

조현형 인격 성향을 가진 대학생의 P300 국소화 분석*

장 경 미 김 보 미 나 은 찬 안 은 지 김 명 선†

성신여자대학교 심리학과

본 연구는 청각 oddball 방안, 사건관련전위와 sLORETA를 사용하여 조현형 인격 성향을 가지는 대학생의 P300 신호원을 조사하였다. 또한 P300 신호원의 전류밀도와 조현병 증상간의 관계를 조사하였다. Schizotypal personality questionnaire(SPQ)의 점수에 근거하여 조현형 인격성향군($n=37$)과 정상통제군($n=42$)을 선정하였다. P300은 자주 제시되는 표준 자극(1000Hz)과 드물게 제시되는 목표 자극(1500Hz)으로 구성되는 청각 oddball 과제를 사용하여 측정하였으며, 참여자들은 목표 자극이 몇 번 제시되었는지 횟수를 세어 실험 후 보고하는 것이 요구되었다. 행동분석 결과, Oddball 과제의 정확률에서는 두 집단 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 사건관련전위를 분석한 결과, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 P300 진폭을 보였다. P300의 신호원을 추정하기 위하여 sLORETA를 사용하여 분석한 결과, 두 집단 모두에서 좌우반구 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽에 분포되어 관찰되었다. 두 집단의 P300 신호원의 전류밀도를 비교한 결과, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 좌반구 상측두회와 우반구 중측두회에서 감소된 활성화를 보인 반면 좌반구 하전두회와 우반구 상전두회에서는 활성화 증가를 보였다. 이에 덧붙여, 조현형 인격성향군에서 우반구 상전두회의 전류밀도와 SPQ의 와해 점수 사이에 부적 상관이 관찰되었다. 이러한 결과는 P300 신호원인 전두 및 측두 영역의 이상을 조현병 환자뿐만 아니라 경미한 증상을 가지고 있는 조현형 인격성향군도 가지고 있음을 시사한다. 이에 덧붙여 본 연구 결과는 조현병 고위험군의 선별에 사용되는 SPQ의 경우 총점보다는 와해 점수가 고위험군의 선별에 더 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다.

주제어: P300, 조현형 인격성향군, 뇌 국소화, 오드볼 방안, 사건관련전위, sLORETA

* 본 연구는 2015년 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

† 교신저자: 김명선, 성신여자대학교 심리학과, 서울시 성북구 보문로 34다길 2
연구분야: 임상신경심리학, 인지신경과학, 사건관련전위

Tel: 02-920-7592, Fax: 02-920-2040, E-mail: kimms@sungshin.ac.kr

서 론

사건관련전위(event-related potentials)는 자극의 처리 과정을 밀리 초(milliseconds; ms) 수준에서 측정할 수 있는 우수한 시간해상도를 가지고 있으며, 이로 인해 일련의 순차적 과정으로 이루어져 있는 인지 기능의 연구에 매우 유용하게 사용되고 있다(Luck, 2014; Pinal, Zurrón, & Díaz, 2014). 사건관련전위를 사용하여 측정하고자 하는 인지 기능에 따라 다양한 실험 방안이 사용되고 있지만, 그 중에서도 oddball 방안이 가장 널리 사용되고 있다(Chang et al., 2014; del Re et al., 2015; Earls, Curran, & Mittal, 2016; Kim, Shim, Kim, Im, & Lee, 2014). Oddball 방안은 연속적으로 제시되는 자극들 중 목표 자극에 주의를 주어 이를 탐지하는 것이 요구된다. 즉, 자주 제시되는 표준 자극(standard stimulus)과 드물게 제시되는 목표 자극(target stimulus)이 무선적으로 제시되며, 제시되는 자극들 중에서 목표 자극이 몇 번 제시되었는지 횟수를 세어 실험 후 보고하거나 목표 자극이 제시 될 때마다 버튼을 눌러 반응하는 것이 요구된다(Picton, 1992; Polich, 1998). Oddball 방안을 사용하여 사건관련전위를 측정한 연구들은 표준 자극보다 목표 자극 제시 후 약 250-500ms에 정적 전위(positive potential)를 띠는 정점, 즉 P300이 관찰됨을 일관되게 보고하고 있다(Lazzaro et al., 1997; Polich, 2007). P300은 자주 제시되는 표준 자극으로부터 드물게 제시되는 목표 자극을 구분하여 처리하는 뇌의 전기적 활성화를 반영하는 것으로 표준 자극보다 목표 자극에서 더 큰 진폭을 보인다(Donchin & Coles, 1988; Wang & Guo, 2012; Wronka, Kaiser, & Coenen, 2008). P300 진폭은 주의 자원의 할당(Wronka, Kunięcki, Kaiser, & Coenen, 2007), 맥락 최신화(Donchin & Coles, 1988) 등과 같은 인지 기능을 반영한다고 보고되고 있는 한편 P300 잠재기는 자극이 처리되는 시간, 즉 자극 평가시간을 반영하는 것으로 알려져 있다(Kutas, McCarthy, & Donchin, 1977).

Oddball 방안으로 측정하는 P300은 조현병 환자의 인지 장애를 이해하기 위해 자주 사용되어 왔다(Qiu, Tang, Chan, Sun, & He, 2014; Shin et al., 2010; Wang et al., 2010). 조현병 환자를 대상으로 oddball 방안을 사용하여 사건관련전위를 측정한 선행 연구들은 정상통제군에 비해 조현병 환자군에서 P300의 진폭이 유의하게 감소되어 있음을 일관되게 보고하고 있으며(Earls et al., 2016; Kims et al., 2003; Ozgurdal et al., 2008; Qiu et al., 2014), 감소된 P300 진폭이 만성 조현병 환자뿐만 아니라 환자의 건강한 친척(Price et al., 2006), 초발성 환자(del Re et al., 2015) 및 고위험군(Fusar-Poli et al., 2011; van Tricht et al., 2010)에서도 관찰됨에 따라 P300 진폭의 감소가 조현병의 생물학적 지표(biological marker)로 여겨지고 있다(Chun et al., 2013; Ford, 1999; Oribe et al., 2015).

그러나 조현병 환자의 감소된 P300 진폭에 대한 임상적 해석은 아직 명확하지 않다(Bachiller et al., 2015; van der Stelt & Belger, 2007). P300 이상과 신경심리검사 수행 및 조현병 증상 사이의 관련성을 연구함으로써 조현병 환자에서 관찰되는 P300 진폭 감소가 무엇을 반영하는가를 이해하려는 시도들이 있지만(Jeon & Polich, 2003; Kawasaki et al., 2007; Kim et al., 2003; Liu, Tam, Xue,

Yao, & Wu, 2004) 아직까지 일치된 견해가 부족한 실정이다. 일부 연구들은 P300 이상과 뇌의 구조 및 기능 이상과 관련지어 이해하고자 하였다(Higuchi et al., 2008; Sabeti, Moradi, & Katebi, 2011). 즉, P300의 신호원으로 전두엽(frontal lobe), 두정엽(parietal lobe)과 측두엽(temporal lobe) 구조들(Bocquillon et al., 2011; Pae et al., 2003; Polich, 2007), 상측두회(superior temporal gyrus), 하두정회(inferior parietal gyrus), 전전두피질(prefrontal cortex) 및 대상회(cingulate gyrus) 등이 보고되고 있는데(Kawasaki et al., 2007; Linden, 2005; Volpe et al., 2007; Wang et al., 2010), P300의 신호원과 관련된 이러한 뇌 영역들의 구조 및 기능 이상이 조현병 환자들에서 자주 관찰되기 때문이다. 예를 들어, 자기공명영상(magnetic resonance imaging: MRI)을 사용한 뇌 영상 연구들은 조현병 환자의 전두엽 및 측두엽 회백질의 부피가 감소되어 있는 것을 일관되게 보고하고 있다(Huang et al., 2015; Tang et al., 2012; Vita, De Peri, Deste, & Sacchetti, 2012). 이에 근거하여 일부 연구자들은 조현병 환자의 전두엽 및 측두엽의 회백질 부피 감소가 P300 진폭의 감소와 관련되어 있음을 제안하였다(Martin-Loeches et al., 2001; McCarley et al., 2002). 또한 기능 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging: fMRI)을 사용한 연구들은 oddball 과제를 수행하는 동안 조현병 환자들에서 전두엽, 두정엽, 측두엽, 편도체(amygdale), 시상(thalamus), 소뇌(cerebellum) 등의 활성화 감소를 관찰하였고, 이는 환자들이 이 영역들의 기능 이상을 가지고 있음을 시사한다고 제안하였다(Gur et al., 2007; Kiehl, Stevens, Celone, Kurtz, & Krystal, 2005; Wynn et al., 2015).

그러나 뇌 영상 기법들은 우수한 공간해상도로 말미암아 뇌 구조 및 기능을 밝히는데 큰 공헌을 하지만 낮은 시간해상도로 인하여 밀리초 내에서 이루어지는 정보처리 과정의 순차적 뇌 활성화를 제공하는데 한계가 있다(Wronka, Kaiser, & Coenen, 2012). 반면 고밀도 뇌파로 공간해상도가 상당히 개선된 EEG source imaging 방법은 두피에서 측정된 사건관련전위를 역추정(inverse solution)하여 정보 처리 단계에 관여하는 뇌 영역들의 활성화 정보를 제공할 수 있다(Goel, Chavarriaga, & Millán, 2011; Yao & Dewald, 2005). 이러한 source imaging 방법 중에 Low Resolution Electromagnetic Tomography(LORETA)가 뇌 신호원 국소화(source localization)에 가장 유용하다고 제안되고 있다(Jung, Kim, Kim, Im, & Lee, 2012; Pae et al., 2003; Pascual-Marqui, 2002). 정상인을 대상으로 LORETA를 사용하여 P300의 신호원을 조사한 선행 연구들은 전전두피질, 두정엽, 측두엽, 대상 피질 등을 보고하고 있으며(Bae, Kim, Im, & Lee, 2011; Bocquillon et al., 2011; Volpe et al., 2007; Wang et al., 2010), 일부 연구들은 전두 및 두정엽, 측두-두정 피질 영역의 광범위한 네트워크가 P300 생성에 관여한다고 제안하였다(Wang, Hiramatsu, Hokama, Miyazato, & Ogura, 2003; Wronka et al., 2012). 또한 조현병 환자들을 대상으로 LORETA를 사용하여 P300의 뇌 활성화를 조사한 선행 연구들은 조현병 환자들에서 좌반구 내측두(medial temporal) 및 하두정(inferior parietal), 상측두회, 중전두회(middle frontal gyrus), 중심전회(precentral gyrus) 등의 활성화 감소를 보고하였다(Bachiller et al., 2015; Higuchi et al., 2008; Kim et al., 2014; Pae et al., 2003; Wang et al., 2010). 이러한 결과는 조현병 환자에서 관찰되는 P300 진폭의 감소가 뇌 구조 및 기능의 이상과 관련되

어 있음을 시사한다(Wang et al., 2010).

