

## 성대용종의 중증도와 음향지수의 상관관계

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성과학연구소  
홍기환 · 양윤수 · 김진성 · 이재근 · 이은정

= Abstract =

### A Study of Correlation Between Severity of Vocal Polyp and Acoustic Parameters

Ki Hwan Hong, MD, Yoon Soo Yang, MD, Jin Sung Kim, MD,  
Jae Keun Lee, MD and Eun Jung Lee, MD

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

**Background and Objectives :** Vocal polyp is the most common disease that causes hoarseness and its incidence is increased currently. The purposes of this study are to investigate the correlation between severity of vocal polyp and acoustic parameters and compare these data with those of the normal Korean.

**Materials and Methods :** We analyzed the acoustic parameters of sustained vowel for 70 vocal polyp patients and 20 normal controls. A CSL (computerized speech lab) was used to carry out the analysis of the voice sample and statistical analysis was used Spearman correlation coefficient & t-test.

**Results :** According to the conclusion of correlation analysis, 21 parameters of all the 34 parameters are significant.

**Conclusion :** These data will be served as basic data for the evaluation of postoperative assessment of the patients with vocal polyp.

**KEY WORDS :** Vocal polyp · Acoustic parameters · Correlation.

## 서 론

후두의 가장 중요한 기능은 호흡과 발성이며 이 중에서 발성은 발성기관인 후두의 복잡하고 입체적인 운동과 이런 운동의 원천인 호흡기, 공명강인 비강과 인두 그리고 이에 관련된 근육 및 운동신경에 의하여 이루어진다. 즉 호흡작용에 따라서 폐로 흡입된 공기가 호기가 되어서 기관지와 기관을 거쳐 후두를 통과해 나오는 과정에서 성대의 진동이 유발되어서 음성이 나오는 것이다.<sup>1)</sup> 성대 진동의 횟수는 주로 성대근육의 구조나 긴장도에 의해 좌우된다. 성인 남자의 성대는 여성이나 유아의 것보다 길고 크기 때문에 주파수가 상대적으로 낮다. 따라서 개인별로 차이가 나기는 하지

만 성인남자는 120Hz, 여성은 220Hz, 유아는 300Hz 정도의 주파수를 갖는다.<sup>2)</sup>

성대용종은 주로 음성남용에 의한 이차손상 외에 성대의 일시적 손상이나 상기도감염 등에 의해서도 발생한다. 애성이 주증상이며 커지면 호흡곤란을 초래할 수도 있다. 주로 일측성으로 성대 전방 1/3부위에서 관찰된다.<sup>3)</sup> 주로 용종은 성대 가장자리에 위치하기 때문에 정상적인 성대접촉을 방해한다.<sup>4)</sup> 음성남용이나 오용을 일으키는 원인으로는 직업적인 음성의 사용이나 과기능적인 잘못된 발성 뿐 아니라 흡연, 음주, 알레르기, 갑상선질환, 불안, 위식도역류증 등의 인자들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>5)</sup>

정상음성이란 개인의 음성매개변수(vocal parameter), 즉 음도(pitch), 강도(loudness), 음질(quality), 유동성(flexibility) 등이 그 사람의 성, 연령, 환경, 체구 등에 적합한 음성을 말한다.<sup>6)</sup> 1967년 Yanagihara,<sup>7)</sup> 1982년 Yumoto 등,<sup>8)</sup> 1984년 Hiraoka 등,<sup>9)</sup> 1986년 Kasuya 등<sup>10)</sup>이 병적 음성의 잡음성분을 이용하여 후두질환을 감별하고자 하였고, 1970년 Iwata 등<sup>11)</sup>은 발성지수(phonation quotient)를 이용하여 각 후두질환별 기준치를 제시하여 이를 후두

논문접수일 : 2006년 3월 21일  
심사완료일 : 2006년 5월 13일  
책임저자 : 홍기환, 561-805 전북 전주시 덕진구 금암동 634-18  
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실  
전화 : (063) 250-1990 · 전송 : (063) 250-1986  
E-mail : khhong@chonbuk.ac.kr

질환의 감별에 이용하려고 하였으며, 1972년 Iwata<sup>12)</sup>는 정상인과 후두질환군에서 주기 떨림(pitch perturbation)의 연속적인 상관계수를 구하여 이를 도식화(correlogram)한 후 나타나는 특징적인 모양으로 후두질환을 감별하고자 하였다. 음성의 떨림(perturbation)을 객관적으로 측정하기 위해 1980년 Horii<sup>13)</sup>는 jitter와 shimmer를 이용하였으며, 1989년 Klingholz<sup>14)</sup>은 병적 음성에서 강도(amplitude)의 분포가 후두기능을 잘 반영한다고 하였고, 1990년 Pinto<sup>15)</sup> 등은 기존의 연구자들이 사용하던 음성신호에서의 떨림(기본 주기 및 강도)에 대한 정의 및 측정상의 문제에 대한 규격화되고 표준화된 측정법을 발표하였다.

본 연구는 이상의 선행 연구들을 기초로 하여 성대용종의 양상과 음향지수의 상관관계를 분석하여 그 특징을 파악하고 성대용종의 양상이 음향지수와 어떤 상관관계를 나타내는지를 알아보고자 하는데 목적이 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

음성장애를 주스로 전북대학교병원 이비인후과에 내원하여 스트로보스코피 검사 결과 성대용종으로 진단받고 음성검사를 시행한 환자 70명(남 39명, 여 31명)을 대상으로 하였으며, 후두질환이 없는 건강한 남녀 각 20명을 대조군으로 하였다. 실험군의 평균연령은 45세이었고, 21세에서 79세까지의 연령분포를 보였다. 대조군의 평균연령은 29세이었고, 23세에서 43세까지의 연령분포를 보였다. 본 연구의 피험자 연령층은 20세 이상으로 한정하였는데, 그 이유는 사춘기의 2차 성장으로 음성의 변화를 제외하고자 하는 의도에서 였다(Table 1).

