

작업기억용량 개인차에 따른 부정적 얼굴정서처리에서의 작업기억부담 효과*

박 태 진

김 정 희†

전남대학교 심리학과

얼굴정서처리에 미치는 작업기억부담효과가 작업기억용량에 따라 달라지는지를 규명하기 위해 ERP연구를 수행하였다. 먼저 작업기억용량을 측정하는 조작폭과제 점수에 따라 고용량집단과 저용량집단을 선발하였다. 자연재인과제에서 기억해야 할 시각적 대상의 수를 2개(저부담) 또는 6개(고부담)로 하여 작업기억 부담을 조작하였고, 지연기간 동안 제시된 부정적 또는 중립적 얼굴자극에 대한 ERP를 측정하였다. 재인반응은 저용량집단보다 고용량집단에서, 그리고 고부담조건보다 저부담조건에서 더 빠르고 정확하였고, 중립얼굴조건에 비해 부정얼굴조건에서 재인반응이 더 부정확한 정서가효과는 고부담조건에서만 관찰되었다. 하후측영역의 N170 진폭을 분석한 결과, 중립얼굴에 비해 부정얼굴에서 N170 진폭이 더 큰 정서가효과가 작업기억용량에 따라 상이하었는데, 저부담조건의 경우 두 용량집단 모두 양반구에서 정서가효과를 보였지만, 고부담조건의 경우에는 저용량집단이 양반구에서 정서가효과를 보이지 않은 반면 고용량집단은 우반구에서 정서가효과를 보였다. 이러한 결과는, 작업기억 부담이 얼굴정서처리에 필요한 주의자원을 감소시키지만 고용량집단의 경우 저용량집단과 달리 작업기억부담이 큰 상황에서도 정서처리가 가능하며, 얼굴정서처리가 주의자원에 의존함을 시사한다.

주제어 : 작업기억용량, 얼굴정서처리, 작업기억부담, ERP, N170

* 이 논문은 2013년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

† 교신저자 : 김정희, 전남대학교 심리학과, (500-757) 광주광역시 북구 용봉동, E-mail : junghee@jnu.ac.kr

정서는 근본적으로 방어와 욕구의 두 동기 체계에 근거하는데, 이는 개인과 종족의 생존을 위협하거나 촉진시키는 환경과의 상호작용을 조절하는데 핵심적 역할을 담당한다. 정서는 근본적으로 행위 성향으로서, 생존을 위협하거나 유지시키는 사건에 대해 효과적으로 반응하려는 성향이다(Bradley, 2000; 2009). 정서적 상태는 유기체가 생존과 관련된 행동을 준비할 수 있도록 특정 신체반응을 생성하며, 전문화된 신경체계가 정서적 자극을 신속하게 지각적으로 분석할 수 있도록 진화되어 왔다(LeDoux, 1996). 여러 행동연구들이 시각적 탐색과제(Eastwood, Smilek, & Merikle, 2001; Fox 등, 2000)나 점-탐침 탐지과제(Mogg & Bradley, 1999) 등을 사용하여 정서적 자극에 대한 주의편향을 밝혔다. 또한 여러 신경영상연구들에 따르면, 중립적 자극을 볼 때보다 정서적 자극을 볼 때 시각피질 활성화가 더 광범위하게 일어나고(Bradley 등, 2003), 시각적인 정서 자극을 처리하는 도중 관찰된 초기 시각피질의 활동수준은 시각탐지수행 정확도와 밀접하게 관련되어 있다(Padmala & Pessoa, 2008). 이러한 연구들은 정서적 자극이 전주의적으로 탐지되고 주의를 자동적으로 포착한다는 것을 시사한다.

이상의 관점과 일관되게 여러 신경영상연구들이 정서적 자극의 처리가 주의자원에 의존하지 않고 자동적으로 이루어진다고 보고하였다. Vuilleumier 등(2001)은 모니터의 상하 또는 좌우 위치에 각각 얼굴사진쌍과 집사진쌍을 제시하고서 사전에 지정된 위치에 제시되는 자극쌍이 동일한지 여부를 판단하도록 요구하였다. 얼굴자극으로서 공포표정 얼굴과 중립

표정 얼굴을 사용하였는데, 얼굴자극이 주의 집중 받은 위치에 제시되는 경우와 무시된 위치에 제시되는 경우 두 얼굴표정 간 차이(정서가효과)가 상이한지 조사하였다. 그 결과, 얼굴표정에 따른 정서가효과는 얼굴자극의 제시 위치에 대한 공간적 주의 여부와 무관하게 나타났다. Dollan과 Vuilleumier(2003), Williams 등(2005) 역시 이와 유사한 결과를 보고하였는데, 이러한 결과들은 편도체에 기반을 둔 정서처리가 주의자원에 의존하지 않는다는 주장을 지지한다.

그러나 정서처리의 자동성에 대해 의문을 제기한 신경영상연구들도 적지 않다. Pessoa, Kastner, 그리고 Ungerleider(2002)는 모니터 중앙에 얼굴자극 그리고 그 좌우에 막대들을 제시하고서 막대들의 방향을 비교 판단하도록 요구하고서, 주의집중 받지 않은 얼굴자극의 정서가(공포표정 대 중립표정)에 따른 뇌 활성화 차이를 조사하였다. 그 결과, 이처럼 1차 과제의 지각적 처리부담이 큰 조건에서는 편도체와 시각피질의 활성화에서 공포표정과 중립표정 간 차이(정서가 효과)가 관찰되지 않았다. 반면 얼굴자극의 성별을 판단하도록 요구한 경우에는 편도체와 시각피질에서 정서가효과가 관찰되었다. 후속 연구에서는 1차 과제의 지각부담을 작게 또는 크게 조작하였는데, 편도체 활성화에 있어 얼굴표정의 정서가 효과가 저부담조건에서는 관찰되었지만(공포표정>중립표정) 고부담조건에서는 관찰되지 않았다(Pessoa, Padmala, & Morland, 2005). Silvert 등(2007) 역시 1차 과제의 지각부담이 작은 경우와 달리 큰 경우에는 편도체 활동에서 정서가효과를 관찰하지 못했다.

신경영상연구뿐만 아니라 여러 ERP연구들도 정서처리의 주의의존을 지지하는 결과를 보고하였다. Eimer, Holmes, 그리고 McGlone (2003)에 따르면, 얼굴표정의 정서가 판단을 요구했을 때 정서가효과가 전두-중앙영역의 초기 정적 파형과 외후측영역의 후속 부정적 정적 파형에서 관찰되었지만, 두 얼굴자극 사이에 제시된 두 선분의 길이 판단을 요구했을 때에는 이러한 정서가효과가 사라졌다. Schupp 등(2007)은 정서를 유발시키는 자극으로서 IAPS(international affective picture system) 사진자극을 사용하였는데, 이 자극들을 수동적으로 바라보는 경우에는 중립적 자극에 비해 정서적 자극에 대해 더 큰 진폭의 EPN(Early Posterior Negativity)이 유발되었지만, 정서적 자극은 무시하면서 지각부담이 큰 1차 과제를 수행하는 경우에는 EPN에서 정서가효과가 관찰되지 않았다. Dollao 등(2006)은 1차 과제의 주의부담을 조작하고 IAPS 사진자극의 정서가효과를 N1과 P2 진폭에서 조사하였는데, 저부담조건과 달리 고부담조건에서는 정서가효과가 관찰되지 않았다. 박태진과 김정희(2011)는 1차 과제로서 글자탐지과제의 주의부담을 조작하고 2차과제로서 IAPS 자극을 제시하여 정서변별과제를 수행하도록 하였는데, P1(후두-두정 영역)과 N1(전두 영역)에서 정서가 효과는 유의미하였으나 지각부담과 정서가의 상호작용효과는 유의미하지 않았지만, 후기 성분에 속하는 서파(slow wave, 700-1000ms)에서는 정서가효과가 후두-두정영역과 전두영역 모두에서 고부담조건과 달리 저부담조건에서만 관찰되었다. 이러한 결과들은 정서처리에 대한 주의 조절을 지지하는 것으로서, 정서처리가

주의자원에 의존하며 다른 처리와 주의자원을 놓고 경합한다는 것을 시사한다.

