

향 자극에 따른 직업별 뇌파의 상호 정보량 분석

민병찬, 강인형, 진승현*, 전광진

한국표준과학연구원 인간·정보그룹, *한국과학기술원 물리학과

Mutual information analysis of EEG during odor stimulation classified with occupations

Byung-Chan Min, In-Hyeng Kang, Seung-Hyun Jin*, Kwang-Jin Jeon

Ergonomics Lab., Korea Research Institute of Standards and Science

*Dep. of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

본 연구에서는 단순노부직, 판매직, 전문직에 종사하는 피험자를 대상으로 100%의 basil oil, lavender oil, lemon oil, jasmine oil, ylang-ylang oil (KIMEX co. Ltd, Korea), skatole (TAKASAGO co. Ltd, Japan) 등 총 6가지 종류의 친연향에 대한 두뇌의 정보량 흐름을 파악하기 위해 상호 정보량을 검토하였다. 그 결과, 전문직에서는 상호 정보량의 유의한 변화가 전두엽 사이(F3F4)에서 나타난 반면, 단순노부직과 판매직에서는 전두엽(F3F4), 두정엽(P3P4), 측두엽(T5T6) 사이에서 모두 나타났다. 두 직종과 비교하여 전문직이 주로 외부 자극에 대한 고차원적 기능을 담당하는 전두엽영역의 정보량에서 유의한 변화를 보인 것은 향을 전문적으로 구분하고, 확인하는 그들의 직업적 특성을 반영한 결과라 추측된다. 또한, 단순노부직과 달리, 전문직과 판매직은 선호도가 낮은 향에서 상호 정보량이 증가하는 경향을 보여, 향 관련 종사자들의 선호도와 상호 정보량간의 관련성을 시사하였다.

Keywords: mutual information, EEG, odor, preference, olfactory-related occupations

1. 서론

뇌파는 두뇌 각 영역의 선형, 비선형적 특성을 포함하고 나타내는 전기적 신호이며 파워 스펙트럼, 엔트로피, 또는 상관 차원과 같은 선형 또는 비선형적인 방법을 이용하여 분석되어져 왔다[1-4]. 이들 분석 방법에서, 뇌파는 두뇌

의 정보 흐름을 반영하는 것으로 간주 할 수 있으며, 두뇌의 서로 다른 영역 사이의 상호 정보량을 살펴보는 것은 뇌파의 특성을 이해하는데 유용한 방법이 된다. 상호 정보량은 두 시계열 데이터 사이의 선형, 비선형 의존도를 나타내는 양으로 두 신호 사이의 정보 흐름 또는

동료학적인 키플링을 나타낸다. 만약 한 시스템이 다른 것과 완전하게 독립적이라면, 이 두 신호 사이의 상호 정보량은 "0"이 될 것이다. 이것을 뇌파에 적용하면, 뇌파 사이의 기능적인 연결도를 수치화 할 수 있다. Jeong 등[5]은 알츠하이머 치매 환자들의 뇌파 분석에, Xu 등[6]은 다양한 상태에 대한 뇌파 분석에 상호 정보량을 사용하였으나 향에 대한 반응을 살펴보기 위해 적용한 예는 찾아 볼 수 없다.

본 연구에서는 다양한 향에 대한 두뇌의 정보량 흐름을 상호 정보량 분석으로 살펴보았다.

2. 실험 방법

실험은 단순노무직(평균나이: 27.3세, 여 9명, 남 1명), 화장품 판매직(평균 나이: 25.2세, 여 9명), 화장품 전문 연구원(평균 나이: 32.2세, 여성 5명, 남성 5명)을 대상으로 실시하였다. 이들은 모두 현재 직업에 대해 5년 이상의 종사 경력이 있으며 정상적인 후각 기능을 가진 사람들로 선정되었다. 실험 전에는 후각에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주, 카페인, 약물 등의 섭취를 금하였고, Musk 향을 사용하여 후향 여부를 판단하였다. 시료로 쓰인 향은 100%의 basil oil, lavender oil, lemon oil, jasmine oil, ylang-ylang oil (KIMEX co. Ltd, Korea), skatole (TAKASAO co. Ltd, Japan) 등 총 6가지 종류의 천연향이다. 실험 중에는 내부 온도(24±1℃), 상대습도(50±10%), 조도(150~200Lx)가 유지되도록 하였다. 향 자극에는 피험자의 호흡주기에 맞추어 들숨일 때 향이 분사되도록 제작된 향 자극기를 사용하였다.

