

발성 검사 및 치료를 위한 통합 장치

남기창, 김수찬, 김한수*, 남지인*, 남도현*, 김덕원, 최홍식*

연세대학교 의과대학 의학공학교실

*연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성언어의학 연구소

Integrated Analysis System for Monitoring and Therapy of Phonation

Ki-Chang Nam, Soo-Chan Kim, Han-Soo Kim*, Ji-In Nam*,

Do-Hyun Nam*, Deok-Won Kim, Hong-Shik Choi*

Dept. of Medical Engineering

Dept. of Otorhinolaryngology, the Institute of Logopedics and Phoniatrics*,

College of Medicine, Yonsei University

E-mail : chadol@yumc.yonsei.ac.kr

Abstract

좋은 발성을 위하여 음성이 만들어지려면, 뇌의 언어중추의 명령에 의하여 신경망을 통하여 ‘호흡기관(폐와 흉곽, 호흡관련 근육들)’과 ‘발성기관(주로 후두 즉 성대)’ 그리고 ‘조음, 공명기관(인두, 구강 및 비강)’의 근육들이 유기적으로 작용하여야 한다. 이런 협력 체제에 문제가 생기면, 다양한 종류의 질환이 유발될 수 있다[1,2]. 현재 임상에서 음성 분석을 위해 사용되는 시스템은 대부분 성대의 진동을 측정하기 위해 stroboscopy, 전기성문과형검법 (EGG; electroglottography), 후두근전도 중의 한 방법과 음성 분석을 위한 분석 프로그램으로 구성되어 있다. 그러나, 발성은 호흡과 매우 밀접한 관계가 있어 음성, 성대의 진동, 호흡 관계를 종합적으로 관찰할 필요가 있다. 본 연구에서는 발성 시 성대 점막의 접촉 양상은 EGG 로 측정하며, 발성의 주 에너지원이 되는 호흡의 변화를 2 channel 인덕턴스 호흡감시 장치(RIP: respiratory inductive plethymography)를 이용하여 흉곽의 움직임과 상복강의 움직임에 대하여 측정하며, 발생되는 음성은 마이크로폰을 통하여 측정하는 ‘EGG, 음성, 호흡 통합검사 장치’를 개발하였다.

I. 서론

음성이 만들어지려면, 호흡, 발성, 조음, 공명이 유기적으로 작용하여야 한다. 호흡 과정 중 흡기(inspiration) 과정을 통하여 폐 내에 공기를 받아들인 후에 호기(expiration) 근육들의 작용에 의하여 지속적으로 후두 쪽으로 공기를 보내게 되며, 이때 성대 내전근(adductory intralaryngeal muscles)의 수축에 의하여 성대가 닫히게 되면, 성문하압(subglottic pressure)이 형성되게 되고, 공기역학적인 현상(aerodynamic phenomenon)에 의하여 성대의 점막 표층(cover of vocal folds)의 주기적인 개폐운동에 의하여 성문을 지나가는 공기의 흐름을 주기적으로 차단하여 성대음(glottal sound)이 만들어지는 것이다. 만들어진 성대음은 인두강과 구강 혹은 비강을 지나면서 공명(resonance)이 되고 조음기관(주로 혀, 연구개, 입술 등)의 상호작용에 의하여 조음(articulation)이 되어 입술 혹은 비강 밖으로 방출되는 것이다[1,2].

이러한 일련의 과정에 관계되는 3 개의 기관, 즉 호흡기관, 발성기관 및 조음, 공명 기관의 어느 한 부분에 문제가 생기거나 혹은 복합적인 요인에 의하여 음성장애 및 언어장애는 다양하게 발생할 수 있다. 각

기관의 기능 검사 장비는 많이 개발되어 있으나, 현재 임상에서는 위의 세 기관의 기능에 대한 통합적인 검사장비가 미비한 상태이다. 본 연구에서는 기본적으로 음성 신호의 분석은 발생하는 음성에 대한 음향학적 분석을 위해 마이크로 폰을 통한 음성 신호의 신호처리를 기본으로 적용하였다.

