

음악적 자극과 서술적 기억 관련 집중력과의 상관성에 대한 뇌파 분석

장윤석* · 손영수**

Analysis of EEG Signal for Relativity between Musical Stimulus and Concentration for Memorization

Yun-Seok Jang* · Young-Soo Son**

요 약

본 논문에서는 음악적 자극이 인간의 기억에 관련된 집중력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 인간의 뇌파를 계측 및 분석하였다. 뇌파 실험에서는 음악적 자극과 함께 기억 관련 과제를 수행하게 하였는데, 기억 관련 과제로는 영어단어를 암기하는 것을 선정하였다. 음악적 자극은 진정성향 및 자극성향의 음악으로 나누어 제시하였고, 피험자의 뇌파는 주파수 대역에 따라 나누어 분석한 결과를 각각 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we measured and analyzed the EEG signals related to the relativity between musical stimuli and human concentration for memorization. In our experiments, the subjects carried out the tasks related to human memorization exposing to musical stimuli and the tasks are to memorize the english words. We used two kinds of musical stimuli, one is a sedative tendency music and the other is a stimulative tendency music. We presented the results that are analyzed as the EEG signals by frequency bands, respectively.

키워드

EEG signal, Declarative Memory, Concentration, Memorization, Musical stimulus, Sedative Tendency, Stimulative Tendency
뇌파 신호, 서술적 기억, 집중력, 암기, 음악 자극, 진정 성향, 자극 성향

1. 서 론

현대사회에서는 스마트폰은 인간과 떨어질 수 없는 관계가 되었다고 할 수 있다. 학습이 집중적으로 요구되는 청소년기에도 대다수의 청소년들이 스마트폰을 보유하고 있으므로, 여러 가지 면에서 걱정거리가 되고 있는 것도 사실이다. 특히 현재 스마트폰에서는 영

화, 음악, 문학 등 대부분의 문화적 콘텐츠가 이용 가능하므로 그 영향력은 대단할 수밖에 없다.

그 중에서도 청소년들에게는 소위 공부를 하고 있는 중에도 음악이 청취 가능한 상황 속에 있는 경우가 많이 있다. 예전부터 공부하면서 음악을 듣는 것에 대한 궁금증이 많이 유발되었던 것도 사실이다. 따라서 음악 청취 상황이 인간의 학습효율에는 어떤 영향

* 교신저자 : 부경대학교 전기공학과
** 부경대학교 전기공학과(neural00@daum.net)
• 접수일 : 2019. 04. 22
• 수정완료일 : 2019. 05. 19
• 게재확정일 : 2019. 06. 15

• Received : Apr. 22, 2019, Revised : May. 19, 2019, Accepted : Jun. 15, 2019
• Corresponding Author : Yun-Seok Jang
Dept. of Electrical Engineering, Pukyong National University,
Email : jangys@pknu.ac.kr

을 미치는지에 대해서 많은 관심이 있어왔다. 현재는 이와 유사한 주제에 대하여 많은 연구들이 행해지고 있으며[1-7], 특히 음악 청취 상황 즉 음악적 자극에 대한 인간의 산술적 두뇌활동과의 관계에 대한 연구 결과도 보고되어 있다[3].

본 논문에서는 인간의 학습효과와 관계있는 두뇌활동 중에서 전술한 산술적 두뇌활동과 비교될 수 있는 암기에 관련된 음악적 자극의 영향을 관측하고자 하였다. 암기에 관련된 뇌의 활동은 소위 서술적 기억(Declarative Memory)으로 정의되는 뇌의 활동을 의미한다[8]. 서술적 기억에 대비되는 기억은 행위나 기술에 대한 기억을 의미하는 절차적 기억(Procedural Memory)이며, 이와 같이 기억에 관련된 연구도 많이 수행되고 있다[9-10]. 본 연구의 실험에서 피험자의 과제로 사용된 영어 단어 암기의 경우, 사실적 정보를 의식적으로 기억하는 기억 활동이므로 서술적 기억에 해당된다.

따라서 본 논문에서는 서술적 기억에 해당되는 두뇌활동인 암기에 음악적 자극이 미치는 영향을 인간의 뇌파를 분석한 정량적 결과로 확인하고자 하였다. 이를 위해서 피험자가 음악적 자극에 노출되어있는 상황에서 영어 단어 암기와 관련된 과제를 수행할 때 피험자로부터 계측된 뇌파를 주파수대역에 따라 파워스펙트럼으로 분석하는 방법을 활용하였다. 본 논문에서는 인간의 뇌파 중에서 주의력이 집중되는 기억 활동에 관련된 중간베타파와 SMR파, 음악청취와 같은 정서 안정에 관련된 성분으로 알려져 있는 알파파를 분석한 결과를 제시한다.

