

## 작업기억 부담이 부정 얼굴정서 처리에 미치는 영향: ERP 연구\*

박 태 진\*

김 정 희†

전남대학교 심리학과

작업기억 부담이 부정 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 밝히기 위해, N-back 과제 수행 도중 제시된 부정 얼굴표정에 의해 유발된 ERP 성분들을 조사하였다. 한 개씩 순차적으로 제시되는 시각적 사물그림들에 대한 기억을 유지하고 갱신하도록 요구하면서(N-back 과제) 이 사물그림들이 제시되는 사이에 공포표정 또는 중립표정의 얼굴자극을 하나씩 제시하였는데, 작업기억 부담을 0-back 조건(저부담)과 2-back 조건(고부담)으로 조작하였다. N-back 과제 수행반응을 분석한 결과, 고부담조건에 비해 저부담조건에서 더 빠르고 정확한 반응이 관찰되었다. 얼굴자극에 의해 유발된 ERP 평균진폭을 분석한 결과, 후두영역에서 측정된 P1 진폭에서는 정서가효과는 유의미하지 않았고 작업기억 부담효과만 유의미하였다(고부담 > 저부담). 후측 후두-측두 영역에서 측정된 N170 진폭에서 얼굴 정서가효과는 전반적으로는 유의미하였지만(부정 > 중립) 세부적으로는 작업기억부담과 반구에 따라 다르게 나타났는데, 정서가효과가 좌반구에서는 저부담조건인 경우에만, 우반구에서는 두 부담조건 모두에서 관찰되었다. 결국, 얼굴표정의 부정 정서가 N170에 미치는 영향이 좌반구에서는 작업기억 부담에 의해 조절되었지만 우반구에서는 그렇지 않았다. 이러한 결과는, 부정 얼굴표정의 초기 정서처리가 작업기억의 유지 및 조작 부담이 큰 경우 좌반구에서는 악화되거나 일어나지 않을 수 있는 반면, 우반구에서는 작업기억 부담의 크기에 관계없이 일어남을 보여주는 것으로써, 부정 얼굴정서 처리의 우반구 편재를 시사한다.

주제어 : 작업기억 부담, 부정 얼굴정서 처리, 반구 편재화, N170, P1

---

\* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임  
(NRF-2014S1A5A2A01016925).

† 교신저자: 김정희, 전남대학교 심리학과

E-mail: junghee@jnu.ac.kr

얼굴표정을 통해 드러나는 정서적 표현은 중요한 사회적 상호작용을 매개하는 역할을 한다. 얼굴정서 처리는 얼굴 특징에 대한 구조적 부호화와 정서처리를 포함하는 자동적이고 기능적인 활동이다. 얼굴처리에 관한 전통적인 Bruce와 Young(1986)의 모형에 따르면, 먼저 시각적인 구조적 부호화가 이루어진 후 얼굴정보처리와 얼굴정서처리가 서로 독립적인 경로에서 병렬적으로 처리되며, 이 관점에 따르면 얼굴정체성과 얼굴표정의 처리는 서로 구분된다. 그러나 얼굴표정을 얼굴정체 판단과 독립적으로 처리하도록 요구했을 때조차 얼굴표정 처리가 얼굴정체성과 친숙성에 의해 조절되었고(Schweinberger & Soukup, 1998), 낯선 얼굴을 학습할 때 이 얼굴들이 단일한 표정보다는 여러 표정들로 제시되는 경우 학습이 더 촉진되었는데(Baudouin et al., 2000), 이는 얼굴정서 처리와 정체판단이 독립적으로 처리되지 않고 상호작용한다는 것을 시사해주는 결과이다. 이에 따르면 얼굴정서 처리는 얼굴 정보처리와 동시에 일어나면서 아울러 얼굴 정보처리에 대해 조절효과를 미치는데, 이러한 얼굴 정보처리의 시간적 경과를 살펴본 ERP(event-related potentials) 연구들은 얼굴정서 처리와 관련된 ERP성분으로서 흔히 P1과 N170을 보고하였다.

P1은 자극 제시 후 60-80ms에서 시작하여 100-130ms에서 정점에 도달하는 초기 성분으로서 두정-후두(parietal-occipital) 영역을 중심으로 관찰된다. 흔히 P1은 기초적인 낮은 수준의 시각적 정보에 민감하게 반응하는 시각적 유발전위(visual evoked potential)로 잘 알려져 있다(Rossion & Jacques, 2008). 여러 연구들이 얼굴자극의 경우 다른 사물자극에 비해 더 큰 진폭의 P1이 관찰된다고 보고하였지만(Itier & Taylor, 2004, Lui et al., 2002), 이러한 결과가 일관되게 관찰되지는 않았다(Boutsen et al., 2006; Rossion et al., 2003; Rousselet et al., 2005). 한편, P1과 달리 많은 연구들이 일관되게 얼굴자극과 다른 사물자극의 차이를 N170에서 확인하였는데, N170은 외측 후두-측두(lateral occipito-temporal) 영역에서 관찰되는 부정 파형으로서 그 범위는 자극 제시 후 120-220ms이며 정점은 약 170ms이다. 얼굴 외의 사물에 비해 얼굴자극에 대해 더 뚜렷하고 진폭이 부정적으로 더 큰 N170이 관찰되는데, N170은 얼굴 친숙성의 영향을 별로 받지 않으므로(Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 2000) 얼굴의 정체식별 이전에 일어나는 얼굴의 지각적 구조적 부호화를 반영하는 지표로 흔히 간주된다(Rossion et al., 2003; Itier & Taylor, 2004). 이러한 얼굴-특수 구조적 부호화는 원래Bruce와 Young(1986)의 얼굴처리모형에서 제안된 단계로서, 여기서 얼굴 속성들의 시각적 표상들이 생성된다.

얼굴표정의 정서처리와 얼굴의 구조적 부호화가 상당 정도 서로 독립적으로 이루어진다고 보는 대표적 연구자가 Eimer인데, 그에 따르면 N170성분은 얼굴 식별, 즉 구조적 부호화만을 반영한다. 예를 들어, Eimer와 Holmes(2002)는 공포표정 얼굴, 중립표정 얼굴, 집의 사진을 바르게 또는 역전시켜 제시하고서 동일한 자극이 연속적으로 반복되는지를 탐지하도록 요구하였다. 그 결과, 얼굴자극이 바르게 제시된 경우 공포표정보다 중립표정에 대해 전두중앙영역에서 더 큰 진폭의 N1(110 - 150ms)과 더 작은 진폭의 P2(155 - 200 ms)가 발생함으로써 정서가효과가 관찰되었지만, 구조적 부호화를 반영하는 것으로 알려진 외측 후두-측두영역의 N170에서는 정서가효과가

관찰되지 않았다. Eimer, Holmes, 그리고 McGlone(2003)은 기본적 표정들, 즉 공포, 분노, 혐오, 행복, 슬픔, 놀람 표정의 정서처리가 초점주의를 요구하는지 여부를 조사하였다. 그들은 화면 중앙에 두 개 선분 그리고 그 양 옆에 동일한 표정얼굴 한 개씩을 동시에 제시하고서 얼굴표정이 정서적인지 여부를 판단하거나(초점주의조건; 실험 1) 선분 길이가 동일한지 여부를 판단하도록(비주의조건; 실험 2) 요구하였다. 그 결과, 전두중양영역에서 자극 제시 후 약 160ms에서 시작되는 정서가효과가 초점주의조건에서만 관찰되었고, 후두-측두영역의 N170에서는 어느 조건에서도 정서가효과가 관찰되지 않았다. 참고로, 이상 연구에서는 후두-측두영역의 P1을 분석하지는 않았다. 이처럼 얼굴정서처리가 N170보다 시간상 더 빨리 일어나며 아울러 얼굴식별과 관련된 N170과는 무관하게 일어난다는 결과는 얼굴정서 처리가 얼굴의 구조적 부호화와 독립적이고 병렬적으로 이루어짐을 시사한다(Eimer & Holmes, 2007).