### 2. 연구 방법

음성검사는 방음실에서 편안한 자세로 앉게 한 후 마이크 앞에서 15cm 거리를 두고 가능한 평상시와 같은 높이와 크기의 편안한 목소리로 'e' 모음을 최대한 길게 내도록 하였다. 이를 Kay사 CSL(Computerized Speech Lab

Table 1. Characteristics of subjects

	실험군		대조군		
연구 대상	남	39명	남	10명	
	여	31명	여	10명	
	계	70명	계	20명	
Age	평균연령	45세	평균연령	29세	
	연령분포	21-79세	연령분포	23-43세	
Type	I	II	III	IV	V
	17	17	17	12	7

Model 4400, Kay Elemetrics Corp. USA)을 이용하여 녹음하였으며, 시작점과 끝점을 제외한 중간부위 3초 길이의 음성을 분석의 대상으로 하였다.

Table 2. Distribution of MDVP

군(Group) 별 분류	해당 측정치	Unit
기본주파수 정보 관련 측정치 (Fundamental Frequency Information Measurements)	Fo (Average Fundamental Frequency)	Hz
	To (Average Pitch Period)	ms
	Fhi (Highest Fundamental Frequency)	Hz
	Flo (Lowest Fundamental Frequency)	Hz
	STD (Standard Deviation of the Fundamental Frequency)	Hz
	PFR (Phonatory Fo-Range in semi-tones)	Semi-tones
	Tsam (Length of Analyzed sample)	sec
	SEG (Number of Segments computed)	
	PER (Total Pitch Periods Detected)	
	장-단기 기본 주파수 변이 관련 측정치 (Short & Long-Term Frequency Perturbation Measurements)	Jita (Absolute Jitter)
Jitt (Jitter Percent)		%
RAP (Relative Average Perturbation)		%
PPQ (Pitch Perturbation Quotient)		%
sPPQ (Smoothed Pitch Perturb. Quotient)		%
장-단기 음성 강도 변이 관련 측정치 (Short & Long-Term Amplitude Perturbation Measurements)	vFo (Fundamental Frequency Variation)	%
	ShdB (Shimmer in dB)	dB
	Shim (Shimmer in Percent)	%
	APQ (Amplitude perturbation quotient)	%
	SAPQ (Smoothed Amplitude Perturbation Quotient)	%
잡음 관련 측정치 (Noise Related Measurements)	vAm (Peak-Amplitude Variation)	%
	NHR (Noise to Harmonic Ratio)	
	VTI (Voice Turbulence Index)	
진전 관련 측정치 (Tremor Measurements)	SPI (Soft Phonation Index)	
	Fftr (Fo Tremor Frequency)	Hz
	Fatr (Amplitude Tremor Frequency)	Hz
음성일탈 관련 측정치 (Voice Break Related Measurements)	FTRI (Fo Tremor Intensity Index)	%
	ATRI (Amplitude tremor intensity index)	%
	DVB (Degree of voice breaks)	%
Subharmonics 관련 측정치 (Subharmonic Components Related Measurements)	NVB (Number of voice breaks)	
	DSH (Degree of Sub-Harmonics)	%
	NSH (Number of Sub-Harmonic Segments)	
음성의 불규칙성 관련 측정치 (Voice Irregularity Related Measurements)	DSH (Degree of Sub-Harmonics)	%
	NSH (Number of Sub-Harmonic Segments)	
	DUV (Degree of voiceless)	%
Irregularity Related Measurements)	NUV (Number of unvoiced segments)	

### 3. 음성 분석

음질의 객관적 분석을 위한 도구로는 음성 분석 소프트웨어인 Multi-Dimensional Voice Program(MDVP)을 이용하여 총 34개의 음향학적 변수를 추출하였다(Table 2).

### 4. Vocal polyp의 분류

이비인후과 전문의와 본 연구자가 연구의 대상이 된 환자 70명(남 39명, 여 31명)의 후두 내시경 사진을 주관적인 기준을 세우고 양상에 따라서 5가지 형으로 분류하였다(Fig. 1).

### 5. 통계

서열 상관관계 분석은 비모수 통계기법이지만 Pearson 상관관계 분석과 함께 비교적 자주 이용되는 분석 기법으로, 본 연구에서 성대용종을 양상(severity)에 따라 분류한 5 type과 MDVP Parameters의 연관성은 Window용 SPSS 10.0프로그램의 Spearman Rank Coefficient 분석을 이용하였다. t-test는 독립된 두 개의 표본 평균간의 차이를 검증할 때(groups t-test) 이용되는데 본 연구의 실험군과 대조군의 비교는 MS-excel 97의 t-test로 통계처리하였다.

## 연구 결과

### 1. 성대용종의 양상과 음향지수의 Correlation 분석 결과

성대용종의 양상과 음향지수의 Correlation을 분석한 결과 총34개 파라미터 중 21개에서 유의하였고, 남·녀 각

각에 대한 correlation 분석 결과 남자의 경우 15개 파라미터에서, 여자의 경우 19개 파라미터에서 유의하게 나타났다(Table 3).

#### 1) 기본주파수 관련 측정지

##### (1) Fo(Average Fundamental Frequency)

정상인의 평균값은 172.44Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 165.86Hz, 160.17Hz, 153.03Hz, 145.76Hz, 114.55Hz로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.05$ ).

##### (2) MFO(Mean Fundamental Frequency)

정상인의 평균값은 172.42Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 165.80Hz, 160.11Hz, 152.93Hz, 144.21Hz, 112.67Hz로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.05$ ).

##### (3) To(Average pitch period)

하나의 Pitch period(sine-like wave가 그리는 cycle 하나를 하나의 pitch period로 함)가 차지하는 시간의 평균치를 나타내는 것으로서, 정상인의 평균값은 6.26ms이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 6.63ms, 6.83ms, 7.02ms, 7.49ms, 9.58ms로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.05$ ).

