

뇌후각 감성 평가를 위한 HEART RATE VARIABILITY SPECTRUM 분석

백은주, 임재중¹, 이윤영, 하태완¹, 이배환²
아주대학교 의과대학 생리학
1인제대학교 보건대학 의용공학과
2 연세대학교 임상연구센터 및 뇌연구소
Eunjoo@madang.ajou.ac.kr.

HRV spectrum analysis for the evaluation of changes in emotion evoked by olfactory stimulation

Eun Joo Baik, Jae J. Im¹, Yun Young Lee, Tae Hwan Hah¹, Bae Hwan Lee²
Dept. Physiology, School of Medicine, Ajou university
1Dept. Biomedical Engineering, Inje University
2 Yonsei Medical Center and Brain Research Institute
Eunjoo@madang.ajou.ac.kr.

초록

본 연구의 목적은 후각 자극에 의한 감성의 변화를 주관적 검사와 동시에 시행한 심전도에서 추출한 HRV parameter와의 상관관계를 보고자 함이다. 후각 자극은 0.6% orange와 2.5% valeric acid를 일정 flow와 일정 농도로 코 점막에 건조를 방지하기 위해 수증기로 포화시킨 향자극기로 주었다. 향의 주관적 검사에서는 오렌지향은 친숙하고 쾌하다고 하였으며 valeric acid 경우 불쾌하고 성가시고 친숙하지 않는 감성을 표시하였다. 이러한 쾌하고 불쾌한 향자극에 대한 HRV 분석 결과는 valeric acid에 비해 오렌지향을 제시하였을때가 HF/LF값이 높은 변화를 보임으로써 부교감신경의 활동이 우세하였음을 확인하였다. 결론적으로 HRV 스펙트럼 분석이 감성의 변화를 객관적인 지표로 나타내는데 유용한 정보로서의 가능성을 제시하고자 하였다.

서론

향은 코의 점막에 분포하는 감각수용기를 자극하고 이는 대뇌로 전달되어 감성의 변화를 나타낸다. 감성의 변화는 향자극에 대한 중추신경계와 자율신경계가 통합적인 반응을 일으키고 조절하여 나타나는 것으로 설명하고 있다. 이러한 감성의 변화를 객관적으로 측정하고 정량화 하려는 시도로써 여러 생체 신호, 즉

중추신경계와 자율신경계를 통해 나타나는 생체신호를 측정 분석하려는 연구들이 시도되고 있다. 생체신호는 신경계의 질환이나 심리적인 변화의 추세를 보기 위해 중요한 척도로 많이 사용되어 오고 있다. 특히 심전도는 심장의 전기적인 활동상태와 심근의 수축과 리듬 등 심장질환의 진단과 예후 결정에 많은 공헌을 해왔으며 특히 최근들어 심전도의 심박 변이도를 분석하여 심장자체의 기능뿐만 아니라 자율신경계의 변화를 자세히 관찰하고자 하는 연구가 수행되고 있다. 자율신경계는 교감신경과 부교감신경으로 나눌 수 있으며 이는 각 장기를 비롯하여 우리 인체의 땀샘, 피부 등 각 부분에 분포하고 있다. 교감신경이 흥분하면 심박동수가 빨라지고, 근수축력이 증가하며, 말초혈관은 수축하고, 동공은 커지면서 땀분비는 증가된다. 부교감신경은 대개는 이와 반대의 길항 작용을 하나 이는 장기에 따라 다르다. 심장에서의 부교감신경은 심박수를 감소시킨다.

심전도의 HRV는 외부 변화에 대하여 체내의 항상성을 유지하기 위해 끊임없이 변동하는 심박변화를 관찰하기 위해 심전도 상의 연속적인 R-R peak간 시간 간격을 시계열 데이터로 재구성한 것이다. 이러한 HRV 파형을 주파수 분석을 함으로써 R-R간격의 주기적 변화량에 대한 정량적인 정보를 얻을 수 있게 된다.

본 연구에서는 주관적 검사에서 positive한 orange향과 negative한 valeric acid으로 후각을 자극하였을 때 피검자의 감성변화의 지표로써 심전도 신호를 기초로

한 HRV 스펙트럼 분석을 하고자 하였다.

Neurodata1200 (Grass,U.S.A)의 device를 통해 출력되는 신호를 200Hz로 60초 동안 추출했다.

연구방법

1. 후각자극기

후각자극기는 여러 문헌을 참고로 아주대학교 의용공학부에서 설계 제작하였다. 향물질은 여러 channel를 통해 들어가게 하여 향의 종류와 농도를 조절하게 하였다. 공기를 air pump, regulator와 flowmeter를 거치면서 일정 속도로 흐르게 하여 향물질과 혼합하여 나가게 하였으며, 동시에 수증기로 포화시켜 코점막의 자극을 최대한 적게 하였다. 또한 온도를 monitoring하여 온도변화로 인한 자극효과를 배제하였다.

