

성대마비로 인한 기식 음성에 대한 Cepstral 분석

A Cepstral Analysis of Breathy Voice with Vocal Fold Paralysis

강영애¹⁾ · 성철재²⁾

Kang, Youngae · Seong, Cheoljae

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the usefulness of the parameter CPP (cepstral peak prominence) and LTAS (long term average spectrum) band energy for an analysis of breathy voice with vocal fold paralysis. Thirty-four female subjects who have vocal paralysis after thyroidectomy participated in this study. According to the perceptual judgements by three speech pathologists and one phonetic scholar, subjects were divided into two groups: breathy voice group (n=21) and non-breathy voice group (n=13). Maximum sustained phonation task was measured for acoustic analysis. CPP-related (i.e. mean F0, mean CPP, and mean CPPs) and LTAS-related (i.e. minimum, maximum, and mean) parameters were used. Independent samples *t*-test was conducted. Regarding CPP, there are significant differences in mean CPP and mean CPPs between groups. The values of mean CPP and CPPs in the non-breathy voice group are higher than those in the breathy voice group. The CPP could be regarded as the useful parameter for breathy voice analysis in the clinic. When it comes to LTAS, energy from 0 to 2 kHz are significantly different between groups. The minimum value of non-breathy group is lower than that of breathy group, whereas the maximum value of non-breathy group is higher. The frequency band below 2 kHz seems to be related to breathy voice.

Keywords: Perceptual judgement, breathy voice, vocal fold paralysis, cepstral peak prominence, speechTool

1. 서 론

성대마비는 심각한 발성, 호흡, 심리적 문제를 야기하며 이는 삶의 질을 저하시키며[1], 성대마비로 인한 대표적 음성은 기식음(breathy voice)이라고 할 수 있다. 기식음은 성대마비 이외 외전형 연축성 발성부전(abductor spasmodic dysphonia), 후두 외상(laryngeal trauma), 후두종양(neoplasm)에서도 나타나며[2][3], 성대 남용 같은 후두의 기능적 상태에서도 관찰 할 수 있는 병리적 음성이다[4].

기식음은 해부학적으로 성대의 불안전환(incomplete) 내전 때문에 나타나는 것으로, 남성보다 여성에서 청지각적으로 더 두

드러지게 나타나며, 음향학적으로도 남성보다 제 1 조화음(first harmonic)의 높은 진폭을 보인다[5][6]. 하지만 제 1 조화음의 강도만 증가한다면 기식성이 있다고 판단되는 것은 아니고, 여기에 고주파의 소음(noise) 증가를 함께 보인다면 기식이 있다고 청지각적으로 판단된다[5]. 다시 말해, 성문근처에서 발생하는 난기류(turbulence)로 인하여 고주파에서 소음(aspiration noise)이 존재하며, 이 소음이 제 1 조화음의 상승과 더불어 청지각적 기식 평가에 영향을 준다는 것이다.

이런 기식 음성 연구에서 Cepstral Peak Prominence(CPP) 변수의 유용성은 그동안 많이 보고 되어 왔다[7][8][9]. CPP는 켈스트럼(cepstrum) 생성 후 구할 수 있는데, 켈스트럼(cepstrum)은 일정 신호에 대하여 푸리에 변환 한 다음 제곱을 한 후 로그를 취하고, 다시 그 결과에 대해 푸리에 변환을 한 다음, 그 값을 다시 제곱한 결과물이다. 즉 켈스트럼은 로그 스펙트럼의 푸리에 변환 결과물이다. FFT(Fast Fourier Transform)가 주파수 성분 추출의 알고리즘이라면, 켈스트럼은 크기 값의 명확성이 떨어지는 FFT 결과의 보완 알고리즘이라고 할 수 있다[10].

