



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

김 명 선 교수지도
석사학위 청구논문

성인 ADHD 성향군의 반응억제
결함에 관한 사건관련전위 연구

2015

성신여자대학교 대학원
심 리 학 과
유 리 나

성인 ADHD 성향군의 반응억제 결함에 관한 사건관련전위 연구

김 명 선 교수지도

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2015년 5월

성신여자대학교 대학원

심 리 학 과

유 리 나

논문개요

본 연구는 주의력결핍/과잉행동 장애(attention deficit/hyperactivity disorder: ADHD) 환자에서 관찰되는 반응 억제 결함이 ADHD 성향을 가진 대학생에서도 관찰되는지를 알아보고자 하였다. 성인 ADHD 성향군($n=19$)과 정상통제군($n=16$)의 반응 억제 능력을 사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용하여 조사하였다. Go/NoGo 과제는 특정 자극에 반응하는 것이 요구되는 Go 조건과 또 다른 특정 자극에 반응하지 않는 것이 요구되는 NoGo 조건으로 구성되었다. 피험자에게는 Go 자극에는 버튼을 눌러 반응하고, NoGo 자극에는 버튼을 누르는 반응을 억제하는 것이 요구되었다.

행동 자료 분석 결과, 반응 정확률의 경우 정상통제군과 성인 ADHD 성향군 모두 Go 조건보다 NoGo 조건에서 더 낮은 반응 정확률을 보였고, 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군이 두 조건 모두에서 유의하게 더 낮은 반응 정확률을 보였다. 또한 사건관련전위 분석 결과, 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군에서 유의하게 감소된 P300 진폭이 관찰되었는데, P300은 반응 억제 및 억제 처리의 평가 과정을 반영하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구의 결과는 성인 ADHD 성향군이 반응 억제 결함을 가지고 있음을 보여주며, 나아가 반응 억제 결함이 성인 ADHD의 특성 지표일 가능성을 시사한다.

주요어: 성인 ADHD 성향군, 반응 억제, Go/NoGo 과제, ERP, P300

목 차

논문개요

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 연구목적 1

II. 이론적 배경

1. 성인 ADHD의 반응 억제 결함 6
2. 사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용한 반응 억제 연구 7
3. 사건관련전위에서 관찰되는 성인 ADHD의 반응 억제 결함 9
4. ADHD의 휴지기 뇌파의 결함 10

III. 연구 문제 및 가설

1. 연구 문제 및 가설 12

IV. 연구 방법

1. 연구 대상	14
2. 평가 도구	15
3. 실험 절차	17
4. 자료 분석	21

V. 연구결과

1. 인구통계학적 특성	23
2. 행동 자료 분석	25
3. 사건관련전위 분석	27

VI. 논의 및 제한점

1. 논의	38
2. 제한점 및 후속연구를 위한 제안	43

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

<표 1> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 인구통계학적 특성	24
<표 2> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go/NoGo 과제에서 보인 평균 반응 시간과 반응 정확률	26
<표 3> 반응 정확률의 변량분석	26
<표 4> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건에서 보인 평균 N200 진폭(μV)	34
<표 5> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 N200 진폭(μV)	35
<표 6> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 N200 잠재기(ms)	35
<표 7> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건에서 보인 평균 P300 진폭(μV)	36
<표 8> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 P300 진폭(μV)	37
<표 9> 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 P300 잠재기(ms)	37

그림 목 차

<그림 1> Go/NoGo 과제의 자극 제시 순서	19
<그림 2> Go/NoGo 과제의 두 조건	19
<그림 3> 분석에 포함된 채널(진한 원)	23
<그림 4> Go/NoGo 과제의 Go 조건과 NoGo 조건에서 관찰된 전체 평균 사건관련전위	28
<그림 5> Go/NoGo 과제의 NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 관찰된 전체 평균 사건관련전위	29
<그림 6> Go/NoGo 과제에서 가장 큰 진폭의 N200과 P300이 관찰된 시간대의 전체 채널 사건관련전위 분포	30

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

주의력결핍/과잉행동 장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder; ADHD)는 가장 흔한 아동기 장애 중 하나로 부주의, 과잉행동 및 충동성 등의 인지 행동적 증상들을 특징으로 하는 신경발달장애이다(American Psychiatric Association, 2013). ADHD는 학령기 아동의 5~10%에서 나타나며(Faraone et al., 2003; Skounti et al., 2007), 이 중 65%는 성인기까지 ADHD증상이 지속된다(Biederman et al., 2006). 즉 ADHD가 더 이상 아동기에 국한된 장애가 아닌 것으로 이해되고 있다(Kieling et al., 2008). ADHD는 연령이 증가함에 따라 과잉행동은 감소하지만(O' Donnell et al., 2001), 부주의, 충동성, 조직화 능력의 결함, 시간 관리와 관련된 문제 등의 증상은 성인기까지 지속된다(Barkley et al., 2010).

ADHD 환자들에서 집행 기능(executive function)의 장애가 자주 관찰된다(Willcutt et al., 2005). 집행 기능에는 계획, 조직화, 반응 억제, 지속 주의, 세트 전환(set shifting), 작업기억 등이 포함되며, 이 중에서도 반응 억제의 결함이 ADHD의 주요 결함이라는 보고가 있다(James et al., 2005; Pennington & Ozonoff, 1996). 반응 억제란 변화하는 환경에 적응하고, 과제의 요구에 적절한 반응을 하게 하는 집행기능 중 하나이다(Li et al., 2006). 과제를 이해하기 전에 반응하거나 충분한 정보 없이 대답하거나 부적절한 반응을 수정하지 못하는 등의 충동적 행동은 반응 억제의 결함을 시사한다(Schachar et al., 1993). 집행 기능은 전전두 피질(prefrontal cortex)과 다른 뇌 영역들 사이의 상호작용에 의해 통제되는 것으로 알려져 있는데

(Alvarez & Emory, 2006), 즉 ADHD 아동들이 전두-선조 네트워크(fronto-striatal network)의 구조적, 기능적 이상을 가지고 있고, 이로 말미암아 ADHD 아동들이 적절한 행동을 유지하고, 부적절한 행동을 억제하는데 효과적으로 기능할 수 없다고 이해되고 있다(James, 2005). 성인 ADHD에서도 전전두 피질, 선조영역(striatal region), 전운동 영역(pre-motor regions)의 활성화 감소가 관찰되며(Cubillo et al, 2010), 이는 반응 억제의 결함과 관련되어 있음을 시사한다

반응 억제의 측정에 Go/NoGo 과제가 널리 사용되고 있다. Go/NoGo 과제는 특정 자극에 반응하는 것이 요구되는 Go 조건과 또 다른 특정 자극에는 반응하지 않는 것이 요구되는 NoGo 조건으로 구성된다(Kaiser et al., 2003). NoGo 조건에서 반응을 하지 않는 것은 높은 정도의 억제를 요구하며 전두엽이 관여한다고 알려져 있으며(Drewe, 1975; Verin et al., 1993; Nakata et al., 2005), 정상인들의 경우 Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 유의하게 더 많은 오류수를 보이는 것으로 보고되고 있다(Amodio et al., 2008; Watanabe et al., 2002). 아동 ADHD를 대상으로 Go/NoGo 과제를 실시한 결과, ADHD 아동에서 반응 억제 결함이 관찰되었으며(Nigg, 2001), 성인 ADHD들도 Go/NoGo 과제에서 수행 저하, 즉 반응 억제 결함을 가지고 있는 것이 보고되고 있다(Murphy, 2002; Wodushak & Neumann, 2003). ADHD 환자군이 정상통제군 보다 Go/NoGo 과제에서 더 빠른 반응 시간과 더 많은 오류수를 보이며(Dillo et al., 2010; Durston et al., 2003; Smith et al., 2004; Liotti et al., 2010 Wiersema et al., 2005), 특히 반응하지 않아야 하는 조건에서 반응을 하는 오경보 오류(commission error)는 ADHD의 충동적 행동을 반영한다(Cho et al, 2004).

뇌 영상 기법을 사용한 연구들은 반응 억제의 신경학적 근거를 제시하고 있다. ADHD의 반응 억제 결함은 부적절한 행동을 억제하는 것과 관련이 있는

전전두피질과 기저핵(basal ganglia)의 구조적, 기능적 이상과 관련이 있다고 보고되고 있다(Casey et al., 2001; Mink, 1996). Liddle 등(2001)이 정상 인들을 대상으로 Go/NoGo 과제의 NoGo 조건 동안 뇌 활성화를 조사한 결과, 외측전두피질(lateral frontal cortex), 전대상피질(anterior cingulate cortex), 두정피질(parietal cortex)에서 활성화가 관찰되었다. 정상통제군에 비해 ADHD 환자군은 NoGo 조건에서 전두영역과 대상피질영역에서 활성화의 감소를 보이는 것이 보고되고 있다(Amen & Carmichael, 1997; Bush et al., 1999; Ernst et al., 1998a; Rubia et al., 1999; Zametkin et al., 1990). 이에 덧붙여서, Sowell 등(2003)이 자기공명영상(magnetic resonance imaging)을 사용하여 반응 억제 네트워크를 조사한 결과, ADHD 환자군에서 반응 억제 네트워크의 구조적 이상이 관찰되었는데, 특히 우반구의 전전두피질의 부피가 감소되어 있음이 관찰되었다.

뇌 영상 연구들은 우수한 공간 해상도(spatial resolution)를 가지고 있어 반응 억제에 관여하는 뇌 영역들을 밝히는데 큰 공헌을 하지만 반응 억제 시 나타나는 신경생리적 변화와 이에 관여하는 뇌 영역들의 순차적 활성화에 관한 정보는 제공하지 못한다(Fallgatter & Strik, 1999). 반면, 사건관련전위(event related potentials; ERPs)는 뇌 영상 기법과 달리 밀리초(milliseconds; ms)단위의 우수한 시간 해상도(temporal resolution)를 가지고 있기 때문에 반응 억제의 순차적 전기생리적 지표들을 조사하는데 적합하다(Bokura et al., 2001). 더욱이 최근에는 고밀도 뇌파(high-density EEG)의 사용이 보편화됨에 따라 사건관련전위의 공간 해상도가 향상되었고, 일련의 순차적 과정으로 이루어진 인지 기능의 연구에 사건관련전위가 유용하게 사용되고 있다(Luck, 2005). 사건관련전위는 특정 정보를 내포하고 있는 자극을 제시한 다음, 이 자극의 제시와 관련하여 일정 시간 동안 일어나는 뇌의 전기적인 활동을 의미하며, 정보 처리 과정의 각 단계들을 반영하는 정적

전위(positive potential) 혹은 부적전위(negative potential)를 띠는 일련의 정점(peak) 혹은 요소(component)들로 구성된다(Hillyard & Kutas, 1983).

사건관련전위를 사용한 선행연구들은 Go/NoGo 과제와 관련된 두 가지 요소를 일관되게 보고하고 있다(Lavric et al., 2004, Ruchow et al., 2008). 첫 번째 요소인 N200은 주로 자극제시 후 200-350ms 내에 전두-중앙 영역(frontocentral site)에서 관찰되는 부적전위로, 부적절한 반응의 억제, 반응 갈등의 탐지 및 갈등 모니터링 등을 반영하는 것으로 보고되고 있다(Donkers & Van Boxtel, 2004; Nieuwenhuis et al., 2003; Ruchow et al., 2008; Yeung et al., 2004). 두 번째 요소인 P300은 자극제시 후 400-600ms 내에 전두 영역(frontal site)에서 관찰되는 정적전위로, 행동 억제(behavioral inhibition)와 적절한 행동 계획의 평가(evaluation of an appropriate behavioral plan) 등을 반영하는 것으로 보고되고 있다(Bruin & Wijers, 2002). Go/NoGo 과제에서 ADHD 아동들이 정상통제군에 비해 감소된 N200 진폭(Albrecht et al., 2005; Falkenstein et al., 2002; Liotti et al., 2010)과 P300 진폭(Fallgatter et al., 2004; Gow et al., 2012)을 보임이 보고되고 있고 성인 ADHD 환자군에서도 정상통제군에 비해 감소된 N200과 P300 진폭이 관찰되었다(Woltering et al. 2013). 이러한 연구 결과는 ADHD 환자에서 관찰되는 반응 억제 결함의 신경 생리적 기체에 관한 정보를 제공한다.

