

음성신호와 전기성문파를 이용하는 새로운 매개변수 ; 성대 폐쇄 지연 비율(Glottal Closure Delay Ratio)

서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학,¹ 서울대학교 의과대학 이비인후과학교실²
최종민¹ · 권택균² · 정은정² · 이명철² · 김광현² · 성명훈² · 박광석¹

= Abstract =

New Parameter on Speech and EGG : Glottal Closure Delay Ratio

Jong Min Choi¹, Tack-Kyun Kwon, MD², Eun-Jung Jung, MD², Myungchul Lee, MD²,
Kwang Hyun Kim, MD², Myung-Whun Sung, MD² and Kwang Suk Park, PhD¹

¹Interdisciplinary Program in Biomedical Engineering, Seoul National University, Seoul; and

²Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul National University, College of Medicine, Seoul, Korea

Background and Objectives : Biomedical signals have been usually used for the diagnosis of the laryngeal function such as speech, electroglottograph(EGG), airflow and other signals. But, in most cases these signals were analysed separately. Here, we propose a new interchannel parameter Glottal Closure Delay Ratio(GCDR) which is estimated from speech and EGG measured simultaneously.

Materials and Method : Speech and EGG signal were recorded simultaneously from 13 normal subjects, 39 patients. The patients' data included 16 polyps and 23 vocal folds palsy. Time difference between glottal closing instance on EGG and the first maximum peak on speech in a pitch period was calculated. Glottal closing instance was defined as the maximum peak on the first derivative of EGG signal(dEGG).

Results : The standard deviation and jitter were calculated using 20-30 GCDRs extracted from each data, and they are significant different between normal and vocal fold paralysis group.

Conclusion : The GCDR may be the first index reflecting speech and EGG characteristics and the perturbation of this parameter was significant different between normal and vocal fold paralysis group.

KEY WORDS : Clottal closure delay ratio · Speech · EGG.

서 론

많은 환자들이 성대 마비, 성대 결절, 성대 폴립 등과 같은 후두 질환을 겪고 있다. 이러한 질환들은 후두 스트로보스코피(Stroboscopy) 등의 후두 영상 촬영 기법을 통하여 관찰할 수 있으나, 환자에게 번거로움을 줄 수 있다는 단점이 있다. 이러한 이유로 발생 시에 측정되는 다양한 생체 신호를 이용하는 분석 방법들이 고안되어 왔다. 음성분석(Speech analysis), 전기성문파형검사(Electroglottograph ; EGG),

공기역학검사(Aerodynamics) 등이 대표적인 예이다. 음성 은 마이크로폰을 이용하여 측정되며, EGG는 전기적인 임피던스 측정 방법으로 계산될 수 있고, 공기역학적 검사는 차동 기류 압력 센서에 의해 공기 유량 및 성문 하압 등을 계측한다. 이런 생체 신호들을 이용하여 편안한 방법으로 환자의 후두 상태를 알아 볼 수 있으며, 각각의 생체 신호에 대해서 병적 상태에 대한 특징적인 내용들이 알려져 있다. 음성의 경우에는 지터(Jitter), 쉼머(Shimmer) 등과 같은 변동 매개변수들이 병적 상태를 표현하는 데 널리 사용된다. 전기성문파형검사의 경우에는 성대접촉비율(Contact Quotient) 등이, 또한 공기 역학적 검사의 경우에는 평균 공기 유량 비율(Mean Airflow Rate)과 같은 매개변수들이 사용되고 있다.

본 연구진은 위에서 언급한 세가지 신호(음성, EGG, 공기 유량)를 발생 시에 동시 측정할 수 있는 하드웨어 시스템을

논문접수일 : 2007년 3월 31일
심사완료일 : 2007년 5월 29일
책임저자 : 박광석, 110-460 서울 종로구 연건동 28번지
서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학
전화 : (02) 2072-3135 · 전송 : (02) 3676-2821
E-mail : kspark@bmsil.snu.ac.kr