II. 뇌파의 계측 및 분석

2.1 뇌파 계측 실험 과정

본 연구의 뇌파 계측 실험에서는 청각자극 제시에 전혀 문제가 없고, 정서적으로 인지적으로 병력이 없는 만 20~22세의 남녀대학생 10명을 피험자로 선정하였다. 피험자들의 뇌파를 계측하기 위해서는 10-20 국제 전극배치법을 사용하여 두피에 전극을 부착하였다. 전극을 부착한 위치는 Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz 및 C4로서 전두부에서 두정부에 해당하는 총 8개의 채널을 사용하였다. 본 뇌파 계측 실험에서는 (주)락싸

의 제품인 WEEG-32를 뇌파계측기기로 사용하였다.

음악적 자극은 특성이 분명히 구분되는 2가지 종류의 자극을 사용하였다. 사용된 음악적 자극의 유형은 인간을 자극시키는 자극성향의 음악과 인간을 진정시키는 진정성향의 음악이다. 이와 같은 구분은 Gaston이 분류한 음악유형[11]으로부터 선택한 것으로 본 논문에서는 자극성향 음악적 자극으로는 헤비메탈 혹은 하드록으로 정의되는 음악을 사용하였고, 진정성향의 음악적 자극으로는 클래식 음악으로 피아노 연주 음악을 사용하였다.

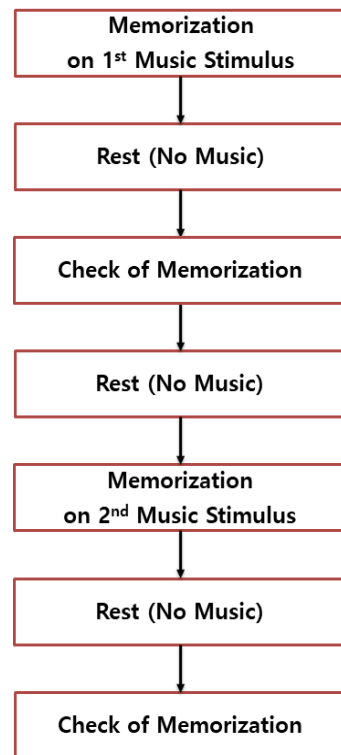


그림 1. 뇌파 실험 순서

Fig. 1 Procedure of EEG signal experiments

그림 1은 뇌파 계측이 수행하는 실험과정의 1세트에 해당되는 순서를 나타낸 것이다.

피험자들이 수행하는 과제는 음악적 자극이 제시되는 상황에서 영어단어를 암기하는 것으로 설정하였다. 이때 피험자에게 제시되는 영어단어는 일상에 많이 사용되는 영어단어들이 아니라, 대학생들이 알기 어려운 단어들을 Vocabulary33000에서 선택하여 발췌한

리스트를 사용하였다. 아울러 뇌파 실험 후 피험자들에게 확인한 결과 전부터 알고 있었던 단어가 제시된 경우는 단 1건도 없었다.

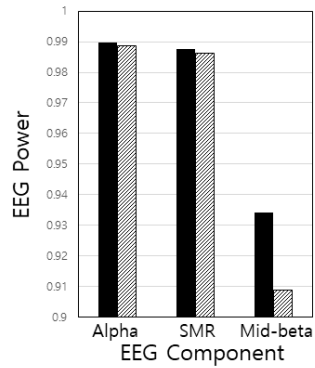
실험에서는 먼저 첫 번째 음악적 자극이 제시되는 동안 피험자들에게 주어진 과제 즉 주어진 영어단어를 암기하게 하고, 휴식시간을 가진 후 암기한 단어들을 기록하여 제출하도록 하였다. 이어서 휴식시간을 가진 후 두 번째 음악적 자극이 제시되는 동안 새롭게 제시된 영어단어를 암기하게 하고, 휴식시간을 가진 다음 두 번째 음악적 자극 하에서 암기한 단어들을 기록하여 제출하는 것으로 실험과정이 완료된다. 여기서 첫 번째와 두 번째 음악적 자극은 순서를 정하지 않고 진술한 자극성향(하드록)과 진정성향(클래식)의 음악을 무작위로 제시하는 것으로 하였다. 또한, 실험과정에서 휴식시간은 2분, 암기시간은 3분, 암기한 단어를 기억해내어 확인하는 시간은 2분간으로 설정하여 실험을 수행하였다.

