

정상인과 후두폴립환자에서의 음성학적 측정

연세대학교 의과대학 음성언어의학연구소
최홍식 · 장미숙 · 이정준

= Abstract =

Acoustic Measures from Normal and Vocal Polyp Patients

Hong-Shik Choi, M.D., Mi Sook Chang, M.D., Jeong Joon Lee, M.D.

*The Institute of Logopedics and Phoniatrics, Yonsei University College of Medicine,
Seoul, Korea*

Though normal vocal cords show regular vibration, pathologic vocal cords show irregularity between peaks. Jitter means fluctuation in the time interval between peaks, and Shimmer means cycle to cycle variation in the amplitude of the peaks. We investigated the vocal vibration of Korean normal persons objectively.

The fundamental frequency, Jitter, Shimmer and SNR(signal to noise ratio) of normal persons were compared with that of vocal polyp patients with CSpeech program for the possibility of distinguishing the pathologic vocal vibration from normal.

The results were as follows :

Comparing the fundamental frequency of vocal polyp patients with normal persons, great change was noted only in female cases. But, the Jitter and Shimmer of vocal polyp patients were greater than normal significantly in both male and female cases. SNR was lower than normal in vocal polyp patients.

In the conclusion, fundamental frequency, Jitter, Shimmer and SNR might be meaningful parameters distinguishing pathologic vibration from normal.

KEY WORDS : Fundamental frequency · Jitter · Shimmer · SNR(signal to noise ratio).

서 론

호흡에 의해서 흡입된 공기가 기관지를 거쳐 후두를 통과하는 과정에서 성대가 진동하고 음성이 발생된다. 성대 진동 양상의 이상 유무를 관찰하기 위하여 진동의 음향적 구조와 특성을 가시적으로 측정하게 되었다.

정상 성대는 규칙적인 진동을 보이지만 병변이

있는 사람들은 진폭과 시간에 있어서 주기마다 다른 진동을 보이게 된다. 실제로 이런 환자의 목소리는 거칠고 걸끄럽다고 표현할 수 있겠다. 음성의 떨림(perturbation)을 객관적으로 측정하기 위해 Horii는 vocal jitter와 shimmer를 언급한 바 있다. jitter는 각 주기마다의 시간의 불규칙성을 의미하며 shimmer는 각 주기마다의 강도의 불규칙성을 의미한다.

본 연구는 우리나라 정상인 음성의 떨림을 객

관적으로 조사해보고 이에따라 병변이 있는 사람들의 음성의 떨림을 판별할 수 있는 가능성을 알아보고자 하였다. 또한 과연 이런 jitter와 shimmer가 성대진동의 병변의 유무를 가려낼 수 있는 민감한 척도가 될 수 있는지 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

정상군은 20세에서 40세까지의 무작위 추출된 정상 성인을 대상으로 남자 10명, 여자 10명을 선택하였다. 병변이 있는 대상으로 영동 세브란스병원에서 후두폴립이 있는 것으로 진단받은 환자에서 남자 10명, 여자 10명을 추출하였다. 정상인들은 기왕력상 폐질환이나 신경계 질환, 후두질환을 앓은 적이 없으며 음성조율기관에도 이상이 없었고 정상 청력을 가진 사람들이었다.

2. 음성 생성

각 사람들은 마이크에서 10cm 떨어져서 가장 편안한 목소리로 5초동안 각 '/e/', '/i/', '/u/'의 모음을 내도록 하였다.

3. Jitter와 Shimmer, 기본 주파수의 분석

각 모음들은 20KHz의 sampling rate로 기록되어 microprocessor에 의해 감지되어서 전 파형의 gra-

phic display를 보여주었다. 커서를 가장 안정된 음성 부위의 507 cycleblock으로 scan하여 계산하였다. 분석은 IBM CSpeech(A/D, D/A card) DT2821을 이용하여 기본 주파수(fundamental frequency, F_0), jitter, shimmer, SNR(signal to noise ratio)을 조사하였다. Noise를 없애기 위해 high pass filter를 이용하였다.

