



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 교수 지도
석사학위 청구논문

휴지기 뇌파를 활용한 폭음
대학생의 신경 진동 및 기능적
연결성 연구: 시각 기억과의 관련성

2018

성신여자대학교 대학원

심 리 학 과

김 보 미

휴지기 뇌파를 활용한 폭음
대학생의 신경 진동 및 기능적
연결성 연구: 시각 기억과의 관련성

김 명 선 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2018년 5월

성신여자대학교 대학원

심 리 학 과

김 보 미

인 준 서

김보미의 석사학위 논문으로 인준함

2018년 5월

심사위원장 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구에서는 폭음을 하는 대학생을 대상으로 휴지기 상태의 신경 진동 및 뇌 기능 연결성의 특성을 살펴보고 이러한 특성과 시각 기억 간의 관련성을 알아보려고 하였다. 폭음군($n=35$)과 비폭음군($n=35$)이 연구에 참여하였으며, 눈을 감은 휴지기 상태 동안의 뇌파를 총 6분 간 측정하였다. 시각 기억은 Rey-Osterrieth Complex Figure Test(RCFT)를 사용하여 측정하였다. 행동 자료를 분석한 결과, 비폭음군에 비해 폭음군이 유의하게 저하된 RCFT 지연 회상 수행을 보였다. 스펙트럼 분석 결과, 집단 간 유의한 차이는 관찰되지 않은 반면, 뇌 기능 연결성 분석에서는 폭음군이 비폭음군에 비해 세타 밴드에서 더 강한 연결성을 보였다. 또한 lower 알파와 upper 알파 밴드에서는 폭음군이 비폭음군에 비해 더 강한 연결성 및 더 약한 연결성 모두를 보였다. 폭음군의 휴지기 상태 연결성과 RCFT 지연회상 수행 간의 상관 분석 결과, 좌측 전전두-후두정 중앙(midline) 영역의 연결성과 수행 간의 정적 상관이 관찰되었다. 즉, 연결성이 강할수록 더 좋은 지연 회상 수행이 관찰되었다. 따라서 본 연구 결과는 폭음군이 뇌 기능 연결성의 이상을 가지고 있고, 이들에게서 관찰되는 시각 기억의 저하가 뇌 기능 연결성의 이상과 관련되어 있음을 시사한다.

주요어 : 폭음, 신경 진동, 뇌 기능 연결성, 세타, lower 알파, upper 알파, 시각 기억, Rey 복합 도형 검사

목 차

논문개요

I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
II. 이론적 배경	10
1. 폭음	10
2. 휴지기 뇌파의 신경 진동	11
3. 휴지기 뇌파의 뇌 기능 연결성	14
4. 기억과 휴지기 뇌파	17
5. 시각 기억과 휴지기 뇌파	20
6. 알코올 사용 장애 환자와 폭음자의 시각 기억 결합	21
III. 연구 문제 및 가설	23
1. 연구 문제 및 가설	23
IV. 연구 방법	24
1. 연구 대상	24
2. 평가 도구	27
3. 실험 절차	32
4. 자료 분석	33

V. 연구 결과	36
1. 인구 통계학적 특성	36
2. 휴지기 상태의 스펙트럼 분석	38
3. 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성 분석	42
4. RCFT 분석	35
5. 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성과 RCFT 수행 간의 관련성	46
VI. 논의 및 제언	47
1. 논의	47
2. 제언	58

참 고 문 헌

ABSTRACT

표 목 차

표 1. 폭음군과 비폭음군의 인구 통계학적 특성	37
표 2. 평균 세타 파워의 분산분석	39
표 3. 평균 lower 알파 파워의 분산분석	40
표 4. 평균 upper 알파 파워의 분산분석	42
표 5. 폭음군과 비폭음군의 RCFT 분석 점수	45

그림 목 차

그림 1. 폭음군과 비폭음군의 평균 세타 파워	38
그림 2. 폭음군과 비폭음군의 평균 lower 알파 파워	40
그림 3. 폭음군과 비폭음군의 평균 upper 알파 파워	41
그림 4. 폭음군과 비폭음군의 연결성 강도 비교	44

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

알코올은 건강에 부정적인 영향을 미치는 공중 건강 영역의 주요한 문제 중 하나로(Herrera-Díaz et al., 2016), 세계보건기구(World Health Organization: WHO, 2014)에 따르면 전 세계 질병과 부상의 약 5.1%가 음주로 인해 발생한다. 한국의 알코올 사용 장애로 인한 진료비는 매년 2,700 억원 이상으로(정진욱, 2015), 알코올 문제로 인한 사회 경제적 비용이 많이 지출된다(정진욱, 2015; 천성수, 김미경, 윤선미, 정현미, 유재현, 이상숙, 2009). 그러나 한국은 음주에 관대한 문화가 만연하여(류미, 이민규, 신희천, 2010; 양난미, 송영이, 2013) 알코올로 인해 초래되는 문제의 인식이 비교적 부족한 실정이다.

최근에는 여러 음주 형태 중에서도 짧은 시간 동안 과도하게 많은 양의 술을 마시는 폭음(binge drinking)이 중요한 문제로 대두되고 있다(Mota et al., 2013). 폭음은 전세계적으로 대학생들에게서 가장 흔하게 나타나는 음주 형태이며(Courtney & Polich, 2009; Parada et al., 2011; Wicki, Kuntsche, & Gmel, 2010), 우리나라 대학생의 경우에도 상당수가 폭음을 하는 것으로 보고되고 있다(류미 등, 2010; 양난미, 2010; 제갈정, 2011). 즉 우리나라 대학생의 약 64.73%가 폭음자에 속한다고 보고되었으며(양난미, 2010) 이는 미국 대학생의 폭음자 비율인 44%(Wechsler, Lee, Kuo, Seibring, Nelson, & Lee, 2002)보다 훨씬 높은 수치이다. 전국 82개 대학·전문대 학생 5024명을 대상으로 음주 실태를 조사한 최근 연구(박은철, 2018)에 의하면 대학생의 1회 음주량과 음주율 모두 경제활동을 하는 성인보다 높고, 한 번에 마

시는 술의 양도 9년 전에 비해 크게 증가하였다고 한다.

대학생들은 폭음으로 인해 일상생활의 다양한 영역에서 어려움을 겪는데, 예를 들어, 결석, 낮은 학업 성취, 부상, 음주 운전, 성폭행 등을 경험하는 것으로 보고되고 있다(서경현, 2003; Haller, Handley, Chassin, & Bountress, 2010; Hingson & White, 2014). 폭음은 알코올 사용 장애(alcohol use disorder)의 주요 위험요인으로, 이후에 알코올 사용 장애로 발전할 가능성이 높다고 제안되고 있으며(Bonomo, Bowes, Coffey, Carlin, & Patton, 2004; Jennison, 2004; O'Neill, Parra, & Sher, 2001), 알코올 사용 장애 환자에서 관찰되는 신경학적 변화와 인지 기능의 결함이 폭음자에서도 관찰된다(Petit, Kornreich, Verbanck, & Campanella, 2013; Scaife & Duka, 2009; Squeglia, Spadoni, Infante, Myers, & Tapert, 2009; Winward, Hanson, Bekman, Tapert, & Brown, 2014). 특히 대학생 시기에 형성된 음주 행동은 생애에 걸쳐 지속될 가능성이 높고(류미 등, 2010; 서경현, 김보연, 2011; Andersson, Johnsson, Berglund, & Öjehagen, 2007; Hingson & White, 2014), O'Neill 등(2001)은 대학시절의 폭음이 10년 후의 알코올 사용 장애의 발병을 예측할 수 있다고 보고하였다.

만성적인 알코올 섭취(Crego, Rodriguez-Holguín, Parada, Mota, Corral, & Cadaveira, 2010; Kril, Halliday, Svoboda, & Cartwright, 1997; Moselhy, Georgiou, & Kahn, 2001) 및 폭음 패턴(Crego, Holguín, Parada, Mota, Corral, & Cadaveira, 2009; Goudriaan, Grekin, & Sher, 2007; Hartley, Elsabagh, & File, 2004; Nederkoorn, Baltus, Guerrieri, & Wiers, 2009)이 뇌의 구조 및 기능에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 특히 성인기 초기까지 발달하는 전두엽에 부정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다(Arnett, 2005; Spear, 2013). 즉 성인기 초기의 알코올 섭취는 다른 시기의 알코올 섭취보다 뇌에 더 부정적인 영향을 줄 위험이 있다(Arnett, 2005;

Spear, 2013). 따라서 뇌의 구조와 기능이 발달 중인 성인기 초기의 대학생 을 대상으로 폭음이 뇌에 미치는 영향을 이해하는 것은 향후 알코올 사용 장애로의 진행을 예방하는 데 중요하다(Rangaswamy & Porjesz, 2014).

알코올이 뇌에 미치는 영향을 조사한 연구들은 다양한 뇌 구조의 손상을 보고하고 있다. 예를 들어, 알코올 사용 장애 환자들에서 전두엽의 부피 감소(Males, 2009; Pfefferbaum, Sullivan, Mathalon, & Lim, 1997), 측두 피질(Males, 2009) 및 해마의 구조적 손상(De Bellis et al., 2000; Laakso et al., 2000; Males, 2009)과 백질(Hommer, Momenan, Kaiser, & Rawlings, 2001; O'Neill et al., 2001; Pfefferbaum et al., 1992), 회백질(Fein, Sclafani, Cardenas, Goldmann, Tolou-Shams, & Meyerhoff, 2002; Pfefferbaum et al., 1992) 및 뇌량의 부피 감소(Estruch et al., 1997; Hommer et al., 2001) 등이 보고되고 있다. 폭음자에서도 전두엽과 해마의 손상(Courtney & Polich, 2009; Petit et al., 2013; Squeglia, Sorg, Schweinsburg, Wetherill, Pulido, & Tapert, 2012)과 전전두엽, 측두엽 및 뇌량의 백질 손상이 보고되고 있다(McQueeney et al., 2009; Pfefferbaum, Adalsteinsson, & Sullivan, 2006; Smith et al., 2017).

최근 들어, 알코올이 뇌에 미치는 영향을 알아보기 위해 휴지기 상태(resting state) 동안의 뇌파를 조사하는 연구가 이루어지고 있다(Coutin-Churchman, Moreno, Añez, & Vergara, 2006; Herrera-Días et al., 2016; López-Caneda, Cadaveira, Correias, Crego, Maestú, & Holguín, 2017). 휴지기 뇌파(resting EEG)는 어떠한 자극도 주어지지 않은 상태에서 눈을 감거나 뜨고 있는 동안 자연적으로 발생하는 뇌의 전기적 활동을 기록하는 것으로, 휴지기 상태에서 나타나는 뇌의 신경 활동(neural activity)이 인지와 행동, 성격, 지능, 정신병리, 신경질환 등과 관련된다고 보고되고 있다(Barry, Clarke, Johnstone, Magee, & Rushby, 2007; Davidson, 2003;

Kumari, Williams, & Gray, 2004; Thatcher, North, & Biver, 2005). 또한 다양한 영역에 걸친 신경 활동의 상호작용을 측정할 수 있는 기능적 연결성(functional connectivity)도 주목받고 있다(Correas et al., 2015; Horwitz, 2003; Lachaux, Rodriguez, Martinerie, & Varela, 1999). 즉 폭음이 뇌에 미치는 국소적 및 전체적인 영향 모두를 알아보기 위해 휴지기 동안 관찰되는 뇌의 신경 진동(neural oscillations)의 특성과 기능적 연결성을 조사하는 것이 중요하다고 제안되고 있다(Correas et al., 2015).

신경 진동은 델타(delta, 0.1-4 Hz), 세타(theta, 4-8 Hz), 알파(alpha, 8-12 Hz), 베타(beta, 12-30 Hz), 감마(gamma, 30 Hz 이상)와 같은 여러 주파수 밴드로 구분되며, 각 주파수 밴드는 서로 다른 뇌 활동을 반영하고(Porjesz & Begleiter, 2003; Rangaswamy & Porjesz, 2014) 신경 네트워크의 정보 전달을 가능하게 하는 중요한 기제이다(Buzsáki & Draguhn, 2004). 특정 주파수의 변화가 의식 수준, 정신병리 상태 혹은 신경 질환을 반영한다고 여겨지기 때문에(Niedermeyer & Da Silva, 2005; Nunez & Cutillo, 1995), 주파수 분석은 진단적 정보를 제공하거나 인지적 결함을 평가하는데 도움이 된다(Fujita et al., 2016; Ismaili, Memon, & Memon, 2012; Kam, Bolbecker, O'Donnell, Hetrick, & Brenner, 2013; Rangaswamy et al., 2003).

알코올 사용 장애 환자군과 정상통제군의 휴지기 뇌파를 비교한 연구에서 알코올 사용 장애 환자군이 알파 및 세타의 이상을 가지고 있음이 비교적 일관되게 보고되고 있다. 예를 들어, 눈을 감거나 뜬 상태에서의 휴지기 뇌파를 조사한 선행연구들은 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 알파 파워를 보임을 보고하였으며(Ehlers & Phillips, 2007; Kaplan, Glueck, Hesselbrock, & Reed, 1985; Mumtaz, Vuong, Xia, Malik, & Rashid, 2016), 휴지기 알파 파워의 감소가 주의 결함과 관련이 있을 가

능성을 제안하였다(Mumtaz et al., 2016). 세타의 경우 비교적 일관되지 않은 결과가 보고되고 있다. 즉 일부 선행연구들은 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 유의하게 증가된 세타 파워를 보임을 보고한 반면 (Pollock, Schneider, Zemansky, Gleason, & Pawluczyk, 1992; Propping, Krüger, & Mark, 1981; Rangaswamy et al., 2003) 또 다른 연구들은 감소된 세타 파워를 보고하였다(Coutin-Churchman et al., 2006; Mumtaz et al., 2016). 알코올 사용 장애 환자들에서 관찰된 휴지기 상태의 증가된 세타 파워는 중추신경계의 정보처리능력의 결함을 반영한다고 제안되었으며 (Rangaswamy et al., 2003), 감소된 세타 파워가 20세 이전, 즉 이른 나이에 시작된 음주 행동 및 뇌의 수축과 관련되어 있는 것이 관찰되었다 (Coutin-Churchman et al., 2006).

폭음자를 대상으로 휴지기 뇌파를 조사한 연구(Correas et al., 2015; Courtney & Polich, 2010; López-Caneda et al., 2017)는 매우 제한적이지만, 알코올 사용 장애 환자와 유사한 신경 진동의 변화가 보고되고 있다. 즉 폭음군이 비폭음군에 비해 증가된 세타 파워(Correas et al., 2015; López-Caneda et al., 2017)와 감소된 알파 파워(Correas et al., 2015)를 보임이 보고되고 있다.

한편, 알코올 사용 장애 환자들에서 관찰되는 다양한 뇌 영역의 손상으로 인해 각 영역들 간의 연결에 결함이 생길 수 있으며, 특히 백질의 손상은 서로 멀리 떨어진 뇌 영역들 간의 기능적 연결이 손상되어 있는 것을 시사한다(De Bruin, Bijl, Stam, Böcker, Kenemans, & Verbaten, 2004; McQueeney et al., 2009; Thayer, Callahan, Weiland, Hutchison, & Bryan, 2013). 기능 자기 공명 영상(functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI)을 사용하여 알코올 사용 장애 환자들의 뇌 연결성을 조사한 연구는 기본 상태 네트워크(default mode network; DMN)에서 환자들의 뇌 기능

연결성이 감소되어 있음을 관찰하였다(Chanraud, Pitel, Pfefferbaum, & Sullivan, 2011). DMN은 외부 자극이 없을 때의 기본적인 뇌 활동 상태라고 정의되며, 이 네트워크에 후측 대상피질(posterior cingulate cortex), 설전부(precuneus), 내측 전전두 피질(medial prefrontal cortex), 복측 전대상피질(ventral anterior cingulate cortex) 등이 포함된다(Raichle, MacLeod, Snyder, Powers, Gusnard, & Shulman, 2001). DMN은 인지 기능을 정상적으로 수행하는데 중요한 역할을 한다(Chanraud et al., 2011). 예를 들어, 휴지기 동안에 관찰되는 DMN의 신경활동은 과제를 수행하는 동안에는 억제되며, 과제 수행 시 DMN의 억제가 잘 이루어지지 않을수록 인지적인 수행이 저하될 수 있다(Daselaar, Prince, & Cabeza, 2004; Mason, Norton, Van Horn, Wegner, Grafton, & Macrae, 2007; Whitfield-Gabrieli et al., 2009).

휴지기 뇌파의 기능적 연결성(functional connectivity) 분석은 서로 다른 두 개 이상의 뇌 영역에서 동시에 기록된 전기적 활동의 일시적인 동기화를 통하여 뇌 영역들 간의 상호작용을 알아보는 것을 가능하게 한다(Correas et al., 2015; Horwitz, 2003; Lachaux et al., 1999; Stam & Van Dijk, 2002). Chen 등(2008)이 정상인을 대상으로 휴지기 뇌파의 기본 상태 네트워크를 조사한 결과, 눈을 감은 상태에서 세타 밴드의 동기화가 전두-중앙 영역에서 관찰되었으며, lower 알파 밴드(7.5-9.5 Hz)와 upper 알파 밴드(10-12 Hz)의 동기화는 각각 전측-후측 영역과 후측 영역에서 관찰되었다(Chen, Feng, Zhao, Yin, & Wang, 2008).

휴지기 상태의 뇌파를 측정하여 알코올 사용 장애 환자들의 기본 상태 네트워크를 조사한 연구들은 일관되지 않은 결과를 보고하고 있다. 예를 들어, 일부 연구에서는 알코올 사용 장애 환자들이 정상통제군에 비해 감소된 알파 동기화를 보임을 보고한 반면(Herrera-Díaz et al., 2016; Michael, Mirza, Mukundan, & Channabasavanna, 1993), 또 다른 연구에서는 증가된 알파

동기화를 보임이 관찰되었다(Winterer, Enoch, White, Saylan, Coppola, & Goldman, 2003). 폭음자를 대상으로 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성을 조사한 연구는 매우 제한적이지만, Correas 등(2015)은 비폭음군에 비해 폭음군의 전두-두정 영역에서 감소된 알파 연결성 및 전두-측두 영역에서 증가된 세타 연결성을 관찰하였다.

한편, 휴지기 상태의 신경 활동은 인지 과제의 수행과 관련이 있다고 보고되고 있다(Britz, Landis, & Michel, 2008; Deco & Corbetta, 2011; Kounios et al., 2008). 예를 들어, 정상인을 대상으로 휴지기 상태의 신경 진동과 인지 과제 수행 간의 관련성을 조사한 연구들은 감소된 세타 파워(Klimesch, Vogt, & Doppelmayr, 1999)와 증가된 알파 파워(Klimesch et al., 1999; Vogt, Klimesch, & Doppelmayr, 1998; Zunini, Thivierge, Kousaie, Sheppard, & Taler, 2013)가 기억 과제에서의 더 나은 수행과 상관성이 있음을 보고하였다. 세타 밴드는 정보의 조직화에 관여함으로써 기억의 저장과 회상에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Klimesch, 1999; Lisman & Jensen, 2013). 또한 Klimesch(1997, 1999)는 알파 밴드 중에서도 upper 알파 밴드가 기억 처리와 관련이 있다고 보고하였는데, 단기 기억에는 세타 밴드가 관련되는 한편 장기 기억에는 upper 알파 밴드가 관련된다고 보고하였다(Klimesch, 1996). 이에 덧붙여 정보를 기억하는 과정은 전두엽, 두정엽, 측두엽 등 다양한 뇌 영역들 간의 정보 전달을 필요로 한다(Summerfield & Mangels, 2005). 비록 이 과정에서 서로 다른 뇌 영역들이 어떻게 상호작용하는지에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았지만, 해마와 신피질에서 발생하는 세타 밴드의 연결성이 새로운 정보를 기억하는 데 영향을 미친다고 제안되고 있다(Fell et al., 2011; Summerfield & Mangels, 2005)

다양한 검사들을 사용하여 알코올 사용 장애 환자(Rupp, Fleischhacker,

Drexler, Hausmann, Hinterhuber, & Kurz, 2006)와 폭음자(Sneider, Cohen-Gilbert, Crowley, Paul, & Silveri, 2013; Vinader-Caerols, Talk, Montañés, Duque, & Monleón, 2017)의 기억을 조사한 연구들은 이들의 기억 결함을 보고하고 있는데, 그 중에서도 시각 기억의 결함이 비교적 일관되게 보고되고 있다. 특히 시각 기억을 체계적으로 평가할 수 있는 Rey 도형 검사(Rey-Osterrieth Complex Figure Test: RCFT, Osterrieth, 1944; Rey, 1941)를 사용한 연구들에서 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 즉각적 회상과 지연 회상 단계에서 저하된 수행을 보이는 것이 일관되게 관찰되며(Daig et al., 2010; Dawson & Grant, 2000; Paikkatt, Akhouri, Jahan, & Singh, 2014; Sullivan, Mathalon, Ha, Zipursky, & Pfefferbaum, 1992), 폭음자에서도 시각 기억의 장애가 관찰되고 있다(한수경, 2016; Hartley et al., 2004; Squeglia et al., 2009; Winward et al., 2014).