##### (4) Fhi(Highest Fundamental Frequency)

전체 중에서 기본 주파수가 가장 높을 때의 수치를 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 177.07Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 176.17Hz, 171.86Hz, 164.87Hz, 212.81Hz, 148.83Hz로서 상관 분석결과 유의

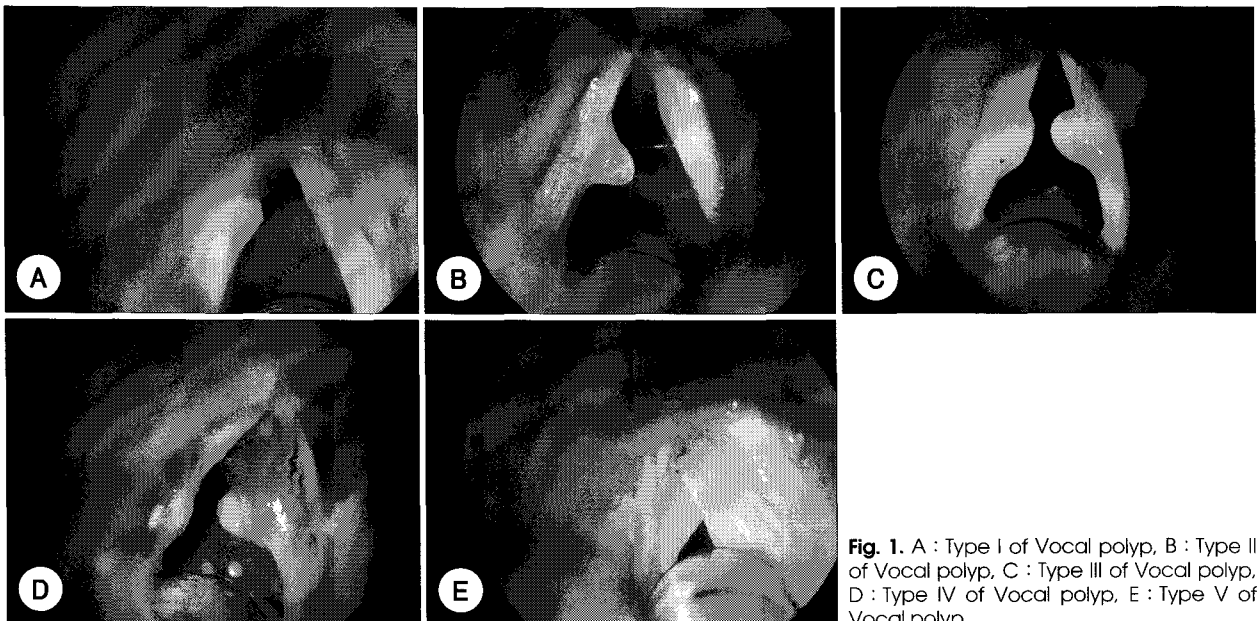


Fig. 1. A : Type I of Vocal polyp, B : Type II of Vocal polyp, C : Type III of Vocal polyp, D : Type IV of Vocal polyp, E : Type V of Vocal polyp.

**Table 3.** Descriptive data on the acoustic variables for patient groups and control groups

Subjects	Fo(Hz)*				MFo(Hz)*			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	165.86	48.40	87.13	233.07	165.80	48.38	87.12	233.03
Type 2	160.17	46.80	90.55	237.74	160.11	46.77	90.50	237.56
Type 3	153.03	38.93	84.40	219.69	152.93	38.91	84.35	219.68
Type 4	145.76	42.70	89.77	217.76	144.21	42.48	89.32	217.66
Type 5	114.55	37.00	71.79	181.86	112.67	33.38	71.77	169.62
Total	152.79	44.99	71.79	237.74	152.28	44.90	71.77	237.56
Control	172.44	47.27	111.44	245.99	172.42	245.99	111.44	47.27

Subjects	To(ms)*				Phi(Hz)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	6.63	2.23	4.29	11.48	176.17	52.74	88.84	247.06
Type 2	6.83	2.19	4.21	11.05	171.86	52.06	95.95	260.40
Type 3	7.02	2.06	4.55	11.86	164.87	41.11	89.94	227.66
Type 4	7.49	2.13	4.59	11.20	212.81	141.85	100.44	601.13
Type 5	9.58	2.90	5.90	13.93	143.83	80.28	74.76	310.40
Total	7.21	2.33	4.21	13.93	175.43	76.21	74.76	601.13
Control	6.26	1.77	4.07	8.97	177.07	49.17	113.21	248.22

Subjects	Flo(Hz)†				STD(Hz)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	157.02	45.55	84.85	222.48	2.90	1.47	0.71	5.17
Type 2	150.48	42.76	84.07	216.50	3.04	1.50	0.90	6.55
Type 3	142.09	38.52	79.18	214.18	3.47	2.07	0.99	10.59
Type 4	129.82	38.91	69.91	203.31	7.36	8.33	0.94	26.02
Type 5	94.91	19.83	67.32	120.97	9.76	16.73	1.33	47.20
Total	140.93	42.98	67.32	222.48	4.52	6.56	0.71	47.20
Control	167.90	45.90	109.72	243.73	1.42	0.58	0.66	2.64

Subjects	PFR(semi-tones)†				Tsam(sec)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	3.00	1.00	1.00	5.00	3.00	0.01	2.99	3.03
Type 2	3.24	1.09	2.00	6.00	3.00	0.00	3.00	3.02
Type 3	3.76	1.60	2.00	8.00	3.00	0.01	2.99	3.03
Type 4	7.75	7.96	2.00	29.00	3.00	0.01	2.99	3.03
Type 5	6.57	5.91	2.00	18.00	3.00	0.01	2.99	3.04
Total	4.41	4.19	1.00	29.00	29.00	0.01	2.99	3.04
Control	1.90	0.55	1.00	3.00	3.00	0.00	2.99	3.01

