



정서적 자극은 비정서적 자극보다 주의를 더 잘 포착하고, 더 오래 지속시키는 특성을 가지고 있다(Dunning & Hajack, 2009). 또한 정서자극의 지각과 평가(정서자극의 처리)는 의식적으로 인식하지 못하더라도 자동적으로 이루어진다(Dolcos & Cabeza, 2002; Rozenkrants & Polich, 2008). 따라서 정서처리 연구에는 반응 시간이나 의식적인 보고와 같은 행동 연구보다 뇌 활동을 직접 확인하는 연구가 더 적합하다. 특히 ERP(Event-Related Potentials)는 뇌의 활동이 두피에서 실시간으로 측정되기 때문에 특정 사상에 의해 유발된 뇌 활동이 시간경과에 따라 어떻게 변화하는지를 알아볼 수 있으므로 정서처리 연구에 적절한 방법이다.

정서 연구에 많이 사용되는 시각자극으로서 IAPS(International Affective Pictures System; 국제 정서그림체계)가 있다. IAPS는 정서적인 상황을 찍은 956장의 사진으로 구성되어 있으며, 각각의 사진은 정서가(valence)와 각성가(arousal)에 해당하는 평정 점수를 가지고 있다(Lang, Bradley & Cuthbert, 2005). 9점 척도로 평가된 이 점수는 정서가의 경우에는 점수가 높을수록 긍정적이고 낮을수록 부정적이며, 각성가의 경우에는 점수가 높을수록 각성수준이 높고 낮을수록 각성수준이 낮다. IAPS를 사용하면 실험 목적에 따라 적절한 수준의 정서가와 각성가를 가진 사진들을 사용함으로써 효과적인 통제가 가능하며, IAPS를 사용한 다른 연구결과와 비교가 가능하고 반복검증이 가능하다는 장점이 있다.

IAPS를 사용한 정서처리 연구들에서 보고된 ERP 성분들을 크게 초기성분과 후기성분으로 나누어 볼 수 있다. 자극제시 후 100-300ms에

서 나타나는 초기성분으로 P1, N1, N2를 들 수 있다. P1과 N1은 자극제시 후 100-200ms에서 나타나는 파형으로 자극의 초기 감각처리와 물리적 민감성에 의해 유발된다. 긍정자극이나 중립자극보다 부정자극에서 더 큰 진폭이 보고되었는데, 이러한 부정편향(negativity bias)은 혐오적이거나 위협적인 부정자극의 속성에 의해 유발된 자동적인 주의반응을 반영한다(Olofsson, Nordin, Sequeira & Polich, 2008). N2는 자극제시 후 150-300ms에 나타나는 파형으로 반응 결정단계 이전의 신경활동에 의해 유발되는데, N2 역시 긍정이나 중립자극보다 부정자극에서 더 큰 진폭을 보인다(Olofsson 등, 2008).

자극제시 후 300ms부터 나타나는 후기 성분으로는 P3, SW(slow wave; 서파), LPP(Late Positive Potential) 등이 있다. P3는 자극 제시 후 약 300ms부터 주로 두정 영역에서 나타나는 정파로서, oddball 패러다임에서 흔히 관찰되는 파형이다. 표적자극이 정서자극일 경우, 중립자극에 비해 정서자극에서 더 큰 진폭이 관찰되는데, 이는 P3가 기대하지 않은 갑작스런 변화가 일어났을 때 주의전환 메커니즘이 활성화되면서 발생하기 때문이라고 알려졌다(Friedman, Cycowicz, & Gaeta, 2001). SW는 자극 제시 후 300-900ms에서 나타나는 파형으로서 정적방향에서 부적방향으로 서서히 감소하는 형태를 띠며, 각성가가 높은 부정자극이나 긍정자극에서 중립자극보다 더 큰 진폭을 보인다(Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Amrhein, Muhlberger, Pauli & Wiedemann, 2004). SW는 중앙-두정 영역에서 주로 나타나며, 부호화를 촉진시켜 기억 수행을 향상

시키는 뇌 활동을 반영한다(Karis, Fabiani & Donchin, 1984; Azizian & Polich, 2007). LPP는 300ms 이후에 두정 영역에서 정점이 나타나는 정파로서, 정서적인 속성에 의해 접근/회피 체계가 활성화되면서 일어나는 주의편향을 반영하는 것으로 간주된다(Lang, Bradley & Cuthbert, 1997; Briggs & Martin, 2009).

정서자극의 처리를 다룬 여러 연구들이 정서자극을 제시하는 방법으로 oddball 패러다임을 사용하였다. oddball 패러다임은 제시확률이 높은 자극들 사이에서 제시확률이 낮은 자극이 제시되는, 즉 제시확률이 높은 익숙한 자극들 속에서 제시확률이 낮은 익숙하지 않은 자극이 등장하는 패러다임이다. 이때 제시확률이 높은 자극을 표준자극(standard stimulus), 제시확률이 낮은 자극을 표적자극(target stimulus)이라 한다. 표적자극이 제시될 때 맥락 변화나 자극의 독특성에 의해 주의가 유발된다(Polich & Margala, 1997). oddball 패러다임에서 통상 표준자극보다 표적자극에서 더 큰 진폭의 P3가 관찰되는데, P3는 표준자극(기대된 자극)에 의해 형성된 신경활동이 새로운 자극인 표적자극(기대되지 않은 자극)의 등장으로 인해 새롭게 갱신되는 과정을 반영한다(Donchin & Coles, 1988). 이렇게 oddball 패러다임에서 제시 확률이 낮은 표적자극에 대해 나타난 주의편향효과를 ‘oddball효과’라고 한다(Bernat, Shevrin & Snodgrass, 2001).

