

음성질환자의 음성검사 시 강도 증가에 따른 음향학적 지표의 변화

연세대학교 의과대학 이비인후과교실 음성언어의학연구소,¹ 고려대학교 정보통계학과²

남도현¹ · 임성수² · 윤보람¹ · 조선아¹ · 최홍식¹

= Abstract =

Changes in Acoustic Parameters According to Intensity Increase in Voice Assessment

DoHyun Nam¹, SungSue Rheem², BoRam Yun¹, Suna Cho¹ and Hong-Shik Choi, MD¹

¹Department of Otorhinolaryngology, The Institute of Logopedics & Phoniatrics, Yonsei University College of Medicine, Seoul; and ²Department of Informational Statistics, Korea University, Jochiwon, Korea

Background and Objectives : Clinically, as a tool for voice assessment before and after the operation or the voice treatment, acoustic analysis is widely used. However, in clinical situations, acoustic parameters vary according to how the assessment is made. Thus, with voice disease patients as subjects, we are to investigate what influence intensity increase exerts on acoustic parameters and how to reduce variation according to the way of assessing. **Material and Method** : At the voice clinic of the department of otorhinolaryngology in Gangnam Severance Hospital, with 30 female voice-disease patients (40.6 years old on the average) and 23 male voice-disease patients (40.1 years old on the average) as subjects, using the Dr Speech vocal-assessment program, we statistically tested the significance of the difference in each of acoustic parameters between when the “Ah” vowel is produced with a normal voice and when the “Ah” vowel is produced with a loud voice. **Results** : Acoustic parameters that showed a statistically significant difference according to intensity increase were Jitter, SD F0, and NNE for females, and Jitter, SD F0, HNR, SNR, and NNE for males. Voice quality estimates showed a statistically significant difference according to intensity increase in female hoarse voice, female breathy voice, and male breathy voice. **Conclusion** : In this research, acoustic analysis, which is generally used for voice assessment before and after the operation or the voice treatment, showed a tendency that acoustic parameters became better under the influence of intensity increase except for the cases where a voice disease was severe. Thus, to raise the reliability of voice assessment, the range of intensity needs to be set up. This should be the topic for the future research.

KEY WORDS : Acoustic parameter · Intensity · Voice quality estimate.

서 론

일반적으로 임상에서 시행되는 음성검사법의 종류로는 피검자의 발성방법, 조음방법과 목소리의 특징을 청 지각적인 방법으로 일본음성학회에서 사용하고 있는 GRABAS스케일을 사용하여 판단하는 청지각적검사(perceptual evaluation)와 발성 시 성문을 통과하는 공기의 흐름과 압력을 측정하는 공기역학검사(aero-dynamic study), 컴퓨터 음성검사 프로그램 이용하여 입 밖으로 방출되어 나오는 음성을 분석하는

음향학적 검사(acoustic analysis), 오음법칙(Ohm's law)의 전기저항을 이용하여 성대가 열렸을 때에는 전기가 통하지 않고 저항이 커지는 현상을 이용하여 성대의 진동과 접촉을 검사하는 전기성문파형 검사(electroglottography, EGG), 눈의 착시현상(optical illusion)을 이용하여 사람의 눈에 영상이 노출되었을 때 0.2초 동안은 망막에 잔상이 남는 Talbot법칙을 이용해 단속하는 광원으로 성대의 진동하는 관찰하는 후두 스트로보스코피(stroboscopy)검사 등이 쓰여지고 있다. 이러한 검사방법 중 실제 임상에서 음성의 평가도구로 간편하게 사용할 수 있는 것이 컴퓨터 음성프로그램을 통한 음향학적 검사이다. 음향학적 검사는 구강을 통하여 밖으로 방출된 음성을 분석하는 것으로 성대에서 만들어지는 성대원음(sound source)과 배음(harmonics), 성도(vocal tract)에서 만들어지는 전달특징 및 방사 특징을 모두 포함하고 있어 음향분석에 의한 결과는 음성질환의 정도나 치료효과를 객관적 평가

논문접수일 : 2011년 11월 30일
심사완료일 : 2011년 12월 27일
책임저자 : 최홍식, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92
연세대학교 의과대학 이비인후과교실 음성언어의학연구소
전화 : (02) 2019-3461 · 전송 : (02) 2019-4750
E-mail : hschoi@yuhs.ac