개발하였다. 기존의 연구들에서도 동시에 측정할 수 있는 시스템에 대한 것들이 존재하였으나,¹⁾ 신호 분석은 동시에 측정된 데이터들을 함께 이용하는 것이 아니라 각 생체 신호 별로 따로 이루어졌다. 이번 연구에서는 동시에 측정된 음성과 EGG신호를 통합적으로 이용하는 매개변수를 고안하고, 병적 음성에 대해 검증하여 그 의미를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 새로운 매개변수 GCDR(Glottal Closure Delay Ratio ; 성대 폐쇄 지연 비율)

음성 신호와 EGG신호에서 시간적 특징 점을 추출하여 새로운 매개변수 성대 폐쇄 지연 비율(Glottal Closure Delay Ratio ; GCDR)을 고안하였다. EGG신호에서의 성문 폐쇄 시점(Glottal Closure Instant ; GCI)으로부터 음성 신호의 진폭이 첫 번째로 최대가 되는 시점까지의 시간 차이를 성대 폐쇄 지연(Glottal Closure Delay ; GCD)라고 명하고, 이를 한 주기에 대한 비율로 나타낸 것이 GCDR이다. 음성 피치의 변화에 따라서 GCDR이 달라질 수 있기 때문에 그 영향을 제거하기 위해서 한 주기에 대한 비율로 표시했다. Fig. 1에 GCDR의 한 예를 표시하였다.

새로운 매개변수 GCDR을 구하기 위해서는 먼저 성대 폐쇄 시점(Glottal Closure Instant ; GCI)을 구해야 하는데, EGG신호의 첫 번째 미분 신호(The first derivative of EGG ; dEGG)에서 최대값이 구해지는 시점이 성대 폐쇄 시점이라고 알려져 있다.²⁾

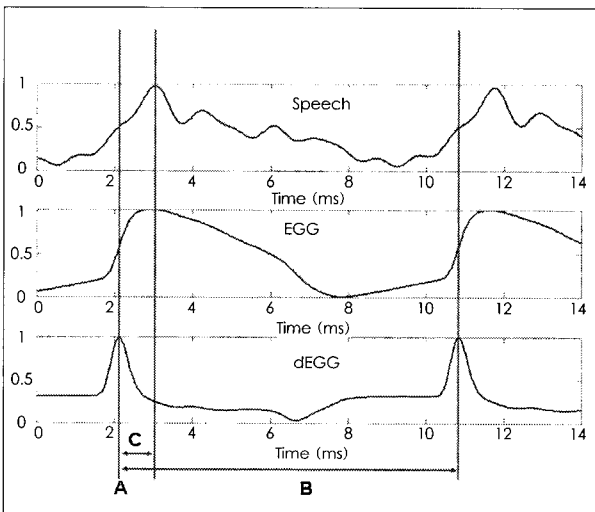


Fig. 1. The method to measure GCDR parameter. A : GCI(Glottal Closure Instant), B : Pitch period in EGG data, C : GCD(Glottal Closure Delay), GCDR(Glottal Closure Delay Ratio) = C/B.

2. 병적 음성 데이터 처리의 어려움

병적 음성 데이터를 분석하는 과정에서 GCDR을 구할 수 없는 경우가 발생하는데, 첫 번째 경우는 성문 폐쇄 시점이 명확하지 않은 경우이다. 이에 해당하는 경우는 여러 가지가 있으나, 대표적인 것은 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 dEGG신호에서 최대값이 나타나는 시점이 두 개가 나타나는 경우이다. 이런 때에는 성대 폐쇄 시각을 정확히 설정할 수 없기 때문에 데이터를 분석 대상에서 제외시켰다. 두 번째 경우는 성대 마비 환자의 데이터에서 많이 볼 수 있는 경우인데, 너무 잡음이 많은 음성이기 때문에 음성 신호에서 첫 번째 최대값을 찾을 수 없는 경우이다. 물론 이 경우에도 정상적인 성대 폐쇄 시점을 찾는 것도 어려울 때가 많으며, 전체 데이터 군에서 제외하였다.

3. 대상 및 방법

정상인 13예, 성대 폴립 환자 16예, 성대 마비 환자 23예를 대상으로 실험을 실시하였다. 총 52예 중 남성은 24예, 여성은 28예였고, 평균 연령은 29.2세(20~62세)였다. 모음 '아' 발성 시에 음성 신호와 EGG 신호를 동시에 측정하였으며 결과 분석은 MATLAB을 이용하였다.

