

# Comparative Study using EEG between Music Major Group and Non-major Group

Su-Yeon Jeong<sup>1</sup>, Hyeseung Lee<sup>2</sup>, Naesun Lee<sup>3</sup>, Doo-Hyun Choi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>School of Electronics Engineering and Computer Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

<sup>2</sup>Department of Music Education, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

<sup>3</sup>Department of Music and Visual Arts, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

<sup>4</sup>School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

## ABSTRACT

**Objective:** This paper is to analyze the impact of musical training to the fast  $\alpha$  wave activation of the EEG. **Background:** EEG is neurological research method that can observe the brain function in real time. EEG can be used to determine the nervousness and relaxedness of a person who receives stimuli in a structured environment. Therefore, it is possible to interpret the functional state of human brain by the analysis of EEG. **Method:** The brain activities of two groups of university students in the point of RFA(Relative Fast Alpha) caused by different music are analyzed in this paper. One is the group of music majors and the other is the group of non-majors. **Results:** Music major and non-major groups show meaningful differences in RFA during exposed to classic and metal music. **Conclusion:** Learning experience on music affects RFA increment of music majors. **Application:** The result of this study will be used as basic data to evaluate the learning effects of students who want to study music.

Keywords: EEG, RFA, Classic music, Metal music

## 1. Introduction

인간은 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 등을 통해 외부에서 정보를 받아들인다. 이 중 청각 정보는 인간의 귀를 통해 뇌로 전달되며, 다양한 청각 자극에 의해 뇌파가 활성화 된다. 가장 원초적인 청각 정보 중의 하나인 음악은 박자, 선율, 화성, 음색 등 일정한 법칙과 형식에 의해 멜로디를 구성한다(Kim, 2004; Jeong, 2013). 음악은 멜로디가 지닌 구조와 에너지 성향에 따라 사람을 흥분시키고 다양한 신체반응을 유도한다. 음악이 인간에게 주는 신체반응은 인지와 학습능력을 향상시켜주고(Rauscher et al., 1998), 혈압을 감소

시키며(Sutoo and Akiyama, 2004), 간질과 같은 다양한 증상을 개선시켜준다(Johnson et al., 1998). 또한 음악은 스트레스를 감소시키고, 정신적 안정에 도움을 주며, 신진대사와 심장박동에도 영향을 미친다(Kulkarni, 2012). 음악의 리듬은 음악을 역동적으로 만들어 리듬적 움직임 같은 신체적 반응을 일으키고, 심장박동 속도나 호흡을 포함한 자율신경반응에도 영향을 미친다. 음악의 템포는 피부온도를 상승시키며, 정서와 관련하여 빠르거나 느린 템포보다는 적절한 템포일 때 긍정적인 정서를 느끼게 된다. 그리고 장조는 밝고 긍정적인 느낌을 주며, 단조는 어둡고 부정적인 느낌을 준다(Kim, 2011; Kim, 2004; Cho, 2010).

이렇듯 음악은 정신적, 육체적으로 다양한 반응을 일으키

Corresponding Author: Doo-Hyun Choi, School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701.

Phone: +82-53-950-7576, E-mail: [dhc@ee.knu.ac.kr](mailto:dhc@ee.knu.ac.kr)

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

고 이러한 영향을 밝히려는 연구들이 계속 진행되고 있다. Kadir(2010) 등은 Classic 음악을 듣는 사람은 이해력이 향상되었고, Rock 음악을 듣는 사람은 집중력이 저하되었다고 하였다. 또한 Rock 음악에 노출된 사람은 호흡과 심장박동이 평소보다 증가되었다고 한다. Yao 등(2009)은 모차르트 음악과 Horror 음악에 노출된 두 집단의 쥐 실험을 통해 모차르트 음악이 쥐의 학습기억능력을 향상시켰음을 확인하였다. Hassan 등(2011)은 바이올린 연주 음악이 인간의 마음을 진정시키고 좌뇌와 우뇌의 균형적인 뇌파를 발생시켜 인간의 학습력과 창의력을 향상시켰음을 보였다. Ho 등(2003)은 음악 훈련을 받은 학생들은 일반인 보다 더 큰 좌뇌를 가지고 있었고, 음악 훈련을 통해 언어기억력을 향상시킬 수 있다고 하였다.

