

음악적 자극과 산술적 두뇌활동과의 상관성에 대한 뇌파분석

장윤석* · 윤홍주**

EEG Signal Analysis for Relativity between Musical Stimulus and Arithmetical Brain Activity

Yun-Seok Jang* · Hong-Joo Yoon**

요약

본 논문에서는 음악적 자극이 인간의 수리적 두뇌활동에 미치는 영향을 조사하는 것을 목적으로 하여 피험자의 뇌파를 분석한 결과를 제시한다. 음악적 자극으로는 진정성향의 음악과 자극성향의 음악을 선정하였고, 피험자의 뇌파에서는 집중력과 상관성이 높은 SMR파와 중간 베타파를 분석하여 비교하였다. 본 논문의 실험 결과에서는 음악적 자극과 동시에 과제를 수행할 때의 파워가 더 높게 관측되었고, 진정성향의 음악적 자극이 자극성향의 음악적 자극보다 인간의 집중력에 방해되지 않는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In this paper, we aimed to analysis EEG signals related to the relativity between musical stimuli and human brain activity for the arithmetical calculation and present the experimental results. We use two kinds of musical stimuli, one is a sedative tendency music and the other is a stimulative tendency music. The SMR wave and Mid-beta wave are analyzed because of the concentration. In our results, the sedative tendency music is not more interfere with human brain activity for the arithmetical calculations than the stimulative tendency music.

키워드

EEG Signal, Musical Stimulus, Concentration, Sedative Tendency, Stimulative Tendency, SMR Wave, Mid-beta Wave
뇌파, 음악적 자극, 집중, 진정 성향, 자극 성향, SMR파, 중간-베타파

1. 서론

현대 사회에서 미디어가 인간에게 미치는 영향은 실로 막대하다. 라디오, 텔레비전 등 예전의 미디어 기기도 여전히 위력을 발휘하고 있지만, 최근에는 항상 휴대하고 다닐 수 있는 스마트폰으로도 영화나 음악 등 다양한 문화생활이 가능한 상태다. 2015년에 KT경제경영연구소에서 발표한 자료에 따르면 우리나

라 국민의 스마트폰 보급률은 83%를 넘는다고 한다. 따라서 청소년들에게는 문화적인 콘텐츠에 접근할 수 있는 방법이 너무나 용이해 졌다고 할 수 있다.

예전부터 청소년들의 학습에 영향을 미치는 문화 콘텐츠로는 음악을 꼽는 것이 절대적이었다. 라디오나 CD플레이어 등 음향기기가 가장 휴대하기 간편하기 때문이다. 현재로는 음악청취의 기능이 스마트기기에 포함되어 있으므로 더욱 음악적 환경에 접근하기가

* 교신저자 : 부경대학교 전기공학과

** 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

• 접수일 : 2018. 02. 05

• 수정완료일 : 2018. 03. 11

• 게재확정일 : 2018. 04. 15

• Received : Feb. 05, 2018, Revised : Mar. 11, 2018, Accepted : Apr. 15, 2018

• Corresponding Author : Yun-Seok Jang

Dept. of Electrical Engineering, Pukyong National University,

Email : jangys@pknu.ac.kr

쉬워졌다. 따라서 음악이 인간에게 미치는 영향에 대한 관심이 학문적으로도 계속 높아지고 있는 추세이다. 음악은 일반적으로 기분 전환, 신체적 기능의 촉진, 인간관계의 일체감 형성 등을 유발하는 것으로 알려져 있으며, 지금은 치료에 까지 사용되고 있다. 음악과 같은 정서적 반응은 인간의 다양한 감정이나 행동과 관련된 심리적인 현상을 유발하기 때문이다.