하는데 주요한 정보를 제공한다.¹⁾ 또한 음향학적 검사는 음성 평가에 가장 보편적으로 많이 사용되는 평가 방법이며,²⁾ 지난 2년 동안 MEDLINE 통하여 265여회 이상 인용되어, 음성질환의 진단과 평가의 방법으로 유용되고 있다.³⁾ 실제 임상에서 이 검사를 통하여 성대의 불규칙적인 진동이나 잡음 등의 비정상적인 신호들을 측정하여 기능적인 문제나 병리학적 문제를 판단한 기본자료를 제공한다. 일반적으로 음성질환의 정도나 치료효과를 객관적인 판단을 위하여 쓰여지는 음향학적 지표는 성대에서 발생하는 성대원음의 기본주기를 피치(pitch)라고 하며, 이것의 역수를 음의 높이를 나타내는 기본주파수(fundamental frequency : F0), 기본주파수의 불수의적인 떨림을 나타내는 기본주파수 트레머(tremor), 기본주파수의 변화를 나타내는 기본주파수 표준편차(standard deviation of fundamental frequency : SD F0), 피치를 통하여 주파수간의 주기의 차이를 %로 표시한 값인 주파수변동률(jitter), 주파수간의 진폭의 주기의 차이를 평가하여 %로 표시한 값인 진폭변동률(shimmer), 발생 시 발생하는 전체 신호 에너지에서 잡음 에너지의 값을 dB로 표시한 표준화된 잡음 에너지(normalized noise energy : NNE), 배음요소의 에너지 값을 잡음 에너지 값으로 나눈 평균비율을 구한 값인 배음과 잡음의 비율(harmonic to noise ratio : HNR), 또한 피치 주기에 따라서 신호와 잡음의 성분을 분리하여 신호를 잡음으로 나누어 비율을 구한 신호 대 잡음의 비율(signal to noise ratio : SNR) 등을 사용한다.^{4,5)} 이러한 값들은 성문레벨에서 만들어지는 신호와 잡음과 정보를 담고 있기 때문에 음성질환의 판단에 유용한 자료이다. 그러나 이러한 음향학적 지표들은 실제 임상에서 검사자의 검사방법과 숙련도에 따라 차이를 보일 수 있기 때문에 음성검사의 신뢰도에도 크게 영향을 미친다. 특히 검사방법 중 강도의 변화는 음향학적 지표에 크게 영향을 미치는 것을 실제 임상에서 관찰할 수 있었다. 저자들은 음성질환자를 대상으로 음성검사의 방법으로 보편적으로 가장 많이 사용되고 있는 음향학적 검사 시 강도의 변화가 기본주파수, 주파수변동률, 진폭변동률, 표준화된 잡음 에너지, 화음 대 잡음의 비율, 신호 대 잡음의 비율에 어떠한 영향을 미치는 지 통계적인 방법을 통하여 검증해보고, 또한 음질평가도구를 사용하여 쉰 목소리, 거친 목소리, 바람 세는 목소리 정도를 비교하여 음성검사 시 강도에 따른 변수를 줄이는 방법에 대하여 알아보려 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

강남세브란스병원 이비인후과 음성클리닉에서 음성질환이

있는 것으로 확진된 받은 여성 30명(평균 40.6세), 남성 23명(40.1세)을 연구대상자로 선정하였다. 연구대상자의 음성질환의 종류는 Table 1과 같다.

2. 연구방법

음향학적 검사를 위하여 컴퓨터 음성검사 프로그램인 Dr speech의 vocal assessment 프로그램을 이용하여 음성검사를 실시하였다. 검사방법으로는 편안하게 앉은 자세로, 마이크에서 약 30 cm 정도 거리를 두고, 약 5초간 편안한 발성(normal voice)과 강도를 증가시킨 발성(loud voice)으로 “아” 모음을 연장 발성하여 기본주파수, 기본주파수 트레머, 기본주파수 표준편차, 주파수변동률, 진폭변동률, 표준화된 잡음 에너지, 화음 대 잡음의 비율, 신호 대 잡음의 비율을 측정하여 서로 비교하였다. 그리고 Fig. 1과 같이 음질을 평가(voice quality estimate)하는 프로그램으로 쉰 목소리(hoarse), 거친 목소리(harsh) 바람 세는 목소리의(breathy voice)의 정도에 대하여 서로 편안한 발성 때와 강도를 증가시킨 발성을 하였을 때를 비교하였다.