그러나 최근 여러 연구들이 얼굴표정의 정서에 의한 N170의 조절효과를 보고하였다. Batty와 Taylor(2003)는 여러 정서적 얼굴표정들과 중립표정의 얼굴, 그리고 얼굴 이외의 자극(자동차, 비행기, 잠자리)을 섞어서 하나씩 제시하고서 얼굴 아닌 자극을 탐지하도록 요구하였다. 그 결과, 외측 후두-측두영역의 N170에서는 다른 표정에 비해 공포표정에서 더 큰 진폭이 관찰되었고, 후두영역의 P1에서는 각 정서들간 차이가 유의미하지 않았다. Pegna 등(2008)은 공포, 행복, 또는 중립표정의 얼굴자극을 하나씩 제시한 후 차폐시키고서 실험참가자에게 공포표정을 탐지하도록 요구하였는데, 얼굴자극의 노출기간을 자각 불가능한 기간(16ms)부터 충분히 자각 가능한 기간(266ms)에 이르기까지 다양하게 조작하였다. 그 결과 N170 진폭에 있어 자각 가능한 노출기간뿐만 아니라 자각 불가능한 노출기간에서도 정서가효과가 관찰되었고(공포표정 > 행복표정, 중립표정), 원천위치분석(sLORETA) 결과 활성화 뇌영역의 위치로서 양반구 외측 후두-측두피질이 관찰되었으며, 아울러 좌반구보다 우반구에서 더 큰 활성화를 확인하였다. 한편 외측 후두-측두영역의 P1에서는 정서가효과가 관찰되지 않았다. Sprengelmeyer와 Jentsch(2006)는 정서표정(공포, 분노, 혐오)과 정서의 강도수준(3개 수준)이 상이한 얼굴들을 하나씩 제시하고서 성별판단을 요구하였는데, P1의 경우 정서표정과 강도의 효과가 모두 관찰되지 않았으며, N170의 경우 정서표정 효과는 관찰되지 않았지만 강도 효과가 특히 외측 후두-두정영역에서 가장 크게 관찰되었다. 강도가 낮은 얼굴표정은 사실상 중립표정에 가까우므로 N170에서 관찰된 강도효과는 정서가효과와 유사하다고 볼 수 있다. Utama 등(2009) 역시 정서표정(중립표정을 포함한 7개 범주)과 정서의 강도수준(10개 수준)을 조작하고서 정서의 범주판단과 강도평정을 순차적으로 요구하였다. 그 결과, 우반구 외측 후두-측두영역에서 P1 진폭은 정서의 탐지정확도와 상관된 반면 N170 진폭은 정서의 강도평정과 상관되었는데, 이는 얼굴 정서의 탐지가 매우 빨리(100ms 이내) 일어난 직후 정서강도의 평가를 포함한 세부적 처리가 후속된다는 것을 시사한다. 또한 원천위치분석(sLORETA) 결과, P1과 N170 모두 그 원천으로서 우반구 후두-두정피질이 확인되었다.

지금까지 N170이 얼굴표정과 관련된 정서처리를 반영한다고 보고한 연구들을 살펴보았는데,

N170과 달리 P1이 얼굴정서 처리와 관련된다는 것을 밝힌 연구(예, Utama et al., 2009)는 비교적 드물다. 한편, N170이 얼굴표정의 정서가뿐만 아니라 정서와 무관한 인지적 요인들의 영향을 받는다는 것을 여러 연구들이 보고하였는데, 얼굴자극의 변별성이 낮은 경우에는 얼굴에 대한 주의집중 여부에 따라(Sreenivasan et al., 2009), 얼굴자극의 수로 조작된 작업기억의 부담수준에 따라(Morgan et al., 2008), 특정 사물에 대해 지각적 전문성을 갖게 됨에 따라(Tanaka & Curran, 2001), 지각적 훈련을 통해 친숙해짐에 따라(Rossion et al., 2004) N170이 조절된다. 이러한 결과들은 N170이 정서가 이외에도 주의나 지각적, 인지적 처리부담에 의해 영향 받는다는 것을 시사한다.

최근 작업기억 부담이 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 여러 연구들이 보고하였다. MacNamara, Schmidt, Zelinsky, 그리고 Hajcak(2012)는 지연재인과제를 사용하였는데, 2개 또는 6개 글자를 제시한 후 짧은 파지기간 후 이 글자들을 회상해내도록 요구함으로써 작업기억 부담을 작게(1개; 저부담) 또는 크게(6개; 고부담) 조작하였다. 파지기간 동안 공포표정 또는 중립표정 얼굴을 제시하고서 이 얼굴자극을 단지 수동적으로 바라보도록 실험참가자들에게 요구하면서, 이 얼굴에 의해 유발된 ERP와 안구운동을 동시에 측정하였다. 여기서 안구운동의 측정은 작업기억 부담이 얼굴자극의 각성 유발영역(특히 눈)에 대한 시각적 응시를 감소시켰을 가능성을 조사하기 위해 이루어졌는데, 눈 영역에 대한 응시가 저부담조건에 비해 고부담조건에서 오히려 더 증가함으로써 작업기억 부담이 시각적 주의에 영향을 미칠 가능성은 배제되었다. 후두-측두영역의 N170 그리고 중앙-두정영역의 LPP(late positive potential; 자극제시 후 400-1000ms)는 모두 그 진폭이 저부담조건에 비해 고부담조건에서 더 작았고 중립표정에 비해 공포표정에 대해 더 컸다. 하지만 작업기억 부담과 얼굴표정 정서가의 상호작용은 관찰되지 않았는데, 작업기억 부담이 큰 경우에도 작은 경우와 마찬가지로 정서가효과가 관찰되었다. Van Dillen과 Derks(2012) 역시 지연재인과제를 사용하여 작업기억 부담을 조작하였는데, 앞서 MacNamara 등(2012)과 달리 작업기억 부담에 따른 정서가효과의 차이를 보고하였다. 그들은 1개 또는 8개 숫자를 제시하고 이를 기억하도록 요구하였는데, 지연기간 동안 제시된 분노표정 또는 행복표정 얼굴에 대해 성별판단을 요구하면서 이 얼굴에 의해 유발된 ERP를 측정하였다. 그 결과, 두정-후두영역의 P1 진폭은 저부담조건보다 고부담조건에서 더 높았지만 정서가효과는 관찰되지 않았다. 전두-중앙영역의 N2 진폭에서는 작업기억 저부담조건의 경우 정서가효과가 관찰되었지만(행복표정>분노표정) 고부담조건의 경우에는 정서가효과가 관찰되지 않았다. LPP진폭의 경우에도 정서가효과가 저부담조건에서는 관찰되었지만(분노표정>행복표정) 고부담조건에서는 관찰되지 않았다. 이러한 연구결과들은 작업기억 부담이 클수록 정서처리가 일어나지 않을 가능성을 지지하는 것으로서, 정서처리가 작업기억용량(working memory capacity; WMC) 또는 주의자원에 의존한다는 것을 시사한다.

MacNamara 등(2012)의 연구에서 N170과 LPP 모두에서 작업기억 부담과 얼굴표정의 정서가 사이에 상호작용이 관찰되지 않고 고부담조건에서도 정서가효과가 관찰된 이유를 다음과 같이 추

론해볼 수 있다. 무엇보다, MacNamara 등의 지연재인과제에서 조작한 고부담조건이 부담수준이 그다지 높지 않았을 가능성이 있는데, 그들의 고부담조건은 6개 글자를 기억하도록 요구하였다. 반면, Van Dillen 등(2012)의 연구에서는 고부담조건에서 8개 숫자를 기억하도록 요구하였다. 또 다른 이유로서 정서적 자극에 대한 지시의 차이를 들 수 있다. MacNamara 등(2012)은 제시된 얼굴자극에 대해 별다른 과제 지시를 하지 않고 단지 이를 수동적으로 바라보도록 하였는데, 이로 인해 자극의 정서적 속성에 대해 어느 정도 주의를 기울여졌을 가능성이 있다. 반면 Van Dillen 등(2012)은 얼굴자극에 대해 성별판단을 요구하였는데, 이로 인해 과제와 관련된 성-관련 얼굴속성에는 선택적으로 주의를 기울이고 과제와 무관한 정서적 얼굴속성은 상대적으로 무시하였을 가능성이 있다. 아울러 MacNamara 등(2012)에서는 참가자가 지연재인과제만 수행하면 되었지만, Van Dillen 등(2012)에서는 참가자가 사실상 두 가지 과제를 연이어 수행함에 따라 작업기억 부담이 더 컸을 가능성이 있다. 작업기억 부담의 조작 방법 외에 이 두 연구의 차이로서 분석 대상 ERP성분을 들 수 있는데, Van Dillen 등(2012)에서는 MacNamara 등(2012)과 달리 얼굴-특유 N170의 분석결과를 제시하지 않았다. 또한 Van Dillen 등(2012)은 N2와 LPP와 같은 후기 ERP성분에서 작업기억 부담에 의한 정서 조절효과를 관찰하였지만, P1, N1, 그리고 P2와 같은 초기 성분에서는 정서가와 관련된 효과를 전혀 관찰하지 못했는데, 이는 이 연구에서 조작된 작업기억 고부담 역시 충분히 크지 않은데 기인했을 가능성을 짐작해볼 수 있다.

