

주요우울증환자의 정량적 뇌파특징 분석연구*

정 규 회

중앙대학교 심리학과

이 준 석

관동대학교 명지병원

이 장 한[†]

중앙대학교 심리학과

본 연구는 주요우울증 환자집단(우울집단)과 정상집단간의 대뇌 활동을 뇌전위분석(electroencephalogram: EEG)을 통해 비교하였고 임상적 진단도구로서 EEG의 활용성을 평가하였다. 이를 위하여 세타, 알파, 베타의 주파수영역 내에서 절대파워, 상대파워를 산출하였으며 우울증에서 나타나는 좌, 우뇌 반구 간 비대칭적인 활동성을 정량화하기 위해 PCT지표와 A지표를 구하여 활동 패턴의 차이를 확인하였다. 그 결과, 우울집단의 상대델타파워는 후두엽을 제외한 모든 영역에서 정상집단보다 높았으며 상대알파파워는 전두엽에서 유의미하게 적었다. 델타주파수는 우울집단이 정상집단에 비해 유의미하게 느렸으며 알파주파수는 전두엽에서 우울집단이 빠른 패턴을 보였다. 한편 우울집단은 우울증에서 특징적인 알파파워 반구 간 비대칭성과 베타파의 반구 간 비대칭성을 나타냈다. 이를 PCT 지표로 산출하였을 때, 알파, 베타 비대칭성 이외에 세타 비대칭성 까지 관찰할 수 있었다. 위와 같은 지표들을 포함한 판별분석 결과 A지표가 포함되었을 때 82.6%, PCT 지표가 포함되었을 때 87%의 비교적 높은 판별율로 각 집단을 구분할 수 있었다. 이런 결과는 EEG 분석이 주요우울증 환자들의 대뇌활동 특징을 확인하고 임상적 진단을 내릴 때 유용한 도구가 될 수 있다는 것을 보여준다.

주요어 : EEG, 주요우울장애(MDD), 비대칭성 지표, 파워스펙트럼분석

* 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No.M10740030003-07N4003-00310)

[†] 교신저자(Corresponding Author) : 이장한 / 중앙대학교 문과대학 심리학과 / 서울시 동작구 흑석동 221
Fax : 02-816-5124 / E-mail : clipsy@cau.ac.kr

비침습적으로 대뇌 활동을 측정할 수 있는 뇌전위분석(electroencephalogram: EEG)을 통해 주요우울증의 생리학적 기제를 찾고자 하는 시도들이 활발하게 이루어지고 있다. 그 중, 스펙트럼 분석을 통해 뇌파의 각 주파수대역별 활성화 정도와 개인의 정서적 반응 패턴의 관계를 관찰하여 주요우울증의 원인, 또는 영향을 미치는 요인을 찾아내려는 시도들도 꾸준히 이루어지고 있다. 또한 이를 확장, 실제 임상장면에서도 대뇌 활성패턴을 통해 정신질환을 진단하는 임상적 도구로서도 유용하게 사용되고 있다.

주요우울증 환자를 대상으로 한 이런 연구들은 다양한 결과를 보고하고 있는데 약물 복용을 하지 않은 우울증 환자가 정상인에 비해 알파파워와 베타파워가 높다는 결과(Pollock & Schneider, 1990a), 우반구에서 절대델타, 세타파워의 증가가 있었다는 결과(Kwon, Youn, & Jung, 1996), 또는 델타파워만이 정상인에 비해 높다는 보고도 있었다. 이렇게 다양한 연구 결과들 중, 우울증 환자의 알파파워가 증가되었다고 보고한 연구들은 대략 절반정도였으며, 델타, 세타파워에 관한 결과들은 대부분 일치하지 않고 있다(Knott et al., 2001).

이 중 전두엽의 알파파워 비대칭성은 우울증의 대표적인 대뇌 활성화 패턴으로 알려져 있다(Coan & Allen, 2004; Davidson, 1992). 우울증 환자들은 전두엽에서 좌반구의 알파파워가 우반구보다 크다는 것이다. 어떤 한 영역에서 알파파워가 크다는 것은 곧 그 영역이 덜 활성화 되어있다는 것을 의미한다. 따라서 우울증 환자들의 알파파워가 우반구보다 좌반구에서 더욱 크다는 것은 좌반구가 우반구에 비해 덜 활성화 되었다는 것을 의미한다(Smit, Posthuma, Boomsma, & De Geus,

2007). Davidson과 Irwin(1999)은 그들의 접근-철수 모델(approach-withdrawal model)에서 좌반구의 활동성이 우반구 보다 크면 긍정적 접근-관련정서(approach-related positive emotion)와, 우반구의 활동성이 좌반구 보다 크면 부정적 철수-관련 정서(withdrawal-related negative emotion)와 관련이 있다고 하였다. 따라서 주요우울증 환자들이 보이는 우반구 활성화(좌 < 우) 패턴은 이들의 부정적 철수-관련 정서를 반영하는 지표로 볼 수 있다. 그런데 이런 비대칭성은 비단 주요 우울증 환자에게서 뿐만 아니라, 주요우울증이 있는 환자의 아동(Field et al., 1995)과 과거우울증이 있었으나 회복된 사람들에게서도 관찰되었다(Gotlib et al., 1998). 이것은 곧 이런 반구 간 비대칭적 활동성이 상황이나 상태에 따라 나타나는 것이 아닌 개인의 우울증적 특질 그 자체를 보여주는 상태-독립적 지표(state-independent marker)라는 것을 시사한다(Davidson et al., 2002).

