

글자 시각자극에 의한 집중과 EEG신호의 상관성

장윤석* · 한재웅**

Relativity between Concentration by Letter Visual Stimulus and EEG Signal

Yun-Seok Jang* · Jae-Woong Han**

요 약

본 논문에서는 청소년의 집중과 관련된 EEG신호를 분석하는 것을 목적으로 하여 글자 시각자극 과제로 제시했을 때 유발되는 EEG신호를 분석한 결과를 제시한다. 시각자극 과제는 글 속에서 틀린 조사들을 찾는 것이다. 본 실험에서는 선행연구결과에 따라 EEG신호 중에서도 특히 SMR파와 중간 베타파를 분석하는데 초점을 맞추었다. 실험결과로서 피험자의 집중력과 상관성이 높은 채널의 위치와 중간 베타파 대역을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we aimed to analysis EEG signals related to concentration of adolescents using letter visual stimulus to induce the concentration. The visual stimulus tasks were searching errors of propositional particle in several sentences. In the EEG signals, we specially focussed on SMR waves and mid-beta waves according to the results of a preceding research. Therefore we presented position of channel and frequency band of mid-beta significantly related to the concentration waves as the experimental results.

키워드

EEG Signal, Adolescent, Concentration, Letter Visual Stimulus, Mid-beta Wave
EEG 신호, 청소년, 집중, 글자 시각 자극, 중간 베타파

1. 서 론

현대 사회에서 가장 문제점 중의 하나는 미디어에 의한 과잉 노출이다. 이로 인하여 인간의 집중력이 부족해지면서 여러 가지 문제가 대두되고 있기 때문이다. 그 중에서도 특히 성장하는 청소년들에게는 컴퓨터와 스마트폰에 의한 중독성 폐해가 가장 심각하다고 진단되고 있다. 청소년들의 미디어 중독성은 자신의 생각에 의한 창의적 시도보다는 컴퓨터 게임이나 SNS

등에서 타인의 글을 옮기는 등 반복적인 일에 집중하는 일이 대다수이기 때문에 오히려 실제적인 집중력이 필요한 학습능력이 저하될 소지를 안고 있다.

미디어에 의한 노출 및 중독은 단순한 집중력 부족뿐만 아니라 주의력 결핍 과잉 행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder : ADHD), 틱장애(Tic Disorder) 등의 질환으로 연결될 가능성 및 사회성에도 장애요소가 될 수 있다는 문제점이 제기되고 있다. 따라서 최근에는 인간의 인지과정[1-3], 집중력에 관

* 교신저자(corresponding author) : 부경대학교 전기공학과 교수(jangys@pknu.ac.kr)

** 부경대학교 전기공학과 대학원 박사과정(jwhan10@hanmail.net)

접수일자 : 2014. 09. 01

심사(수정)일자 : 2014. 10. 20

게재확정일자 : 2014. 11. 10

련된 연구[4-6], 시각자극 과제에 의한 집중력과 뇌파와의 관계[7], 전자책과 종이책과의 비교[8], 스마트폰의 영향[9-10] 등 미디어와 인간 및 인간의 집중력에 관계된 연구들이 다수 행해지고 있다. 이와 같은 연구들은 이미 현대사회에서는 배제할 수 없는 다양한 미디어들이 인간에게 주는 위해요소를 줄이려는 노력의 결과이기도 하다.

본 논문에서는 학습을 위하여 집중력이 필요한 청소년들을 피험자로 하여 가장 기본적인 학습유형인 글자를 시각자극 과제로 제시했을 때 유발되는 EEG 신호를 분석한 결과를 제시한다. EEG신호 중에서도 시각자극 과제에 의한 집중 시의 뇌파분석에 관한 연구 결과에 따라 시각자극에 의한 집중력과 상관성이 다른 대역에 비해 높게 나타난 SMR파(15~18Hz)와 중간 베타파(12~15Hz)를 분석대상으로 하였다. 따라서 본 논문에서는 시각자극 과제에 의한 피험자들의 EEG신호에서 SMR파와 중간 베타파의 대역만을 필터링하여 취득한 신호를 파워 스펙트럼으로 비교 분석한 결과 글자 시각자극에 의한 집중력과 상관성이 높게 나타나는 EEG신호의 채널위치 및 중간 베타파의 신호대역을 제시하고자 한다.