그러나 휴지기 상태의 신경 진동과 시각 기억 간의 관련성을 조사한 연구는 제한적이다. 예를 들어, 22-83세의 건강한 성인들을 대상으로 휴지기 상태의 신경 진동과 기억을 조사한 연구에서 시각 기억을 측정하는 도시 지도 과제(city map task)의 즉각적 회상은 세타 파워 및 upper 알파 파워의 증가와 상관이 있었으며, 지연 회상은 알파 파워의 증가와 상관이 있는 것으로 관찰되었다(Reichert, Kober, Witte, Neuper, & Wood, 2016). 또한 휴지기 상태의 신경 진동과 RCFT 수행 간의 관련성을 알아본 결과, 모사 단계의 수행과 우반구 전두엽의 알파 파워 사이에 정적 상관이 관찰된 반면, 좌반구 전두엽의 알파 파워 사이에는 부적 상관이 관찰되었다(Shin, Ha, Kim, & Kwon, 2004).

종합하면, 알코올 사용 장애 환자 및 폭음자를 대상으로 휴지기 상태의 신경생리적 변화를 조사한 연구는 제한적이며, 폭음자의 시각 기억 결함과 휴지기 뇌파 특성의 관련성을 조사한 연구는 아직 보고되지 않았기 때문에

이에 대한 탐색적 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 폭음을 하는 대학생
을 대상으로 휴지기 동안의 뇌파를 측정하여 폭음자의 신경 진동과 기능적
연결성의 특성을 알아보고자 하였다. 스펙트럼 분석을 통해 국소적인 뇌 영
역의 신경 진동 변화를 관찰함과 동시에 뇌 기능 연결성 분석을 통해서
여러 영역들 간의 신경 진동 동기화 정도를 확인함으로써 폭음이 뇌 영역들
간의 정보를 전달하는 연결성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이와 더
불어 시각 기억을 평가하는 RCFT의 수행과 신경생리적 변화 사이의 관련
성을 알아봄으로써 폭음이 시각 기억에 미치는 영향의 신경기제에 관한 정
보를 제공하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 폭음

폭음은 짧은 시간 동안 과도하게 많은 양의 술을 마시는 음주 패턴으로 (Mota et al., 2013), 음주의 양, 빈도 및 속도를 기준으로 정의된다. 즉, 지난 2주 동안 남성의 경우 한번에 5잔(여성의 경우 4잔) 이상의 술을 마시고 (Wechsler & Issac, 1992; Wechsler & Nelson, 2001), 시간 당 3잔(여성의 경우 2잔) 이상의 음주를 하는 것을 폭음이라고 한다(National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism: NIAAA, 2004). 대학생들에서 관찰되는 가장 흔한 음주 형태는 폭음으로(Crego et al., 2009), 전국 64개 대학의 학생들을 대상으로 음주 실태를 조사한 연구에 따르면 4천여 명의 대학생 중 음주를 하는 학생은 85.4%였고, 71.2%에 해당하는 학생들은 폭음을 경험한 적이 있다고 보고하였다(제갈정, 2011).

알코올 사용 장애의 경우 부적응적인 알코올 사용이 임상적으로 심각한 손상이나 불편을 야기하며, 지난 12개월 동안 내성(tolerance)과 금단(withdrawal) 및 알코올에 대한 갈망 등의 2가지 이상의 방식으로 나타나야 한다(American Psychiatric Association: APA, 2013). 하지만 폭음은 알코올 사용 장애의 진단 기준과는 상관없이 문제 음주 행동으로 분류되며, 낮은 학업 성취, 성폭행, 음주 운전 등과 같은 문제 행동을 초래할 가능성이 높다(Haller et al., 2010; Hingson & White, 2014).

최근 들어, 음주를 처음 시작하는 시기인 후기 청소년부터 초기 성인기까지의 폭음이 뇌에 미치는 영향에 대한 관심이 늘어나고 있다(Mota et al., 2013; Scaife & Duka, 2009). 이는 알코올이 성인기 초기까지 발달하는 전

두엽에 해로운 영향을 미치며(Arnett, 2005), 알코올 사용 장애 환자와 폭음자가 유사한 뇌의 구조적 특징과 신경심리적 결함을 보이기 때문이다(Courtney & Polich, 2009; Petit et al., 2013). 또한 폭음은 알코올 사용 장애의 주요 위험요인으로써 추후 알코올 사용 장애로 발전할 가능성이 높다고 제안되고 있으며(Bonomo et al., 2004; Jennison, 2004), 대학생 시기에 형성된 음주 행동은 생애에 걸쳐 계속될 가능성이 높다고 보고되고 있다(류미 등, 2010; 서경현, 김보연, 2011; Andersson et al., 2007; Hingson & White, 2014).

2. 휴지기 뇌파의 신경 진동

휴지기 상태의 뇌파는 휴식 상태일 때 자발적으로 발생하는 뇌의 전기적 활동(Barry et al., 2007; Davidson, 2003)으로, 스펙트럼 분석을 통해 델타, 세타, 알파, 베타 등의 다양한 주파수 밴드로 정량화 할 수 있다. 뇌의 신경 활동은 신경 네트워크의 정보 처리에 중요한 기제로 이해되며(Buzsáki & Draguhn, 2004), 휴지기 뇌파의 변화는 의식 수준, 정신병리, 신경질환의 존재 및 인지적 결함을 반영한다고 제안된다(Barry et al., 2007; Davidson, 2003; Kumari et al., 2004; Thatcher et al., 2005). 특히 Kounios 등(2008)은 휴지기 상태에서의 뇌 활동이 인지 과제를 수행할 때의 뇌 활동과 상관이 있음을 관찰하여, 휴지기 뇌파가 주의, 기억, 문제 해결 등의 인지 처리와도 관련이 있을 가능성을 제안하였다. 따라서 스펙트럼 분석은 진단적 정보를 제공하거나 인지적 결함을 평가하는데 유용하게 활용될 수 있다. 예를 들어, 알코올 사용 장애(Ismaili et al., 2012)를 포함하여 알츠하이머병(Jelic et al., 1999; Rodriguez, Copello, Vitali, Perego, & Nobili, 1999), 뇌 손상(Dusser,

Navelet, Devictor, & Landrieu, 1989; Tebano et al., 1988), 조현병(Boutros, Arfken, Galderisi, Warrick, Pratt, & Iacono, 2008; Kam et al., 2013) 등의 다양한 임상군을 대상으로 한 연구들에서 스펙트럼 분석이 사용되었으며 최근에는 인공지능의 한 분야인 머신 러닝 기술과 결합하여 질병의 발생을 예측하는데 활용되기도 한다(Fujita et al., 2016).

2.1. 알코올 사용 장애 환자의 휴지기 상태 신경 진동

다수의 연구들(Coutin-Churchman et al., 2006; Herrera-Días et al., 2016; Rangaswamy et al., 2002; Son et al., 2015)이 알코올 사용 장애 환자의 휴지기 상태의 신경 진동 변화, 특히 세타 및 알파 활동의 변화를 보고하고 있다(Ehlers & Phillips, 2007; Kaplan et al., 1985; Mumtaz et al., 2016; Pollock et al., 1992; Propping et al., 1981; Rangaswamy et al., 2003).

알코올 사용 장애 환자군의 세타 활동 변화는 다소 비일관적으로 보고되고 있다. 즉, 일부 선행 연구들은 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 증가된 세타 파워를 보임을 보고한(Pollock et al., 1992; Propping et al., 1981; Rangaswamy et al., 2003) 반면, 또 다른 연구들에서는 알코올 사용 장애 환자군에서 감소된 세타 파워가 관찰되었다(Coutin-Churchman et al., 2006; Mumtaz et al., 2016). 이러한 비일관적인 결과는 선행 연구들에서 다양한 분석 방법이 사용되었고 알코올 사용 장애 환자들의 공병을 충분히 통제하지 않았을 가능성 때문에 초래되는 것으로 제안되고 있다(Coutin-Churchman et al., 2006).

Rangaswamy 등(2003)은 알코올 사용 장애 환자에서 관찰된 휴지기 세타 파워의 증가는 중추신경계의 흥분성 뉴런과 억제성 뉴런의 불균형으로 인한(Begleiter & Porjesz, 1999) 정보 처리 능력의 결함을 반영하는 것이라고

제안하였다. 또한 Coutin-Churchman 등의 연구(2006)에서 관찰된 알코올 사용 장애 환자의 감소된 세타 파워는 자기공명영상(magnetic resonance imaging)으로 측정된 뇌의 위축 및 음주의 만성화 정도와 유의한 상관성이 있었으며, 특히 20세 이전에 음주를 시작한 환자들에게서 더 높은 상관성이 관찰되었다. 따라서 이들은 세타 파워의 감소가 이른 시기의 알코올 노출로 인한 뇌 손상과 관련이 있다고 제안하였다.

알파의 경우, 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 유의하게 감소된 결과가 보고되고 있다(Ehlers & Phillips, 2007; Kaplan et al., 1985; Mumtaz et al., 2016). 예를 들어, 눈을 감은 상태에서의 휴지기 뇌파를 조사한 선행 연구(Ehlers & Phillips, 2007)는 정상통제군에 비해 알코올 사용 장애 환자군에서 양반구 후두 영역의 알파 파워가 감소하는 것을 보고하였다. Ehlers와 Phillips(2007)는 감소된 알파 파워가 알코올 사용 장애의 발병을 증가시키는 내적 표현형일 수 있으며, Mumtaz 등(2016)은 주의 결함과 관련이 있을 가능성을 제안하였다.

2.2. 폭음자의 휴지기 상태 신경 진동

폭음자의 휴지기 뇌파를 조사한 연구는 매우 제한적이지만(Correas et al., 2015; Courtney & Polich, 2010; López-Caneda et al., 2017) 알코올 사용 장애 환자와 유사한 신경 진동의 변화가 관찰되고 있다. 예를 들어, 눈을 감은 상태의 휴지기 뇌파를 조사한 연구(Correas et al., 2015)에서 폭음군이 비폭음군에 비해 후두 영역의 증가된 세타 파워 및 감소된 알파 파워를 보임이 관찰되었다. 또한 López-Caneda 등(2017)은 눈을 감은 상태에서 폭음군이 비폭음군에 비해 양반구 후두 영역의 증가된 세타 파워를 보임을 보고하였다. 즉 폭음자들이 비폭음자들에 비해 증가된 세타 파워(Correas et al.,

2015; López-Caneda et al., 2017)와 감소된 알파 파워(Correas et al., 2015)를 보임이 관찰되고 있다.

Correas 등(2015)은 이러한 결과가 청소년 시기의 폭음 패턴으로 인해 신경 활동이 비정상적으로 변화하는 초기 사인이며 증가된 세타 파워는 신경 발달의 지연과 관련이 있을 것이라고 제안하였다. 또한 휴지기 상태의 증가된 알파 파워가 기억 과제의 좋은 수행과 상관이 있다는 선행 연구 결과(Klimesch, 1997; Klimesch, Doppelmayr, & Hanslmayr, 2006)로 미루어 보아, 폭음 집단의 감소된 알파 파워는 이들의 기억 결함(Mota et al., 2013; Sneider et al., 2013)과 관련이 있을 것이라고 예상하였다. 따라서 폭음자에서도 신경 진동의 이상 및 위험 요인이 관찰되고 있지만 이에 대한 연구가 부족하기 때문에 추가적인 연구가 필요하다(Correas et al., 2015; López-Caneda et al., 2017).

3. 휴지기 뇌파의 뇌 기능 연결성

뇌 영역들은 각자 자신의 기능을 수행함과 동시에 수많은 뇌 영역들과 지속적으로 정보를 전달하는 네트워크를 형성함으로써 상호작용한다(Van Den Heuvel & Pol, 2010). 즉 적절한 뇌 기능은 개별적인 뇌 영역의 활동(local specialization)과 여러 뇌 영역들 간의 통합(global integration) 사이의 균형을 필요로 한다(Friston, 2001; Le Van Quyen, 2003; Tononi, Edelman, & Sporns, 1998). 스펙트럼 분석을 통해서도 국소적인 영역의 신경 진동 변화를 확인할 수 있는 반면 넓은 영역에 걸쳐 정보를 전달하는 신경 진동의 활동은 측정할 수 없다는 단점 때문에(Herrera-Díaz et al., 2016; Micheloyannis, Vourkas, Bizas, Simos, & Stam, 2003; Stam & De Bruin,

2004), 최근 들어 신경 네트워크의 정보 전달을 측정하는 방법으로 기능적 연결성이 주목받고 있다.

인지 기능은 멀리 떨어진 서로 다른 뇌 영역들에 걸친 네트워크의 활동을 통해 발생한다(Mheich, Hassan, Khalil, Berrou, & Wendling, 2015; Sporns, 2010). 기능적 연결성을 통해 뇌의 다른 영역들에 퍼져 있는 정보가 지속적으로 통합되며(Van Den Heuvel & Pol, 2010), 특히 휴지기 상태에서 관찰되는 뇌 영역들 간의 기능적 의사소통은 복잡한 인지 처리가 필요할 때마다 해당 인지 기능이 빠르게 잘 수행되도록 도와주는 역할을 할 가능성이 있다고 제안된다(Van Den Heuvel & Pol, 2010). 따라서 기능적으로 상호작용하는 네트워크를 통해 뇌를 조사함으로써 기존의 국소적인 관점보다 확장된 범위의 신경 전달에 관한 새로운 시각을 제공할 수 있다(Van Den Heuvel & Pol, 2010). 또한 알코올이 뇌 영역들에 각기 다른 영향을 주기 때문에 뇌 영역 간 연결성을 측정하는 것이 중요하며(Bolter & Hannon, 1986; Michael et al., 1993), 휴지기 상태의 뇌 연결성 변화는 폭음과 관련된 잠재적인 신경생리적 손상에 관한 정보를 줄 수 있다(Correas et al., 2015)

뇌 기능 연결성은 휴지기 상태에서 다양한 영역에 걸친 신경 활동의 상호작용을 분석할 수 있는 방법이다. 뇌에서의 정보 전달은 신경 진동의 동기화를 통해 발생하기 때문에(Correas et al., 2015) 서로 다른 뇌 영역에서 동시에 기록된 전기적 활동의 일시적인 동기화를 통해 이에 대한 정보를 알 수 있다. 즉 한 전극과 다른 전극에서 측정된 EEG 신호의 위상 일관성(coherence) 정도를 확인하여 뇌 영역들 간의 상호작용을 알아볼 수 있다(De Bruin et al., 2004; Lachaux et al., 1999; Nolte et al., 2004).

3.1. 알코올 사용 장애 환자의 휴지기 뇌 기능 연결성

다양한 뇌 영역 및 시냅스의 장애는 뇌 영역 간 기능적 연결을 손상시킬 수 있다(Correias et al., 2015). 알코올 사용 장애 환자의 경우 전두엽의 부피 감소(Males, 2009; Pfefferbaum et al., 1997), 피질하 구조의 손상(De Bellis et al., 2000; Laakso et al., 2000; Males, 2009)과 백질(Hommer et al., 2001; O'Neill et al., 2001) 및 회백질(Fein et al., 2002; Pfefferbaum et al., 1992)의 부피 감소 등이 보고되어 이들의 뇌 기능적 연결이 손상되었을 가능성이 제안되고 있다.

수초화는 축색(axon)의 정보 전달(conductance) 속도에 핵심적인 역할을 하여 정보처리와 인지 수행에 영향을 주는데(Blakemore & Choudhury, 2006; Jacobus, Squeglia, Bava, & Tapert, 2013), 특히 알코올은 수초화(myelination)의 발달을 저해시킬 수 있다(Jacobus et al., 2009; Squeglia et al., 2015). 수초 밀도의 감소는 백질의 손상과 관련이 있으며(Jacobus et al., 2009, 2013; Squeglia et al., 2015), 백질의 손상은 멀리 떨어진 뇌 영역들 간 기능적 연결의 손상을 시사할 수 있다(De Bruin et al., 2004; McQueeney et al., 2009; Thayer et al., 2013).

휴지기 상태의 뇌파를 측정하여 알코올 사용 장애 환자들의 뇌 기능 연결성을 조사한 연구들은 일관되지 않은 결과를 보고하고 있다(Herrera-Díaz et al., 2016; Kaplan et al., 1985; Michael et al., 1993; Winterer et al., 2003). 예를 들어, Herrera-Díaz 등(2016)은 정상통제군에 비해 알코올 사용 장애 환자군에서 전두-중앙 영역과 후두-두정 영역의 알파 연결성이 감소하는 것을 보고한 반면 Winterer 등(2003)은 정상통제군에 비해 알코올 사용 장애 환자군에서 좌반구 측두-두정 영역의 알파 연결성이 증가하는 것을 보고하였다.

3.2. 폭음자의 휴지기 상태 뇌 기능 연결성

폭음자에서도 전두엽과 해마의 손상(Courtney & Polich, 2009; Petit et al., 2013; Squeglia et al., 2012) 및 백질 밀도의 감소(Luciana, Collins, Muetzel, & Lim, 2013; McQueeney et al., 2009)가 관찰된다. 특히 전전두엽, 측두엽 및 뇌량의 백질 손상(McQueeney et al., 2009; Pfefferbaum et al., 2006; Smith et al., 2017)이 보고되어 이들의 뇌 기능 연결성이 손상되었을 가능성이 시사된다.

Correas 등(2015)은 MEG(magnetoencephalography)를 사용하여 폭음군이 비폭음군에 비해 전두-두정 영역에서 감소된 알파 연결성 및 전두-측두 영역에서 증가된 세타 연결성을 보이는 것을 관찰하였다. 하지만 폭음자를 대상으로 휴지기 상태의 기능적 연결성을 조사한 연구는 매우 제한적이며, 알코올 사용 장애 환자를 대상으로 휴지기 상태의 기능적 연결성을 조사한 연구는 비일관적인 결과를 보고하고 있기 때문에 폭음자의 휴지기 상태의 기능적 연결성에 관한 탐색적 연구가 필요한 것으로 보여진다.

4. 기억과 휴지기 뇌파

4.1. 기억과 휴지기 신경 진동

휴지기 상태의 신경 활동은 인지 과제를 수행할 때의 뇌 활동과 상관이 있어(Kounios et al., 2008), 입력되는 정보 처리에 영향을 주는 것으로 이해되고 있다(Britz et al., 2008; Deco & Corbetta, 2011; Hipp, Engel & Siegel, 2011). 그 중에서도 세타와 알파 밴드가 기억과 관련이 있다고 보고

되고 있다. 즉 정상인을 대상으로 한 연구들은 휴지기 상태의 감소된 세타 파워(Klimesch et al., 1999)와 증가된 알파 파워(Klimesch et al., 1999; Vogt et al., 1998; Zunini et al., 2013)가 기억 과제에서의 더 나은 수행과 상관이라고 보고하고 있다.

세타 밴드는 정보의 조직화에 관여함으로써 기억의 부호화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Klimesch, 1999; Mitchell, McNaughton, Flanagan, & Kirk, 2008). 특히 Grunwald 등(2007)이 세타 밴드와 기억에 중요한 역할을 하는 해마 간의 상관을 조사한 결과, 휴지기 상태의 세타 파워와 해마 부피 간에 유의한 부적 상관이 관찰되었다(Grunwald, Hensel, Wolf, Weiss, & Gertz, 2007). 또한 알코올이 기억 형성을 담당하는 해마에 부정적인 영향을 초래한다는 것이 보고됨으로써(White, Matthews, & Best, 2000; White & Swartzwelder, 2005) 알코올로 인해 세타 밴드의 변화와 기억 결함이 발생할 가능성이 시사된다.

알파 밴드와 다양한 인지 기능의 관련성이 보고되고 있다(Grandy, Werkle-Bergner, Chicherio, Schmiedek, Lövdén, & Lindenberger, 2013; Klimesch, 1999). 특히 알파 밴드는 lower 알파 밴드(8-10Hz)와 upper 알파 밴드(10-12Hz)로 세분화 할 수 있는데, lower 알파 밴드는 주의(Horschig, Zumer, & Bahramisharif, 2014)와 관련이 있으며, upper 알파 밴드는 기억(Clark et al., 2004; Klimesch, 1997; Lebedev, 1994)과 높은 상관이 있음이 관찰되고 있다. 예를 들어, Klimesch 등(1999)은 정상인을 대상으로 기억 과제 수행의 개인차를 조사하여 알파 밴드와 기억의 부호화 및 회상 간의 높은 상관을 관찰하였다. 기억 과제 수행 시 증가된 lower 알파 파워는 과제 수행을 위해 주의 및 각성을 증가시키고 유지하려는 노력이 반영된 것으로 해석될 수 있다(Klimesch et al., 1999). 즉 증가된 lower 알파 파워는 과제와 관련 없는 정보에 주의를 억제하고 과제와 관련된 정보에 주의를 유지하

는 능력과 관련되어 기억에 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 또한 upper 알파 밴드는 기억 과제 수행 시 정보의 부호화 및 회상과 관련이 있다고 보고되고 있다(Klimesch, 1997, 1999).