1) 충남대학교 redoffice1@yahoo.co.kr, 제1저자

2) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr, 교신저자

접수일자: 2012년 5월 11일

수정일자: 2012년 6월 7일

게재결정: 2012년 6월 13일

캡스트럼(cepstrum)이란 이름은 기존의 스펙트럼(spectrum) 용어를 재조합하여 만든 것이며, 캡스트럼 관련 변수들 또한 스펙트럼 변수 용어들의 조합으로 이루어졌다. 구체적 예를 들면, 스펙트럼의 주파수(frequency)는 캡스트럼에서는 quefrequency로, 조화음(harmonics)은 rahmonics로, 여과기(filter)는 lifter로, 위상(phase)은 shape와 짝을 이룬다.

캡스트럼은 quefrequency 영역에서 성대의 주기진동 신호와 성도의 공명주파수를 나누어 볼 수 있으므로 주기성(periodicity) 측정 결과를 다른 변수보다 신뢰할 수 있다[10]. CPP는 음성신호 중 조화음 양(degree of harmonics)을 기반으로, 전체 강도를 정규화(normalized)한 강도 측정 값으로[6], 음성분석에 타당한 변수[5]로 알려졌다.

선행연구에서 소개된 CPP 측정 방식은 두 가지로, James Hillenbrand가 소개한 것으로 캡스트럼 변환 후 peak 값들에 선형 회귀분석(linear regression analysis)을 적용한 값[6]과 CSL(computerized speech lab, Kay Pentax, Lincoln Park, New Jersey, USA)의 CPP 방식이며, 이것은 푸리에 변환 후 40-50 ms 간격 프레임에 씌워 구한 것이다. CSL 방식의 CPP 방식은 회귀분석을 적용한 Hillenbrand의 CPP 방식과는 다르다고 소개되었지만[11], 국외연구에서 소개된 것과는 달리, 국내 병원과 대학교에 설치된 몇몇 CSL 기자재를 확인한 결과, CPP 측정 버튼이 비활성화 되어 있어 그 값을 구할 수 없게 되어 있었고, CSL의 CPP 방식과 Hillenbrand의 CPP 방식을 비교한 연구결과[12]에서도 회귀분석을 적용한 Hillenbrand의 CPP 방식이 음성장에 측정에 더 신뢰할 수 있다고 보고되고 있어, 본 연구에서는 Hillenbrand가 개발한 CPP 측정 방식을 선택하였다.

개발자가 밝힌 CPP 개념과 계산은 다음과 같다[6]. CP(cepstral peak)는 정상적 발성과 기식성 발성 모두에서 포착이 되지만, 비주기적 신호보다는 주기적 신호에서 조화음 구조가 잘 포착되듯이 CP도 더 두드러진다. 결국, 절대적 강도 값을 얻는 것 보다, 이런 CP의 두드러짐(a prominent cepstral peak)을 포착하는 것이 중요한 것이다. CP의 강도는 주기성 정도(양)보다 캡스트럼 분석의 창 크기(window size)와 전체적인 에너지의 영향을 받으므로, CPP를 구하기 위해서는 1 ms와 최대 quefrequency 구간에 선형 회귀분석을 적용하여 CP의 전반적 강도를 정규화(normalization) 시켜 구하였으며, 선형 회귀분석이 적용되었으므로 결과적으로는 CPP는 CP 사이와 이에 대응하는 회귀선 간의 강도 차이 값이 되는 것이다. 기식음은 저주파수대에서 많은 주기성을 보이므로, 무필터링(unfiltered) 된 신호, 2.5 kHz~3.5 kHz 간 밴드필터, 그리고 2.5 kHz의 고음역대필터 간의 CPP를 계산하여, 25.6 ms 윈도우(10 ms time step)를 사용하여 전체 분석 프레임(frame)을 평균처리 하는 방식이다. 이런 계산 방식의 CPP는 SpeechTool 프로그램에서 측정할 수 있고, 이는 Hillenbrand의 홈페이지(<http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/>)에서 내려 받을 수 있다. [12]에서는 Hillenbrand의 다른 프로그

램인 CPP.exe를 사용하여 비교 연구하였지만, 개발자에게 직접 문의한 결과 CPP.exe와 SpeechTool 프로그램의 CPP 계산방식은 동일한 것으로 확인되었다.

