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있지만(Bluck 등, 2001; Bornstein 등, 1998), 이 연구들은 자극의 정서성과 맥락의 정서성 효과를 구분하지 않고 있다. 따라서 이 연구는 ERP 기법을 적용하여 정서자극과 정서맥락 내 중립자극의 부호화 과정에 대한 신경기전을 동시에 관찰하고자 한다. 만약 정서의 자원할당 모형이 검증된다면, 정서자극이 중립자극보다 우수한 기억 수행을 보이고, 정서맥락 내 단어는 중립맥락 내 단어에 비해 저조한 기억 수행을 보일 것으로 예측할 수 있다. 또한 ERP 분석 결과도 정서자극과 정서맥락 내 단어에서 상이한 결과를 나타낼 것이다.

방 법

실험참가자

오른손잡이 대학생 24명이 연구에 참여하였다. 실험참가자는 모두 두부외상이나 신경정신과적 질병의 병력이 없고, 정기적으로 복용하는 약물이 없다고 주장하는 사람이었다. 실험참가자들은 참가동의서에 서명하였고, 실험 후 사례금을 지급받았다.

자극

정서자극으로 긍정, 중립, 부정 그림자극을 사용하였다. 그림자극은 IAPS에서 추출하였다. IAPS 자극은 얼굴, 사람, 동물, 음식, 사물 등 다양한 범주로 구성되어 있으며, 긍정, 중립, 부정적인 내용으로 이루어져 있다(Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005). 박태진과 박선희(2008)의 연구를 통해 얻은 한국인의 IAPS 정서 평정 조사 결과의 정서가와 각성치를 기준으로 긍정, 중립, 부정 각각 120장씩 총 360장의 정서적 그림자극을 추출하였다. 정서자극의 정서가와 각성 평균치는 각각 다음과 같

았다: 긍정자극 6.56(6.04), 중립자극 5.00(4.47), 부정자극 2.77(6.52). 정서자극에 대해 Lang 등(2005)이 제공한 정서가(각성) 평정치는 긍정자극 6.98(5.67), 중립자극 5.03(3.25), 부정자극 2.29(6.07)였다. 세 정서자극 각각 60개씩 도합 180개를 부호화 단계에서 제시하고, 이 자극들을 포함한 360개의 정서자극을 인출검사단계에서 제시하였다. 정서자극과 함께 제시되는 단어자극으로 사용빈도가 100만 단어 당 7부터 15 사이인 저빈도 두 글자 단어 360개를 사용하였는데, 이는 ERP 연구에서 성공적 부호화에 따른 차별적 활성화가 고빈도 단어에서는 관찰되지 않고 저빈도 단어에서만 관찰되었다는 연구(Guo, Zhu, Ding, Fan, & Paller, 2004)에 근거한 것이다. 이 단어들은 모두 비정서적 중립 단어들이었으며, 절반은 학습 단어로, 나머지 절반은 비학습 단어로 사용되었다.

절차

자극의 제시와 반응의 기록은 E-Prime을 사용하여 진행되었다. 부호화단계에서 정서적 그림자극을 제시한 후 연이어 단어자극을 제시하였다. 실험 참가자에게 정서적 그림자극에 대해 자극의 유쾌-불쾌를 평정하여 두 키 가운데 하나를 누르도록 요구하였고, 단어자극에 대해 자극이 구체어인지 추상어인지 판단하여 두 키 가운데 하나를 누르도록 요구하였다(우연학습). 정서자극의 경우 정서가가 너무 자

