Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.20, No.3, pp. , December 2001

주관적 향의 선호도와 뇌파 반응과의 상관관계*

A Study on Correlation Between Subjective Assessment and EEG for Essential Odors

민병찬**, 한정수***, 정순철****, 변증남***, 김지관***** , 김철중**

ABSTRACT

In the present study, the correlation between subjective assessment and EEG for essential odors were investigated quantitatively. EEG signals were measured from 19 electrodes according to the International 10-20 system (Fp1, Fp2, F3/4, F7/8, Fz, C3/4, Cz, P3/4, Pz, T3/4, T5/6, O1/2) from 8 healthy males subjects for four odor (Rose oil bulgarian, Lemon oil misitano, Jasmin abs, Laverder oil france (KIMEX co. Ltd) conditions. The result of the subjective assessment shows the most pleasant odor for each subject, and the power spectrum of $\alpha/(\alpha+\beta)$ of EEG signals from the most pleasant odor was compared with those from the control condition, which has no odor at all. Power spectrum of $\alpha/(\alpha+\beta)$ of EEG from the most pleasant odor was increased significantly at T4, T6 compared to the control condition. This result implies that the parameter, power spectrum of $\alpha/(\alpha+\beta)$, could be an important index for signifying the levels of pleasantness for odors.

Keyword: Odor, Subjective Assessment, EEG, Power Spectrum.

* 본 논문은 과학기술부 G7 감성공학과제의 연구비 지원을 받아 수행되었음.
(과제번호: 2000-J-ES-01-A-03)
** 한국표준과학연구원 인간정보연구실
주 소 : 305-600 대전시 유성구 도룡동 1번지 한국
전 화 : 042-868-5449
E-mail:bcmin@kriss.re.kr
*** 한국과학기술원 (KAIST) 전기및전자공학과
**** 건국대학교 의학공학부
***** 창원대학교 산업시스템공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서론

현재 중추신경계 반응인 뇌파 신호를 포함한 여러 가지 생리 신호 (Heart Rate Variability, Galvanic Skin Resistance)의 측정을 통해 향이 인간에게 미치는 효과를 객관적으로 분석하려는 여러 연구들이 수행되고 있다. Torii et al. (1998)은 향에 의한 진정작용 및 흥분작용을 수반음성변동 (Contingent Negative Variation)의 조기 성분과 관련이 있다고 보았고, Terauchi et al. (1996)은 노송나무향을 이용하여 CNV 진폭과 뇌파의 α 주파수 성분을 관찰함으로써 향이 대뇌에 미치는 영향을 평가하였다. 백은주 등 (1998)은 오렌지향과 valeric acid를 제시하면서 뇌파와 자율신경반응으로 Heart Rate Variability, Galvanic Skin Resistance를 살펴봄으로써 향에 대한 인간의 정서적 반응을 연구하였다. 또한 민병찬 등 (1999a, 1999b, 1999c)은 뇌파와 자율신경계 등의 생리신호의 반응뿐만 아니라 주관적 감성평가를 이용하여 성별에 따른 향의 선호도를 평가하였고 각성 및 진정향이 중추신경계와 자율신경계에 미치는 영향을 연구한 결과도 살펴볼 수 있다. 하지만 지금까지의 여러 선행연구들의 결과에도 불구하고 향의 영향을 평가하기 위한 주관적인 면, 즉 각 피험자의 주관적인 향에 대한 평가는 거의 고려되어 있지 않은 것이 사실이다. 즉, 쾌하다고 널리 알려져 있는 향이라고 하더라도 피험자의 생리적인 또는 심리적인 상태나 향의 농도에 따라 불쾌하게 느낄 수 있으며 향에 대해 느끼는 감성 역시 피험자에 따라 다르게 나타날 수 있음에도 불구하고 이러한 면들은 전혀 고려되어 있지 않다.

그러므로 본 논문에서는 피험자의 주관적 향의 선호도를 기준으로 하여 국제 기준 전극법에 따라 뇌의 전 부위 (19부위)에서 측정된 뇌파 반응의 양상에 대해 살펴보고자 한다. 특히 뇌파 신호를 Fast Fourier Transform (FFT)을 이용하여 주파수 대역별로 상대적인 전력 (relative power spectrum)을 구하여 그 증감을 비교, 분석하고 이를 통해 피험자의 주관적 평가를 객관적으로 반영할 수 있는 지표를 찾고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 실험 방법

2.1 피험자

피험자는 코 수술의 경험이 없고 냄새를 맡는 기능이 정상인, 즉 후맹이 아닌 24-26세의 남자 8명을 대상으로 하였다. 실험 전에는 후각에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주, 카페인, 약물 등의 섭취를 금하였다.

