

소음환경이 정상 및 병적음성에 미치는 영향

The Effect of Noise on the Normal and Pathological Voice

홍기환* · 양윤수* · 김현기**

Ki Hwan Hong · Yoon Soo Yang · Hyun Gi Kim

ABSTRACT

The purpose of this article is to present the acoustic parameters (VOT, jitter, shimmer, vF0, vAm, NHR, SPI, VTI, DVB, DSH) for consonants (/pipi/, /p^hip^hi/, /p^hip^hi/) and sustained vowels (/a/, /e/, /i/) produced by normal subjects and dysphonia patients at two vocal effort(normal, high) by Lombard effect using 60dB white noise. Lombard effect indicates the vocal effort increase in noisy situation.

At normal vocal effort, in general the acoustic parameter values of patients are greater than normal. And in noisy situation, significant decrease of acoustic values is seen in normal compared with in dysphonia patients.

The clinical implication of this finding, the vocal quality in dysphonia is not compensated by vocal effort as well as normal subjects because of the inefficiency caused by abnormal vocal fold appearance and function. And with this result, we can counsel that the voice quality can not be improved as well as the patient expect.

Keywords: Dysphonia, Noise, Acoustic Parameters

1. 서론

현대인들은 여러 환경 소음에 노출되어 있으며, 심적 또는 육체적으로 영향을 받는다. 이러한 소음 환경에서 발화할 때, 우리는 자신이 의도하는 바를 타자에게 전달하기 위해 조용한 환경에서보다 더 많은 발화 노력을 한다. 이렇게, 소음 환경에서 음성이 차폐되는 점을 감안하여, 발화의 변화를 가져오는 현상을 롬바아드 효과라 한다. 롬바아드 효과는 1911년 청력에 문제를 가지는 발화자의 경우, 정상인보다 더 큰 목소리로 말한다는 점을 지적한 프랑스 이비인후과의 Etienne Lombard의 이름을 딴 것으로, 이런 특성을 가지는 말소리를 롬바아드 음성(Lombard speech)이라고 한다. 이 롬바아드 효과에 대한 연구들이, 음향음성학적 관점, 생리적 관점, 심리·인지적 관점, 청각·지각적 관점 및 공학적 관점 등 다양한 분야에서 이루어지고 있다.

* 전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

** 전북대학교 음성과학연구소

선행 연구들의 실험 방법과 조건에 따라 차이점은 있으나, 그 중 롬바아드 효과에 대한 음향 음성학적 결과를 보면, 소음의 크기와 발화 크기는 정비례 관계를 가지고 있으며, 발화 속도의 감소와 음성 세기의 증가가 보이고 발화 노력으로 인한 성대의 긴장 등에 의해 소리의 높이(pitch) 증가 및 배음(harmonic) 구조의 변화로 인한 음성 특성상의 변화가 있다고 하였다.[7][9] 이외에도 발화 노력의 증가는 성문의 폐쇄와 개방의 비율 변화, 성문 하압의 증가 및 jitter, shimmer, NNE (Normalized Noise energy)의 감소가 나타난다는 보고도 있다.[3][5][6]

그러나 발화 노력에 대한 연구가 대부분 정상인을 대상으로 이루어졌는데, 발화 노력은 위에서 제시한 것처럼 성대의 운동성과도 일부 연관되기 때문에 성대 질환이 있는 음성 장애 인과는 다소 차이가 있으리라 추측된다.

특히, 음성 환자는 힘 들여 말하거나 자신의 음질 감소에 대한 보상을 위해 발화 노력을 크게 하는 경우가 많으므로, 자연스러운 발화 특성을 규명하기 위해서는 소음을 제시하여 롬바아드 효과를 유도하는 것이 효과적이라고 본다.

본 연구에서는 음성 질환자의 소음 환경에 대한 음향음성학적 특성을 한국어 폐쇄자음과 모음에 대해 분석하여 음성 질환의 노력에 의한 조음과 음질의 변화를 규명하기 위해 시행하였으며, 문헌과 함께 보고하는 바이다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구 대상은 이비인후과적 병력이 없는 정상인 남자 13 명과 성대 폴립을 주소로 수술 예정인 남자 13 명을 대상으로 하였다. 대조군의 연령은 24 세부터 35 세로 평균 28 세였으며, 실험군은 28 세에서 60 세로 평균 45 세였다.