앞서 살펴본 연구들은 정서적 자극과 1차 과제 자극을 동시에 제시하고서, 지각적 처리 부담이 큰 1차 과제를 수행하도록 함으로써 정서자극에 대한 주의를 박탈하거나, 1차 과제의 지각부담 크기를 조작하여 정서자극에 배정 가능한 주의량을 변화시키는 방법을 사용하였다. 그럼으로써 정서적 자극의 처리에 미치는 주의자원의 영향을 검증하였다. 이와 달리 최근에는 작업기억 부담을 조작함으로써 정서처리와 주의의 관계를 다룬 연구들이 보고되었다. Erk, Kleczar, 그리고 Walter(2007)는 지연재인과제(Sternberg과제)를 사용하였는데, 1개 또는 6개 글자를 제시한 후 짧은 파지기간이 지난 다음 탐지글자를 제시하고서 재인판단을 요구함으로써 작업기억 부담을 작게(1개; 저부담) 또는 크게(6개; 고부담) 조작하였다. 파지기간 동안 중립적, 긍정적, 또는 부정적 IAPS 사진자극을 제시하고서 뇌 활성화를 측정하였는데, 이때 실험참가자들에게 사진자극을 단지 수동적으로 바라보도록 요구하였다. 그 결과, 저부담조건에 비해 고부담조건에서 부정적 자극에 대한 편도체 활성화는 더 작았고 DLPFC(dorsolateral prefrontal cortex, 배외측 전전두피질) 활성화는 더 컸다. 정서적 자극에 의한 편도체 활성화가 작업기억 부담수준에 따라 달라진 결과는 1차 과제의 지각적 부담이 클수록 편도체 활성화가 감소한 결과(Pessoa 등, 2002)와 일치한다고 볼 수 있는데, McRae 등(2010) 역시 유사한 결과를 보고하였다. Van Dillen, Heslenfeld, 그리고 Koole(2009)은 중립적이거나 혐오적인 IAPS 사진자극을 제시한 직

후 복잡한 수학문제(고부담) 또는 단순한 수학 문제(저부담)를 풀도록 요구하였다. 그 결과, 고부담 수학문제는 DLPFC의 큰 활성화를 초래했고, 혐오적 사진에 대한 부정적 정서평정을 감소시켰으며, 편도체와 도피질(insula cortex) 활동의 감소를 초래하였다. 여기서 DLPFC의 활성화 증가는 정서자극의 처리와 관련된 변연계 영역의 활동 감소와 관련된 것으로 짐작된다. 작업기억 부담을 조작한 이상 연구들에서는 정서적 자극으로 IAPS 사진자극을 제시하였고 이 자극들을 수동적으로 바라보도록 하였다. 이와 달리 Van Dillen과 Derks (2012)는 정서적 얼굴자극을 제시하고서 이에 대해 성별판단을 요구하였다. 그 결과, N2 진폭의 경우 작업기억 저부담조건에서는 정서가 효과가 관찰되었지만(행복표정>분노표정) 고부담조건에서는 정서가 효과가 관찰되지 않았다. LPP(late positive potential) 진폭의 경우에도 정서가 효과가 저부담조건에서는 관찰되었지만(분노표정>행복표정) 고부담조건에서는 관찰되지 않았다. 한편, 중립적 얼굴자극을 방해자극으로 사용한 이름-얼굴 스트룹과제에서 얼굴자극의 작업기억 부담을 조작했을 때, 얼굴 정보처리에 전문화된 방추회(fusiform gyrus) 활동이 저부담조건에 비해 고부담조건에서 더 약화된다고 보고한 연구가 있다(민수정 등, 2013). 이 연구는 비록 정서처리를 다루지는 않았지만 얼굴정보처리가 작업기억 부담의 영향을 받는다는 것을 밝힘으로써 얼굴정서처리 역시 작업기억 부담의 영향을 받을 가능성을 짐작하게 한다. 이상 연구결과들은 작업기억 부담이 클수록 정서적 자극의 주의 포착이 어렵거나 정서처리가 일어나지 않을 가능성을

지지하는 것으로서, 정서처리가 작업기억 용량(working memory capacity; WMC)에 의존한다는 것을 시사한다.

그런데, 정서처리가 WMC에 의존한다면 작업기억 부담이 정서처리에 미치는 영향은 WMC 개인차에 따라 달라질 가능성이 있다. WMC는 주의통제와 결부된 단기 기억 저장의 효율성에서 개인차를 반영하며, 방해나 간섭에 직면하여 특정 기억표상을 유지하고 여러 표상들 사이에서 주의를 전환하며 이러한 표상들을 조작하는 능력과 관련된다(Brewin & Smart, 2005). 작업기억의 주요한 특징 중의 하나는 작업기억이 제한된 자원 범위 내에서 작동하므로 복잡한 인지과제들을 수행하는데 효율적인 자원의 할당이 결정적인 역할을 담당한다는 것이다. 따라서 WMC는 제한된 작업기억 자원 할당의 능숙함을 나타내는데, 이러한 능숙함에 있어 개인마다 뚜렷한 차이가 있다(Daneman & Carpenter, 1980; Turner & Engle, 1989).

본 연구에서는 정서처리에 미치는 작업기억 부담의 영향이 WMC 개인차에 따라 달라지는지 검증하고자 한다. 작업기억 부담이 크다고 할지라도 WMC가 작은 사람(고용량)에 비해 WMC가 큰 사람(저용량)에게는 상대적으로 더 작은 부담으로 작용할 것이다. 고용량의 경우 작업기억 수행에 필요한 용량 이외의 잔여용량이 남아있으므로 추가적인 정서처리가 가능한 반면, 저용량의 경우 과제 수행에 이용 가능한 용량이 대부분 소진되어 정서처리가 이루어지기 어려울 것으로 예측된다. 이러한 예측은 지각부담이 큰 경우와 달리 작은 경우에는 잔여 처리자원에 의해 부수적인 방해자극

의 처리가 가능하다고 보는 지각부담이론(Lavie, 1995; 2005)과 유사한 것이다. 한편, 이상의 예측과 달리, 정서처리가 주의자원, 특히 작업기억 부담의 영향을 받지 않고 자동적으로 이루어진다면, 정서처리에 대한 작업기억 부담의 영향이 관찰되지 않을 것이고 아울러 이와 관련된 WMC 개인차의 영향 역시 관찰되지 않을 것으로 예측된다.

