

뉴로피드백을 통한 전두엽 EEG 비대칭 조절이 동기에 미치는 효과

지 연 경 최 승 원[†] 안 창 일

분당서울대학교병원 신경정신과

고려대학교 심리학과

본 연구는 뉴로피드백을 통한 전두엽 뇌파 비대칭의 변화가 접근-회피 동기 반응에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 17명의 오른손잡이 피험자들은 준무선적으로 LEFT 집단(좌측 전두엽의 활동을 증가시키는 집단)과 RIGHT 집단(우측 전두엽의 활동을 증가시키는 집단)으로 할당되었으며, 3일간 총 15회기(4분씩 5회기/1일)에 걸쳐 뉴로피드백을 수행하였다. 피험자들은 뉴로피드백 실시 전후에 BDI-II, BIS/BAS 척도(Behavioral Inhibition System/ Behavioral Activation System scale), 정서 필름(긍정적인 정서, 부정적인 정서, 중성적인 정서)에 대한 정서 평정을 실시하였다. 뉴로피드백 훈련결과 LEFT 집단은 우반구 알파파 활동이 증가되었으며 RIGHT 집단은 좌반구 알파파 활동이 증가되었다. 동기의 측정결과 LEFT 집단은 RIGHT 집단에 비해 BAS 점수가 향상되었으며, 정서필름에 대한 반응에서는 뚜렷한 정서가를 가진 자극에 대한 반응성이 증가하였다. 이러한 결과는 LEFT 집단의 접근 동기 경향성이 증가하였음을 시사하며, 전두엽 뇌파 비대칭이 동기 방향과 관련이 있다는 것을 보여준다. 마지막으로 본 연구의 임상적 의의와 제한점, 후속 연구에 대한 시사점을 논의하였다.

주요어 : 뉴로피드백, 전두엽 뇌파 비대칭, 동기, 정서

† 교신저자(Corresponding Author) : 최승원 / 분당서울대학교병원 신경정신과 임상심리실 / 경기도 성남시 분당구 구미동 300번지

Tel : 019-9174-4509 / Fax : 031-787-4058 / E-mail : karatt@korea.ac.kr

좌반구 뇌손상 환자에서 우반구 손상 환자에 비해 우울증이 빈번하게 나타난다는 관찰(Goldstein, 1939)은 좌반구 손상과 우울증의 관련성에 대한 심리학자들의 관심을 촉발시켰으며, 이는 좌반구 전두엽의 손상이 우울증과 관련된다는 연구(Robinson, Kubos, Starr, Rao, & Price, 1984)를 통해 보다 정교화 되었다. 이런 초기의 임상적 관찰들은 양반구 전두엽 활동의 비대칭성과 정서의 개인차라는 새로운 연구주제(Tucker, Stenslie, Roth, & Shearer, 1981)로 확장되고 있다.

Henrique와 Davidson(1990)은 뇌전위(Electroencephalogram: EEG)를 사용하여 우울 환자가 정상인에 비해 우반구 전두엽 부위의 활동량이 더 많다는 것을 보여주었다. 이들은 전두엽의 활동을 확인하기 위해서 EEG를 활용하여 휴식기 동안 좌반구와 우반구 전두엽 부위의 알파(alpha)파를 측정하였다. 알파파(8-13Hz)는 뇌의 활동 수준이 감소될 때 증가하는 뇌파여서, 알파파의 감소는 흔히 해당 피질의 활동증대로 해석되고 있다(Shagass, 1972; Ray, 1990). Henrique와 Davidson(1990)은 우울증 환자가 정상인에 비해 좌반구 전두엽 부위에서 측정된 알파파가 우반구 전두엽 부위에서 측정된 알파파의 활동보다 더 크다는 것을 관찰하였고, 이를 통해 정상인과 우울증 환자와의 뇌파 패턴이 다르다는 것을 제시하였다.

그 이후 뇌파 패턴이 다른 사람들은 각각 다른 유형의 정서 반응과 동기를 보인다는 연구 결과들(Ahern & Wchwarts, 1985; Tomarken, Davidson, Wheeler, & Kinney, 1992; Wheeler, Davidson, & Tomarken, 1993; Sutton & Davidson, 1997; Gotlib, Ranganath, & Rosenfeld, 1998; Harmon-Jones, 2003)이 나오게 되면서 뇌파 비

대칭과 관련하여 정서 모형(valence model)과 동기 모형(motivation model)이라는 두 가지 가설이 제시되었다.

정서 모형은 휴식기 전두엽의 EEG 알파파 비대칭을 통해 좌반구 전두엽과 우반구 전두엽이 각각 다른 정서 경험 및 반응과 연관이 있다는 것을 보여준 연구들(Ahern & Wchwarts, 1985; Gotlib et al., 1998; Tomarken et al., 1992)에서 발전되었다. 즉, 좌반구 전두엽은 긍정적인 감정(happiness, amusement, interest)의 경험 및 표현과 관련이 있으며 우반구 전두엽은 부정적인 감정(sadness, fear, disgust, anger)의 경험 및 표현과 관련이 있다는 것이다(Harmon-Jones, 2003). 한편 동기 모형(motivation model)은 Kinsbourne(1978)이 제시한 것으로서 피질 활동의 비대칭은 두뇌의 접근(approach)과 회피(withdrawal) 기제를 반영한다고 하였다. 즉, 상대적으로 좌반구의 활동이 많은 사람들은 일반적으로 목적 지향적이고, 접근적이고 행동이 활성화되는 동기 체계가 강하며 우반구 활동이 많은 사람들은 일반적으로 회피하거나 철수하려는 동기 체계가 강하다는 것이다(Davidson & Fox, 1982; Ekman, Davidson, & Friesen, 1990; Davidson, 1993; Coan & Allen, 2003).

일부 연구들(Davidson, Ekman, Saron, Senulis, & Friesen, 1990; Davidson & Tomarken, 1989; Tomarken & Keener, 1998)은 이 두 가지 이론을 통합한 모형을 제시하기도 한다. 이들에 따르면 정서와 동기체계가 각각 독립되어 있는 것이 아니라 서로 연관되어 있어서, 접근과 관련된 긍정적 정서는 좌반구 전두엽 활동 증가와 함께 발생하며 회피와 관련된 부정적 정서는 우반구 전두엽 활동 증가를 수반한다고 제안하고 있다. 그러나 Harmon-Jones(2003),

Harmon-Jones와 Allen(1998)의 최근 연구에 의하면, 모든 정서와 동기의 방향이 이와 같이 일치하는 것이 아니라는 결과를 제시하고 있다. 이들은 그 예로써 분노정서를 들고 있는데, 분노정서가 부정정서임에도 불구하고 좌반구의 활동과 밀접하게 관련됨을 발견한 것이다. 분노정서는 다른 부정정서와는 달리 접근적이고 행동 활성화적인 특징을 가지고 있어서 접근동기에 더 가까운 정서상태로 볼 수 있다. 분노정서를 대상으로 한 이 연구들은 전두엽 비대칭이 정서보다는 동기를 조절하는 신경계 일 가능성을 주장하고 있다.

