

# 후두기능 진단을 위한 음성 및 유체역학적 측정장치 개발

이재성, \*박광석, \*\*성명훈, \*\*김광현

서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학, \*의과대학 의공학교실, \*\*이비인후과학교실

## Speech and Aerodynamics Measurement System for Laryngeal Function Assessment

J. S. Lee, \*K. S. Park, \*\*M. H. Sung, \*\*K. H. Kim

Interdisciplinary Program in Medical and Biological Engineering Major, \*Department of Biomedical Engineering, \*\*Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Seoul National University

### ABSTRACT

For the laryngeal function assessment, we developed a measurement system of speech sound and air flow rate. The speech sound was transduced with a standard omnidirectional condenser microphone and orally emitted air flow was measured with pneumotachometer using differential pressure transducer.

### 서론

후두(larynx)의 기능은 크게 호흡, 발성, 이물질로부터의 하기도의 보호 등으로 나눌 수 있는데 호흡조절기능은 인간의 생존에 필수적이며 발성의 기능은 인간으로 하여금 자신의 의사를 표현하고 음성을 통한 아름다움을 공유하는 것을 가능하게 하여 준다는 측면에서 매우 중요하다.

후두기능 검사법들을 크게 분류하면, 음향학적 검사법, 유체역학적 검사법, 전기생리학적 검사법, 그리고 성대의 움직임과 그에 따른 음성을 시각적으로 표현하여 주는 videolaryngostroboscopy 등이 있다. Stroboscopy를 통해서 성대의 모양과 움직임 및 점막파를 자세히 관찰할 수 있고 음향학적 검사를 통해서 만들어진 음성의 청각적 특성과 애성(hoarseness)의 정도를 표현할 수 있으며, 유체역학적 검사를 통해서 발성시의 공기의 흐름의 특성이나 압력의 변화를, 그리고 전기생리학적 검사를 통해서 발성에 관여하는 후두의 근육이나 신경들의 활동성 및 조화의 정도를 측정할 수 있다.

그런데, 후두의 기능은 유체역학적 분야, 신경생리학적 분야, 음성 신호의 분야 등의 각 영역의 세밀하면서도 조화된 역할 분담이 있어야만 정상적으로 발휘된다는 사실을 감안할 때 이러한 기능에 대해 총체적으로 측정할 수 있는 종합 진단 시스템의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 후두기능 종합 진단 시스템 개발의 기초 연구로서 발성시의 음성신호 및 후두를 통한 공기의 흐름을 동시에 측정할 수 있는 측정시스템을 개발하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 음성 측정장치

본방향 콘덴서형 소형 마이크로폰(AT9500II, Audio Technica Corp.)을 이용하여 음성신호를 측정하였다. 측정된 미세한 음성신호를 광대역으로 증폭하기 위해 범용으로 사용되는 마이크 앰프를 사용하였으며 차동회로를 이용하여 A/D 변환기의 입력범위로 신호를 변환하였다.

#### 2. 유체역학적 측정장치 (pneumotachometer)

발성시 후두를 통하여 흐르는 호흡기류의 유속을 연속적으로 측정하기 위해 호흡기류가 지나가는 튜브에 유체저항을 삽입하고 유체저항 양단의 압력차를 측정하여 공기의 유속을 얻는 pneumotachometer를 제작하였다.

유체저항은 스텐레스 mesh로 제작하였으며, 저압차동압력센서(176PC14HD2, Honeywell)를 이용하여 유체저항 양단의 작은 압력차를 측정하였다. 내부적으로 온도 보정회로가 있는 센서를 사용하여 주변온도변화에 의해 생기는 측정오차를 제거하였다.