2.2 녹음 방법

방음 부스 안의 피실험인에게 소음이 없는 상황과 교정된(calibrated) 헤드폰을 통해 오른 쪽 귀에 60 dB의 백색잡음을 제시한 상황에서 음성언어 표본을 발화하게 하였다. 소음 제시 레벨 60 dB는 일상 생활의 노출 가능성이 비교적 높으며, 발화에 영향을 끼치는 수준으로 정한 것이다. 녹음시 다이내믹 마이크로폰(MD 425, Sennheiser社)과 아날로그 테이프를 이용하였고, 피실험인에게 마이크와의 거리는 10 cm를 유지하도록 하였다. 녹음된 자료는 CSL (Computerized Speech Lab, model 4305, KAY社)을 이용하여 디지털화하였다.

2.3 음성 언어 표본 및 분석 항목과 방법

음향분석을 위한 표본 및 분석 항목은 다음과 같다.

1) 자음(양순폐쇄음) : /뽀/ 10회 반복

(이것은) /비비/, (이것은) /피피/, (이것은) /뽀뽀/(다) 2 회 반복

디지털화된 음성데이터를 Digital Speech Rainbow(ver. 2.0, 시노텍 社)에서 각 폐쇄음의 음성발현시간(VOT, Voice Onset Time)을 측정하였다.

/웹/은 초성의 거센소리만을 측정하였으며, 10 회 발화한 결과 중 첫 번째와 마지막 10 번째는 각 발화 순서상의 영향을 최소화하기 위하여 측정에서 제외하였다. 또한 /비비, 피피, 뽀뽀/는 자연스러운 발화를 유도하기 위해 문맥 상황을 제시하였고 초성의 VOT만을 측정하였다.

2) 지속 모음 : /아/, /에/, /이/ 가장 길게 2회 발성

MDVP (Multi-Dimensional Voice Program, model 4305, KAY社)상에서, 최대로 길게 발성한 저모음 /a/, 중모음 /e/, 고모음 /i/의 안정구간에 해당하는 2초 영역을 분석하였다.

먼저 각 모음의 최대발성 시간과 기본주파수를 측정하였고, MDVP의 음성분석항목을 크게 주파수, 진폭, 주파수 영역별 잡음, 떨림, 음성일탈 및 subharmonic 등으로 구분하여 분석하였다. 본 연구의 분석 항목에 대한 문턱값은 MDVP의 것을 참고하였는데, /a/ 발성에 대한 다양한 음성 질환(laryngeal cancer, benign neoplasms, chronic laryngitis, functional dysphonia, paralysis of a recurrent nerve)을 대상으로 하였다. 따라서 음성 분석치는 분석 구간 선정, 연구 대상 등 여러 요인의 영향을 받으므로, 정상인과 음성장애인에 대한 절대적 기준치로 보기보다는 참고적인 수준으로 보는 것이 바람직하겠다.

3. 결 과

3.1 자음의 VOT

3.1.1 반복된 /p^h/

표 1에서 소음 제시 상황에서 정상인과 음성 질환자의 VOT의 평균 값이 감소하는 경향을 보이며, 음성 환자의 VOT 값이 정상인에 비해 더 크게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않다.

또한, 반복된 자음의 표준편차는, 정상인의 경우 소음 상황에서 감소하고 환자는 증가하였지만 통계적인 유의성을 찾을 수 없었다.

표 1. Values of VOT and of std. dev (repeated /p^hep^o/) (ms)

	N	P
noise (-)	31.31(4.79)	32.64(5.13)
noise (+)	28.24(4.48)	30.8(5.27)

() 안의 수치는 각 발화자가 /웹/을 10번 실시했을 때, 그 VOT의 편차에 대한 평균값
N: normal, P: patient

3.1.2 초성 자음 /p/, /p^h/, /p'/

표 2에서 전반적으로 음성 질환자의 VOT 값이 정상인보다 크게 나타났으며, 특히 소음

상황에서 /p/와 소음이 없는 상황의 /p^h/는 정상인과 음성환자에 대해 통계적으로 비교적 유의미하고, /p'/는 소음 제시 여부에 관계없이 항상 음성 환자의 VOT가 정상인보다 크고 그 차이도 유의미하다.

소음 제시 여부에 따라 정상인은 /p/, /p^h/에서, 환자는 /p'/에서 통계적 유의성을 보이는데, 정상인은 /p/가 49.75 ms에서 42.75 ms로, /p^h/는 60.67 ms에서 53.83 ms로 감소하였으며, 음성환자는 /p'/가 15.05 ms에서 11.25 ms로 감소하였다.