ADHD 환자군이 휴식기 상태(resting condition, 이하 휴지기 뇌파)에서 세타파(4~8Hz, theta wave, θ)의 진폭 증가를 보임이 보고되고 있는데(Barry et al., 2003), 예를 들어 ADHD 아동의 휴지기 뇌파를 측정 한 연구에서 세타파가 정상통제군보다 더 높은 것으로 관찰되었다(Lansbergen, et al., 2010). 높은 세타파는 ADHD 환자의 저각성(hypo-arousal) 상태의 지

표로 여겨지고 있다(Van Dongen-Boomsma et al., 2010). Morihisa (1983)등은 도파민의 증가가 피질의 저각성 상태를 반영한다고 보고하였으며, 이런 피질의 저각성은 ADHD의 핵심 증상중 하나인 충동적 행동을 야기할 수 있다(Bresnahan et al, 1999). Go/NoGo 과제와 ADHD 아동의 휴지기 뇌파의 세타파의 관련성을 조사한 연구들에 의하면 ADHD 아동의 높은 세타파가(Snyder & Hall, 2006) Go/NoGo 과제의 낮은 정확률과 관련되어 있다고 보고하고 있다(Ogrim et al., 2012; Van Dongen-Boomsma et al., 2010). PET를 사용한 당대사 연구는 세타파의 과활성화가 대뇌의 대사 감소와 관련되어 있다고 보고하고 있다(Diamond, 1997). Zametkin(1990) 등이 PET를 사용하여 ADHD 환자의 뇌 포도당 대사(glucose metabolism)를 관찰한 결과, ADHD 환자군이 정상통제군에 비해 전전두피질과 전운동피질에서 뇌 포도당 대사가 감소되어 있음을 보고하였으며, 이는 ADHD 환자의 대뇌피질의 기능이 저하된 결과라고 설명하였다.

ADHD 환자를 대상으로 연구할 경우 환자가 가지는 증상의 심각성, 기능의 손상 정도, 높은 공병율 등과 같은 변인들이 결과에 영향을 미친다고 알려져 있다(Segebreich et. al, 2009). 따라서 본 연구에서는 ADHD 성향을 가지고 있는 대학생들을 대상으로 이들의 반응 억제 기능을 사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용하여 알아보고, 반응 억제 결함이 휴지기 뇌파의 세타파와 어떻게 관련되어 있는지를 알아보려고 하였다. 성인 ADHD 성향군을 대상으로 한 본 연구 결과는 ADHD환자군에서 관찰되는 반응 억제 결함의 근본적인 신경병리적 기제의 이해를 높이고 조기 진단에 유용한 정보를 제공하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 성인 ADHD 환자군의 반응 억제 결함

반응 억제는 변화하는 환경에 적응하고, 과제의 요구에 적절한 반응을 하게 하는 능력을 의미한다(Braet et al., 2009; Chambers et al., 2009; Li et al., 2006). 과제를 미처 이해하기 전에 반응하거나 부적절한 반응을 수정하지 못하는 등의 충동적 행동은 반응 억제의 결함을 시사한다(Schachar et al., 1993). 반응 억제의 평가에 Go/NoGo 과제가 널리 사용되고 있다(Asahi et al., 2004; Kaiser et al., 2003). Go/NoGo 과제는 두 조건, 즉 특정 자극에 반응하는 것이 요구되는 Go 조건과 또 다른 특정 자극에는 반응을 하지 않는 것이 요구되는 NoGo 조건으로 구성되어 있다(Kaiser et al., 2003). 예를 들어 연속적으로 제시되는 Go 자극에 반응을 하다 NoGo 자극이 제시되었을 경우 반응을 억제하는 것이 요구된다. 정상인들의 경우, Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 유의하게 더 많은 오류수를 보이는 것으로 관찰되는데(Amodio et al., 2008; Watanabe et al., 2002), 이는 Go 조건에서는 요구되지 않는 오류 탐지나 반응 억제 등이 NoGo 조건에서는 요구되기 때문이다(Falkenstein et al., 1991).

ADHD 환자들의 반응 억제 기능을 Go/NoGo 과제를 사용하여 조사한 연구들은 ADHD 환자들이 반응 억제 결함 가지고 있음을 비교적 일관되게 보고하고 있다(Liddle et al., 2011; Woltering et al., 2013). 즉 ADHD 환자군이 정상통제군보다 Go/NoGo 과제에서 더 빠른 반응시간과 더 많은 오류수를 보임이 보고되고 있다(Dillo et al., 2010; Liotti et al., 2010; Smith et al., 2004, Wiersema et al., 2005).

반응 억제 과정은 전두 영역과 관련되는 것으로 보고되고 있다(Bruin & Wijers, 2002; Casey et al., 2001; Mink, 1996)). 정상인들을 대상으로 반응 억제 과제의 수행 동안 뇌 활성화 영역들을 연구한 결과, 배외측 전전두피질, 복외측 전전두피질, 우반구 하전두피질(right inferior frontal cortex), 전대상피질, 두정피질 등이 활성화되는 것이 관찰되었다(Bokura et al., 2001; Liddle et al., 2001, Menon et al., 2001; Rubia et al., 2003). 이 영역들은 반응의 예측, 갈등 모니터링, 갈등 해결 등과 같은 집행 기능에 관여한다(Fan et al., 2003; Fassbender et al., 2006). 특히 전대상피질은 갈등을 모니터링하고 해결하는 역할을 하며, 복외측 전전두피질과 배외측 전전두피질은 반응억제에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Liddle et al., 2001). Go/NoGo 과제를 수행하는 동안 ADHD 환자들의 뇌 구조 및 뇌 기능을 조사한 뇌 영상 연구들은 전전두피질과 선조영역의 부피감소(Filipek et al., 1997; Castellanos et al., 2002; Cubillo et al., 2010)와 전대상피질의 구조적, 기능적 이상이 관찰됨을 보고하고 있다(Sowell et al., 2003; Tamm et al., 2004). 즉 ADHD 환자군에서 관찰되는 Go/NoGo 과제의 수행 저하가 전두영역과 대상피질영역의 구조 및 기능의 이상과 관련이 있음을 시사한다.

2. 사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용한 반응 억제 연구

Go/NoGo 과제 수행 동안 사건관련전위를 측정하는 연구들은 두 가지 사건관련전위 요소를 일관되게 보고하고 있다. 첫 번째 요소인 N200은 자극 제시 후 200-350ms 내에 전두-중앙 영역에서 관찰되는 부적전위이다. N200은 부적절한 반응의 억제, 반응 갈등의 탐지와 반응 결정 모니터링 등을 반영하

는 것으로 보고되고 있다(Donkers & Van Boxtel, 2004; Eimer, 1993; Nieuwenhuis et al., 2003; Ruchow et al., 2008; Yeung et al., 2004). 정상인을 대상으로 Go/NoGo 과제를 실시한 연구들은 Go 조건 보다 NoGo 조건에서 더 큰 N200 진폭이 나타남을 보고하고 있다(Eimer, 1993; Fallenstein et al., 1999; Jodo & Kayama, 1992). 이는 예상하고 있던 Go 자극에 반응하는 것을 억제하고 예상하지 못한 NoGo 자극으로 인한 갈등이 증가하는 것을 반영한다(Bruin & Wijers, 2002; Nieuwenhuis et al., 2003). N200의 근원지를 국재화(source localization)한 연구들은 N200 근원지가 전대상피질이라고 일관되게 보고하고 있으며(Bekker et al., 2005; Bokura et al., 2001; Carriero et al., 2007; Kiefer et al., 1998; Nieuwenhuis et al., 2003), 이는 뇌 영상 연구에서 보고되고 있는 전대상피질의 반응 억제, 갈등 탐지의 역할을 지지하는 결과이다(Lau et al., 2006; Liotti et al., 2000).

Go/NoGo 과제 수행동안 관찰되는 사건관련전위의 두 번째 요소는 자극 제시 후 400-600ms 내에 전두-중앙 영역에서 관찰되는 정적전위인 P300이다. P300은 반응 억제와 적절한 행동 계획을 평가하는 과정을 반영한다(Bruin & Wijers, 2002). 정상인을 대상으로 Go/NoGo 과제를 조사한 연구에서 Go 조건 보다 NoGo 조건에서 더 큰 P300 진폭이 관찰되었다(Fallgatter & strik, 1999; Roberts et al., 1994; Thomas et al., 2009). 이는 Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 억제에 대한 처리 요구(processing demand)가 더 많음을 반영하는 것이다(Bruin et al., 2001; Fallgatter et al., 1999; Smith et al., 2007). P300의 근원지를 국재화한 연구들은 P300의 근원지로 배외측 전전두피질, 복외측 전전두피질, 운동 기능과 관련된 전전두영역 등을 보고하고 있으며(Ford et al., 2004; Huster et al., 2010; Kaladjian et al., 2007), 이는 뇌 영상 연구에서 보고되고 있는 전전두피질

의 반응 억제 및 반응 경쟁(response inhibition and competition), 오류 처리(error processing) 역할을 지지하는 결과이다(Menon et al., 2001).

3. 사건관련전위에서 관찰되는 ADHD 환자군의 반응 억제 결함

사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용하여 ADHD 환자의 반응 억제를 조사한 연구들은 반응 억제의 지표로서 N200과 P300을 보고하고 있다(Bruin et al., 2001; Falkenstein et al., 2002; Huster et al., 2013; Smith et al., 2004).

Go/NoGo 과제에서 ADHD 아동들이 정상통제군에 비해 감소된 N200과 P300 진폭을 보임이 보고되고 있으며(Albrecht et al., 2005; Fallgatter et al., 2004; Liotti et al., 2010; Smith et al., 2004; Wiersma & Roeyers, 2009), 성인 ADHD 환자군도 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 N200과 P300 진폭을 보임이 관찰되었다(Woltering, et al., 2013). 이는 ADHD 환자군이 적절한 행동을 계획하고, 부적절한 반응을 억제하는 능력의 결함을 가지고 있음을 시사하며, ADHD 환자군에서 전두영역과 대상피질영역의 활성화 저하가 관찰된다는 연구결과와도 일치된다(Amen & Carmichael, 1997; Bush et al., 1999; Ernst et al., 1998a; Liotti et al., 2005; O'Connell et al., 2009; Rubia et al., 1999; Zametkin et al., 1990). 나아가 이러한 연구 결과는 ADHD 아동에게서 보이는 신경학적 결함(neural deficits)이 성인기까지 지속된다는 것을 시사한다(Woltering, et al., 2013).

4. ADHD 환자군의 휴지기 뇌파의 결합

뇌파는 주파수대역별 분포에 따라 저주파에서 고주파로 분류되며 델타파(1-4Hz, Delta), 세타파(4-8Hz, Theta), 알파파(8-12Hz, Alpha), 베타파(13-21Hz, Beta) 등으로 구분된다(Niedermeyer, 2005). 델타파는 일반적으로 깊은 수면과 관련되어 있고, 세타파는 성인의 수면상태나 아동에게서 주로 나타난다고 알려져 있다(Niedermeyer, 2005). 알파파는 주로 눈을 감고 안정된 상태에 있을 때 나타나는 뇌파로서 각성 상태에서는 억제되는(Engel & Fries, 2010) 반면, 베타파는 집중 상태에서 나타나는 뇌파로 알려져 있다(Wröbel, 2000). 이러한 주파수 대역별 EEG들은 인지 기능들과 관련이 있으며(Basar et al., 2001), 특히 대뇌피질에서 발생하는 것으로 알려져 있는 세타파는 반응 억제와 갈등 모니터링을 반영한다(Nigbur et al., 2011; Ocklenburg et al., 2011).

ADHD 환자군의 약 45~90%가 비정상적인 뇌파를 보이는 것으로 보고되고 있다(Clarke, 2001). Monastra 등(1999, 2001)은 ADHD 환자들이 전두중양영역에서 전형적으로 속파(fast wave)에 비해 서파(slow wave)의 활성화가 더 증가하는 것을 관찰하였다. ADHD 아동의 휴지기 뇌파에서 정상통제군보다 전전두영역에서 더 높은 세타파가 관찰되었다(Chabot & Serfontein, 1996; Lansbergen, et al., 2011; shi et al, 2012). 이런 높은 세타파는 ADHD 환자의 저각성 상태의 지표로 여겨지고 있으며(Van Dongen-Boomsma et al., 2010), 비정상적인 휴지기 뇌파 패턴은 뇌 활성화의 감소를 반영하는 것으로 여겨진다(Shi et al, 2012). 또한 세타파의 과활성화는 신경전달물질의 기능이상 결과로 초래되는 것으로 여겨지고 있다(Bresnahan et al, 1999). 예를 들어, Reimherr 등(1984)과 Shaywitz 등(1977)은 ADHD가 도파민 체계의 기능이상과 관련이 있다고 하였다. 도파민

의 증가는 피질의 저각성 상태를 반영하는 것으로(Morihisa et al., 1983), 이러한 피질의 저각성 상태는 ADHD의 핵심 증상중 하나인 충동적 행동을 야기한다(Bresnahan et al, 1999). 즉 ADHD의 과활성화된 세타파가 도파민 체계의 기능 이상으로 나타나며, 이는 특히 성인 ADHD 증상 중 충동성에 영향을 준다는 것을 시사한다(Bresnahan et al, 1999).

ADHD 아동의 휴지기 뇌파의 세타파와 Go/NoGo 과제의 관련성을 조사한 결과, ADHD 아동의 과도한 세타파 활성화 증가가 Go/NoGo 과제의 낮은 정확률과 관련되었음이 관찰되었다(Ogrim et al., 2012; Van Dongen-Boomsma et al., 2010). Hermens 등(2005)이 oddball 과제를 사용하여 ADHD 아동의 휴지기 뇌파의 세타파를 조사한 연구에서 과도한 세타파 활성화 증가가 oddball 과제의 낮은 정확률과 상관이 관찰되었다. 이러한 연구결과는 ADHD가 휴지기 뇌파의 결함과 관련되어 있음을 시사한다.

