

## 음성검사 및 음성재활장치의 개발

단국대학교 의과대학 이비인후과학교실,<sup>1</sup> 서울대학교 의과대학 이비인후과학교실,<sup>2</sup> 의공학교실,<sup>3</sup>  
동아대학교 의과대학 이비인후과학교실<sup>1</sup>

이상준<sup>1</sup> · 성명훈<sup>2</sup> · 김광현<sup>2</sup> · 권택균<sup>2</sup> · 최종민<sup>3</sup>  
김옥은<sup>3</sup> · 김희찬<sup>3</sup> · 박광석<sup>3</sup> · 김동영<sup>4</sup>

후두는 호흡, 발성, 기도의 보호기능을 한다. 이 중 발성은 의사소통의 수단으로 인간에게 매우 중요한 의미를 가진다. 본 교실에서 개발한 발성기능을 객관적이고 정량적으로 평가할 수 있는 Videostrobokymography (VSK), 다채널 음성분석장치, 그리고 발성재활장치인 Hands free 전기후두에 대해 소개하고자 한다.

### VSK

발성은 성대 점막진동의 최종 산물로 성대 점막진동을 평가하기 위한 여러 가지 방법들이 고안되어 왔다. 이중 후두회선검사(laryngeal stroboscopy)가 가장 널리 쓰이는 방법이다. 후두회선검사는 점막진동과 동기화되어 점멸되는 광원을 이용하여 성대를 느린 동작으로 관찰한다. 그러나 회선검사는 해석이 주로 검사자의 주관적 판단에 좌우되는 문제가 있다.

VSK는 기존의 후두회선검사서 저장된 영상을 이용하여 성대의 여러 위치에서의 진동양상을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 재구성하여 분석하는 기법이다. 비디오테이프의 화면을 소프트웨어로 불러온 다음 흔들림 없이 충분한 시간 동안 촬영된 부분을 선택한다. 분석 시간을 줄이기 위해 성대만을 사각형 부분으로 선택한다. 성문 부위의 종축이 Y축에 평행하도록 영상을 교정한 후 분석을 원하는 성대의 위치에 수평선을 만들면 새로운 창으로 일련의 kymogram이 만들어 진다. 이 kymogram이 바로 선택한 수평선에서의 성대 점막 진동양상을 나타낸다. 여러 수평선을 선택하면 각각에 해당되는 kymogram이 모니터에 나타난다. 저자들은 성대전장의 전방 1/3, 중간부분, 후방 1/3을 선택하였다. 이렇게 만들어진 kymogram에서 OQ(open quotient), AI(asymmetric index)의 정량적인 변수를 얻을 수 있다. OQ는 성문의 한 주기 중 개방기의 비로 kymogram상 밝은 부분과 어두운 부분을 비교함으로써 구할 수 있다.

$$OQ = \text{open phase} / \text{total phase} \times 100(\%) = \text{open phase} / (\text{open phase} + \text{closed phase}) \times 100(\%)$$

병적인 상태에서 성문의 편위 정도는 좌우가 대칭이 되지 않을 수가 있는데 이를 반영한 변수가 AI로 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$AI = (\text{left glottal area} - \text{right glottal area}) / (\text{left glottal area} + \text{right glottal area}) \times 200(\%)$$

VSK를 이용하여 정상, 양성 병변(결절, 폴립, 낭종, 라인케부종), 성대마비 환자 각 5명에 대해 분석하였다. 결절, 폴립, 낭종의 경우 OQ가 중간부분은 정상과 차이가 없으나 전방 1/3, 후방 1/3에서는 정상에 비해 훨씬 큰 값을 보였다. 성대병변이 있는 경우 AI는 정상에 비해 증가되고 특히 성대마비의 경우에 증가가 두드러졌다(Table 1, 2).