Subjects	SEG				PER*			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	99.41	0.51	99.00	100.00	495.88	145.75	260.00	696.00
Type 2	99.71	0.47	99.00	100.00	478.12	140.02	269.00	711.00
Type 3	99.65	0.61	99.00	101.00	454.94	115.83	253.00	657.00
Type 4	99.58	0.51	99.00	100.00	410.75	139.49	234.00	652.00
Type 5	99.86	0.69	99.00	101.00	268.43	124.25	31.00	383.00
Total	99.61	0.55	99.00	101.00	444.29	146.04	31.00	711.00
Control	99.50	0.51	99.00	100.00	515.35	141.64	333.00	734.00

\* : p<0.05, † : p<0.01

Table 3. Continued

Subjects	Jita(us) †				Jitt(%) †			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	94.01	51.32	26.01	210.46	1.58	0.95	0.37	3.05
Type 2	119.56	68.97	21.31	320.88	1.80	0.90	0.45	3.70
Type 3	138.80	61.74	22.97	240.15	2.03	0.87	0.87	3.55
Type 4	243.58	124.21	82.00	400.66	3.41	1.79	0.83	7.48
Type 5	378.83	368.01	57.89	1170.10	5.06	6.70	0.73	19.85
Total	165.22	156.41	21.31	1170.10	2.40	2.48	0.37	19.85
Control	33.47	12.33	9.16	57.58	0.56	0.24	0.23	0.23

Subjects	RAP(%) †				PPQ(%) †			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	0.95	0.57	0.20	1.82	0.91	0.56	0.22	1.82
Type 2	1.08	0.55	0.27	2.29	1.04	0.51	0.25	2.06
Type 3	1.21	0.53	0.31	2.13	1.20	0.53	0.29	2.12
Type 4	2.05	1.09	1.09	4.43	1.99	1.01	0.52	4.35
Type 5	2.92	3.72	0.45	11.06	3.02	4.13	0.42	12.19
Total	1.43	1.41	0.20	11.06	1.41	1.51	0.22	12.19
Control	0.33	0.15	0.13	0.59	0.33	0.13	0.13	0.55

Subjects	sPPQ(%) †				vFo(%) †			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	1.13	0.49	0.37	1.81	1.71	0.69	0.60	3.07
Type 2	1.24	0.50	0.39	2.15	1.88	0.64	0.78	2.75
Type 3	1.49	0.66	0.38	3.34	2.31	1.17	0.77	6.05
Type 4	2.59	1.78	0.59	6.96	4.85	4.90	0.92	16.03
Type 5	1.68	0.76	0.70	3.01	6.45	8.83	1.21	25.96
Total	1.55	1.02	0.37	6.96	2.91	3.71	0.60	25.96
Control	0.52	0.15	0.21	0.78	0.82	0.23	0.34	1.39

Subjects	ShdB(dB) †				Shim(%) †			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	0.23	0.11	0.10	0.44	2.57	1.20	1.13	5.10
Type 2	0.29	0.15	0.10	0.61	3.25	1.71	1.19	7.05
Type 3	0.36	0.26	0.13	1.17	4.04	2.83	1.49	12.94
Type 4	0.58	0.32	0.19	1.04	6.27	3.14	2.23	10.61
Type 5	0.94	1.53	0.23	4.39	10.04	16.03	2.59	46.32
Total	0.41	0.54	0.10	4.39	4.47	5.64	1.13	46.32
Control	0.13	0.05	0.06	0.26	1.54	0.58	0.75	2.98

Subjects	APQ(%) †				sAPQ(%)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	1.92	0.79	0.94	3.56	3.75	2.14	2.06	11.26
Type 2	2.35	1.04	0.85	4.31	3.82	1.27	1.30	6.74
Type 3	2.83	1.91	1.09	8.83	4.03	2.62	1.17	12.33
Type 4	4.49	2.42	1.53	8.57	6.56	4.25	2.14	15.02
Type 5	6.38	9.13	1.81	27.00	4.22	1.93	2.15	7.14
Total	3.13	3.37	0.85	27.00	4.36	2.70	1.17	15.02
Control	1.14	0.31	0.59	1.82	2.22	0.62	1.39	3.87

\* : p<0.05, † : p<0.01

Table 3. Continued

Subjects	vAm(%)				NHR*			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	10.70	5.59	4.46	23.76	0.12	0.03	0.07	0.16
Type 2	11.15	5.66	5.01	26.82	0.13	0.03	0.06	0.17
Type 3	12.44	7.55	3.47	31.79	0.12	0.04	0.05	0.17
Type 4	16.06	8.43	5.46	29.93	0.17	0.09	0.07	0.35
Type 5	16.53	15.31	4.90	48.19	0.21	0.19	0.09	0.64
Total	12.73	8.04	3.47	48.19	0.14	0.08	0.05	0.64
Control	7.13	3.10	15.01	7.13	0.11	0.03	0.06	0.16

Subjects	VTI				SPI			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	0.04	0.02	0.01	0.08	21.99	13.65	10.68	58.34
Type 2	0.05	0.02	0.02	0.09	19.30	12.07	3.23	47.12
Type 3	0.05	0.02	0.02	0.09	19.24	7.94	6.18	32.76
Type 4	0.06	0.03	0.02	0.13	18.76	7.26	10.01	34.84
Type 5	0.06	0.18	0.03	0.05	23.64	12.75	10.16	40.99
Total	0.05	0.03	0.01	0.18	20.28	10.81	3.23	58.34
Control	0.04	0.01	0.02	0.06	14.20	7.92	5.92	40.74

Subjects	Fftr (Hz)				Fatr (Hz)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	4.63	2.09	2.12	9.76	3.93	1.27	2.02	5.48
Type 2	4.06	2.17	2.04	9.76	4.62	1.61	2.45	6.78
Type 3	4.63	2.80	2.03	10.53	3.78	1.53	2.53	6.78
Type 4	6.21	2.50	2.45	10.81	5.07	2.36	2.72	9.52
Type 5	5.56	2.41	2.84	8.16	2.26	1.51	0.00	3.03
Total	4.88	2.46	2.03	10.81	4.12	1.80	0.00	9.52
Control	4.82	2.00	2.16	10.26	4.07	2.08	2.44	8.33

