

기식 등급에 따른 CPP (Cepstral Peak Prominence) 분석 비교

A comparison of CPP analysis among breathiness ranks

강 영 애¹⁾ · 구 본 석²⁾ · 조 철 우³⁾

Kang, Youngae · Koo, Bonseok · Jo, Cheolwoo

ABSTRACT

The aim of this study is to synthesize pathological breathy voice and to make a cepstral peak prominence (CPP) table following breathiness ranks by cepstral analysis to supplement reliability of the perceptual auditory judgment task. KlattGrid synthesizer included in Praat was used. Synthesis parameters consist of two groups, i.e., constants and variables. Constant parameters are pitch, amplitude, flutter, open phase, oral formant and bandwidth. Variable parameters are breathiness (BR), aspiration amplitude (AH), and spectral tilt (TL). Five hundred sixty samples of synthetic breathy vowel /a/ for male were created. Three raters participated in ranking of the breathiness. 217 were proved to be inadequate samples from perceptual judgment and cepstral analysis. Finally, 343 samples were selected. These CPP values and other related parameters from cepstral analysis are classified under four breathiness ranks (B0~B3). The mean and standard deviation of CPP is 16.10±1.15 dB(B0), 13.68±1.34 dB(B1), 10.97±1.41 dB(B2), and 3.03±4.07 dB(B3). The value of CPP decreases toward the severe group of breathiness because there is a lot of noise and a small quantity of harmonics.

Keywords: KlattGrid synthesizer, breathy voice, perceptual judgment, cepstral peak prominence(CPP)

1. 서 론

기식음성(breathy voice)은 성대의 불완전 내전으로 공기가 성문으로 새어나와 발생하는 음질로 성대마비, 외전형 연축성 발생장애, 후두외상, 후두 종양 등의 문제로 야기된다.

기식음성은 정상발성에 비해서 상대적으로 음성강도가 약하고 고주파수대역에서 들리는 혹은 들리지 않는 기식 소음(aspiration noise)이 존재하며, 제 1 조화음과 제 2 조화음이 둔 들려지므로 스펙트럼이 더 가파른 기울기를 가진다(Klatt &

Klatt, 1990).

Liljencrants-Fant(LF) 음성합성 모델에서 기식음성은 진동하는 성대 사이로 빠르게 나오는 난기류에 의해 형성된 소음으로, 발생하는 동안 성대 뒤쪽, 피열연골 근처에 성문(glottal opening chink)이 직접적인 원인으로 설명된다(Mehta & Quatieri, 2005).

이런 기식음성은 이비인후과 임상에서 기능-기질적 음성장애환자에게서 많이 관찰되며 음성검사의 한 항목제인 청지각 평가를 통해서 진단된다. 청지각 평가는 국내 언어치료사의 보편-필수적인 업무로(Choi, 2013), 국내에서는 1975년 일본 음성언어학회에서 제안한 GRBAS 척도가 널리 사용되고 있다. 하지만 음질을 하나의 개별 요소들로 나누어 평가한다는 자체가 어려운 작업인 동시에(Gerratt et al., 2001), 주관적인 평가가 갖는 평가자의 주관적 심리 반영, 숙련도, 음질 영향에 따른 일관성과 신뢰성에 취약하다는 문제를 청지각 평가는 갖고 있다(Ma & Yiu, 2006; Kent, 1996).

음성검사는 주관적 평가와 객관적 평가의 상호보완적인 방법을 통해서 이루어진다. 객관적 평가로 대표적인 음향 분석은 Multi-Dimensional Voice Program(MDVP) 사용이 일반적이다.

-
- 1) 충남대학교 kangyoungae1@naver.com 제1저자
2) 충남대학교 bskoo515@cnu.ac.kr
3) 창원대학교 cwjo@changwon.ac.kr 교신저자

본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음
(과제번호: NRF-2013S1A5B5A07045698)

