

# 전자코를 이용한 액취증의 진단

김정도 · 장성진 · 임승주 · 박성대 · 김동진 · 김정주\*

## Diagnosis of Osmidrosis Axillae Using Electronic Nose

Jeong-Do Kim, Seong-Jin Jang, Seung-Ju Lim, Sung-Dae Park, Dong-Jin Kim, and Jung-Ju Kim\*

### Abstract

The purpose of this paper is to diagnose osmidrosis visually and quantify the extent of osmidrosis. To achieve this, we designed the diagnosis method of osmidrosis using electronic nose system. The developed electronic nose system use principal component analysis for visualization of osmidrosis and fuzzy c-means algorithm for quantification. To confirm the efficiency of electronic nose system for osmidrosis diagnosis, we obtained samples from 34 volunteers and compared our experiment results with the doctor's diagnosis, and we met with successful results.

**Keywords :** Electronic nose, Osmidrosis, FCM

### 1. 서론

액취증(osmidrosis)이란 주로 아포크린샘(apocrine gland)에서 분비되는 물질이 그람 양성균(gram positive bacillus)에 의해 분해되면서 액와부(axillary)에서 "암내"라고 불리는 고약한 냄새가 나는 것을 말한다[1, 2].

액취증의 발생 빈도는 인종에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 황인은 흑인이나 백인에 비해 액취증의 발생 빈도가 매우 낮다. 흑인이나 백인의 경우 액취증의 발생 빈도가 거의 80% 이상이기 때문에 액취증을 가진 사람이 사회 생활에 지장을 받는 경우는 거의 없다. 하지만, 동양인, 특히 한국, 중국 및 일본의 경우 액취증의 발생 빈도가 10% 미만이기 때문에 액취증이 대인 관계에 상당한 영향을 미친다. 특히 이러한 지역에서는 서구의 기준(western criteria)으로는 액취증으로 진단받기 어려운 정도의 가벼운 증상도 상당히 민감한 증상으로 받아들이는 경우가 많다[3-5]. 대개 액취증의 경우 수술 후에는 액취가 감소하고 환자 자신도 수술 후 결과에 대체적으로 만족한다[4, 6]. 하지만 일부 환자는 액취증이 심하지 않음에도 불구하고 수술 치료를 원하거나, 수술 후

궁극적인 액취의 감소가 있었음에도 불구하고 수술 결과에 대해 만족하지 못하는 경우가 있다. 따라서 액취증의 정도를 객관적으로 진단하는 것은 동북아에서는 매우 중요하다.

액취증은 관능검사, 귀지검사, 발한검사, 조직검사 등의 방법으로 진단한다. 하지만 이러한 검사 방법은 명확하지 않은 판단기준과 검사자의 주관이 개입되는 문제점이 남아있다. 가장 정확한 진단을 위해서 가스 크로마토그래피를 사용할 수 있으나, 비용의 문제 때문에 이를 사용하는 것은 부적절하다.

본 연구에서는 액취증의 유무, 액취증의 정도와 수술 전후의 액취 비교 등을 객관화 하기 위하여 전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 방법을 개발하였다.

개발된 전자코는 6개의 MOS형 가스센서를 어레이화하였다. 액취증을 진단하고 액취증의 정도를 확인하기 위해 FCM(Fuzzy c-means) 알고리즘을 이용하였다. 총 34명을 대상으로 실험이 진행되었으며, 의사의 진단을 통해 그 결과를 확인하였다.

### 2. 액취증과 진단방법

액취증은 액와부에서 특유한 자극적인 냄새가 나는 것을 말한다. 액와부는 단백질과 지방분을 많이 포함하고 있는 땀을 배출하는 아포크린샘(apocrine sweat gland)이 집중되어 있으며 습한 곳 이어서 각종 미생물이 잘 자랄 수 있는 신체부위이다[7]. 원래 아포크린 땀샘의 분비물은 무균 상태이며 냄새가 나지 않지만 액와에 상주하는 그람 양성 미생물에 의해 지방산과 암모니아로 분해되어 암내

호서대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Hoseo University)

\*Corresponding author: ichromosome@nate.com

(Received : May.. 24, 2013, Accepted : Jul. 10, 2013)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 유발한다[8, 9]. Strauss와 Kligman은 그람 음성균(gram negative bacillus)도 포함하여 여러 종의 세균이 원인이 될 수 있다고 발표하였다[10].