Subjects	FTRI (%) †				ATRI (%)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	0.32	0.21	0.04	0.71	3.40	2.61	0.89	7.52
Type 2	0.44	0.28	0.10	1.13	4.56	1.38	2.69	6.48
Type 3	0.55	0.52	0.11	2.23	4.34	2.70	0.20	7.90
Type 4	3.02	7.73	0.18	26.30	5.13	3.53	0.54	10.01
Type 5	0.77	0.41	0.41	1.36	3.30	2.60	0.98	6.11
Total	0.90	3.22	0.04	26.30	4.25	2.53	0.20	10.01
Control	0.23	0.13	0.03	0.49	2.71	1.41	1.13	5.26

Subjects	DVB (%) *				NVB *			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Type 2	0.09	0.37	0.00	1.52	0.12	0.49	0.00	2.00
Type 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Type 4	2.80	5.42	0.00	15.37	1.58	3.55	0.00	12.00
Type 5	13.34	35.30	0.00	93.40	0.71	1.89	0.00	5.00
Total	1.84	11.36	0.00	93.40	0.37	1.65	0.00	12.00
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\* : p<0.05, † : p<0.01

Table 3. Continued

Subjects	DSH(%)				NSH			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Type 1	1.84	5.64	0.00	23.23	1.82	5.58	0.00	23.00
Type 2	2.06	6.57	0.00	27.00	2.06	6.57	0.00	27.00
Type 3	0.84	2.11	0.00	8.33	0.76	1.82	0.00	7.00
Type 4	1.71	5.60	0.00	19.48	1.33	4.31	0.00	15.00
Type 5	1.79	4.72	0.00	12.50	0.14	0.38	0.00	1.00
Total	1.62	5.06	0.00	27.00	1.37	4.63	0.00	27.00
Control	0.05	0.22	0.00	1.00	0.05	0.22	0.00	1.00

Subjects	DUV(%) <sup>†</sup>				NUV <sup>†</sup>				N
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	
Type 1	0.18	0.73	0.00	3.03	0.18	0.73	0.00	3.00	17
Type 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17
Type 3	1.24	3.90	0.00	16.00	1.24	3.90	0.00	16.00	17
Type 4	11.86	16.43	0.00	47.00	11.83	16.41	0.00	47.00	12
Type 5	16.86	33.57	0.00	92.00	16.86	33.57	0.00	92.00	7
Total	4.06	13.48	0.00	92.00	4.06	13.47	0.00	92.00	70
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20

\* : p<0.05, † : p<0.01

하지 않았다.

(5) Flo(Lowest Fundamental Frequency)

전체 중에서 기본 주파수가 가장 낮을 때의 수치를 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 167.90Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 157.02Hz, 150.48Hz, 142.09Hz, 129.82Hz, 94.91Hz로서 상관 분석결과 유의하였다(p< 0.01).

(6) STD(Standard deviation of Fo)

기본 주파수의 표준 편차를 보여주는 것으로서 높을수록 음성의 비정상성이 높다. 정상인의 평균값은 1.42Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 2.90Hz, 3.04Hz, 3.47Hz, 7.36Hz, 9.76Hz로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

(7) PFR(Phonatory Fo-Range in semi-tones)

Fhi와 Flo 사이의 간격을 반음(semi-tone)의 개수로 보여주는 수치로서, 정상인의 평균값은 1.90이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 3.00, 3.24, 3.76, 7.75, 6.57로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.01).

(8) Tsam(Length of analyzed sample)

분석된 sample의 길이를 말해주는 것으로서, 정상인을 포함하여 Type 1, 2, 3, 4, 5 모두에서 평균값은 3.00sec로 나타났으며 상관 분석결과 유의하지 않았다.

(9) SEG(Number of Segments computed)

LTA 분석 시 나타나는 segments의 총수를 나타내는 것으로서, 정상인의 평균값은 99.50이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 9.41, 99.71, 99.65, 99.58, 99.86로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

(10) PER(Total pitch periods detected)

Pitch period의 총수를 나타내는 것으로서 To와 PER을 곱하면 전체 sample의 길이 시간이 나타난다. 정상인의 평균값은 515.35이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 495.88, 478.12, 454.94, 410.75, 268.43로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.05).

2) 장-단기 기본 주파수 변이 관련 측정지

(1) Jita(Absolute Jitter)

Pitch period와 period간 음도 변이의 규칙성·불규칙성을 절대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 33.47us이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 94.01us, 119.56us, 138.80us, 243.58us, 378.83us로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.01).

(2) Jitt(Jitter Percent)

Pitch period와 period간 음도 변이의 규칙성·불규칙성을 상대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.56%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.58%,

1.80%, 2.03%, 3.41%, 5.06%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(3) RAP(Relative Average Perturbation)

Pitch period 3개 길이 내에서의 음도 변이 정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.33%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.95%, 1.08%, 1.21%, 2.05%, 2.92%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(4) PPQ(Pitch Perturbation Quotient)

Pitch period 5개 길이 내에서의 음도 변이의 정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.33%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.91%, 1.04%, 1.20%, 1.99%, 3.02%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(5) sPPQ(Smoothed Pitch Perturb. Quotient)

PPQ와 유사한 개념이나, Pitch period의 수를 사용자가 직접 설정할 수 있으며 초기 설정값은 55인데 1~199까지 조절할 수 있고, 그 수를 1로 하면 sPPQ는 Jitt와 같게 되며, 3으로 하면 RAP와 같아지고, 5로 하면 PPQ와 같아진다. 정상인의 평균값은 0.52%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.13%, 1.24%, 1.49%, 2.59%, 1.68%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(6) vFo(Fundamental Frequency Variation)

기본 주파수의 상대적인 표준편차를 보여주는데, 기본 주파수의 변이에 대해 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 0.82%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.71%, 1.88%, 2.31%, 4.85%, 6.45%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

