

EEG를 이용한 연산상태 뇌파 특징 분석 (EEG Analysis of Arithmetic state brain wave characteristics)

황 명 하, 박 성 현, 김 지 현, 김 형 남

(Myeong-Ha Hwang, Seong-Hyeon Park, Ji-Hyeon Kim, Hyoung-Nam Kim)

부산대학교 전자공학과

Abstract: A study of arithmetic brain wave using EEG has been mainly conducted from the perspective of pedagogy. The change of brain waves depends on the type of mathematical problem. It is characterized by the greatest difference in power between task and rest states in the frontal lobe left hemisphere. The power level of the brain wave is affected by the difficulty of problems. In this paper, we measure the brain waves in the arithmetic state and analyze by power spectral density (PSD). The experiment results show that the brain is more active in the arithmetic state than rest state. In addition, the value of PSD is greater in a difficult problem than in an easy one.

Keywords : EEG, brain wave, arithmetic problems

1. 서 론

Electroencephalogram (EEG)은 어떤 자극이나 사고에 의해 생기는 뇌의 전기적 신호를 두피에서 측정할 수 있다[1]. EEG를 이용한 수학 연산 연구는 주로 교육학의 관점에서 진행되었으며, 문제 유형, 신호의 측정 위치에 따른 뇌파의 변화에 대한 연구가 진행되었다[2-4].

사람의 뇌는 부위에 따라 각각 다른 기능을 수행하는데, 그 중 대뇌의 전두엽은 인지·사고 작용을 하며 학습에서의 정신 활동에 중심 역할을 한다. 따라서 연산에 관한 연구는 주로 전두엽의 뇌파를 관찰하며, 전두엽 좌뇌에서 연산상태와 휴식상태의 파워 차이가 가장 크게 나타난다는 특징이 있다[3]. 또한, 문제의 난이도에 따라 사용하는 연산 방법이 다르기 때문에 뇌파의 파워 크기는 문제 유형, 난이도에 영향을 받는다[5].

본 논문은 사람이 연산상태일 때의 EEG 신호를 이용하여 뇌파의 변화를 확인하기 위한 실험을 진행하고 이에 대한 결과를 파워스펙트럼밀도(Power spectral density; PSD)를 이용하여 분석한다.

EEG 신호 측정 실험은 그림 1과 같이, 실험준비, 연산상태, 휴식상태로 구성한다. 연산 전, 피험자는 화면 100cm 앞에 앉은 채로 눈을 감고 대기한다. 실험자가 신호를 주면 피험자는 눈을 뜨고 대기하는 것을 ‘실험준비’로 한다. 6초 뒤, 연산 문제가 화면에 나타나고 피험자는 문제를 6초 동안 암산(연산상태)한다. 시간이 지나면 스크린 중앙에 ★모양이 표시되고 피험자가 이것을 6초 동안 응시(휴식상태)한다. 실험준비는 시작부분에서만 수행하고, 연산상태와 휴식상태는 7회 반복한다. 한 번의 실험에서 각각 쉬운 문제는 10문제, 어려운 문제는 6문제를 반복적으로 제시한다.



그림 84. 실험 구성.



그림 85. 실험 순서.

연산이 간단해 지는 것을 피하기 위해 연산 문제에 0, 1 또는 5를 제외했다.

II. 실험 방법

문제의 난이도 및 유형에 따라 뇌 활성화의 정도를 비교하기 위해 연산의 종류를 덧셈과 곱셈, 난이도를 어려운 것과 쉬운 것으로 나누어 실험을 진행한다. 그림 1로 구성된 실험을 그림 2의 순서대로, 어려운 곱셈 문제(두 자릿수x한 자릿수), 어려운 덧셈문제(두 자릿수 덧셈), 쉬운 곱셈문제(한 자릿수 곱셈), 쉬운 덧셈문제(한 자릿수 덧셈) 총 네 종류의 연산 단계로 진행한다. 이 과정을 한 세트(set)로 하여 총 네 세트를 반복한다.

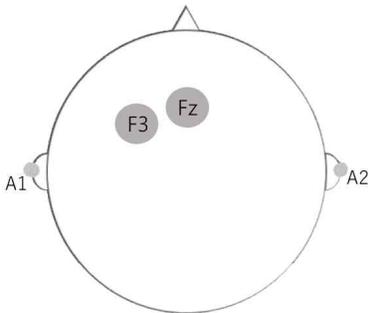


그림 86. EEG 전극 위치.

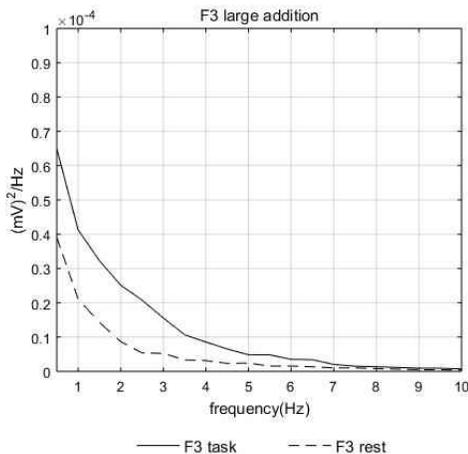


그림 87. 어려운 덧셈의 연산상태와 휴식상태에서의 PSD 비교.