Ⅲ. 연구문제 및 연구가설

본 연구는 ADHD 성향을 가지는 대학생의 반응 억제 능력을 Go/NoGo 과제와 사건관련 전위를 사용하여 알아보고, 휴지기 뇌파의 세타파와 Go/NoGo 과제 수행 및 사건관련전위 사이에 어떤 관련성이 있는지 알아보려고 하였다. 연구문제와 가설은 다음과 같다.

연구문제 1. 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비하여 Go/NoGo 과제와 사건관련전위에서 차이를 보일 것인가?

가설 1-1. ADHD 성향군이 정상통제군보다 Go 조건에서 더 빠른 반응 시간과 NoGo 조건에서 더 낮은 정확률을 보일 것이다.

가설 1-2. 사건관련전위에서 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 더 작은 N200과 P300 진폭을 보일 것이다.

연구 문제 2. 성인 ADHD 성향군과 정상통제군은 휴지기 뇌파의 세타파에서 차이를 보일 것인가?

가설 2-1. ADHD 성향군이 정상통제군보다 더 높은 세타파 활성화를 보일 것이다.

연구 문제 3. 성인 ADHD 성향군의 휴지기 뇌파의 세타파는 Go/NoGo 과제
의 반응시간과 정확률, 사건관련전위의 진폭과 어떠한 관련성을 보일 것인가?

가설 3-1. ADHD 성향군의 세타파는 Go/NoGo 과제의 빠른 반응시간과 낮
은 정확률, 사건관련전위의 작은 N200과 P300 진폭과 유의한 관련
성을 나타낼 것이다.

IV. 연구방법

1. 연구대상

수도권 소재 대학에 재학 중인 대학생을 대상으로 Adult ADHD Self-Report Scale(ASRS; Adler et al., 2003)과 Conners' Adult ADHD Rating Scales(CAARS, Conners et al., 1999)을 실시하였으며, 다음의 점수에 근거하여 성인 ADHD 성향군과 정상통제군으로 나누었다. ASRS의 경우 part A(ADHD 증상을 가장 잘 예측하는 6문항)에서 4점 이상, 총점이 24점 이상(Kessler et al., 2005)의 점수를 받고, CAARS의 경우 하위척도 중 하나인 ADHD지수의 T점수가 65점 이상일 때 ADHD 성향을 가지고 있다고 판단된다. CAARS를 개발한 Conners 등(1999)은 북미 지역의 성인들을 대상으로 한 기준을 바탕으로 ADHD 지수의 T점수가 65점 이상일 경우 성인 ADHD 환자일 가능성이 있는 것으로 해석할 수 있다고 제안하였다. 국내에서는 장문선과 곽호완(2007)등이 ADHD 지수의 T점수 65점을 성인 ADHD 성향군의 cut-off 점수로 사용하였다. 본 연구에서는 수도권 소재 대학생 450명의 설문 결과를 바탕으로 ADHD 지수의 T점수 65점이 상위 10%에 해당되는 것을 관찰하였고, 이에 따라 T점수 65점을 cut-off 점수로 사용하였다. ASRS와 CAARS 두 척도 중 한 가지 척도만 충족된 경우, 신경 질환을 가지고 있는 경우, 오른손잡이가 아닌 경우를 제외하고 실험참여에 동의한 19명(남 4명, 여 15명)이 성인 ADHD 성향군으로 선정되었으며, ASRS의 Part A가 3점 이하, 총점이 16점 이하의 점수를 받고, CAARS의 ADHD 지수의 T점수가 하위 10%에 해당되는 37점 이하를 받은 학생 16명(남 6명, 여 10명)이 정상통제군으로 선정되었다.

모든 연구 대상자들이 신체질환, 신경과 질환, 정신장애, 약물 및 알코올 중독의 병력을 가지고 있지 않았다는 것을 확인하기 위해 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP, First et al., 1996)을 실시하였으며, 연구 대상자들이 기타 인격 장애의 공병을 가지고 있지 않음을 확인하기 위해 DSM-IV 축 II 장애를 위한 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV personality: SCID-II, First et al., 1997) 또한 실시하였다. 또한 한국형 웨슬러 성인지능검사(K-WAIS, 염태호 등, 1992) 단축형(Silverstein, 1989)을 실시하여 지능지수를 추정하였다.

2. 평가도구

2.1 성인 ADHD 척도

1) Adult ADHD Self-Report Scale-v1.1 (ASRS-v1.1) Symptom Checklist

ASRS는 성인 ADHD를 평가하는 자기 보고형 도구로써 DSM-IV-TR의 18개 ADHD 진단척도를 0-4점의 평정척도로 평가하도록 이루어져 있으며, 총점은 0~72점이다(Adler et al., 2003). 이 중 ADHD 증상을 가장 잘 예측하는 6문항(part A)에서 4점 이상의 점수를 얻으면 성인 ADHD일 가능성이 매우 높다고 볼 수 있다(Kessler et al, 2005). 또한 총점이 17~23점 사이의 점수를 받은 경우 ADHD일 가능성이 있으며 24점 이상은 ADHD일 가능성이 매우 높은 것을 의미한다(Kessler et al., 2005). 본 연구에서는 Kim 등(2013)이 번안한 한국판을 사용하였다.

2) Conners' Adult ADHD Rating Scales(CAARS)

CAARS는 성인 ADHD도를 평가하는 자기 보고형 도구로써 총 66 문항으로 구성되어 있고 각 문항은 0-3점의 평정척도로 평정한다(Conners et al., 1999). 총점은 0~198점이며, 4개의 소척도(부주의-기억, 과잉행동-초조, 충동-정서적 불안정성, 자기개념), 1개의 ADHD 지수(임상집단과 정상인들을 가장 잘 변별해주는 것으로 나타났던 문항들) 그리고 DSM-IV 증상척도 2가지인 부주의 증상과 과잉활동 및 충동성 증상 등의 총 7개의 하위척도로 구성되어 있다(Conners et al., 1999). ADHD 지수의 T점수가 65점 이상일 경우 성인 ADHD환자일 가능성이 있는 것으로 해석할 수 있다(Conners et al., 1999). 본 연구에서는 김호영 등(2005)이 번안한 한국판을 사용하였다.

2.2 임상척도

1) 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, 연구대상자의 응답에 따라 다음 장애군으로 넘어가게 되는 진단결정 분기도(decision making tree)를 사용하는 도구이다. 각 문항 당 1 (없음 혹은 해당 안 됨), 2 (역치 미만), 3 (역치 또는 해당됨)으로 기록하게 된다. 본 연구에서는 한오수 등(2000)이 번안한 것을 사용하였다.

2) DSM-IV 축 II 장애를 위한 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV personality: SCID-II)

SCID-II는 DSM-IV 진단 기준에 근거한 축 II장애를 진단하기 위한 반구조화된 면담도구이다(First et al., 1997). 각 인격장애의 증상의 존재 여부를 검사자가 질문하고 연구대상자의 응답에 따라 다음 장애군으로 넘어간다. 각 문항 당 1 (없음 혹은 해당 안 됨), 2 (역치 미만), 3 (역치 또는 해당됨)으로 기록하게 된다. 본 연구에서는 김철권(2005)이 번안한 것을 사용하였다.

2.3 지능 검사

1) 한국형 웨슬러 성인지능검사(K-WAIS) 단축형

K-WAIS(염태호 등, 1992)의 소검사들 중 차례맞추기, 어휘, 토막 짜기, 산수를 포함하는 단축형 지능검사를 실시하여 지능지수를 추정하였다(Silverstein, 1989).

3. 실험절차

3.1 Go/NoGo 과제

반응 억제 측정에는 Go/NoGo 과제를 사용하였다. 실험 자극은 두 가지 조건 즉, Go 조건과 NoGo 조건으로 구성되고, Go 자극에는 버튼을 눌러 반응하고 NoGo 자극에는 반응을 억제하는 것이 요구되었다. Go 조건과 NoGo 조건의 비율을 Go 조건 80%, NoGo 조건 20%로 하여 각각 300시행, 즉 총

600시행을 두 블록으로 나누어 실시하였으며, 각 조건들은 한 블록 내에서 무작위로 제시되었다. 연구대상자에게는 빨강색 ‘O’와 파랑색 ‘X’가 Go 자극이고 파랑색 ‘O’와 빨강색 ‘X’가 NoGo 자극으로 제시하였다(이지현, 2011). 또한 제시되는 자극이 Go 자극일 경우 버튼을 눌러 반응하고, NoGo 자극일 경우 버튼을 누르는 반응을 억제하도록 지시하였다.

Go/NoGo 과제의 자극은 E-Prime version 1.2 (Psychology software Tools)을 사용하여 검은 바탕으로 된 컴퓨터 화면 중앙에 무작위로 제시되었다. 연구대상자에게는 화면에 제시되는 지시문에 따라 각 해당 버튼을 눌러 반응하는 것이 요구되었다. 모든 자극은 검은 배경에 빨강색 혹은 파랑색 철자(알파벳 대문자 O와 X)로 컴퓨터 화면의 중앙에 150ms 동안 제시되었으며 자극 제시 전 고정점으로 십자표시(“+”)가 1000ms 동안 나타났고, 자극 제시 후 검은 화면(blank)이 650ms 동안 제시되었다. 본 실험에 앞서 실험 절차의 이해를 돕는 연습 시행이 총 20시행으로 두 블록으로 나누어 실시하였다.



그림 1. Go/NoGo 과제의 두 조건

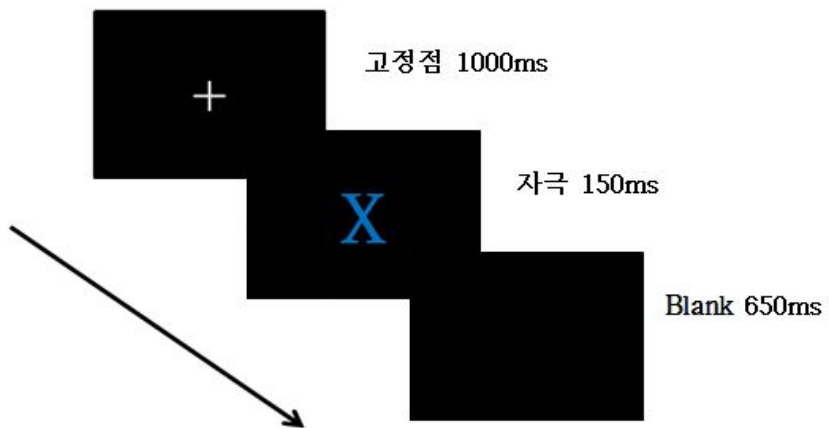


그림 2. Go/NoGo 과제의 자극 제시 순서

3.2 사건관련전위의 측정

뇌파는 64채널의 Geodesic Sensor Net(Net Amp 300: Electrical Geodesics, Eugene, OR)를 사용하여 절연과 방음 시설이 갖추어진 실험실에서 측정되었다. 뇌파 측정 시 기준위치(reference)는 Cz이었으며, 각 채널의 impedance는 50k Ω 이하를 유지하였다(Tucker,1993). 뇌파는 0~100Hz bandpass로 연속 측정하였으며, 표본율(sampling rate)은 500Hz이었다. 실험 종료 후 연속적으로 측정된 뇌파를 1200ms(자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 1000ms까지)의 epoch으로 구분하였다. 눈 깜박임 및 몸 움직임 등의 artifact를 제거하기 위하여 이를 탐지할 수 있는 전극(eye channels: 1번, 5번, 10번, 17번)들에서 측정된 뇌파가 $\pm 100\mu V$ 를 넘을 경우, 그 시행을 최종 분석에 포함하지 않고 제거하였다. 뇌파는 Go 조건과 NoGo 조건에 따라 분리, 평균하였으며 평균화한 사건관련전위를 0.3~30Hz의 bandpass로 digital filtering하였다. 이후 전체 전극에서 얻은 값을 평균화한 값인 average reference로 변환하였다.

3.3 휴지기 뇌파의 측정

휴지기 뇌파는 64채널의 Geodesic Sensor Net를 사용하여 절연과 방음 시설이 갖추어진 실험실에서 측정되었다. 뇌파는 눈을 뜬 상태에서 2분 동안 기록하며, 기준위치(reference)는 Cz이었으며, 0~100Hz bandpass로 연속 측정하였고, 표본율은 500Hz이었다.

4. 자료분석

4.1 인구통계학적 특성

성인 ADHD 성향군과 정상통제군의 인구통계학적 변인 및 ASRS-v1.1, CAARS-K는 독립표본 t 검정(independent sample *t*-test)을 사용하여 분석하였다.

4.2 행동자료

성인 ADHD 성향군과 정상통제군의 Go/NoGo 과제의 분석에 정반응만이 포함되었다. Go 조건의 반응 시간은 one-way ANOVA로 분석하였고, 반응 정확률의 분석에는 혼합설계 변량분석(ANOVA mixed design)으로 분석하였다. 자극 조건(Go조건과 NoGo조건)을 피험자 내 요인(within-subject factor)으로, 집단(성인 ADHD 성향군과 정상통제군)을 피험자 간 요인(between-subject factor)으로 하였다.