이상과 같은 목적을 달성하기 위해, 본 연구에서는 지연재인과제에서 기억해야할 항목의 수를 적게 또는 많게 함으로써 작업기억 부담을 조작하고, 정서적 얼굴표정을 정서 자극으로 사용하여 이를 지연기간 동안 제시함으로써 작업기억 부담이 얼굴표정 처리에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 특히 이러한 영향이 WMC 개인차, 즉 고용량과 저용량에 따라 어떻게 달라지는지를 규명하는 것이 본 연구의 주요 목적이다.

정서적 얼굴 표정의 처리를 다룬 전기생리학적 접근에 따르면 얼굴 정서처리와 관련된 대표적 ERP 성분으로서 N170을 들 수 있다. N170은 얼굴자극에 의해 촉발되는 부정 파형으로서 자극 제시 후 120~220ms 사이에 양반구 외측 후두-측두영역에 위치한 전극들에서 통상 관찰되는데, 다른 유형의 자극들과 비교해 얼굴자극에 대해 더 큰 진폭을 보인다(Bentin 등, 2007; Joyce & Rossion, 2005; Rossion & Jacques, 2008). 특히 N170이 얼굴의 구조적 부호화에 관련될 뿐만 아니라 얼굴표정의 정서가에 의해 조절된다는 것을 여러 연구들이 최근 보고하였는데(Batty & Taylor, 2003; Blau 등, 2007), 이에 따르면 중립적 표정에 비해 정서적 표정에 대해 더 큰 진폭의 N170이 관

찰되었다. 본 연구에서는 N170이 얼굴 정서가 뿐만 아니라 작업기억 부담수준에 의해 조절되는지, 특히 이러한 조절효과가 WMC 개인차에 의해 어떻게 달라지는지를 밝히고자 하였다.

방 법

참가자 전남대학교에서 심리학 개론 및 심리학 관련 강의를 수강한 대학생 464명을 대상으로 작업기억용량을 측정하였고(상세한 내용은 절차부분에서 기술함), 그 결과에 따라 상위와 하위 각각 15% 이내에 속하는 학생들 가운데 36명(남자 13명, 여자 23명, 평균연령 20.7세)이 본실험에 참여하였다. 실험에 참가한 학생들은 모두 오른손잡이였고 정신적 신체적 장애를 경험한 적이 없었으며 자발적 동의하에 실험에 참가하였다. 실험에 참가한 학생들에게 소정의 참가비가 지급되었다.

실험자극 시각적 대상그림과 얼굴사진을 실험자극으로 사용하였다. 대상그림은 이모티콘처럼 단순화된 그림으로서 사람 이외의 동물이나 식물 범주의 컬러그림이었고, 얼굴사진은 중립표정과 분노(부정)표정을 띤 컬러사진으로서 고려대학교 심리학과(The Korea University Facial Expression Collection, KUEFC. Lab of Behavioral Neuroscience, 2006)에서 제작한 것을 사용하였다.

절차 먼저 464명의 대학생을 대상으로 작업기억용량(WMC)을 조작폭과제(operation span task; OSPAN, Turner & Engle, 1989)를 이용하여

측정하였다. 이 과제는 수학연산식과 단어(예, $5+8=14$, 책상)를 함께 제시하고서 실험참가자에게 연산식의 정오 판단을 한 후 단어를 읽도록 요구한다. 이때 수학연산식과 단어 조합을 일정 세트(2개, 3개, ...) 제시한 후 제시된 단어들을 회상해내도록 요구하는데, 연산식에 대해 정확한 판단을 한 동시에 단어를 정확하게 회상해낸 시행 수를 바탕으로 작업기억 용량의 개인차를 규정한다. 본 연구에서는 수학연산식과 단어 조합이 2개, 3개, ... 6개 세트까지 제시되었고, 각 세트는 세 시행씩(시행마다 수학연산식과 단어가 상이함) 제시되었다. 도합 15개 시행을 무선적으로 제시함으로써, 실험참가자는 각 시행이 몇 개 세트에 구성되었는지 예측할 수 없었다. 전체적으로 단어와 수학 연산식 쌍이 60개 제시되었는데, 제시된 단어는 두 글자 단어로서 평균 사용빈도가 동일하였다. 수학 연산식에 대한 판단이 정확한 시행들 가운데 정확하게 회상해낸 단어 수를 464명 참가자별로 계산하였고, 그 결과를 바탕으로 정확-회상 단어 수 순위에서 하위 15%와 상위 15%에 속하는 참가자들 18명씩을 각각 저용량집단과 고용량집단으로 선정하였다(저용량집단, 남자 5명과 여자 13명, 평균연령 20.7세; 고용량집단, 남자 8명과 여자 10명, 평균연령 20.6세). 정확-회상 단어 수는 총 60개 만점에서 저용량집단의 경우 20개 이하(평균점수, 17.8점; 표준편차, 3.2)였고 고용량집단의 경우 40개 이상(평균점수, 47.8점; 표준편차, 3.5)이었다.

작업기억 부담(working memory load; WML)을 조작하기 위해 지연재인과제를 사용하였는데, 매 시행마다 2개(저부담) 또는 6개(고부담) 대

상그림을 제시하여 기억하도록 한 후 지연기간 동안 한개 얼굴사진을 제시하였다. 그 다음 마지막으로 한개 대상그림을 탐침자극으로 제시하고서 앞서 제시받은 대상그림들 가운데 탐침자극과 일치하는 항목이 있는지 여부를 판단하도록 요구하였다. 매 시행은 1초 동안 제시되는 '준비' 지시로 시작되었으며, 뒤이어 기억해야할 대상그림들이 4초 동안 화면 정중앙에 가로 방향으로 일렬로 제시되었다. 그 후 모니터 중앙에 검정색 테두리의 사각형이 1초 동안 제시된 후 사각형 안에 얼굴사진이 2초 동안 제시되었는데, 참가자들에게 얼굴사진을 단지 수동적으로 바라보도록 요구하였다. 그 후 응시점이 화면 정중앙에 1초 동안 제시된 후 탐침자극인 대상그림 한 개가 화면 정중앙에 1.5초 동안 제시되었다. 마지막으로 빈 화면이 제시되었는데, 이 빈 화면의 제시기간은 1750ms부터 2500ms까지(1750ms, 2000ms, 2250ms, 2500ms) 250ms 간격으로 구분된 네 개 제시기간 중에서 무선적으로 선택된 한 기간이었다.

실험참가자들은 탐침자극이 앞서 보았던 대상그림들 가운데 한 개와 일치하는지 여부를 최대한 빨리 그리고 정확하게 반응해야 했다. 실험자극의 제시와 반응의 기록은 E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc.)을 이용한 프로그램에 따라 이루어졌다.

ERP 데이터 획득 및 분석 EEG는 Brain Products GmbH의 BrainAmp Standard와 BrainVision Recorder, 그리고 actiCAP을 이용하여 10-20 국제체계 배열에 따른 40개 위치(Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7, F8, FC1, FC2, FC5,

FC6, Cz, C3, C4, T7, T8, CP1, CP2, CP5, CP6, Tp7, Tp8, Tp9, Tp10, Pz, P3, P4, P7, P8, P9, P10, PO7, PO8, PO9, PO10, Oz, O1, O2, O9, O10)와 안구운동을 측정하기 위한 EOG 2개 위치에서 ERP를 측정하였다. 표집률은 250Hz, High-pass filter는 0.01Hz, Low-pass filter는 30Hz 였고, 피부저항(skin impedance)은 5k Ω 이하로 유지하였으며, 참조전극은 정중선 중앙 위치(Cz)에 해당)의 전극이었다.