현재 인간의 뇌파에 대한 연구[1-4]는 많이 진행되고 있지만, 음악을 인간의 뇌파에 결부시킨 연구도 많이 진행되고 있다. 음악과 인간의 관계에 대한 연구로는, 생체리듬과 비슷한 음악과 뇌와의 관계[5-6], 음악 청취와 관련된 인간의 감정[7], 다른 민족 간의 포크 음악 선호도의 분석[8] 등 다양하게 보고되고 있다.

본 논문에서는 음악에 대한 인간의 정서적 반응을 뇌파의 반응으로 정량화하여 그 특성을 관찰하기 위한 뇌파실험을 수행하였다. 또한 음악에 대한 인간의 정서적 반응이 청소년의 학습에는 어떤 영향을 미칠지를 관찰하기 위하여 인간의 집중력을 나타내는 뇌파 성분을 주로 분석하였다. 이를 위하여 음악의 구조와 에너지에 있어서 인간의 흥분과 진정에 가장 기여도가 높은 2가지 반대적 성향의 음악을 청각자극으로 선택하였다. 이와 같은 음악적 자극을 청각자극으로 제시하였을 때, 피험자가 산술적 과제를 수행하는 동안의 반응 특성을 뇌파로 관측하여 분석한 후, 음악적 자극과 산술적 두뇌활동과의 상관성에 대한 결과를 제시한다.

II. 뇌파의 계측 및 분석

2.1 음악적 자극 설정

본 논문에서는 피험자들에게 청각자극으로 음악적 자극을 제시하는 동안 학습활동을 하도록 하는 과제를 동시에 제시하는 실험을 수행한다. 음악적 자극이 학습활동에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해서이다. 따라서 다양하게 제시될 수 있는 음악적 자극의 유형을 분명히 구분하기 위하여 우선 구조 및 에너지적 특성이 완전히 다른 2가지 유형의 음악적 자극을 선정하였다. 이와 같은 설정은 Gaston이 분류한 음악유형 중[9] 인간을 자극시키는 유형의 자극성향 음악과 인간을 진정시키는 유형의 진정성향 음악으로 구분한 것이다.

음악적 자극과 뇌파에 관한 연구에서 진정클래식, 자극클래식, 진정가요 및 자극가요 등으로 음악적 구조와 에너지 크기에 따라 4가지 유형으로 구분을 하기도 한다[10]. 본 논문의 실험에서는 피험자의 학습과의 관련성을 조사하기 위하여 음악적 자극의 특성을 극대화하기 위하여 진정성향과 자극성향의 2가지 유형의 음악으로 구분하여 청각자극으로 제시하였다. 진정성향의 음악으로는 클래식 음악으로 J. S. Bach의 골드베르크 변주곡 BWV 988을 사용하였고, 자극성향의 음악으로는 헤비메탈 밴드로 알려진 AC/DC의 하드록 음악을 사용하였다.

음악자극의 청취는 외부의 소음이 차단된 공간에서 헤드폰을 통해 피험자 각각에게 제시되는 방법으로 수행되었으며, 각각의 음악적 자극은 flac 파일로서 무손실 음원을 사용하였다.

2.2 뇌파 계측 실험 과정

본 논문의 피험자로는 청각자극 제시에 전혀 문제가 없고, 특정한 질병이 없는 만 20~22세의 남녀 대학생 10명을 선정하였다. 또한 자극으로 제시하는 음악에 대한 인지도나 선호도에 대한 설문은 조사하여, 음악적 자극으로 제시하는 음악을 사전에 인지하고 있거나 클래식이나 록음악을 아주 선호하거나 혐오하지 않는 피험자인 사실을 확인하였다. 따라서 음악적 자극에 대한 사전지식이나 선호도에 대한 문제가 없는 피험자를 대상으로 뇌파 실험을 수행한 것이다.

피험자로부터 지속적으로 뇌파를 계측하기 위해서는 그림 1과 같은 순서에 따른 과정을 1세트로 구성하여 뇌파 계측 실험을 수행하였다.

