

An event-related potential study of action monitoring in female college students with high trait anxiety*

Suk-Hyun Moon¹, Myung-Sun Kim^{1†}

¹Department of Psychology, Sungshin Women's University

This study investigated action monitoring in female college students with high trait anxiety using event-related potentials (ERPs) and Simon task. Based on the scores of State-Trait Anxiety Inventory Y version trait scale and Welsh Anxiety Scale, high trait anxiety (n=24) and low trait anxiety (n=23) groups were determined. The Simon task consists of two conditions-congruent and incongruent conditions. The locations of stimulus and response were the same in the congruent condition, whereas the locations of stimulus and response were different in the incongruent condition. Participants were instructed to press one of four buttons assigned to the location of a stimulus. High and low trait anxiety groups showed comparable behavioral performance. In terms of ERPs, high trait anxiety group exhibited significantly larger amplitude of error-related negativity (ERN) and correct response negativity (CRN) on Cz electrode site than low trait anxiety group. And there were negative correlations between ERN/CRN amplitudes on Cz and trait anxiety level. The results of this study indicate that female college students with high trait anxiety have a different action monitoring pattern from that of low anxiety group and ERN/CRN amplitudes could be used as trait markers of anxiety disorder.

Keywords: High trait anxiety, action monitoring, ERPs, ERN, CRN

1 차원고접수 18.04.06; 수정원고접수 18.07.04; 최종게재결정 18.07.05

불안 장애의 평생 유병율이 남성에 비해 여성이 두 배 이상 높으며(American Psychiatric Association, 2013; Cho et al., 2006), 대부분의 불안 장애의 유병률이 청소년기와 성인기 초기에 높은 것으로 보고되고 있다(APA, 2013). 2016년에 실시된 국내 정신질환실태 역학조사에서는 불안 장애의 유병율이 여자라는 성별과 대학생 이상이라는 교육수준에서 가장 높게 나타났다(Ministry of Health and Welfare, 2017). 불안 장애의 유병율뿐만 아니라 증상에서도 여성이 남성보다 불안과 관련된 문제를 두 배 이상 경험하는 것으로 알려져 있으며(Kessler et al., 2005; Lewinsohn et al., 1998), 여자 대학생이 남자 대학생에 비해 더 높은 불안 수준을 경험하는 것으로 보고되었다(Kim & Jeon, 2013). 이러

한 연구결과들을 종합하면 불안 수준이 높은 여자 대학생에게 예방적인 차원에서의 관심이 필요하며, 또한 불안과 관련된 연구에서 연구 참여자들의 성비를 고려하지 않을 경우 신뢰할 수 없는 연구결과가 나올 수 있다는 점을 시사한다(Tan et al., 2011).

특성 불안은 걱정하기 쉬운 상태를 의미하고, 안정적인 성격적 소인 또는 성향이라 할 수 있다(Spielberger, 2013). 불안 장애와 높은 특성 불안이 질적으로 서로 다른 것이 아니라 심각성에서 서로 다른 것으로 이해되고 있는데(Aarts & Pourtois, 2010; De Visser et al., 2010; Sylvester et al., 2012), 이는 높은 수준의 특성 불안과 불안 장애가 신경증적 경향(neuroticism)과 부정 정서 등과 같은 요인을 서로 공유

* 이 논문은 문석현의 석사논문을 수정 보완한 것임.

† 교신저자: 김명선, 성신여자대학교 심리학과, 서울시 성북구 보문로 34다길 2, Tel: 02-920-7592, Fax: 02-920-2040, E-mail: kimms@sungshin.ac.kr

하고 있는 것이 여러 연구들에서 보고되고 있기 때문이다 (Brown et al., 1998; Clark et al., 1994; Watson, 2005). 예를 들어 종단연구들에서 특성 불안이 외상 후 스트레스 장애와 범불안 장애의 발생을 유의하게 예측하는 것이 관찰되었고(Chambers et al., 2004; Hensley & Varela, 2008; Weems et al., 2007), 병인적 모델(etiologiical model)은 높은 특성 불안을 가진 개인이 스트레스가 되는 생활사건을 겪게 되면 불안 장애로 발전할 수 있다고 설명하고 있다 (Merikangas & Pine, 2002; Sandi & Richter-Levin, 2009).

오류와 행동 갈등을 탐지하는 능력인 행동 모니터링 (Gehring & Knight, 2000)은 목표 지향적 행동에 매우 중요한 인지기능으로, 개인이 자신의 행동을 모니터링하여 오류를 탐지하고 자신이 원래 의도한 목표에 맞게 행동을 조정하는 인지기능으로 정의되고 있다(Ganushchak & Schiller, 2006; Ullsperger et al., 2014). 최근 들어 불안과 행동 모니터링 사이의 관련성이 특히 주목받고 있는데, 이는 불안 장애에서 나타나는 행동 모니터링 특성이 불안 장애 환자뿐만 아니라 특성 불안이 높거나(Aarts & Pourtois, 2010), 지나치게 걱정이 많거나(Moser et al., 2012) 부정적 정서가 높은 개인(Hajcak et al., 2004) 등에서도 관찰되기 때문이다.

행동 모니터링을 측정하는 과제로는 Stroop 과제(Holmes & Pizzagalli, 2008; Van Veen & Carter, 2005), Flanker 과제(Carrasco et al., 2013; Weinberg et al., 2016), Go/NoGo 과제(Aarts & Pourtois, 2010; Easdon et al., 2005) 및 사이먼 과제(King et al., 2010; Masaki et al., 2012) 등이 주로 사용되고 있다. 이 중에서 사이먼 과제는 난이도를 조정하여 실수(slip)에 의한 오반응을 이끌어 낼 수 있다는 장점을 가지고 있다(Masaki et al., 2007; Notebaert & Verguts, 2011). 사이먼 과제는 자극위치와 반응위치 사이의 연합을 기초로 하며, 자극위치와 반응위치가 동일한 일치(congruent) 조건과 자극위치와 반응위치가 서로 다른 불일치(incongruent) 조건으로 구성된다(van der Lubbe et al., 2001). 사이먼 과제의 이 두 조건이 반응에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데(Hommel, 1997; Leuthold & Somer, 1999), 즉 일치 조건보다 불일치 조건에서 유의하게 느리고 더 많은 오반응이 관찰되며(Lu & Proctor, 1994; Simon & Berbaum, 1990), 이를 사이먼 효과(Simon effect)라고 부른다(Scorrolli et al., 2015; van der Lubbe et al., 2001). 사이먼 효과는 개인이 정확한 행동이 어떤 것인지를 알고 있음에도 불구하고, 상황 혹은 조건 때문에 오류를 범하는 것을 시사한다고 여겨지고 있다(Liu et al., 2004). 불안 장애군을 대

상으로 사이먼 과제를 실시한 선행 연구들은 불안 장애군과 정상통제군 모두에서 사이먼 효과를 관찰하였고, 집단 간에 유의한 차이가 없음을 비교적 일관되게 보고하고 있다(Hajcak et al., 2008; Marsh et al., 2014).

사건관련전위(event-related potentials; ERPs)는 우수한 시간해상도로 인해 행동 모니터링과 같이 신속하게 순차적으로 일어나는 인지기능의 측정에 유용하다(Luck, 2005). 사건관련전위를 사용하여 행동 모니터링을 조사한 연구들은 오류와 관련된 사건관련전위 요소로서 오류관련 부적전위(error-related negativity; ERN)를 일관되게 보고하고 있다(Falkenstein et al., 2000; Weinberg et al., 2016). ERN은 오반응 후 50~150ms 동안 전두-중앙 전극 부위에서 관찰되는 부적 전위(negative potential)를 띠는 정점으로(Debener et al., 2005; Leuthold & Sommer, 1999), 오류탐지 혹은 오류에 대한 개인의 반응 정도를 반영한다고 알려져 있다(Gehring et al., 1993; van Veen & Carter, 2002). 행동 모니터링과 관련된 또 다른 중요한 사건관련전위 요소가 오류 정적전위(error positivity; Pe)이다(Aarts & Pourtois, 2010; Herrmann et al., 2004; Tops & Wijers, 2015). Pe는 ERN에 뒤이어, 즉 오반응 후 약 150~400ms 동안 중앙-두정 전극 부위에서 관찰되는 정적 전위(positive potential)를 띠는 정점으로, 오류 탐지 이후의 정보 처리 과정의 지표, 즉 오류의 의식적 인식 혹은 오류를 수정하려는 동기를 반영하는 것으로 알려져 있다(Falkenstein et al., 2000; Nieuwenhuis et al., 2001).

행동 모니터링과 관련된 사건관련전위의 주요 요소는 ERN과 Pe이지만, 정반응에서도 ERN과 Pe와 유사한 요소가 관찰된다(Nieuwenhuis et al., 2001). 즉 정반응 부적전위(correct-response negativity; CRN)는 정반응 후 약 50~150ms 동안 전두-중앙 전극 부위에서 관찰되는 부적 정점으로, ERN과 유사한 기능을 가지고 있는 것으로 여겨지고 있다(Bartholow et al., 2005; Endrass et al., 2014a; Vidal et al., 2000, 2003). 정반응 정적전위(correct-response positivity; Pc)는 정반응 후 약 150~400ms 동안 중앙-두정 전극 부위에서 관찰되는 정적 정점이다(Bates et al., 2004; Chan et al., 2014). 최근에는 오반응과 정반응 후 초래되는 사건관련전위 요소들의 관련성을 알아보기 위해 ERN과 CRN의 차이인 Δ ERN과 Pe와 Pc의 차이인 Δ Pe가 측정되기도 한다(Weinberg et al., 2010, 2012).

