

**ORIGINAL ARTICLE**

# A Study on the Electrophysiological Response of the Cerebral Cortex by Olfactory Stimulation: Alpha Activity

Ji-Hyuk Kang

Department of Biomedical Laboratory Science, College of Health and Medical Science, Daejeon University, Daejeon, Korea

## 후각자극에 의한 대뇌겉질의 전기생리학적 반응에 대한 연구: 알파 활동도

강지혁

대전대학교 보건의료과학대학 임상병리학과

**ARTICLE INFO**Received October 15, 2019  
Revised 1<sup>st</sup> October 24, 2019  
Revised 2<sup>nd</sup> October 25, 2019  
Accepted October 25, 2019**Key words**Alpha activity  
Electrophysiological response  
Olfactory stimulation**ABSTRACT**

Many studies in recent decades have revealed that olfactory stimulation by perfume or malodor inhalation exerts various psychological and physiological effects on humans. The most recent studies have examined the electrophysiological response of olfactory stimulation on the activity of human cortical nerve cells. The purpose of this current study is to quantitatively analyze what changes occur in the alpha activity in healthy participants (N=12) on olfactory stimulation using two types of odors (acacia and butanol). Exposure to the odor of acacia perfume was associated with a significant increase (66.7%) in alpha activity when compared with that of the no-odor background EEG. Exposure to the odor of butanol was associated with a significant reduction (33.3% to 41.7%) in EEG alpha activity when compared with that of the no-odor control. The results of this study demonstrated the potential to alter the cerebral cortex activity by olfactory stimulation. The results also suggest that olfactory perception has stimulatory effects on the function of the nervous system. In other words, it could be concluded from this study that inhalation of olfactory stimulation affected brain wave activities and mood states. Further research is needed to completely understand and describe the electrophysiological effects of different odors on the central nervous system.

Copyright © 2019 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

**서론**

뇌파(electroencephalogram, EEG)는 대뇌겉질 신경세포(cerebral cortical neuron)에서 발생하는 미세한 전위변화를 뇌파계를 이용하여 체외로 도출하고, 증폭하여 일정한 유도법에 의하여 파형으로 기록한 전기생리학적 기록법이다[1]. 사람

의 뇌파 주파수 범위는 0.5 Hz~40 Hz정도이고, 뇌파형은 헤르츠(Hz) 대역에 따라 델타파, 세타파, 알파파 및 베타파로 구분된다. 그 중 알파파는 각성상태의 지표로서 기초율동이라 불리어지며, 사람의 각성 뇌파에서 가장 주체를 이루는 율동이다[2]. 알파파는 안정, 각성, 폐안에서 마루부위부터 뒤통수부위에 걸쳐서 출현하며 명상, 최면상태, 심신안정감, 의식증가, 집중력 증가 및 기억력 증가에서 활동도가 증가하는 것으로 알려져 있다[3]. 뇌파검사는 시간분해능(temporal resolution)이 매우 우수하므로 시시각각 변화하는 뇌의 생리적 변화를 관찰하는데 최적의 검사기법으로 알려져 있다[4]. 따라서 뇌의 기질적 질환

\* Corresponding author: Ji-Hyuk Kang

Department of Biomedical Laboratory Science, College of Health and Medical Science, Daejeon University, 62 Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon 34520, Korea  
E-mail: shigella@naver.com\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7457-8265>

이외에도 사람의 감정변화, 의식상태 및 외부자극 등으로부터 기인하는 생리적 변화에 의해서도 반응하는 뇌파의 반응성 (reactivity)을 이용하여 사람을 대상으로 후각자극(olfactory stimulation)에 의한 뇌파의 변화를 관찰하기 위한 많은 연구가 국내외적으로 진행되어 왔다[5-9]. 자극하는 향기의 종류, 노출 방법 및 시간 등에 따라 다양한 실험에서 다양한 결과들이 보고 되고 있으며[10], 이는 결국 냄새에 의한 후각 자극이 어떻게든 뇌파의 변화를 유발한다는 것을 과학적으로 증명해 왔다.