2.2 뇌파 분석 결과

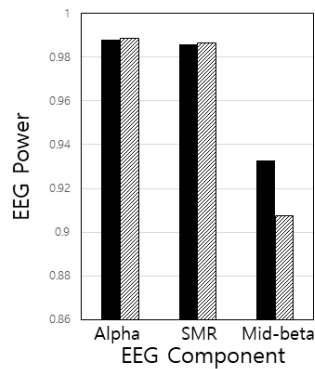
본 논문에서는 피험자에게 음악적 자극과 함께 서술적 기억과 관련된 과제를 제시한 후, 과제를 수행하는 동안 발생하는 뇌파를 분석한 결과를 제시하였다. 본 논문에서의 뇌파 분석 결과는 뇌파신호를 파워 스펙트럼으로 분석하여 정량적으로 비교한 결과를 제시한 것이다.

본 논문의 실험에서 분석 대상은 피험자의 암기 및 암기결과 확인 과정에서 발생하는 뇌파신호이다. 그 과정에서 유발된 뇌파는 피험자의 기억력과 관련된 신호이므로 음악적 자극이 제시된 상황에 따른 인간의 기억 관련 집중력으로 추정할 수 있기 때문이다.

먼저 피험자의 뇌파는 우선 주파수 대역에 따라 3가지 성분으로 나누어 분석하였다. 그 성분은 각각 알파파(8~13Hz), SMR파(12~15Hz) 및 중간베타파(15~18Hz)에 해당되는 것이다. SMR파와 중간베타파는 서술적 기억에 필요한 인간의 집중력에 관련된 뇌파 성분이고, 알파파는 인간의 정서적 안정에 관련된 뇌파 성분이기 때문에 제시된 음악적 자극의 영향을 반영할 수 있다고 추정되기 때문에 분석대상으로 결정된 것이다.



(a) 진정성향의 경우



(b) 자극성향의 경우

그림 2. 암기 및 암기 확인 과정에서의 뇌파 파워
Fig. 2 Power of EEG signal in memorizing period and memorizing verification period

그림 2는 각각 진정성향 및 자극성향의 음악적 자극을 제시하며 과제를 수행할 때 피험자의 뇌파를 파워 스펙트럼으로 분석하여 비교한 것이다. 그림 2 (a)는 진정성향의 경우, (b)는 자극성향의 경우를 나타낸 것으로 그래프는 왼쪽으로부터 각각 알파파, SMR파, 중간베타파의 크기를 나타내고 있다. 각 성분을 나타낸 그래프에서 좌측은 암기할 때, 우측은 암기한 단어를 기억해서 확인할 때 발생한 뇌파의 파워값을 나타낸 것이다.

그림 3은 각각의 음악적 자극에 노출되었을 때 발생한 뇌파의 파워를 주파수대역별로 비교한 것으로 (a)는 알파파, (b)는 SMR파, (c)는 중간베타파의 파워를 나타낸 것이다. 각각의 그림에서 왼쪽의 막대 그래프는 진정성향의 경우, 오른쪽 막대 그래프는 자극성향의 경우에 발생한 뇌파의 파워값을 나타내고 있다.

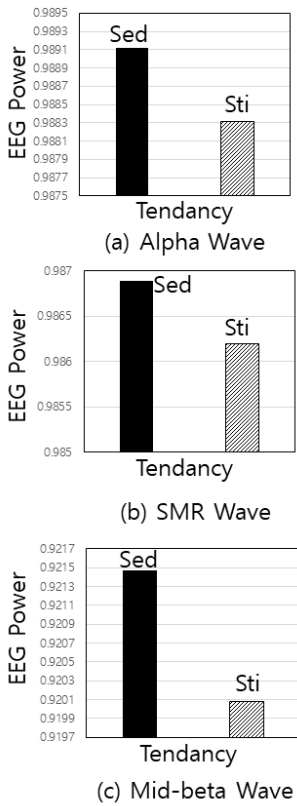


그림 3. 음악적 자극 성향에 따른 뇌파 파워
Fig. 3 Power of EEG signal by musical stimulus tendency

그림 4와 5는 각각의 뇌파신호를 시간에 따라 분석한 것이다. 즉 측정된 뇌파를 10초 간격으로 묶어서 푸리에 변환하여 파워 스펙트럼을 계속하여 분석한 것으로, 시간에 따른 파워 스펙트럼 크기의 변화를 관찰할 수 있도록 방사형 그래프로 제시한 것이다. 그림 4는 암기의 경우이고, 그림 5는 암기 확인의 경우에 발생한 뇌파를 분석한 경우를 나타낸 것이다. 그림의 동심원에서 내부에서 외부로 갈수록 파워가 큰 상태를 나타내고 있으며, 시간의 경과를 시계 방향으로 나타내고 있다. 여기서 실선은 진정성향, 점선은 자극성향의 음악적 자극을 제시한 경우를 표현한 것이다.