사건관련전위 요소의 근원지 분석(source localization) 및 뇌영상 기법을 통해 ERN과 Pe의 발생 근원지가 전대상피질

(anterior cingulate cortex)임이 보고되고 있다. 예를 들어, O'Connell 등(2007)은 근원지 분석을 통해 ERN의 근원지가 전대상피질임을 보고하였고 van Veen과 Carter(2002)는 근원지 분석을 통해 Pe의 근원지가 전대상피질의 문측(rostral) 영역임을 보고하였다.

사건관련전위를 사용하여 불안 장애군의 행동 모니터링을 조사한 연구들은 불안 장애군이 정상통제군에 비해 유의하게 증가된 ERN 진폭(Gehring et al., 2000; Weinberg et al., 2010; Xiao et al., 2011)과 Δ ERN 진폭을 보임을 보고하고 있다(Weinberg et al., 2010; Xiao et al., 2011). 또한 높은 특성 불안군을 대상으로 한 연구에서는 유의하게 증가된 Δ ERN 진폭이 관찰되었다(Aarts & Pourtois, 2010). 이러한 연구 결과는 불안 장애군과 특성 불안군이 정상통제군에 비해 오류에 대해 민감한 반응을 보임을 시사한다. 또한, 일부 선행연구에서는 강박장애 환자(Endrass et al., 2008; Hajcak & Simons, 2002; Riesel et al., 2011, 2017), 사회불안 장애 환자(Endrass et al., 2014a), 부정적 정서가 높은 사람(Hajcak et al., 2004)이 정상통제군에 비해 유의하게 증가된 CRN 진폭을 보임을 보고하고 있다. 이러한 연구 결과는 강박장애와 사회불안 장애군이 정상통제군에 비해 적극적인 인지적 통제를 통하여 미래에 예상되는 오류를 회피하려는 반응을 보임을 시사한다(Riesel et al., 2017).

따라서 본 연구는 불안 장애로 발전할 가능성이 있는 특성 불안이 높은 여자 대학생들의 행동 모니터링 특성을 사이먼 과제와 사건관련전위를 통해 알아보고자 하였다. 즉, 범불안 장애와 같은 특정 불안 장애에서 관찰되는 행동 모니터링 특성이 높은 특성 불안군에서도 나타나는지, 만약 나타난다면, 선행 연구를 통해 특성 불안과 관련이 높은 변인으로 알려진 우울(Bjelland et al., 2002)과 상태 불안(Han et al., 1996)을 통제한 경우에 사건관련전위 요소인 ERN, CRN, Δ ERN, Pe, Pc, Δ Pe 등에 어떻게 반영되는지 알아보고자 하였다.

방 법

연구대상

수도권 소재 대학에 재학 중인 여자 대학생 606명을 대상으로 상태-특성 불안 검사 Y형 특성불안 척도(State-Trait Anxiety Inventory Y version trait scale: STAI-Y trait, Spielberger et al., 1983)와 Welsh 불안 척도(Welsh Anxiety Scale: WAS, 1956)를 실시하였다. 상태-특성 불안 척도와 Welsh 불안 척도에서 특성 불안 점수가 각각 상위

10%(STAI-Y trait 60점 이상, WAS 26점 이상)인 대학생 55명을 높은 특성 불안군으로 선정하고, 하위 10%(STAI-Y trait 37점 이하, WAS 8점 이하)인 대학생 64명을 낮은 특성 불안군으로 선정하였다. 그 중 신경질환 및 정신장애의 병력이 있거나 양손잡이, 왼손잡이인 사람들을 제외하였으며, 최종적으로 연구 참여에 동의한 높은 특성 불안군 27명과 낮은 특성 불안군 24명이 실험에 참여하였다. 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군은 평균 연령, 연령 범위, 교육 연한 및 IQ에서 서로 일치되게 선정하였다. 또한, 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 우울 수준을 확인하기 위해 병원 불안-우울 척도 중 우울 하위 척도(Hospital Anxiety and Depression scale Depression: HAD-D, Oh et al., 1999; Zigmond et al., 1983)를 실시하였다.

모든 연구 대상자들이 연구시점에서 신경질환, 정신장애, 약물 및 알코올 중독의 병력을 가지고 있지 않는 것을 확인하기 위해 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP, First et al., 1996)을 실시하였다. 또한 한국형 웨슬러 성인지능검사 4판(Hwang et al., 2012)을 실시하여 지능지수를 산출하였고, 오른손잡이만을 연구 대상에 포함하였다. 연구 참여자들에게 연구 목적 및 절차 등을 설명한 후 연구 참여에 대한 동의를 얻었으며, 연구 참여에 대한 사례비가 지급되었다. 본 연구는 성신여자대학교 기관생명윤리심의위원회의 승인(SSWUIRB2015-013)을 받아 진행되었다.

측정도구

사이먼 과제. 행동 모니터링의 측정에 사이먼 과제가 사용되었으며, 사용된 자극은 원, 사각형, 어두운 사각형, 육각형 총 4개였다. 각각의 자극은 제시되었을 때 반응해야 할 버튼의 위치가 지정되어 있다(Figure 1). 자극위치와 반응위치 사이의 연합 학습을 위해 검정색 바탕화면에 + 모양의 고정점을 기준으로 좌우 각각 두 개씩 자극이 제시되었고, 각 자극에 대해 지정된 반응 버튼의 위치를 학습하게 하였다. 실험 자극은 총 네 개의 위치 중 한 곳에 무작위로 제시되었으며, 연구참여자에게는 자극이 화면에 나타나는 위치와 상관없이, 네 개의 반응 버튼 중 제시된 자극에 해당하는 반응 버튼을 가능한 한 빠르고 정확하게 누르는 것이 요구되었다. 반응 버튼을 누르기 위해 양손을 모두 사용하며, 반응 버튼 왼쪽부터 왼손 중지와 검지, 그리고 나머지 버튼은 순서대로 오른손 검지와 중지를 사용할 것을 지시하였다.

실험은 두 가지 조건으로 구성되었는데, 즉 자극 제시 위치와 반응 버튼 위치가 동일한 일치 조건과 자극 제시 위치

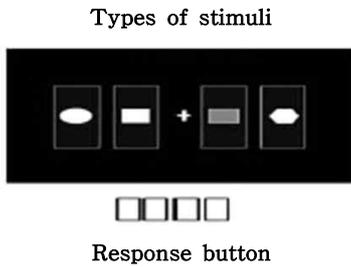


Figure 1. Types of stimuli and response buttons of the Simon task

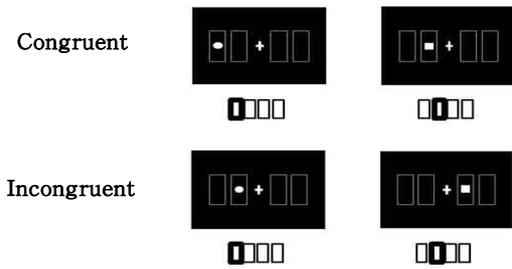


Figure 2. Two conditions of the Simon task

와 반응 버튼 위치가 서로 다른 불일치 조건으로 구성되었다 (Figure 2). 따라서 본 연구에서는 한 자극 당 1개의 일치 조건과 3개의 불일치 조건이 발생하게 되는데, 일치 조건과 불일치 조건이 동일한 비율(5 : 5)로 제시되도록 구성되었으며, 3개의 불일치 조건들도 동일한 비율(1 : 1 : 1)로 제시되도록 구성되었다. 본 과제는 총 3블록으로 나누어 실시되었으며, 각 블록마다 자극에 지정된 반응버튼의 위치가 바뀌었다. 매 블록마다 연습 시행을 통해 변경된 반응버튼의 위치를 연구참여자가 숙지했는지 확인한 후 본 시행을 시작하였다. 또한, 현재 피험자가 보고한 불안수준이 실험 결과에 미치는 영향을 확인하기 위해 현재 불안상태를 측정하는 상태불안 검사(STAI-S)를 사이먼 과제 실시 전, 후 각 1회씩 실시하였다.

본 연구에 사용되는 자극은 E-prime version 1.2 (Psychology Software Tools, Inc) 프로그램을 사용하여 제시되었다. 연구참여자와 모니터 사이의 거리는 80cm이고, visual angle은 $3.5^\circ \times 3.8^\circ$ 이었다. 과제 진행은 다음과 같다. 자극 제시 전 + 모양의 고정점이 700ms 동안 제시된 후 자극이 80ms 동안 제시되었다. 반응 시간은 1,200ms이었으며, 자극 간 간격은 1,980ms이었다. 본 시행에 앞서 연습 시행을 블록 당 각각 10 시행씩 2번 진행하였다. 본 시행은 936 시행(일치 조건 468 시행, 불일치 조건 468 시행)으로 1 블록 당 312 시행씩 3 블록으로 나누어 실시되었다. 실험에 앞서 연구 참여자에게 과제 이외에 뇌파에 영향을 줄 수

있는 눈 움직임과 몸 움직임 등은 자제하도록 주의를 주었다.

사건관련전위. 뇌파 측정은 64 채널의 Geodesic Sensor Net을 사용하여 절연과 방음 시설이 갖추어진 실험실에서 이루어졌다. 뇌파 측정 시 기준점(reference)은 Cz이었으며, 각 채널의 impedance는 $50K\Omega$ 이하를 유지하였다(Tucker, 1993). 뇌파는 0~100Hz bandpass로 연속적으로 측정하였으며, 측정된 뇌파는 0.1~30Hz bandpass로 digital filtering하였다. 표본율(sampling rate)은 500Hz이었다. 실험 종료 후 연속적으로 측정된 뇌파를 600ms(반응 전 100ms부터 반응 후 500ms까지)의 epoch으로 구분하였고, 눈 깜박임 및 몸 움직임 등의 artifact를 제거하기 위하여 이를 탐지하는 전극(eye channels: 1번, 5번, 10번, 17번)들에서 측정된 뇌파가 $\pm 100\mu V$ 를 넘을 경우, 그 시행은 분석에 포함되지 않았다. 뇌파는 정반응과 오반응으로 분리한 후 평균화하였고, 분석 시 재-기준점(re-reference)은 전체 전극의 평균인 average reference를 사용하였다.