정서자극을 사용한 oddball 패러다임(emotional visual oddball task)에서는 흔히 표준자극으로 중립자극을, 표적자극으로 정서자극을 사용하고, 표적자극의 제시확률을 통상 30% 이하로 조작한다(Ito, Larsen, Smith & Cacioppo, 1998;

Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert & Sequeira, 2004; Rosenfeild, Biroshak, Kleschen & Smith, 2005; Olofsson & Polich, 2007; Yuan, Zhang, Chen, Li, Wang, Zhuang, & Jia, 2007; Briggs & Martin 2009). 이러한 연구들은 표적자극으로 사용된 정서자극이 중립자극에 비해 일관되게 더 큰 진폭의 P3(Olofsson & Polich, 2007; Yuan 등, 2007; Mardaga & Hansenne, 2009)나 LPP(Ito 등, 1998; Briggs & Martin, 2009)를 보인다고 보고하였다.

oddball 패러다임을 사용하지 않은 정서처리 연구들에서는 정서자극과 중립자극의 제시확률을 편향되게 조작하지 않고 흔히 동등한 확률로 제시하는데, 이런 연구들도 oddball 패러다임을 사용한 연구들과 유사하게 정서자극에서 중립자극에 비해 일관되게 더 큰 진폭의 P3(Palomba, Angrilli & Mini, 1997; Ravden & Polich, 1998; Dolcos & Cabeza, 2002; Pollatos, Kirsch & Schandry, 2005; Schupp, Stockburger, Codispoti, Junghöfer, Weike 등, 2007)나 LPP(Hajack & Nieuwenhuis, 2006; Moser, Hajcak, Bukay & Simons, 2006; Hajcak & Olvet, 2008; Rozenkrants & Polich, 2008; Hajack, Dunning & Foti, 2009)를 보고했다. 이는 정서자극 자체가 주의를 포착하는 성질을 가지고 있기 때문인데(Hajcak & Olvet, 2008), 이러한 정서편향(emotional bias) 가운데 특히 부정자극에 대한 편향이 앞서 언급했던 부정편향(negativity bias)이다.

이상의 연구들을 종합해보면, 정서자극은 중립자극에 비해 더 큰 주의관련 파형을 보이는데, 이러한 결과는 oddball 패러다임을 사용한 경우뿐만 아니라 비oddball 패러다임을 사

용했을 경우에도 마찬가지로 보고되었다. oddball 패러다임이 자극에 대한 주의편향을 유발시키는 자극제시 방법임을 고려한다면, oddball 패러다임은 비oddball 패러다임에 비해 정서편향을 보다 강화시킬 것으로 예측할 수 있다.

정서자극 처리에서 관찰된 ERP 성분은 어떤 방식으로 자극을 제시했건 통상 정서편향에 의해 유발된 것으로 간주되었다. 하지만 oddball 패러다임은 표적자극에 대한 주의편향을 유발하는 자극제시 방법이므로, oddball 패러다임을 사용한 정서처리 연구에서 보고된 ERP 성분에는 표적자극의 정서가 기인한 정서편향효과뿐만 아니라 표적자극에 대한 주의편향효과(oddball효과)가 함께 혼합되어 있을 가능성이 있다.

본 연구의 목적은, oddball 패러다임에서 표적자극의 확률효과와 정서가효과를 규명함으로써 주의편향효과와 부정편향효과를 구분하는데 있다. 이를 위해 IAPS 그림자극에서 선택한 부정자극과 중립자극의 제시확률을 세 가지로 조작하였다(부정자극 대 중립자극: 25% 대 75%, 50% 대 50%, 75% 대 25%). 그림으로써 자극의 정서가와 제시확률이 각각 주의 및 정서과 관련된 것으로 알려진 ERP 성분들에 어떤 영향을 미치는지 조사하고자 하였다. oddball효과와 관련된 주의편향효과는 기대하지 않은 갑작스런 자극맥락의 변화에 대해 유발되므로 P3에 반영될 것이고(Friedman 등, 2001), 부정편향효과는 접근/회피 동기체계가 활성화되면서 일어난 부정적 정서자극에 대한 주의편향으로서 LPP에 반영될 것으로 예상하였다(Briggs & Martin, 2009).

## 방 법

**참가자** 대학(원)생 31명(남자 13명, 여자 18명; 18~25세, 평균 21.56세)이 실험에 참여하였다. 참가자는 모두 오른손잡이였으며 뇌 손상과 심리적 장애가 없고 복용하는 약물이 없다고 보고했다. 참가자들은 실험의 목적과 주의사항에 대한 설명을 들은 뒤 참가 동의서를 작성하였고, 실험이 끝난 후 사례금을 지급받았다.

**자극재료** 박태진과 박선희(2009)가 보고한 IAPS(International Affective Pictures System) 그림자극의 한국인 기준을 토대로 부정그림 48개(정서가 평균 2.11, 각성가 평균 6.94)와 중립그림 48개(정서가 평균 5.08, 각성가 평균 4.09)를 자극재료로 선택하였다. 이 가운데 분석에 사용된 그림자극(이하 분석자극)은 부정, 중립 각 16개였으며, 분석에 사용되지 않은 그림자극(이하 배경자극)은 부정, 중립 각 32개였다<sup>1)</sup>.

1) 사용된 IAPS 사진자극 번호와 평균 정서가/각성가  
 분석자극 : 부정 1111, 1274, 3010, 3068, 3069, 3102, 3140, 3170, 3191, 3261, 6021, 9040, 9420, 9433, 9530, 9830 (2.13/6.87). 중립 2190, 2357, 2485, 2590, 2840, 5250, 7006, 7009, 7010, 7035, 7090, 7233, 7490, 7491, 7710, 7820 (5.12/3.95).  
 배경자극 : 부정 1050, 1280, 1300, 2717, 2750, 3000, 3030, 3051, 3061, 3062, 3063, 3080, 3100, 3101, 3120, 3130, 3150, 3168, 3225, 3250, 3266, 6022, 6550, 9042, 9140, 9253, 9265, 9290, 9301, 9405, 9410, 9423 (2.11/6.92). 중립 2038, 2381, 2383, 2393, 2495, 2499, 2518, 2580, 2595, 2749, 5533, 6150, 7002, 7004, 7025, 7041, 7170, 7175, 7185, 7187, 7190, 7217, 7224, 7235, 7242, 7284, 7320, 7493, 7500, 7570, 7705, 7900 (5.08/4.15).