지금까지 작업기억 부담과 얼굴정서 처리 사이의 관계를 다룬 연구들과 시사점들을 살펴보았다. 이러한 고찰을 바탕으로 본 연구는 작업기억 부담이 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 다음 방법을 적용하여 다루고자 하였다. 첫째, 작업기억 부담수준 가운데 고부담수준의 부담 정도가 보다 더 크게끔 하고자 작업기억 조작(manipulation)을 요구하는 N-back과제를 사용하였다. 지연재인과제는 기본적으로 정보의 단기적 유지(maintenance)를 요구하는데 반해, N-back과제는 정보의 단기적 유지뿐만 아니라 갱신과 같은 조작을 요구한다. 얼굴 이외의 정서적 자극의 처리와 작업기억 부담의 관계를 다룬 연구 가운데 작업기억 조작을 요구하는 방법을 사용한 연구로서 Van Dillen, Heslenfeld, 그리고 Koole(2009)의 fMRI연구를 들 수 있다. 이들은 중립적 또는 혐오적 IAPS 사진자극을 제시한 직후 복잡하거나(고부담) 단순한(저부담) 수학문제를 풀도록 요구하였는데, 그 결과, 고부담 수학문제는 DLPFC의 큰 활성화를 초래한 반면, 혐오적 자극에 대한 부적 정서평정의 감소와 아울러 편도체와 도피질 활동의 감소를 초래하였다. 본 연구는 N-back과제에서 0-back 조건(저부담)과 2-back조건(고부담)을 적용하여 특히 작업기억 고부담수준이 매우 높은 경우 얼굴정서 처리에 미치는 영향이 어떠한지 조사하고자 하였다. 둘째, Van Dillen 등(2012)은 P1과 같은 초기 ERP성분에서 작업기억 부담효과만을 관찰했고 정서가효과는 관찰하지 못하였는데, 이와 관련하여 앞서 살펴본 바와 같이 여러 연구들이 상충된 결과들을 보고하였다(Barry & Taylor, 2003; Pegna et al., 2008; Sprengelmeyer & Jentsch, 2006; Utama et al., 2009). 또한 Van Dillen 등은 얼굴 특유 N170을 분석하지 않았다. 본 연구의 주된 관심사는 얼굴정서 처리가 초기에 일어나

는지, 특히 얼굴정서 처리가 초기에 작업기억 부담의 영향을 받는지 검증하는데 있다. 이를 위해 P1과 N170을 중심으로 ERP성분을 분석하고자 하였다. 셋째, Van Dillen 등(2012)은 분노표정을 행복표정과 비교하고 중립표정과는 비교하지 않았는데, 분노와 행복의 두 표정은 모두 정서적 표정인 바 얼굴표정의 정서가효과를 판단하기 위해서는 중립표정과의 비교가 보다 적합할 것이다. 본 연구에서는 얼굴표정의 정서가효과를 판단하기 위해 중립표정을 비교조건으로 삼았다. 넷째, 얼굴표정의 정서가가 N170에 미치는 조절효과를 보고한 여러 연구들이 공포표정에서 중립표정과 행복표정에 비해 더 큰 N170 진폭을 관찰하였고 행복표정과 중립표정의 차이는 관찰하지 못했다(Batty & Taylor, 2003; Calvo & Beltrán, 2014; Leppänen et al., 2007; Pegna 등, 2008). 이처럼 행복표정과 같은 정적 표정보다 공포나 분노와 같은 부정 표정이 얼굴-민감 N170에서 통상 뚜렷한 정서가효과를 일으키는데, 공포나 분노는 위협과 관련된 정서로서 인간의 공포체계를 활성화시키는 전형적 자극이며(Öhman, 1986) 생태학적으로 중요한 자극으로서 주의와 정서기전의 영향으로 인해 초기 감각단계에서 더 깊은 처리를 촉진시킬 수 있다(Pourtois et al, 2005). 따라서 본 연구에서는 다른 정서표정에 비해 얼굴-민감 N170에 정서적 조절효과를 비교적 뚜렷하게 미치는 것으로 밝혀진 공포표정을 정서적 얼굴표정으로 선택하였다. 다섯째, 부정 얼굴표정이 좌반구보다 우반구에 편재되어 더 잘 처리된다고 여러 연구들이 보고한 바 있다. Jansari, Tranel, 그리고 Adolphs(2000)는 긍정정서는 시야의 좌반구에, 부정정서는 우반구에 편재되어 지각적으로 더 잘 처리된다고 보고하였고, Adolphs, Hansari, 그리고 Tranel(2001)는 편측 피질손상환자의 경우 시야의 좌측에 정적 얼굴(행복)이 제시될 때에는 좌반구 손상환자와 우반구 손상환자 모두 지각적 변별이 우수하였지만, 시야의 좌측에 부정 표정(슬픔)이 제시될 때에는 우반구 손상환자의 지각적 변별이 저조하다고 보고하였다. Hariri 등(2002)은 정서적 얼굴표정(공포나 분노)에 대해 좌반구보다 우반구의 편도체 활성화가 더 크게 일어난다고 보고하였다. 본 연구에서는 부정 얼굴정서 처리에 미치는 작업기억 부담의 영향에 있어서도 반구 편재화가 일어나는지 검증하고자 하였다.

요약하면, 본 연구는 N-back 과제를 이용하여 작업기억 부담을 조작하고, 부담수준이 부정 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 P1과 N170 성분을 중심으로 조사하고자 하였다. 그럼으로써 작업기억용량 또는 주의자원이 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 밝히고자 하였다.

## 방 법

### 참가자

오른손잡이이며 뇌 손상이나 정신질환이 없다고 주장한 정상인 대학생 33명이 실험에 자발적

으로 참여하였으며, 이 가운데 EEG 데이터 획득과정에서 일부 누락이 발생한 참가자 2명, 과제 수행상 오류율이 지나치게 높았던(2-back 조건에서 50% 이상) 참가자 3명을 제외한 28명(남자 17명, 여자 11명; 평균연령 22세)의 데이터를 최종 분석하였다. 이 연구는 IRB 심사 및 승인을 받았고, 참가자들은 기본적인 연구윤리에 대한 설명을 듣고서 실험 동의서를 작성하였으며 소정의 참가비를 지급받았다.

### 실험자극

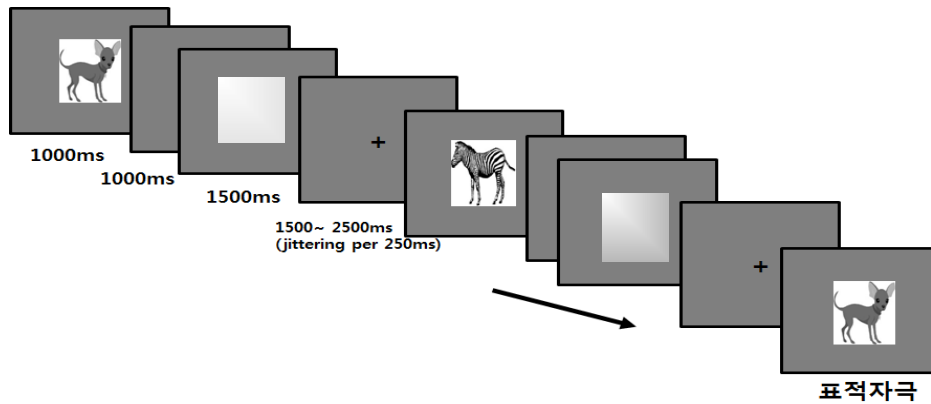
N-back 과제의 표적자극으로 사물의 그림자극을 사용하였다. 실험조건에 사용할 자극을 위해 6개 이상의 사물 범주(동물, 나무, 꽃, 과일, 자동차, 집, 공산품 등)에서 102개 그림자극들을 추출하였는데, 이들은 모두 색상을 띤 그림이었고 모든 실험조건을 통틀어 한 번씩만 제시되었다. 얼굴자극으로써 고려대 심리학과에서 제작한 얼굴표정 사진자극을 사용하였는데, 이 가운데 부적 얼굴표정으로 94개 공포표정, 중립적 얼굴표정으로 94개 무표정을 선택하였는데, 이들은 모두 색상을 가진 자극들이었다. 각 얼굴자극은 작업기억 고부담조건과 저부담조건을 통틀어 1회씩 제시되었다. 그림자극과 얼굴자극 모두 화면의 정중앙에 제시하였고 배경은 짙은 회색이었으며 그 크기(시각  $7.2^{\circ} \times 9.1^{\circ}$ )는 동일하였다.