인간의 두뇌 기능 상태를 관찰할 수 있는 방법으로 뇌파가 자주 활용된다. 뇌파는 두뇌의 기능 상태를 실시간으로 관찰할 수 있는 유용한 신경 과학적 연구 방법이다. 뇌파는 뇌 신경 세포의 활성화에 수반되어 일어나는 전류의 총합을 두피상에 여러 개의 전극을 부착하여 탐지하고 기록한 파형이며, 이 파형을 분석하여 피험자가 어떤 자극을 받았을 때 긴장이나 쾌적한 정도를 판단하는 근거로 사용될 수 있다. 따라서 뇌파 신호로부터 우세하게 출현하는 파형의 분석을 통해 인간 행동에 따른 두뇌 기능 상태에 대한 해석이 가능하다(Kim, 2004).

본 논문의 목적은 음악적 학습 경험이 인간에게 미치는 영향을 뇌파의 활성화도로 분석하고자 한다. 음악 전공자와 비전공자를 비교 대상으로 하여 두 집단 사이의 뇌파 활성화도의 차이를 비교하고, 이 결과를 바탕으로 음악 훈련이 인간의 학습 능력을 향상시키는 데 활용될 수 있는지를 파악하는 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. Research Methods

### 2.1 EEG

뇌파(EEG; Electroencephalogram)는 피질막 신경 세포의 전기적 방전에 의한 활동을 머리표면에 부착한 전극에 의해 비침습적으로 측정된 전기 신호이다. 뇌파 신호는 뇌의 활동 상태와 측정 시의 심리 상태 및 뇌기능에 따라 시공간적으로 변화하며, 이에 따라 뇌파 신호는 주파수에 따른 대역 별 특성, 시간 영역에서의 특성, 그리고 뇌기능과 관련된 공간적 특성을 갖고 있다. 뇌파는 저주파에서 고주파 영역 순으로 델타( $\delta$ ), 세타( $\theta$ ), 알파( $\alpha$ ), 베타( $\beta$ ), 감마( $\gamma$ )파로 나뉜다(Kwon, 2011).

$\alpha$  파는 8~13Hz의 주파수 대역으로 뇌파의 기본이 되며

기본파, 기초 율동 등으로 표현되고 있다. 정상인의 경우 각성, 안정, 편안 상태에서 잘 나타나며 특히 후두부에서  $\alpha$  파의 출현이 두드러진다.  $\alpha$  파는 편안하고 느긋한 정신적 안정 상태, 조용한 음악 감상 시나 명상 상태, 긴장이완 같은 상태일 때 우세하게 출현하는 안정파이다.  $\alpha$  파를 많이 만들어 내는 사람들은 건강하고 스트레스에 지배되지 않으며,  $\alpha$  파가 결핍되면 불안과 스트레스 상태로 파악되며, 심할 경우 뇌의 손상 또는 질병을 유발할 수도 있다.  $\alpha$  파를 더 많이 생성하도록 소리자극이나 음악 청취 등을 통해 사람에게서 깊은 이완 상태를 유도할 수도 있다(Kwon, 2011). 반면 뇌 신경들이 많은 에너지를 소모할 때  $\beta$  파가 우세하게 발생하며, 이 상태가 지속되면 뇌는 정보처리나 반응이 저하된다.  $\alpha$  파는 주로 의식 상태일 때 많이 나타나며, 특정 업무를 끝내고 휴식을 가질 때 주로 발생한다(Hassan et al., 2011). 이는 이완과 긴장이 적절히 반복되어  $\beta$  파로의 이행을 쉽게 만들어 줌으로써 집중력 저하를 완화시켜준다. 뇌는 긴장 상태에서  $\alpha$  상태로 돌아와  $\beta$  파를 준비시키는 상태가 지속될 때 주의집중이 가장 효과적으로 이루어지므로 주의집중에 있어  $\alpha$  파는 중요한 역할을 한다. 그러므로 음악의 학습효과에 관한 연구는 일반적으로  $\alpha$  파에 초점을 맞춘다(Hassan et al., 2011; Jeong and Choi, 2012).

본 논문에서는  $\alpha$  파를 Slow  $\alpha$  파와 Fast  $\alpha$  파로 구분하였다. Slow  $\alpha$  파는 8~10Hz의 주파수 영역을 가지며, 보다 이완되고 편안한 상태에서 나타난다. Fast  $\alpha$  파는 10~13Hz의 주파수 영역을 가지며, 집중 및 마음이 편안한 상태에서 나타난다(Kwon, 2011).