표 2. Value of VOT (/p/, /p^h/, /p'/) (ms)

	/p/			/p ^h /			/p'/		
	N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
noise (-)	49.75	62.2	NS	60.67	73	*	9.63	15.05	**
noise (+)	42.75	56.83	*	53.83	60.33	NS	8.09	11.25	*
P-value	*	NS		*	NS		NS	*	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

3.2 모음의 음향적 특성

3.2.1 주파수 특성

표 3의 기본주파수(F0) 평균값을 보면, 소음 제시 상황에서 정상인과 환자 모두 F0가 증가하였고, 특히 환자의 경우 /a/, /i/에서 매우 유의한 증가가 보인다.

표 3. Value of F₀ (/a/, /e/, /i/) (Hz)

	/a/			/e/			/i/		
	N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
noise (-)	132.02	130.09	NS	136.22	139.27	NS	138.62	134.61	NS
noise (+)	141.35	149.42	NS	144.88	155.69	NS	148.61	161.79	NS
P-value	NS	***		*	**		NS	***	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

표 4의 주파수 영역에 대한 jitter와 vF0를 보면, /a/의 vF0를 제외한 모든 경우에 음성 환자의 수치가 더 높았으며, 정상인은 소음 상황에서 jitter와 vF0가 모두 감소하는 경향을 보였고 특히 /i/에서는 소음 제시 여부에 따른 차이가 통계적으로도 비교적 유의하다. 반면에 음성 환자의 경우는 정상인과 달리 소음 상황에서 jitter, vF0의 값이 증가하거나 비슷한 수치를 보인다.

표 4. Values of frequency perturbation measurements

		/a/			/e/			/i/		
		N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
Jitt (1.04, %)	noise(-)	0.82	1.54	***	0.92	2.32	NS	1.14	2.08	***
	noise(+)	0.75	1.73	NS	0.73	2.36	NS	0.76	2.08	NS
	P-value	NS	NS		*	NS		*	NS	
vF0 (1.10, %)	noise(-)	2.26	2	*	1.02	3.53	**	1.24	2.04	***
	noise(+)	0.93	7.25	**	0.91	2.21	NS	0.89	2.03	NS
	P-value	NS	*		NS	NS		*	NS	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

Jitt (Jitter percent): Relative evaluation of the period-to-period(very short-term) variability of the pitch within the analyzed voice sample.

vF0 (Fundamental frequency variation): Relative standard deviation of the period-to-period calculated fundamental frequency.

3.2.2 진폭의 특성

표 5를 보면, 음성 환자의 /a/, /i/의 shimmer와 vAm 값이 MDVP의 문턱값(jitter, 1.04% ; vF0, 1.10%)을 모두 초과하고 있으며, 정상인의 경우 소음이 제시되지 않은 /a/의 shimmer에서도 초과하였다. 정상인보다 음성 환자의 shimmer와 vAm 값이 높으며, 특히 /i/의 경우는 그 유의성이 항상 크게 나타났다.

정상인의 shimmer와 vAm 값은 소음이 제시된 상황에서 모두 감소하는 경향이 두드러지며, /i/의 vAm을 제외한 모든 경우에서 통계적으로 유의하다. 반면, 음성 환자의 경우는 통계적으로 유의하지는 않지만 증가하는 경향을 보인다.

표 5. Values of amplitude perturbation measurements

		/a/			/e/			/i/		
		N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
Shim (3.81, %)	noise(-)	4.2	5.65	**	3.08	5.46	NS	3.3	4.62	***
	noise(+)	2.24	5.73	NS	2.66	5.72	NS	2.74	4.73	***
	P-value	***	NS		*	NS		***	NS	
vAm (8.2, %)	noise(-)	7.79	11.22	***	6.25	10	NS	6	8.83	***
	noise(+)	5.37	10.89	***	5.54	10.35	***	5.37	8.88	***
	P-value	***	NS		**	NS		NS	NS	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

Shim (Shimmer percent): Relative evaluation of the period-to-period (very short-term) variability of the peak-to-peak amplitude within the analyzed voice sample. Voice break areas are excluded.

vAm (Peak-to-peak amplitude variation): Relative standard deviation of the period-to-period calculated peak-to-peak amplitude. It reflects the very long-term amplitude variations within the analyzed voice sample.

