



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

폭음 여자대학생의 의사결정 결함에
관한 사건관련전위 연구:
이득/손실에 관한 피드백 활용능력을
중심으로

2018

성신여자대학교 대학원

심 리 학 과

나 은 찬

폭음 여자대학생의 의사결정 결함에
관한 사건관련전위 연구:
이득/손실에 관한 피드백 활용능력을
중심으로

김 명 선 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2018년 5월

성신여자대학교 대학원

심 리 학 과

나 은 찬

인 준 서

나은찬의 석사학위 논문으로 인준함

2018년 5월

심사위원장 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 폭음을 하는 여자대학생의 의사결정 및 피드백 활용능력의 특성을 아이오와 도박과제(Iowa Gambling Task: IGT)와 사건관련전위를 사용하여 알아보고자 하였다. 한국판 알코올 사용 장애 선별 검사의 총점, 2주 내 폭음 빈도와 음주 속도에 근거하여 폭음자($n=26$)와 비폭음자($n=20$)를 선별하였다. 의사결정 능력의 측정에 사용된 IGT의 경우 참여자는 네 장의 카드 중 한 장의 카드를 선택하여 이득을 최대화 하도록 요구받는다. 과제에 사용된 카드는 장기적으로 이득이 손실보다 더 큰 유리한 카드 두 장과 장기적으로 손실이 이득보다 더 큰 불리한 카드 두 장으로 구성되어 있다. IGT에서 폭음집단은 비폭음집단에 비해 유의하게 낮은 네트점수를 보였는데, 즉 비폭음집단에 비해 유리한 카드보다 불리한 카드를 더 많이 선택하였다. 사건관련전위에서 폭음집단은 비폭음집단에 비해 유의하게 더 작은 피드백 관련 부적 전위(FRN) 진폭을 보인 반면 P3 진폭에서 집단 간 차이는 유의하지 않았다. 또한 FRN 진폭과 IGT 네트 점수 사이의 정적 상관관계가 관찰되었다. 즉, FRN 진폭이 증가할수록 IGT 네트 점수 또한 증가하였다. FRN은 상향 기제의 초기 피드백 평가 과정을 반영하는 것으로 알려져 있으며 P3은 하향 기제의 후기 피드백 처리과정 및 주의자원 할당 과정을 반영하는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과는 폭음집단이 의사결정의 결함을 가지며 이 결함이 초기 피드백 평가 과정의 결함과 관련되어 있음을 시사한다.

주요어: 폭음, 의사결정, 피드백 활용능력, ERP, FRN, P3

목 차

논문개요

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 연구목적..... 1

II. 이론적 배경

1. 폭음.....8
2. 의사결정 10
3. 피드백 활용능력..... 11
4. 사건관련전위에서 관찰되는 피드백 활용능력..... 13
5. 알코올 사용 장애의 의사결정 장애 및 피드백 활용능력 결함..... 15
6. 폭음과 의사결정 장애 및 피드백 활용능력 결함..... 17

III. 연구문제 및 연구 가설

1. 연구문제 및 연구 가설..... 20

IV. 연구방법

1. 연구 대상..... 21

2. 평가 도구.....	24
3. 실험 절차.....	28
4. 자료 분석.....	31

V. 연구 결과

1. 인구통계학적 특성.....	35
2. 행동 자료 분석.....	37
3. 사건관련전위 분석.....	39
4. FRN, P3 진폭과 아이오와 도박과제 수행의 상관관계.....	55

VI. 논의 및 제언

1. 논의.....	57
2. 제한점 및 후속연구를 위한 제언.....	63

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

<표 1>	비폭음집단과 폭음집단의 인구통계학적 특성.....	36
<표 2>	비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT 네트점수.....	38
<표 3>	비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT 구획별 네트점수 ANOVA 결과.....	38
<표 4>	비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 조건별 평균 FRN 진폭.....	44
<표 5>	평균 FRN 진폭의 변량분석.....	45
<표 6>	비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 Δ FRN 진폭.....	46
<표 7>	Δ FRN 진폭의 변량분석.....	46
<표 8>	비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT에서 보인 조건별 FRN 잠재기.....	47
<표 9>	평균 FRN 잠재기의 변량분석.....	48
<표 10>	비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 조건별 평균 P3 진폭.....	50
<표 11>	평균 P3 진폭의 변량분석.....	51
<표 12>	비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 Δ P3 진폭.....	52
<표 13>	Δ P3 진폭의 변량분석.....	52
<표 14>	비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT에서 보인 조건별 P3 잠재기.....	53
<표 15>	평균 P3 잠재기의 변량분석.....	54
<표 16>	전체 피험자의 수정된 IGT 수행과 전극 위치별 Δ FRN 진폭 간의 상관분석.....	56
<표 17>	전체 피험자의 수정된 IGT 수행과 전극 위치별 Δ P3 진폭 간의 상관분석.....	56

그 립 목 차

<그림 1> 수정된 IGT의 자극 제시 순서.....	30
<그림 2> 수정된 IGT의 피드백 조건.....	30
<그림 3> 사건관련전위 분석에 포함된 채널.....	34
<그림 4> 비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT 구획별 네트점수와 전체 네트점수.....	37
<그림 5> 수정된 IGT에서 관찰된 비폭음집단과 폭음집단의 전체 평균 사건관련전위.....	40
<그림 6> 수정된 IGT에서 가장 큰 진폭의 FRN이 관찰된 시간대의 전체 64 채널 사건관련전위 분포.....	41
<그림 7> 수정된 IGT에서 가장 큰 진폭의 P3이 관찰된 시간대의 전체 64채널 사건관련전위 분포.....	42

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 연구목적

폭음은 짧은 시간 동안 많은 양의 알코올을 섭취한 후 금주(abstinence) 상태가 반복되는 음주 행위를 의미한다(Maurage, Bestelmeyer, Rouger, Charest & Belin, 2013; Parada et al., 2012; Wechsler & Nelson, 2001). 미국 국립알코올연구소는 폭음을 대략 두 시간 동안 성인 남성의 경우 5잔, 여성의 경우 4잔의 알코올을 섭취하는 음주 행위로 정의하였다(National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism; NIAAA, 2004). 폭음은 젊은 성인들, 특히 대학생들에서 가장 흔하게 관찰되는 문제 음주 행위로서, 미국(Wechsler & Nelson, 2001), 영국(Stephens & Duka, 2008) 등의 서구 국가에서 심각한 문제로 대두되고 있다. 우리나라의 경우, 대학생 중 65.7%가 폭음을 하고 있으며(천성수, 손애리, 송창호, 이주열 & 김선경, 2003), 폭음을 하는 대학생은 동일 연령대의 일반인에 비해 더 많은 문제, 즉 폭행, 음주운전, 무분별한 성행위, 학업의 어려움 등을 경험한다(차동필, 2005; 천성수, 2002; Naimi et al., 2003; Wechsler & Nelson, 2001). 폭음은 알코올 사용 장애와도 관련이 있다. 즉, 폭음자는 알코올 사용 장애 환자와 상당히 유사한 뇌의 구조적 및 기능적 이상과 신경심리적 결함을 가지며(Campanella et al., 2013; Maurage et al., 2013; Mota et al., 2013), 추후 알코올 사용 장애로의 발전 가능성을 예측하는 것으로 보고되고 있다(Jennison, 2004; O'neill, Parra & Sher, 2001).

알코올 사용 장애 환자는 음주로 인한 부정적인 결과에 직면함에도 불구하고 음주 행동을 중단하지 못한다(American Psychiatric Association; APA, 1994, 2013). 이런 특징은 비효율적인 의사결정을 반영하고 의사결정

장애는 알코올 사용 장애의 특성 지표로 여겨지고 있으며(Bechara, 2003; Mitchell, Fields, D'esposito & Boettiger, 2005), 알코올 사용 장애 뿐 아니라 폭음자에서도 관찰되고 있다(Goudriaan, Grekin & Sher, 2007; Johnson et al., 2008; Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013; Yoo & Kim, 2016).

의사결정은 여러 선택 사항에 대해 선호도를 형성하여, 행동을 선택, 실행 하며, 행동의 결과를 평가하는 과정이다(Ernst & Paulus, 2005). 즉, 의사결정은 인지적 및 비인지적 요소 모두가 관여하는 복합적인 기능으로(Bechara, H. Damasio, A. R. Damasio & Lee, 1999), 안와전전두피질, 편도체, 복내측 전전두피질, 전대상피질 등의 다양한 뇌 영역들이 의사결정에 관여하는 것으로 알려져 있다(Bechara, H. Damasio & A. R. Damasio, 2000; Bush et al., 2002; Ernst et al., 2002; Kennerley, Walton, Behrens, Buckley & Rushworth, 2006; Wallis, 2007). 특히, 복내측 전전두피질에 손상을 입은 환자는 장기적인 이득보다 즉각적인 이득을 추구하는 행동 양상을 보인다(Bechara, Tranel & Damasio, 2000). 이러한 행동 양상은 도박 및 물질 사용 장애군 환자에서도 관찰되는데, 즉 이들도 장기적인 이득보다 즉각적인 이득에 민감한 의사결정 경향성을 보인다(Bechara et al., 2001; Bechara & Damasio, 2002).

의사결정 과정은 예측 단계, 행동 단계와 평가 단계로 구성되어 있다(Ernst & Paulus, 2005). 효율적인 의사결정을 위해선 자신의 행동이 긍정적 혹은 부정적인 결과를 유발하는지를 신속하게 확인하고 평가해야 한다. 여기서 결과는 개인의 행동에 의해 초래되거나 특정 상황에서 제공되는 환경을 의미한다. 이렇게 수행의 결과를 처리하고 평가하는 기능을 결과처리 혹은 피드백 활용능력이라 한다(San Martin, 2012). 특히 선택 및 수행의 결과가 불확실한 상황에서 피드백에 대한 평가 및 활용은 합리적인 의사결정에 큰 도움이 된다. 다양한 뇌 영상 기법을 통해 피드백 활용능력의 신경학적

근거가 밝혀지고 있는데, 즉 안와전전두피질, 복측선조체, 복내측 전전두피질, 전대상피질 등의 뇌 영역들이 피드백 활용에 관여하는 것으로 보고되고 있다(Delgado, Nystrom, Fissel, Noll & Fiez, 2000; Elliott, Friston & Dolan, 2000; Knutson, Westdorp, Kaiser & Hommer, 2000; O'Doherty, Kringelbach, Rolls, Hornak & Andrews, 2001; Rogers et al., 2004). 특히, 복측 선조체는 현재 경험하고 있는 피드백이 예상했던 결과에 비해 얼마나 다른지, 즉 예측 오류(prediction error)에 관여하며, 이에 따른 결과에 대한 평가가 안와전전두피질에서 이루어지는 것으로 이해되고 있다(O'Doherty, Dayan, Friston, Critchley & Dolan, 2003; Elliott, Dolan & Frith, 2000; McClure, Berns & Montague, 2003; Pagnoni, Zink, Montague & Berns, 2002). 이에 덧붙여 전대상피질은 행동의 결과가 불확실한 상황에서 보상 자극을 평가하고 그에 따라 운동 반응과 연결하는 기능을 담당한다(Bush et al., 2002).

의사결정의 평가에 아이오와 도박과제(Iowa Gambling Task; IGT, Bechara, 2007)가 흔히 사용된다. IGT에서 수검자는 매 시행마다 네 장의 카드 중 한 장의 카드를 선택하는 것을 요구받는다. 네 장의 카드는 즉각적으로는 큰 이득을 제공하는 반면 장기적으로 이득보다 손실이 더 큰 불리한 카드(A, B)와 즉각적으로는 적은 이득을 제공하지만 장기적으로 이득이 손실보다 더 큰 유리한 카드(C, D)로 구성되어 있다. A와 C 카드는 높은 빈도로 손실이 나타나지만, B와 D 카드는 낮은 빈도로 손실이 나타난다. 수검자는 각 카드의 손실 확률 및 크기에 대해 모르기 때문에 카드를 선택할 때마다 제시되는 피드백을 평가하여 카드와 결과에 대한 수반성을 학습해야 한다. 정상인의 경우, 불리한 카드가 더 큰 이득을 제공하기 때문에 초기에는 주로 불리한 카드를 선택하지만, 시간이 지나면서 불리한 카드가 장기적으로 더 큰 손실을 불러온다는 점을 학습하여 점차 유리한 카드를 선택하게

된다(Dunn, Dalgleish & Lawrence, 2006; Fellows & Farah, 2005).

IGT를 사용하여 알코올 사용 장애 환자의 의사결정 능력을 조사한 연구들은 알코올 사용 장애 환자들이 정상인들에 비해 저하된 수행을 보임을 보고하고 있다. 즉, 알코올 사용 장애 환자들이 정상인들에 비해 불리한 카드를 더 많이 선택하고 유리한 카드를 덜 선택한다(Dom, Wilde, Hulstijn, Van Den Brink & Sabbe, 2006). 또한, 알코올 사용 장애 환자의 IGT 수행과 의사결정에 중요한 역할을 하는 배측 전대상피질 및 복내측 전전두피질 부피 사이의 정적 상관성이 보고되었다(Le Berre et al., 2014).

알코올 사용 장애 환자들에서 관찰되는 IGT의 수행 저하는 폭음자들에서도 관찰된다. 예를 들어, 청소년을 대상으로 한 종단 연구에서 폭음 청소년들이 비폭음 청소년들에 비해 더 낮은 IGT 수행을 보였다(Moreno et al., 2012). 또한, 폭음 대학생을 대상으로 한 연구에서도 폭음자들이 비폭음자들에 비해 더 낮은 IGT 수행을 보였다(Yoo & Kim, 2016).

의사결정은 여러 단계로 구성된 복합적인 과정이기 때문에 행동 결과로는 수행의 어려움이 어느 단계에서 비롯되었는가를 이해하기 어렵다. 반면, 사건관련전위(event-related potentials)는 의사결정과 같은 복잡한 인지 과정을 밀리 초(millisecond; ms) 수준에서 순차적으로 관찰할 수 있는 우수한 시간해상도를 가지고 있기 때문에 의사결정 과정을 순차적으로 구분하여 분석할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 사건관련전위는 자극 제시와 관련하여 일정 시간 동안 뇌에서 발생하는 전기적 활동을 측정하는 기법이다(Luck, Woodman & Vogel, 2000).

의사결정을 사건관련전위로 측정한 연구들은 여러 가지 사건관련요소를 보고하지만 그 중, 피드백을 평가하고 활용하는 단계에서 두 가지 사건관련요소가 보고되고 있다(San Martin, 2012). Gehring과 Willoughby(2002)는 의사결정을 측정하는 도박과제에서 수행에 대한 피드백 제시 후 약 265ms

에서 부적 전위가 발생하는 것을 관찰하였으며, 이 부적 전위가 이득보다 손실에서 더 큰 진폭을 보인다고 보고하였다. 이 전위는 피드백 관련 부적 전위(feedback-related negativity; FRN), 혹은 결과 관련 부적 전위(outcome-related negativity; ORN)로 불린다(Kamarajan et al., 2009). FRN은 손실 대 이득의 차이에 민감하며(Yeung & Sanfey, 2004), 중뇌 도파민 체계의 활성화를 반영하는 것으로 알려져 있다(Tobler, Fiorillo & Schultz, 2005). 또한 FRN은 강화학습 이론(reinforcement-learning theory)에 의해서도 설명되는데, 이 이론에 따르면 FRN은 예측 오류(prediction error), 다시 말하면, 현재 개인이 경험하고 있는 피드백이 본인이 예상했던 결과와 얼마나 다른지를 반영한다고 한다(Bellebaum, Poleszi & Daum, 2010; San Martin, 2012).

피드백과 관련하여 관찰되는 또 다른 사건관련전위 요소는 수행에 대한 피드백 제시 후 275-700ms 사이에 관찰되는 정적 전위인 P3 혹은 P300이다(Kamarajan et al., 2009). 도박과제를 사용한 수많은 연구에서 P3이 결과의 유형, 즉 이득과 손실(Hewig et al., 2007), 결과금액의 크기(Gu et al., 2011; Kreussel et al., 2012), 혹은 특정 결과가 일어날 확률(Poleszi, Sartori, Rumiati, Vidotto & Daum, 2010; Wu & Zhou, 2009)에 민감하다는 것이 관찰되었다. 전통적으로 P3은 맥락 최신화 가설(context updating hypothesis)과 청반-P3 가설(locus coeruleus-P3 hypothesis)에 의해 설명된다(Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988). 즉, P3은 청반 노르에피네프린 체계의 활동을 반영하며 기존의 맥락과 일치하지 않는 새로운 자극에 주의를 할당하는 과정을 반영한다. 피드백에 대한 반응으로 초래되는 P3은 제시된 피드백의 중요성을 부호화하는 과정을 반영하며 이렇게 부호화된 정보는 최적의 의사결정을 위해 활용된다고 여겨지고 있다(Nieuwenhuis, Aston-Jones & Cohen, 2005; Wu & Zhou, 2009; Yeung & Sanfey, 2004).

알코올 섭취는 피드백 활용능력에 영향을 미친다. 의사결정의 평가에 사용되는 과제들 중 하나인 Balloon Analogue Risk Task(BART)를 사용한 연구에서 알코올 섭취군이 알코올 무섭취군에 비해 감소한 P3 진폭을 보였으며 이는 피드백에 대한 정교한 처리에 결함이 있음을 시사한다(Euser, Van Meel, Snelleman & Franken, 2011). 도박과제를 사용하여 FRN과 P3을 분석한 연구는 알코올 섭취군이 알코올 무섭취군에 비해 전반적으로 감소한 FRN과 P3 진폭을 보임을 관찰하였고, 특히 손실 피드백이 제시된 조건에서 FRN의 진폭이 더 감소하였는데, 이는 알코올 섭취가 피드백 활용에 영향을 미치는 것을 시사한다(Nelson, Patrick, Collins, Lang & Bernat, 2011).

알코올 사용 장애 환자들에서도 피드백 활용능력의 결함이 관찰된다. Fein과 Chang(2008)은 치료를 받고 있지 않은 알코올 중독 환자들을 대상으로 BART를 실시한 결과, 알코올 관련 장애 가족력이 있는 환자들이 가족력이 없는 환자들에 비해 더 감소한 FRN 진폭을 보였다. Kamarajan 등(2010)은 도박과제를 사용한 연구에서 알코올 중독 환자들이 정상 통제군에 비해 보상과 처벌 즉, 모든 조건에서 전반적으로 감소한 P3 진폭을 보이지만, 특히 손실 피드백이 제시되는 조건에서 더 작은 FRN 진폭을 보임을 보고하였다. 추가로 FRN과 P3의 국소원을 분석한 결과, 알코올 중독 환자들에서 P3 시간대에서는 대상회의 활성화가 감소하는 것과 FRN 시간대에서는 일차 감각 및 운동 피질 영역의 활성화가 증가하는 것이 관찰되었다(Kamarajan et al., 2010).

