

성대마비와 양성 성대점막질환의 음향학적 특성비교

전북대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실, 음성과학연구소
공일승 · 조영주 · 이명희 · 김종승 · 양윤수 · 홍기환

= Abstract =

Comparative Study on Acoustic Characteristics of Vocal Fold Paralysis and Benign Mucosal Disorders of Vocal Fold

Il Seung Kong, MD, Young Ju Cho, MD, Myung Hee Lee, MA,
Jong Seung Kim, MD, Yun Su Yang, MD and Ki Hwan Hong, MD

*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Institute of Speech Science, Chonbuk National University,
Medical School, Jeonju, Korea*

Purpose : This study aims to analyze the voices of the patients with voice disorders including vocal fold paralysis, vocal fold cyst and vocal nodule/polyp in the aspect of acoustic phonetics. This study intends to collect subsidiary acoustic data in order to make a speech treatment and an standardization of vocal disorders.

Subjects and Methods : The subjects of this study were 64 adult patients who underwent indirect laryngoscopy and laryngostroboscopy, and were diagnosed as vocal fold paralysis, vocal fold cyst or vocal nodule/polyp. Experimental group consisted of 20 patients who were diagnosed as vocal fold paralysis, 21 patients who were diagnosed as vocal fold cyst and had the average age of $42.0 (\pm 10.03)$; and 23 patients who were diagnosed as vocal nodule/polyp and had the average age of $40.9 (\pm 13.75)$. For the methodology of this study, the patients listed above were asked to sit in a comfortable position at intervals of 10cm apart from the patient's mouth and a microphone, and subsequently to phonate a vowel sound /e/ for the maximum phonation time with natural tone and vocal volume then the sound was directly inputted on a computer. During recording, sampling rate was set to 44,100Hz and the 1-second area corresponding to stable zone except the first and the last stage of waveform of the vowel sound /e/ vocalized by the individual patients was analyzed.

Results : First, there was no statistically significant difference in jitter and shimmer between vocal fold paralysis and vocal fold cyst, while there was highly statistically significant difference in them between vocal fold paralysis and vocal nodule/polyp. Second, looking into the mean values obtained from NNE, HNR and SNR results associated with noise ratio, the disease showing the most abnormal characteristics was vocal fold paralysis, followed by cyst and nodule/polyp in order. For NNE, there was statistically significant difference between vocal nodule/polyp, and cyst or paralysis. In other words, it was found that the NNE of vocal nodule/polyp was weaker than that of cyst or paralysis. Similarly, HNR and SNR also showed the same characteristics; there was statistically significant difference between vocal fold paralysis and vocal fold cyst or nodule/polyp, and HNR and SNR values of vocal fold paralysis were lower than those of vocal fold cyst or nodule/polyp.

Conclusion : For vocal fold paralysis, the abnormal values of acoustic parameters associated with frequency, amplitude and noise ratio were statistically significantly higher than those of vocal fold cyst and nodule/polyp. This finding suggests that the voices of the patients with vocal fold paralysis are the most severely injured due to less stability of vocal fold movement, asymmetry and incomplete glottic closure. In addition, there was no statistically significant difference in the acoustic parameters of tremor among vocal fold paralysis, vocal fold cyst and vocal nodule/polyp. Further studies need to ascertain reasonable acoustic parameters with various vocal disorders as well as to clarify the correlation between acoustics-based objective tools and subjective evaluations.

KEY WORDS : Acoustic analysis · Vocal fold paralysis · Mucosal disorders.

논문접수일 : 2007년 11월 14일

심사완료일 : 2007년 11월 21일

책임저자 : 홍기환, 560-182 전북 전주시 덕진구 금암동 산 2-20 전북대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실, 음성과학연구소

전화 : (063) 250-1990 · 전송 : (063) 250-1986 E-mail : khhong@chonbuk.ac.kr

서 론

음성장애란 나이, 성 또는 지역 말단위로 음성의 높낮이, 음의 세기, 발성 및 공명 중 하나 또는 그 이상에서 정상적인 범위를 벗어난 목소리를 말한다. 음성장애의 원인은 기질적 음성장애와 기능적 음성장애로 분류한다. 기질적 음성장애는 발성기관의 구조적 손상 또는 기질적 질병에 기인한 음성장애로 주로 임상가가 직접 관리하는 경우로 언어치료사는 임상가가 의뢰한 병명을 참고하여 평가하고 관리하는 경우이다. 기능적 음성장애는 성대에는 특별한 병변은 없으나 성대오용 또는 남용 등으로 후두 근육 오용으로 인한 음성장애로 임상가가 직접 언어치료사에게 평가 및 치료를 의뢰하는 경우이다.¹⁾