### 2.2 Music

음악은 리듬, 화성, 템포, 역동성, 음의 결합 상태, 선율 등 구성하는 요소에 따라 인간에게 다양한 정서반응을 일으킨다. 리듬은 음악을 역동적으로 만들어 리듬적인 움직임 같은 신체적 반응을 일으키고, 심장박동 속도나 호흡을 포함한 자율신경반응에도 영향을 미친다. 음악을 감상한 피험자들은 템포에 의해서 피부온도가 변화하였으며, 빠르거나 느린 템포보다는 적절한 템포일 때 긍정적인 정서를 느낀다. 그리고 장조에는 밝고 긍정적인 느낌을 받으며, 단조에는 어둡고 부정적인 느낌을 받는다(Kim, 2011; Kim, 2004; Cho, 2010).

본 연구에서는 음악의 유형을 진정 음악(sedative music)과 자극 음악(stimulative music)으로 나누었다. 진정 음악으로는 리듬이 대체로 길고 지속적이며 선율의 변화가 부드럽고 작은 역동성을 지닌 클래식(Classic) 음악을 선곡하였다. 자극 음악으로는 독립적이고 타악기적인 소리를 갖는 강한 리듬과 빠른 속도나 큰 음량을 지닌 메탈(Metal) 음악을 선곡하였다. 클래식 음악은 Bach의 건반음악 "Goldberg

Variation" 중 아리아(aria) 부분을 피아노 연주로 녹음한 음악을 선택하였고, 메탈 음악은 Joe Stump의 "Speed Meta Messiah"의 음악을 선택하였다. Bach 음악은 템포가 느리며, 강박에 음이 정확히 나오기 때문에 편안함과 안정감을 제공한다. 또한 음악의 여러 요소 중 선율적 요소가 청취에 강하게 작용하고, 음악의 조적이 4마디의 악구로 구성되어 있으므로 규칙성에 의해 감상 시 안정감을 느끼게 한다. 반면 본 실험에서 사용한 메탈 음악의 특징은 선율적인 요소보다는 기타와 드럼의 강한 비트가 청취에서 주된 요소로 작용하며, 악구의 반복과 대조 같은 규칙성이 작용하지 않으므로 긴장감을 고조시킨다. 메탈 음악은 높은 dB의 출력을 이용한 강하고 무거운 볼륨이 특징이다. 또한 거칠고 강한 일렉기타의 음색, 부수는 듯한 드럼, 그리고 크게 외쳐대는 사운드 창법의 보컬 등이 메탈 음악의 특징을 이루지만, 본 연구에서는 클래식 음악과 메탈 음악 두 자극에 대한 변수의 차이를 줄이기 위해 보컬이 들어가지 않은 악기로만 구성된 메탈 음악을 선택하였다(Kim, 2004; Ha, 1996).

**2.3 Experimental environment**

본 연구는 음악 전공자 9명과 비전공자 9명, 총 18명을 대상으로 실험하였으며, 청각이나 시각에 특별한 질병이 없는 만 19세~25세 사이의 남녀 대학생들을 피험자로 선정하였다. 음악 전공자들은 음악 학습 경험을 반영하여 음악학과 3~4학년의 학생들로 구성하였다. 비전공자들은 음악 전공과 관련이 없는 다양한 전공으로 구성하였고, 실험 전 설문지를 통해 피험자의 음악에 대한 교육 이수 여부를 확인하였다. 본 연구에서 피험자들의 EEG를 측정하기 위해 전산화 폴리그래프 시스템(모델명: PolyG-A, LAXTHA Inc.) 장비를 사용하였으며, 피험자의 뇌파는 256Hz 샘플링 주파수로 컴퓨터에 저장되었다. 음악 유형에 따른 뇌파 비교를 위해서 눈을 감은 상태에서의 Reference 뇌파와 음악 자극 동안의 뇌파를 측정하였으며, 안구의 움직임을 최소화하기 위해 안대를 착용하였다.