폭음군을 대상으로 사건관련전위를 사용하여 피드백 활용능력의 결함을 확인한 연구는 극히 제한적이다. IGT를 사용하여 폭음군을 대상으로 한 사건관련전위 연구에서 폭음집단이 비폭음집단에 비해 통계적으로 유의하지는 않았으나 더 작은 FRN 진폭의 경향성($p=.06$)이 확인되었다(Wahlstrom,

2013). 그러나 이 연구에서 사용된 IGT는 총 100시행으로 구성되어 있으며 이는 충분한 시행수가 필요한 사건관련전위 연구에 적합하지 않다 (Schuermann, Kathmann, Stiglmayr, Renneberg & Endrass, 2011). 또한, 피험자의 수행에 대한 피드백 자극으로 이득과 손실이 연이어 제시되었는데 이는 이득과 손실 피드백에 대한 반응을 명확하게 구분하기 어렵다는 제한점이 있고, 남자대학생만을 연구대상에 포함하였다.

본 연구에서는 폭음 여자대학생을 대상으로 이들의 의사결정 능력, 특히 의사결정에서 피드백을 활용하는 능력을 IGT와 사건관련전위를 사용하여 알아보고자 하였다. 즉, 폭음 여자대학생에서 관찰되는 의사결정 결함이 피드백 활용능력의 결함과 관련되는지, 만약 관련된다면 피드백 활용능력의 사건관련전위 지표인 FRN, P3에 반영되는지를 알아보고자 하였다. 이를 통해 대학생 폭음군에서 관찰되는 의사결정 결함의 신경생리적 기제에 관한 이해를 높이고, 의사결정 결함과 피드백 활용 사이의 관련성을 밝힘으로써 폭음 대학생이 가지는 의사결정 결함에 관한 보다 구체적인 정보를 제공하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 폭음

폭음은 한 번에 과도한 양의 알코올을 섭취하는 음주 행위로(Parada et al., 2012; Wechsler & Nelson, 2001), 한 번의 술자리에서 남성의 경우 5잔, 여성의 경우 4잔을 마시는 경우로 정의하고 있다(National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism; NIAAA, 2004). 폭음의 특징은 과도한 알코올 섭취상태(consumption)와 금주상태(abstinence)를 반복적으로 경험하는 것으로(Maurage et al., 2013), 이러한 반복적인 금단상태 경험은 특히 전두엽 및 피질하 영역이 완전히 성숙하지 못한 청소년 및 젊은 성인들에게 큰 영향을 미친다(Bava & Tapert, 2010). 폭음은 다양한 연령대에서 관찰되지만 청소년 및 젊은 성인들에게서 가장 많이 관찰되고 있다(천성수 등, 2003; Kanny, Liu, Brewer & Lu, 2013). 미국의 경우 2011년 기준, 전체 인구 중 폭음을 하는 비중은 18.4%이며 그중 30%가 18세에서 24세 사이의 젊은 성인들이었다(Kanny et al., 2013). 또 다른 연구는 미국 대학생 중 44.4%가 폭음을 하는 것으로 보고하였다(Wechsler et al., 2002). 우리나라의 경우, 2005년 국민건강영양조사에 따르면 전체 성인 중 26.5%가 폭음을 하며(성한나, 2009), 대학생 중 65.7%가 폭음자에 속한다(천성수 등, 2003).

젊은 성인의 폭음은 여러 사회적 문제와 관련 있는 것으로 보고되었다(천성수, 2002; Wechsler & Nelson, 2001). 즉, 폭음집단이 비폭음집단보다 폭력, 음주운전, 무분별한 성행위 및 생산성 저하를 더 많이 경험하며, 성폭행을 하거나 당할 위험이 더 높은 것으로 보고되었다(천성수, 2002; Wechsler & Nelson, 2001).

폭음이 뇌에 미치는 영향에 대한 연구 또한 증가하고 있다(Hermens et al., 2013). 폭음으로 인한 반복적인 알코올 섭취상태와 금단상태의 반복은 흥분성 독성에 의한 세포 손상(cell death)을 유발하는 것으로 보고되었다(Pascual, Blanco, Cauli, Minarro & Guerri, 2007). 폭음은 특히 전전두피질 기능의 결함과 관련 있는 것으로 보고되며(Miguel, Javier, Claudia & Teresa, 2008), 이를 지지하듯 폭음자에게서 전전두피질이 중요한 역할을 하는 여러 인지기능의 결함이 보고되고 있다(Campanella et al., 2013; Crego et al., 2010; Maurage, et al., 2013; Mota et al., 2013; Squeglia, Schweinsburg, Pulido & Tapert, 2011; Townshend & Duka, 2005; Townshend, Kambouropoulos, Griffin, Hunt & Milani, 2014). 즉, 폭음집단이 작업기억(Campanella et al., 2013; Mota et al., 2013; Squeglia et al., 2011; Townshend & Duka, 2005; Crego et al., 2010), 행동억제(Townshend & Duka, 2005), 의사결정(Maurage et al., 2013; Townshend et al., 2014; Yoo & Kim, 2016) 및 정서처리(Maurage et al., 2013)에서 결함을 보이며, 비폭음집단보다 더 충동적인 것으로 보고되고 있다(Townshend et al., 2014).

선행 연구들에서 폭음과 알코올 사용 장애가 밀접하게 관련되어 있음이 보고되었다(김정현, 천성수, 2014; Crego et al., 2010; Kanny et al., 2013; Lopez-Caneda et al., 2012; Maurage et al., 2013; Tucker, Orlando & Ellickson, 2003). 예를 들어, 알코올 남용 및 중독과 같은 알코올 사용 장애 환자에서 관찰되는 뇌 기능의 특징이 폭음집단에서도 관찰된다(Crego et al., 2010; Lopez-Caneda et al., 2012; Maurage et al., 2013). 또한, 폭음을 하는 청소년 및 젊은 성인들을 추적 연구한 결과, 폭음여부를 통해 훗날의 알코올 중독 및 알코올 사용 장애 여부를 예측할 수 있었다(김정현, 천성수, 2014; Kanny et al., 2013; Tucker et al., 2003).

2. 의사결정

의사결정은 여러 선택지가 놓인 상황에서 선택 사항에 대한 선호도를 형성하고, 선호도에 근거하여 행동을 선택 및 수행하며, 선택의 결과를 평가하는 인지과정이다(Ernst & Paulus, 2005). 의사결정은 단순히 인지적인 요소만으로 구성된 개념이 아닌, 주의, 작업기억 및 정서가 같이 관여하는 복합적인 과정이다(Bechara et al., 1999, Li, Lu, D'Argebeau, Ng & Bechara, 2010).

의사결정에는 다양한 뇌 영역들이 관여하는 것으로 보고되고 있다. Bush 등(2002)은 보상-기반 도박과제를 사용한 fMRI 연구에서 과제를 수행하는 동안 배측 전대상피질이 활성화하는 것을 보고하였고, Ernst 등(2002)은 일반인을 대상으로 의사결정 과제를 사용한 PET 연구에서 안와전전두피질, 전대상피질과 배외측 전전두피질의 활성화를 관찰하였다. 안와전전두피질은 자극의 동기 평가에(London, Ernst, Grant, Bonson & Weinstein, 2000), 전대상피질은 갈등탐지에, 배외측 전전두피질은 주의 자원의 유지 및 관리(Knight, Grabowecky & Scabini, 1995)에 관여하는 것으로 알려져 있다.

의사결정을 실험환경에서 측정하는 데는 주로 아이오와 도박과제(Iowa Gambling Task; IGT, Bechara, 2007)가 사용된다. IGT는 일상생활에서 경험하는 의사결정 상황을 재현하여 실생활에서의 의사결정 능력을 평가하기 위해 고안되었으며(Bechara, A. R. Damasio, H. Damasio & Anderson., 1994), 피험자는 여러 카드 중 한 장의 카드를 선택하여 이익을 최대화하고 손실을 최소화하도록 요구받는다. IGT는 네 장의 카드로 구성되어 있다. 네 장의 카드는 즉각적으로는 큰 이익을 제공하는 반면 장기적으로 이득보다 손실이 더 큰 불리한 카드(A, B)와 즉각적으로는 적은 이익을 제공하지만 장기적으로 이득이 손실보다 더 큰 유리한 카드(C, D)로 나뉜다. A와 C 카

드는 높은 빈도로 손실이 나타나지만, B와 D 카드는 낮은 빈도로 손실이 나타난다. 피험자는 사전에 각 카드의 손실 확률 혹은 크기에 대해 모르기 때문에 카드를 선택할 때마다 제시되는 피드백을 활용하여 카드와 결과에 대한 수반성을 학습해야 한다(Webb, Deldonno & Killgore, 2014). 정상인의 경우, 초기에는 불리한 카드가 더 큰 이득을 제공하기 때문에 주로 불리한 카드를 선택하지만, 시간이 지나면서 불리한 카드가 장기적으로 더 큰 손실을 초래하는 것을 학습하여 점차 유리한 카드를 선택한다(Dunn et al., 2006).

IGT는 복내측 전전두피질에 손상을 입은 환자들에서 관찰되는 의사결정 결함을 측정하기 위해 고안되었다(Bechara et al., 2000). 복내측 전전두피질에 손상을 입은 환자들은 장기적으로 손실을 경험함에도 불구하고 즉각적인 이득에 초점을 두는 특징을 보이며, 이런 특징은 IGT에서 저조한 수행으로 반영되었다(Bechara et al., 2000).

복내측 전전두피질에 손상을 입은 환자들에게서 관찰되는 의사결정 특징은 물질 의존(substance dependent) 환자에서도 관찰되는데, 즉, 코카인 및 알코올 중독 환자들이 IGT에서 유리한 카드보다 불리한 카드를 더 선택하는 경향을 보인다(Bechara, 2003; Bechara et al., 2001; Grant, Contoreggi & London, 2000; Mazas, Finn & Steinmetz, 2000).

3. 피드백 활용능력

의사결정은 크게 선호도 형성 단계, 실행 단계, 그리고 평가 단계로 나뉜다(Earnst & Paulus, 2005). 선택지에 대한 예상 결과를 통해 선호도를 형성하고 의도한 선택지를 선택하는 것도 중요하지만 선택에 의한 실제 결과를

평가하는 단계 또한 효율적인 의사결정에 매우 중요하다. 특히, 선택에 의한 결과가 명백하지 않은 환경에서의 결과 평가 및 피드백 활용은 합리적인 의사결정을 위해 매우 중요하다(San Martin, 2012). 이렇게 결과 및 피드백에 대한 정보를 인지적으로 지각하고 처리하여 평가하는 인지과정을 피드백 활용이라 한다(San Martin, 2012).

안와전전두피질, 복내측 전전두피질, 전대상피질, 선조체 등을 포함한 다양한 뇌 영역들이 피드백 활용능력에 관여하는 것으로 알려져 있다(Bush et al., 2002; Delgado et al., 2000; Elliott, Dolan & Frith, 2000; Elliott, Friston & Dolan, 2000; O'Doherty et al., 2001; Rogers et al., 2004). 안와전전두피질과 복내측 전전두피질은 피드백에 따라 서로 다른 활성화를 보여 구별되는 네트워크가 시사되었는데, 보상 피드백이 제시되었을 때는 내측 안와전전두피질에서, 처벌 피드백에서는 외측 안와전전두피질과 복내측 전전두피질에서 활성화가 관찰되었다(O'Doherty et al., 2001; Rogers et al., 2004). Elliott 등(2000)은 내측 안와전전두피질이 선택지와 피드백 간의 연결을, 외측 안와전전두피질이 예상치 못한 결과로 인한 재학습 과정을 담당한다고 제안했다. 피드백의 종류(보상 혹은 처벌)에 따라 배측 선조체와 전대상피질에서도 서로 다른 활성화가 보고되었다(Bush et al., 2002; Delgado et al., 2000; Elliott, Friston & Dolan, 2000; Rogers et al., 2004). 보상이 제시될 경우, 배측 선조체의 활성화가 증가한 채 유지되는 반면, 처벌 피드백에서는 급격히 활성화가 감소했다(Delgado et al., 2000). 또한, 음료를 보상으로 사용한 연구에서 예상 결과와 실제 결과 간의 차이인 예측 오류(prediction error)와 복측 선조체 및 안와전전두피질의 BOLD 활성화 간의 상관관계가 보고되었다(McClure, et al., 2003; O'Doherty, et al., 2003).

위와 같이 피드백 활용능력에 대해 여러 뇌 영상 연구가 보고되었으나 fMRI와 같은 뇌 영상 기법은 우수한 공간해상도를 보이지만, 시간해상도가

낮아 짧은 시간에 일어나는 인지과정에 대해 자세히 연구할 수 없다는 제한점을 가지고 있다(Richter, Ugurbil & Kim, 1997).

4. 사건관련전위에서 관찰되는 피드백 활용능력

사건관련전위는 뇌 영상기법과는 달리 매우 우수한 시간해상도를 가지고 있어 뇌가 피드백을 처리하고 활용하는 과정을 수백 밀리 초의 수준에서 조사할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Hewig et al., 2007). 사건관련전위는 자극의 제시와 관련해 특정 시간 동안 유발되는 뇌의 전기적 활동을 의미하며 정적 전위(positive potential) 혹은 부적 전위(negative potential)를 띠는 일련의 정점(peak) 혹은 요소(component)들로 구성된다(Hillyard & Kutas, 1983; Luck, et al., 2000). 사건관련전위를 사용하여 피드백 활용능력을 조사한 연구들은 피드백과 관련한 두 가지 요소로 피드백 관련 부적 전위(feedback-related negativity; FRN)와 P3을 보고하고 있다(Bellebaum, et al., 2010; Gu et al., 2011; Kreussel et al., 2012; San Martin, 2012; Yeung & Sanfey, 2004).

FRN은 피드백 제시 후 약 200-300ms 동안 전두-중앙 영역에서 관찰되는 부적 전위를 띠는 정점으로(San Martin, 2012), 긍정적 피드백보다 부정적 피드백에서 더 큰 진폭을 보이는 것으로 보고되고 있다(Gehring & Willoughby, 2002; San Martin, 2012). FRN은 현재 경험하고 있는 피드백이 예상했던 피드백과 얼마나 다른지를 의미하는 예측 오류를 반영하는 것으로 알려져 있다(Bellebaum, et al., 2010; Holroyd & Coles, 2002). 예를 들어, Bellebaum 등(2010)은 보상 금액을 미리 제시하는 도박과제를 사용하여 실제 얻은 보상이 예견된 보상보다 적은 조건에서 FRN 진폭이 더 크게 나타

나고 예측 오류가 부정적으로 클수록 FRN 진폭이 증가한다고 보고하였다. FRN의 근원지는 내측 전전두피질, 특히 전대상피질로 알려져 있으며 (Gehring & Willoughby, 2002; Yu & Zhou, 2009; Yu, W. Zhou, X. Zhou, 2011), 뇌 영상 기법을 사용하여 근원지를 탐색한 연구에서도 전대상피질의 활성화가 보고되었다(Holroyd et al., 2004). 예를 들어, Yu 등(2011)은 두 가지 선택지 중 하나를 선택하는 도박과제를 수행하는 동안 뇌파를 측정하여 쌍극자(dipole) 근원지 분석을 한 결과, FRN의 근원지가 전대상피질임을 보고하였다. Holroyd 등(2004)은 피드백 기반 학습 과제를 사용하여 fMRI를 실시한 결과, 배측 전대상피질의 일부 영역에서 피드백 유형에 따라 활성화에 차이가 있음을 보고했다.

P3은 피드백 제시 후 약 275-700ms 동안 중앙-두정 영역에서 관찰되는 정적 전위를 띠는 정점이다(Kamarajan et al., 2009; San Martin, 2012). P3은 1965년에 처음으로 보고된 이후로 가장 많이 연구된 사건관련전위 요소로(Sutton, Braren, Zubin & John, 1965) 기존의 맥락과 일치하지 않는 새로운 자극에 주의를 할당하여 맥락을 최신화하는 과정을 반영하는 것으로 알려져 있다(Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988). 한편, 피드백과 관련되어 초래되는 P3은 피드백에 대한 상위 처리 과정을 반영하며 처리된 정보는 최적의 의사결정을 위해 활용되는 것으로 알려져 있다(Nieuwenhuis, et al., 2005; Wu & Zhou, 2009; Yeung & Sanfey, 2004). 예를 들어, Yeung과 Sanfey(2004)는 두 가지 선택지 중 하나를 고르는 도박과제에서 P3 진폭이 피드백의 크기에 영향을 받을 뿐만 아니라 선택하지 않은 대안 결과(alternative outcome)에 따라서도 다른 점을 보고하였다. 또한, 손실을 경험한 이후 행동을 수정하지 않은 피험자보다 행동을 수정한 피험자들에서 더 큰 P3 진폭이 보고되었다. 이에 덧붙여 큰 금액과 적은 금액의 선택지 중 하나를 고르는 도박과제를 사용한 연구에서는 피드백의 유형(이득 혹은 손

실), 크기(큰 혹은 작은), 그리고 확률(잡은 혹은 드문)에 따라 P3의 진폭이 달라지는 것이 관찰되었으며(Wu & Zhou, 2009), 이는 예측 오류를 반영하는 FRN과는 달리 P3은 피드백에 대한 다른 정보들을 세부적으로 처리하고 평가하는 하향(top-down) 과정을 반영한다고 제안되었다.

5. 알코올 사용 장애의 의사결정 장애 및 피드백 활용능력 결함

5.1. 알코올 사용 장애 환자의 의사결정 장애

알코올 사용 장애 환자의 특징 중 하나는 음주로 인해 부정적인 사건을 겪음에도 불구하고 음주 행위를 중단하지 못한다는 점이다(American Psychiatric Association; APA, 1994, 2013). 즉, 알코올 사용 장애 환자들이 비효율적인 의사결정 경향성을 보이며 이는 알코올 사용 장애의 특성 지표로 여겨지고 있다(Bechara, 2003; Mitchell, et al., 2005). 예를 들어, Bechara(2003)는 알코올 중독 환자를 포함하여 물질 의존 환자들이 장기적인 보상보다 즉각적인 이득을 추구하는 의사결정 결함을 보이며 이런 의사결정 양상은 중독의 신경생리학적 기제에 관한 중요한 정보를 제공한다고 주장했다. Mitchell 등(2005)은 알코올 중독 환자들을 대상으로 지연 의사결정 과제를 사용한 연구에서 알코올 중독 환자들이 정상통제군에 비해 지연 보상보다 즉각 보상을 더 많이 선택함을 관찰하였다.