임상에서 음향적 분석 도구로 널리 사용하고 있는 Multi-Dimensional Voice Program(MDVP) 프로그램의 경우, 기본주파수를 기반으로 분석이 이루어지므로, 기본주파수 검출이 안 될 정도로 나쁜 음질의 경우, 분석 실패가 발생할 수 있으며, 특히 갑상선 수술 후 환자의 기식 발성에서 그런 경우가 자주 발생한다. 또한 널리 사용되고 있는 범용 프로그램인 Praat의 경우, CP 변환에 오랜 시간이 소요되고, 최종 결과는 CP 테이블로 처리되어 이를 나중에 엑셀에서 수작업을 해야 하는 번거로움이 있다. 그러므로 임상에서 기식 음성 분석에 사용할 수 있는 편리한 분석 도구가 필요하다.

국외연구에서는 기식 음성에 대한 CPP 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 국내에서는 CPP 개념과 이를 임상에 적용한 연구 사례가 없으므로, 본 연구에서는 국외연구에서 소개된 CPP 변수가 국내 기식 음성 연구에 유용한지를 첫 번째로 확인하고, 이어서 주파수대역별 장구간스펙트럼(long term average spectrum, LTAS) 분석을 실시하여, 기식 음성 평가와 CPP 변수에 영향을 주는 특정 주파수대역을 찾아보고자 한다.

2. 연구 대상 및 절차

2.1. 연구 대상자 및 녹음 자료

본 연구는 경기도 소재 모 병원에서 2011년 6월부터 2012년 2월까지 갑상선 수술을 받은 환자 중 음성 변화를 인식하고 이 비인후과로 내원한 환자 중, 후두내시경 검사 상 성대마비로 진단받은 여성 환자 34명을 대상으로 하였다. 모든 환자들은 일반 외과에서 갑상선 수술을 받았으며, 음성평가는 수술 후 1~2개월 사이에 실시하였다. 첫 번째와 두 번째 조화음 분석으로 성별 간 기식음 분석을 하는 것은 바람직하지 않다는 연구결과[13]에 따라, 본 연구에서는 단일 성별(여성만)로 모집하였다.

대상자들은 소음이 통제된 이비인후과 음성검사실에서 최대한 편안히 착석한 상태에서, 숨을 들이마시고 편안한 음도와 강도로 모음 /아/를 길게 연장 발성하여 이를 녹음하였다. 산출 음성은 대상자의 입으로부터 10 cm 떨어진 위치에서 90도 각도로 고정시킨 단일지향성 다이내믹 마이크(Shure SM48, Shure Inc, USA)와 PRE-amplification system(creative SB audigy2 ZS)을 거쳐 녹음되었고, 표본추출률은 50,000 Hz, 양자화는 16 bit이며, 환자가 녹음으로 인해 긴장을 보일 경우, 모음 /아/ 앞에 “아빠, 아빠” 등과 같은 한두 어절을 삽입하여 습관적 음도가 나오도록 유도하였다.

2.2. 청지각적 평가

청지각적 평가는 음성장애를 전공하였고, 3년 이상의 음성치

료 임상 경험이 있는 3명(박사 2명, 박사수료 1명)의 1급 언어 치료사와 1명의 현직 음성학자가 실시하였다. 기식성에 대한 청지각적 평가에 대한 선입견을 배제하기 위하여 이들에게 성 대마비환자의 음성이라는 부가설명을 사전에 제공하지 않았다.

환자들이 녹음한 음성파일을 청지각적 평가용으로 사용하기 위하여 녹음 중 4초 구간을 선택하였고, 음성 강도는 평균 75 dB로 보정하여 사용하였다. 청지각적 평가는 프랏의 스크립트 기능을 이용하여 자동 재생되도록 만들었으며, 음성파일 당 2 번 연속 재생 후 평가를 시작하였고, 평가 중간이라도 재생을 원할 경우, 원하는 횟수만큼 자율적으로 들을 수 있게 세팅 하였다. 재생 순서는 무작위(random) 방식이 되도록 하였고, 청지각적 평가 관련 스크립트 및 부가 설명은 [14]에 제공하였다. 언어치료사들에게는 GRBAS 척도의 모든 항목을 평가하도록 요구하였으며, 음성학자에게는 Breathy 항목만 평가하도록 세팅 하였다.