음성 장애에 대한 객관적인 평가는 진단 장비 또는 음성 분석기를 사용하여 비교적 사용이 간편하고 비침습적인 방법으로 환자들의 음성을 여러 가지 측면에서 분석하는데 있어 계량적인 분석 데이터를 제공하는 평가 방법이다. 객관적 평가 방법은 목적에 따라 생리적 검사, 음향학적 검사 및 공기역학적 검사로 나누어 평가할 수 있다. 임상에서 많이 사용하는 생리적 검사장비는 Stroboscope, Fibroscope, Electromyography (EMG), Electroglottography (EGG) 등이 있으며, 음향학적 검사장비는 Visi-Pitch, Nasometer, Dr. Speech, CSL 등이 있고, 공기역학적 검사장비는 Rothenbourg, Aerophone II, Macquiere 등이 있다.

음성장애 환자 목소리의 특징은 쉼 목소리(hoarseness), 거친 소리(harshness), 기식화된 소리(breathiness) 등이다. 이런 특징들을 객관적인 방법으로 평가할 때 많이 쓰이는 측정 변수들로는 MDVP 등에서는 여러 종류의 음성 파라미터를 종합적으로 분석하고 있으나, 본 연구에서는 사용한 Dr. Speech의 Vocal Assessment의 분석 파라미터인 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 기본 주파수 떨림(F0 tremor), 진폭 떨림(amplitude tremor), 정규화된 소음 에너지(Normalized Noise Energy, 이하 'NNE'라 함), 배음 대 소음 비율(Harmonic-to-Noise Ratio, 이하 'HNR'이라 함), 신호 대 소음 비율(Signal-to-Noise Ratio, 이하 'SNR'이라 함) 등을 음성장애 분석 파라미터로 하였다.

이 등²⁾의 연구에서 Dr. Speech를 이용한 선행연구에 의하면 정상 및 후두질환 환자의 주파수 변동률과 진폭 변동률이 각각 기본주기, 진폭의 흔들림이 빠른 성분으로 쉼 목소리를 반영한다고 보고했다. 표 등³⁾은 성대 폴립 환자를 대상으로 한 GRBAS 척도와 MDVP 측정치 간의 상관관

계 연구에서 G(grade) 척도와 R(rough) 척도는 음도변이 관련 변인과 강도 변이 관련 변인들 모두와 상당히 유의한 관계를 보였다고 했으며, 특히 강도 변이 관련 변인의 정도가 더 높은 것으로 보고하였다. Wolfe 등⁴⁾은 주파수 변동률 발생에 영향을 주는 요인으로 성문의 규칙성 변화, 성문 파형의 변화, 성도 모형의 변이성으로 보고, 주파수 변동률은 병변의 원인을 구별하는 데는 제한적이지만 병변의 범위를 말해 줄 수 있다. 음성장애의 심각성을 예측할 수 있는 음향학적인 파라미터 사이 비교에서는 진폭 변동률이 주파수 변동률보다는 심각성을 예측하기에 더 용이하다고 하였다. Deal 등⁵⁾은 거친 소리를 내는 모습의 파형과 스펙트럼상의 특징을 중심으로 진폭 변동률이 주파수 변동률보다 음성의 거친 정도를 인식하는데 좀 더 정확한 파라미터라고 하였다. NNE는 같은 성대 소음을 측정하는 HNR보다 민감한 경향이 있어 병리적인 음성을 선별하는 데에 효과적일 수 있다.^{6,7)} 병리적인 음성을 평가하기 위한 NNE의 음향학적인 측정결과 NNE는 성문암, 회귀신경마비, 그리고 성대결절을 평가하는데 효과적인 파라미터로 NNE가 효과적일 수 있다.⁷⁾ 안 등⁸⁾의 연구에서 일반학생과 성악도를 대상으로 Dr. Speech의 음향학적 측정치와 EGG 측정치의 상관관계 비교 연구에서 NNE는 발생시 산출되는 소음에너지를 측정하는 것으로써, 배음보다는 소음에너지 그 자체에 초점을 맞추고 있다. 실제로 음성 병리 부분에서는 NNE를 많이 사용하고 있는데, 그 이유는 NNE가 성문 폐쇄의 정도와 관련이 있기 때문이라고 하였다.