실험 순서는 처음 90초간은 무향 상태에서, 다음 90초씩은 6가지 향을 무작위로 제시하였다. 각 향 자극 후 10분간은 배기 시스템을 가동하여 잔존 향의 제거와 함께 주관평가를 실시하였다. 뇌파는 국제 10-20 전극법으로 배치한 F3, F4, P3, P4, T5, T6의 8위치에 대하여 256Hz의 주파수로 측정하였으며 Reference는 양쪽 귓볼로 하는 단극 유도법을 사용하였다. 뇌파 장비는 Grass Model 15 Neurodata Amplifier System을 통해 기록하고, Biopac interface를 거쳐 Acqknowledge(Ver. 3.5.2)에서 저장하였다. 주관평가는 25문항의 양극 7점 척

도와 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.

$$H(X) = - \sum_x P_X(x_i) \log_2 P_X(x_i)$$

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

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

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 독립이면, 상호 정보량 I_{XY} 는 0이 된다. 상호 정보량은 두 시계열 데이터 사이의 선형, 비선형 의존도를 모두 나타내는 양으로 두 신호 사이의 정보 흐름 또는 동료학적인 키플링을 나타내는 양으로 사용된다[5]. 본 연구에서는 두 신호 사이의 시간 지연된 상호 정보량을 평균하여 둘 사이의 정보량으로 정의하여 사용하였다. 상호 정보량은 F3F4, P3P4, T5T6, F4F3, P4P3, T6T5 총 6개 쌍에 대하여 2048개(8초)의 데이터를 500ms까지의 시간 지연을 주어 계산하였다. 평균 상호 정보량이 증가하는 것은 두 영역 사이의 정보의 흐름이 많아지 뇌기능적으로 키플링되는 것

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

4. 결과

달순뇌부적의 주관적 선호도는 lemon>ylang-ylang>jasmine>lavender>basil>skatole의 순으로 나타났다. 그림1에 제시 향에 대한 달순뇌부적의 상호 정보량의 결과를 나타낸다. 무향에 비해 lavender와 lemon 제시 후 F3F4와 F4F3에서, 무향에 비해 lavender 제시 후 P3P4와 P4P3에서 평균 상호 정보량이 유의하게 증가하였다. ylang-ylang에 비해 lemon 제시 후 T6T5에서 역시 평균 상호 정보량이 유의하게 증가하였다. 그러나, 평균 상호 정보량과 주관적 선호도와는 관련성을 찾아 볼 수 없었다.

관내적의 주관적 선호도는 jasmine>lemon>lavender>ylang-ylang>basil>skatole의 순으로 나타났다. 그림2에 제시 향에 대한 관내적의 상호 정보량의 결과를 나타낸다. 무향에 대한 각 향의 비교에서는 무향에 비해 basil 제시 후 F3F4에서, skatole 제시 후 F3F4, F4F3에서 평균 상호 정보량이 유의하게 증가하였다. 향간 비교에서는 basil에 비해 jasmine 제시 후, P3P4, T5T6, P4P3, T6T5에서 감소하였으나, basil에 비해 lavender 제시 후, F3F4에서 유의하게 감소하였다. 또한 basil에 비해 jasmine과 lavender 제시 후, T6T5에서 상호 정보량은 유의하게 감소하였으나 lavender에 비해 skatole 제시 후 F3F4에서 상호 정보량이 유의하게 증가하였다. 평균 상호 정보량과 선호도와는 관련해서는 선호도가 높은 향을 제시했을 때, 평균 상호 정보량이 감소하는 경향을 보였다.

전분지의 주관적 선호도는 lemon>ylang-ylang>lavender>jasmine>basil>skatole의 순으로 나타났다. 그림3에 제시 향에 대한 전분지의 상호 정보량의 결과를 나타낸다. basil이나 무향에 비해 lavender 제시 후 F3F4와 F4F3에서 상호 정보량이 유의하게 감소하였다. 전분지은 mid-frontal 쪽에서 유일하게 유의한 결과를 나타냈으며 관내적과 마찬가지로 선호도가 높은 향을 제시했을 때, 평균 상호 정보량이 감소하

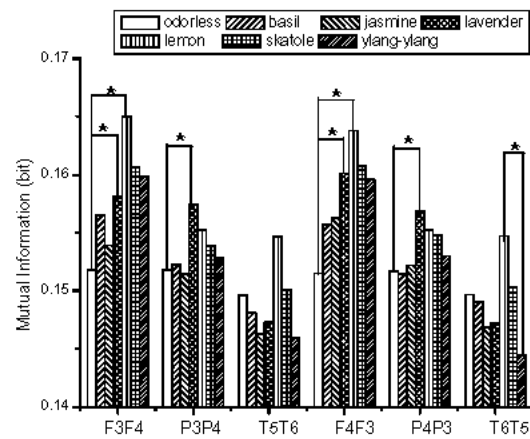


그림 1 제시 향에 대한 달순뇌부적의 상호 정보량 ($p < 0.05$)