조현병 환자에서 관찰되는 P300은 다양한 요인들에 쉽게 영향을 받는다. 즉, 조현병의 발병 시기, 유병 기간, 약물 복용, 증상의 심각성 등과 같은 요인들이 P300에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Demiralp et al., 2002; Higuchi et al., 2008; Mathalon, Ford, Rosenbloom, & Pfefferbaum, 2000; Wang et al., 2005). 예를 들어, 항정신병 약물 치료를 받지 않는 환자들에 비해 약물 치료를 받는 조현병 환자들에서 P300 진폭의 증가가 관찰되었고(Higuchi et al., 2008; Wang et al., 2005), P300과 유병 기간 및 증상의 심각성이 서로 관련되어 있음이 보고되었다(Chang et al., 2014; Mathalon et al., 2000). 따라서 유병 기간, 약물 효과, 만성 환자의 입원 기간 및 입원 횟수 등을 통제할 수 있는 아임상(subclinical) 조현형 인격성향군을 대상으로 연구하는 것이 조현병 환자들에서 관찰되는 P300 진폭 감소에 관한 보다 유용한 정보를 얻을 수 있다고 제안되고 있다(Chang et al., 2014; Gassab et al., 2006). 더욱이 최근에는 조현병의 병인론 및 생물학적 지표들을 밝히기 위해 높은 유전적 위험을 가지고 있는 조현병 환자의 건강한 가족 구성원뿐만 아니라 초발성 환자, 조현병 스펙트럼에 포함되는 조현형 인격장애군 혹은 아임상 조현형 인격성향군을 대상으로 한 연구들이 진행되고 있다(Jang & Kim, 2014; Kim, Jang, & Kim, 2015; Mannan, Hiramatsu, Hokama, & Ohta, 2001; Noguchi, Hori, & Kunugi, 2008; Yung et al., 2003).

조현병 환자와는 달리 현재까지 조현형 인격장애군 혹은 조현형 인격성향군의 P300을 조사한 연구는 많지 않으며, 연구 결과 또한 일관되지 않고 있다. 예를 들어, Mannan 등(2001)은 조현형 인격장애군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 P300 진폭을 보임을 관찰한 반면 Shin 등(2010)은 조현형 인격장애군과 정상통제군이 P300 진폭에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않음을 보고하였다. 또한 일부 선행 연구들은 조현병 환자군에서 관찰되는 편재화된 P300 이상, 즉 우반구 측두 영역보다는 좌반구 측두 영역에서의 더 큰 P300 진폭의 감소가 조현형 인격장애군에서도 관찰됨을 보고한 반면(Niznikiewicz et al., 2000; Salisbury, Voglmaier, Sediman, & McCarley, 1996), 일부 연구들에서는 이러한 결과가 관찰되지 않았다(Manna et al., 2001; Shin et al., 2010; Trestman et al., 1996). 이에 덧붙여 Jang과 Kim(2014)은 조현형 성향을 가지는 대학생을 대상으로 P300을 조사한 결과, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 P300 진폭을 보이고, P300 진폭 감소가 조현형 성격 질문지(schizotypal personality questionnaire)의 인지-지각(cognitive-perceptual) 척도 점수와 부적 상관을 보임을 관찰하였다. 그러나 조현형 인격장애군 및 조현형 인격성향군을 대상으로 P300 신호원과 신호원의 활성화 감소를 직접적으로 조사한 연구는 아직 보고되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 조현형 인격성향군을 대상으로 oddball 방안과 뇌 신호원 국소화 기법을 사용하여 P300의 신호원을 추정하고, 추정된 신호원의 활성화가 정상통제군에 비해 감소되어 있는지를 알아보고자 하였다. 이에 덧붙여, 만약 활성화 감소가 관찰되면 이 활성화 감소가 조현병 증상과 관련되어 있는지를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과는 조현병 환자에서 관찰되는 P300 진폭 감소의 신경병리적 기제뿐만 아니라 P300 진폭 감소가 가

지는 임상적 의의를 이해하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 여겨진다. 또한 조현형 인격장애군 및 성향군과 같이 조현병 스펙트럼에 포함되는 고위험군이 가지고 있는 취약성(vulnerability)에 관한 정보를 제공할 수 있을 것으로 여겨진다.

방 법

연구대상

서울 소재 대학생 900명(714명의 여성(79%), 186명의 남성(21%))을 대상으로 웹 기반 조현형 성격 질문지(Schizotypal Personality Questionnaire; SPQ, Raine, 1991)를 실시하였다. SPQ에서 36점 이상을 받은 학생들을 조현형 인격성향군($n=37$, 남성: 6, 여성: 31), 14-23점을 받은 학생들을 정상 통제군($n=42$, 남성: 3, 여성: 39)으로 선정하였다. 이는 600명의 대학생을 대상으로 SPQ를 실시한 선행 연구들에서 SPQ 평균 점수(± 1 표준편차)가 14-23점이었던 것과 상위 5% 점수가 36점이었던 것에 근거하였다(전준수와 김명신, 2010; Kim, Oh, Hong, & Choi, 2011; Raine, 1991). 조현형 인격성향군의 경우, 51명(남성: 9, 여성: 42)이 선정되었으나 왼손 또는 양손잡이(5명), 공병(6명), 연락 두절 및 참여 거부(3명)로 인한 14명을 제외하여 최종적으로 37명이 참여하였다. 모든 연구 참여자들에게 DSM-IV 축 I 장애를 위한 구조화된 임상면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV Non Patient; SCID-NP, First, Spitzer, Gibbon & Williams, 1996)을 실시하였고, 신체질환, 신경질환, 정신장애, 물질 및 알코올 남용의 병력을 가지고 있지 않은 사람만을 연구 대상으로 하였다. 또한 본 연구는 생명윤리위원회의 심의를 거쳤으며, 연구 참여자들에게 연구 목적 및 절차 등을 설명한 후 연구 참여에 대한 동의를 구하였고 연구 참여에 대한 사례비가 지급되었다.

사건관련전위 측정 및 청각 oddball 과제

뇌파는 64 채널의 Geodesic Sensor Net를 사용하여 절연과 방음 시설이 갖추어진 실험실에서 측정되었다. P300의 측정을 위해 청각 oddball 과제가 실시되었다. 200개의 청각 자극 중에서 목표 자극은 1500Hz(80-dB)의 고음으로 제시 확률은 20%, 즉 40개가 제시된 한편, 표준 자극은 1000Hz(80-dB)의 저음으로 제시 확률은 80%, 즉 160개가 제시되었다. 자극 제시 시간은 40ms이었고 자극 간 제시 간격은 1500ms이다. 연구대상자에게 목표 자극이 제시될 때마다 이를 세어서 실험이 끝난 다음 전체 시행 중 목표 자극이 몇 번 제시되었는가를 보고하는 것이 요구되었다. 모든 연구대상자는 연습 시행을 통해 과제를 정확히 이해한 후 본 시행에 참여하였다.

뇌파 측정 시 기준위치(reference)는 Cz이었으며 각 채널의 저항값(impedance)은 50 K Ω 이하를

유지하였다. 뇌파는 0.1 ~ 100Hz 대역통과(bandpass)로 연속적으로 측정되었고, 표본율(sampling rate)은 250Hz이었다. 과제 수행동안 연속적으로 측정된 뇌파는 측정 후 0.3 ~ 30Hz의 대역통과로 디지털 여과(digital filtering) 하였고, 1000ms(자극 제시 100ms 전부터 자극 제시 후 900ms까지)의 epoch으로 구분하였다. 또한 눈 깜박임 등의 잡파(artifact)를 제거하기 위하여 눈 깜박임을 탐지하기 위한 전극(eye channels: 1번, 5번, 10번, 17번)들에서 측정된 뇌파가 $\pm 100\mu V$ 가 넘을 경우 그 시행은 최종 분석에 포함되지 않았다. 뇌파는 목표 자극 조건만을 분석하였으며, 분석 시 재기준점(re-reference)으로 평균 기준점(average reference)을 적용하였다. 분석에 포함된 시행 수는 정상통계군이 평균 24.17개(SD=8.27), 조현형 인격성향군이 평균 24.51(SD=7.48)개로 집단 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다($t(77)=-.19, ns$).

한국판 웨슬러 성인용 지능검사(Korean Wechsler Adult Intelligence Scale; K-WAIS)

참여자들의 지능 지수를 측정하기 위하여 K-WAIS(염태호, 박영숙, 오경자, 김정규와 이영호, 1992)의 11개 소검사를 중 어휘, 산수, 토막짜기, 차례 맞추기 소검사를 포함하는 단축형 지능검사를 실시하였다(이용승과 김중술, 1995; Sliverstein, 1989).

임상 척도

조현형 성격 질문지(Schizotypal Personality Questionnaire: SPQ)

SPQ는 조현형 인격장애의 정도를 평가하는 자기 보고형 질문지로서 예-아니오로 응답하며 총 74개 문항으로 구성되어 있고, 총점은 0~74점이다(Raine, 1991). SPQ는 조현형 인격장애 증상을 다음의 3가지 요인으로 구분하여 채점된다. 즉 인지-지각(cognitive-perceptual) 요인은 조현형 인격장애의 하위 진단 기준 9가지 중 관계사고, 기이한 믿음/마술적 사고, 이상한 지각 경험 및 편집 증적 사고로 구성되고, 대인관계(interpersonal) 요인은 사회적 불안, 친한 친구 없음, 제한된 정동으로 구성되며, 와해(disorganized) 요인은 기이한 행동 및 언어로 구성된다. SPQ로 측정된 인지-지각, 대인관계, 와해 요인이 각각 조현병의 양성 증상, 음성 증상과 와해 증상을 반영한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 문희옥 등(1997)이 번안한 한국판을 사용하였다.