II. EEG신호의 계측 및 분석

2.1. EEG신호 계측방법

EEG신호 계측을 위한 실험에는 정신적, 인지적 병력이 없는 만 15세 및 16세의 건강한 여성들인 8명의 청소년이 피험자로 참여하였다. EEG신호를 측정하는 장비는 (주)락사의 WEEG32를 사용하였고, EEG신호를 계측하기 위해서 피험자의 두피에 전극을 부착하는 방법은 국제적으로 공인된 10-20 전극배치법을 사용하였다. 본 실험에서 전극은 그림 1과 같이 F_{p1} , F_{p2} , F_7 , F_3 , F_4 , F_8 , T_3 , C_3 , C_4 , T_4 의 10개소에 부착하였는데, 이 채널들은 인간의 주의력(집중력) 및 언어와 관계된 부위로 알려진 전전두엽(prefrontal lobe)과 측두엽(temporal lobe) 부근에 있는 것으로 선택된 것이다.

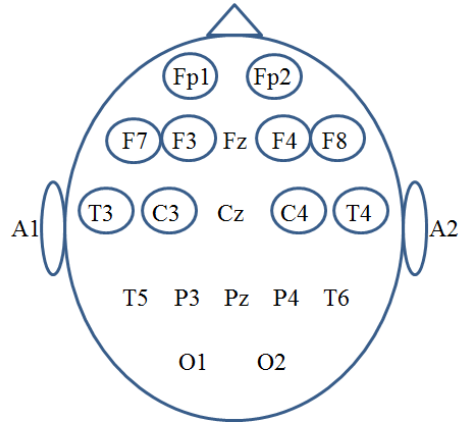


그림 1. EEG신호 계측을 위한 채널의 위치
Fig. 1 Channel location for measurement of EEG signal

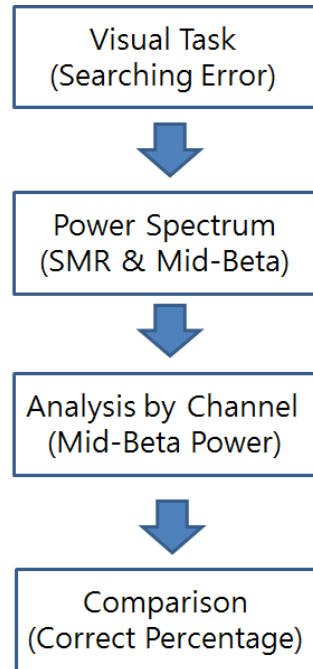


그림 2. 시각자극 과제의 데이터 분석 과정
Fig. 2 Data analysis process of visual stimulus task

본 실험에서는 8명의 청소년 피험자에게 시각자극으로 A4지 한 페이지 분량의 문자를 제시하였다. 의미 없는 문자들을 나열하여 제시한 것은 아니고 출판된 도서에서 발췌한 글을 제시하였다. 피험자에게 주어지는 과제는 그러한 글 속에 등장하는 ‘은, 는, 이,

가'와 같은 주격조사 및 보격조사, '을, 를'과 같은 목적격조사, '과, 와'와 같은 접속조사, '의'와 같은 관형격조사를 틀린 형태로 바꾸어 넣어두고, 조사가 틀리게 되어 있는 부분을 찾아내는 것으로 주어졌다.

피험자들은 과제 수행 전에는 2분간 눈을 감고 안정을 취하도록 하였으며, 1명의 피험자가 2번의 시각 자극 과제를 수행하도록 하였다. 1번의 과제에는 10개의 틀린 조사를 삽입하여 두었고, 피험자가 과제 수행이 끝났다고 생각할 때까지 찾을 수 있도록 별도의 제한 시간을 설정하지는 않았다. EEG신호의 분석결과와 비교할 수 있도록 과제 수행이 끝날 때마다 각 피험자의 정답률을 확인하였다. 그림 2는 본 실험에서 시각자극 과제를 제시하여 피험자의 EEG신호를 분석하기까지의 실험 및 분석에 대한 진행과정을 나타낸 것이다.

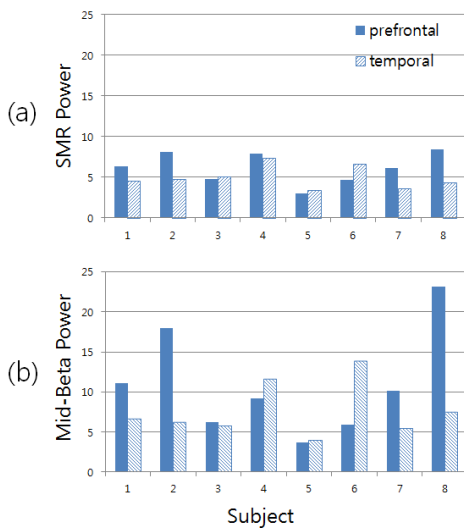


그림 3. R_A 와 R_B 의 파워 (a) SMR파, (b) 중간 베타파
Fig. 3 Power of R_A and R_B (a) SMR wave, (c) mid-beta wave