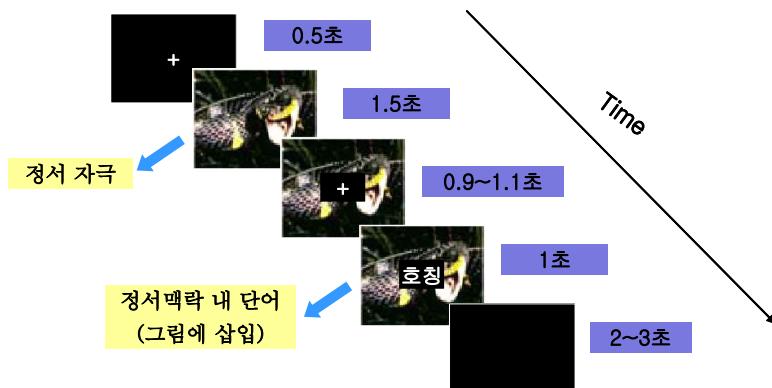


그림 1. 부호화 절차

주 바뀌면 일정한 정서 상태를 유지하기 어렵기 때문에, 동일한 정서가 범주(긍정, 중립, 부정의 세 범주 가운데 하나)에 속한 자극 시행들을 6개씩 연속으로 제시하였다. 또한 각 정서가 범주는 블록으로 구분하여 제시되었다. 부호화단계에서 응시 점(0.5초), 정서적 그림자극(1.5초), 정서적 그림자극+응시점(0.9초, 0.94초, 0.98초, 1.02초, 1.06초, 1.1초 가운데 하나로 무선적으로 선정함), 정서적 그림자극+중립단 어(1초), 빈 화면(2초, 2.2초, 2.4초, 2.6초, 2.8초, 3초 가운데 하나로 무선적으로 선정함)의 순으로 제시하였다. 정서자극은 단어가 종료될 때까지 계속 제시하였으며, 단어 제시 전에 제시되는 응시점을 0.9초부터 1.1초 사이로 무선적으로 선정하여 제시하였고, 역시 다음 시행이 시작되기 전에 제시되는 빈 화면의 제시시간을 2초부터 3초 사이로 무선적으로 선정하였다(그림 1). 그밖에 정서가 범주가 바뀔 때마다 추가로 빈 화면을 2,000ms 동안 제시하여 정서가 범주 자극들 간 상호작용을 최소화 하였다.

부호화 과정이 끝나고 약 5분후 정서적 그림자극에 대한 재인검사를 실시하였고, 중립 단어자극에 대해 재인검사를 실시하였다. 재인검사에서는 ‘틀림없이(확신 있게) 보았다’, ‘자신이 없지만(확신 없이) 보았다’, ‘보지 않았다’의 세 반응범주 가운데 하나를 선택하여 해당키를 누르도록 요구하였다. 제시된 자극 중 ‘틀림없이(확신 있게) 보았다’고 응답한 고확신-정확 반응을 정확 재인율에 포함하였고, 자극과 맥락의 정서성에 따라 변량분석과 상관표본(Paired-samples) t 검증을 실시하였다.

ERP 측정 및 분석

EEG는 전자기파 차폐시설이 된 실험실에서 BrainProducts회사의 BrainAmp를 사용하여 측정하였으며, 부호화단계와 재인검사단계 모두에서 EEG를 측정하였다. 측정 전극은 10-20 국제체계 배열에 따라 21개 영역(Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T7, C3, Cz, C4, T8, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2, Tp9, Tp10)에 부착하였고, 참조전극은 정중 선 중앙 위치(Cz에 해당)의 전극을 사용하였다. 안구운동에 기인한 artifact를 측정하기 위해 왼쪽 눈 좌측과 하측에 두 개의 전극을 별도로 부착하여 VEOG와 HEOG를 측정하였다. 표집률은 250Hz, High-Pass Filter 0.01Hz, Low-Pass Filter 30Hz였다.

skin impedance는 5KΩ 이하로 유지하였다.

ERP 분석은 BrainAnalyzer(BrainProducts)를 사용하여 수행하였다. 참조전극 위치를 양쪽 mastoid 전극(Tp9, Tp10)의 평균으로 바꾸어 분석하였다. 눈 깜박임이나 눈 운동이 일어났던 시행들은 분석 구간 단위(EOG epoch) 내 최대-최소 전압 차이가 100 µV 가 넘을 경우 분석에서 제거하였다. ERP epoch은 2,000ms(자극제시 전 200ms에서 자극 제시 후 1,800ms)였다. 자극제시 전 200ms 동안의 평균 진폭을 기저선으로 삼아 ERP 데이터를 영점 교정하였다. ERP 데이터는 세 정서자극(긍정자극, 중립자극, 부정자극)의 평균진폭을 400~700ms 시간 창에서 분석하고, 정서맥락 내 중립자극(긍정맥락 내 중립자극, 중립맥락 내 중립자극, 부정맥락 내 중립자극)의 성공적으로 인출한 자극의 부호화 시 평균진폭을 400~700ms 시간 창과 100~300ms 시간 창에서 비교 분석하였다.

통계 분석은 반복측정 분산분석을 실시했다. 분석에는 성공적으로 인출된 자극만 포함하였으며, 자료의 구형성 가정 위배를 보완하기 위해 Greenhouse-Geisser 유의도 교정 방법을 적용하였다. 또한 두 수준 이상의 변인을 포함하는 경우 추가로 상관표본(Paired-samples) t 검증을 실시하였다.

결 과

행동 결과

정서자극과 정서맥락 내 중립자극의 정확 재인율이 표 1과 그림 2에 제시되어 있다.