2.2 실험 환경 및 실험 자극

실험은 본 연구팀에서 구축한 5.5m × 3.5m × 2.4m 규격의 후각 챔버에서 수행되었으며 챔버 내부에는 후각의 순응을 줄이기 위한 목적으로 흡기와 배기를 동시에 할 수 있는 시설을 갖추었다. 실험시 외부 환경의 영향을 배제하기 위해 방음장치를 설치하

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

였고 외부의 전기적 영향을 최소화하기 위해 챔버 외부 전체를 동판으로 절연하였다. 또한 실험 중에는 내부온도 (24℃), 습도 (40%~50%), 조도 (150~200Lx)를 유지하여 피험자가 실험하는 동안 편안한 상태를 유지할 수 있도록 하였다.

본 실험에서는 100%의 농도의 Rose oil bulgarian, Lemon oil misitano, Jasmin abs, Laverder oil france (KIMEX co. Ltd)를 실험 자극으로 사용하였다.

2.3 실험 프로토콜

각 향을 프로토콜에 따라 정확하게 피험자에게 제시해 주기 위해 후각 챔버 내부에서 실험 보조자가 실험을 보조하였다. 후각 챔버 밖에서 뇌파를 저장하기 위한 실험 진행자와 후각 챔버 내부의 실험 보조자는 인터폰을 통해 서로간의 실험 프로토콜을 동기화하였다.

실험 진행자의 '시작'이라는 신호에 맞추어 실험 보조자는 1분 동안 피험자를 무향 자극 뒤, 그 후 1분 동안 피험자의 코 근처(1cm 이내)에 향을 두어 향 자극을 유도하였다. 실험 진행자는 향 자극 전의 무향 상태를 안정으로 하여 1분 동안 뇌의 19 부위에서 뇌파를 측정하였고, 그 후 1분 동안 향 자극시의 뇌파를 측정하였다. 사용한 4가지 향은 각 피험자별로 임의적인 순서로 제시되었으며, 각 향을 자극한 후 주관적 평가를 실시하였다. 한 가지 향 자극 후 10분간 배기 시스템을 가동시키면서 잔존 향을 제거하여 피험자에게 안정을 유도하고 향에 대한 순응 효과를 제거하였다 (그림 1).

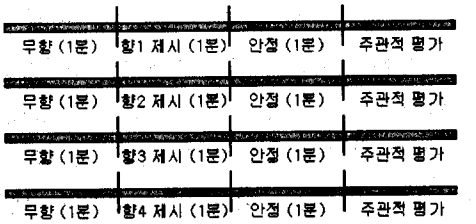


그림 1. 실험 프로토콜

2.4 주관적 평가

사용한 4가지 향에 대해 각 피험자별로 주관적 평가를 실시하였다. 평가 설문지에는 각 향의 전체적인 선호도를 조사하는 양극 7점 척도 2문항 (진하다/연하다, 좋다/나쁘다(표 1))으로 구성되어 있다 (민병찬 등, 1999a).

표 1. 주관적 평가 설문지 중에서 향의 쾌/불쾌도를 묻는 문항

	극히	아주	약간	뭐라고 할 수 없다	약간	아주	극히	
좋다	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	나쁘다

2.5 측정 및 분석방법

뇌파 (Electroencephalogram, EEG) 측정을 위해 디지털 뇌파측정기 (TECA사의 Profile)를 사용하였으며, 국제 기준 전극법에 따라 19부위 (Fp1, Fp2, F3/4, F7/8, Fz, C3/4, Cz, P3/4, Pz, T3/4, T5/6, O1/2)에서 뇌파를 측정하였다. 눈썹사이에 ground 전극을 붙이고 reference 전극은 F_{p_1}과 F_{p_2} 사이에 부착하였고, 뇌파는