### 절차

실험과제는 N-back 과제였으며 작업기억 부담을 저부담(0-back 조건)과 고부담(2-back 조건)의 두 가지로 조작하였다. 저부담조건에서는 사전에 알려준 그림자극이 나타날 때마다 버튼을 누르도록 요구하였고, 고부담조건에서는 현재 제시되는 그림자극이 두 시행 전에 나왔던 그림자극과 일치하면 버튼을 누르도록 요구하였다. 따라서 저부담조건과 달리 고부담조건에서는 순차적으로 제시되는 그림자극을 매번 새로이 기억하고 갱신해야하는 인지부담이 매우 컸다.

두 부담조건(저부담과 고부담)과 두 얼굴표정조건(중립과 부정)의 조합, 즉 저부담-중립, 저부담-부정, 고부담-중립, 고부담-부정의 4개 세션을 구성하였다. 실험 참가자의 절반은 저부담조건 2개 세션(저부담-중립, 저부담-부정)을 먼저 수행하였고 나머지 절반 참가자는 고부담조건 2개 세션(고부담-중립, 고부담-부정)을 먼저 수행하였으며, 두 얼굴표정조건(중립과 부정)의 제시순서 역시 참가자에 따라 AB 또는 BA 순서로 역균형화하였다.

각 실험세션에서 먼저 2개 더미시행을 제시한 다음, 반응이 요구되지 않는 30개 시행(비반응시행)과 반응이 요구되는 15개 시행(반응시행)을 섞어서 제시하였다. 자극 제시는 응시점(1500~2500ms, 250ms 단위로 jittering 함), 그림자극(1000ms), 빈 화면(1000ms), 얼굴자극(1500ms)의 순서로 진행되었다(그림 1을 참고). 실험참가자들은 한 개씩 제시되는 그림자극들에 대해 N-back 과제를 수행하면서, 지연기간 동안 제시되는 얼굴자극은 단순히 바라보기만 하도록 지시받았다. 특히 안구운동과 눈 깜박거림을 최소화하기 위해 참가자들은 각 시행에서 얼굴자극이 제시되기



(그림 1) N-back 실험절차와 얼굴자극의 제시

직전(그림자극 제시 후 빈 화면이 제시될 때)부터 얼굴자극이 사라질 때까지 눈을 깜빡이지 않도록 지시받았다. 저부담조건 실험세션들과 고부담조건 실험세션들을 시작하기 직전에 각각 연습세션(저부담연습세션 또는 고부담연습세션)을 실시하였는데, 특히 고부담연습세션의 경우 50% 이상 정확반응률을 보일 때까지 연습세션을 반복하여 실시하였다. 연습세션은 2개 더미시행, 10개 비반응시행, 그리고 5개의 반응시행으로 구성되었고 여기서 사용된 얼굴자극(모두 중립표정이었음)과 그림자극은 실험세션에서 사용되지 않은 자극들이었다.

### ERP 측정 및 분석

EEG는 전자기와 차폐시설이 된 실험실에서 Brain Products GmbH의 BrainAmp Standard와 BrainVision Recorder, 그리고 actiCAP을 이용하여 측정하였다. 측정 전극은 10-20 국제체계 배열에 따른 40개 위치(Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, TP9, TP7, CP5, CP1, CP2, CP6, TP8, TP10, P9, P7, P3, Pz, P4, P8, P10, PO9, PO7, PO8, PO10, O1, Oz, O2, O9, O10)와 안구운동을 측정하기 위한 2개 위치(HEOG와 VEOG)에 부착하였다. 참조전극은 정중선 중앙 위치(Cz) 바로 앞에 부착하였다. EEG 표집률은 250Hz, High-pass filter는 0.01Hz, Low-pass filter는 30Hz였고, 피부저항(skin impedance)은 5k $\Omega$ 이하로 유지하였다.

ERP 데이터를 Brain Products GmbH의 BrainAnalyzer를 사용하여 분석하였는데, 참조전극을 전체 전극들의 평균값으로 변환하여 분석하였다. 눈 깜빡임이나 눈 운동의 영향을 Gratton과 Coles 방식으로 교정하였다. 얼굴자극 제시 전 200ms에서 자극 제시 후 1000ms까지로 분석구간(epoch)을 설정하여, 이 구간에서 전압이 100 $\mu$ V이상이거나 -100 $\mu$ V미만인 경우, 또는 최대전압과 최소전압의 차이가 100 $\mu$ V가 넘는 경우는 분석에서 제외하였다. 그리고 자극 제시 전 200ms 동안의 평균 진폭을 기저선으로 삼아 ERP 데이터를 영점 교정하였다(기저선 교정; baseline correction). 키이 누르



기 반응에 의한 ERP 왜곡을 막기 위해, 키 누르기 반응이 요구된 반응시행들(세션당 15개 시행)을 제외하고 비반응시행들(세션당 30시행)에서 구한 ERP 데이터만 분석하였다.

사전 분석이 끝난 전극들에서 실험조건별로 ERP 파형을 검토함으로써 얼굴에 민감한 N170 성분과 P1 성분이 가장 뚜렷하게 나타난 전극들을 조사하였는데, N170 성분과 관련하여 하측 후두-측두영역 전극들 가운데 PO7, PO8, PO9, 그리고 PO10을, P1 성분과 관련하여 후두영역 전극들 가운데 O1과 O2를 분석대상 전극들로 선택하였다. 이 전극위치들은 얼굴처리를 다룬 ERP 연구들(예, Dering 등, 2011; Itier 등, 2004; Rossion 등, 2011)에서 통상 얼굴-민감 N170과 P1을 측정하는데 사용되어온 전극위치들이다. 이 전극들을 반구별로 구분하여 실험조건별로 PO7과 PO9(좌반구)의 평균파형, 그리고 PO8과 PO10(우반구)의 평균파형을 구해서 N170 정점 잠재기(평균 190ms)를 확인하고, O1(좌반구)과 O2(우반구)의 파형에서 P1 정점 잠재기(평균 130ms)를 확인하였다. N170 정점 잠재기로부터 ±30ms 시간구간의 평균진폭을 구하고(N170 평균진폭) P1 정점 잠재기로부터 ±20ms 시간구간의 평균진폭을 구하였다.

## 결 과

### 행동 결과

실험조건별 행동 결과가 표 1에 제시되었다. 정확반응율과 반응시간을 각각 종속변인으로 삼아 작업기억 부담 × 정서가에 대한 반복측정 변량분석을 수행하였다. 그 결과, 정확반응률과 반응시간 모두에서 작업기억 부담의 주효과[정확반응률,  $F(1, 27) = 81.12, p < .001$ ; 반응시간,  $F(1, 27) = 30.01, p < .001$ ]가 유의미하였는데, 작업기억 저부담조건에서 고부담조건보다 더 빠르고 정확한 반응이 관찰되었다(정확율; 99% vs. 78%, 반응시간; 609ms vs. 711ms). 정서가의 주효과 및 상호작용효과는 모두 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 본 연구의 작업기억 부담 조작이 효과적으로 이루어졌음을 보여주는 것으로서, 지연재인과제를 통해 작업기억 부담을 조작하여 얼굴

〈표 1〉 작업기억 부담과 정서가에 따른 반응 결과

작업기억 부담수준	저부담		고부담	
	부정	중립	부정	중립
정확반응률(%)	98.8	99.3	79.4	76.0
표준오차	0.5	0.4	2.8	2.6
반응시간(ms)	608	610	713	708
표준오차	23	24	19	22

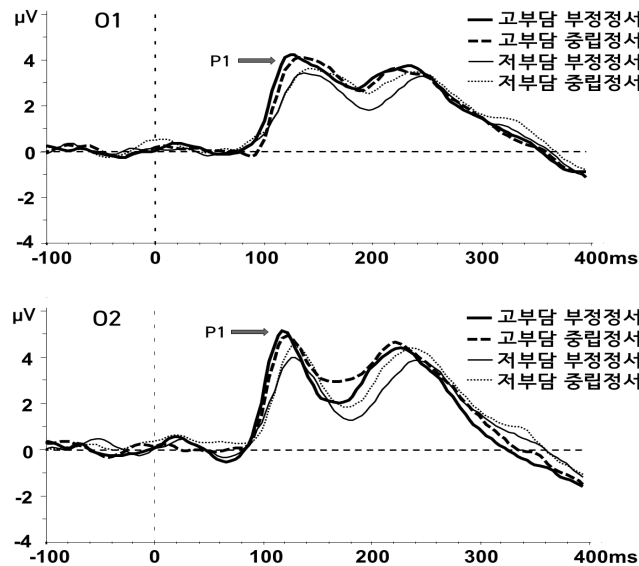
정서처리에 미치는 영향을 조사한 MacNamara 등(2012) 그리고 Van Dillen 등(2012)과 동일한 결과인데, 이들 연구에서도 행동 결과에서 유의미한 작업기억 부담효과가 관찰되었고 정서가와 관련된 효과는 관찰되지 않았다.