3. 통계방법

연구대상자를 대상으로 각 성별에서 각 사람으로부터 각 변수의 편안한 발성(normal voice)에서의 값(N)과 강도를 증가

Table 1. Details on subjects, patients with a voice disease

Voice diseases	Females	Males
Vocal nodule	8	0
Vocal polyp	5	6
Vocal fold palsy	3	0
Sulcus vocalis	3	4
Glottic cancer	0	4
Thyroid cancer	2	0
Granuloma	0	2
Vocal cord cyst	1	2
Spasmodic dysphonia	1	1
Other diseases	7	4
Total	30	23

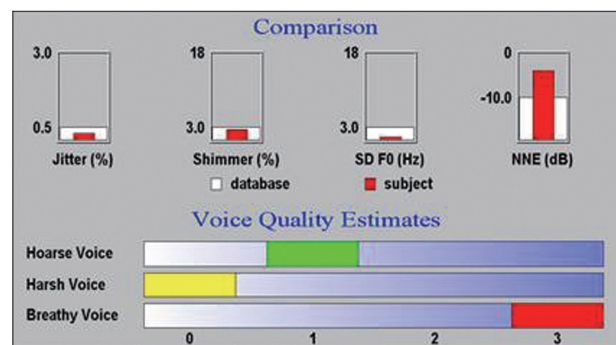


Fig. 1. Voice quality estimates in vocal assessment by Dr speech.

시킨 발성(loud voice)에서의 값(L) 간의 차이(N-L)를 구하고, 이 차이의 평균(mean)과 중앙값(median)을 구하였다. 이 차이 값의 분포는 극단 값을 포함할 수 있고 정규분포(normal distribution)라는 보장이 없으므로, 그 대표치로 중앙값을 사용하였고, 차이의 중앙값이 0과 다른지를 비모수적(non parametric) 통계 방법인 부호-순위 검정(signed-rank)을 이용하여 검정하였다. 유의수준은 5%로 하여, 양측 p-값이 0.05 이하일 때 유의성을 인정하였다. 비모수적(non parametric) 통계방법은 연속형 변수와 등급형 변수에 모두 적용 가능하므로, 이 방법을 Assessment 데이터를 포함한 모든 자료에 적용하였다. 통계분석 소프트웨어로 SAS를 사용하였다.

결 과

1. 기본주파수의 비교(Table 2)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수에서보다 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수가 통계적으로 의미 있게 증가하였다(p<.05).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수에서보다 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수가 통계적으로 의미 있게 증가하였다(p<.05).

2. 기본주파수 트레머의 비교(Table 3)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수 트레머 값과 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수 트레머 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수 트레머 값과 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수 트레머 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05).

Table 2. Within-subject comparison in fundamental frequency between normal & loud voices

Fundamental frequency			
Gender	Unit	Normal voice	Loud voice
Female	Hz	204.5±22.7	227.9±31.8*
Male	Hz	125.5±24.6	147.5±33.8*

* : p<0.05

Table 3. Within-subject comparison in F0 tremor between normal & loud voices

F0 tremor			
Gender	Unit	Normal voice	Loud voice
Female	Hz	3.0±3.6	3.8±4.0
Male	Hz	2.6±3.3	1.9±1.3

이를 보이지 않았다(p>.05).

3. 기본주파수 표준편차의 평가(Table 4)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수의 표준편차 값이 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수의 표준편차 값보다 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다(p<.05).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 기본주파수의 표준편차 값이 강도를 증가시킨 발성에서 기본주파수의 표준편차 값보다 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다(p<.05).

4. 주파수변동률의 비교(Table 5)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 주파수변동률 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 주파수변동률이 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다(p<.05).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 주파수변동률 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 주파수변동률이 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다(p<.05).

5. 진폭변동률의 비교(Table 6)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 진폭변동률 값과 강도를 증가시킨 발성

Table 4. Within-subject comparison in SD F0 between normal & loud voices

SD F0			
Gender	Unit	Normal voice	Loud voice
Female	Hz	2.7±2.2	2.0±1.5*
Male	Hz	1.9±1.6	1.5±1.1*

* : p<0.05

Table 5. Within-subject comparison in jitter between normal & loud voices

Jitter			
Gender	Unit	Normal voice	Loud voice
Female	%	0.4±0.7	0.3±0.2*
Male	%	0.6±1.0	0.3±0.4*

* : p<0.05

Table 6. Within-subject comparison in shimmer between normal & loud voices

Shimmer			
Gender	Unit	Normal voice	Loud voice
Female	%	2.6±2.3	2.2±1.8
Male	%	2.9±3.1	2.3±1.1

에서 진폭변동률 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 진폭변동률 값과 강도를 증가시킨 발성에서 진폭변동률 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

6. 표준화된 잡음 에너지의 비교(Table 7)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 표준화된 잡음 에너지의 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 표준화된 잡음 에너지의 값보다 통계적