**3) 장-단기 음성 강도 변이 관련 측정지**

(1) ShdB(Shimmer in dB)

Pitch period와 period간 음성 강도 변이의 규칙성·불규칙성을 상대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.13dB이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.23 dB, 0.29dB, 0.36dB, 0.58dB, 0.94dB로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(2) Shim(Shimmer in Percent)

Pitch period와 period간 음성 강도 변이의 규칙성·불규칙성을 상대적으로 평가하는 변인으로서 ShdB와 같은 개념이나 단위를 %로 쓰는 것이 다르다. 정상인의 평균값

은 1.54%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 2.57%, 3.25%, 4.04%, 6.27%, 10.4%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(3) APQ(Amplitude perturbation quotient)

Pitch period 11개 길이 내에서의 음성 강도 변이의 정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인으로서, 정상인의 평균값은 1.14%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.92%, 2.35%, 2.83%, 4.49%, 6.38%로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.01$ ).

(4) sAPQ(Smoothed Amplitude Perturbation Quotient)

APQ와 유사한 개념이나 pitch period의 수를 사용자가 직접 정할 수 있고 초기 설정값은 55인데, 1~199까지 조절할 수 있으며 그 수를 1로 하면 sAPQ는 Shim과 같게 되며, 11로 하면 APQ와 같아진다. 정상인의 평균값은 2.22%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 3.57%, 3.82%, 4.03%, 6.56%, 4.22%로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

(5) vAm(Peak-Amplitude Variation)

인접해 있는 cycle간의 음성 강도 변이에 대한 표준편차를 상대적으로 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 7.13%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 10.70%, 11.15%, 12.44%, 16.06%, 16.53%로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

**4) 잡음 관련 측정지**

(1) NHR(Noise to Harmonic Ratio)

70~4,500Hz 사이에 존재하는 배음과 1,500~4,500 Hz 사이에 존재하는 비정상배음(inharmonics)간 비율의 평균치를 보여주는 것으로서 정상인의 평균값은 0.11이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.12, 0.13, 0.12, 0.17, 0.21로서 상관 분석결과 유의하였다( $p < 0.05$ ).

(2) VTI(Voice Turbulence Index)

70~4,000Hz 사이에 존재하는 배음과 2,800~5,800Hz 사이에 존재하는 비정상배음간 비율의 평균치를 보여주는 것으로서 정상인의 평균값은 0.04이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.06으로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

(3) SPI(Soft Phonation Index)

70~1,600Hz 사이의 저주파에 존재하는 배음에너지(har-



monic energy)와 1,600~4,500Hz 사이의 고주파수에 존재하는 배음에너지(harmonic energy)간의 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 14.20이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 21.99, 19.30, 19.24, 18.76, 23.64로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

### 5) 진전 관련 측정지

#### (1) Fftr (Fo Tremor Frequency)

주파수 변조(frequency modulating, FM)된 저주파수 요소 중, 가장 에너지가 큰 주파수를 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 4.82Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 4.63Hz, 4.06Hz, 4.63Hz, 6.21Hz, 5.56Hz로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

#### (2) Fatr (Amplitude Tremor Frequency)

진폭 변조(amplitude modulating, AM)된 저주파수요소 중, 가장 에너지가 큰 주파수를 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 4.07Hz이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 3.93Hz, 4.62Hz, 3.78Hz, 5.07Hz, 2.26Hz로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

#### (3) FTRI (Fo Tremor Intensity Index)

주파수 변조된 저주파 요소 중, 가장 에너지가 큰 주파수의 에너지가 전체 주파수 에너지 중 차지하는 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 0.23%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.32%, 0.44%, 0.55%, 3.02%, 0.77%로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.01).

#### (4) ATRI (Amplitude Tremor Intensity Index)

진폭 변조된 저주파 요소 중, 가장 에너지가 큰 주파수의 에너지가 전체 주파수 에너지 중 차지하는 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 2.71%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 3.40%, 4.56%, 4.34%, 5.13%, 3.30%로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

### 6) 음성일탈관련 측정지

#### (1) DVB (Degree of voice breaks)

전체 sample 길이 중 음성일탈이 나타나는 길이의 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 0.00%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.00%, 0.09%, 0.00%, 2.80%, 13.34%로서 상관 분석결과 유의하였다.

#### (2) NVB (Number of voice breaks)

음성일탈이 나타나는 횟수를 보여주는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.00%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값

이 각각 0.00%, 0.12%, 0.00%, 1.58%, 0.71%로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.05).

### 7) Subharmonics 관련 측정지

#### (1) DSH (Degree of Sub-Harmonics)

전체 sample 길이 중 sub-harmonics가 나타나는 길이의 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 0.05%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.84%, 2.06%, 0.84%, 1.71%, 1.79%로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

#### (2) NSH (Number of Sub-Harmonic Segments)

Sub-harmonics가 나타난 횟수를 보여주는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.05이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 1.82, 2.06, 0.76, 1.33, 0.14로서 상관 분석결과 유의하지 않았다.

### 8) 음성의 불규칙성 관련 측정지

#### (1) DUV (Degree of voiceless)

전체 sample 길이 중 기본 주파수가 측정되지 않은 non-harmonics가 나타나는 길이의 비율을 보여주는 것으로서, 정상인의 평균값은 0.00%이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.18%, 0.00%, 1.24%, 11.86%, 16.86%로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.01).

#### (2) NUV (Number of unvoiced segments)

Voicing이 되지 않은 non-harmonics가 나타난 횟수를 보여주는 변인으로서, 정상인의 평균값은 0.00이었고, Type 1, 2, 3, 4, 5에서 평균값이 각각 0.18, 0.00, 1.24, 11.83, 16.86로서 상관 분석결과 유의하였다(p<0.01).