IGT를 사용한 연구에서도 알코올 사용 장애 환자의 의사결정 결함이 관찰되고 있다(Dom et al., 2006; Le Berre et al., 2014). 즉, 알코올 중독 환자들이 IGT에서 정상통제군에 비해 저조한 수행을 보이며 유리한 카드보다 불리한 카드를 더 많이 선택했다(Dom et al., 2006, Le Berre et al., 2014).

특히 Le Berre 등(2014)의 연구에선 MRI를 통해 정상통제군에 비해 알코올 중독 환자들에서 배외측 전전두피질, 배내측 전전두피질, 복내측 전전두피질에서 두정엽의 전측 영역까지의 영역, 외측 측두엽과 내측 측두엽, 대상피질, 시각피질, 소뇌와 편도체를 포함한 피질하 구조에서 감소한 회백질 부피가 관찰되었다. 또한, 이 영역들 중에서 해마, 배측 전대상피질과 복내측 전전두피질의 회백질 부피와 IGT 수행 점수 사이의 정적상관관계가 확인되었다(Le Berre et al., 2014).

5.2. 알코올 사용 장애 환자의 피드백 활용능력 결함

사건관련전위를 사용한 일부 연구에서 알코올 사용 장애 환자의 피드백 활용능력 결함이 보고되었다(Fein & Chang, 2008; Kamarajan et al., 2010; Kamarajan et al., 2012). 알코올 중독 환자들은 정상통제군에 비해 의사결정 과제인 Balloon Analogue Risk Task(BART)를 수행하는 동안 풍선이 터지는 부적 피드백이 제시될 때 감소한 FRN 진폭을 보였다(Fein & Chang, 2007). 큰 금액과 적은 금액 중 하나를 선택해야 하는 단순 도박과제를 사용한 연구에서 남성 알코올 중독 환자들은 정상통제군에 비해 손실 피드백이 제시되었을 때 감소한 FRN 진폭을 보였으며, 모든 피드백 조건(손실과 이득 조건)에서 감소한 P3 진폭을 보였다(Kamarajan et al., 2010). 또한, 알코올 중독 환자들을 대상으로 주파수 분석을 한 연구에서 손실 피드백이 제시되었을 때 정상통제군은 전전두 영역 중앙선을 중심으로 집중된 뇌 활성화를 보인 반면, 알코올 중독 환자들은 더 넓은 영역에서 감소한 활성화를 보였다(Kamarajan et al., 2012).

뇌 영상 기법을 사용한 연구에서도 알코올 사용 장애 환자의 피드백 활용

능력 결함을 시사하는 결과가 보고되었다(de Greck et al., 2008; Makris et al., 2008). 먼저, 남성 알코올 중독 환자들을 대상으로 피드백-네트워크에 관여하는 뇌 영역들을 살펴본 결과, 정상통제군에 비해 환자군에서 배외측 전전두피질, 우반구 전측 뇌섬엽(insula), 우반구 중격핵(nucleus accumbens)과 좌반구 편도체 부피가 감소되어 있는 것이 관찰되었다(Makris et al., 2008). fMRI를 사용한 다른 연구에서는 알코올 중독 환자들이 도박과제를 수행하는 동안 정상통제군에 비해 복측 피개 영역(ventral tegmental area; VTA)과 복내측 전전두피질에서 감소한 뇌 활성화를 보였다(de Greck et al., 2008).

6. 폭음과 의사결정 장애 및 피드백 활용능력 결함

6.1. 폭음자의 의사결정 장애

알코올 사용 장애 환자에서 관찰되는 의사결정 결함은 폭음자에서도 관찰된다(Goudriaan et al., 2007; Johnson et al., 2008; Moreno et al., 2012; Townshend et al., 2014; Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013; Yoo & Kim, 2016). 폭음자는 비폭음자보다 인지기능을 측정하는 Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery(CANTAB, Cambridge Cognition Ltd.)의 의사결정 과제에서 저조한 수행을 보였다(Townshend et al., 2014). IGT를 사용한 연구에서도 폭음자는 비폭음자보다 불리한 카드를 더 많이 선택하여 저조한 수행을 보였다(Goudriaan et al., 2007; Johnson et al., 2008; Moreno et al., 2012). 특히, Johnson 등(2008)은 기존의 IGT에 변형 버전(Variant Gambling Task; VGT, Bechara et al., 2000)을 추가하였는

데, 변형된 IGT는 카드를 선택할 때마다 손실을 경험하며 간헐적으로 이득을 경험하도록 고안된 과제다. 폭음자는 비폭음자에 비해 IGT에서는 저조한 수행을 보인 반면, 변형 버전에서는 수행 차이를 보이지 않았으며 이는 폭음자가 보이는 의사결정 결함이 즉각적인 보상에 대한 근시안적인 처리 경향 때문임을 시사한다(Johnson et al., 2008). 청소년을 대상으로 한 종단연구에서 추후 폭음자가 된 피험자들이 폭음자가 되기 전에 IGT에서 저조한 수행을 보였으며 IGT 수행점수가 높을수록 추후 음주 관련 문제를 덜 경험하는 것으로 보고되었다(Xiao et al., 2009). IGT를 수행하는 동안 fMRI를 촬영한 연구에서 폭음자는 비폭음자에 비해 좌반구 편도체와 양반구 뇌섬엽에서 과잉활성화를 보였고(Xiao et al., 2013), 폭음자의 안와전전두피질, 복내측 전전두피질 활성화와 문제 음주의 부적 상관관계가 보고되었다(Xiao et al., 2013).

6.2. 폭음자의 피드백 활용능력 결함

폭음군을 대상으로 사건관련전위를 사용하여 피드백 활용능력 결함을 확인한 연구는 극히 제한적이다. IGT를 사용한 한 연구에서 폭음집단이 비폭음집단에 비해 비록 통계적으로 유의하지는 않았으나 손실 피드백에 대한 FRN 진폭이 감소하는 경향($p=.061$)을 보임이 관찰되었다(Wahlstrom, 2013). 그러나 이 연구에는 세 가지 제한점이 있다. 첫째, 연구에 사용된 IGT는 총 100시행으로 구성되어 있으며, 이는 평균 분석에 충분한 시행 수가 필요한 사건관련전위 연구에는 적합하지 않다(Schuermann, et al., 2011). 둘째, 이득 피드백이 제시된 후 손실 피드백이 연이어 제시되어 피드백 유형에 따른 반응을 구별하기 어렵다는 제한점을 가지고 있다. 셋째, 남자대학생만을 대

상으로 연구를 진행하였다. 폭음(O'Malley & Johnston, 2002; Wechsler et al., 2000; Weitzman et al., 2003), 의사결정(Bolla, Eldreth, Matochik, & Cadet, 2004), 그리고 사건관련전위(Larson, Mickle, & Clayson, 2011)에서의 성차가 보고된 점을 고려하면, 폭음자의 의사결정에 관한 사건관련전위 연구에 여성과 남성 폭음자를 구분하여 연구할 필요가 있다.

III. 연구문제 및 연구 가설

본 연구는 폭음을 하는 여자대학생의 의사결정 시 피드백 활용능력을 IGT와 사건관련전위를 사용하여 알아보고자 하였으며, 연구 문제와 가설은 다음과 같다.

연구 문제 1. 폭음집단과 비폭음집단이 IGT에서 차이를 보일 것인가?

가설 1-1. 폭음집단이 비폭음집단에 비해 IGT에서 더 낮은 점수를 보일 것이다.

연구 문제 2. 폭음집단과 비폭음집단이 사건관련전위에서 차이를 보일 것인가?

가설 2-1. 폭음집단이 비폭음집단에 비해 감소된 FRN 진폭을 보일 것이다.

가설 2-2. 폭음집단이 비폭음집단에 비해 감소된 P3 진폭을 보일 것이다.

연구 문제 3. 사건관련전위는 IGT 수행과 어떠한 관련성을 보일 것인가?

가설 3-1. FRN 진폭은 IGT 수행과 정적 상관을 보일 것이다.

가설 3-2. P3 진폭은 IGT 수행과 정적 상관을 보일 것이다.

IV. 연구방법

1. 연구 대상

수도권 소재 대학에 재학 중인 여자대학생 390명을 대상으로 웹 설문지를 실시하였다. 이들을 알코올 관련 문제 및 음주습관, 알코올 섭취 속도와 지난 2주 내 알코올 섭취량 및 빈도에 근거하여 구분한 결과(NIAAA, 2004; Wechsler & Nelson, 2001), 26명의 폭음자와 20명의 비폭음자가 연구에 참여하였다. 연구참여자 선정 과정에 대해서는 다음 항목에 상세히 기술하였다.

폭음집단 구분에는 알코올 사용 장애 선별 검사(Alcohol Use Disorder Identify Test: AUDIT, Babor, Higgins-Biddle, Saunders & Monteiro, 2001)의 총점, 알코올 사용 설문지(Alcohol Use Questionnaire: AUQ, Townshend & Duka, 2002)의 10번 문항 점수(술을 마실 때 얼마나 빨리 마십니까?, Mota et al., 2013), 그리고 폭음의 양과 빈도를 묻는 문항(지난 2주 동안 한 번의 술자리에서 소주 7잔(다른 술은 5잔) 이상의 술을 마신 것이 몇 번입니까?; Yoo & Kim, 2016)을 사용하였다. 알코올 사용 장애 선별 검사의 경우, 세계보건기구(WHO)에서는 총점 8점을 기준으로 문제 음주자를 선별하도록 권고하고 있다(Babor et al., 2001). 그러나 총점 8점은 음주로 인한 문제가 전혀 없으나 잠재적으로 발생할 수 있는 수준으로 현재 문제 음주자를 선별하기 위해 총점 12점을 기준으로 사용할 것이 제안되었다(김종성 등, 1999). 반면, AUDIT 총점이 26점 이상일 경우에는 알코올 중독이 의심되기에 연구 대상에서 제외하였다(김종성 등, 1999). 미국 국립알코올연구소(National Institute of Alcohol Abuse and Addiction; NIAAA, 2004)의 폭음 정의에 따라 한 시간에 2잔 이상의 알코올을 섭취할 경우 폭

음집단으로 선별하였다. 또한, Wechsler와 Nelson(2001)의 정의에 따라 지난 2주 동안 한 번 이상의 폭음을 한 경우 폭음집단으로 선별하였다. 이를 종합하면, 폭음집단의 선정 기준은 다음과 같다. (1) AUDIT-K에서 12점 이상, 26점 미만의 점수를 받고, (2) 시간 당 2잔 이상의 속도로 음주를 하며, (3) 한 번의 술자리에서 4잔의 알코올을 지난 2주 동안 1회 이상 섭취한 사람.

비폭음집단($n=20$)은 AUDIT-K 기준에 따라 정상음주자이며, 폭음의 음주 양상을 보이지 않는 사람으로 선정하였다. 국내 여러 연구에서는 AUDIT-K 총점 12점을 문제 음주자의 구분 점수로 사용하기에 12점 미만의 점수를 받은 사람을 정상 음주자로 분류하였다(양난미, 송영이, 2013; 윤명숙, 2006). 그러나 일부 연구에서는 WHO에서 권유하는 구분 점수인 8점을 사용하여, 총점 8점 미만의 점수를 받은 사람을 정상 음주자로 구분하였다(김용석, 1999; 유채영, 2000). 음주 속도 및 2주 내 폭음 빈도에서는 폭음집단 기준 미만에 해당하는 경우 비폭음집단으로 선별하였다(Yoo & Kim, 2016). 이를 종합해 볼 때, 비폭음집단의 선정 기준은 다음과 같다. (1) AUDIT-K에서 총점 8점 미만의 점수를 받으며, (2) 시간 당 1잔 이하의 속도로 음주를 하며, (3) 한 번의 술자리에서 4잔의 알코올을 지난 2주 동안 섭취한 적이 없는 사람.

1.1. 연구 대상 통제 기준

연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 오염변인을 통제하고자 실험 전 알코올을 섭취한 경우, 정신병력, 알코올 가족력, 정신장애 혹은 신경질환 관련 상담 이력이 있는 경우, 왼손잡이거나 양손잡이인 경우를 연구 대상에서 제외

하였다.

급성 알코올 섭취가 과제 수행에 영향을 미칠 수 있으므로 연구 참여 이틀 전에 음주한 자는 연구대상에서 제외하였다. 신경 질환, 정신장애, 약물 및 알코올 중독의 병력을 가지는 경우 연구대상에서 제외하였으며, 이를 위해 DSM-IV 축 1 장애를 위한 구조화된 임상면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP, First, Spitzer, Gibbson & Williams, 1996)을 실시하였다. 또한, 사전 질문을 통해 정신장애 혹은 신경 질환 관련 상담 이력이 있는지 확인하였으며, 이 과정에서 폭음집단에서 3명, 비폭음집단에서 1명이 제외되었다. 또한, 알코올과 관련된 유전적 변인을 통제하기 위해 한국판 알코올 중독자 자녀 선별검사(The Korean Version of the Children of Alcoholics Screening Test: CAST-K, 김미례, 장환일, 김경빈, 1995)를 실시하여 6점 이상일 경우에는 연구에서 제외하였다. 이 과정에서 폭음집단에서 62명, 비폭음집단에서 11명이 제외되었다. 이에 덧붙여 왼손잡이와 양손잡이의 경우 뇌 활성화에서 차이가 있을 수 있으므로, 오른손잡이만을 연구 대상에 포함하였으며, 이 과정에서 폭음집단에서 7명, 비폭음집단에서 3명이 제외되었다. 또한, 선정된 연구참여자 중 25명(폭음집단: 12명, 비폭음집단: 13명)이 연구 참여에 동의하지 않아 연구에서 제외되었다. 최종적으로 26명의 폭음자와 20명의 비폭음자가 연구에 참여하였다.

마지막으로 우울, 불안, 그리고 충동성을 통제하고자 모든 연구참여자들에게 우울척도(Self-Rating Depression Scale: SDS, Zung, Richards & Short, 1965), 상태-특성 불안척도(Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory: STAI, Spielberger Gorsuch & Lushene, 1970), 그리고 충동성 척도(Barratt Impulsivity Scale: BIS, Patton, Stanford & Barratt, 1995)를 실시하여 우울, 불안 그리고 충동성을 측정하였다. 본 연구는 생명윤리위원회의 승인을

받았으며(승인번호: SSWUIRB 2017-040) 모든 연구참여자들에게 연구 참여 전 연구 목적 및 절차 등을 설명한 이후 연구 참여에 대한 동의서를 얻었고, 연구 참여에 대한 사례비를 지급하였다.

2. 평가 도구

2.1. 폭음자 변별 척도

2.1.1. Alcohol Use Disorder Identification Test (AUDIT)

AUDIT(Babor et al., 2001)은 알코올 사용 장애 및 음주의 심각성을 평가하기 위해 고안된 자기 보고형 도구로 총 10개의 문항으로 구성되어 있다. 문항 1에서 8, 그리고 문항 10은 5개의 응답 범주로 구성되어 있어 각각 0점에서 4점까지 줄 수 있으며, 문항 9는 3개의 응답범주로 각각 0, 2, 4점으로 구성되어 있다. 총 10문항의 합계 점수는 0~40점이다. 10개 문항 중 3문항은 알코올 섭취 빈도 및 양에 대해, 3문항은 알코올 의존성에 대해, 나머지 4문항은 정신-사회학적 문제의 유무에 대해 질문한다. 본 연구에서는 이병욱, 이충현, 이필구, 최문중, 남궁기(2000)가 번안한 한국어판 알코올 사용 장애 진단 검사(AUDIT-K)를 사용하였다.

2.1.2. Alcohol Use Questionnaire (AUQ)

AUQ(Mehrabian & Russell, 1978)는 음주 패턴을 측정하는 자기보고형 도구로 본 연구에서는 폭음 점수에 해당하는 문항인 10번, 11번, 그리고 12번 문항을 사용하였다(Townshend & Duka, 2002). 세 문항들은 각각 음주 속도(한 시간에 섭취하는 평균 음주량), 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟

수, 그리고 술을 마실 때 취하는 비율을 측정하며, 알코올 섭취량과 음주 패턴을 모두 고려하여 산출된 폭음 점수다(Townshend & Duka, 2002). 폭음 점수는 다음과 같은 공식[4*10번 문항 + 11번 문항 + 0.2*12번 문항]으로 계산할 수 있다(Townshend & Duka, 2005). AUQ의 폭음점수는 일기 형식으로 보고한 폭음 수준과 정적 상관관계를 보였으며, AUQ의 폭음점수를 사용하여 폭음집단과 비폭음집단을 구분한 연구에서 집단 간 인지기능의 차이가 관찰되었다(Townshend & Duka, 2002; Townshend & Duka, 2005). 본 연구에서는 Yoo와 Kim(2016)이 변안한 질문지를 사용하였다.

2.1.3. 폭음의 양/빈도

더 정확한 폭음의 양/빈도를 측정하기 위해 본 연구에서는 성별을 고려한 문항을 추가하였다(Yoo & Kim, 2016). 폭음에 관한 선행 연구에서는 AUDIT의 3번 문항을 통해 폭음 기준에 따른 음주량과 빈도를 충족시키는 지 판단하였으나(Mota et al., 2013; Parada et al., 2012) 3번 문항은 성별을 구분하지 못해 성별에 따른 폭음의 빈도를 측정할 수 없다. 성별에 따른 폭음의 양과 빈도를 측정하기 위해 Yoo와 Kim(2016)이 사용한 지난 2주 동안 한 번의 술자리에서 남성의 경우 5잔(소주는 7잔), 여성의 경우 4잔(소주는 5잔) 이상의 술을 몇 번 마셨는지를 묻는 문항을 추가하였다.

2.2. 임상척도

2.2.1. DSM-IV 축 1 장애를 위한 구조화된 임상면담(Structured Clinical Interview for DSM-IV-Non Patient: SCID-NP)

SCID-NP는 DSM-IV 진단 기준에 따라 축 1 장애를 진단하기 위한 반구조화된 면담 도구(First, et al., 1996)로서, 검사자가 증상의 유무를 질문하여

수검자의 응답에 따라 다음 장애군으로 넘어가는 진단 결정 분기도(decision making tree)를 사용한다. 각 문항 당 1(없음 혹은 해당 안 됨), 2(역치 미만), 3(역치 또는 해당됨)으로 기록하며, 검사자간 신뢰도는 .70이다. 본 연구에서는 한오수 등(2000)이 번안한 것을 사용한다. SCID-NP를 통해 연구 참여자가 신경 질환, 정신장애, 약물 및 알코올 중독의 병력을 가지고 있다는 것이 확인되면 연구에서 제외하였다.