Sutton과 Davidson(1997), Harmon-Jones와 Allen(1997)은 접근-회피 경향을 행동 활성화 및 행동 억제 체계 척도(The BIS/BAS Scales: Carver & White, 1994)를 통하여 측정하여 전두엽의 비대칭적인 활동과 동기의 방향성의 관련성을 제시하였다. 행동 활성화 체계(Behavioral Activation System: BAS)는 원하는 어떤 것들의 단서를 민감하게 감지하고 적극적으로 목표를 추구하도록 만들어주며, 자신이 바라는 바가 달성되리라고 기대할 때 생기는 긍정적 정서인 희망, 흥분, 행복 등을 유발하는 동기 체계이다. 즉, 행동 활성화 체계에서의 높은 민감성은 목표 지향적인 행동에 관여하는 경향성을 높이고 보상이 가까이 있다는 정보를 주는 단서에 노출되었을 때 긍정적 감정을 더욱 크게 경험하게 만든다. 행동 억제 체계(Behavioral Inhibition System: BIS)는 처벌이나 위협과 같은 불안 관련 단서들에 반응해서 불안을 경험하고 진행 중인 행동을 멈추며 다른 위협이나 위협 단서들을 찾기 위해 환경을 조사하도록 유도하는 동기체계이다. 또한 사람들이 부정적 결과를 예상할 때 흔히 경험하는 공포나 좌절, 불안, 슬픔 등의 정서가 행동억제체계의

높은 민감성과 밀접하게 관련된다(김교현, 김원식, 2001; Coan & Allen, 2003, 2004; Carver & White, 1994).

지금까지 살펴본 기존의 연구들은 전두엽 알파파 비대칭과 정서 및 동기의 상관관계를 시사하는 것들이다. 하지만 이것으로 둘의 인과관계를 설명하기에는 부족하다. 인과 관계는 뇌파 비대칭의 변화가 동기 변화를 유발하는 지에 대한 실험적 검증을 통해서만 이뤄질 수 있다. 이를 위해서는 해당 반구의 활동을 직접적으로 변화시키는 실험기법이 요구되며, 뉴로 피드백이 이를 위한 좋은 도구가 될 수 있다. 이러한 이유로 뉴로 피드백을 사용하여 피험자들 또는 환자들의 정서의 방향성을 변화시키고자 하는 몇 가지 연구들이 진행되었다.

Rosenfeld, Bachr, Baehr, Gotlib 및 Ranganath(1996)은 5명의 우울증 외래 환자를 대상으로 뉴로피드백을 실시하여 회기 전/후의 BDI점수와 전두엽 알파파 비대칭 점수를 비교하였다. 회기는 환자마다 다르게(5회~19회) 구성되어 있었으나 모든 환자에서 회기 종료 후에 좌반구 전두엽의 활동이 증가하는 경향을 보였으며, BDI점수가 모두 하락하여 부정적인 정서 경험이 감소한 것으로 나타났다. 이와 유사하게, Baehr, Rosenfeld, Baehr과 Earnest(1999)는 5명의 우울증 환자를 대상으로 뉴로피드백과 심리치료를 실시하였는데, 모든 회기 후에 환자들은 좌반구 전두엽의 활동이 증가하는 모습을 보였고 MMPI-2의 2번 척도와 BDI 점수가 하락하였다. 이들의 연구는 뉴로피드백을 통해 우울증 환자의 전두엽 비대칭 방향을 변화시키고 부정적인 정서를 덜 경험하고 있는 것으로 느끼게 하였다는 점에서 중요한 시사점을 갖는다.

Allen, Harmon-Jones와 Cavender(2001)는 정상인에게 5일간의 뉴로피드백 실시 전후 짧은 영화 필름을 보여주고 이에 대해 평정하도록 하였다. 18명의 오른손잡이 여성 피험자들을 각각 9명씩 좌반구 활동을 증진시키는 집단과 우반구 활동을 증진시키는 집단으로 분류하여 훈련을 실시하였다. 그 결과, 5일 중에서 3일째 뉴로피드백 훈련 효과가 가장 뛰어났으며, 마지막 날에 행한 정서 평정에서는 좌반구 활동을 높인 집단이 각각의 영화 필름에 대해 긍정적 또는 부정적 정서를 더 크게 느끼는 것으로 평정하였다.

이 연구는 첫째로 뉴로피드백이 정상인들도 반구의 활동성도 조절할 수 있다는 것을 보여주었다는데 의의가 있다. 하지만 더욱 주목할 점은 이 연구의 결과가 기존의 정서 모형과는 상반되는 결과를 제시하였다는 것이다. 정서 모형에 따르면 좌반구 전두엽의 활동이 증가한 집단은 긍정적인 정서에서 선택적인 반응 증가가 나타나는 것이 예측가능하다. 하지만 본 연구에서는 좌반구의 활동증가가 긍정적인 정서와 부정적인 정서를 모두 더 크게 느끼게 하는 것으로 나타났다. 이 연구결과는 전두엽 좌반구가 가지는 고유한 기능이 특정 정서를 가지는 정보를 처리하는 것이라기보다는 외부세계 자극을 적극적으로 받아들여려는 접근 동기와 관련될 수 있음을 제시하는 것으로 앞서 제시한 동기모형(Harmon-Jones, 2003; Harmon-Jones & Allen, 1998)을 지지하는 결과로 해석될 수 있다. 따라서 전두엽이 인간의 정서정보처리에서 차지하는 역할을 명확히 하기 위해서는 양반구가 각기 정서정보를 처리하는데 상이한 동기체계를 가지고 있다는 동기모형의 타당성을 검증할 필요성이 요구된다. 본 연구는 이런 질문에 대한 해답을 위해

뉴로피드백을 이용한 반구 우세성의 변화가 동기의 방향성에 미치는 영향을 검증하였다. 본 연구에서는 좌반구의 활동을 증가시키는 뉴로피드백을 실시한 집단과 우반구의 활동을 증가시키는 뉴로피드백을 실시한 집단에서 나타나는 정서 반응성 및 접근-회피 동기의 차이를 분석하였다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 좌반구의 활동을 증대시킨 집단은 행동 활성화체계의 활동 강도가 증대되며, 정서 자극에 대한 반응 강도도 증가할 것이다. 둘째, 우반구의 활동을 증대시킨 집단에서는 행동 억제체계의 활동 강도가 증대되며, 정서 자극에 대한 반응 강도는 감소될 것이다.

방 법

연구 대상

피험자들은 대학생 또는 대학원생 17명으로 평균연령은 22.06세(표준편차: 1.5세)이며 모두 여성으로 구성되었다. The Edinburgh Handedness Inventory(Oldfield, 1971)를 사용하여 오른손잡이만을 선별하였다(평균: 92.4, 표준편차: 8.5). 피험자들은 뉴로피드백을 통하여 좌반구에 비해 우반구의 알파파를 상대적으로 향상시키는 집단, 즉 좌반구의 활동이 증가하는 집단(이하 LEFT 집단)과 우반구에 비해 좌반구의 알파파를 상대적으로 향상시키는 집단, 즉 우반구의 활동이 증가하는 집단(이하 RIGHT 집단)으로 준무선 할당되었다. LEFT 집단의 경우 9명이 참가하였으며, 평균연령은 22.22세(표준편차: 1.56세)이었다. RIGHT 집단의 경우 8명이 참가하였으며, 평균연령은 21.87세(표준편차: 1.55세)였다.