본 연구에서는 후각 자극에 대한 알파파의 전기생리학적 반응성을 정량적으로 분석하고, 설문문을 통하여 생체가 관능적으로 느끼는 민감도지수(sensitivity index)와의 비교를 통하여 후각 자극이 대뇌에 미치는 영향을 연구하고자 한다. 단시간 동안의 향긋한 냄새와 악취에 대한 알파파의 평가에 대한 본 연구 결과는 중추신경계의 반응기전에 대한 기초자료를 제공하고, 뇌과학, 심리학, 환경과(공)학, 산업의학 등 다양한 연구 분야에 접목할 수 있는 타당성의 근거를 제시하며, 뇌파 인식을 기반으로 한 BCI (brain computer interface) 기술과 같은 IT 기반 센서 관련 산업 분야에 활용될 수 있는 연구정보제공의 단초가 될 것으로 판단된다.

**자료 및 방법**

**1. 연구대상**

본 실험에 참여한 피험자는 만16세 남성 12명으로 자발적 지원자를 대상으로 시행하였다. 피험자에게는 연구결과에 영향을 미칠 수 있는 세부사항을 제외하고, 연구에 대한 일반적인 과정만을 설명하고 실험을 진행하였다. 또한 비침습적, 일회성의 후각자극을 가하는 실험방법인 점과 개인의 결과를 특정할 수 없다는 점을 충분히 설명하고 동의를 얻었다. 뇌파에 영향을 미칠

수 있는 약물복용, 뇌질환 과거력 및 후각 기능에 장애가 없는 건강한 피험자를 대상으로 하였다.

**2. 연구방법**

**1) 연구체계**

각 피험자의 기본뇌파를 측정(segment A)하고, 다음으로 향취(segment B) 및 악취(segment C)를 맡게 하면서 연속해서 뇌파를 측정하였다(Figure 1). 향취유발에는 아카시아 향기를 흡입시키고, 악취유발을 위해서는 부탄올(butanol) 시료를 희석하여 사용하였다. 각 시점별 후각자극에 대한 알파파의 변화를 정량적으로 분석하고, FFT (fast Fourier transform) mapping 분석 기반의 통계학적 유의성을 검정하였다. 또한, 관능평가로서 악취에 대해서는 민감도지수(sensitivity index)를 측정하기 위하여 설문지검사를 통한 정성적 평가를 수행하였다. 뇌파기록 중 실험자는 피험자의 각성상태 유지 및 최적의 뇌파기록을 유도하기 위하여 눈뜨기, 눈감기를 실시하며 알파파의 재현성을 유지하고, 심전도 모니터링을 함께 시행하였다.

**2) 연구장비**

후각자극 노출 전, 후 뇌파기록의 전 과정에서 심전도 모니터링(Cardioia-800, Tris Med, Korea)을 실시하여 자율신경계의 변화에 의한 영향을 배제하기 위해 심전도 기록 감시 하에 뇌파를 기록하였다. 뇌파의 기록은 뇌파측정기(EEG-1200K, Nihon Kohden, Japan)를 이용하여 Modified 10-20 system으로 10채널을 기록하여 단극유도 몽타주(monopolar montage)로 알파파의 변화를 분석하였다.

**3) 뇌파 몽타주**

뇌파검사의 국제표준법인 10-20 전극부착시스템을 연구의

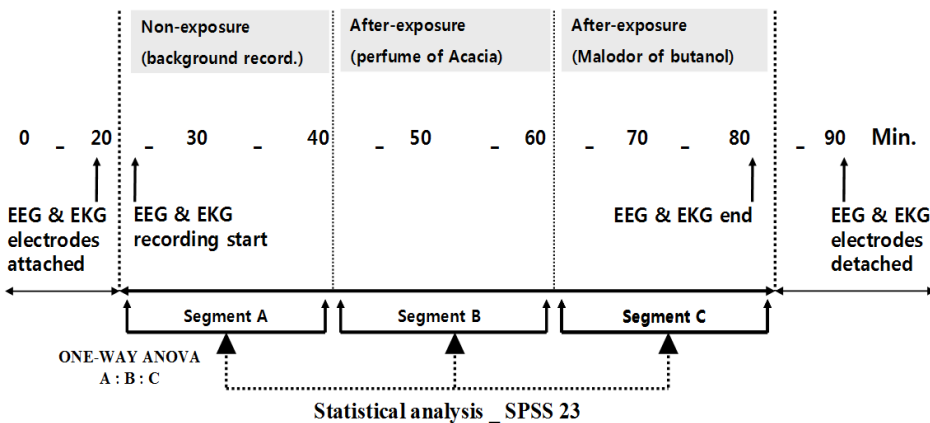


Figure 1. Experiment design for olfactory stimulation and statistical analysis method.