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

CAST-K는 알코올 중독자 자녀 선별검사로서, 총 30문항으로 구성되어 있으며 부모에 대한 자녀의 지각, 경험 반응을 평가함으로써 적어도 한 명의 알코올 중독자 부모가 있는지를 선별하기 위해 고안되었다(Jones, 1983). 검사는 (a) 부모의 음주와 관련된 심리적 고통, (b) 부모 간의 음주와 관련된 가정불화에 대한 지각, (c) 부모의 음주를 조절(control)하려는 시도, (d) 알코올 중독으로부터 달아나려는 노력, (e) 음주와 관련된 가정 내 폭력에 노출됨, (f) 부모를 알코올 중독자로 지각하는 경향, (g) 전문적인 상담을 받고 싶은 소망을 다룬다. 각 문항에서 응답자는 예/아니오 중 하나를 선택하여 답한다. 본 연구에서는 김미례, 장환일, 김경빈(1995)이 번안한 척도를 사용하였으며, 알코올 중독자 자녀에 해당하는 기준 점수(cut-off score)는 6점이다. 따라서 본 연구에는 6점 미만의 점수를 받은 연구참여자만이 포함되었다.

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

SDS는 우울의 정서, 생리적 증상, 심리적 증상 정도를 평가하는 자기보고식 척도이며 20문항으로 구성되어 있다(Zung, Richards & Short, 1965). 각

문항은 4점 Likert 형으로 증상의 정도에 따라 1점에서 4점 중 하나로 평정하도록 되어 있다. 20개 문항 중 10개 문항이 반대로 기술되어 있어, 역으로 환산하여 채점하도록 되어 있다. 우울이 심할수록 높은 점수를 받으며 점수의 범위는 20점에서 80점까지이다. 본 연구에서는 이영호, 송종용(1991)이 번안한 도구를 사용하였다.

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

STAI는 상태-특성 불안을 측정하는 자기보고식 척도로서 상태 불안을 측정하는 20문항과 특성 불안을 측정하는 20문항으로 구성되어 총 40문항으로 구성되어 있다(Spielberger et al., 1970). 각 문항은 4점 Likert형으로 불안 정도에 따라 1점에서 4점 중에 하나로 평정하게 되어 있다. 불안이 심할수록 높은 점수를 받게 되는데 점수의 범위는 상태불안과 특성불안 각각 20점에서 80점까지이다. 본 연구에서는 김정택, 신동균(1978)이 번안하여 한국형으로 표준화한 도구를 사용하였다.

2.2.5. 한국판 Barratt 충동성 척도(The Korean Version of the Barratt Impulsivity Scale: BIS)

BIS는 충동성을 측정하는 자기보고식 척도이다(Patton et al., 1995). BIS는 총 30문항으로 인지 충동성을 측정하는 8문항, 운동 충동성을 측정하는 11문항, 그리고 무계획성 충동성을 측정하는 11문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 4점 Likert형으로 각 문항이 자신을 얼마나 잘 설명하는지에 따라 1점에서 4점 중 하나로 평정하도록 되어 있다. 충동성이 높을수록 높은 점수를 받게 되며 점수 범위는 30점에서 120점까지이다. 본 연구에서는 허심양, 오주용, 김지혜(2012)가 번안한 도구를 사용하였다.

3. 실험 절차

3.1. 아이오와 도박과제

의사결정 능력 및 피드백 활용능력을 평가하기 위해 전산화 아이오와 도박과제(Iowa Gambling Task; IGT, Bechara, 2007)를 수정하여 사용하였다. 기존의 전산화 IGT에서는 매 시행마다 네 장의 카드(A, B, C, D)가 제시된다. 두 장의 카드(A와 B)는 즉각적으로 큰 이득을 제공하지만, 장기적으로는 이득보다 손실을 제공하는 불리한 카드이다. 반면, 다른 두 장의 카드(C와 D)는 즉각적으로는 적은 이득을 제공하지만, 장기적으로는 손실보다 이득을 제공하는 유리한 카드이다. A와 C카드의 손실이 높은 빈도(50%)로 초래되는 반면, B와 D카드의 손실이 낮은 빈도(10%)로 초래된다.

본 연구에서 사용된 IGT는 기존 과제의 시행 수를 사건관련전위의 분석에 맞게 수정하였다. 기존의 IGT는 총 100 시행으로 구성되어 있는 한편, 수정된 IGT는 블록 별 100 시행씩 총 3 블록으로 구성되었으며 연습시행 20 시행을 포함하여 총 320 시행으로 구성되었다. 이러한 설계는 충분한 사례수가 필요한 사건관련전위 분석에 적합하다(Schuermann et al., 2011).

과제의 자극은 E-Prime version 2.0(Psychology Software Tools) 프로그램을 사용하여 제시되었으며, 과제 진행 절차는 다음과 같다(그림 1). 자극 제시 전 “+” 모양의 고정점이 1,000ms 동안 제시된 후 네 장의 카드가 제시되었다. 네 장의 카드가 제시되는 동안 연구참여자는 각 카드에 해당하는 버튼을 눌러 반응하도록 요구받았다. 네 장의 카드는 연구참여자가 카드를

선택할 때까지 제시되었다. 연구참여자가 카드를 선택하고 700ms 후에 이득 조건에서는 녹색의 웃는 얼굴과 얻은 점수가, 손실 조건에서는 적색의 슬픈 얼굴과 잃은 점수가 1,000ms 동안 제시되었다(그림 2).

연구참여자의 동기를 유지하기 위해 연구참여자는 블록마다 2,000점의 시작 점수를 받았으며(Bechara, H. Damasio, & A. R. Damasio, 2000), 블록마다 불리한 카드와 유리한 카드의 위치가 바뀌었다(Schuermann et al., 2011). 과제에서 의사결정 능력은 세 블록 네트점수의 평균인 전체 네트점수와 각 블록의 100 시행을 20시행씩 구분한 다섯 구획에서의 평균 구획별 네트점수 두 가지로 측정하였다. 네트점수는 유리한 카드를 선택한 횟수에서 불리한 카드를 선택한 횟수를 뺀 $[(C+D)-(A+B)]$ 로 측정하였다.

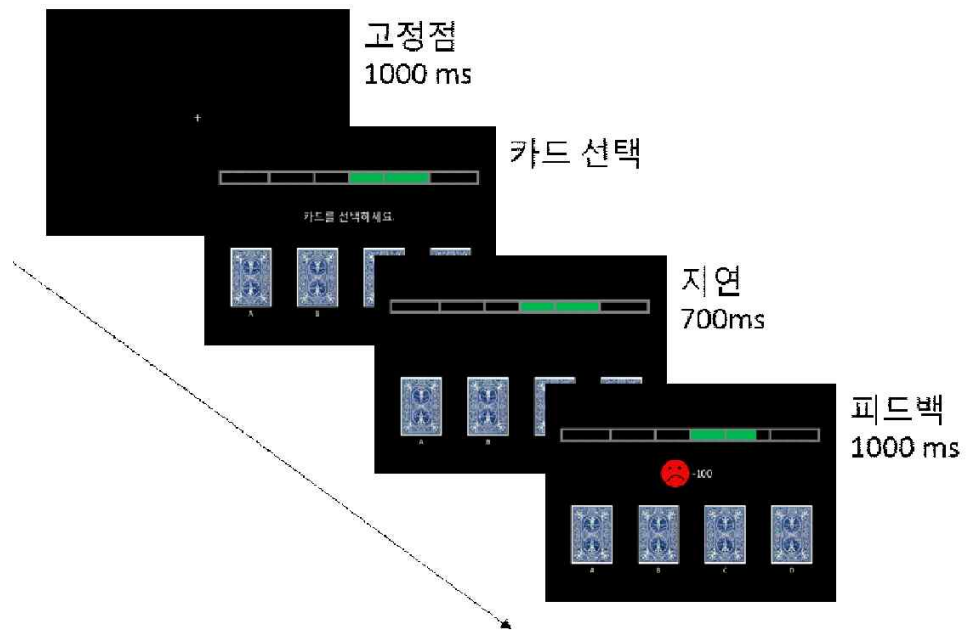


그림 1. 수정된 IGT의 자극 제시 순서

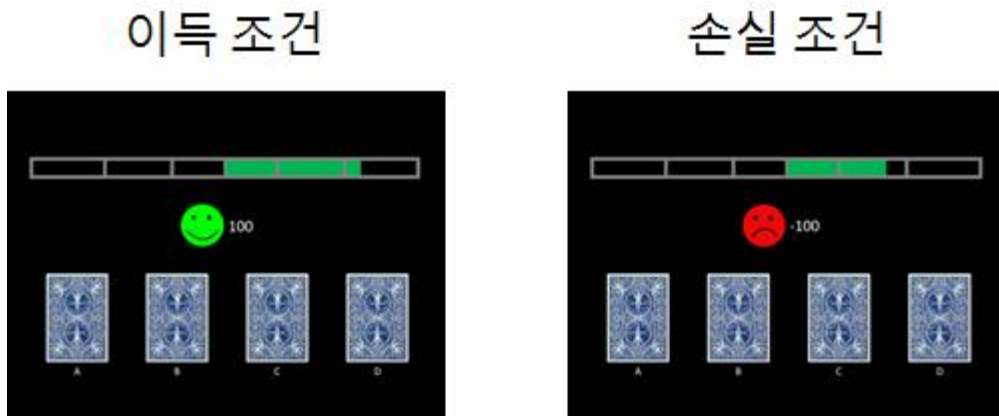


그림 2. 수정된 IGT의 피드백 조건

3.2. 사건관련전위 측정

뇌파는 절연과 방음 시설이 갖추어진 실험실에서 64 채널의 Geodesic Sensor Net을 사용하여 측정하였다. 뇌파 측정 시 기준위치(reference)는 Cz이며, 각 채널의 impedance는 50K Ω 이하를 유지하였다(Tucker, 1993). 뇌파 측정 시 0.3~100Hz bandpass로 연속 측정하며, 표본율(sampling rate)은 500Hz로 설정하였다. 측정된 뇌파는 0.3~30Hz bandpass로 digital filtering을 적용하였다. 분석 시 재-기준점(re-reference)은 전체 전극의 평균인 average reference이었다. 연속적으로 측정된 뇌파를 800ms(반응 전 100ms 부터 반응 후 700ms까지)의 epoch으로 구분하였다. 또한, 눈 깜박임 등의 artifact를 제거하기 위하여 눈 깜박임을 민감하게 탐지하기 위한 전극(eye channels: 1번, 5번, 10번, 17번)에서 측정된 뇌파가 $\pm 70\mu V$ 를 넘을 경우, 그 시행을 분석에서 제외하였다. 파형은 과제의 손실 조건과 이득 조건에 따라 분리하여 평균파형(averaged waveform)을 계산하여 산출하였다.

4. 자료 분석

4.1. 인구통계학적 특성

폭음집단과 정상통제집단의 인구통계학적 변수는 독립표본 t검정 (independent sample t-test)을 사용하여 분석하였다.

4.2. 행동 자료

IGT에서 폭음집단과 정상통제집단의 전체 네트점수는 독립표본 t검정을 사용하여 분석하였다. 시행에 따른 IGT 수행의 변화를 분석하고자 각 블록의 100시행을 20시행씩 다섯 구획으로 구분하여 구획별 평균 점수를 산출하였다. 구획에 대한 평균 점수, 즉 구획별 네트점수는 혼합설계 변량분석(ANOVA mixed design)으로 분석하였으며, 집단이 피험자 간 변인이며 구획이 피험자 내 변인이었다. 각각의 측정치들 간의 분산차로 인해 구형성 가정이 위배될 경우에는 Greenhouse-Geisser correction을 적용하여 조정하였다.

4.3. 사건관련전위

연구참여자들의 전체 평균 사건관련전위(grands averaged ERPs)에 근거하여 분석할 사건관련전위 요소와 시간 영역(time window)을 설정하였다. FRN은 피드백 제시 후 200~275ms에서 나타나는 부적 정점(peak), P3은 피드백 제시 후 275~700ms에서 나타나는 정적 정점으로 정의하였다. 사건관련전위는 우수한 시간해상도를 장점으로 두고 있으나 사건관련전위 요소 간 시간 영역이 인접하거나 겹칠 경우, 해석에 주의를 요구한다는 단점이 있다(Luck, 2005). 특히, P3은 FRN 이후에 관찰되는 사건관련전위 요소로서 FRN 해석에 주의가 요구된다. 이를 해결하고자 많은 선행연구들에선 피드백 유형에 따른 차이과형(이하 Δ FRN)을 사용하였다(Hajcak et al., 2005; Holroyd et al., 2009; Walsh et al., 2011; Xu et al., 2011). 본 연구에서는 Δ FRN을 피드백 제시 후 200~275ms에서 나타나는 부적 정점의 피드백 조

건 간 차이(이득 - 손실), $\Delta P3$ 을 피드백 제시후 275~700ms에서 나타나는 정적 정점의 피드백 조건 간 차이(이득 - 손실)로 정의하였다.

각 요소의 진폭과 잠재기(latency)를 각각 혼합설계 변량분석(ANOVA mixed design)으로 분석하였다. FRN과 P3의 경우 전극 위치(FC3, FCz, FC4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4)와 피드백의 유형(이득 혹은 손실)이 피험자 내 요인이며, 집단(폭음집단과 비폭음집단)이 피험자 간 요인이었다. ΔFRN 과 $\Delta P3$ 의 경우 전극 위치가 피험자 간 요인, 집단이 피험자 요인이었다. 각각 측정치 간의 분산차로 인하여 구형성 가정이 위배될 경우 Greenhouse-Geisser correction을 적용하였다. IGT 수행과 FRN, P3 진폭 간의 관련성은 Pearson 상관계수를 사용하여 분석하였다.

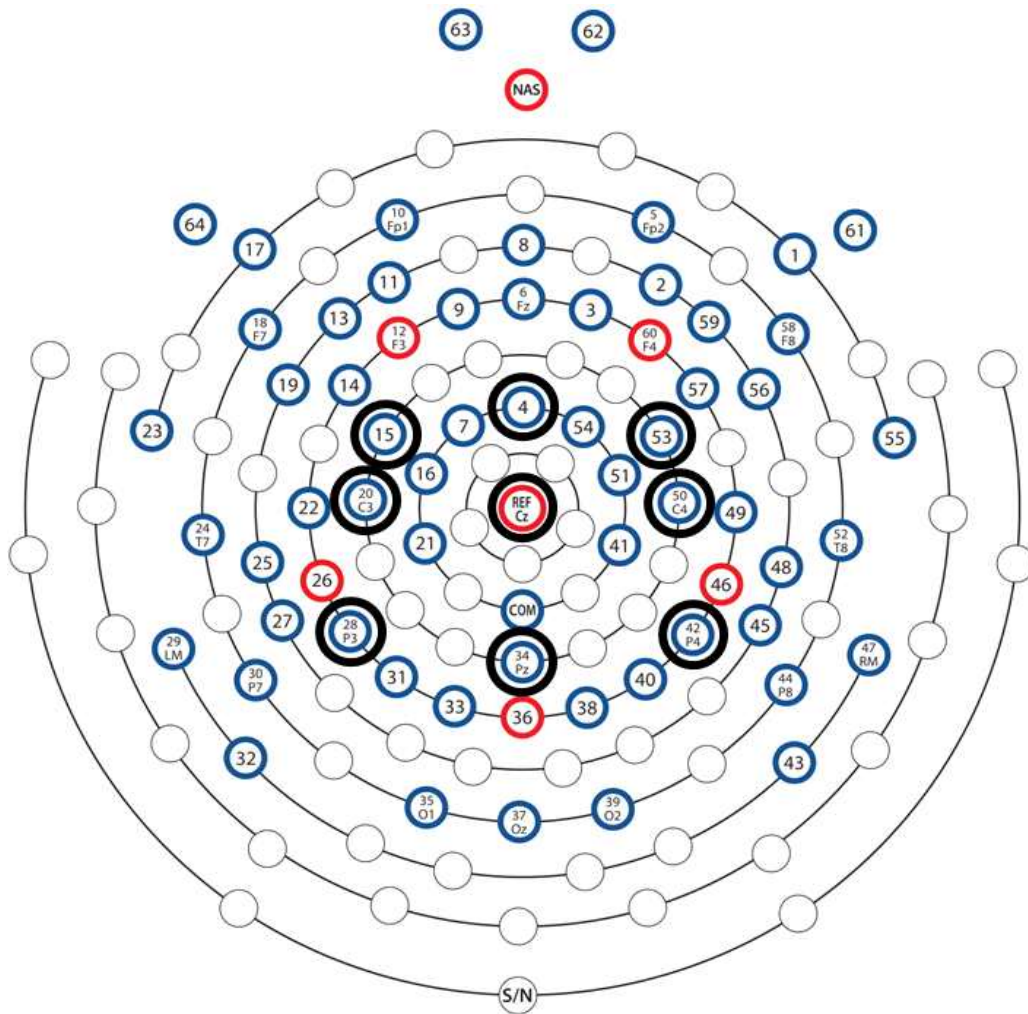


그림 3. 사건관련전위 분석에 포함된 채널(검정색 원)

V. 연구 결과

1. 인구통계학적 특성

비폭음집단과 폭음집단의 인구통계학적 특성이 표 1에 기술되어 있다. 비폭음집단과 폭음집단이 연령, $t(44)=-1.21$, *ns*, 교육연한, $t(44)=-.90$, *ns*, SDS, $t(44)=.58$, *ns*,와 STAI 특성, $t(44)=1.03$, *ns*, 에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

반면, STAI 상태, $t(44)=4.85$, $p<.001$, BIS, $t(44)=6.27$, $p<.001$, AUDIT-K, $t(44)=16.25$, $p<.001$, 음주 속도(AUQ 10번), $t(44)=12.31$, $p<.001$, 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수(AUQ 11번), $t(44)=5.56$, $p<.001$, 술을 마실 때 취하는 비율(AUQ 12번), $t(44)=4.57$, $p<.001$, 및 AUQ 폭음점수, $t(44)=10.09$, $p<.001$,에서 집단 간 유의한 차이가 확인되었다. 즉, 폭음집단이 비폭음집단에 비해 유의하게 높은 상태 불안, 충동성, AUDIT-K 총점, 음주 속도, 지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수, 술을 마실 때 취하는 비율과 AUQ 폭음점수를 보였다.