DSM-IV축 I 장애를 위한 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV Non-Patient; SCID-NP)

SCID-NP는 DSM-IV 진단 기준에 따라 축 I 장애를 진단하기 위한 반구조화된 면담 도구이다(First et al., 1996). SCID-NP는 훈련된 면담자에 의해 실시되며, 면담자가 증상의 유무를 질문하고 이에 대한 수검자의 응답에 따라 다음 장애군으로 넘어가는 진단결정분기도(decision making tree)

를 사용한다. 수검자의 응답은 각 문항마다 1(없음 혹은 해당 안 됨), 2(역치 미만), 3(역치 혹은 해당됨)으로 기록된다. SCID-NP 시행에 2명의 면담자가 참여하였으며, 면담자간 신뢰도는 .90이었다. 본 연구에는 한오수 등(2000)이 번안한 것을 사용하였다.

자료 분석

정상통제군과 조현형 인격성향군의 인구통계학적 변인, SPQ 점수는 독립표본 *t*-검정(independent sample *t*-test)을 사용하여 분석하였다. 사건관련전위의 분석에는 목표 자극 조건의 전체 평균한 파형(grand-averaged waveform)과 각 연구대상자의 파형을 개별적으로 분석한 결과에 근거하여 P300의 시간대(time window)를 설정하였다. P300은 자극 제시 후 250~450ms에서 관찰된 가장 큰 정적 정점(positive peak)으로 정의하였고, P300 진폭과 잠재기를 각각 혼합설계 변량분석(ANOVA mixed design)으로 분석하였다.

P300 진폭과 잠재기의 분석에 전두-중앙-두정 영역(midline site)에 해당하는 전극들(Fz, Cz, Pz)과 좌우반구 측두 영역에 해당하는 전극들(T5, T6)이 포함되었다. 이 전극 부위들을 분석에 포함한 이유는 조현병 스펙트럼 장애 환자들에서의 P300 진폭 감소가 Fz, Cz와 Pz에서 가장 두드러지게 관찰되고(Gassab et al., 2006), P300의 신호원으로 측두 영역이 일관되게 보고되기 때문에(Bachiller et al., 2015; Stevens, Skudlarski, Gatenby, & Gore, 2000; Wang et al., 2010) T5와 T6를 분석에 포함하였다. 전극 위치가 피험자내 요인으로, 집단(정상통제군과 조현형 인격성향군)을 피험자간 요인으로 하였다. 각각의 측정치들 간의 분산차로 인하여 구형성 가정이 위배될 경우 Greenhouse-Geisser correction을 적용하였다. 모든 분석에는 SPSS 19.0 for Window가 사용되었다.

뇌 신호원 국소화(source localization)

P300의 국소화 분석은 CURRY V6.0 소프트웨어의 Standardized low resolution brain electromagnetic tomography(sLORETA)를 사용하여 이루어졌다. sLORETA는 LORETA의 새로운 버전으로 전위의 근원이 여러 개로 구해지는 오류를 LORETA 보다 더 낮추어 오류가 나타날 확률을 감소시키는 장점을 가지고 있으며, 이웃하는 신경원 집단 중에서 최대 동기화를 보이는 활성 부위의 3차원적 분포를 반영한다(Pascual-Marqui, 2002). 두부 모형(head model)은 CURRY에 내재된 모델을 사용하였으며, 전극 위치는 EGI에서 제공하는 표준화된 전극 위치 정보를 적용하였다. 또한 뇌의 용적 전도체(volume conductor)는 경계요소법(boundary element method: BEM)을 사용하여 뇌, 두개골, 두피는 각각 6, 8, 9mm으로 하였다. 두피, 두개골, 뇌척수액(brain fluid) 전도도는 각각 0.33, 0.0042, 0.33mm가 적용되었다. 전류밀도(current density)는 자극 제시 후 250-450ms에서 MGFP(mean global field power)를 관찰하였을 때 정점을 이루는 시점을 계산하였다. 국소화 분석에서의 SNR(signal to

noise rate) 범위는 5~12.3이었다. CURRY에서 획득된 전류밀도영상의 공간 전처리를 위하여 SPM8을 사용하여 재정렬(realignment), 상호보정(coregistering), 정규화(normalizing)와 편평화(smoothing)를 적용하고, 집단 간 비교(조현형 인격성향군과 정상통제군)는 two sample *t*-test, 집단 내 분석은 one sample *t*-test를 사용하여 분석하였다. 추정된 신호원의 전류밀도와 조현형 인격성향군의 SPQ 총점 및 하위 점수들 사이의 관련성은 Pearson의 상관분석을 적용하여 분석하였다.

결 과

인구통계학적 특성

정상통제군과 조현형 인격성향군의 인구통계학적 특성이 표 1에 기술되어 있다. 정상통제군과 조현형 인격성향군은 평균연령, 교육연한과 지능수준에서 유의한 차이가 없었다. 반면 SPQ 점수에서는 집단 간 유의한 차이가 나타났는데, 즉 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 높은 SPQ 점수를 보였다.

〈표 1〉 정상통제군과 조현형 인격성향군의 인구통계학적 특성

	정상통제군	조현형 인격성향군	<i>t</i>
	(<i>n</i> =42)	(<i>n</i> =37)	
	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	
평균연령 (년)	20.83 (1.95)	20.41 (1.98)	0.97
교육연한 (년)	14.38 (1.08)	14.16 (1.01)	0.92
지능수준	110.64 (6.59)	110.24 (6.31)	0.27
SPQ 총점	18.00 (1.99)	40.00 (4.28)	-29.86***
인지-지각	8.00 (2.69)	15.86 (3.93)	-10.48***
대인관계	7.81 (3.54)	18.46 (4.89)	-11.18***
와해	3.62 (2.26)	9.30 (3.21)	-8.97***

SPQ: Schizotypal Personality Questionnaire

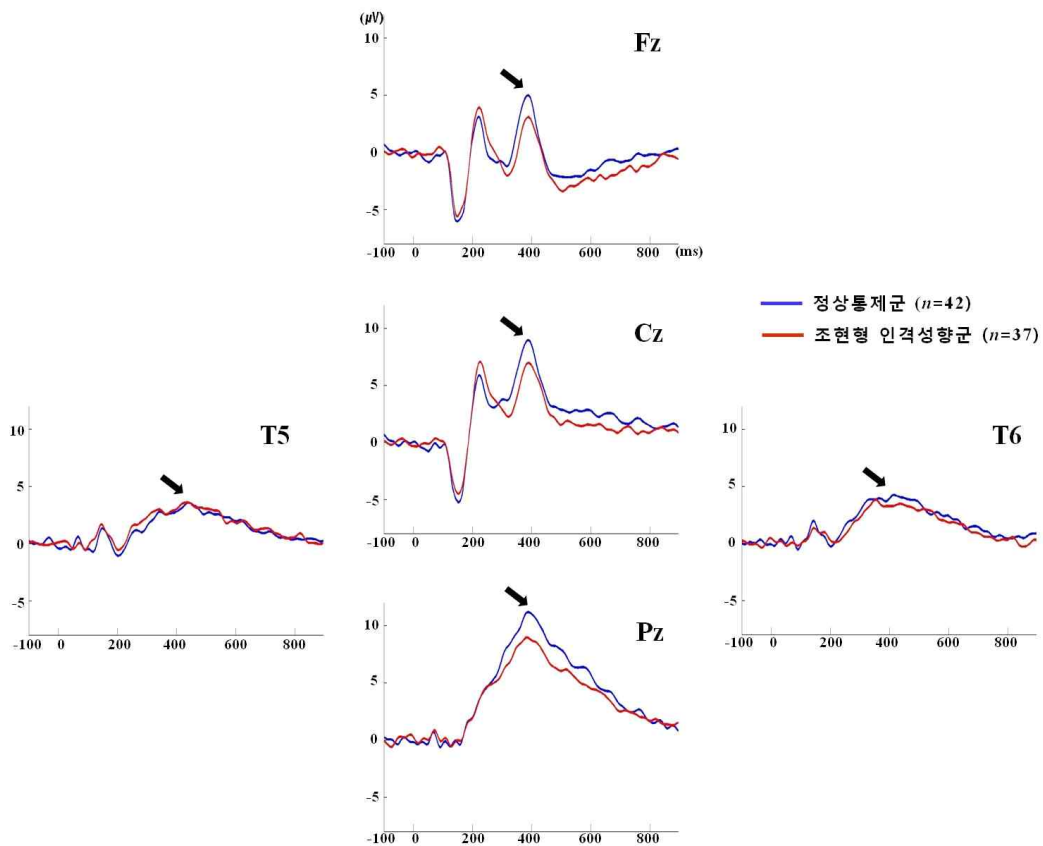
****p*<0.001

사건관련전위 분석 결과

Oddball 과제의 정확률에서 두 집단 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다, *t*(77)=1.21, *ns*. 목표

자극 조건에서 관찰된 사건관련전위를 전체 평균한 파형이 그림 1에 제시되어 있다. P300 진폭을 분석한 결과, 전극 위치, $F(2.35, 180.84)=95.81, p<.001$,와 집단, $F(1,77)=10.95, p<.001$,에서 유의한 차이가 관찰되었다. 전극 위치의 경우 Pz에서 가장 큰 진폭($10.12 \mu V$)이 관찰된 반면, T5에서 가장 작은 진폭($3.67 \mu V$)이 관찰되었다. 집단의 경우 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 작은 P300 진폭을 보였다. 이에 덧붙여서 전극 위치와 집단 간의 상호작용 효과가 관찰되었다, $F(2.35, 180.84)=2.73, p<.05$. 즉, 조현형 인격성향군이 $Fz(F(1,77)=4.19, p<.05)$, $Cz(F(1,77)=8.07, p<.005)$ 와 $Pz(F(1,77)=13.11, p<.001)$ 에서 정상통제군에 비해 유의하게 낮은 P300 진폭을 보인 반면, $T5(F(1,77)=.67, ns)$ 와 $T6(F(1,77)=2.23, ns)$ 에서는 두 집단 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

P300 잠재기를 분석한 결과, 전극 위치, $F(2.63, 202.38)=13.66, p<.001$,에서 유의한 차이가 관찰된 반면, 집단, $F(1,77)=0.56, ns$, 의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 전극 위치의 경우 T5에서



(그림 1) 목표 자극 조건에서 관찰된 정상통제군과 조현형 인격성향군의 전체 평균 사건관련전위(화살표는 P300을 가리킨다)

가장 긴 잠재기(402ms)가 관찰된 반면, Fz에서 가장 빠른 잠재기(387ms)가 관찰되었다. 정상통제군과 조현형 인격성향군에서 관찰된 평균 P300 진폭과 잠재기가 표 2에 제시되어 있다.