측정된 EEG를 BrainAnalyzer 2.0(BrainProducts)을 사용해 분석하였다. 참조전극 위치를 양쪽 mastoid 전극(Tp9, Tp10)의 평균으로 바꾸었다. VEOG, HEOG를 사용해 측정된 눈 깜빡임이나 눈 운동이 다른 전극에 미치는 영향을 Gratton & Coles 방식으로 교정하였고, 자극 제시 전 200ms에서 자극 제시 후 2000ms까지로 설정한 분석구간단위(epoch)에서 전압이 100 μ V이상이거나 -100 μ V미만인 경우, 또는 최대와 최소 전압 차이가 100 μ V가 넘는 경우는 분석에서 제외하였다. 자극 제시 전 200ms 동안의 평균 진폭을 기저선으로 삼아 EEG 데이터를 영점 교정하였다. 참조전극으로 사용한 Tp9과 Tp10을 제외한 34개 전극위치에서 분석하였다. N170과 관련된 하후측영역 전극들을 관심전극(PO7, PO8, PO9, PO10, P9, P10)으로 정하고,

사전분석이 끝난 관심전극에서 실험조건별 ERP 파형을 육안으로 확인한 후 얼굴정보처리와 관련된 N170 구간(150-200ms)을 결정하였다. 얼굴정보처리의 반구간 차이 양상을 확인하기 위해 좌반구 하후측영역 전극들(PO7, PO9, P9)을 합친 평균진폭과 우반구 하후측영역의 전극들(PO8, PO10, P10)을 합친 평균진폭을 각각 구해, 저용량/고용량은 집단간 요인으로, 정서가와 전극은 집단내 요인으로 삼아 선형 혼합모형(mixed model) 분석을 수행하였다.

결 과

행동 결과 지연재인과제의 행동결과로서 정확반응율과 반응시간(그림 1)에 대해 혼합모형 분석을 수행하였다. 정확반응율에 대해 WMC(고용량/저용량), WML(고부담/저부담), 그리고 얼굴정서가(부정/중립)를 고정 변수로 간주하여 분석한 결과, WMC[F(1, 34) = 10.914, $p < .005$], WML[F(1, 102) = 97.260, $p < .001$], 그리고 얼굴정서가[F(1, 102) = 60.448, $p < .001$]의 주효과가 유의미하였고, WML과 얼굴정서가 간의 상호작용효과[F(1, 102) = 62.082, $p < .001$]가 유의미하였다. WML과 정서가의 상호

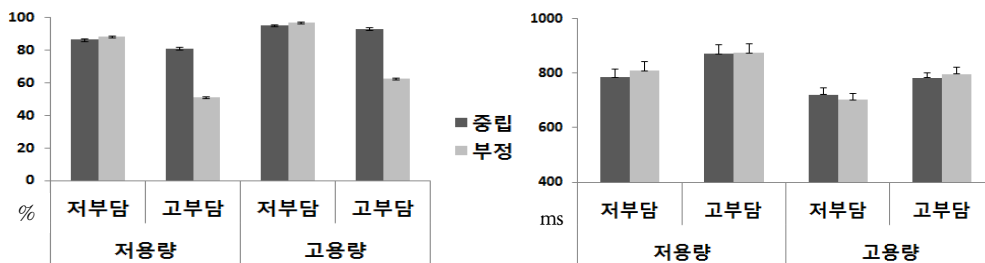


그림 1. 지연재인과제의 정확반응율(%)과 반응시간(ms)

작용이 유의미하였으므로 부담조건별로 정서가효과를 분석한 결과, 두 용량집단 모두에서 정서가효과는 저부담조건과 달리 고부담조건 [저용량 집단; $t(17) = 4.175, p < .01$, 고용량 집단; $t(17) = 15.427, p < .001$]에서만 유의미하였다.

반응시간에 대해 동일한 통계분석을 수행한 결과, WMC [$F(1, 34) = 5.429, p < .05$]와 WML [$F(1, 102) = 89.635, p < .001$]의 주효과가 유의미하였고, 어떠한 상호작용효과도 유의미하지 않았다.

요약하면, WMC에 관계없이 WML 저부담조건은 고부담조건에 비해 더 빠르고 정확한 반응을 보였으며, 저용량보다 고용량 집단의 수행이 정확반응율과 반응시간 모두에서 우수하였다. 정서가효과는 두 용량집단에서 공통적으로 고부담조건에 정서반응에서만 관찰되

었고, 반응시간에서는 이러한 효과가 관찰되지 않았다.

ERP 분석 결과 측정된 전체 전극들에서 구한 ERP데이터에서 정서가효과를 조사하였으나, 기존에 정서처리와 관련된 것으로 보고된 ERP성분들 가운데 N170을 제외한 P1, N1, LPP 등에서는 유의미한 정서가효과를 관찰하지 못했다. N170은 하측 후두-측두영역의 전극들(우반구; PO8, PO10, P10, 좌반구; PO7, PO9, P9)에서 가장 큰 진폭의 뚜렷한 파형을 보였는데, 얼굴표정의 정서가효과는 전형적으로 이 영역에서 관찰된 N170을 중심으로 흔히 보고되었다(예, Batty & Taylor, 2003; Blau 등, 2007). 본 연구에서는 이 영역의 전극들을 관심전극들로 삼고 여기서 관찰된 N170의 진폭을 분석 기술하였다.

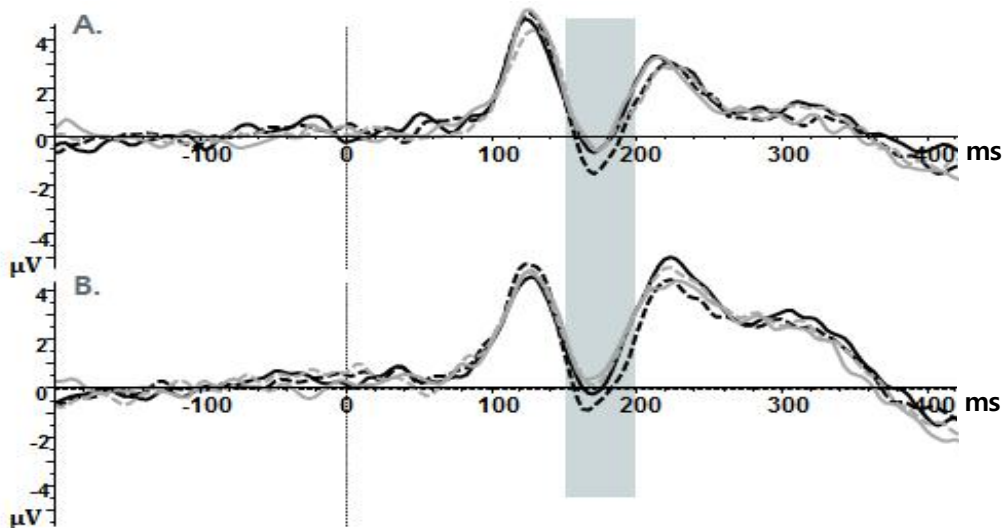


그림 2. 저용량 집단에서 관심전극들의 평균진폭의 평균 그래프(A. 좌반구; B. 우반구; 흑색 실선, 저부담 중립; 흑색 점선, 저부담 부정; 회색 실선, 고부담 중립; 회색 점선, 고부담 부정, 회색 막대는 150-200ms 시간창을 나타냄)