Table 7. Within-subject comparison in NNE between normal & loud voices

Gender	Unit	SNR	
		Normal voice	Loud voice
Female	dB	-6.7±3.9	-11.6±5.0*
Male	dB	-6.2±4.4	-10.4±5.3*

* : $p<0.05$

Table 8. Within-subject comparison in HNR between normal & loud voices

Gender	Unit	HNR	
		Normal voice	Loud voice
Female	dB	24.4±5.0	25.3±3.6
Male	dB	22.3±5.0	23.8±4.8*

* : $p<0.05$

Table 9. Within-subject comparison in SNR between normal & loud voices

Gender	Unit	SNR	
		Normal voice	Loud voice
Female	dB	23.0±4.9	24.0±3.4
Male	dB	20.4±4.7	22.6±4.6*

* : $p<0.05$

로 의미 있게 낮게 나타났다($p<.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 표준화된 잡음 에너지의 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 화음 대 잡음의 비율 값보다 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다($p<.05$).

7. 화음 대 잡음의 비율의 비교(Table 8)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 화음 대 잡음의 비율의 값과 강도를 증가시킨 발성에서 화음 대 잡음의 비율의 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 화음 대 잡음의 비율의 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 화음 대 잡음의 비율 값보다 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다($p<.05$).

8. 신호 대 잡음의 비교(Table 9)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 신호 대 잡음의 비율의 값과 강도를 증가시킨 발성에서 신호 대 잡음의 비율의 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 신호 대 잡음의 비율의 값보다 강도를 증가시킨 발성에서 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다($p<.05$).

9. 목소리의 쉼 정도에 대한 비교(Fig. 2)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 쉼 목소리 정도보다 강도를 증가시킨 발성에서 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다($p<.05$).

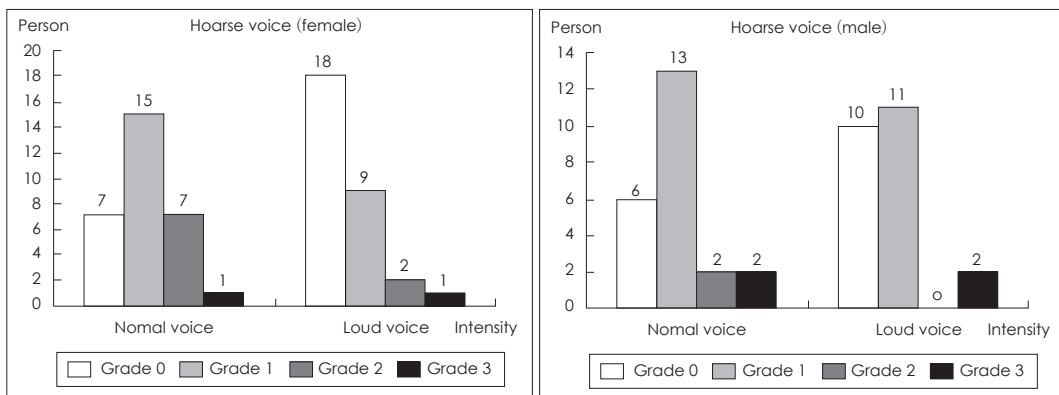


Fig. 2. Within-subject comparisons in hoarse voice between normal voice & loud voices for females and males (Voice Quality Estimates).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 쉼 목소리 정도와 강도를 증가시킨 발성에서 소리의 쉼 정도의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

10. 목소리의 거친 정도에 대한 비교(Fig. 3)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 거친 목소리 정도와 강도를 증가시킨 발성에서 목소리의 거친 정도의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 쉼 목소리 정도와 강도를 증가시킨 발성에서 목소리 거친 정도의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

11. 목소리의 바람 새는 정도에 대한 비교(Fig. 4)

1) 여성 음성질환자

편안한 발성에서의 목소리의 바람 새는 정도보다 강도를

증가시킨 발성에서 목소리의 바람 새는 정도보다 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다($p<.05$).

2) 남성 음성질환자

편안한 발성에서의 목소리의 바람 새는 정도보다 강도를 증가시킨 발성에서 통계적으로 의미 있게 낮게 나타났다($p<.05$).