〈표 2〉 정상통제군과 조현형 인격성향군의 P300 평균 진폭 및 잠재기

전극	P300 진폭(μV)		P300 잠재기(ms)	
	정상통제군 (n=42)	조현형 인격성향군 (n=37)	정상통제군 (n=42)	조현형 인격성향군 (n=37)
Fz	5.17 (3.61)	3.31 (4.50)	387.14 (16.77)	384.62 (18.46)
Cz	9.18 (3.16)	6.81 (4.23)	388.48 (15.86)	390.27 (15.27)
Pz	11.48 (3.08)	8.76 (3.58)	390.95 (17.20)	388.65 (16.21)
T5	3.89 (2.32)	3.48 (2.09)	402.95 (24.39)	401.08 (22.20)
T6	4.22 (2.35)	3.38 (2.62)	400.67 (21.80)	391.14 (15.95)

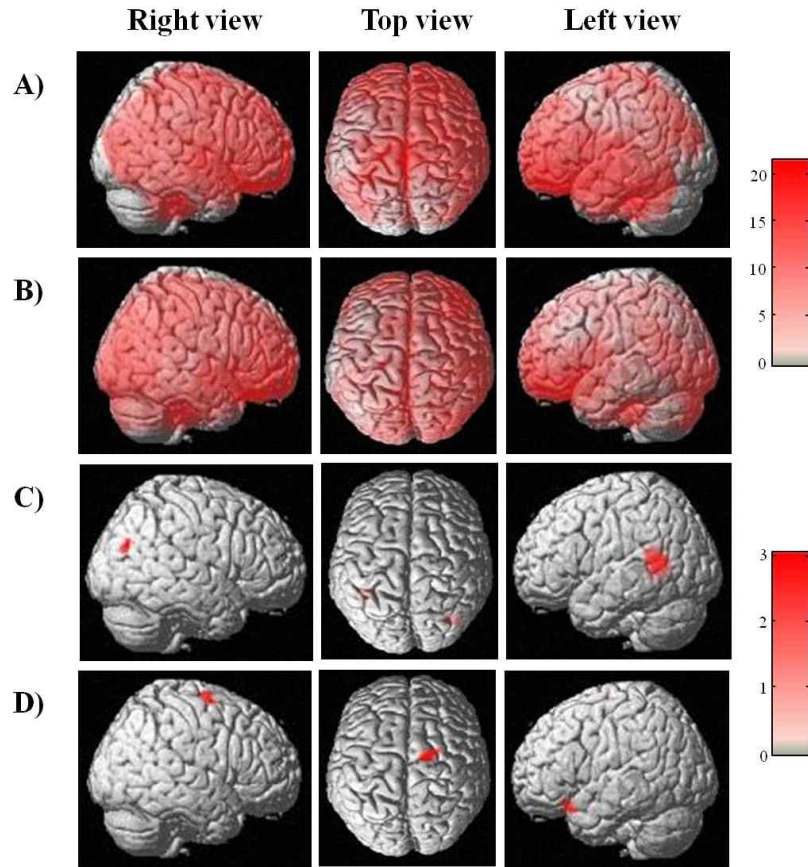
() 표준편차

뇌 신호원 국소화의 집단 비교

P300 신호원 분석 결과 정상통제군과 조현형 인격성향군 모두에서 전두 및 측두, 두정 영역의 활성화가 관찰되었다. 정상통제군의 P300의 전류밀도는 좌우반구 전두엽(상/중/하전두회, 중심전회), 좌우반구 두정엽(중심후회, 상/하두정회), 좌우반구 측두엽(상/중/하측두회)과 우반구 후두엽(중후두회)에 분포되어 관찰되었다($t=4.64$, $p=0.05$, corrected, family wise error(FWE), extent $k=50$) (그림 2. A). 조현형 인격성향군의 P300의 전류밀도는 좌우반구 전두엽(상/중/하전두회, 중심전회), 좌우반구 두정엽(중심후회, 하두정회), 좌우반구 측두엽(상/중/하측두회), 연상회(supramarginal gyrus), 좌우반구 후두엽(설상엽, cuneus)에 분포되어 관찰되었다($t=4.72$, $p=0.05$ corrected, FWE, extent $k=50$) (그림 2. B).

정상통제군과 조현형 인격성향군의 전류밀도의 차이를 분석한 결과, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 좌반구 상측두회(BA 22)와 우반구 중측두회(BA 39)에서 유의하게 감소된 활성화를 보였다($t=2.64$, $p=0.005$ uncorrected, extent $k=50$) (표 3, 그림 2. C). 반면 좌반구 하전두회(BA 47)와 우반구 상전두회(BA 6)에서 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 증가된 활성화를 보임이 관찰되었다($t=2.64$, $p=0.005$ uncorrected, extent $k=50$) (표 3, 그림 2. D).

유의한 집단 차이를 보여주는 뇌 영역들의 전류밀도와 조현형 인격성향군의 SPQ 총점 및 하위 점수들 간의 상관관계를 분석해 본 결과, 우반구 상전두회의 전류밀도와 SPQ의 와해 점수 사이의 부적상관이 관찰되었다(표 4). 정상통제군에서는 이러한 상관이 관찰되지 않았다.



(그림 2) 정상통제군(A)에 비해 조현형 인격성향군(B)이 유의하게 감소(C) 및 증가된(D) 활성화도를 보인 뇌 영역들

〈표 3〉 정상통제군과 조현형 인격성향군 간의 유의한 차이를 보인 뇌 영역들

Brain region	BA	MNI coordinates			Talairach coordinates			<i>t</i>
		X	Y	Z	X	Y	Z	
정상통제군 > 조현형 인격성향군								
좌반구 상측두회	22	-38	-50	12	-37	-49	14	3.03***
우반구 중측두회	39	38	-74	24	39	-71	24	2.76***
정상통제군 < 조현형 인격성향군								
좌반구 하전두회	47	-30	18	-22	-30	13	-16	2.81***
우반구 상전두회	6	18	-6	70	19	-1	63	3.04***

BA: Brodmann Area

*** $p < 0.005$

〈표 4〉 조현형 인격성향군의 SPQ 총 점수 및 하위 점수와 각 구조의 전류밀도 간의 관련성

Brain region	BA	인지-지각	대인관계	외해	SPQ 종합 점수
		<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>
정상통제군 > 조현형 인격성향군					
좌반구 상측두회	22	-0.047	0.052	-0.074	-0.084
우반구 중측두회	39	-0.006	0.085	0.059	-0.008
정상통제군 < 조현형 인격성향군					
좌반구 하전두회	47	0.126	-0.117	-0.026	-0.048
우반구 상전두회	6	0.283	0.110	-0.335*	0.111

**p*<0.05

논 의

본 연구는 조현형 인격성향군과 정상통제군 간의 P300 진폭과 잠재기, P300 신호원 및 신호원의 활성화 차이를 알아보고자 하였다. 또한 P300 신호원의 전류밀도와 조현형 증상간의 관계를 조사하였다. 그 결과, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 감소된 P300 진폭을 보였으며, 신호원으로 추정된 전두 및 측두 피질 영역에서의 활성화 차이를 보였다. 즉, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 좌반구 상측두회와 우반구 중측두회에서 감소된 활성화를 보인 반면 좌반구 하전두회와 우반구 상전두회에서는 활성화 증가를 보였다. 이에 덧붙여서 조현형 인격성향군에서 우반구 상전두회의 전류밀도와 SPQ의 하위 요인 중 하나인 외해 점수 사이에 부적 상관성이 관찰되었다.

조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 Fz, Cz와 Pz에서 유의하게 감소된 P300 진폭을 보였는데, 이는 만성 조현병 환자 및 초발성 조현병 환자(del Re et al., 2015; Javitt, Spencer, Thaker, Winterer, & Haisos, 2008), 조현형 인격장애 환자군(Mannan et al., 2001) 및 아임상 조현형 인격 성향을 가지는 대학생들(Gassab et al., 2006; Jang & Kim, 2014)에서 유의하게 감소된 P300 진폭을 관찰한 선행 연구들의 결과와 일치한다. Oddball 방안을 수행하는 동안 측정된 P300은 주의 전환, 자극의 탐지, 맥락 최신화 및 주의 자원의 할당 등을 반영하는 것으로 보고되고 있다 (Donchin & Coles, 1988; Polich, 2007; Soltani & Knight, 2000; Wronka et al., 2007). 특히 일부 선행 연구들은 조현병 환자들에서 관찰되는 감소된 P300 진폭이 정보 및 자극을 처리하는데 필요한 주의 자원을 활용하는 능력이 손상되어 있음을 시사한다고 제안하였다(Kogoj, Pirtosek, Tomori, & Vodusek, 2005; Mathalon et al., 2010). 더불어 P300 진폭의 이상은 주의 자원을 할당하는 기제의

결함으로도 고려되고 있다(Polich & Herbst, 2000). 따라서 본 연구에서 관찰된 조현형 인격성향군의 감소된 P300 진폭은 과제에 필요한 주의 자원을 할당하는 어려움을 가지고 있음을 시사한다. 두 집단이 측두 영역인 T5, T6 전극에서 측정된 P300 진폭에서 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 일부 선행 연구의 결과와 일치하지 않은 결과이다. 즉, 조현병 환자 및 조현형 인격장애군을 대상으로 한 선행 연구들은 좌우반구 측두 영역에서의 P300 진폭 감소, 특히 우반구 측두 영역에 비해 좌반구 측두 영역에서 더 감소된 P300 진폭을 보고하고 있다(Jeon & Polich, 2001; Kim et al., 2014; McCarley et al., 2002; Niznikiewicz et al., 2000; Renoult et al., 2007; Salisbury et al., 1998). 선행 연구와 본 연구와의 일치되지 않는 결과는 연구 대상자들의 특성이 서로 다르기 때문에 초래된 것으로 여겨진다. 즉, 본 연구에 참여한 대상자들이 조현병 스펙트럼 상에서 증상이 가장 경미한 아임상 조현형 인격성향군이기 때문일 가능성이 있는데, 이는 조현병 환자의 정신병 증상의 심각성과 측두 영역의 P300 진폭 감소 사이에 부적 상관이 있음이 보고되고 있기 때문이다(Higashima et al., 2003, 2007).