액취증의 발생 빈도는 인종에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 황인은 흑인이나 백인에 비해 액취증의 발생빈도가 매우 낮다. 이는 흑인들은 크고 활동적인 분비선(secretory gland)을 갖고, 동양인은 작고 활동성이 적은 분비선을 갖고 있기 때문이다. 보통 백인의 액취증 발생빈도는 약 80%이고, 흑인의 액취증 발생빈도는 약 90%인데 비해, 일본인과 한국인의 액취증 발생빈도는 각각 10%, 7%로 흑인과 백인에 비해 낮다[3, 9].

백인과 흑인의 대다수는 액취증을 갖고 있는데 비해 황인은 소수만이 액취증을 갖고 있기 때문에 황인은 액취증에 민감하게 반응한다[4]. 또한 액취증은 사춘기 이전에는 잘 발생하지 않지만 신체가 갑자기 커지고 내분비 기능이 왕성해 지는 사춘기 이후에 발생빈도가 높다[9]. 그러므로 심한 액취증을 갖고 있는 동양인, 특히 사춘기의 청소년들은 위축감으로 인해 원만한 대인관계를 만드는 것을 어려워하게 되는 경우가 많다.

대개 액취증의 경우 수술 후에는 액취가 감소하고, 환자 자신도 수술 후 결과에 대체적으로 만족한다[4, 6]. 하지만 일부 환자는 액취증이 심하지 않음에도 불구하고 수술 치료를 원하거나, 수술 후 궁극적인 액취의 감소가 있었음에도 불구하고 수술 결과에 대해 만족하지 못하는 경우가 있다. 따라서 액취증의 정도를 객관적으로 진단하는 것은 매우 중요하다. 현재 액취증 진단에는 관능검사, 귀지검사, 발한검사, 조직검사, 가스 크로마토그래피 등의 방법이 사용된다. 관능검사의 경우는 명확하지 않은 판단기준과 검사자의 주관성이 개입되는 문제점과 환자가 수치감을 느끼게 되는 문제점이 있다. 또한 귀지검사, 발한검사, 조직검사의 방법만으로는 액취증으로 쉽게 진단할 수 없는 경우도 있다. 그래서 의사들의 경우 관능검사와 더불어 귀지검사 및 발한검사를 함께 이용하여 진단하는 경우가 대부분이다. GC(Gas Chromatography)나 MS(Mass Spectrum) 등에 의한 기기 분석법은 전체적인 스펙트럼을 통한 합성 성분의 분류는 가능하지만 액취증 진단에 이용할 경우 많은 시간과 비용이 필요한 단점이 있다.

### 3. 액취증 진단을 위한 전자코 시스템

본 연구에서는 액취증 진단 시 의사의 관능검사를 모방한 전자코 시스템을 개발하였다. 개발된 전자코 시스템을 이용함으로써 액취증 진단 시 검사자의 주관을 배제할 수 있으며, 검사에 대한 환자의 거부감을 감소시키고, 액취의 정도를 수치로 객관화할 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 6개의 MOS형 센서를 이용하여 센서 어레이를 구성하였다. Table 1은 본 연구를 위해 사용된 가스 센서를 보여주고 있다.

Table 1. Sensors used for osmidrosis diagnosis

Sensors Number	Model Number	Target Gas
1	TGS826	Ammonia
2	TGS4161	Carbon Dioxide
3	TGS2444	Hydrogen Sulfide
4	TGS2602	Air Contaminant
5	TGS2611-E00	Methane
6	TGS2620	Alcohol

6개의 센서들로부터 얻어진 센서 데이터는 사람의 후각인지 체계를 모방한 주성분 분석, FCM 등의 분석을 통해 액취증의 유무를 구분하고 시각화한다.