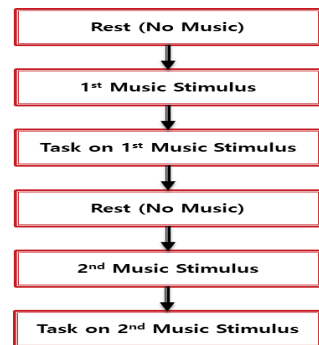


그림 1. 뇌파 실험 수행 과정
Fig. 1 Process of EEG signal experiments

먼저 피험자들을 편안한 상태로 만들기 위해서와 동시에 아무런 집중 대상이 없는 상황의 시간을 2분간 가지게 하였다. 다음에 진정성향이나 자극성향의 음악 중 한 가지 유형의 첫 번째 음악적 자극을 제시하는 시간을 3분간 가진다. 다음에는 2분간 휴식을 가진 후, 앞에서 제시한 것과 동일한 유형의 음악적 자극에 노출된 상황에서 두뇌의 집중을 요하는 수식 계산 과제를 5분간 해결하도록 하였다. 이와 동일한 순서대로 앞에서 제시한 음악적 유형과 다른 유형의 음악을 두 번째 음악적 자극으로 제시한 가운데 또 한번의 뇌파 측정 실험 과정을 수행하게 하였다. 진정성향과 자극성향의 2가지 음악적 자극은 제시하는 순서를 정하지 않고, 피험자에 따라 순서를 달리함으로써 제시 순서 방법이 동일하도록 조정하였다.

음악적 자극이 제시되는 환경에서 피험자들이 수행하는 과제는 세 자리 숫자를 서로 곱하는 곱셈계산을 수행하는 것으로 설정하였다. 피험자들이 좀 더 집중하는 상황을 만들기 위하여 각각의 숫자는 5이상의 숫자로 설정한 계산식 과제를 도출하였고, 피험자들이 시간에 쫓기는 부담을 덜기 위하여 기본적으로 5분이 라는 설정시간을 미리 알려주지 않은 상황에서 실험을 수행하게 하였다.

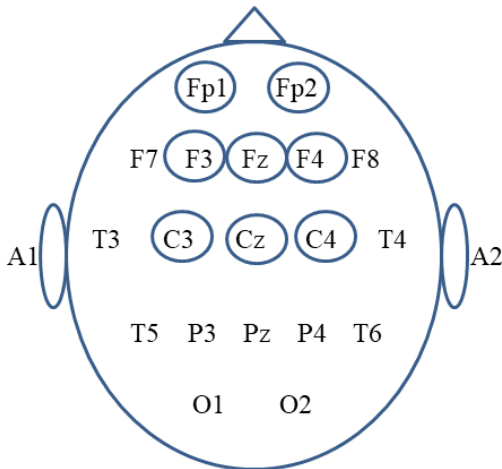


그림 2. 뇌파측을 위한 전극의 위치
Fig. 2 Electrode location for measurement

피험자들의 뇌파를 측정하는 장치는 (주)락씨의 WEEG-32를 사용하였고, 기본적인 뇌파 측정 소프트웨어로는 텔리스캔(Telescan)을 활용하였다. 피험자의

뇌파를 측정하기 위한 전극 부착법으로는 국제적으로 공인되어 있는 10-20 국제 전극배치법을 사용하였다. 본 뇌파 실험에서는 그림 2와 같이 F_{p1} , F_{p2} , F_3 , F_z , F_4 , C_3 , C_z 및 C_4 의 총 8개의 전극을 부착하여 8개의 채널로 피험자의 뇌파를 측정하였다.

2.3 뇌파 분석 결과

본 논문에서는 그림 1과 같은 순서에 따라 진행되는 과정에서 유발된 피험자의 뇌파를 파워 스펙트럼으로 분석하여 비교하는 것을 기본적인 분석방법으로 사용하였다. 파워 스펙트럼으로 분석하는 뇌파 성분으로는 12~15Hz의 주파수 대역을 가지는 SMR(Sensori Motor Rhythm)파와 15~18Hz의 주파수 대역을 가지는 중간 베타(Mid-beta, MB)파를 설정하였다. 그 이유는 진술한 두 주파수 대역의 뇌파가 집중력과 가장 관계가 깊은 주파수 대역이기 때문에 [3-4] 계산식 과제 해결을 위한 집중과 상관성이 높은 성분이기 때문이다.