### ERP 결과

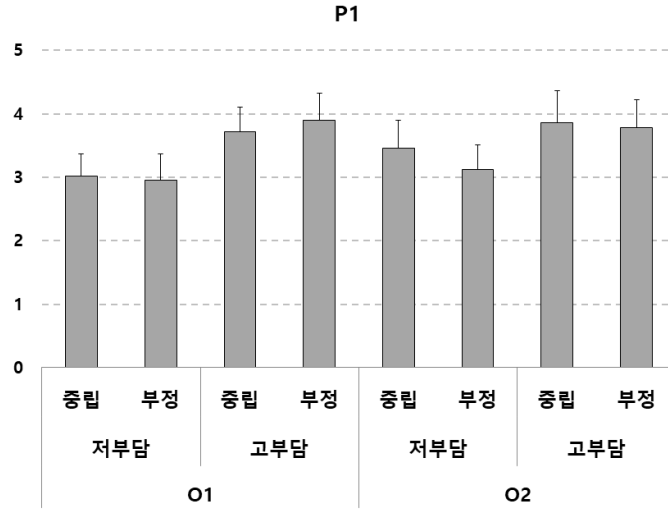
반구별로 후두영역 전극들(좌반구, O1; 우반구, O2)의 파형과 P1 성분, 그리고 P1 평균진폭을 각각 그림 2와 그림 3에 제시하였고, 하측 후두-측두영역의 전극들(좌반구, PO7과 PO9; 우반구, PO8과 PO10)의 평균파형과 N170 성분, 그리고 N170 평균진폭을 그림 4와 그림 5에 제시하였다. 후두영역의 P1 평균진폭과 하측 후두-측두영역의 N170 평균진폭을 종속변인으로 삼고 작업기억 부담과 정서가, 그리고 반구를 독립변인으로 삼아서 반복측정 변량분석 및 개별비교분석을 수행하였다. 아래 보고된 변량분석 결과는 모두 Greenhouse-Geisser 교정을 적용한 것이었는데 분석 결과의 자유도는 통상적 자유도를 기술하였고, 개별 비교를 위해 수행한 t검증은 모두 양방검증이었으며 유의도수준은 0.1%, 1%, 그리고 5%의 세 가지로 보고하였다.

### P1 평균진폭 분석

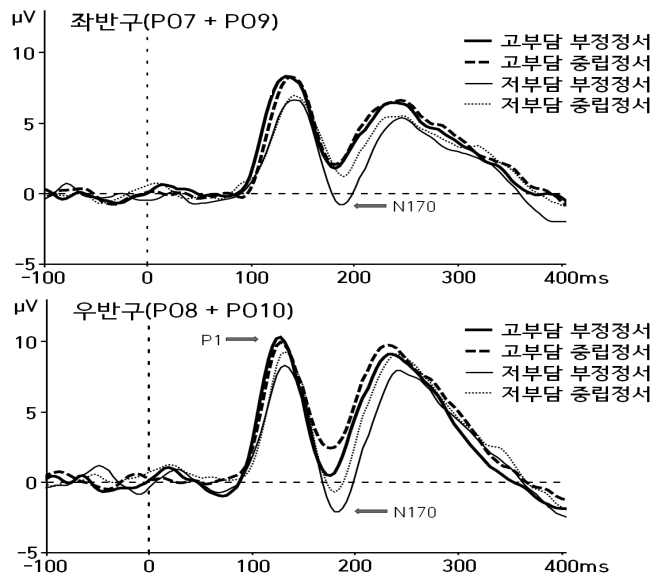
P1 평균진폭을 종속변인으로 삼아 전체 전극(40) × 작업기억 부담(2) × 정서가(2)에 대한 반복측정 변량분석을 수행한 결과, 전극 주효과[ $F(39, 1053) = 61.15, p < .001$ ] 그리고 전극과 작업기억 부담의 상호작용효과[ $F(39, 1053) = 3.84, p < .001$ ]가 유의미하였고, 그밖의 효과들은 유의



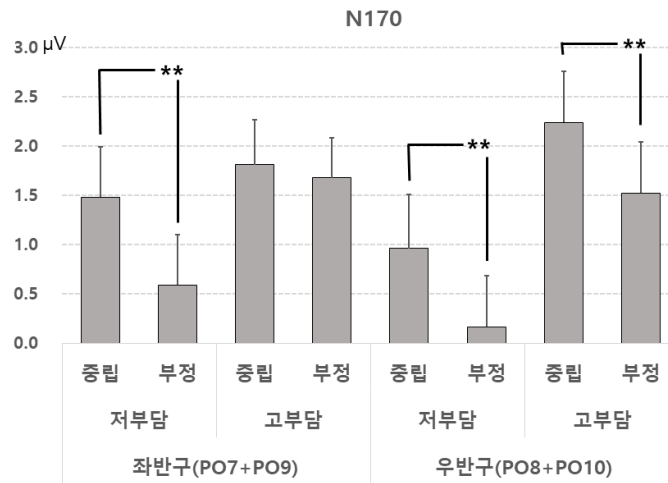
(그림 2) 후두영역의 P1 파형(좌반구, O1; 우반구, O2)



(그림 3) 반구, 부담조건, 그리고 얼굴표정 정서가에 따른 P1 평균진폭(오차막대기는 표준오차)



(그림 4) 하측 후두-측두영역의 N170 파형(좌반구; PO7과 PO9의 평균파형; 우반구, PO8과 PO10의 평균파형)



(그림 5) 반구별, 부담조건별, 그리고 얼굴표정의 정서가별 N170 평균진폭 (오차막대기는 표준오차; 정서가효과, \*\*  $p < .01$ )

미하지 않았다.

반구, 작업기억 부담, 그리고 정서에 따라 후두영역(좌반구, O1; 우반구, O2)에서 구한 P1 평균진폭이 그림 3에 제시되었다. 작업기억 부담(저부담 vs. 고부담) × 정서(중립 vs. 부정) × 반구(좌반구 vs. 우반구)에 대한 반복측정 변량분석을 수행하였다. 그 결과, 작업기억부담 주효과 [ $F(1, 27) = 6.27, p < .05$ ]만이 유의미하였는데, 저부담조건보다 고부담조건에서 더 정적인 P1 진폭이 관찰되었다. 반구의 주효과 [ $F(1, 27) = .21$ ], 정서의 주효과 [ $F(1, 27) = .18$ ], 그리고 모든 상호작용효과들은 유의미하지 않았다. 요약하면, P1에서 정서와 관련된 모든 효과가 관찰되지 않았고 작업기억 부담효과만 관찰되었는데, 작업기억 부담이 클수록 P1 진폭이 더 크게 정적으로 나타났다.

#### N170 평균진폭 분석

N170 평균진폭을 종속변인으로 삼아 전체 전극(40) × 작업기억 부담(2) × 정서(2)에 대한 반복측정 변량분석을 수행한 결과, 전극 주효과 [ $F(39, 1053) = 9.44, p < .001$ ]가 유의미하였으며, 정서 주효과 [ $F(1, 27) = 5.07, p < .05$ ]와 정서 × 전극 상호작용효과 [ $F(39, 1053) = 5.49, p < .001$ ]가 유의미하였고, 작업기억부담 주효과 [ $F(1, 27) = 2.72$ ]는 유의미하지 않았으며, 작업기억 부담 × 전극 상호작용효과 [ $F(39, 1053) = 8.56, p < .001$ ]는 유의미하였다. 그밖의 상호작용효과는 유의미하지 않았다.