### 2. 성대용종 환자군과 대조군의 비교

비교 결과, 총 34개 파라미터 중 22개(Flo, STD, PFR, Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vFo, ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm, NHR, VTI, SPI, ATRI, DSH, DUV, NSH, NUV)에서 유의하게 나타났다(p<0.05).

## 고 찰

성대용종은 지속적인 음성의 과다사용이나 무리한 발성법 즉, 음성을 사용하는 방법이 잘못된 과기능적 습관에서 주로 기인되는 것으로 여겨지는 후두의 만성질환으로 임상에서 흔히 접하게 된다.<sup>5)</sup> 성대용종은 애성이 주증상<sup>3)</sup> 애성은 폐로부터 나오는 호기가 성문의 개폐운동에 의한 발성에 후두의 접근과 성문의 크기, 진동의 속도, 성문의 긴장

도 등에 영향을 주는 후두질환 및 어떤 인자가 작용할 경우 나타나는 음성의 질의 변화이다.<sup>16)</sup>

음성의 음향학적 특징을 이용한 진단법 개발에 가장 중요한 것은 후두의 병적 혹은 생리적 상태를 잘 반영할 수 있는 음향학적 변수를 선택하는 것이다. Wolfe 등<sup>17)</sup>은 음성장애의 정도를 나타내는 음향변수로 기본주파수, jitter, shimmer, NHR을 선택하였고, Fex 등<sup>18)</sup>은 기능성 애성 환자를 대상으로 음성치료 후 기본 주파수, Jitter, Shimmer 등의 개선을 보고하였다. Kim 등<sup>19)</sup>은 발성장애 혹은 선 목소리의 정도의 판별에 있어 공기역학적 검사 및 음향학적 검사의 음성변수인 최대발성지속시간, 평균 호기를, jitter, shimmer, NHR 등이 도움이 되는 것으로 보고하였다.

성대진동의 주기마다의 불규칙적인 jitter는 성문과형 주기의 빠른 변화로 음성의 roughness와 관련되어지는 음향학적 특성으로 알려져 있다. 이것으로 기본주파수 변화속도를 측정할 수 있고, 고주파수쪽에서 측정하면 관측하기가 더 용이한 것으로 알려져 있다. 성대진동의 주기마다의 강도의 불규칙적인 shimmer는 연속적인 주기들 간의 평균 진폭 차이로 정의되어지며, 진폭 포락선으로부터 측정되어진다.<sup>20)</sup> 이들 중 jitter와 shimmer는 주로 성대의 안정성(vocal stability)를 살펴보는 것으로 성대간의 비대칭성, 공기흐름의 장애, 성대 내 점액질의 작용, 모세혈관의 분포 등에 의해 생기는 것으로 추정되며 병적인 상태에서 값이 증가된다.<sup>21)</sup> 음성과형에서 잡음에 대한 전체 에너지값인 신호대잡음비(signal to noise ratio)는 협대역 필터를 이용하고 주파수 축을 확대시킨 스펙트럼에서 정확히 측정할 수 있는 양으로 배음들 사이에서의 잡음은 거의 항상 불완전한 성문폐쇄와 관련되어 있고 jitter와 shimmer와도 관련이 있는 것으로 알려진다.<sup>20)</sup>

최근에는 정상음성에서 보이는 음성의 떨림에 대한 영향을 최소화하기 위해 Koike<sup>22)</sup>는 RAP, APQ, PPQ 등 새로운 음성변수들을 소개하였다. RAP와 PPQ는 absolute jitter의 상대적 값으로, 정상인에서 나타나는 pitch의 시간에 따른 "smooth change"를 배제하고 음성의 떨림(pitch perturbation)에 대하여 기본주파수의 영향을 줄이기 위해 고안된 것이고, shimmer의 상대적 값인 APQ도 마찬가지로 의미로 고안되었다.<sup>22)</sup> RAP, APQ, PPQ는 다른 대부분의 음성 변수처럼 감별진단에는 유용성이 떨어지나 믿을 수 있는 보충적 진단 음성변수와 screening parameter로 사용되어질 수 있고, 후두질환의 수술적 치료 전후의 음성변화에 대한 추적관찰에도 많은 도움을 주는 변수로 알려져 있다.<sup>23)</sup>

본 연구에서는 성대용종의 양상과 음향지수의 연관성을 비교 분석하기 위해서 MDVP의 34개 변수에 대한 연관성을

살펴보고자 하였는데, Fo, MFO, To, Flo, PFR, Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vFo, ShdB, Shim, APQ, NHR, FTRI, DVB, DUV, NVB, NUV, PER의 21개 변수에 있어서 유의함을 알 수 있었다. 기본 주파수 정보 관련 측정치의 변수 중에서 유의하게 나타난 것은 Fo, MFO, To, Flo, PFR, PER으로서, 이들 중 가장 중요한 변수인 Fo는 대개 정상 성인 남성은 100~130Hz, 여성은 190~230Hz에 분포한다.<sup>24)</sup> 본 연구에서는 성대용종의 양상이 심해질수록 Fo 수치가 낮아짐을 알 수 있었다. 장-단기 기본 주파수 변이 관련 측정치의 변수인 Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vFo는 모두 유의하게 나타났다. 이들 중 가장 중요한 변수인 Jitt의 정상역치는 1.04%로서 불완전한 성대진동에 의해 발생된 음성은 보통 1.04%보다 높게 나타나며,<sup>24)</sup> 본 연구에서도 정상역치보다 높게 나타났으며, 성대용종의 양상이 심해질수록 Jitt의 수치가 높아짐을 알 수 있었다.

장-단기 음성 강도 변이 관련 측정치의 변수 중에서 유의하게 나타난 것은 ShdB, Shim, APQ였다. Shim의 정상역치는 3.81%이며, clear voice라 분류될 수 있는 음성은 대개 2.0% 이하이다.<sup>24)</sup> 본 연구에서는 성대용종의 양상이 심해질수록 정상역치를 벗어나 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다. APQ는 대체로 기식성 음성이나 애성이 있는 경우 그 수치가 증가하며 그 수치가 증가함은 성대의 주기적 진동이 어렵다는 것을 뜻하는 것인데,<sup>24)</sup> 본 연구에서는 성대용종의 양상이 심해질수록 정상역치를 벗어나 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다.