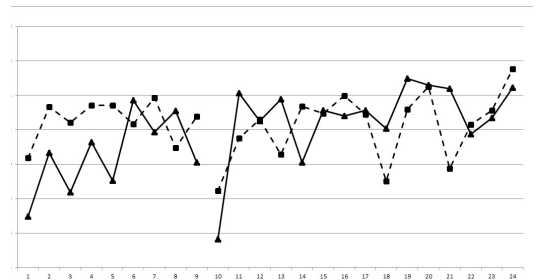


그림 3. SMR파의 파워 변화
Fig. 3 Change of SMR wave power

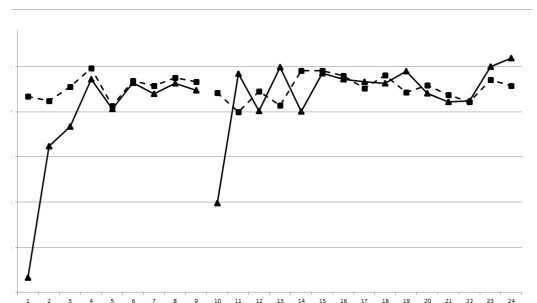


그림 4. 중간-베타파의 파워 변화
Fig. 4 Change of Mid-beta power

그림 3은 진정성향의 음악인 클래식 음악을 음악적 자극으로 제시하였을 때와 자극성향의 음악인 하드록 음악을 음악적 자극으로 제시하였을 때 시간에 따라 P_{SMR} 이 변화하는 과정을 나타낸 것이고, 그림 4는 그림 3과 동일한 순서의 음악적 자극을 제시하였을 때 P_{MB} 의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 P_{SMR} 은 SMR 파의 파워 스펙트럼이고, P_{MB} 는 중간-베타파의 파워 스펙트럼이다. 음악적 자극만을 제시한 구간과 음악적 자극 제시와 함께 계산식 과제를 해결하는 구간은 점과 점 사이를 연결하지 않음으로써 구분하였다. 그림에서 클래식 음악을 음악적 자극으로 제시한 경우는 실선으로, 하드록 음악을 음악적 자극으로 제시한 경우는 점선으로 표시하였다. 아울러 그림에서 도시한 각각의 점은 뇌파를 30초 간격의 구간마다 분석한 파워를 나타낸 것이다.

다음 식은 주파수 대역에 따른 SMR파의 평균 파워 스펙트럼 P_S 와 중간-베타파의 평균 파워 스펙트럼 P_M 를 나타낸 것이다. 여기서 N 은 뇌파계측에 사용된 채널수를 나타내고 있다.