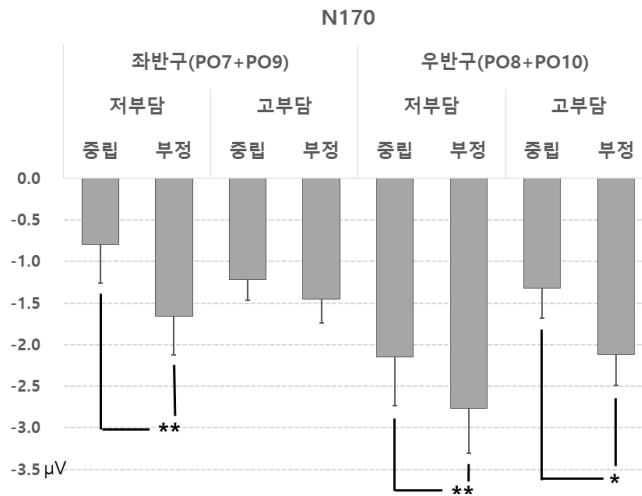
반구, 작업기억 부담, 그리고 정서에 따라 하측 후두-측두영역(우반구, PO8과 PO10의 평균; 좌반구, PO7과 PO9의 평균)에서 구한 N170 평균진폭이 그림 5에 제시되었다. 작업기억 부담(저

부담 vs. 고부담) × 정서가(중립 vs. 부정) × 반구(좌반구 vs. 우반구)에 대한 반복측정 변량분석을 수행하였다. 그 결과, 정서가 주효과[ $F(1, 27) = 15.34, p < .001$ ]가 유의미하였는데, 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보였다. 작업기억 부담 주효과[ $F(1, 27) = 19.96, p < .001$ ]가 유의미하였는데, 저부담조건이 고부담조건보다 더 부적인 평균진폭을 보였다. 반구 주효과[ $F(1, 27) = .13$ ]는 유의미하지 않았지만 반구 × 작업기억 부담 상호작용효과[ $F(1, 27) = 5.67, p < .05$ ]는 유의미하였고, 반구 × 작업기억 부담 × 정서가 상호작용효과[ $F(1, 27) = 4.08, p < .054$ ]는 주변적 유의도수준에서 유의미하였다. 그밖의 상호작용효과들은 모두 유의미하지 않았다.

반구와 관련된 상호작용효과가 유의미하였기 때문에 반구별로 작업기억부담 × 정서가에 대한 반복측정 변량분석을 수행하였다. 그 결과, 좌반구에서는 작업기억부담 단순주효과[ $F(1, 27) = 13.08, p < .01$ ]와 정서가 단순주효과[ $F(1, 27) = 6.27, p < .05$ ], 그리고 작업기억부담 × 정서가 단순상호작용효과[ $F(1, 27) = 4.32, p < .05$ ]가 모두 유의미하였다. 작업기억부담 조건별로 중립정서와 부정정서를 개별 비교한 결과, 저부담조건에서는 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보이는 정서가효과( $t(27) = 2.97, p < .01$ )가 관찰되었지만 고부담조건에서는 정서가효과가 관찰되지 않았다. 우반구에서는 작업기억부담 단순주효과[ $F(1, 27) = 17.87, p < .001$ ]와 정서가 단순주효과[ $F(1, 27) = 25.85, p < .001$ ]는 유의미하였지만 작업기억부담 × 정서가 단순상호작용효과는 유의미하지 않았다. 단순상호작용효과가 유의미하지 않았지만 작업기억부담 조건별로 중립정서와 부정정서를 개별 비교한 결과, 저부담조건[ $t(27) = 3.32, p < .01$ ]과 고부담조건[ $t(27) = 3.59, p < .01$ ] 모두에서 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보임으로써 정서가효과가 부담수준에 관계없이 관찰되었다. 요약하면, 하측 후두-측두영역의 N170에서 정서가효과는 반구와 작업기억 부담수준에 따라 상이하게 관찰되었는데, 정서가효과가 우반구에서는 작업기억 부담수준에 관계없이 항상 관찰된 반면, 좌반구에서는 고부담수준에서는 관찰되지 않았고 저부담수준에서만 관찰되었다.

추가로, N170에서 관찰된 효과들이 직전의 P1 효과에 기인했을 가능성을 고려한 분석을 수행하였다. 먼저, N170에 미치는 P1의 조절효과를 제거하기 위해 실험조건별로 먼저 P1 평균진폭(P1 정점 잠재기로부터  $\pm 30\text{ms}$  시간구간; 100-160ms 구간)을 구하고 이를 기저선으로 삼아서 N170 평균진폭을 교정함으로써(N170 평균진폭에서 P1 평균진폭을 감산함) 교정된 N170 평균진폭을 구하였다. 그림 6. 그 다음, 교정된 N170 평균진폭을 종속변인으로 삼고 작업기억 부담과 정서가, 그리고 반구를 독립변인으로 삼아서 반복측정 변량분석 및 개별비교분석을 수행하였다.

교정된 N170 평균진폭을 종속변인으로 삼아 작업기억 부담(저부담 vs. 고부담) × 정서가(중립 vs. 부정) × 반구(좌반구 vs. 우반구)에 대한 반복측정 변량분석을 수행한 결과 정서가 주효과[ $F(1, 27) = 26.77, p < .001$ ]가 유의미하였는데, 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보였다. 작업기억부담 주효과[ $F(1, 27) = 1.27$ ]와 반구 주효과[ $F(1, 27) = 3.68$ ]는 유의미하지 않았지



(그림 6) 반구별, 부담조건별, 그리고 얼굴표정의 정서가별 교정된 N170 평균진폭 (오차막대기는 표준오차; 정서가효과, \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ )

만, 반구 × 작업기억 부담 상호작용효과[ $F(1, 27) = 6.44, p < .05$ ]는 유의미하였고 반구 × 작업기억 부담 × 정서가 상호작용효과[ $F(1, 27) = 3.90, p < .05$ ]는 주변적 유의도수준에서 유의미하였다. 그밖의 상호작용효과들은 모두 유의미하지 않았다.

반구와 관련된 상호작용효과가 유의미하였기 때문에 반구별로 작업기억부담 × 정서가에 대한 반복측정 변량분석을 수행하였다. 그 결과, 좌반구의 경우 정서가 단순주효과[ $F(1, 27) = 18.72, p < .001$ ]는 유의미하였지만 작업기억부담 단순주효과[ $F(1, 27) = .13$ ]와 작업기억부담 × 정서가 단순상호작용효과[ $F(1, 27) = 2.29$ ]는 유의미하지 않았다. 작업기억부담 조건별로 중립정서와 부정정서를 개별 비교한 결과, 저부담조건에서는 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보인 정서가효과( $t(27) = 3.63, p < .001$ )가 관찰되었지만 고부담조건에서는 정서가효과가 관찰되지 않았다( $t(27) = .97, p > .34$ ). 우반구의 경우 정서가 단순주효과[ $F(1, 27) = 15.19, p < .001$ ]와 작업기억부담 단순주효과[ $F(1, 27) = 4.37, p < .05$ ]는 유의미하였지만 작업기억부담 × 정서가 단순상호작용효과는 유의미하지 않았다[ $F(1, 27) = .22$ ]. 작업기억부담 조건별로 중립정서와 부정정서를 개별 비교한 결과, 저부담조건[ $t(27) = 2.88, p < .01$ ]과 고부담조건[ $t(27) = 2.74, p < .05$ ] 모두에서 부정정서가 중립정서보다 더 부적인 평균진폭을 보임으로써 정서가효과가 부담수준에 관계없이 관찰되었다.

요약하면, 하측 후두-측두영역의 ‘교정된 N170 평균진폭’ 분석 결과는 앞서의 교정하지 않은 N170 평균진폭 분석 결과와 비교해볼 때 작업기억 부담의 주효과가 유의미하지 않은 점을 제외하고는 전반적으로 동등하였다. 특히 정서가효과가 작업기억 부담수준과 반구에 따라 상이하게 관찰되었는데(정서가효과가 우반구에서는 작업기억 부담수준에 관계없이 관찰된 반면, 좌반구에

서는 고부담수준에서는 관찰되지 않았고 저부담수준에서만 관찰되었음), 이는 교정하지 않은 원래의 N170 평균진폭 분석결과와 나란한 것이다. 한편 교정된 N170 평균진폭 분석 결과에서 작업기억부담의 주효과가 유의미하지 않았는데, 이는 N170 진폭에서 P1 진폭(작업기억 부담효과를 반영함)을 감안한데 기인한 것으로 보인다. 하지만 본 연구의 주된 목적이 N170에서 작업기억 부담의 효과 여부를 검증하는데 있지 않고 N170 정서가효과에 미치는 작업기억 부담의 영향을 밝히는데 있기 때문에, 연구 목적과 관련하여 ‘교정된 N170 평균진폭’의 분석 결과는 원래의 N170 평균진폭 분석 결과와 전반적으로 동등하였다.