4.2. 기억과 휴지기 뇌 기능 연결성

신경 네트워크의 정보 전달이 기억에 영향을 미치는 것으로 여겨지지만 (Kaplan et al., 2014), 정보를 기억하는 데 있어서 뇌 영역들 간의 정보 전달이 어떻게 이루어지는지에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 정상인을 대상으로 언어 기억이나 작업 기억 등의 다양한 기억 과제를 사용한 연구들은 각각의 기억 과제 수행 시 관련된 뇌 영역들 간의 증가된 동기화를 보고하였다(Beaumont & Rugg, 1979; Krause, Gibbons, & Schack, 1998; Sarnthein, Petsche, Rappelsberger, Shaw, & Von Stein, 1998; Weiss, Chromecek, Rappelsberger, 1998; Weiss & Rappelsberger, 2000) 예를 들어, 작업 기억 과제를 사용한 연구에서는 정보를 파지하는 동안 전전두-후측(posterior) 영역의 세타 연결성이 증가되는 것을 관찰하였으며(Sarnthein et al., 1998), 단어 기억 과제를 사용한 연구에서는 단어를 회상하는 동안 전측(anterior)-후측 영역의 세타 및 upper 알파 연결성이 증가되는 것을 관찰하였다(Weiss & Rappelsberger, 2000).

특히 해마가 포함된 내측두 영역(medial temporal)과 전두 중양(frontal midline) 영역에서 관찰되는 세타 연결성이 기억과 관련이 있다고 여겨지고 있으며(Anderson, Raiagovindan, Ghacibeh, Meador, & Ding, 2009; Sauseng, Klimesch, Doppelmayr, Hanslmayr, Schabus, & Gruber, 2004; Watrous, Tandon, Conner, Pieters, & Ekstrom, 2013), 해마와 신피질에 걸쳐 분산된 신경 네트워크의 상호작용은 정보의 부호화 및 저장에 중요한 역

할을 한다고 보고되고 있다(Battaglia, Benchenane, Sirota, Pennartz, & Wiener, 2011; Hyman, Hasselmo & Seamans, 2011; Paller & Wagner, 2002; Wang & Morris, 2010).

하지만 휴지기 상태에서 관찰되는 뇌 기능 연결성과 기억과의 관련성을 직접적으로 관찰한 연구는 부족한 실정이며, 스펙트럼 분석을 통해 장기 기억에 관여한다고 보고되고 있는 upper 알파 밴드와 기억에 영향을 미치는 네트워크의 관계를 조사한 연구는 제한적이다.

5. 시각 기억과 휴지기 뇌파

휴지기 상태의 뇌파와 기억의 관련성을 조사한 연구들은 주로 언어 기억(Klimesch et al., 1997, 1999; Zunini et al., 2013) 혹은 작업 기억(Clark et al., 2004; Lebedev, 1994)에 초점을 맞추었기 때문에 휴지기 상태의 신경 진동 및 뇌 기능 연결성과 시각 기억 능력 간의 관련성을 직접적으로 조사한 연구는 제한적이다. 예를 들어, 정상인의 경우 도시 지도 과제에 대한 회상이 세타 파워 및 upper 알파 파워의 증가와 상관이 있고, 지연 회상은 알파 파워의 증가와 상관이 있는 것으로 보고되고 있다(Reichert et al., 2016). 또한 Shin 등(2004)이 휴지기 상태의 신경 진동과 RCFT 수행 간의 관련성을 조사한 결과, 모사 단계의 수행과 휴지기 상태의 알파 파워 간의 상관이 관찰되었다. 구체적으로 우반구 전두엽의 알파 파워 증가는 모사 단계의 더 나은 수행과 관련된 반면, 좌반구 전두엽의 알파 파워 증가는 모사 단계의 수행 저하와 관련되어 있음이 관찰되었다. 즉 모사 단계의 수행이 좋을수록 우반구 전두엽의 알파 파워는 증가하고 좌반구 전두엽의 알파 파워는 감소하는 결과가 보고되었다. 이는 시공간 능력이 양반구에 편재화 되어 있음을

시사한다(Shin et al., 2004). 하지만 시각 기억과 휴지기 뇌파의 관련성을 조사한 연구는 두 개로(Reichert et al., 2016; Shin et al., 2004), 그 중에서도 Shin 등(2004)의 연구는 강박장애 환자만을 대상으로 하였기 때문에 폭음군의 시각 기억과 휴지기 뇌파 간의 관련성에 대한 탐색적 연구가 필요하다.

6. 알코올 사용 장애 환자와 폭음자의 시각 기억 결함

알코올 사용 장애 환자에서 관찰되는 다양한 인지 기능 결함 중 시각 기억의 결함이 일관되게 보고되고 있다(Beatty, Blanco, Hames, & Nixon, 1997; Beatty, Hames, Blanco, Nixon, & Tivis, 1996; Moselhy et al., 2001). 예를 들어, 알코올 사용 장애 환자의 인지 기능을 조사한 연구(Adhikari, Rana, Shakya, & Ojha, 2016)에서 비언어 기억 손상이 관찰되었으며, 특히 시각 자극의 파지(visual retention)가 가장 손상된 것으로 보고되었다. 또한 Chen 등(2018)이 알코올 사용 장애 환자들의 기억을 조사한 결과, 환자들의 시각 기억이 언어 기억보다 5배 더 저하된 손상을 보임이 관찰되었다(Chen, Yang, Chen, Chen, & Su, 2018). RCFT를 사용하여 시각 기억을 조사한 연구들(Daig et al., 2010; Dawson & Grant, 2000; Paikkatt et al., 2014)에서도 알코올 사용 장애 환자군이 정상통제군에 비해 모사, 즉각적 회상, 지연 회상 및 재인 단계에서 저하된 수행을 보임이 관찰되었다. 특히 알코올 사용 장애 청소년의 경우, 해마의 부피 감소가 관찰되고, 해마 부피의 감소와 시각 기억 결함 사이의 상관성이 보고되었다(De Bellis et al., 2000).

폭음자들의 시각 기억 결함 또한 비교적 일관적으로 보고되고 있다(Garcia-Moreno, 2017). 예를 들어, Scaife와 Duka(2009)는 폭음군이 비폭음

군에 비해 CANTAB의 시각 기억 과제에서 저하된 수행을 보이는 것을 관찰하였다. 또한 RCFT를 사용하여 폭음자의 시각 기억을 조사한 연구들(한수경, 2016; Squeglia et al., 2009; Winward et al., 2014)에서도 폭음군이 비폭음군에 비해 즉각적 및 지연 회상에서 저하된 수행을 보이는 것이 관찰되었다.

특히 폭음이 기억과 관련된 뇌 영역인 전전두엽과 해마가 발달하는 동안에 주로 시작되기 때문에(Arnett, 2005; De Bellis et al., 2005; De Bruin et al., 2004; Spear, 2013) 성인기 초기의 폭음은 알코올이 유발하는 기억 결함에 더 취약할 수 있다(Hermens et al., 2013). 예를 들어, 청소년 폭음자를 대상으로 폭음의 영향을 조사한 연구(Vinader-Caerols et al., 2017)는 폭음자와 비음주자를 알코올 섭취 여부에 따라 네 집단으로 구분하였다. 즉 비음주 집단, 혈중 알코올 농도(Blood alcohol concentration: BAC)가 0인 폭음 집단, BAC가 0.3-0.5인 폭음 집단(BAC1), BAC가 0.54-1.1인 집단(BAC2)으로 나누어 알코올이 시각 기억과 작업 기억에 미치는 영향을 알아본 결과, BAC1 집단은 즉각적 시각 기억 수행만 저하된 반면 BAC2 집단은 즉각적 시각 기억 및 작업 기억 수행 모두 저하되었다. 이는 즉각적 시각 기억이 청소년기의 폭음이 초래하는 부정적인 영향에 더 민감하다는 것을 시사한다.

Ⅲ. 연구 문제 및 가설

본 연구는 스펙트럼 분석, 뇌 기능 연결성 분석을 사용하여 폭음 대학생의 휴지기 뇌파 및 시각 기억 결함과의 관련성에 대해 살펴보고자 하였으며, 연구 문제와 가설은 다음과 같다.

연구 문제 1. 폭음군과 비폭음군이 스펙트럼 분석에서 차이를 보일 것인가?

가설 1-1. 폭음군이 비폭음군에 비해 증가된 세타 파워를 보일 것이다.

가설 1-2. 폭음군이 비폭음군에 비해 감소된 알파 파워를 보일 것이다.

연구 문제 2. 폭음군과 비폭음군이 뇌 기능 연결성에서 차이를 보일 것인가?

연구 문제 3. 폭음군과 비폭음군이 RCFT 수행에서 차이를 보일 것인가?

가설 3-1. 폭음군은 비폭음군에 비해 모사 점수가 낮을 것이다.

가설 3-2. 폭음군은 비폭음군에 비해 즉각적 회상 점수가 낮을 것이다.

가설 3-3. 폭음군은 비폭음군에 비해 지연 회상 점수가 낮을 것이다.

연구 문제 4. 폭음군의 스펙트럼 및 뇌 기능 연결성이 RCFT 수행과 관련되어 있을 것인가?

IV. 연구 방법

1. 연구 대상

수도권 소재 대학에 재학 중인 대학생 697명을 대상으로 웹 하드에서 한국판 알코올 사용 장애 선별검사(The Korean version of Alcohol Use Disorder Identify Test: AUDIT-K, 이명옥, 이충현, 이필구, 최문중, 남궁기, 2000; Babor, Higgins-Biddle, Saunders, & Monteiro, 2001)와 알코올 사용 설문지(Alcohol Use Questionnaire: AUQ, Mehrabian & Russell, 1978; Townshend & Duka, 2002)를 실시하였으며, 폭음의 양/빈도에 대한 설문 또한 실시하였다. 구분 점수를 적용한 결과, 폭음군 84명, 비폭음군 76명이 실험 참여 대상자에 해당되었다. 이 중에서 정신과 병력이 있거나 알코올과 관련된 유전 가능성이 있는 사람들 및 양손잡이 혹은 왼손잡이인 사람들을 제외하였으며, 연구 참여에 동의한 폭음군 41명과 비폭음군 44명이 실험에 참여하였다. 또한 뇌파 측정 시 관심 전극에 노이즈가 포함되어 분석에 포함할 수 없었던 사람들을 제외하였고 최종적으로 폭음군 35명(남: 5명; 여: 30명)과 비폭음군 35명(남: 6명; 여: 29명)이 분석에 포함되었다.

본 연구에서 폭음은 남성의 경우 5잔(소주는 7잔), 여성의 경우 4잔(소주는 5잔) 이상의 술을 지난 2주 동안 한 번 이상 마시며(Wechsler & Issac, 1992; Wechsler & Nelson, 2001), 시간 당 3잔(여성의 경우 2잔) 이상의 속도로 음주를 하는 것으로 정의하였다(NIAAA, 2004). 표준적인 한 잔은 약 12g의 에탄올이 함유된 맥주 한 잔(330ml), 와인 한 잔, 양주 한 잔에 해당하며(WHO, 2000), 이러한 술의 5잔과 4잔에 들어 있는 에탄올 양은 각각 소주 7잔, 5잔과 동일하다(국민 건강영양조사, 2013; 전영민, 2009).

‘폭음군’은 AUDIT-K의 총점과 음주 속도를 묻는 AUQ의 10번 문항 점수 (Crego et al., 2010; Mota et al., 2013; NIAAA, 2004; Parada, Corral, Mota, Crego, Holguín, & Cadaveira, 2012) 및 폭음의 양과 빈도를 기준으로 선정하였다. 세계보건기구(WHO)에서는 AUDIT 총점 8점을 기준으로 문제 음주자를 선별하도록 권고하고 있다(Babor et al., 2001). 그러나 8점은 음주로 인한 문제가 전혀 없다 하더라도 문제가 발생할 수 있음을 예고하는 의미이기 때문에 현재 문제 음주자를 선별하기 위한 목적으로는 총점 12점이 민감도와 특이도가 가장 높은 구분 점수로 제안되고 있다(김종성, 오미경, 박병강, 이민규, 김갑중, 오장균, 1999; 이병욱 등, 2000). 또한 AUDIT-K 총점이 26점 이상일 경우에는 알코올 의존이 의심되기 때문에 연구 대상자에서 제외하였다(김종성 등, 1999). 이에 따라 본 연구에서 사용한 폭음군의 선정 기준은 다음과 같다. (1) AUDIT-K에서 12점 이상과 26점 미만의 점수를 얻어 문제 음주자로 구분되며, (2) 지난 2주 동안 한 번의 술자리에서 남성의 경우 5잔(소주는 7잔), 여성의 경우 4잔(소주는 5잔)의 술을 한 번 이상 마셨고, (3) 시간 당 3잔(여성의 경우 2잔) 이상의 속도로 음주를 하는 사람으로 정하였다.

‘비폭음군’은 폭음에 해당하는 음주패턴을 보이지 않으며, AUDIT-K에서 정상 음주자로 구분되는 사람으로 선정하였다. 국내의 많은 선행 연구들은 문제 음주자의 구분 점수로 AUDIT-K의 총점 12점을 사용하였고, 12점 미만인 사람을 정상 음주자로 분류하였다(김종성 등, 1999; 양난미, 송영이, 2013; 윤명숙, 2006). 그러나 8점 이상은 현재 음주로 인한 문제가 없어도 추후 문제의 발생을 예측하는 것으로 알려져 있기 때문에 일부 연구에서는 WHO에서 권고하는 구분 점수인 8점을 사용하여, 8점 미만의 점수를 받은 사람을 정상 음주자로 구분하고 있다(김용석, 1999; 유채영, 2000). 따라서 본 연구에서는 AUDIT-K의 총점 8점을 비폭음 집단의 구분 점수로 선정하

였다. 따라서, 비폭음군은 AUDIT-K에서 8점 미만의 점수를 얻어 정상음주자로 구분되며, 지난 2주 동안 한 번의 술자리에서 남성의 경우에는 5잔(소주는 7잔), 여성의 경우에는 4잔(소주는 5잔)의 술을 마신 적이 없고, 시간당 2잔(여성의 경우 1잔) 이하의 속도로 음주를 하는 사람으로 선정하였다.

신체 질환과 신경 질환, 정신장애와 약물 및 알코올 중독의 병력이 없다는 것을 확인하기 위해 모든 연구 참여자들에게 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP, First, Gibbon, Spitzer, & Williams, 1996)을 실시하였고 오른손잡이만을 연구 대상에 포함하였다. 연구 참여자들의 우울 및 불안을 통제하기 위해 우울척도(Self-Rating Depression Scale: SDS, Zung, 1965)와 상태-특성 불안척도(Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory: STAI, Spielberg, Gorsuch, & Lushene, Vagg, & Jacobs, 1970)를 실시하여 우울과 불안을 측정하였다. 또한 알코올 중독의 가족력이 신경 발달에 영향을 미칠 수 있으므로 연구 참여자의 부모에게 알코올 중독의 이력이 없다는 점을 확인하기 위하여 한국어판 알코올 중독자 자녀 선별 검사(The Korean Version of the Children of Alcoholics Screening Test: CAST-K, 김미례, 장환일, 김경빈, 1995; Jones, 1983)를 실시하여 6점 이상일 경우에는 연구에서 제외하였다. 또한 한국판 웨슬러 성인 지능 검사(Korean-Wechsler Adult Intelligence Scale: K-WAIS, 염태호, 박영숙, 오경자, 김정규, 이영호, 1992)를 사용하여 지능 지수가 80점 미만인 경우에도 연구에서 제외하였다. 모든 연구 참여자들에게 실험 2일 전 금주할 것을 요청하였으며, 연구 목적과 절차 등을 설명한 후 연구 참여에 대한 동의서를 얻었고 연구 참여에 대한 사례비를 지급하였다. 또한 본 연구는 기관생명윤리심의위원회의 승인을 받은 후 진행되었으며, 승인 번호는 SSWUIRB 2018-001이다.

2. 평가 도구

2.1. 폭음자 변별 척도

2.1.1. 한국판 알코올 사용 장애 선별 검사(Korean Version of Alcohol Use Disorder Identify Test: AUDIT-K)

AUDIT(Babor et al., 2001)는 총 10개의 문항으로 구성된 알코올 사용 장애와 음주 문제의 심각도를 평가하는 자기 보고형 도구이다. 본 연구에서는 국내 실정에 맞게 이병욱 등(2000)이 번안한 한국어판 알코올 사용 장애 진단 검사(AUDIT-K)를 사용하였으며, 내적 일치도는 .86이었다. 1번부터 8번 문항과 10번 문항은 5개의 범주에서 응답하게 되어 있으므로 각각 0점부터 4점까지 줄 수 있으며, 9번 문항은 3개의 범주로 답하게 되어 있으므로 각각 0점, 2점, 4점을 부여하여 총 10문항의 총점은 0~40점이다. 10개의 문항은 알코올 섭취 빈도 및 양에 대한 3문항, 알코올 의존성에 대한 3문항과 정신-사회학적 문제의 유무에 관한 4문항을 포함하고 있다.

2.1.2. 알코올 사용 설문지(Alcohol Use Questionnaire: AUA)의 10, 11, 12번 문항

음주 패턴을 측정하는 AUQ(Mehrabian & Russell, 1978)의 전체 문항 중 폭음 점수에 해당하는 10번, 11번, 12번 문항을 사용하였다(Townshend & Duka, 2002). 10번 문항은 음주 속도(한 시간에 섭취하는 평균 음주량), 11번 문항은 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수, 12번 문항은 술을 마실 때 취하는 비율을 측정한다. 폭음 점수는 $[4 \times 10\text{번 문항} + 11\text{번 문항} +$

0.2 X 12번 문항]으로 산출하였다(Townshend & Duka, 2002). 본 연구에서는 유지연(2015)이 번안한 설문지를 사용하였다.

2.1.3. 폭음의 양/빈도

폭음자를 대상으로 한 선행 연구에서는 AUDIT의 3번 문항을 통해 폭음 기준에 따른 음주의 양과 빈도의 측정이 충분하다고 판단하였으나(Mota et al., 2013; Parada et al., 2012), AUDIT의 3번 문항은 성별을 구분하고 있지 않으며, 폭음의 빈도를 구체적으로 측정하지 못한다는 제한점이 있다. 따라서 남성은 소주 7잔(다른 종류의 술일 경우 5잔) 이상, 여성은 소주 5잔(다른 종류의 술일 경우 4잔) 이상을 지난 2주 동안 한 번의 술자리에서 몇 번 마셨는지를 질문하는 한 개의 문항을 추가하였다.

2.2. 임상척도

2.2.1. DSM-IV 축 I 장애를 위한 구조화된 임상 면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP)

SCID-NP는 DSM-IV 진단 기준에 근거한 축 I 장애를 진단하기 위한 반 구조화된 면담도구이다(First et al., 1996). 검사자가 수검자에게 증상의 존재 여부를 질문하여 수검자의 응답 여부에 따라 다음 장애군으로 넘어가게 되는 진단 결정분기도(decision making tree)를 사용한다. 각 문항 당 1(없음 혹은 해당 안 됨), 2(역치 미만), 3(역치 또는 해당됨)으로 기록한다. 면담자간 신뢰도는 .70이며, 본 연구에서는 한오수, 홍진표(2000)가 번안한 것을 사용하였다. SCID-NP를 통해 연구 참여자가 신체 질환과 신경 질환, 정

신장애와 약물 및 알코올 중독의 병력이 있다는 것이 확인되면 연구에서 제외하였다.

2.2.2. 한국어판 알코올 중독자 자녀 선별 검사(The Korean Version of the Children of Alcoholics Screening Test: CAST-K)

CAST-K는 총 30문항으로 구성되어 있으며 부모에 대한 자녀의 지각, 경험, 반응을 평가함으로써 알코올 중독자 부모가 있는지를 선별하기 위해 고안되었다(Jones, 1983). 각 문항은 (1) 부모의 음주와 관련된 심리적 고통, (2) 부모 간의 음주와 관련된 가정불화에 대한 지각, (3) 부모의 음주를 조절(control)하려는 시도, (4) 알코올 중독으로부터 달아나려는 노력, (5) 음주와 관련된 가정 내 폭력에 노출됨, (6) 부모를 알코올 중독자로 지각하는 경향, (7) 전문적인 상담을 받고 싶은 소망 등을 포함한다. 각 문항에 대해 예/아니오 중 하나를 선택하여 답하는 것이 요구된다. 본 연구에서는 김미례 등(1995)이 번안한 척도를 사용하였으며, 내적 일치도는 0.95이었다. 알코올 중독자 자녀에 해당하는 기준 점수(cut-off score)는 6점이다(김미례 등, 1995).