취지에 더 알맞도록 변형(modify)하여 향취와 악취 냄새 자극에 대한 알파파의 결과를 적절히 평가할 수 있는 몽타주를 고안하였다(Figure 2). 알파파의 정량적 분석을 위해 좌반구는 O<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> 유도를, 우반구는 O<sub>2</sub>-A<sub>2</sub> 유도에서 진폭의 변화를 분석하였다.

### 3. 분석 방법

#### 1) 알파파의 정량평가

뇌파의 분석에서 냄새자극 없이 기록한 기본뇌파 측정구간을 'A', 향취자극 하에 기록한 구간의 뇌파를 'B', 악취자극 하에 측정된 뇌파구간을 'C'로 지정하여, A-B-C구간의 알파파 활동도를 일원배치 분산분석으로 유의성검정을 실시하였다(Figure 1).

#### 2) 관능평가(sensory test)

악취에 대한 알파파 변화의 정량적 분석과 피험자가 느끼는 주관적 느낌을 비교·분석하기 위하여 뇌파기록 후, 설문조사를 실시하여 악취에 대한 민감도를 5단계 척도를 기준으로 정성적으로 평가하였다. 각 문항의 5단계 척도에서 하나의 척도를 선

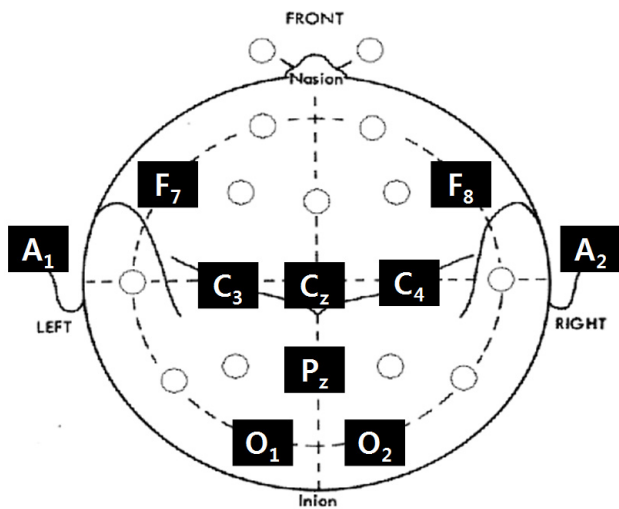


Figure 2. Modified montage for EEG record by olfactory stimulation.

택하도록 하였으며, 모두가 보통으로 응답하는 경우인 12점을 기준으로 그 보다 점수가 더 높은 경우 악취에 대한 불쾌감 및 영향이 많은 것을 의미하므로 민감도지수(sensitivity index)가 높은 것으로 판단하였다(Table 1).

### 4. 통계학적 분석

뇌파분석의 결과는 IBM Statistics version 23 통계 package를 이용하였으며, 유의수준 0.05하에서 통계적 유의성을 검정하였다. 후각자극 노출에 따른 알파파의 활동도 변화는 좌, 우반구로 구분하여 분석하였다. A, B, C 각 시점간의 유의성분석은 일원배치 분산분석(one-way Anova)으로 유의성검정을 실시하였고, Scheffe 사후검정을 실시하여 세 개의 요인수준간의 평균 간의 유의성을 분석하였다.

## 결 과

#### 1. 알파파의 정량적 분석

뇌파검사를 수행한 총 12명의 알파파 변화를 SPSS 통계분석 기반으로 분석하였다. 근전도, 피부전기반사 등 인공산물에 의해 알파파의 분석이 불가능하거나 분석결과에 영향을 미치는 요인이 있는 구간은 배제하였다. 알파파 분석의 시점은 3개의 시점으로 분리하여 통계적 유의성을 분석하였다. 알파파의 진폭 증가, 즉 활동도의 증가 변화 정도는 후각자극 노출 전에 대한 유의확률(P-value)에 따라 “\*”, “\*\*\*” 및 “\*\*\*\*”의 형태로 표시하여 변화 정도를 구분하였다.