표 1. 정서자극과 정서맥락 내 중립자극의 정확 재인율(%)

정서 자극	긍정	55.9 (5.3)	정서맥락 내 단어	긍정	36.6 (4.4)
	중립	54.5 (4.8)		중립	38.6 (4.4)
	부정	61.4 (4.5)		부정	35.2 (4.6)

* 괄호 안은 표준오차임

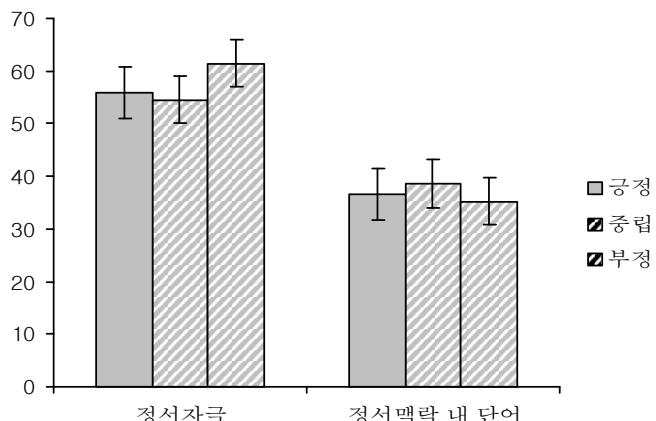


그림 2. 정서자극과 정서맥락 내 단어의 정확재인율(%)
(오차막대는 표준오차임)

정서자극의 정확 재인율은 정서가에 따라 유의미한 차이를 보였는데 [$F(1, 90, 43.71) = 4.47, p < .05$], 부정자극이 긍정자극과 [$t(1, 23) = 2.23, p < .05$] 중립자극 [$t(1, 23) = 2.60, p < .05$]에 비해 높았고, 긍정자극과 중립자극 간 차이는 유의미하지 않았다. 또한 정서맥락 내 중립자극의 정확 재인율도 맥락의 정서가에 따라 다르게 나타났으며 [$F(1.79, 41.11) = 3.43, p < .05$], 부정맥락 내 중립자극이 중립맥락 내 중립자극에 비해 낮았다 [$t(1, 23) = 3.20, p < .01$]. 부정맥락 내 중립자극과 긍정맥락 내 중립자극의 차이는 유의미하지 않았고, 긍정맥락 내 중립자극과 중립맥락 내 중립자극의 차이도 유의미하지 않았다.

ERP 결과

정서자극과 정서맥락 내 단어를 부호화하는 동안 유발되는 ERP 진폭을 분석하기 위해 정서자극과 정서맥락 내 단어 각각에서 정서가(긍정, 중립, 부정)와 전극 위치에 따라 반복 측정 분산분석을 실시했다. 정서자극에 대한 ERP data 분석은 400~700ms 시간 창의 평균진폭을 분석하였다. 400~700ms 시간 창은 LPC를 반영한다고 알려져 있으며, LPC는 정적전위를 나타내고 두정영역에서 최대진폭을 보이