임상검사

상태-특성 불안 검사 Y형(State-Trait Anxiety Inventory Y version: STAI-Y). 본 연구에서는 Spielberger 등(1983)이 개발한 STAI-Y를 Han 등(1996)이 표준화한 것을 사용하였다. STAI-Y는 개인의 불안 정도를 평가하기 위해 현재 불안상태를 측정하는 상태 불안척도 20문항과 불안 성향을 평가하는 특성 불안척도 20문항을 포함하여 총 40문항으로 구성되어 있다. 각 척도의 20문항 합계 점수는 0~20점이다. Han 등(1996)의 연구에서 크론바하 α 로 측정된 상태 불안척도의 신뢰도는 $\alpha=.92$, 특성 불안 척도의 신뢰도는 $\alpha=.90$ 이었다.

Welsh 불안 척도(Welsh Anxiety Scale: WAS). 본 연구에서는 Welsh(1956)가 개발한 WAS를 Han 등(2006)이 표준화한 것을 사용하였다. 특성 불안과 부정 정서성을 측정하는 39문항으로 구성되어 있으며 각 문항은 예/아니오로 응답한다. 척도의 39문항 합계 점수는 0~39점이다. Han 등(2006)의 연구에서 크론바하 α 로 측정된 Welsh 불안 척도의 신뢰도는 한국 여성의 경우 $\alpha=.87$ 이었다.

병원 불안-우울 척도 우울 하위 척도(Hospital Anxiety and Depression scale Depression: HAD-D). 본 연구에서는 Zigmond 등(1983)이 개발한 병원 불안-우울 척도 우울 하

위 척도를 Oh 등(1999)이 표준화한 것을 사용하였다. HAD는 모두 14개의 문항으로 짝수번호 7개는 우울에 관한 문항으로 우울 하부 척도(HAD-D)로 구성되어 있으며, 각 문항은 4점 척도(0~3점 범위)로 구성되어 있다. Oh 등(1999)의 연구에서 크론바하 α 로 측정된 척도의 신뢰도는 $\alpha=.86$ 이었다.

DSM-IV 축 I 장애를 위한 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP). SCID는 DSM-IV 진단 기준에 근거한 축 I 장애를 진단하기 위한 반구조화된 면담도구로서(First et al., 1996), 증상의 존재 여부를 검사자가 질문하고, 피검자의 응답에 따라 다음 장애군으로 넘어가게 되는 진단결정분기도(decision making tree)를 사용하는 도구이다. 각 문항 당 1(없음 혹은 해당 안됨), 2(역치 미만), 3(역치 또는 해당됨)으로 기록하게 된다. 본 연구에서는 Hahn 등(2000)이 번안한 것을 사용하였다.

자료 분석

사건관련전위 분석의 신뢰도를 확보하기 위해 선행연구(Olvet & Hajcak, 2009b)에 근거하여 사건관련전위 분석에 포함된 시행 수가 10개 미만인 피험자는 자료 분석에서 제외하였다. 위의 기준에 의하여 높은 특성 불안군 3명, 낮은 특성 불안군 1명이 자료 분석에서 제외되어 최종 자료 분석에는 높은 특성 불안군 24명, 낮은 특성 불안군 23명이 포함되었다.

높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 인구통계학적 변인 및 STAI-Y 특성 불안 척도 점수, WAS 점수, HAD-D 점수, STAI-Y 상태 불안 점수는 독립표본 t 검정을 사용하여 분석하였다. 사이먼 과제의 행동 자료는 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 반응 오류율과 반응시간을 각각 혼합설계 변량분석(mixed design ANOVA)으로 분석하였다. 과제 조건(일치 조건과 불일치 조건)이 피험자 내 변인이었고, 집단(높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군)이 피험자 간 변인이었다.

사건관련전위의 경우 분석할 사건관련전위 요소와 시간 영역(time window)은 연구참여자들의 전체 평균 사건관련전위(grand-averaged ERPs)와 각 연구참여자의 사건관련전위 파형에 근거하여 설정하였다. ERN은 오반응 발생 후 50~150ms에서 나타나는 가장 큰 부정적 정점, CRN은 정반응 발생 후 50~150ms에서 나타나는 가장 큰 부정적 정점, Δ ERN은 ERN과 CRN의 차이파에서 반응 후 50~150ms에서 나타나는 가장 큰 부정적 정점으로 정의하였다. 각 요소의 진

폭(amplitude)과 잠재기(latency)를 각각 혼합설계 변량분석으로 분석하였으며, 전극 부위(Fz, FCz, Cz)가 피험자 내 요인이었고 집단(높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군)이 피험자 간 요인이었다.

Pe는 오반응 발생 후 150~400ms에서 나타나는 가장 큰 정적 정점, Pc는 정반응 발생 후 150~400ms에서 나타나는 가장 큰 정적 정점, Δ Pe는 Pe와 Pc 차이파에서 반응 후 150~400ms에서 나타나는 가장 큰 정적 정점으로 정의하였다. 각 요소의 진폭과 잠재기를 각각 혼합설계 변량분석으로 분석하였으며, Pe와 Pc가 주로 중앙-후두 영역에서 측정되기 때문에(Chan et al., 2014; Overbeek et al., 2005) Pe와 Pc의 분석에는 Cz와 Pz가 포함되었다. 전극 부위(Cz, Pz)가 피험자 내 요인이었고 집단(높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군)이 피험자 간 요인이었다.

집단 간 차이가 있을 경우 각 요소의 전극 부위별 차이를 알아보기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였다. 각각의 측정치들 간의 분산차로 인하여 구형성 가정이 위배될 경우 Greenhouse-Geisser correction을 적용하였다. 우울과 과제 수행 전 상태 불안에서 두 집단 간 유의한 차이가 있었기 때문에 사건관련전위 요소들의 진폭 및 잠재기 분석에 이 두 요인, 즉 HAD-D점수와 과제 수행 전 실시한 STAI-Y 상태 불안 점수를 공변량으로 하는 혼합설계 공변량분석(mixed design ANCOVA)을 추가로 실시하였다. 또한, ERN 진폭, CRN 진폭과 특성 불안 점수와의 관련성은 Pearson 상관계수를 사용하여 분석하였다. 모든 분석에서는 SPSS 20.0 for windows가 사용되었다.

결 과

인구통계학적 특성

높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 인구통계학적 특성을 분석한 결과가 Table 1에 기술되어 있다. 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군은 연령, $t(45)=.44$, ns , 교육연한, $t(45)=-.23$, ns , 지능, $t(45)=.14$, ns , 및 사이먼 과제 전과 후의 상태 불안 점수의 차이, $t(45)=-.99$, ns , 에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면, STAI-T, $t(45)=28.48$, $p<.001$, 와 Welsh 불안 척도, $t(37)=27.73$, $p<.001$, 에서 두 집단이 유의한 차이를 보였는데, 즉 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군에 비해 유의하게 높은 점수를 보였다. 또한, HAD-D 점수, $t(45)=6.02$, $p<.001$, 사이먼 과제 전 상태 불안 점수, $t(45)=3.53$, $p<.01$, 와 사이먼 과제 후 상태 불안 점수, $t(45)=2.72$, $p<.01$, 에서도 각각 집단 간 유의한 차이를 보

Table 1. Demographic characteristics of the high trait and low trait anxiety groups

	High trait anxiety group	Low trait anxiety group	<i>t</i>
	(<i>n</i> =24)	(<i>n</i> =23)	
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Age(years)	21.25 (1.54)	21.04 (1.69)	.44
Years of education	13.79 (1.22)	13.87 (1.10)	-.23
IQ	104.46 (8.26)	104.17 (6.17)	.14
STAI-T	64.17 (3.56)	32.22 (4.12)	28.48***
WAS	30.33 (3.83)	5.26 (2.18)	27.73***
HAD-D	8.04 (2.63)	3.70 (2.31)	6.02***
STAI-S T1	44.58 (7.06)	36.91 (7.84)	3.53.**
STAI-S T2	43.67 (7.49)	38.35 (5.77)	2.72**
STAI-S (T2-T1)	-.92 (8.16)	1.26 (6.84)	-.99

p*<.01. *p*<.001.

STAI-T = State Trait Anxiety Inventory-Trait scale; WAS = Welsh Anxiety Scale; HAD-D = Hospital Anxiety & Depression scale Depression; STAI-S = State Trait Anxiety Inventory-State scale; T1 = Before conducting Simon task; T2 = After conducting Simon task.

였는데, 즉 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군에 비해 유의하게 높은 점수를 보였다.

행동 자료 분석

높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 사이먼 과제에서의 평균 반응 오류율은 각각 8.21%(SD=5.57), 6.26%(SD=3.84)

이며 통계적으로 유의한 차이는 없었다, *t*(45)=1.39, *ns*. 또한, 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 사이먼 과제에서의 평균 반응 시간은 각각 609.75ms(SD=69.54), 633.97ms(SD=65.57)이며 통계적으로 유의한 차이는 없었다, *t*(45)=-1.23, *ns*.