향취자극에 의하여 알파파의 활동도가 유의하게 증가한 경우는 정도의 차이는 있었지만 좌반구, 우반구 모두 8명(66.7%)으로 조사되었고, 2명의 경우는 좌반구에서 활동도가 소폭 감소하는 결과도 관찰되었다. 반면 악취에 대한 알파파의 활동도는 좌반구의 경우 4명(33.3%), 우반구의 경우 5명(41.7%)에서 유의한 감소소견이 있는 것으로 분석되었다. 또한 악취에 의해 미미한 알파파의 활동도 증가를 보이는 경우도 좌반구의 경우 6명, 우반구의 경우 5명으로 조사되었다(Table 2). Figure 3은 12번

Table 1. Analytical sensory evaluation questions and malodor sensitivity index

Questions	Sensitivity Index (SI) Grade				
	Strongly disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly agree
Did you feel unpleasantness by Malodor?	1	2	3	4	5
Did you feel headache by Malodor?	1	2	3	4	5
Could you able to solve the calculate questions well during Malodor?	5	4	3	2	1
Did you feel stress by Malodor?	1	2	3	4	5

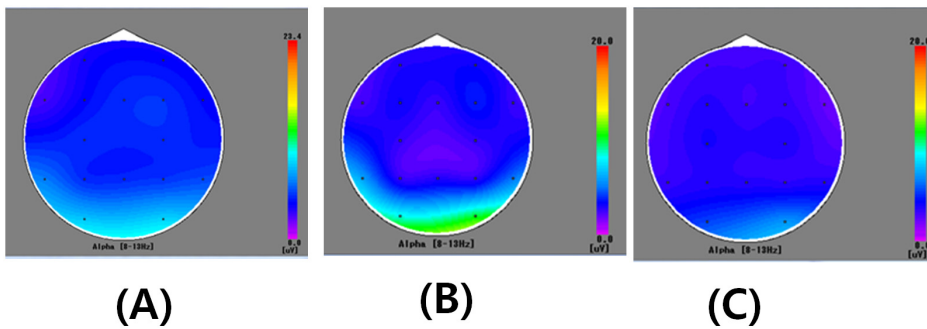
**Table 2.** Comparison of mean values of alpha activity for olfactory stimulation

N	Alpha activity (amplitude, $\mu$ V)						ST
	Mean activity $\pm$ SD of O <sub>1</sub> -A <sub>1</sub>			Mean activity $\pm$ SD of O <sub>2</sub> -A <sub>2</sub>			
	Background	Perfume	Malodor	Background	Perfume	Malodor	SI
1	34.14 $\pm$ 3.2	34.04 $\pm$ 3.4	32.84 $\pm$ 2.5	37.80 $\pm$ 1.5	38.86 $\pm$ 1.4	37.38 $\pm$ 1.3	15
2	39.36 $\pm$ 3.4	38.54 $\pm$ 1.8	38.90 $\pm$ 1.8	39.90 $\pm$ 3.0	41.80 $\pm$ 1.5	40.40 $\pm$ 3.0	10
3	36.92 $\pm$ 3.8	38.86 $\pm$ 1.6*	32.18 $\pm$ 3.4*	40.84 $\pm$ 2.8	41.22 $\pm$ 1.6*	36.78 $\pm$ 2.9*	5
4	44.12 $\pm$ 1.9	47.96 $\pm$ 3.3	44.38 $\pm$ 1.7	42.48 $\pm$ 1.9	53.54 $\pm$ 3.9***	39.62 $\pm$ 3.0**	13
5	72.04 $\pm$ 4.3	85.68 $\pm$ 3.4**	66.54 $\pm$ 4.6**	70.54 $\pm$ 4.6	80.48 $\pm$ 3.7***	64.64 $\pm$ 5.5**	13
6	33.98 $\pm$ 3.0	35.44 $\pm$ 2.2*	38.02 $\pm$ 1.1	38.86 $\pm$ 3.0	40.18 $\pm$ 3.2	40.36 $\pm$ 2.6	13
7	29.42 $\pm$ 3.4	36.58 $\pm$ 2.1**	31.86 $\pm$ 4.5	30.50 $\pm$ 1.4	39.34 $\pm$ 3.6***	32.86 $\pm$ 1.1	13
8	46.84 $\pm$ 4.2	52.40 $\pm$ 1.1*	43.48 $\pm$ 4.4*	52.80 $\pm$ 6.1	54.70 $\pm$ 2.8	45.82 $\pm$ 4.3*	17
9	35.70 $\pm$ 3.7	41.32 $\pm$ 6.1	37.34 $\pm$ 1.5	35.32 $\pm$ 2.3	40.98 $\pm$ 6.9*	36.28 $\pm$ 2.2	16
10	30.94 $\pm$ 3.1	37.26 $\pm$ 2.8**	30.98 $\pm$ 3.4	29.60 $\pm$ 1.2	34.30 $\pm$ 1.2**	32.40 $\pm$ 1.2	14
11	56.80 $\pm$ 3.8	67.80 $\pm$ 4.0***	66.40 $\pm$ 3.5	55.54 $\pm$ 6.5	67.12 $\pm$ 3.6***	64.66 $\pm$ 5.1	10
12	52.68 $\pm$ 3.1	59.18 $\pm$ 1.5**	48.34 $\pm$ 4.8**	49.84 $\pm$ 2.1	57.76 $\pm$ 2.4**	48.28 $\pm$ 4.9*	12