2.2. EEG신호의 분석 및 결과

본 논문에서는 글자 시각자극 과제를 수행하는 동안 피험자로부터 측정된 EEG신호의 파워스펙트럼으로 분석하는 것을 기본적인 분석법으로 설정하였다. 시각자극 관련 선행 연구에서 시각자극 과제 수행 상황에서는 SMR파와 중간 베타파의 파워가 높게 나타나는 것으로 관찰되었기 때문에 본 실험결과의 분석

에서는 각 피험자의 SMR파와 중간 베타파의 파워스펙트럼을 비교 분석하는 것으로 기본적인 분석 방향으로 설정하였다.

그림 3은 각 피험자가 글자 시각과제를 수행하는 동안 측정한 EEG신호를 집중력과 관련된 것으로 알려져 있는 전전두엽 영역 R_A 와 나머지 영역 R_B 로 나누어 분석한 결과이다. 전전두엽 영역의 채널은 F_{p1} , F_{p2} 이고, 나머지 영역의 채널은 F_7 , F_3 , F_4 , F_8 , T_3 , C_3 , C_4 , T_4 이다. 그림 3 (a)는 SMR파의 파워, (b)는 중간 베타파의 파워를 R_A 와 R_B 의 영역으로 나누어 비교한 것이다.

표 1. 평균 이상의 파워를 가지는 채널과 정답률
Table 1. Channels to have higher than average power and percentage of correct

subject	SMR	percentage of correct (%) / time (sec)
	Mid-Beta	
1	$F_{p1} F_{p2} F_3 T_3$	70 / 252
	$F_{p1} F_{p2} F_3 T_4$	
2	$F_{p1} F_{p2} T_4$	100 / 160
	$F_{p1} F_{p2} T_4$	
3	$C_3 C_4 T_4$	65 / 187
	$F_{p1} F_{p2}$	
4	$F_{p2} C_4 T_4$	55 / 177.5
	$F_{p2} T_3 T_4$	
5	$C_3 C_4 T_4$	75 / 218.5
	$F_{p2} F_3 F_8 C_3 C_4 T_4$	
6	$F_7 T_3 T_4$	60 / 110.5
	$F_7 T_3 T_4$	
7	$F_{p1} F_{p2} T_4$	70 / 174
	$F_{p1} F_{p2} T_4$	
8	$F_{p1} F_{p2}$	95 / 235
	$F_{p1} F_{p2}$	

그림 3 (a)와 (b)를 비교하면 전체적으로 중간 베타파를 분석한 (b)의 파워가 SMR파를 분석한 (a)보다 높다는 사실을 관찰할 수 있다. 또한 각 피험자 별로 R_A 와 R_B 의 파워를 비교해 본 결과, 8명의 피험자 중

SMR과 및 중간 베타파의 경우 모두 5명의 피험자에서 전전두엽 대역인 R_A 에서의 파워가 높게 나타났다. 특히 두 영역의 파워의 차를 나타내는 $|R_A - R_B|$ 를 비교하면, R_A 의 파워가 높게 나타난 피험자의 경우가 더 큰 값을 가진다는 사실을 알 수 있다.

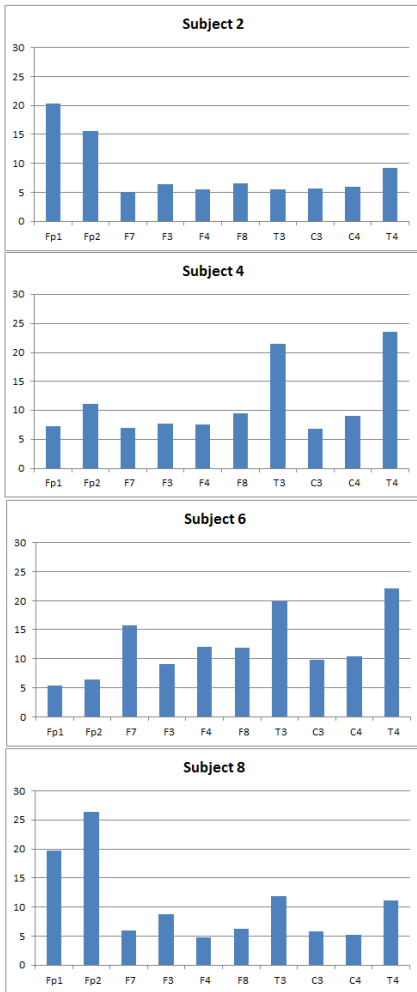


그림 4. 중간 베타파의 채널별 파워
Fig. 4 Power of mid-beta wave by channel

그림 4는 그림 3의 분석결과를 고려하여 피험자의 EEG신호를 중간 베타파 대역만으로 압축하여 분석한 결과를 제시한 것이다. 이 결과는 피험자에게 부착한 모든 전극 즉 모든 채널에서의 중간 베타파의 파워를 분석한 것으로, 모든 피험자 중에서 최상의 정답률을