측정 도구

BDI-II

BDI-II(The Beck Depression Inventory Second Edition; Beck, Steer, & Brown, 1996)는 BDI-IA(amended BDI; Beck & Steer, 1993)의 개정판으로 만들어졌으며 DSM-IV의 주요우울장애 기준을 더 많이 반영하는 문항들로 구성되어 있다. 내적 일치도 계수 α 는 .90이다(Steer, Rissmiller, & Beck, 2000). BDI-II 역시 21문항(0-3점으로 채점, 총 63점)으로 이루어져 있으나, 새로 4개의 증상을 추가하였다. 추가된 증상은 “초조(agitation), 무가치함(worthlessness), 집중곤란(concentration difficulty), 에너지 상실(loss of energy)”이다. 대신 “체중감소(weight loss), 신체 이미지 변화(body image change), 작업 곤란(work difficulty), 신체적 집착(somatic preoccupation)” 증상은 삭제되었다. 또한 시간 간격이 길어졌는데 BDI-IA에서 “1주일 전”에 대해서 물어봤다면, BDI-II는 “오늘을 포함하여 지난 2주간”에 대하여 질문한다(Steer, Clark, Beck, & Ranieri, 1998). 본 연구에서는 김소연(2003)이 번안한 문항을 사용하였다.

BIS/BAS

BIS/BAS 척도(The Behavioral Inhibition System /Behavioral Activation System scales; Carver & White, 1994)는 개인의 행동활성화 체계와 행동억제체계의 민감성을 평가하는 자기보고식 척도이다. 본 연구에서는 김교현과 김원식(2001)이 번안한 것을 사용하였으며 한국판 BIS/BAS의 내적 합치도 계수 Cronbach's α 는 BIS는 .78, BAS 보상민감성은 .85, BAS 추동은 .87, BAS 재미추구는 .78이었다(김교현, 김원식, 2001).

필름 자극

필름 자극은 학부에서 교양 심리학 강의를 수강하는 여자 대학생 96명의 정서 평정 결과에 따라 선정되었다. 자극은 각각 긍정 정서, 부정 정서, 중성 정서를 유도하도록 구성되었으며, 각 필름은 각각 3~4분이 소요되는 것으로 총 8개(긍정 3개, 부정 3개, 중성 2개)의 필름을 준무선적으로 제시하면서 정서를 평정하도록 하였다.

정서 평정용 설문지는 Gotlib, Krasnoperova, Yue와 Joormann(2004)이 연구에서 사용한 정서 분류법 방식에 따라 구성되었다. 이는 제시된 개별 정서자극에 대해 “전혀 느끼지 못함(1점)”에서 “매우 많이 느낌(7점)”으로 구성된 척도를 사용하여 정서를 평정하도록 하는 방식이다. 이 때, 3개의 정서영역(긍정, 부정, 중성) 중 한 영역에서 평균 4점 이상을 받으며, 나머지 두 영역에서는 평균 2점 이하를 받는 정서를 해당 정서영역을 대표하는 필름으로 선정하였다.

구체적으로 살펴보면 설문지는 피험자들에게 즐거움, 행복감, 편안함, 흥미로움, 두려움, 화남, 불쾌함, 슬픔을 각각 1점에서 7점으로 평정할 수 있게 구성되어 있으며, 각 필름을 보고 자신이 느낀 정서를 설문지에 평정하도록 하였다. 이 중에서 긍정 정서에 해당하는 즐거움, 행복감, 편안함, 흥미로움의 평균이 4점 이상이며 다른 정서의 평균이 2점 이하인 필름을 긍정적인 필름으로 선택하였다. 반대로 부정 정서에 해당하는 두려움, 화남, 불쾌함, 슬픔의 평균이 4점 이상이며 다른 정서의 평균이 2점 이하인 필름을 부정적인 필름으로 선택하였다. 중성적인 필름은 모든 정서의 평균이 3점 이하인 경우에 선택하였다. 이를 통해 처음에 피험자들에게 제시하였던 필름 중

표 1. 영화 필름 별 정서 평정

		평균 (표준편차)	
긍정 필름	‘반지의 제왕’ 중	긍정 정서	4.65 (1.01)
		부정 정서	1.24 (.39)
	‘태극기 휘날리며’ 중	긍정 정서	5.12 (1.13)
		부정 정서	1.14 (.32)
부정 필름	‘큐브’ 중	긍정 정서	1.62 (.65)
		부정 정서	4.09 (1.30)
	‘태극기 휘날리며’ 중	긍정 정서	1.28 (.41)
		부정 정서	4.48 (1.31)
중성 필름	‘냉정과 열정 사이’ 중	긍정 정서	2.59 (1.13)
		부정 정서	1.12 (.32)
	‘냉정과 열정 사이’ 중	긍정 정서	2.48 (1.13)
		부정 정서	1.31 (.49)

에서 긍정적인 필름으로 2개, 부정적인 필름으로 2개, 중성적인 필름으로 2개를 선택하였고 피험자들이 평정한 점수는 표 2와 같다.

긍정적인 정서를 느끼게 하는 영화는 “태극기 휘날리며(강제규, 2004 개봉)”, “반지의 제왕: 반지 원정대(Peter Jackson, 2002 개봉)”에서 일부분 발췌하였다. 부정적인 정서를 느끼게 하는 영화는 “태극기 휘날리며(강제규, 2004 개봉)”, “큐브(Vincenzo Natali, 1999 개봉)”에서 일부분 발췌하였다. 중성적인 정서를 느끼게 하는 영화는 “냉정과 열정 사이(Isamu Nakae, 2003 개봉)”에서 일부분 발췌하였다.

필름 자극 평정

각각의 정서 반응을 유도하는 필름 자극을 본 후에 뉴로피드백에 참여한 피험자들은 각 필름에 대한 정서 평정지를 작성하였다. 설문지는 피험자들에게 즐거움, 행복감, 편안함,

흥미로움, 두려움, 화남, 불쾌함, 슬픔을 각각 1점(전혀 느끼지 못함)에서 7점(매우 많이 느낌)으로 평정할 수 있게 구성되어 있으며, 앞서 필름 자극 선정에 사용된 설문지를 그대로 사용하였다. 이 중에서 즐거움, 행복감, 편안함은 긍정적인 정서로 분류하였으며, 두려움, 화남, 불쾌감, 슬픔은 부정적인 정서로 분류하였다. 흥미로움은 긍정적인 정서보다는 정서적인 각성 상태를 나타낸다는 연구 결과(Hagemann, Naumann, Becker, Maier, & Bartussek, 1998)에 따라, 흥미로움은 자극에 따른 각성 및 자극에 대한 동기 경향성을 평정하기 위해 긍정 정서에 포함시키지 않고 개별 문항으로 분리하여 사용하였다.

실험 절차

피험자들은 매일 연속 3일간 같은 시간대

에 뉴로피드백을 실시하였다. 본 연구의 뉴로피드백 훈련절차는 Allen, Harmon-Jonse와 Cavender(2001)의 연구에서 사용한 비대칭 변환 방식을 사용하였다. Allen 등(2001)의 연구에서는 총 훈련기간을 연속 5일로 설정하였으나 3일째까지의 뇌파의 변화가 나타난 뒤 훈련성과가 정체되는 양상을 보였으며, 마지막 5일째에는 훈련성과가 일부 기저선으로 회귀하는 경향성을 보였다. 저자들은 이 원인으로 연이은 5일간의 훈련이 주는 피로감을 지적한 바 있다. 이에 착안하여 본 연구는 피험자들의 피로 영향을 줄이기 위해 훈련기간을 3일로 줄여 실시하였다.

실험 첫째 날에는 실험 참가 동의서, 손잡이 설문지, BIS/BAS, 영화 필름 평정을 작성한 후에 눈을 뜬 채로 휴식기 전두엽 알파파 비대칭의 기저선을 측정(4분)하고 이를 기준으로 뉴로피드백을 실시하였다. 마지막 날에는 뉴로피드백을 실시한 후에 영화 필름 평정, BIS/BAS의 순서로 설문지를 작성하였다. EEG 신호는 Thought Technology사의 Procomp Infiniti를 사용하여 측정 및 기록하였다.