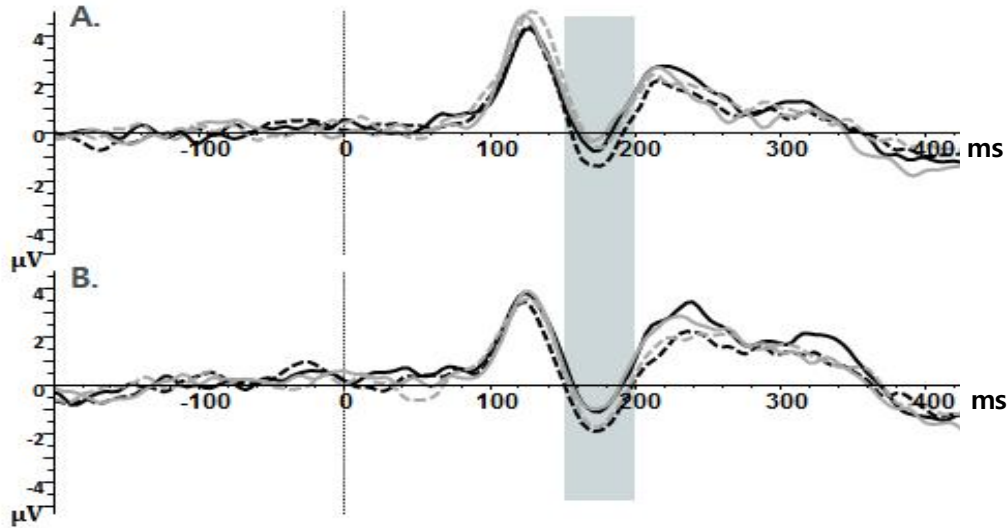


그림 3. 고용량 집단에서 관심전극들의 평균진폭의 평균 그래프(A. 좌반구; B. 우반구; 흑색 실선, 저부담 중립; 흑색 점선, 저부담 부정; 회색 실선, 고부담 중립; 회색 점선, 고부담 부정, 회색 막대는 150-200ms 시간창을 나타냄)

6개 관심전극 각각에서 N170 구간(150-200ms)의 평균진폭 값들을 구한 후 이 값을 갖고 선형 혼합모형을 적용하여 통계적 분석을 수행하였다. 관심전극, WMC, WML, 그리고 얼굴 정서가를 고정변수로 간주하여 분석한 결과, 관심전극 $[F(5, 782) = 60.301, p < .001]$ 과 WML $[F(1, 782) = 16.664, p < .001]$ 그리고 정서가 $[F(1, 782) = 20.747, p < .001]$ 의 주효과가 유의미하였고, 관심전극 \times WMC 상호작용효과 $[F(5, 782) = 9.119, p < .001]$ 와 WML \times 정서가의 상호작용효과 $[F(1, 782) = 4.487, p < .05]$ 가 유의미하였다.

관심전극들(우반구; PO8, PO10, P10, 좌반구; PO7, PO9, P9)을 좌반구와 우반구의 두 영역으로 나누어 각각 평균진폭의 평균을 구하고서(파형은 그림 2와 3 참조)(평균진폭값은 표 1과 그림 4 참조), 이 값에 대해 WMC, 반구,

WML 그리고 정서가를 고정 변수로 간주하여 선형 혼합모형 분석을 수행하였다. 그 결과, WML $[F(1, 238) = 9.522, p < .005]$ 과 정서가 $[F(1, 238) = 11.819, p < .005]$ 의 주효과가 유의미하였고, WMC \times 반구 상호작용효과 $[F(1, 238) = 21.985, p < .001]$ 가 유의미하였다. 그 외의 상호작용효과는 관찰되지 않았다. 4원 상호작용이 유의미하지 않았지만 WMC와 반구 간 상호작용효과가 유의미했으므로 반구별로 WMC, WML 그리고 정서가를 고정 변수로 간주하여 혼합모형 분석을 수행하였다. 우반구에서는 WMC $[F(1, 34) = 5.585, p < .05]$, WML $[F(1, 102) = 6.968, p < .05]$, 정서가 $[F(1, 102) = 12.969, p < .001]$ 의 주효과가 유의미하였고, 좌반구에서는 WML $[F(1, 102) = 10.669, p < .005]$ 과 정서가 $[F(1, 102) = 8.503, p < .005]$ 의 주효과가 유의미하였으며, 상호작

표 1. 관심전극들에서 저용량집단과 고용량집단의 실험조건 별 평균진폭값(μV)

(이탤릭 숫자는 $p < .05$ 인 평균진폭 차이)

반구	좌반구				우반구					
	용량집단	저용량	고용량	용량집단	저용량	고용량	용량집단	저용량	고용량	
작업기억 부담	저부담	고부담	저부담	고부담	저부담	고부담	저부담	고부담	저부담	고부담
중립		0.407	0.575	0.200	0.478	0.934	1.339	-0.277	-0.250	
부정		-0.258	0.364	-0.507	0.346	0.171	1.194	-1.122	-0.852	
부정-중립		-0.665	-0.210	-0.708	-0.131	-0.762	-0.144	-0.845	-0.602	

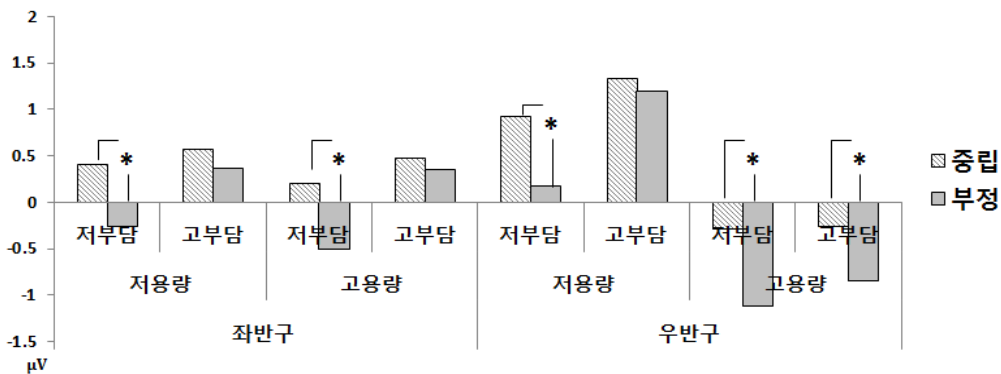


그림 4. 양반구 관심전극들의 평균 그래프(*는 대응표본 t 검증에서 유의미한 차이를 보인 비교, $p < .05$)

용효과는 양반구에서 모두 관찰되지 않았다. 결국, WML과 정서가의 효과는 양반구에서 관찰되었지만 WMC 집단 간 차이는 우반구에서만 관찰되었다.

