

향 자극에 대한 뇌파의 상호 정보량 분석

민병찬, 강인형, 진승현*, 전광진, 김태은, 김수용*, 성은정, 김소영, 김철중
한국표준과학연구원 인간·정보그룹, *한국과학기술원 물리학과

Mutual information analysis of EEG in stimuli of odors

Byung Chan Min, Kang In Hyung, Seung-Hyun Jin*, Kwang-Jin Jeon, Tae-Eun Kim, Soo-Yong Kim*, Eun-Jung Sung, So-Young Kim, Chul-Jung Kim
Ergonomics Lab., Korea Research Institute of Standards and Science
*Dep. of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

판매직에 종사하는 여성을 대상으로 100%의 Basil oil, Lavender oil, Lemon oil, Jasmin oil, Ylangylang oil (KIMEX co. Ltd), Skatole의 총 6가지 종류의 천연향을 사용하여 자극하였을 때의 상호 정보량을 분석, 비교하였다. 그 결과, 선호도가 낮은 Basil과 Skatole을 자극할 때 무향에 비해 상호 정보량이 많고, 향 간의 비교에서도 선호도가 낮은 향에 대한 상호 정보량이 선호도가 높은 향에 비해 더 많음을 보여주었다. 이는 뇌에서 상호 정보량이 향에 대한 선호도와 관련이 있고, 특히 선호도가 낮은 향의 경우, 정보량의 증가 경향이 확인되었다.

Keywords; Mutual information, EEG, Odor, Preference

1. 서론

뇌파는 두뇌 각 영역의 선형, 비선형적 특성을 포함하고 나타내는 전기적 신호이다. 뇌파는 파워 스펙트럼, 엔트로피, 뿐만 아니라 상관 차원과 같은 선형 또는 비선형적인 방법을 이용하여 분석되었다[1-4]. 이들을 살펴보면, 뇌파는 두뇌의 정보 흐름을 반영하는 것으로 간주할 수 있다. 따라서, 두뇌의 서로 다른 영역 사이의 상호 정보량을 살펴보는 것은 뇌파의 특성

을 이해하는 데 유용한 방법이 된다. 상호 정보량은 두 시계열 데이터 사이의 선형, 비선형 의존도를 나타내는 양으로 두 신호 사이의 정보 흐름 또는 동력학적인 커플링을 나타낸다. 만약 한 시스템이 다른 것과 완전하게 독립적이라면, 이 두 신호 사이의 상호 정보량은 0이 될 것이다. 이것을 뇌파에 적용하면, 뇌파 사이의 기능적인 연결도를 수치화 할 수 있다. Jeong et al.[5]은 상호 정보량을 알츠하이머 치매 환자들의 뇌파 분석에 이용하였고, Xu et al.[6]은 다

양한 상태에 대한 뇌파를 분석하는 데 상호 정보량을 사용하였으나, 향에 대한 반응을 살펴보기 위해 적용한 예는 찾아볼 수 없다.

본 연구에서는 다양한 향에 대해 뇌에서의 정보량 흐름을 살펴보기 위해 상호 정보량 분석을 이용하여 비교해 보았다.

2. 실험 방법

2-1 피험자

실험은 판매직에 종사하는 9명의 여성(나이: 26 ± 3.1 세)을 대상으로 하였다. 이들은 모두 코 수술의 경험이 없고, 코 질환을 앓고 있지 않으며, 약물을 복용하지 않는 정상적인 후각 기능을 가진 사람들로 선정되었다. 실험 전에는 후각에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주, 카페인, 약물 등의 섭취를 금하였고, Musk향을 사용하여 후맹 여부를 판단하였다.