이렇게 주요우울증의 알파파워 비대칭성 연구들은 상대적으로 안정적인 일치도를 보이고 있으나 다른 주파수 대역의 비대칭성에 대한 연구 결과들은 비교적 불일치하다. 몇몇 연구는 우울증 환자의 전두엽 세타파워와 알파파워가 좌반구 우세(좌 > 우)패턴의 비대칭성을 나타낸다고 보고하였는데(Monakhov & Perris, 1980; Alper, 1995; Matousek, 1991) 이는 노인 우울증 환자를 대상으로 한 연구에서도 나타났다(Roemer et al., 1992). 한편 우울증의 과거력이 있는 집단과 건강한 통제집단을 비교한 연구에선 위와 같은 세타파워의 비대칭성은 나타나지 않았으나 외측 전두엽 영역에서 델타파워가 좌반구 우세의 비대칭성을 이루고 있는 것이 나타났다(Henriques & Davidson, 1990).

그런데 이런 비밀관적 결과들은 각 주파수 대역의 비대칭성이 우울증의 하위 증상을 반영하기 때문이라는 주장이 있다. 우울증은 임상적으로, 병인론적으로 그리고 병리생리학적으로 다른 이질적 증상이 혼재되어 있는 질병이며 따라서 이 하위 증상에 따라 각 주파수 대역별 다른 비대칭 패턴이 나타난다는 것이다(deBeus, 1999). 사실상 그간 뇌파연구에선 단일한 척도(예, the Beck Depression Inventory, Hamilton Depression Rating Scale)만을 사용하여 우울증과 정상통제집단만을 구분하여 왔으므로 사실상 이런 하위 증상이 통제되기 어려웠다.

한편 위와 같은 비대칭적 뇌파 패턴을 보다 용이하게 비교하고 그 결과를 실제 임상에 적용하기 위해서는 비대칭의 정도를 정량화시키는 과정이 필요하다(이준석, 양병환, 오동열, 김기성, 2007). 이런 맥락에서 뇌파 비대칭의 정도를 정량화시키기 위해 고안된 대표적인 뇌파 비대칭 지표가 A 그리고 PCT(percentage) 지표들이다(Baehr et al., 1998). Baehr(1998)는 이 두 지표를 비교해 본 결과 PCT 지표가 우울증과 정상인 집단을 더욱 잘 구분해 준다고 보고하였다. 그러나 PCT 지표의 상대적인 유용성은 아직 알파파워에서만 보고되었으며 다른 주파수 영역에서는 얼마나 효율적일지는 아직 검증된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 다른 주파수 영역에서의 비대칭성에서도 A 지표와 PCT지표를 비교, 어느 지표가 더 효율적인지 확인 해 보고자 한다.

본 연구는 파워 스펙트럼 분석을 통해 주요 우울증 진단을 받은 외래환자와 정상인의 EEG 패턴을 비교하고자 하였다. 이를 통해 우울증 환자가 가지고 있는 국소적, 주파수대역별 뇌파의 특징을 좀 더 명확히 파악하고, 나

아가 이것이 가지고 있는 판별 도구로서의 유용성을 알아보고자 하였다. 또한 비대칭 지표 산출법 중 더 나은 지표가 어떤 것인지를 관찰하여 실제 임상적 진단 도구로서 좀 더 유용하게 사용 될 수 있는 패턴을 찾아 볼 것이다. 이를 위해 첫째, 우울집단과 정상집단이 나타내는 각 주파수별 절대파워, 상대파워, 평균 주파수 값, 그리고 반구 간 비대칭성지표를 국소적 영역별로 비교하고 둘째, A지표와 PCT지표를 알파파워 이외의 다른 주파수 대역 비대칭성 지표에도 적용해 보고, 이 둘 간의 판별효과성에 차이가 있는지 알아본 후, 셋째, 우울집단과 정상집단을 분류하는데 효과적으로 나타난 지표들을 모아 그들의 복합적인 판별정확성을 확인해 보고자 하였다.

방법 및 절차

실험참가자

우울증 환자 13명과 연령, 성별을 일치시킨 정상인 통제집단 10명이 이 연구에 참여하였다. 우울집단은 2005년 6월부터 2005년 11월까지 경기도 소재 M 대학병원 우울증 클리닉에 외래로 통원치료 중이며 약물치료를 받지 않은 주요 우울장애 환자들이다. 우울증은 정신과 의사 한명이 한국판 Beck 우울척도(Beck Depression Inventory: BDI)점수와 면담을 통해 진단하였다. 첫 면담 시 1) BDI점수가 10점 이상이면서 2) DSM-IV 진단기준에 따라 주요우울장애로 진단되면 우울집단으로 분류하였다. 정상인 통제 집단(정상집단)은 인터넷 광고를 통해 모집하였으며 정신과적 문제로 치료를 받은 경험이 없고, 현재 정상적으로 적응하고

있는 사람들로 한정하였다. 우울집단과 정상집단 모두 오른손잡이였고, 정신과적, 신체적 병력, 과거 항우울제 또는 기타 중추신경계 작용 약물치료 경력, 전기경련요법(Electroconvulsive therapy: ECT)시행 과거력 등이 있는 경우 배제되었다.

뇌파측정과 정량화

뇌파는 M 대학병원 클리닉의 뇌파실에서 팔걸이의자에 편안히 앉은 자세로 측정되었다. 8채널 QEEG-8 시스템(Laxtha Inc.)을 이용하여 눈을 감은 상태에서 5분간 안정뇌파를 기록하였다.

