

정상인과 후두질환 환자에서 Glottal Area Waveform의 차이에 관한 연구

인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실,¹
University of Pittsburgh Voice Center, Pittsburgh, Pennsylvania, USA²

유영삼¹ · Clark A. Rosen²

= Abstract =

The Comparison of Glottal Area Waveform between Normal Person and Patient with Vocal Lesions

Young Sam Yoo, MD¹ and Clark A. Rosen, MD²

¹Department of Otolaryngology, Sanggye Paik Hospital, Inje University, Seoul, Korea; and

²University of Pittsburgh Voice Center, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Background and Objectives : Glottal area waveform (GAW) shows the plot of glottal area versus time through the 1 cycle. This study is designed to see how it can be applied to laryngeal patients.

Material and Methods : A GAW analysis was performed on 11 patients before and after surgery and 22 persons without laryngeal problems were recruited for control. Acoustic and aerodynamic analysis with VHI (voice handicap index) evaluation were performed.

Results : Significant changes in baseline offset, gross closing rate and VHI were observed postoperatively. Other parameters were changed but insignificant.

Conclusion : GAW maybe used to evaluate patient with voice problems.

KEY WORDS : Glottal area waveform (GAW) · Videostroboscopy.

서 론

성대의 움직임을 알아보려는 노력은 오래 전부터 계속되어 왔고 고속 촬영이나 스트로보광원을 이용한 기술을 이용하여 움직임을 포착하는 방법이 확립 되었다. 이후 성대의 움직임을 비디오나 컴퓨터의 하드디스크로 저장하여 관찰하고 이를 평가하는 기준들이 제시되어 왔으나¹⁾ 주관적이어서 정량화된 객관적인 분석을 위한 노력들이 시도되어 왔다.

Omori와 Woo 등이 최근에 정량화하는 방법을 제시하였다. 이들은 영상을 캡처 및 분석하는 다양한 프로그램을 이

용하여 성대사이의 면적의 변화를 계량화 하였고 객관적으로 분석하는 지표를 제시한 바 있다.²⁾³⁾ 특히 Woo는 성대의 양성종물에서 수술전 후 비교를 통하여 glottal area waveform (GAW)의 유용성을 언급하였다.⁴⁾ Woo의 변수 중 maximum opening rate와 max closing rate는 순간적인 변화 중 가장 큰 속도를 반영한다. 하지만 임상에서는 성대가 가장 좁은 시점(열리기 시작하는 시점과 가장 많이 닫힌 시점)과 성대가 가장 넓은 시점에서의 면적에 관한 정보도 중요하므로 세 가지 시점의 성대의 면적을 비교하는 것이 의미있다고 생각하여 각 시점의 면적을 이용하여 기술기를 나타낸 것이 gross opening rate와 gross closing rate이다 (Table 1, Fig. 2).

이에 저자는 여러 성대 질환에서 수술전 후의 변화를 Woo가 사용한 변수⁴⁾와 저자가 고안한 변수를 활용하여 유용성을 검증해보고 아울러 정상인의 성대 움직임도 같은 방법으로 분석하여 향후 기준으로 삼고자 하였다.

논문접수일 : 2005년 5월 2일

심사완료일 : 2005년 6월 8일

책임저자 : 유영삼, 139-707 서울 노원구 상계7동 761-1

인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실

전화 : (02) 950-1104 · 전송 : (02) 935-6220

E-mail : entyoo@yahoo.co.kr

Table 1. Parameters for evaluation

GAW parameter	
Maximum area/length	(the largest area value achieved during the glottal open phase)
Maximum opening rate	(the maximum slope during vocal fold opening)
Maximum closing rate	(the maximum slope during vocal fold closing)
OT-50	(normalized open time at 50%)
Baseline offset	(the lowest glottal area value reached during closed phase)
Gross opening rate*	(the slope between starting point and the peak of open phase)
Gross closing rate*	(the slope between the peak of the open phase and ending point)
Acoustic data	
Fundamental frequency	
Noise to harmonic ratio	
RAP (%)	
VAMP (%)	
Aerodynamic data	
Mean airflow rate	
Subglottic pressure	
Intensity	
VHI index	