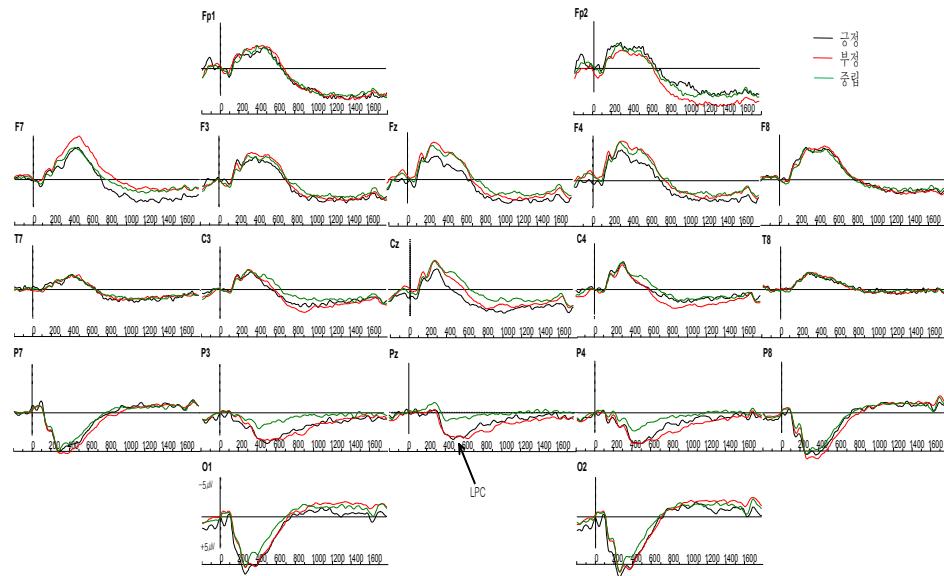


그림 3. 정서자극의 ERP grand average 파형

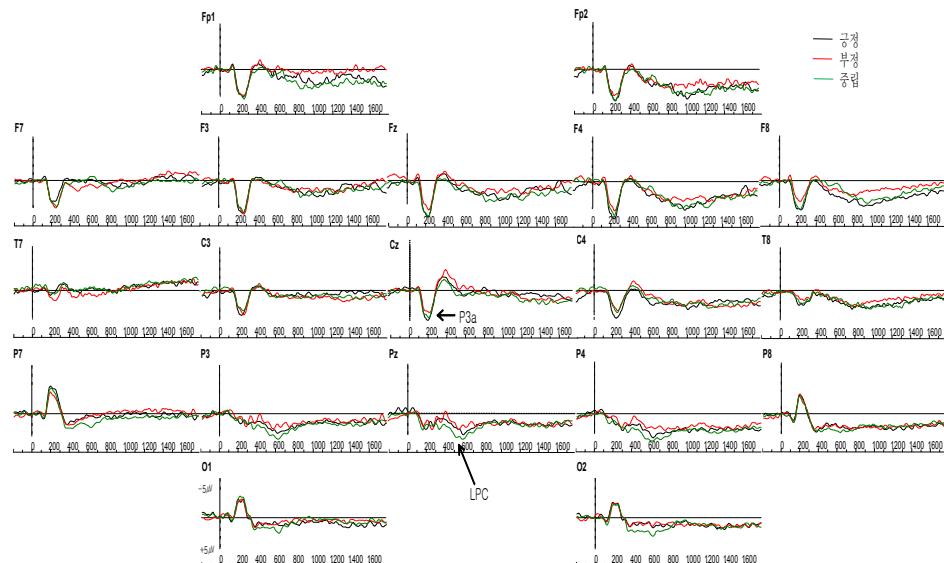


그림 4. 정서맥락 내 단어의 ERP grand average 파형

는 ERP 성분으로 정서자극에 대한 주의자원 배분을 반영한다고 제안되었다. 성공적으로 인출된 정서자극과 정서맥락 내 단어의 부호화 시 ERP grand average 결과를 그림 3과 그림 4에 제시하였다.

400~700ms 시간 창에서 정서가와 전극위치에 따라 ERP 평균진폭을 분석한 결과, 전극위치와 정서가 간 상호작용효과가 유의미하였다 [$F(7.31, 160.86) = 2.05, p < .05$]. 또한 전극위치에 따른 주효과가 유의미했으며 [$F(4.10, 90.09) = 6.00, p < .001$], 정서가에 따른 주효과는 유의미하지 않았다.

전극위치를 구분하여 정서가의 효과를 살핀 결과, 두정영역에서 정서가에 따른 차이가 두드러졌다. 특히 P3 [$F(1.89, 41.55) = 8.53, p < .001$], Pz [$F(1.69, 37.08) = 3.52, p < .05$], P4 [$F(1.94, 42.59) = 5.84, p < .01$], P8 [$F(1.94, 42.61) = 4.51, p < .05$]에서 유의미한 정서가 효과를 보였다. 또한 좌측 전두영역(F7)에서도 정서가에 따른 차이가 유의미했다 [$F(1.74, 38.20) = 5.10, p < .05$]. 두정영역에서 보이는 정서가에 따른 진폭의 차이는 긍정자극과 부정자극에 비해 중립 자극의 진폭이 유의미하게 낮았다. P3 영역에서는 부정자극과 [$F(1, 23) = 4.25, p < .001$], 긍정자극과 [$F(1, 23) = 2.99, p < .01$] 중립자극에 비해 진폭이 높았다. Pz 영역에서도 부정자극과 [$F(1, 23) = 2.46, p < .05$], 긍정자극과 [$F(1, 23) = 1.84, p < .1$] 중립자극에 비해 진폭이 높았다. P8 영역에서도 부정자극과 [$F(1, 23) = 2.68, p < .05$], 긍정자극과 [$F(1, 23) = 2.16, p < .05$] 중립자극에 비해 진폭이 높았다. P4 영역에서는 부정자극과 중립자극과 [$F(1, 23) = 3.15, p < .01$], 긍정자극과 비해 [$F(1, 23) = 1.90, p < .1$] 주변 수준에서 높은 진폭을 나타냈다. F7 영역에서는 부정자극과 중립자극과 [$F(1, 23) = 2.44, p < .05$] 긍정자극과 비해 [$F(1, 23) = 2.68, p < .05$] 높은 진폭을 보였다. 긍정자극, 중립자극, 부정자극의 400~700ms 시간 창 ERP 진폭 분포도가 그림 5에 제시되어 있다.

정서맥락 내 단어에서는 400~700ms 시간 창과 100~300ms 시간 창의 평균진폭을 분석하였다. 400~700ms 시간 창의 평균진폭에 대한 전극위치와 맥락의 정서가에 따른 변량분석 결과, 전극위치에 따른 주효과가 유의미했고 [$F(6.93, 145.44) = 4.17, p < .001$], 맥락의 정서가에 따른 주효과는 유의미하지 않았다. 맥락의 정서가와 전극위치 간 상호작용효과는 주변수준에서 유의미했다 [$F(7.89, 165.71) = 1.93, p < .1$].