Fig. 1은 액취증 진단을 위한 전자코 시스템의 블록도이다.

본 연구에서는 피검자의 시료에 대한 각 센서들의 반응을 검출하기 위하여 6개의 센서를 어레이화하고 각 센서에 적합한 구동 드라이버를 설계하여 센서들의 데이터를 획득한다. 각 센서들의 데이터는 PIC18F452 원칩 마이크로컴에서 디지털 신호로 변경되어 노트북 컴퓨터로 전송된다. 노트북 컴퓨터로 전송된 센서 데이터는 전처리 과정을 거쳐 6차원 데이터로 정규화 되어 주성분 분석 및 FCM 분석을 통해 액취증의 유무를 분석하게 된다.

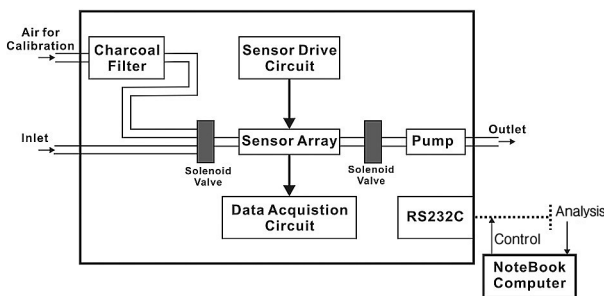


Fig. 1. E-nose system for osmidrosis diagnosis.

### 4. 액취증 진단 알고리즘

전자코 시스템은 어레이화 된 여러 개의 가스 센서의 반응 값을 이용하여 가스 센서 개수보다 더 많은 종류의 냄새 패턴을 분류할 수 있다. 액취증의 진단 가능성과 액취증의 시각화를 위해 의사에 의해 진단이 확정된 4명의 액취증 환자와 30명의 비액취증 환자를 대상으로 데이터를 취득한 후 정상상태의 데이터를 이용하여 PCA 분석을 시행하였다. PCA 방법은 다 차원의 데이터를 인간이 시각적으로 분석 가능한 2차원 또는 3차원으로 축소하여 표현하는 방법으로 냄새의 특징을 시각적으로 파악할 수 있는 표준 방법이다. Fig. 2는 34명의 피검자 시료에 대한 PCA 분석 결과이다. PCA 분석을 통해 6차원 데이터를 2차원으로 축소하여 2차원 평면상에 도

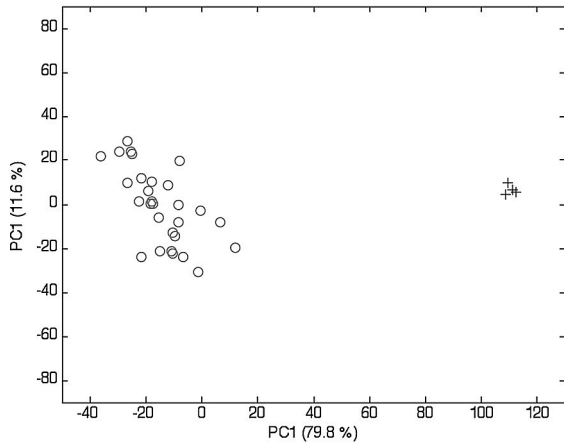


Fig. 2. PCA plot with osmidrosis and non-osmidrosis.

시하였다. Fig. 2로부터 4명의 액취증 환자가 명확히 구분됨을 확인할 수 있었다.