4.3 사건관련전위

사건관련전위의 분석에는 정반응만이 포함되었으며 각 연구대상자들의 Go 조건과 NoGo조건의 전체 평균 사건관련전위(grand-averaged ERPs)에 근거하여 분석할 사건관련전위 요소와 시간 영역(time window)을 설정하였다.

N200 진폭을 자극 제시 후 200-300ms의 시간 영역에서의 평균 진폭(mean amplitude) 값으로 정의하였으며, 평균 진폭값을 혼합설계 변량분석

으로 분석하였다. 조건(Go 조건과 NoGo 조건)과 전극 위치(F3, Fz, F4, FCz, C3, Cz, C4)를 피험자 내 요인으로, 집단(성인 ADHD 성향군과 정상 통제군)을 피험자간 요인으로 하였다.

P300 진폭을 자극 제시 후 400-600ms의 시간 영역에서의 평균 진폭값으로 정의하였으며, 평균 진폭값을 혼합설계 변량분석으로 분석하였다. 조건(Go 조건과 NoGo 조건)과 전극 위치(F3, Fz, F4, FCz, C3, Cz, C4)를 피험자 내 요인으로, 집단(성인 ADHD 성향군과 정상통제군)을 피험자간 요인으로 하였다.

NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이(difference wave, 이하 NoGo-Go 차이파)는 반응 억제 처리의 지표로 널리 사용되고 있다(Yu et al., 2009). NoGo-Go 차이파에서 N200은 자극 제시 후 200-300ms에서 관찰된 가장 큰 부적 정점(negative peak)으로, P300은 자극 제시 후 400-600ms에서 관찰된 가장 큰 정적 정점(positive peak)으로 정의하였다. NoGo-Go 차이파의 진폭과 잠재기를 혼합설계 변량분석으로 분석하였다. 전극위치(Fz, FCz, Cz)를 피험자내 요인으로, 집단(성인 ADHD 성향군과 정상통제군)을 피험자간 요인으로 하였다.

각각의 측정치들 간의 분산차로 인하여 구형성 가정이 위배될 경우 Greenhouse-Geisser correction을 적용하였다. 분석에 포함된 채널이 그림 3에 노란색으로 표시되어 있다.

4.4 휴지기 뇌파

휴지기 뇌파 분석은 MATLAB에서 푸리에 변환(Fast Fourier Transformation)을 통해 디지털화하고 파워 스펙트럼(power spectrum) 값을 분석하였고, 독립표본 t 검정을 사용하여 집단 간 비교를 하였다.

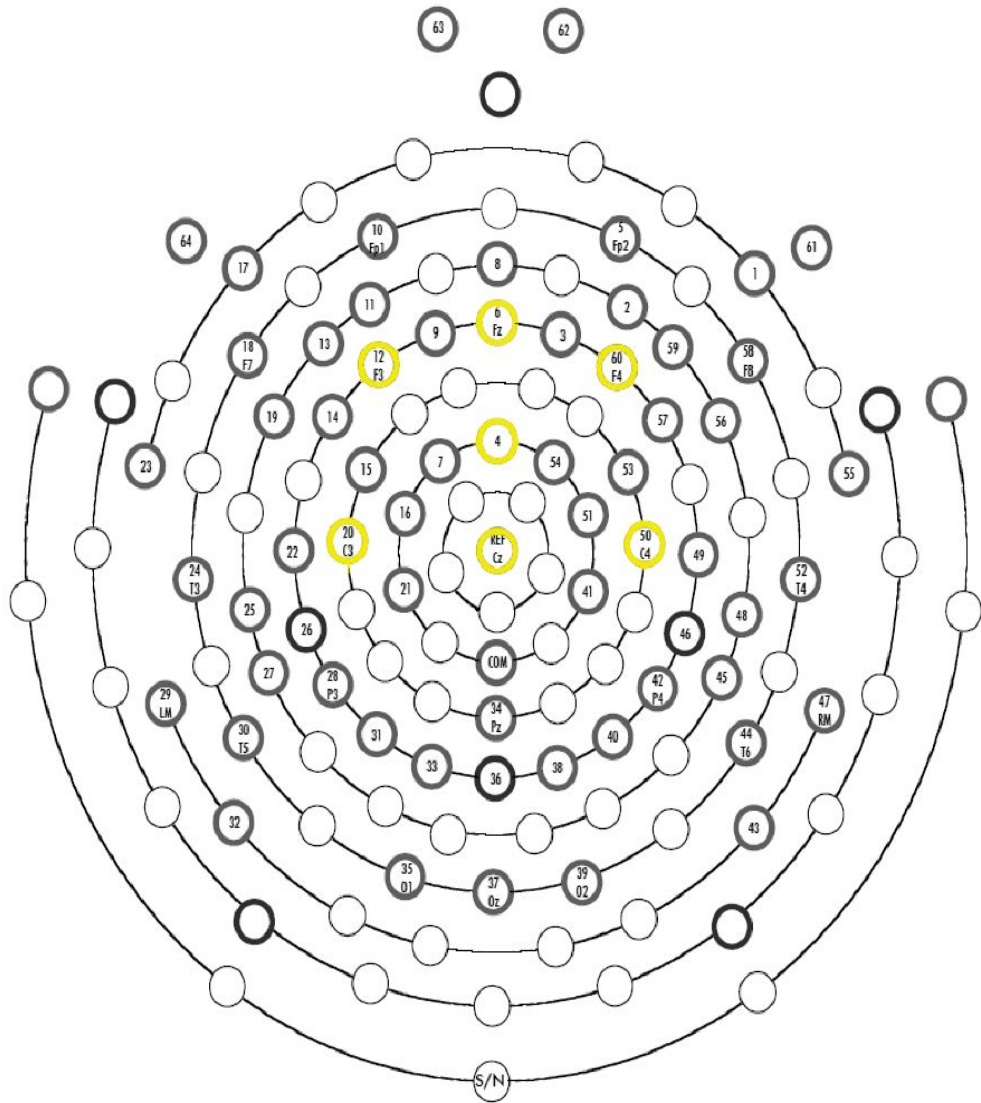


그림 3. 분석에 포함된 채널(노란 원)

V. 연구 결과

1. 인구통계학적 특성

정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 인구통계학적 특성을 분석한 결과가 표 1에 기술되어있다. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군은 연령, $t(33)=-.97$, *ns*, 교육연한, $t(33)=-1.05$, *ns*, 및 지능, $t(33)=.30$, *ns*, 에서 유의한 차이가 없었다. 반면 성인 ADHD 척도에서는 집단 간 유의한 차이가 나타났는데, 즉 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 더 높은 ASRS의 총점, $t(33)=-18.16$, $p<.001$, 과 CAARS의 ADHD 지수, $t(33)=-26.10$, $p<.001$, 를 보였다.

표 1. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 인구통계학적 특성

	정상통제군	성인 ADHD 성향군	<i>t</i>
	(<i>n</i> =16)	(<i>n</i> =19)	
	평균(표준편차)	평균(표준편차)	
연령(년)	21.00(2.56)	21.74(1.91)	-.97
교육연한(년)	14.44(1.21)	14.84(1.84)	-1.05
지능지수	112.25(7.97)	111.32(10.30)	.30
ASRS 총점	10.75(4.31)	43.95(6.30)	-18.16***
CAARS ADHD 지수	4.31(1.30)	24.21(2.80)	-26.10***

*** $p<.001$

2. 행동 자료 분석

정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 평균 반응 시간과 반응 정확률이 표 2에 제시되어 있다. 반응 시간의 경우, 성인 ADHD 성향군과 정상통제군 사이에 유의한 차이가 관찰되지 않았다, $F(1,33)=.03$, *ns*. 반응 정확률의 경우, 자극 조건과 집단 간 상호작용 효과가 관찰되지 않았다, $F(1,33)=.15$, *ns*. 자극 조건에서 유의한 주효과가 관찰되었는데, $F(1,33)=8.10$ $p<.01$, 즉, NoGo 자극에 대한 반응 정확률이 Go 자극에 대한 반응 정확률보다 유의하게 낮았다. 또한 두 집단의 반응 정확률에서 유의한 주효과가 관찰되었다, $F(1,33)=5.47$, $p<.05$. 즉 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 낮은 반응정확률을 보였다.

표 2. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go/NoGo 과제에서 보인 평균 반응시간과 정확률

	정상통제군 (n=16)		성인 ADHD 성향군 (n=19)	
	Go 조건	NoGo 조건	Go 조건	NoGo 조건
반응시간 (ms)	444.74 (51.64)		441.79 (57.51)	
정확률 (%)	95.31 (3.03)	87.44 (9.53)	89.63 (6.83)	81.16 (16.87)

() 표준편차

표 3. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go/NoGo 과제에서 보인 반응 정확률의 변량분석

변산원	SS	df	MS	F
집단간				
집단	621.26	1	621.26	5.47*
오차	3748.079	33	113.578	
집단내				
조건	1160.76	1	1160.76	10.32**
조건 × 집단	1.56	1	1.56	.01
오차(조건)	3710.24	33	112.43	

* $p < .05$, ** $p < .01$

3. 사건관련전위 분석

그림 4는 정상통제군과 성인 ADHD 성향군에서 관찰된 Go 자극과 NoGo 조건의 사건관련전위를 Fz, FCz와 Cz에서 전체 평균(grand averaged ERPs)한 것이다. 그림 5는 정상통제군과 성인 ADHD 성향군에서 관찰된 NoGo-Go 차이파를 Fz, FCz와 Cz에서 전체 평균 한 것이다. 그림 6는 전체 전극부위 (64채널)에서의 N200과 P300 진폭 분포(topographical distribution)를 보여준다.