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

reference 전극과 각 측정 부위 전극사이에 측정값이다. 또한 실험 중 전극과 두피 사이의 저항은 5 $k\Omega$ 이내가 되도록 유지하였다. 각 피험자별로 무향 상태의 뇌파 (control)와 4가지 향 자극시 측정한 각 60초 동안의 뇌파에 대해 FFT을 이용하여 주파수 대역별 (δ(0.5-4Hz), θ(4-8Hz), α_1(8-10Hz), α_2(10-13Hz), α(8-13Hz), β(13-30Hz))로 상대적인 전력 (relative power spectrum)을 구하여 그 증감을 비교, 분석하였다. 또한 뇌파 19개 측정부위별로 무향 상태일 때 $\alpha_1/(\alpha+\beta)$, $\alpha_2/(\alpha+\beta)$, $\alpha/(\alpha+\beta)$, $\beta/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비와 각 피험자별로 주관적 평가를 통해 가장 쾌하다고 보고된 향 (표 2의 good odor) 자극시의 $\alpha_1/(\alpha+\beta)$, $\alpha_2/(\alpha+\beta)$, $\alpha/(\alpha+\beta)$, $\beta/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비의 증감을 비교 분석하였다. 표 2에서 불쾌한 향을 보고한 피험자는 세 명뿐이어서 무향과 불쾌한 향 사이의 상관관계에 대해서는 관찰하지 않았다. 통계분석은 SPSS (ver 8.0)를 사용하였으며, T-test 분석을 실시하였다. 데이터 분석은 아래 (1)식을 이용하여 정규화하였다.

$$NS(\%) = \frac{(\text{자극} - \text{안정})}{\text{안정}} \times 100 \quad (1)$$

3. 결과 및 논의

3.1 주관적 평가결과

표 2는 4가지 향에 대한 주관적 평가 결과 각 피험자별로 가장 쾌하다고 느낀 향과 가장 불쾌하다고 느낀 향을 정리한 것이다. 표 2에서 각 피험자마다 쾌하게 느낀 향은 상이함을 알 수 있다. 특히 가장 많은 피험자가 쾌하다고 보고한 라벤더 향이 피험자 7에게 가장 불쾌하게 느껴진 점은 주목할 만하다. 여기서 가장 쾌한 향은 각 피험자별로 표 1의 문항에 대한 주관적 평가 결과 0 이상의 가장 높은 점수를 받은 향이며 가장 불쾌한 향은 주관적 평가 결과 0 이하의 가장 낮은 점수를 받은 향이다. 가장 쾌하게 느낀 향이나 가장 불쾌하게 느낀 향이 없는 피험자의 경우는 4가지 향에 대해 모두 0 이하의 점수를 주었거나 0 이상의 점수를 주었을 경우이다. 표 2의 각 향 옆에 표기된 숫자는 피험자가 각 향에 대해 준 점수이다.

표 2. 주관적 평가를 통한 각 피험자별 가장 쾌하게 느낀 향과 가장 불쾌하게 느낀 향

피험자 번호	가장 쾌하게 느낀 향 (good odor)	가장 불쾌하게 느낀 향 (bad odor)
1	Lavender (1)	Rose (-2)
2	Lavender (2)	없음
3	Rose (2)	없음
4	Lemon (3)	없음
5	Jasmine (2)	없음
6	Lavender (2)	없음
7	없음	Lavender (-3)
8	Lemon (1)	Rose (-1)

3.2 뇌파 분석결과

표 2에서 쾌한 향을 보고하지 않은 피험자

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

7번을 제외한 7명의 피험자 그룹 (이하, 쾌 그룹)에 대하여 무향 상태에서 측정한 뇌파 (control)와 쾌한 향 자극시에 측정한 뇌파에 대해 FFT를 이용하여 주파수 대역별 상대적인 전력을 구하였다. 그리고 무향 상태에 비해 쾌한 향 자극시 각 주파수 대역별 전력증감의 통계적 유의차를 살펴보았다. 선행 연구 (Ryoko Masago et al, 2000)의 경우 동일한 향에 대해 쾌하다고 보고한 그룹의 뇌파 분석에서 뇌의 측두 (temporal) 부분과 두정부 (parietal) 부분에서 α_1 (8-10Hz) 대역 전력의 유의미한 변화를 보고하였으나 본 실험에서는 쾌한 향 자극시 뇌의 측두 부분과 두정부 부분에서 무향 상태에 비해 α_1 대역 전력의 감소가 관찰되는 피험자가 있기는 하였지만 전체 7명의 쾌 그룹에서 통계적인 유의차는 관찰되지 않았다. 측두 부분과 두정부 부분을 제외한 다른 부위에서도 쾌 그룹의 무향상태의 뇌파와 쾌한 향 자극시 뇌파의 전력비의 증감은 통계적인 유의차를 보이지 않았다. α_1 이외의 다른 대역에서도 무향에 비해 향 자극시 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다.