뉴로 피드백 훈련

뉴로피드백은 하루 1회기가 4분 단위의 5시행으로 구성되며 각 시행사이에 1분간의 휴식 시간을 두었다. EEG 신호를 측정하기 위하여 기준 전극(reference)은 온라인(on-line) 상태에서 Cz에, 그라운드(ground)는 이마에 배치하였고 활성 전극(active electrode)은 F3, F4에서 측정하였다. 개별 전극의 임피던스(impedance)는 5kΩ 미만을 유지하였다. 전극은 순금으로 도금된 것을 사용하였으며 EEG 신호는 bandpass 필터를 이용하여 0.5~58Hz 사이의 신호만을

측정하였고, 측정된 자료는 256Hz로 샘플링(sampling)되었다. 좌반구 전두엽(F3)과 우반구 전두엽(F4)에서 나온 알파파(8~13Hz)는 FFT(Fast Fourier transform algorithm: 푸리에 분석)를 사용하여 추출하였다.

전두엽 비대칭 지수를 계산하기 위하여 본 연구에서는 A_2 값과 PCT(the percentage of time)을 사용하였다. A_2 는 양 반구의 활동 비율을 계산하는 공식으로 다음과 같다. 이 공식에서 R은 F4에서 측정된 알파파의 절대파위를 뜻하며, L은 F3에서 측정된 알파파의 절대파위를 뜻한다.

$$A_2 = \frac{R - L}{R + L}$$

PCT는 전체 측정 시간 중 A 값이 0보다 크게 나타난 시간의 비율을 계산하는 방식이다. 이는 정해진 시간 동안 나타나는 특정 신호의 비율이라는 의미로 PCT(the percentage of time)라고 부른다. Beahr, Rosenfeld, Baehr와 Earnest(1998)는 PCT 점수가 A 점수보다 더 안정적이고 우울환자와 정상인의 변별력이 더 크다면 PCT 점수를 사용할 것을 제안하였다.

뉴로피드백 훈련에 사용된 자극 및 과제는 최승원(2007)의 연구에서 사용한 것 중의 일부이다. 훈련 중 나타나는 EEG의 변화를 모니터링 하기 위한 측정 스크린은 Thought Technology 사가 비대칭 훈련을 위해 제작한 스크린을 사용하였고, 뉴로피드백 훈련용 피드백 스크린은 연구자가 스크린 편집기를 사용하여 직접 제작하였다. 피드백 스크린은 피험자가 자신의 A_2 나 PCT를 일정 훈련 기준에 다다르게 하는 경우, 화면 속의 작은 캐릭터가 앞으로 걸어가면서 길에 떨어진 금을 주

위 모으면 점수가 상승하는 식의 게임 형식으로 제공되었다. 또한 캐릭터가 금을 줌은 동시에 땡그랑하는 동전 소리도 강화로 제공되었다.

뉴로피드백에서 피험자가 강화를 받을 수 있는 역치는 이전 회기의 수행을 바탕으로(이전 회기 A_2 의 평균 + $0.85 \times A_2$ 의 표준편차) 도출하였다. 첫째 날 첫 번째 회기의 역치는 기저선 측정을 기준으로 도출하였으며, 둘째 날과 셋째 날의 첫 번째 회기의 역치는 그 전날 마지막 회기에서 구한 평균과 표준편차를 사용하였다. 이 역치는 각 시행에서 약 20%의 비율로 강화가 일정하게 제시되도록 의도한 것이다(Rosenfeld, Cha, Blair, & Gotlib, 1995). 이를 적용하면 행동변화의 가능성과 변화강도를 결정하는데 중요한 변인 중 하나인 강화비율을 각 피험자에 걸쳐서 비교적 일관되게 유지할 수 있는 장점이 있다(Allen, Harmon-Jones, & Carvender, 2001).

통계 분석

뉴로피드백 전과 후에 실시한 영화 필름 평정치와 BIS/BAS 점수의 변화를 비교하기 위해서 집단과 시기를 독립변인으로 하는 2 X 2 반복측정 이원변량분석을 실시하였다. 반복측정을 한 모든 변인들은 Mauchly의 구형성검증을 사용하여 분석한 결과 합동대칭성 가정을 만족한 것으로 나타났다. 본 연구에서 자료 분석을 위한 통계처리는 SPSS for window 15.0을 사용하였다.

결 과

뉴로피드백 전 집단 비교

훈련 시작 전에 “LEFT” 집단(n = 9)과 “RIGHT” 집단(n = 8)이 동질적인지를 확인하기 위해서 사전 검사에 사용한 모든 척도에 대해서 집단간 평균치의 차이 검증을 실시하였다. 그 결과 두 집단은 BIS/BAS에서 유의한 차이가 발견되지 않았다. 또한 휴식기 전두엽의 알파파를 측정된 결과 기저선의 A_2 값과 PCT에서 두 집단 간 차이가 유의하지 않았다. 아울러 두 집단이 현재 경험하고 있는 부정적인 정서의 정도를 평가하기 위해 실시된 BDI-II에서도 유의한 차이가 발견되지 않았다. 따라서 두 집단의 피험자들이 이질적으로 구성되었다고 보기 어렵다. 이 결과는 표 2에 제시되어 있다.

표 2. “LEFT” 집단과 “RIGHT” 집단의 BIS/BAS, 기저선 A_2 , PCT, BDI-II의 평균(표준편차)의 차이 검증 결과

	LEFT(n=9)	RIGHT(n=8)	t
	평균(표준편차)	평균(표준편차)	
BIS	18.44 (2.96)	20.25 (3.15)	-1.21
BAS	33.56 (4.50)	32.13 (3.87)	.70
A_2	.04 (.03)	.07 (.06)	-1.23
PCT	57.88 (5.92)	63.64 (12.85)	-1.16
BDI-II	7.00 (4.84)	8.25 (6.51)	- .44

주. BIS/BAS: The Behavioral Inhibition System/Behavioral Activation System scales, PCT: the percentage of time, BDI-II: The Beck Depression Inventory Second Edition

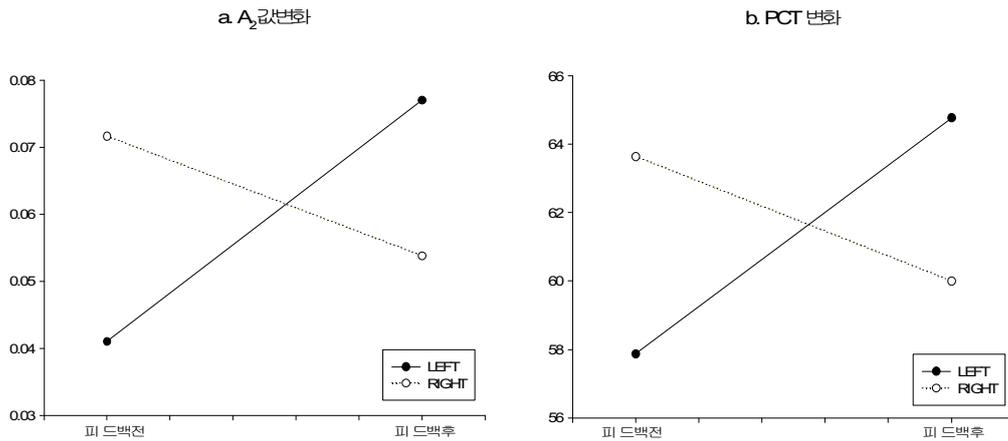


그림 1. 뉴로피드백 전후의 A2값과 PCT값 변화

뉴로피드백 훈련 효과

3일간의 뉴로피드백 훈련이 각 집단의 뇌파 비대칭에 유의미한 영향을 주었는지를 확인해 보기 위하여 두 집단의 피드백 전후의 A₂값과 PCT값을 종속변인으로 하고 집단과 시기를 독립변인으로 하는 2 X 2 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과 A₂값에서는 집단과 시기의 상호작용 효과는 유의하지 않았으나 ($F(1, 15)=4.380, p=.054$), PCT값에서는 집단과 시기의 상호작용 효과가 유의하였다($F(1, 15)=4.907, p<.05$). 상호작용의 양상이 그림 1에 제시되어 있다. LEFT 집단은 뉴로피드백을 받은 이후에 좌반구 활동이 증가하는 반면, RIGHT 집단은 뉴로피드백을 받은 이후에 우반구 활동이 증가함을 관찰할 수 있다.