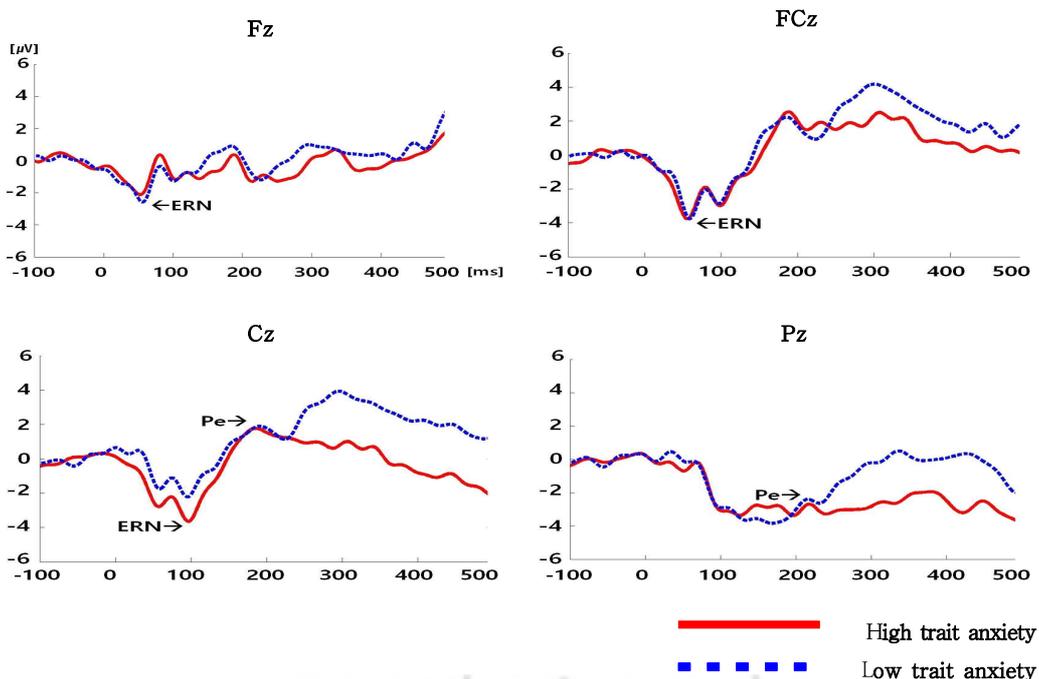


Figure 3. Grand averaged ERPs elicited by error response of Simon task

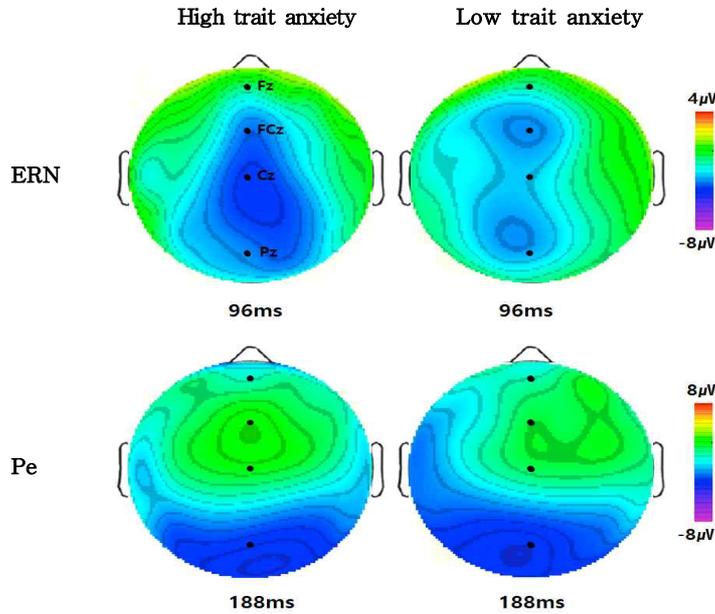


Figure 4. Topographical distributions of the ERN and Pe peak amplitude

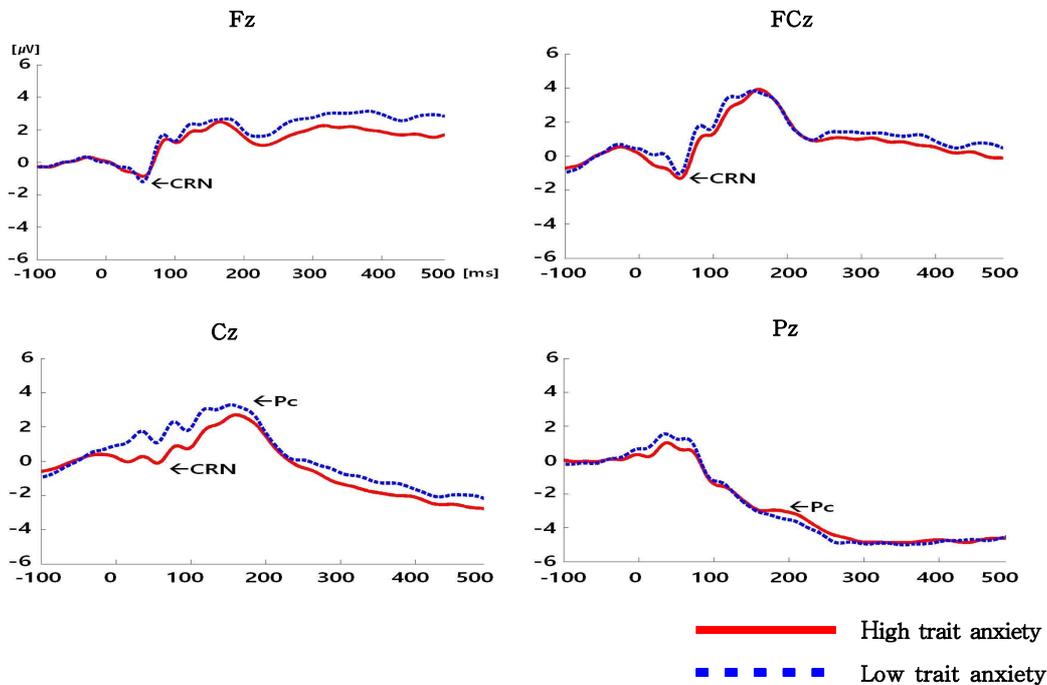


Figure 5. Grand averaged ERPs elicited by correct response of Simon task

사건관련전위 분석

Figure 3은 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군에서 관찰된 오반응 시행에 의해 유발된 사건관련전위를 전두 영역(Fz), 전두중양 영역(FCz), 중앙 영역(Cz)과 두정 영역(Pz)에서 전체 평균(grand averaged ERPs)한 것이다. Figure 4는 ERN과 Pe의 진폭이 가장 큰 시간대에서 전체 64채널에서의 진폭 분포(topographical distribution)를 보여준다.

Figure 5는 정반응 시행에 의해 유발된 사건관련전위를

Fz, FCz, Cz와 Pz에서 전체 평균(grand averaged ERPs)한 것이다. Figure 6은 CRN과 Pc의 최대 진폭이 관찰된 시점에서 전체 64채널에서의 진폭 분포를 보여준다.

ERN, CRN, Δ ERN. ERN 진폭의 분석 결과, 전극 위치와 집단 간의 상호작용 효과가 관찰되었다, $F(1,64)=5.83$, $p<.01$. 전극 위치와 집단 간의 상호작용 효과는 우울 점수와 과제 수행 전 상태 불안을 통제한 경우에도 관찰되었다, $F(1,61)=7.29$, $p<.01$. 전극 위치별로 ERN 진폭의 집단 간

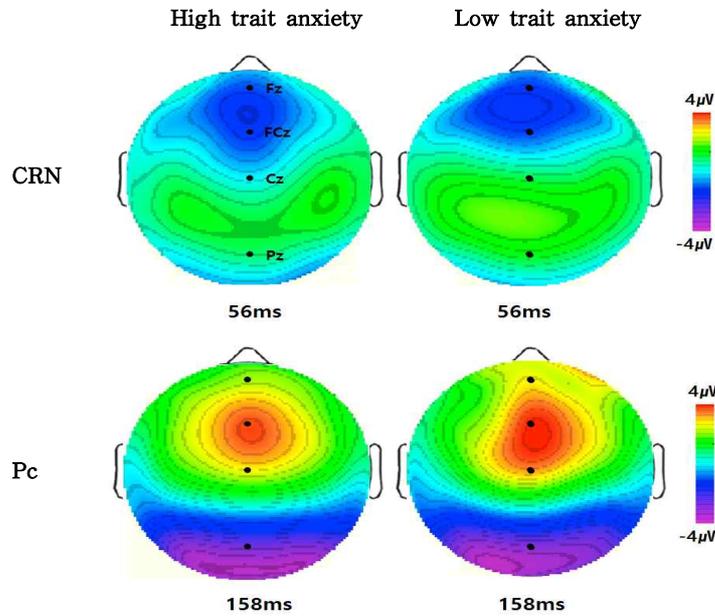


Figure 6. Topographical distributions of the CRN and Pc peak amplitude

Table 2. Mean amplitudes(μV) and latencies(ms) of ERN, CRN, Δ ERN component for high trait anxiety and low trait anxiety groups