EEG는 머리표면 총 6부위에서 모노폴라 방식으로 측정하였다. Figure 1의 10-20 국제전극배치법에 따라 뇌의 전두엽과 측두엽을 중심으로 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4 위치에 측정 전극을 부착하였다. 일반적으로 전두엽은 대뇌의 앞부분으로 고도의 인지, 감정 및 정신적 기능을 담당하며, 측두엽은 청각, 기억, 감정 기능과 관련된 청각정보 처리능력의 기능을 담당한다. 대뇌의 맨 뒤쪽에 위치한 후두엽은 시각정보 처리 기능을 담당하고 있기 때문에 본 연구에서는 측정 부위에서 제외하였다(Kim, 2004; Kwon, 2006; Choi, 2011). 접지 전극(GND)은 왼쪽 귓볼(A1)에 부착하였고, 기준 전극(Ref)은 오른쪽 귓볼(A2)에 부착하였다. 사용된 전극은

금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극이며, 피부와의 접촉 저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리표면의 이물질을 닦아낸 후 접시 전극에 뇌파전용 전극 풀을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 거즈를 살짝 덮어줌으로써 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되어 있도록 하였다.

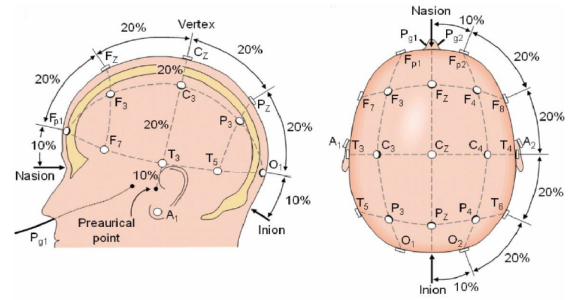


Figure 1. 10~20 System(Kwon, 2006)

**2.4 Sequence of experiment**

각 음악 자극은 음악이론을 전공한 교수님들의 자문을 받아 선택하였다. 음악 자극은 2.2절에서 설명한 바와 같이 클래식 음악은 Bach의 음악, 메탈 음악은 Joe Stump의 음악을 선택하였다. 먼저 3분 동안 Reference 뇌파를 측정한 후, Figure 2와 같이 클래식 음악과 메탈 음악을 제시하였다. 각 자극 사이에는 이전 자극의 영향을 최소화하기 위해 2분 동안의 휴식시간을 주었고, 자극 순서에 대한 영향을 제거하기 위해 각 피험자마다 자극을 Random하게 제시하였다. 그리고 눈 움직임을 최소화하기 위해 안대를 착용한 상태에서 음악을 들려주고 뇌파를 측정하였다. 측정시간은 한 사람당 약 13분의 시간이 소요되었다.

Reference	Rest	Classic	Rest	Metal
3m	2m	3m	2m	3m

Figure 2. Experimental sequence

**3. Result & Analysis**

**3.1 Analysis method**

수집된 EEG 신호의 분석을 위해서 LAXTHA에서 제공

하는 데이터 수집 및 분석 도구(Telescan)를 사용하였고, Power spectrum 분석을 통해 상대파워 스펙트럼의 주파수 대역 별 성분과 변화를 분석하였다. 음악 전공자 집단과 비전공자 집단 간의 유의미한 차이를 알아보기 위해 통계적 검정인 일원배치 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 이용해  $p < .05$  이하인 경우 통계학적으로 의미가 있는 것으로 판단하였다. 그리고 표본 집단은 음악 전공자 집단과 비전공자 집단으로 나누어 비교 분석하였으므로 사후분석은 실행하지 않았다.

### 3.2 RFA comparison between music major group and non-major group

Table 1과 2는 각각 클래식 음악과 메탈 음악을 들었을 때의 전공 여부에 따른 RFA(Relative Fast Alpha)의 일원배치 분산분석의 검정 통계량을 나타낸 표이다. 클래식 음악 자극에 대한 전공자와 비전공자 집단의 차이를 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4 영역에서 음악 전공자 집단이 비전공자 집단보다 RFA가 통계적으로 유의미한 수준에서 높게 나타났다( $p < .05$ ). 메탈 음악 자극에 대한 전공자와 비전공자 집단의 차이를 알

Table 1. RFA ANOVA statics about Classic music stimulus

	집단	평균	표준편차	<i>p</i>
Fp1	음악전공자(9)	.105211	.0616697	.016
	비전공자(9)	.045448	.0246136	
	합(18)	.075329	.0549566	
Fp2	음악전공자(9)	.109015	.0676412	.017
	비전공자(9)	.045086	.0242050	
	합(18)	.077051	.0592507	
F3	음악전공자(9)	.140104	.0771197	.007
	비전공자(9)	.056573	.0247096	
	합(18)	.098338	.0702361	
F4	음악전공자(9)	.134912	.0842404	.009
	비전공자(9)	.048893	.0211753	
	합(18)	.091903	.0742235	
T3	음악전공자(9)	.111349	.0459967	.023
	비전공자(9)	.065803	.0293434	
	합(18)	.088576	.0441581	
T4	음악전공자(9)	.117922	.0790294	.028
	비전공자(9)	.051671	.0236281	
	합(18)	.084796	.0660582	