### 다채널 음성분석장치

다채널 음성분석장치는 음성신호, 유속, 전기성문도를 동시에 측정하도록 고안된 장치이다. 공학적으로 매우 간단한 하드웨어와 알고리즘을 채택하고 현재 임상에서 가장 많이 사용되는 음성변수만을 산출하므로 간단하고 효율적인 음성신호 분석이 가능하였다. 검사 방법도 간단하여 음성신호와 평균 호기율신호를 단 한번의 검사로 동시에 획득할 수 있어 검사시간을 단축할 수 있었다. 이와 같이 검사가 쉽고, 이동하기 쉬우며, 검사시간이 짧으며, 결과를 쉽게 판

**Table 1.** Mean value of OQ(n=5)

|           | Anterior 1/3 | Mid       | Posterior 1/3 |
|-----------|--------------|-----------|---------------|
| Normal    | 38.0± 4.9    | 45.6± 4.8 | 60.1± 8.2     |
| Nodules   | 88.2± 5.0    | 59.1±12.7 | 91.2± 7.1     |
| Polyp     | 81.9±11.6    | 48.2± 5.6 | 79.1±12.0     |
| Cyst      | 64.9±16.7    | 40.0± 7.8 | 90.1± 4.9     |
| Edema     | 40.2±11.8    | 48.9±11.8 | 60.0±19.9     |
| Paralysis | 47.1± 5.5    | 51.5± 6.3 | 71.0±13.2     |

**Table 2.** Mean value of AI(n=5)

|           | Anterior 1/3 | Mid        | Posterior 1/3 |
|-----------|--------------|------------|---------------|
| Normal    | 5.2± 4.3     | 5.4± 4.9   | 12.5+ 5.0     |
| Nodules   | 45.5±35.6    | 54.7± 43.5 | 51.6±30.9     |
| Polyp     | 74.2±32.9    | 67.0±10.0  | 45.7+28.7     |
| Cyst      | 55.9±29.6    | 57.1±28.0  | 58.0±27.7     |
| Edema     | 69.3±23.8    | 48.6±33.2  | 44.8±46.2     |
| Paralysis | 73.1±11.6    | 88.7±13.7  | 127.1±27.9    |

독할 수 있어 선별검사로서의 필요조건을 갖추었다. 이를 이용하여 후두내시경상 정상군 50명과 비정상군 57명을 대상으로 음성변수를 분석하였으며 선정된 변수를 포함하여 후두질환 유무를 예측할 수 있는 회귀방정식을 구할 수 있었다. 확률값 0.5를 기준으로 정상과 비정상을 판별하였을 때 회귀식의 민감도와 특이도는 각각 남자 83.3%, 94.4%, 여자 94.9%, 90.5%였다.

$$\text{Logit (Male)} = 15.931 \times \text{Jitter} - 11.193 \times \text{Shimmer} + 0.918 \times \text{SPI} - 0.937 \times \text{HNR} - 12.129$$

$$\text{Logit (Female)} = 5.086 \times \text{Jitter} + 7.574 \times \text{Shimmer} + 0.051 \times \text{MFR} - 11.093$$

SPI(soft phonation index, dB) : 낮은 주파수 대역과 높은 주파수 대역의 에너지의 비

HNR(harmonic to noise ratio, dB) : Harmonic energy와 noise energy의 비

이 지표의 가능한 적용범위는 다음과 같다. 첫째, 일반인을 대상으로 한 건강검진에 포함시켜 간단한 음성분석을 통해 후두병변의 유무를 판정할 수 있는 선별검사로 사용될 수 있다. 둘째, 의사, 환자, 음성치료사간의 의사소통의 수단으로 쓰일 수 있다. 음성변수의 복잡한 수치와 정상치의 비교는 일반 임상 의사나 환자에게는 이해하기 어려우므로 이를 통계적 의미가 있는 하나의 수치로 표현함으로써 치료자와 피치료자간의 의사소통을 용이하게 할 수 있다. 셋째, 음성치료나 음성수술의 치료효과 판정방법으로서 사용할 수 있다. 후두질환의 유무를 구분해주는 판별기능뿐 아니라 연속적인 수치를 제공함으로써 음성치료에 따른 음성변수의 호전정도를 단계적으로 평가할 수 있다. 향후 보다 많은 데이터의 확보와 검증절차를 거친다면 장비의 간단성과 검사의 간편성으로 인해 성대질환의 선별검사와 음성치료의 평가도구로서 쓰일 수 있을 것이다.