2. 피검자

신체의 질환이나, 약물복용, 피로도가 없는 건강한 20-30대 남녀를 14명을 대상으로 시행하였으며, 냄새를 맡는 기능이 정상인 경우를 대상으로 하였고 검사해당일에는 담배흡연, 커피나 알코올 복용을 하지 않았다.

3. 실험 protocol

향물질은 0.6% 오렌지향과 2.5% valeric acid를 사용하였다. Blank control로는 room air를 통과하여 나온 flow로 시행하였으며 이는 향 자극 전과 자극 후로 실시하였다. 향을 주는 시간은 60초로하며 향에 대한 주관적 평가는 향을 주면서 생체신호를 기록한 직후에 시행하였다.(그림 1)

4. 향에 대한 주관적 평가

향에 대한 주관적 평가는 여러 기관에서 후각을 검사하는 방법을 참고로 5가지 문항, 즉 약하다/강하다, 불쾌하다/기분좋다, 성가시다/성가시지않다, 친숙하지않다/친숙하다, 서늘하다/따뜻하다 등을 개발하였다. 후각에 대한 감성은 위의 문항을 10점 척도로 나눠 측정하였다. 또한 동시에 향의 이미지 평가를 실시하였는데, 그 내용을 보면 '활기차고 적극적인 기분이다', '상쾌한 기분이다', '마음이 따뜻해지는 느낌이다', '즐겁고 유쾌한 기분이다', '평온하고 차분해지는 기분이다', '흥미진진하고 두근거리는 기분이다', '행복하고 충만한 기분이다', '홍분된 기분이다'등 8항목을 10점 척도로 실시하여 향에 대한 positive 감성 측정의 기초자료로 삼고자 하였다.

5. 향에 대한 심전도 측정

향으로 인한 후각감성에 대한 객관적 평가로 시행된 생체신호로서 심전도를 측정하였다. 심전도는

6. 데이터 분석

ECG의 R-peak를 검출하여 R-R 간격을 계산하고 이를 HRV로 구성한 후 이를 동일한 시간간격의 시계열 데이터로 구성하여 FFT를 수행하여 power spectrum 분석을 한다.

HRV spectrum은 세 가지의 주요한 peak를 가지고 있는데, 0.04Hz 이하에서 주로 나타나는 초저주파(VLF)성분은 체온조절, 혈관운동, 다양한 심폐 메카니즘 등에 관여하며, 0.04~0.15Hz에서 보여지는 저주파(LF)성분은 교감신경계의 활동과 혈압 조절 메카니즘과 관계 있는 압수용체 반사(baroreflex)를 나타내고, 0.15~0.40Hz에서 고주파(HF)성분은 부교감신경계의 활동과 호흡 활동에 대한 정보를 가지는 것으로 알려져 있다. LF성분과 HF성분에 해당되는 주파수 대역의 에너지 값을 계산하여 교감신경계와 부교감신경계의 우세정도를 나타내기 위하여 HF/LF라는 변수를 정의하고, 자극 후의 HF/LF값에 대한 차이를 계산하여 전체적인 변화 경향을 파악한다.

결과

1. 향에 대한 주관적 평가

오렌지향의 경우 기분좋다, 친숙하다, 성가시지않다 쪽의 positive 감성을 나타내는데 반해, valeric acid 경우 불쾌하다, 친숙하지 않다, 성가시다 등의 negative감성의 지표가 나왔고, 강하다/약하다, 따뜻하다/서늘하다는 문항에는 비슷한 반응을 보였다. 향의 이미지 평가에서도 오렌지향은 상쾌한 기분이다, 즐겁고 유쾌한 기분이다, 평온하고 차분해지는 느낌이다, 행복하고 충만한 기분이다의 감성이 5점이상의 평가를 받았는데 반해, valeric acid의 경우 2점이하의 낮은 score를 보였다.(그림 2, 3)

2. 향에 대한 HRV 분석

HRV 분석결과가 그림 4에 나타나있다. 오렌지향의 경우에는 stim1에서 HF/LF값이 control 1, 2 상태에 비하여 현저하게 증가하였으며, stim2에서는 그 값이 control 1, 2 수준으로 감소하였다. 그리고, control 3, 4 상태에서는 초기의 상태로 변화되고 있음을 알수 있다. Valeric acid 경우에는 stim1에서 HF/LF값의 변화가 거의 없다가 stim2에서 많은 감소를 보이며, 다시 control 3, 4 상태에서는 오렌지향의 경우와 같이 초기의 상태로 변화되는 현상이 관찰되었다. 전체적인 변화추세는 초기의 향자극(stim1)에 비하여 연속적인 두 번째의 자극(stim2)에서 감소하였다가 control 3, 4에서는 다시 원래의 값으로 변화되고 있다.(그림 4)