* : Yoo's parameters

대상 및 방법

저자들은 2002년 1월부터 2003년 12월까지 University of Pittsburgh, voice center에 음성장애를 주소로 내원하여 수술을 받은 환자를 대상으로 하였고 남자 3명 여자 8명, 평균연령 52.6세였다. 진단은 상대마비 7예, 반흔조직 (scar) 3예, 위축(atrophy) 1예로 모두 수술적인 치료를 받았다. 상대마비의 경우는 silastic block이나 Gortex를 사용한 제 1형 갑상연골성형술 혹은 지방이나 콜라겐 주입으로 치료를 하였고 기타 환자들은 지방주입으로 치료를 하였다. 정상 대조군으로는 동일 기간 중 내원한 사람들 중, 이비인후과적 이상이 없는 22명을 대상으로 하였고 남자 4명, 여자 18명으로 평균연령은 35.1세였다.

환자군은 수술전 및 수술후 최소 4주가 지난 후 음성장애지수, 음향분석, 공기역학적 검사 및 비디오회선경검사 (videostroboscopy)를 각각 시행하였다. 환자 및 정상인은 비디오회선경검사를 위해 자연스러운 상태에서 '이이' 소리를 발생하였고 70-degree laryngeal telescope를 이용하여 녹화를 하였다. 환자의 음성에 동조(synchronize)를 시켜서 기본주파수(F0)보다 1.5Hz 빠르게 발광이 되어 발생하는 한 cycle에 총 20개의 상대영상이 저장되도록 하였다.

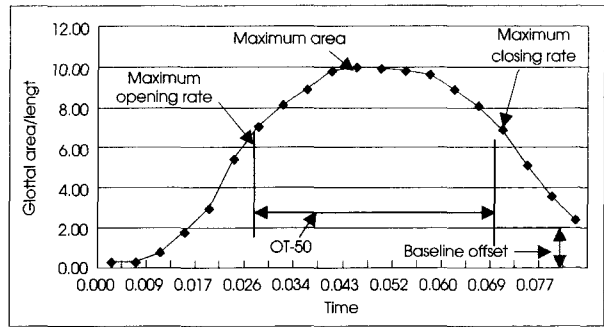


Fig. 1. Parameters related to GAW analysis (by Woo).

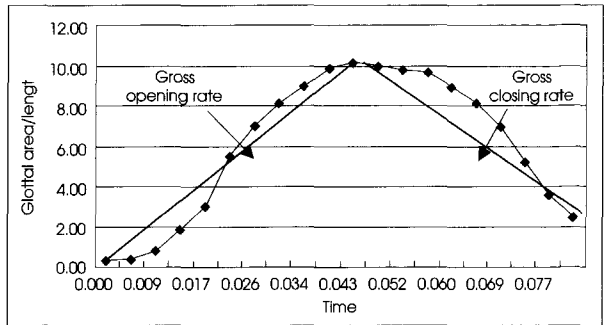


Fig. 2. Parameters related to GAW analysis (by Yoo).

록 하였다. 영상 자료는 모두 개인용 컴퓨터에 저장되었다 (Kay RLS 9100 Rhino-laryngeal stroboscope). 발생 시 생기는 성대사이의 면적(glottal area)을 자동적으로 계산하고자 Kay stroboscopy Image Processing software (KSIP, Kay Elemetrics)를 활용하였다.

Glottal area는 디지털화된 각각의 영상에서 픽셀숫자로 계산하였고 녹화를 할 때마다 조건이 변화하므로 상호간 비교를 하기 위해 전교련에서 vocal process까지의 거리를 픽셀로 계산한 값을 각각의 기준값(internal reference point)으로 삼았다. Glottal area를 표준화(normalize)하기 위하여 픽셀로 측정된 면적을 앞서 계산한 기준값 픽셀수로 나누었고 이를 normalized glottal area로 하여 향후 glottal area waveform(GAW) 분석의 기본으로 삼았다.

GAW분석(glottal area waveform analysis)은 Table 1에 열거한 변수들을 Fig. 1, 2에 설명한 방법으로 구하여 이들을 기준으로 수술전 후의 비교를 하였다.