2.2.3. 우울척도(Self-Rating Depression Scale: SDS)

SDS는 우울의 정서, 생리적 증상, 심리적 증상 정도를 평가하는 자기보고식 척도이다(Zung, 1965). 각 문항은 4점 리커트 척도(Likert Scale)로 구성되어 있으며, 우울 증상의 정도에 따라 1~4점 중 하나에 평정하도록 되어 있다. 총 20개의 문항 중 10개 문항은 역으로 환산하여 채점하도록 되어 있고, 우울이 심할수록 높은 점수를 받게 된다. 본 연구에서는 이영호와 송종

용이 번안한 도구(1991)를 사용하였으며, 내적 일치도는 .79이었다.

2.2.4. 상태-특성 불안척도(Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory: STAI)

STAI는 총 40문항으로 이루어져 있으며, 상태 불안을 측정하는 20문항과 특성 불안을 측정하는 20문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 4점 리커트 척도(Likert Scale)로, 불안 정도에 따라 1~4점 중 하나에 평정하도록 되어 있으며 불안이 심할수록 높은 점수를 받게 된다. 본 연구에서는 김정택과 신동균(1978)이 번안하여 한국형으로 표준화한 척도를 사용하였으며, 상태 불안 척도의 내적 일치도는 .92, 특성 불안 척도의 내적 일치도는 .89이었다.

2.3. 지능 검사

2.3.1. 한국형 웨슬러 성인지능검사(Korean-Wechsler Adult Intelligence Scale: K-WAIS)

K-WAIS는 지능을 평가하는 검사 도구로 Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised(WAIS-R)를 국내에 맞게 재표준화한 검사이다(염태호 등, 1992). 6개의 언어성 검사(기본지식, 숫자의우기, 어휘, 산수, 이해, 공통성 문제)와 5개의 동작성 검사(빠진곳찾기, 차례맞추기, 토막짜기, 모양맞추기, 바꿔쓰기)로 구성되어 있다. 모든 소검사들의 점수를 더하여 전체 지능지수를 계산하며, 전체 지능지수만을 본 연구에서 사용하였다.

2.4. 시각 기억 검사

2.4.1. Rey 도형 검사(Rey-Osterrieth Complex Figure Test: RCFT)

RCFT는 시각 기억 및 시공간 구성 능력 등을 평가하기 위해 개발된 도구로(Rey, 1941), Osterrieth가 검사 절차를 표준화하였다(Osterrieth, 1944). 모사 단계, 즉각적 회상 단계(모사 3분 후) 및 지연 회상 단계(모사 30분 후)로 실시되며, 본 연구에서는 Meyers와 Meyers의 기준(1995)에 따라 채택하였다.

RCFT의 각 단계들은 서로 다른 신경심리기능을 평가하는 것으로 알려져 있다(Meyers & Meyers, 1995). 즉 모사 단계는 시공간 및 조직화 능력을 반영하는 한편 즉각적 회상 단계는 입력된 정보의 양을 반영하여 기억의 부호화를 평가하고 지연 회상 단계는 기억의 유지와 인출된 정보의 양을 반응하는 것으로 알려져 있다(Chiulli, Haaland, Larue, & Garry, 1995; Meyers & Meyers, 1995; Shin et al., 2004; Shorr, Delis, & Massman, 1992). 또한 도형의 일부분에 대한 재인 기억을 측정함으로써 수검자들이 단서를 사용하여 정보를 회상하는 능력을 평가할 수 있다. 따라서 RCFT 검사를 통해 기억의 다양한 단계인 부호화, 저장, 회상을 평가할 수 있다(Paikkatt et al., 2014).

3. 실험 절차

3.1. 휴지기 상태의 뇌파 측정과 신호처리

뇌파 측정은 64채널의 Geodesic Sensor Net를 사용하였으며 절연과 방음 시설이 되어 있는 실험실에서 이루어졌다. 휴지기 상태의 뇌파는 과제가 주어지지 않은 채 측정되며, 본 연구에서는 눈을 감은 상태 3분 측정을 2회 반복하여 총 6분 간 측정하였다. 뇌파 측정 시 기준위치(reference)는 Cz이며, 각 채널의 impedance는 50K Ω 이하로 유지하였다(Tucker, 1993). 뇌파는 500Hz의 표본율(sampling rate)과 0.1~100Hz bandpass로 연속 측정하였다.

0.3~30Hz bandpass로 측정된 뇌파를 digital filtering 하였고, 전체 전극의 평균인 average reference로 분석 시 재-기준점(re-reference)을 설정하였다. 눈이나 몸 움직임 등의 잡파(artifact)를 제거하기 위해 이를 탐지할 수 있는 전극(1번, 5번, 10번, 61번, 62번, 63번, 64번)들에서 측정된 뇌파가 $\pm 100\mu\text{V}$ 을 넘을 경우에는 분석에 포함하지 않고 제거하였다.

4. 자료 분석

4.1. 인구통계학적 특성

폭음 집단과 비폭음 집단의 인구통계학적 변수는 독립표본 t -검정 (independent sample t -test)을 통해 분석되었다.

4.2. RCFT

폭음군과 비폭음군의 RCFT 수행 차이를 알아보기 위하여 일원배치 분산 분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

4.3. 스펙트럼 분석(spectrum analysis)

주파수를 계산하기 위해 스펙트럼 분석을 실시하였으며 본 연구에서는 Hanning windowing과 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform)을 사용하여(Herrera-Dias et al., 2016) 절대 파워(Absolute Power: AP)를 계산하였다. 절대 파워는 특정 주파수의 크기(mV^2/Hz)를 나타낸다. 눈을 감은 상태에서 연속적으로 측정된 뇌파를 1초의 epoch으로 구분하여 세타(4-7 Hz), lower 알파(8-9 Hz), upper 알파(10-12 Hz) 밴드에 대한 절대 파워를 계산하였다. 또한 주파수 활동의 지역적인(regional) 변화를 확인하기 위해 전극을 전두(F3, Fz, F4의 평균), 중앙(C3, Cz, C4의 평균), 두정(P3, Pz, P4의 평균), 후두(O1, Oz, O2의 평균) 영역으로 나누어 계산하였다(Núñez-Jaramillo, Vega-Perera, Ramírez-Lugo, Reyes-López, Santiago-Rodríguez, & Herrera-Morales, 2015). 모든 분석은 Matlab

version 8.3(Mathworks, USA) 프로그램을 사용하였다.

계산된 주파수 밴드(세타, lower 알파, upper 알파)의 값을 반복측정 혼합 설계 분산분석(repeated measures mixed design ANOVA)으로 분석하였다. 관심 영역(전두, 중앙, 두정, 후두)을 피험자내 요인으로, 집단(폭음 집단과 비폭음 집단)을 피험자간 요인으로 하였다. 각각의 측정치들 간의 분산 차이로 인해 구형성 가정이 위배될 경우 Greenhouse-Geisser correction을 적용하였다. 또한 다중 비교(multiple comparison)에 대한 조정을 하기 위해 Bonferroni correction을 적용하였다.

4.4. 뇌 기능 연결성 분석(Functional connectivity analysis)

뇌 기능 연결성 분석에 imaginary coherence(ImC) 방법이 사용되었다. ImC는 신경 과학 연구에서 뇌 기능 연결성을 측정하기 위해 많이 사용되는 방법 중 하나로, 서로 다른 전극에서 측정된 두 신호 간의 위상 일관성 정도를 확인할 수 있다(Hassan, Dufor, Merlet, Berrou, & Wendling, 2014; Nolte et al., 2004). ImC를 사용하면 한 개의 근원지에서 발생한 뇌 활동이 여러 전극에서 측정될 수 있는 부피 전도(volume conduction) 문제를 감소시키는 장점이 있다. 즉, ImC를 사용하여 부피 전도로 인한 잡파가 아닌 실제 뇌 활동을 관찰할 수 있다(Nolte et al., 2004).

본 연구에서는 뇌파를 세타, lower 알파 및 upper 알파 밴드로 필터링한 후 ImC 값을 계산하였으며 다음의 수식을 이용하였다.

$$ImC(f) = \frac{|ImC_{XY}(f)|}{\sqrt{|C_{XX}(f)||C_{YY}(f)|}}$$

ImC는 주파수 f 에 대한 전극 x 와 y 사이의 교차 스펙트럼 값을 각 전극

의 파워 스펙트럼 값의 곱으로 나누어 계산하였다. f 는 주파수, ImC_{XY} 는 교차스펙트럼 값, $C_{XX}(f)$ 와 $C_{YY}(f)$ 는 각각의 파워스펙트럼 값을 의미한다. ImC 는 0-1까지의 값을 가지며 1에 가까울수록 완전한 위상 일관성을 나타낸다.

유의 수준 .01보다 높은 ImC 값만 가지고 t -검정을 사용하여 폭음 집단과 비폭음 집단의 세타, lower 알파, upper 알파 밴드에 대한 뇌 기능 연결성을 비교하였다. 본 연구에서는 눈이나 몸의 움직임으로 인한 잡파를 제거하기 위한 Fp2, Fp1, 61, 62, 63, 64번 전극과 전극이 피부에 붙어있는 F10, F9, T9, TP9, P9, P10, TP10, T10번 전극, 측정 시 잡파가 기록되었던 F1, C1, FT7, CP5, P1번 전극을 제외한 후 총 44개의 전극에 대해 분석하였다.

4.5. 뇌 기능 연결성 결과와 RCFT 수행 간의 관련성

집단간 유의한 차이가 관찰된 세타, lower 알파, upper 알파 밴드의 뇌 기능 연결성 분석 결과와 RCFT 수행 간의 관련성은 Pearson 상관분석을 사용하여 알아보았다.

V. 연구 결과

1. 인구 통계학적 특성

폭음군과 비폭음군의 인구 통계학적 특성이 표 1에 제시되어 있다. 폭음군과 비폭음군은 연령, $t(68)=-1.17$, *ns*, 95% CI[-1.63, .43], 교육 연한, $t(68)=.10$, *ns*, 95% CI[-.55, .60], 지능 수준, $t(68)=-.73$, *ns*, 95% CI[-5.66, 2.63], SDS, $t(68)=1.71$, *ns*, 95% CI[-.47, 6.19], STAI 상태, $t(68)=1.33$, *ns*, 95% CI[-1.70, 8.45] 와 STAI 특성, $t(68)=1.88$, *ns*, 95% CI[-.26, 8.43],에서 유의한 차이가 없었다.

반면 AUDIT-K, $t(68)=24.70$, $p<.001$, 95% CI[16.68, 19.61], 음주 속도 (AUQ 10번), $t(68)=13.42$, $p<.001$, 95% CI[3.09, 4.17], 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수(AUQ 11번), $t(68)=4.92$, $p<.001$, 95% CI[5.40, 12.77], 술을 마실 때 취하는 비율(AUQ 12번), $t(68)=6.26$, $p<.001$, 95% CI[28.33, 54.82] 과 AUQ 폭음 점수, $t(68)=10.50$, $p<.001$, 95% CI[25.91, 38.07], 에서는 집단 간 유의한 차이가 나타났다. 즉, 비폭음군에 비해 폭음군에서 유의하게 높은 AUDIT-K 총점, 음주 속도, 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수, 술을 마실 때 취하는 비율, AUQ 폭음 점수가 관찰되었다.

표 1. 폭음군과 비폭음군의 인구 통계학적 특성

	폭음군	비폭음군	<i>t</i>	95% CI	
	(<i>n</i> =35) 평균 (표준편차)	(<i>n</i> =35) 평균 (표준편차)		하한	상한
연령(년)	21.31 (1.69)	21.91 (2.52)	-1.17	-1.63	.43
교육연한(년)	15.00 (1.00)	14.97 (1.38)	.10	-.55	.60
지능 수준	112.77 (8.60)	114.29 (8.79)	-.73	-5.66	2.63
SDS	43.91 (7.09)	41.06 (6.87)	1.71	-.47	6.19
STAI 상태	43.63 (10.38)	40.26 (10.88)	1.33	-1.70	8.45
STAI 특성	46.49 (9.00)	42.40 (9.21)	1.88	-.26	8.43
AUDIT-K	19.26 (4.02)	1.11 (1.66)	24.70***	16.68	19.61
음주속도 (잔/시간)	4.34 (1.49)	.71 (.57)	13.42***	3.09	4.17
지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수	9.11 (10.94)	.03 (.17)	4.92***	5.40	12.77
술을 마실 때 취하는 비율(%)	52.14 (29.92)	10.57 (25.43)	6.26***	28.33	54.82
AUQ 폭음 점수	36.90 (17.03)	4.91 (5.92)	10.50***	25.91	38.07

SDS: Self-Rating Depression Scale; STAI: Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory; AUDIT-K: The Korean version of Alcohol Use Disorder Identification Test; AUQ: Alcohol Use Questionnaire

****p*<.001.

2. 휴지기 상태의 스펙트럼 분석

2.1. 세타 밴드 분석

표 2는 폭음군과 비폭음군의 평균 세타 파워와 관심 영역의 분산분석을 제시한 것이다. 세타 파워의 분석 결과, 영역에서 유의한 차이가 관찰되었는데, $F(1,43,97.47)=28.49$, $p<.001$, $\eta_p^2=.30$, 즉 후두 영역에서 가장 큰 세타 파워가 관찰된 반면, 중앙 영역에서 가장 작은 세타 파워가 관찰되었다. 그러나 집단과 영역 간의 상호작용 효과, $F(1,43,97.47)=1.34$, ns , 와 집단 간 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,68)=.01$, ns . 그림 1은 폭음군과 비폭음군이 각 영역에서 보인 평균 세타 파워를 보여준다.

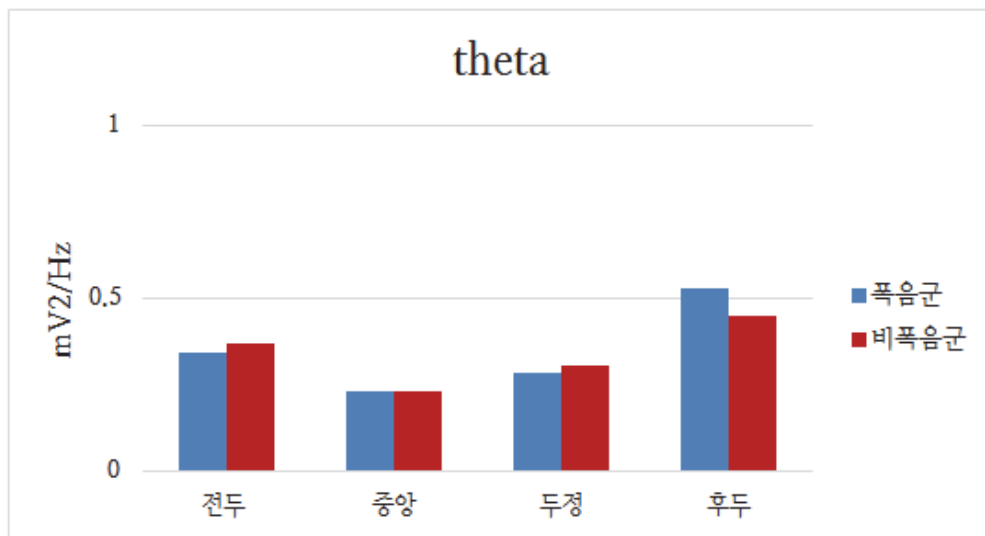


그림 1. 폭음군과 비폭음군의 평균 세타 파워

표 2. 평균 세타 파워의 분산분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	.01	.00	.91
오차	68			
<u>집단내</u>				
영역	1.43	28.49***	.30	.00
영역x집단	1.43	1.34	.02	.26
조건내 오차	97.47			

*** $p < .001$.

2.2. lower 알파 밴드 분석

표 3은 폭음군과 비폭음군의 평균 lower 알파 파워와 관심 영역의 분산분석을 기술한 것이다. lower 알파 파워의 분석 결과, 영역에서 유의한 차이가 관찰되었다, $F(1.11,75.68)=28.78$, $p < .001$, $\eta_p^2=.30$. 후두 영역에서 가장 큰 lower 알파 파워가 관찰된 반면, 중앙 영역에서 가장 작은 lower 알파 파워가 관찰되었다. 그러나 집단과 영역 간의 상호작용 효과, $F(1.11,75.68)=.18$, *ns*, 와 집단 간 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,68)=.64$, *ns*. 그림 2는 폭음군과 비폭음군이 각 영역에서 보인 평균 lower 알파 파워를 보여준다.

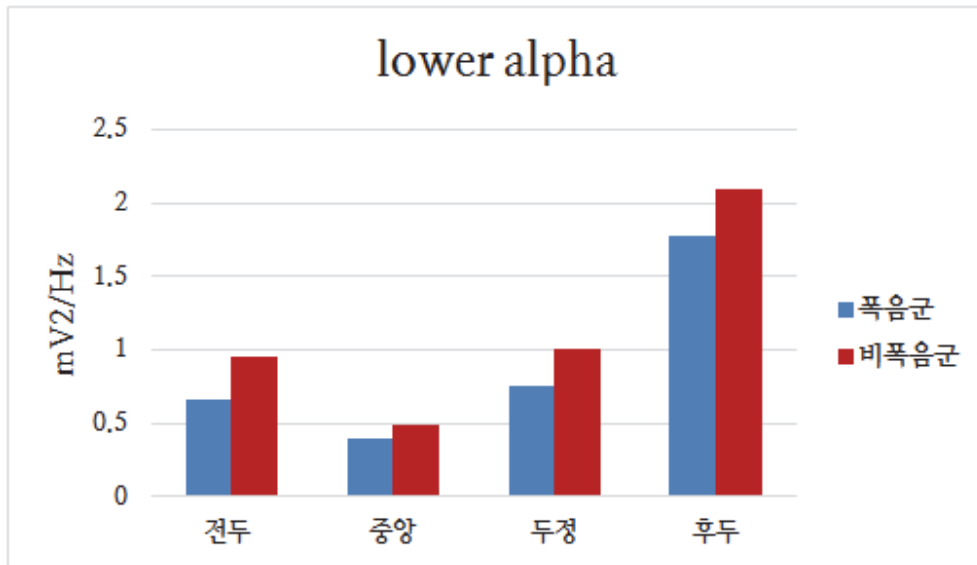


그림 2. 폭음군과 비폭음군의 평균 lower 알파 파워

표 3. 평균 lower 알파 파워의 분산분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	.64	.01	.43
오차	68			
<u>집단내</u>				
영역	1.11	28.78***	.30	.00
영역x집단	1.11	.18	.00	.70
조건내 오차	75.68			

*** $p < .001$.

2.3. upper 알파 밴드 분석

표 4는 폭음군과 비폭음군의 평균 upper 알파 파워와 관심 영역의 분산분석을 기술한 것이다. upper 알파 파워의 분석 결과, 영역에서 유의한 차이가 관찰되었는데, $F(1.12,76.10)=36.02$, $p<.001$, $\eta_p^2=.35$, 즉 후두 영역에서 가장 큰 upper 알파 파워가 관찰된 반면, 중앙 영역에서 가장 작은 upper 알파 파워가 관찰되었다. 그러나 집단과 영역 간의 상호작용 효과, $F(1.12,76.10)=.01$, ns , 와 집단 간 유의한 차이는 관찰되지 않았다, $F(1,68)=.01$, ns . 그림 3은 폭음군과 비폭음군이 각 영역에서 보인 평균 upper 알파 파워를 보여준다.