토의

Heart rate variability는 자율신경계의 균형을 측정할 수 있으므로 여러 자율신경계 이상 질환이나 관상동맥질환을 비롯한 심장질환을 진단하고 그 예후를 보는데에 유용하게 이용되고 있으며(Toyry 등, 1997) 약물의 효과 등을 관찰하는데도 사용하고 있다(Johansen 등, 1997). 또한 정서나 기분을 반영하는 자율신경계의 반응이 heart rate variability를 변화시킬 수 있으나 이에 대한 연구는 극심한 감정의 변화에 따른 심박수 변화의 연구를 제외하고는 거의 시행되지 않았다. 본 연구는 후각 자극을 통해 발생하는 감성의 변화가 heart rate variability의 분석을 통해 나타나는지를 보고자 시행하였다. 본 연구에서는 olfactory stimulator를 통해 피검자에게 향자극을 주었을 때 주관적 감성 평가에서 기분 좋고, 성가시지 않고, 친숙하고, 상쾌하고 즐겁고 유쾌한, 평온하고 차분해지는, 행복하고 충만한 기분이 드는 오렌지향과 이와 반대로 불쾌하고 성가신 valeric acid의 차이를 심전도의 HRV spectrum 분석을 통해 살펴보면 오렌지향의 경우 valeric acid에 비하여 높은 HF/LF값을 가지고 있다. 이는 자율신경계의 활동과 깊은 관계를 가지고 있는데 부교감신경의 활동이 두드러지게 나타난 것으로 생각할 수 있다. 연속적 향자극으로 인하여 HF/LF값은 감소하게 되었고, control 상태의 적용시 원상태로 돌아가고 있는 경향을 보이고 있다.

후각의 정신작용에 미치는 효과에 대한 연구는 드물기는 하나 연구되어져 왔다. 후각이 cognition, emotion (Ehrlichman, 1987; Van Toller, 1988; Ehrlichman과 Bastone, 1992a; Miltner 등., 1994), memory (Ehrlichman 와 Bastone, 1992a), sleep (Badia 등, 1990) 등에 미치는 영향에 대한 보고들이 있었으며, 실제로 향에 의한 감성의 변화는 중추신경계에서의 생체신호인 뇌파를 측정하여 알 수 있었는데 (Baik 등, 1998; Brauchli 등, 1995) 이 연구들에서 valeric acid 경우 기분좋은 향기에 비해 alpha의 증가를 보고하고 있다. 또한 이러한 정신작용은 자율신경계 생체신호 즉 호흡의 변화나 heart rate variability 등을 통해서도 일어날 수 있는데 최근 Miller와 Wood(1997) 등의 보고에 의하면 천식 어린이에서 sadness와 happiness 장면 자극에 의한 변화에서 sadness에 의해 heart rate variability의 증가를 알 수 있었다고 한다.

결론적으로 본 연구에서는 주관적 평가에서 positive 이미지를 갖는 오렌지향에서 negative 이미지를 갖는 valeric acid보다 HRV 스펙트럼 분석 결과 HF/LF가 더 높게 증가하는 양상을 보이는데 이는 HRV가 뇌후각에 관한 감성을 측정하는데 유용한 지표가 될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 말씀