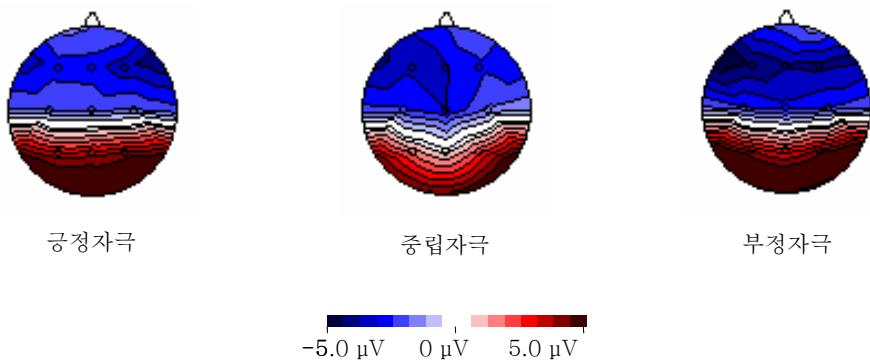


그림 5. 자극의 정서성에 따른 ERP 진폭 분포도(400~700ms)

전극 위치를 구분하여 맥락의 정서가에 따른 분석 결과, P7[$F(1.64, 34.51) = 2.75, p < .1$], P4[$F(1.79, 37.57) = 12.77, p < .001$], P8[$F(1.92, 40.35) = 2.84, p < .1$]의 두정 영역에서 맥락의 정서가에 따른 차이가 유의미했고, 중심영역(Cz)[$F(1.69, 35.45) = 3.72, p < .05$]과 후두영역(O2)[$F(1.75, 36.66) = 2.85, p < .1$]에서도 맥락의 정서가에 따른 차이가 유의미했다. P7 영역[$t(1, 23) = 2.28, p < .05$]과 P8 영역[$t(1, 23) = 1.98, p < .1$]에서는 중립맥락 내 단어가 긍정맥락 내 단어에 비해 평균진폭이 높았다. P4 영역에서는 중립맥락 내 단어가 부정맥락 내 단어와[$t(1, 23) = 5.72, p < .001$], 긍정맥락 내 단어에 비해[$t(1, 23) = 1.87, p < .1$] 평균진폭이 높았고, 긍정맥락 내 단어가 부정맥락 내 단어에 비해 평균진폭이 높았다[$t(1, 23) = 2.76, p < .01$]. 또한 P3 영역[$t(1, 23) = 2.37, p < .05$]과 Pz 영역[$t(1, 23) = 2.54, p < .05$], Cz 영역[$t(1, 23) = 3.36, p < .01$], O2 영역[$t(1, 23) = 2.03, p < .1$]에서는 중립맥락 내 단어가 부정맥락 내 단어에 비해 높은 진폭을 보였다. 맥락의 정서성에 따른 400~700ms 시간 창의 ERPs 진폭 분포도가 그림 6에 제시되어 있다.

또한 100~300ms 시간 창에서 맥락의 정서가와 전극위치에 따른 변량분석을 실시한 결과, 전극위치의 주효과는 유의미했으나[$F(4.44, 93.33) = 12.20, p < .001$], 맥락의 정서가에 따른 주효과와 맥락의 정서가와 전극위치에 따른 상호작용효과는 유의미하지 않았다.

이 연구의 ERP 결과를 요약하면, 정서자극과 정서맥락 내 단어의 LPC 진폭이



그림 6. 맥락의 정서성에 따른 ERP 진폭 분포도(400~700ms)

정서가에 따라 달랐다(그림 7). 정서가에 따른 LPC 진폭 차이는 두정영역에서 두드러졌으며, 정서자극에서는 긍정자극과 부정자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 보인 반면, 정서맥락 내 단어에서는 긍정자극과 부정자극이 중립자극에 비해 낮은 진폭을 나타냈다. 또한 정서맥락 내 단어에서 P3a가 관찰되었으나, 정서가에 따른 P3a의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다.