고 찰

목소리를 구성하는 여러 주파수의 소리 중, 양측 성대의 주기적인 여단함에 의해 폐로부터 성문으로 유입되는 직류 성향의 공기의 흐름을 on-off의 펄스(pulse)로 바꿈으로 생성되는 성대음(glottal sound)을 기본주파수라고 한다. 기본주파수는 기본적으로 성대의 질량, 성대의 긴장도, 진동에 관여되는 성대부분의 길이, 성문하압(Subglottal pressure)에 의하여 결정된다. 이중 성문하압은 소리의 강도를 결정하는 가장 중요한 요소로서 발성 시 폐에서 나오는 호흡의 압력은 성문하부에 압력으로 작용되어 성문이 열리고 닫히는 속도와 파형의 크기와 진폭에 영향을 미쳐서, 소리의 강도를 다양하게 조절하

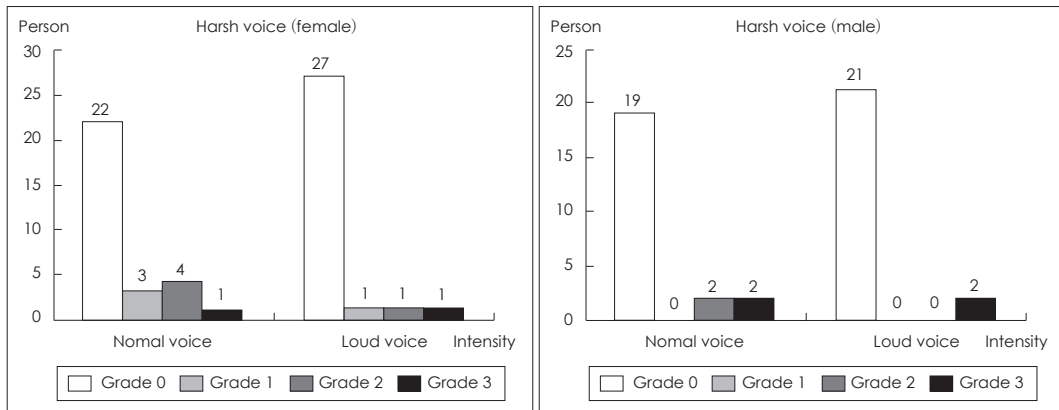


Fig. 3. Within-subject comparisons in harsh voice between normal voice & loud voices for females and males (Voice Quality Estimates).

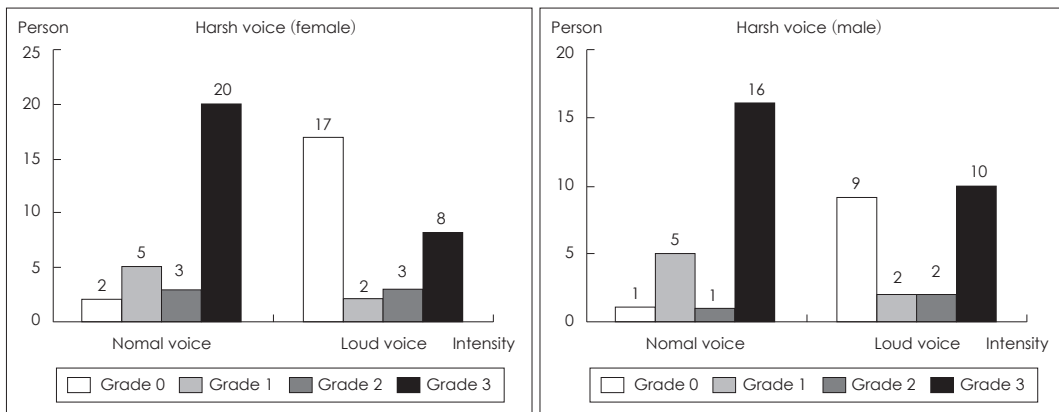


Fig. 4. Within-subject comparisons in breath voice between normal & loud voices for females and males (Voice Quality Estimates).

는 가장 본질적인 에너지가 된다. 소리의 강도는 성문하압과 기하급수적인 관계가 있으며,⁶⁾ 소리의 강도는 성문하압과 거의 비례한다고 하였다.⁷⁾ 일반적으로 성문하압의 증가하는 경우 모든 사람은 아니지만 기본주파수와 음의 강도가 증가하는 경향을 보이며, 성문하압과 음의 강도는 양의 상관 관계를 보인다고 하였다.⁸⁾

이번 연구에서 강도를 증가시켰을 때 Table 2에서와 같이 기본주파수가 여성은 23.4 Hz, 남성은 22.0 Hz 증가하여 남녀 모두 통계적으로 유의미하게 증가하는 경향을 보여 강도의 증가는 기본주파수를 증가시키는 역할을 하는 것을 알 수 있었다. 그러나 훈련된 성악가의 경우 강도를 증가시켜도 기본주파수는 변화하지 않는다고 보고하고 있다.^{9,10)}