평가자 내 신뢰도 평가를 위하여 청지각적 평가는 모든 평가 자에서 1차와 2차로 나누어 실시하였고, 1차와 더불어 2차에도 34개 파일 모두를 사용하였다. 본 연구는 기식성에 관한 연구이므로 GRBAS 척도 중 Breathiness 항목만을 사용하여, B0와 B1~B3으로 나누어 기식성 유무에 따라 청지각적으로 기식성이 있는 집단과 기식성이 없는 집단으로 나누었다.

평가자 4인이 각 2회씩 실시한 총 8회 평가 결과 모두에서 B1~B3로 평가된 음성은 청지각적으로 기식성이 있는 집단(기 식 유 집단)으로 분류하고 1회라도 B0로 평가되었으면 청지각 적으로 기식성이 없는 집단(기식 무 집단)으로 분류하였다.

Breathiness 4점 척도(b0, b1, b2, b3)에 대한 [평가자 A] 내 Spearman's ρ 는 0.969($p < 0.01$)이며, [평가자 B]는 0.865($p < 0.01$), [평가자 C]는 0.807($p < 0.01$), [평가자 D]는 0.784($p < 0.01$)로 모든 평가자에서 평가자 내 신뢰도가 높았다. 4명의 평가자 간 Cronbach's α 계수는 0.951로 평가자 간 신뢰도 또한 높게 나타 났다³⁾.

전체 34명 대상자는 21명의 기식 유 집단(Breathy group)과 13명의 기식 무 집단(Non-breathy group)으로 나누었고, 대상자 상세 정보는 <표 1>에 제시하였다.

표 1. 대상자 연령 및 수술정보
Table 1. Information of subjects

	Breathy group	Non-breathy group
Numbers	21	13
Age(mean±SD)	48.3±6.9	51.6±7.7
Total thyroidectomy	19	10
Lt. lobectomy	1	2
Sub total	1	1

3) 청지각적 평가절차는 [14]연구에서 동일한 작업을 실시하였으므로, 재인용되었음을 밝힙니다.

2.3. 분석방법 및 절차

분석용 음성자료는 /아/ 모음 연장발성의 4초 구간으로, CPP 측정은 서론에서 밝힌 *SpeechTool*(J. Hillenbrand, Western Michigan University, Kalamazoo, MI) 프로그램을 이용하여 측정 하였으며, 간혹 4초 발성이 안되는 환자의 경우는 음성파형의 시작부터 끝지점까지를 분석구간으로 선택하여 묵음 구간이 들 어가지 않도록 하였다.

CPP 측정 변수로는 평균 기본주파수(mean F0), mean CPP, mean CPPs이며, CPPs는 CPP를 스무딩(smoothing)한 것이다. 이 해를 돕기 위해 *SpeechTool* 분석창을 <그림 1>에 제시하였다.

LTAS는 기식음에 영향을 주는 주파수 대역을 살펴보고자, 총 9 구간으로 나누어 각 구간의 최소값(min), 최대값(max), 평 균(mean)을 측정하였으며, 단위는 dB이다. 총 9 구간의 주파수 대역은 다음과 같다.

- ① 1 kHz 간격으로 나눈 5개의 주파수 대역 :
[0 - 1] kHz, [1 - 2] kHz, [2 - 3] kHz,
[3 - 4] kHz, [4 - 5] kHz
- ② 0.5 kHz 간격으로 나눈 2개의 주파수 대역 :
[0 - 0.5] kHz, [0.5 - 1] kHz
- ③ 2 kHz 간격으로 나눈 2개의 주파수 대역 :
[0 - 2] kHz, [2 - 4] kHz