국제 10-20 전극배치기준에 의해 8개의 전극을 부착하였으며(F3, F4, C3, C4, T3, T4, O1, O2) 기준전극(reference electrode)은 오른쪽 컷볼을 이용하였다. 뇌파는 256Hz로 샘플링 되었으며, 모든 전극의 임피던스는 5k Ω 이하였다. 대역여과기는 0.06-46Hz로, 단계여과기(notch filter)는 60Hz로 설정하였다. 이후 뇌파분석시스템인 Complexity 2.0(Laxtha Inc.)의 Blackman-Harris window를 이용하여 안구운동과 눈 깜빡임이 심하거나 잡파가 많이 섞인 자료를 제외하고, 각 피험자 당 45개의 겹치지 않는 5초간의 기록단위(epoch)로 추출하였다. 이 기록단위들로 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform: FFT)을 시행, 델타(0-4Hz), 세타(4-8Hz), 알파(8-13Hz), 그리고 베타(13-30Hz)영역에서 절대파워(absolute power: μV^2), 상대파워(Relative power: %)를 계산하였다. 상대파워 지표는 위 네 주파수대역(0-30Hz)을 합한 전체 대역에서 각 주파수대역이 차지하는 비율로 계산되었다. 반구 간 비대칭성을 보기 위하여 각 주파수별 평균값들은 자연로그(natural log:

ln)값으로 변환하였다. 변환된 파워값들은 각 파워 쌍(F3-F4, C3-C4, T3-T4, O1-O2)별로 A지표 공식으로 ($\ln(\text{우}) - \ln(\text{좌})$)로 계산되었다. A지표와 비교하기 위해 PCT지표 역시 산출하였는데 이것은 위에서 산출한 A지표가 전체 기록구간 중 0보다 클 때의 시간의 백분율로 계산하였다.

자료분석

모든 통계처리는 SPSS 15.0 for windows를 사용하여 분석하였다. 절대파워, 상대파워, 주파수 측정치 각각에 대해 2(집단: 우울집단 vs. 정상집단) X 4(주파수: 델타파워, 세타파워, 알파파워, 베타파워) X 8(전극(Site): F3, F4, C3, C4, T3, T4, O1, O2) 삼원변량분석을 실시하였다. 또한 비대칭성 지표인 A지표와 PCT지표에 대해서도 4 전극 쌍(F3-F4, C3-C4, T3-T4, O1-O2)에서 같은 분석을 실시하였다.

비대칭지표인 PCT지표와 A지표 간 우울집단과 정상집단을 판별해 주는 정도를 비교하기 위해 Baehr(1998)이 제안한 것과 같이 두 지표를 정상집단의 평균과 표준편차를 이용하여 표준점수로 변환하였다. 변환된 표준점수로 2(집단) X 2(비대칭지표의 Z 점수) 변량분석을 실시하여 두 지표의 효과성을 비교하였다.

마지막으로, EEG 지표를 이용하여 정상집단에서 우울집단을 판별해 내기 위해 판별분석을 실시하였다. 분석 시, 각 주파수대역별, 뇌영역별로 절대파워, 상대파워, 주파수, 비대칭성 지표 중 우울집단과 정상집단을 효과적으로 구분해 주는 지표들만 포함하였다.

결 과

우울집단의 연령은 평균 39.5±12.7세였고, 정상집단의 연령은 36.6±13.7세였다. 두 집단 간 연령차를 비교한 결과 유의미한 차이는 나타나지 않았다, $t=.517, p=n.s$. 또한 두 집단의 BDI점수는 우울집단이 평균 24.38± 9.89, 정상집단이 평균 3.9±3.07이었으며 집단 간 차이는 유의미하였다, $t=6.29, p<.01$.

절대파워(Absolute Power)

절대파워의 삼원변량분석 결과, 주파수대역, 전극, 집단 간에 유의미한 상호작용이 관찰되지 않았다. 또한 모든 주파수대역에서, 집단과 전극 간 유의미한 상호작용 및 이들의 주효과는 나타나지 않았다.

상대파워(Relative Power)

상대파워의 삼원변량분석 결과, 주파수대역, 전극, 집단 간에 유의미한 삼원 상호작용이 있었다, $F(21, 441)=1.65, p<.05$. 또한 주파수대역과 집단의 상호작용, $F(3, 63)=2.94, p<.05$,

주파수대역과 전극 간의 상호작용, $F(21, 441)=14.93, p<.01$, 그리고 주파수대역과, $F(3, 63)=21.64, p<.01$, 전극, $F(7, 147)=5.43, p<.01$, 의 주효과는 유의미하였다. 각 주파수대역 별로 추가적인 이원변량분석을 실시한 결과 상대델타파에서만 우울집단이 정상집단보다 O1, O2를 제외한 모든 전극에서 유의미하게 높았다, $F(1, 21)=4.90, p<.05$. 상대알파파에서는 집단과 전극간의 상호작용 효과가 나타났다, $F(7, 147)=2.35, p<.05$. 이때 우울집단이 정상집단보다 F3, T3, T4에서 유의미하게 적은 것으로 나타났다.

평균 주파수(Mean Frequency)

주파수의 변량분석 결과 주파수대역, 전극, 집단 간 유의미한 삼원 상호작용이 나타나지 않았다. 그러나 전극과 집단 간, $F(7, 147)=2.48, p<.05$, 주파수대역과 전극 간, $F(21, 441)=20.18, p<.01$, 유의미한 상호작용이 있었다. 또한 주파수대역, $F(3, 61)=11850.11, p<.01$, 전극, $F(7, 147)=12.86, p<.01$, 의 주효과도 유의미했으나 집단의 주효과는 유의미하지 않았다.