정상인 13명 가운데 남성은 6예 여성은 7예였고, 여성 2예의 결과는 위에서 언급한 첫 번째 이유로 제외되었다. 성대 폴립 환자 16예 가운데 남성은 7예, 여성은 9예였고, 이 중에서 남성 2예와 여성 3예의 결과가 위에서 언급한 두 가지 이유 때문에 제외되었다. 성대 마비 환자 23예의 경우는 남성은 11예, 여성은 12예이었으나 이 중에서 각각 6예의 결과가 제외되었다. 이렇게 제외한 후 실

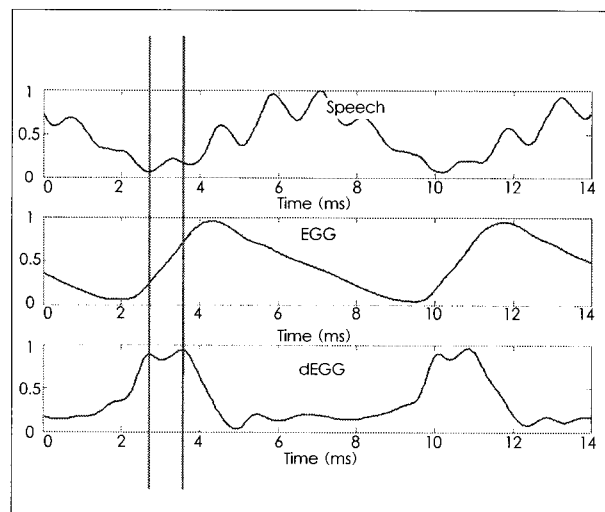


Fig. 2. An example of difficult cases to measure Glottal Closure Instant. It is difficult to detect the exact glottal closure instant because of double peaks in the first derivative of EGG.

제 분석에 사용된 결과는 각 집단 별로 11예이었다.

우선 음성신호는 2.5kHz 저주파 여과기를 사용하였고, EGG신호는 1kHz 저주파 여과기를 사용하여 원하는 대역만 관찰할 수 있도록 하였다. 그 후 각 결과로부터 안정된 구간을 추출하여 연속된 주기들을 20~30개 정도 결정한 후 그 주기들로부터 GCDR 매개변수들을 계산하였다. 그리고 그 값들에 대한 평균과 표준편차 그리고 GCDR에 대한 지터 매개변수를 계산하여 비교하였다. GCDR에 대한 지터 매개변수는 음성 분석에서 피치에 대한 지터를 구하는 것과 같은 방법으로 다음과 같이 계산한다.

JitterOfGCDR=

$$\frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |GCDR(i+1) - GCDR(i)|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N GCDR(i)} * 100(\%)$$

결 과

정상인 집단의 아홉 번째 대상에 대한 결과값이 예제로서 Table 1에 나타나 있다. Table에 나타난 세 가지 GCDR

Table 1. Example of results

Name	Group	Number of GCDRs	Mean GCDR	SD GCDR	Jitter GCDR
Subject#9	Normal	32	15.4%	0.1%	8.9%

It is an example of the results. Number of GCDRs extracted from speech and EGG data of subject 9 was 32, and mean GCDR, standard deviation of GCDR and jitter of GCDR was 15.4%, 0.1% and 8.9% separately

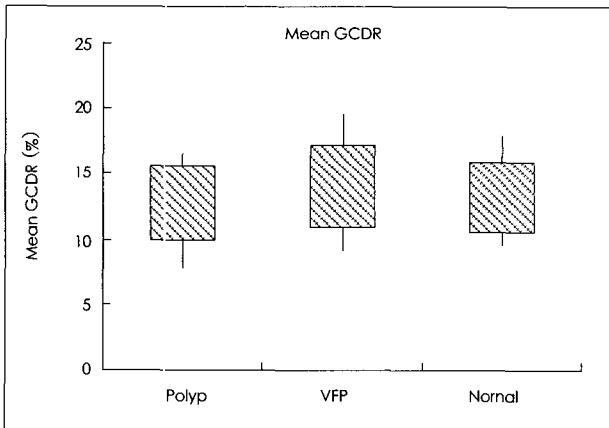


Fig. 3. The mean GCDR is 12.8% in 11 polyp patients, 14.1% in 11 vocal fold palsy (VFP) patients, and 13.3% in 11 normal subjects. There is no significant difference between two groups. Top end of the line : Maximum of GCDRs of 11 subjects, Bottom end of the line : Minimum of GCDRs of 11 subjects, Top of the box : Mean+SD, Bottom of the box : Mean-SD.