발성 시 전혀 변화 없는 기본주파수를 만들어 낼 수는 없으며 대체로 2~12 Hz 범위에서 변화한다.¹¹⁾ 이러한 변화는 불안정한 신경조절 기능에 의한 것으로, 일상적인 말소리에서는 현저한 변화로 인식할 수는 없으며,¹²⁾ 어느 정도의 기본주파수의 변화는 목소리를 기계적 음성이 아닌 자연스러운 음성으로 들리게 한다. 또한 성악발성에서 유연하고 음악적인 음성을 만들기 위해서는 이러한 기본주파수의 변화가 ± 5 Hz 범위일 때 안정적인 목소리로 들리며, 또 다른 연구에서는 4.5~6.5 Hz 범위의 기본주파수의 변동이나 0에서 3%의 변동(1/4음)이 좋다고 하였다.¹³⁾ 그러나 발화 시 인식이 가능한 기본주파수의 변화는 대체로 병적인 음성에서 나는데,¹⁴⁾ 이번 연구에서는 강도를 증가시켰을 경우 기본주파수의 변화를 나타내는 기본주파수 표준편차는 남녀 모두에서 통계적으로 의미 있게 변화하여 강도의 증가는 기본주파수의 표준편차에도 영향을 미치는 것으로 생각된다.

주파수 변동률이나 성대의 진동주기 간의 불규칙성과 주파수의 진폭과 진폭의 불규칙성을 알아보는 음향학적 지표로 성대의 생체역학적인 변화를 알아보는데 유용한 평가방법으로, 후두의 병리학적인 이상과 음성질환 중증도, 음성질환의 치료 후 결과의 평가에 사용되고 있다.¹⁵⁾ 정상적이고 규칙적인 성대음을 만들기 위해 성대는 대칭성(symmetry), 균질성(homogeneity)의 조건을 가지고 있어야 하는데, 성대에 병변이 생기면 이러한 조건에 무너지면서 성대의 진동주기가 일정하지 않고 불규칙해지기 때문에 주파수변동률의 값이 증가하는 경향을 보인다. 또한 진동주기 사이의 진폭도 불규칙하게 되기 때문에 진폭변동률의 증가하는 경향을 보인다. 그러나 소리의 강도를 증가하는 경우, 호흡압력과 호흡량이 증가하면서 성문하압이 증가하게 되면, 성대의 접촉도 증가하고 성대의 진폭도 커지게 되면 성대의 진동주기 간의 불규칙성과 진동주기 간의 진폭의 불규칙성을 어느 정도 상쇄하게 되어 음향학적 지표들이 향상되는 경향을 보인다. 이번 연구에서도 주파

수변동률은 강도를 증가시켰을 때 통계적으로 유의미한 결과를 보여, 강도의 증가는 주파수의 진동 주기간의 불규칙성을 감소시키는 경향을 보인다. 그리고 진폭 변동률은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나 불규칙성이 감소하는 결과를 보여, 강도의 증가는 진폭의 불규칙성에도 어느 정도 영향을 미치는 것으로 생각된다.

병적인 음성의 평가방법으로 쓰이는 다양한 방법 중에 하나가 음향학적 검사를 통하여 음성신호에서 잡음성분을 추출하여 분석하는 것이다. 잡음성분은 폐에서부터 올라온 공기 에너지에 의하여 성대에서 진동하는 과정에서 성대의 불규칙한 진동과 성문의 틈새를 통과하는 공기의 흐름에 의하여 만들어진다.¹⁶⁾ 잡음성분을 측정하여 발성의 기능적인 면과 병적인 정도를 평가하는 지표로는 쓰이는 표준화된 잡음에너지는 발성 시 1,000~5,000 Hz 범위에서 발생하는 잡음성분을 표준화하여 소리의 크기로 표시한 값이 때문에 이 값이 클수록 성대에서 발생하는 잡음의 강도가 큰 것이므로 성대의 기능적인 이상이나 음성질환이 있는 것으로 판단할 수 있다. 이번 연구에서 강도를 증가시켰을 경우 그 값이 통계적으로 의미 있게 작아지는 경향을 보여, 강도의 증가는 표준화된 잡음에너지 값이 감소하는 것을 알 수 있었다. 그리고 조금 더 민감한 음향학적 지표로 사용되는 것으로, 성대에서 만들어지는 배음 성분과 잡음성분을 추출하여 그 비율로 발성의 기능을 평가할 수 있는 것이 배음 대 잡음의 비율이다. 이 음향학적 지표는 70~4,500 Hz 범위에서의 배음요소의 에너지 값을 1,500~4,500 Hz 범위에서의 잡음 에너지 값으로 나누어 평균비율을 구한 값이다. 사람의 목소리는 복합음으로 성대의 진동에 의하여 만들어지는 성대원음 즉 기본주파수와 배음이 만들어진다. 배음주파수는 1옥타브(octave)가 증가할 때마다 12 dB씩 감소하여 나타나므로, 기본주파수의 강도가 증가하면 배음의 강도도 증가한다. 기본주파수의 강도가 증가하기 위해서는 성문하압이 증가하고 성대접촉률이 증가하여 성대의 진동 폭이 커져야 한다. 성문하압의 증가는 성대접촉률을 증가 시키며, 발성의 강도와 성대접촉률 사이에는 양의 상관관계가 있다고 보고하였다.¹⁷⁾ 그러므로 배음요소의 에너지 값이 증가하면 성대접촉의 증가 등에 의하여 당연히 성대에서 만들어지는 잡음요소의 에너지 값이 감소하게 되어 배음 대 잡음의 비율 증가하게 된다. 이번 연구에서는 강도를 증가시켰을 경우, 여성 음성질환자 군에서는 배음 대 잡음의 비율이 증가하였으나 통계적으로는 유의미한 차이가 없었으나, 남성 음성질환자 군에서는 통계적으로 유의미하게 나타나서 강도의 증가는 배음 대 잡음의 비율을 증가시키는 경향을 보였다. 그리고 잡음성분을 추출하여 알아볼 수 있는 또 하나의 음성지표가 신호 대 잡음의 비율인데, 전체 신호와 잡음의