센서를 구동하고 출력 신호를 증폭하기 위하여 strain gage sigal conditioner를 사용하였다. 저압차동압력센서는 내부적으로 strain gage 회로로 구성되어 있으므로 올바른 동작을 위해서는 항상 정전류를 공급해 주어야 하고 출력전압의 범위가 mV단위이므로 A/D 변환을 위한 충분한 범위로 바꾸어 주기 위해서는 1000~2000배 정도의 증폭회로가 필요하며, 잡음의 영향을 없애기 위해서는 최종

단에 low-pass filter가 필요하다. 이러한 모든 회로를 Op Amp수준에서 구현한다면, 그 크기가 지나치게 커진다. 이럴 경우 센서와 구동 및 증폭부를 분리시켜야만 하는데 이는 잡음에 신호를 지나치게 노출시키는 등 여러 면에서 좋지 않은 방법이다. 또다른 방법으로 센서와 구동 및 증폭부를 일체화시키는 것을 생각할 수 있으나, 측정부와 일체화시키기에는 크기가 너무 커져 버린다. 이는 각부분의 소형화가 종합진단시스템 구현을 위해서는 필수 요건이기 때문에 적합하지가 않다. 본 연구에서는 소형화를 위하여 정전류 공급, 수천배까지의 증폭 및 low-pass filter 기능을 가진 strain gage signal conditioner를 사용하였다.

저압차동압력센서의 출력전압은 유체저항양단의 압력차와 비례하나 유체저항을 통과하는 기류의 유속과는 유체저항이 설치된 튜브의 형태 등에 의해 비선형적인 관계를 갖게 된다. 1/ 원통내의 공기를 일정한 유속으로 밀어내며 평균출력전압과 걸린 시간을 측정하여 측정범위내에서 출력전압과 유속을 구하였으며 이를 3차함수로 회귀분석하여 특성곡선을 얻었다. (그림1)

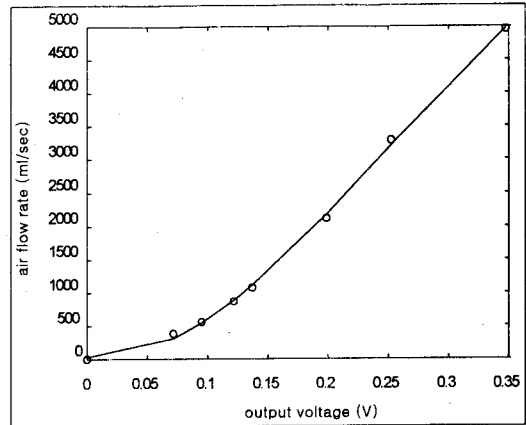


그림 1. pneumotachometer의 출력전압과 실제 유속의 관계곡선

### 3. A/D 변환부

측정된 음성과 유속을 실시간에 컴퓨터로 전송하여 분석하기 위해서 윈도우환경에서 구동할 수 있는 PCI방식의 16채널 A/D 변환기를 사용하였다.

### 4. 외형 제작 및 시스템 집적화

마우스 피스, pneumotachometer, 마이크로폰으로 구성된 음성신호 및 유속 측정장치를 제작하였다. 감염을 방지하기 위해 마우스 피스는 1회용을 사용하여 교환이 가능하게 하였으며, pneumotachometer의 튜브와 유체저항도 교환이 가능하게 하였다. 피검자가 손으로 들고 검사를 받을 수 있게 손잡이를 부착하였으며, 사용하지 않을 때는 본체의 파손을 막고 보관을 용이하게 하기 위해 세워 둘 수 있게 하였다. pneumotachometer의 튜브는 전후 대칭형으로 하였으며, 가운데에 유체저항을 삽입하였다. 마이크로폰은 튜브의 뒷부분에 부착하였으며 각종 구동 및 증폭회로도 일체화하여 컨트롤 상자에 넣어 부착하였다. (그림2, 3)



그림 2. 완성된 시스템의 외형

### 결과

그림 4와 5는 정상 남자에게 '아' 발음을 시키면서 측정된 음성 및 유속 신호와 스펙트럼 분석이다. 두 경우 모두 기본주파수가 약 120Hz임을 알 수 있는데 이는 정상 남자에 대한 평균과 잘 일치하는 값이다.