잡음 관련 측정치의 변수 중에서 유의하게 나타난 것은 NHR로서, 수치는 분석 대상이 된 음성의 전반적인 잡음 특성에 관해 설명해 주는 것으로 0.16을 초과하기 시작하면 비정상적인 잡음이 들리기 시작한다고 하며,<sup>24)</sup> 본 연구에서는 성대용종의 양상이 심해질수록 정상역치를 벗어나 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다. 진진 관련 측정치의 변수 중에서 유의하게 나타난 것은 FTRI로서, 본 연구에서는 성대용종의 양상이 심해질수록 정상역치를 벗어나 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다.

음성일탈 관련 측정치의 변수에서는 DVB, NVB 둘 다 유의한 결과를 나타냈으며, DVB의 정상역치는 0이며, 조금이라도 일탈이 나타나면 비정상 소견이 있음을 의미하는 것이며, NVB는 음성일탈이 나타난 횟수를 보여주는 변이므로, 이 역시 정상역치가 0이며,<sup>24)</sup> 본 연구에서는 DVB, NVB 모두 성대용종의 양상이 심해질수록 정상역치를 벗어나 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다. Sub-Harmonics 관련 측정치의 변수에서는 유의한 결과를 나타내는 변수가 없었다. 음성의 불규칙성 관련 측정치의 변수에서는 DUV, NUV 둘

다 유의한 결과를 나타냈으며, 본 연구에서 두 변수 모두 성대용종의 양상이 심해질수록 수치가 상승하는 것을 알 수 있었다.

## 결론

성대용종의 양상과 음향지수가 나타내는 상관관계를 비교 분석한 결과 성대용종의 양상과 음향지수의 상관관계를 객관적으로 평가한 자료는 음성이상에 대한 상태 판정이나 음성치료 후 효과 판정에 기본자료로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

**중심 단어** : 성대용종 · 음향지수 · 상관관계.

## REFERENCES

- 1) Hirano M, Tanaka S, Yoshida T. *Sulcus vocalis*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990;99:679-83.
- 2) 안상철. 발성의 음향학, 대한음성언어의학회지 1995;6:88-102.
- 3) 노관택 편. 이비인후과학(두경부외과), 일조각;1998. p.214.
- 4) Daniel R. Boone저, 정옥란 역. 음성과 음성치료, 원미사;1996. p.72-3.
- 5) Park HS, Park MH, Nam SY. *The effect of voice therapy on vocal cord nodule patients*. *Korean J Otolaryngol* 1999;42:1304-10.
- 6) 정옥란. 음성총괄평가. 음성검사법, 대한음성언어의학회지, 서울진수출판사;1994. p.19-27.
- 7) Yanagihara N. *Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness*. *J Speech Hear Res* 1967;10:531-41.
- 8) Yumoto E, Gould WJ, Baer T. *Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness*. *J Acoust Soc Am* 1982;71:1544-50.
- 9) Hiraoka N, Kitazoe Y, Ueta H, Tanaka S, Tanabe M. *Harmonic-intensity analysis of normal and hoarse voices*. *J Acoust Soc Am* 1984;76:1684-51.
- 10) 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.
- 11) Iwata S, Leden H. *Phonation quotient in patient with laryngeal diseases*. *Folia Phoniatica* 1970;22:117-28.
- 12) Iwata S. *Periodicities of pitch perturbations in normal and pathologic larynges*. *Laryngoscope* 1972;82:87-96.
- 13) Horii Y. *Vocal shimmer in sustained phonation*. *J Speech Hear Res* 1980;23:202-9.
- 14) Klingholz F, Martin F. *Distribution of the amplitude in the pathologic voice signal*. *Folia Phoniatica* 1989;41:23-9.
- 15) Pinto NB, Titze IR. *Unification of perturbation measures in speech signal*. *J Acoust Soc Am* 1990;87:1278-88.
- 16) Lee YS, Lee WR, Park ID, Kim YT, Park KH. *Clinico-pathological analysis of the laryngeal polyp and vocal nodule*. *Korean J Otolaryngol* 1986;29:647-53.
- 17) Wolfe V, Fitch J, Cornell R. *Acoustic prediction of severity in commonly occurring voicing problems*. *J Speech Hear Res* 1995;38:273-9.
- 18) Fex B, Shiromoto O, Hirano M. *Acoustic analysis of functional dysphonia: Before and After voice therapy*. *J Voice* 1994;8:163-7.
- 19) Kim MS, Pyo HY, Choi HS, Kim YH, Kim KM. *Clinical analysis of persistent and recurrent postoperative dysphonia*. *J Korean Logo Phon* 1997;8:225-31.
- 20) 홍수기. 음성의 음향적 검사(Sound Spectrographic Analysis). 음성검사법, 서울진수출판사;1994. p.46-55.
- 21) Hiran. *Clinical examination of voice*. Vienna New York, Springer;1981. p.56-64.
- 22) Koike Y. *Adaptation of some acoustic measures for the evaluation of laryngeal dysfunction*. *Studia Phonologica* 1973;7:17-23.
- 23) 안철민 · 이종혁 · 강현국. 애성환자에서 음향지표인 RAP, PPQ, 및 APQ의 유용성. 대한음성언어의학회지 1995;6:22-6.
- 24) 표화영 · 최홍식. MDVP의 실제와 활용: 고도홍 · 정옥란 외, 음성 및 언어 분석기기 활용법, 1st ed. 서울 한국문화사;2001. p.173-7.
- 25) 양윤수. 음향학적 변수에 기초한 음성장애 중등도 지표 미간행, 박사학위청구논문, 전북대학교 대학원;2002.
- 26) 이학식 · 김 영. SPSS 10.0 매뉴얼-통계 분석 방법 및 해설, 서울:법문사;2001.