Table 2. RFA ANOVA statics about Metal music stimulus

	집단	평균	표준편차	<i>p</i>
Fp1	음악전공자(9)	.100499	.0678223	.074
	비전공자(9)	.054388	.0252169	
	합(18)	.077443	.0550155	
Fp2	음악전공자(9)	.102360	.0676897	.059
	비전공자(9)	.052870	.0274507	
	합(18)	.077615	.0562061	
F3	음악전공자(9)	.137140	.0721658	.014
	비전공자(9)	.065054	.0318168	
	합(18)	.101097	.0655946	
F4	음악전공자(9)	.134365	.0799623	.009
	비전공자(9)	.053049	.0197595	
	합(18)	.093707	.0703065	
T3	음악전공자(9)	.094603	.0400916	.052
	비전공자(9)	.061860	.0242483	
	합(18)	.078231	.0362888	
T4	음악전공자(9)	.112311	.0647469	.037
	비전공자(9)	.058273	.0302062	
	합(18)	.085292	.0563484	

아보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과 F3, F4, T4 영역에서 음악 전공자 집단이 비전공자 집단보다 RFA가 통계적으로 유의미한 수준에서 높게 나타났다( $p < .05$ ).

Table 3은 외부 자극이 없는 Reference 상태일 때 전공 여부에 따른 RFA의 일원배치 분산분석의 검정 통계량을 나타낸 표이다. 음악 자극이 없는 상태일 때 전공자 집단과 비전공자 집단의 차이를 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4에서 음악 전공자 집단이 비전공자 집단보다 RFA가 통계적으로 유의미한 수준에서 높게 나타났다( $p < .05$ ).

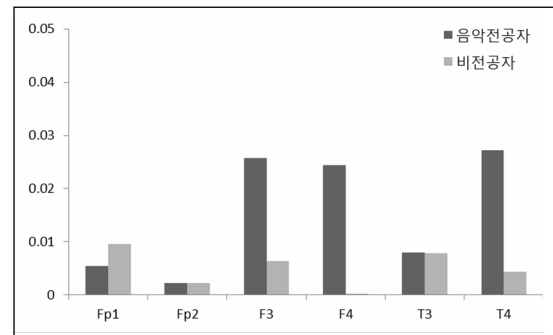
과거에 음악을 지속적으로 학습한 전공자 집단의 RFA가 Reference 상태에서 비전공자 집단보다 더 높게 나타남으로써 음악 훈련이 인간의 RFA를 인위적으로 증가시킴을 확인할 수 있다. 또한 음악 자극이 제시될 때 전공자 집단은 비전공자 집단보다 음악에 대한 RFA의 변화량이 더 크게 발생함으로써 음악 훈련을 한 집단이 음악에 대해 더 민감하게 반응함을 확인하였다. 이러한 사실을 근거로 음악 훈련을 받은 집단에게 음악을 들려주는 것이 RFA를 향상시키는 데 더 효과적이라고 추정할 수 있다.

Figure 3은 Reference 상태를 기준으로 클래식 음악을 들을 때 전공자 집단과 비전공자 집단의 RFA 변화량을 그래프로 나타내었다. 클래식 음악을 들을 때 음악 전공자 집

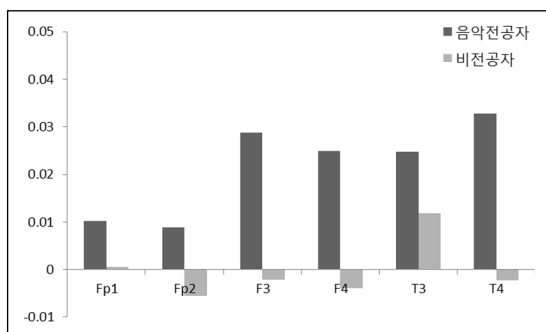
**Table 3.** RFA ANOVA statics during Reference state