그러나 조현형 인격성향군이 측두 영역에서 P300의 진폭 감소를 보이지 않았지만, P300 신호원을 추정하기 위한 국소화 분석에서 정상통제군에 비해 유의한 활성화 감소를 보였는데, 즉, 좌반구 상측두회와 우반구 중측두회에서 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 활성화를 보였다. 정상통제군을 대상으로 oddball 방안을 사용하여 두피에서 측정된 P300 신호원을 추정한 선행 연구들은 좌우반구 전전두 피질, 측두엽, 두정엽 등을 포함한 전두-측두-두정 네트워크가 P300의 신호원임을 제안하고 있다(Bocquillon et al., 2011; Volpe et al., 2007; Wang et al., 2003; Wang et al., 2010; Wronka et al., 2012). 또한 EEG와 fMRI를 동시에 측정한 연구는 측두-두정 피질이 P300의 주요 신호원이라고 보고하고 있다(Menon, Ford, Lim, Glover, & Pfefferbaum, 1997). 최근의 신경영상 연구들은 목표 자극의 탐색 및 처리동안 전두 영역뿐만 아니라 두정 및 측두 영역의 활성화가 증가됨을 보고하고 있다(Bledowski, Prvulovic, Goebel, Zanella, & Linden, 2004; Wronka et al., 2012). 만성 및 초발성 조현병 환자를 대상으로 P300 신호원을 추정한 연구들은 전두 피질, 상측두회, 중측두회, 측두-두정 접합(temporal-parietal junction) 영역 등에서 환자군이 정상통제군에 비해 감소된 활성화를 보임을 관찰하였다(Higuchi et al., 2008; Kim et al., 2014; Pae et al., 2003; Wang et al., 2010). 특히 조현병 환자들의 측두 영역에서의 구조 및 기능 이상들이 일관되게 보고되고 있다(Guo et al., 2014; Higuchi et al., 2008; Kim, Crespo-Facorro et al., 2003; McCarley et al., 2002). 예를 들어, 조현병 환자를 대상으로 MRI를 사용한 선행 연구들은 조현병 환자의 측두 영역의 회백질 부피가 정상통제군에 비해 감소되어 있음을 일관되게 보고하고 있으며(Guo et al., 2014; McCarley et al., 2002), oddball 방안과 fMRI를 사용한 선행 연구들은 측두 영역에서 조현병 환자의 감소된 뇌 활성화를 보고하고 있다(Kiehl & Liddle, 2001; Kiehl et al., 2005). 이러한 측두 영역의 구조 또는 기능 이상들이 조현병의 P300 진폭 감소와 관련이 있는 것 뿐만 아니라 병리생리학적인 원인으로도 고려되고 있다(Kim et al., 2014; Pae et al., 2003). 따

라서 본 연구에서 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 좌우반구 측두 영역에서의 활성화 감소를 보인 결과는 조현병 환자들에서 관찰되는 측두 영역의 기능 이상을 조현형 인격성향군도 가지고 있음을 시사한다.

이에 덧붙여서 정상통제군에 비해 조현형 인격성향군에서 좌반구 하전두회와 우반구 상전두회의 활성화 증가가 관찰되었다. 이는 조현병 환자를 대상으로 한 일부 선행 연구의 결과와 일치한다(Pae et al., 2003). 예를 들어, Pae 등(2003)은 조현병 환자를 대상으로 oddball 과제로 측정된 P300의 국소화 분석을 실시한 결과, 좌반구 내측두 및 하두정 영역에서의 활성화 감소와 좌반구 전전두 및 우반구 안와전두 영역의 활성화 증가를 관찰하였다. 즉, 조현병 환자에서 전두엽에서의 과활성화를 보고하였다. 이에 따라 조현병 환자에서 관찰되는 전두엽의 과활성화는 청각 자극을 구별하는 동안 주의 자원을 할당하는 일을 수행하는 전두엽의 과부화를 반영하는 것이라고 제안하였다(Pae et al., 2003). 또한 조현형 인격장애 환자군을 대상으로 oddball 과제가 아닌 위스콘신 카드분류 과제 및 언어 학습과 같은 인지적 과제를 실시한 일부 선행 연구들은, 기능 결함을 보이는 다른 뇌 영역의 손상을 보완하기 위한 보상기제로 정상통제군에 비해 전두엽의 활성화가 증가하는 것이라고 제안하고 있다(Buchsbaum et al., 1997, 2002; Siever & Davis, 2004). 전두엽은 청각 자극에 대한 탐지 및 구별(Benedict et al., 2002; Zatorre, Evans, & Meyer, 1994), 작업 기억(Grady, Yu, & Alain, 2008), 억제(Aron, Robbins, & Poldrack, 2014), 주의(Stevens et al., 2000) 등 다양한 기능과 광범위한 영역으로 이루어져 있다. 본 연구에서 관찰된 좌반구 하전두회(BA 47)는 복외측 전전두피질(ventrolateral prefrontal cortex; VLPFC)에 포함되는 영역 중 하나로, VLPFC는 청각 정보를 처리할 시에 음의 높이(pitch)에 주의를 기울이는 것뿐만 아니라 청각 자극을 탐지하고 구별하는데 관여하는 것으로 이해되고 있다(Benedict et al., 2002; Kiehl, Laurens, Duty, Forster, & Liddle, 2001; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998). 또한 좌반구 하전두회는 갈등 탐지 및 해결(Novick, Trueswell, & Thompson-Schill, 2005), 반응 억제(Swick, Ashely, & Turken, 2008) 등에 관여하는 것으로 알려져 있으며, 우반구 상전두회(BA 6)는 과제 전환(task-switching), 학습 및 정보의 최신화 등과 관련이 있는 것으로 설명되고 있다(Cutini et al., 2008; Nestor, Roberts, Garavan, & Hester, 2008; Tanaka, Honda, & Sadato, 2005). 따라서 본 연구에서 관찰된 조현형 인격성향군의 전두엽 과활성화는 목표 자극을 구별하기 위한 주의 자원의 할당 및 정보 최신화에 대한 실패 또는 감소된 활성화를 보이는 측두 영역의 기능을 보완하기 위한 보상 기제일 가능성을 시사한다. 사건관련전위 및 신호원 국소화 결과를 종합하면, 조현형 인격성향군에서 관찰되는 P300 진폭 감소가 측두 및 전두 영역의 기능 이상과 관련되어 있는 것으로 여겨진다. 즉, 측두 영역의 기능 이상으로 인해 P300 진폭은 감소되었지만, 측두엽의 기능 이상에 대한 보상으로 전두 영역이 과활성화되어 목표 자극을 구분하는 행동 반응, 즉 정확률이 정상통제군 수준으로 유지된 것으로 여겨진다.

조현병 환자의 감소된 P300 진폭이 무엇을 반영하는지를 이해하기 위하여, 본 연구는 P300의

신호원을 추정하고, 집단 간 비교를 통하여 관찰된 뇌 영역들의 전류밀도와 SPQ 총점 및 하위 점수들 간의 관련성을 살펴보았다. 그 결과 정상통제군에 비해 조현형 인격성향군에서 우반구 상전두회와 전류밀도와 SPQ의 와해 요인 점수 사이에 유의한 부적 상관이 관찰되었다. 이 결과는 조현병의 와해 증상과 전두엽의 활성화 사이에 부적 상관을 보고한 일부 선행 연구와 일치한다(Gohari et al., 2010). SPQ의 와해 요인은 기이한 행동 및 언어 증상을 포함하고 있으며(Raine et al., 1994), 이러한 증상은 적절하지 않은 행동을 억제하는 역할의 기능을 가진 전전두피질과 관련 있는 것으로 여겨지고 있다(Goghari, Sponheim, & MacDonald, 2010). 따라서 와해 증상이 전두 영역의 기능 이상과 관련되어 있음을 시사한다. 그러나 P300 신호원과 조현병 증상이 어떻게 관련되는가에 관한 이해가 아직까지 많이 부족하여(Kim et al., 2014) 추후 연구가 더욱 필요하다. 또한 대부분의 연구들은 조현병 증상 중 음성 및 양성 요인들과의 관련성을 조사하였다(Collier et al., 2014; Higuchi et al., 2008; Kawasaki et al., 2007; van Lutterveld, Diederer, Koops, Begemann, & Sommer, 2013; Wang et al., 2010; Wolf et al., 2008). 따라서 본 연구에서 관찰된 와해 증상과 전두엽의 활성화 사이의 상관에 관한 이해는 아직 부족한 실정이다. 그러나 본 연구 결과는 조현형 인격성향군처럼 조현병 증상이 경미할 경우, 조현병 증상을 구성하는 하위 증상들, 특히 와해 증상과 뇌의 기능적 이상들을 살펴봄으로써 조현병의 스펙트럼 및 정신병리를 이해하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 여겨진다.