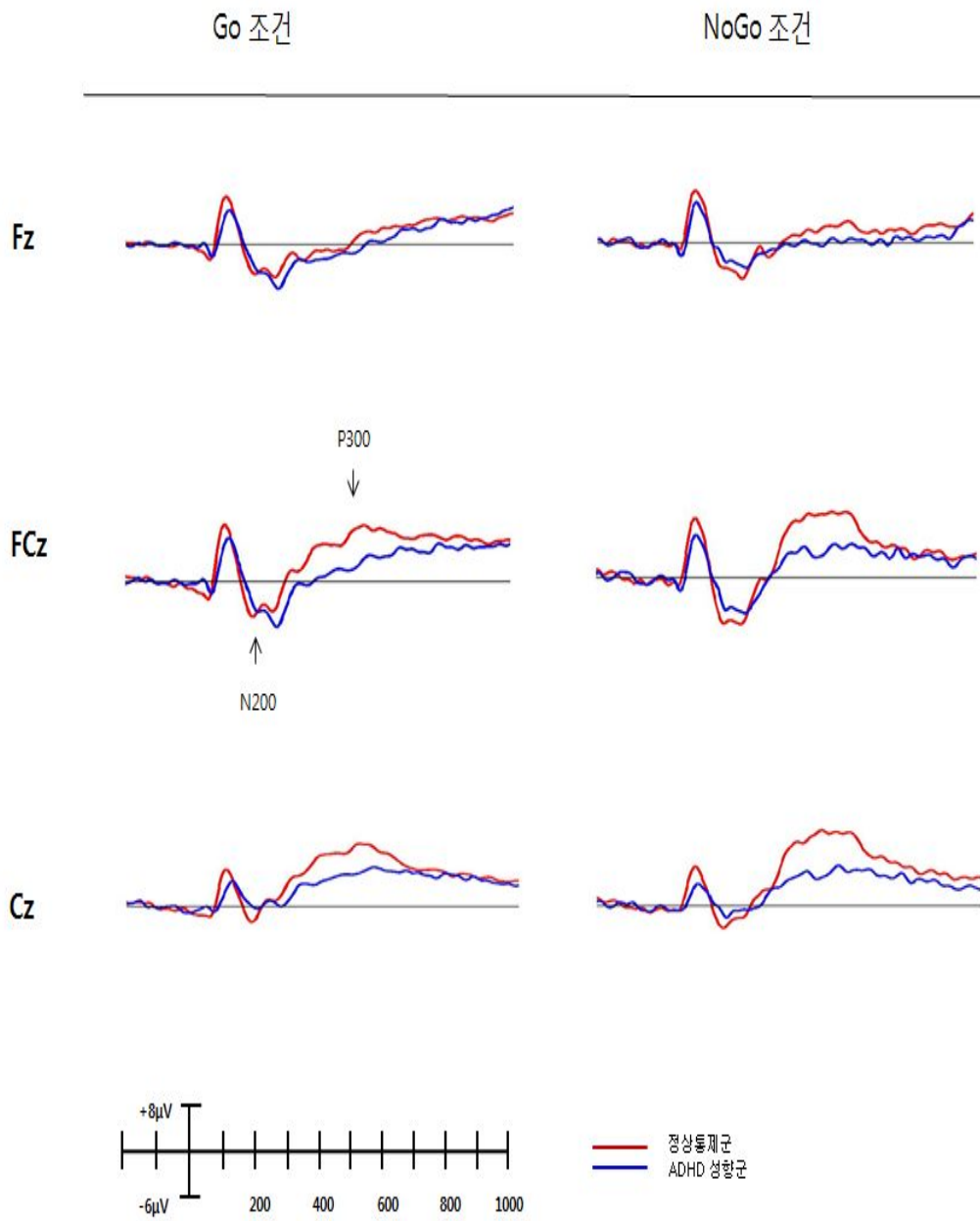


그림 4. Go/NoGo 과제의 전체 평균 사건관련전위

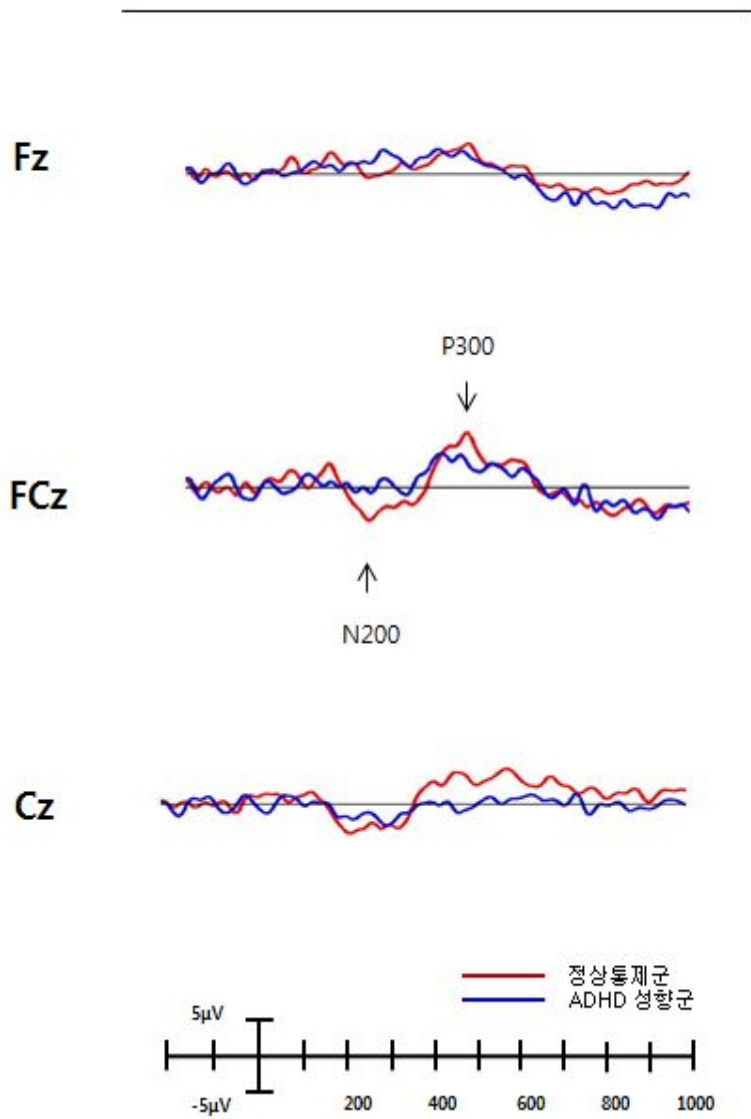


그림 5. NoGo조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이 (difference wave)

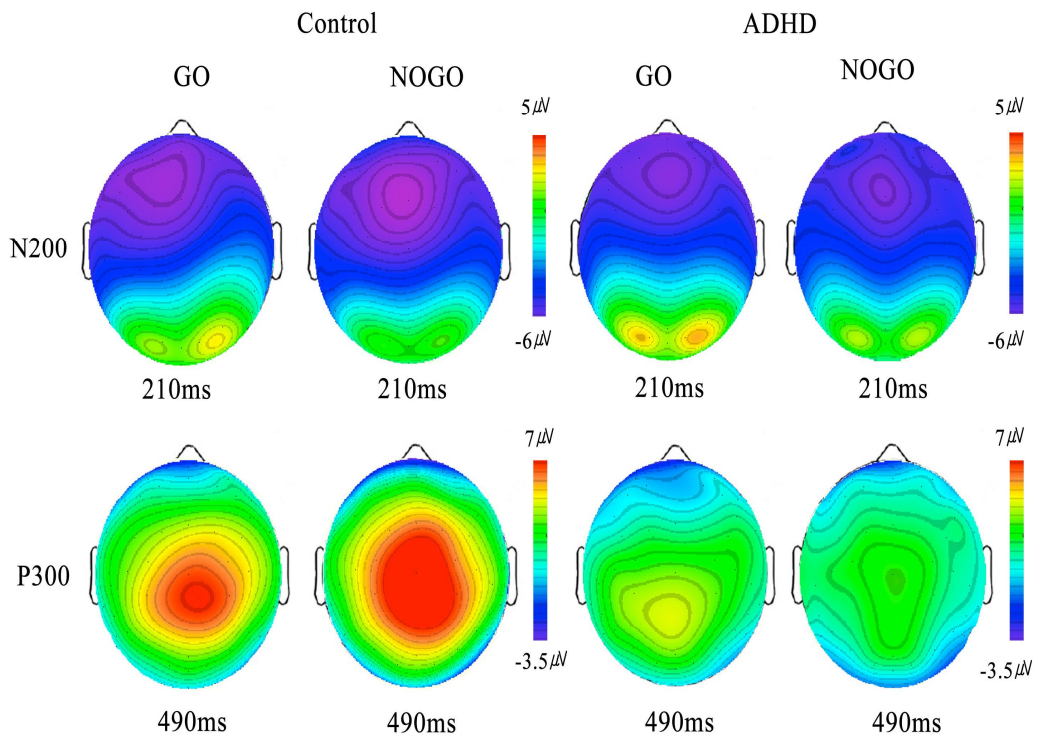


그림 6. Go/NoGo 과제에서 가장 큰 진폭의 N200과 P300이 관찰된 시간대의 전체 채널에서의 진폭 분포

3.1 N200

N200 진폭의 통계적 분석 결과, 자극 조건과 집단 간의 상호작용 효과, $F(1,33)=.49$, *ns*, 가 유의하지 않았으며, 자극 조건, $F(1,33)=3.10$, *ns*, 과 집단, $F(1,33)=.92$, *ns*, 에서 주효과도 유의하지 않았다. 전극 부위 $F(6,33)=4.70$, $p<.01$, 에서 주효과가 관찰되었다. 즉 FCz에서 가장 큰 진폭 ($-1.62\mu V$)이 관찰된 반면, C4에서 가장 작은 진폭($.39\mu V$)이 관찰되었다. 각 전극 부위에서 관찰된 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 N200 평균 진폭이 표 4에 제시되어 있다.

N200 NoGo-Go 차이파의 진폭을 분석한 결과, 전극 부위와 집단의 상호작용 효과가 유의하지 않았다, $F(2,33)=1.19$, *ns*. 전극 부위, $F(2,33)=9.93$, $p<.001$, 와 집단, $F(1,33)=8.43$, $p<.01$, 에서 주효과가 관찰되었다. 즉 전극 부위의 경우 Cz에서 가장 큰 진폭($-1.62\mu V$)이 관찰된 반면, Fz에서 가장 작은 진폭($-0.26\mu V$)이 관찰되었다. 집단의 경우 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 작은 N200 NoGo-Go 차이파를 보였다, $F(1,33)=8.45$, $p<.01$. 즉 ADHD 성향군의 경우 N200 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이가 정상통제군에 비해 유의하게 작았다.

N200 NoGo-Go 차이파의 잠재기는 전극 부위와 집단의 상호작용 효과, $F(2,33)=0.37$, *ns*, 가 유의하지 않았으며, 집단, $F(1,33)=0.06$, *ns*, 의 주효과도 관찰되지 않았다. 전극 부위의 주효과는 관찰되었다, $F(2,33)=4.10$, $p<.05$. 즉 Cz에서 가장 빠른 잠재기가 관찰된 반면, Fz에서 가장 느린 잠재기가 관찰되었다. 각 전극 부위에서 관찰된 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 N200 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이의 진폭 및 잠재기가 각각 표 5와 표 6에 제시되어 있다.

3.2 P300

P300 진폭의 경우, 자극 조건과 집단 간의 상호작용 효과가 유의하지 않았으나, $F(1,33)=3.26$, ns , 자극 조건, $F(1,33)=4.40$, $p<.05$, 과 전극 부위 $F(6,33)=31.33$, $p<.001$, 에서 유의한 차이가 관찰되었다. 즉 자극 조건의 경우 Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 P300의 진폭이 유의하게 크게 나타났다. 전극부위의 경우 Cz에서 가장 큰 진폭 ($3.61\mu V$)이 관찰된 반면, Fz에서 가장 작은 진폭 ($-0.39\mu V$)이 관찰되었다. 이에 덧붙여서 두 집단이 P300 진폭에서 유의한 차이를 보였는데, $F(1,33)=6.34$, $p<.05$, 즉 ADHD 성향군에 비해 정상통제군이 유의하게 큰 진폭을 보였다. 각 전극 부위에서 관찰된 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 P300 평균 진폭이 표 7에 제시되어 있다.

P300 NoGo-Go 차이파의 진폭을 분석한 결과, 전극 부위와 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않았으나, $F(2,33)=3.02$, ns . 집단에서 주효과가 관찰되었는데, $F(1,33)=4.84$, $p<.05$, 즉 P300 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이가 정상통제군에 비해 ADHD 성향군에서 유의하게 작았다. 전극 부위의 유의한 차이는 관찰되지 않았으나, $F(2,33)=1.43$, ns .

P300 NoGo-Go 차이파의 잠재기는 전극 부위와 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않았으며, $F(2,33)=3.51$, ns , 전극 부위, $F(2,33)=0.50$, ns , 와 집단, $F(1,33)=1.31$, ns , 에서 주효과도 유의하지 않았다. 각 전극 부위에서 관찰된 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 P300 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이의 평균 진폭 및 잠재기가 각각 표 8와 표 9에 제시되어 있다.

4. 휴지기 뇌파 분석

휴지기 뇌파 분석 결과, 정상통제군과 ADHD 성향군은 세타파에서 유의미한 차이가 관찰되지 않았다, $t(29)=.18$, *ns*.

표 4. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건에서 보인 평균 N200 진폭(μV)

채널	정상통제군(n=16)		성인 ADHD 성향군(n=19)	
	Go 조건	NoGo 조건	Go 조건	NoGo 조건
F3 (12)	-1.37 (1.36)	-.99 (1.60)	-.48 (1.65)	-.27 (2.09)
Fz (6)	-1.55 (1.40)	-1.37 (1.45)	-.73 (2.07)	-.75 (2.42)
F4 (60)	-.55 (1.25)	-.75 (1.32)	-.43 (1.70)	-.39 (1.96)
FCz (4)	-1.36 (1.83)	-2.27 (1.38)	-.74 (2.40)	-1.07 (2.83)
C3(20)	-1.13 (1.27)	-1.06 (1.52)	.25 (1.56)	.16 (2.15)
Cz (65)	-.55 (2.35)	-1.72 (1.77)	.00 (2.08)	-.41 (2.41)
C4 (50)	.44 (2.21)	.06 (1.88)	.36 (1.30)	.08 (1.54)

() 표준편차

표 5. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 N200 진폭(μV)

채널	정상통제군(n=16)	성인 ADHD 성향군(n=19)
Fz (6)	-0.86 (1.01)	0.25 (1.97)
FCz (4)	-1.95 (1.37)	-0.48 (1.69)
Cz (65)	-1.81 (0.93)	-1.20 (1.23)

() 표준편차

표 6. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 N200 잠재기(ms)

채널	정상통제군(n=16)	성인 ADHD 성향군(n=19)
Fz (6)	246.69 (33.97)	255.21 (33.81)
FCz (4)	236.25 (23.21)	233.58 (35.34)
Cz (65)	233.50 (39.44)	233.68 (36.43)

() 표준편차

표 7. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건에서 보인 평균 P300 진폭 (μV)

채널	정상통제군(n=16)		성인 ADHD 성향군(n=19)	
	Go 조건	NoGo 조건	Go 조건	NoGo 조건
F3 (12)	.33 (1.41)	1.20 (1.73)	-.26 (1.78)	.24 (2.09)
Fz (6)	-.21 (1.96)	2.34 (2.40)	-.54 (2.30)	.13 (2.14)
F4 (60)	1.20 (2.06)	.69 (2.75)	.15 (1.88)	.00 (2.48)
FCz (4)	2.22 (1.69)	3.95 (2.72)	.45 (2.39)	1.28 (3.36)
C3(20)	2.22 (.87)	2.51 (2.17)	1.85 (1.51)	1.49 (2.40)
Cz (65)	3.36 (2.12)	5.38 (2.85)	2.23 (2.10)	2.11 (3.19)
C4 (50)	3.09 (1.15)	2.80 (2.15)	1.69 (1.42)	.84 (2.09)

() 표준편차

표 8. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 P300 진폭 (μV)

채널	정상통제군(n=16)	성인 ADHD 성향군(n=19)
Fz (6)	1.70 (3.10)	1.00 (0.89)
FCz (4)	2.85 (2.84)	1.23 (3.36)
Cz (65)	3.15 (2.45)	0.43 (2.61)

() 표준편차

표 9. 정상통제군과 성인 ADHD 성향군이 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 평균 P300 잠재기 (ms)

채널	정상통제군(n=16)	성인 ADHD 성향군(n=19)
Fz (6)	455.25 (55.17)	465.68 (37.50)
FCz (4)	461.75 (46.76)	462.21 (47.86)
Cz (65)	493.25 (56.42)	448.32 (43.38)

() 표준편차

VI. 논의 및 제한점

1. 논의

본 연구는 ADHD 성향을 가진 대학생을 대상으로 사건관련전위와 Go/NoGo 과제를 사용하여 ADHD 성향군이 반응 억제의 결함을 가지고 있는가를 알아보려고 하였다.