변수를 이용하여 세 집단 사이의 유의한 차이를 알아보려고 하였다. 세 가지 변수를 각각 평균GCDR, 표준편차GCDR, 지터GCDR로 표시하고자 한다.

각 집단에 속한 자료에서 구한 평균GCDR 값을 이용한 상자 수염도(Box-Whisker Plot)가 Fig. 3에 나타나 있다. 정상인 집단 11예의 평균GCDR의 평균은 13.3%, 폴립 환자군 11예의 평균GCDR의 평균은 12.8%, 성대 마비 환자군 11예의 평균GCDR의 평균은 14.1%였다. t테스트 결과, 평균GCDR 값은 각 집단에 대해 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Fig. 4는 각 집단에 속한 자료에서 얻어진 표준편차GCDR

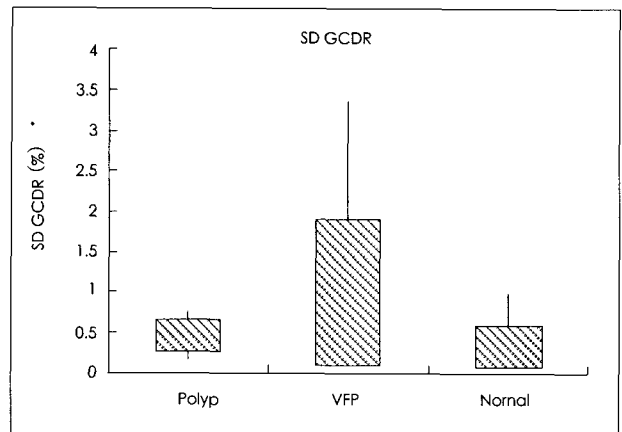


Fig. 4. The mean standard deviation of GCDR is 0.47% in 11 polyp patients, 1.00% in 11 vocal fold palsy (VFP) patients, and 0.34% in 11 normal subjects. There is significant difference between VFP and Normal group (p<0.05). Top end of the line : Maximum of SD GCDRs of 11 subjects, Bottom end of the line : Minimum of SD GCDRs of 11 subjects, Top of the box : Mean+SD, Bottom of the box : Mean-SD.

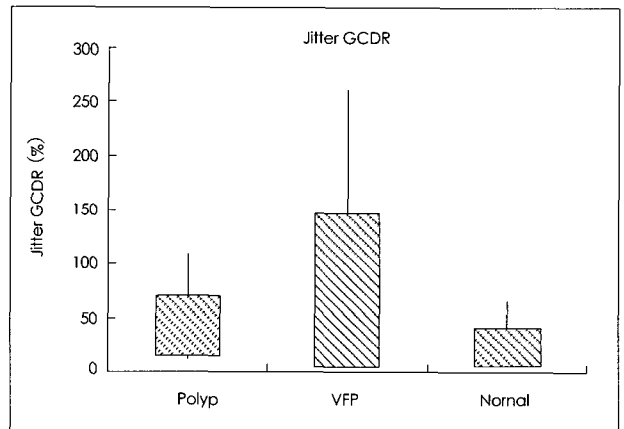


Fig. 5. The mean jitter of GCDR is 42.9% in 11 polyp patients, 75.7% in vocal fold palsy (VFP) patients, and 23.2% in 11 normal subjects. There is significant difference between VFP and Normal group (p<0.05). Top end of the line : Maximum of Jitter GCDRs of 11 subjects, Bottom end of the line : Minimum of Jitter GCDRs of 11 subjects, Top of the box : Mean+SD, Bottom of the box : Mean-SD.