표 1. 비폭음집단과 폭음집단의 인구통계학적 특성

	비폭음집단 (<i>n</i> =20)	폭음집단 (<i>n</i> =26)	<i>t</i>
	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	
연령(년)	21.95 (2.01)	21.27 (1.80)	-1.21
교육연한(년)	15.00 (1.12)	14.69 (1.19)	-.90
SDS	40.10 (5.18)	41.23 (7.98)	.58
STAI 상태	39.35 (7.90)	56.69 (14.40)	4.85 ***
STAI 특성	38.85 (7.83)	41.54 (9.44)	1.03
BIS	64.00 (11.64)	83.46 (9.41)	6.27 ***
AUDIT-K	2.50 (1.91)	17.54 (4.19)	16.25 ***
음주 속도 (잔/시간)	.65 (.49)	4.19 (1.36)	12.31 ***
지난 6개월 동안 술에 취한 평균 횟수	.10 (.31)	5.15 (4.62)	5.56 ***
술을 마실 때 취하는 비율(%)	8.75 (17.16)	40.19 (29.14)	4.57 ***
AUQ 폭음 점수	4.45 (4.41)	29.96 (11.87)	10.09 ***

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

****p*<.001

2. 행동 자료 분석

비폭음집단과 폭음집단의 전체 네트점수와 구획별 네트점수가 표 2에 제시되어 있다. 전체 네트점수에서 비폭음집단과 폭음집단 간 유의한 차이가 관찰되었다, $t(44)=-2.56, p<.05$. 즉, 폭음집단이 비폭음집단보다 유의하게 낮은 전체 네트점수를 보였다. 구획별 네트점수의 ANOVA 결과가 표 3에 기술되어 있다. 집단 간 구획별 네트점수에서 유의한 차이가 확인되었으며, $F(1,44)=6.57, p<.05$, 폭음집단이 비폭음집단보다 유의하게 낮은 구획별 네트점수를 보였다. 구획과 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다, $F(4,176)=1.10, ns$.

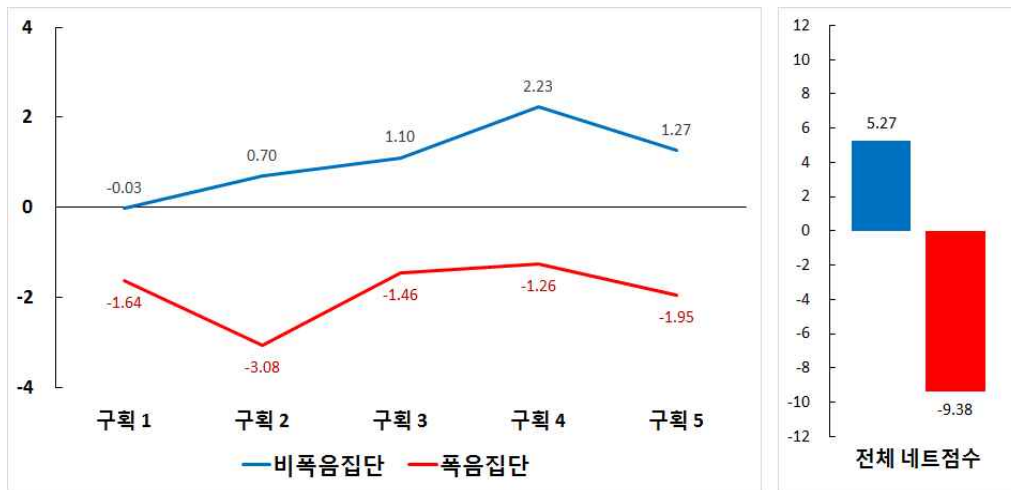


그림 4. 비폭음집단($n=20$)과 폭음집단($n=26$)의 수정된 IGT 구획별 네트점수(왼쪽)와 전체 네트점수(오른쪽)

표 2. 비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT 네트점수

	비폭음집단 (<i>n</i> =20)	폭음집단 (<i>n</i> =26)
	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)
구획 1	-.03 (4.32)	-1.64 (3.07)
구획 2	.70 (5.92)	-3.08 (4.22)
구획 3	1.10 (5.65)	-1.46 (3.45)
구획 4	2.23 (5.74)	-1.26 (4.36)
구획 5	1.27 (4.98)	-1.95 (4.16)
전체	5.27 (23.40)	-9.38 (15.31)

표 3. 비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT 구획별 네트점수 ANOVA 결과

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	6.57 *	.13	.01
오차	44	(73.91)		
<u>집단내</u>				
구획	4	2.43	.05	.05
구획x집단	4	1.10	.02	.36
구획내 오차	176	(7.70)		

() 오차제곱평균(MSE)

**p*<.05

3. 사건관련전위 분석

그림 5는 비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT의 이득 조건과 손실 조건에서 보인 사건관련전위를 전두-중앙 영역(FCz), 중앙 영역(Cz)과 두정 영역(Pz)에서 전체 평균(grand averaged)한 파형이다. 비폭음집단과 폭음집단 모두에서 FRN의 최대 진폭이 전두-중앙 영역(FCz)에서 관찰되었고 P3의 최대 진폭은 두 집단 모두 중앙 영역(Cz)에서 관찰되었다. 그림 6, 7은 각각 FRN과 P3의 전체 64채널에서의 진폭 분포(topographical distribution)를 보여준다.

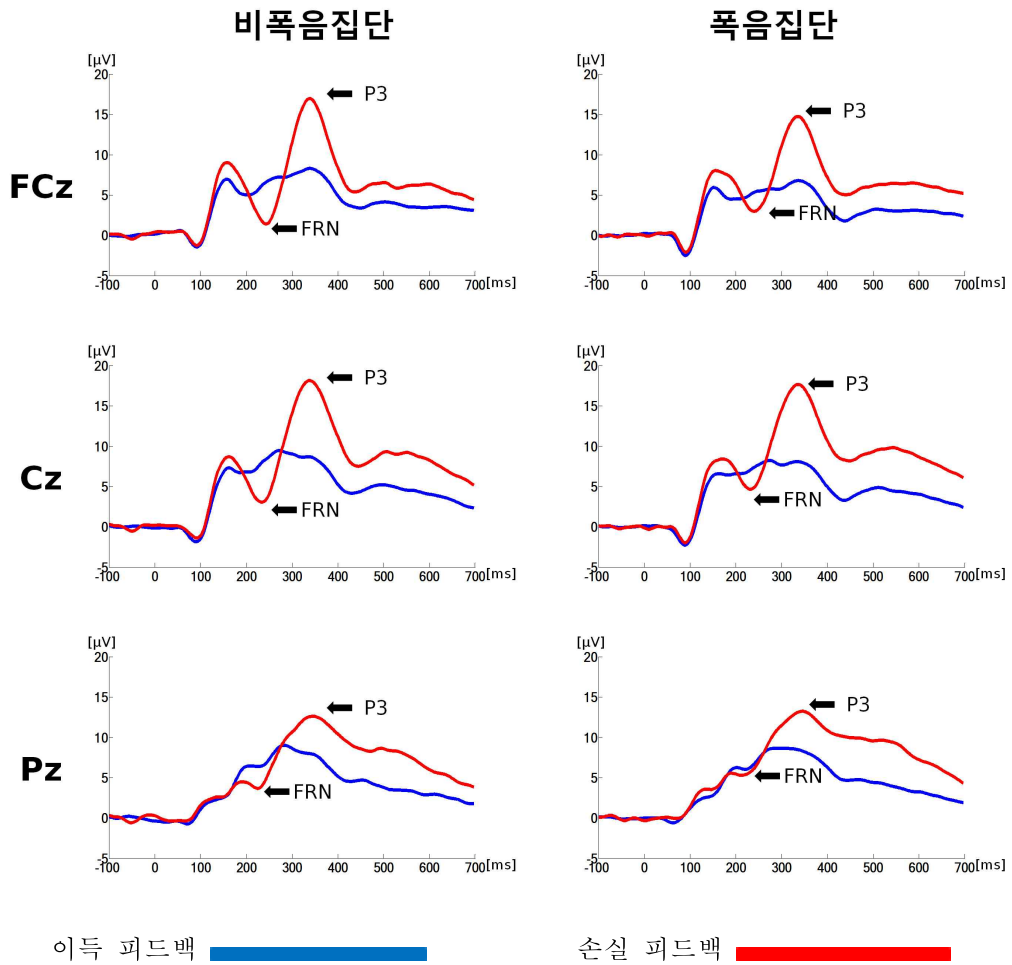


그림 5. 수정된 IGT에서 관찰된 비폭음집단($n=20$)과 폭음집단($n=26$)의 전체 평균 사건관련전위

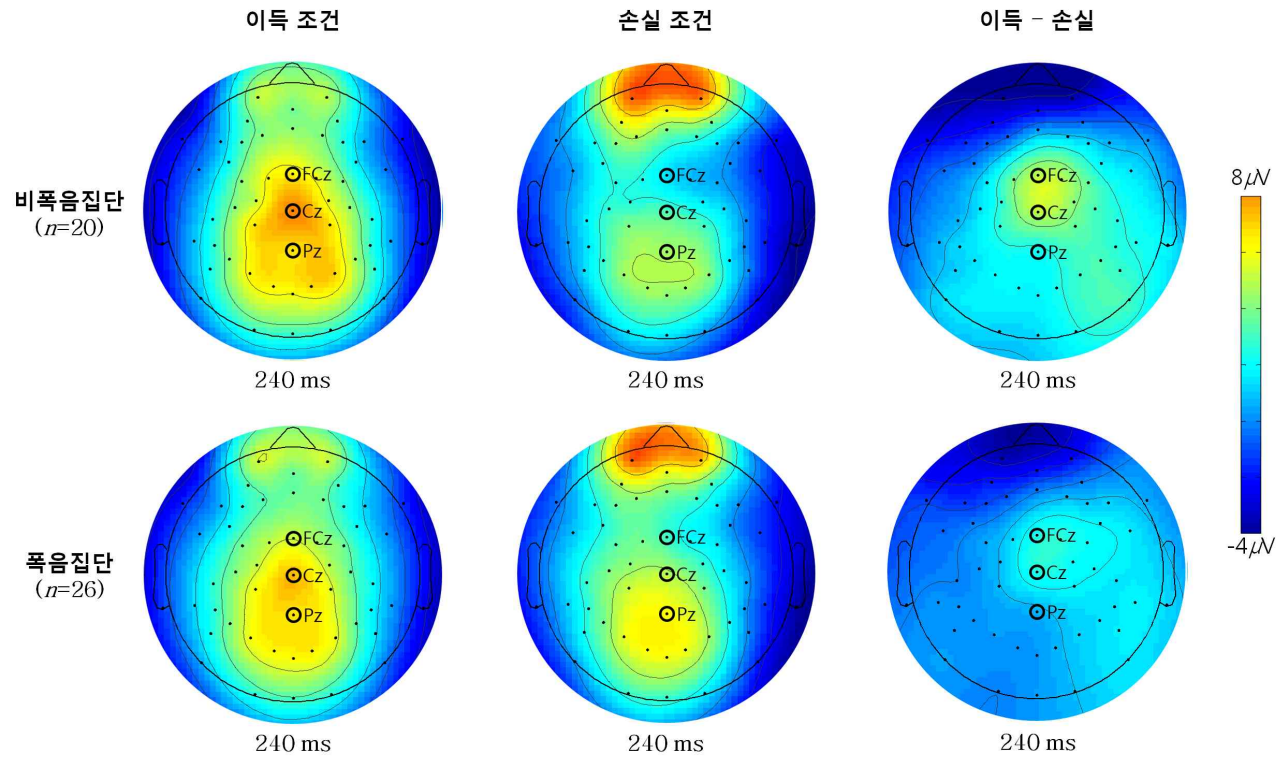


그림 6. 수정된 IGT에서 가장 큰 진폭의 FRN이 관찰된 시간대의 전체 64채널 사건관련전위 분포

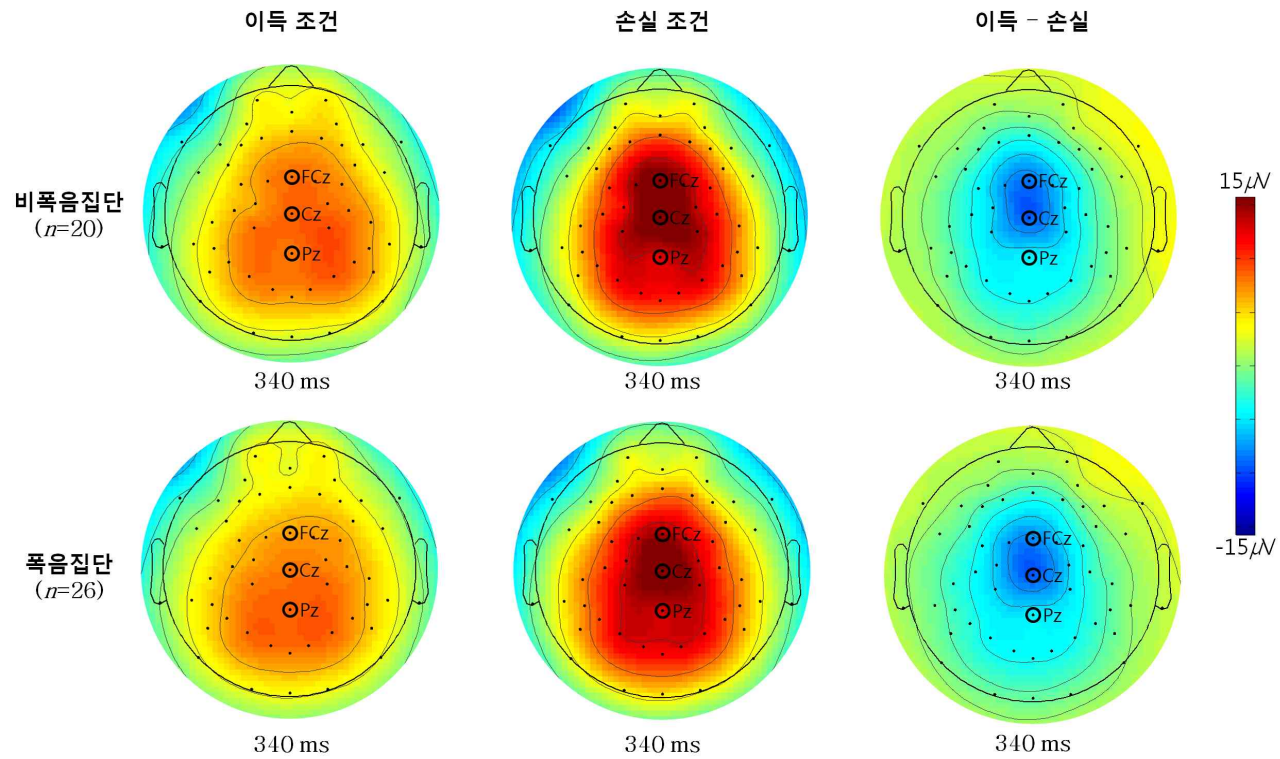


그림 7. 수정된 IGT에서 가장 큰 진폭의 P3이 관찰된 시간대의 전체 64채널 사건관련전위 분포

3.1. FRN

비폭음집단과 폭음집단의 전극 및 조건별 FRN 진폭이 표 4에 기술되어 있으며 ANOVA 결과는 표 5에 기술되어 있다. 분석 결과, 조건에서 유의한 차이가 확인되었다, $F(1,44)=70.40$, $p<.001$. 즉, 손실 조건에서의 FRN 진폭이 이득 조건에서의 FRN 진폭보다 유의하게 컸다. 또한, 조건과 집단의 유의한 상호작용 효과가 관찰되었다, $F(1,44)=11.30$, $p<.01$. 조건과 집단의 상호작용에 대한 단순 주효과 분석을 실시한 결과, 이득 조건에서는 비폭음집단과 폭음집단의 FRN 진폭 차이가 유의하지 않았으나 손실 조건에서는 폭음집단의 FRN 진폭이 비폭음집단에 비해 더 작은 경향성($p=.07$)이 확인되었다.

전극에서도 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다, $F(8,352)=15.60$, $p<.001$. 즉, Cz에서 가장 큰 진폭이 확인되었으며 FC4에서 진폭이 가장 작은 것으로 나타났다. 전극과 조건의 상호작용 또한 유의한 것으로 확인되었다, $F(8,352)=11.92$, $p<.001$. 즉, FC3를 제외한 FCz, FC3, Cz, C3, C4, Pz, P3와 P4에서 손실 조건에서의 FRN 진폭이 이득 조건의 FRN 진폭에 비해 유의하게 컸다.

집단 간 FRN 진폭의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며, $F(1,44)=.326$, ns , 전극, 조건, 그리고 집단의 상호작용 효과 또한 유의하지 않았다, $F(8,352)=.87$, ns .

표 4. 비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 조건별 평균 FRN 진폭(μV)

전극부위	비폭음집단 ($n=20$)		폭음집단 ($n=26$)	
	이득	손실	이득	손실
FC3 (15)	3.54 (2.30)	2.49 (2.75)	3.44 (2.06)	3.38 (2.58)
FCz (4)	5.13 (3.51)	1.24 (3.88)	4.84 (2.54)	2.99 (3.49)
FC4 (53)	3.46 (2.45)	.51 (2.72)	3.27 (1.83)	1.81 (2.72)
C3 (20)	3.89 (2.49)	2.51 (2.64)	3.74 (1.92)	3.45 (1.99)
Cz (65)	6.94 (4.23)	3.11 (3.97)	6.87 (2.70)	4.72 (3.43)
C4 (50)	3.99 (2.58)	1.25 (2.54)	3.32 (1.71)	1.66 (2.42)
P3 (28)	4.30 (2.61)	2.56 (2.63)	3.38 (1.92)	3.12 (1.86)
Pz (34)	6.60 (3.37)	5.57 (3.53)	5.95 (2.67)	5.33 (2.95)
P4 (42)	4.34 (2.58)	1.45 (3.24)	3.31 (1.98)	1.60 (3.01)

() 표준편차

표 5. 평균 FRN 진폭의 변량분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	.326	.01	.57
오차	44	(54.47)		
<u>집단내</u>				
전극	8	15.60 ***	.26	.00
전극x집단	8	.58	.01	.80
전극내 오차	352	(7.48)		
조건	1	70.40 ***	.62	.00
조건x집단	1	11.30 **	.20	.002
조건내 오차	44	(10.05)		
전극x조건	8	11.92 ***	.21	.00
전극x조건x집단	8	.87	.02	.54
전극x조건내 오차	352	(1.48)		

() 오차제곱평균(MSE)

****p*<.001

***p*<.01

비폭음집단과 폭음집단의 Δ FRN 평균 진폭이 표 6에 기술되어 있다. ANOVA 분석 결과는 표 7에 기재되어 있다. Δ FRN 진폭의 경우, 집단 간 유의한 차이가 확인되었다, $F(1,44)=9.68$, $p<.01$. 즉, 폭음집단의 Δ FRN 진폭이 비폭음집단의 Δ FRN 진폭보다 유의하게 작은 것으로 나타났다.