백은주 등 (1998)은 향에 대한 주관적 평가를 바탕으로 쾌한 향으로 평가된 오렌지향 자극시 무향에 비해 Fp_2에서 α, β 대역의 전력이 증가하고 불쾌한 향으로 평가된 valeric acid을 자극시 무향에 비해 α, β 대역의 전력이 감소한다고 보고하였다. 이에 반해 Peter Brauchli 등 (1995)은 쾌한 향으로 Phenylethly alcohol 자극시 무향에 비해 뇌의 전 부분에서 α, β 대역의 전력의 증가하고 불쾌한 향인 valeric acid을 자극시 무향에 비해 α, β 대역의 전력의 더 큰 증가를 보고하였다. 이 두 연구에서 주목할 만한 점은 쾌한 향을 이용하여 피험자를 자극할 때와 불쾌한 향을 이용하여 피험자를 자극할 때 α, β 대역의 전력의 변화 추이가 다르다는 것이다. 쾌한 향과 불쾌한 향 자극시 α, β 대역의 전력의 변화 추이가 다르다는 점에 착안하여 본 연구에서 $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비를 구하였다.

$\alpha_1/(\alpha+\beta)$, $\alpha_2/(\alpha+\beta)$, $\alpha/(\alpha+\beta)$, $\beta/(\alpha+\beta)$의 분석 결과, $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비 결과에서 T_4, T_6의 통계적으로 유의한 증가를 관찰할 수 있었다 (표 3, 그림 2, 그림 3). 또한 그림 4, 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 쾌한 향 자극시 무향에 비해 $\alpha/(\alpha+\beta)$는 뇌의 전 부위에서 증가했음을 알 수 있으며 이와 반대로 $\beta/(\alpha+\beta)$는 뇌의 전 부위에서 감소함을 알 수 있다.

$\alpha_1/(\alpha+\beta)$, $\alpha_2/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비의 결과에서는 19개 뇌파 측정 모든 부위에서 통계적으로 유의한 변화를 관찰할 수 없었다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 3. 쾌 그룹에서 무향에 비해 쾌한 향 자극시 alpha/(alpha+beta) 대역의 전력비의 통계적 유의차가 있는 곳 (*p< 0.05, **p< 0.01)

주파수 대역	19개 뇌파 측정 부위 중 통계적 유의차가 있는 곳	유의수준
$\alpha/(\alpha+\beta)$	T4	0.044*
	T6	0.05*
$\alpha_1/(\alpha+\beta)$	없음	
$\alpha_2/(\alpha+\beta)$	없음	

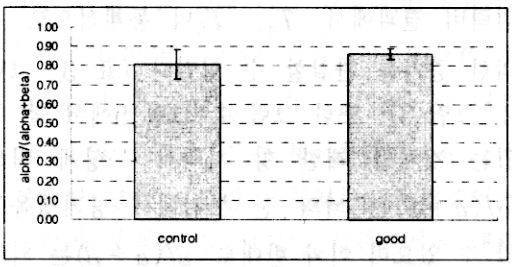


그림 2. T4에서 무향과 쾌한 향 자극시 alpha/(alpha+beta) 대역의 전력비의 변화 (*p

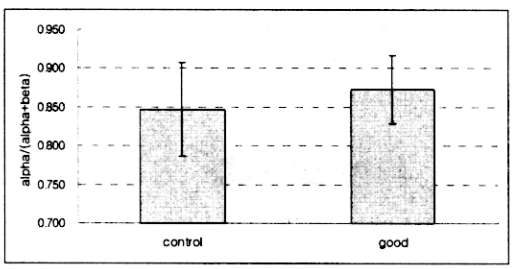


그림 3. T6에서 무향과 쾌한 향 자극시 alpha/(alpha+beta) 대역의 전력비의 변화 (*p

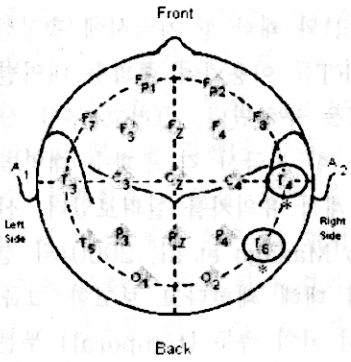


그림 4. 뇌의 전 부위에서 무향과 쾌한 향 자극시 alpha/(alpha+b 대역의 전력비의 변화 (*p< 0.05)