3.2.3 주파수 영역의 에너지(잡음) 특성

표 6에서 NHR을 보면, 소음 제시 여부에 관계없이 정상인과 환자 모두 문턱값(0.19) 이하이며, 소음을 제시했을 때 정상인은 /a/의 NHR이 감소하였고 유의성도 매우 높다. 반면, 환자는 /a/, /e/, /i/에서 증가하고 있으며, /a/에서는 비교적 통계적으로도 유의미하다.

VTI는 음성 환자는 물론 정상인의 /e/, /i/에서도 MDVP의 문턱값(0.061)을 초과하고 있다. 소음 제시 상황에서 정상인은 /a/에서 감소하였고 통계적으로도 유의미하나, /e/, /i/에서는 변화가 없다. 환자의 경우, /e/에서 증가하였으나 통계적 유의미성은 없다.

SPI는 음성 환자의 /a/에서 문턱값(14.12)을 초과하고 있다. 전반적으로 정상인과 환자의 SPI가 통계적으로 유의미하며, 소음 제시 상황에서 정상인과 환자 모두 감소하는 경향이 크다.

표 6. Values of noise related measurements

		/a/			/e/			/i/		
		N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
NHR (0.19)	noise(-)	0.15	0.15	NS	0.14	0.15	NS	0.14	0.14	NS
	noise(+)	0.13	0.18	**	0.14	0.16	**	0.14	0.15	NS
	P-value	***	*		NS	NS		NS	NS	
VTI (0.061)	noise(-)	0.06	0.07	*	0.07	0.09	**	0.07	0.09	NS
	noise(+)	0.05	0.07	**	0.07	0.11	**	0.07	0.09	NS
	P-value	**	NS		NS	NS		NS	NS	
SPI (14.12)	noise(-)	9.59	14.4	**	4.19	7.17	***	5.9	9.95	***
	noise(+)	6.09	13.68	***	3.44	6.13	***	5.33	8.14	**
	P-value	***	NS		*	*		NS	*	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

NHR (Noise to harmonic ratio): Average ratio of the inharmonic spectral energy in the frequency range 1500-4500 Hz to the harmonic spectral energy in the frequency range 70-4500 Hz.

VTI (Voice turbulence index): Average ratio of the spectral inharmonic high-frequency energy in the range 2800-5800 Hz to the spectral harmonic energy in the are 70-4500 Hz in areas of the signal where the influence of the frequency and amplitude variations, voice breaks, and sub-harmonic components are minimal.

SPI (Soft phonation index): Average ratio of the lower-frequency harmonic energy in the range 70-1600 Hz to the higher-frequency harmonic energy in the range 1600-4500 Hz.

3.2.4 tremor의 특성

표 7에서 보면, FTRI는 정상인과 환자의 경우 모두 MDVP의 문턱값 이하이며, 정상인의 FTRI가 음성환자보다 작고, /a/, /i/에서는 두 그룹간의 차이가 통계적으로 유의미하였다. 그리고 소음 제시 상황에서 정상인과 환자 모두 감소하는 경향을 보이고 있으며, 특히 음성 환자의 경우 /e/, /i/에서 소음 제시 여부에 따른 통계적 유의성을 보인다.

표 7에서, ATRI는 정상인의 경우 문턱값(4.37%) 이하인 반면, 환자는 문턱값을 초과하는

경향이 있으며, 정상인의 ATRI가 음성 환자보다 항상 적고, 정상인과 환자에 따른 통계적 유의성을 보이기도 한다. 소음 상황에서 발화한 경우, ATRI가 감소하는 경향이 있고 통계적으로 유의미한 경우도 나타나고 있으나 환자의 /a/는 증가하고 있다.

표 7. Values of tremor related measurements

		/a/			/e/			/i/		
		N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
FTRI (0.95, %)	noise(-)	0.39	0.71	*	0.35	0.76	NS	0.36	0.61	***
	noise(+)	0.33	0.63	**	0.31	0.57	NS	0.35	0.48	NS
	P-value	NS	NS		NS	**		NS	*	
ATRI (4.37, %)	noise(-)	3.68	4.20	NS	3.15	5.1	***	2.59	4.64	*
	noise(+)	2.04	5.29	***	2.39	3.71	**	2.43	3.3	NS
	P-value	**	NS		**	**		NS	*	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

FTRI (F0-tremor intensity index): Average ratio of the frequency magnitude of the most intensive low-frequency modulating component (F0-tremor) to the total frequency magnitude of the analyzed voice signal.