전극에서도 유의한 차이가 확인되었다, $F(8,352)=11.92$, $p<.001$. Cz에서 조건별 차이가 가장 컸으며 FC3에서 차이가 가장 적은 것으로 나타났다. 전극과 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않았다, $F(8,352)=.43$, *ns*.

표 6. 비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 Δ FRN 진폭(μ V)

전극부위	비폭음집단 (<i>n</i> =20)		폭음집단 (<i>n</i> =26)	
	진폭 (μ V)	(표준편차)	진폭 (μ V)	(표준편차)
FC3 (15)	1.05	(1.63)	.05	(2.05)
FCz (4)	3.89	(3.31)	1.85	(2.24)
FC4 (53)	2.95	(2.27)	1.46	(1.97)
C3 (20)	1.39	(1.56)	.29	(1.31)
Cz (65)	3.82	(3.32)	2.15	(2.92)
C4 (50)	2.74	(2.07)	1.67	(1.81)
P3 (28)	1.74	(1.54)	.26	(1.32)
Pz (34)	2.53	(1.99)	1.13	(2.42)
P4 (42)	2.89	(2.47)	1.71	(2.33)

표 7. Δ FRN 진폭의 변량분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	9.68 **	.18	.003
오차	44	(20.09)		
<u>집단내</u>				
전극	8	11.92 ***	.21	.00
전극x집단	8	.43	.01	.91
전극내 오차	352	(2.95)		

() 오차제곱평균(MSE)

****p*<.001

***p*<.01

각 집단의 FRN 잠재기가 표 8에 기술되어 있으며 ANOVA 결과는 표 9에 기술되어 있다. 잠재기의 경우, 집단, $F(1,44)=12.77$, $p<.01$, 조건, $F(1,44)=328.71$, $p<.001$, 및 전극, $F(8,352)=29.86$, $p<.001$,에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다. 즉, 폭음집단이 비폭음집단에 비해 빠른 잠재기를 보였으며, 손실 조건보다 이득 조건에서 더 빠른 잠재기가 관찰되었고 P3에서 가장 빠른 잠재기와 P4에서 가장 느린 잠재기가 관찰되었다. 또한, 집단, 조건, 그리고 전극 간 상호작용 효과가 유의한 것으로 나타났다, $F(8,352)=6.51$, $p<.001$.

표 8. 비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT에서 보인 조건별 FRN 잠재기(ms)

전극부위	비폭음집단 (n=20)		폭음집단 (n=26)	
	이득	손실	이득	손실
FC3 (15)	220.80 (6.31)	250.50 (7.40)	220.62 (4.41)	244.08 (5.67)
FCz (4)	214.80 (5.89)	245.40 (9.93)	217.38 (9.21)	242.31 (9.13)
FC4 (53)	222.90 (4.83)	241.50 (6.52)	222.46 (4.36)	238.31 (5.08)
C3 (20)	228.70 (5.63)	242.80 (7.24)	229.62 (5.00)	231.46 (5.23)
Cz (65)	213.80 (4.72)	235.70 (8.29)	218.15 (7.24)	236.31 (6.66)
C4 (50)	224.60 (5.32)	237.60 (7.33)	234.00 (5.93)	236.15 (7.73)
P3 (28)	231.70 (8.97)	232.20 (12.50)	220.08 (8.48)	213.54 (11.43)
Pz (34)	234.30 (5.70)	226.40 (6.67)	223.85 (4.83)	225.00 (7.49)
P4 (42)	240.30 (6.03)	235.70 (6.59)	237.54 (3.36)	231.15 (5.69)

() 표준편차

표 9. 평균 FRN 잠재기의 변량분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	12.77 **	.23	.001
오차	44	(163.80)		
<u>집단내</u>				
전극	8	29.86 ***	.40	.00
전극x집단	8	14.69 ***	.25	.00
전극내 오차	352	(47.86)		
조건	1	328.71 ***	.88	.00
조건x집단	1	15.44 ***	.26	.00
조건내 오차	44	(69.35)		
전극x조건	8	113.88 ***	.72	.00
전극x조건x집단	8	6.51 ***	.13	.00
전극x조건내 오차	352	(33.21)		

() 오차제곱평균(MSE)

****p*<.001

***p*<.01

3.2. P3

비폭음집단과 폭음집단의 전극 및 조건별 P3 진폭이 표 10에 기술되어 있으며 ANOVA 결과는 표 11에 기술되어 있다. 조건, $F(1,44)=160.47$, $p<.001$, 전극, $F(8,352)=34.91$, $p<.001$,에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 즉, 이득 조건보다 손실 조건에서 P3 진폭이 유의하게 큰 것으로 확인되었으며 Cz에서 진폭이 가장 크고 C3에서 가장 작은 것으로 나타났다. 또한, 전극과 조건의 상호작용 효과가 유의한 것으로 확인되었다, $F(8,352)=79.54$, $p<.001$. Cz에서 이득 조건과 손실 조건 간의 차이가 가장 컸으며, P4에서 차이가 가장 적은 것으로 나타났다.

집단 간 P3 진폭의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1,44)=.56$, *ns*. 또한, 전극과 집단, $F(8,352)=10.97$, *ns*, 조건과 집단, $F(1,44)=.31$, *ns*, 전극, 조건, 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않았다, $F(8,352)=1.01$, *ns*.

표 10. 비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 조건별 평균 P3 진폭(μV)

전극부위	비폭음집단 ($n=20$)		폭음집단 ($n=26$)	
	이득	손실	이득	손실
FC3 (15)	5.98 (2.98)	10.50 (5.11)	5.58 (2.33)	10.08 (3.52)
FCz (4)	8.29 (4.93)	17.17 (7.82)	7.09 (2.90)	14.58 (5.09)
FC4 (53)	7.53 (3.48)	11.36 (5.82)	6.45 (2.13)	9.91 (4.23)
C3 (20)	5.94 (2.56)	9.94 (4.45)	6.05 (2.23)	10.01 (3.33)
Cz (65)	8.94 (4.63)	18.95 (8.16)	8.27 (3.29)	17.82 (5.53)
C4 (50)	8.10 (3.34)	10.93 (4.87)	7.12 (2.13)	9.97 (3.54)
P3 (28)	6.52 (2.83)	9.68 (3.63)	6.72 (2.27)	9.87 (3.14)
Pz (34)	8.28 (3.36)	13.19 (4.02)	8.92 (2.74)	12.45 (4.62)
P4 (42)	8.44 (3.29)	10.85 (4.23)	7.50 (2.42)	9.77 (3.93)

() 표준편차

표 11. 평균 P3 진폭의 변량분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	.56	.46	.56
오차	44	(172.49)		
<u>집단내</u>				
전극	8	34.91 ***	.44	.00
전극x집단	8	1.16	.03	.33
전극내 오차	352	(9.49)		
조건	1	160.47 ***	.79	.00
조건x집단	1	.31	.01	.58
조건내 오차	44	(28.50)		
전극x조건	8	79.54 ***	.64	.00
전극x조건x집단	8	1.01	.02	.43
전극x조건내 오차	352	(1.82)		

() 오차제곱평균(MSE)

****p*<.001

각 집단의 $\Delta P3$ 진폭이 표 12에 기재되어 있으며 ANOVA 결과는 표 13에 기술되어 있다. 전극에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었는데, $F(8,352)=68.03$, $p<.001$, 즉 Cz에서 $\Delta P3$ 진폭이 가장 컸으며 P4에서 차이가 가장 적은 것으로 나타났다.

집단에서 $\Delta P3$ 진폭은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으며, $F(1,44)=.43$, *ns*, 전극과 집단의 상호작용 효과 또한 유의하지 않았다, $F(8,352)=1.04$, *ns*.

표 12. 비폭음집단과 폭음집단이 수정된 IGT에서 보인 $\Delta P3$ 진폭(μV)

전극부위	비폭음집단 ($n=20$)	폭음집단 ($n=26$)
	진폭 (μV) (표준편차)	진폭 (μV) (표준편차)
FC3 (15)	-4.52 (2.88)	-4.50 (2.57)
FCz (4)	-8.88 (4.94)	-7.49 (3.63)
FC4 (53)	-3.83 (3.70)	-3.46 (2.77)
C3 (20)	-4.00 (2.53)	-3.97 (2.51)
Cz (65)	-10.01 (4.90)	-8.96 (4.40)
C4 (50)	-2.83 (2.80)	-2.85 (2.25)
P3 (28)	-3.16 (1.82)	-3.15 (2.04)
Pz (34)	-4.91 (2.56)	-3.54 (3.16)
P4 (42)	-2.41 (2.06)	-2.27 (2.48)

표 13. $\Delta P3$ 진폭의 변량분석

변산원	df	F	η^2	p
<u>집단간</u>				
집단	1	.43	.01	.51
오차	44	(55.07)		
<u>집단내</u>				
전극	8	68.03 ***	.61	.00
전극x집단	8	1.04	.02	.40
전극내 오차	352	(4.02)		

() 오차제곱평균(MSE)

*** $p < .001$

비폭음집단과 폭음집단의 P3 잠재기가 표 14에 기술되어 있으며 ANOVA 분석 결과는 표 15에 기술되어 있다. 조건, $F(1,44)=151.63$, $p<.001$, 전극, $F(8,352)=217.98$, $p<.001$, 에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 즉, 손실 조건이 이득 조건에 비해 더 느린 잠재기를 보였으며, Pz에서 가장 빠른 잠재기와 P4에서 가장 느린 잠재기가 관찰되었다. 또한 전극, 조건 및 집단 간 상호작용 효과가 유의한 것으로 확인되었다, $F(8,352)=10.10$, $p<.001$.

표 14. 비폭음집단과 폭음집단의 수정된 IGT에서 보인 조건별 P3 잠재기(ms)

전극부위	비폭음집단 (n=20)		폭음집단 (n=26)	
	이득	손실	이득	손실
FC3 (15)	343.20 (7.47)	338.10 (8.30)	337.77 (6.98)	337.46 (5.56)
FCz (4)	340.20 (13.04)	339.60 (17.91)	338.46 (8.32)	336.77 (7.60)
FC4 (53)	331.10 (7.06)	341.70 (7.49)	338.46 (4.71)	334.69 (4.83)
C3 (20)	342.90 (4.66)	344.50 (7.25)	343.46 (6.66)	338.15 (5.88)
Cz (65)	342.00 (10.18)	338.20 (10.20)	334.46 (6.05)	335.69 (4.89)
C4 (50)	341.60 (5.41)	351.40 (5.92)	349.77 (5.44)	342.77 (7.51)
P3 (28)	341.10 (6.66)	357.10 (9.72)	342.77 (6.60)	347.69 (6.97)
Pz (34)	291.50 (10.91)	333.80 (13.04)	290.12 (7.00)	338.08 (7.49)
P4 (42)	351.00 (7.00)	357.70 (7.46)	352.23 (6.38)	351.46 (7.20)

() 표준편차

표 15. 평균 P3 잠재기의 변량분석

변산원	<i>df</i>	<i>F</i>	²	<i>p</i>
<u>집단간</u>				
집단	1	2.55	.06	.12
오차	44	(326.57)		
<u>집단내</u>				
전극	8	217.98 ***	.83	.00
전극x집단	8	1.90	.04	.06
전극내 오차	352	(51.58)		
조건	1	151.63 ***	.78	.00
조건x집단	1	21.27 ***	.33	.00
조건내 오차	44	(52.67)		
전극x집단	8	123.47 ***	.74	.00
전극x조건x집단	8	10.10 ***	.19	.00
전극x조건내 오차	352	(41.87)		

() 오차제곱평균(MSE)

****p*<.001

4. FRN, P3 진폭과 아이오와 도박과제 수행의 상관관계

비폭음집단과 폭음집단의 IGT 수행과 FRN, P3의 상관관계 분석 결과가 각각 표 16, 표 17에 기술되어 있다. FCz, Cz, 그리고 Pz에서 측정된 Δ FRN 진폭과 IGT 수행 간의 상관관계를 분석한 결과, FCz에서 측정된 Δ FRN 진폭과 IGT의 전체 점수, $r=.34$, $p<.05$, 구획 4 점수, $r=.38$, $p<.01$, 와 구획 5 점수, $r=.41$, $p<.01$, 사이의 정적 상관관계가 확인되었다. 또한, Cz에서 측정된 Δ FRN 진폭과 IGT의 구획 5 점수, $r=.30$, $p<.05$, 의 정적 상관관계가 확인되었다. 즉, FCz에서의 Δ FRN의 진폭의 증가가 IGT 수행의 증가와 관련이 있었다.

반면, FCz, Cz, 그리고 Pz에서 측정된 Δ P3 진폭과 IGT 수행 간의 상관관계를 분석한 결과, 유의한 상관이 관찰되지 않았다.

표 16. 전체 피험자($n=46$)의 수정된 IGT 수행과 전극 위치별 Δ FRN 진폭 간의 상관분석

	전극 위치별 FRN 진폭		
	FCz	Cz	Pz
전체 네트점수	.34 *	.26	.15
구획 1	.06	.04	.07
구획 2	.26	.24	.24
구획 3	.29	.22	.18
구획 4	.38 **	.29	.13
구획 5	.41 **	.30 *	-.01

** $p < .01$

* $p < .05$

표 17. 전체 피험자($n=46$)의 수정된 IGT 수행과 전극 위치별 Δ P3 진폭 간의 상관분석

	전극 위치별 P3 진폭		
	FCz	Cz	Pz
전체 네트점수	-.13	-.05	-.26
구획 1	-.08	.03	-.19
구획 2	-.04	.05	-.18
구획 3	-.14	-.08	-.21
구획 4	-.12	-.09	-.25
구획 5	-.17	-.10	-.27

VI. 논의 및 제언

1. 논의

본 연구는 폭음 여자대학생을 대상으로 IGT와 사건관련전위를 사용하여 의사결정 과정에서 피드백 활용능력의 특성 및 의사결정과 피드백 활용능력 간의 관계를 알아보고자 하였다.

IGT 분석 결과, 전체 네트점수에서 폭음집단과 비폭음집단 간 유의한 차이가 관찰되었다. 즉, 폭음집단이 비폭음집단에 비해 유의하게 낮은 전체 네트점수를 보였다. 네트점수는 네 장의 카드 중 유리한 카드(카드 C, 카드 D)를 선택한 빈도에서 불리한 카드(카드 A, 카드 B)를 선택한 빈도를 차감한 점수로, 이는 비폭음집단이 유리한 카드를 더 많이 선택한 반면, 폭음집단은 불리한 카드를 더 많이 선택했다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 폭음 청소년 및 젊은 성인을 대상으로 한 선행연구의 결과와 일치하며 가설 1-1을 지지한다(Johnson et al., 2008; Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013; Yoo & Kim, 2016). 예를 들어, 폭음 청소년을 대상으로 한 연구에서 폭음자의 IGT 수행 저하가 보고되었으며(Johnson et al., 2008, Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013), 국내 연구에서 폭음 여자대학생의 IGT 수행 저하가 보고되었다(Yoo & Kim, 2016). IGT는 일상의 의사결정을 재현하고자 고안된 과제로 정서적 의사결정(affective decision making)을 반영하는 것으로 알려져 있다(Bechara et al., 2000). IGT에서 이득을 최대화하기 위해선 큰 금액의 점수를 얻더라도 잠재적으로 손실이 더 큰 불리한 카드보단 적은 이득을 주지만 잠재적인 위험이 더 적은 유리한 카드를 선택해야 한다. Johnson 등(2008)은 폭음집단의 저조한 IGT 수행을 보고하면서 미래 결

과에 대한 근시(myopia)를 폭음의 주요 특징 중 하나로 제안했다. 이는 폭음집단이 비폭음집단에 비해 잠재적인 위험이 더 크에도 불구하고 즉각적인 이득을 더 추구하며 정서적 의사결정의 결함을 가지고 있음을 시사한다.

반면, IGT의 구획별 네트점수에서 집단과 구획의 유의한 상호작용 효과는 관찰되지 않았다. 폭음자를 대상으로 IGT를 사용한 연구에서 구획별 네트점수와 관련한 결과는 일관적이지 않다(Johnson et al., 2008, Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013; Yoo & Kim, 2016). 일부 연구에서는 구획별 네트점수에서 유의한 차이가 관찰되지 않은 반면(Johnson et al., 2008, Xiao et al., 2009; Xiao et al., 2013), 일부 연구에서는 유의한 차이가 관찰되었다(Yoo & Kim, 2016). 이는 의사결정이 전두엽의 성숙도, 기억, 정서 등 다양한 신경체계가 관여하는 복합적인 과정이기 때문인 것으로 사료된다(Bechara et al., 1999, Li et al., 2010). 반면, 사건관련전위 분석을 위해 기존의 IGT를 수정하여 사용한 연구들의 구획별 네트점수에 관한 결과 또한 일관적이지 않다(Cui, Chen, Wang, Shum & Chan, 2013; Schuermann et al., 2011, Wahlstrom, 2013). 이중 시행에 따른 수행 변화를 보고한 연구들은 카드의 위치를 고정하였다(Cui et al., 2013; Schuermann et al., 2011). 본 연구에서는 연구참여자의 동기를 유지하고자 블록이 새로 시작할 때마다 카드의 위치를 재구성하였다. 이러한 수정이 과제의 난이도 상향에 기여할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 비폭음집단의 경우 구획이 진행되면서 구획별 네트점수가 상승하는 반면, 폭음집단의 경우 구획별 네트점수가 0점 미만으로 유지되었다. 이는 비폭음집단이 과제를 진행하면서 점차 유리한 카드를 더 많이 선택하는 반면, 폭음집단은 불리한 카드를 계속 고수하는 것을 의미한다.