결 과

Acoustic measures

1. 기본 주파수(Fundamental frequency)

정상인과 후두폴립환자에서의 연속적인 세모음(/e/, /i/, /u/) 모두에서 기본 주파수를 비교해보면 남자에서는 큰 차이를 보이지 않은 반면($p>0.05$), 여자에서는 후두폴립군에서 의미있는 차이로 감소한 것을 볼 수 있었다($p>0.001$)(Table 7). 정상인 남자의 기본 주파수는 143~155Hz 이었고 여자는 273~287Hz의 범위를 보였다. 한편 후두폴립군의 남자에서는 146~152Hz, 여자에서는 199~209Hz의 범위를 보였다(Table 1-7).

2. Jitter

성대진동의 주기마다의(cycle-to-cycle) 불규칙성인 jitter는 연속적인 세모음(/e/, /i/, /u/)발성시 남자, 여자 모두 정상인보다 후두폴립환자군에서 통계적

Table 1. Mean standard deviation and significance levels for normal male control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /e/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F_0 (Hz)	143.489	5.675	146.16	11.794	$p>0.05$
Jitter(ms)	0.015	0.001	0.083	0.032	$p<0.05$
Shimmer(%)	1.299	0.102	10.709	1.478	$p<0.001$
SNR(dB)	23.556	0.743	12.213	1.010	$p<0.001$

Table 2. Mean standard deviation and significance levels for normal female control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /e/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F_0 (Hz)	273.950	7.566	199.794	8.003	$p<0.001$
Jitter(ms)	0.008	0.002	0.058	0.024	$p<0.05$
Shimmer(%)	1.153	0.165	11.667	2.611	$p<0.001$
SNR(dB)	22.801	1.156	11.883	1.115	$p<0.001$

Table 3. Mean standard deviation and significance levels for normal male control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /i/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F ₀ (Hz)	154.372	8.603	150.493	12.106	p>0.05
Jitter(ms)	0.013	0.002	0.130	0.044	p<0.05
Shimmer(%)	1.202	0.139	12.537	2.428	p<0.001
SNR(dB)	24.259	0.677	12.539	1.245	p<0.001

Table 4. Mean standard deviation and significance levels for normal female control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /i/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F ₀ (Hz)	282.974	9.051	205.830	8.195	p<0.001
Jitter(ms)	0.007	0.001	0.063	0.013	p<0.001
Shimmer(%)	1.047	0.105	8.553	1.495	p<0.001
SNR(dB)	23.354	0.742	14.892	1.197	p<0.001

Table 5. Mean standard deviation and significance levels for normal male control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /u/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F ₀ (Hz)	155.356	6.554	152.4	11.827	p>0.05
Jitter(ms)	0.013	0.002	0.145	0.035	p<0.001
Shimmer(%)	1.787	0.573	15.154	3.177	p<0.001
SNR(dB)	26.225	2.145	10.822	1.327	p<0.001

Table 6. Mean standard deviation and significance levels for normal female control & vocal polyp patients acoustic measure(sustained vowel /u/)

Acoustic parameters	Normal		Vocal polyp		Significance level
	mean	SD	mean	SD	
F ₀ (Hz)	287.299	9.283	209.252	8.261	p<0.001
Jitter(ms)	0.008	0.001	0.051	0.007	p<0.001
Shimmer(%)	1.241	0.165	10.218	1.761	p<0.001
SNR(dB)	27.191	1.210	12.865	1.354	p<0.001

Table 7. Acoustic measure of sustained vowel

Acoustic measure		NORMAL			VOCAL POLYP		
		Jitter	Shimmer	SNR	Jitter	Shimmer	SNR
Male	/e/	0.0141	1.299	23.556	0.083	10.709	12.213
	/i/	0.0125	1.202	24.259	0.130	12.537	12.539
	/u/	0.0134	1.787	26.225	0.145	15.154	10.822
Female	/e/	0.0075	1.153	22.801	0.058	11.667	11.883
	/i/	0.0066	1.047	23.354	0.063	8.553	14.892
	/u/	0.008	1.241	27.191	0.051	10.218	12.865

으로 의미있는 증가를 보였다. 정상인 남자의 jitter는 0.013~0.015 msec이었고 여자는 0.007~0.008 msec의 범위를 보였다. 후두폴립군의 남자에서는 0.083~0.145 msec까지 10배 정도까지 증가하였다. 여자에서는 0.051~0.063 msec의 범위를 보여 마찬가지로 10배 정도까지 증가하였다(Table 7).