PCA 분석의 결과 액취증과 비액취증을 구분할 수 있음을 확인하였으나, 본 연구에서는 액취증의 정도를 정량적으로 표현하는 것을 목적으로 하기 때문에, 정량적 표현을 위해 Fuzzy C-Means (FCM) 알고리즘을 사용한다. FCM 알고리즘은 대표적인 비교사학습(unsupervised learning) 알고리즘이며, 입력된 데이터들을 군집화시키는 알고리즘이다. FCM 알고리즘은 사용자가 결정한 클러스터의 개수에 따라 각 클러스터의 센터를 결정한다. FCM 알고리즘에 의해 구해진 각 클러스터의 센터를 이용하면 각 패턴의 소속도(membership grade)를 구할 수 있다. 본 연구에서는 단지 2개의 클러스터(액취증 클러스터와 비액취증 클러스터) 센터를 구한 후에 각각의 클러스터 센터와 주어진 샘플 사이의 소속도를 구함으로써 액취증의 정도를 정량화 하는 방법을 사용한다. 소속도에 의해 액취증의 유무와 정도를 파악하기 위해 FCM 알고리즘이 적용되었다.

FCM 알고리즘은 식 (1)과 같이  $n$ 개의 입력 패턴들을 식 (2)와 같이  $c$ 개의 클러스터로 분할한다.

$$X_i = [x_1, x_2, \dots, x_n] \quad X_i \text{는 } i\text{번째 패턴의 입력벡터} \quad (1)$$

$$Z_j = [z_1, z_2, \dots, z_c] \quad Z_j \text{는 } j\text{번째 클러스터의 중심} \quad (2)$$

이렇게 찾아진 클러스터 중심과 각각의 입력 패턴의 유클리디안 거리(euclidean distance)를 구하며,  $i$ 번째 입력 패턴의  $j$ 번째 클러스터 중심과의 소속도(membership grade,  $W_{ij}$ )는 다음과 같다.

$$W_{ij} \in [0,1] \quad ; \quad 1 \leq i \leq n \quad ; \quad 1 \leq j \leq c \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^c W_{ij} = 1 \quad ; \quad 1 \leq i \leq n \quad (4)$$

$$0 < \sum_{i=1}^n W_{ij} < 1 \quad ; \quad 1 \leq j \leq c \quad (5)$$

위에서 각각의 패턴들은 서로 다른 소속도와 클러스터를 가질 수 있다. 그리고 식 (4)와 (5)에서와 같이 하나의 패턴에 대한 소속도는 0과 1사이의 실수로 전체 Membership grade의 총합은 1로 표준화된다.

본 연구에서는 액취증의 유무를 수치적으로 판단하기 위하여 피검자 시료의 6차원 센서 데이터를 FCM 알고리즘의 입력패턴으로 사용하여 두 클러스터(정상 클러스터와 액취증 클러스터)의 센터 값과 그에 따른 입력 패턴의 소속도를 수치적으로 확인 할 수 있도록 하였다.

## 5. 실험결과

2012년 5월 한달 간 본 연구의 목적과 검사에 대한 설명을 듣고 이에 응한 34명의 피검자를 대상으로 전자코 시스템을 이용한 액취증 검사와 피부과 의사의 관능검사를 통해 액취증을 진단하고 이 결과를 비교하였다.

액취시료의 채취를 위해 피검자의 겨드랑이 밑을 알코올을 문힌 거즈로 세척한 후, 다시 생리식염수로 세척하였다. 1시간 경과 후 피검자의 겨드랑이 밑을 거즈로 문지른 다음 이를 시료병에 담고 밀봉하였다.

시료가 포함된 용기를 1시간 후에 전자코 시스템의 Body Odor 투입구와 연결하여 시료에 대한 각 센서의 반응값( $R_s/R_0$ )을 측정하였다. 여기서  $R_s$ 는 측정된 센서의 저항값이며,  $R_0$ 는 기준 가스에서의 센서 저항값이다. 기준 가스는 활성탄 필터를 통과한 일반공기를 사용하였다.