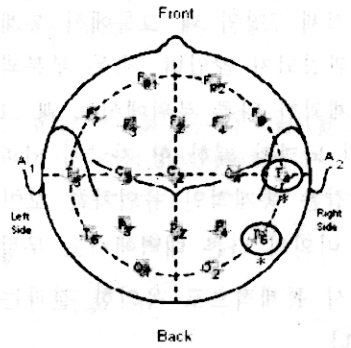


그림 5. 뇌의 전 부위에서 무향과 쾌한 향 자극시 beta/(alpha+be 대역의 전력비의 변화 (*p< 0.05

3.3 논의

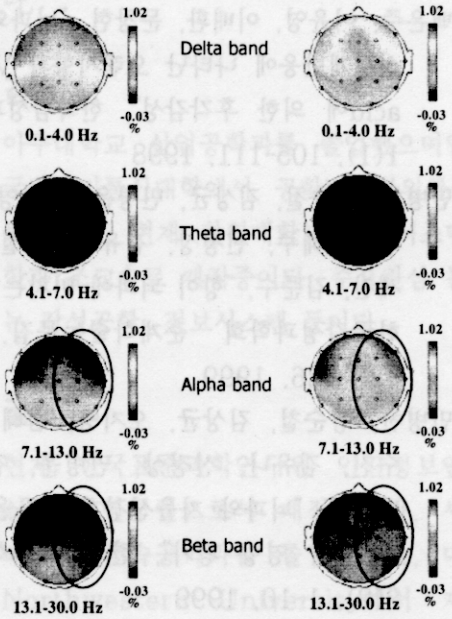
본 연구에서는 피험자의 주관적 향의 선호도와 국제 기준 전극법에 따라 뇌의 전 부위(19부위)에서 측정된 뇌파 신호와의 상관관

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

계에 대해 살펴보았다. 무향 상태일 때의 뇌파와 각 피험자의 주관적 향의 선호도에 따라 가장 쾌하다고 보고된 향 자극시의 뇌파 신호를 FFT 분석하여 $\alpha/(\alpha+\beta)$, $\beta/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력 비를 계산하였다. 그 결과 쾌한 향 자극시 무향 상태에 비해 우측 측두엽 부분 (T4, T6)에서 $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비의 통계적으로 유의한 증가를 관찰할 수 있었다.

본 연구에서는 기존의 연구결과 (Ryoko Masago et al, 2000; Peter Brauchli et al, 1995; Sawada K. et al.)에서 보고된 것처럼 향 자극시 무향에 비해 α 대역 전력의 통계적인 유의차는 관찰할 수 없었다. 하지만, 무향 상태에 비해 각 피험자가 가장 쾌하게 느낀 향을 제시했을 때 뇌의 우측 측두엽 부분에서 $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비의 통계적으로 유의한 증가를 관찰할 수 있었다. 이 결과는 쾌한 향 자극시 뇌의 우반구가 더욱 더 활성화된다는 기존의 여러 연구결과 (Ryoko Masago et al., 2000; 栗岡 豊, 外池光雄, 1994)와 일치한다. 따라서, $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비를 이용하여 특정 향의 쾌도를 객관적으로 평가할 수 있다. 그림 6은 피험자 2에 대해 무향 상태와 가장 쾌하게 느낀 향을 제시했을 때의 뇌파에 대한 각 주파수 대역별 뇌파의 topographic map 이다. 이 map에서 볼 수 있는 것처럼 쾌한 향이 제시되었을 때 무향에 비해 뇌의 전두엽 부분과 우측 측두엽 부분에서 α, β 대역 전력의 변화를 뚜렷하게 관찰할 수 있다.

결론적으로 피험자의 주관적 향의 선호도와 측정된 뇌파와의 상관관계로부터 $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비가 향의 쾌도를 측정하는 하나의 새로운 척도가 될 수 있음을 알 수 있다. 향후 불쾌한 감성을 유발할 수 있는 향 자극에 대한 후속 연구로부터 $\alpha/(\alpha+\beta)$ 대역의 전력비가 향의 불쾌도를 측정할 수 있는 척도가 될 수 있는지를 알아보고자 한다.