본 연구는 음성장애의 평가 및 분석 장비인 Dr. Speech의 Vocal Assessment 프로그램을 이용하여, 성대마비와 성대낭종, 성대결절/용종을 가진 음성장애 환자들의 음향변수들을 분석하였다. 질환간의 변동률(perturbation), 떨림(tremor), 잡음 비율, 음색을 비교 분석한 결과는 질환별 음성장애의 특징을 정량적으로 규명함과 동시에, 임상에서 음성장애 평가의 표준화 및 치료프로그램 작성에 필요한 기초자료 수집에도 그 의의를 두고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 전북대학교병원 이비인후과를 내원하여 간접 후두경 및 후두 스트로보스코프 검사를 통해 성대마비, 성대낭종, 성대결절/용종으로 진단받은 성인 환자 64명을 대상으로 연구하였다(Table 1). 실험군은 이비인후과의 두정부 전문의에 의하여 성대마비로 진단받은 20명(남자 9명, 여자 11명)으로 평균 연령은 41.5세(±

Table 1. Subjects

	Number	Mean age
Palsy	20(M : 9, F : 11)	41.5(±11.87)
Cyst	21(M : 6, F : 15)	42.0(±10.03)
Nodule	23(M : 3, F : 20)	40.9(±13.75)
Total	64(M : 18, F : 46)	41.5(±11.88)

11.87)였고, 성대낭종으로 진단된 환자 21명(남자 6명, 여자 15명)은 평균 연령 42.0세(±10.03)였으며, 성대결절/용종으로 진단받은 23명(남자 3명, 여자 20명)은 평균 연령 40.9세(±13.75)였다.

2. 연구방법

본 실험과정은 환자들에게 방음실에서 편안한 자세로 앉게 한 후 피실험인의 입과 마이크로(MD 425, Sennheiser社) 사이 간격은 약 10cm의 거리를 유지하도록 하여 자연스러운 발화 크기와 음높이로 모음 /e/를 최대한 길게 발화하도록 하여 컴퓨터에 직접 입력하였다. 음성언어의 객관적 분석은 Dr. Speech(version 4.2, Tiger DRS, USA, 1998)의 Vocal Assessment를 사용하였다. 녹음 시, sampling rate는 44,100Hz로 지정하였으며 분석구간은 환자의 모음 /e/의 발성 중 과형의 중앙 부분을 중심으로 초기 및 말기 과형 구간을 삭제한 안정구간에 해당하는 1초 영역을 분석하였다. 또한, 본 연구의 정상 음성과 이비인후과적 질환 음성에 대한 평가 기준값은 Dr. Speech의 Vocal Assessment에서 제시하고 있는 수치로서 분석 구간 선정, 모음 등에 따라 영향을 받으므로 절대적 기준치로 보기보다는 참고적인 수준으로 보는 것이 바람직하겠다. 분석 항목은 다음과 같다.

- 1) 변동률(perturbation) : Jitter(%) : 주파수 변동률
Shimmer(%) : 진폭 변동률
- 2) 떨림(tremor) : F₀ tremor(Hz) : 기본주파수 떨림
Amplitude tremor(Hz) : 진폭 떨림
- 3) 잡음 비율 : NNE(Normalized Noise Energy, dB) : 정규화된 소음 에너지
HNR(Harmonic-to-Noise Ratio, dB) : 배음 대 소음 비율
SNR(Signal-to-Noise Ratio, dB) : 신호 대 소음 비율

본 연구에서는 SPSS 12.0K for windows를 이용하여 기술통계 처리하였으며, 질환별로 연구에서 제시한 파라미터를 성대마비 및 성대점막질환간의 차이 비교는 paired t-test로 유의수준을 검증하였다.

Table 2. Mean values and standard deviations of jitter and shimmer

	Jitter(%)	Shimmer(%)
Palsy	1.06±0.31	4.80±1.14
Cyst	0.87±0.37	3.56±1.04
Nodule	0.43±0.18	2.87±1.17

결 과

1. 변동률의 비교

성대마비와 낭종의 주파수 변동률 수치가 각각 1.06±0.31%, 0.87±0.37%로 기준값(0.5%)을 초과하여 비정상적 음성의 특징을 보이며, 반면 성대결절/용종의 평균은 0.43±0.18%로 기준값 이하를 보이고 있어 정상범주에 속해 있으나, 결과의 표준편차가 비교적 크기 때문에 개인차가 크게 존재함을 추정할 수 있었다(Table 2). 또한, 참고적인 수준으로 주파수 변동률은 0.5%, 진폭 변동률은 3.0%로 보았다.