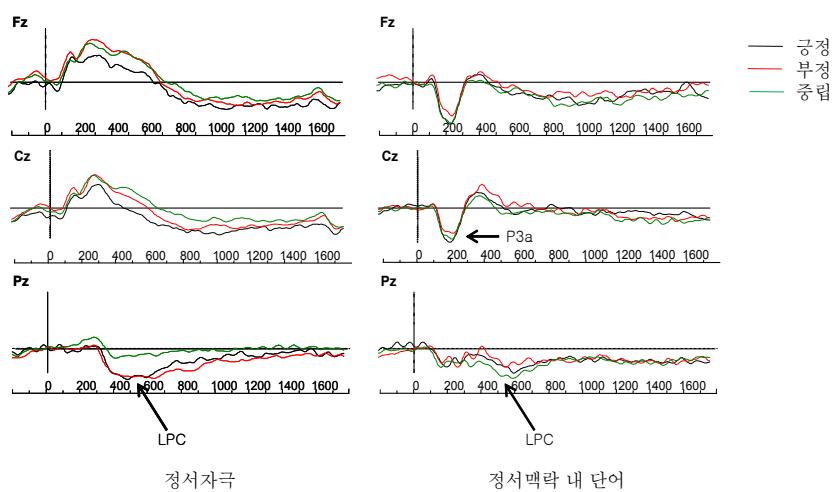


그림 7. 중심 3영역에서 자극과 맥락의 정서성에 따른 ERP 파형

논 의

이 연구는 ERP를 적용하여 자극과 맥락의 정서성이 기억수행에 미치는 영향을 살피기 위해 실시하였다. 이를 위해 궁정, 중립, 부정적 정서를 담고 있는 그림자극을 제시하고, 정서자극과 함께 중립 단어를 제시하여 각 정서 조건과 정서맥락 조건이 기억 부호화 도중 뉘 활성화에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 부호화단계에서 우연학습을 하도록 하고 인출단계에서는 재인판단을 하도록 하였으며, 성공적으로 인출된 자극의 부호화 시 ERP 진폭을 측정하였다. 특히 ERP 성분은 정서자극과 관련하여 주의자원 배분을 반영하는 것으로 보고되고 있는 LPC에 초점을 맞추었으며, 400~700ms 시간 창의 평균진폭을 구하여 비교 분석하였다. 또한 정서맥락 내 단어에서는 100~300ms 시간 창의 평균진폭을 추가로 분석하였다.

연구 결과, 행동 반응에서 정서자극과 정서맥락 내 단어의 기억 수행 결과는 상반되었다. 정서자극에 대한 기억 수행에서는 정서자극이 중립자극에 비해 기억 수행이 우수했지만, 정서맥락 내 단어의 기억 수행은 중립맥락 내 단어의 기억 수행보다 저조했다. 이 결과는 Ellis 등(1988)이 제안한 정서의 주의자원 할당 모형을 지지하는 것으로, 정서자극에 주의자원이 배분되어, 정서맥락과 연합된 중립자극에 대한 주의자원이 충분치 못했기 때문에 기억수행이 저조했다고 해석할 수 있다.

정서자극에 대한 우수한 기억 수행과 정서맥락 내 단어의 저조한 기억 수행 결과는 ERP 결과를 통해서도 입증되었다. 특히 400~700ms 시간 창의 ERP 평균진폭 결과는 자극과 맥락의 정서성에 따라 상반된 결과를 나타냈다. ERP 결과는 정서자극과 전극위치 간 상호작용효과와, 맥락의 정서성과 전극위치 간 상호작용효과가 유의미했다. 전극위치에 따라 정서자극과 정서맥락 내 단어에서 유발되는 ERP 평균진폭을 분석한 결과, 주로 두정영역에서 유의미한 차이가 드러났다. 즉 정서자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 보인 반면, 정서맥락 내 단어는 중립맥락 내 단어에 비해 진폭이 낮았다.

또한 이 연구에서는 정서의 정서가 차원과 각성 차원의 효과를 살펴보았다. 선행 연구들을 살펴보면, 정서가 차원을 강조하는 경우에는 부정자극이 궁정자극이나 중립자극보다 우수한 기억수행을 보인다는 부정편향을 보고하는 반면(Baumeister 등, 2001; Cacioppo 등, 1999; Taylor 등, 1991), 각성 차원을 강조하는 경우에는 정

서자극이 중립자극에 비해 우수한 기억수행 결과를 보고하였다(Danion 등, 1995; Hamann 등, 1999; Phelps 등, 1998; Rubin 등, 1986).

이 연구의 행동 결과는 부정자극이 중립자극에 비해 정확 재인율이 유의미하게 높고, 정서맥락 내 단어에서는 반대 패턴을 보였다. 따라서 행동 결과는 부정자극에 대한 주의 증가와 부정맥락 내 단어에 대한 주의 감소를 나타내 부정편향을 반영했다. 그러나 부정자극과 중립자극의 차이만 유의미하고, 긍정자극과 중립자극의 차이가 유의미하지 않은 것은 긍정자극이 부정자극보다 각성 정도가 낮기 때문일 가능성이 있다. 이 가능성은 정서자극에서와 달리 정서맥락 내 단어의 정확 재인율은 긍정맥락과 부정맥락의 차이가 나타나지 않은 결과를 통해 제기된다. 또한 흔히 부정자극과 긍정자극의 각성 정도가 둘 다 높지만, 부정자극의 각성 정도가 더 강한 것으로 보고된 바 있다(Ito 등, 1998).

ERP 진폭 분석 결과는 행동 결과의 차이가 각성 차원에서 유발되었음을 드러냈다. 400~700ms 사이의 EPR 평균진폭 분석 결과, 두정영역에서 자극의 정서성에 따른 차이를 나타냈으며, 두정영역에서의 차이는 주로 부정자극과 긍정자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 보였다. 이 결과는 정서자극에 대한 주의차원 배분에 있어서 각성정도가 중요함을 반영하는 것이다. 이는 LPC 평균진폭을 분석한 연구에서, 부정자극과 긍정자극이 중립자극에 비해 높은 진폭을 보이고 각성 차원이 중요하다고 밝힌 결과와 일치한다(Kok, 2001; Polich & Margala, 1995).