뉴로피드백 후 집단에 따른 BIS/BAS 차이 비교

뉴로 피드백 후 LEFT 집단과 RIGHT 집단의 동기수준에 변화가 있었는지를 알아보기 위하여 BIS/BAS에 대해 집단과 시기를 독립변인으

로 하는 2 × 2 반복측정 이원변량분석을 실시하였다. 변량 분석 결과, BIS의 경우 집단과 뉴로피드백 전후 간의 상호작용효과가 유의하지 않았으며, 집단과 뉴로피드백 전후의 주효과 또한 유의하지 않았다. 하지만 BAS는 집단과 뉴로피드백 전후간의 상호작용은 유의하였다($F(1, 15)=7.090, p<.05$). 상호작용의 구체적 양상이 그림 2에 제시되어 있다. LEFT 집단에서는 동기의 접근 경향성이 증가하였고, RIGHT 집단에서는 동기의 접근 경향성이 감소하고 있음을 관찰할 수 있다.

뉴로피드백 후 집단에 따른 정서 평정 차이 비교

뉴로피드백 전후에 긍정적인 필름, 부정적인 필름, 중성적인 필름에 대해 각각의 집단들이 느낀 정서를 집단과 시기를 독립변인으로 하는 2 × 2 반복측정 이원변량분석을 통해 분석하였다. 그 결과, 긍정적인 필름을 제시한 경우에 각 집단들이 평정한 긍정적인 정서에서 집단과 뉴로피드백 전후 시기의 주효과와 상호작용 효과 모두 유의하지 않았다. 부정적

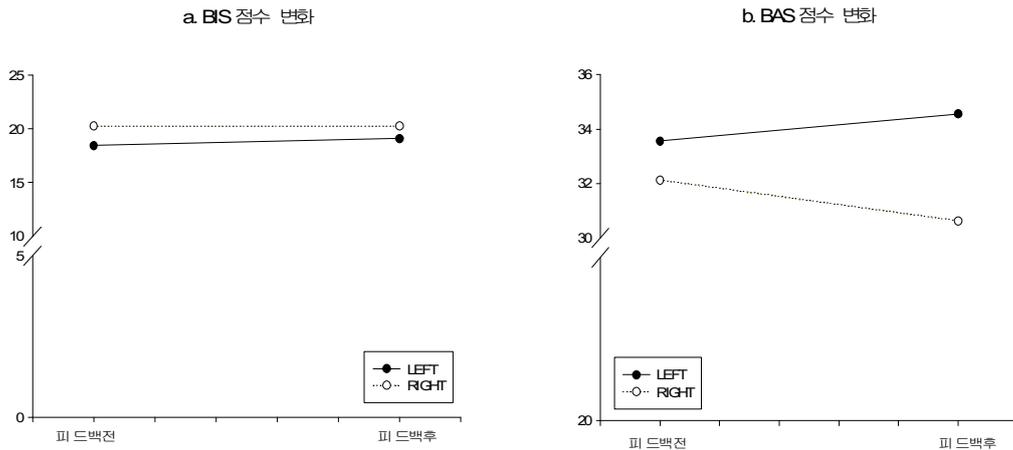


그림 2. 뉴로피드백 이후 BIS/BAS 차이 비교

인 정서에서는 집단과 뉴로피드백 전후의 상호작용 효과와 집단의 주효과는 유의하지 않았으나 뉴로피드백 전후의 주효과가 유의하였다($F(1, 15)=9.171, p < .05$). 흥미 정서에서는 집단과 뉴로 피드백 전후의 상호작용 효과가 유의하게 나타나고 있다 ($F(1, 15)=5.156, p < .05$). 즉, LEFT 집단은 뉴로 피드백을 받은 후에 긍정 필름에 대한 흥미로움이 증가하였으나 RIGHT 집단은 뉴로 피드백을 받은 후에

긍정 필름에 대한 흥미로움이 감소하였다.

부정적인 필름을 제시한 경우에는 각 집단들이 느낀 긍정적인 정서와 흥미 정서에서 집단과 시기의 상호 작용 효과 및 주효과가 유의하지 않았다. 하지만 부정 정서에서 집단과 뉴로피드백 전후의 상호작용 효과가 유의하게 나타나고 있다($F(1,15)=4.760, p < .05$). 즉, LEFT 집단은 RIGHT 집단과 달리 뉴로 피드백을 받은 후에 부정 필름에 대한 부정 정서가

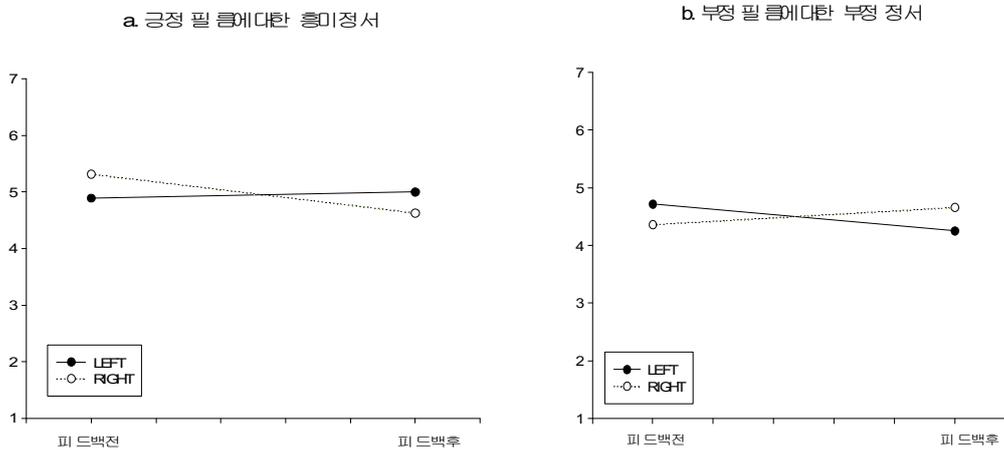


그림 3. 정서 필름에 대한 집단별 평정 변화 비교

증가하였다.

중성적인 필름을 제시한 경우에 각 집단들이 느낀 정서 평정들은, 긍정 정서, 흥미 정서에서 집단과 뉴로피드백 전후의 주효과와 상호작용 효과가 모두 유의하지 않았다. 부정 정서에서는 뉴로피드백 전후의 주효과는 유의하였으나($F(1, 15)=6.368, p < .05$) 집단의 주효과와 집단과 뉴로피드백 전후의 상호작용 효과는 유의하지 않았다. 각각의 정서적인 필름에 대해 개별 집단이 평정한 정서 점수들 중 상호작용 효과가 유의미한 결과들은 그림 3에 제시되어 있다.