또한, 주파수 변동률에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의성은 없었고, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의한 차이도 보이지 않았다. 그러나, 다음 Table 3과 같이 성대결절/용종과 마비 간에는 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01).

진폭 변동률의 평균은 성대마비와 낭종에서 각각 4.80±1.14%, 3.56±1.04%로 기준값(3.0%)을 초과하고 있어 비정상적인 음성의 특징을 보였으며, 성대결절/용종의 평균은 2.87±1.17%로 기준값 이하를 보이고 있어 정상 범주에 속해 있으나, 결과의 표준편차가 비교적 크기 때문에 개인차가 크게 존재함을 추정할 수 있었다(Table 2).

또한, 진폭 변동률에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의한 차이를 보이지 않았고, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의성도 없었다. 하지만, Table 3과 같이 성대결절/용종과 마비 간에는 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01).

2. 떨림의 비교

기본주파수 떨림에 관한 특성에서는 성대마비, 낭종, 결절/용종의 순으로 각각 2.68±1.11Hz, 2.71±1.24Hz, 3.34±1.23Hz로 평균을 보이며, 성대결절/용종의 수치가 3.34±1.23Hz로 가장 높게 나타났다(Table 4).

그러나 표준 편차가 매우 크고 기본주파수 떨림에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의한 차이를 보이지 않았고, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의성도 없었으며, 성대결절/용종과 마비 간에는 통계적으로 유의한 차이를

Table 3. Statistical data for acoustic values

	Jitter	Shimmer	F ₀ tremor	amp.tremor	NNE	HNR	SNR
C/N	0.0182	0.2092	0.4048	0.6162	0.0109*	0.4266	0.3742
C/P	0.3794	0.0756	0.9655	0.0509	0.0757	0.0289*	0.0272*
N/P	0.0004**	0.0024**	0.3621	0.1001	0.0001**	0.0054**	0.0041**

* : p<0.05, ** : p<0.01. C : Cyst, N : Nodule, P : Palsy

Table 4. Mean values and standard deviations of F₀ tremor and amplitude tremor

	F ₀ tremor (Hz)	Amplitude tremor (Hz)
Palsy	2.68±1.11	3.53±1.29
Cyst	2.71±1.24	2.16±0.78
Nodule	3.34±1.23	2.40±0.78

나타내지 않았다. 즉, 각 음성 질환 간의 통계적인 유의성은 나타나지 않았다(Table 3).

진폭 떨림에 대해서는 성대마비, 낭종, 결절/용종의 순으로 각각 3.53±1.29Hz, 2.16±0.78Hz, 2.40±0.78Hz로 평균을 보이며, 성대 마비가 3.53±1.29Hz로 가장 크게 나타났다(Table 4).

그러나, 진폭 떨림 역시 표준 편차가 크고 진폭 떨림에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의한 차이를 보이지 않았고, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의성도 없었으며, 성대결절/용종과 마비 간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 즉, 각 음성 질환 간의 통계적인 유의성은 나타나지 않았다(Table 3).

3. 잡음 비율의 비교

NNE의 결과에서 평균을 보면 성대마비, 낭종, 결절/용종 순으로 각각 -2.72±1.62dB, -4.79±2.01dB, -8.35±2.41dB로 비정상적 특성이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있다(Table 5). 또한, 참고적인 수준으로 NNE는 -10dB로 보였다.

NNE에 대한 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의성은 없었다. 그러나, 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의한 차이를 나타냈으며(p<0.05), 성대결절/용종과 마비 간에도 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01). 즉, NNE는 성대결절/용종이 낭종과 마비에 대한 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 결과적으로, 성대 결절/용종의 NNE가 낭종과 마비에 비해 낮은 것으로 나타났다.

HNR의 결과에서 평균을 보면 성대마비, 낭종, 결절/용종 순으로 각각 16.35±6.57dB, 20.41±4.60dB, 21.49±4.30dB로 비정상적 특성이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있다(Table 5).

HNR에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의

Table 5. Mean values and standard deviations of NNE, HNR, SNR

	NNE (dB)	HNR (dB)	SNR (dB)
Palsy	-2.72±1.62	16.35±6.57	15.25±6.06
Cyst	-4.79±2.01	20.41±4.60	19.07±4.35
Nodule	-8.35±2.41	21.49±4.30	20.24±4.26

성은 없었다. 그러나, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의한 차이를 나타냈으며(p<0.05), 성대결절/용종과 마비 간에도 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01). 즉, HNR은 성대마비가 낭종과 결절/용종에 대한 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 결과적으로, 성대마비의 HNR이 낭종과 결절/용종에 비해 낮은 것으로 나타났다.