맥락의 정서성에 따른 ERP 진폭 분석 결과도 400~700ms 시간 창에서 전반적으로 중립맥락 내 단어가 정서맥락 내 단어에 비해 높은 진폭을 나타내, 정서자극의 주의 선점에 의한 불충분한 주의차원 배분과 함께 정서의 각성 차원을 강조하는 결과를 보여 주었다. 비록 외측 두정영역(P7, P8)에서는 중립맥락과 긍정맥락의 차이만 드러났고, 다른 영역(P3, Pz, Cz, O2)에서도 중립맥락과 부정맥락의 차이만 유의미했지만, 이 결과가 부정편향을 지지한다고 보기는 어렵다. 오히려 긍정맥락과 부정맥락의 각성 정도의 차이로 설명하거나, 정서자극과 달리 맥락의 정서성의 영향은 긍정맥락과 부정맥락에서 상이할 수 있음을 반영하는 것으로 보는 것이 적절 할 듯하다.

한편, 100~300ms 시간 창에서는 맥락의 정서성에 따른 차이가 드러나지 않았다. 100~300ms 시간 창이 P3a를 반영하고, P3a가 갑작스런 자극 제시에 의한 불수의적

인 주의 전환과 관련되어 있다는 설명에 비추어 볼 때, 이 결과는 맥락의 정서성이 불수의적인 자동적 주의 기제에는 영향을 미치지 않음을 시사한다.

이 연구에서는 정서자극이 정서맥락 내 단어의 주의자원 배분에 영향을 주었음을 보여주었다. 특히 정서자극을 처리하는 데 있어서 주의자원 배분을 반영한다고 알려진 LPC(400~700ms)의 평균진폭 차이는 정서자극의 처리에 대한 주의자원 배분 설명과 일치한다. 이 연구는 이전 연구들이 정서자극에 대해서만 연구한 것과 달리, 맥락의 정서성의 영향을 분석함으로서 정서자극에 대한 이론적 모형을 검증하고, 정서의 정서가와 각성 차원의 특성을 다루었다. 이 연구의 결과는 정서의 주의자원 배분 설명을 지지하고 있으며, 정서자극에 대한 우수한 기억 수행이 주의 선점에 기인함을 보여주었다.

참고문헌

- 박태진, 박선희 (2009). IAPS 자극에 대한 한국 대학생의 정서 평가. *인지과학*, 20, 183-195.
- Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Finkenauer, C., & Vohs, K. D. (2001). Bad is stronger than good. *Review of General Psychology*, 5, 323-370.
- Bluck, S., & Li. K. Z. H. (2001). Predicting memory completeness and accuracy: Emotion and exposure in repeated autobiographical recall. *Applied Cognitive Psychology*, 15, 145-158.
- Bornstein, B. H., Liebel, L. M., & Scarberry, N. C. (1998). Repeated testing in eyewitness memory: A means to improve recall of a negative emotional event. *Applied Cognitive Psychology*, 12, 119-131.
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 18, 379-390.
- Cacioppo, J. T., Crites, S. L., & Gardner, W. L. (1996). Attitudes to the right: evaluative processing is associated with lateralized late positive event-related brain potentials.

- Personality and Social Psychology Bulletin, 62(2), 1205-1219.*
- Cacioppo, J. T., Gardner, W. L., & Berntson, G. G. (1999). The affect system has parallel and integrative processing components: Form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology, 77(3), 401-423.*
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology, 52, 95-111.*
- Danion, J. M., Kauffmann-Muller, F., Grange, D., Zimmermann, M. A., & Greth, P. (1995). Affective valence of words, explicit and implicit memory in clinical depression. *Journal of Affective Disorders, 34, 227-234.*
- Davidson, R. J. (1992). Emotion and affective style: Hemispheric substrates. *American Psychologist, 47(1), 39-43.*
- Delplanque, S., Lavoie, M. E., Hot, P., Silvert, L., & Sequeira, H. (2004). Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neuroscience Letters, 356, 1-4.*
- Diedrich, O., Naumann, E., Maier, S., & Becker, G. (1997). A frontal positive slow wave in the ERP associated with emotional slides. *Journal of Psychophysiology, 11, 71-84.*
- Dillon, D. G., Cooper, J. J., Grent-'t-Jong, T., Woldorff, M. G., & LaBar, K. S. (2006). Dissociation of event-related potentials indexing arousal and semantic cogenesis during emotional word encoding. *Brain and Cognition, 62, 43-57.*
- Dolcos, F., LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2004). Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: An event-related fMRI study. *NeuroImage, 23, 64-74.*
- Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review, 66, 183-201.*
- Ellis, H. C. & Ashbrook, P. W. (1988). Resource allocation model of the effects of depressed mood states on memory. In K. Fiedler & J. Forgas (Eds). *Affect, Cognition and Social Behavior*(pp 25-43). Toronto: Hogrefe.
- Feldman, L. A. (1995). Valence focus and arousal focus: Individual differences in the