WML에 따른 정서가효과를 확인하기 위해 반구별 그리고 WMC 집단별로 대응표본 t 검증을 수행하였다. 그 결과, 좌반구에서 저용량 [$t(17) = 2.398, p < .05$]과 고용량 [$t(17) = 2.822, p < .05$] 집단 모두 고부담조건과 달리 저부담조건에서만 유의미한 정서가효과가 관찰되었다. 우반구 역시 저용량 [$t(17) = 2.283, p < .05$]과 고용량 [$t(17) = 3.405, p < .01$] 집단 모두 저부담조건에서는 유의미한 정서가효과

가 관찰되었는데, 특히 고부담조건에서는 저용량집단과 달리 고용량 집단 [$t(17) = 2.479, p < .05$]의 경우에만 유의미한 정서가효과가 관찰되었다. 요약하면, 저부담조건에서는 저용량과 고용량 집단 모두가 양반구에서 유의미한 정서가효과를 보였지만, 고부담조건에서는 고용량 집단만이 우반구에서 유의미한 정서가효과를 보였다.

논 의

본 연구는 작업기억 부담수준이 정서처리에 미치는 효과가 작업기억용량 개인차에 따라

달라지는지를 검증하기 위해 수행되었다.

재인반응의 정확성과 속도를 분석한 결과, 용량이 크고 작음에 관계없이 작업기억 부담이 작을 때가 클 때보다 더 우수하였고, 작업기억용량이 큰 집단이 작은 집단보다 더 우수하였으며, 정서가효과(부정 < 중립)는 두 집단 모두 고부담조건에서 반응 정확성에서만 관찰되었다. 이러한 재인반응 결과는, 고용량집단이 저용량집단보다 재인기억 수행능력에 있어 더 우수하며, 지연기간 동안 제시된 얼굴표정이 부정적인 경우 중립적인 경우에 비해 재인기억 정확성에 간접적 영향을 미친다는 것을 시사한다. 하지만 행동결과는 얼굴표정의 정서가에 따른 간접적 영향이 작업기억용량에 따라 달라진다는 것을 보여주지는 못했다.

얼굴자극에 의해 유발된 하후측영역의 N170의 평균진폭을 분석한 결과, 작업기억부담과 정서가의 효과가 양반구에서 관찰되었고, 작업기억용량에 따른 차이는 우반구에서만 관찰되었다. 특히 작업기억 부담수준에 따른 정서가효과가 작업기억용량과 반구에 따라 다르게 관찰되었다. 저용량집단의 경우 정서가효과가 양반구에서 고부담조건과 달리 저부담조건에서만 관찰되었지만, 고용량집단의 경우, 정서가효과가 좌반구에서는 저용량집단과 마찬가지로 저부담조건에서만 관찰되었지만 우반구에서는 저부담조건뿐만 아니라 고부담조건에서도 관찰되었다. 이러한 결과는, 얼굴 정서처리에 미치는 작업기억부담의 효과가 작업기억용량 개인차에 따라 달라진다는 것을 보여주며, 이처럼 작업기억용량 개인차가 정서처리에 미치는 효과가 우반구 하후측영역의 신경활동과 관련된다는 것을 시사한다. 아울

러 이러한 결과는, 정서처리가 주의자원의 영향을 받지 않고 자동적으로 이루어진다는 관점과 상반된 결과로서, 정서처리의 주의자원의존성 관점을 지지하는 것이라 하겠다. 그런데 작업기억부담이 정서가효과에 미치는 영향이 작업기억용량 개인차에 따라 상이하다는 ERP 분석결과는 앞서 살펴본 재인반응 분석결과와 상이한 것으로서, 재인반응 결과에 따르면 작업기억부담이 정서가효과에 미치는 영향은 작업기억용량과 무관하였다. 이는 작업기억 용량과 부담에 따른 정서처리의 특성을 반영하는데 있어 행동결과와 ERP결과가 반영하는 처리특성이나 민감성이 상이한데 기인하는 것으로 짐작된다. 행동결과는 얼굴자극의 정서가, 작업기억 용량 및 부담이 얼굴자극에 대한 재인반응에 미치는 효과를 반영하므로 얼굴자극의 정서처리 특성을 간접적으로 드러내는데 반해, ERP결과는 진행중인 정서처리 특성을 직접적으로 드러낸다. 따라서 본 연구의 관심사인 정서적 얼굴자극의 처리특성을 포착하는데 있어 ERP결과가 행동결과보다 훨씬 더 직접적이고 민감하다고 볼 수 있다.

정서적 자극의 처리가 작업기억부담의 영향을 받는다고 여러 연구들이 보고한 바 있는데, 부담이 큰 경우에는 작은 경우에 비해 정서처리와 관련된 신경활동이 감소하며(Erk 등, 2007; Van Dillen 등, 2009), 특히 얼굴표정의 정서처리에서도 작업기억부담이 작은 경우와 달리 큰 경우 정서처리가 거의 이루어지지 않는다(Van Dillen & Derks, 2012). 하지만 정서처리에 대한 작업기억 부담효과가 작업기억용량 개인차에 따라 달라진다는 사실은 이전에 보고된 바 없다. 작업기억용량은 주의통제의 효

울성과 관련된 기억표상의 유지 및 조작 능력 (Brewin & Smart, 2005)이나 제한된 작업기억 자원 할당의 능숙함을 반영하는데(Daneman & Carpenter, 1980; Turner & Engle, 1989), 본 연구의 결과로 미루어볼 때, 작업기억부담이 크더라도 용량이 큰 사람(고용량)은 작은 사람(저용량)과 달리 잔여용량이 정서처리를 수행할 만큼 컸기 때문에 정서처리가 가능했던 것으로 짐작된다. 이러한 설명은 정서처리가 자동적으로 처리되는 것이 아니라 주의자원을 요구한다는 관점을 바탕으로 한다.

그런데 앞서 살펴본 작업기억용량의 효과는 우반구에서만 관찰되었는데, 그 이유로서 부정적 얼굴표정 처리의 우반구 편재를 짐작해볼 수 있다. Jansari, Tranel, 그리고 Adolphs (2000)이 보고한 바에 따르면, 자유로운 관찰 조건하에서 긍정적 얼굴은 중립적 얼굴의 좌측보다 우측에 제시될 때 지각적으로 더 잘 변별되는 반면, 부정적 얼굴은 중립적 얼굴의 우측보다 좌측에 제시될 때 지각적 변별이 더 우수하다. 얼굴이 좌측에 제시된 경우에는 좌반구보다 우반구에서, 그리고 우측에 제시된 경우에는 좌반구에서 더 잘 처리될 것으로 짐작한다면, 이러한 결과는 긍정정서는 좌반구에, 부정정서는 우반구에 편재되어 더 잘 처리되기 때문으로 해석된다. Adolphs, Hansari, 그리고 Tranel(2001)는 편측 피질손상환자를 대상으로 조사하였는데, 좌측에 행복한 얼굴이 제시될 때에는 좌반구 손상환자와 우반구 손상환자 모두 지각적 변별이 우수하였지만, 좌측에 슬픈 표정이 제시될 때에는 우반구 손상환자의 지각적 변별이 저조하였다. Hariri 등 (2002)은 공포 또는 분노 정서의 IAPS사진자극

또는 얼굴표정자극을 제시하고서 매칭과제를 수행하도록 하면서 뇌활성화를 조사하였다. 그 결과, 정서적 얼굴표정에 대해 좌반구보다 우반구의 편도체 활성화가 더 크게 관찰되었고, IAPS 사진보다 정서적 얼굴표정에 대해 역시 우반구 편도체에서 더 큰 활성화가 관찰되었다.