보인 2명과 최하의 정답률을 보인 2명의 데이터이다. 피험자 2와 8은 정답률이 높은 피험자이고, 피험자 4와 6은 정답률이 낮은 피험자이다. 각 피험자의 글자 시각과제에서의 정답률은 표 1에 나타내었고, 각 피험자마다 모든 채널을 평균한 것 이상의 파워가 관측되는 채널도 같이 나타내었다. 평균이상의 파워가 관측되는 채널은 SMR과와 중간 베타파로 나누어서 분석한 결과이다.

우선 표 1에서 정답률이 가장 높은 피험자 2 및 8과 정답률이 가장 낮은 피험자 4 및 6의 채널별 파워를 그림 4에서 비교해 보면 명확한 공통점을 관찰할 수 있다. 피험자 2와 8은 채널 F_{p1} 및 F_{p2} 의 파워가 크게 나타나고 있고, 피험자 4와 6은 T_3 및 T_4 의 파워가 크게 나타나고 있다. 아울러 표 1의 중간 베타파의 파워에 주목해서 전체적인 평균보다 파워가 크게 관측된 채널을 분석해 보면 F_{p1} 이 5명, F_{p2} 가 6명, T_4 가 7명으로 가장 빈도수가 높다는 결과를 얻었다. 따라서 정답률이 높거나 낮은 피험자들의 파워가 높게 나타난 채널이 가장 빈도수 높은 채널과 일치한다는 사실을 확인할 수 있다. 이와 같은 사실에서 정답률과 상관성이 높은 채널이 존재한다는 추정이 가능하다. 결과적으로 평균파워 이상이 관측된 채널 중에서 정답률이 90% 이상인 피험자에서는 100%, 정답률이 60% 이하인 피험자에서는 0%로 나타난 채널은 F_{p1} 과 F_{p2} 인 것으로 확인되었다. F_{p1} 과 F_{p2} 는 전전두엽 부위에 위치한 채널이고, 정답률 낮은 피험자의 경우 파워가 크게 나타난 T_3 와 T_4 는 측두엽 부위에 위치한 채널이다.

III. 결론

본 논문에서는 청소년을 피험자로 하여 글자 시각 자극 과제를 제시하여 집중력과 관련된 EEG신호를 분석한 결과를 나타내었다. 청소년을 피험자로 학습과 관련된 집중력을 유발시키기 위하여 시각자극으로는 문헌에서 발췌한 글을 사용하였고, 그 속에서 여러 가지 조사가 틀리게 되어 있는 부분을 찾아내는 형태로 과제를 제시하였다. 피험자에게서 수집한 EEG신호는 SMR과와 중간 베타파 대역의 파워 스펙트럼으로 나타내어 비교 분석하는 방법을 사용하였다.

본 논문의 실험결과로는 먼저 전전두엽 부위와 측두엽 부위로 채널 군을 나눈 다음 각각의 채널 군별로 SMR과 및 중간 베타파의 파워를 비교하였다. 그 결과, 중간 베타파의 파워가 SMR과보다 전체적으로 크게 나타나는 사실과 전전두엽 부위가 측두엽 부위보다는 파워가 크게 나타나는 경우가 많다는 사실을 확인하였다. 특히 정답률이 높은 피험자일수록 전전두엽의 중간 베타파 대역의 파워가 크게 나타난다는 사실을 확인하였다.