ATRI Amplitude tremor intensity index): Average ratio of the amplitude of the most intense low-frequency amplitude modulating component (amplitude tremor) to the total amplitude of the analyzed voice signal.

3.2.5 음성 일탈과 subharmonic의 특성

표 8에서 정상인의 경우 DVB와 DSH에서 음향학적 출현의 수치가 보이거나 소음이 제시되는 상황에서는 소멸하는 경향이 보이고 있다. 그러나, 음성환자의 경우에는 소음 제시 상황에서 증가하는 경향이 보이는데, 특히 DSH 분석 결과에서 두드러진다.

따라서, DSH에서는 소음 상황에서 정상인과 음성 환자의 경우 /a/, /e/에서 통계적 유의성을 보인다.

표 8. Values of voice break and subharmonic measurements

		/a/			/e/			/i/		
		N	P	P-value	N	P	P-value	N	P	P-value
DVB (0, %)	noise(-)	0.28	0	NS	0	0	NS	0	0	NS
	noise(+)	0	0.83	NS	0	0	NS	0	0	NS
	P-value	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
DSH (0, %)	noise(-)	0.78	0.94	NS	0.25	3.06	NS	0.25	1.07	NS
	noise(+)	0	3.74	**	0	4.16	*	0.12	3.11	NS
	P-value	NS	**		NS	NS		NS	NS	

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.001, NS: not significant

DVB (Degree of voice breaks): Ratio of the total length of areas representing voice breaks to the time of the complete voice sample.

DSH (Degree of sub-harmonics): Estimated relative evaluation of sub-harmonic to F0 components in the voice sample.

4. 고 찰

소음 상황에서는 롬바아드 효과에 의해 발화 노력이 증가하게 되는데, 이 노력은 발화에 관련된 모든 체계 즉, 호흡기와 후두는 물론 성문 상부의 조음기관에도 영향을 끼치게 된다.

말을 하는 동안의 기본적인 경향은 성문하압이라는 성문 밑쪽에 비교적 변동이 없는 압력 높이를 호흡기 계통의 근육이 유지하는 것이다. 호흡기 계통에서 롬바아드 음성의 공기역학적 요구가 증가하면서 성문과 성도의 공기 흐름 변동에 영향을 끼치게 되는데, 관련된 조음의 종류와 개별 화자의 습관에 따라서도 그 변동 정도가 달라진다.

이 발화 노력 증가에 따라 성대 운동성도 영향을 받게 되는데, 근탄성 공기역학 이론에서도 볼 수 있듯이 기류의 속도와 세기의 증가 외에도 성대의 긴장도도 증가하게 된다. 성대의 내외전 운동을 보면, 정상적인 언어에서는 성문개방비율이 0.5 정도이며, 소리가 커지면 성문하압의 증가와 Bernoulli 효과의 힘이 성대를 더욱 크게 열어주면 더 힘있게 당겨주기 때문에 성대가 더 긴 시간동안 닫혀있게 되고, 성문개방비율이 0.5 이하로 내려간다.[3]

그러나 성대에 질환이 있는 경우는 정상인과 다른 특징을 가지게 된다. 특히, 성대 질환자 중 음성 남용 및 오용과 발화 환경으로 인해 성대 긴장도의 증가, 후두의 상승, 성문상부의 조임, 부적절한 음높이, 강한 glottal attack 등의 발화 습관을 가지는 경우가 많고, 성대질환에 의해 비정상적인 성대 접촉, 성대상부 활동성, 성대의 내전과 외전 양상, 성대 진동의 횡수, 수직 높이, 성대 가장자리의 불규칙성, 점막 진폭, 점막 파동, 비진동 부위의 존재, 대칭성, 개폐기 등 음성 메카니즘의 효율성이 감소하는 vocal polyp 환자의 특성은 다르게 된다.

이렇듯 정상인과 음성 환자의 생리적·발화 특성이 다르므로, 발화 노력이 증가한 상태에서도 차이가 존재할 것이라는 명제 하에 실시한 자음과 모음의 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다.

4.1 자음

삼중대립체계를 가지는 한국어 폐쇄자음은 조음적 힘과 성대 운동의 특성에 따라 여린소리, 센소리, 거센소리로 나누어진다.