행동 분석 결과, Go/NoGo 과제의 반응 시간에서 성인 ADHD 성향군과 정상통제군이 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 ADHD 환자군이 정상통제군에 비해 더 빠른 반응 시간을 나타낸다는 선행연구 결과와 일치하지 않는다. 예를 들어 Liotti 등(2010)과 Smith 등(2004)은 정상통제군에 비해 ADHD 환자군이 더 빠른 반응 시간을 보임을 관찰하였으며, 이는 ADHD 환자군이 억제 능력의 어려움을 가지고 있다는 것을 시사한다고 하였다. 반면 Dillo 등(2010)은 정상통제군과 성인 ADHD 환자군이 반응 시간에서 유의한 차이를 보이지 않음을 관찰하였으며, 이는 성인 ADHD 환자군이 주의력 결핍과 같은 임상적 증상에도 불구하고 짧은 시간동안 집중 할 수 있는 능력을 가지고 있음을 시사한다고 설명하였다. 반응 정확률의 경우, 두 집단 모두 Go 조건보다 NoGo 조건에서 더 낮은 정확률을 보였으며, 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건 모두 유의하게 더 낮은 정확률을 보였다. 본 연구 결과는 Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 유의하게 더 낮은 정확률이 관찰된다는 선행연구 결과와 일치하며(Amodio et al., 2008), 정상통제군에 비해 ADHD 환자군이 NoGo 조건에서 더 많은 오류율을 보인다는 선행연구 결과와도 일치한다(Woltering et al., 2013). Go 조건에 비해

NoGo 조건에서 오류 탐지나 반응 억제 등의 인지적 정보 처리가 더 요구되기 때문에 정상인에게서도 NoGo 조건에서 더 많은 오류가 관찰된다고 알려져 있다(Fallkenstei et al., 1991). 또한 Woltering 등(2013)은 ADHD 환자군이 정상통제군에 비해 NoGo 조건에서 더 낮은 정확률을 보임을 관찰하였으며, 이는 ADHD 환자군이 반응 억제에 어려움을 가지고 있는 것을 시사한다고 하였다. 본 연구에서는 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군이 Go 조건에서도 유의하게 낮은 정확률이 관찰되었다. Fisher 등(2011)의 연구에서 정상통제군에 비해 성인 ADHD 환자군이 Go 조건에서도 더 낮은 정확률을 보임을 관찰하였으며 이는 ADHD 환자군이 과제의 요구에 적절하게 반응을 하는데 어려움을 가지고 있다고 설명하였다. 이러한 연구 결과들을 종합해보았을 때, 성인 ADHD 성향군과 정상통제군이 Go 조건의 반응시간에서 차이를 보이지 않은 것은 본 연구에 참여한 ADHD 성향군이 경미한 ADHD 증상을 가지고 있지만 정상통제군과 비슷한 수준으로 과제에 집중할 수 있는 것으로 여겨진다. 하지만 반응 정확률에서 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 두 조건 모두 더 낮은 정확률을 나타낸 것은 ADHD 성향군이 반응억제 결함 뿐만 아니라 과제의 요구에 적절하게 반응을 하는데 어려움을 겪고 있는 것으로 추측할 수 있다.

사건관련전위 분석 결과, N200의 경우 자극 조건이나 집단 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. N200은 부적절한 행동의 억제, 반응 갈등의 탐지와 반응 결정을 모니터링하는 능력 및 행동 억제 기제의 효율성을 반영한다(Donkers & Van Boxtel, 2004; Ruchow et al., 2008; Yeung et al., 2004). 본 연구 결과는 ADHD 환자군이 정상 통제군에 비해 유의하게 감소된 N200 진폭을 보인 선행 연구 결과와는 일치하지 않았다. 예를 들어 Dimoska 등(2003)이 아동 ADHD 환자를 대상으로 반응 억제 결함을 알아보기 위해 stop signal 과제를 사용한 사건관련전위 연구에서 정상통제군에 비해 ADHD 집단이 감소

된 N200 진폭을 보임이 관찰되었으며, 이는 ADHD 집단이 반응을 억제하는 조건에서 충분한 주의를 두지 않은 것을 시사한다고 제안하였다. 또한 Woltering 등(2013)은 ADHD로 진단받은 대학생을 대상으로 Go/NoGo 과제를 실시한 사건관련전위 연구에서 ADHD 환자군이 정상통제군보다 유의하게 감소된 N200 진폭을 보임을 보고하였다. 그러나 이와 달리 Fallgatter 등(2004)과 Spronk 등(2008)은 아동 ADHD를 대상으로 Go/NoGo 과제를 사용한 사건관련전위 연구에서 두 집단 간 유의한 N200 진폭의 차이가 없음을 관찰하였다. 이는 ADHD군과 정상통제군이 비슷한 수준으로 인지적 억제를 처리 하고 있음을 시사한다고 하였다. 또한 Smith 등(2004)과 Prox 등(2007)은 ADHD의 경우 정상통제군보다 반응을 억제하기 위하여 더 많은 인지적 노력이 필요하기 때문에 N200 진폭이 정상통제군과 비슷하거나 오히려 더 증가된다고 주장하였다. 따라서 정상 통제군과 성인 ADHD 성향군 간의 유의한 N200 진폭의 차이가 관찰되지 않은 본 연구 결과는 경미한 ADHD 증상을 가진 대학생들이 과제에 주의를 두고, 반응 갈등 탐지 능력을 유지하기 위해 많은 인지적 노력을 기울였을 가능성을 시사한다.

그러나 N200 NoGo-Go 차이파의 경우 정상 통제군과 성인 ADHD 성향군 간의 유의한 차이가 관찰되었다. 즉 정상통제군에 비해 ADHD 성향군은 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 N200 진폭이 정상통제군에 비해 유의하게 작았다. Paul 등(2007)은 ADHD 아동의 NoGo 조건의 반응정확률과 NoGo-Go 차이파의 상관을 관찰한 결과, ADHD 아동이 NoGo 조건에서 반응을 잘 억제했을 경우, NoGo-Go 차이파의 진폭이 더 커진다고 설명하였다. 또한 ADHD 아동이 정상통제군에 비해 NoGo-Go 차이파의 진폭이 유의하게 더 작은 것을 관찰하였다. 갈등 정보처리에 관여하는 전대상피질(Botvinick et al., 2004)은 중뇌 도파민계(mesencephalic dopamine system)에 의해 영향을 받으며(Holroyd & Coles, 2002),

ADHD는 이 중뇌 도파민계의 변화가 나타난다고 알려져 있다(Krause et al., 2003). 따라서 전대상피질의 기능의 이상은 ADHD 아동에게 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 이유로 ADHD 집단이 NoGo-Go 차이파가 더 작게 나타난다고 설명하였다. 본 연구에서 ADHD 성향군이 NoGo 조건에서 Go 조건을 뺀 사건관련전위 차이에서 보인 N200의 진폭이 정상통제군보다 유의하게 작은 것은 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 갈등을 처리하는 능력이 저하되어 있음을 시사한다.

P300의 경우, 자극 조건과 집단의 유의한 차이가 관찰되었으며, P300 NoGo-Go 차이파에서도 두 집단 간 유의한 차이가 관찰되었다. 즉 두 집단 모두 Go 조건에 비해 NoGo 조건에서 유의하게 큰 P300 진폭을 보였고, 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 P300 진폭을 나타내었다. P300은 반응 억제 및 적절한 행동 계획의 평가 과정을 반영한다고 알려져 있다(Dimoska et al., 2006; Jonkman, 2006). 본 연구 결과는 ADHD 환자군을 대상으로 한 선행 연구 결과와 일치한다. 예를 들어 Helenius 등(2011)과 Woltering 등(2013)은 성인 ADHD 환자군을 대상으로 Go/NoGo 과제를 사용한 사건관련전위 연구에서, ADHD 집단이 정상통제군보다 더 낮은 P300 진폭을 보임을 관찰하였으며, 이는 ADHD 환자군이 반응 억제와 행동 계획의 평가과정에 결함이 있음을 시사한다고 하였다.

Go/NoGo 과제에서 관찰되는 P300의 근원지로는 배외측 전전두피질, 복외측 전전두피질, 운동 기능과 관련된 전전두영역, 특히 좌측 안와전두피질이 보고되고 있다(Bokura et al., 2001; Ford et al., 2004; Huster et al., 2010; Kaladjian et al., 2007). 정상통제군의 경우, NoGo 조건에서 전전두영역의 활성화가 유의하게 증가하는 반면, ADHD 환자군은 전전두피질과 선조 영역의 활성화 감소가 관찰되었다(Cubillo et al., 2010; Liddle et al., 2001; Sowell et al., 2003). 따라서 본 연구에서 성인 ADHD 성향군이 정

상통제군에 비해 더 작은 P300 진폭을 보인 결과는 ADHD 환자군에서 관찰되는 전전두피질과 선조 영역의 뇌구조 혹은 기능적 이상으로 인하여 반응을 계획하여 억제하는 능력의 어려움을 가지고 있다는 선행연구 결과를 지지한다 (Meier et al., 2012; Fisher et al., 2011).

휴지기 뇌파의 분석 결과, 정상통제군과 성인 ADHD 성향군의 휴지기 뇌파의 세타파의 차이가 관찰되지 않았다. ADHD 환자에게서 나타나는 과도한 세타파는 적절한 각성수준을 유지하지 못하게 하여 ADHD의 특성인 주의력 결핍 및 충동성에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Vernon et al., 2003). 본 연구 결과는 ADHD 환자를 대상으로 한 선행 연구 결과와 일치하지 않았다. 예를 들어 Bresnahan 등(2005)은 ADHD 환자군을 대상으로 휴지기 뇌파의 세타파를 관찰한 결과, 정상통제군에 비해 ADHD 환자군에서 더 높은 세타파를 관찰하였으며 세타파의 과활성화가 ADHD 환자군에서 관찰되는 주의력 문제와 충동적 행동을 야기할 수 있다고 보고하였다. 또한 Bresnahan과 Barry(2002)는 ADHD로 진단받은 환자, ADHD의 성향군과 정상통제군의 세타파를 비교한 결과, 성인 ADHD 환자군이 ADHD 성향군과 정상통제군에 비해 더 높은 세타파가 관찰되었다. 정상인의 경우 연령이 증가하면서 세타파의 감소를 나타내는 반면, ADHD의 경우 연령의 증가에도 불구하고 높은 세타파가 관찰되었다. 이는 발달적 지연(developmental delay)의 증거로써 해석할 수 있으며, ADHD 환자군은 ADHD 성향군과 정상통제군의 휴지기 뇌파와 구별된다고 설명하였다. 반면 Van Dongen-Boomsma 등(2010)의 연구에서는 성인 ADHD 환자군과 정상통제군 간의 유의한 세타파의 차이를 관찰하지 못하였으며, 이는 연구대상자들의 세타파에서 큰 변산성이 있었기 때문이라고 설명하였다. 따라서 본 연구에서 성인 ADHD 성향군이 정상통제군보다 유의하게 높은 세타파를 보이지 않은 것은 본 연구에 참여한 성인 ADHD 성향군이 ADHD 환자군에 비해 증상이 심각하지 않으며, 고기능을 하고 있는

대학생 집단이기 때문에 ADHD환자군에서 보여지는 비정상적으로 높은 세타파가 나타나지 않은 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 두 집단 간 세타파의 차이가 나타나지 않았기 때문에 세타파와 Go/NoGo 과제와 관련성을 관찰하지 못하였다.

본 연구의 결과를 종합하면, 성인 ADHD 성향군과 정상통제군이 Go/NoGo 과제의 반응 정확률에서 유의한 차이를 보였다. 즉 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군이 Go 조건과 NoGo 조건 모두 더 낮은 정확률이 관찰되었다. 사건관련전위의 경우 정상통제군에 비해 성인 ADHD 성향군에서 유의하게 감소된 N200 NoGo-Go 차이파가 관찰되었으며, P300과 P300 NoGo-Go 차이파에서도 성인 ADHD 성향군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 진폭이 관찰되었다. 본 연구의 결과는 성인 ADHD 성향군이 반응 억제 결함을 가지고 있다는 것을 의미하며, 이러한 반응 억제 결함이 성인 ADHD의 특성 지표일 가능성을 시사한다.