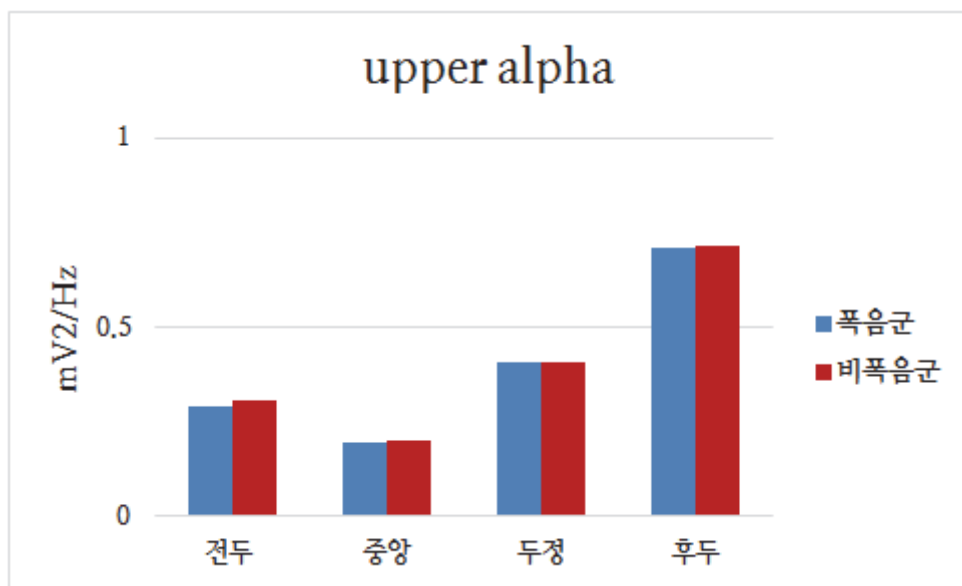


그림 3. 폭음군과 비폭음군의 평균 upper 알파 파워

표 4. 평균 upper 알파 파워의 분산분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	.01	.00	.937
오차	68			
<u>집단내</u>				
영역	1.12	36.02***	.35	.00
영역x집단	1.12	.01	.00	.942
조건내 오차	76.10			

*** $p < .001$

3. 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성 분석

44개 전극 간의 쌍(946개의 전극 쌍)들에서 휴지기 상태 동안에 관찰되는 연결성이 집단 간 유의한 차이가 있는지 분석하였다. 그림 4는 집단 간 유의한 차이가 있는 연결성의 전극 쌍들을 보여준다. 즉, 폭음군이 비폭음군에 비해 연결성 강도가 큰 것은 빨간색, 비폭음군이 폭음군에 비해 연결성 강도가 큰 것은 파란색 선으로 제시하였다($p < .01$).

세타 밴드의 경우, 폭음군이 비폭음군에 비해 더 강한 연결성을 보였다. 주로 우측 전두-좌측 측두와 우측 측두-후두 영역의 전극 쌍에서 강한 연결성이 관찰되었으며, 특히 우측 측두-좌측 후두 영역의 연결성이 가장 강

하게 관찰되었다, $t=3.07$, $p<.01$.

lower 알파 밴드의 경우, 폭음군이 비폭음군에 비해 우측 전두-후두정 중앙(midline), $t=2.46$, $p<.01$, 후두정 중앙-좌측 후두, $t=2.55$, $p<.01$ 와 우측 전두-우측 후두정 영역에서, $t=2.62$, $p<.01$, 더 강한 연결성을 보였다. 반면, 우측 중앙(central)-우측 측두 영역에서는 비폭음군에 비해 폭음군이 더 약한 연결성을 보였다, $t=-2.57$, $p<.01$.

upper 알파의 경우, 폭음군이 비폭음군에 비해 우측 전두-후두정 중앙, $t=2.57$, $p<.01$, 전전두 중앙(midline)-후두정 중앙, $t=3.00$, $p<.01$ 과 좌측 전전두-후두정 중앙 영역에서, $t=2.92$, $p<.01$, 더 강한 연결성을 보였다. 그러나 주로 좌측 전두-좌측 측두와 우측 중앙-좌측 후두 영역에서는 폭음군이 비폭음군에 비해 약한 연결성을 보였는데, 특히 좌측 전두-좌측 전두 영역의 연결성이 가장 약하게 관찰되었다, $t=-2.97$, $p<.01$.

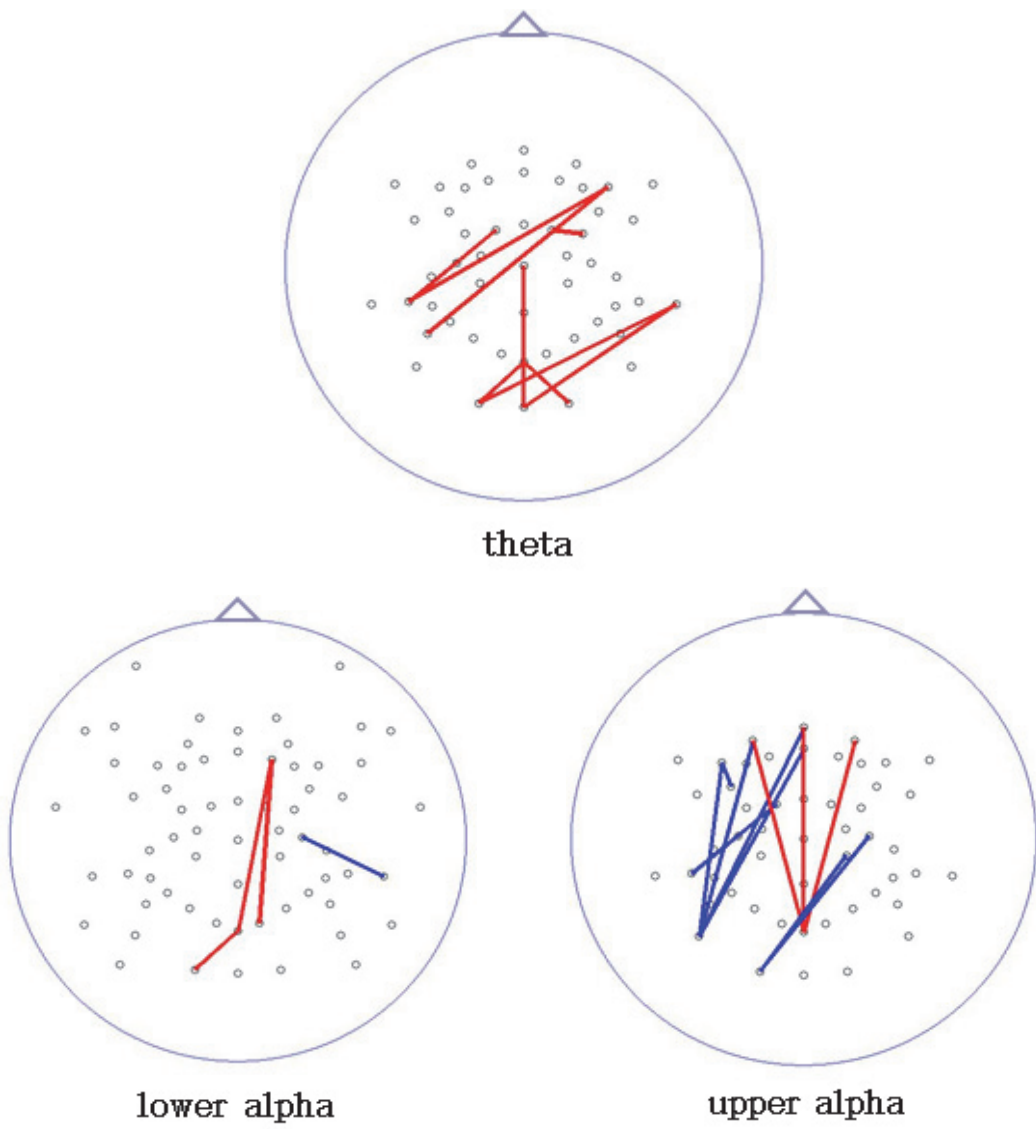


그림 4. 폭음군과 비폭음군의 연결성 강도 비교

4. RCFT 분석

폭음군과 비폭음군의 모사, 즉각적 회상과 지연 회상 단계의 점수가 표 5에 제시되어 있다. 폭음군이 지연 회상에서 비폭음군에 비해 유의하게 낮은 수행을 보였다, $F(1,68)=4.65$, $p<.05$.

표 5. 폭음군과 비폭음군의 RCFT 분석 점수

	폭음군	비폭음군	<i>F</i>
	(<i>n</i> =35)	(<i>n</i> =35)	
	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	
모사	32.13 (2.47)	33.11 (1.68)	3.83
즉각적 회상	21.01 (5.34)	23.01 (4.86)	2.68
지연 회상	20.30 (5.41)	22.93 (4.77)	4.65*
재인	20.37 (2.04)	20.57 (2.03)	.17

* $p<.05$.

5. 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성과 RCFT 수행 간의 관련성

폭음군과 비폭음군에서 유의한 차이가 관찰된 연결성과 RCFT 지연 회상 점수의 관련성을 알아보기 위하여 Pearson 상관 분석을 실시하였다.

폭음군의 경우, upper 알파 밴드에서 집단간 차이가 관찰된 AF3-POz 전극의 연결성(좌측 전전두-후두정 중앙)과 RCFT 지연 회상 점수 간의 유의한 정적 상관이 관찰되었다, $r=.33$, $p<.05$. 비폭음군의 경우, 집단간 차이가 관찰된 연결성과 RCFT 지연 회상 점수 간의 유의한 상관이 관찰되지 않았다.

VI. 논 의

1. 논의

본 연구는 폭음을 하는 대학생들을 대상으로 휴지기 상태의 뇌파를 측정하여 이들의 신경 진동 및 뇌 기능 연결성에 변화가 있는지 알아보고, 이러한 변화가 시각 기억과 어떻게 관련되는지를 알아보고자 하였다.

스펙트럼과 뇌 기능 연결성 분석의 경우, 주파수 밴드를 세타, lower 알파 및 upper 알파 밴드로 각각 나누어 적용하였다.

1.1. 스펙트럼

휴지기 상태 동안 관찰된 세타, lower 알파 및 upper 알파 밴드의 스펙트럼을 분석한 결과, 세 주파수 밴드 모두에서 집단 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 폭음자를 대상으로 휴지기 상태의 신경 진동 스펙트럼을 조사한 선행 연구의 결과와 일치하지 않으며(Correas et al., 2015; López-Caneda et al., 2017), 따라서 가설 1-1과 가설 1-2가 지지되지 않았다.

세타 밴드는 사람이 발달함에 따라 점차 감소한다고 알려져 있으며, 이는 회백질의 부피와 관련이 있다고 여겨진다(Correas et al., 2015; Doallo, Cadaveira, Corral, Mota, López-Caneda, & Holguín, 2014; Howell et al., 2013; Squeglia et al., 2012). 즉, 회백질의 부피는 발달 과정동안 점차 감소하며(Fuhrmann, Knoll, & Blakemore, 2015; Lenroot & Giedd, 2006), 회백질의 부피가 줄어들수록 세타 파워 또한 감소한다고 이해되고 있다. 따라서

선행 연구에서 관찰된 폭음자들의 증가된 세타 파워는 회백질의 발달 지연 때문인 것으로 해석되고 있다(Correas et al., 2015). 하지만 선행 연구들(Correas et al., 2015; López-Caneda et al., 2017)의 피험자 평균 연령은 만 18세로, 음주 시작 시기가 만 14세인 반면, 본 연구의 피험자 평균 연령은 만 21세이며 음주 시작 시기는 만 18세였다. 즉 본 연구에 참여한 연구대상자들은 선행 연구의 대상자들에 비해 회백질의 부피 감소가 이미 이루어진 시기에 음주를 시작하였기 때문에 세타 파워에서 유의한 차이가 관찰되지 않았을 것으로 여겨진다.

알파 밴드는 눈을 감은 편안한 휴식 상태에서 주로 발생하며 후두 영역에서 두드러진다(Campanella, Petit, Maurage, Kornreich, Verbanck, & Noël, 2009). 따라서 알코올 사용 장애 환자들의 알파 파워의 변화는 정상인들에 비해 불안정한 휴식 상태를 나타내주는 지표라고 해석되기도 한다(Begleiter & Platz, 1972). 또한 휴지기 상태 동안의 알파 파워 증가는 기억 과제의 더 나은 수행과 관련이 있다고 보고되고 있다(Klimesch et al., 1999; Vogt et al., 1998; Zunini et al., 2013). 본 연구의 결과에 따르면 폭음군이 비폭음군에 비해 저하된 기억 회상을 보였지만, 국소적인 영역의 변화를 반영하는 스펙트럼 분석에서는 알파 밴드에서 집단 간 차이가 관찰되지 않은 반면, 뇌 영역 간 정보전달을 반영하는 연결성 분석에서는 알파 밴드의 집단 간 차이가 관찰되었다. 따라서 본 연구의 결과는 폭음군의 기억 수행 저하가 국소적인 영역의 알파 밴드 변화 때문이 아닐 가능성을 시사해 줄 수 있다.

또한 일부 선행연구들은 알코올 사용 장애 환자들이 정상통제군보다 감소된 알파 파워를 보인다고 보고하였는데(Enoch et al., 1995, 1999; Enoch, Xu, Ferro, Harris, & Goldman, 2003; Krauss & Niedermeyer, 1991), 이러한 결과는 불안 증세를 보이는 알코올 사용 장애 환자들에서 주로 관찰되었다(Enoch et al., 1995, 1999, 2003). 그리고 알코올 사용 장애 가족력이 있는

일차 가족들이 그렇지 않은 사람들보다 더 감소된 알파 파워를 보였다(Finn & Justus, 1999). 따라서 알파 파워의 감소가 알코올이 미치는 유전적인 영향 및 불안과 관련이 있음을 추측할 수 있다. 즉, 폭음자들에서 감소된 알파 파워를 보고한 연구(Correas et al., 2015)는 불안의 영향을 통제하지 않아 이에 대한 영향을 받았을 가능성이 있다. 하지만 본 연구에서는 유전의 영향을 통제하였고 폭음군과 비폭음군 간의 유의한 불안 차이가 나타나지 않았기 때문에 알파 파워의 변화가 관찰되지 않았을 수 있다.

더 나아가, 스펙트럼 분석을 통해 관찰된 국소적인 영역의 신경 진동 변화는 해당 영역의 기능에 변화가 생겼다는 것을 의미하는 반면(Weiss & Rappelsberger, 2000; Winterer et al., 2003), 멀리 떨어진 영역들의 관계에 대한 정보는 알 수 없다(Winterer et al., 2003). 즉, 스펙트럼 분석과 뇌 기능 연결성은 독립적인 관계라고 할 수 있다(Beaumont & Rugg, 1979). 실제로 알코올 사용 장애 환자를 대상으로 한 일부 선행 연구들에서 주파수 스펙트럼의 활동 변화는 관찰되지 않았지만, 기능적 연결성에서 정상통제군과는 다른 변화가 관찰되었다(Herrera-Díaz et al., 2016; Winterer et al., 2003). 예를 들어, Herrera-Díaz 등(2016)의 연구에서는 정상통제군과 비교했을 때 여성 알코올 사용 장애 환자들의 세타 파워 및 알파 파워의 변화가 관찰되지 않았으나, 이들의 알파 밴드 연결성에서는 변화가 관찰되었다.

본 연구에서도 스펙트럼 활동의 집단 간 차이가 관찰되지 않은 반면, RCFT와 뇌 기능 연결성 분석에서는 집단 간 차이가 관찰되었다. 이러한 결과는 폭음군의 뇌 영역의 기능에 변화가 일어나지 않았을 가능성을 나타내며, 스펙트럼의 변화가 없어도 인지 기능의 결함이 나타날 수 있다는 것을 시사한다. 또한 국소적인 뇌 영역의 병변 혹은 이상 없이 연결성의 손상만으로도 인지 기능의 결함이 일어날 수 있기 때문에(Nomura, Gratton, Visser, Kayser, Perez, & D'Esposito, 2010), 폭음자들의 뇌 기능 연결성 변

화 패턴을 조사할 필요성을 지지해준다.

1.2. 뇌 기능 연결성

단일 뉴런은 독립적으로 기능하지 않으며, 여러 뇌 영역들과 구조적 혹은 기능적으로 연결되어 정보를 처리 한다(Fell & Axmacher, 2011). 특히 입력된 정보를 통합하기 위해서는 여러 영역들에서 발생하는 신경 진동의 동기화를 통한 연결성이 필요하며(Buzsáki & Draguhn, 2004), 가까운 영역 보다는 멀리 떨어진 영역들 간의 동기화가 영역들 간 의사소통과 정보 통합에 중요한 기제라고 제안되고 있다(Coullaut-Valera et al., 2014). 예를 들어, 시각 기억은 시지각 처리 및 시각 정보 저장과 관련된 넓은 범위의 영역들이 네트워크를 형성하여 정보를 통합하는 활동에 영향을 받는다(Fuster, 1997; Goldman-Rakic, 1995; Magnussen, 2000)

알코올이 정보 전달의 속도에 중요한 역할을 하는 수초의 형성을 저해시킬 수 있기 때문에(Jacobus et al., 2009; Squeglia et al., 2015), 알코올이 뇌 영역들 간의 기능적 연결성에 해로운 영향을 미칠 수 있다는 연구들이 보고되고 있다. 이는 부적절한 수초화로 인해 백질이 손상될 수 있으며(Jacobus et al., 2009, 2013; Squeglia et al., 2015), 이로 인해 뇌 영역들 간의 기능적 연결이 손상되어 정보 전달의 효율성이 감소될 수 있기 때문이다(Coreas et al., 2015; De Bruin et al., 2004; McQueeney et al., 2009; Thayer et al., 2013). 즉, 알코올로 인한 백질의 손상으로 인해 뇌 기능 연결성에도 변화가 나타날 가능성이 있다(Coreas et al., 2015). 이에 따라 알코올이 뇌 영역 간의 상호작용에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 주파수 밴드의 위상 일관성을 통해 기능적 연결성을 분석하였다.

1.2.1. 세타 밴드

휴지기 상태 동안 관찰된 세타 밴드의 뇌 기능 연결성을 분석한 결과, 폭음군이 비폭음군에 비해 더 강한 연결성을 보였다. 비록 폭음자를 대상으로 휴지기 상태의 뇌 기능 연결성을 조사한 연구는 매우 제한적이지만, 폭음자들이 비폭음자들보다 강한 세타 연결성을 보인다고 보고한 Correias 등 (2015)의 연구와 일치하는 결과이다. 알코올 사용 장애 환자들을 대상으로 연결성의 변화를 조사한 연구들은 알코올 사용 장애 환자들이 정상통제군에 비해 대부분의 주파수 밴드에서 주로 증가된 연결성을 보임을 보고하고 있다(Kaplan et al., 1985; Michael et al., 1993; Winterer et al., 2003). 폭음과는 다른 음주 패턴이지만, 일주일에 30잔 이상의 술을 마시는 과음주자 (heavy drinker)들의 경우에도 휴지기 동안 증가된 세타 연결성을 보였으며 (De Bruin et al., 2004), 아편이나 대마초 같은 물질 남용 집단에서도 증가된 세타 연결성이 관찰되었다(Coullaut-Valera et al., 2014; Orr et al., 2013).

뇌가 적절한 기능을 하기 위해서는 영역들 간의 동기화 뿐만 아니라 비동기화 또한 필요하기 때문에(Friston, 2000; Stam & De Bruin, 2004), 정상인들에서 관찰되는 다른 뇌 영역 간 동기화 및 비동기화는 뇌 기능 연결의 신속한 형성과 해체로 인한 것으로 보여진다(Herrera-Díaz et al., 2016). 이러한 동기화의 역동은 “fragile binding”이라고 지칭되며, 연결성이 끊어지거나 (disconnection) 과해지는(excessive) 두 가지 방식으로 손상될 수 있다 (Stam & Van Straaten, 2012). 따라서 세타 연결성의 증가가 더 나은 기능적 연결성을 의미하는 것은 아니다. 예를 들어, 뇌전증 환자의 경우, 발작이 발생할 때 신경 세포의 과도한 연결이 발생된다고 보고되며(Gorji & Speckmann, 2009), 경도 인지 장애(mild cognitive impairment) 환자들에서

도 치매의 전조 증상으로 휴지기 상태의 증가된 세타 연결성이 보고되고 있다(Buldú et al., 2011; Jiang, 2005; Pijnenburg, Vd Made, Van Walsum, Knol, Scheltens, & Stam, 2004).

이러한 비정상적인 과연결성이 손상된 국소적인 영역 혹은 감소되거나 변화된 다른 연결성에 대한 보상 기제라는 해석이 제안되고 있다(Correas et al., 2015; Coullat-valera et al., 2014). 예를 들어, 청소년과 젊은 학생들을 대상으로 한 연구들(Rosazza & Minati, 2011; Squeglia, Schweinsburg, Pulido, & Tapert, 2011; Xiao et al., 2013)은 폭음자들과 비폭음자들의 인지 수행 수준이 유사함에도 불구하고 폭음자들이 비폭음자들에 비해 인지 과제 수행 동안 증가된 뇌 활동을 보임을 관찰하였다. 따라서, 폭음자들에서 관찰된 증가된 세타 연결성은 정상적인 행동 수행을 촉진시키기 위한 보상기제로 설명될 수 있다(Correas et al., 2016).