표 1. 확률조건에 따른 자극 구성

확률조건	25%	50%	75%
자극배열			
배열 0	n n e n	e n n e	e e n e
배열 1	E n N n	E e N n	N e E e
배열 2	n E n N	n E e N	e N e E
배열 3	N n E n	N n E e	E e N e
배열 4	n N n E	e N n E	e E e N

※ n : 중립자극, e : 부정자극, 대문자 : 분석자극, 소문자 : 배경자극

부정그림 제시확률이 25%(부정 1개, 중립 3개), 50%(부정 2개, 중립 2개), 75%(부정 3개, 중립 1개)가 되도록 표 1의 배열 1, 2, 3, 4 형태로 된 자극세트를 각 확률조건마다 16개 세트씩(배열별 4개씩) 만들었다(총 48세트). 3개 제시확률조건 각각에 부정그림과 중립그림을 배정할 때, 특히 분석자극으로 사용된 부정그림과 중립그림 각각의 정서가와 각성가가 세 확률조건간에 차이가 없도록 무선적으로 배정하였다.

그밖에 특정한 제시확률 맥락을 형성하는데 도움이 되도록 각 확률조건마다 배열 0 형태로 된 채우기자극세트 1개를 만들었는데, 이 자극세트는 각 확률조건마다 맨처음 제시되었고 분석에는 포함되지 않았으며, 앞서 기술한 그림들과는 별도의 부정그림 3개(정서가 평균 1.58, 각성가 평균 7.65)와 중립그림 3개(정서가 평균 5.09, 각성가 평균 5.53)로 구성되었다.

연습실험에 사용하기 위해 별도의 부정그림 5개(정서가 평균 2.68, 각성가 평균 6.23)와 중립그림 5개(정서가 평균 5.09, 각성가 평균

5.53)를 선택하여, 50% 제시확률 조건과 동일한 구성의 연습용 자극세트를 만들었다.

**절차** 실험 참가자는 두피에 전극을 부착한 상태에서 제시된 그림자극의 정서를 판단하도록 요구받았다. 각 시행에서 먼저 응시점을 0.5초 동안 제시한 후 그림자극을 1초 동안 제시하고 그 후 빈 화면을 2~3.5초(2초, 2.3초, 2.6초, 2.9초, 3.2초, 3.5초 중 하나로 jittering됨)동안 제시하였다. 빈 화면이 제시되는 동안 참가자는 그림자극의 정서가 부정적인지 아니면 중립적인지를 판단하여 두개의 버튼 가운데 하나를 누르도록 요구받았다.

연습실험에서 참가자가 익숙해질 때까지 10 세트(40시행) 이상 제시한 후 본실험을 시작하였다. 본실험에서 각 참가자는 세 종류의 확률조건을 순서대로 경험하였는데, 확률조건 간 쉬는 시간은 2~3분이었고, 확률조건들의 제시순서는 참가자마다 역균형화하였다. 각 확률조건마다 먼저 채우기자극세트 1개를 제시하고, 연이어서 16개 자극세트를 두 번 반복하여 제시하였다. 따라서 확률조건별로 33개 세트, 즉 132시행이었으며, 3개 확률조건을 통틀어서 총 99개 세트, 즉 총 396시행이었다. 결과의 분석에는 채우기자극세트의 자극 시행 그리고 배경자극 시행을 제외하고 분석자극 시행만이 포함되었는데, 3개 확률조건과 2개 정서가조건의 조합, 즉 6개 칸 각각에서 32개 시행의 자료가 분석에 사용되었다.

**ERP측정 및 분석** 10-20 국제체계 배열에 따른 29개 위치(Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7, F8, Fc1, Fc2, Fc5, Fc6, C3, C4, Cz, T7, T8, Tp9, Tp10,

Cp1, Cp2, Cp5, Cp6, Pz, P3, P4, P7, P8, O1, O2)와 안구운동을 측정하기 위한 EOG 2개 위치에서 ERP를 측정하였다. 표집률은 250Hz, High-pass filter는 0.01Hz, Low-pass filter는 30Hz였고, 피부저항(skin impedance)은 5k $\Omega$ 이하로 유지하였으며, 참조전극은 정중선 중앙 위치(Cz에 해당)의 전극이었다.

측정된 EEG를 VisionAnalyzer 2.0(Brain Products)을 사용해 분석하였다. 참조전극 위치를 양쪽 mastoid 전극(Tp9, Tp10)의 평균으로 바꾸었다. VEOG, HEOG를 사용해 측정한 눈 깜빡임이나 눈 운동이 다른 전극에 미치는 영향을 Gratton & Coles 방법(Gratton, Coles, & Donchin, 1983)<sup>2)</sup>으로 교정하였고, 자극제시 전 200ms에서 자극제시 후 1200ms으로 설정한 분석구간단위(epoch)에서 전압이 100 $\mu$ V이상이거나 -100 $\mu$ V미만인 경우, 또는 최대와 최소 전압 차이가 100 $\mu$ V가 넘는 경우는 분석에서 제외하였다. 자극 전 200ms 동안의 평균 진폭을 기저선으로 삼아 EEG 데이터를 영점 교정하였다. 참조전극으로 사용한 Tp9과 Tp10을 제외한 27개 전극 위치에서 분석하였다.

ERP 결과의 분석은 250-400ms 시간창과 600-1200ms 시간창을 중심으로 수행하였는데, 이

두 시간창은 각각 P3와 LPP를 반영하였다. 이 두 시간창 각각에서 실험조건별로 평균진폭(mean amplitude)을 구하여 채널(27개 전극위치)  $\times$  제시확률(25%, 50%, 75%)  $\times$  정서(부정, 중립) 반복측정 변량분석(repeated ANOVA)을 하였다. 반복측정 변인의 구형성(sphericity) 가정 위반을 교정하기 위해 Greenhouse-Geisser 절차를 적용하였다(이하 표시된 자유도는 이 절차에 따른 것임).

## 결 과

먼저 중립적 분석자극과 부정적 분석자극에 대한 부정/중립 반응율을 분석한 결과, 정확반응율에 있어 두 범주의 자극간에 통계적으로 유의미한 차이가 없었으며( $p < .05$ ), 전반적인 오반응율은 4% 미만이었다.

예비적으로 여러 시간구간(epoch)에서 전극 위치별로 표적자극의 제시확률조건(25%, 50%, 75%)과 정서가(부정, 중립)에 따른 ERP 평균진폭을 검토한 결과, 250-400ms 시간창(P3 반영)과 600-1200ms 시간창(LPP 반영)에서 정서거나 확률과 관련된 유의미한 효과가 관찰되었다. 이 두 시간창 각각에서, 그리고 Fz, Cz, Pz의 정중선 세 전극위치에서 확률조건과 정서에 따른 평균진폭을 나타낸 것이 표 2와 표 3이다.