상대적인 크기를 재어 비교하는 것으로 전체신호의 에너지 값(dB)을 잡음의 에너지 값으로의 나눈 값이기 때문에 값이 작을수록 성대의 기능적 이상이나 음성질환의 가능성이 높아진다. 즉 잡음에너지 값이 큰 것은 성대에서 만들어지는 잡음의 크기가 큰 것이기 때문에 음성질환이 중증도를 판단할 수 있게 된다.

이번 연구에서는 강도를 증가시켰을 경우 여성 음성질환자 군에서는 신호 대 잡음의 에너지 값이 통계적으로는 의미가 없었으나 그 값이 증가하였으며, 남성 음성질환자 군에서는 통계적으로 의미 있게 증가하여, 강도의 증가는 신호 대 잡음의 비율을 증가시키는 경향을 보인다.

Dr Speech의 Vocal assessment 프로그램에서 시행되는 음질평가는 목소리의 쉼 정도, 거친 정도, 바람 새는 정도를 중증도에 따라 grade 0, 1, 2, 3의 4단계로 구분하여, grade 0은 정상이고 숫자가 커질수록 중증도가 심한 경우를 나타낸다. Yumoto 등은 쉼 목소리의 일반적인 정의는 비정상적인 목소리를 기술하는데 사용되는 용어라고 정의하고 있으며, 그 정도에 따라 등급 나눌 수 있고, 쉼 목소리는 목소리의 바람 새는 음질과 거친 정도를 설명할 때 사용되며, 때로는 dysarthria의 정도를 설명하는데도 사용된다.¹⁸⁾ 이번 연구에서 목소리의 쉼 정도의 비교에서는 Fig. 2에서와 같이 편안한 발성에서는 정상을 나타내는 grade 0의 사람의 수가 여성은 7명, 남성은 5명에서 강도를 증가시켰을 경우 여성은 18명, 남성은 10명으로 증가하였고, 경미한 정도를 나타내는 grade 1의 사람의 수가 강도를 증가시키자 여성은 15명에서 8명으로, 남성은 13명에서 11명으로 감소하였고, grade 2는 여성은 7명에서 2명으로 감소하여, 남성은 2명에서 0명으로 감소하여, 강도가 증가하는 경우 증세가 전반적으로 호전된 경향을 보였다. 그러나 증세가 심한 정도를 나타내는 grade 3에서는 차이를 보이지 않아서 목소리의 쉼 정도가 심한 경우에는 강도의 증가에 영향을 받지 않는 것으로 생각된다. 그리고 목소리의 거친 정도의 비교에서는 남 녀 모두에서 통계적으로는 유의미한 차이를 보이지 않았으나, Fig. 3에서와 같이 grade 1과 grade 2에서는 강도가 증가하는 경우 전반적으로 호전현상을 보이는 사람이 증가하는 경향을 보였다. 그리고 강도의 증가에 가장 많은 영향을 받는 것은 바람이 새는 경우로 Fig. 4에서와 같이 강도를 증가시켰을 경우 모든 전반적으로 호전현상을 보이는 사람이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 편안한 발성에서 grade 3로 나타난 경우에도 강도를 증가시키자 여성 음성질환자의 경우 29명에서, 8명으로 감소하였고, 남성의 경우 16명에서 10명으로 감소하여, 강도를 증가시켰을 경우 바람 새는 성분은 강도에 가장 크게 영향을 받는 것으로 생각된다. 이는 쉼 목소리의 성분 중 바람 새는 성분은 성대의 접촉이 잘되지