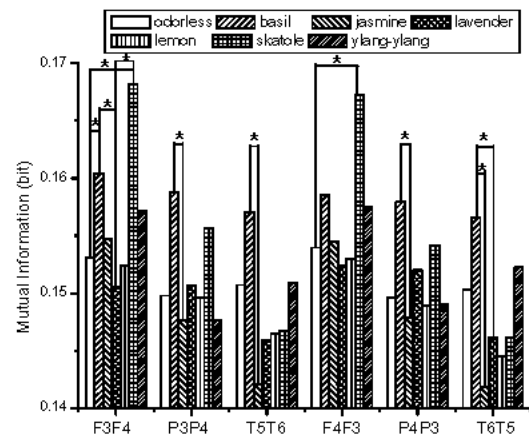


그림 2 제시 향에 대한 관내적의 상호 정보량 ($p < 0.05$)

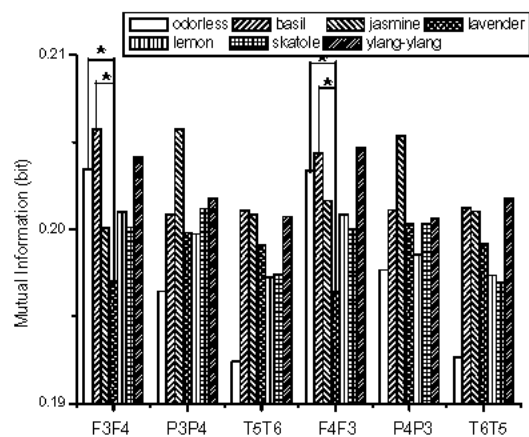


그림 3 제시 향에 대한 전분지의 상호 정보량 ($p < 0.05$)

는 경향을 보였다.

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 서로 다른 직업에서 다양한 향에 대한 두뇌의 정보량 흐름을 파악하는 방법으로 상호 정보량을 사용하였다. 그 결과, 전문직에서는 상호 정보량의 유의한 변화가 전두엽 사이(F3F4)에서만 나타난 반면, 단순노무직과 판매직에서는 전두엽(F3F4), 두정엽(P3P4), 측두엽(T5T6) 사이에서 모두 나타났다. 또한, 단순노무직과는 달리, 전문직과 판매직은 선호도가 낮은 향에서 상호 정보량이 증가하는 경향을 보였다. 후각 정보를 받아들이는 부위로 알려진 orbitofrontal cortex는 전두엽의 아래 부분에 해당하는 부위로 주로 후각 정보의 식별과 확인 기능을 담당하는 것으로 보고되고 있다[7, 8]. 따라서, 전문직이 주로 외부 자극에 대한 고차원적 기능을 담당하는 전두엽영역의 정보량에서 유의한 변화를 보인 것은 향을 전문적으로 구분하고 확인하는 그들의 직업적 특성을 반영한 결과라 추측된다. 한편 Kobal과 Kettermann[9]의 fMRI를 이용한 결과나 Zald 등[10]의 PET에 의한 연구에서는 향 자극 시, 전두엽이나 후각 중추를 포함한 측두엽에서 뇌 기능이 활성화되는 결과를 보여주었다. 따라서, 단순노무직이나 판매직의 전두엽, 측두엽에서 상호 정보량이 변화를 보인 것은 이들 연구 결과와 일치하는 것이라 할 수 있다.

선호도와외 관계에서는 단순노무직과 비교하여 전문직과 판매직은 선호도가 낮은 향에서 상호 정보량이 증가하는 경향을 보여, 향 관련 종사자들의 향에 대한 선호도와 상호 정보량간에는 관련성이 있는 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 사용한 상호 정보량 분석 방법은 Lorig[11]이 후각연구에서의 뇌파 사용의 한계점으로 지적한, 선형 분석상의 문제점을 극복하면서 의미있는 결과를 얻을 수 있는 유용한 방법으로써의 가능성도 함께 시사하였다.

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, "Shadows of thought: shifting lateralization 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. Neurophysiol., 112, 827-835, 2001.

[6] Xu J, Liu Z, Liu R, Yang Q, "Information transmission in human cerebral cortex", Physica D, 363-374, 1997.

[7] Zatorre RJ and Jones-Gotman M, "Human olfactory discrimination after unilateral frontal or temporal lobectomy", Brain 114, 71-84, 1991.

[8] Potts GF and Tucker DM, "Frontal evaluation and posterior representation in target detection", Brain Res Cogn Brain Res 11(1), 147-156, 2001.

[9] Kobal G and Kettermann B, "Olfactory functional imaging and physiology", Int J Psychophysiol 36, 157-163, 2000.

[10] Zald DH, and Pardo JV, "Functional neuroimaging of the olfactory system in humans", Int. J. Psychophysiol., 36, 165-181, 2000.

[11] Lorig TS, "The application of electroencephalographic techniques to the study of human olfaction : a review and tutorial", Int J Psychophysiol 36, 91-104, 2000.