## 논 의

본 연구는 작업기억 부담이 부적 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 밝히고자 하였다. 이를 위해 N-back과제 수행에서 시각적 사물들의 기억을 유지하고 갱신하는 동안 부적이거나 중립적인 얼굴자극을 제시하였는데, 작업기억부담을 저부담(0-back 조건)과 고부담(2-back 조건)으로 조작하여 작업기억 부담수준이 부적 얼굴정서 처리에 미치는 영향을 P1과 N170과 같은 초기 ERP성분들의 진폭을 분석함으로써 검증하였다. N-back과제의 행동수행 결과 고부담조건보다 저부담조건에서 더 빠른 반응과 높은 정확반응률이 관찰됨으로써 전형적인 작업기억 부담효과가 확인되었고, 얼굴자극의 정서가와 관련된 효과는 관찰되지 않았다.

ERP 분석 결과, 후두영역의 P1에서는 작업기억 부담효과만이 관찰되었고, 얼굴표정의 정서가 효과는 관찰되지 않았다. Van Dillen 등(2012) 역시 본 연구결과와 유사한 결과를 보고하였는데, 그들은 후측 두정-후두 영역의 P1에서 작업기억 부담효과는 관찰하였지만 정서가와 관련된 효과는 관찰하지 못했다. P1에서 정서가효과가 관찰되지 않은 본 연구결과는 작업기억부담과 무관하게 얼굴표정의 정서가효과를 다룬 선행연구들의 결과와 유사한데, Pegna 등(2008)이나 Sprengelmeyer와 Jentsch(2006) 역시 P1에서 정서가효과를 관찰하지 못했다(그러나 Utama 등(2009)은 P1에서 정서가 관련 효과를 보고함). 이처럼 P1에서 특히 작업기억 부담효과만 관찰되고 얼굴표정 정서가와 관련된 효과가 관찰되지 않은 결과는, 작업기억부담과 관련된 초기의 인지적 처리과정(작업기억용량이나 주의자원의 할당 등)이 부적 얼굴표정의 정서처리와 무관하게 이루어짐을 시사한다.

하측 후두-측두영역의 N170 평균진폭을 분석한 결과 정서가와 작업기억 부담의 주효과가 함께 관찰되었지만, N170에 대한 P1의 조절효과를 제거하기 위해 교정된 N170 평균진폭을 분석한 결과에서는 정서가의 주효과는 관찰되었지만 작업기억 부담의 주효과는 관찰되지 않았다. 하지만 두 유형의 평균진폭 분석 결과 모두에서 얼굴 정서가효과가 작업기억 부담수준과 반구에 따라 상이하게 나타났는데, 작업기억 부담수준이 낮은 경우에는 양반구 모두에서 정서가효과가 관

찰되었지만 작업기억 부담수준이 높은 경우에는 좌반구와 달리 우반구에서만 정서가효과가 관찰되었다. 달리 말하면, 부적 얼굴표정의 정서처리에 미치는 작업기억 부담의 조절효과가 우반구와 달리 좌반구에서만 관찰되었고, 이러한 결과는 교정된 N170이나 원래의 N170 양자에서 동일하였다.

본 연구와 마찬가지로 N170성분을 분석하여 작업기억부담과 부적 얼굴정서 처리의 관계를 다룬 연구로서 MacNamara 등(2012)을 들 수 있다. 이들은 자연재인과제에서 작업기억부담을 조작하였는데, 후두-측두영역의 N170(P1)의 조절효과를 교정하지 않았음에서 작업기억 부담효과와 정서가효과가 모두 관찰되었지만 작업기억부담과 얼굴정서가의 상호작용효과는 관찰되지 않았다. 이는, 앞서 언급한 바와 같이, MacNamara(2012) 등의 자연재인과제에서 조작한 고부담조건(6개 글자를 기억해야 함)의 작업기억부담이 충분히 크지 않았기 때문일 가능성이 있다. 작업기억 부담수준과 얼굴정서 처리의 상호작용효과를 보고한 연구로서 Van Dillen과 Derks(2012)를 들 수 있다. 그들은 자연재인과제를 이용하여 작업기억부담을 조작함으로써 N2(자극제시 후 150-350ms)에서 얼굴 정서가와 작업기억부담의 상호작용을 관찰하였는데, 정서가효과가 고부담조건과 달리 저부담조건에서만 관찰되었다. 이들 연구에서 N2는 전두영역(Fz, F3, F4)과 중심 주변영역(Cz, C3, C4)에서 측정된 성분으로서 본 연구의 후두-측두영역에서 측정된 N170과는 직접 비교가 곤란하지만, 본 연구결과와의 차이점의 원인을 다음과 같이 짐작해볼 수 있다. 먼저, 조작된 작업기억 부담수준의 차이를 생각할 수 있는데, Van Dillen(2012) 등에서는 자연재인과제를 사용하였고 본 연구에서는 N-back과제를 사용하였다. 전자는 작업기억 유지를, 후자는 작업기억 유지와 갱신을 요구하므로 후자의 부담이 더 클 것으로 짐작할 수 있지만, 사실 이 두 과제의 부담수준을 직접 비교하기는 쉽지 않다. 추후 작업기억부담의 유형이나 수준을 보다 다양하게 조작하여 그 효과를 평가할 필요가 있을 것이다. 그밖에, Van Dillen 등(2012)과 본 연구의 주요한 차이로써 정서가효과와 평가에 사용된 대비를 들 수 있다. Van Dillen 등은 분노표정을 행복표정과 비교한 데 반해 본 연구에서는 공포표정을 중립표정과 비교하였다. 분노와 행복의 두 표정 모두 정서적 표정으로써, 얼굴표정의 정서가효과를 판단하기 위해서는 중립표정과 비교가 보다 적합할 것이다.

본 연구는 부적 얼굴정서 처리에 미치는 작업기억부담의 영향이 반구에 따라 상이하다는 것을 밝혔다. 얼굴정서 처리 가운데 부적 얼굴표정의 처리가 우반구에 편재함을 여러 연구들이 보고한 바 있다. Jansari, Tranel, 그리고 Adolphs(2000)에 따르면, 시선을 고정하지 않고 자유롭게 관찰하도록 허용된 상황에서 정적 얼굴은 중립적 얼굴의 좌측보다 우측에 제시될 때 지각적 변별이 우수한 반면, 부적 얼굴은 중립적 얼굴의 우측보다 좌측에 제시될 때 지각적 변별이 더 우수하다. 이는 긍정정서는 좌반구에, 부정정서는 우반구에서 더 잘 처리되기 때문으로 해석된다. Adolphs, Hansari, 그리고 Tranel(2001)는 편측 피질손상환자에 대한 연구에서, 좌반구 손상환자와 우반구 손상환자 모두 좌측에 행복한 얼굴표정이 제시될 때에는 지각적 변별이 우수하지만, 좌



측에 슬픈 표정이 제시될 때에는 우반구 손상환자의 지각적 변별이 더 저조함을 밝혔다. Hariri 등(2002)은 공포 또는 분노와 관련된 얼굴표정에 대한 뇌활성화를 조사하였는데, 정서적 얼굴표정에 대해 좌반구보다 우반구의 편도체 활성화가 더 컸다. 이러한 연구 결과들은 부적 얼굴표정의 처리가 우반구에 편재되어 일어난다는 부정정서의 우반구 편재가설을 지지하는데, 작업기억을 조작한 경우에도 이와 같은 편재성을 보고한 연구가 있다. Brenner 등(2014)은 지연재인과제에서 얼굴정서자극을 제시하고 실험참가자들에게 얼굴자극의 정서가 일치하는지를 판단하도록 요구하였다. 이때 제시된 얼굴자극의 정서는 매우행복, 다소 행복, 중립, 슬픔, 공포, 분노였다. ERP 분석에서 반구차를 확인하기 위해 각 반구에서 관심전극을 선택하였고(좌반구에서 P7, TP7, O1; 우반구에서 P8, TP8, O2), 관심전극들의 평균진폭의 평균을 각 반구에서 구했다. 그 결과, P1에서 정서가에 관계없이 우반구가 좌반구보다 더 큰 진폭을 보였지만, 정서가효과는 관찰되지 않았다. N170에서 유의미한 정서가효과가 관찰되었는데 중립자극과 비교해 정서자극이 더 큰 진폭을 보였고, 긍정자극보다 부정자극에서 더 큰 진폭이 관찰되었다(부정>긍정>중립). 반구 간 비교에서 통계적으로는 유의미하지 않았지만 모든 정서가에서 좌반구가 우반구보다 더 큰 진폭을 보였다. 이러한 결과는 N170과 관련해 우반구보다는 좌반구에서 작업기억부담에 따른 정서 조절효과가 크게 나타나며 얼굴표정의 정서처리가 우반구에 편재화되어 있다는 주장을 뒷받침해준다.