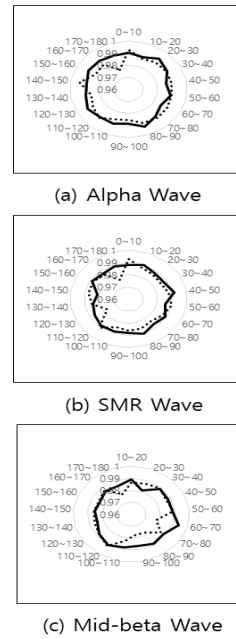


그림 4. 암기과정에서의 뇌파의 변화
Fig. 4 Change of EEG signal during memorizing period

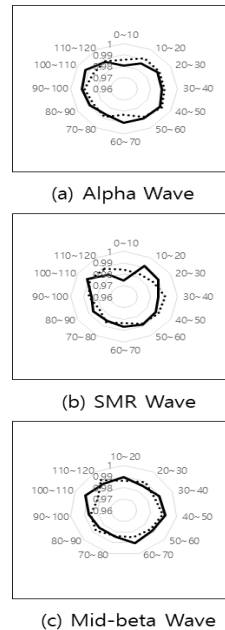


그림 5. 암기확인과정에서의 뇌파의 변화
Fig. 5 Change of EEG signal during memorizing verification period

이들 결과를 살펴보면, 그림 2는 암기하고 있는 상황과 암기한 것을 기억해내는 상황에서의 뇌파를 비교한 것으로 알파파와 SMR파의 경우는 거의 차이를 보이지 않았으나, 중간베타파의 경우에는 진정성향 및 자극성향의 자극 모두에서 암기하는 경우의 파워가 크게 나타났다. 그림 3은 진정성향과 자극성향의 경우를 비교한 것인데, 본 논문에서 분석대상으로 설정한 뇌파 성분인 알파파, SMR파 및 중간베타파 모두에서 진정성향의 경우의 파워가 확실히 크게 나타난다는 사실을 알 수 있다. 그림 4와 5의 경우는 시간 경과에 따른 뇌파의 파워 변화를 관찰할 수 있는 그래프로 SMR파와 중간베타파의 파워를 비교한 그래프에서는 진정성향(실선)의 궤적이 자극성향(점선)의 궤적을 포함하는 형태로 진행되는 것을 볼 수 있다. 이것은 진정성향의 경우가 자극성향의 경우보다 평균 파워가 아닌 시간 경과에 따른 순간 파워도 크게 관측되는 경향을 나타내고 있다. 수치적으로 각 뇌파 성분의 순간 파워를 분석한 결과, 진정성향 파워가 자극성향 파워보다 높게 관측되는 비율은 알파파의 경우 46.67%, SMR파의 경우 63.33%, 중간베타파의 경우 56.67%로 관측되었다.

이와 같은 뇌파 분석 결과는 다음과 같이 세 가지로 요약할 수 있다. 첫 번째로 인간이 서술적 기억의 형태인 암기와 암기한 정보를 기억해내는 뇌의 활동 상황을 뇌파의 파워로 비교해 본 결과에서는 알파파와 SMR파의 경우는 거의 차이가 없으나, 중간베타파의 경우는 암기의 경우가 암기한 정보 확인의 경우보다 확실히 뇌파 파워가 높게 관측되었다는 점이다. 두 번째로는 진정성향과 자극성향의 음악적 자극이 인간의 서술적 기억활동에 미치는 영향을 관측한 결과인데, 알파파, SMR파, 중간베타파 모두 진정성향의 자극을 제시한 경우의 뇌파 파워가 높게 관측되었다. 세 번째로는 암기 및 암기 확인 과정을 시간에 따라 10초 간격으로 나누어 분석한 결과를 제시한 것인데, 이 결과에서는 서술적 기억 관련 두뇌활동에서 진정성향의 음악적 자극의 경우가 크게 관측된 두 번째 결과를 보다 명확히 확인할 수 있다는 사실을 알 수 있다. 알파파의 경우는 순간 파워의 크기에서 거의 동일한 비율로 관측되었지만, SMR파와 중간베타파의 경우에는 진정성향의 경우가 크게 관측되었으며 그 중에서도 SMR파의 경우는 진정성향 파워가 큰 경우가

63.33%의 비율로 관측되었기 때문에 알파파나 중간베타파보다는 SMR파의 분석이 음악적 자극과 서술적 기억과의 연관성에 대한 조사에서는 보다 효율적일 것으로 추정된다.