1.2.1. 알파 밴드

알파 밴드는 다양한 인지 과정과 관련이 있다(Grandy et al., 2013; Klimesch, 1999). 구체적으로, lower 알파 밴드의 경우 주의 처리 과정에 중요한 역할을 한다고 알려져 있으며(Horschig et al., 2014), upper 알파 밴드는 기억 과정에 영향을 미친다고 보고되고 있다(Clark et al., 2004; Klimesch, 1997; Lebedev, 1994). 따라서 최근에는 기존의 8-12Hz 대역의 알파 밴드를 lower 알파와 upper 알파 밴드로 구별하여 알파 밴드와 인지 과정에 대한 관계를 세부적으로 살펴보고 있다.

lower 알파 밴드와 upper 알파 밴드에 대한 뇌 기능 연결성 분석 결과, 일부 영역에서는 폭음군이 비폭음군에 비해 강한 연결성을 보임이 관찰된 반면, 또 다른 영역에서는 폭음군이 약한 연결성을 보임이 관찰되었다.

lower 알파 밴드의 경우, 폭음군이 비폭음군에 비해 감소된 연결성보다 증가된 연결성을 더 많이 보였으며, 폭음군의 upper 알파 밴드의 연결성은 전전두-후두정 영역에서 증가되었다. 이는 알코올 사용 장애 환자군에서 증가된 알파 연결성을 보고한 Winterer 등(2003)의 결과와 일치한다. 세타 밴드에서 관찰된 연결성 증가와 마찬가지로 lower 알파 밴드 및 upper 알파 밴드에서 관찰된 증가된 연결성 또한 특정 영역의 손상 혹은 변화된 다른 연결성에 대한 보상 기제일 수 있다(Correias et al., 2015; Coullat-valera et al., 2014).

주로 좌측 전두-좌측 측두와 우측 중앙-좌측 후두 영역에서 감소된 폭음군의 upper 알파 연결성은 폭음자를 대상으로 한 Correias 등(2015)의 연구와 일치하는 결과이다. 또한 이러한 결과는 여성 알코올 사용 장애 환자들(Herrera-Díaz et al., 2016)과 과음주자들(De Bruin, Stam, Bijl, Verbaten, & Kenemans, 2006)을 대상으로 한 선행 연구와도 일치한다. 감소된 기능적 연결성은 해당 영역 간 약화된 네트워크를 반영한다고 제안된다(Coullat-Valera et al., 2014; De Bruin et al., 2006). 즉 뇌 영역 간의 해부학적 연결의 손상이 기능적 연결의 감소로 관찰됐을 수 있다(Stam & Van Straaten, 2012).

확산 텐서 영상(Diffusion Tensor Imaging; DTI)을 사용하여 폭음자의 백질을 조사한 연구들은 이들의 백질 손상을 보고하고 있다(Bava, Jacobus, Thayer, & Tapert, 2013; Jacobus et al., 2009; McQueeney et al., 2009; Smith et al., 2017). 예를 들어, McQueeney 등(2009)은 폭음자들이 비폭음자들에 비해 전두, 측두, 두정 영역 및 소뇌의 백질의 손상을 보인다고 보고하였다. 하지만 폭음자들의 백질 손상이 관찰되지 않은 연구도 보고되었다(Correias et al., 2016). Correias 등(2016)은 fMRI를 사용하여 DMN 동안에 발생하는 폭음자들의 뇌 기능 연결성을 측정하는 것과 동시에, DTI를 통해

이들의 백질에 관한 정보 또한 알아보고자 하였다. 즉, 폭음자들의 기능적 연결성과 구조적 연결성을 조사하였는데, 폭음자들이 비폭음자들에 비해 전두-두정 영역의 기능적 연결성 증가를 보인 반면, 백질의 손상은 보이지 않았다. 이러한 결과는 폭음으로 인한 해부학적인 변화가 발견되기 전에도 기능적인 변화가 관찰될 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 폭음자에서 관찰된 알파 연결성의 감소는 알코올로 인해 좌측 전두-좌측 측두 영역과 우측 중앙-좌측 후두 영역의 해부학적 연결이 손상되었을 가능성을 시사하며, 해당 영역의 백질이 손상되지 않았더라도 기능적 연결성에서 변화가 발생하였다고 추측할 수 있다.

1.3. 시각 기억 결함

RCFT에서 관찰된 행동 수행을 분석한 결과, 폭음군이 비폭음군에 비해 지연 회상에서 유의하게 낮은 수행을 보였다. 이는 폭음자가 시각 기억 결함을 보인다는 선행 연구들(한수경, 2016; Scaife & Duka, 2009; Squeglia et al., 2009; Winward et al., 2014)과 일부 일치하는 결과이며, 가설 3-1과 3-3을 지지한다.

RCFT의 모사, 즉각적 회상과 지연 회상 단계는 각기 다른 신경심리기능을 반영하는 것으로 알려져 있다. 모사 단계는 시공간 및 조직화 능력을 반영하며, 즉각적 회상 단계는 기억의 부호화를 반영하고 지연 회상 단계는 정보의 파지 및 인출을 평가한다(Chiulli et al., 1995; Meyers & Meyers, 1995; Shorr et al., 1992). 따라서 이러한 결과는 폭음군이 비폭음군과 유사한 조직화 및 부호화 능력을 유지하고 있지만, 정보의 파지와 인출에 어려움을 가지고 있음을 시사한다. 본 연구의 대상자들은 선행 연구들(Correas et al., 2015; López-Caneda et al., 2017; Squeglia et al., 2009; Winward et

al., 2014)의 대상자에 비해 음주 기간이 짧고 폭음을 하는 빈도가 낮았다. 즉, 이러한 차이 때문에 가설 3-2가 지지되지 않았을 수 있으며, 이러한 결과는 조직화 및 부호화 능력보다 정보의 파지와 인출 능력이 알코올의 영향을 더 빨리 받을 가능성을 시사한다. 실제로 Gil-Hernandez 등(2017)은 폭음을 시작한 지 약 5년 동안에는 폭음자들과 비폭음자들의 집행 기능 능력에 유의한 차이가 없지만, 이후에는 폭음자들이 비폭음자들에 비해 집행 기능 수행 능력이 점차 감소하는 것을 관찰하였다.

1.4. 뇌 기능 연결성과 시각 기억 결함

폭음군과 비폭음군은 세타 밴드에서 9개, lower 알파 밴드에서 4개, upper 알파 밴드에서 11개의 유의한 연결성 차이를 보였으며, RCFT 수행에서는 폭음군이 비폭음군에 비해 지연 회상 수행의 저하가 관찰되었다. 따라서 폭음군과 비폭음군에서 유의한 차이가 관찰된 24개의 연결성과 지연 회상 점수의 상관을 집단별로 분석하였다. 폭음군의 경우, 좌측 전전두와 후두정 중앙 영역의 upper 알파 밴드의 연결성과 RCFT 지연 회상 점수 간의 유의한 정적 상관이 관찰된 반면, 비폭음군에서는 유의한 상관이 관찰되지 않았다. 즉 이러한 결과는 폭음군이 좌측 전전두-후두정 중앙 영역의 upper 알파 밴드 연결성이 강할수록 더 나은 RCFT 지연 회상 수행을 보였다는 것을 의미한다.

비록 정보의 저장 및 인출에 관여하는 신경 체계가 정확하게 알려지지 않고 있지만(Roudi & Latham, 2007), 측두 영역과 두정 영역 내의 영역들이 기억을 회상하는 동안 활성화된다고 보고되고 있다(Henson, Rugg, Shallice, Josephs, & Dolan, 1999; Kahn, Davachi, & Wagner, 2004; Wagner, Shannon, Kahn, & Buckner, 2005). 측두 및 두정 영역은 해마

(hippocampus), 후각 피질(entorhinal cortex), 후측 대상 피질, 설전부, 하두정피질(inferior parietal), 중측두피질(middle temporal cortex) 등으로 구성되며(Barnes, Scahill, Frost, Schott, Rossor, & Fox, 2008; Baron et al., 2001; Du et al., 2007; Fjell et al., 2008; Karas et al., 2008), 이 영역들 중 일부는 기억 네트워크의 필수적인 영역이라고 보고되었다(Buckner, 2004). 더욱이, 시지각 기능은 주로 두정엽이 관여하기 때문에(Coull & Nobre, 1998; Dudkin, Chueva, Makarov, & Orlov, 1999), 시공간과 관련된 정보의 저장에는 두정엽과 다른 영역들 간의 연결이 필요하다고 제안된다(Dudkin et al., 1999).

RCFT는 시각 기억과 함께 시구성 능력 또한 측정할 수 있는 검사이다(Knight & Kaplan, 2003). RCFT 검사에서 제시되는 도형은 복잡하기 때문에, 검사를 잘 수행하기 위해서는 정보를 부호화하는 조직화 전략 및 계획 능력이 필요하다(Grant & Adams, 2009). 조직화 전략은 복잡한 시각 자극을 부호화하는 방법으로(Shorr et al., 1992), 전두엽이 관여한다고 여겨지는 기능이다(Shin et al., 2004). 즉, RCFT의 수행에는 전두 영역과 두정 영역의 연결이 필요하다고 추측할 수 있다. 시지각 기억 수행과 휴지기 상태에서 관찰된 두정 영역의 알파 파워 간에 상관을 보고한 연구 결과(Gevins & Smith, 2000)와 RCFT 수행과 휴지기 상태에서 관찰된 전두 영역의 알파 파워 간의 상관을 보고한 연구 결과(Shin et al., 2004)가 이러한 추측을 지지해준다.

Upper 알파 밴드의 신경 진동은 기억 회상 능력과 관련이 있다고 여겨지며(Clark et al., 2004; Klimesch et al., 1999), 기억 회상 수행 능력이 좋을수록 증가된 upper 알파 파워가 보고되었다(Klimesch et al., 1999). 하지만, 신경 진동 수준에서 기억에 영향을 미치는 upper 알파 밴드의 역할이 제안되고 있음에도 불구하고, upper 알파 밴드에서 이루어지는 영역 간 연결성

이 기억과 어떤 관련이 있는지에 대한 연구는 보고되지 않고 있다.

본 연구에서는 폭음군의 전두 영역과 후두 영역의 upper 알파 밴드 연결성이 증가할수록 RCFT 지연 회상 수행이 더 나은 결과가 관찰되었다. 이러한 결과는 RCFT 수행에 전두 영역과 두정 영역의 상호작용이 필요할 것이라는 예상을 뒷받침해 줄 수 있다. 또한 저장된 기억을 인출할 때 전두-후두정 영역의 upper 알파 연결성이 관여할 가능성을 제안해 볼 수 있다.

이에 덧붙여, 본 연구에서 상관이 관찰된 upper 알파 밴드의 연결성은 폭음군이 비폭음군에 비해 더 강한 연결성을 보인 곳이다. 즉, 변화된 다른 연결성에 대한 보상 기제로써 증가된 연결성을 보였을 것이라고 추측된 연결성 중에 하나이다. 앞서 기술된 것처럼, 증가된 연결성은 손상된 다른 연결성에 대한 보상기제로써 작동한 결과일 수 있다. 따라서 폭음군에서 관찰된 전두-후두정 영역에서 증가된 upper 알파 연결성과 RCFT 지연 수행 간의 정적 상관은 해당 연결성이 정상적인 행동 수준을 유지하기 위한 보상 기제로써 강화되어 작동했을 가능성을 추측할 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 관찰되지 않은 다른 국소적인 영역의 손상이 존재할 가능성, 손상된 연결성의 손상이 상대적으로 크고 보상 기제로써 작동하는 연결성은 부족할 가능성 등의 이유로 폭음 집단이 비폭음 집단에 비해 행동 수행의 저하가 관찰됐을 것이라고 추측해 볼 수 있다.

종합하면, 폭음군과 비폭음군은 스펙트럼 분석에서 집단 간 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 뇌 기능 연결성 분석에서는 유의한 차이를 보였다. 또한 집단 간 유의한 차이가 나타난 upper 알파 밴드의 연결성과 폭음군의 RCFT 지연 회상 수행 간의 정적 상관이 관찰되었다. 스펙트럼 분석은 국소적인 뇌 영역의 특징을 반영한다고 알려져 있으며, 뇌 기능 연결성 분석은 여러 영역들 간의 상호작용 특징을 반영한다고 이해된다. 따라서 본 연구의 결과는 폭음이 특정한 뇌 영역의 활동을 변화시키지는 않을 수 있지만, 여

러 영역들 간의 정보 전달에는 부정적인 영향을 줄 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 변화는 해부학적 손상으로 인한 연결성 약화와 이를 보상하기 위한 과도한 연결성으로 나타날 가능성이 있다. 나아가 폭음군의 upper 알파 연결성과 행동 수행 간의 정적 상관성이 관찰된 본 연구 결과는 폭음군 기억 회상 수행에서 결함을 보이지만, 신경학적인 손상을 보상하고 행동 수행을 정상 수준으로 유지하기 위한 노력이 있다는 것을 시사할 수 있다.

2. 제한점 및 후속연구를 위한 제안

본 연구는 다음의 제한점을 가지고 있다.

첫째, 연구에 참여한 대상자들의 대부분이 성인기 초기에 있는 여성이기 때문에 본 연구의 결과를 전체 성인 집단에 일반화시키기에는 다소 제한이 있다. 따라서 추후 연구에서는 연구 대상자의 표본을 다양화한다면 폭음군의 신경학적 특성에 관해 더 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 알코올이 남성보다는 여성의 뇌에 더 해로운 영향을 미친다는 연구들이 보고되고 있기 때문에(Scaife & Duka, 2009; Squeglia et al., 2011; Townshend & Duka, 2005) 후속 연구에서 폭음군을 여성과 남성으로 구분한다면 성차에 따른 폭음의 신경학적 영향을 관찰할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서는 고밀도 사건관련전위(64채널)를 사용하였지만 뇌파의 근원지를 명확하게 밝히기에는 한계가 있었다. 따라서 근원지 국재화(source localization) 기법 또는 뇌 영상 기법을 추가적으로 사용한다면 폭음군의 휴지기 상태의 신경학적 기제를 보다 명확하게 이해할 수 있을 것이다.

넷째, 기존의 DMN 연구들은 휴지기 상태를 기본 상태(baseline)로 설정하고, 과제를 수행할 때 관찰되는 뇌 활성화와 휴지기 상태 시 관찰되는 뇌

활성화를 비교하여 휴지기 상태에서 두드러지는 뇌 활동을 관찰한다. 하지만 본 연구에서는 휴지기 상태만을 측정하였기 때문에 관찰되는 결과들이 DMN이라고 하기에는 다소 무리가 있을 것이다.

다섯째, 시각 기억 과제를 수행할 때 뇌파를 측정하지 않았기 때문에 휴지기 상태의 뇌파 상태와 행동 수행 간의 관계성을 관찰하기에는 다소 제한이 있었다. 따라서 추후 연구에서는 기억 과제를 수행하는 동안 뇌파를 측정하여 휴지기 상태 시 관찰되는 뇌파와 기억 과제 시 관찰되는 뇌파를 비교한다면 DMN과 시각 기억의 신경학적 기제에 관한 보다 명확한 이해가 가능할 것이다.

여섯째, 본 연구는 스펙트럼 분석과 뇌 기능 연결성 분석만을 사용하였다. 네트워크 분석을 사용한다면 집단 간 차이를 보이는 연결성의 개수뿐만 아니라 얼마나 효율적인 연결성을 가지고 있는지에 대한 추가적인 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 국민 건강영양조사 국민건강통계 (2013). 2012 : 국민건강영양조사 제 5기 3 차년도. <http://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do> 에서 2014. 09. 11. 자료 얻음.
- 김미례, 장환일, 김경빈 (1995). 한국어판 알코올중독자 자녀 선별검사 (The Korean Version of the Children of the Children of Alcoholics Screening Test; CASTK) 의 개발: 신뢰도 및 타당도 연구. 한국정신의학회지, 34(4), 1182-1193.
- 김용석 (1999). 국내외 알코올 사용장애 선별도구의 비교를 통한 한국성인의 알코올 사용장애에 관한 역학조사. 한국사회복지학, 37, 67-88.
- 김정택, 신동균 (1978). STAI 의 한국표준화에 관한 연구. 최신의학, 21(11), 69-75.
- 김종성, 오미경, 박병강, 이민규, 김갑중, 오장균 (1999). 한국에서 alcohol use disorders identification test (AUDIT) 를 통한 알코올리즘의 선별 기준. 가정의학회지, 20(9), 1152-1159.
- 류미, 이민규, 신희천 (2010). 대학생의 폭음 관련 사회인지적 요인과 음주 정도의 관계. 한국심리학회지: 문화 및 사회문제, 16(1), 63-79.
- 박은철 (2018). 대학생 음주행태 현황 및 개선대책. 질병관리본부, 2월 20일. 서울: 국회의원회관.
- 서경현, 김보연 (2011). 대처 음주의 개념과 측정. 한국심리학회지: 건강, 16(4), 815-825.
- 서경현 (2003). 음주 동기, 문제음주 및 음주 가족력과 대학생의 데이트 폭력. 한국심리학회지: 문화 및 사회문제, 9(2), 61-78.

- 양난미, 송영이 (2013). 심각한 수시 폭음을 하는 대학생의 음주 경험에 관한 질적 연구. 한국심리학회지: 상담 및 심리치료, 25(1), 83-109.
- 양난미 (2010). 성, 음주정도에 따른 대학생의 음주문제 이해. 상담학연구, 11(4), 1707-1727.
- 염태호, 박영숙, 오경자, 김정규, 이영호 (1992). 한국판 웨슬러 지능검사 (K-WAIS)의 실시요강. 서울: 한국 가이던스.
- 유지연 (2015). 폭음을 하는 대학생의 의사결정 결함 연구. 성신여자대학교 석사학위 청구논문
- 유채영 (2000). 가족형 문제음주자와 비가족형 문제음주자의 비교 연구. 한국가족복지학, 5, 223-254.
- 윤명숙 (2006). 알코올중독 가족력을 가진 대학생 자녀의 ACOA 성향과 문제음주에 관한 연구. 한국알코올과학회지, 7(2), 29-44.
- 이병욱, 이충헌, 이필구, 최문종, 남궁기 (2000). 한국어판 알코올 사용장애 진단 검사(AUDIT: Alcohol Use Disorders Identification Test)의 개발: 신뢰도 및 타당도 검사. 중독정신의학, 4, 83-92.
- 이영호, 송종용 (1991). BDI, SDS, MMPI-D 척도의 신뢰도 및 타당도에 대한 연구. 한국심리학회지: 임상, 10(1), 98-113.
- 전영민 (2009). 대학생 폭음집단에서 한국어판 변화동기척도 (SOCRATES-K)의 요인구조. 한국심리학회지: 임상, 28(3), 877-892.
- 정진욱 (2015). 알코올 중독 관련 요인분석 및 정책방향. 보건복지포럼, 6-16.
- 제갈정 (2011). 대학생의 음주실태와 개선방안. 대한보건협회 보건종합학술대회, 2011, 42-42.
- 천성수, 김미경, 윤선미, 정현미, 유재현, 이상숙 (2009). 한국인의 문제음주 및 알코올사용장애 연구. 알코올과 건강행동연구, 10(2), 129-139.

- 한수경 (2016). 조직화 전략 결함이 폭음 대학생의 시각 기억에 미치는 영향. 성신여자대학교 석사학위논문.
- 한오수, 홍진표 (2000). DSM-IV의 제 1축 장애의 구조화된 임상적 면담. 서울: 하나의학사.
- Adhikari, S., Rana, M., Shakya, S., & Ojha, S. P. (2016). Cognitive Dysfunctions in Patients with Alcohol Dependence Syndrome in a Tertiary Hospital in Kathmandu. *Journal of Nepal Medical Association*, 54(201), 17-23.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- Anderson, K. L., Rajagovindan, R., Ghacibeh, G. A., Meador, K. J., & Ding, M. (2009). Theta oscillations mediate interaction between prefrontal cortex and medial temporal lobe in human memory. *Cerebral Cortex*, 20(7), 1604-1612.
- Andersson, C., Johnsson, K. O., Berglund, M., & Öjehagen, A. (2007). Alcohol involvement in Swedish university freshmen related to gender, age, serious relationship and family history of alcohol problems. *Alcohol and Alcoholism*, 42(5), 448-455.
- Arnett, J. J. (2005). The developmental context of substance use in emerging adulthood. *Journal of Drug Issues*, 35(2), 235-254.
- Babor, T. F., Higgins-Biddle, J. C., Saunders, J. B., & Monteiro, M. G. (2001). *AUDIT: The Alcohol Use Disorders Identification Test: Guidelines for use in primary health care, second edition*. Geneva: World Health Organization.