측정된 센서 데이터 중 안정 구간에서 얻어진 6개의 센서데이터를 FCM 알고리즘의 입력 패턴으로 사용하여 정상 클러스터와 액취증 클러스터의 중심을 구하고 두 클러스터의 센터값과 각 패턴의 소속도를 구하였다. 구해진 각 패턴의 두 클러스터에 대한 소속도를 이용하여 액취증의 유무와 정도를 정량적으로 표시할 수 있도록 하였다. 본 실험에서는 각 패턴에 대해 정상 클러스터에 대한 소속도(Membership Grade for Normal Cluster : MGNC)가 0.8 이상이면 정상으로 진단하였고, 액취증 클러스터에 대한 소속도(Membership Grade for Osmidrosis Cluster : MGOC)가 0.8 이상이면 액취증으로 진단하였다.

전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 후 시료를 밀봉하여 피부과 의사에게 보내 관능검사(Sensory Test : ST)를 실시하였으며, 또한 귀지 검사(Cerumen Test : CT)를 위해 각 피검자의 귀지를 채취하

고 피부과 의사로 하여금 귀지의 연성여부를 판단하도록 하였다. 귀지의 연성 여부는 액취증 진단의 직접적 판단자료는 아니지만, 의사들의 경우, 관능검사 시에 액취증으로 판단하기 애매할 경우에 사용하는 간접적인 참고 자료이다.

Table 2는 34명의 피검자에 대한 전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 결과와 피부과 의사의 관능 검사 및 귀지 검사를 통한 액취증 진단 결과를 비교한 표이다.

Table 2. Osmidrosis diagnosis result using e-nose system

Sample No.	Electronic Nose			Dermatologist		
	MGNC	MGOC	Result	ST	CT	Result
S1	0.9499	0.0501	N	N	H	N
S2	0.9337	0.0663	N	N	H	N
S3	0.9447	0.0553	N	N	H	N
S4	0.9339	0.0661	N	N	H	N
S5	0.9146	0.0854	N	N	H	N
S6	0.9861	0.0139	N	N	H	N
S7	0.8213	0.1787	N	N	H	N
S8	0.9696	0.0304	N	N	H	N
S9	0.1027	0.8973	O	O	S	O
S10	0.8607	0.1393	N	N	H	N
S11	0.9685	0.0315	N	N	H	N
S12	0.9944	0.0056	N	N	H	N
S13	0.9977	0.0023	N	N	H	N
S14	0.9926	0.0074	N	N	H	N
S15	0.9760	0.0240	N	N	H	N
S16	0.9826	0.0174	N	N	H	N
S17	0.0989	0.9011	O	O	S	O
S18	0.9657	0.0343	N	N	H	N
S19	0.9861	0.0139	N	N	H	N
S20	0.7549	0.2451	N	N	H	N
S21	0.9550	0.0450	N	N	H	N
S22	0.9469	0.0531	N	N	H	N
S23	0.9391	0.0609	N	N	H	N
S24	0.0943	0.9057	O	O	S	O
S25	0.9473	0.0527	N	N	H	N
S26	0.9619	0.0381	N	N	H	N
S27	0.9644	0.0356	N	N	H	N
S28	0.9552	0.0448	N	N	H	N
S29	0.9543	0.0457	N	N	H	N
S30	0.9861	0.0139	N	N	H	N
S31	0.9802	0.0198	N	N	H	N
S32	0.9596	0.0404	N	N	H	N
S33	0.0901	0.9099	O	O	S	O
S34	0.9574	0.0426	N	N	H	N