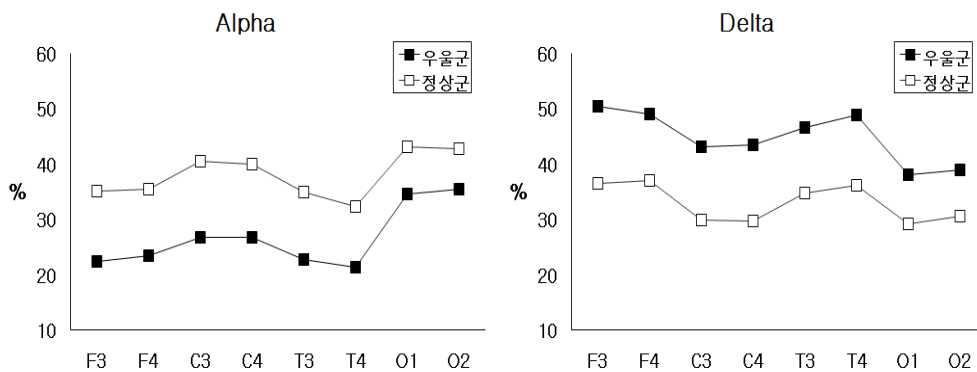


그림 1. 우울집단과 정상집단의 각 전극별 상대알파파워와 상대델타파워

각 주파수대역 별 분석 결과, 델타주파수에서 집단의 주효과가 나타났으며, $F(1, 21)=4.405, p<0.01$, 알파주파수에서 전극과 집단 간의 상호작용효과가 나타났다, $F(7, 147)=2.77, p<0.05$. 델타주파수는 C4, T3채널에서 정상집단이 유의미하게 많았다. 알파주파수는 우울집단이 정상집단보다 모든 채널에서 빨랐으며 전두엽에서 가장 큰 차이를 보였다.

델타, 세타, 알파, 베타의 각 주파수 대역 별로 모든 전극에서 얻어진 주파수 값의 평균을 비교해 보았다. 이때 델타 주파수에서 유일하게 집단 간 차이가 유의미 하였는데 즉, 우울집단의 델타주파수가 정상집단에 비해 더 적었다, $F(1, 21)=4.51, p<0.05$.

반구 간 비대칭성(Hemispheric Asymmetry)

반구 간 비대칭성은 두 가지 지표(A 지표, PCT 지표)를 사용하여 분석하였다.

A 지표

변량분석을 실시한 결과, 집단 간 유의미한 상호작용이 나타나지는 않았으나 집단, $F(1, 21)=53.89, p<0.05$, 전극, $F(3, 63)=43.43, p<0.05$, 과 주파수대역, $F(3, 63)=3.53, p<0.05$, 의 세 변인에서 모두 주효과가 나타났다. 각 주파수 별로 이원변량분석을 한 결과, 오직 베타파워에서만 유의미한 집단 간 차이가 나타났으며, $F(3, 63)=9.62, p<0.001$, 일원변량분석을 통해 각 전극 쌍에서 비대칭지표를 비교

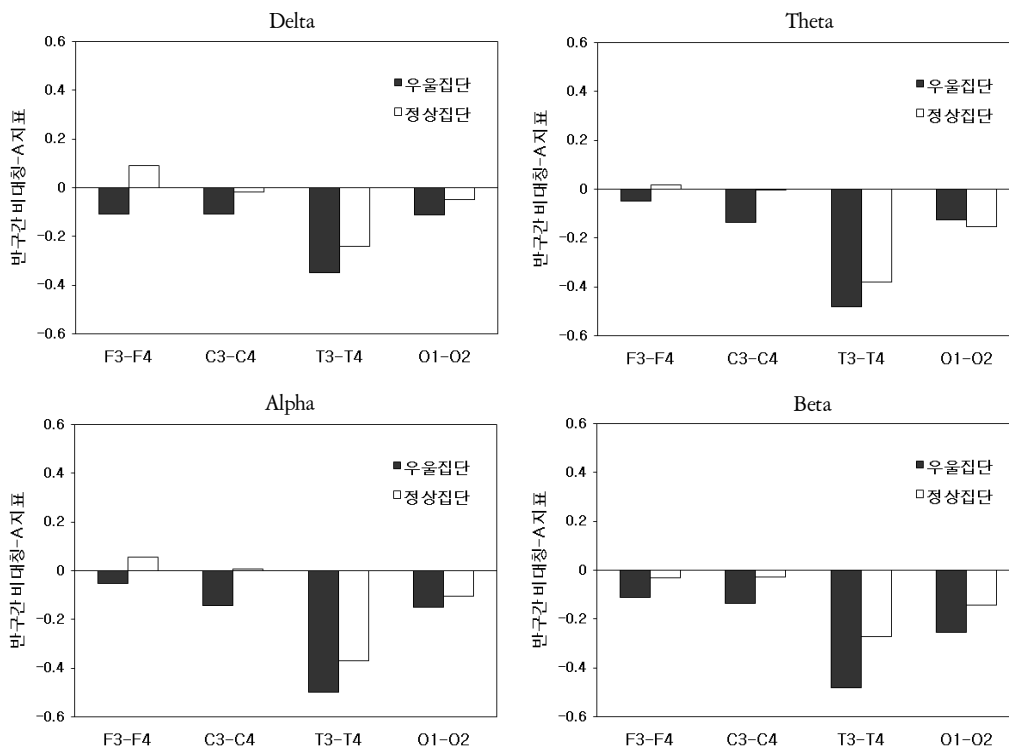


그림 2. 4 전극 쌍에서 우울집단과 정상집단의 A지표

해 본 결과, 베타파는 두정부에서(C3-C4), $F(1, 21)=5.549$, $p<0.05$, 우울집단의 좌반구 우세 비대칭성이 크게 나타났다. 한편 알파파위는 전두엽(F3-F4)과 두정부(C3-C4)에서 유의미한 집단 간 차이가 나타났는데 우울집단은 좌반구 우세의, 정상집단은 우반구 우세의 알파파위 비대칭성을 보였다(그림 2).