Data are presented as mean $\pm$ SD and number.

Abbreviations: Background, Non-exposure EEG; Perfume, After-exposure EEG for acacia; Malodor, After-exposure EEG for butanol; ST, Sensory Test; SI, Sensitivity Index.

One-Way ANOVA, \* $P$ <0.05, \*\* $P$ <0.01, \*\*\* $P$ <0.001.



**Figure 3.** Spatial distribution of mean values of the electrical activity of the brain for Background (A), Perfume (B), and Malodor (C) in number 12 subject.

피험자에서 후각자극에 따른 각 시점별 알파파 활동도 변화의 공간분포를 정량적 수치분석 기반의 FFT mapping 분석으로 표현하였다.

## 2. 관능평가 분석

악취에 대한 각 피험자의 관능평가 결과(Table 2) 8명(66.7%)은 민감도지수가 12점을 초과하여 악취에 대한 불쾌감을 인지하였고, 3명(25%)은 불쾌감을 심하게 느끼지 않은 것으로 조사되었다. 1명(8.3%)은 민감도지수가 12점으로 보통 정도의 불쾌감을 인지한 것으로 평가하였다. 민감도지수가 12점을 초과한 피험자 8명 중 좌반구의 경우 2명, 우반구에서는 3명에서 알파파의 활동도가 유의하게 감소한 결과를 보였다. 민감도지수가 보통이거나 낮은 4명 중 2명에서도 좌반구, 우반구 모두에서 알파파의 활동도가 유의하게 감소하는 결과가 관찰되었다.

## 고찰

본 연구는 향취와 악취에 의한 대뇌결질의 전기생리학적 반응을 분석함으로써 후각자극이 중추신경계에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 후각자극에 대한 알파파의 반응을 분석하는 연구이므로 후각기능에 이상이 없는 피험자를 대상으로 하였고, 연령에 따른 변수차단 및 뇌파의 반응성(reactivity)을 높이기 위하여 만16세의 비교적 젊은 동일 연령을 대상으로 하였다. 또한 뇌파측정 직후 설문조사를 시행하여 알파파 활동도(activity)의 정량적 수치와 관능평가에 의한 민감도지수(SI)를 수치화함으로써 후각인지의 정도와 뇌파의 반응성을 정량적으로 분석하였다. 측정된 뇌파 기록에서 각성상태의 지표이면서 기본파로 알려진 알파파의 활동도, 즉 진폭변화를 좌반구, 우반구로 구분하여 통계적 유의성 분석을 실시하였다.