논 의

본 연구는 뉴로피드백을 통한 양반구 전두엽 알파파 비율의 변화가 정서 반응성과 동기 방향에 미치는 영향을 알아보기 위하여 진행되었다. 뉴로피드백은 3일 동안 하루에 5회기씩(1회기 당 4분) 구성되었으며 총 15회기동안 실시하였다. 전두엽 알파파 비대칭 여부는 대표적인 비대칭 지수인 A_2 와 PCT를 통하여 분석하였다. 동기의 방향과 정서 반응성은 뉴로피드백 전후에 실시한 BIS/BAS 척도와 영화 시청후의 정서평정을 통하여 살펴보았다.

연구 결과, 뉴로피드백을 통해 두 집단의 전두엽 알파파 비대칭 지수인 A_2 는 통계적으로 유의미한 변화는 없었으나 PCT는 유의미한 수준의 변화가 있었던 것으로 나타났다. 앞서 연구(Beahr, Rosenfeld, Baehr, & Earnest, 1998)에서 PCT가 A값에 비해 좀더 안정적이라고 제안하였던 것을 고려하면, 본 연구 결과는 두 집단의 전두엽 알파파 비대칭 비율의 변화가 있었다고 해석할 수 있겠다. 즉, 이는

3일간의 뉴로피드백 훈련을 통해 전두엽 알파파 비대칭의 우세 방향을 변화시킬 수 있다는 것을 시사하며, Allen 등(2001)이 실시한 뉴로피드백 연구와 유사한 결과이다.

뉴로피드백의 결과로 나타난 두 집단의 뇌파 비대칭 방향성의 변화는 참가자들의 접근/회피 동기에 영향을 준 것으로 보인다. 뉴로피드백을 실시하기 전과 후의 BAS 점수 변화를 관찰한 결과, LEFT 집단의 BAS 점수는 상승한 반면 RIGHT 집단의 BAS 점수는 하락한 것을 볼 수 있다. 이는 LEFT 집단이 RIGHT 집단에 비해 강화물에 자극받으려 하는 접근적인 동기 경향성을 더 많이 보이게 되었음을 뜻한다.

이미 Sutton과 Davidson(1997) 및 Coan과 Allen(2003)은 휴식기 좌반구 전두엽의 활동이 우세한 사람들에게서 높은 BAS 점수가 나타난다는 결과를 보고한 바 있으며, Davidson(1998)은 접근 동기가 신경해부학적으로 좌반구 배외측 및 내측 전전두엽(left dorsolateral and medial prefrontal cortex), 기저핵(basal ganglia)과 관련이 있다고 제시한 바 있다. 따라서 좌반구 전두엽의 활동증대가 BAS 점수를 증가시킨 사실을 발견한 본 연구는 기존 연구들이 제시한 좌반구 전두엽과 접근동기와의 관계를 인과적인 수준에서 증명하였다는데 큰 의의가 있다.

하지만 뉴로피드백을 실시하기 전과 후의 BIS 점수의 변화는 유의하지 않아서 우반구 전두엽 활동과 BIS 점수와의 관계를 확인할 수 없었다. 이는 우반구 전두엽의 활동도와 BIS 점수 사이에 상관관계가 존재한다고 보고하였던 Sutton과 Davidson(1997)의 연구 결과와는 다르지만, 우반구 전두엽 활동과 BIS 점수와의 관계를 확인하지 못하였던 Harmon-Jones와 Allen(1997)의 연구 결과와는 일치하는 것이

다. 이러한 이유는 Coan과 Allen(2003)의 연구에서 찾아볼 수 있다. 이들에 의하면, 전두엽 알파파 비대칭을 설명하기 위한 동기 모형에서 가정하고 있는 접근-회피 동기 중에서 회피(withdrawal)는 위협적인 자극으로부터 ‘회피(withdraw)’하고자 하는 동기를 뜻하는 것(Davidson, 1998)에 비해 BIS는 행동을 하려는 것을 ‘방해(interrupt)’하고자 하는 동기를 설명하고 있다(Gray, 1994)고 한다. 즉, 행동 ‘억제’ 체계로서의 BIS는 동기 모형의 ‘회피’의 구성 개념과는 다소 일치하지 않는 면이 있다는 것이다. 따라서 추후 BIS와 회피에 대한 개념의 재확립을 통해 우반구 전두엽 활동과 회피 동기 경향성을 평가해보는 것이 필요해 보인다.

정서 자극에 대한 각 집단의 반응 경향성의 변화를 살펴본 결과, 기존의 정서이론과 다소 상충되는 결과를 확인하였다. 먼저 긍정정서를 유발하는 영화를 제시한 경우를 살펴보면, 정서이론의 가정에 따를 경우 LEFT 집단의 긍정적인 정서는 훈련의 결과로 증가가 예상되고 RIGHT 집단의 경우에는 큰 변화가 없거나 감소되는 결과를 기대할 수 있다. 하지만 실제 훈련을 통한 결과는 LEFT 집단에서 영화에 대한 흥미로움이 증가한 반면 RIGHT 집단의 흥미로움이 감소한 것이다. ‘흥미롭다’는 반응은 정서적인 각성 정도를 반영한다는 Hagemann 등(1998)의 관점을 고려해 볼 때, LEFT 집단은 RIGHT 집단에 비해서 긍정적인 자극에서 더 많이 각성되도록 두뇌 활동이 변화되었음을 추정하게 한다.

부정적인 정서를 유발하는 영화를 제시한 경우에도 기존의 정서 모형의 가설과는 상충되는 결과가 관찰되었다. 정서 모형에 의하면, RIGHT 집단에서 부정적인 필름에 대한 부정적인 정서가 증가하고 LEFT 집단에서는 반대

의 결과가 예견된다. 하지만 본 연구에서는 LEFT 집단의 부정적인 정서가 증가하였고 RIGHT 집단의 부정적인 정서가 감소하였다. 이는 LEFT 집단이 RIGHT 집단에 비해서 부정적인 정서자극에 대해 더 많은 반응을 보이게 되었음을 의미한다.

중성적인 영화자극에서는 통계적으로 유의미한 수준은 아니었으나, LEFT 집단이 RIGHT 집단에 비해서 긍정적인 정서, 부정적인 정서, 흥미로움이 모두 더 감소되는 경향이 있는 것으로 나타나 정서에 대한 각성수준과 반응성이 모두 감소된 것을 확인할 수 있었다.

정서적인 자극에 대한 변화를 종합해보면, LEFT 집단은 RIGHT 집단에 비해서 중성적인 자극을 제외하고는 대체적으로 정서적인 반응성이 증가되었으며, RIGHT 집단은 반응성이 감소되었음을 알 수 있다. 이러한 LEFT 집단의 패턴은 좌반구의 활동 증진이 뚜렷하고 현저한 정서적 색채를 갖는 자극에 대해서는 정서 반응성을 강화시켰지만, 중성적이거나 정서의 색채가 뚜렷하지 않은 자극에 대해서는 정서 반응성을 감소시켰다고 해석할 수 있다. 이는 좌반구 활동은 긍정적인 정서와 관련이 있고 우반구 활동은 부정적인 정서와 관련이 있다는 정서 모형으로는 설명될 수 없는 결과이다.