2. 제한점 및 후속연구를 위한 제안

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구 참여 대상자의 수가 적어 연구 결과를 일반화 시키는데 제한이 있다. 둘째, 본 연구에 참여한 연구대상자의 수가 적은 관계로 ADHD 성향군을 하위유형(혼합형, 부주의 우세형, 과잉행동/충동성 우세형)과 성별에 따라 구분하지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 보다 많은 연구참여자를 대상으로 ADHD 하위유형 및 성별 특성을 연구해볼 필요성이 있다. 셋째, 본 연구에서는 휴지기 뇌파를 눈을 뜬 상태에서 2분간만 기록하였으며, 세타파만 분석하였다. 추후 연구에서는 눈을 감은 상태와 눈을 뜬 상태 모두를 기록하고, 다양한 주파수 영역을 분석한다면

성인 ADHD 환자군의 휴지기 뇌파를 이해하는데 도움이 될 것이다. 넷째, 본 연구에서 사용된 사건관련전위는 시간해상도는 높은 반면 공간해상도는 비교적 낮다는 단점을 가지고 있으므로, 뇌파의 근원지를 명확하게 밝히기에는 제한이 있다. 따라서 추후 연구에서는 근원지 국재화(source localization) 기법과 뇌 영상 기법을 사용한다면 성인 ADHD 환자군에서 관찰되는 반응억제 결함에 대한 대뇌 기제를 보다 명확하게 이해할 수 있을 것이라 여겨진다.

참 고 문 헌

- 김철권 (2005). DSM-IV의 제2축 인격장애를 평가하기 위한 구조화된 임상 면담 SCID-II. *하나의학사*
- 김호영, 이주영, 조상수, 이임순, 김지혜 (2005). 한국판 Conners 성인 ADHD 평정척도의 신뢰도 및 타당도 연구: 대학생 표본을 중심으로. *한국심리학회지: 임상*. 24(1), 171-185.
- 신동원, 송동호, 전덕인, 남궁기, 이만홍, 이홍식, 민성길 (1999). 주의력결핍 과잉운동장애 환아에서 주의력 과제와 관련된 대뇌의 기능적 국소화. *신경정신의학회*. 38(5), 1089-1101.
- 염태호, 박영숙, 오경자, 김정규, 이영호 (1992). K-WAIS 실시요강. 서울: 한국 가이던스.
- 이지현 (2011). 분열형 인격 성향을 가진 여자 대학생의 행동 억제 결함에 관한 사건관련전위 연구. *성신여자대학교 석사학위 청구논문*
- 정혜원, 장문선, 곽호완 (2011). 성인 ADHD 성향 군집유형에 따른 대인관계 문제에 대한 자존감과 우울증상의 매개효과: 구조방정식모형분석. *한국심리학회지: 인지 및 생물*. 23(1), 153-169.
- 한오수, 안준호, 송선희, 조맹제, 김장규, 배재남, 조성진, 정범수, 서동우, 함봉진, 이동우, 박종익, 홍진표. (2000). 한국어판 구조화 임상면담도 구 개발: 신뢰도 연구. *신경정신의학*. 39(2), 362-372.
- Adler, L. A., Kessler, R. C., Spencer, T. (2003). *Adult ADHD Self-Report Scale-v1.1(ASRS-v1.1) Symptom Checklist*. New York, NY: World Health Organization.
- Albrecht, B., Banaschewski, T., Brandeis, D., Heinrich, H., Rothenberger, A. (2005). Response inhibition deficits in

- externalizing child psychiatric disorders: an ERP study with the stop-task. *Behavioral and Brain Functions*. 1(1), 22.
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology review*, 16(1), 17-42.
- Amen, H. G., & Carmichael, B.D.(1997). High-resolution brain SPECT imaging in ADHD. *Annals of Clinical Psychiatry*, 9(2), 81-86.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders(5th ed.)*. American Psychiatric Association.
- Amodio, D. M., Master, S. L., Yee, C. M., & Taylor, S. E. (2008). Neurocognitive components of the behavioral inhibition and activation systems: implications for theories of self-regulation. *Psychophysiology*, 45(1), 11-19.
- Baek-Hwan Cho, Saebyul Kim, Dong Ik Shin, Jang Han Lee, Sang Min Lee, In Young Kim, & Sun I Kim. (2004). Neurofeedback Training with virtual reality for inattention and impulsiveness. *CyberPsychology & Behavior*, 7(5), 519-526.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.
- Barkley, R, A., Murphy, K, R., & Fischer, M. (2008). *ADHD in adults : what the science tells us*. New York; Guilford Press.
- Barry, R, J., Clarke, A, R., Jognstone, S, J. (2003). A review of electrophysiology in attention deficit/hyperactivity disorder: I.

Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*, 114(2), 171–183.

Başar, E., Başar–Eroglu, C., Karakaş, S., & Schrmann, M. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations Govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 39(2), 241–248.

Biederman, J., Faraone, S. V., & Mick, E. (2006). The age–dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: A meta–analysis of follow–up studies. *Psychological Medicine*, 36(2), 159–165.

Bokura, H., Yamaguchi, S., & Kobayashi, S. (2001). Electrophysiological correlates for response inhibition in a Go/NoGo task. *Clinical Neurophysiology*, 112(12), 2224–2232.

Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(12), 539–546.

Braet, W., Johnson, K. A., Tobin, C. T., Acheson, E., Bellgrove, M. A., Roberts, I. H., & Garavan, H. (2009). Functional developmental changes underlying response inhibition and error–detection processes. *Neuropsychologia*, 47(14), 3143–3151.

Bresnahan, S. M., Anderson, J. W., & Barry, R. J. (1999). Age–related changes in quantitative EEG in attention–deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry*, 46(12), 1690–1697.

- Bruin, K. J., Wijers, A. A., & Van Staveren, A. S. J. (2001). Response priming in a Go/NoGo task: do we have to explain the Go/NoGo N2 effect in terms of response activation instead of inhibition?. *Clinical Neurophysiology*, 112(9), 1660–1671.
- Bruin, K. J., & Wijers, A. A. (2002). Inhibition, response mode, and stimulus probability: a comparative event-related potential study. *Clinical Neurophysiology*, 113(7), 1172–1182.
- Bush, G., Frazier, J. A., Rauch, S. L., Seidman, L. J., Whalen, P. J., Jenike, M. A., Rosen, B.R., & Biederman, J. (1999). Anterior cingulate cortex dysfunction in attention-deficit/hyperactivity disorder revealed by fMRI and the Counting Stoop. *Biological Psychiatry*, 45(12), 1542–1552.
- Casey, B.J., Castellanos, F.X., Giedd, J.N., Marsh, W.L., Hamburger, S.D., Schubert, A.B., Vauss, Y.C., Vaituzis, A.C., Dickstein, D.P., Sarfatti, S.E., Rapoport, J.L., (1997). Implication of right frontostriatal circuitry in response inhibition and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36(3), 374–383.
- Casey, B. J., Durston, S., & Fossella, J. A. (2001). Evidence for a mechanistic model of cognitive control. *Clinical Neuroscience Research*, 1(4), 267–282.
- Castellanos, F. X., Lee, P. P., Sharp, W., Jeffries, N. O., Greenstein, D. K., Clasen, L. S., Blumenthal, J. D., James, R. S., Ebens, C. L., Walter, J. M., Zijdenbos, A., Evans, A. C., Giedd, J. N., & Rapoport, J. L. (2002). Developmental trajectories of brain

volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Jama*, 288(14), 1740–1748.

Chabot, R. J., & Serfontein, G. (1996). Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biological psychiatry*, 40(10), 951–963.

Chambers, C. D., Garavan, H., & Bellgrove, M. A. (2009). Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 33(5), 631–646.

Conners, C. K., Erhart, D., & Sparrow, E. P. (1999). *Conners' s adult ADHD rating scales, technical manual*. New York: Multi-Health Systems.

Cubillo, A., Halari, R., Ecker, C., Giampietro, V., Taylor, E., Rubia, K., 2010. Reduced activation and inter-regional functional connectivity of fronto-striatal networks in adults with childhood Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and persisting symptoms during tasks of motor inhibition and cognitive switching. *Journal of Psychiatric Research*, 44(10), 629-639.

Dillo, W., Gölke, A., Prox-Vagedes, V., Szycik, G. R., Roy, M., Donnerstag, F., Emrich, H. M., & Ohlmeier, M. D. (2010). Neuronal correlates of ADHD in adults with evidence for compensation strategies—a functional MRI study with a Go/No-Go paradigm. *GMS German Medical Science*, 8, 1–8.

- Diamond, J. M. (1997). ADHD and EEG. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 36(5), 575–576.
- Dimoska, A., Johnstone, S. J., Barry, R. J., & Clarke, A. R. (2003). Inhibitory motor control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: event-related potentials in the stop-signal paradigm. *Biological Psychiatry*, 54(12), 1345–1354.
- Dimoska, A., Johnstone, S. J., & Barry, R. J. (2006). The auditory-evoked N2 and P3 components in the stop-signal task: indices of inhibition, response-conflict or error-detection?. *Brain and cognition*, 62(2), 98–112.
- Drewe, E. A. (1975). Go/NoGo learning after frontal lobe lesions in humans. *Cortex*, 11(1), 8–16.
- Donkers, F. C. L., & Van Boxtel, G. J. M. (2004). The N2 in Go/no-Go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognitive*, 56(2), 165–176.
- Eimer, M. (1993). Effects of attention and stimulus probability on ERPs in a Go/NoGo task. *Biological psychology*, 35(2), 123–138.
- Engel, A. K., & Fries, P. (2010). Beta-band oscillations—signalling the status quo?. *Current opinion in neurobiology*, 20(2), 156–165.
- Ernst, M., Zametkin, A. J., Matochik, J. A., Jones, P. H., & Cohen, R. M. (1998a). DOPA decarboxylase activity in attention deficit hyperactivity disorder adults: A [fluorine-18] fluorodopa

- positron emission tomographic study. *Journal of Neuroscience*, 18(15), 5901–5907.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/NoGo tasks and their relation to inhibition. *Acta psychologica*, 101(2), 267–291.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Hohnsbein, J. (2002). Inhibition-related ERP components: variation with modality, age, and time-on-task. *Journal of Psychophysiology*, 16(3), 167–175.
- Fallgatter, A. J. & Strik, W. K. (1999). The NoGo-anteriorization as a neurophysiological standard-index for cognitive response control. *International Journal of Psychophysiology*, 32(3), 233–238.
- Fallgatter, A. J., Ehlis, A. C., Seifert, J., Strik, W. K., Scheuerpflug, P., Zillessen, K, F. (2004). Altered response control and anteriorcingulate function in attention-deficit/hyperactivity disorder boys. *Clinical Neurophysiology*, 115(4), 973–981.
- Fan, J., Flombaum, J. I., McCandliss, B. D., Thomas, K. M., & Posner, M. I. (2003). Cognitive and brain consequences of conflict. *Neuroimage*, 18(1), 42–57.
- Faraone, S. V., Sergeant, J., Gillberg, C., & Biederman, J. (2003). The worldwide prevalence of ADHD: Is it and American condition? *World Psychiatry*, 2(2), 104–113.
- Fassbender, C., Foxe, J. J., & Garavan, H. (2006). Mapping the functional anatomy of task preparation: Priming task-appropriate brain networks. *Human brain mapping*, 27(10), 819–827.

- Filipek, P. A., Semrud-Clikeman, M., Steingard, R. J., Renshaw, P. F., Kennedy, D. N., & Biederman, J. (1997). Volumetric MRI analysis comparing subjects having attention-deficit hyperactivity disorder with normal controls. *Neurology*, 48(3), 589–601.
- First, M. B., Spitzer, R. L., Gibbon, M., & Williams, J. B. W. (1996). *Structured clinical interview for DSM-IV Axis I disorder*. New York State Psychiatric Institute, New York.
- First, M. B., Gibbon, M., & Spitzer, R. L. (1997). *User's guide for the structured clinical interview for DSM-IV axis II personality disorders: SCID-II*. American Psychiatric Pub.
- Fisher, T., Aharon-Peretz, J., & Pratt, H. (2011). Dis-regulation of response inhibition in adult Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD): An ERP study. *Clinical Neurophysiology*, 122(12), 2390–2399.
- Gow, R. V., Rubia, K., Taylor, E., Vallée-Tourangeau, F., Matsudaira, T., Ibrahimovic, A. (2012) Abnormal centroparietal ERP response in predominantly medication naive adolescent boys with ADHD during both response inhibition and execution. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 29(2), 181.
- Helenius, P., Laasonen, M., Hokkanen, L., Paetau, R., & Niemivirta, M. (2011). Impaired engagement of the ventral attentional pathway in ADHD. *Neuropsychologia*, 49(7), 1889–1896.
- Hillyard, S. A. & Kutas, M. (1983). Electrophysiology of cognitive processing. *Annual Review of Psychology*, 34(1), 33–61.

- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109(4), 679.
- Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavallee, C. F., Falkenstein, M., Herrmann C, S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*, 87(3), 217–233.
- James R. Booth, Douglas D. Burman, Joel R. Meyer, Zhang Lei, Barbara L. Trommer, Nicholas D. Davenport, Wei Li, Todd B. Parrish, Darren R. Gitelman & M. Marsel Mesulam. (2005). Larger deficits in brain networks for response inhibition than for visual selective attention in attention deficit hyperactivity disorder(ADHD). *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 94–111
- Jonkman, L. M., Kemner, C., Verbaten, M. N., Koelega, H. S., Camfferman, G., vd Gaag, R. J., & van Engeland, H. (1997). Effects of methylphenidate on event-related potentials and performance of attention-deficit hyperactivity disorder children in auditory and visual selective attention tasks. *Biological Psychiatry*, 41(6), 690–702.
- Jonkman, L. M. (2006). The development of preparation, conflict monitoring and inhibition from early childhood to young adulthood; a Go/Nogo ERP study. *Brain Research*, 1097(1), 181–193.