3. Shimmer

성대진동의 주기마다의 강도의 불규칙성인 shimmer는 연속적인 세모음(/e/, /i/, /u/) 발성시 남자,

여자 모두 정상인보다 후두폴립환자군에서 통계적으로 의미있는 증가를 보였다. 정상인 남자의 shimmer는 1.202~1.787%이었고 여자는 1.047~1.241%를 보였다. 후두폴립군의 남자에서는 10.709~15.154%로, 여자에서는 8.553~15.154%로 의미있게 증가하였다(Table 1-7).

4. SNR(Signal to noise ratio)

SNR은 음성 waveform에서 noise에 대한 total signal energy의 dB로서 연속적인 세모음(/e/, /i/, /u/)이

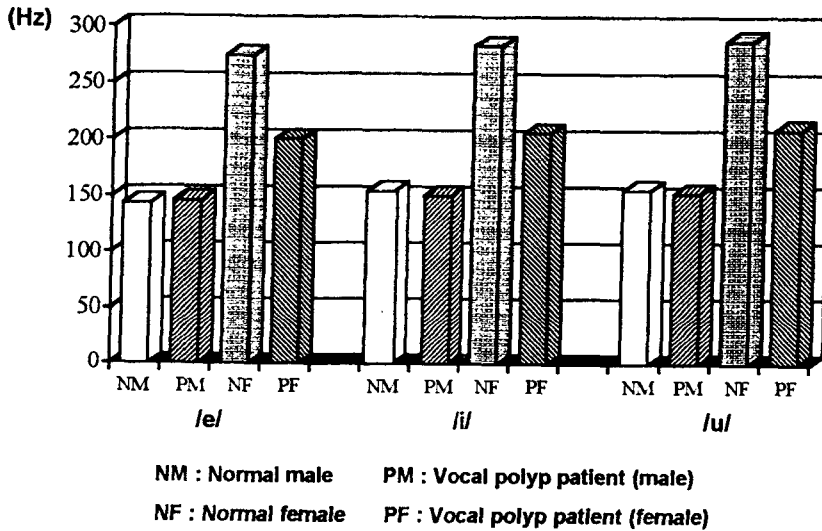


Fig. 1. Mean of fundamental frequency of normal and vocal polyp patients.

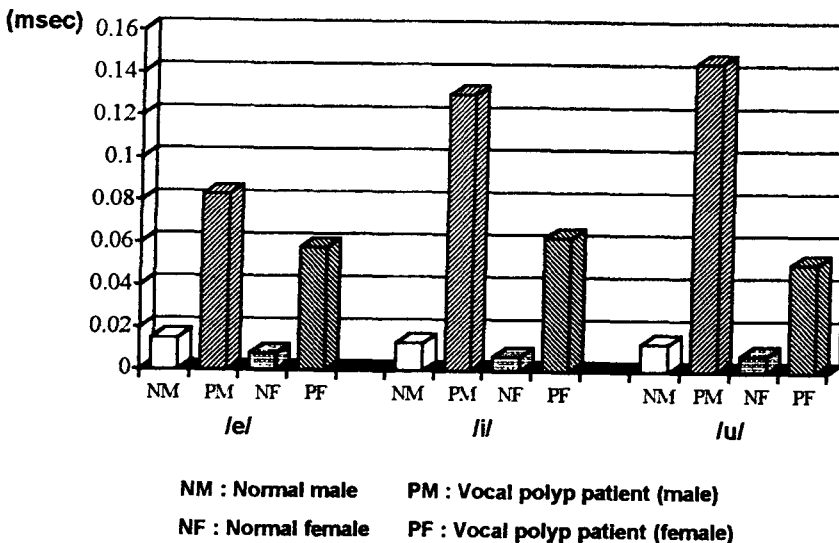


Fig. 2. Mean of jitter of normal and vocal polyp patients.