Component	Electrode site	High trait anxiety group (<i>n</i> =24)		Low trait anxiety group (<i>n</i> =23)	
		amplitude	latency	amplitude	latency
ERN	Fz	-2.70 (3.54)	91.58 (31.05)	-3.42 (2.77)	85.70 (26.57)
	FCz	-5.43 (3.93)	88.50 (29.84)	-4.59 (2.90)	84.43 (22.95)
	Cz	-5.15 (4.07)	90.33 (27.18)	-3.08 (2.27)	94.52 (22.92)
CRN	Fz	-.47 (2.30)	76.17 (25.35)	-.90 (2.25)	67.04 (20.00)
	FCz	-1.00 (2.36)	73.50 (24.49)	-.69 (2.31)	67.22 (17.90)
	Cz	-.44 (1.89)	74.58 (25.30)	.92 (2.13)	69.91 (21.49)
Δ ERN	Fz	-4.22 (3.57)	103.83 (28.01)	-3.95 (3.20)	93.39 (22.74)
	FCz	-6.34 (3.82)	100.50 (28.34)	-5.77 (3.46)	94.78 (22.79)
	Cz	-5.49 (4.65)	93.25 (23.13)	-5.15 (3.11)	91.39 (21.01)

() Standard deviation

Table 3. Mean amplitudes(μV) and latencies(ms) of Pe, Pc, Δ Pe component for high trait anxiety and low trait anxiety groups

Component	Electrode site	High trait anxiety group (<i>n</i> =24)		Low trait anxiety group (<i>n</i> =23)	
		amplitude	latency	amplitude	latency
Pe	Cz	4.03 (4.66)	190.08 (25.75)	2.82 (3.36)	187.30 (18.81)
	Pz	-1.56 (3.50)	195.42 (22.37)	-1.86 (2.48)	197.83 (21.47)
Pc	Cz	2.69 (2.47)	168.83 (17.13)	3.24 (2.74)	167.65 (13.08)
	Pz	-2.88 (3.10)	188.25 (20.06)	-3.16 (3.25)	193.91 (21.02)
Δ Pe	Cz	2.76 (5.70)	196.75 (26.43)	1.33 (4.28)	198.17 (24.06)
	Pz	2.44 (4.46)	199.92 (26.69)	1.74 (3.50)	200.70 (24.71)

() Standard deviation

차이를 확인한 결과, Fz, $t(45)=.78$, *ns*, 와 FCz, $t(42)=-.84$, *ns*, 에서는 두 집단간 유의한 차이가 없었으나, Cz 채널에서 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군에서 더 큰 ERN 진폭이 관찰되었다, $t(36)=-2.16$, $p<.05$. ERN 잠재기의 분석 결과, 전극 위치, $F(1,60)=2.18$, *ns*, 및 집단, $F(1,45)=.07$, *ns*, 의 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

CRN 진폭의 분석 결과, 전극 위치와 집단 간의 상호작용 효과가 관찰되었다, $F(1,59)=4.21$, $p<.05$. 전극 위치와 집단 간의 상호작용 효과는 우울 점수와 과제 수행 전 상태 불안을 통제한 경우에도 관찰되었다, $F(1,58)=5.88$, $p<.05$. 전극 위치별로 CRN 진폭의 집단 간 차이를 확인한 결과, Fz, $t(45)=.65$, *ns*, 와 FCz, $t(45)=-.47$, *ns*, 에서는 두 집단 간 유의한 차이가 없었으나, Cz 채널에서 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군에서 더 큰 CRN 진폭이 관찰되었다, $t(45)=-2.33$, $p<.05$. CRN 잠재기의 분석 결과, 전극 위치, $F(1,58)=.71$, *ns*, 및 집단, $F(1,45)=1.11$, *ns*, 의 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

Δ ERN 진폭의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1,56)=8.17$, $p<.01$. FCz에서 가장 큰 진폭($-6.06\mu V$)이 관찰된 반면, Fz에서 가장 작은 진폭($-4.09\mu V$)이 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.19$, *ns*. Δ ERN 잠재기의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(2,75)=5.76$, $p<.01$. Fz에서 가장 느린 잠재기(98.70ms)가 관찰된 반면, Cz에서 가장 빠른 잠재기(92.34ms)가 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.79$, *ns*.

Pe, Pc, Δ Pe. Pe 진폭의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1,45)=69.76$, $p<.01$. Cz에서 가장 큰 진폭($3.44\mu V$)이 관찰된 반면, Pz에서 가장 작은 진폭($-1.71\mu V$)이 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.78$, *ns*. Pe 잠재기의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1,45)=7.20$, $p=.01$. Pz에서 가장 느린 잠재기(196.60ms)가 관찰된 반면, Cz에서 가장 빠른 잠재기(188.72ms)가 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.001$, *ns*.

Pc 진폭의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1,45)=223.20$, $p<.001$. Cz에서 가장 큰 진폭($2.96\mu V$)이 관찰된 반면, Pz에서 가장 작은 진폭($-3.02\mu V$)이 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.03$, *ns*. Pc 잠재기의 분석 결과, 전극 위치에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1,45)=57.29$, $p<.001$. Pz에서 가

장 느린 잠재기(191.02ms)가 관찰된 반면, Cz에서 가장 빠른 잠재기(168.26ms)가 관찰되었다. 그러나 집단의 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,45)=.27$, *ns*.

Δ Pe 진폭의 분석 결과, 전극 위치, $F(1,45)=.01$, *ns*, 및 집단, $F(1,45)=.80$, *ns*, 의 유의한 차이가 관찰되지 않았다. Δ Pe 잠재기의 분석 결과, 전극 위치, $F(1,45)=.74$, *ns*, 및 집단, $F(1,45)=.03$, *ns*, 의 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

ERN/CRN 진폭과 특성 불안 점수의 상관 분석 결과

높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군의 특성 불안 점수 수준과 두 집단 간에 유의한 차이가 있는 요소인 ERN, CRN 진폭 간의 관련성을 알아보기 위해 Pearson 상관 분석을 실시하고 단측 검정을 실시하였다.

Fz, FCz, Cz에서 측정된 ERN, CRN 진폭과 특성 불안 점수 사이의 상관 분석을 한 결과, STAI-Y 특성 불안 점수와 Cz에서의 ERN 진폭 간에 유의한 부적 상관이 관찰되었으며, $r=-.29$, $p<.05$, WAS 점수와 Cz에서의 ERN 진폭 간에 유의한 부적 상관이 관찰되었다, $r=-.30$, $p<.05$. 즉, 특성 불안 수준의 증가는 Cz에서 측정된 ERN 진폭이 증가하는 것과 관련이 있었다. 또한, STAI-Y 특성 불안 점수와 Cz에서의 CRN 진폭 간에 유의한 부적 상관이 관찰되었으며, $r=-.28$, $p<.05$, WAS 점수와 Cz에서의 CRN 진폭 간에 유의한 부적 상관이 관찰되었다, $r=-.30$, $p<.05$. 즉, 특성 불안 수준의 증가는 Cz에서 측정된 CRN 진폭이 증가하는 것과 관련이 있었다.

논 의

본 연구는 높은 특성 불안을 가지고 있는 여자 대학생들을 대상으로 이들의 행동 모니터링 특성을 사이먼 과제와 사건 관련전위를 사용하여 알아보려 하였다. 행동 분석 결과, 반응 오류율과 반응 시간에서 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군 간에 유의한 차이가 관찰 되지 않았다. 이러한 결과는 불안 장애 환자군과 정상 통제군이 행동 모니터링 과제의 행동 수행에서 유의한 차이를 보이지 않음을 관찰한 선행 연구의 결과와 일치한다(Rabinak et al., 2013; Weinberg et al., 2010; Xiao et al., 2011).

사이먼 과제의 행동 수행 결과와 달리 사건관련전위에서 높은 특성 불안과 낮은 특성 불안군이 서로 다른 수행을 보였다. 즉, 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 Cz에서 유의하게 증가된 ERN 진폭을 보였다. 이러한 결과는 불안 장애를 가지고 있는 환자들을 대상으로 한 선행 연구의

결과와 일치한다(Gehring et al., 2000; Weinberg et al., 2010, 2012; Xiao et al., 2011). 또한, 선행 연구들(Aarts & Pourtois, 2010; Holmes & Pizzagalli, 2010; Weinberg et al., 2012)에서처럼 본 연구에서 두 집단이 유의한 차이를 보인 우울 수준과 사이먼 과제 수행 전의 상태 불안을 통제 한 후에도 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군에 비해 Cz에서 유의하게 증가된 ERN 진폭을 보였다. 이는 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군에서 관찰된 ERN 진폭의 증가가 우울 및 상태 불안의 영향을 받지 않는 것을 시사한다. 본 연구는 증가된 ERN 진폭이 불안장애에만 관련된 것이 아니라 불안 특성과 관련된 지표라는 선행연구들의 결과를 지지한다(Aarts & Pourtois, 2010; Hajcak et al., 2004; Hajcak & Simon, 2002; Moser et al., 2012).

또한, 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 Cz에서 유의하게 증가된 CRN 진폭을 보였다. 이러한 결과는 강박장애, 사회불안 장애 환자군을 대상으로 한 일부 선행 연구의 결과와 일치한다(Endrass et al., 2008, 2014a; Hajcak & Simons, 2002; Riesel et al., 2011, 2017). ERN 진폭과 유사하게 두 집단이 유의한 차이를 보인 우울 수준과 사이먼 과제 수행 전의 상태 불안을 통제한 후에도 높은 특성불안군이 낮은 특성 불안군에 비해 Cz에서 유의하게 더 큰 CRN 진폭을 보였다. CRN은 오반응과 정반응, 즉 모든 반응에 대한 포괄적이고 일반적인 행동 모니터링의 지표(Vidal et al., 2000)로 여겨지기 때문에 CRN이 오류 또는 위협을 사전에 회피하고자 미리 예상하여 대비하는 반응 양식을 반영할 수 있다.

낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 증가된 ERN 진폭 뿐만 아니라 증가된 CRN 진폭을 보이는 것은 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군이 사이먼 과제의 오반응 뿐만 아니라 정반응을 인지하고 해석하는 과정에 차이가 있음을 시사한다. 선행 연구들(Bishop, 2007; Somerville et al., 2004)을 통해 특성 불안이 높은 사람들은 특성 불안이 낮은 사람들에 비해 중립적이거나 모호한 자극을 위협적으로 해석하는 경향이 있으며, 그 결과 특성 불안이 낮은 사람들에 비해 더 많은 인지적인 자원을 사용하게 된다고 알려져 있다.

낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 증가된 ERN과 CRN 진폭을 보이지만 행동 수행에서 유의한 차이가 없는 것은 Eysenck가 제안한 처리 효율성 이론(Eysenck & Calvo, 1992)과 주의 통제 이론(Eysenck et al., 2007)으로 설명될 수 있다. 즉 불안 수준이 높은 사람들이 감소된 효율성을 보상하기 위해 인지적 노력을 증가시키기 때문에

낮은 불안군과 유사한 수준의 행동 수행을 유지할 수 있는데, 높은 특성 불안군에서 관찰된 ERN과 CRN 진폭의 증가가 이러한 인지적 노력의 증가를 반영하는 것으로 여겨진다. 나아가 Sandi & Richter-Levin(2009)은 특성 불안이 높은 사람들의 인지적 효율성이 낮아지는 것은 이들로 하여금 일상생활의 스트레스 상황에 대처하는 것을 어렵게 하고, 만성적인 스트레스나 고난을 겪을 경우 불안장애로 발전하게 한다는 신경인지적 매커니즘 모델을 제안하였다.

Pe의 진폭과 잠재기에서는 집단 간의 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 불안 장애를 대상으로 한 선행 연구들의 결과와 일치한다(Rabinak et al., 2013; Weinberg et al., 2010; Xiao et al., 2011). Pe가 실제로 오반응과 관련된 어떤 기능을 반영하는가에 대해서는 아직 논란이 되고 있다. 선행 연구(Endrass et al., 2005; Mathewson et al., 2005; Nieuwenhuis et al., 2001; Shalgi et al., 2009; Steinhauer & Yeung, 2010)에서 논의된 바에 의하면 Pe는 오반응을 인식하고 지각하며 주의를 기울이는 것(Endrass et al., 2005; Steinhauer & Yeung, 2010)과 관련된 요소일 가능성이 있으며, Pe는 ERN에 비해 실험에 사용한 과제의 유형에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 예를 들어, Flanker 과제와 출처 기억(source memory)을 측정하는 과제를 사용한 연구에서 과제 유형에 따라 ERN 진폭에서는 큰 차이가 없으나 Flanker 과제에 비해 출처 기억을 측정하는 과제에서 더 감소된 Pe 진폭이 관찰되었으며(Mathewson et al., 2005), 지각할 수 있는 오반응과 지각할 수 없는 오반응을 확인할 수 있는 antisaccade 과제에서는 두 가지 유형의 오반응 간에 ERN 진폭에서는 큰 차이가 없으나 지각할 수 있는 오반응 유형보다 지각할 수 없는 오반응 유형에서 더 감소된 Pe 진폭이 관찰되었다(Endrass et al., 2005; Nieuwenhuis et al., 2001). 본 연구에서 사용한 사이먼 과제는 충분한 연습 시행을 실시함으로써 과제에 대한 이해 부족보다는 실수에 의해 오반응을 유발하도록 제작되었다. 따라서 본 연구에서 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군 간에 유의한 Pe 진폭의 차이가 없는 것은 두 집단이 기본적으로 오류를 인식하고 지각하는 방식에서는 유의한 차이가 없을 가능성을 시사한다. 그러나 Pe의 기능적 함의에 대한 논란이 많기 때문에 불안과 Pe의 관계에 대한 보다 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

특성 불안 점수와 ERN과 CRN 진폭 사이의 상관 분석 결과, 특성 불안 수준과 Cz에서 측정된 ERN 및 CRN 진폭 간에 유의한 상관이 관찰되었다. 즉, 특성 불안 수준이 높을수록 ERN 및 CRN 진폭이 증가하였다. 이는 집단 별 상관

분석이 아닌 전체 연구참여자들을 대상으로 한 상관분석 결과이기 때문에 이 결과는 특성 불안과 ERN, CRN 진폭의 관련성이 범주(category)적이면서 차원(dimension)적일 가능성을 시사한다. 본 연구와 유사하게 불안 증상의 심각도와 ERN 및 CRN 사이의 관련성을 조사한 일부 선행 연구에서 증상의 심각도와 ERN 및 CRN 진폭 사이에 유의한 상관이 관찰되었다(Riesel et al., 2017; Weinberg et al., 2010; Xiao et al., 2011). 이는 정상적인 불안과 병리적인 불안은 범주적으로 다른 것이라기보다는 연속적인 차원으로서 이해해야 한다는 주장(Mathews & MacLeod, 2005)을 지지하는 결과이다.

연구의 결과를 종합하면 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군이 사이면 과제의 행동 수행에서는 차이를 보이지 않은 반면, 사건관련전위에서는 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 Cz에서 유의하게 증가된 ERN과 CRN 진폭을 보였다. 또한 ERN과 CRN 진폭과 특성 불안 수준 사이에 유의한 상관이 관찰되었다. ERN과 CRN은 행동 모니터링 과정을 반영한다. 따라서 본 연구의 결과는 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군과 동일한 과제를 수행할 때에도 인지적 노력을 증가하는 것과 같은 다른 행동모니터링 특성을 가지고 있는 것을 보여주며, 이러한 차이가 사이면 과제에서 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군과 유사한 수행 수준을 유지할 수 있게 한 것으로 여겨진다.

본 연구는 불안장애의 고위험군인 여자 대학생의 집단 간 특성 불안 수준의 차이를 제외한 행동 모니터링에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들을 가능한 통제하여 특성 불안과 행동 모니터링의 관계를 명확히 한 것에 의의가 있다. 나아가 본 연구 결과의 시사점으로는 높은 특성 불안을 가지는 사람들의 행동 모니터링에 대한 연구는 행동 과제뿐만 아니라 사건관련전위 등과 같은 뇌활성화 평가를 동시에 사용해야 함을 시사한다. 본 연구결과와 더불어 다양한 행동 모니터링 과제에서 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군과 유사한 행동 수행을 보이지만, 유의하게 증가된 ERN과 CRN 진폭 뿐만 아니라 증가된 N2 진폭(Righi et al., 2009), 증가된 배외측 전전두피질의 활성화(Basten et al., 2011) 등을 보인다는 것이 보고되고 있다. 과제의 행동 수행에서 확인할 수 없는 이러한 뇌활성화는 특성 불안으로 인해 감소된 처리 효율성을 높이려는 인지적 노력을 반영한다(Berggren & Derakshan, 2013; Moser et al., 2013). 또한, 높은 특성 불안을 가지는 여자 대학생들에서 ERN 진폭의 증가를 관찰한 본 연구 결과는 ERN이 불안장애의 내적표현형의 지표로 사용될 수 있음을 시사한다. 이는 특성 불안이 높은 정상인들이 불안 장

애에 대한 취약성을 가지고 있음과 ERN이 불안 장애의 진단과 불안 장애 고위험군에 대한 조기 개입에 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다. 예를 들어, Meyer 등(2015)은 6세 아동들에서 증가된 ERN 진폭이 9세 시점에서의 불안 장애의 발생을 예측한다는 결과를 보고하였으며, 최근 활발히 연구가 진행 중인 주의 편향 수정(attention bias modification; ABM, Hakamata et al., 2010; Nelson et al., 2015)과 같은 개입 기법을 통해 ERN 진폭을 감소시키려는 시도가 되고 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 연구 참여 대상자의 수가 적어 본 연구 결과의 일반화에 제한이 있다. 둘째, 본 연구에서 고밀도 사건관련전위(64 채널)를 사용하였지만 본 연구에서 사용한 사건관련전위의 기본 분석 방법인 전극 영역별 진폭과 잠재기 분석만으로는 뇌파의 근원지를 명확하게 밝히기에는 제한이 있다. 따라서 근원지 국제화 기법과 뇌 영상 기법을 추가적으로 사용하면 높은 특성 불안군의 행동 모니터링에 대한 대뇌 기제를 보다 명확하게 이해할 수 있을 것이다.

References

- Aarts, K., & Pourtois, G. (2010). Anxiety not only increases, but also alters early error-monitoring functions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 10*, 479-492.
- American Psychiatric Association (2013). *DSM 5*. American Psychiatric Association.
- Bartholow, B. D., Pearson, M. A., Dickter, C. L., Sher, K. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2005). Strategic control and medial frontal negativity: Beyond errors and response conflict. *Psychophysiology, 42*, 33-42.
- Basten, U., Stelzel, C., & Fiebach, C. J. (2011). Trait anxiety modulates the neural efficiency of inhibitory control. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*, 3132-3145.
- Bates, A. T., Liddle, P. F., Kiehl, K. A., & Ngan, E. T. (2004). State dependent changes in error monitoring in schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research, 38*, 347-356.
- Berggren, N., & Derakshan, N. (2013). Attentional control deficits in trait anxiety: why you see them and why you don't. *Biological Psychology, 92*, 440-446.
- Bishop, S. J. (2007). Neurocognitive mechanisms of anxiety: an integrative account. *Trends in cognitive sciences, 11*, 307-316.
- Brown, T. A., Chorpita, B. F., & Barlow, D. H. (1998).