환자의 수술전과 수술후의 음성자료나 영상자료 비교는 모집단의 숫자가 적은 관계로 미모수적인 분석방법을 이용하여 분석하였다. 즉, Wilcoxon signed ranks test를 이용하여 수술전 후의 자료를 분석하였다. 또한 수술전 또는 수술후의 GAW자료가 정상인의 GAW자료와 어떤 차이를 보이는지는 Mann-Whitney U test를 이용하여 분석하였다. P-value 0.05 이하를 의미있는 것으로 간주하였다.

GAW가 frame의 번호(Frame number)의 변동에 따라 변화하는 양상을 보고자 그래프로 표시하고 질환군의 수술 전, 질환군의 수술후 그리고 정상대조군을 한 그래프로 나타내어 비교를 시도하였다.

결 과

Table 2에서와 같이 지표중 baseline offset은 수술전 4.3±5.1, 수술후 2.0±2.7(p=.027) gross closing rate는 수술전 -245.7±165.7, 수술후 -314.6±171.5(p=.012), 그리고 음성장애지수(VHI)는 수술전 40.7±9.7, 수술후 23.3±19.0(p=.032)로 의미있는 차이를 보였고 기타 다른 음성지표나 GAW 지표에서는 수술전 후 차이

Table 2. Glottal area waveform parameters before and after surgery(N=11)

Glottal parameter	Mean±SD	p-value
Pre maximum area/length	13.2± 7.3	0.943
Post maximum area/length	12.7± 6.0	
Pre maximum opening rate	752.0±473.3	1
Post maximum opening rate	770.0±632.1	
Pre maximum closing rate	-710.1±479.3	0.534
Post maximum closing rate	-838.1±418.2	
Pre OT-50	0.5± 0.2	0.083
Post OT-50	0.4± 0.2	
Pre baseline offset	4.3± 5.1	0.027*
Post baseline offset	2.0± 2.7	
Pre gross opening rate	233.9±161.5	0.359
Post gross opening rate	264.4±163.2	
Pre gross closing rate	-245.7±165.7	0.012*
Post gross closing rate	-314.6±171.5	
Pre VHI	40.5± 9.7	0.032*
Post VHI	23.3± 19.0	
Pre F0	190.9± 38.4	0.767
Post F0	197.2± 35.6	
Pre RAP (%)	1.9± 1.6	0.102
Post RAP (%)	1.1± 0.6	
Pre Vamp (%)	16.8± 5.9	0.26
Post Vamp (%)	14.5± 7.0	
Pre noise to harmonic ratio	0.2± 0.1	1
Post noise to harmonic ratio	0.2± 0.1	
Pre MAFR (ml/sec)	485.4±239.9	0.646
Post MAFR (ml/sec)	490.9±243.1	
Pre Subglottic pressure	7.7± 2.2	0.609
Post Subglottic pressure	9.0± 4.6	
Pre Intensity	70.8± 4.9	0.207
Post Intensity	72.5± 3.8	

Pre : preoperative, Post : postoperative, * : statistically significant (p<.05)

가 없는 것으로 나왔다.

Table 3에서와 같이 수술후의 GAW지표와 정상군의 GAW지표 사이에 통계적으로 차이가 없는 것으로 나왔다.

Table 4에서와 같이 수술전의 GAW지표와 정상군의 GAW지표 사이에도 통계적으로 차이가 없는 것으로 나왔다.

Frame 숫자를 x-축으로 glottal area를 y-축으로 하여 그래프로 표시한 결과는 Fig. 3-6과 같았다.