본 연구과제는 97년도 G7 감성공학개발사업의 연구비(17-01-07)지원을 받아 수행되었음을 알리며 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Badia, P., Wesensten, N., Lammers, W., Culpepper, and Harish, Responsiveness to olfactory stimuli presented in sleep, *Physiol. Behav.*, 48, 87-90, 1990
2. Baik EJ, Lee YY, Lee BH, Lee SH, Moon CH, Han HC Lee; Emotional changes of EEG and autonomic response by olfactory stimuli with orange and valeric acid, *감성과학회지* 1/1, p 1998
3. Brauchli, P., Ruegg, P.B., Eitzweiler F. and Zeier, H., Electrocortical and autonomic alteration by administration of a pleasant and an unpleasant odor, *Chem. Senses*, 20, 505-515, 1995
4. Ehrlichman, H., Hemispheric asymmetry and positive-negative effect in Ottoson, D.(ed.), *Duality and Unity of the brain*, London, 194 206
5. Ehrlichman, H. and Bastone, L., Olfaction and emotion, in Serby, M.I. and Chobor, K.L.(eds), *Science of olfaction*, Springer, New York, pp. 410-438
6. Johansen TL, Kambskar G, Mehlsen J: Heart rate variability in evaluation of the autonomic nervous system. A review *Ugeskrift for laeger* 159:6666-71, 1997
7. Miller BD, Wood BL: Influence of specific emotional states on autonomic reactivity and pulmonary function in asthmatic children. *J. Am. Acad. Child & Adolescent Psy.* 36:669-77, 1997
8. Miltner, W., Matjak, M., Braun, C., Diekmann, H. and Brody, S., Emotional qualities of odors and their influence on the startle reflex in humans, *Psychophysiology*, 31, 107-110, 1994
9. S. Akselrod, D. Gordon, J. B. Madwed, N. C. Snidman, A. Barger, and R. J. Cohen, "Power spectrum analysis of heart rate fluctuation : a quantitative prove of beat-to-beat cardiovascular control," *Science Wash. DC*, 213, pp 220-222, 1981
10. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT. Heart rate variability : A variable prediction mortality following acute myocardial infarction. *J Coll Cardiol*, 1984, 3:2-7
11. Michael M, Thomas JE. Quantification of Heart Rate Variability with Power Spectral Analysis.

Current Opinion in Anaesthesiology, 1993,6:3-17

12. Jin-Hun Sohn, Jae J. Im, Kyung-Hwa Lee, Hyung S. Yeo, Jin W. Park : HRV spectrum analysis for the evaluation of changes in emotion evoked by tactile stimulation, *감성과학회지* 1/1, 1997, 94-97

13. Toyry JP, Partanen JV, Niskanen LK, Lansimiers EA, Uusitupa MI: Divergent development of autonomic and peripheral somatic neuropathies in NIDDM *Diabetologia* 40(8):953-8, 1997

그림 1. 향자극의 제시 기간 및 간격과 기록 순서

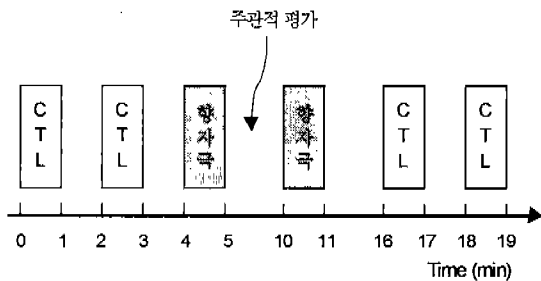


그림 2. 후각 자극에 대한 피검자의 주관적 반응
orange향과 valeric acid 향을 준 직후 각각 주관적 평가를 실시하였으며 후각 자극중에 느껴지는 감성을 10점 척도로 표시하였다.

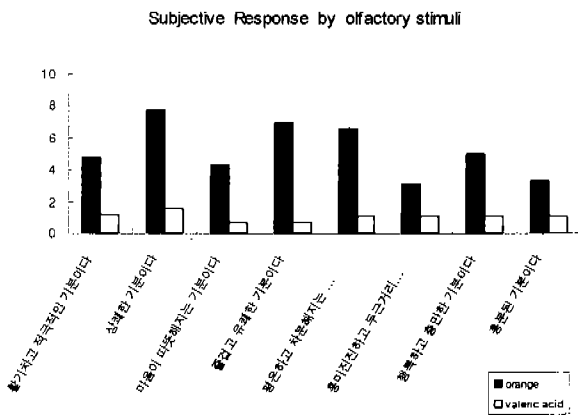


그림 3. 후각 자극에 대한 피검자의 향이미지에 대한 주관적 반응

orange 향과 valeric acid 향을 준 직후 주관적 평가를 실시하였으며 후각 자극 후 느껴지는 감성을 10점 척도로 표시하였다.

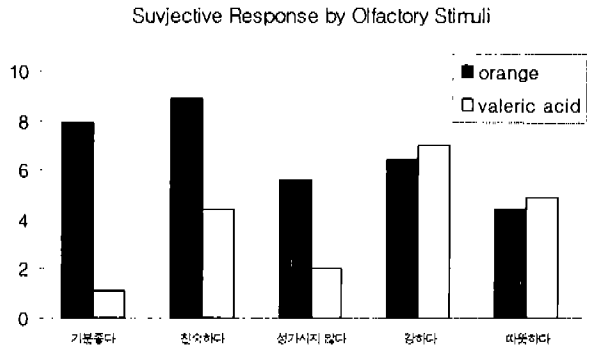


그림 4. 각 실험 조건에서의 오렌지향 및 valeric acid에 대한 HF/LF 평균값의 차이