본 연구는 다음의 제한점들을 가지고 있다. 첫 번째, 본 연구에서는 성별 비율을 완전히 매치하지 못하였기 때문에 본 연구의 결과를 일반화하는데 제한이 있다. 정상통제군 및 조현병 환자를 대상으로 oddball 과제와 사건관련전위를 사용한 일부 선행 연구들은 P300 진폭이 성별에 따라 차이가 있음을 보고하며 추후 연구에 성별을 매치하도록 제안하였다(Jausovec & Jausovec, 2009; Turetsky, Colbath, & Gur, 1998). 두 번째, 국소화 추정에 사용한 두부 모형에 개인의 실제 두부 모형(realistic head model)과 개인의 좌표 정보가 사용되지 않았다. 따라서 해부학적 오차나 차이가 있을 가능성을 가지고 있기 때문에 추후 연구에서는 개인의 실제 두부 모형을 적용하면 더 정확하게 P300 신호원을 추정할 수 있을 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 국소화 결과를 비교 시 uncorrected p -value를 적용하였는데 추후 연구에서는 corrected p -value를 적용할 경우 더욱 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 또한 상관분석 시 다중비교(multiple comparison)에 대한 보정(correction)을 적용하지 않았기 때문에 결과 해석 시 주의가 요구된다. 세 번째, 본 연구는 source 분석 시 낮은 SNR을 제외시키지 못하였다. 8 이하의 SNR을 가진 데이터를 분석에 포함시킬 경우, 결과의 정확도가 낮아질 수 있기 때문에(Fang et al., 2015; Hupperts et al., 2001) 추후 연구에서는 SNR을 살펴보고 적절한 기준을 적용한다면 결과의 정확성을 더욱 높일 수 있을 것으로 여겨진다.

본 연구의 결과를 요약하면, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 P300 진폭을 보였고, P300 신호원의 국소화 분석을 통해 좌반구 하전두회 및 상측두회, 우반구 상전

두회 및 중측두회 영역의 활성화에서 두 집단 간 유의한 차이가 관찰되었다. 즉, 조현형 인격성향군이 정상통제군에 비해 좌우반구 측두 피질의 활성화 감소를 보인 반면 좌우반구 전두 피질의 활성화 증가를 보였다. 더욱이 조현형 인격성향군에서 우반구 상전두회의 활성화 수준과 SPQ의 와해 점수 사이에 유의한 부적 상관성이 관찰되었다. 이러한 결과는 P300 신호원인 전두 및 측두 영역의 이상을 조현병 환자뿐만 아니라 경미한 증상을 가지고 있는 조현형 인격성향군도 가지고 있음을 시사한다. 또한 조현형 인격성향군의 전두 및 측두 영역의 이상과 와해 증상이 조현병 환자로 발전하는 단계에 경험하는 뇌 기능 이상 및 증상에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이라 여겨진다. 나아가 P300 결함이 조현병 인격장애군 및 조현형 인격성향군을 포함하는 고위험군의 특성 지표(trait marker)로 사용될 수 있음을 시사한다.

참고문헌

- 전춘수, 김명선 (2010). 분열형 인격성향과 강박성향을 가진 여자대학생의 신경심리 프로파일 비교. **한국심리학회지: 임상**, 29, 387-405.
- 문희옥, 양익홍, 이홍표, 김묘은, 함웅 (1997). 한국판 분열형 성격척도의 타당화 예비연구. **신경정신의학**, 36, 329-343.
- 염태호, 박영숙, 오경자, 김정규, 이영호 (1992). **K-WAIS 실시요강**. 서울: 한국 가이드스.
- 이용승, 김중술 (1995). K-WAIS 단축형의 타당도 연구. **한국심리학회지: 임상**, 14, 111-116.
- 한오수, 안준호, 송선희, 조맹제, 김장규, 배재남, 조성진, 정범수, 서동우, 함봉진, 이동우, 박종익, 홍진표 (2000). 한국어 판 구조화 임상면담도구 개발: 신뢰도 연구. **신경정신의학**, 39, 362-372.
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: One decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, 18, 177-185.
- Bachiller, A., Romero, S., Molina, V., Alonso, J. F., Mananas, M. A., Poza, J., & Hornero, R. (2015). Auditory P3a and P3b neural generators in schizophrenia: An adaptive sLORETA P300 localization approach. *Schizophrenia Research*, 169, 318-325.
- Bae, K. Y., Kim, D. W., Im, C. H., & Lee, S. H. (2011). Source imaging of P300 auditory evoked potentials and clinical correlations in patients with posttraumatic stress disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 35, 1908-1917.
- Benedict, R. H., Shucard, D. W., Santa Maria, M. P., Shucard, J. L., Abara, J. P., Coad, M. L., Wack, D., Sawusch, J., & Lockwood, A. (2002). Covert auditory attention generates activation in the rostral/dorsal anterior cingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 637-645.

- Bledowski, C., Prvulovic, D., Goebel, R., Zanella, F. E., & Linden, D. E. (2004). Attentional systems in target and distractor processing: A combined ERP and fMRI study. *Neuroimage*, *22*, 530-540.
- Bocquillon, P., Bourriez, J. L., Palmero-Soler, E., Betrouni, N., Houdayer, E., Derambure, P., & Dujardin, K. (2011). Use of swLORETA to localize the cortical sources of target- and distracter-elicited P300 components. *Clinical Neurophysiology*, *122*, 1991-2002.
- Buchsbaum, M. S., Nenadic, I., Hazlett, E. A., Spiegel-Cohen, J., Fleischman, M. B., Akhavan, A., Silverman, J. M., & Siever, L. J. (2002). Differential metabolic rates in prefrontal and temporal brodmann areas in schizophrenia and schizotypal personality disorder. *Schizophrenia Research*, *54*, 141-150.
- Buchsbaum, M. S., Yang, S., Hazlett, E., Siegel, B. V., Jr, Germans, M., Haznedar, M., O'Flaithbheartaigh, S., Wei, T., Silverman, J., & Siever, L. J. (1997). Ventricular volume and asymmetry in schizotypal personality disorder and schizophrenia assessed with magnetic resonance imaging. *Schizophrenia Research*, *27*, 45-53.
- Chang, W. H., Chen, K. C., Yang, Y. K., Chen, P. S., Lu, R. B., Yeh, T. L., Wnag, C. S., & Lee, I. H. (2014). Association between auditory P300, psychopathology, and memory function in drug-naive schizophrenia. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, *30*, 133-138.
- Chun, J., Karam, Z. N., Marzinzik, F., Kamali, M., O'Donnell, L., Tso, I. F., Manschreck, T. C., McInnis, M., & Deldin, P. J. (2013). Can P300 distinguish among schizophrenia, schizoaffective and bipolar I disorders? an ERP study of response inhibition. *Schizophrenia Research*, *151*, 175-184.
- Collier, A. K., Wolf, D. H., Valdez, J. N., Turetsky, B. I., Elliott, M. A., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2014). Comparison of auditory and visual oddball fMRI in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *158*, 183-188.
- Cutini, S., Scatturin, P., Menon, E., Bisiacchi, P. S., Gamberini, L., Zorzi, M., & Dell'Acqua, R. (2008). Selective activation of the superior frontal gyrus in task-switching: An event-related fNIRS study. *Neuroimage*, *42*, 945-955.
- del Re, E. C., Spencer, K. M., Oribe, N., Mesholam-Gately, R. I., Goldstein, J., Shenton, M. E., Petryshen, T., Seidman, L. J., McCarley, R. W., & Niznikiewicz, M. A. (2015). Clinical high risk and first episode schizophrenia: Auditory event-related potentials. *Psychiatry Research*, *231*, 126-133.
- Demiralp, T., Ucok, A., Devrim, M., Isoglu-Alkac, U., Tecer, A., & Polich, J. (2002). N2 and P3 components of event-related potential in first-episode schizophrenic patients: Scalp topography, medication, and latency effects. *Psychiatry Research*, *111*, 167-179.
- Donchin, E., & Coles, M. G. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating?. *Behavioral and Brain Sciences*, *11*, 357-374.

- Earls, H. A., Curran, T., & Mittal, V. (2016). A meta-analytic review of auditory event-related potential components as endophenotypes for schizophrenia: Perspectives from first-degree relatives. *Schizophrenia Bulletin*, *42*, 1504-1516.
- Fang, Y., Daly, J. J., Hansley, J., Yao, W. X., Yang, Q., Sun, J., et al. (2015). Hemispheric activation during planning and execution phases in reaching post stroke: a consort study. *Medicine (Baltimore)*, *94*, e307.
- First, M. B., Spitzer, R. L., Gibbon, M., & Williams, J. B. W. (1996). *Structured clinical interview for DSM-IV axis I disorder*. New York: New York State Psychiatric Institute.
- Ford, J. M. (1999). Schizophrenia: The broken P300 and beyond. *Psychophysiology*, *36*, 667-682.
- Fusar-Poli, P., Crossley, N., Woolley, J., Carletti, F., Perez-Iglesias, R., Broome, M., Johns, L., Tabraham, P., Bramon, E., & McGuire, P. (2011). Gray matter alterations related to P300 abnormalities in subjects at high risk for psychosis: Longitudinal MRI-EEG study. *Neuroimage*, *55*, 320-328.
- Gassab, L., Mechri, A., Dogui, M., Gaha, L., d'Amato, T., Dalery, J., & Saoud, M. (2006). Abnormalities of auditory event-related potentials in students with high scores on the schizotypal personality questionnaire. *Psychiatry Research*, *144*, 117-122.
- Goel, M. K., Chavarriaga, J., & Millán, J. d. R. (2011). Cortical current density vs. surface EEG for event-related potential-based brain-computer interface. *Neural Engineering (NER), 2011 5th International IEEE/EMBS Conference on*, 430-433.
- Goghari, V. M., Sponheim, S. R., & MacDonald, A. W. (2010). The functional neuroanatomy of symptom dimensions in schizophrenia: A qualitative and quantitative review of a persistent question. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *34*, 468-486.
- Grady, C. L., Yu, H., & Alain, C. (2008). Age-related differences in brain activity underlying working memory for spatial and nonspatial auditory information. *Cerebral Cortex*, *18*, 189-199.
- Guo, Q., Tang, Y., Li, H., Zhang, T., Li, J., Sheng, J., Liu, D., Li, C., & Wang, J. (2014). Both volumetry and functional connectivity of heschl's gyrus are associated with auditory P300 in first episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *160*, 57-66.
- Gur, R. E., Turetsky, B. I., Loughhead, J., Snyder, W., Kohler, C., Elliott, M., Pratiwadi, R., Ragland, J. D., Bilker, W. B., Seigei, S. J., Kanesh, S. J., Arnold, S. E., & Gur, R. C. (2007). Visual attention circuitry in schizophrenia investigated with oddball event-related functional magnetic resonance imaging. *The American Journal of Psychiatry*, *164*, 442-449.
- Higashima, M., Nagasawa, T., Kawasaki, Y., Oka, T., Sakai, N., Tsukada, T., & Koshino, Y. (2003). Auditory P300 amplitude as a state marker for positive symptoms in schizophrenia: Cross-sectional and retrospective longitudinal studies. *Schizophrenia Research*, *59*, 147-157.