- Barnes, J., Scahill, R. I., Frost, C., Schott, J. M., Rossor, M. N., & Fox, N. C. (2008). Increased hippocampal atrophy rates in AD over 6 months using serial MR imaging. *Neurobiology of Aging, 29*(8), 1199-1203.
- Baron, J. C., Chetelat, G., Desgranges, B., Percey, G., Landeau, B., De La Sayette, V., & Eustache, F. (2001). In vivo mapping of gray matter loss with voxel-based morphometry in mild Alzheimer's disease. *Neuroimage, 14*(2), 298-309.
- Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., Magee, C. A., & Rushby, J. A. (2007). EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology, 118*(12), 2765-2773.
- Battaglia, F. P., Benchenane, K., Sirota, A., Pennartz, C. M., & Wiener, S. I. (2011). The hippocampus: hub of brain network communication for memory. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(7), 310-318.
- Bava, S., Jacobus, J., Thayer, R. E., & Tapert, S. F. (2013). Longitudinal changes in white matter integrity among adolescent substance users. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 37*(s1).
- Beatty, W. W., Hames, K. A., Blanco, C. R., Nixon, S. J., & Tivis, L. J. (1996). Visuospatial perception, construction and memory in alcoholism. *Journal of Studies on Alcohol, 57*(2), 136-143.
- Beatty, W. W., Blanco, C. R., Hames, K. A., & Nixon, S. J. (1997). Spatial cognition in alcoholics: influence of concurrent abuse of other drugs. *Drug and Alcohol Dependence, 44*(2-3), 167-174.
- Beaumont, J. G., & Rugg, M. D. (1979). The specificity of

- intrahemispheric EEG alpha coherence asymmetry related to psychological task. *Biological Psychology*, 9(4), 237-248.
- Begleiter, H., & Platz, A. (1972). The effects of alcohol on the central nervous system in humans. *The Biology of Alcoholism*, 293-343.
- Begleiter, H., & Porjesz, B. (1999). What is inherited in the predisposition toward alcoholism? A proposed model. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 23(7), 1125-1135.
- Blakemore, S. J., & Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(3-4), 296-312.
- Bolter, J. F., & Hannon, R. (1986). Lateralized cerebral dysfunction in early and late stage alcoholics. *Journal of Studies on Alcohol*, 47(3), 213-218.
- Bonomo, Y. A., Bowes, G., Coffey, C., Carlin, J. B., & Patton, G. C. (2004). Teenage drinking and the onset of alcohol dependence: a cohort study over seven years. *Addiction*, 99(12), 1520-1528.
- Boutros, N. N., Arfken, C., Galderisi, S., Warrick, J., Pratt, G., & Iacono, W. (2008). The status of spectral EEG abnormality as a diagnostic test for schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 99(1), 225-237.
- Britz, J., Landis, T., & Michel, C. M. (2008). Right parietal brain activity precedes perceptual alternation of bistable stimuli. *Cerebral Cortex*, 19(1), 55-65.
- Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AD:

- multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44(1), 195-208.
- Buldú, J. M., Bajo, R., Maestú, F., Castellanos, N., Leyva, I., Gil, P., ... & Boccaletti, S. (2011). Reorganization of functional networks in mild cognitive impairment. *PloS One*, 6(5), e19584.
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science*, 304(5679), 1926-1929.
- Campanella, S., Petit, G., Maurage, P., Kornreich, C., Verbanck, P., & Noël, X. (2009). Chronic alcoholism: insights from neurophysiology. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 39(4-5), 191-207.
- Chanraud, S., Pitel, A. L., Pfefferbaum, A., & Sullivan, E. V. (2011). Disruption of functional connectivity of the default-mode network in alcoholism. *Cerebral Cortex*, 21(10), 2272-2281.
- Chen, A. C., Feng, W., Zhao, H., Yin, Y., & Wang, P. (2008). EEG default mode network in the human brain: spectral regional field powers. *Neuroimage*, 41(2), 561-574.
- Chen, Y. L., Yang, C. Y., Chen, S. J., Chen, Y. C., & Su, C. Y. (2018). Everyday memory problems in alcohol abuse and dependence: frequency, patterns and patient-proxy agreement. *Psychiatry Research*, 261, 488-497.
- Chiulli, S. J., Haaland, K. Y., Larue, A., & Garry, P. J. (1995). Impact of age on drawing the Rey-Osterrieth Figure. *The Clinical Neuropsychologist*, 9(3), 219-224.
- Clark, C. R., Veltmeyer, M. D., Hamilton, R. J., Simms, E., Paul, R.,

- Hermens, D., & Gordon, E. (2004). Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span. *International Journal of Psychophysiology*, *53*(1), 1-9.
- Correas, A., Rodriguez Holguín, S., Cuesta, P., López-Caneda, E., García-Moreno, L. M., Cadaveira, F., & Maestú, F. (2015). Exploratory analysis of power spectrum and functional connectivity during resting state in young binge drinkers: a MEG study. *International Journal of Neural Systems*, *25*(03), 1550008.
- Correas, A., Cuesta, P., López-Caneda, E., Holguín, S. R., García-Moreno, L. M., Pineda-Pardo, J. A., ... & Maestú, F. (2016). Functional and structural brain connectivity of young binge drinkers: a follow-up study. *Scientific Reports*, *6*, 31293.
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *Journal of Neuroscience*, *18*(18), 7426-7435.
- Coullaut-Valera, R., Arbaiza, I., Bajo, R., Arrúe, R., López, M. E., Coullaut-Valera, J., ... & Papo, D. (2014). Drug polyconsumption is associated with increased synchronization of brain electrical-activity at rest and in a counting task. *International Journal of Neural Systems*, *24*(01), 1450005.
- Courtney, K. E., & Polich, J. (2009). Binge drinking in young adults: data, definitions, and determinants. *Psychological Bulletin*, *135*(1), 142-156
- Courtney, K. E., & Polich, J. (2010). Binge drinking effects on EEG in

- young adult humans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(5), 2325-2336.
- Coutin-Churchman, P., Moreno, R., Añez, Y., & Vergara, F. (2006). Clinical correlates of quantitative EEG alterations in alcoholic patients. *Clinical Neurophysiology*, 117(4), 740-751.
- Crego, A., Holguín, S. R., Parada, M., Mota, N., Corral, M., & Cadaveira, F. (2009). Binge drinking affects attentional and visual working memory processing in young university students. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 33(11), 1870-1879.
- Crego, A., Rodríguez-Holguín, S., Parada, M., Mota, N., Corral, M., & Cadaveira, F. (2010). Reduced anterior prefrontal cortex activation in young binge drinkers during a visual working memory task. *Drug and Alcohol Dependence*, 109(1), 45-56.
- Daig, I., Mahlberg, R., Schroeder, F., Gudlowski, Y., Wrase, J., Wertenauer, F., ... & Kienast, T. (2010). Low effective organizational strategies in visual memory performance of unmedicated alcoholics during early abstinence. *GMS Psycho-Social-Medicine*, 7, 1-10.
- Daselaar, S. M., Prince, S. E., & Cabeza, R. (2004). When less means more: deactivations during encoding that predict subsequent memory. *Neuroimage*, 23(3), 921-927.
- Davidson, R. J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40(5), 655-665.
- Dawson, L. K., & Grant, I. (2000). Alcoholics' initial organizational and problem-solving skills predict learning and memory performance

- on the Rey - Osterrieth Complex Figure. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(1), 12-19.
- De Bellis, M. D., Clark, D. B., Beers, S. R., Soloff, P. H., Boring, A. M., Hall, J., ... & Keshavan, M. S. (2000). Hippocampal volume in adolescent-onset alcohol use disorders. *American Journal of Psychiatry*, 157(5), 737-744.
- De Bruin, E. A., Bijl, S., Stam, C. J., Böcker, K. B., Kenemans, J. L., & Verbaten, M. N. (2004). Abnormal EEG synchronisation in heavily drinking students. *Clinical Neurophysiology*, 115(9), 2048-2055.
- De Bruin, E. A., Stam, C. J., Bijl, S., Verbaten, M. N., & Kenemans, J. L. (2006). Moderate-to-heavy alcohol intake is associated with differences in synchronization of brain activity during rest and mental rehearsal. *International Journal of Psychophysiology*, 60(3), 304-314.
- Deco, G., & Corbetta, M. (2011). The dynamical balance of the brain at rest. *The Neuroscientist*, 17(1), 107-123.
- Doallo, S., Cadaveira, F., Corral, M., Mota, N., López-Caneda, E., & Holguín, S. R. (2014). Larger mid-dorsolateral prefrontal gray matter volume in young binge drinkers revealed by voxel-based morphometry. *PLoS One*, 9(5), e96380.
- Du, A. T., Schuff, N., Kramer, J. H., Rosen, H. J., Gorno-Tempini, M. L., Rankin, K., ... & Weiner, M. W. (2007). Different regional patterns of cortical thinning in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Brain*, 130(4), 1159-1166.
- Dudkin, K. N., Chueva, I. V., Makarov, F. N., & Orlov, I. V. (1999).

- Short-term memory processes in delayed visual differentiation in rhesus macaques after bilateral removal of field 7 of the parietal cortex. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 29(4), 483-491.
- Dusser, A., Navelet, Y., Devictor, D., & Landrieu, P. (1989). Short- and long-term prognostic value of the electroencephalogram in children with severe head injury. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 73(2), 85-93.
- Ehlers, C. L., & Phillips, E. (2007). Association of EEG alpha variants and alpha power with alcohol dependence in Mexican American young adults. *Alcohol*, 41(1), 13-20.
- Enoch, M. A., Rohrbaugh, J. W., Davis, E. Z., Harris, C. R., Ellingson, R. J., Andreason, P., ... & Goldman, D. (1995). Relationship of genetically transmitted alpha EEG traits to anxiety disorders and alcoholism. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 60(5), 400-408.
- Enoch, M. A., White, K. V., Harris, C. R., Robin, R. W., Ross, J., Rohrbaugh, J. W., & Goldman, D. (1999). Association of Low Voltage Alpha EEG With a Subtype of Alcohol Use Disorders. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 23(8), 1312-1319.
- Enoch, M. A., Xu, K., Ferro, E., Harris, C. R., & Goldman, D. (2003). Genetic origins of anxiety in women: a role for a functional catechol-O-methyltransferase polymorphism. *Psychiatric Genetics*, 13(1), 33-41.
- Estruch, R., Nicolás, J. M., Salamero, M., Aragón, C., Sacanella, E., Fernández-Solá, J., & Urbano-Márquez, A. (1997). Atrophy of the

- corpus callosum in chronic alcoholism. *Journal of the Neurological Sciences*, 146(2), 145-151.
- Fein, G., Sclafani, V., Cardenas, V. A., Goldmann, H., Tolou Shams, M., & Meyerhoff, D. J. (2002). Cortical gray matter loss in treatment naive alcohol dependent individuals. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 26(4), 558-564.
- Fell, J., & Axmacher, N. (2011). The role of phase synchronization in memory processes. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(2), 105.
- Finn, P. R., & Justus, A. (1999). Reduced EEG alpha power in the male and female offspring of alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 23(2), 256-262.
- First, M. B., Gibbon, M., Spitzer, R. L., & Williams, J. B. W. (1996). *User's guide for the structured clinical interview for DSM-IV axis I Disorders—Research version*. New York: Biometrics Research Department, New York State Psychiatric Institute.
- Fjell, A. M., Walhovd, K. B., Amlien, I., Bjørnerud, A., Reinvang, I., Gjerstad, L., ... & Skinningsrud, A. (2008). Morphometric changes in the episodic memory network and tau pathologic features correlate with memory performance in patients with mild cognitive impairment. *American Journal of Neuroradiology*, 29(6), 1183-1189.
- Friston, K. J. (2000). The labile brain. I. Neuronal transients and nonlinear coupling. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 355(1394), 215-236.
- Friston, K. J. (2001). Book review: Brain function, nonlinear coupling, and

- neuronal transients. *The Neuroscientist*, 7(5), 406-418.
- Fuhrmann, D., Knoll, L. J., & Blakemore, S. J. (2015). Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(10), 558-566.
- Fujita, H., Acharya, U. R., Sudarshan, V. K., Ghista, D. N., Sree, S. V., Eugene, L. W. J., & Koh, J. E. (2016). Sudden cardiac death (SCD) prediction based on nonlinear heart rate variability features and SCD index. *Applied Soft Computing*, 43, 510-519.
- Fuster, J. M. (1997). Network memory. *Trends in Neurosciences*, 20(10), 451-459.
- Garcia-Moreno, L. M. (2017). Alcohol Binge Drinking and executive functioning during adolescent brain development. *Frontiers in Psychology*, 8, 1638.
- Gevins, A., & Smith, M. E. (2000). Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style. *Cerebral Cortex*, 10(9), 829-839.
- Goldman-Rakic, P. S. (1995). Cellular basis of working memory. *Neuron*, 14(3), 477-485.
- Goudriaan, A. E., Grekin, E. R., & Sher, K. J. (2007). Decision making and binge drinking: a longitudinal study. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 31(6), 928-938.
- Grandy, T. H., Werkle Bergner, M., Chicherio, C., Schmiedek, F., Lövdén, M., & Lindenberger, U. (2013). Peak individual alpha frequency qualifies as a stable neurophysiological trait marker in healthy younger and older adults. *Psychophysiology*, 50(6),

570–582.

- Grant, I., & Adams, K. (2009). *Neuropsychological Assessment of Neuropsychiatric and Neuromedical Disorders*. New York, NY: Oxford University Press.
- Grunwald, M., Hensel, A., Wolf, H., Weiss, T., & Gertz, H. J. (2007). Does the hippocampal atrophy correlate with the cortical theta power in elderly subjects with a range of cognitive impairment?. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *24*(1), 22–26.
- Haller, M., Handley, E., Chassin, L., & Bountress, K. (2010). Developmental cascades: Linking adolescent substance use, affiliation with substance use promoting peers, and academic achievement to adult substance use disorders. *Development and Psychopathology*, *22*(4), 899–916.
- Hartley, D. E., Elsabagh, S., & File, S. E. (2004). Binge drinking and sex: effects on mood and cognitive function in healthy young volunteers. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, *78*(3), 611–619.
- Hassan, M., Dufor, O., Merlet, I., Berrou, C., & Wendling, F. (2014). EEG source connectivity analysis: from dense array recordings to brain networks. *PloS One*, *9*(8), e105041.
- Henson, R. N., Rugg, M. D., Shallice, T., Josephs, O., & Dolan, R. J. (1999). Recollection and familiarity in recognition memory: an event-related functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, *19*(10), 3962–3972.
- Hermens, D. F., Lagopoulos, J., Tobias-Webb, J., De Regt, T., Dore, G.,

- Juckes, L., ... & Hickie, I. B. (2013). Pathways to alcohol-induced brain impairment in young people: a review. *Cortex*, *49*(1), 3-17.
- Herrera-Díaz, A., Mendoza-Quñones, R., Melie-García, L., Martínez-Montes, E., Sanabria-Díaz, G., Romero-Quintana, Y., ... & Caballero-Moreno, A. (2016). Functional connectivity and quantitative EEG in women with alcohol use disorders: a resting-state study. *Brain Topography*, *29*(3), 368-381.
- Hingson, R., & White, A. (2014). New research findings since the 2007 Surgeon General's Call to Action to Prevent and Reduce Underage Drinking: A review. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, *75*(1), 158-169.
- Hipp, J. F., Engel, A. K., & Siegel, M. (2011). Oscillatory synchronization in large-scale cortical networks predicts perception. *Neuron*, *69*(2), 387-396.
- Hommer, D. W., Momenan, R., Kaiser, E., & Rawlings, R. R. (2001). Evidence for a gender-related effect of alcoholism on brain volumes. *American Journal of Psychiatry*, *158*(2), 198-204.
- Horschig, J. M., Zumer, J. M., & Bahramisharif, A. (2014). Hypothesis-driven methods to augment human cognition by optimizing cortical oscillations. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *8*, 119.
- Horwitz, B. (2003). The elusive concept of brain connectivity. *Neuroimage*, *19*(2), 466-470.
- Howell, N. A., Worbe, Y., Lange, I., Tait, R., Irvine, M., Banca, P., ... & Voon, V. (2013). Increased ventral striatal volume in college-aged

- binge drinkers. *PloS One*, 8(9), e74164.
- Hyman, J. M., Hasselmo, M. E., & Seamans, J. K. (2011). What is the functional relevance of prefrontal cortex entrainment to hippocampal theta rhythms?. *Frontiers in Neuroscience*, 5, 24.
- Ismaili, I. A., Memon, I. A., & Memon, A. A. (2012). Time-frequency coherence analysis of alcoholic's EEG. *Sindh University Research Journal-SURJ (Science Series)*, 44(4).
- Jacobus, J., McQueeney, T., Bava, S., Schweinsburg, B. C., Frank, L. R., Yang, T. E. E. A., & Tapert, S. F. (2009). White matter integrity in adolescents with histories of marijuana use and binge drinking. *Neurotoxicology and Teratology*, 31(6), 349-355.
- Jacobus, J., Squeglia, L. M., Bava, S., & Tapert, S. F. (2013). White matter characterization of adolescent binge drinking with and without co-occurring marijuana use: a 3-year investigation. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 214(3), 374-381.
- Jelic, V., Wahlund, L. O., Almkvist, O., Johansson, S. E., Shigeta, M., Winblad, B., & Nordberg, A. (1999). Diagnostic accuracies of quantitative EEG and PET in mild Alzheimer's disease. *Alzheimers Reports*, 2(5), 291-298.
- Jennison, K. M. (2004). The short term effects and unintended long term consequences of binge drinking in college: a 10 year follow up study. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 30(3), 659-684.
- Jiang, Z. Y. (2005). Study on EEG power and coherence in patients with

- mild cognitive impairment during working memory task. *Journal of Zhejiang University Science B*, 6(12), 1213-1219.
- Jones, J. W. (1983). *The Children of Alcoholics Screening Test (CAST)*. Chicago, IL: Camelot Unlimited.
- Kam, J. W., Bolbecker, A. R., O'Donnell, B. F., Hetrick, W. P., & Brenner, C. A. (2013). Resting state EEG power and coherence abnormalities in bipolar disorder and schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, 47(12), 1893-1901.
- Kahn, I., Davachi, L., & Wagner, A. D. (2004). Functional-neuroanatomic correlates of recollection: implications for models of recognition memory. *Journal of Neuroscience*, 24(17), 4172-4180.
- Kaplan, R. F., Glueck, B. C., Hesselbrock, M. N., & Reed Jr, H. B. (1985). Power and coherence analysis of the EEG in hospitalized alcoholics and nonalcoholic controls. *Journal of Studies on Alcohol*, 46(2), 122-127.
- Kaplan, R., Bush, D., Bonnefond, M., Bandettini, P. A., Barnes, G. R., Doeller, C. F., & Burgess, N. (2014). Medial prefrontal theta phase coupling during spatial memory retrieval. *Hippocampus*, 24(6), 656-665.
- Karas, G., Sluimer, J., Goekoop, R., Van Der Flier, W., Rombouts, S. A. R. B., Vrenken, H., ... & Barkhof, F. (2008). Amnestic mild cognitive impairment: structural MR imaging findings predictive of conversion to Alzheimer disease. *American Journal of Neuroradiology*, 29(5), 944-949.
- Klimesch, W. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG

- synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1-2), 61-100.
- Klimesch, W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1-3), 319-340.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T., & Ripper, B. (1997). Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neuroscience Letters*, 238(1-2), 9-12.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2-3), 169-195.
- Klimesch, W., Vogt, F., & Doppelmayr, M. (1999). Interindividual differences in alpha and theta power reflect memory performance. *Intelligence*, 27(4), 347-362.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., & Hanslmayr, S. (2006). Upper alpha ERD and absolute power: their meaning for memory performance. *Progress in Brain Research*, 159, 151-165.
- Knight, J. A., & Kaplan, E. (2003). *The handbook of Rey-Osterrieth complex figure usage: clinical and research applications*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.
- Kounios, J., Fleck, J. I., Green, D. L., Payne, L., Stevenson, J. L., Bowden, E. M., & Jung-Beeman, M. (2008). The origins of insight in resting-state brain activity. *Neuropsychologia*, 46(1), 281-291.
- Krause, W., Gibbons, H., & Schack, B. (1998). Concept activation and

- coordination of activation procedure require two different networks. *Neuro Report*, 9(7), 1649-1653.
- Krauss, G. L., & Niedermeyer, E. (1991). Electroencephalogram and seizures in chronic alcoholism. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78(2), 97-104.
- Kril, J. J., Halliday, G. M., Svoboda, M. D., & Cartwright, H. (1997). The cerebral cortex is damaged in chronic alcoholics. *Neuroscience*, 79(4), 983-998.
- Kumari, V., Williams, S. C., & Gray, J. A. (2004). Personality predicts brain responses to cognitive demands. *Journal of Neuroscience*, 24(47), 10636-10641.
- Laakso, M. P., Vaurio, O., Savolainen, L., Repo, E., Soininen, H., Aronen, H. J., & Tiihonen, J. (2000). A volumetric MRI study of the hippocampus in type 1 and 2 alcoholism. *Behavioural Brain Research*, 109(2), 177-186.
- Lachaux, J. P., Rodriguez, E., Martinerie, J., & Varela, F. J. (1999). Measuring phase synchrony in brain signals. *Human Brain Mapping*, 8(4), 194-208.
- Lebedev, A. N. (1994). The neurophysiological parameters of human memory. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 24(3), 254-259.
- Lenroot, R. K., & Giedd, J. N. (2006). Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 718-729.
- Le Van Quyen, M. (2003). Disentangling the dynamic core: a research program for a neurodynamics at the large-scale. *Biological*

Research, 36(1), 67–88.