2-2 실험조건 및 순서

실험은 후각 실험을 수행하기 위해 구축된 챔버에서 이루어졌다. 챔버는 흡·배기가 동시에 이루어질 수 있으며, 외부 영향 및 전기적 영향을 최소화하기 위해 방음 장치 및 동판으로 절연된 $5.5 \times 3.5 \times 2.4$ m 규격으로 제작되었다. 실험 중에는 일정한 온도($24 \pm 1^\circ\text{C}$), 습도($50 \pm 10\%$), 조도($150 \sim 200\text{Lx}$)가 유지되도록 하였고, 피험자는 안락의자에 앉아서 편안한 자세로 실험에 임하도록 하였다. 시료에는 100%의 Basil oil, Lavender oil, Lemon oil, Jasmin oil, Ylangylang oil(KIMEX co. Ltd), Skatole의 총 6가지 종류의 천연향을 사용하였다. 실험 진행 순서는 다음과 같다. 향을 제시하기 전 60초간을 무향 상태로 측정하고, 다음 60초간 준비된 6가지 향 중 무작위로 결정한 한 향을 피험자의 코 끝 1cm 이내 거리에 두어 향 자극을 주었다. 자극 후 10분간은 배기 시스템을 가동하여 챔버 안의 잔존 향의 제거와 함께 주관평가를 실시하였다.

2-3 측정항목

뇌파는 국제 10-20 전극법으로 배치한 Fz, Cz, F3, F4, P3, P4, T5, T6의 8위치에 대하여 측정하였다. Reference는 양쪽 귓볼로 하는 단극 유도법을 사용하였으며 뇌파 측정 장비로는

Grass Model 15 Neurodata Amplifier System을 통해 기록하고, Biopac interface를 거쳐 Acqknowledge(Ver. 3.5.2)에서 저장하였다. 주관평가는 25문항의 양극 7점 척도와 전체 선호도를 평가하는 설문지를 사용하였다.

3. 상호 정보량 분석

상호 정보량은 다른 측정량으로부터 한 시스템이 얻는 정보량을 말한다. 어떤 측정량(X)으로부터 얻는 평균 정보량은 시스템의 엔트로피(H)로서 다음과 같이 나타낸다.

$$H(X) = - \sum_{x_i} P_X(x_i) \log_2 P_X(x_i)$$

여기서, $P_X(x_i)$ 는 확률이다.

이러한 확률 분포로 나타내어지는 엔트로피를 가지고, Y 가 주어진 상황에서 X 에 대한 조건 엔트로피는 다음과 같다.

$$H(X | Y) = H(X, Y) - H(Y)$$

여기서

$$H(X, Y) = - \sum_{x_i, y_j} P_{XY}(x_i, y_j) \log_2 [P_{XY}(x_i, y_j)]$$

이다.

그러면, 두 측정량 X, Y 에 대한 상호 정보량 I_{XY} 는 엔트로피를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

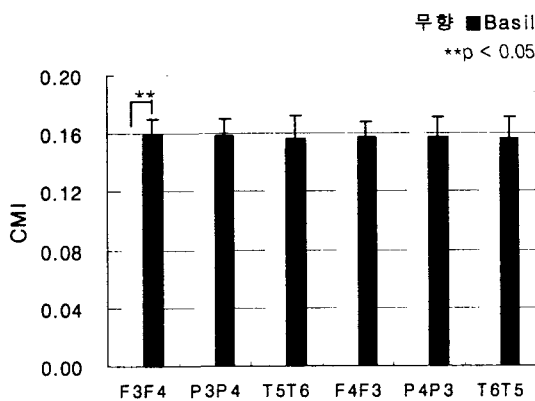
$$I_{XY} = H(X) - H(X | Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y)$$

만약 두 측정량이 완전히 독립적이면, 상호 정보량 I_{XY} 는 0 이 된다. 상호 정보량은 두 시계열 데이터 사이의 선형, 비선형 의존도를 모두 나타내는 양으로 두 신호 사이의 정보 흐름 또는 동력학적인 커플링을 나타내는 양으로 사용된다. 본 연구에서는 두 신호 사이의 상호 정보량을 평균하여 둘 사이의 정보량으로 정의하여 사용하였다. 상호 정보량은 F3F4, P3P4, T5T6, F4F3, P4P3, T6T5 총 6개 쌍에 대하여 계산하였다.