LTAS 측정 스크립트 핵심 부분을 기술하면 다음과 같다. 주 파수 대역별로 분리된 LTAS 신호를 <그림 2>에 제시하였다.

```
Select... 0 duration
Extract selected sound (windowed)... slice Gaussian 1 1 y
# 0-1000 필터링 구간(min1,max1)
Filter (pass Hann band)... 0 1000 100
To Ltas... 100
min1 = Get minimum... 0 1000 None
max1 = Get maximum... 0 1000 None
```

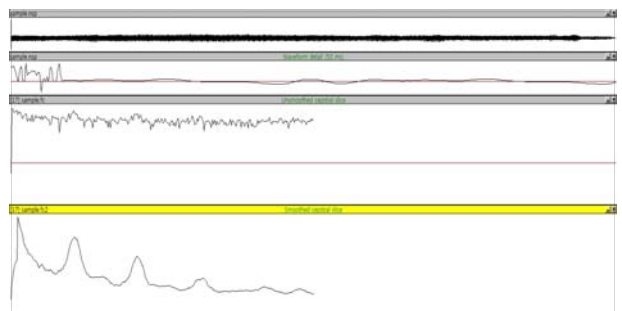


그림 1. *SpeechTool* 분석화면(하방순으로 음성파형, 50ms의 음성파형, CPP 분석창, CPPs 분석창 임)

Figure 1. Window of *SpeechTool* program [waveform(top), waveform detail of 50ms, unsmoothed cepstral slice, smoothed cepstral slice(bottom)]

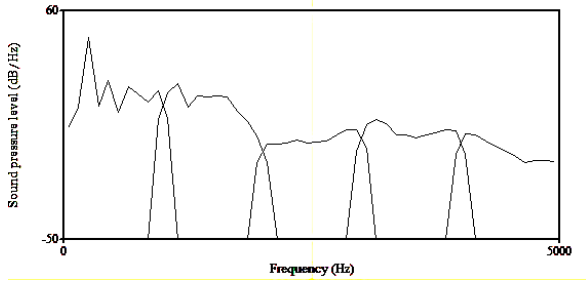


그림 2. 주파수 대역별 LTAS 모습
Figure 2. Signals of LTAS in each frequency band

통계는 SPSS 13.0™(SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하여 기식 유무 집단 간의 평균 차이를 독립 표본 *t*-test로 검정하였다 ($p < .05$). 집단 간 변수의 정규성(normality) 검정결과, mean F0의 기식 무 집단($p = .034$)과 mean CPP의 기식 유 집단($p = 0.019$), [0 - 1] kHz mean의 기식 유 집단($p = .029$)에서만 정규성 위배를 보였고, 나머지 변수에서는 정규성이 모두 확보되었다. 많은 변수들에서 정규성이 확보되었으므로 비모수 검정보다는 모수 검정으로 비교하기로 하였고, 정규성 검정인 Shapiro-Wilk 결과는 [부록 1]와 [부록 2]에 제시하였다.

3. 연구 결과

CPP 분석 관련하여 기식 유 집단과 기식 무 집단 간의 독립 표본 *t*-검정 결과, mean F0는 기식 유 집단(206.6 ± 26.4)이 기식 무 집단(178.4 ± 44.5)보다 높았으나, 통계적으로 유의하지 않았다 ($p = 0.054$). mean CPP($p < .001$)와 mean CPPs($p < .001$)는 통계적으로 유의하였으며, 각 변수의 평균과 표준편차는 기식 무 집단보다 기식 유 집단에서 높았다(<표 2>, <그림 3> 참조).

LTAS 분석 관련하여 기식 유 집단과 기식 무 집단 간의 독립 표본 *t*-검정 결과, 최소값(min)에서는 [0 - 1] kHz, [0 - 2] kHz 대역에서 집단 간 차이가 있었으며, 최대값(max)에서는 [1 - 2] kHz, [0.5 - 1] kHz 대역, 평균값(mean)에서는 [0 - 1] kHz, [0.5 - 1] kHz 대역에서 집단 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다(<표 3> 참조).