- Higashima, M., Tsukada, T., Nagasawa, T., Oka, T., Okamoto, T., Okamoto, Y., & Koshino, Y. (2007). Reduction in event-related alpha attenuation during performance of an auditory oddball task in schizophrenia. *International Journal of Psychophysiology*, *65*, 95-102.
- Higuchi, Y., Sumiyoshi, T., Kawasaki, Y., Matsui, M., Arai, H., & Kurachi, M. (2008). Electrophysiological basis for the ability of olanzapine to improve verbal memory and functional outcome in patients with schizophrenia: A LORETA analysis of P300. *Schizophrenia Research*, *101*, 320-330.
- Huang, P., Xi, Y., Lu, Z. L., Chen, Y., Li, X., Li, W., Zhu, X., Cui, L. B., Tan, Q., Liu, W., Li, C., Miao, D., & Yin, H. (2015). Decreased bilateral thalamic gray matter volume in first-episode schizophrenia with prominent hallucinatory symptoms: A volumetric MRI study. *Scientific Reports*, *5*, 14505.
- Huppertz, H. J., Hoegg, S., Sick, C., Lucking, C. H., Zentner, J., Schulze-Bonhage, A., & Kristeva-Feige, R. (2001). Cortical current density reconstruction of interictal epileptiform activity in temporal lobe epilepsy. *Clinical Neurophysiology*, *112*, 1761-1772.
- Jang, K. M., & Kim, M. S. (2014). Relationships among event-related potentials, memory, and schizophrenic symptoms in college students with schizotypal-traits. *Open Journal of Psychiatry*, *4*, 353-363.
- Jausovec, N., & Jausovec, K. (2009). Do women see things differently than men do?. *Neuroimage*, *45*, 198-207.
- Javitt, D. C., Spencer, K. M., Thaker, G. K., Winterer, G., & Hajos, M. (2008). Neurophysiological biomarkers for drug development in schizophrenia. *Nature Reviews Drug Discovery*, *7*, 68-83.
- Jeon, Y. W., & Polich, J. (2001). P300 asymmetry in schizophrenia: A meta-analysis. *Psychiatry Research*, *104*, 61-74.
- Jeon, Y. W., & Polich, J. (2003). Meta-analysis of P300 and schizophrenia: Patients, paradigms, and practical implications. *Psychophysiology*, *40*, 684-701.
- Jung, H. T., Kim, D. W., Kim, S., Im, C. H., & Lee, S. H. (2012). Reduced source activity of event-related potentials for affective facial pictures in schizophrenia patients. *Schizophrenia Research*, *136*, 150-159.
- Kawasaki, Y., Sumiyoshi, T., Higuchi, Y., Ito, T., Takeuchi, M., & Kurachi, M. (2007). Voxel-based analysis of P300 electrophysiological topography associated with positive and negative symptoms of schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *94*, 164-171.
- Kiehl, K. A., Laurens, K. R., Duty, T. L., Forster, B. B., & Liddle, P. F. (2001). Neural sources involved in auditory target detection and novelty processing: An event-related fMRI study. *Psychophysiology*, *38*,

133-142.

- Kiehl, K. A., & Liddle, P. F. (2001). An event-related functional magnetic resonance imaging study of an auditory oddball task in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 48*, 159-171.
- Kiehl, K. A., Stevens, M. C., Celone, K., Kurtz, M., & Krystal, J. H. (2005). Abnormal hemodynamics in schizophrenia during an auditory oddball task. *Biological Psychiatry, 57*, 1029-1040.
- Kim, J. J., Crespo-Facorro, B., Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Magnotta, V., & Nopoulos, P. (2003). Morphology of the lateral superior temporal gyrus in neuroleptic naïve patients with schizophrenia: Relationship to symptoms. *Schizophrenia Research, 60*, 173-181.
- Kim, D. W., Shim, M., Kim, J. I., Im, C. H., & Lee, S. H. (2014). Source activation of P300 correlates with negative symptom severity in patients with schizophrenia. *Brain Topography, 27*, 307-317.
- Kim, M. S., Kang, S. S., Youn, T., Kang, D. H., Kim, J. J., & Kwon, J. S. (2003). Neuropsychological correlates of P300 abnormalities in patients with schizophrenia and obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research, 123*, 109-123.
- Kim, M. S., Oh, S. H., Hong, M. H., & Choi, D. B. (2011). Neuropsychologic profile of college students with schizotypal traits. *Comprehensive Psychiatry, 52*, 511-516.
- Kim, S. H., Jang, K. M., & Kim, M. S. (2015). Deficits in error-monitoring by college students with schizotypal traits: An event-related potential study. *PLoS One, 10*, e0122861.
- Kogoj, A., Pirtosek, Z., Tomori, M., & Vodusek, D. B. (2005). Event-related potentials elicited by distractors in an auditory oddball paradigm in schizophrenia. *Psychiatry Research, 137*, 49-59.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science, 197*, 792-795.
- Lazzaro, I., Anderson, J., Gordon, E., Clarke, S., Leong, J., & Meares, R. (1997). Single trial variability within the P300 (250-500 ms) processing window in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research, 73*, 91-101.
- Linden, D. E. (2005). The p300: Where in the brain is it produced and what does it tell us?. *Neuroscientist, 11*, 563-576.
- Liu, Z., Tam, W. C., Xue, Z., Yao, S., & Wu, D. (2004). Positive and negative symptom profile schizophrenia and abnormalities in the P300 component of the event-related potential: A longitudinal controlled study. *Psychiatry Research, 132*, 131-139.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique* (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT press.
- Mannan, M. R., Hiramatsu, K. I., Hokama, H., & Ohta, H. (2001). Abnormalities of auditory event-related potentials in students with schizotypal personality disorder. *Psychiatry and Clinical*

- Neurosciences*, 55, 451-457.
- Martin-Loeches, M., Molina, V., Munoz, F., Hinojosa, J. A., Reig, S., Desco, M., Benito, C., Sanz, J., Gabiri, A., Sarramea, F., Santos, A., & Palomo, T. (2001). P300 amplitude as a possible correlate of frontal degeneration in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 49, 121-128.
- Mathalon, D. H., Ford, J. M., Rosenbloom, M., & Pfefferbaum, A. (2000). P300 reduction and prolongation with illness duration in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 47, 413-427.
- Mathalon, D. H., Hoffman, R. E., Watson, T. D., Miller, R. M., Roach, B. J., & Ford, J. M. (2010). Neurophysiological distinction between schizophrenia and schizoaffective disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 70.
- McCarley, R. W., Salisbury, D. F., Hirayasu, Y., Yurgelun-Todd, D. A., Tohen, M., Zarate, C., Kikinis, R., Jolesz, F. A., & Shenton, M. E. (2002). Association between smaller left posterior superior temporal gyrus volume on magnetic resonance imaging and smaller left temporal P300 amplitude in first-episode schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 59, 321-331.
- Menon, V., Ford, J. M., Lim, K. O., Glover, G. H., & Pfefferbaum, A. (1997). Combined event-related fMRI and EEG evidence for temporal-parietal cortex activation during target detection. *Neuroreport*, 8, 3029-3037.
- Nestor, L., Roberts, G., Garavan, H., & Hester, R. (2008). Deficits in learning and memory: Parahippocampal hyperactivity and frontocortical hypoactivity in cannabis users. *Neuroimage*, 40, 1328-1339.
- Niznikiewicz, M. A., Voglmaier, M. M., Shenton, M. E., Dickey, C. C., Seidman, L. J., The, E. et al. 2000. Lateralized P3 deficit in schizotypal personality disorder. *Biological Psychiatry*, 48, 402-705.
- Noguchi, H., Hori, H., & Kunugi, H. (2008). Schizotypal traits and cognitive function in healthy adults. *Psychiatry Research*, 161, 162-169.
- Novick, J. M., Trueswell, J. C., & Thompson-Schill, S. L. (2005). Cognitive control and parsing: Reexamining the role of broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 5, 263-281.
- Oribe, N., Hirano, Y., Kanba, S., Del Re, E., Seidman, L., Mesholam-Gately, R., Goldstein, J. M., Shenton, M., Spencer, K. M., McCarley, R. W., & Niznikiewicz, M. (2015). Progressive reduction of visual P300 amplitude in patients with first-episode schizophrenia: An ERP study. *Schizophrenia Bulletin*, 41, 460-470.
- Ozgurdal, S., Gudlowski, Y., Witthaus, H., Kawohl, W., Uhl, I., Hauser, M., Gorynia, I., Gallinat, J., Heinze, M., Heinz, A., & Juckel, G. (2008). Reduction of auditory event-related P300 amplitude in subjects with at-risk mental state for schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 105, 272-278.