를 이용한 상자 수염도를 보여준다. 정상인 집단 11예의 표준편차GCDR의 평균은 0.34%, 폴립 환자군 11예의 표준편차GCDR의 평균은 0.47%, 성대 마비 환자군 11예의 표준편차GCDR의 평균은 1.0%였다. t테스트 결과, 표준편차GCDR은 성대 마비 환자의 집단과 정상인 집단 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보여주고 있다($p < 0.05$).

Fig. 5는 각 집단에 속한 자료에서 얻어진 지터GCDR를 이용한 상자 수염도를 나타내고 있다. 정상인 집단 11예의 지터GCDR의 평균은 0.34%, 폴립 환자군 11예의 지터GCDR의 평균은 0.47%, 성대 마비 환자군 11예의 지터GCDR의 평균은 1.0%였다. t테스트 결과, 성대 마비 환자의 데이터와 정상인 데이터 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보여주고 있다($p < 0.05$).

고 찰

이번 연구를 통하여 음성 신호와 EGG신호를 동시에 측정하고, 두 신호의 연관성을 반영하는 성문 폐쇄 지연 비율이라는 새로운 매개변수를 개발하였다. 이 매개변수는 음성 주기 단위로 계산될 수 있으며, 이를 이용하면 새로운 변동 매개변수를 추출할 수 있다. 각 대상으로부터 얻어진 음성 및 EGG 자료로부터 연속된 20~30개의 성문 폐쇄 지연 비율을 추출하여 평균, 표준편차 및 지터를 계산하고, t테스트를 해 본 결과, 성대 마비 환자 집단과 정상인 집단 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

성문 폐쇄 변동 비율에 대한 임상적 의미에 대해서 아직 명확한 설명은 없다. 신호들의 특징 점들을 바탕으로 추정해보면, 성문이 폐쇄되는 순간으로부터 음성 신호의 첫 공명이 발생하는 순간까지의 시간차라고 해석할 수 있다. 이런 해석을 바탕으로 하여 임상적 의미를 찾아내려는 시도를 진행해야 한다.

음성 신호는 마이크로폰의 입으로부터의 위치에 따라 신호가 달라질 수 있고, 그렇게 되면 음성 신호의 첫 번째 최

대 피크점이 달라져서 GCDR 매개변수의 값도 달라질 수 있다. 본 연구에서는 마이크를 입으로부터 약 5cm정도 떨어진 곳에서 측정을 하였으나,³⁾ 앞으로 그 부분에 대한 검증이 필요하다고 생각된다.

지금까지의 병리적 음성 분석에 대한 연구는 개별적인 신호 분석에 의존해왔다. 이러한 통합적 방법에 대한 연구를 진행하여 보다 효과적인 분석이 가능해 진다면 음성 평가 및 후두 질환 예측 등에 있어서 발전된 연구 성과들을 기대할 수 있을 것이다.

결 론

본 연구는 동시에 측정된 음성 신호와 전기성문파형을 활용하는 새로운 매개변수 GCDR에 대한 연구이다. 음성 신호 분석에서 기본주파수나 피치를 이용해서 지터나 PPQ(Pitch Period Perturbation Quotient)를 구하고, 진폭을 이용해서 쉼머나 APQ(Amplitude Perturbation Quotient) 등과 같은 변동 매개변수들을 구하는 것처럼 GCDR을 이용해서도 이러한 변동 매개변수들을 구할 수 있다. 병적 음성 데이터에 적용하였을 때, GCDR의 표준편차 및 지터 값에 대하여 성대 마비 환자 집단과 정상인 집단 사이에 유의한 차이를 보였다.

중심 단어 : 성대 폐쇄 지연 비율 · 음성 · 전기성문파형검사.

REFERENCES

- 1) Jiang JJ, Tang S, Dalal M, Wu C, Hanson DG. *Integrated analyzer and classifier of glottographic signals. IEEE Trans Rehab Eng* 1998; 6:227-33.
- 2) Henrich N, d'Alessandro C, Doval B, Castellengo M. *On the use of the derivative of electroglottographic signals for characterization of nonpathological phonation. J Acoust Soc Am* 2004; 115:1321-32.
- 3) Titze IR, Winholtz WS. *Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. J Speech Hear Res.* 1993 Dec; 36(6):1177-90.