PCT 지표

변량분석 결과, 주파수대역와 전극 간 유의미한 상호작용이 있었으며, $F(9, 189)=2.14$, $p<0.05$, 집단, $F(1, 21)=7.87$, $p<0.05$, 주파수대역, $F(3, 63)=8.74$, $p<0.05$, 전극, $F(3, 63)=18.71$, $p<0.01$, 의 주효과가 나타났다. 각 주파수대역별 이원변량분석 결과, 세타파위에서

유의미한 전극과 그룹간의 상호작용 효과가 나타났다, $F(3, 62)=3.54$, $p<0.05$. 추가적 일원변량분석 결과 전두부(F3-F4), $F(1, 21)=5.00$, $p<0.05$, 와 두정부(C3-C4), $F(1, 21)=7.53$, $p<0.05$, 에서 우울집단이 좌반구 우세 세타파위 비대칭성이 나타남을 확인하였다. 한편 알파파위에서는 유의미한 집단의 주효과가 나타났다, $F(3, 63)=4.34$, $p<0.05$. 추가적 분석결과 전두엽(F3-F4), $F(1, 21)=4.75$, $p<0.05$, 과 두정부(C3-C4), $F(1, 21)=6.04$, $p<0.05$, 에서 우울집단의 좌반구 우세의 알파파위 비대칭성이 나타났다. 또 베타파위에서도 집단 간 주효과가 나타났는데 추가적 일원변량분석 결과, 두정부(C3-C4)에서 유의미한 차이가 나타난 것을 발견하였다(그림 3), $F(1, 21)=9.05$, $p<0.01$.

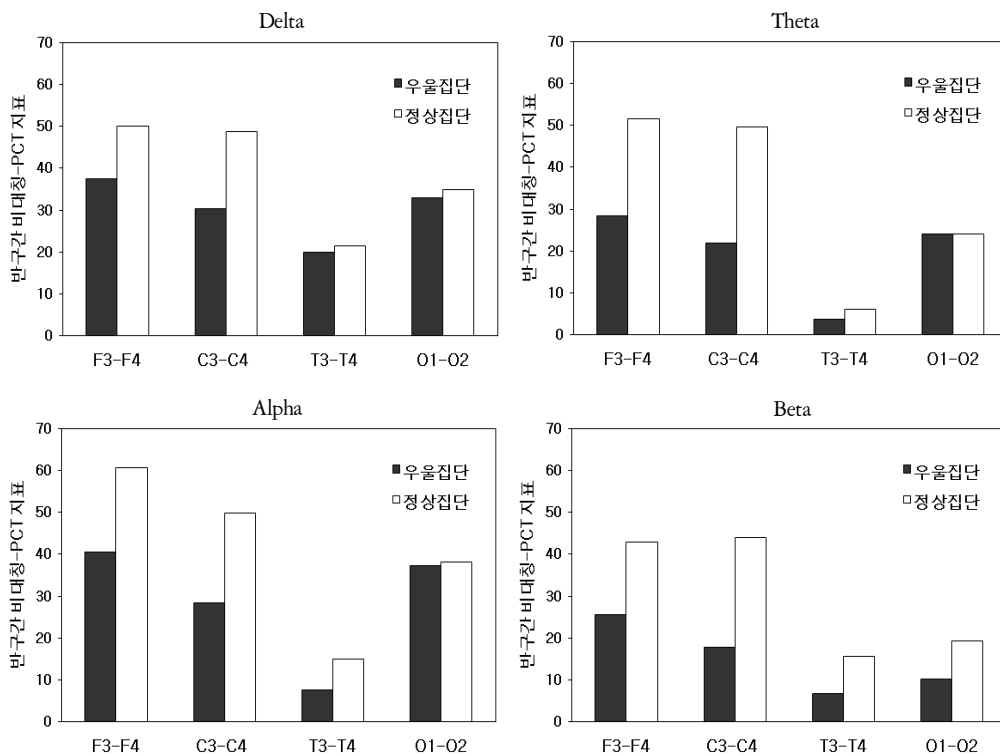


그림 3. 4 전극 쌍에서 우울집단과 정상집단의 PCT 지표 차이

A지표와 PCT지표의 비교

PCT지표와 A지표 중 우울집단과 정상집단을 더 잘 구분해 주는 지표는 무엇인지를 알아보기 위해 각 지표를 표준점수로 변환하여 비교하였으며(Baehr et al., 1998), PCT와 A지표 모두에서 공통적으로 우울집단과 정상집단을 구분해준 지표인 알파파워 전두엽, 두정부 지표와 베타파워 두정부 지표를 비교하였다. 이들 각 지표점수를 정상집단의 평균과 표준편차를 이용하여 표준점수로 변환한 후 2집단: 우울집단, 정상집단) X 2(표준화된 비대칭지표: PCT지표, A지표) 변량분석을 실시하였다. 그 결과, 알파파워의 전두엽, 두정부의 비대칭성, 베타파워 두정부 비대칭성 지표들 간 어떤 유의미한 상호작용 효과도 나타나지 않았다. 즉, 이들 주파수와 뇌 영역에서는 PCT와 A지표는 비슷한 판별력을 지닌 것으로 나타났다. 그러나 세타파워에서는 A지표가 아닌 PCT 지표에서만 우울집단과 정상집단 간 차이가 나타났다.