※ N:Normal, O:Osmidrosis, H:Hard, S:Soft

Table 2에 나타난 바와 같이 34명의 피검자에 대한 전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 결과와 관능 검사 및 귀지 검사에 의한 의사의 진단 결과는 100% 일치하는 것을 알 수 있다. 또한 소속도에 의해 어느 정도의 액취증을 가지고 있는 지를 판단할 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 32명의 피검자를 대상으로 전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 결과와 피부과 의사의 관능검사, 귀지 검사를 통한 액취증 진단 결과를 비교하였다. 우선 전자코 시스템을 이용한 검사에서는 피검자로 부터 채취된 시료의 센서 데이터를 PCA를 이용해 2차원 데이터로 매핑하고 이를 시각화하였다. 그 결과 액취증 유무에 따라 두 개의 군집으로 클러스터링되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 액취증의 유무를 수치적으로 판단하기 위하여 각 시료의 센서 데이터를 입력 패턴으로 하여 FCM 알고리즘을 이용해 정상군의 클러스터 센터와 액취증 환자군의 클러스터 센터를 구하였다. 다음으로 각 샘플의 클러스터 소속도를 구하고, 이를 비교함으로써 액취증의 유무와 정도를 판단할 수 있음을 알 수 있었다. 우리는 본 연구를 통해 전자코 시스템을 이용한 액취증 진단 결과와 피부과 의사의 관능 검사 및 귀지 검사에 의한 액취증 진단 결과가 일치함으로 확인하였다.

액취증을 객관적으로 측정하기 위한 많은 방법이 시도되었지만, 현재까지도 표준적인 방법은 없는 실정이다. 본 연구에서 개발된 액취증 진단을 위한 전자코 시스템은 액취증의 유무를 정확하게 판단하고, 또한 액취증의 정도를 수치화함으로써 액취증 진단 및 치료에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] H. H. Chu, Y. T. Seo, H. S. Lee, Y. S. Kim, and Y. H. Bang, "A study of genetic inheritance of bromidrosis", *J. Korean Soc of Plast Reconstr Surg.*, Vol. 26, No. 2, pp. 210-214, 1999.
- [2] T. B. Fitzpatrick, A. Z. Eissen, K. Wolff, I. M. Feedberg, and K. F. Austen, *Dermatology in General Medicine. 3rd ed.*, Mcgraw-Hill Information Services Co., New York, p.704, 1987.
- [3] I. G. Kim and J. M. Lew, "Osmidrosis", *Diagnosis and Treatment*, Vol. 21, No. 6, pp. 629-632, 2001.
- [4] W. S. Kim, "Osmidrosis : Psychological survey", *Archives of Plastic Surgery*, Vol. 18, No. 21, pp. 314-321, 1991.
- [5] H. S. Yoon and I. H. Kim, "Association between skin

- phenotype and apocrine bromhidrosis in Koreans”, *Korean Journal of Dermatology*, Vol. 40, No. 5, pp. 496-500, 2002.
- [6] S. T. Cho, I. G. Baik, K. W. Whang, D. H. Lim, and D. S. Cha, “Clinical observation of the axillary osmidrosis”, *Archives of Plastic Surgery*, Vol. 24, No. 5, pp. 1207-1213, 1997.
- [7] J. P. Kook, S. C. Lee, I. K. Chun, and Y. P. Kim, “Studies of microbial flora of osmidrosis patients and their genetic observation”, *Korean Journal of Dermatology*, Vol. 28, No. 5, pp. 559-564, 1990.
- [8] W. B. Shelley, H. J. Hurley, and A. C. Nichols, “Axillary odor; Experimental study of the role of bacteria, apocrine sweat, and deodorants”, *Arch Derm Syph*, Vol. 68, pp. 430-446, 1953.
- [9] H. J. Hurly, *Diseases of the apocrine sweat glands*, in *Dermatology, 3rd ed.*, Vol. 2, Saunders, p. 1495, 1992.
- [10] Strauss JS and Kligman AM, “The bacteria responsible for apocrine odor”, *J. Invest. Dermatol.*, Vol. 41, p. 3, 1963.
- [11] H. G. Byun, Persaud K. C., J. D. Kim, and D. D. Lee, “Improvement of RBF Network's performance for application to odour sensing system with drift”, *Olfaction & electronic Nose Conference*, pp. 237-240, 1999.
- [12] J. D. Kim, H. G. Byun, D. J. Kim, Y. K. Ham, W. S. Jung, and C. O. Yoon, “A simple taste analyzing system design for visual and quantitative analysis of different tastes using multi-array chemical sensors and pattern recognition techniques”, *Talanta*, Vol. 70, Issue 3, pp. 546-555, 2006.