IGT를 수행하는 동안 측정된 피드백 자극에 대한 사건관련전위 중 FRN을 분석한 결과, 폭음집단이 비폭음집단에 비해 손실 조건에서 더 작은

FRN 진폭의 경향성과 유의하게 더 작은 Δ FRN 진폭을 보였다. 현재까지 폭음집단을 대상으로 FRN을 측정한 연구는 극히 제한적이다(Wahlstrom, 2013). 본 연구결과는 폭음집단을 대상으로 한 선행연구(Wahlstrom, 2013)와 알코올 사용 장애 환자를 대상으로 한 선행연구(Fein & Chang, 2007; Kamarajan et al., 2010) 결과와 일치하며 이는 가설 2-1을 지지한다. 예를 들어, Wahlstrom(2013)은 폭음집단이 비폭음집단에 비해 더 작은 FRN 진폭을 보이는 경향성을 보고했다. 또한, 알코올 사용 장애 환자들은 단순 도박 과제를 수행하는 동안 손실 피드백에서 정상통제집단에 비해 더 작은 FRN 진폭을 보였다(Kamarajan et al., 2010). FRN은 외부 피드백 자극에 대한 초기 평가를 반영하는 것으로 알려져 있다(Gu et al., 2011; San Martin, 2012; Yeung & Sanfey, 2004). 특히, Gu 등(2011)은 피드백 정보(유형, 크기 등)의 제시 순서를 조작함에도 불구하고 FRN이 피드백의 유형에 민감한 것을 보고하였으며 이를 피드백에 대한 상향(bottom-up) 처리과정을 반영한다고 제안했다. 따라서 본 연구 결과는 폭음집단이 비폭음집단에 비해 외부에서 제시되는 피드백 자극에 대한 초기 처리과정에 결함을 가지고 있음을 시사한다. 또한, 본 연구에서 두 집단 모두 이득 조건보다 손실 조건에서 더 낮은 FRN 진폭을 보였다. 이는 선행연구 결과와 일치하며 FRN이 피드백의 유형(이득 혹은 손실)에 민감하다는 것을 시사한다(Gehring & Willoughby, 2002; Goyer, Woldorff & Huettel, 2008; Holroyd & Coles, 2002; Yeung & Sanfey, 2004).

피드백 관련 P3에서는 집단 간 유의한 진폭 차이가 관찰되지 않았다. 이는 본 연구의 가설 2-2를 지지하지 않는다. 현재까지 폭음집단을 대상으로 피드백 관련 P3을 조사한 연구는 본 연구가 유일하다. 반면 알코올 사용 장애 환자를 대상으로 한 연구에서 정상통제군에 비해 알코올 사용 장애 환자들에서 P3 진폭이 감소된 것이 관찰되었다(Porjsez, Begleite, Bihari &

Kissin, 1987; Kamarajan et al., 2010). P3의 근원지는 측두-두정 접합부(temporal-parietal junction)이며 청반(locus coeruleus)의 노르에피네프린 체계 활동과 관련 있는 것으로 알려져 있다(Nieuwenhuis et al., 2005). 반면, 알코올은 뇌의 전두 영역에 부정적 영향을 미친다(Curtin & Fairchild, 2003; Nelson et al., 2011). 예를 들어, 스트룹 과제를 수행하는 동안 알코올 섭취군에서 전두 영역의 N450 진폭이 감소한 반면, 두정 및 후두 영역의 P3 진폭은 영향을 받지 않는 것이 관찰되었다(Curtin & Fairchild, 2003). 또한, 알코올 섭취가 피드백 처리에 미치는 영향을 살펴본 연구에서 알코올 섭취는 FRN의 주 성분으로 알려진 세타파와 P3의 주 성분으로 알려진 델타파 모두 감소시키지만 특히 세타파에서 감소 폭이 더 큰 것으로 보고되었다(Nelson et al., 2011). 이는 알코올이 피드백에 대한 초기 평가에는 영향을 미치지만 피드백에 대한 하향 주의 자원 할당 및 후기 처리과정에는 영향을 덜 미치는 것을 시사한다.

반면, 폭음집단과 비폭음집단 모두 손실 조건에서 더 큰 P3 진폭을 보였다. 이는 의사결정 과제를 사용한 선행연구 결과와 일치한다. 즉, IGT를 사용한 연구에서 P3은 부정적 피드백에서 더 큰 진폭을 보였다(Carlson, Zayas & Guthormsen, 2009; Cui et al., 2013). P3은 피드백의 유형 외에 크기, 확률 등 다양한 정보에 민감한 것으로 보고되는데 일부 연구에서는 P3이 과제 수행에 있어 중요한 정보에 주의 자원을 인지적으로 할당하는 하향(top-down) 피드백 처리과정을 반영한다고 제안하고 있다(Nieuwenhuis et al., 2005; Gu et al., 2011). IGT에서 많은 이득을 남기기 위해선 카드별 손실 점수에 대한 파악이 선행되어야 하는데, 이는 큰 금액의 이득을 주더라도 이득을 상쇄하고도 남을 큰 손실을 주는 카드(예, 카드 B)를 피해야 하기 때문이다. 이를 종합해보면, 폭음집단과 비폭음집단 모두 IGT를 수행하는 동안 피드백의 유형, 특히 손실 자극에 많은 인지적 자원을 할당한 것으로

로 여겨진다.

본 연구에서는 여자 폭음대학생을 대상으로 IGT와 사건관련전위를 통해 정서적 의사결정과 피드백 활용능력을 측정하였다. 이론에서 의사결정에서 피드백 활용의 중요성이 강조되는 반면(Ernst & Paulus, 2005, San Martin, 2013), IGT와 사건관련전위의 관계를 살펴본 연구는 극히 제한적이다 (Carlson et al., 2009). 따라서 본 연구는 실험에서 측정한 사건관련전위 요소가 실제 의사결정 행동과 어떠한 양상의 관계를 맺는지 탐색할 필요가 있다. 피드백 활용능력과 의사결정 간 관계를 알아보고자 피드백 관련 사건관련전위, 즉 FRN, P3과 IGT 수행 간의 상관관계 분석 결과, FCz(전두-중앙영역)에서 Δ FRN과 IGT의 전체 네트점수 간 정적 상관관계가 관찰되었다. 즉, 전두-중앙 영역에서 이득 조건과 손실 조건에서의 FRN 진폭 차이가 클수록 IGT의 수행이 증가하였다. 이는 연구 가설 3-1을 지지한다. IGT 수행과 피드백 관련 사건관련전위의 관계를 살펴본 연구는 극히 제한적이다 (Carlson et al., 2009). 반면, 일부 역학습 과제를 사용한 선행연구에 의하면 FRN은 행동 조정(behavioural adjustment)과 관련 있다(Bellebaum & Daum, 2008; Frank et al., 2005). 예를 들어, Frank 등(2005)은 시행착오를 통해 자극-결과 간 수반성을 학습해야 하는 역학습 과제를 사용한 연구에서 부정적 피드백을 회피하면서 수반성을 학습한 집단과 긍정적 피드백을 추구하면서 수반성을 학습한 집단을 비교했다. 이 연구에서 FRN과 일부 신경회로를 공유하는 것으로 알려진 오류 관련 부적전위(error-related negativity; ERN) 진폭과 부정적 피드백을 회피하려는 경향성 간 유의한 정적 상관관계가 보고되었으며, 부정적 피드백에 기반하여 학습하는 집단이 긍정적 피드백에 기반하여 학습한 집단에 비해 더 큰 FRN 진폭을 보였다. FRN의 근원지는 전대상피질로 알려져 있으며(Gehring & Willoughby, 2002; Holroyd & Coles, 2002), IGT 수행에는 복내측 전전두피질이 결정적인 역할을 담당하

는 것으로 알려져 있다(Bechara et al., 1999). 이는 전두-중양 영역의 피드백 유형에 대한 초기 평가가 정서적 의사결정과 관련 있음을 시사한다.

반면, $\Delta P3$ 진폭과 IGT 수행 간 유의미한 상관관계가 관찰되지 않았다. 이는 가설 3-2를 지지하지 않는다. 역학습 과제를 사용한 피드백 관련 P3 진폭과 행동 조정에 관한 선행연구 결과는 일관적이지 않다(Chase, Swainson, Durham, Benham & Cools, 2011; Frank et al., 2005). Frank 등(2005)은 역학습 과제를 사용한 연구에서 P3 진폭이 과제 내 행동 조정을 예측하지 못하며 FRN 진폭이 행동 조정을 예측한다고 보고한 반면, 역학습 과제를 사용한 다른 연구에서는 FRN 진폭이 행동 조정을 예측하지 못했으나 대신 P3 진폭이 행동 조정을 예측했다(Chase et al., 2011). 두 연구 간 차이는 과제의 지시사항에 있다. Frank 등(2005)은 연구참여자에게 자극-결과 수반성 변화에 대한 아무런 정보도 제공하지 않았으며 오직 연구참여자의 내적 판단에 의한 의사결정을 요구하였다. 반면, Chase 등(2011)은 연구참여자에게 수반성의 변화를 사전에 예고하였으며 수반성이 역전되었다고 확신할 때 반응을 조정하도록 요구하였다. 즉, 후자가 보고한 P3은 피드백에 근거한 의사결정보다 외부에서 명시된 규칙에 근거한 의사결정을 반영한다고 볼 수 있다. 두 연구의 상반된 결과에 대해 San Martin(2013)은 과제 수행에 있어 필요한 정보에 따라 행동 조정에서의 FRN과 P3의 중요도가 서로 다를 수 있다고 제안했다. 본 연구의 경우, 연구참여자는 과제와 관련하여 목표 및 진행절차에 대해서만 설명 받았다. 즉, 과제의 내제된 규칙(예, 카드별 피드백 유형의 비율, 점수의 크기 등)을 피드백에 근거하여 학습해야 했다. 이는 Chase 등(2011)의 연구보다 Frank 등(2005)의 연구와 유사한 환경이라 볼 수 있다. 이는 폭음집단과 비폭음집단 모두 IGT를 수행하는 동안 피드백에 대한 하향 처리과정보다 피드백 유형에 대한 초기 평가과정에 의존하는 것을 시사한다.

연구의 결과를 종합하면 IGT에서 폭음집단이 비폭음집단에 비해 더 낮은 전체 네트점수를 보였다. 사건관련전위에서 폭음집단은 비폭음집단에 비해 유의하게 작은 Δ FRN 진폭과 손실 조건에서 더 작은 FRN 진폭의 경향성을 보였다. 반면 Δ P3 진폭과 P3 진폭에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 또한 전두-중양 영역의 Δ FRN 진폭과 IGT 수행 간 정적 상관관계가 관찰되었다. 결론적으로, 폭음집단은 정서적 의사결정의 결함을 가지고 있다. 즉, 이들은 잠재적인 위험이 훨씬 더 큼에도 불구하고 단기간에 큰 이득을 추구하는 성향을 보인다. 또한, 폭음집단은 비폭음집단에 비해 피드백 유형에 대한 초기 평가과정에 결함을 보인다. 피드백 유형에 대한 민감한 평가가 정서적 의사결정 과제 수행의 향상과 관련이 있는 점을 고려해볼 때, 폭음의 의사결정 결함에는 피드백 유형에 대한 초기 평가 결함이 관여하는 것으로 사료된다.

2. 제한점 및 후속 연구를 위한 제언

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구 참여 대상자의 수가 적으며 여자대학생만이 연구에 참여했기 때문에 본 연구 결과의 일반화에 제한이 있다. 둘째, 피드백의 유형 외에 다른 정보(예, 피드백의 크기 혹은 확률)에 대한 피드백 활용과정을 연구하는데 한계가 있다. 본 연구에서 사용한 수정된 IGT는 시행이 증가하면서 피드백의 크기가 카드별로 비율에 맞춰 증가하도록 설계되었다. 이는 적절한 난이도를 유지하면서 연구 참여자의 동기를 유지시키는 장점이 있으나 피드백의 크기를 구별하여 분석하기에 제한이 있다. 또한, 카드별 손실과 이득의 비율은 고정되어 있으나 카드별로 사건관련전위를 구분하여 분석하기에는 시행수가 충분치 않았다.

따라서 후속 연구에서는 카드별 이득 및 손실 금액을 고정하고 카드 B와 D의 이득:손실 비율을 조정하여 다양한 피드백 정보에 대한 평가과정을 연구할 필요성이 있다. 셋째, 본 연구에서는 전통적인 시간-기반(time-based) 사건관련전위를 통해 피드백 활용능력을 측정하였다. 그러나 FRN과 P3은 시간대가 서로 인접하여 평균화 과정에서 서로 상쇄될 가능성이 있으며 각 사건관련전위를 구성하는 주파수 대역(frequency band)이 다른 것으로 보고되었다(Bernat, Nelson & Baskin-Sommers, 2015; Bernat, Nelson, Steele, Gehring & Patrick, 2011). 예를 들어, 스펙트럼 분석을 통해 피드백 처리과정에서 세타파 활동이 피드백의 유형에, 델타파 활동이 피드백의 유형을 포함한 다른 정보에 민감한 것으로 관찰되었다(Bernat et al., 2015). 또한, 알코올 사용 장애 환자들에서 피드백을 처리하는 동안 세타파의 활성화가 감소하였다(Kamarajan et al., 2012). 따라서 후속 연구에서 주파수 분석 및 기능적 연결성 분석을 사용함으로써 피드백 처리과정 동안 주파수대별 뉴런의 활동 및 의사소통 패턴에 관한 더 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- 김미례, 장환일, 김정빈. (1995). 한국어판 알코올 중독자 자녀 선별검사의 개발: 신뢰도 및 타당도 연구. **신경정신의학**, **34**(4), 1182-1193.
- 김용석. (1999). 국내외 알코올 사용 장애 선별도구의 비교를 통한 한국성인의 알코올 사용 장애에 관한 역학조사. **한국사회복지학**, **37**(37), 67-88.
- 김정택, 신동균. (1978). STAI의 한국표준화에 관한 연구. **최신의학사**, **21**(11), 69-75.
- 김정현, 천성수. (2014). 한국인의 음주빈도, 음주량, 폭음빈도 및 알코올 사용 장애와 비만과의 관련성 연구. **대한보건연구**, **40**(1), 99-108.
- 김종성, 오미경, 박병강, 이민규, 김갑중, 오장균. (1999). 한국에서 Alcohol use disorders identification test (AUDIT)를 통한 알코올리즘의 선별 기준. **가정의학회지**, **20**(9), 1152-1159.
- 성한나. (2009). **한국인의 폭음 관련 요인 및 폭음으로 인한 건강 문제: 2005년 국민건강영양조사 분석**. 학위논문(석사), 울산대학교, 울산.
- 양난미, & 소영이. (2013). 심각한 수시 폭음을 하는 대학생의 음주 경험에 관한 질적 연구. **한국심리학회지: 상담 및 심리치료**, **25**(1), 83-109.
- 유채영. (2000). 가족형 문제음주자와 비가족형 문제음주자의 비교 연구. **한국가족복지학**, **5**(단일호), 223-254.
- 윤명숙. (2006). 알코올중독 가족력을 가진 대학생 자녀의 ACOA 성향과 문제

- 음주에 관한 연구. **한국알코올과학회지**, 7(2), 29-44.
- 이병욱, 이충현, 이필구, 최문중, 남궁기. (2000). 한국어판 알코올 사용 장애 진단 검사 (AUDIT: Alcohol Use Disorders Identification Test)의 개발: 신뢰도 및 타당도 검사. **중독정신의학**, 4(2), 83-92.
- 이영호, 송종용. (1991). BDI, SDS, MMPI-D 척도의 신뢰도 및 타당도에 대한 연구. **한국심리학회지: 임상**, 10(1), 98-113.
- 차동필. (2005). 폭음행위 이해. **한국언론학보**, 49(3), 346-372.
- 천성수. (2002). 대학생폭음의 원인과 음주관련문제 분석. **한국알코올과학회지**, 3(2), 221-233.
- 천성수, 손애리, 송창호, 이주열, 김선경. (2003). 대학생폭음에 의한 폐해 및 문제행동에 대한 연구-전국 60 개 대학교 조사결과. **한국알코올과학회지**, 4(2), 119-135.
- 한오수, 안준호, 송선희, 조맹제, 김장규, 배재남, 조성진, 정범수, 서동우, 함봉진, 이동우, 박종익, 홍진표 (2000). 한국어 판 구조화 임상면담도구 개발: 신뢰도 연구. **신경정신의학회지**, 39(2), 362-372.
- 허심양, 오주용, 김지혜. (2012). 한국판 Barratt 충동성 검사-11 의 신뢰도 및 타당도 연구. **한국심리학회지: 일반**, 31(3), 769-782.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-IV)*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. Washington DC: American Psychiatric Association.

Association.

- 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 care: Department of mental health and substance dependence*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Bava, S., & Tapert, S. F. (2010). Adolescent brain development and the risk for alcohol and other drug problems. *Neuropsychology Review*, *20*(4), 398-413.
- Bechara, A. (2003). Risky business: Emotion, decision-making, and addiction. *Journal of Gambling Studies*, *19*(1), 23-51.
- Bechara, A. (2007) *Iowa gambling task professional manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.
- Bechara, A., & Damasio, H. (2002). Decision-making and addiction (part I): Impaired activation of somatic states in substance dependent individuals when pondering decisions with negative future consequences. *Neuropsychologia*, *40*(10), 1675-1689.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 295-307.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, *50*(1), 7-15.

- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, *19*(13), 5473-5481.
- Bechara, A., Dolan, S., Denburg, N., Hinds, A., Anderson, S. W., & Nathan, P. E. (2001). Decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in alcohol and stimulant abusers. *Neuropsychologia*, *39*(4), 376-389.
- Bechara, A., Tranel, D., & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, *123*(Pt 11), 2189-2202.
- Bellebaum, C., Polezzi, D., & Daum, I. (2010). It is less than you expected: The feedback-related negativity reflects violations of reward magnitude expectations. *Neuropsychologia*, *48*(11), 3343-3350.
- Bernat, E. M., Nelson, L. D., Steele, V. R., Gehring, W. J., & Patrick, C. J. (2011). Externalizing psychopathology and gain-loss feedback in a simulated gambling task: Dissociable components of brain response revealed by time-frequency analysis. *Journal of abnormal psychology*, *120*(2), 352-364.
- Bernat, E. M., Nelson, L. D., & Baskin Sommers, A. R. (2015). Time frequency theta and delta measures index separable components of feedback processing in a gambling task. *Psychophysiology*, *52*(5), 626-637.

- Bolla, K. I., Eldreth, D. A., Matochik, J. A., & Cadet, J. L. (2004). Sex-related differences in a gambling task and its neurological correlates. *Cerebral cortex*, *14*(11), 1226-1232.
- Bush, G., Vogt, B. A., Holmes, J., Dale, A. M., Greve, D., Jenike, M. A., & Rosen, B. R. (2002). Dorsal anterior cingulate cortex: a role in reward-based decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(1), 523-528.
- Campanella, S., Peigneux, P., Petit, G., Lallemand, F., Saeremans, M., Noël, X., Metens, T., Nouali, M., De Tiege, X., De Witte, P., Ward, R., & Verbanck, P. (2013). Increased cortical activity in binge drinkers during working memory task: a preliminary assessment through a functional magnetic resonance imaging study. *PLoS One*, *8*(4), e62260.
- Chase, H. W., Swainson, R., Durham, L., Benham, L., & Cools, R. (2011). Feedback-related negativity codes prediction error but not behavioral adjustment during probabilistic reversal learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(4), 936-946.
- Crego, A., Rodriguez-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.
- Curtin, J. J., & Fairchild, B. A. (2003). Alcohol and cognitive control: Implications for regulation of behavior during response conflict. *Journal of Abnormal Psychology*, *112*(3), 424-436.