$$P_S = \frac{1}{N} \int_{ch1}^{chN} P_{SMR} df \quad (1)$$

$$P_M = \frac{1}{N} \int_{ch1}^{chN} P_{MB} df \quad (2)$$

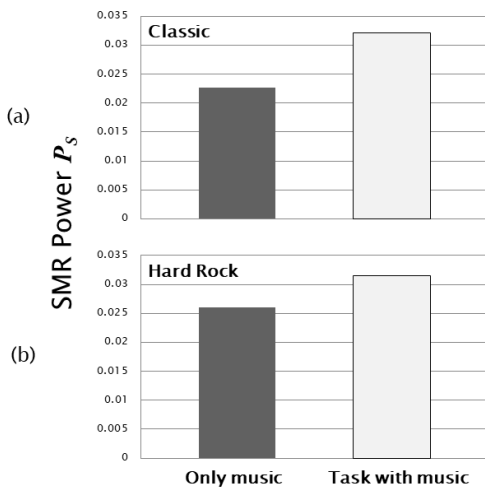


그림 5. SMR파 평균파워의 비교
Fig. 5 Comparison of SMR wave power

그림 5는 SMR파의 평균 파워 스펙트럼 P_S 를 음악적 자극만을 제시한 경우와 음악적 자극 제시와 동시에 과제를 해결해야 하는 경우로 나누어 비교한 것이다. 그림 5 (a)는 진정성향의 음악적 자극을 제시한 경우이고, (b)는 자극성향의 음악적 자극을 제시한 경우이다.

그림 6은 중간-베타파의 평균 파워 스펙트럼 P_M 를 음악적 자극만을 제시한 경우와 음악적 자극 제시와 동시에 과제를 해결해야 하는 경우로 나누어 비교한 것이다. 그림 6 (a)는 진정성향의 음악적 자극을 제시한 경우이고, (b)는 자극성향의 음악적 자극을 제시한 경우이다.

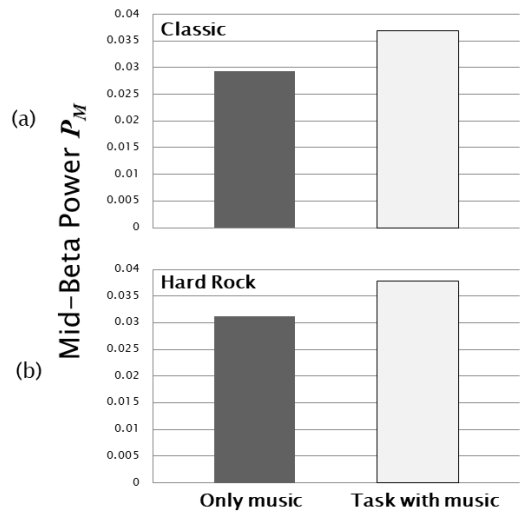


그림 6. 중간-베타파 평균파워의 비교
Fig. 6 Comparison of mid-beta power

그림 5와 6의 결과로부터, 음악적 자극의 종류와 상관없이 SMR파에서도 중간-베타파에서도 음악적 자극만을 제시한 경우보다 동시에 과제를 해결하는 경우의 파워가 더욱 높다는 사실을 알 수 있다. 음악적 자극만을 제시한 경우에는 음악에 집중할 수도 있겠지만 그런 이유보다는 과제를 해결해야 하는 경우에 집중력이 더욱 증가하는 것으로 추정되는 결과로 생각된다.

진정성향의 음악적 자극과 자극성향의 음악적 자극을 제시하였을 경우, 피험자들의 집중력을 비교하기 위해서 피험자들의 과제 해결 답안에서 오답이 발생

한 건수를 조사해 보았다. 그 결과, 총 10명의 피험자 중에 6명의 피험자는 자극성향의 음악적 자극에서 더 많은 오답을 제출하였고, 두 종류의 음악적 자극에서 동일한 건수의 오답을 제출한 피험자 수는 3명이었고, 진정성향의 음악적 자극에서 오답이 더 많았던 피험자 수는 1명이었다. 아울러 음악적 자극의 종류에 따른 피험자들의 총 오답 건수는 진정성향의 음악적 자극에서 15건, 자극성향의 음악적 자극에서 24건으로 나타났다. 이와 같은 결과는 진정성향보다는 자극성향의 음악적 자극에 인간의 집중력이 감소된다고 추정할 수 있는 결과이다.

III. 결론

본 논문에서는 만 20~22세의 대학생을 대상으로 하여 음악적 자극의 종류에 따라 뇌파를 분석한 결과를 제시하였다. 인간의 집중력이 음악적 자극에 반응하는 상관성을 관찰하기 위해서는 음악적 자극 제시와 동시에 집중하여 해결하여야 할 과제를 제시하여 음악적 자극만이 제시되는 경우와 비교한 결과를 제시하고, 또한 진정성향과 자극성향의 음악적 자극이 인간의 집중력에 어떤 영향을 미치는 지를 추정할 수 있는 뇌파분석 결과를 제시하였다.