SNR의 결과에서 평균을 보면 성대마비, 낭종, 결절/용종 순으로 각각 15.25±6.06dB, 19.07±4.35dB, 20.24±4.26dB로 비정상적 특성이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있다(Table 5).

SNR에 대한 성대낭종과 결절/용종간의 통계적인 유의성은 없었다. 그러나, 성대낭종과 마비간의 통계적인 유의한 차이를 나타냈으며(p<0.05), 성대결절/용종과 마비 간에도 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01). 즉, SNR은 HNR과 같은 양상으로 성대마비가 낭종과 결절/용종에 대한 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 결과적으로, 성대마비의 SNR이 낭종과 결절/용종에 비해 낮은 것으로 나타났다.

음향음성학적 분석 결과, 성대마비의 변동률, 떨림, 잡음 비율에 대한 음향 변수가 성대낭종과 결절/용종에 비해 모두 높게 나타났고, 성대결절의 음향변수는 비교적 작은 수치를 보였다. 또한, 성대낭종은 성대마비보다는 낮고 결절/용종보다는 음향음성학적 수치가 높게 나타났다.

고 찰

성대마비와 낭종 및 결절의 생리적 특징으로 성대마비는 성대의 전장에 걸쳐 불완전 폐쇄가 발생하고, 성대근이 수축하지 않아 충구조가 무너져 비주기적, 비대칭적 파동의 형태가 나타나고 점막 진폭과 점막 파동이 감소한다. 성대근육의 완전 위축시 깃발이 펴터는 모양의 점막 파동 소

견을 보이고 손상 받은 신경이 많을수록 비정상적 점막 파동의 양상은 더 심해지고, 또한 성대근이 위축하여 질량이 작아진다.

성대마비와 성대점막질환의 음향음성학적 측정값들을 변화시킬 수 있는 가장 중요한 변수 중의 하나는 성대에 발생한 병변의 크기이다.⁹⁾¹⁰⁾ 이러한 병변의 크기는 성대의 질량뿐만 아니라 성대 운동의 동시성, 성대 운동 진폭의 크기, 성대 폐쇄 양상 그리고 성대 점막의 파동에 크게 영향을 주기 때문에, 병변의 크기에 따른 음향학적 각 측정치에 대한 연구가 세밀하게 이루어져야 할 것이다.

성대낭종과 결절은 질환 부위가 다른 부위와 다르므로 균질성이 무너지고, 비대칭성, 질량의 증가, 반대측의 움직임 방향이 나타난다. 즉, 성대 결절은 음성 과용이나 오용에 의해 발생하는 대표적 음성 질환으로 성대 접촉시 모래시계모양의 성문 불완전폐쇄가 특징적인 소견이며 결절부위의 점막 파동과 진폭이 감소하며 감소 정도는 결절의 조직 정도에 따라 약간의 차이가 있으나 편측이나 양측 모두 나타난다. 성대낭종은 고음층 천층내에 발생하며, 성대 경도가 풀립이나 결절보다 증가하므로 점막 파동의 감소가 결절이나 풀립에서보다 더 현저하고 비주기적, 비대칭적 진동이 발생한다. 물론 성문 불완전 폐쇄의 소견도 나타난다. 이러한 성대의 변화는 음향학적 분석을 통해 간접적으로 측정하여 객관적으로 제시할 수 있다.

객관적인 항목으로 거친 소리, 쉼 목소리 그리고 기식화된 소리를 표현하는 주파수 변동률, 진폭 변동률 그리고 NNE 등을 들 수 있다. 주파수 변동률, 진폭 변동률, NNE는 음질을 평가할 때 많이 쓰이는 음향학적 파라미터 중 하나이다. Baken 등¹¹⁾은 음성병리와 후두병리를 범주화하거나 평가할 때 그리고 음성장애의 청각각적인 것을 객관화 시킬 때 주파수 변동률을 많이 쓰고 있지만, 주파수 변동률만을 이용해서 모든 것을 판단하고 결정하지는 않는다. 음성장애를 판단하기 위해서는 주파수 변동률뿐만 아니라 진폭 변동률, NNE, 성문과형의 변화 등을 고려해서 판단하게 된다. 성대의 진동은 여러 가지의 근육과 연골들이 영향을 주면서 일어나기 때문에 성대 진동에는 많은 변이가 발생하게 된다. 이러한 음성 변동은 주파수 변동률과 진폭 변동률이 나타나는 원인이 된다.