본 실험연구의 결과 후각자극이 없는 상태에 비해 향취나 악

취 자극을 가할 경우 중추신경계의 유의한 변화가 있는 것으로 분석되었다. 향취자극의 경우 피험자의 66.7%에서 좌반구와 우반구 모두 알파파의 유의한 변화가 관찰되었고, 유의하게 감소한 경우는 없는 것으로 분석되었다. 악취의 경우는 좌반구 33.3%, 우반구 41.7%에서 알파파 감소의 통계적 유의성이 관찰되었고, 악취에 의해 알파파가 유의하게 증가하는 경우는 없었다. 즉 향취에 의하여 알파파의 활동도는 증가하고, 악취는 알파파를 증가 또는 감소시키는 결과를 나타내었다. 알파파는 각 성상태의 지표가 되는 기준파로 알려져 있으며[1], 후각자극에 대한 알파파의 변화에 관한 기존 연구에서 주로 향취 자극에서 증가하고, 악취에 의해서는 알파파의 증가보다는 베타 또는 감마파의 증가소견이 우세하다는 보고가 있다[11-14]. 본 실험 연구에서 알파파의 활동도가 향기자극에 민감하게 반응한다는 결론을 얻을 수 있었고, 이는 향취 자극에 대한 알파파의 활동도가 증가한다는 이전 연구[15-17]의 결과와 일치하는 양상을 보였다. 하지만 본 연구의 경우 미미한 수준이지만 악취에 의해서도 일부에서 알파파의 증가소견이 관찰될 수 있음을 추가로 확인하였다. 이러한 결과는 행복감, 유쾌한 정서자극에서 알파파의 활동도가 증가하는 반면 스트레스 상황에서는 알파파의 활동도가 감소하고, 베타파가 증가한다는 이전 연구결과[18]와는 다소 차이가 있는 것으로 생각되며 이에 대해서는 조금 더 많은 인원을 대상으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 실험에서는 알파파의 진폭변화를 좌반구, 우반구로 나누어 분석하였는데, 양측의 변화가 항상 동기성으로 나타나는 것은 아니며, 그 변화의 정도에도 차이가 있었다. 알파파 활동도는 후각 자극에 의하여 좌, 우 알파파의 대칭성이 비대칭성으로 전환된다는 기존 연구결과[19]를 감안할 때 어떻게든 향취가 뇌파에 영향을 준다는 것은 과학적으로 입증된 것으로 생각된다. 악취에 대한 알파파의 활동도 변화를 관찰하기 위한 민감도지수 기반의 관능평가에서 66.7%가 악취에 대한 불쾌감을 호소하였고, 그 중 알파파가 유의하게 감소한 경우가 관찰되었다. 하지만 민감도지수가 12점 미만인 경우도 알파파의 유의한 활동도 감소가 관찰되었는데, 이는 관능적으로 느끼는 스트레스와는 무관하게 이미 우리의 뇌는 악취에 대한 스트레스를 인지하고 있다는 것을 암시하는 결과로 해석할 수 있었다.

본 연구는 후각자극에 대한 알파파의 결과를 정량적으로 분석하고, 동시에 관능평가에 의한 민감도지수와의 비교를 통하여 후각자극이 대뇌에 미치는 영향을 확인한 연구로 중추신경계의 반응기전 연구에도 학문적 기여도가 높다고 생각된다. 이러한 연구결과는 뇌과학, 심리학, 환경과(공)학, 산업의학 등 다양한 연구 분야에 유용한 정보를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 실제

생활에서 악취자극에 둔감한 개인에 대해서는 뇌파의 변화를 기반으로 안전성을 담보할 수 있으므로 보건학적으로도 실제 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 4차 산업혁명시대를 맞이하여 뇌파인식을 기반으로 한 BCI 기술과 같은 IT 기반 센서 관련 산업 분야에도 적용될 수 있는 연구정보제공에도 의미가 있을 것으로 사료된다.

## 요약

최근 수십 년 동안 향기 및 악취 흡입에 의한 후각자극이 인간에게 심리적, 생리적 영향을 미친다는 다양한 연구가 보고되고 있다. 본 연구는 후각자극에 의한 사람 대뇌겉질 신경세포의 전기생리학적 반응성을 조사하고자 하였다. 건강한 남성 12명을 대상으로 아카시아와 부탄올에 의한 후각자극이 알파파의 활동도에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 아카시아 향취를 흡입하는 경우는 후각자극이 없는 안정상태의 뇌파에 비해 알파파의 활동도가 유의하게 증가(66.7%)하였고, 부탄올 악취에서는 알파파 활동도의 유의한 감소(33.3%~41.7%)가 관찰되었다. 본 연구는 후각자극에 의하여 대뇌겉질 신경세포의 활동도에 변화가 있을 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 결과는 후각인지가 신경계의 기능에 자극효과를 나타낼 수 있다는 것을 의미한다. 즉 본 연구에서 후각자극이 뇌파활동과 기분상태에 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있었다. 이러한 관점에서 향후 중추신경계에 대한 전기생리학적 효과의 영향을 이해하고, 설명하기 위한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