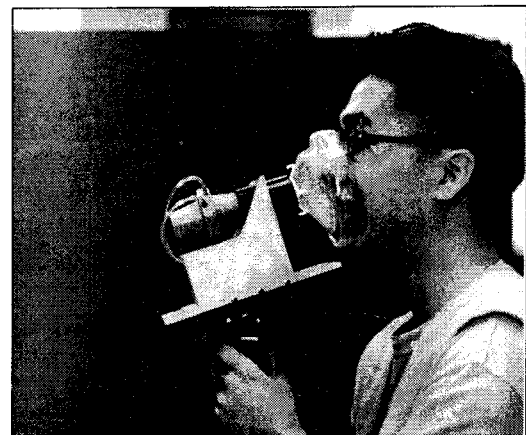


그림 3. 실제 검사 모습

## 후두기능 진단을 위한 음성 및 유체역학적 측정장치 개발

Eng. vol 39, pp.19-25, 1992

[2] M. B. Higgins, R. Netsell and L. Schulte, "Aerodynamic and electroglottographic measure of normal voice production : intrasubject variability within and across sessions", J Speech and Hearing Research. vol 37, pp.38-45, 1992

[3] J. G. Webster, *Medical instrumentation : application and design*, Boston, Houghton Mifflin Co., pp.467-476, 1992

[4] 차은중, 이태수, 구용숙, "호흡 기류 계측 시스템의 개발", 대한의용생체공학회 춘계학술대회 논문집. 17권, 1호, 64-67, 1995

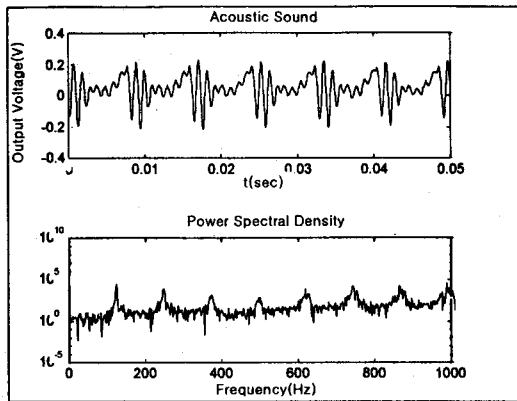


그림 4. '아' 발음에 대한 음성신호와 스펙트럼

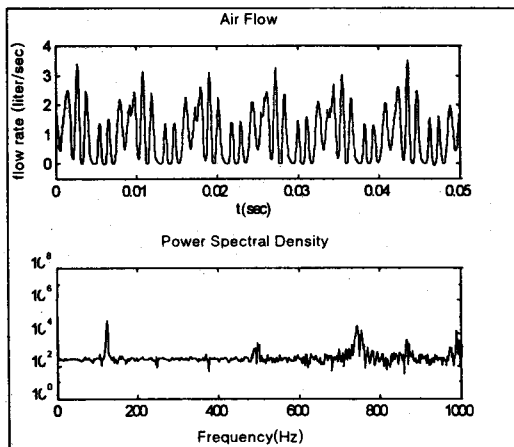


그림 5. '아' 발음에 대해 pneumotachometer로 측정된 유속신호와 스펙트럼

### 요약

본 연구에서는 후두기능 진단을 위하여 발성시의 음성신호와 후두를 통한 공기의 속도변화를 동시에 측정 할 수 있는 측정 장치를 개발하였다. 측정된 신호들을 디스플레이하고 정량적으로 분석하는 소프트웨어를 개발하고 있으며, 본 시스템과 전기 생리학적, 시각적 검사 장치들과의 집적화를 통한 후두기능 종합진단 시스템을 개발 중에 있다.

### 참고문헌

[1] D. G. Childers and K. S. Bae. "Detection of laryngeal function using speech and electroglottographic data", IEEE Trans Biomed