즉, 질환군의 수술전 그래프는 수술후의 자료나 정상군에 비해 변동폭이 큰 것으로 보이고 술후 자료나 정상군의 그래프는 전반적으로 유사해 보인다. 그러나 기본 주파수 변동에 따른 차이가 있으므로 각 그래프별로 통계적인 분

Table 3. Glottal area waveform parameters of normal and post-operative data (Normal : N=22, Postoperative : N=11)

Glottal area waveform parameters	Mean±SD	p-value
Normal maximum area/length	10.0± 4.2	0.222
Post maximum area/length	12.7± 6.0	
Normal maximum opening rate	610.3±242.9	0.970
Post maximum opening rate	770.0±632.1	
Normal maximum closing rate	-697.1±352.3	0.208
Post maximum closing rate	-838.1±418.2	
Normal gross opening rate	239.4±103.0	0.909
Post gross opening rate	264.4±163.2	
Normal gross closing rate	-267.0±116.3	0.492
Post gross closing rate	-314.6±171.5	
Normal baseline-offset	1.9± 1.8	0.369
Post baseline-offset	2.0± 2.7	
Normal OT50	0.5± 0.1	0.302
Post OT50	0.4± 0.2	

Post : postoperative

Table 4. Glottal area waveform parameters of normal and pre-operative data (Normal : N=22, Preoperative : N=11)

Glottal area waveform parameters	Mean±SD	p-value
Normal maximum area/length	10.03± 4.23	0.47
Pre maximum area/length	12.35± 7.47	
Normal maximum opening rate	610.32±242.92	0.80
Pre maximum opening rate	718.27±466.15	
Normal maximum closing rate	-697.06±352.33	0.64
Pre maximum closing rate	-681.14±467.89	
Normal gross opening rate	239.40±102.96	0.34
Pre gross opening rate	217.15±162.96	
Normal gross closing rate	-266.99±116.33	0.65
Pre gross closing rate	-247.19±157.31	
Normal baseline-offset	1.88± 1.76	0.43
Pre baseline-offset	3.99± 5.03	
Normal OT50	0.51± 0.11	0.49
Pre OT50	0.49± 0.20	

Pre : preoperative

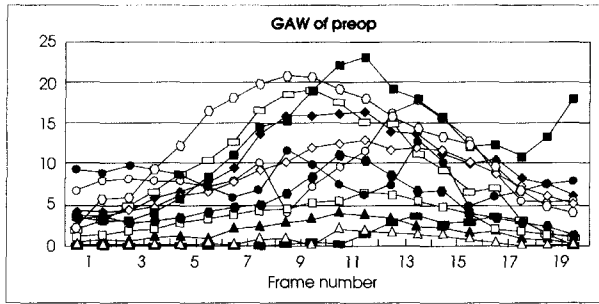


Fig. 3. GAW from patients (pre-operative).

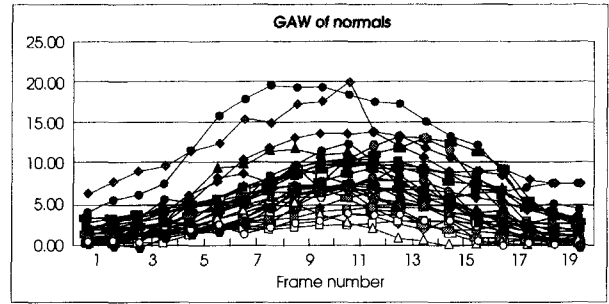


Fig. 5. GAW from controls.

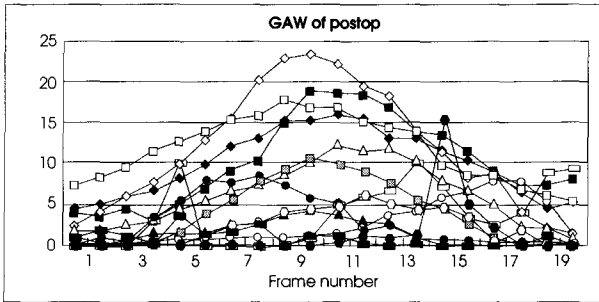


Fig. 4. GAW from patients (post-operative).

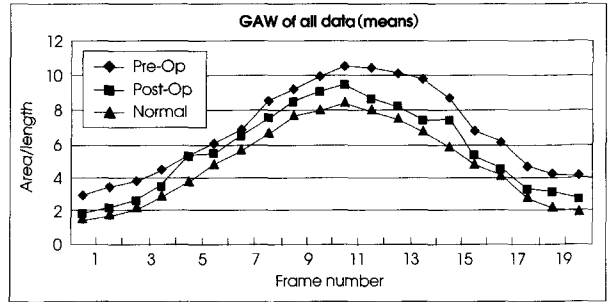


Fig. 6. GAW from all data (Means, Pre-operative, post-operative, normals : SD is not included). Preoperative glottal area looks larger than postoperative glottal area and normal glottal area. Baseline offset is decreased after operation. Grossly, we can see the difference in the graph, so, it needs statistical verification.