Kagaya에 따르면, 생리학적 측면에서 초성 폐쇄음의 거센 소리는 발화 처음부터 성문 넓이가 증가하고, 성문 넓이가 최대 지점에 도달했을 때 즉각적으로 성문이 좁아지고 조음 파열이 발생한다. 조음파열 이후에 다음 유성음을 위해 빠른 내전이 발생한다. 여린 소리는 성문이 점차적으로 닫히고, 조음 파열 이후에 거센 소리와 비슷한 방식으로, 다음 유성 부분을 위해 빠른 내전이 발생한다. 센소리는 조음 파열전 80-100 ms 지점에서 vocal process의 완전한 접촉이 발생하고 성대의 경직과 모음 시작 지점에서 갑작스러운 이완상태가 발생하고, 조음 파열은 모음 시작과 같은 frame에서 발생한다고 한다.[8]

자음의 특성을 음향학적으로 설명할 수 있는 VOT는 후두의 외전근과 내전근의 상호간의 활동 및 성대 질량과 stiffness에 대한 간접적 측정 방법으로서 성문상부 조음기관과 성대 사이의 협응에 간접적인 평가가 가능하다.

본 연구에서는 정상인보다 환자의 VOT가 더 크고 정상인과 환자 모두 소음 상황에서 VOT가 감소하는 것으로 나타났다. 이런 결과는 선행 연구[9]와도 일치하여, 환자의 성대 운

동성이 정상인에 보다 감소하고, 발화 노력에 의해 성대 긴장성과 운동성이 증가하는 것을 추측할 수 있으나, 모든 경우에 대한 통계적 유의성이 존재하지는 않았다.

세부적으로 /p, p^h, p'/의 통계적 유의성을 보면, 실험군과 대조군의 차이보다는 삼중대립 체계의 조음 형태에 따라 다르게 나타난다. 즉, 발화 노력의 영향이 /p, p^h/는 정상인에게서, /p'/는 환자에게서 두드러지는데, 이 점은 파열시 성문의 열림 정도와 성대 운동 개시의 효율성에 따른 것으로 추측된다.

정상인의 경우는 발화 노력이 증가하는 소음 상황에서도 /p'/의 VOT 감소가 작으며, 양순 파열시 성문이 /p'/에 비해 열려있는 /p, p^h/에서 감소가 유의미하였고, 성대의 mass로 인해 완전한 성문 폐쇄율이 어려운 polyp 환자의 경우, /p'/에서 정상인과 통계적인 차이점을 보이며, 소음 상황에서는 그 VOT 감소가 유의미한 것으로 보아 /p, p^h/보다 발화 노력에 의해 성대 내전의 보상성이 더욱 증가하는 것으로 보여진다.

또한 반복된 자음의 VOT 표준 편차를 평균내 보았을 때, 정상에 비해 환자의 각 편차값이 크게 나타났으나 통계적 유의성은 찾을 수 없었다.

4.2 모음

성대 질환은 성대 진동 양상에 영향을 끼쳐 음색과 음도 등에 부적절한 청각적 인상에 주게 되고, 선행 연구들에 따르면, 성대 진동 부분의 mass로 인해 내전시 완전한 접촉이 일어나기 어렵고 발성 시 성대 진동수, 내·외전 운동 등에 큰 영향을 받게 된다.

현재는 다양한 음성 분석 기지재들을 이용하여 간접적인 측정이 가능하며, 여러 측정항목들이 제시되고 있다. 특히 음성분석에 많이 사용되는 MDVP는 주파수와 에너지, 잡음의 특성 등 여러 분석이 가능하다. 모음 발성 데이터를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었는데, 본 연구에서는 모음 발성의 안정구간을 분석하였기 때문에 각 환자의 병리적 음성이 나타나는 부분이 제외되는 경우가 많았으므로 분석 구간을 발화 전체로 잡는다면 본 연구결과와는 차이가 있을 것으로 생각된다.

기본 주파수 분석에서는 발화 노력을 크게 했을 때, 정상인과 환자 모두 F0가 증가하였으며 특히, 환자의 기본 주파수는 그 차이가 통계적으로도 /a/, /e/, /i/에서 유의미하였다.

주파수와 진폭의 안정성에 대한 jitter, vF0, shimmer, vAm에서 보면, 정상인의 경우 일부 모음 특히 /a/에서 문턱값보다 크거나 환자의 값보다 큰 경우가 있으나, 대부분 환자의 분석값은 문턱값을 초과하며, 정상인의 것보다 크게 나타났다.

소음을 제시한 상황, 즉 발화 노력이 증가한 상태를 살펴보면, 정상인은 주파수와 진폭에 대한 항목에서 대부분 감소하는 경향이 두드러지고 있으며, 이 점은 선행연구와도 일치한다.[5] 그러나 환자는 증가하는 경향이 보였다.