음성 질환에 대한 확진 방법으로는 ‘후두내시경검사’ 및 ‘성대 stroboscopy 검사’ 등이 가장 기본이 되는 검사이나, 성대 점막의 접촉 양상을 객관적으로 나타내는 데에는 다소 부족한 점이 있고, 내시경 검사는 ‘이비인후과 전문의’ 만이 할 수 있고 음성언어치료사나 일반인들이 할 수 있는 검사가 아니며, 장비가 고가인 관계로 일반적으로 널리 사용되기에는 제한 점이 있었다. 발생 시의 성대 점막의 접촉 양상을 측정할 수 있는 장비들이 고안되기 시작되었는데, 그 중 Fant(1966) 등에 의해 제안된 EGG 측정 방법은 음성 신호처리 연구자들과 음성 병리학자들에 의해 활발하게 연구되었다[3]. Metz (1980) 등이 성대의 진동운동에 대한 성문의 시간적인 모양 변화를 초고속으로 촬영한 결과를 EGG 와 비교하여 성문이 닫히는 순간이 일치함을 증명된 뒤로[4] 많은 동물실험 및 기초적인 연구 과정을 통하여 수 많은 임상 연구 결과 보고되었고[5,6], 현재 임상에서도 널리 쓰이게 되었다.

호흡의 측정은 기존 장비들이 안면 전면에 마스크나 종이 대롱을 착용하여 flow 를 직접 측정하는 방법을 사용하고 있어서, 정상적인 발성 혹은 조음에 지장이 초래되기 때문에 산출되는 음성 혹은 조음에 대한 객관적인 측정이나 평가의 어려움이 있었다. 본 연구에서는 흉부나 복부에 감은 코일에 의해 유도되는 인덕턴스가 호흡에 의해 변화되는 흉부나 복부의 단면적에 비례하는 것을 감지하여 정상적인 발성과 조음 시의 호흡의 움직임을 측정할 수 있게 되었으며, 흡식호흡과 복식호흡의 패턴을 측정하고자 하였다.

음성의 통합검사 장치는 EGG 와 장비들은 stroboscopy system 과 부착되어 사용될 수도 있고, 단독으로 사용되거나 음성 신호와 함께 2 channel 로 분석될 수도 있는 것들이 소개되었다. 그러나, 음성신호와 같이 분석될 수는 있지만, 호흡과의 관련성을 볼 수는 없다.

II. 통합 측정 시스템 구성

2.1 음성 수집

컨덴서 마이크로폰은 충격과 진동, 습기 등의 외부 환경에 약하고 외부 전원이 필요하다는 등의 단점도 있지만 기본적으로 음성 신호 측정을 위한 환경이 안정적이므로, 주파수 특성이 모든 대역에 걸쳐 평탄하고 감도가 가장 좋기 때문에 선택하였다.

- 마이크로 폰 사양

Model : C535EB (AKG Acoustics, Austria)

Transducer : condensor

Polar pattern : cardioid

Frequency range : 20 - 20,000Hz

Sensitivity at 1,000Hz : 7mV/Pa

Maximum sound pressure : 130dB SPL

2.2 EGG (electroglottography)

EGG 신호는 성대 안에 있는 두 겹의 막이 붙어서 공기의 흐름이 적어질 때와, 두 막이 떨어져서 공기의 흐름이 많아질 때 두 막 사이의 임피던스 변화를 전압의 변화로 얻어 낸다. 기존의 EGG 는 일반적으로 임피던스 측정방법에서 사용하는 2 전극 방식을 사용하고 있으나, 본 연구에서는 4 전극 방식을 적용하였으며[7], 이는 전압 감지 전극이 전류 자극 전극과 거리가 멀수록 전압 감지 전극의 위치에서 전류 밀도가 균일하기 때문에 신호의 감도가 좋으며, 움직임에 의한 잡음에 덜 민감하다[8]. 자극 신호는 70kHz, 정현파로 전류는 인체의 전기적 안전을 고려하여 1mA 로 제한하며[9] 트랜스포머로 신호를 분리 하였다.