석을 시도하지 않았고 이는 추후 전향적인 연구를 고안하여 시도하는 것이 바람직하리라 생각된다.

고 찰

후두미세수술 후 성대의 기능은 여러 가지 방법으로 평가를 할 수 있다. 음성을 들어서 평가하는 방법으로는 음향심리학적 검사법이 있고 특별한 장비가 들지 않으므로 신속하고 경제적으로 시행할 수 있는 방법이다. 하지만 재현성이 떨어지고 특별한 수련을 거쳐야 평가를 할 수 있는 등의 단점이 있다. EGG는 성대 사이의 전기적인 저항 변화를 측정하여 그래프로 나타내는 검사로 성대간의 접촉 정도를 표시하며 실제 면적의 변화를 직접 나타내지 못한다. 비디오회선경검사(Videostroboscopy)는 성대의 움직임을 지속적으로 촬영하여 이를 바탕으로 주관적인 분석을 하는 방법으로 여기서 만들어진 영상자료를 컴퓨터 분석한 것이 GAW이므로 더 발전된 분석 방법이라 생각한다. Kymography는 성대의 두 지점을 지정하여 상대적인 움직임을 선상에서 분석하는 기법으로 성대 전체의 움직임을 반영하지 못한다.

음성장애지수(voice handicap index)는 환자가 목소리를 스스로 평가하여 설문지에 기록하는 방법인데 결과의 정확도가 높고 비교적 객관적이어서 많이 활용되고 있다.⁵⁾

기타 음향학적인 지표나 물리학적인 지표들도 많이 활용

이 되는데 측정을 위하여 고가의 장비가 필요하나 객관적이고 재현성이 높아 많이 사용되고 있다.

비디오회선경검사(videostroboscopy)는 성대의 움직임을 느린 속도로 관찰할 수 있고 이를 이용하여 성대의 움직임을 세밀히 기술할 수 있는 기준들이 나와있는 상태이다. Omori 등이 이를 활용하여 분석을 시도하였으며 성대의 두께나 면적을 활용한 분석을 한 바 있다.⁶⁾⁷⁾

Woo는 비디오회선경검사의 자료를 컴퓨터로 저장한 후 녹화한 자료에서 정지영상을 추출하여 정상인들의 성대 움직임에 관한 특성을 기술한 바 있고³⁾ 최근에는 후두의 양성종물을 수술한 후 변화를 GAW의 분석기법을 활용하여 시도한 바 있다.⁴⁾

Woo의 경우 양성성대종물(후두 결절, 폴립)의 수술후 예상되는 변화로 성대의 움직이 유연해지므로 성대의 개방이나 폐쇄의 속도가 빨라졌다고 하였고 OT-50과 baseline offset의 감소가 관찰되었고 maximal glottal area의 증가가 관찰되었다고 했다.⁴⁾

저자도 유사한 결과를 얻을 수 있었는데, 성대의 개방이나 폐쇄의 속도는 수술후에 증가양상을 보였고 OT-50과 baseline offset의 감소를 보였다. 단, 통계학적으로 의미있는 변화를 보인 변수들은 baseline offset, gross closing rate 2가지이고 GAW로 도출된 변수들 이외에 의미있게

나온 변수는 음성장애지수로 이는 다른 논문에서도 유용성을 검증받은 바 있다. 기타 다른 음향학적, 물리학적인 변수들에서는 의미있는 결과를 얻지 못했으나 이는 모수가 적어서 발생한 문제로 생각된다.