이 결과에서는 정상인과 음성 환자의 발화 노력이 증가하면서 성문하압과 후두 근육의 긴장이 증가하고 성대의 진동주기도 감소하는 것을 알 수 있다.

성대 운동의 시간적 및 운동상의 안정성에서는, 음성환자의 성대 운동이 정상인보다 불안정하다는 것을 알 수 있다. 정상인은 후두근의 적절한 긴장과 성문하압의 조절을 통해 안정적인 성대 운동이 증대되었으나, 환자는 성대의 mass로 인한 내전시 성대 접촉율의 불안정함과 불완전함이 후두근의 긴장을 통해 보상되지 못하고 오히려 증가되고 있음을 추측할 수

있다. 또한, 환자의 성대 진동수의 증가율이 정상인보다 큰 점에서도 보상성 감소에 일부 기여하리라 여겨진다.

주파수 상의 소음 특성을 보면, NHR, VTI, SPI의 결과 모두 각 모음에 있어서 정상인보다 음성환자의 값이 더 크게 나타났고, VTI에서는 정상인이 문턱값을 초과하는 경우가 있었으나, 음성 환자의 VTI는 모든 모음에서 문턱값을 초과하였다. 이 결과로부터, 정상인에 비해 음성환자의 성대 내전 운동의 완전성이 떨어지고, 성대의 연속적인 내전과 외전의 적절한 운동이 감소하였음을 알 수 있는데, 정상인의 VTI가 높았던 점에 대해서는 음성 환자와 동일한 원인으로 보기에는 어렵다.

발화 노력을 크게 한 경우, NHR과 VTI에서 통계적인 유의성은 적었지만, 정상인은 평균 값이 소음이 없는 상황의 음성 신호 분석결과와 같거나 감소하는 결과를 보였고, 환자는 같거나 증가하였다. 즉, 정상인의 발성은 발화 노력이 증가함에 따라 안정성이 증가되기도 하지만, 이미 효율적인 성대 운동이 이루어지는 상황에서 천정 효과(ceiling effect)를 나타내고 있다고 본다. 환자는 음성 신호의 전반적인 잡음비와 불안정성이 그대로 유지되거나 오히려 증가하는 것으로 보아, 실험에서 제시한 소음레벨에서는 발화 노력이 충분히 증가하지 않아 음질 감소에 대한 보상성이 작은 상태이거나, 또는 수술 예정인 환자인 만큼 polyp의 크기나 굳은 정도가 크기 때문에 성문 접촉율의 불완전하여 계속 기류가 새어 나가거나 polyp의 진동 등으로 인해 불규칙한 성대 내외전이 일어나고 있어 음질 향상이 어려움을 추측해 볼 수 있지만 후두 내시경 등을 이용하여 직접적인 관찰이 필요하다.

SPI는 NHR과 VTI에 비해 통계적 유의성이 비교적 존재하였고, 정상인과 환자 모두 감소하는 경향을 보였는데, 발화 노력에 의하여 고주파수대의 배음 에너지 증가 및 성문 폐쇄기의 증가를 추측할 수 있다.

떨림(tremor)에 대한 분석에서도 정상보다 환자의 FTRI, ATRI가 모두 컸으며, 환자의 ATRI는 문턱값보다 크게 나왔다. 발화 노력을 크게 한 경우에는 환자의 ATRI /a/에서만 증가하였고 그 외에는 정상인과 음성환자 모두 감소하는 경향을 보였는데, 특히 환자의 /e/, /i/에서는 통계적으로도 유의미하였다.

DVB와 DSH에서는 정상인의 경우에도 보이기도 하였으나 발화노력을 크게 한 경우에는 사라졌고, 환자는 반대로 발화 노력을 크게 한 경우에 증가하는 경우가 있었다. 즉, 정상 발화에서는 과내전없는 편안한 발성 때문에 성대 운동의 불규칙성이 보이기도 하지만 림바아드 발화에서는 발화 노력에 의해 보상이 이루어지고 있으나, 음성환자는 비효율적인 발화 특성을 유발되고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

소음 환경에서 발화 노력이 증가하는 Lombard 효과에 대해 정상인과 음성 환자를 대상으로 비교하였다.