Hirano 등¹²⁾의 연구에서 성대 진동 주기와 진폭에 대한 주파수 변동률과 진폭 변동률은 주로 성대 안정성을 설명하는 파라미터로 성대간의 비대칭성, 공기 흐름의 장애, 성대 내 점액질의 작용, 모세혈관의 분포 등에 의해 생기는 것으로 추정되며 병적인 상태에서 값이 증가된다. 주파수 변동률과 진폭 변동률은 병적 음성을 구분하는 대표적인

음향변수로서 그 타당도가 높는데, 성대마비의 주파수 변동률과 진폭 변동률은 결절에 비해 높게 나타나는 바, 성대 운동의 안정성이 그만큼 다 질환에 비해 감소되었음을 확인할 수 있다.

음향학적 결과에서 주파수 변동률과 진폭 변동률이 가장 낮은 성대결절은 성대낭종에 비해 점막 파동이 비교적 존재하고, 성대마비에 비해 성대 근육 운동이 가능하므로 다른 질환에 비해 성대 안정성을 가지는 것으로 추정된다. 고주파수대의 잡음 정도를 측정하는 HNR, SNR에서 성대마비의 수치가 높게 나타났고, 잡음을 감지하는 데 HNR보다 유용하다고 주장되는 NNE¹²⁾에서는 성대마비와 낭종이 결절보다 높게 나타나, 성문 폐쇄의 불완전함과 점막 진폭과 파동의 감소가 성대마비에서 가장 두드러지는 것일 위의 음향 변수를 통해 확인할 수 있었다.

음향 변수와 청각적 인지와의 관계를 규명하려는 Yumoto 등¹⁴⁾의 연구 결과에 따르면, 주파수 변동률은 거친 소리, 진폭 변동률은 쉼 목소리, NNE는 기식화된 소리와 상관성이 높은 변수라고 하였다. 본 연구에서는 성대마비의 음향 변수가 낭종과 결절보다 모두 높았기 때문에, 이 결과를 적용하기는 어렵지만, 성대마비에 대한 음성 인지평가가 가장 낮을거라는 것을 추정할 수 있다.

발성 시 음도 및 강도의 변화가 음성분석 결과에 미치는 영향을 연구한 손 등¹⁵⁾의 논문에서 주파수 변동률은 발성 강도가 작을 때 통계적으로 유의하게 불안정한 값을 보였고, 강도가 클 때 안정된 값을 보였다. 진폭 변동률 역시 발성 강도가 클 때 편안한 발성조건에 비하여 통계적으로 유의하게 안정된 값을 보였다. 마지막으로 HNR는 모든 조건에서 비교적 안정된 값을 보였고, 편안한 발성조건에 비하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 주파수 변동률, 진폭 변동률, HNR 등을 보았을 때 HNR이 가장 안정된 값을 갖는다고 하였다. 또한 음도 및 강도의 조건이 모든 발성의 안정도에 영향을 주지만 음도보다는 강도의 조건에 따라 발성의 안정도의 차이가 큰 것임을 알 수 있다고 하였다. 따라서 편안한 수준의 발성보다는 강도가 10dB정도 큰 조건에서 발성이 가장 안정된 결과를 얻을 수 있는 조건임을 밝혀냈다.

Dr. Speech를 사용해서 일반 대학생의 음성 특성을 측정 한 결과 주파수 변동률의 평균이 0.30%(0.10), 진폭 변동률의 평균이 4.00%(1.14), 마지막으로 NNE 평균이 -11.70dB(4.09)인 것으로 나타났다.⁸⁾ MDVP와 Praat, Dr. Speech간의 음향학적 측정치에 관한 유 등¹⁶⁾의 상관 연구에서 Dr. Speech로 측정 한 결과는 주파수 변동률의 평균이 0.31%(0.18), 진폭 변동률은 2.96%(0.94), NNE