본 연구 결과는 유사한 연구설계를 통해 양반구의 비대칭 경향을 인위적으로 조절하였던 Allen(2001) 등의 연구결과를 재현하고 있다. 이들은 LEFT 집단이 모든 정서적인 자극에 대한 반응성이 증가하였다는 결과를 통해, 좌반구의 활동이 증가한 집단에서는 외부의 정서적인 자극이나 환경에 더욱 각성되고 민감해지는 경향이 있음을 제기한 바 있다.

정서모델과 상충되는 결과를 보인 이 두 연구결과는 다음과 같은 대안적 틀에서 이해가

가능할 것이다. Gray(1994)는 행동 활성화 체계(BAS)를 정적 강화와 부적 강화 모두를 적극적으로 찾고자 하는 동기라고 하여 BAS가 정서의 색채와는 관련이 없음을 제시한 바 있으며, Hewig 등(2006)은 BAS가 보상을 추구하는 접근적인 동기를 가지며, 보상에 반응하여 긍정적인 정서를 도출할 뿐 아니라 적극적인 회피반응(또는 조건화된 회피 반응[flight])을 이끌어낸다고 제시하였다. 결국, BAS의 역할은 단지 보상을 추구하는 행동에 그치는 것이 아니라 처벌을 피하고자 능동적으로 반응하는 행동까지를 포함한다고 볼 수 있는 것이다. 이는 진화론적인 관점에서 살펴볼 때 유기체의 생존에 필수적인 것이어서 항상 능동적인 외부 탐지가 요구된다. 따라서 BAS의 기능은 외부의 현저한 자극에 기민하게 반응하여 적극적으로 보상 혹은 위협의 신호를 탐지하고 접근적인 행동을 하거나 적극적으로 대처하도록 이끄는 것이라고 볼 수 있겠다. 본 연구에서 BAS가 증가된 피험자들이 현저한 정서가를 가지는 긍정정서와 부정정서 모두에서 반응이 증가된 것은 외부세계를 적극적으로 탐색하려는 BAS 기능이 강화된 결과로 해석할 수 있을 것이며, 이를 입증하기 위한 보다 정교한 연구들이 뒤따라야 할 필요성일 시사하고 있다. 아울러 LEFT 집단에서 정서가가 낮은 중성적인 필름에 대해 긍정 및 흥미 정서가 감소하였던 점을 고려해볼 때, 단조로운 자극에 대한 반응이 감소하였던 것으로 해석해볼 수도 있다. 이는 BAS의 하위 구성 요소 중 재미 추구, 즉 자극 추구 성향과 관련하여 생각해볼 수 있겠다. 다시 말해서 BAS가 증가된 피험자들은 외부 자극 중 단조롭고 자극적이지 않은 정보에 대해서는 관심이나 흥미가 저하되는 경향이 있을 수 있겠으며, 이에 대

해서도 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

결국 본 연구의 결과는 양반구 전두엽의 기능을 동기체계의 관점에서 해석하는 것이 적절할 수 있음을 암시하고 있다. 3일간의 뉴로피드백을 통해 좌반구 활동이 증가한 집단에서는 그와 수반되는 BAS 점수의 상승이 나타났으며, 이는 이들의 접근 경향성 동기가 증가하였음을 시사한다. 이들의 증가된 접근 동기는 정서 반응성의 변화도 동반하였으며, 현저한 정서적인 자극에 대한 정서 반응성을 증가시킨 반면 정서가가 뚜렷하지 않은 자극에 대해서는 정서반응의 정도를 감소시켰다. 이는 동기에 대한 접근 경향성의 증가가 자극에 대한 반응성의 변화로 표현되었을 가능성을 시사한다. 따라서 본 연구 결과는 전두엽 활동이 정서 반응성보다는 동기와 관련이 더 많다는 보다 최근 연구 결과(Harmon-Jones, 2003; Harmon-Jones & Allen, 1998)를 지지하고 있다.

본 연구의 의의는 첫째, 이전의 연구 결과들이 전두엽 활동과 정서 및 동기 경향성의 상관관계를 밝히는 것에서 그쳤던 것(Davidson & Fox, 1982; Ahern & Wchwarts, 1985; Ekman, Davidson, & Friesen, 1990; Tomarken et al., 1992; Davidson, 1993; Gotlib et al., 1998; Coan & Allen, 2003)과 달리 뉴로피드백을 통해 전두엽 활동을 직접 변화시킴으로써 전두엽 활동과 동기 경향성의 인과관계를 확인해볼 수 있었다는 것이다.

둘째, 본 연구는 뉴로피드백의 치료기전에 대한 중요한 단서를 제시하였다. 이미 최승원(2007), Rosenfeld 등(1995)의 연구를 통해 뉴로피드백의 우울증 치료효과가 보고된 바 있으나 정확한 치료기전이 알려지지 않은 상태였다. 본 연구는 좌반구 전두엽 활동의 증가로 인해 자극에 대한 접근 동기 강화를 실험적으

로 증명함으로써 뉴로피드백이 기분장애의 증상을 치료하는 과정에 대한 이해를 돕는데 중요한 역할을 할 수 있었다.

본 연구의 첫 번째 제한점은 정서 반응을 알아보기 위해 사용한 영화 필름으로 너무 많은 사람들에게 익숙한 영화를 선정했다는 것이다. 반복된 시청으로 인한 친숙성과 다음 스토리에 대한 예견 가능성은 피험자들의 정서유도에 일정한 영향을 미칠 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 보다 피험자들에게 알려지지 않은 영화자극을 사용하는 후속연구들이 필요할 것이며, 영화를 이용한 정서측정의 타당도에 대한 연구도 지속되어야 할 것이다. 또한 피험자가 실험 이전에 해당 영화필름을 시청한 적이 있는 지에 대한 경험 여부를 확인하여 경험으로 인한 정서 평정에 대한 영향을 통제할 필요도 있을 것으로 생각된다.

두 번째 제한점은 정서자극의 시청 및 평정시 뇌파활동에 대한 자료를 보고하지 못한 점이다. 정서자극의 처리는 뉴로피드백 훈련과는 다른 종류의 복잡한 인지과정이 요구한다. 따라서 정서자극을 처리하는 동안의 전두엽 비대칭 활동이 뉴로피드백을 통해 어떻게 변화되었는지를 확인하는 것이 전두엽과 정서처리와의 보다 직접적인 관계를 설명하는데 중요할 것으로 보인다. 추후의 연구는 휴식기와 정서정보처리기의 뇌파 비대칭 활동을 모두 고려할 필요가 있을 것이다.

세 번째 제한점은 실험에 참여한 피험자의 수가 너무 적었다는 점이다. 이와 관련하여 본 연구에서 사용한 여러 가지 평정치에 대한 통계적 검증력이 부족하였던 것으로 생각된다. 따라서 실험 결과 통계적으로 유의미하지는 않았으나 경향성이 관찰되었던 변인들에 대해 보다 많은 수의 피험자를 이용한 후속연구를

통해 본 연구의 결과를 재검증해볼 필요가 있겠다.

네 번째 제한점은 본 연구에서 사용한 뉴로피드백 훈련의 기간에 대한 문제이다. 본 연구에서는 Allen 등(2001)의 논의 중 연속된 5일 간의 뉴로피드백 훈련으로 인한 피로 효과를 참고하여 3일 간의 연속 수행을 실시하였다. 하지만 훈련 기간에 대해 아직 다양한 연구 결과가 축적되어 있지 않은 상태이므로 추후 후속 연구들에서는 다양한 기간과 간격을 적용한 뉴로피드백 훈련을 통하여 피험자에게 최적의 비대칭 변화를 이끌어낼 수 있는 훈련 방식을 찾아내려는 시도가 필요할 것이다.