	집단	평균	표준편차	<i>p</i>
Fp1	음악전공자(9)	.095083	.0354438	.003
	비전공자(9)	.044845	.0233847	
	합(18)	.069964	.0389436	
Fp2	음악전공자(9)	.100167	.0415776	.006
	비전공자(9)	.050638	.0215677	
	합(18)	.075403	.0410094	
F3	음악전공자(9)	.111375	.0320137	.001
	비전공자(9)	.058723	.0257372	
	합(18)	.085049	.0390875	
F4	음악전공자(9)	.110015	.0312772	.000
	비전공자(9)	.052764	.0183094	
	합(18)	.081390	.0385453	
T3	음악전공자(9)	.086637	.0213346	.004
	비전공자(9)	.054038	.0201398	
	합(18)	.070338	.0261986	
T4	음악전공자(9)	.085153	.0262918	.017
	비전공자(9)	.053894	.0234740	
	합(18)	.069523	.0290388	

로 증가하는 모습을 보였고, 특히 음악 전공자 집단은 F3, F4, T4 영역에서 클래식 음악을 들었을 때 유사한 결과를 보였다. 다소 자극적인 새로운 음악 자극에 대해 두 집단 모두 RFA의 전반적인 증가를 보이지만, 음악 전공자 집단이 F3, F4, T4 영역에서 클래식과 유사한 결과를 보이는 것은 과거의 음악 훈련이 새로운 음악 자극에 대해서도 유효한 영향을 주는 것으로 해석될 수 있다



**Figure 4.** RFA variation when listen to Metal music



**Figure 3.** RFA variation when listen to Classic music

단의 RFA는 Reference 상태에 비해 전 부위에서 공통적으로 증가하였다. 반면 비전공자 집단의 RFA는 일부 감소하거나 증가하였고, 전공자 집단과 비교해 RFA 변화 특징이 명확히 차이가 난다. 이를 근거로 과거의 음악 훈련이 음악 자극에 유효한 영향을 주는 것으로 추론할 수 있다.

Figure 4는 Reference 상태를 기준으로 메탈 음악을 들을 때 전공자 집단과 비전공자 집단의 RFA 변화 량을 그래프로 나타내었다. 메탈 음악을 들을 때 음악 전공자 집단과 비전공자 집단의 RFA는 Reference 상태에 비해 전반적으

### 4. Conclusion

본 논문에서는 음악을 들을 때 음악 전공자 집단과 비전공자 집단의 RFA에서의 차이를 확인하였다. 음악 전공자 9명과 비전공자 9명, 총 18명을 대상으로 실험이 진행되었다. 10-20 국제전극배치법을 참조하여 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4에 전극을 부착하고 뇌파를 측정하였다. 측정된 EEG 신호는 상대파워 스펙트럼 분석으로 RFA의 평균을 비교하였고, 음악 자극으로는 클래식 음악과 메탈 음악이 사용되었다.

실험 결과 클래식 음악을 들을 때는 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4 영역에서 음악 전공자 집단과 비전공자 집단간에 RFA의 평균에서 유의미한 차이가 났고, 메탈 음악을 들을 때는 F3, F4, T4에서 유의미한 차이가 났다. 해당 전극 부위에서는 음악 전공자 집단의 RFA 평균이 비전공자 집단보다 더 높게 나타났다. 음악 전공자 집단은 자극이 없는 Reference 상태에서도 비전공자 집단보다 RFA가 더 높게 나타났다. 음악 자극이 제시되었을 때 음악 전공자의 RFA는 유의미하게 증가하였지만 비전공자의 RFA는 증가하지 않았다. 따라서 음악 훈련을 받은 집단에 음악을 들려주는 것이  $\alpha$ 파를 향상시키는 데 더 효과적이라는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구로 과거의 음악 훈련이 인간의  $\alpha$ 파에 영향

을 미쳤음을 확인하였으며, 음악 훈련이 인간의  $\alpha$  파를 인위적으로 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 결과를 기반으로 향후 음악 교육을 활용해 인간의 특정 뇌파를 향상시켜 다른 주체의 학습 능력 향상을 시도하는 연구로 발전할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 음악 전공자들과 비전공자들의 음악 지식에 대한 개인 차나 관심 등을 반영하지 못하였다. 추후 연구에서는 피실험자의 음악 지식과 관심 정도 등을 고려하여 데이터를 분석해야 할 것이다.

## Acknowledgements

This research was supported by Kyungpook National University Research Fund, 2012.