이상 연구 결과들은 부정적 정서, 특히 부정적 얼굴표정의 처리가 우반구에 편재되어 일어난다는 부정정서의 우반구 편재가설을 지지하는데, 이 가설에 기초하여 본 연구 결과를 다음과 같이 설명해볼 수 있다. 작업기억 부담(WML)이 큰 경우에는 작은 경우에 비해 전반적으로 정서처리가 훨씬 약화되는데, 특히 우반구에 비해 정서처리가 약하게 이루어지는 좌반구에서는 작업기억 고부담에 따른 약화효과가 작업기억 고용량(WMC)의 보완효과를 압도하기에 충분했다고 짐작된다. 반면 우반구에서는 정서처리가 강하게 이루어지므로 작업기억용량이 큰 고용량 참가자의 경우 작업기억 고부담에 따른 정서처리의 약화를 보완하기에 충분한 정도로 작업기억용량이 컸던 것으로 짐작된다. 물론 이러한 추론은 후속 연구들에 의해 검증될 필요가 있으며, 수렴적 증거가 더 요구된다고 할 수 있다.

본 연구 결과, 작업기억 부담과 작업기억용량 개인차는 다음과 같이 비교적 일관된 효과를 보였다. 작업기억 부담수준에서 저부담조건은 고부담조건에 비해 전반적으로 더 큰 부적 N170 진폭을 유발하였으며, 작업기억 용량에서 고용량은 저용량보다 우반구에서 더 큰 부적 N170 진폭을 유발하였다. 이러한 결과는 정서적 자극의 처리가 자동적으로 이루어지지

않고 주의자원을 요구한다는 관점을 지지해주며, 나아가 작업기억 부담이 작을수록 그리고 작업기억 용량이 클수록 정서적 자극의 처리에 이용 가능한 주의자원이 증가할 것이라는 추론을 뒷받침해주는 것이다.

한편, N170 진폭은 작업기억용량에 관계없이 저부담조건에서 정서가효과를 보였는데, 부정적 얼굴표정이 중립적 얼굴표정보다 부정적으로 더 큰 N170을 유발하였다. 이처럼 N170이 얼굴표정의 정서가에 의해 조절된다는 결과는 여러 선행 연구들에서 밝혀진 바 있다 (Bentin 등, 2007; Joyce & Rossion, 2005; Rossion & Jacques, 2008; 반대 결과로서, Eimer, Holmes, & McGlone, 2003을 참고).

자연재인과제의 재인기간 동안 제시되는 정서적 자극의 처리에 작업기억용량의 개인차가 미치는 영향에 대해 본 연구에서는 가용 처리자원이라는 측면에서 예측하고 설명을 시도하였다. 즉 1차적인 재인과제 수행에 배정된 처리자원 이외의 잔여 처리자원이 고용량에서 저용량보다 더 크고, 이로 인해 부수적인 정서자극의 처리에 가용한 처리자원이 고용량에서 더 많으므로 정서가효과가 더 크게 나타난다는 것이다. 그러나 이러한 설명과 달리 작업기억용량을 주의통제라는 측면에서 보는 관점에 따르면 반대 결과를 예상할 수 있다. 부수적 정서자극은 일종의 방해자극으로서 1차 과제 수행에 장애를 미치고 따라서 이를 효율적으로 억제하는 것이 1차 과제 수행에 유리한데, 이러한 부수적 방해자극을 효율적으로 억제 통제할 수 있는 능력에 있어 고용량이 저용량에 비해 더 우수하다는 것이다. 작업기억용량 개인차를 다룬 여러 행동연구들이 억

제통제 능력에 있어 고용량과 저용량 사이의 유의미한 차이를 보고하였는데, 고용량은 관련 없는 정보를 억제하는데 필요한 가용 주의자원이 저용량보다 더 크므로 억제를 보다 더 잘 할 수 있다(Conway & Engle, 1994; Conway 등, 2001; Kane & Engle, 2000; Unsworth 등, 2004). 예를 들어, Kane과 Engle(2003)에 따르면 스트룹 과제에서 WMC가 고용량인 사람이 저용량인 사람보다 불일치조건에서 더 우수한 수행을 보였고, Conway 등(2001)에 따르면 고용량인 사람이 저용량인 사람보다 주의를 기울이지 않아야 할 메시지를 무시하는 능력이 뛰어났다. 뿐만 아니라 작업기억 부담을 조정한 연구에서도 부담수준이 증가함에 따라 저용량이 고용량과 비교해 더 저조한 과제 수행을 보였다(Rosen & Engle, 1997; Kane & Engle, 2000; Ahmed & de Fockert, 2012, 연구1). 이처럼 잔여 용량을 불필요한 정보처리의 억제 능력으로 해석하는 관점에 따르면 방해자극의 차단 및 억제 능력은 작업기억용량 개인차에 달려있다. Schmeichel 등(2008)에 따르면, 실험 참가자에게 정서조절을 요구했을 때 고용량이 저용량과 비교해 부정자극과 긍정자극에 대한 정서적 표현을 억제하는 능력이 우수했고, 부정자극에 대해 저용량보다 더 중립적인 평가를 하였다. 따라서 작업기억용량이 작은 사람보다 큰 사람의 경우 억제통제에 필요한 잔여 용량이 더 크므로 1차 과제 이외의 방해활동에 대한 억제 능력이 더 우수하고, 따라서 저용량보다 부수적이고 불필요한 정서적 자극의 처리가 더 일어난다.

본 연구 결과는 부수적 정보처리의 억제통제라는 관점보다는 가용한 잔여 처리자원에

의한 추가적 처리라는 관점에 보다 잘 부합된다. 그 이유를 과제 요구에서 짐작해볼 수 있는데, 실험참가자들이 지연재인과제를 잘 수행하는데 있어 지연기간에 제시된 정서적 자극의 억제 통제 필요성이 별로 없었던 것으로 짐작할 수 있다. 부수적 자극의 억제통제가 1차 과제의 성공적 수행에 중요한 관건이 되는 과제와 그렇지 않은 과제를 함께 적용하여 비교해볼 필요가 있을 것이다.

요약하면, 본 연구는 작업기억 부담수준이 정서적 얼굴표정 처리에 미치는 영향이 작업기억용량 개인차에 의해 조절된다는 사실을 밝혔다. 그리고 정서처리가 주의자원에 의존하며, 부수적 정서자극의 처리에 필요한 잔여 주의자원이 작업기억부담뿐만 아니라 작업기억용량 개인차에 의존한다고 설명하였다.