판별분석

Knott 등(2001)이 제안한 바와 같이, 여러 지표들 중, 우울집단과 정상집단을 통계적으로

유의미하게 구별해주는 지표들만을 사용하여 판별분석하였다. 그리고 비대칭 지표는 PCT지표와 A지표를 나누어 분석하였다.

PCT지표를 포함한 판별분석 결과로서 우울집단과 정상집단 간 판별율은 87%였다. 이때 상대델타(F3, C3, C4, T7, T8의 평균), 상대알파(F3, T7, T8의 평균)와 비대칭지표로 PCT지표(알파F3-F4, C3-C4의 평균, 세타 F3-F4, C3-C4의 평균, 베타 C3-C4)가 판별에 포함되었다. 또한 위와 동일하나 비대칭지표만 다르게 A지표(알파 F3-F4, C3-C4의 평균, 베타C3-C4)를 포함시켰을 때 판별율은 82.6%였다.

논 의

본 연구에서는 정량적 뇌파 스펙트럼 분석을 통하여 주요 우울증 환자군의 국소적 대뇌 활동 패턴을 살펴보았다. 이를 통해 우울증 환자와 정상인의 차이를 조사하고, 이 차이를 더욱 잘 반영해주는 지표를 탐색하였으며, 임상적 진단 도구로서 활용성을 평가해 보았다. 주요 결과는 다음과 같다. 1) 상대델타파워(0-4Hz)는 우울집단이 정상집단보다 후두엽을 제외한 나머지 영역(F3, C3, C4, T3, T4)에서

표 1. 각, PCT 지표와 A지표의 집단 간 판별결과

집단	A 지표			PCT 지표		
	판별		정확률 %	판별		정확률 %
	a	b		a	b	
우울집단(a)	10	3	76.9	11	2	84.6
정상집단(b)	1	9	90.0	1	9	90.0
전체%			82.6			87.0

유의미하게 크게 나타났다. 한편 상대알파파위는 우울집단이 전두엽과 측두엽(F3, T3, T4) 영역에서 정상집단 보다 유의미하게 적었다. 2) 우울집단의 델타주파수가 정상집단에 비해 유의미하게 느렸다. 3) PCT 지표로는 세타파위와 알파파위의 전두부, 두정부 비대칭성, 베타파위의 두정부 비대칭성이 관찰되었다. 한편 A지표로는 PCT 지표와 모두 동일하나 세타파위 비대칭성은 유의미한 집단 간 차이가 없었다. 4) PCT지표와 A지표를 비교해본 결과, 알파파위와 베타파위에서 두 지표 간 차이는 없었으나 세타파위는 오직 PCT 지표로만 우울집단과 정상집단을 구별해 주는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 우울집단에서 상대델타파위가 증가되어 있는 것을 볼 수 있었는데 이는 우울증 환자에게서 델타파위, 세타파위와 같은 느린 파형이 증가되었다고 보고한 사전 연구들의 결과와 일치한다(Knott & Lapierre, 1987; Volf & Passynkova, 2002; Roemer et al., 1992). 특히 증가된 델타파위는 인지기능의 저하를 반영한다는 연구들이 보고되었는데 경도 인지 장애를 동반한 우울증상을 보이는 노년층에게서도 델타파위가 증가되는 것을 확인할 수 있었으며(Adler et al., 1999), 알츠하이머 환자들에게도 델타파위의 증가를 볼 수 있었다(Kuskowski et al., 1993). 여러 선행연구들은 우울증이 인지기능의 결함이 깊은 관계가 있다고 하였으며(Austin, Ross, Murray, O'Carroll, Ebmeier, & Goodwin, 1992), 오은아 등(2006)은 우울증에서 특히 언어를 담당하는 좌반구의 인지기능 저하와 깊은 관계를 가지고 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 우울집단의 델타파위 증가는 우울증과 동반된 인지적 기능의 결함이 반영된 것으로 생각된다.

상대알파파위는 좌측 전두엽과(F3) 양측 측두엽에서(T3, T4) 정상집단이 우울집단에 비해 유의미하게 높게 나타났다. 이는 우선 우울증 환자에게서 델타파위가 증가된 것에 기인할 수 있다. 그러나 상당수의 연구는 우울증 환자에게서 알파파위가 증가한다고 보고하였다(Pollock & Schneider, 1990b). 이런 상반된 결과의 원인으로 Knott 등(2001)이 언급했던 이유인 연구들의 표본 연령과 성별이 달랐던 점, 자료변환방법과 측정 기술에서의 차이(i.e. 기준전극: 컷볼 vs. Cz 기준전극, EEG 기록 시간: 2-3 분 vs. 8분), 진단적 차이에 의한 것일 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 이런 부분을 고려한 좀 더 정밀한 통제가 필요할 것으로 보인다.

우울증 환자는 반구 간 비대칭적 EEG 패턴을 나타냄으로 이를 PCT와 A의 두 가지 지표로 정량화시켜 비교해 보았다. 먼저 우울증 환자에게서 특징적으로 나타나는 전두엽 좌반구 우세 알파파위 비대칭성이 두 지표 모두에서 나타났다. 특히 A지표로 보았을 때 우울집단은 좌반구 우세의 비대칭성이, 정상집단은 우반구 우세의 비대칭성이 나타났다. 이런 비대칭성은 '접근-철수 이론'에 따라 우울증 환자들은 부정적 정서가, 정상인들은 긍정적 정서가 활성화 되어있다는 것을 나타낸다. 또한 다른 주파수 영역과 대뇌 영역에서, A지표와 PCT 지표 모두 우울집단이 더 큰 두 정부 좌반구 우세 알파파위 비대칭성, 베타파위 좌반구 우세 비대칭성이 나타났다. 그러나 세타파위의 전두엽, 두정부에서 좌반구 우세 비대칭성은 PCT 지표로 산출했을 때만 우울집단과 정상집단 간 유의미한 차이가 있었다.