- structure of affective experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69, 153-166.
- Foti, D., & Hajcak, G. (2008). Deconstructing reappraisal: Descriptions preceding arousing pictures modulate the subsequent neural response. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 977-988.
- Guo, C., Zhu, Y., Ding, J., Fan, S., & Paller, K. A. (2004). An electrophysiological investigation of memory encoding, depth of processing, and word frequency in humans. *Neuroscience Letters*, 356, 79-82.
- Hajcak, G., & Olvet, D. M. (2008). The persistence of attention to emotion: Brain potentials during and after picture presentation. *Emotion*, 8, 250-255.
- Hajcak, G., Dunning, J. P., & Foti, D. (2009). Motivated and controlled attention to emotion: Time-course of the late positive potential. *Clinical Neurophysiology*, 120, 505-510.
- Hamann, S. B., Ely, T. D., Grafton, S. T., & Kilts, C. D. (1999). Amygdala activity related to enhanced memory for pleasant and aversive stimuli. *Nature Neuroscience*, 2, 289-293.
- Inaba, M., Nomura, M., & Ohira, H. (2005). Neural evidence of effects of emotional valence on word recognition. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 165-173.
- Isreal, J. B., Chesney, G. L., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1980). P300 and tracking difficulty: Evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, 17, 259-273.
- Ito, T. A., Larsen, J. T., Smith N. K., & Cacioppo, J. T. (1998). Negative information weighs more heavily on the brain: The negativity bias in evaluative categorizations. *Journal of Personality & Social Psychology*, 75, 887-900.
- Kissler, J., Herbert, C., Winkler, I., & Junghofer, M. (2009). Emotion and attention in visual word processing: An ERP study. *Biological Psychology*, 80, 75 - 83.
- Knight, R. T. (1984). Decreased response to novel stimuli after prefrontal lesions in man. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 59, 9-20.
- Knight, R. T., Grabowecky, M., & Scabini, D. (1995). Role of human prefrontal cortex in attention control. *Advances in Neurology*, 66, 21-34.

- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology, 38*, 557-577.
- Konorski, J. (1967). *Integrative activity of the brain: An interdisciplinary approach*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. In Lang, P. J., Simons, R. F., & Balaban, M. (Eds). *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes*. Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). *International Affective Picture System(IAPS): Affective ratings of Pictures and instruction manual*. Technical Report A-6. University of Florida, Gainesville, FL.
- Meinhardt, J., & Pekrun, R. (2003). Attentional resource allocation to emotional events: An ERP study. *Cognition and Emotion, 17*, 477-500.
- Phelps, E. A., LaBar, K. S., Anderson, A. K., Connor, K. J., Fulbright, R. K., & Spencer, D. D. (1998). Specifying the contributions of the human amygdala to emotional memory: A case study. *Neurocase, 4*, 527-540.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology, 118*, 2128-2148.
- Polich, J., & Margala, C. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology, 41*, 103-146.
- Rubin, D. C., & Friendly, M. (1986). Predicting which words get recalled: Measures of free recall, availability, goodness, emotionality, and pronounciability for 925 nouns. *Memory and Cognition, 14*, 79-94.
- 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.
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T., & Chartrand, T. L. (2003). May I have have your attention, please: Electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neurophysiology, 41*, 173-183.
- Smith, N. K., Larsen, J. T., Chartrand, T. L., & Cacioppo, J. T. (2006). Being bad isn't

- always good: Affective context moderates the attention bias toward negative information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90, 210-220.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387-401.
- Taylor, S. E. (1991). Asymmetrical effects of positive and negative events: The mobilization-minimization hypothesis. *Psychological Bulletin*, 110, 67-85.
- Vogt, J., Houwer, J. D., Koster, E. H. W., Damme, S., & Crombez, G. (2008). Allocation of spatial attention to emotional stimuli depends upon arousal and not valence. *Emotion*, 8, 880-885.

1차원고접수 : 2010. 4. 28

2차원고접수 : 2010. 6. 15

최종제재승인 : 2010. 6. 16

(*Abstract*)

The Effect of Emotional Content and Context on Memory Encoding: ERP Studies

Sunhee Park

Taejin Park

Department of Psychology, Chonnam National University

This study examined the effects of emotional content on the encoding process of emotional stimuli and the effects of emotional context on those of neutral stimuli. It was examined whether the superior memory of emotional stimuli is due to attentional resource allocation. This study were performed an emotional picture and a neutral word were presented in succession at every trials. The results of recognition judgement showed superior memory of emotional pictures than neutral pictures, but showed poorer memory of neutral words in emotional context than those in neutral context. LPC(Late Positive Complex) of ERP results showed the similar pattern: higher amplitude by emotional pictures than neutral pictures, and lower amplitude by neutral words in emotional context than those in neutral context. This result is considered to support attention allocation hypothesis.

Keywords : emotional content, emotional context, attention allocation, IAPS