참고문헌

- 민수정, 김가민, 이도준, 김민식 (2013). 작업기억 부하에 의한 방추상얼굴영역의 방해자극 관련 정보처리의 감소. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 25, 1-24.
- 박태진, 김정희 (2011). 지각부담이 정서처리에 미치는 영향: ERP 연구. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 23, 583-603.
- Adolphs, R., Jansari, A., & Tranel, D. (2001). Hemispheric perception of emotional valence from facial expressions. *Neuropsychology*, 15, 516-524.
- Ahmed, L., & de Fockert, J. W. (2012). Focusing on attention: The effects of working memory capacity and load on selective attention. *PLoS ONE*, 7(8), e43101. doi:10.1371/journal.pone.0043101.
- Batty, M. & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research*, 17, 613-620.
- Bentin, S., Taylor, M. J., Rousselet, G. A., Itier, R. J., Caldara, R., Schyns, P. G., Jacques, C., & Rossion, B. (2007). Controlling interstimulus perceptual variance does not abolish N170 face sensitivity. *Nature Neuroscience*, 10, 801-802.
- Blau, V. C., Maurer, U., Tottenham, N., & McCandliss, B. D. (2007). The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. *Behavioral and Brain Functions*, 3, doi:10.1186/1744-9081-3-7.
- Bradley, M. M. (2000). Emotion and motivation. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 602-642). New York: Cambridge University Press.
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1-11.
- Bradley M. M., Sabatinelli, D., Lang, P. J., Fitzsimmons, J. R., King, W. M., & Desai, P. (2003). Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behavioral Neuroscience*, 117, 369-380.
- Brewin, C. R., & Smart, L. (2005). Working memory capacity and suppression of intrusive thoughts. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 36, 61-68.

- Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 354-373.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 331-335.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Doallo, S, Holguin, S. R., Cadaveira, F. (2006). Attentional load affects automatic emotional processing: evidence from event-related potentials. *Neuroreport*, 17, 1797-1801.
- Dolan, R. J., & Vuilleumier, P. (2003). Amygdala automaticity in emotional processing. *Annals of the New York Academy of sciences*, 985, 348-355.
- Eastwood, J. D., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2001). Differential attentional guidance by unattended faces expressing positive and negative emotion. *Perception & Psychophysics*, 63, 1004-1013.
- Eimer, M., Holmes, A., & McGlone, F. P. (2003). The role of spatial attention in the processing of facial expression: an ERP study of rapid brain responses to six basic emotions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 97-110.
- Erk, S., Kleczar, A., & Walter, H. (2007). Valence-specific regulation effects in a working memory task with emotional context. *NeuroImage*, 37, 623-632.
- Hariri, A. R., Tessitore, A., Mattay, V. S., Fera, F., & Weinberger, D. R. (2002). The Amygdala Response to Emotional Stimuli: A Comparison of Faces and Scenes. *NeuroImage* 17, 317-323.
- Fox, E., Lester, V., Russo, R., Bowles, R. J., Pichler, A., & Dutton, K. (2000). Facial expressions of emotion: Are angry faces detected more efficiently? *Cognition & Emotion*, 14, 61-92.
- Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: The effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology*, 116, 2613-2631.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2000). Working memory capacity, proactive interference, and divided attention: Limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 333-358.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in cognitive sciences*, 9, 75-82.
- Le Doux, J. E. (1996). *The emotional brain*. New York: Simon & Schuster.
- Jansari, A., Tranel, D., & Adolphs, R. (2000). A

- valence-specific lateral bias for discriminating emotional facial expressions in free field. *Cognition and Emotion*, 14, 341-353.
- McRae, K., Hughes, B., Chopra, S., Gabrieli, J. D. E., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2010). The neural bases of distraction and reappraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 248-262.
- Mogg, K., & Bradley, B. P. (1999). Orienting of attention to threatening facial expressions presented under conditions of restricted awareness. *Cognition & Emotion*, 13, 713-740.
- Padmala, S., & Pessoa, L. (2008). Affective learning enhances visual detection and responses in primary visual cortex. *The Journal of Neuroscience*, 28, 6202-6210.
- Pessoa, L., Kastner, S., & Ungerleider, L. G. (2002). Attentional control of the processing of neutral and emotional stimuli. *Cognitive Brain Research*, 15, 31-45.
- Pessoa, L., Padmala, S., & Morland, T. (2005). Fate of unattended fearful faces in the amygdala is determined by both attentional resources and cognitive modulation. *Neuroimage*, 28, 249-255.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1997). The role of working memory capacity in retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 211-227.
- Rossion, B., & Jacques, C. (2008). Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. *Neuroimage*, 39, 1959-1979.
- Schmeichel, B. J., Volokhov, R. N., & Demaree, H. A. (2008). Working memory capacity and the self regulation of emotional expression and experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 95, 1526-1540.
- Schupp, H. T., Stockburger, J., Bublitzky, F., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2007). Explicit attention interferes with selective emotion processing in human extrastriate cortex. *BMC Neuroscience*, 8:16, doi:10.1186/1471-2202-8-16.
- Silvert, L., Lepsien, J., Fragopanagos, N., Goolsby, B., Kiss, M., Taylor, J. G., Raymond, J. E., Shapiro, K. L., Eimer, M., & Nobre, A. C. (2007). Influence of attentional demands on the processing of emotional facial expressions in the amygdala. *Neuroimage*, 38, 357-366.
- Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.
- Unsworth, N., Schrock, J. C., & Engle, R. W. (2004). Working memory capacity and the antisaccade task: Individual differences in voluntary saccade control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 1302-1321.
- Van Dillen, L. F., & Derks, B. (2012). Working memory load reduces facilitated processing of threatening faces: An ERP study. *Emotion*, 12, 1340-1349.
- Van Dillen, L. F., Heslenfeld, D. J., & Koole, S. L. (2009). Tuning down the emotional brain: An fMRI study of the effects of cognitive

- load on the processing of affective images. *NeuroImage*, 45, 1212-1219.
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: An event-related fMRI study. *Neuron*, 30, 829-841.
- Williams, M. A., McGlone, F., Abbott, D. F., & Mattingley, J. B. (2005). Differential amygdala responses to happy and fearful facial expressions depend on selective attention. *NeuroImage*, 242, 417-425.

1 차원고접수 : 2014. 12. 15

수정원고접수 : 2015. 01. 27

최종게재결정 : 2015. 01. 27

Working Memory Load Effect on Negative Emotional Face Processing Depends on Individual Differences in Working Memory Capacity

Taejin Park

Junghee Kim

Department of Psychology, Chonnam National University

The present study examined whether individual differences in working memory capacity (WMC) modulate the effect of working memory load on emotional face processing. Each group of high-span and low-span was selected by virtue of participants' WMC scores of operation span task. Working memory load (WML) was manipulated within subjects by the mental rehearsal of two (low-WML) versus six (high-WML) visual objects in delayed recognition task. A picture of negative (angry) or neutral face was presented during delay while event-related brain potentials were recorded. Behavioral results of recognition judgment showed that relative inaccuracy by negative face compared to neutral face was found only at high-WML. In case of low-WML, valence effects (enhanced N170 amplitude to negative compared to neutral face) were found on both left and right hemispheres of low-span as well as high-span. But, in case of high-WML, valence effect was found only on right hemisphere of high-span. These results suggest that working memory load reduces attentional resources for distracting negative facial expressions, but high-span of working memory can process facial expressions even under high load of working memory. Taken together, these findings demonstrate that facial expression processing is dependent on attentional resources.

Key words : working memory capacity, emotional face processing, working memory load, ERP, N170