실험대상은 오른손잡이인 만 25세 남성이고, 연산에 집중하기 위해 귀마개를 착용하고 몸의 움직임 최소화하여 실험을 진행하였다. 연산 시 전두엽 좌뇌의 파형을 관찰하기 위해 F3 전극에서 측정하였고, 이 때 GND 전극은 전두엽 중앙 부분인

Fz, Reference 전극은 A1과 A2로 두었다.

III. 결과 분석

연산상태에서 뇌의 활성화를 확인하기 위해, 연산과 휴식상태의 신호를 분리하여 각각 42초의 데이터를 추출한다. 그리고 2초의 길이를 가지고 오버랩(overlap)이 1초인 이동하는 사각 윈도우(moving rectangular window)를 적용하였다. 하나의 윈도우에 포함된 2초의 데이터는 파워스펙트럼 밀도(power spectral density; PSD)를 이용하여 시간영역에서 주파수영역으로 변환하고 평균을 통해 잡음의 영향을 감소시킨다. 또한, 10Hz의 대역폭을 가지는 저역통과필터(low pass filter; LPF)를 통과시켜 연산상태에서 가장 특징이 두드러지는 δ파(0.5~4Hz)와 θ파(4~8Hz)의 주파수 영역[4]을 중심으로 결과를 분석하였다. 실험 결과는 연산상태와 휴식상태의 비교와, 쉬운 덧셈과 어려운 덧셈 연산상태를 비교하여 분석한다.

1. 연산상태와 휴식상태의 비교

그림 4은 어려운 덧셈의 연산상태와 휴식상태의 PSD 크기를 비교하였다. 실선은 연산상태, 점선은 휴식상태를 나타낸다. 연산을 하지 않는 휴식상태에 비해 연산상태일 때 PSD의 크기가 큰 특징을 발견할 수 있다. 특히, δ파 대역인 0~4Hz에서 연산상태의 뇌파의 파워가 휴식상태보다 약 1.5~2배 정도 더 큰 값을 가진다.

2. 쉬운 문제와 어려운 문제 연산 시의 비교

그림 5은 쉬운 덧셈과 어려운 덧셈의 연산상태의 PSD 크기를 비교한 것이다. 실선은 어려운 덧셈, 점선은 쉬운 덧셈을 나타낸다. 어려운 연산과 쉬운 연산의 PSD 크기 차이는 그림 4의 연산상태와 휴식상태의 비교에 비해 작은 것을 알 수 있다. 하지만 δ파와 θ파 대역에서 어려운 덧셈의 뇌파가 쉬운 덧셈의 뇌파보다 크게 나타나는 결과를 가지고 있어 문제 난이도가 높은 연산을 할 때 파워가 더 큰 특징을 가진다.

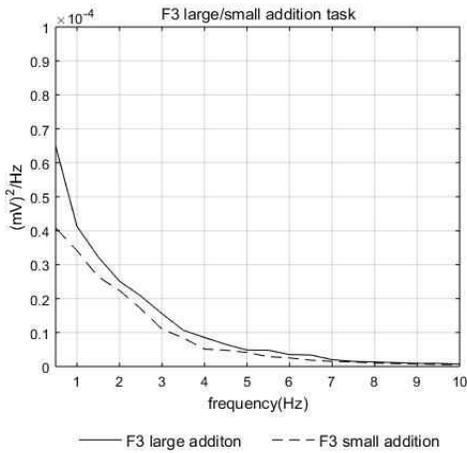


그림 88. 쉬운 덧셈과 어려운 덧셈 연산상태의 PSD 비교.

IV. 결 론

본 논문에서는 EEG를 이용하여 연산상태일 때의 뇌파를 측정하고 PSD 크기를 비교 및 분석하였다. 실험을 통해 전두엽 좌뇌에서 연산상태의 파워가 휴식상태보다 큰 값을 가지며, 문제의 난이도가 높을수록 뇌파의 파워가 큰 특징을 확인하였다. 또한, δ 파 대역이 θ 파 대역보다 파워의 차이가 두드러지는 경향이 있었다. 그러나 실험 환경과 피험자에 따라 결과의 오차가 발생하는 문제점이 있어, 향후에는 실험 오차를 개선하고 연산상태에서의 EEG 신호 특징을 일반화하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[1] 이유리, 김형남, “Kernel ICA를 이용한 BCI 기반 P300 문자입력기의 성능 개선,” 2014년도 한국통신학회 동계종합학술발표회, vol.53, 용평, 2014년 1월, pp. 11-13.

[2] 김용진, 김학현, 박재근, 채희경, 박미아, 강경미, 조선희, 민윤기, 장남기 “문제풀이 활동에서 뇌파 측정에 의한 두뇌 기능 상태의 평가”, 한국생물교육학회지 28(3), 2000년 ,pp.291-301

[3] Carlos A. Stefano Filho, Sofia I. Coto Guzmán, “A sample EEG analysis of a

simple arithmetic task”, DRCC-IFGW, UNICAMP, 2016

[4] 김종진, “심적 회전 과제에서의 뇌파 측정 및 분석을 위한 EEG 실험 환경 설계,” 서울대학교 교육학석사 학위논문, 2016년 7월.

[5] Thomas Hinault, Patrick Lemaire, “What does EEG tell us about arithmetic strategies?”, ELSEVIER, 2016