250-400ms 시간창에서 실험조건별로 평균진폭을 구하여 채널(27개)  $\times$  제시확률(3개)  $\times$  정서(2개)의 반복측정 변량분석을 한 결과, 전극 위치의 주효과가 통계적으로 유의미했으며( $F(2.60, 77.91) = 33.14, p < .001$ ), 제시확률의 주효과도 주변적 유의도 수준에서 유의미하였

2) 본 연구에서 사용된 Gratton과 Coles 방법의 안구운동 교정 알고리즘은 VisionAnalyzer 2.0에 구현된 것으로서 연속적인 원자료에 적용된다. 이 알고리즘에서는 원자료 EEG와 EOG 신호로부터 관심사가 된 ERPs를 먼저 뺀 후, 각 EEG채널에 반영된 EOG 비율을 먼저 눈깜박거림에 대해 계산하고 그 다음 안구운동에 대해 계산한 다음 EEG 기록에서 뺀다. 마지막으로 뺀 ERPs를 다시 기록에 덧붙인다. 자세한 내용은 Gratton 등(1983)에서 찾아볼 수 있다.

표 2. 250-400ms에서 실험조건별 평균진폭( $\mu V$ )

채널	확률	25%		50%		75%	
	정서가	중립	부정	중립	부정	중립	부정
Fz		-1.86	-2.08	-1.75	-1.80	-2.19	-2.03
		(0.37)	(0.31)	(0.42)	(0.33)	(0.48)	(0.39)
Cz		-1.45	-1.46	-1.27	-1.09	-1.79	-1.72
		(0.34)	(0.29)	(0.33)	(0.37)	(0.40)	(0.31)
Pz		0.79	0.84	0.56	1.03	0.38	0.01
		(0.41)	(0.32)	(0.33)	(0.45)	(0.34)	(0.38)

\* ( )안은 표준오차

표 3. 600~1200ms에서 실험조건별 평균진폭( $\mu V$ )

채널	확률	25%		50%		75%	
	정서가	중립	부정	중립	부정	중립	부정
Fz		-5.36	-5.34	-6.13	-5.00	-5.98	-4.83
		(0.59)	(0.65)	(0.70)	(0.63)	(0.69)	(0.59)
Cz		-4.20	-2.45	-4.46	-1.85	-4.31	-2.08
		(0.52)	(0.47)	(0.54)	(0.59)	(0.53)	(0.39)
Pz		1.75	4.33	1.74	4.78	2.27	3.43
		(0.45)	(0.53)	(0.49)	(0.63)	(0.57)	(0.53)

\* ( )안은 표준오차

지만( $F(1.83, 54.80) = 3.13, p < .10$ ), 정서가의 주효과 및 정서가와 다른 변인들간 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 제시확률에 따른 주효과를 자세히 살펴보기 위해 제시확률조건 간  $F$ 검증을 실시하였다. 그 결과, 75%조건에 비해 25%조건( $F(1.00, 30.00) = 4.51, p < .05$ )과 50%조건( $F(1.00, 30.00) = 4.191, p < .05$ )에서 정적으로 더 큰 진폭이 관찰되었으며, 25% 조건과 50%조건간에는 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 그림 1에 정서가별

로 제시확률에 따른 ERP파형을 제시하였다. 특히 Pz 전극위치에서 부정자극의 경우 제시 확률조건별 P3 진폭들이 앞서의 분석 결과를 잘 뒷받침해주는데, 75%조건에 비해 50%와 25%조건에서 더 높은 P3 진폭이 관찰되었다. 반면, 중립자극의 경우 75%조건에서 oddball로 기능한 셈이지만(75%조건에서는 부정자극이 75%, 중립자극은 25% 확률로 제시됨), 이 경우 50%나 25% 제시확률조건들보다 높은 진폭을 보이지 않아서 oddball효과가 관찰되지 않

았다.

600-1200ms 시간창에서 전극위치와 제시확률, 정서가에 따른 ERP 평균진폭을 분석한 결과, 전극위치의 주효과가 통계적으로 유의미했으며( $F(2.92, 87.61) = 84.13, p < .001$ ), 정서가의 주효과도 유의미하였고( $F(1.00, 30.00) = 20.46, p < .001$ ), 전극위치와 정서가의 상호작용도 유의미하였다( $F(4.55, 136.25) = 46.72, p < .001$ ). 그러나 제시확률의 주효과는 통계적으로 유의미하지 않았고 제시확률과 관련된 상호작용 역시 유의미하지 않았다. 전극 위치와 정서가의 상호작용을 더 자세히 알아보기 위해 각 전극위치별로 정서가의 효과를 조사하였다. 그 결과, 중앙-두정영역의 전극에서 정서가의 효과가 일관되게 나타났는데, 중립

자극보다 부정자극에서 더 정적으로 큰 진폭이 관찰되었다( $CP6[F(1.00, 30.00) = 37.98, p < .001$ ],  $CP2[F(1.00, 30.00) = 43.51, p < .001$ ],  $CP1[F(1.00, 30.00) = 41.80, p < .001$ ],  $CP5[F(1.00, 30.00) = 23.82, p < .001$ ],  $P4[F(1.00, 30.00) = 32.09, p < .001$ ],  $Pz[F(1.00, 30.00) = 40.00, p < .001$ ],  $P3[F(1.00, 30.00) = 36.69, p < .001$ ]). 하지만 일부 영역에서는 중립자극이 부정자극보다 더 큰 정파를 나타냈다( $FP2[F(1.00, 30.00) = 4.25, p < .05$ ],  $F7[F(1.00, 30.00) = 15.12, p < .001$ ],  $O2[F(1.00, 30.00) = 6.49, p < .05$ ]). 그림 2에 제시확률별로 정서가에 따른 ERP파형을 제시하였는데, Cz와 Pz 전극 위치의 경우 모든 제시확률조건에서 부정자극이 중립자극보다 정적 방향으로 더 큰 진폭의