표 2. CPP 분석 관련 유의한 변수 및 기술통계량
Table 2. Significant parameters & statistics related to CPP between groups

	Breathy group	Non-breathy group	p^{\S}
mean CPP	11.3±2.3	19.4±2.7	< .001
mean CPPs	3.4±2.6	9.4±1.6	< .001

§ Independent Samples *t*-test

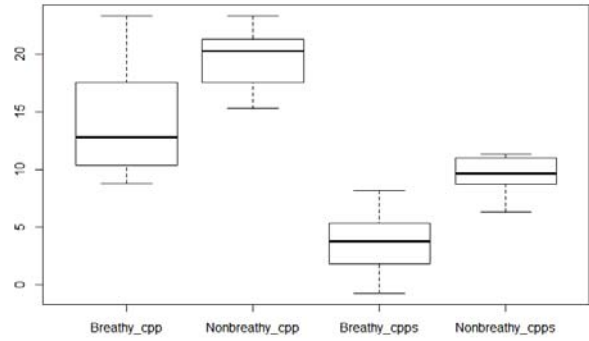


그림 3. 집단 간 CPP와 CPPs 평균 및 표준편차
Figure 3. Boxplot of CPP & CPPs between groups

표 3. LTAS 분석 관련 유의한 변수 및 기술통계량
Table 3. Significant parameters & statistics related to LTAS between groups

		Breathy group	Non-breathy group	p^{\S}
[0 - 1] kHz	min	4.63±7.90	0.71±2.89	.049
	mean	18.60±5.58	22.93±6.51	.048
[1 - 2] kHz	max	29.19±5.08	34.05±4.85	.010
[0.5 - 1] kHz	max	27.09±6.55	39.37±5.27	< .001
	mean	18.42±5.82	26.34±7.44	.002
[0 - 2] kHz	min	2.04±5.60	-1.90±4.77	.043

§ Independent Samples *t*-test

4. 결론 및 논의

연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, CPP 변수는 기식 유 집단과 기식 무 집단 간 유의한 평균차이가 관찰되었으며, CPPs도 동일한 결과를 보였다.

둘째, CPP와 CPPs의 평균 수치는 기식 유 집단 보다 기식 무 집단에서 높았다. 이는 기식 무 집단이 기식 유 집단보다 조화음 구조가 잘 구축되었을 것이고 캡스트럼 변환 후 CPP 수치에 영향을 주는데 기인하여, 기식 무 집단의 CPP 수치가 상승하였다. 이 결과는 대조군과 편측성대마비군의 CPP 비교 연구 [11]에서 대조군이 성대마비군보다 높은 수치를 보인 결과와도 일치한다.

셋째, LTAS 분석결과, [0 - 1] kHz의 최소값과 [0 - 2] kHz 최소값은 기식 유 집단이 기식 무 집단 보다 크고, [1 - 2] kHz 와 [0.5 - 1] kHz의 최대값은 기식 무 집단이 기식 유 집단 보다 높았다. 이는 기식 유무의 음성은 0~2 kHz까지 주파수 대역에서 조화음들의 강도 차이가 있음을 알 수 있으며, 기식 무 음성의 강도 최고점(peak)은 기식 유 음성보다 높은 반면, 강도 최저

점(valley)은 기식 무 음성이 기식 유 음성보다 더 낮음을 알 수 있다.

CPP는 조화음의 양과 강도에 영향을 받는 변수로써, 이를 공기역학적 변수와 연관 지어 살펴볼 수 있다. 청지각적 평가에 따른 기식 유무 집단에 대한 공기역학적 및 음향적 분석을 다룬 [14] 자료를 살펴보면, 기식 유 집단은 성대접촉이 기식 무 집단에 비해 떨어져, 성문하압과 호기류율이 높아도, 음성강도를 높이기 어려워, 결국 성문하압과 호기류율이 낮고 음성강도가 높은 기식 무 집단의 음성효율이 기식 유 집단보다 높은 결과를 보였다. 선행연구의 결과를 미루어볼 때, 본 연구에서 기식 무 집단의 CPP와 CPPs 수치가 기식 유 집단 보다 높은 것은 공기역학과 음향적으로 상관이 있으며, 타당한 근거를 갖고 있다고 보여진다.