가 $-13.65\text{dB}(3.45)$ 의 값을 갖는다고 하였다. 성악전공 대학생과 일반 대학생의 /a/ 연장발성 시 음성 특성 비교 연구에서 일반학생을 Dr. Speech로 측정된 음성분석 결과 주파수 변동율의 평균은 $0.31\%(0.11)$ 이었고, 진폭 변동률은 평균 $2.09\%(0.74)$, 그리고 NNE의 평균이 $-11.73\text{dB}(3.94)$ 인 것으로 나타났다.¹⁷⁾ 안중복 등의 연구와 유재연 등¹⁶⁾의 연구에서의 주파수 변동률, 진폭 변동률, NNE의 평균은 다소 일치하였으며, 본 연구에서는 각 질환별로 조금씩 차이를 보였다. 하지만 선행연구의 평균과 비슷한 질환의 값을 보자면 주파수 변동률의 평균이 성대결절에서 $0.43 \pm 0.18\%$ 로 비슷하고, 진폭 변동률의 평균은 성대낭종이 $3.56 \pm 1.04\%$ 로 가장 비슷하였다. 또한, NNE의 평균은 성대결절이 -8.35 ± 2.41 로 근접하였다.

Dr. Speech를 이용한 정상 및 후두질환 환자의 음향분석 연구에서 주파수 변동률, 진폭 변동률, NNE를 10대 이하에서 50대 이상까지 10세 간격으로 6군으로 분류하고 각 군당 5명씩 남녀 각각 30명씩 대상으로 했다.²⁾ 모음 /이/를 5초간 지속하게 해서 안정구간을 분석한 결과에서 여성의 경우는 본 연구와는 다소 다른 결과치가 나왔으며, 각 질환별로도 본 연구의 파라미터에 대한 결과치가 모두 낮음을 알 수 있다.

주파수 변동률, 진폭 변동률, SNR을 통해서 기본주파수, 강도, 모음선택이 음성안정성을 평가할 때 미치는 Gelfer 등¹⁸⁾의 연구에서 주파수 변동률은 기본주파수와 강도에 영향을 많이 받은 반면에 진폭 변동률은 모음선택에 영향을 받았으며, SNR은 기본주파수에 영향을 받은 것으로 보고하였다.

성대결절 환자 10명과 정상성인 10명을 대상으로 아침, 점심, 저녁 세 번의 실험을 통해서 기본주파수, 주파수 변동률, 진폭 변동률, SNR이 시간의 흐름에 따른 변이성을 연구했다.¹⁹⁾ 이 논문의 연구자는 "I say /ha/ now"라는 문장을 이용해서 모음 /a/를 분석했다. 모음의 길이는 1.5~3.3초 사이였다. 그 결과 그룹의 상관없이 기본주파수, 주파수 변동률, 진폭 변동률 그리고 SNR은 시간의 흐름에 따라서 많은 변화를 보이고 있다고 하였다. 연구자는 성, 나이, 흡연/음주 등을 고려했지만, 결절의 유형, 음성장애의 지속시간, 음성장애의 정도를 고려하지 못했지만 병변이 있는 환자는 발성을 할 때 병변을 보상하기 위한 노력을 한다는 것을 발견하였다. 표 등²⁰⁾은 정상성인의 기본주파수의 변이성에 따른 진폭 변동률의 변화 연구에서 진폭 변동률 값은 주파수 변동률이나 HNR보다 일관된 값을 가지고 있다고 했다.

이상의 연구결과를 종합하였을 때 본 연구에서는 피실험

인 설정에 있어 여러 가지 제한점이 있었다는 점과, 성대에 병리가 있다고 진단된 환자 남녀의 비율에서 여성이 월등히 많아 적절한 성비를 맞춘 후속 연구가 필요하리라고 본다. 또한, 연령이 증가함에 따라 정상 성인들에게서도 음도나 음질의 변화가 나타나는 것이 일반적이기 때문에, 차후의 연구들은 성대병리의 종류뿐만 아니라 연령대 간의 피실험인 수를 감안해야 할 것임을 제안하고자 한다.

결론

본 연구에서는 성대마비 및 성대점막 질환을 가진 64명의 음성 장애환자들의 음성을 음향분석 파라미터로 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 변동률의 변수인 주파수 변동률과 진폭 변동률에 대해 성대마비와 결절/용종의 차이는 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다. 둘째, 잡음 비율과 연관되는 NNE, HNR, SNR의 결과에서 성대마비, 낭종, 결절/용종 순으로 비정상적 특성이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 특히, NNE는 성대결절/용종의 NNE가 낭종과 마비에 비해 낮았고 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. HNR과 SNR은 성대마비의 HNR과 SNR이 성대낭종과 결절/용종에 비해 낮았고 통계적인 유의성을 보였다. 셋째, 성대 질환의 파형과 스펙트로그램을 통해 음성의 특징을 구별할 수 있었다. 원목소리, 기식화된 소리, 거친 소리가 공통적으로 나타났고 스펙트로그램상에서 배음과 잡음의 형태가 다르게 나타나 음색의 차이를 구분할 수 있었다.