- Lisman, J. E., & Jensen, O. (2013). The theta-gamma neural code. *Neuron*, 77(6), 1002–1016.
- López-Caneda, E., Cadaveira, F., Correias, Á., Crego, A., Maestú, F., & Rodríguez Holguín, S. (2017). The brain of binge drinkers at rest: alterations in theta and beta oscillations in first-year college students with a binge drinking pattern. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 11, 168.
- Luciana, M., Collins, P. F., Muetzel, R. L., & Lim, K. O. (2013). Effects of alcohol use initiation on brain structure in typically developing adolescents. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 39(6), 345–355.
- Males, M. (2009). Does the adolescent brain make risk taking inevitable? A skeptical appraisal. *Journal of Adolescent Research*, 24(1), 3–20.
- Magnussen, S. (2000). Low-level memory processes in vision. *Trends in Neurosciences*, 23(6), 247–251.
- Mason, M. F., Norton, M. I., Van Horn, J. D., Wegner, D. M., Grafton, S. T., & Macrae, C. N. (2007). Wandering minds: the default network and stimulus-independent thought. *Science*, 315(5810), 393–395.
- McQueeny, T., Schweinsburg, B. C., Schweinsburg, A. D., Jacobus, J., Bava, S., Frank, L. R., & Tapert, S. F. (2009). Altered white matter integrity in adolescent binge drinkers. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 33(7), 1278–1285.

- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1978). A questionnaire measure of habitual alcohol use. *Psychological Reports, 43*(3), 803-806.
- Meyers, J. E., & Meyers, K. R. (1995). *Rey complex figure test and Recognition Trial Professional Manual*. Lutz., FL: Psychological Assessment Resources.
- Mheich, A., Hassan, M., Khalil, M., Berrou, C., & Wendling, F. (2015). A new algorithm for spatiotemporal analysis of brain functional connectivity. *Journal of Neuroscience Methods, 242*, 77-81.
- Michael, A., Mirza, K. A. H., Mukundan, C. R., & Channabasavanna, S. M. (1993). Interhemispheric electroencephalographic coherence as a biological marker in alcoholism. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 87*(3), 213-217.
- Micheloyannis, S., Vourkas, M., Bizas, M., Simos, P., & Stam, C. J. (2003). Changes in linear and nonlinear EEG measures as a function of task complexity: evidence for local and distant signal synchronization. *Brain Topography, 15*(4), 239-247.
- Mitchell, D. J., McNaughton, N., Flanagan, D., & Kirk, I. J. (2008). Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal "theta". *Progress in Neurobiology, 86*(3), 156-185.
- Moselhy, H. F., Georgiou, G., & Kahn, A. (2001). Frontal lobe changes in alcoholism: a review of the literature. *Alcohol and Alcoholism, 36*(5), 357-368.
- Mota, N., Parada, M., Crego, A., Doallo, S., Caamaño-Isorna, F., Holguín, S. R., ... & Corral, M. (2013). Binge drinking trajectory and neuropsychological functioning among university students: a

- longitudinal study. *Drug and Alcohol Dependence*, 133(1), 108-114.
- Mumtaz, W., Vuong, P. L., Xia, L., Malik, A. S., & Rashid, R. B. A. (2016). Automatic diagnosis of alcohol use disorder using EEG features. *Knowledge-Based Systems*, 105, 48-59.
- National Institute of Alcohol Abuse and Alcoholism. (2004). NIAAA Council approves definition of binge drinking. *NIAAA Newsletter*, 3(5).
- Nederkoorn, C., Baltus, M., Guerrieri, R., & Wiers, R. W. (2009). Heavy drinking is associated with deficient response inhibition in women but not in men. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 93(3), 331-336.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. H. L. (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields (Fifth edition)*. Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Nolte, G., Bai, O., Wheaton, L., Mari, Z., Vorbach, S., & Hallett, M. (2004). Identifying true brain interaction from EEG data using the imaginary part of coherency. *Clinical Neurophysiology*, 115(10), 2292-2307.
- Nomura, E. M., Gratton, C., Visser, R. M., Kayser, A., Perez, F., & D'Esposito, M. (2010). Double dissociation of two cognitive control networks in patients with focal brain lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(26), 12017-12022.
- Nunez, P. L., & Cutillo, B. A. (1995). *Neocortical dynamics and human EEG rhythms*. New York: Oxford University Press.

- Núñez-Jaramillo, L., Vega-Perera, P., Ramírez-Lugo, L., Reyes-López, J. V., Santiago-Rodríguez, E., & Herrera-Morales, W. V. (2015). Quantitative electroencephalography analysis in university students with hazardous alcohol consumption, but not alcohol dependence. *NeuroReport*, *26*(10), 555-560.
- O'Neill, S. E., Parra, G. R., & Sher, K. J. (2001). Clinical relevance of heavy drinking during the college years: Cross-sectional and prospective perspectives. *Psychology of Addictive Behaviors*, *15*(4), 350.
- Orr, C., Morioka, R., Behan, B., Datwani, S., Doucet, M., Ivanovic, J., ... & Garavan, H. (2013). Altered resting-state connectivity in adolescent cannabis users. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, *39*(6), 372-381.
- Osterrieth, P. A. (1944). The test of copying a complex figure: a contribution to the study of perception and memory. *Archives de Psychologie*, *30*, 286-356.
- Paikkatt, B., Akhouri, S., Jahan, M., & Singh, A. R. (2014). Visuospatial constructional ability, visual memory and recognition ability among individuals with chronic alcohol dependence in the Rey Complex Figure Test (RCFT). *Neuropsychologica*, *12*(3), 319-28.
- Paller, K. A., & Wagner, A. D. (2002). Observing the transformation of experience into memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(2), 93-102.
- Parada, M., Corral, M., Caamaño Isorna, F., Mota, N., Crego, A., Holguín, S. R., & Cadaveira, F. (2011). Binge drinking and

- declarative memory in university students. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 35(8), 1475-1484.
- Parada, M., Corral, M., Mota, N., Crego, A., Holguín, S. R., & Cadaveira, F. (2012). Executive functioning and alcohol binge drinking in university students. *Addictive Behaviors*, 37(2), 167-172.
- Petit, G., Kornreich, C., Verbanck, P., & Campanella, S. (2013). Gender differences in reactivity to alcohol cues in binge drinkers: A preliminary assessment of event-related potentials. *Psychiatry Research*, 209(3), 494-503.
- Pfefferbaum, A., Lim, K. O., Zipursky, R. B., Mathalon, D. H., Rosenbloom, M. J., Lane, B., ... & Sullivan, E. V. (1992). Brain gray and white matter volume loss accelerates with aging in chronic alcoholics: a quantitative MRI study. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 16(6), 1078-1089.
- Pfefferbaum, A., Sullivan, E. V., Mathalon, D. H., & Lim, K. O. (1997). Frontal lobe volume loss observed with magnetic resonance imaging in older chronic alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 21(3), 521-529.
- Pfefferbaum, A., Adalsteinsson, E., & Sullivan, E. V. (2006). Dymorphology and microstructural degradation of the corpus callosum: Interaction of age and alcoholism. *Neurobiology of Aging*, 27(7), 994-1009.
- Pijnenburg, Y. A. L., Vd Made, Y., Van Walsum, A. V. C., Knol, D. L., Scheltens, P., & Stam, C. J. (2004). EEG synchronization likelihood in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease

- during a working memory task. *Clinical Neurophysiology*, 115(6), 1332-1339.
- Pollock, V. E., Schneider, L. S., Zemansky, M. F., Gleason, R. P., & Pawluczyk, S. (1992). Topographic quantitative EEG amplitude in recovered alcoholics. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 45(1), 25-32.
- Porjesz, B., & Begleiter, H. (2003). Alcoholism and human electrophysiology. *Alcohol Research and Health*, 27(2), 153-160.
- Propping, P., Krüger, J., & Mark, N. (1981). Genetic disposition to alcoholism. An EEG study in alcoholics and their relatives. *Human Genetics*, 59(1), 51-59.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682.
- Rangaswamy, M., Porjesz, B., Chorlian, D. B., Wang, K., Jones, K. A., Bauer, L. O., ... & Begleiter, H. (2002). Beta power in the EEG of alcoholics. *Biological Psychiatry*, 52(8), 831-842.
- Rangaswamy, M., Porjesz, B., Chorlian, D. B., Choi, K., Jones, K. A., Wang, K., ... & Begleiter, H. (2003). Theta power in the EEG of alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 27(4), 607-615.
- Rangaswamy, M., & Porjesz, B. (2014). Understanding alcohol use disorders with neuroelectrophysiology. *Handbook of Clinical Neurology*, 125, 383-414.

- Reichert, J. L., Kober, S. E., Witte, M., Neuper, C., & Wood, G. (2016). Age-related effects on verbal and visuospatial memory are mediated by theta and alpha II rhythms. *International Journal of Psychophysiology*, *99*, 67–78.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique(Les problems). *Archives de Psychologie*, *28*, 286–340.
- Rodriguez, G., Copello, F., Vitali, P., Perego, G., & Nobili, F. (1999). EEG spectral profile to stage Alzheimer's disease. *Clinical Neurophysiology*, *110*(10), 1831–1837.
- Rosazza, C., & Minati, L. (2011). Resting-state brain networks: literature review and clinical applications. *Neurological Sciences*, *32*(5), 773–785.
- Roudi, Y., & Latham, P. E. (2007). A balanced memory network. *PLoS Computational Biology*, *3*(9), e141.
- Rupp, C. I., Fleischhacker, W. W., Drexler, A., Hausmann, A., Hinterhuber, H., & Kurz, M. (2006). Executive Function and Memory in Relation to Olfactory Deficits in Alcohol dependent Patients. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, *30*(8), 1355–1362.
- Sarnthein, J., Petsche, H., Rappelsberger, P., Shaw, G. L., & Von Stein, A. (1998). Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *95*(12), 7092–7096.
- Sauseng, P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Hanslmayr, S., Schabus, M., & Gruber, W. R. (2004). Theta coupling in the human

- electroencephalogram during a working memory task. *Neuroscience Letters*, 354(2), 123-126.
- Scaife, J. C., & Duka, T. (2009). Behavioural measures of frontal lobe function in a population of young social drinkers with binge drinking pattern. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 93(3), 354-362.
- Shin, Y. W., Ha, T. H., Kim, S. Y., & Kwon, J. S. (2004). Association between EEG alpha power and visuospatial function in obsessive - compulsive disorder. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 58(1), 16-20.
- Shorr, J. S., Delis, D. C., & Massman, P. J. (1992). Memory for the Rey-Osterrieth Figure: Perceptual clustering, encoding, and storage. *Neuropsychology*, 6(1), 43.
- Smith, K. W., Gierski, F., Andre, J., Dowell, N. G., Cercignani, M., Naassila, M., & Duka, T. (2017). Altered white matter integrity in whole brain and segments of corpus callosum, in young social drinkers with binge drinking pattern. *Addiction Biology*, 22(2), 490-501.
- Sneider, J. T., Cohen-Gilbert, J. E., Crowley, D. J., Paul, M. D., & Silveri, M. M. (2013). Differential effects of binge drinking on learning and memory in emerging adults. *Journal of Addiction Research and Therapy*.
- Son, K. L., Choi, J. S., Lee, J., Park, S. M., Lim, J. A., Lee, J. Y., ... & Kwon, J. S. (2015). Neurophysiological features of Internet gaming disorder and alcohol use disorder: a resting-state EEG

- study. *Translational Psychiatry*, 5(9), e628.
- Spear, L. P. (2013). Adolescent neurodevelopment. *Journal of Adolescent Health*, 52(2), S7-S13.
- Spielberg, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1970). *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Sporns, O. (2010). *Networks of the Brain*. Massachusetts: MIT press.
- Squeglia, L. M., Spadoni, A. D., Infante, M. A., Myers, M. G., & Tapert, S. F. (2009). Initiating moderate to heavy alcohol use predicts changes in neuropsychological functioning for adolescent girls and boys. *Psychology of Addictive Behaviors*, 23(4), 715.
- Squeglia, L. M., Schweinsburg, A. D., Pulido, C., & Tapert, S. F. (2011). Adolescent binge drinking linked to abnormal spatial working memory brain activation: differential gender effects. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 35(10), 1831-1841.
- Squeglia, L. M., Sorg, S. F., Schweinsburg, A. D., Wetherill, R. R., Pulido, C., & Tapert, S. F. (2012). Binge drinking differentially affects adolescent male and female brain morphometry. *Psychopharmacology*, 220(3), 529-539.
- Squeglia, L. M., Tapert, S. F., Sullivan, E. V., Jacobus, J., Meloy, M. J., Rohlfing, T., & Pfefferbaum, A. (2015). Brain development in heavy-drinking adolescents. *American Journal of Psychiatry*, 172(6), 531-542.
- Stam, C. J., & Van Dijk, B. W. (2002). Synchronization likelihood: an unbiased measure of generalized synchronization in multivariate

- data sets. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 163(3-4), 236-251.
- Stam, C. J., & De Bruin, E. A. (2004). Scale free dynamics of global functional connectivity in the human brain. *Human Brain Mapping*, 22(2), 97-109.
- Stam, C. V., & Van Straaten, E. C. W. (2012). The organization of physiological brain networks. *Clinical Neurophysiology*, 123(6), 1067-1087.
- Sullivan, E. V., Mathalon, D. H., Ha, C. N., Zipursky, R. B., & Pfefferbaum, A. (1992). The contribution of constructional accuracy and organizational strategy to nonverbal recall in schizophrenia and chronic alcoholism. *Biological Psychiatry*, 32(4), 312-333.
- Summerfield, C., & Mangels, J. A. (2005). Coherent theta-band EEG activity predicts item-context binding during encoding. *Neuroimage*, 24(3), 692-703.
- Tebano, M. T., Cameroni, M., Gallozzi, G., Loizzo, A., Palazzino, G., Pezzini, G., & Ricci, G. F. (1988). EEG spectral analysis after minor head injury in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70(2), 185-189.
- Thatcher, R. W., North, D., & Biver, C. (2005). EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. *Clinical Neurophysiology*, 116(9), 2129-2141.
- Thayer, R. E., Callahan, T. J., Weiland, B. J., Hutchison, K. E., & Bryan, A. D. (2013). Associations between fractional anisotropy and problematic alcohol use in juvenile justice-involved

- adolescents. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 39(6), 365-371.
- Tononi, G., Edelman, G. M., & Sporns, O. (1998). Complexity and coherency: integrating information in the brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(12), 474-484.
- Townshend, J. M., & Duka, T. (2002). Patterns of alcohol drinking in a population of young social drinkers: a comparison of questionnaire and diary measures. *Alcohol and Alcoholism*, 37(2), 187-192.
- Townshend, J. M., & Duka, T. (2005). Binge drinking, cognitive performance and mood in a population of young social drinkers. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 29(3), 317-325.
- Tucker, D. M. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: the geodesic sensor net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87(3), 154-163.
- Van Den Heuvel, M. P., & Pol, H. E. H. (2010). Exploring the brain network: a review on resting-state fMRI functional connectivity. *European Neuropsychopharmacology*, 20(8), 519-534.
- Vinader-Caerols, C., Talk, A., Montañés, A., Duque, A., & Monleón, S. (2017). Differential effects of alcohol on memory performance in adolescent men and women with a binge drinking history. *Alcohol and Alcoholism*, 52(5), 610-616.
- Vogt, F., Klimesch, W., & Doppelmayr, M. (1998). High-frequency components in the alpha band and memory performance. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15(2), 167-172.
- Wagner, A. D., Shannon, B. J., Kahn, I., & Buckner, R. L. (2005).

- Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(9), 445-453.
- Wang, S. H., & Morris, R. G. (2010). Hippocampal-neocortical interactions in memory formation, consolidation, and reconsolidation. *Annual Review of Psychology*, 61, 49-79.
- Watrous, A. J., Tandon, N., Conner, C. R., Pieters, T., & Ekstrom, A. D. (2013). Frequency-specific network connectivity increases underlie accurate spatiotemporal memory retrieval. *Nature Neuroscience*, 16(3), 349.
- Wechsler, H., & Isaac, N. (1992). 'Binge' drinkers at Massachusetts colleges: prevalence, drinking style, time trends, and associated problems. *Jama*, 267(21), 2929-2931.
- Wechsler, H., & Nelson, T. F. (2001). Binge drinking and the American college students: What's five drinks?. *Psychology of Addictive Behaviors*, 15(4), 287.
- Wechsler, H., Lee, J. E., Kuo, M., Seibring, M., Nelson, T. F., & Lee, H. (2002). Trends in college binge drinking during a period of increased prevention efforts: Findings from 4 Harvard School of Public Health College Alcohol Study surveys: 1993-2001. *Journal of American College Health*, 50(5), 203-217.
- Weiss, S., Chromecek, W., & Rappelsberger, P. (1998). Electrophysiological signs for a differentiation between good and poor memory performers. *European Journal of Neuroscience*, 10(Suppl), 142.
- Weiss, S., & Rappelsberger, P. (2000). Long-range EEG synchronization

- during word encoding correlates with successful memory performance. *Cognitive Brain Research*, 9(3), 299–312.
- White, A. M., Matthews, D. B., & Best, P. J. (2000). Ethanol, memory, and hippocampal function: a review of recent findings. *Hippocampus*, 10(1), 88–93.
- White, A. M., & Swartzwelder, H. S. (2005). Age-related effects of alcohol on memory and memory-related brain function in adolescents and adults. *Recent Developments in Alcoholism*, 17, 161–176.
- Whitfield-Gabrieli, S., Thermenos, H. W., Milanovic, S., Tsuang, M. T., Faraone, S. V., McCarley, R. W., ... & Wojcik, J. (2009). Hyperactivity and hyperconnectivity of the default network in schizophrenia and in first-degree relatives of persons with schizophrenia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(4), 1279–1284.
- Wicki, M., Kuntsche, E., & Gmel, G. (2010). Drinking at European universities? A review of students' alcohol use. *Addictive Behaviors*, 35(11), 913–924.
- Winterer, G., Enoch, M. A., White, K. V., Saylan, M., Coppola, R., & Goldman, D. (2003). EEG phenotype in alcoholism: increased coherence in the depressive subtype. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 108(1), 51–60.
- Winward, J. L., Hanson, K. L., Bekman, N. M., Tapert, S. F., & Brown, S. A. (2014). Adolescent heavy episodic drinking: neurocognitive functioning during early abstinence. *Journal of the International*

- Neuropsychological Society*, 20(2), 218-229.
- World Health Organization. (2000). *International guide for monitoring alcohol consumption and related harm*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization, & World Health Organization. Management of Substance Abuse Unit. (2014). *Global status report on alcohol and health, 2014*. Geneva: World Health Organization.
- Xiao, L., Bechara, A., Gong, Q., Huang, X., Li, X., Xue, G., ... & Jia, Y. (2013). Abnormal affective decision making revealed in adolescent binge drinkers using a functional magnetic resonance imaging study. *Psychology of Addictive Behaviors*, 27(2), 443.
- Zung, W. W. (1965). A self-rating depression scale. *Archives of General Psychiatry*, 12(1), 63-70.
- Zunini, R. A. L., Thivierge, J. P., Kousaie, S., Sheppard, C., & Taler, V. (2013). Alterations in resting-state activity relate to performance in a verbal recognition task. *PloS One*, 8(6), e65608.

ABSTRACT

Neural oscillation and functional connectivity in college students with binge drinking using resting state EEG: relation of visual memory

Kim, Bomi

Department of Psychology

Graduate School of

Sungshin University

This study investigated deficits of neural oscillation and functional connectivity in college student with binge drinking using resting state EEG. The relations between visual memory which was evaluated by Rey-Osterrieth Complex Figure Test (RCFT) and neural oscillation or functional connectivity in resting state were also investigated. The binge drinking group ($n=35$) and the control group ($n=35$) were participated. The resting EEG was measured for 6 minutes while participants were resting with eye-closed. The binge drinking group showed significantly lower scores on the delayed recall condition in RCFT than the control group. In terms of spectrum, there was no significant difference between the two groups. In terms of functional connectivity, the binge drinking group showed significantly stronger theta coherence than the control

group. In addition, the binge drinking group showed relatively stronger and weaker coherence in lower alpha and upper alpha band than the control group. The correlational analysis between resting state connectivity and delayed recall of the RCFT in the binge drinking group showed a positive correlation between left prefronto-parietooccipital midline connection and performance on the delayed recall of the RCFT. In other words, the stronger the connectivity, the better the performance on the delayed recall. The present results imply that binge drinkers have abnormalities in brain functional connectivity, which may be related to the visual memory deficits observed in binge drinkers.

Key word: binge drinking, neural oscillation, functional connectivity, theta, lower alpha, upper alpha, visual memory, RCFT