- Structural relationships among dimensions of the DSM-IV anxiety and mood disorders and dimensions of negative affect, positive affect, and autonomic arousal. *Journal of Abnormal Psychology, 107*, 179.
- Carrasco, M., Harbin, S. M., Nienhuis, J. K., Fitzgerald, K. D., Gehring, W. J., & Hanna, G. L. (2013). Increased Error Related Brain Activity In Youth With Obsessive Compulsive Disorder And Unaffected Siblings. *Depression and Anxiety, 30*, 39-46.
- Chambers, J. A., Power, K. G., & Durham, R. C. (2004). The relationship between trait vulnerability and anxiety and depressive diagnoses at long-term follow-up of Generalized Anxiety Disorder. *Journal of Anxiety Disorders, 18*, 587-607.
- Chan, C. C., Trachik, B. J., & Bedwell, J. S. (2014). An event-related potential investigation of error monitoring in adults with a history of psychosis. *Clinical Neurophysiology, 126*, 1717-1726.
- Cho, M. J., Chang, S. M., Hahm, B. J., Chung, I. W., Bae, A., Lee, Y. M., & Lee, H. W. (2009). Prevalence and Correlates of Major Mental Disorders among Korean Adults : A 2006 National Epidemiologic Survey. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association, 48*, 143-152.
- Clark, L. A., Watson, D., & Mineka, S. (1994). Temperament, personality, and the mood and anxiety disorders. *Journal of Abnormal Psychology, 103*, 103.
- De Visser, L., Van Der Knaap, L. J., van de Loo, A. J. A. E., van der Weerd, C. M. M., Ohl, F., & Van Den Bos, R. (2010). Trait anxiety affects decision-making differently in healthy men and women: towards gender-specific endophenotypes of anxiety. *Neuropsychologia, 48*, 1598-1606.
- Debener, S., Ullsperger, M., Siegel, M., Fiehler, K., Von Cramon, D. Y., & Engel, A. K. (2005). Trial-by-trial coupling of concurrent electroencephalogram and functional magnetic resonance imaging identifies the dynamics of performance monitoring. *The Journal of Neuroscience, 25*, 11730-11737.
- Easdon, C., Izenberg, A., Armilio, M. L., Yu, H., & Alain, C. (2005). Alcohol consumption impairs stimulus-and error-related processing during a Go/No-Go Task. *Cognitive Brain Research, 25*, 873-883.
- Endrass, T., Franke, C., & Kathmann, N. (2005). Error awareness in a saccade countermanding task. *Journal of Psychophysiology, 19*, 275.
- Endrass, T., Klawohn, J., Schuster, F., & Kathmann, N. (2008). Overactive performance monitoring in obsessive-compulsive disorder: ERP evidence from correct and erroneous reactions. *Neuropsychologia, 46*, 1877-1887.
- Endrass, T., Riesel, A., Kathmann, N., & Buhlmann, U. (2014a). Performance monitoring in obsessive-compulsive disorder and social anxiety disorder. *Journal of Abnormal Psychology, 123*, 705-714.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & Emotion, 6*, 409-434.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion, 7*, 336.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological Psychology, 51*, 87-107.
- First, M. B., Gibbon, M., Spitzer, R. L., & Williams, J. B. W. (1996). *User's Guide for the Structured Clinical Interview for DSM-IV Axis I Disorders—Research Version*. New York: Biometrics Research Department, New York State Psychiatric Institute.
- Ganushchak, L. Y., & Schiller, N. O. (2006). Effects of time pressure on verbal self-monitoring: An ERP study. *Brain Research, 1125*, 104-115.
- Gehring, W. J., Himle, J., & Nisenson, L. G. (2000). Action-monitoring dysfunction in obsessive-compulsive disorder. *Psychological Science, 11*, 1-6.
- Gehring, W. J., & Knight, R. T. (2000). Prefrontal - cingulate interactions in action monitoring. *Nature Neuroscience, 3*, 516-520.
- Hahn, O. S., Ahn, J. H., Song, S. H., Cho, M. J., Kim, J. K., Bae, J. N., Cho, S. J., Jeong, B. S., Suh, D. W., Hahm, B. J., Lee, D. W., Park, J. I., & Hong, J. P. (2000). Development of korean version of structured clinical interview schedule for DSM-IV axis I disorder: Interrater reliability. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association, 39*, 362-372.
- Hajcak, G., Franklin, M., Foa, E., & Simons, R. (2008). Increased error-related brain activity in pediatric obsessive-compulsive disorder before and after treatment. *American Journal of Psychiatry, 165*, 116-123.

- Hajcak, G., McDonald, N., & Simons, R. F. (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain and Cognition, 56*, 189-197.
- Hajcak, G., & Simons, R. F. (2002). Error-related brain activity in obsessive-compulsive undergraduates. *Psychiatry Research, 110*, 63-72.
- Hakamata, Y., Lissek, S., Bar-Haim, Y., Britton, J. C., Fox, N. A., Leibenluft, E., & Pine, D. S. (2010). Attention bias modification treatment: a meta-analysis toward the establishment of novel treatment for anxiety. *Biological Psychiatry, 68*, 982-990.
- Han, D. W., Lee, J. H., & Jeon, K. K. (1996). Korean adaptation of Spielberger's STAI (K-STAI). *Korean Journal of Health Psychology, 1*, 1-14.
- Han, K. H., Lim, J. Y., Min, B. B., Lee, J. H., Moon, K. J., & Kim, J. S. (2006). Korean MMPI-2 standardization study. *Korean Journal of Clinical Psychology, 25*, 533-564.
- Hensley, L., & Varela, R. E. (2008). PTSD symptoms and somatic complaints following Hurricane Katrina: The roles of trait anxiety and anxiety sensitivity. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology, 37*, 542-552.
- Herrmann, M. J., Rommler, J., Ehlis, A. C., Heidrich, A., & Fallgatter, A. J. (2004). Source localization (LORETA) of the error-related-negativity (ERN/Ne) and positivity (Pe). *Cognitive Brain Research, 20*, 294-299.
- Holmes, A. J., & Pizzagalli, D. A. (2008). Spatiotemporal dynamics of error processing dysfunctions in major depressive disorder. *Archives of General Psychiatry, 65*, 179-188.
- Holmes, A. J., & Pizzagalli, D. A. (2010). Effects of task-relevant incentives on the electrophysiological correlates of error processing in major depressive disorder. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 10*, 119-128.
- Hommel, B. (1997). Toward an action-concept model of stimulus-response compatibility. *Advances in Psychology, 118*, 281-320.
- Hwang, S. T., Kim, J. H., Park, K. B., Choi, J. Y., & Honh, S. H. (2012a). *K-WAIS-IV*. Korea Psychology co., LTD.
- Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., & Walters, E. E. (2005). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of General Psychiatry, 62*, 593-602.
- Kim, S. O., & Jeon, Y. J. (2013). A study on relationships among college students' self-differentiation, self-esteem and mental health. *Korean Journal of Human Ecology, 22*, 539-558.
- King, J. A., Korb, F. M., Von Cramon, D. Y., & Ullsperger, M. (2010). Post-error behavioral adjustments are facilitated by activation and suppression of task-relevant and task-irrelevant information processing. *The Journal of Neuroscience, 30*, 12759-12769.
- Leuthold, H., & Sommer, W. (1999). ERP correlates of error processing in spatial SR compatibility tasks. *Clinical Neurophysiology, 110*, 342-357.
- Lewinsohn, P. M., Gotlib, I. H., Lewinsohn, M., Seeley, J. R., & Allen, N. B. (1998). Gender differences in anxiety disorders and anxiety symptoms in adolescents. *Journal of Abnormal Psychology, 107*, 109.
- Liu, X., Banich, M. T., Jacobson, B. L., & Tanabe, J. L. (2004). Common and distinct neural substrates of attentional control in an integrated Simon and spatial Stroop task as assessed by event-related fMRI. *Neuroimage, 22*, 1097-1106.
- Lu, C. H., & Proctor, R. W. (1994). Processing of an irrelevant location dimension as a function of the relevant stimulus dimension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 286.
- Luck, S. J. (2005). Ten simple rules for designing ERP experiments. *Event-related potentials: A methods handbook*, 262083337.
- Marsh, R., Horga, G., Parashar, N., Wang, Z., Peterson, B. S., & Simpson, H. B. (2014). Altered activation in fronto-striatal circuits during sequential processing of conflict in unmedicated adults with obsessive-compulsive disorder. *Biological Psychiatry, 75*, 615-622.
- Masaki, H., Falkenstein, M., Stürmer, B., Pinkpank, T., & Sommer, W. (2007). Does the error negativity reflect response conflict strength? Evidence from a Simon task. *Psychophysiology, 44*, 579-585.
- Masaki, H., Murphy, T. I., Desjardins, J. A., & Segalowitz, S. J. (2012). The error-related negativity associated with different strength of stimulus-response interference. *Clinical Neurophysiology, 123*, 689-699.
- Mathews, A., & MacLeod, C. (2005). Cognitive vulnerability to emotional disorders. *Annual Review of Clinical Psychology, 1*, 167-195.
- Mathewson, K. J., Dywan, J., & Segalowitz, S. J. (2005). Brain bases of error-related ERPs as influenced by age and task.