이와 같은 고찰에 근거하여 본 연구 결과를 다음과 같이 설명해볼 수 있다. 작업기억부담이 큰 경우에는 작은 경우에 비해 부적 얼굴정서 처리에 가용한 처리자원이 더 감소하는데, 부적 얼굴정서 처리에 덜 전문화된 좌반구는 우반구에 비해 처리자원 감소의 영향을 더 크게 받는다. 즉 작업기억 고부담에 기인하는 정서처리의 약화효과는 우반구보다 좌반구에서 더 크게 일어나서 저부담조건에 비해 고부담조건인 경우 좌반구에서는 부적 정서처리가 거의 일어나지 않는다. 반면, 정서처리에 보다 전문화된 우반구에서는 작업기억 고부담에 따른 약화효과가 덜 일어나서 고부담수준에서도 부적 정서처리가 가능하다. 물론 이러한 추론은 추후 후속 연구들에 의해 검증될 필요가 있을 것이다.

요약하자면, 본 연구는 얼굴처리에 특수한 것으로 알려진 N170의 진폭 분석을 통해 작업기억 부담이 부적인 얼굴표정의 정서처리에 영향을 미치며, 아울러 그 영향이 대뇌 반구에 따라 상이하다는 것을 밝혔다. 작업기억부담이 클 때 부적 얼굴정서 처리는 좌반구에서는 일어나지 않았지만 우반구에서는 일어났다. 본 연구결과는 얼굴정서 처리에 작업기억부담이 영향을 미치며, 이러한 작업기억 부담효과가 부적 얼굴정서 처리의 반구 편재성으로부터 영향 받는다는 것을 시사한다.

## 참고문헌

- Adolphs, R., Jansari, A., & Tranel, D. (2001). Hemispheric perception of emotional valence from facial expressions. *Neuropsychology, 15*, 516-524.
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research, 17*, 613-620.
- Baudouin, J. Y., Gilibert, D., Sansone, S., & Tiberghien, G. (2000). When the smile is a cue to familiarity. *Memory, 8*, 285-292.
- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology, 17*, 35-54.
- Boutsen, L., Humphreys, G. W., Praamstra, P., & Warbrick, T. (2006). Comparing neural correlates of configural processing in faces and objects: an ERP study of the Thatcher illusion. *Neuroimage, 32*, 352-367.
- Brenner, C. A., Rumak, S. P., Burns, A. M., & Kieffaber, P. D. (2014). The role of encoding and attention in facial emotion memory: An EEG investigation. *International Journal of Psychophysiology, 93*, 398-410.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal Psychology, 77*, 305-327.
- Calvo, M. G., Beltrán, D., (2014). Brain lateralization of holistic versus analytic processing of emotional facial expressions. *Neuroimage 92*, 237-247.
- Dering, B, Martin, C. D., & Thierry, G., (2009). Is the N170 peak of visual event-related brain potentials car-selective? *Neuroreport, 20*, 902-906.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical Neurophysiology, 111*, 694-705.
- Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, 13*, 427-431.
- Eimer, M., & Holmes, A. (2007). Event-related brain potential correlates of emotional face processing. *Neuropsychologia, 45*, 15-31.
- 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, and Behavioral Neuroscience, 3*, 97-110.
- 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.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face

- processing using ERPs. *Cerebral Cortex*, 14, 132-142.
- 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.
- Leppänen, J. M., Moulson, M. C., Vogel-Farley, V. K., Nelson, C. A., (2007). An ERP study of emotional face processing in the adult and infant brain. *Child Development*, 78, 232-245.
- Liu, J., Harris, A., and Kanwisher, N. (2002). Stages of processing in face perception: an MEG study. *Nature Neuroscience*, 5, 910-916.
- MacNamara, A., Schmidt, J., Zelinsky, G., & Hajcak, G. (2012). Electrocutaneous and ocular indices of attention to fearful and neutral faces presented under high and low working memory load. *Biological Psychology*, 91, 349-356.
- Morgan, H. M., Klein, C., Boehm, S. G., Shapiro, K. L., & Linden, D. E. (2008). Working memory load for faces modulates P300, N170, and N250r. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 989-1002.
- Öhman, A. (1986). Face the beast and fear the face: Animal and social fears as prototypes for evolutionary analyses of emotion. *Psychophysiology*, 23, 123-145.
- Pegna, A. J., Landis, T., & Khateb, A. (2008). Electrophysiological evidence for early non-conscious processing of fearful facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 70, 127-136.
- Pourtois, G., Thut, G., de Peralta, R. G., Michel, C., & Vuilleumier P. (2005). Two electrophysiological stages of spatial orienting towards fearful faces: Early temporo-parietal activation preceding gain control in extrastriate visual cortex. *Neuroimage*, 26, 149-163.
- 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.
- Rossion, B., & Caharel, S. (2011). ERP evidence for the speed of face categorization in the human brain: Disentangling the contribution of low-level visual cues from face perception. *Vision Research*, 51, 1297-1311.
- Rossion, B., Joyce, C. A., Cottrell, G. W., & Tarr, M. J. (2003). Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *NeuroImage*, 20, 1609-1624.
- Rossion, B., Kung, C. C., & Tarr, M. J. (2004). Visual expertise with nonface objects leads to competition with the early perceptual processing of faces in the human occipitotemporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 14521-14526.
- Rousselet, G. A., Husk, J. S., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2005). Spatial scaling factors explain eccentricity effects on face ERPs. *Journal of Vision*, 5, 755-763.
- Schweinberger, S. R., & Soukup, G. R. (1998). Asymmetric relationships among perceptions of facial identity, emotion, and facial speech. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*,

24, 1748-1765.

- Sprengelmeyer, R., & Jentzsch, I. (2006). Event related potentials and the perception of intensity in facial expressions. *Neuropsychologia*, *44*, 2899-2906.
- Sreenivasan, K. K., Goldstein, J. M., Lustig, A. G., Rivas, L. R., & Jha, A. P. (2009). Attention to faces modulates early face processing during low but not high face discriminability. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *71*, 837-846.
- Tanaka, J. W., & Curran, T. (2001). A neural basis for expert object recognition. *Psychological Science*, *12*, 43-47.
- Utama, N. P., Takemoto, A., Koike, Y., & Nakamura, K. (2009). Phased processing of facial emotion: An ERP study. *Neuroscience Research*, *64*, 30-40.
- 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.

1차 원고 접수: 2017. 11. 30  
1차 심사 완료: 2018. 01. 16  
2차 원고 접수: 2018. 02. 22  
2차 심사 완료: 2018. 03. 12  
3차 원고 접수: 2018. 03. 23  
최종 게재 확정: 2018. 03. 24

(Abstract)

## Effects of Working Memory Load on Negative Facial Emotion Processing: an ERP study

Taejin Park

Junghee Kim

Department of Psychology, Chonnam National University

To elucidate the effect of working memory (WM) load on negative facial emotion processing, we examined ERP components (P1 and N170) elicited by fearful and neutral expressions each of which was presented during 0-back (low-WM load) or 2-back (high-WM load) tasks. During N-back tasks, visual objects were presented one by one as targets and each of facial expressions was presented as a passively observed stimulus during intervals between targets. Behavioral results showed more accurate and fast responses at low-WM load condition compared to high-WM load condition. Analysis of mean amplitudes of P1 on the occipital region showed significant WM load effect (high-WM load > low-WM load) but showed nonsignificant facial emotion effect. Analysis of mean amplitudes of N170 on the posterior occipito-temporal region showed significant overall facial emotion effect (fearful > neutral), but, in detail, significant facial emotion effect was observed only at low-WM load condition on the left hemisphere, but was observed at high-WM load condition as well as low-WM load condition on the right hemisphere. To summarize, facial emotion effect observed by N170 amplitudes was modulated by WM load only on the left hemisphere. These results show that early emotional processing of negative facial expression could be eliminated or reduced by high load of WM on the left hemisphere, but could not be eliminated by high load on the right hemisphere, and suggest right hemispheric lateralization of negative facial emotion processing.

*Key words* : Working memory load, negative facial emotion processing, hemispheric lateralization, N170, P1