않아서 나타나는 것이기 때문에 성문하압이 증가하여 성대의 접촉률이 증가하게 되면 바람 새는 정도가 줄어들게 되기 때문에 강도에 가장 큰 영향을 받는다. 강도의 증가는 성대의 접촉을 증가시켜서 목소리의 쉼 정도와 거친 정도를 호전시키며 특히 바람 새는 현상을 더 호전시키는 결과를 보인 것으로 생각된다. 그러나 증세가 심한 상태를 나타내는 grade 3로 측정된 경우에는 목소리의 쉼 정도, 거친 정도에서는 강도의 증가에 영향이 없었고, 바람 새는 정도에서 영향을 받으나 연구대상자 전원에게 호전되지는 않아서 음성질환이 심각한 경우에는 강도의 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

결론

수술 전 후나 음성치료 전 후, 음성검사의 방법으로 많이 사용되는 음향학적 검사는 음성질환의 중증도가 심한 경우를 제외하고는 강도의 증가에 영향을 받아서 음향학적인 지표가 향상되는 경향을 보이므로 음성검사의 신뢰도를 높이기 위하여 강도의 범위를 설정하는 필요하다. 이에 대한 연구는 앞으로 계속해야 할 것으로 생각된다.

중심 단어 : 음향학적 지표 · 강도 · 음질평가.

REFERENCES

- 1) Lee SH, Jung WH, Choi HS, Kim SC, Im JJ, Kim DW. Development of an integrated analysis system of voice, electroglottography and respiration. *The Korean Association of Speech Science* 2005; 12(4):77-92.
- 2) Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Buchman LC, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. *Eur Arch Otorhinolarygol* 2001;258:77-82.
- 3) Fejoo S, Espinosa CH. Short-term stability measures for the evaluation of vocal quality. *J Speech Hear Res* 1990;33:324-34.
- 4) Llorente JIG, Vilda PG, Roldán FC, Velasco MB, Fraile R. Pathological Likelihood Index as a Measurement of the Degree of Voice Normality and Perceived Hoarseness. *Journal of Voice* 2010;24(6):667-77.
- 5) Brockmann BM, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again? *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2011;19(3):165-70.
- 6) Ladefoged P, MacKinney NP. Loudness, sound pressure and subglottal pressure in speech. *J Acoust Soc Am* 1963;35:454-60.
- 7) Isshiki N. Regulatory mechanism of voice intensity variation. *J Speech Hear Res* 1964;7:17-29.
- 8) Holmberg EB, Hillman RE, Perkell JS. Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice. *J Acoust Soc Am* 1988;84:511-29.
- 9) Titze I. On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *J Acoust Soc Am* 1989;85(2):901-6.
- 10) Nam DH, Paik JY, Kim JO, Park SY, Choi HS. Changes in aerodynamic function and closed quotient with the variable pitch and loudness in male classic singers. *The Korean Association of Speech Science* 2007;14(5):23-33.

- 11) Kreiman J, Gabelman B, Gerratt B. *Perception of Vocal Tremor. Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2003;46:203-14.
- 12) Aronson AE, Ramig L, Winholtz W, Silber S. *Rapid voice tremor, or "flutter," in amyotrophic lateral sclerosis. Annals of Otology, Rhinology and Laryngology* 1992;101:511-8.
- 13) Nam DH, Choi HS. *Respiration and Vocalize. 1st ed. Seoul, Korea: Koonja;2007. p.245-50.*
- 14) Winholtz WS, Ramig L. *Vocal tremor analysis with the vocal de-modulator. Journal of Speech and Hearing Research* 1992;35(3):562-73.
- 15) Mehta D, Hillman R. *Voice assessment: updates on perceptual, acoustic, aerodynamic, and endoscopic imaging methods. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;16:211-5.
- 16) Klingholz F. *The measurement of the signal-to-noise ratio (SNR) in continuous speech. Speech Communication* 1987;6(1):15-26.
- 17) Sundberg J, Hogset C. *Voice source differences between falsetto and modal registers in counter tenors and baritones. Log Phon Vocol* 2001;26:26-36.
- 18) Yumoto E, Gould WJ, Baer T. *Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. J Acoust Soc Am* 1982;71(6):1544-9.