- De Greck, M., Supady, A., Thiemann, R., Tempelmann, C., Bogerts, B., Forschner, L., Ploetz, K., & Northoff, G. (2009). Decreased neural activity in reward circuitry during personal reference in abstinent alcoholics—A fMRI study. *Human Brain Mapping, 30*(5), 1691–1704.
- Delgado, M. R., Nystrom, L. E., Fissell, C., Noll, D. C., & Fiez, J. A. (2000). Tracking the hemodynamic responses to reward and punishment in the striatum. *Journal of Neurophysiology, 84*(6), 3072–3077.
- Dom, G., De Wilde, B., Hulstijn, W., Van Den Brink, W., & Sabbe, B. (2006). Decision making deficits in alcohol dependent patients with and without comorbid personality disorder. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 30*(10), 1670–1677.
- Donchin, E. (1981). Surprise!... surprise? *Psychophysiology, 18*(5), 493–513.
- Donchin, E., & Coles, M. G. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating. *Behavioral and Brain Sciences, 11*(3), 357–427.
- Dunn, B. D., Dalgleish, T., & Lawrence, A. D. (2006). The somatic marker hypothesis: A critical evaluation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 30*(2), 239–271.
- Elliott, R., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex, 10*(3), 308–317.
- Elliott, R., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (2000). Dissociable neural responses in human reward systems. *The Journal of Neuroscience,*

2016), 6159–6165.

Ernst, M., Bolla, K., Mouratidis, M., Contoreggi, C., Matochik, J. A., Kurian, V., Cadet, J., Kimes, A. S., & London, E. D. (2002). Decision-making in a risk-taking task: a PET study. *Neuropsychopharmacology*, *26*(5), 682–691.

Ernst, M., & Paulus, M. P. (2005). Neurobiology of decision making: A selective review from a neurocognitive and clinical perspective. *Biological Psychiatry*, *58*(8), 597–604.

Euser, A. S., Van Meel, C. S., Snelleman, M., & Franken, I. H. (2011). Acute effects of alcohol on feedback processing and outcome evaluation during risky decision-making: An ERP study. *Psychopharmacology*, *217*(1), 111–125.

Fein, G., & Chang, M. (2008). Smaller feedback ERN amplitudes during the BART are associated with a greater family history density of alcohol problems in treatment-naïve alcoholics. *Drug and Alcohol Dependence*, *92*(1), 141–148.

Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2005). Different underlying impairments in decision-making following ventromedial and dorsolateral frontal lobe damage in humans. *Cerebral Cortex*, *15*(1), 58–63.

First, M. B., Spitzer, R. L., Gibbon, M., & Williams, J. B. W. (1996). *Structured Clinical Interview for DSM-IV Axis I disorder*. New York, NY: New York State Psychiatric Institute.

Frank, M. J., Woroach, B. S., & Curran, T. (2005). Error-related negativity

- predicts reinforcement learning and conflict biases. *Neuron*, 47(4), 495-501.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295(5563), 2279-2282.
- 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.
- Goyer, J. P., Woldorff, M. G., & Huettel, S. A. (2008). Rapid electrophysiological brain responses are influenced by both valence and magnitude of monetary rewards. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(11), 2058-2069.
- Grant, S., Contoreggi, C., & London, E. D. (2000). Drug abusers show impaired performance in a laboratory test of decision making. *Neuropsychologia*, 38(8), 1180-1187.
- Gu, R., Lei, Z., Broster, L., Wu, T., Jiang, Y., & Luo, Y. (2011). Beyond valence and magnitude: A flexible evaluative coding system in the brain. *Neuropsychologia*, 49(14), 3891-3897.
- Hermens, D. F., Lagopoulos, J., Tobias-Webb, J., De Regt, T., Dore, G., Juckes, L., Latt, N., & Hickie, I. B. (2013). Pathways to alcohol-induced brain impairment in young people: a review. *Cortex*, 49(1), 3-17.
- Hewig, J., Trippe, R., Hecht, H., Coles, M. G., Holroyd, C. B., & Miltner,

- W. H. (2007). Decision-making in blackjack: An electrophysiological analysis. *Cerebral Cortex*, *17*(4), 865–877.
- Hillyard, S. A., & Kutas, M. (1983). Electrophysiology of cognitive processing. *Annual Review of Psychology*, *34*(1), 33–61.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological review*, *109*(4), 679–709.
- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Nystrom, L., Mars, R. B., Coles, M. G., & Cohen, J. D. (2004). Dorsal anterior cingulate cortex shows fMRI response to internal and external error signals. *Nature Neuroscience*, *7*(5), 497–498.
- 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.
- Johnson, C. A., Xiao, L., Palmer, P., Sun, P., Wang, Q., Wei, Y., Jia, Y., Grenard, J. L., Stacy, A. W., & Bechara, A. (2008). Affective decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in 10th grade Chinese adolescent binge drinkers. *Neuropsychologia*, *46*(2), 714–726.
- Jones, J. W. (1983). *The children of alcoholics screening test: Test manual*. Atlanta, GA: Camelot Unlimited.
- Kamarajan, C., Porjesz, B., Rangaswamy, M., Tang, Y., Chorlian, D. B.,

- Padmanabhapillai, A., Saunders, R., Pandey, A. K., Roopesh, B. N., Manz, N., Stimus, A. T., & Begleiter, H. (2009). Brain signatures of monetary loss and gain: outcome-related potentials in a single outcome gambling task. *Behavioural Brain Research, 197*(1), 62–76.
- Kamarajan, C., Rangaswamy, M., Manz, N., Chorlian, D. B., Pandey, A. K., Roopesh, B. N., & Porjesz, B. (2012). Topography, power, and current source density of theta oscillations during reward processing as markers for alcohol dependence. *Human Brain Mapping, 33*(5), 1019–1039.
- Kamarajan, C., Rangaswamy, M., Tang, Y., Chorlian, D. B., Pandey, A. K., Roopesh, B. N., Manz, N., Saunders, R., Stimus, A. T., & Porjesz, B. (2010). Dysfunctional reward processing in male alcoholics: an ERP study during a gambling task. *Journal of Psychiatric Research, 44*(9), 576–590.
- Kanny, D., Liu, Y., Brewer, R. D., & Lu, H. (2013). Binge drinking—United States, 2011. *MMWR Surveill Summ, 62*(Suppl 3), 77–80.
- Kennerley, S. W., Walton, M. E., Behrens, T. E., Buckley, M. J., & Rushworth, M. F. (2006). Optimal decision making and the anterior cingulate cortex. *Nature Neuroscience, 9*(7), 940–947.
- Knight, R. T., Grabowecky, M. F., & Scabini, D. (1995). Role of human prefrontal cortex in attention control. *Advances in Neurology, 66*, 21–36.
- Knutson, B., Westdorp, A., Kaiser, E., & Hommer, D. (2000). FMRI

- visualization of brain activity during a monetary incentive delay task. *Neuroimage*, *12*(1), 20–27.
- Kreussel, L., Hewig, J., Kretschmer, N., Hecht, H., Coles, M. G., & Miltner, W. H. (2012). The influence of the magnitude, probability, and valence of potential wins and losses on the amplitude of the feedback negativity. *Psychophysiology*, *49*(2), 207–219.
- Larson, M. J., South, M., & Clayson, P. E. (2011). Sex differences in error-related performance monitoring. *Neuroreport*, *22*(1), 44–48.
- Le Berre, A. P., Rauchs, G., La Joie, R., Mezenge, F., Boudehent, C., Vabret, F., Segobin, S., Viader, F., Allai, P., Eustache, F., Pitel, A. L., & Beaunieux, H. (2014). Impaired decision-making and brain shrinkage in alcoholism. *European Psychiatry*, *29*(3), 125–133.
- Li, X., Lu, Z. L., D'argembeau, A., Ng, M., & Bechara, A. (2010). The Iowa gambling task in fMRI images. *Human brain mapping*, *31*(3), 410–423.
- London, E. D., Ernst, M., Grant, S., Bonson, K., & Weinstein, A. (2000). Orbitofrontal cortex and human drug abuse: functional imaging. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 334–342.
- López Caneda, E., Cadaveira, F., Crego, A., Gómez Suárez, A., Corral, M., Parada, M., Caamano-Isorna, F., & Holguín, S. R. (2012). Hyperactivation of right inferior frontal cortex in young binge drinkers during response inhibition: a follow up study. *Addiction*, *107*(10), 1796–1808.

- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 432-440.
- Makris, N., Oscar-Berman, M., Jaffin, S. K., Hodge, S. M., Kennedy, D. N., Caviness, V. S., Marinkovic, K., Breiter, H. C., Gasic, G. P., & Harris, G. J. (2008). Decreased volume of the brain reward system in alcoholism. *Biological Psychiatry*, 64(3), 192-202.
- Maurage, P., Bestelmeyer, P. E., Rouger, J., Charest, I., & Belin, P. (2013). Binge drinking influences the cerebral processing of vocal affective bursts in young adults. *Neuroimage: Clinical*, 3, 218-225.
- Mazas, C. A., Finn, P. R., & Steinmetz, J. E. (2000). Decision making biases, antisocial personality, and early onset alcoholism. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 24(7), 1036-1040.
- McClure, S. M., Berns, G. S., & Montague, P. R. (2003). Temporal prediction errors in a passive learning task activate human striatum. *Neuron*, 38(2), 339-346.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1978). *A questionnaire measure of habitual alcohol use*. *Psychological Reports*, 43(3), 803-806.
- Miguel, G. M. L., Javier, E., Claudia, S., & Teresa, A. M. (2008). Prefrontal Activity And Weekend Alcoholism In Young. *Adicciones*, 20(3), 271-280.
- Mitchell, J. M., Fields, H. L., D'esposito, M., & Boettiger, C. A. (2005). Impulsive responding in alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 29(12), 2158-2169.

- Moreno, M., Estevez, A. F., Zaldivar, F., Montes, J. M. G., Gutiérrez-Ferre, V. E., Esteban, L., Sanchez-Santed, F., & Flores, P. (2012). Impulsivity differences in recreational cannabis users and binge drinkers in a university population. *Drug and Alcohol Dependence, 124*(3), 355–362.
- Mota, N., Parada, M., Crego, A., Doallo, S., Caamaño-Isorna, F., Holguín, S. R., Cadaveira, F., & Corral, M. (2013). Binge drinking trajectory and neuropsychological functioning among university students: A longitudinal study. *Drug and Alcohol Dependence, 133*(1), 108–114.
- Naimi, T. S., Brewer, R. D., Mokdad, A., Denny, C., Serdula, M. K., & Marks, J. S. (2003). Binge drinking among US adults. *JAMA, 289*(1), 70–75.
- Nelson, L. D., Patrick, C. J., Collins, P., Lang, A. R., & Bernat, E. M. (2011). Alcohol impairs brain reactivity to explicit loss feedback. *Psychopharmacology, 218*(2), 419–428.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus--norepinephrine system. *Psychological Bulletin, 131*(4), 510–532.
- O'Doherty, J. P., Dayan, P., Friston, K., Critchley, H., & Dolan, R. J. (2003). Temporal difference models and reward-related learning in the human brain. *Neuron, 38*(2), 329–337.
- O'Doherty, J., Kringelbach, M. L., Rolls, E. T., Hornak, J., & Andrews, C. (2001). Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nature Neuroscience, 4*(1), 95–102.

- O'Malley, P. M., & Johnston, L. D. (2002). Epidemiology of alcohol and other drug use among American college students. *Journal of Studies on Alcohol, Supplement*, (s14), 23-39.
- 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), 350-359.
- Pagnoni, G., Zink, C. F., Montague, P. R., & Berns, G. S. (2002). Activity in human ventral striatum locked to errors of reward prediction. *Nature Neuroscience*, 5(2), 97-98.
- 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.
- Pascual, M., Blanco, A. M., Cauli, O., Minarro, J., & Guerri, C. (2007). Intermittent ethanol exposure induces inflammatory brain damage and causes long term behavioural alterations in adolescent rats. *European Journal of Neuroscience*, 25(2), 541-550.
- Patton, J. H., Stanford, M. S., & Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *Journal of clinical psychology*, 51(6), 768-774.
- Polezzi, D., Sartori, G., Rumiati, R., Vidotto, G., & Daum, I. (2010). Brain correlates of risky decision-making. *Neuroimage*, 49(2), 1886-1894.
- Porjesz, B., Begleiter, H., Bihari, B., & Kissin, B. (1987). Event-related

- brain potentials to high incentive stimuli in abstinent alcoholics. *Alcohol*, 4(4), 283–287.
- Richter, W., Ugurbil, K., Georgopoulos, A., & Kim, S. G. (1997). Time resolved fMRI of mental rotation. *Neuroreport*, 8(17), 3697–3702.
- Rogers, R. D., Ramnani, N., Mackay, C., Wilson, J. L., Jezzard, P., Carter, C. S., & Smith, S. M. (2004). Distinct portions of anterior cingulate cortex and medial prefrontal cortex are activated by reward processing in separable phases of decision-making cognition. *Biological Psychiatry*, 55(6), 594–602.
- San Martín, R. (2012). Event-related potential studies of outcome processing and feedback-guided learning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 304.
- Schuermann, B., Kathmann, N., Stiglmayr, C., Renneberg, B., & Endrass, T. (2011). Impaired decision making and feedback evaluation in borderline personality disorder. *Psychological Medicine*, 41(09), 1917–1927.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- 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.

- Stephens, D. N., & Duka, T. (2008). Cognitive and emotional consequences of binge drinking: Role of amygdala and prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *363*(1507), 3169–3179.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, *150*(3700), 1187–1188.
- Tobler, P. N., Fiorillo, C. D., & Schultz, W. (2005). Adaptive coding of reward value by dopamine neurons. *Science*, *307*(5715), 1642–1645.
- 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.
- Townshend, J. M., Kambouropoulos, N., Griffin, A., Hunt, F. J., & Milani, R. M. (2014). Binge drinking, reflection impulsivity, and unplanned sexual behavior: impaired decision making in young social drinkers. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, *38*(4), 1143–1150.
- Tucker, M. (1993). Recommended standard for wave data sampling and near-real-time processing. *Ocean Engineering*, *20*(5), 459–474.
- Tucker, J. S., Orlando, M., & Ellickson, P. L. (2003). Patterns and correlates of binge drinking trajectories from early adolescence to young adulthood. *Health Psychology*, *22*(1), 79–87.

- US Department of Health and Human Services. (2004). *NIAAA council approves definition of binge drinking*. NIAAA Newsletter, 3(3). Washington DC: National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism.
- Wahlstrom, L. C. (2013). *Feedback-Related Negativity, Decision-Making, and College Binge Drinking*, (Doctoral dissertation). The University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE, USA.
- Wallis, J. D. (2007). Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 31-56.
- Webb, C. A., DelDonno, S., & Killgore, W. D. (2014). The role of cognitive versus emotional intelligence in Iowa Gambling Task performance: What's emotion got to do with it?. *Intelligence*, 44, 112-119.
- 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.
- Wechsler, H., & Nelson, T. F. (2001). Binge drinking and the american college students: What's five drinks? *Psychology of Addictive Behaviors*, 15(4), 287-291.
- World Health Organization. (2000). *International guide for monitoring alcohol consumption and related harm*. World Health Organization department of mental health and substance dependence. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

- Wu, Y., & Zhou, X. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research, 1286*, 114-122.
- Xiao, L., Bechara, A., Gong, Q., Huang, X., Li, X., Xue, G., Wong, S., Lu, Z., Palmer, P., Wei, Y., Jia, Y., & Johnson, C. A. (2013). Abnormal affective decision making revealed in adolescent binge drinkers using a functional magnetic resonance imaging study. *Psychology of Addictive Behaviors, 27*(2), 443-454.
- Xiao, L., Bechara, A., Grenard, L. J., Stacy, W. A., Palmer, P., Wei, Y., Jia, A., Fu, X., & Johnson, C. A. (2009). Affective decision-making predictive of Chinese adolescent drinking behaviors. *Journal of the International Neuropsychological Society, 15*(4), 547-557.
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *The Journal of Neuroscience, 24*(28), 6258-6264.
- Yoo, J., & Kim, M. (2016). Deficits in decision-making and reversal learning in college students who participate in binge drinking. *Neuropsychiatry, 6*(6), 321-330.
- Yu, R., & Zhou, X. (2009). To bet or not to bet? The error negativity or error-related negativity associated with risk-taking choices. *Journal of Cognitive Neuroscience, 21*(4), 684-696.
- Yu, R., Zhou, W., & Zhou, X. (2011). Rapid processing of both reward probability and reward uncertainty in the human anterior cingulate cortex. *PloS one, 6*(12), e29633.

Zung, W. W., Richards, C. B., & Short, M. J. (1965). Self-rating depression scale in an outpatient clinic: Further validation of the SDS. *Archives of General Psychiatry*, *13*(6), 508-515.

ABSTRACT

An event-related potential study of decision making deficits in female college students with binge drinking utilizing feedback processing on monetary gain/loss

Eunchan Na
Department of Psychology
Graduate School of
Sungshin University

This study investigated decision making and feedback processing in female college students with binge drinking habit using the Iowa Gambling Task (IGT) and event-related potentials (ERPs). Binge drinkers ($n=26$) and non-binge drinkers ($n=20$) were selected based on the score of the Korean version of Alcohol Use Disorder Identification Test, frequency of binge drinking episode within two weeks, and drinking speed. The IGT is a decision making task which requires participants to maximize profit by choosing a card out of four cards. The cards used in the task consist of two advantageous ones, which yield greater gains than losses in long term, and two disadvantageous ones, which yield greater losses than gains in long term. In IGT, binge drinking group performed poorly than non-binge

drinking group, showing significantly lower net score. In terms of ERPs, the binge drinking group showed significantly smaller feedback-related negativity (FRN) amplitudes than non-binge drinking group. However, there was no difference in P3 amplitude between the two groups. Additionally, a positive correlation between FRN amplitude and IGT net score was observed, where as FRN amplitude increased, IGT net score increased as well. FRN is known to reflect earlier stage of feedback evaluation with bottom-up mechanism, while P3 is known to reflect later stage of feedback processing with top-down mechanism and allocation of attentional resource. Result of this study indicate that binge drinkers have decision making deficit and this deficit is related with the dysfunction in the early stage of feedback evaluation.

Key word: binge drinking, decision making, feedback processing, ERP, FRN, P3