- Pae, J. S., Kwon, J. S., Youn, T., Park, H. J., Kim, M. S., Lee, B., & Park, K. S. (2003). LORETA imaging of P300 in schizophrenia with individual MRI and 128-channel EEG. *Neuroimage*, *20*, 1552-1560.
- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, *24*, 5-12.
- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *9*, 456-479.
- Pinal, D., Zurrón, M., & Díaz, F. (2014). Effects of load and maintenance duration on the time course of information encoding and retrieval in working memory: From perceptual analysis to post-categorization processes. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 165.
- Polich, J. (1998). P300 clinical utility and control of variability. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *15*, 14-33.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, *118*, 2128-2148.
- Polich, J., & Herbst, K. L. (2000). P300 as a clinical assay: Rationale, evaluation, and findings. *International Journal of Psychophysiology*, *38*, 3-19.
- Price, G. W., Michie, P. T., Johnston, J., Innes-Brown, H., Kent, A., Clissa, P., & Jablensky, A. V. (2006). A multivariate electrophysiological endophenotype, from a unitary cohort, shows greater research utility than any single feature in the western australian family study of schizophrenia. *Biological Psychiatry*, *60*, 1-10.
- Qiu, Y. Q., Tang, Y. X., Chan, R. C., Sun, X. Y., & He, J. (2014). P300 aberration in first-episode schizophrenia patients: A meta-analysis. *PLoS One*, *9*, e97794.
- Raine, A. (1991). The SPQ: A scale for the assessment of schizotypal personality based on DSM-III-R criteria. *Schizophrenia Bulletin*, *17*, 555-564.
- Renoult, L., Prevost, M., Brodeur, M., Lionnet, C., Joobert, R., Malla, A., & Debruille, J. B. (2007). P300 asymmetry and positive symptom severity: A study in the early stage of a first episode of psychosis. *Schizophrenia Research*, *93*, 366-373.
- Sabeti, M., Moradi, E., & Katebi, S. (2011). Analysis of neural sources of p300 event-related potential in normal and schizophrenic participants. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *696*, 589-597.
- Salisbury, D. F., Shenton, M. E., Sherwood, A. R., Fischer, I. A., Yurgelun-Todd, D. A., Tohen, M., & McCarley, R. W. (1998). First-episode schizophrenic psychosis differs from first-episode affective psychosis and controls in P300 amplitude over left temporal lobe. *Archives of General Psychiatry*, *55*, 173-180.

- Salisbury, D. F., Voglmaier, M. M., Sediman, L. J., & McCarley R. W. (1996). Topographic abnormalities of P3 in schizotypal personality disorder. *Biological Psychiatry, 40*, 165-172.
- Shin, Y. W., Krishnan, G., Hetrick, W. P., Brenner, C. A., Shekhar, A., Malloy, F. W., & O'Donnell, B. F. (2010). Increased temporal variability of auditory event-related potentials in schizophrenia and schizotypal personality disorder. *Schizophrenia Research, 124*, 110-118.
- Siever, L. J., & Davis, K. L. (2004). The pathophysiology of schizophrenia disorders: Perspectives from the spectrum. *The American Journal of Psychiatry, 161*, 398-413.
- Sliverstein, A. B. (1989). Agreement between a short form and the full scale as a function of the correlation between them. *Journal of Clinical Psychology, 45*, 929-931.
- Soltani, M., & Knight, R. T. (2000). Neural origins of the P300. *Critical Reviews in Neurobiology, 14*, 199-224.
- Stevens, A. A., Skudlarski, P., Gatenby, J. C., & Gore, J. C. (2000). Event-related fMRI of auditory and visual oddball tasks. *Magnetic Resonance Imaging, 18*, 495-502.
- Swick, D., Ashley, V., & Turken, A. U. (2008). Left inferior frontal gyrus is critical for response inhibition. *BMC Neuroscience, 9*, 102. doi:10.1186/1471-2202-9-102
- Tanaka, S., Honda, M., & Sadato, N. (2005). Modality-specific cognitive function of medial and lateral human brodmann area 6. *Journal of Neuroscience, 25*, 496-501.
- Tang, J., Liao, Y., Zhou, B., Tan, C., Liu, W., Wang, D., Liu, T., Hao, W., Tan, L., & Chen, X. (2012). Decrease in temporal gyrus gray matter volume in first-episode, early onset schizophrenia: An MRI study. *PLoS One, 7*, e40247.
- Trestman, R. L., Horvath, T., Kalus, O., Peterson, A. E., Mitropoulou, V., et al. 1996. Event-related potentials in schizotypal personality disorder. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 8*, 33-40.
- Turetsky, B. I., Colbath, E. A., & Gur, R. E. (1998). P300 subcomponent abnormalities in schizophrenia: I. physiological evidence for gender and subtype specific differences in regional pathology. *Biological Psychiatry, 43*, 84-96.
- van der Stelt, O., & Belger, A. (2007). Application of electroencephalography to the study of cognitive and brain functions in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 33*, 955-970.
- van Lutterveld, R., Diederens, K. M., Koops, S., Begemann, M. J., & Sommer, I. E. (2013). The influence of stimulus detection on activation patterns during auditory hallucinations. *Schizophrenia Research, 145*, 27-32.
- van Tricht, M. J., Nieman, D. H., Koelman, J. H., van der Meer, J. N., Bour, L. J., de Haan, L., & Linszen, D. H. (2010). Reduced parietal P300 amplitude is associated with an increased risk for a

- first psychotic episode. *Biological Psychiatry*, 68, 642-648.
- Vita, A., De Peri, L., Deste, G., & Sacchetti, E. (2012). Progressive loss of cortical gray matter in schizophrenia: A meta-analysis and meta-regression of longitudinal MRI studies. *Translational Psychiatry*, 2, e190.
- Volpe, U., Mucci, A., Bucci, P., Merlotti, E., Galderisi, S., & Maj, M. (2007). The cortical generators of P3a and P3b: A LORETA study. *Brain Research Bulletin*, 73, 220-230.
- Wang, J., & Guo, Q. (2012). Research in china on event-related potentials in patients with schizophrenia. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 24, 67-75.
- Wang, J., Hiramatsu, K., Hokama, H., Miyazato, H., & Ogura, C. (2003). Abnormalities of auditory P300 cortical current density in patients with schizophrenia using high density recording. *International Journal of Psychophysiology*, 47(3), 243-253.
- Wang, J., Hirayasu, Y., Hokama, H., Tanaka, S., Kondo, T., Zhang, M., & Xiao, Z. (2005). Influence of duration of untreated psychosis on auditory P300 in drug-naive and first-episode schizophrenia. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 59, 209-214.
- Wang, J., Tang, Y., Li, C., Mecklinger, A., Xiao, Z., Zhang, M., Hirayasu, Y., Hokama, H., & Li, H. (2010). Decreased P300 current source density in drug-naive first episode schizophrenics revealed by high density recording. *International Journal of Psychophysiology*, 75, 249-257.
- Wolf, D. H., Turetsky, B. I., Loughhead, J., Elliott, M. A., Pratiwadi, R., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2008). Auditory oddball fMRI in schizophrenia: Association of negative symptoms with regional hypoactivation to novel distractors. *Brain Imaging and Behavior*, 2, 132-145.
- Wronka, E., Kaiser, J., & Coenen, A. M. (2008). The auditory P3 from passive and active three-stimulus oddball paradigm. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 68, 362-372.
- Wronka, E., Kaiser, J., & Coenen, A. M. (2012). Neural generators of the auditory evoked potential components P3a and P3b. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 72, 51-64.
- Wronka, E., Kuniecki, M., Kaiser, J., & Coenen, A. M. (2007). The P3 produced by auditory stimuli presented in a passive and active condition: Modulation by visual stimuli. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 67, 155-164.
- Wynn, J. K., Jimenez, A. M., Roach, B. J., Korb, A., Lee, J., Horan, W. P., Ford, J. M., & Green, M. F. (2015). Impaired target detection in schizophrenia and the ventral attentional network: Findings from a joint event-related potential-functional MRI analysis. *NeuroImage: Clinical*, 9, 95-102.
- Yao, J., & Dewald, J. P. (2005). Evaluation of different cortical source localization methods using simulated and experimental EEG data. *Neuroimage*, 25, 369-382.
- Yung, A. R., Phillips, L. J., Yuen, H. P., Francey, S. M., McFarlane, C. A., Hallgren, M., & McGorry,

- P. D. (2003). Psychosis prediction: 12-month follow up of a high-risk (“prodromal”) group. *Schizophrenia Research, 60*, 21-32.
- Zatorre, R. J., Evans, A. C., & Meyer, E. (1994). Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *Journal of Neuroscience, 14*, 1908-1919.
- Zatorre, R. J., Perry, D. W., Beckett, C. A., Westbury, C. F., & Evans, A. C. (1998). Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95*, 3172-3177.

1차원고접수 : 2016. 11. 16
1차심사완료 : 2016. 12. 09
2차원고접수 : 2017. 01. 04
최종게재승인 : 2017. 01. 07

(Abstract)

Analysis of source localization of P300 in college students with schizotypal traits

Kyoung-Mi Jang Bo-Mi Kim Eun-Chan Na Eun-Ji An Myung-Sun Kim

Department of Psychology, Sungshin Women's University

This study investigated the cortical generators of P300 in college students with schizotypal traits by using an auditory oddball paradigm, event-related potentials (ERPs) and standardized low resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA) model. We also investigated the relationship between the current density of P300 and the clinical symptoms of schizophrenia. Based on the scores of Schizotypal Personality Questionnaire(SPQ), schizotypal trait ($n=37$) and control ($n=42$) groups were selected. For the measurement of P300, an auditory oddball paradigm, in which frequent standard tones (1000Hz) and rare target tones (1500Hz) were presented randomly, was used. Participants were required to count the number of the target tones during the task and report this at the end of the experiment. The two groups did not differ significantly in the accuracy of the oddball task. The schizotypal trait group showed significantly smaller P300 amplitudes than control group. In terms of source localization, both groups showed the P300 current density over bilateral frontal, parietal, temporal and occipital lobes. However, the schizotypal trait group showed significantly reduced activations in the left superior temporal gyrus and the right middle temporal gyrus, but increased activations in both left inferior frontal gyrus and right superior frontal gyrus compared to the control group. Furthermore, a negative correlation between the current density of the right superior frontal gyrus and SPQ disorganization score was found in the schizotypal trait group. These findings indicate that the individuals with schizotypal traits have dysfunctions of frontal and temporal areas, which are known to be the source of P300, as observed in patients with schizophrenia. In addition, the present results indicate that the disorganization score, rather than total score, of the SPQ is useful in predicting the risk of future schizophrenia.

Key words : P300, schizotypal traits, source localization, oddball paradigm, event-related potentials (ERP), sLORETA