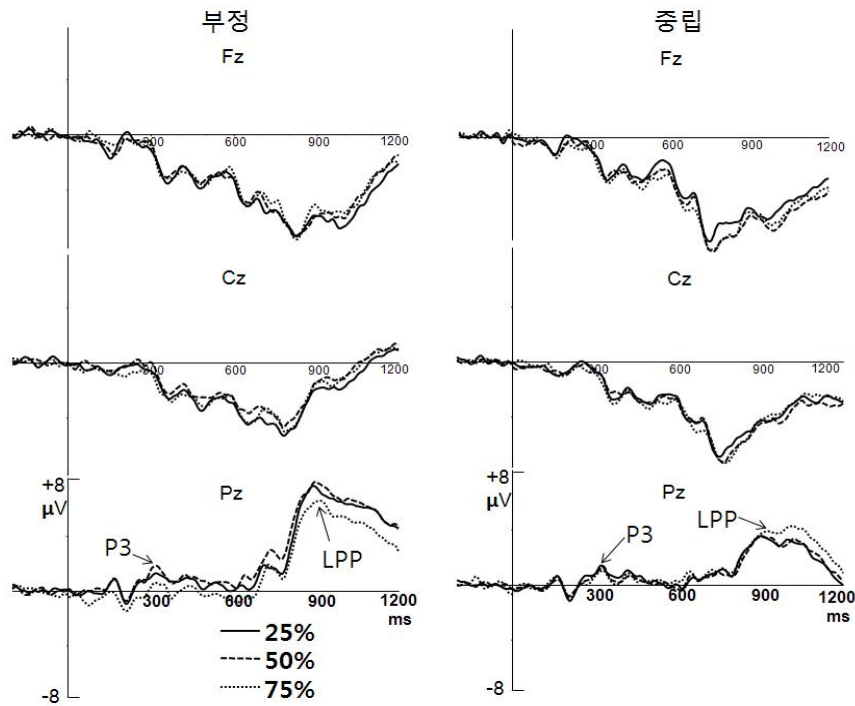


그림 1. 정서가별 제시확률에 따른 ERP 파형



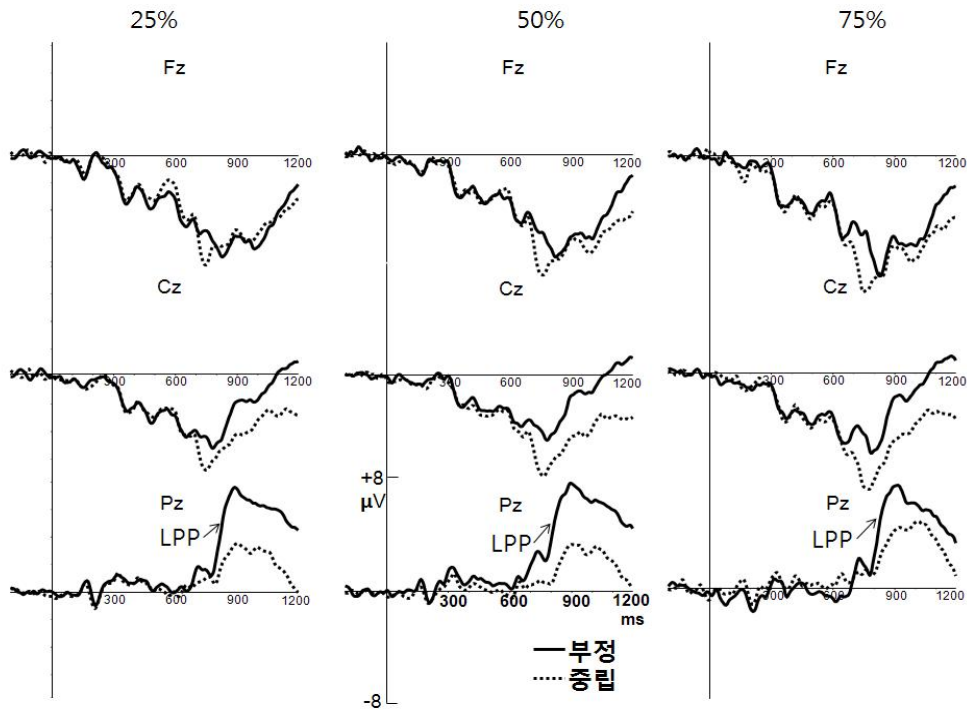


그림 2. 제시확률별 정서가에 따른 ERP 파형

LPP를 보임을 확인할 수 있다.

LPP가 관찰된 중앙-두정 영역의 일부 전극 위치(우반구 중앙-후측영역)에서 확률과 정서기간 상호작용이 통계적으로 유의미하였다 ( $C4[F(1.00, 30.00) = 2.600, p < .1]$ ,  $CP6[F(1.00, 30.00) = 2.905, p < .1]$ ,  $Pz[F(1.00, 30.00) = 3.711, p < .05]$ ). 이 전극위치들에서 부정자극의 경우 제시확률의 효과를 분석한 결과, 부정자극이 저확률(25%와 50%)로 제시된 조건들에 비해 고확률(75%)로 제시된 조건에서 부정자극-중립자극의 LPP 진폭 차이가 통계적으로 유의미하게 더 작았다: 75%조건 vs. 25%조건,  $C4[F(1.00, 30.00) = 3.40, p < .10]$ ,  $CP6[F(1.00, 30.00) = 5.31, p < .05]$ ,  $Pz[F(1.00, 30.00) = 3.49, p < .01]$ ; 75%조건 vs. 50%조건,

$C4[F(1.00, 30.00) = 6.29, p < .05]$ ,  $CP6[F(1.00, 30.00) = 10.26, p < .05]$ ,  $Pz[F(1.00, 30.00) = 8.35, p < .01]$ . 그림 1의 Pz 전극위치에서 부정자극의 경우 관찰된 제시확률조건별 LPP 진폭들이 이러한 분석 결과를 잘 뒷받침해주는데, 이는 앞서 살펴본 P3 진폭 분석결과와 나란하였다.

한편, 75% 제시확률조건에서는 중립자극이 oddball로 기능한 셈인데 이 경우 oddball효과가 일어났는지를 확인하였다. 이를 위해 앞서 제시확률과 정서기간 상호작용이 통계적으로 유의미하게 관찰된 C4, CP6, Pz 전극위치에서 중립자극의 경우 제시확률의 효과를 분석한 결과, 제시확률의 단순주효과가 통계적으로 유의미하지 않았다.