## References

- Choi, Sungsoo, "The effects of a color environment on the emotional evaluation of space- focusing on the theory of MBTI personality classification and the cross tabulation analysis of brain waves", *Journal of Korean society of Design Science*, Vol. 11, No. 4, pp. 561-573, 2011.
- Cho, Nam-Jung, "The effects of visual and auditory rhythmic stimulation in balance and gait in patients with stroke", *Department of physical therapy, Graduate School of Seonam University*, 2010.
- Ha, Sae Min, "Heavy metal encyclopedia", Seoul, 1996.
- Hassan, H., Murat, Z.H., Ross, V., Mohd-Zain, Z. and Buniyamin N., "Enhancing learning using music to achieve a balanced brain", *ICEED*, pp. 66-70, 2011.
- Ho, Y.C., Cheung, M.C. and Chan, A.S., "Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children", *Neuropsychology*, vol. 17, No. 3, pp. 439-450, 2003.
- Jeong, Su-Yeon, "Analysis of EEG activity of twentieth adults for artistic stimulation based on relative power", *Graduate School of Kyungpook National University*, 2013.
- Jeong, Su-Yeon, and Choi, Doo-Hyun, "Analysis of interrelation between EEG and learning experience on music", *CICS 2012*, pp. 125-126, 2012.
- Johnson, J.K., Cotman, C.W., Tasaki, C.S. and Shaw G.L., "Enhancement of spatialtemporal reasoning after a Mozart listening condition in Alzheimer's disease: a case study", *Neurol Res.*, Vol. 20, No. 8, pp. 666-672, 1998.
- Kadir, R.S.S.A., Ghazali, M.H., Murat, Z.H., Taib M.N., Rahman, H.A. and Aris, S.A.M., "The preliminary study on the effect of nasyid music and rock music on brainwave signal using EEG", *ICEED*, pp. 58-63, 2010.
- Kim, Dong Ju, "The effects of creative music therapy program on the improvement of children's learning motivation", *Department of education, Graduate school Dankook University*, 2011.
- Kim, Eun young, "The effects of musical stimulus on EEG spectra of listeners", *Graduate school of music therapy, Sookmyung Women's University*, 2004.
- Kulkarni, D.G., "Impact of music on knowledge transfer in higher education segment", *IJMCS*, Vol. 1, No. 4, pp. 43-48, 2012.
- Kwon, Eun jin, "The influence of music tempo on arousal, shooting performance and brain wave during free performance routine", *Department of physical education, Graduate school of Kyungpook National University*, 2011.
- Kwon, Mahn-Woo, "Message stimulus and human brainwave responses - Experimental study of EEG measurement", *Department of Journalism and Mass Communication, Korea University*, 2006.
- Rauscher, F.H., Robinson, K.D. and Jens, J.J., "Improved maze learning through early music exposure in rats", *Neurol Res.*, Vol. 20, pp. 427-459, Jul. 1998
- Sutoo, D. and Akiyama, K., "Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation", *Brain Res.*, Vol. 1016, pp. 255-317, Mar. 2004.
- Yao, J., Xia, G.Y., Dai, S.J., Fang, G.Z., Guo, H. and Yao, D.Z., "Enhancement of spatial learning-memory in developing rats via Mozart music", *Journal of electronic science and technology of china*, Vol. 7. No. 1, pp. 47-50, 2009.

## Author listings

**Su-Yeon Jeong:** otawang9@ee.knu.ac.kr

**Highest degree:** M.D, School of Electronics Engineering and Computer Science, KNU

**Position title:** Researcher, School of Electronics Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

**Areas of interest:** EEG, Computational Intelligence, Computer Vision

**Hyeseung Lee:** hallolhs@hanmail.net

**Highest degree:** M.D, Department of Music Education, KNU

**Position title:** Researcher, Science of Arts Institute

**Areas of interest:** EEG, Tonal Music, Music Education

**Naesun Lee:** nscecile@knu.ac.kr

**Highest degree:** PhD, University of Sorbonnes Paris-IV

**Position title:** Professor, Department of Music and Visual Arts, KNU

**Areas of interest:** Music Theory, Analysis of Tonal Music, Style of Music, Recognition of Music

Date Received : 2013-03-21

Date Revised : 2013-08-09

Date Accepted : 2013-08-22

**Doo-Hyun Choi:** dhc@ee.knu.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Electrical Engineering, Postech

**Position title:** Professor, School of Electronics Engineering and Computer, KNU

**Areas of interest:** Human Factors, Computational Intelligence, Computer Vision/Robot Vision, Mobile Robot System, Signal Processing