집단 간 차이가 0~2 kHz에서만 변화를 보인 점은 분석자료의 영향으로 생각된다. 모음 /a/의 특성상 1 kHz 이하에 주요 포먼트 에너지가 분포하고 있으며 상대적으로 1 kHz 이상의 고주파수 대역에서는 에너지가 적다. 따라서 대화 혹은 문단 읽기 과제처럼 다양한 음소가 존재하는 발성자료를 분석한다면 모음 발성보다는 다양한 에너지 분포를 고려한 분석을 할 수 있을 것이며, 기식성 유무 집단에서 그 결과가 어떻게 나타날지는 추후 연구를 해보아야 할 것이다. 하지만, 기식음의 경우 2~5 kHz의 LTAS 에너지 하강을 보고한 연구 [15]와 청지각적 판단으로 평가된 좋은 음질은 3~4 kHz의 LTAS 주파수 대역에서 강한 강도를 보인다는 연구 [16]을 볼 때, 본 연구의 음성이 모두 성대마비환자의 음성이므로 고주파수 대역에서 LTAS 변화량이 집단 간 차이가 없음은 어쩌면 당연한 결과로도 생각될 수 있다.

본 연구는 CPP 변수가 성대마비환자의 기식 음성 분석에 유용한지를 살펴본 연구로서, 임상에서 기식 음성 분석용으로 CPP 변수는 타당한 변수라고 판단하며, LTAS 분석결과, 기식성 유무에 따라 0~2 kHz에서 에너지 강도의 수치 변동을 확인하였다.

감사의 글

음성녹음을 허락해주신 환자분들과 청지각적 평가에 참여해주신 김재욱 교수님, 윤규철 교수님, 황연신 선생님께 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

[1] Stumiolo G., D'Alia, C., Tonate A., Gagliano E., Taranto F., & Lo Schiavo M. G. (1999). The recurrent laryngeal nerve related to thyroid surgery, *American Journal of Surgery*, Vol. 177, No 6, 485-488.

[2] Aronson, A. E. (1990). *Clinical Voice Disorders*. 3rd ed., New York: Thieme.

[3] Colton, R. A., & Casper, J. K. (1990). *Understanding Voice Problems: A Physiological Perspective for Diagnosis and Treatment*. Baltimore: Williams and Wilkins.

[4] Boone, D. R., & McFarlane, S. C. (1988). *The Voice and Voice Therapy*, 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

[5] Klatt, D. H., & Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers, *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 87, 820-857.

[6] Hillenbrand, J., Cleveland, R. A., & Erickson, R. L. (1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality, *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 37, 769-778.

[7] Awan, S. N., & Roy, N. (2006). Toward the development of an objective index of dysphonia severity: a four factor acoustic model, *Clinical Linguistic & Phonetics*, Vol. 20, No. 1, 35-49.

[8] Awan, S. N., & Roy, N. (2009). Outcomes measurement in voice disorders: application of an acoustic index of dysphonia severity, *Journal of Speech, Language & Hearing Research*. Vol. 52, No. 2, 482-499.

[9] Eadie, T. L., & Baylor, C. R. (2006). The effect of perceptual training on inexperienced listener's judgments of dysphonic voice, *Journal of Voice*, Vol. 20, No 4, 527-544.

[10] Kent, R. D., & Read, C. (2002). *Acoustic analysis fo speech*, 2nd ed., United States: Singular.

[11] Radish, K. B., Jayashree S. B., Sahikha, F., & Ria, R. (2009). Cepstral analysis of voice in unilateral adductor vocal fold palsy, *Journal of Voice*, Vol. 25, No. 3, 326-329.

[12] Herman-Ackah, Y. D. (2004). Reliability of calculating the ceptral peak without linear regression analysis, *Journal of voice*, Vol. 18, No. 2, 203-208.

[13] Adrian, P. S. (2012). The first and second harmonics should not be used to measure breathiness in male and female voice, *Journal of phonetics*, (in press).