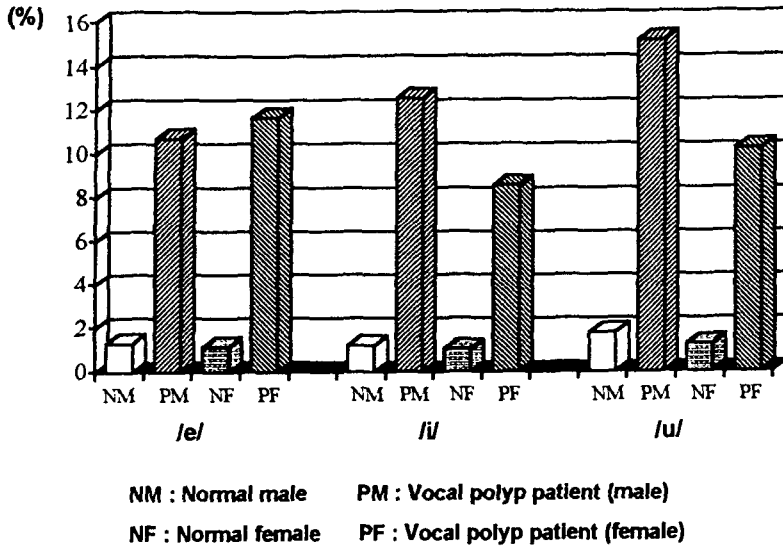


Fig. 3. Mean of shimmer of normal and vocal polyp patients.

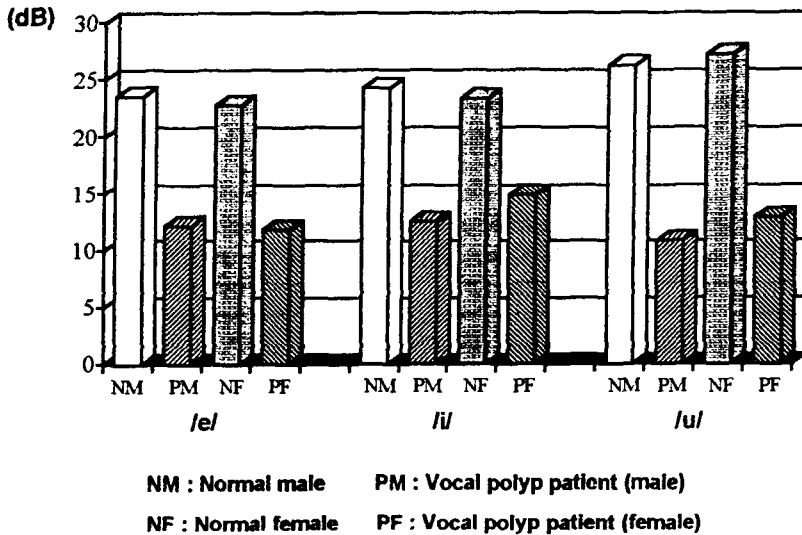


Fig. 4. Mean of SNR of normal and vocal polyp patients.

정상인보다 후두폴립환자군에서 통계적으로 의미 있는 감소를 보였다. 정상인 남자는 23.556~26.226 dB이며 여자는 22.801~27.191dB로 나타났고 후두 폴립 남자는 10.822~12.539dB, 여자는 11.883~14.892dB로 유의있는 차이로 감소한 것을 알 수 있다 (Table 1-7).

5. 세 모음간의 비교

연속적인 세모음(/e/, /i/, /u/)간의 jitter, shimmer,

SNR는 의미있는 차이는 없었다.

고 찰

CSpeech는 최근 병변이 있는 성대의 진동을 분석하는데 사용되는 것으로서 다양한 acoustic measure중 jitter, shimmer, SNR를 비교하는데 민감하고 일정한 결과를 보여주었다. 우선 아직 한국인 정상인 남자와 여자의 결과가 보고되어있지 않아서

세 연속적인 모음, 즉 /e/, /i/, /u/에 대해서 기본 주파수, Jitter, Shimmer, SNR를 얻었다.