본 논문에서는 먼저 30초간의 간격을 두고 SMR과 α 중간-베타파의 파워 스펙트럼이 시간에 따라 변화하는 과정을 관찰한 결과, 두 종류의 뇌파성분 모두 음악적 자극만이 제시되는 경우보다는 과제를 해결하려고 집중하는 경우의 파워가 점진적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과를 보다 명확하게 하기 위하여 다음에는 음악적 자극만을 제시한 경우와 자극 제시와 동시에 과제를 해결해야 하는 경우의 뇌파를 분석 및 비교하였다. 그 결과, 두 뇌파성분의 파워 스펙트럼에서는 음악적 자극만을 제시한 경우보다 동시에 과제를 해결해야 하는 경우의 파워가 보다 높게 나타났다. 이 결과로부터 음악적 자극이 제시되는 경우에도 인간은 다른 형태의 업무에 더욱 집중력을 발휘하는 것으로 추정된다. 또한 과제에서의 오답 건수를 조사한 결과, 자극성향의 음악적 자극 환경에서의 오답 건수가 뚜렷이 많다는 결과를 확인할 수 있었다. 이것은 진정성향의 음악적 자극이 자극성

향의 음악적 자극보다는 인간의 집중력에 방해되지 않을 확률이 분명히 높다는 사실이 반영된 결과라고 생각된다.

본 논문의 결과로부터 종래 학습연령의 청소년들이 음악적 환경에서 공부하는 것이 그들의 집중력에 미치는 영향에 대하여 부분적이거나 과학적인 실험결과로서 확인할 수 있을 것으로 생각된다. 인간의 감성이란 다양하게 작용하므로 모든 인간에게 동일한 현상이 일어난다고는 할 수 없지만, 막연한 생각에서 비롯된 추측으로 두기보다는 인간의 감성에 대하여 과학적으로 실험하여 도출한 정량적인 결과가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비 (2016년)에 의해 연구되었음

References

- [1] 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.
- [2] J. Jo, "Performance comparison between localized and non-localized," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 9, 2016, pp. 917-922.
- [3] Y. Jang and J. 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.
- [4] Y. Jang and J. Han, "Relativity between concentration by letter visual stimulus and EEG signal," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, 2014, pp. 1277-1282.
- [5] 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.

- [6] 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 & Sessibility*, vol. 1, no. 1, 1998, pp. 135-143.
- [7] K. Trochidis and E. Bigand, "EEG-based emotion perception during music listening," *Proc. of the 12th Int. Conf. on Music Perception and Cognition*, Thessaloniki, Greece, July 23-28, 2012, pp. 1018-1021.
- [8] A. Bajoulvand, R. Marandi, M. Daliri, and S. Sabzpoushan, "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.
- [9] E. Taston, *Man and music*. New York: Macmillan, 1968.
- [10] E. Kim. "The effects of musical stimulus on EEG spectra of listeners," *Korean J. of Music Therapy*, vol. 7, no. 1, 2005, pp. 1-18.

윤홍주(Hong-Joo Yoon)



1983년 부경대학교 해양공학과 졸업 (공학사)
 1985년 부경대학교 대학원 해양공학과 졸업(공학석사)
 1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사전공 졸업(공학박사)
 2010년 부산대학교 대학원 융합기술정책 박사수료
 1997년~1999년 기상청 기상연구소 원격탐사연구실 기상연구관
 1999년~2002년 전남대학교 해양공학과 교수
 2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수
 2014년 한국전자통신학회 부회장
 2015년 행정공간정보화연구소 소장
 2016년 (사)한국생태공학회 회장
 ※ 관심분야 : 원격탐사 & GIS, 공간정보정책학

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