이상의 결과에 결과를 종합하여 기술하면, 성대마비에서 주파수, 진폭, 잡음 비율과 연관된 음향변수의 비정상적 수치가 성대낭종과 결절/용종에 비해 통계적으로 유의하게 높았으며, 이를 통해 성대 운동의 안정성 감소와 비대칭성, 성문 폐쇄의 불완전함으로 인해 성대마비의 음성이 가장 손상됨을 추정할 수 있다.

중심 단어 : 음향지표 · 성대마비 · 점막질환.

REFERENCES

- 1) 김현기. 음성장애의 평가 및 치료. 2005 언어장애 여름연수회 2005:112-21.
- 2) 이형석 · 태 경 · 장경진 · 김경우, 김경래, 박철원. Dr. Speech Science를 이용한 정상 및 후두질환 환자의 음향분석. 대한음성언어의학회지 1997;8:166-72.
- 3) 표화영 · 심현섭 · 임성은. 음성 샘플의 길이 변화에 따른 MDVP 측정치와 GRBAS 척도간의 상관관계 변화 비교. 음성과학 2000; 7:71-81.
- 4) Wolfe V, Fitch J, Cornell R. Acoustic prediction of severity in commonly occurring voice problems. J Speech Hearing Res 1995;38:273-9.
- 5) Deal RE, Emanuel FW. Some waveform and spectral features vowel

- roughness. *J Speech Hearing Res* 1978;21:250-64.
- 6) 고도홍·정옥란 외 공편. 『음성 및 언어 분석기기 활용법』. 서울: 한국문화사;2001.
 - 7) Kasuya H, Ogawa S, Mashima K, Ebihara S. Normalized noise energy as an acoustic measure to evaluate pathologic voice. *J Acoust Soc Am* 1986;80:1329-34.
 - 8) 안종복·유재연·권도하·정옥란. 일반학생과 성악도를 대상으로 *Dr. Speech*의 음향학적 측정치와 *EGG* 측정치의 상관관계 비교 연구. *대한음성언어의학회지* 2002;13:28-32.
 - 9) 유재연·이무경·정옥란. 성대결절과 성대용종 환자의 음성에 대한 음향학적 분석. *언어치료연구* 1999;8:87-95.
 - 10) Brown WS, Vinson BP, Crary MA. 『*Organic Voice Disorders*』. San Diego: Singular Publishing Group, Inc;1996.
 - 11) Baken RJ, Orlikoff RF. 『*Clinical measurement of speech and voice*』. 2nd ed, Thomson Learning;2000.
 - 12) Hirano M. 『*Clinical examination of Voice*』. Vienna New York, Springer;1981. p.56-64.
 - 13) Daniel ZH. 『*Vocal Assessment User's Manual*』. Tiger DRS, Inc; 1998.
 - 14) Yumoto E, Yumi Okamura, Hiroshi. Harmonics-to-noise ratio and psychophysical measurement of the degree of hoarseness. *J Speech Hearing Res* 1984;27:2-6.
 - 15) 손영익·윤영선·권중근·추광철. 발성 시 음도 및 강도의 변화가 음성분석검사 결과에 미치는 영향. *대한음성언어의학회지* 1997;8:12-7.
 - 16) 유재연·정옥란·장태엽·고도홍. *MDVP*와 *Praat, Dr. Speech* 간의 음향학적 측정치에 관한 상관연구. *음성과학* 2003;10:29-36.
 - 17) 유재연·안종복·정옥란·장태엽. *MDVP*와 *Dr. Speech*의 음향학적 측정치에 관한 연구. *언어치료연구* 2002;11:275-83.
 - 18) Gelfer MP. Fundamental frequency, intensity, and vowel selection: Effects on measures of phonatory stability. *J Speech Hearing Res* 1995;38:1189-98.
 - 19) Hall KD. Variations across time in acoustic and electroglottographic measures of phonatory function in women with and without vocal nodules. *J Speech Hearing Res* 1995;38:783-93.
 - 20) Pyo HY, Sim HS. Shimmer change according to fundamental frequency variation of korean normal adults. *Speech Science* 2003;10:143-50.