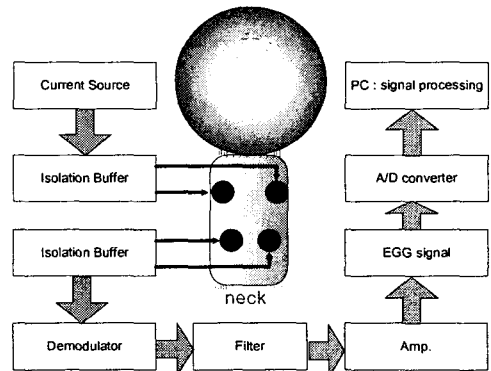


그림 1. 4 전극 방식 EGG 구성도

2.3 RIP (respiratory inductive plethysmography)

흉부나 복부에 감은 코일에 의해 유도되는 인덕턴스가 호흡에 의해 변화되는 흉부나 복부의 단면적에 비례하기 때문에 인덕턴스의 변화를 발전기의 발전주파수 변화로 측정한다[10]. 본 시스템에서는 코일대신 용수철을 이용하여 밴드착용의 효율을 높였으며, 흉식 호흡과 복식 호흡에 대한 패턴을 분석하고자 두 채널을 사용하였다.

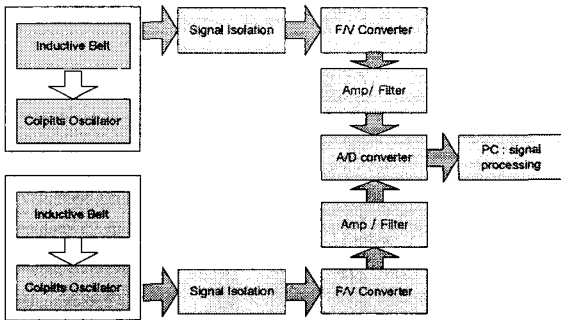


그림 2. 2 채널 RIP 구성도

2.4 PC interface

음성, EGG, 호흡 4 채널의 아날로그 신호를 디지털로 변환하기 위해 DAQ board 사용 하며, 측정 환경의 PC 에 따라서 다음의 용도로 선택한다. 측정하고자 하는 신호 중 음성신호의 샘플링이 22,050Hz 로 최대이므로 이에 충분하다.

- DAQ board (National Instruments, USA)
 - 데스크탑용 : PCI-MIO-16E-4 : 250kS/s, 12bit
 - 노트북용 : DAQCard-6062E : 500kS/s, 12bit
 - USB : DAQPad-6020E : 100kS/s, 12bit

III. 통합 측정 화면

신호 저장 및 분석 프로그램은 LabVIEW 6.1 (National Instruments, USA) 로 제작하였다. 호흡측정 채널은 (k) calibration 버튼을 누른 후 최대 흡기와 호기시 흉부와 복부의 면적 변화를 주게 되면, 개인의 최대 변화 대한 백분율이 각각 (l)과 (m)에 표시된다.

파일 저장 시간은 5 초 단위로 1 분까지 설정할 수 있으며, 저장 형식은 바이너리 파일 이다.

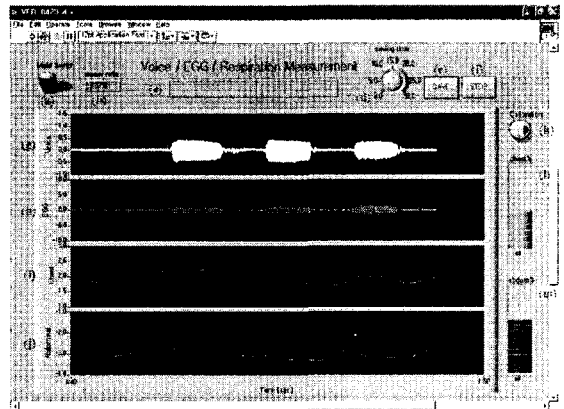


그림 3. 4 채널 통합 검사 측정 화면

- (a) data acquisition stop button
- (b) data acquisition sampling rate
- (c) documentation, (d) recording
- (e) data save button, (f) saving stop button
- (g) Voice channel, (h) EGG channel
- (i) Chest respiration channel
- (j) Abdominal respiration channel
- (k) respiration data calibration mode button
- (l) percentage of chest respiration
- (m) percentage of abdominal respiration