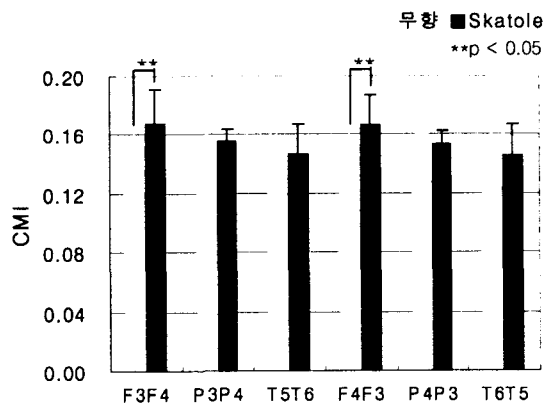
평균 상호 정보량은 각 향에 대하여 Paired *t*-Test를 사용하여 유의성을 검증하였고, P값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의한 결과로 간주하였다.

4. 결과

우선, 무향에 대한 각 향의 비교에서는 Basil을 제시한 후, F3F4(그림 1)에서, Skatole향을 제시한 후, F3F4, F4F3 (그림 2)에서 상호 정보량이 증가하였다.



[그림 1] 무향에 대한 Basil의 상호정보량

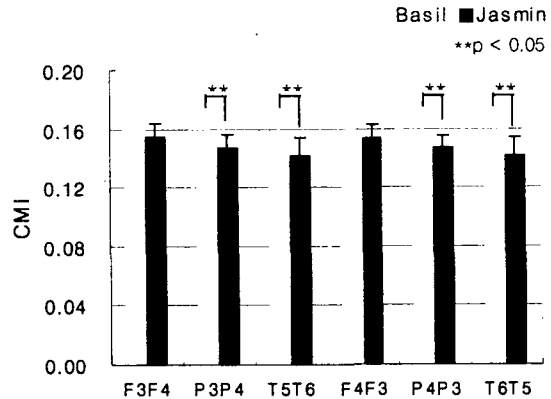


[그림 2] 무향에 대한 Skatole의 상호정보량

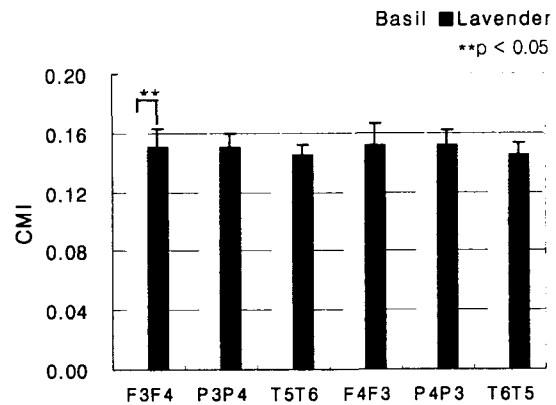
다음으로 향 간 비교에서는 Basil에 비해 Jasmin 자극 시, P3P4, T5T6, P4P3, T6T5에서 상호정보량은 유의하게 감소하였고(그림 3), Basil에 비해 Lavender 자극 시, F3F4에서 유의하게 감소하였다(그림 4). 또한 Basil에 비해 Lemon 자극 시, T6T5에서 상호 정보량은 유의하게 감소하였으며(그림 5), Lavender에 비해

Skatole 자극 시 F3F4에서 상호 정보량은 유의한 증가 경향을 보여 주었다(그림 6).

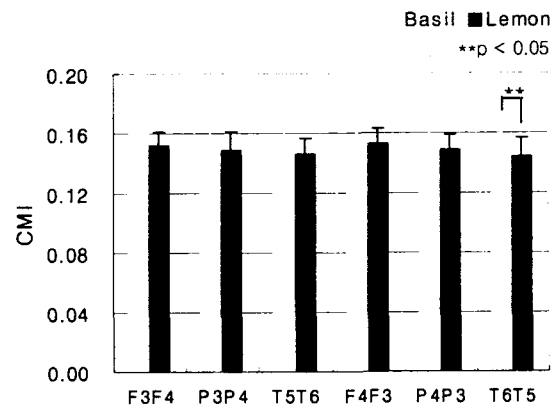
주관평가 결과, 각 향에 대한 선호도는 Jasmin>Lemon>Lavender>Ylangylang>Basil>Skatole 순으로 나타났다.