(a) 무향 (b) 쾌한 향

그림 6. 피험자 2의 무향 상태와 쾌한 향 자극시 각 주파수 대역별 뇌파의 topographic map

참고 문헌

S. Torii, H. Fukuda, H. Kanemoto, R. Miyauchi, Y. Hamauzu, M. Kawasaki, "Contingent Variation (CNV) and the psychological effects of odour", Perfumery, pp. 107-120,

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1988

Fumio Terauchi, Mitsynori Kubo, Toshimasa Ohgama, Hiroyuki Aoki, "Effect of Odors form Conferous Woods on Contingent Negative Variation (CNV)", J. Soc. Mat. Sci. Japan, 45(4), 397-402, 1996

백은주, 이윤영, 이배환, 문창현, "뇌파와 자율신경계반응에 나타난 오렌지향과 Valeric acid에 의한 후각감성", 한국감성과학회, 1(1), 105-111, 1998

민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영, 김수진, 김혜주, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, 김준수, "향이 뇌파에 미치는 영향", 한국감성과학회 춘계학술논문집, pp. 423-426, 1999

민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 김혜주, 김수진, 김유나, 신정상, 민병운, 김철중, 박세진, "뇌파와 자율신경계 반응을 이용한 향의 영향 평가", 한국감성과학회지, 2(2), 1-10, 1999

민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영, 김수진, 김혜주, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, 김준수, "자율신경계 반응을 이용한 향의 영향 평가", 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 407-412, 1999

B.C.Min, S.C.Chung, B.W.Min, S.K.Kim, J.H.Kim, C.J.Kim, S.J.Park, W.K.Bae, J.K.Kang, D.H.Lee, "Development of An Apparatus to Control Odorous Stimuli for Precise Measurements of Human Olfactory Event Related Potentials", The 4th. Asia-Pacific Conference on Medical & Biological engineering, p. 449, 1999

Ryoko Masago, Tamiko Matsuda, Yoshiaki Kikuchi, Yoshifumi Miyazaki, Koichi Iwanaga, Hajime Harada and Tetsuo Kasuura, "Effect of Inhalation of Essential Oils on EEG Activity and Sensory Evaluation", J.Physiol. Anthropol., 19(1), 35-42, 2000

Peter Brauchli, Peter B. Ruegg, Franz Etzweiler, and Hans Zeier, "Electrocortical and Autonomic Alteration by Administration of Pleasant and an Unpleasant Odor", Chem. Senses, 20, pp. 505-515

栗岡 豊, 外池光雄, 匂いの応用工学, 朝倉 書店, pp. 79-82, 1994

Sawada K, Koyama E, Kubota M, Hayashi I, Komari R, Inui M, Torii S, "Effects of odors on EEG relaxation and alpha power," Chem. Senses, 17(88)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

저자소개

◈ 민병찬

일본 중앙대학 이공학연구과에서 인간공학 전공 석사과정을 졸업했으며 일본 국립전기통신대학에서 인간공학전공 공학 박사를 취득하였다. 현재 한국표준과학연구원 인간정보연구실 선임연구원으로서 재직중이다. 주요관심분야는 생체신호 디지털 신호처리, 감성공학, 관능평가, 후/미각에 관한 메커니즘 규명 등이다

◈ 한정수

한국과학기술원 대학원 석사과정을 졸업하였으며 동 대학원 전자공학과에서 박사과정 중에 있다. 주요관심분야는 생체신호분석, 실험계획/분석 등이다.

◈ 정순철

한국과학기술대학 전기 및 전자공학과를 졸업했으며, 한국과학기술원 전기 및 전자공학과에서 공학 박사를 취득하였다. 현재 건국대학교 의과대학 의학공학부 조교수로 재직중이다. 주요관심분야는 fMRI, 의공학, 감성공학, 인간공학 등이다.

◈ 변중남

한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수, 인간친화 복지로봇 시스템 연구센터 소장, 대한전자공학회 회장으로 재직중이다. 주요관심분야는 지능제어, 퍼지 시스템 등이다.

◈ 김지관

아주대학교 산업공학과를 졸업했으며일본 국립전기통신대학에서 공학박사학위를 취득하였다. 현재 창원대학교 산업시스템공학과 조교수로 재직중이다. 주요관심 분야는 감성공학, 정보시스템 등이다.

◈ 김철중

현재 한국표준과학연구원 인간정보연구실 책임연구원으로서 재직중이다. 서울대학교 금속공학과를 졸업했으며, 미국 Northwestern University에서 재료공학전공 공학 박사를 취득하였다. 주요관심분야는 인간공학, 감성공학 등이다.

논문접수일 (Date Received): 2000/2/7
논문게재승인일(Date Accepted): 2001/7/3

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.