## Hands Free 전기후두

대부분의 전기후두는 손에 쥐고 사용하도록 고안되어 있어 후적자가 양손을 사용해야 하는 경우 어려움을 겪게 된다. 기존의 경경부 방식의 전기후두를 개량하여 손의 구속이 없이 사용이 가능한 핸드 프리 전기후두를 개발하였다. 연구의 기본적인 착안점은 진동기를 소형화 하여 목 부위 장착이 용이하게 하고 이에 따라 감소되는 출력음성의 세기를 마이크와 전자증폭기를 이용하여 증폭시키는 것이다. 개발된 핸드 프리 전기후두는 기본 구조는 진동기와 마이크는 경부에 장착하고 기타 부분들 즉, 증폭기, 스피커, 마이크로프로세서, 전원은 몸에 휴대하도록 하였다. 핸드 프리를 구현하기 위해 진동기의 동작은 혀를 차는 소리에 의해 작동하고 2초이상 소리의 입력이 없는 경우 작동이 멈추도록 고안하였다. 개발된 핸드 프리 전기후두를 후적자에게 적용해본 결과 음의 명료도는 기존의 전기후두에 비해 뒤떨어지지 않았다.

외향적으로 거추장스러운 구강마이크를 대신할 수 있는 장치로 조적을 통해 전달되는 음향신호를 포착하는 접촉마이크와 외이강에서 소리를 포착하는 귀속형 마이크를 시도해 보았고 정상인에서는 증폭이 가능함을 확인하였다. 그러나 후적자에게 적용해본 결과 접촉마이크는 알아들을 수 있는 음성신호를 증폭하지 못하였다. 귀속형 마이크는 구강마이크에 비해 명료도는 떨어지고 하울링 현상이 심하였지만 알아들을 수 있는 음성의 증폭이 가능하였다. 진동기의 떨림이 새는 문제가 있으며 접촉마이크나 귀속형 마이크는 음성의 명료도가 상용화된 제품에 비해 많이 떨어지는 문제가 있어 실용화 되기에는 아직 부족한 점이 많다. 그러나 음성공학분야에서 신호와 잡음을 분리하여 잡음을 줄

이는 음질 개선 기술이 많이 연구되고 있으며 이러한 음성신호처리 알고리즘을 본 기기에 접목시킨다면 후적자의 음성재활과 사회복귀에 훌륭한 도구가 될 것으로 기대된다.

#### REFERENCES

- Sung MW, Kim KH, Koh TY, Kwon TY, Mo JH, Choi SH, et al. Videostrobokymography: a new method for the quantitative analysis of vocal fold vibration. *Laryngoscope* 1999;109:1859-63.
- 이재성. 후두기능의 정량적 평가를 위한 종합 진단 시스템 개발에 관한 연구. 서울대학교 대학원 의용생체공학 석사논문;1998.
- 김해영. 통합적 후두 진단 소프트웨어 개발을 위한 파라미터 검출 알고리즘에 관한 연구. 서울대학교 대학원 의용생체공학 석사논문;2000.
- 권택균. 다채널 음성분석과 다변량 로짓 분석을 통한 포괄적 음성지표의 개발. 서울대학교 대학원 이비인후과학 석사논문;2003.
- Gerald LC, John MG. *Current trends in laryngectomy rehabilitation: A survey of speech-language pathologists. Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;118:458-63.
- McRae RG, Pillsbury HR. A modified intraoral electrolarynx. *Arch Otolaryngol* 1979;105 (6):360-1.
- Karen C, Joel M. Utilization of microprocessors in voice quality improvement: the electrolarynx. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 8 (3):138-42.
- 신윤기. 적응신호처리를 이용한 음질 개선. *음성과학* 2002;9 (4):275-86.