이런 PCT지표와 A지표 중 어떤 지표가 더욱 효율적으로 우울증 환자들을 구별해 낼 수

있을지를 보기위하여 두 지표를 표준점수로 변환하여 비교해 보았다. 그 결과, 알파파워와 베타파워에서 나타난 비대칭성들은 두 지표 간 판별 효율성에 차이가 없었으나 세타파워의 비대칭성은 오직 PCT지표로만 유의하게 우울증을 판별해 주는 것으로 나타났다. 이는 알파파워 이외의 주파수 대역에서 PCT 지표의 적용이 효과적임을 시사한다.

정량적 뇌파 분석은 비침습적으로 대뇌 활동의 패턴을 측정할 수 있고 이를 통해 정밀하게 진단할 수 있으므로 정신 질환의 진단을 위한 임상적 도구로서 유용하다. 본 연구에서는 위에서 살펴본 상대파워, 비대칭성 지표를 사용하여 판별분석을 실시해 보았다. 비대칭성 지표는 PCT 지표를 사용했을 때와 A지표를 사용했을 때를 나누어 각각 분석해 보았다. 그 결과 전체 판별정확성은 PCT 지표를 포함했을 때 87%, A지표를 포함했을 때 82.6%로 나타났다. 이는 Knott 등(2001)의 남성 주요우울증 환자를 대상으로 한 선행 연구의 판별 정확성인 91.3%에는 미치지 못하는 정확성이지만, 민감성 76%, 특수성 86%의 정확성을 보고한 연구(Pritchep et al., 1986)와 우울증 환자와 정상인간에 86%의 판별 정확성을 보인 연구(Lieber & Pritchep, 1988)와는 비슷한 수치의 높은 정확성으로 볼 수 있다. 이런 결과는 여러 EEG 패턴을 합쳤을 때 정서질환의 진단에 유용하다는 선행 연구 결과들과 일치하고 있다. 또한 PCT 지표를 사용하는 것이 판별 정확성을 높이는데 도움을 준다는 사실을 알 수 있다.

우울증은 단일 차원의 질환이 아닌, 임상적, 병인론적, 병리생리학적으로 이질적인 형태가 복합적으로 묶여 있는 질환이라는 견해가 늘고있다(Davidson & Henrique, 2000). 특히 증상

심각도, 공존질환으로서의 불안증상 여부, 특정 하위유형으로 묶일 수 있는 증상의 군집들, 다른 정신병력의 유무와 같은 다양한 요인이 여러 이질적인 우울증의 하위 증상의 생성에 영향을 주는 요인들로 보인다(Pizagalli et al., 2002). 특히 알파 이외의 주파수대역 비대칭성은 우울증의 하위증상에 따라 다른 양상을 보이는 것으로 알려져 있다. 따라서 추후 연구에서는 각 하위증상을 좀 더 세밀하게 구분하여 각 주파수대역의 비대칭성과의 관계를 보는 것이 필요하며 이때 PCT지표로 산출하는 것은 유용한 방법이 될 수 있을 것이라 본다. 뇌파의 정량적인 분석이 실제 임상 상황에서도 유용한 진단적 도구가 될 수 있다는 것으로 주목 받고 있는 만큼, 후속 연구에서는 이런 우울증의 여러 패턴을 좀 더 세분화 하여 이에 따라 나타나는 독특한 대뇌 활성화 패턴을 통해 우울증의 기전을 파악하는 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- 오은아, 강연욱, 김진혁, 유경호, 이병철 (2006). 혈관성 치매 집단에서의 우울증과 인지 기능 및 병소의 관계. 한국심리학회지: 임상, 25(1), 169-186.
- 이준석, 양병환, 오동열, 김기성 (2007). 주요우울증에서 우울과 불안 증상의 심각도에 따라 뇌파 A1, A2, Percent 비대칭 지표들의 특성 연구. 신경정신의학, 46(2), 179-184.
- Adler, G., Bramesfeld, A., & Jajcevic, A. (1999). Mild cognitive impairment in old-age depression is associated with increased EEG