**Acknowledgements:** This research was supported by the Daejeon University fund in 2018.

**Conflict of interest:** None

**Author's information (Position):** Kang JH, Professor.

## REFERENCES

- Hong SB, Jung KY. Basic electrophysiology of the electroencephalography. J Korean Neurol Assoc. 2003;21:225-238.
- Cannon J, McCarthy MM, Lee S, Lee J, Börgers C, Whittington MA, et al. Neurosystems: Brain rhythms and cognitive processing. Eur J Neurosci. 2014;39:705-719.
- Fink A, Benedek M. 2014. EEG alpha power and creative ideation. Neurosci Biobehav Rev. 2014;44:111-123.
- Ríos-Herrera WA, Olgún-Rodríguez PV, Arzate-Mena JD, Corsi-Cabrera M, Escalona J, Marín-García A, et al. The influence of EEG references on the analysis of spatio-temporal interrelation patterns. Front Neurosci. 2019;13:941.

5. Iris RB, Amy H, Nicholas J, Audrey JB, Gary ES. Multiweek resting EEG cordance change patterns from repeated olfactory activation with two constitutionally salient homeopathic remedies in healthy young adults. *J Altern Complement Med.* 2012;18:445-453.
6. Camilla AA, Marianne LK, Rasmus HA, Ole NL, Troels WK, et al. EEG discrimination of perceptually similar tastes. *J Neurosci Res.* 2019;97:241-252.
7. Iris RB, Audrey JB, Amy H, Nicholas J, Gary ES. Short-term effects of repeated olfactory administration of homeopathic sulphur or pulsatilla on electroencephalographic alpha power in healthy young adults. *Homeopathy.* 2011;100:203-211.
8. Kandhasamy S, Kim SM. Influence of fragrances on human psychophysiological activity: With special reference to human electroencephalographic response. *Sci Pharm.* 2016;84:724-752.
9. Seo M, Kandhasamy S, Kim SM. Influence of binasal and uninasal inhalations of essential oil of *Abies Koreana* Twigs on electroencephalographic activity of human. *Behav Neurol.* 2016;925-935.
10. Martin GN. Human electroencephalographic(EEG) response to olfactory stimulation: Two experiments using the aroma of food. *Int J Psychophysiol.* 1998;30:287-302.
11. Kim EY, Kim MK, Kim ST, Ryu HW. Comparison of the relaxation and calming effect of a foot bath and a Lavender foot bath, through EEG and emotional responses analysis. *J Odor Indoor Environ.* 2018;17:122-131.
12. Seppalainen AM, Laine A, Salmi T, Verkkala E, Riihimäki V, Luukkonen R. Electroencephalographic findings during experimental human exposure to m-xylene. *Arch Environ Health.* 1991;46:16-24.
13. Van TS, Behan J, Howells P, Kendal RM, Richardson A. An analysis of spontaneous human cortical EEG activity to odours. *Chem Senses.* 1993;18:1-16.
14. Konagai C, Hamada M, Nguyen VC, Koga Y. The effect of the aroma from soybeans after heating on EEG. *Int Congr Ser.* 2002;1232:119-123.
15. Iijima M, Nio E, Nashimoto E, Iwata M. Effects of aroma on the autonomic nervous system and brain activity under stress conditions. *Auton Neurosci.* 2007;135:97-98.
16. Iijima M, Osawa M, Nishitani N, Iwata M. Effects of incense on brain function: Evaluation using electroencephalograms and event-related potentials. *Neuropsychobiology.* 2009;59:80-86.
17. Sayorwan W, Siripornpanich V, Piriya-punyaporn T, Hongratana-worakit T, Kotchabhakdi N, Ruangrunsi N. The effects of Lavender oil inhalation on emotional states, autonomic nervous system and brain electrical activity. *J Med Assoc Thai.* 2012; 95:598-606.
18. Park SB, Kim MS, Bae MJ. A study on the analysis of brain wave characteristics by sound stress. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology.* 2018;8:769-777.
19. Pooja O, Vinay S, Anup KT. Odor-induced modulation of electroencephalogram waves in healthy controls. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol.* 2017;7:952-956.