종합하면, P3를 반영하는 250-400ms구간에서는 정서가에 따른 차이는 관찰되지 않았고 제시확률에 따른 차이만 유의미했는데, 특히 부정자극의 경우 75%조건이 25%조건과 50%조건에 비해 진폭이 더 작았다(oddball효과). LPP를 반영하는 600-1200ms에서는 정서가에 따른 차이가 유의미했는데, 중앙-두정영역에서 관찰된 LPP는 중립자극보다 부정자극에서 진폭이 더 컸다(부정편향효과). 또한 일부 중앙-두정영역에서 관찰된 LPP에서는 부정자극이 고확률(75%)로 제시될 때보다 저확률(25%와 50%)로 제시될 때 진폭이 더 크게 관찰되었다(oddball효과와 부정편향효과의 상호작용). 반면, 중립자극의 경우 두 시간구간 모두에서 저확률 제시조건의 진폭이 고확률 제시조건보다 더 크지 않음으로써 oddball효과가 관찰되지 않았다.

## 논 의

본 연구에서는 oddball효과와 정서효과를 분리하기 위하여 정서자극의 제시확률을 25%, 50%, 75%로 조작하였다. 그리고 이러한 자극 제시확률의 조작에 따라 정서적으로 부정적인 자극과 중립적인 자극에 의해 유발되는 ERP가 어떻게 달라지는지 살펴보았다. 그 결과, P3를 반영하는 250-400ms 시간창에서는 제시확률에 따른 주의편향효과(oddball효과)가 부정자극에서 관찰되었고, 정서가에 따른 부정편향효과는 관찰되지 않았다. LPP를 반영하는 600-1200ms 시간창에서는 정서가에 따른 부정편향효과 그리고 일부 두피영역에서 제시확률과 정서가의 상호작용효과가 관찰되었는데, 부정자극의 경우 제시확률이 클수록 부정편향효과의 크기

가 감소하였다. 반면, 중립자극은 두 시간창 모두에서 제시확률의 효과를 보이지 않았다.

본 연구에서는 자극제시 후 250-400ms 시간창에서 나타난 파형을 P3와 관련된 파형으로 간주했다. 비록 정점이 크지는 않았지만 정점이 나타난 시간창이 일반적으로 P3가 보고된 시기였고(Olofsson 등, 2008) oddball 패러다임에서 나타났다는 점에서 P3라고 볼 수 있다. 본 연구 결과 부정자극의 제시확률이 높을 때(75%조건)에 비해 제시확률이 낮을 때(25%조건과 50%조건) 더 큰 진폭의 P3가 관찰되었지만, 정서가의 주효과 및 정서가와 관련된 상호작용효과는 관찰되지 않았다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 정서자극을 사용한 본 연구의 oddball 패러다임에서 관찰된 P3 성분은 정서처리를 반영하는 것이 아니라, oddball 패러다임에서 일반적으로 관찰되는 선택적 주의자원의 배분을 반영하는 것으로 보인다(Polich, 2007 참고). 즉 P3가 표적자극의 정서가와 관련 없이 제시확률이 낮은 표적자극에 대한 주의편향을 반영하는 것으로 짐작된다. 하지만 이러한 설명은 부정자극에만 적용 가능할 뿐 중립자극의 경우에는 적용되지 않는다. 중립자극의 경우 부정자극과 달리 oddball효과가 관찰되지 않았다(oddball로 기능한 75%조건이 50%조건이나 25%조건보다 높은 진폭을 보이지 않았음). 이는 중립적 자극이 부정적인 정서적 자극 맥락에서 제시될 때 제시확률에 따른 oddball효과가 나타나지 않을 수 있음을 보여주는 것으로서, P3에 반영되는 oddball효과가 자극이 제시되는 맥락의 정서가에 따라 영향 받을 수 있음을 시사한다. 맥락으로 기능하는 자극이 부정적인 정서자극인 경우에는 비록

표적자극인 중립자극의 제시확률이 낮을지라도 부정자극에 주의가 많이 기울여지고 oddball인 중립자극에는 주의가 상대적으로 덜 기울여지는 것으로 짐작된다. 하지만 이러한 설명 역시 P3에서 정서가의 효과가 관찰되지 않은 결과에 부합되지 않는데, 그 정확한 기전은 본 연구 결과만으로는 짐작하기 어렵고 후속 연구를 필요로 한다. 결국, P3 관련 시간창의 평균진폭 분석결과는 부정자극의 경우 제시확률에 따른 주의편향효과를 반영하는 반면, 중립자극의 경우 맥락으로 제시된 부정자극의 영향, 즉 정서가의 영향을 반영하는 것으로 보인다.

자극제시 후 600-1200ms 시간창에서 나타난 파형을 LPP로 간주했는데, 이 시기에 나타난 ERP 성분은 중앙-두정 영역에서 뚜렷한 정점을 나타냈고 정서에 따른 차이를 가장 잘 반영했다는 점에서 LPP로 간주하였다(Moser, Hajcak, G., Bukay, E., & Simons, 2006; Olofsson 등, 2008). LPP의 정점이 자극제시 후 300-600ms에서 나타난다고 보고한 연구들이 있지만(Ito 등, 1998; Schupp 등, 2000, Olofsson 등, 2008), 본 연구에서는 이보다 늦은 약 800-900ms에서 LPP 정점이 관찰되었다. Schupp, Cuthbert, Bradley, Hillman, Hamm 그리고 Lang (2004)의 연구에 따르면, 부정자극의 경우 LPP 정점이 자극제시 후 700-1000ms에서 나타나는데, 정점의 정확한 시기와 그 진폭의 크기는 부정자극의 내용(신체가 절단된 사진, 사람이 무기로 위협하는 사진, 동물이 위협적인 행동을 하는 사진, 역겨움을 유발하는 사진, 동물이나 사람의 시체사진)에 따라 다르다. 본 연구에서는 부정자극을 정서가와 각성 수준에

따라서만 선별하였고 내용은 고려하지 않았으므로 여러 가지 내용의 부정자극이 포함되었는데, 본 연구에서 관찰된 LPP 정점의 시점은 전반적으로 Schupp 등(2004)에서 관찰된 것과 유사하였다.