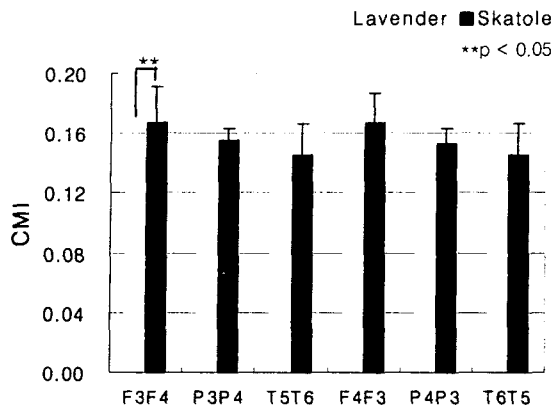
[그림 3] Basil에 대한 Jasmin의 상호정보량



[그림 4] Basil에 대한 Lavender의 상호정보량



[그림 5] Basil에 대한 Lemon의 상호정보량



[그림 6] Lavender에 대한 Skatole의 상호정보량

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 다양한 향에 대한 반응을 뇌파를 이용한 정량화를 목적으로 상호 정보량 분석 방법을 사용하였다. 그 결과, Basil, Skatole과 같은 선호도가 낮은 향을 제시할 경우, 무향 상태에 비해 전두엽인 F3F4 간에서 상호 정보량이 증가하였다. 향 간 반응에서도 주관평가 결과에서 나타난 선호도가 낮은 향이 제시되면 선호도가 높은 향의 경우보다 상호 정보량이 증가하고, 선호도가 높은 향이 제시되었을 경우는 상호 정보량이 감소하는 현상을 보여주었다. 즉, 상호 정보량은 향에 대한 선호도와 관련이 있고, 특히 선호도가 낮은 향일수록 뇌에서 정보량의 흐름이 더 많음을 알 수 있다. Jeong et al.[5]은 상호 정보량을 알츠하이머 치매 환자들을 대상으로 그들의 뇌파 분석에 이용하여 치매군이 정상군보다 상호 정보량이 작다는 결과로부터 치매군이 정상군에 비해 정보량 흐름의 기능이 손상되어있다는 사실을 보고한 바 있다.

향에 대한 뇌파 반응을 상호 정보량을 이용하여 분석한 연구의 예가 전무하기 때문에 단정지어 결론 내릴 수는 없으나 본 연구 결과를 통해, 선호도가 낮은 향일수록 두뇌의 연결성이 높아져 더 많은 정보량의 흐름이 생기는 것이 아닌가 하는 추측을 가능하게 하였다. 또한 본 연구에서 사용한 상호 정보량 분석은 다양한

향에 대한 반응을 좀 더 객관적으로 정량화 할 수 있는 유용한 방법임이 확인되었다.

6. 참고 문헌

- [1] Babloyantz A, Salazar JM, Nicolis C, "Evidence of chaotic dynamics of brain activity during the sleep cycle", Phys. Lett., 111A, 152-156, 1985
- [2] Basar E, Dynamics of sensory and cognitive processing by the brain, Berlin: Springer, 1988
- [3] Gevins AAS, Shaffer RE, Doyle JC, Cuttito BA, Tannehill RS, Bressler SL, "Shows of thought: shifting lateralisation of human brain electrical patterns during a brief visuomotor task", Science, 220, 97-99, 1983
- [4] Niedermeyer E, Lopes da Silva FH, Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields, 3rd ed. Berlin, Heidelberg. New York, Springer, 27-62, 1993
- [5] Jeong J, Gore JC, Peterson BS, "Mutual information analysis of the EEG in patients with Alzheimer's disease", Clin. Neurophysi., 112, 827-835, 2001
- [6] Xu J, Liu Z, Liu R, Yang Q, "Information transmission in human cerebral cortex", Physica D, 363-374, 1997