자음에서는 정상인보다 음성 환자의 VOT가 크고, 60 dB 백색잡음 제시 상황에서는 정상인과 음성 환자의 VOT 감소가 나타나 발화 노력에 의해 성대근의 긴장도가 강해짐을 볼 수

있으며 특히, 정상인보다 환자의 경우 조음 파열시 성문이 닫혀있는 특징을 가지는 센소리 /p/에서 그 감소가 두드러졌다.

모음에서는 정상인의 경우, 발화 노력이 증가함에 따라 jitter, shimmer, vF0, vAm가 감소하여 성대 진동에 있어 시간 및 진폭의 안정성이 더욱 증가하고 있음을 추측할 수 있었으며, 잡음의 특성을 보여주는 NHR, VTI, SPI에서도 감소하는 경향이 보이고 있으나 통계적 의미를 찾기는 어려웠다.

음성 환자에서는 소음이 없는 상황에서 앞의 음성 분석치가 정상인보다 대부분 높게 나타났고, 소음을 제시하여 발화 노력이 증가하는 경우는 통계적인 유의성으로 설명하기는 어렵지만 분석치가 증가하거나 같은 경우가 많았다.

본 연구에 따르면, 정상인과 음성 환자에 대해 소음 제시 여부에 따른 발화특성을 음향학적 결과만을 가지고 설명하기에는 미흡한 점이 있지만, 발화 노력이 증가하면서 정상인의 성대는 내·외전 운동의 효율성 증대를 보여주며, 환자의 경우는 발화 노력 증가에 따른 보상성에도 불구하고 성대의 mass 등으로 인해 정상인만큼의 효율성이 취득되지 못하고 일부 음향학적 특징에서는 오히려 음질이 감소하는 특징을 보이기도 한다.

이 결과를 참고하여 음성 환자에 대한 교육을 실시할 때, 발화 노력이 음성장애인이 기대하는 효과보다는 음질 감소와 같은 부정적인 효과가 나타날 수 있음을 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 발화 노력과 성대 운동성의 관계를 음성질환자를 대상으로 음향학적 분석을 실시하여 다양한 항목에 대해 정상인과 비교해 보았다는 점에서 의미가 있다고 보며, 앞으로는 발화 노력을 크게 한 음성 환자에 대한 인지 실험과 다양한 성대 질환자들을 대상으로하여, 정상인과 음성 환자에 대한 진단적 음향음성학적 기준을 제시하는 연구가 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] 채윤정, 김현기, 홍기환. 1998. "Electroglottography를 이용한 한국어 폐쇄자음의 특성 및 임상적 적용." *음성과학*, 4(2), 157-177.
- [2] 홍기환. 1996. "전기 glottography(EGG)와 공기역학적 연구에 의한 한국어 파열음 발화시의 후두구음역학적 특성." *어학*, 제22호. 전북대학교 어학연구소.
- [3] Clark, J. & C. Yallop. 1998. *음성학과 음운론*. 구회산 공역, 한신문화사.
- [4] Deliyiski, Dimitar D. "Acoustic model and evaluation of pathological voice production." *Kay Elemetrics Corp.*
- [5] Huang, Daniel Zaoming. 1995. "Measures of vocal function during changes in vocal effort level." *Journal of Voice*, 9, 429-438.
- [6] Mann, Eric A. 1999. "The effects of excessive vocalization on acoustic and videostroboscopic measures of vocal fold condition." *Journal of Voice*, 13, 294-302.
- [7] Junqua, J. C. 1993. "The Lombard reflex and its role on human listeners and automatic speech recognizes." *JASA*, 93, 510-523.
- [8] Kagaya, R. 1974. "A fiberoscopic and acoustic study of the Korean stops, affricates and fricatives." *Journal of Phonetics*, 2, 161-180.
- [9] Van Summers. 1988. "Effects of noise on speech production: acoustic and perceptual

analyses." *JASA*, 84, 917-928.

접수일자: 2002. 10. 21.

게재결정: 2002. 12. 3.

▲ 홍기환

전북 전주시 덕진구 금암동 산 2-20 (우: 560-182)

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

Tel: +82-63-250-1990 Fax: +82-63-250-1986

E-mail: khhong@moak.chonbuk.ac.kr

▲ 양윤수

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

▲ 김현기

전북 전주시 덕진구 덕진동 664-14 (우: 561-756)

전북대학교 음성과학연구소 & 대학원 협동과정 임상언어병리학과

Tel: +82-63-270-4325, 3888 Fax: +82-63-270-4325

E-mail: hyungk@moak.chonbuk.ac.kr