본 연구의 LPP 평균진폭 분석 결과, 중앙-두정영역을 중심으로 중립자극보다 부정자극에서 LPP 진폭이 더 컸는데(부정편향효과), 이는 역시 LPP에서 부정편향효과를 보고한 여러 연구(예, Schupp 등, 2000; Schupp 등, 2004)의 결과와 나란한 것이다. 특히 이러한 부정편향효과 크기는 제시확률에 따라 달라졌는데, 부정자극의 제시확률이 낮을 때에 비해 높을 때 우반구 중앙-후측영역에서 부정편향의 크기(부정자극-중립자극의 LPP 진폭 차이)가 더 작았다. 이는 LPP가 정서가효과 뿐만 아니라 제시확률의 효과를 함께 반영한다는 것을 시사한다. 반면, 중립자극의 경우에는 저확률 제시조건(부정자극의 경우 75%조건)과 고크률 제시조건(부정자극의 경우 25% 조건)의 LPP 진폭이 서로 차이를 보이지 않음으로써 제시확률의 효과를 보이지 않았다. 이는 P3 관련 평균진폭 분석결과와 유사한 결과로서, 부정자극이 맥락으로 기능하는 경우에는 중립자극보다 부정자극에 주의가 많이 기울여지므로 중립자극이 oddball로 기능한다 할지라도 중립자극에는 주의가 상대적으로 덜 기울여진다는 것을 시사한다. 이러한 설명은 부정자극이 중립자극보다 더 큰 정적 LPP 진폭을 보인 결과(부적 편향효과)에 의해 잘 뒷받침된다.

불쾌하고 혐오적인 부정자극에 더 주의를 기울이는 부적 편향효과에 대해 대표적인 설명 두 가지를 고려해보겠다. 정서가 설명에

따르면, 사람들은 환경상의 자극을 의식하지 않고 자동적으로 긍정적 자극과 부정적 자극의 두 범주로 항상 구분 평가한다(Pratto & John 1991). 부정적 자극으로 평가된 자극은 자동적으로 주의를 끄는데(부적 편향), 그 이유는 긍정적 자극에 비해 부정적 자극이 생존에 더 중요하기 때문이다. 부적 편향은 편도체에 의한 혐오적 정보의 빠른 처리활동을 반영하며(LeDoux, 1995), 따라서 중립자극이나 긍정자극에 비해 부정자극에 주의자원이 더 용이하게 배정된다. 이 관점에 따르면, 주의를 처리 효율성을 촉진시키기 위해 위협적 사건을 자동적으로 지향한다(Öhman 등, 2001). 한편, 각성 설명에 따르면, 초기의 선택적 주의 기전은 긍정과 부정의 두 정서가 범주 모두에서 각성수준에 의해 결정된다. 즉 정서가에 따른 범주화를 요구하지 않고 높은 각성가를 갖는 정보에 주위가 자동적으로 기울여진다(Schupp 등, 2004). 이 관점에 따르면 정보처리를 촉진시키는 것은 동기의 방향보다는 동기의 강도로서, 선정적 자극이나 위협적 자극은 비록 정서적 방향은 서로 다르지만 모두 각성수준이 높기 때문에 동기적 중요성이 크고, 따라서 이러한 자극에 많은 주의자원이 자동적으로 배정된다. Lang과 그 동료들(Lang, 1995; Bradley 등, 2001a, 2001b)은 정서적 그림에 대한 여러 유형의 반응들이 정서가와 각성수준의 두 요인에 따라 달라짐을 보고하였다. 특히 각성수준은 주의와 밀접하게 관련되는데, 동기적 중요성이 큰 정서적 자극은 주의처리를 위해 뇌에 의해 선택된다(Lang 등, 1997).

각성설명을 지지하는 여러 연구들이 보고되었다. Schupp 등(2000)은 중립자극에 비해 긍정

자극과 부정자극 모두에서 더 큰 진폭의 LPP를 관찰하였는데, 특히 긍정과 부정 두 자극 범주 모두에서 각성수준이 높은 자극이 낮은 자극보다 더 큰 진폭의 LPP를 보인다고 보고하였다. Cuthbert 등(2000) 역시 긍정자극과 부정자극의 각성수준이 높을수록 LPP 진폭이 더 커짐을 보고하였다. Schimmack(2005)은 정서적 그림을 간섭자극으로 사용한 과제에서 정서적 그림의 각성수준이 높을수록 간섭이 커짐을 보고하였다. 그러나, Cano, Class, 그리고 Polich(2009)는 IAPS그림자극의 각성수준을 일정하게 통제하고 정서가만을 긍정, 중립, 부정으로 조작하여, 정서가가 oddball과제 수행 도중 P3의 진폭에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 전두영역에서 긍정자극의 경우 부정자극이나 중립자극보다 더 큰 P3 진폭을 관찰함으로써 정서가효과를 보고하였다. 이처럼 상충된 결과의 한 원인으로서 정서가와 각성간의 높은 상관관계를 생각해볼 수 있다. 통상 정서가가 높을수록 각성수준 역시 높는데, 이는 부정정서와 긍정정서 모두에서 마찬가지이다. 실제로 정서가와 각성수준을 분리하는 것은 매우 어려우며, 이 때문에 만족스런 실험 통제를 달성하기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 각성수준을 통제하지 않고 정서가를 조작하였는데, 이 때문에 P3나 LPP에서 관찰된 정서가효과가 실은 각성수준의 차이에 기인하였을 가능성을 배제할 수 없다. 추후 각성과 정서가 가운데 한 요인을 적절하게 통제하여 다시 검증할 필요가 있다.

본 연구는 정서 oddball 패러다임에서 정서 자극의 제시확률을 조작함으로써 oddball에 기인한 주의편향효과와 자극의 정서가에 기인한

부정편향효과를 ERP 성분상에서 구분하여 확인하고자 하였다. 그 결과, P3 관련 성분에서는 제시확률과 관련하여 주의편향효과를, LPP 관련 성분에서는 정서가와 관련하여 부적편향 효과 그리고 일부 영역에서 부적편향과 주의 편향의 상호작용을 확인할 수 있었다. 이는 oddball 패러다임에서 관찰된 정서처리 기전에 기여하는 주의편향과 정서편향의 효과를 분리 규명할 수 있음을 시사한다.