기본 주파수는 연속적인 세종류의 모음 발생시에 남성의 경우 정상적인 남자나 후두 폴립환자간에 의의있는 변화가 없었지만, 여자의 경우는 두 군간에 의의있는 변화가 있는 것으로 확인 되었다. Ringel등에 의하면 늙고 건강한 사람들은 젊고 건강한 사람들에 비해 jitter가 의미있게 증가하지 않았다고 보고한 반면 일반적인 의견은 나이가 들면서 후두연골이 골화됨에 따라 후두연골과 주위 연부 조직의 긴장도와 강도가 감소함에 따라 기본 주파수가 감소하고 jitter가 다소 증가할 수 있다는 것이다. 또한 건강 상태와 성대 기능정도가 관계 되는 것으로 같은 노년이라도 건강 상태가 양호 할수록 기본주파수, jitter, shimmer의 변화가 덜 심한 것으로 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 남녀 모두 비슷한 연령분포이기 때문에 노화(aging)의 영향으로 후두내근의 강도나 긴장도가 감소되어 오는 것으로는 생각할 수 없으며 건강 상태도 비교적 좋은 사람들이었기 때문에 그 영향은 배제할 수 있겠다. 또한 훈련된 목소리와 훈련되지 않은 음성을 비교해 볼때 훈련된 목소리는 기본주파수의 변화를 완화시키며 노년의 훈련된 목소리와 젊지만 훈련되지 않은 음성간에는 음성학적 측정의 의미 있는 차이가 없었던 것으로 보아 음성의 훈련은 노화를 지연시키는 것이 확실하다. 여하튼 여자의 경우는 병변이 생겼을때 기본 주파수의 변화가 심한 것으로 보아 좀더 쉽게 후두내근의 긴장도가 변하고 비교적 덜 훈련된 목소리의 영향으로 생각된다.

주기마다의 시간의 불규칙성인 jitter는 남녀 모두 후두폴립 환자에서 훨씬 더 의의있는 차이로 증가한 것을 볼 수 있다. 또한 서로 다른 모음간에는 jitter의 큰 변화를 볼 수 없었다. 모음간의 vocal tract impulse반응의 차이때문에 jitter치의 변화가 많았다는 다른이의 보고와는 다른 양상이었다.

주기마다의 강도의 불규칙성인 Shimmer는 남녀 모두 정상군에 비해 후두폴립군에서 의미있는 차

이로 증가 하였고, SNR도 남녀 모두 정상군에 비해 후두폴립군에서 의미있게 감소하였다. 이것은 성대 종창으로 환측 성대가 불규칙한 진동을 보이는 청각적 인상을 잘 반영해준다고 할 수 있겠다.

향후 후두폴립이 치료되어 이 청각적 jitter, shimmer, SNR의 평균치를 비교함으로써 정상적 성대의 움직임을 갖기까지의 시간을 찾아 볼 수 있을 것이다. Spasmodic dysphonia환자를 비교하면서 과연 근육의 긴장도와 강도가 음성의 떨림 즉 jitter, shimmer, SNR에 큰 영향을 주는 요소인지 확인할 필요성이 있을 것이다.

References

- 1) Brown WS, Morris RJ, Michel JF : *Vocal Jitter and fundamental frequency characteristics in aged, female professional singers. J of Voice 4 : 135-141, 1990*
- 2) Brown WS, Morris RJ, Michel JF : *Vocal Jitter in young adult and aged female voices. J of Voice 3 : 113-119, 1989*
- 3) Linville SE, Korabic EW, Rosera M : *Intraproduction variability in Jitter measures from elderly speaker. J of Voice 4 : 45-51, 1990*
- 4) Milenkovic P : *Least mean square measures of voice perturbation. J of Speech and Hearing Reserch 30 : 529-538, 1987*
- 5) Roy N and Leeper HA : *Effects of the manual laryngeal musculoskeletal tension reduction technique as a treatment for functional voice disorders : perceptual and acoustic measures. J of Voice 7 : 242-249, 1993*
- 6) Horii Y : *Vocal shimmer in sustained phonation. J of Speech and Hearing Research 23 : 202-209, 1980*
- 7) Askenfelt AG, Hammarberg B : *Speech waveform perturbation analysis : A perceptual-acoustical comparison of seven measures. J of Speech and Hearing Research 29 : 50-64, 1986*