참고문헌

- 김교현, 김원식 (2001). 한국판 행동 활성화 및 행동 억제 체계(BAS/BIS) 척도. 한국 심리학 회지: 건강, 6(2), 19-37.
- 김소연 (2003). 사회불안집단의 얼굴표정자극에 대한 작업기억편차. 연세대학교 석사학위 청구 논문.
- 최승원 (2007). 전두엽 알파파 뉴로피드백의 우울증 치료효과. 고려대학교 박사학위 청구 논문.
- Ahern, G. L., & Schwartz, G. E. (1985). Differential Lateralization for positive and negative emotion in human brain: EEG spectral analysis. *Neuropsychologia*, 23, 745-755.
- Allen, J. J. B., Harmon-Jones, E., & Cavender, J. H. (2001). Manipulation of frontal EEG asymmetry through biofeedback alters self-reported emotional responses and facial EMG. *Psychophysiology*, 38, 685-693.

- Baehr, E., Rosenfeld, J. P., Baehr, R., & Earnest, C. (1998). Comparison of two EEG asymmetry indices in depressed patients VS. normal controls. *International Journal of Psychophysiology*, 31, 89-92.
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(2), 319-333.
- Coan, J. A., & Allen, J. J. B. (2003). Frontal EEG asymmetry and the behavioral activation and inhibition systems. *Psychophysiology*, 40, 106-114.
- Coan, J. A., & Allen, J. J. B. (2003). *Varieties of emotional experience during voluntary emotional facial expressions*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1000, 375-379.
- Coan, J. A., & Allen, J. J. B. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological Psychology*, 67, 7-49.
- Davidson, R. J., & Fox, N. A. (1982). Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants. *Science*, 218, 1235-1236.
- Davidson, R. J., & Tomarken, A. J. (1989). *Lateralization and emotion: An electrophysiological approach*. In: F. Boller and J. Grafman (Ed.). *Handbook of Neuropsychology*, Vol3. Elsevier. Amsterdam. 419-441.
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A., & Friesen, W. V. (1990). Approach/withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology I. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58, 330-341.
- Davidson, R. J. (1993). Cerebral asymmetry and emotion: conceptual and methodological conundrums. *Cognition and Emotion*, 7, 115-138.
- Ekman, P., Davidson, R. J., & Friesen, W. V. (1990). The duchenne smile: emotional expression and brain physiology II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58, 342-353.
- Goldstein, k. (1939). *The organism*. New York: American Books.
- Gotlib, I. H., Krasnoperova, E., Yue, D. N., & Joormann, J. (2004). Attentional biases for negative interpersonal stimuli in clinical depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 113(1), 127-135.
- Gotlib, I. H., Ranganth, C., & Rosenfeld, J. P. (1998). Frontal EEG alpha asymmetry, depression, and cognitive functioning. *Cognitive & Emotion*, 12, 449-478.
- Gray, J. A. (1994). Three fundamental emotion system. In P. Ekman & R. J. Davidson (Eds.), *the nature of emotion* (pp.243-247). New York: Oxford University Press.
- Hagemann, D., Naumann, E., Becker, G., Maier, S., & Bartussek, D. (1998). Frontal brain asymmetry and affective style: A conceptual replication. *Psychophysiology*, 35, 372-388.
- Harmon-Jones, E. (2003). Clarifying th emotive functions of asymmetrical frontal cortical activity. *Psychophysiology*, 40, 838-848.
- Harmon-Jones, E., & Allen, J. (1997). Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: Covariation of putative indicators related to risk for mood disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(1), 159-163.

- Harmon-Jones, E., & Allen, J. J. B. (1998). Anger and frontal brain activity: EEG asymmetry consistent with approach motivation despite negative affective valence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(5), 1310-1316.
- Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (1990). Regional brain electrical asymmetries discriminate between previously depressed and healthy control subject. *Journal of Abnormal Psychology*, 99, 22-31.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Ray, W. J. (1990). The electrocortical system. In J. T. Cacippo & L. G. Tassinari (Eds.), *Principals of psychophysiology: Physical, social, and inferential elements* (pp.385-412). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Robinson, R. G., Kubos, K. L., Starr, L. B., Rao, K., & Rice, T. R. (1984). Mood disorders on stroke patients: Importance of location of lesion. *Brain*, 107, 81-93.
- Rosenfeld, J. P., Baehr, E., Baehr, R., Gotlib, I. H., & Ranganth, C. (1996). Preliminary evidence that daily changes in frontal alpha asymmetry correlate with changes in affect in therapy sessions. *International Journal of Psychophysiology*, 23, 137-141.
- Rosenfeld, J. P., Cha, G., Blair, T. & Gotlib, I. H. (1995). Operant(biofeedback) control of left-right frontal alpha power differences: potential neurotherapy for affective disorders. *Biofeedback and self-regulation*, 20, 241-258.
- Shagass, C. (1972). Electrical activity of the brain. In N. S. Greenfield & R. H. Sternback (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 263-328). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Sutton, S. K., & Davidson, R. J. (1997). Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition system. *Psychological Science*, 8(3), 204-210.
- Tomarken, A. J. & Keener, A. D. (1998). Frontal brain asymmetry and depression: a self-regulatory perspective. *Cognition and Emotion*, 12, 387-420.
- Tomarken, A. J., Davidson, R. J., Wheeler, R. E., & Doss, R. (1992). Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion. *Journal of personality and Social Psychology*, 62, 676-687.
- Tucker, D. M., Stensile, C. E., Roth, R. S., & Shearer, S. L. (1981). Right frontal lobe activation and right hemisphere performance: Decrement during a depressed mood. *Archives of General Psychiatry*, 38, 169-174.
- Wheeler, R. E., Davidson, R. J., & Tomarken, A. J. (1993). Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: A biological substrate of affective style. *Psychophysiology*, 30, 82-89.

원 고 접 수 일 : 2008. 9. 11.

수정원고접수일 : 2008. 11. 28.

게 재 결 정 일 : 2008. 12. 15.

The Effect of Manipulating the Frontal EEG Asymmetry by Neuro-feedback on the Motivational Response

Yeon-Kyung Chi

Sung-Won Choi

Chang-Yil Ahn

Department of Psychiatry
Seoul National University Bundang Hospital

Department of Psychology
Korea University

The purpose of this study was to examine the effect of manipulating the frontal EEG asymmetry by neuro-feedback on the approach/withdrawal motivational response, and to ascertain the frontal asymmetrical activity associated with the motivation direction. 17 right-handed participants were partially randomly assigned to receive neurofeedback training, and this training was designed to increase the left frontal activity relative to the right frontal activity (the LEFT group) or they received training in the opposite direction (the RIGHT group). 3 consecutive days of neurofeedback training was done, and this was consisted of 5 4-min sessions (a total of 15 sessions). All the participants completed the BDI-II and, BIS/BAS and the affective rating scale for the positive, negative and neutral emotionally evocative film clips at the first and last day. As a result, the individuals in the LEFT group increase their left frontal activity relative to the right frontal activity, and the and individuals in the RIGHT group increase their right frontal activity relative to their left frontal activity. Consequently, the LEFT group reported a higher BAS score and stronger affect in response to obvious emotional film clips than did the RIGHT group. There was no significant relationship between the groups and the BIS score. These results suggest frontal asymmetrical activity is related to the motivational direction and it is not related to the affective valence.

Key words : neurofeedback, frontal EEG asymmetry, motivation, affect