### 참고문헌

- 박태진, 박선희 (2009). IAPS 자극에 대한 한국 대학생의 정서 평가. *인지과학*, 20, 183-195.
- Amrhein, C., Muhlberger, A., Pauli, P., & Wiedemann, G. (2004). Modulation of event-related brain potentials during affective picture processing: a complement to startle reflex and skin conductance response? *International Journal of Psychophysiology*, 54, 231-240.
- Azizian, A., & Polich, J. (2007). Evidence for attentional gradient in the serial position memory curve from ERPs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 2071-2081.
- Bernat, E., Shevrin, H., & Snodgrass, M. (2001). Subliminal visual oddball stimuli evoke a P300 component. *Clinical Neurophysiology*, 112, 159-171.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001a). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1, 276-298.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Sabatinelli, D., & Lang, P. J. (2001b). Emotion and motivation II: Sex differences in picture processing. *Emotion*, 1, 300-319.
- Briggs, K. E., & Martin, F. H. (2009). Affective Picture processing and Motivational relevance: Arousal and valence effects on ERPs in an oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, 72, 299-306.
- Cano, M., 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.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potential in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52, 95-111.
- 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.
- Dolcos, F., & Cabeza, R. (2002). Event-related potentials of emotional memory: Encoding pleasant, unpleasant, and neutral pictures. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2, 252-263.
- Donchin, E., & Coles, M. G. (1988). Is the P300 component a manifestation of context

- updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 357-427.
- Dunning, J. P., & Hajcak, G. (2009). See no evil: Directing visual attention within unpleasant images modulates the electrocortical response. *Psychophysiology*, 46, 28-33.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., & Gaeta, H. (2001). The novelty P3: an event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25, 355-373.
- Gonsalvez, C. J., & Polich, J. (2002). P300 amplitude is determined by target-to-target interval. *Psychophysiology*, 39, 388-396.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55, 468-484.
- Hajcak, G., & Nieuwenhuis, S. (2006). Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 6, 291-297.
- 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.
- 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 and Social Psychology*, 75, 887-900.
- Karis, D., Fabiani, M., & Donchin, E. (1984). P300 and memory - individual differences in the von Restorff effect. *Cognitive Psychology*, 16, 177-216.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50, 372-385.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated Attention: Affect, Activation, and Action. In P. J. Lang, R. F., Simons, & M. Balaban (Eds.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes* (pp. 97-135). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). International Affective Picture System (IAPS): *Affective ratings of Pictures and instruction manual (Technical Report No. A-6)*. University of Florida, Gainesville, FL.
- LeDoux, J. E. (1995). Emotion: clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
- Moser, J. S., Hajcak, G., Bukay, E., & Simons, R. F. (2006). Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: An ERP study. *Psychophysiology*, 43, 292-296.
- Olofsson, J. K., & Polich, J. (2007). Affective visual event-related potentials: Arousal, repetition, and time-on-task. *Biological Psychology*, 75, 101-108.

- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: An integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*, 77, 247-265.
- Öhman, A., Flykt, A., Esteves, F., 2001. Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 466-478.
- Palomba, D., Angrilli, A., & Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 27, 55-67.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2128-2148.
- Polich, J., & Margala, C. (1997). P300 and probability: comparison of oddball and single-stimulus paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 169-176.
- Pollatos, O., Kirsch, W., & Schandry, R. (2005). On the relationship between interoceptive awareness, emotional experience, and brain processes. *Cognitive Brain Research*, 25, 948-962.
- Pratto, F., & John, O. P. (1991). Automatic vigilance: The attention grabbing power of negative social information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 380-391.
- Ravden, D., & Polich, J. (1998). Habituation of P300 from visual stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 359-365.
- Rosenfeld, J. P., Biroshak, J. R., Kleschen, M. J., & Smith, K. M. (2005). Subjective and objective probability effects on P300 amplitude revisited. *Psychophysiology*, 42, 356-359.
- Rozenkrants, B., & Polich, J. (2008). Affective ERP processing in a visual oddball task: Arousal, valence, and gender. *Clinical Neurophysiology*, 119, 2260-2265.
- Schimmack, U. (2005). Attentional interference effects of emotional pictures: Threat, negativity, or arousal? *Emotion*, 5, 55-66.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., & Bradley, M. M. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37, 257-261.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., & Bradley, M. M., Hillman, C. H., Hamm, A. O., & Lang, P. J. (2004). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition & Emotion*, 18, 593-611.
- Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A., & Hamm, A. (2007). Selective visual attention to emotion. *Journal of Neuroscience*, 27, 1082-1089.
- Yuan, J., Zhang, Q., Chen, A., Li, H., Wang, Q., Zhuang, Z., & Jia, S. (2007). Are we sensitive to valence differences in emotionally negative stimuli? Electrophysiological evidence from an ERP study. *Neuropsychologia*, 45, 2764-2771.

1 차원고접수 : 2011. 2. 16

수정원고접수 : 2011. 3. 12

최종게재결정 : 2011. 3. 19

## **Effects of Emotional Valence and Probability on ERPs in an Oddball Task using Affective Pictures**

**Eunok Moon**

**Taejin Park**

Department of Psychology, Chonnam National University

Several studies employing oddball paradigm indicated that people are very sensitive to emotionally negative events. However, it cannot be excluded that the negativity bias reported in those studies might be due to the frequency of the target stimulus rather than emotional valence. To elucidate the effect of valence and the effect of probability of target stimuli in oddball paradigm, we manipulated the probability of negative and those of neutral IAPS pictures as follows: 25% vs. 75%, 50% vs. 50%, and 75% vs. 25%. ERP results showed that P3 (250-400ms), an attention-related component, showed the probability effect, i.e. higher amplitudes in response to stimuli of 25% and 50% probability than in response to stimuli of 75% probability at parietal sites. On the contrary, later LPP (600-1200ms), an attention- and emotion-related component, showed valence effect, i.e. higher amplitudes in response to negative stimuli than neutral stimuli at centro-parietal sites. Also, LPP at some centro-parietal sites showed probability effect, i.e. higher amplitude in response to negative stimuli of 25% and 50% probability than those of 75% probability. But both P3 and LPP showed no probability effect in response to neutral stimuli. The probability effect on P3 as well as valence effect and probability effect on LPP suggest that attentional bias effect and emotional bias effect could be distinguishable on some ERP components.

*Key words* : oddball paradigm, negativity bias, attentional bias, P3, LPP