- Kaiser, S., Unger, J., Kiefer, M., Markela, J., Mundt, C., & Weisbrod, M. (2003). Executive control deficit in depression: event-related potentials in a Go/NoGo task. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 122(3), 169–184.
- Kessler, R. C., Adler, L., Ames, M., Demler, O., Faraone, S., Hiripi, E., Howes, M. J., Jinm R., Secnik, K., Spencer, T., Ustun, T. B., & Walters, E. E. (2005). The World Health Organisation Adult ADHD Self-Report Scale(ASRS): a short screening scale for use in the general population. *Psychological Medicine*, 35(2), 245–56
- Kieling, C., Goncalves, R. R., Tannock, R., & Castellanos, F. X. (2008). Neurobiology of attention deficit hyperactivity disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 17(2), 285–307.
- Kim, J. H., Lee, E. H., Joung, Y. S. (2013). The WHO Adult ADHD Self-Report Scale: Reliability and Validity of the Korean Version. *Psychiatry Investigation*, 10(1), 41–46.
- Krause, K. H., Dresel, S. H., Krause, J., la Fougere, C., & Ackenheil, M. (2003). The dopamine transporter and neuroimaging in attention deficit hyperactivity disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27(7), 605–613.
- Lansbergen, M. M., Arns, M., van Dongen-Boomsma, M., Spronk, D., & Buitelaar, J. K. (2011). The increase in theta/beta ratio on resting-state EEG in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder is mediated by slow alpha peak frequency. *Progress*

in *Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 35(1), 47–52.

- Lavric, A., Pizzagalli, D. A., & Forstmeier, S. (2004). When ‘Go’ and ‘NoGo’ are equally frequent: ERP components and cortical tomography. *European Journal of Neuroscience*, 20(9), 2483–2488.
- Li, C. S. R., Huang, C., Constable, R. T., & Sinha, R. (2006). Imaging response inhibition in a stop-signal task: neural correlates independent of signal monitoring and post-response processing. *Journal of Neuroscience*, 26(1), 186–192.
- Liddle, P.F., Kiehl, K.A., & Smith, A.M. (2001). Event-related fMRI study of response inhibition. *Human Brain Mapping*, 12(2), 100–109.
- Lijffijt, M, Kenemans J. L, Verbaten M. N, van Engeland H. (2005). A meta-analytic review of stopping performance in attention-deficit/hyperactivity disorder: Deficient inhibitory motor control? *Journal of Abnormal Psychology*, 114(2), 216–222
- Liotti, M., Pliszka, S. R., Perez, R., Kothmann, D., & Woldorff, M. G. (2005). Abnormal brain activity related to performance monitoring and error detection in children with ADHD. *Cortex*, 41(3), 377–388.
- Liotti, M., Pliszka, S. R., Higgins, K., Perez, R., & Semrud-Clikeman, M. (2010). Evidence for specificity of ERP abnormalities during response inhibition in ADHD children: A comparison

with reading disorder children without ADHD. *Brain and Cognition*, 72(2), 228–237.

- Lubar, J.O., & Lubar, J.F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. *Biofeedback and Self-Regulation*, 9(1), 1–23.
- Luck, S. L. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Massachusetts institute of technology.
- Meier, N. M., Perrig, W., & Koenig, T. (2012). Neurophysiological correlates of delinquent behaviour in adult subjects with ADHD. *International Journal of Psychophysiology*, 84(1), 1–16.
- Menon, V., Adleman, N. E., White, C. D., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2001). Error-related brain activation during a Go/NoGo response inhibition task. *Human brain mapping*, 12(3), 131–143.
- Mink, J. W. (1996). The basal ganglia: Focused selection and inhibition of competing motor programs. *Progress in Neurobiology*, 50(4), 381–425.
- Monastra, V. J., Lubar, J. F., & Linden, M. K. (2001). The development of a quantitative electroencephalographic scanning process for attention deficit/hyperactivity disorder: Reliability and validity studies. *Neuropsychology*, 15(1), 136–144.
- Monastra, V. J., Lubar, J. F., Linden, M. K., VanDeusen, P., Green, G., Wing, et al. (1999). Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: An initial validation study. *Neuropsychology*, 13(3), 424–433.

- Monastra, V., Monastra, D., George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27(4), 231–249.
- Morihisa, J. M., Duffy, F. H., & Wyatt, R. J. (1983). Brain electrical activity mapping (BEAM) in schizophrenic patients. *Archives of General Psychiatry*, 40(7), 719–728.
- Murphy, P. (2002). Inhibitory control in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Attention Disorder*. 6(1), 1–4.
- Nakata, H., Inui, K., Wasaka, T., Akatsuka, K., & Kakigi, R.(2005). Somato-motor inhibitory processing in humans: a study with MEG and ERP. *European Journal of Neuroscience*, 22(7), 1784–1792.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (Eds.). (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van de Widenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a Go/no-Go task: effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 17–26
- Nigbur, R., Ivanova, G., & Stürmer, B. (2011). Theta power as a marker for cognitive interference. *Clinical Neurophysiology*, 122(11), 2185–2194.

- Nigg J. T. (2001). Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological Bulletin*, 127(5), 571–598.
- Ocklenburg, S., Gunturkun, O., & Beste, C. (2011). Lateralized neural mechanisms underlying the modulation of response inhibition processes. *Neuroimage*, 55(4), 1771–1778.
- O'Connell, R. G., Bellgrove, M. A., Dockree, P. M., Lau, A., Hester, R., Garavan, H., ... & Robertson, I. H. (2009). The neural correlates of deficient error awareness in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Neuropsychologia*, 47(4), 1149–1159.
- O'Connell, J. P., McCann, K. K., & Pluth, S. (2001). Assessing adult ADHD using a self-report symptom checklist. *Psychological Reports*, 88(3), 871–881.
- Ogrim, G., Kropotov, J., & Hestad, K. (2012). The quantitative EEG theta/beta ratio in attention deficit/hyperactivity disorder and normal controls: sensitivity, specificity, and behavioral correlates. *Psychiatry research*, 198(3), 482–488.
- Pennington, B. F. & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 37(1), 51-87.
- Prox, V., Dietrich, D. E., Zhang, Y., Emrich, H. M., & Ohlmeier, M. D. (2007). Attentional processing in adults with ADHD as reflected by event-related potentials. *Neuroscience Letters*, 419(3), 236–241.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C. R.,

- Simmons, A., & Bullmore, E. T. (1999). Hypofrontality in attention deficit hyperactivity disorder during higher-order motor control: A study with functional MRI. *American Journal of Psychiatry*, 156(6), 891–896.
- Rubia, K., Smith, A. B., Brammer, M. J., & Taylor, E. (2003). Right inferior prefrontal cortex mediates response inhibition while mesial prefrontal cortex is responsible for error detection. *Neuroimage*, 20(1), 351–358.
- Ruchsow, M., Groen, G., Kiefer, M., Beschoner, P., Hermle, L., Ebert, D., & Falkenstein, M. (2008). Electrophysiological evidence for reduced inhibitory control in depressed patients in partial remission: A Go/NoGo study. *International Journal of Psychophysiology*, 68(3), 209–218.
- Ruchsow, M., Groen, G., Kiefer, M., Hermle, L., Spitzer, M., & Falkenstein, M. (2008). Impulsiveness and ERP components in a Go/NoGo task. *Journal of Neural Transmission*, 115(6), 909–915.
- Schachar, R. J., Tannock, R., & Logan, G. D. (1993). Inhibitory control, impulsiveness, and attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical Psychology Review*, 13(8), 721–739.
- Segenreich, D., Fortes, D., Coutinho, G., Pastura, G., & Mattos, P. (2009). Anxiety and depression in parents of a Brazilian non-clinical sample of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) students. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42(5), 465–469.

- Silverstein, 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(6), 929–931.
- Skounti, M., Philalithis, A., & Galanakis, E. (2007). Variations in prevalence of attention deficit hyperactivity disorder worldwide. *European Journal of Pediatrics*, 166(2), 117–123.
- Smith, J. L., Johnstone, S. J., & Barry, R. J. (2004). Inhibitory processing during the Go/NoGo task: an ERP analysis of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Neurophysiology*, 115(6), 1320–1331.
- Snyder, S. M., & Hall, J. R. (2006). A meta-analysis of quantitative EEG power associated with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23(5), 441–456.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L., Toga, A. W., & Peterson, B. S. (2003). Cortical abnormalities in children and adolescents with attention-deficit hyperactivity disorder. *The Lancet*, 362(9397), 1699–1707.
- Spronk, M., Jonkman, L. M., & Kemner, C. (2008). Response inhibition and attention processing in 5-to 7-year-old children with and without symptoms of ADHD: An ERP study. *Clinical Neurophysiology*, 119(12), 2738–2752.
- Tamm, L., Menon, V., Ringel, J., & Reiss, A. L. (2004). Event-related fMRI evidence of frontotemporal involvement in aberrant response inhibition and task switching in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the*

American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 43(11), 1430–1440.

- Tucker, D. M. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: the geodesic sensor net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87(3), 154–163.
- van Dongen–Boomsma, M., Lansbergen, M. M., Bekker, E. M., Sandra Kooij, J. J., van der Molen, M., Kenemans, J. L., & Buitelaar, J. K. (2010). Relation between resting EEG to cognitive performance and clinical symptoms in adults with attention–deficit/hyperactivity disorder. *Neuroscience Letters*, 469(1), 102–106.
- Verin, M., Partiot, A., Pillon, B., Malapani, C., Agid, Y., & Dubois, B.(1993). Delayed response tasks and prefrontal lesions in man–evidence for self generated patterns of behaviour with poor environmental modulation. *Neuropsychologia*, 31(12), 1379–1396.
- Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A., Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology* 47(1), 75–85.
- Watanabe, J., Sugiura, M., Sato, K., Sato, Y., Maeda, Y., Matsue, Y., Fukuda, H., & Kawashima, R. (2002). The human prefrontal and parietal association cortices are involved in No–Go performances: an event–related fMRI study. *Neuroimage*, 17(3), 1207–1216.

- Wiersema, J. R., & Roeyers, H. (2009). ERP correlates of effortful control in children with varying levels of ADHD symptoms. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 37(3), 327–336.
- Wiersema, J. R., Van der Meere, J. J., & Roeyers, H. (2005). ERP correlates of impaired error monitoring in children with ADHD. *Journal of Neural Transmission*, 112(10), 1417–1430.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1336–1346.
- Woduschek, T. R., Neumann, C. S. (2003). Inhibitory capacity in adults with symptoms of attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(3), 317–330.
- Woltering, S., Liu, Z., Rokeach, A., & Tannock, R. (2013). Neurophysiological differences in inhibitory control between adults with ADHD and their peers. *Neuropsychologia*, 51(10), 1888–1895.
- Wolfe, A. (2000). Beta activity: a carrier for visual attention. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 60(2), 247–260.
- Yamanaka, K., & Yamamoto, Y. (2010). Single-trial EEG power and phase dynamics associated with voluntary response inhibition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(4), 714–727.
- Yeung, N., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2004). The neural basis of error detection: conflict monitoring and the error-related

negativity. *Psychological Review*, 111(4), 931–959.

Yu, F., Yuan, J., & Luo, Y. J. (2009). Auditory–induced emotion modulates processes of response inhibition: an event–related potential study. *NeuroReport*, 20(1), 25–30.

Zametkin, A.J., Nordahl, T.E., Gross, M., King, A.C., et al. (1990). Cerebral glucose metabolism in adults with hyperactivity of childhood onset. *New England Journal of Medicine*, 323,(20) 1361–1366.

ABSTRACT

Event-related potential study of response inhibition deficits
in college students with ADHD traits

Rina, Yu
Department of Psychology
Graduate School of
Sungshin Women's University

This study investigated response inhibition deficits in college students with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) traits using the Go/NoGo task and event-related potentials (ERPs). The ADHD-trait (n=19) and normal control (n=16) groups were selected based on the scores of Adult ADHD Self-Report Scale and Conners' Adult ADHD Rating Scales. The Go/NoGo task consisted of two conditions, i.e., Go (requires to respond) and NoGo (requires not to respond) conditions. The control and the ADHD-trait groups exhibited significantly lower accuracies in response to the NoGo stimuli than to Go stimuli. In addition, the ADHD-trait group showed significantly lower accuracy than did the control group both

in Go and NoGo conditions. In terms of ERP results, the ADHD-trait group exhibited significantly smaller P300 amplitudes than did the control group. The P300 is known to reflect motor response inhibition and evaluation of the inhibition process, and the generator of the P300 is known to be prefrontal cortex. Therefore, present results indicate that college students with ADHD traits have difficulties in response inhibition and evaluation of inhibition process, which may be associated with dysfunctions of the prefrontal cortex.

Key word: adult ADHD trait, response inhibition, Go/NoGo task, ERP, P300

감사의 글

본 연구에 도움을 주셨던 모든 분들에게 감사드립니다.