- Biological Psychology*, 70, 88-104.
- Merikangas, K. R., & Pine, D. A. N. I. E. L. (2002). Genetic and other vulnerability factors for anxiety and stress disorders. In K. Davis, D. Charney, J. T. Coyle et al., editors, *Neuropsychopharmacology: the fifth generation of progress* (pp. 867-882). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Meyer, A., Hajcak, G., Torpey-Newman, D. C., Kujawa, A., & Klein, D. N. (2015). Enhanced error-related brain activity in children predicts the onset of anxiety disorders between the ages of 6 and 9. *Journal of Abnormal Psychology*, 124, 266.
- Ministry of Health and Welfare (2017). *The Survey of Mental Disorders in Korea*. Seoul: Ministry of Health and Welfare.
- Moser, J. S., Moran, T. P., & Jendrusina, A. A. (2012). Parsing relationships between dimensions of anxiety and action monitoring brain potentials in female undergraduates. *Psychophysiology*, 49, 3-10.
- Moser, J. S., Moran, T. P., Schroder, H. S., Donnellan, M. B., & Yeung, N. (2013). On the relationship between anxiety and error monitoring: a meta-analysis and conceptual framework. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 466.
- Nelson, B. D., Jackson, F., Amir, N., & Hajcak, G. (2015). Single-session attention bias modification and error-related brain activity. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 15, 776-786.
- Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: Evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38, 752-760.
- Notebaert, W., & Verguts, T. (2011). Conflict and error adaptation in the Simon task. *Acta Psychologica*, 136, 212-216.
- O'Connell, R. G., Dockree, P. M., Bellgrove, M. A., Kelly, S. P., Hester, R., Garavan, H., & Foxe, J. J. (2007). The role of cingulate cortex in the detection of errors with and without awareness: a high density electrical mapping study. *European Journal of Neuroscience*, 25, 2571-2579.
- Oh, S. M., Min, K. J., & Park, D. B. (1999). A study on the standardization of the hospital anxiety and depression scale for Koreans. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, 38, 289-296.
- Olvet, D. M., & Hajcak, G. (2009b). The stability of error related brain activity with increasing trials. *Psychophysiology*, 46, 957-961.
- Overbeek, T. J., Nieuwenhuis, S., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Dissociable components of error processing: on the functional significance of the Pe vis-à-vis the ERN/Ne. *Journal of Psychophysiology*, 19, 319-329.
- Rabinak, C. A., Holman, A., Angstadt, M., Kennedy, A. E., Hajcak, G., & Phan, K. L. (2013). Neural response to errors in combat-exposed returning veterans with and without post-traumatic stress disorder: A preliminary event-related potential study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 213, 71-78.
- Riesel, A., Endrass, T., Kaufmann, C., & Kathmann, N. (2011). Overactive error-related brain activity as a candidate endophenotype for obsessive-compulsive disorder: evidence from unaffected first-degree relatives. *American Journal of Psychiatry*, 168, 317-324.
- Riesel, A., Goldhahn, S., & Kathmann, N. (2017). Hyperactive performance monitoring as a transdiagnostic marker: Results from health anxiety in comparison to obsessive-compulsive disorder. *Neuropsychologia*, 96, 1-8.
- Righi, S., Mecacci, L., & Viggiano, M. P. (2009). Anxiety, cognitive self-evaluation and performance: ERP correlates. *Journal of Anxiety Disorders*, 23, 1132-1138.
- Sandi, C., & Richter-Levin, G. (2009). From high anxiety trait to depression: a neurocognitive hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 32, 312-320.
- Scorolli, C., Pellicano, A., Nicoletti, R., Rubichi, S., & Castiello, U. (2015). The Simon Effect in Action: Planning and/or On Line Control Effects?. *Cognitive Science*, 39, 972-991.
- Shalgi, S., Barkan, I., & Deouell, L. Y. (2009). On the positive side of error processing: error awareness positivity revisited. *European Journal of Neuroscience*, 29, 1522-1532.
- Simon, J. R., & Berbaum, K. (1990). Effect of conflicting cues on information processing: the 'Stroop effect' vs. the 'Simon effect'. *Acta Psychologica*, 73, 159-170.
- Somerville, L. H., Kim, H., Johnstone, T., Alexander, A. L., & Whalen, P. J. (2004). Human amygdala responses during presentation of happy and neutral faces: correlations with state anxiety. *Biological Psychiatry*, 55, 897-903.
- Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory STAI (form Y)*. Palo Alto, Consulting Psychologist Press.
- Spielberger, C. D. (Ed.). (2013). *Anxiety: Current trends in*

- theory and research*. Elsevier.
- Steinhauser, M., & Yeung, N. (2010). Decision processes in human performance monitoring. *Journal of Neuroscience*, *30*, 15643-15653.
- Sylvester, C. M., Corbetta, M., Raichle, M. E., Rodebaugh, T. L., Schlaggar, B. L., Sheline, Y. I., & Lenze, E. J. (2012). Functional network dysfunction in anxiety and anxiety disorders. *Trends in Neurosciences*, *35*, 527-535.
- Tan, J., Ma, Z., Gao, X., Wu, Y., & Fang, F. (2011). Gender difference of unconscious attentional bias in high trait anxiety individuals. *PLoS One*, *6*, e20305.
- Tops, M., Koole, S. L., & Wijers, A. A. (2015). The Pe of perfectionism. *Journal of Psychophysiology*, *27*, 84-94.
- Tucker, D. M. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: the geodesic sensor net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *87*, 154-163.
- Ullsperger, M., Danielmeier, C., & Jocham, G. (2014). Neurophysiology of performance monitoring and adaptive behavior. *Physiological Reviews*, *94*, 35-79.
- van der Lubbe, R. H., Jaśkowski, P., Wauschkuhn, B., & Verleger, R. (2001). Influence of time pressure in a simple response task, a choice-by-location task, and the Simon task. *Journal of Psychophysiology*, *15*, 241.
- Van Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior*, *77*, 477-482.
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2005). Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: a functional MRI study. *Neuroimage*, *27*, 497-504.
- Vidal, F., Burle, B., Bonnet, M., Grapperon, J., & Hasbroucq, T. (2003). Error negativity on correct trials: a reexamination of available data. *Biological Psychology*, *64*, 265-282.
- Vidal, F., Hasbroucq, T., Grapperon, J., & Bonnet, M. (2000). Is the 'error negativity' specific to errors?. *Biological Psychology*, *51*, 109-128.
- Watson, D. (2005). Rethinking the mood and anxiety disorders: A quantitative hierarchical model for DSM-V. *Journal of Abnormal Psychology*, *114*, 522-536.
- Weems, C. F., Pina, A. A., Costa, N. M., Watts, S. E., Taylor, L. K., & Cannon, M. F. (2007). Predisaster trait anxiety and negative affect predict posttraumatic stress in youths after Hurricane Katrina. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *75*, 154-159.
- Weinberg, A., Meyer, A., Hale Rude, E., Perlman, G., Kotov, R., Klein, D. N., & Hajcak, G. (2016). Error related negativity (ERN) and sustained threat: Conceptual framework and empirical evaluation in an adolescent sample. *Psychophysiology*, *53*, 372-385.
- Weinberg, A., Olvet, D. M., & Hajcak, G. (2010). Increased error-related brain activity in generalized anxiety disorder. *Biological Psychology*, *85*, 472-480.
- Weinberg, A., Riesel, A., & Hajcak, G. (2012). Integrating multiple perspectives on error-related brain activity: the ERN as a neural indicator of trait defensive reactivity. *Motivation and Emotion*, *36*, 84-100.
- Welsh, G. S. (1956). Factor dimensions A and R. In G. S. Welsh & W. G. Dahlstrom (Eds.), *Basic Readings on the MMPI in Psychology and Medicine* (pp. 264-281). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Xiao, Z., Wang, J., Zhang, M., Li, H., Tang, Y., Wang, Y., & Fromson, J. A. (2011). Error-related negativity abnormalities in generalized anxiety disorder and obsessive-compulsive disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *35*, 265-272.
- Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *67*, 361-370.

특성 불안이 높은 여자대학생의 행동 모니터링에 관한 사건관련전위 연구

문석현¹, 김명선^{1*}

¹성신여자대학교 심리학과

본 연구는 불안장애 환자에서 비교적 일관되게 보고되는 행동 모니터링 특성이 불안장애 고위험군인 높은 특성불안을 가진 여자 대학생에서도 관찰되는지를 알아보았다. 상태-특성 불안 검사의 특성 불안 척도(State-Trait Anxiety Inventory trait scale: STAI-Y trait)와 Welsh 불안 척도(Welsh Anxiety Scale: WAS) 점수에 근거하여 높은 특성 불안군(n=24)과 낮은 특성 불안군(n=23)을 선정하였다. 행동 모니터링의 측정에는 사이먼 과제를 사용하였고, 사이먼 과제의 수행 동안 사건관련전위를 측정하였다. 사이먼 과제는 자극 위치와 반응 위치 간의 연합을 기본으로 하여, 자극의 위치와 반응 버튼의 위치가 동일한 일치 조건, 자극의 위치와 반응 버튼의 위치가 서로 다른 불일치 조건으로 구성되었다. 연구참여자에게는 자극이 제시되는 위치와 상관없이 각 자극에 이미 할당된 반응 버튼을 빠르고 정확하게 누르는 것이 요구되었다. 행동 자료 분석 결과, 반응 오류율과 반응 시간에서 높은 특성 불안군과 낮은 특성 불안군 사이에 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 사건관련전위 분석 결과, 낮은 특성 불안군에 비해 높은 특성 불안군이 중앙 전극영역(Cz)에서 유의하게 증가된 오류관련 부정전위(error-related negativity: ERN) 진폭과 정반응 부정전위(correct response negativity: CRN) 진폭을 보였으며, 이 결과는 우울과 과제 수행 전 상태불안을 통제한 경우에도 관찰되었다. 또한, Cz에서의 ERN과 CRN 진폭이 특성 불안 점수와 유의한 상관을 보였다. ERN과 CRN은 행동 모니터링 과정을 반영하는 것으로 알려져 있으며 따라서 본 연구의 결과는 높은 특성 불안군이 낮은 특성 불안군과 다른 행동 모니터링 특성을 가지고, 이러한 특성이 불안장애의 특성지표일 가능성을 시사한다.

주제어: 높은 특성 불안군, 행동 모니터링, 사건관련전위, 오류관련 부정전위, 정반응 부정전위