[14] Kang, Y. A., Yoon, K. C., & Kim, J. O. (2012). An Aerodynamic and acoustic analysis of the breathy voice of the patients with thyroidectomy, *Journal of the Korean Society of speech Science*, Vol. 4, No. 2, (in press).
(강영애, 윤규철, 김재욱 (2012). 갑상선 수술 후 성대마비 환자의 기식 음성에 대한 공기역학적 및 음향적 분석, 말소리와 음성과학, 4권, 2호, 인쇄 중).

[15] Dana, M. H., Stephane, H., Jaqueline, V., Marc, R., & Daniel, F. B. (2001). Objective voice quality analysis before and after onset of unilateral vocal fold paralysis, *Journal of Voice*, Vol.

15, No. 3, 351-361.

[16] Timo, L. (2009). Long term average spectrum in screening of voice quality in speech: untrained male university students, *Journal of Voice*, Vol. 23, No. 6, 671-676.

• **강영애(Kang, Youngae) 제1저자**

대전광역시 유성구 궁동 220번지

Email: redoffice1@yahoo.co.kr

관심분야: 음성장애, 신경말-언어장애, 장애음성분석

현재 충남대학교 언어병리학과 시간강사

• **성철재(Seong, Cheoljae), 교신저자**

충남대학교 인문대학 언어학과

대전광역시 유성구 궁동 220

Email: cjseong49@gmail.com

관심분야: 운율분석, 장애음성분석

현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수

부록 1. CPP 관련 변수의 Shapiro-Wilk 정규성 검정

Parameter	Group	Statistic	df	Sig.
mean_F0	1	0.977	21	0.868
	2	0.856	13	0.034
mean_cpp	1	0.886	21	0.019
	2	0.934	13	0.387
mean_cpss	1	0.966	21	0.633
	2	0.926	13	0.297

1: Breathy group, 2: Nonbreathy group

부록 2. LTAS 관련 변수의 Shapiro-Wilk 정규성 검정

Parameters	Group	Statistic	df	Sig.	
[0-1] kHz	min	1	0.963	21	0.574
		2	0.972	13	0.919
	max	1	0.939	21	0.207
		2	0.954	13	0.662
	mean	1	0.896	21	0.029
		2	0.966	13	0.847
[1-2] kHz	min	1	0.911	21	0.057
		2	0.972	13	0.917
	max	1	0.949	21	0.328
		2	0.948	13	0.570
	mean	1	0.984	21	0.971
		2	0.979	13	0.973
[2-3] kHz	min	1	0.972	21	0.780
		2	0.954	13	0.663
	max	1	0.992	21	1.000
		2	0.992	13	1.000
	mean	1	0.970	21	0.737
		2	0.949	13	0.591
[3-4] kHz	min	1	0.976	21	0.859
		2	0.907	13	0.167
	max	1	0.968	21	0.683
		2	0.944	13	0.513
	mean	1	0.962	21	0.552
		2	0.973	13	0.926
[4-5] kHz	min	1	0.965	21	0.626
		2	0.939	13	0.444
	max	1	0.979	21	0.911
		2	0.953	13	0.640
	mean	1	0.941	21	0.227
		2	0.952	13	0.632
[0-0.5] kHz	min	1	0.962	21	0.553
		2	0.973	13	0.923
	max	1	0.950	21	0.337
		2	0.972	13	0.912
	mean	1	0.912	21	0.059
		2	0.957	13	0.711
[0.5-1] kHz	min	1	0.972	21	0.774
		2	0.933	13	0.370
	max	1	0.962	21	0.556
		2	0.937	13	0.425
	mean	1	0.931	21	0.142
		2	0.964	13	0.819
[0-2] kHz	min	1	0.976	21	0.853
		2	0.886	13	0.087
	max	1	0.970	21	0.740
		2	0.955	13	0.676
	mean	1	0.963	21	0.586
		2	0.960	13	0.757
[2-4] kHz	min	1	0.974	21	0.809
		2	0.939	13	0.450
	max	1	0.982	21	0.954
		2	0.941	13	0.474
	mean	1	0.981	21	0.937
		2	0.914	13	0.210

1: Breathy group, 2: Nonbreathy group