환자의 수술후 자료와 정상대조군의 GAW에서 도출된 자료를 비교, 분석한 결과 의미있는 차이가 없었으며 이는 수술후에는 모두 정상범위로 들어갔다고 볼 수 있겠다. 하지만 수술전의 병적 상태의 자료와 정상대조군의 GAW에서 도출된 자료를 비교, 분석한 결과에서도 의미있는 차이가 없었다는 사실로 판단한다면 모순된 결과를 보인다. 이는 역시 모수가 적어서 통계적으로 의미를 부여할 수 없다고 해석을 할 수 있다.

아울러 음성음향학, 공기역학적 검사 결과에서 수술전 후에 의미있는 자료가 없는 것은 환자의 증례에 비해 모수가 적어서 비교가 힘든 것이 원인으로 생각되고 누락된 자료가 있는 경우 평가를 할 수 없는 점도 있었다.

연구의 고안에 있어서 과거의 자료를 가지고 후향적으로 하는 것 보다는 전향적인 연구를 계획하여 환자의 성별, 나이 및 발성하는 주파수와 세기를 통일하여 한다면 의미 있는 결과가 나오리라 생각한다.

X축을 시간이 아닌 frame 수(frame number)로 하여 그래프를 그리면 시간의 개념이 아닌 상대진동의 한 주기에서 20개의 정지위치를 각각 보여 주게 된다. 이 자료를 그래프화 한 것이 Fig. 3-6으로 다른 요소를 고려하지 않는다면 시각적인 비교를 할 수 있는 자료로 생각이 된다. 단, 발성 주파수가 동일하거나 유사하다면 시각적인 비교가 곧 각 변수를 가지고 비교하는 것과 같은 의미를 지닐 수도 있다고 생각한다.

이런 의미에서 Fig. 6을 보면 수술전의 병적인 그래프는 진폭이 가장 크게 나오고 baseline offset도 넓어 보인다. 수술후나 정상 그래프에서는 진폭이 줄어들고 baseline offset이 줄어드는 것이 관찰되는데 이는 Woo가 성대 양성 종물의 수술후 관찰한 변화와 유사하다.⁴⁾

결론

성대질환으로 수술을 받은 환자에서, 수술전 후로 GAW 지표 및 음성음향학, 공기역학적 검사, 음성장애지수(VHI) 등을 비교한 결과, baseline offset, gross closing rate, VHI 등에서 의미있는 차이를 보였다.

프레임 번호(Frame number)로 만든 그래프에서는 시각적으로 수술전 후 및 정상그래프에서 차이를 보이지만 추가적인 연구가 필요하다.

향후 GAW를 상대운동분석에 활용할 수 있으리라 생각한다.

중심 단어 : GAW(glottal area waveform) · 비디오회선경 검사.

본 논문은 2004년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임(This work was supported by the 2004 Inje University research grant).

REFERENCES

- 1) Bless DM, Hirano M, Feder RJ. Videostroboscopic evaluation of the larynx. *Ear Nose Throat J* 1987 Jul;66 (7):289-96.
- 2) Omori K, Slavik DH, Matos C, Kojima H, Kacker A, Blaugrund SM. Vocal fold atrophy: quantitative glottic measurement and vocal function. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997 Jul;106 (7 Pt 1):544-51.
- 3) Woo P. Quantification of videostroboscopic findings—measurements of the normal glottal cycle. *Laryngoscope* 1996 Mar;106 (3 Pt 2 Suppl 79):1-27.
- 4) Noordzij JP, Woo P. Glottal area waveform analysis of benign vocal fold lesions before and after surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000 May;109 (5):441-6.
- 5) Jacobson BH, Johnson A, Grywalski C, Silbergleit A, Jacobson G, Benninger MS, et al. The voice handicap index (VHI): Development and validation. *Am J Speech Lang Pathol*:1997. p.66-70.
- 6) Omori K, Slavik DH, Kacker A, Blaugrund SM, Kojima H. Effects of thyroplasty type 1 on vocal fold vibration. *Laryngoscope* 2000 Jul;110 (7):1086-91.
- 7) Omori K, Slavik DH, Kacker A, Blaugrund SM. Influence of size and etiology of glottal gap in glottic incompetence dysphonia. *Laryngoscope* 1998 Apr;108 (4 Pt 1):514-8.