III. 결 론

본 논문에서는 인간의 학습효과와 관계있는 두뇌활동 중에서 서술적 기억으로 정의될 수 있는 암기에 관련된 음악적 자극의 영향을 계측하여 분석한 결과를 제시하였다. 그것을 위해서는 음악적 자극을 인간 정서와 연관시킬 수 있는 알파파, 주의력 집중과 관련된 중간베타파 및 SMR파의 파워를 분석, 비교하는 방법을 활용하였다.

본 논문에서의 뇌파실험결과에서는 암기의 경우가 암기한 정보를 확인하는 경우보다 뇌파의 파워가 높다는 사실을 확인할 수 있었고, 진정성향의 음악적 자극이 자극성향의 경우보다 높게 관측됨으로써 인간의 집중력은 물론 정서적 안정에도 진정성향의 음악이 좋은 영향을 미칠 것으로 추정할 수 있었다. 아울러 인간의 서술적 기억 관련 두뇌활동과 음악적 자극의 영향을 조사할 경우 SMR파의 분석이 보다 효율적일 것으로 추정되는 결과를 확인할 수 있었다.

이와 같이 본 논문에서는 음악적 자극과 인간의 서술적 기억과의 관련성을 뇌파 파워의 분석 결과로 제시하였다. 이들 결과로부터 음악적 자극에 따라 인간의 서술적 기억 관련 집중력이 다르게 나타날 수 있다는 사실을 뇌파 파워의 정량적인 관점에서 관측할 수 있었다. 또한 인간의 서술적 기억 관련성을 뇌파로부터 분석하고자 하는 데에는 SMR파의 경우가 보다 용이하다는 사실도 추정할 수 있었다. 이와 같은 결과는 인간의 학습에 관련된 다양한 두뇌활동에 대한 기본적 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] J. Jo, "Analysis of EEG characteristics for the effectiveness verification of meditation music," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 10, 2014, pp. 1139-1144.
- [2] Y. Jang, "Analysis of concentration-related EEG component due to smartphone," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 7, 2016, pp. 717-722.
- [3] Y. Jang and H. Yoon, "EEG signal analysis for relativity between musical stimulus and arithmetical brain activity," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 2, 2018, pp. 481-486.
- [4] Y. Jeon and A. Cho "Effect of 1/f fluctuation sound on comfort sensibility," *J. of the Ergonomics Society of Korea*, vol. 25, no. 4, 2006, pp. 9-22.
- [5] J. Sohn, I. Yi, E. Sokhadeze, J. Kim, and S. Choi, "The effect of 1/f music on the psychophysiological responses induced by stressful visual stimulation," *Korean J. of the Science of Emotion & Sensibility*, vol. 1, no. 1, 1998, pp. 135-143.
- [6] K. Trochidis and E. Bigand, "EEG-based emotion perception during music listening," *Proc. of the 12th International Conference on Music Perception and Cognition*, Thessaloniki, Greece, 2012, pp. 1018-1021.
- [7] A. Bajoulvand, R. Marandi, M. Daliri, and S. Sabzpooshan, "Analysis of folk music preference of people from different ethnic groups using kernel-based methods on EEG signals," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 307, 2017, pp. 62-70.
- [8] T. Winograd, D. Bobrow, and A. Collins, *Frame representation and the declarative / procedural controversy*. New York: Academic press, 1975.
- [9] K. Lee, D. Heo, J. Lee, and J. Lee, "Reciprocal interaction of procedural memory and declarative memory during motor skill acquisition," *Korean J. of Physical Education*, vol. 52, no. 3, 2013, pp. 115-127.
- [10] A. Kim, "Interaction between procedural and declarative memories during the sequence learning task," Doctor's Thesis, *Chosun University*, 2012.
- [11] E. Gaston, *Man and music*. New York: Macmillan, 1968.

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

2001년~2002년 일본산업종합기술연구소 초청연구원

2008년~2009년 미국 Pennsylvania State University 방문교수

※ 관심분야 : EEG Signal Processing



손영수(Yongng-Soo Son)

1985년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1987년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1987년 하이닉스 반도체

2009년 부산 테크노파크

2010년 리노공업

2018년 부경대학교 대학원 박사과정 수료

※ 관심분야 : 생체신호처리