다음으로는 앞의 분석결과에 따라 중간 베타파의 파워에만 주목하여 각 피험자 별로 모든 채널의 파워를 상호 비교 분석하였다. 그 결과, 정답률이 90% 이상인 피험자에서는 100% 파워가 크게 나타나고, 정답률이 60% 이하인 피험자에서는 파워가 작게 나타나는 채널이 F_{p1} 과 F_{p2} 라는 사실을 확인하였다. 아울러 정답률이 낮은 피험자에게는 채널 T_3 와 T_4 의 파워가 높게 나타난다는 사실을 관측하였다. F_{p1} 과 F_{p2} 는 전전두엽 부위의 채널이고, T_3 와 T_4 는 측두엽 부위의 채널이다. 따라서 집중력과 관련된 뇌 부위로 알려진 전전두엽이 틀린 조사를 찾아내는 시각자극 과제와 같은 형태로 집중력을 유발하는 경우에도 다른 부위보다 활성도가 높다는 사실을 알 수 있다. 또한 정답률이 낮은 피험자의 경우 상대적으로 활성도가 높게 나타났던 측두엽 부위는 언어에 관계된 점으로 미루어보아 틀린 것을 찾으려는 집중력보다는 언어로 쓰인 문장에 더 주의를 기울인 결과라는 추정도 해 볼 수 있다. 정답률이 중간 정도인 피험자들의 EEG신호에서는 채널 F_{p1} , F_{p2} 의 파워와 채널 T_3 , T_4 의 차이가 크지 않았다. 결과적으로 본 실험과 같이 집중력과 언어가 섞여있는 과제의 경우, 언어 관련 부위를 억제하고 집중력 관련 부위를 더 활성화시킬 수 있는 피험자의 정답률이 높다는 사실을 추정할 수 있다.

본 논문에서는 글자 시각자극으로 구성된 집중력 관련 과제로부터 전전두엽 부위의 중간 베타파 대역이 집중력과 가장 상관성 높은 EEG신호의 성분이라는 사실을 확인하였다. 특히 본 실험에서는 두 가지 영역이 존재하는 과제에서는 어떤 부위를 활성화시킬지의 문제가 발생할 수 있다는 사실을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 결과에서 단순히 집중력이라고 하기보다는 어떤 뇌 부위가 같이 활성화될 수 있을지를

고려하여 집중력 개선 프로그램을 작성해야 한다는 사실을 알 수 있다. 현재의 청소년의 집중력 부족 문제를 감안하여 효율적인 집중력 개선 프로그램을 개발하기 위해서는 특정 뇌 부위의 활성 및 억제에 대한 다양한 과제에 의한 EEG신호의 분석결과가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음

References

- [1] Y.-S. Jang, S.-L. Lee, and S.-A. Ryu, "Characteristics of frequency band on EEG signal causing human drowsiness," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 6, 2013, pp. 949-954.
- [2] J.-H. Kim and M.-H. Oh, "IT based EMG biofeedback training on the effects of upper extremity function in chronic stroke patients," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 41-49.
- [3] J.-M. Jo, "A study on the sensor node based wireless network communication system for efficient EEG transmission," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 791-796.
- [4] D.-J. Kang, "The development of attention enhancement system using virtual reality and EEG biofeedback and its clinical trial," Ph.d's Thesis, *Hanyang University*, 2002.
- [5] J. O. Lubar and J. F. Lubar, "EEG biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in clinical setting," *Biofeedback Self Regul.*, vol. 9, no.1, 1984, pp. 1-23.
- [6] J.-K. Jang and H. Kim, "EEG analysis of learning attitude change of female college student on e-learning," *J. of the Korea Contents*

Association, vol. 11, no. 4, 2011, pp. 42-50.

- [7] Y.-S. Jang and J.-W. Han, "Analysis of EEG Generated from concentration by visual stimulus task," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 5, 2014, pp. 589-594.
- [8] H. Dunder and M. Akcayir, "Tablet vs. Paper: The effect on learners' reading performance," *Int. Electronic J. of Elementary Education*, vol. 4, no. 3, 2011, pp. 441-450.
- [9] S.-H. Kim, S.-I. Chun, and S.-Y. Chun, "The influence of smart phone display colors on the emotional stability of adolescents," *J. of the Korean Academy of Clinical Art Therapy*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 70-84.
- [10] E.-H. Son, "Research on Awareness and prevention of Smartphone addiction," Master's Thesis, *Chung-Ang University*, 2012.

저자 소개



장윤석(Yun-Seok Jang)

1985년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1988년 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 일본 토호쿠대학교 대학원 전기 및 통신공학 전공 졸업(공학박사)

1996년~현재 부경대학교 전기공학과 교수

2008년~2009 미국 Pennsylvania State University 방문 교수

※ 관심분야 : EEG Signal Processing, Cognitive Science



한재웅(Jae-Woong Han)

1992년 부경대학교 전자학과 졸업(공학사)

1998년 부경대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

2014년 부경대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료

2005년 동서대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

2014년~현재 (주) 하이빔 대표이사

2013년~현재 부산대학교 공학교육거점센터 동남권 산학위원회 위원

※ 관심분야 : 전기통신시스템, 제어통신