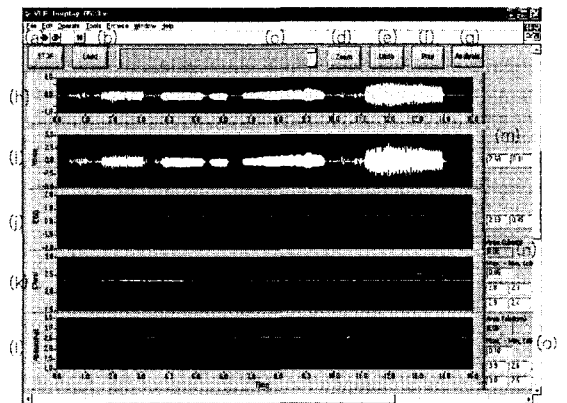


그림 4. 저장된 데이터 불러오기 및 분석 화면

- (a) program exit button , (b) data load,
- (c) documnetation from load data
- (d) zoom in, (e) zoom out

- (f) play voice selected zoom area
- (g) data analysis, (h) total voice channel data
- (i) voice channel, (j) EGG channel
- (k) RIP chest channel, (l) RIP abdominal channel
- (m) cursor coordinate (L: time, R: amplitude)
- (n) area between two cursors
- (o) (max. - min.) between two cursors

IV. 결론

임상에서 사용되는 통합 음성분석프로그램은 수입된 프로그램들이며, 부분적으로 EGG 를 붙여서 사용 할 수 있으나, 고가이므로 널리 보급되어 사용되지 못하고 있다. 호흡에 대한 측정은 Aerophone 등의 고가 장비를 따로 구입해야 가능하였기에 몇몇 대학병원에서만 사용 가능하였고, 음성과 EGG 신호를 동시에 분석할 수 없는 단점이 있었다. 본 시스템에서 사용되는 RIP 를 이용하여 음성 측정에 영향을 주지 않고, 흉강과 복강의 면적 변화를 이용해서 간접적으로 흉식호흡과 복식호흡에 대한 양상을 관측 가능하게 되었다. 정상인을 대상으로 한 실험에서 복식호흡이 잘 안되는 경우, 호흡에 대한 그래프를 시각적으로 피드백을 줄 수 있기 때문에 복식호흡 훈련에 큰 도움이 될 수 있었으며, 성대접촉음(유성음)의 산출 시 성대의 접촉 정도가 EGG graph 로 잘 보임에 따라, 음성장애를 초래하는 원인 중, 과대 성대접촉 혹은 과소 성대접촉을 교정하는 음성치료에 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 안희영 역, 음성검사법 - 기초편, 제 2 판, 1996, 군자출판사
- [2] 안희영 역, 음성검사법 - 임상편, 제 2 판, 1996, 군자출판사
- [3] Fant G., Ondrackova J., Lindqvist J., & Sonesson B. "Electrical glottography". Quarterly Progress and StatusReport 4/1966,

Speech Transmission Laboratory, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1966:15-25

- [4] Metz D., Whitehead R. & Peterson D. "An optical/illumination system for high speed cinematography". Journal of the Acoustical Society of America. February, 1980:67:719-720
- [5] Smith S., "Research on the principle of electroglottograph". Folia Phoniatri, 1981:33:105-114
- [6] Childers DG, Smith AM, Moore GP. "Relationships between electroglottograph, speech and vocal cord contact", Folia Phoniatri, 1984:36:105-118
- [7] 김종찬, 이재천, 김덕원, 오명환, 윤대회, 차일환, "성문진동 패턴의 정량적인 해석을 위한 새로운 시스템의 설계와 음성분석", 의공학회지, 1999:20(4):427-433
- [8] Valentinuzzi ME, "Bioelectrical Impedance Techniques in Medicine". Crit. Rev. Biomed. Eng. 1996:24(4-6):223-255
- [9] Webser JG, Medical Instrumentation - Application and Design, 3rd edition. 1998. John Wiley&Sons, Inc.
- [10] 김덕원, 김수찬, 연동수, "인덕턴스 호흡감시 시스템의 개발", 의공학회지, 1995:16(3): 353-358

"본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 벤처 및 중소기업기술개발 지원에 의하여 이루어진 것임. (02-PJ1-PG11-VN03-SV07-0024)"