- slow-wave power. *Neuropsychobiology*, 40, 218-222.
- Alper, K. (1995). Quantitative EEG and evoked potentials in adult psychiatry. *Advances in Biological Psychiatry*, 1, 65-112.
- Austin, M.-P., Ross, M., Murray, C., O'Carroll, R. E., Ebmeier, K. P. & Goodwin, G. M. (1992). Cognitive function in major depression. *Journal of Affective Disorders*, 25, 21-30.
- Baehr, E., Peter, Rosenfeld J., Baehr, R., & Earnest, C. (1998). Comparison of two EEG asymmetry indices in depressed patients vs. normal controls *International Journal of Psychophysiology*, 31, 89-92(4).
- Coan, J. A., & Allen, J. J. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological Psychology*, 67(1-2), 7-49.
- Davidson, R. J. (1992) Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, 20, 125-151.
- Davidson, R. J., & Henriques, J. B. (2000). Regional brain function in sadness and depression. In Borod J.(Ed.). *The Neuropsychology of Emotion* (pp.269-297). New York: Oxford University Press.
- Davidson, R. J., Pizzagalli, D., Nitschke, J. B., & Putnam, K. M. (2002). Depression: Perspectives from affective neuroscience. *Annual Review of Psychology*, 53, 545-574.
- deBeus, R. (1999). *QEEG Relationships With the MMPI-2 Depression Scale and Subscales*. Paper presented at the advanced qEEG workshop of the Society for Neuronal Regulation, Myrtle Beach, South Carolina.
- Field, T, Fox, N. A., Pickens, J., & Nawrocki, T. (1995). Relative right frontal EEG activation in 3-to 6-month old infants of depressed mothers. *Developmental Psychology*, 31, 358-363.
- Gotlib, I. H., Ranganath, C., & Rosenfeld, J. P. (1998). Frontal EEG alpha asymmetry, depression, and cognitive functioning. *Cognitive and Emotion*, 12, 449-478
- Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (1990). Regional brain electrical asymmetries discriminate between previously depressed and healthy control subjects. *Journal of Abnormal Psychology*, 99, 22-31.
- Knott, V. J. & Lapierre, Y. D. (1987). Computerized EEG correlates of depression and antidepressant treatment. *Progress in Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, 11, 213 - 221.
- Knott, V., Mahoney, C., Kennedy, S., & Evans, K. (2001). EEG power, frequency, asymmetry and coherence in male depression. *Psychiatry Research Neuroimaging*, 106, 123-140(18).
- Kuskowski, M. A., Mortimer, J. A., Morley, G. K., Malone, S. M., & Okaya, A. J. (1993). Rate of cognitive decline in Alzheimer's disease is associated with EEG alpha power. *Biological Psychiatry*, 33, 659-662.
- Kwon, J. S., Yoon, T., & Jung, H. Y. (1996). Right hemisphere abnormalities in major depression: Quantitative electroencephalographic findings before and after treatment. *Journal of Affective Disorders*, 30, 169-173.
- Lieber, A., & Prichep, L. (1988). Diagnosis and subtyping of depressive disorders by

- quantitative electroencephalography: I. Discriminant analysis of selected variables in untreated depressives. *Hillside Journal of Clinical Psychiatry*, 10, 71-83.
- Matousek, M. (1991). EEG patterns in various subgroups of endogenous depression. *International Journal of Psychophysiology*, 10, 239-243.
- Monakhov, K., & Perris, C. (1980). Neurophysiological correlates of depressive symptomatology. *Neuropsychobiology*, 6, 268-79.
- Pizzagalli, D. A., Nitschke, J. B., Oakes, T. R., Hendrick, A. M., Horras, K. A., Larson, C. L., Abercrombie, H. C., Schaefer, S. M., Koger, J. V., Benca, R. M., Pascual-Marqui, R. D., & Davidson, R. J. (2002). Brain electrical tomography in depression: the importance of symptom severity, anxiety, and melancholic features. *Biological Psychiatry*, 52(2), 73-85.
- Pollock, V. E., & Schneider, L. S. (1990a). Quantitative, waking EEG research on depression. *Biological Psychiatry*, 25, 20-3.
- Pollock, V. E., & Schneider, L. S. (1990b). Topographic quantitative EEG in elderly subjects with major depression. *Psychophysiology*, 27, 438-444.
- Prichep, L., Lieber, A., John, E.R., Alper, K., Gomez-Mont, F., Essig-Peppard, T., & Flitter, M. (1986). Quantitative EEG in depressive disorders. In Shaqass, C., Josiassen, R., Roemer, R. (Eds.). *Brain Electric Potentials and Psychopathology* (pp. 223-224). Elsevier, Amsterdam.
- Roemer, R. A., Shagass, C., Dubin, W., Jaffe, R., & Siegal, L. (1992). Quantitative EEG in elderly depressives. *Brain Topography*, 4, 285-190.
- Smit, D. J. A., Posthuma, D., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J. C. (2007). The relation between frontal EEG asymmetry and the risk for anxiety and depression. *Biological Psychology*, 74, 26-33.
- Volf, N. V., & Passynkova, N. R. (2002). EEG mapping in seasonal affective disorder. *Journal of Affective Disorder*, 72, 61-69.

원고접수일 : 2008. 3. 30.
게재결정일 : 2008. 5. 12.

Power Spectral Analysis EEG Characteristics of Major Depressive Disorder

Kyu Hee Jung

Department of Psychology
Chung-Ang University

Jun-Seuk Lee

Department of Psychiatry
MyongJi Hospital
Kwandong University

Jang-Han Lee

Department of Psychology
Chung-Ang University

In an attempt to compare the brain activity between patients with major depressive disorder (MDD) and a normal control group, we analyzed the Quantitative Electroencephalography (QEEG) and we evaluated the possibility of QEEG as a useful clinical tool. The traditional measures of absolute and relative power and frequency, and the asymmetry measures were derived from the ranges of the delta, theta, alpha and beta frequencies. The asymmetry indexes were computed using two different formulas: the PCT index and the A index. The results showed the following. (1) The delta relative to power was increased and the alpha relative to power was decreased in the depressed patients, as compared to the controls. (2) The delta frequency was slower and the alpha frequency was faster in the depressed patients, as compared to the controls. (3) With the A index, the alpha and beta asymmetries were indicative of the left frontal and central hypoactivity, respectively, as was previously reported for MDD patients. However, theta asymmetry was also found in the PCT index, in addition to the alpha and beta asymmetries. Discriminant analysis correctly classified 82.6% and 87% of the patients (Ed note: check this.) when the A index and the PCT index were included, respectively. It was found that spectrally analyzed EEG could become a useful tool when diagnosing major depression and also for examining the basis of the symptoms.

Key words : Major Depressive Disorder (MDD), QEEG, Power Spectrum Analysis, EEG, asymmetry index