접수일자: 2014년 12월 7일
수정일자: 2015년 3월 13일
게재결정: 2015년 3월 18일

이 프로그램은 기본주파수를 기반으로 분석이 이루어지므로 기본주파수 검출이 안 될 정도로 나쁜 음질의 경우는 분석에러가 발생하며, 특히 기식음성에서 그런 경우가 자주 발생한다. 이런 방법론적인 문제점 때문에 기식음성분석에서는 Cepstral Peak Prominence(CPP) 변수의 유용성이 보고되었다(Awan et al., 2006; Awan et al., 2009; Eadie et al., 2006). CPP는 캡스트럼(cepstrum) 생성 후 구할 수 있는데, 캡스트럼은 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 캡스트럼은 로그 스펙트럼의 푸리에 변환 결과물이다. FFT(Fast Fourier Transform)가 주파수 성분 추출의 알고리즘이라면, 캡스트럼은 크기 값의 명확성이 떨어지는 FFT 결과의 보완 알고리즘이라고 할 수 있다(Kent et al., 2002). CPP는 음성신호 중 조화음 양(degree of harmonics)을 기반으로, 전체 강도를 정규화(normalized)한 강도 측정값으로(Hillenbrand et al., 1994) 기식음성분석에 타당한 변수(Klatt et al, 1990)로 알려져 있다(강영애 외, 2012b 재인용).

기식음성의 청각적 평가에 대해 보완적 음향정보를 제공하기 위해, 본 연구에서는 음향변수를 정량적으로 통제된 기식음성합성을 통해 기식등급별 CPP 수치를 알아보고자 한다. 이런 기식등급별 CPP 정보는 주관적 평가의 일관성 문제를 객관적 음향 정보로 보완해 줄 것으로 생각한다.

2. 연구 방법 및 절차

2.1 연구 방법

본 연구는 남성 모음/아/를 연구대상으로 삼고 합성하였다. 음성합성은 병렬적 장애음성 합성에 적절하다는 평가를 받은 KlattGrid 합성기(Bangayan et al., 1997; Weenink, 2009)를 사용하였다. 합성기를 간략히 설명하면 포먼트 합성방식을 기반으로 음원부와 비강 공명기(2개), 성대 공명기(6개), 무성음 합성을 위한 병렬 공명구조로 구성되어 있고 모음은 일반적으로 6개의 직렬 공명기를 통해서 생성한다.

일반적으로 알려진 기식음성 합성관련 파라미터에는 성대진동의 불규칙성을 반영한 Flutter, 성대 열린 순간에 새어 나오는 잡음을 반영한 Breathiness, 성대진동 거쳐 나오는 모든 잡음을 반영한 Aspiration, 유성음원의 스펙트럼 기울기를 반영한 Spectral tilt(TL) 등이 있다. 장애음성 합성 선행연구를 살펴보면, 기식성은 F0, Jitter, Shimmer, Flutter 변수와 관련이 없는 반면 Glottal Noise Energy(NNE), Aspiration Amplitude(AH), Open Quotient(OQ) 변수와 상관을 보였다(Huang, 1999; Shrivastav et al., 2011). 본 연구에서는 거론된 변수들을 참고하여 Praat에 탑재된 KlattGrid 합성기능을 사용하여 합성하였고, 절차는 아래와 같다.

단계 1. 모든 파일의 합성길이(Total Duration, TD)는 4초로

하였다.

단계 2. 남성음 합성이므로 F0 130 Hz로 하였고, 음도티어(pitch tier) 3개(0.1, TD/2, TD-0.1)를 두었다.

단계 3. 음성 강도(Voicing Amplitude)는 60 dB로 음도 티어와 동일 시간 위치에 두었으며 평탄화(flat) 처리를 하였다.

단계 4. Flutter(0.1)와 Open Phase(0.5)는 상수로 처리하였다. 두 변수를 상수로 처리한 이유는 Flutter 수치가 1에 가까워질수록 음성떨림(tremor) 특성이 커져 기식성 평가에 방해를 주었고 0으로 처리하거나 변수를 뺀 경우 자연스러운 음성 흔들림 특성이 없어지므로, 사전실험을 거쳐 기식성 평가에 영향을 주지 않으면서 자연스러운 음성을 합성하기 위해 Flutter 값을 0.1로 선택하였다. 선행연구(Bangayan et al., 1997)에서 OQ를 0.5로 처리하여 좋은 합성결과를 도출하였기에 본 연구의 Open Phase는 선행연구 OQ와 같은 의미이므로 0.5로 처리하였다. 또한 사전실험에서 낮은 수치에서 귀여지는 음질(strained voice) 발생과 0.5에서 안정적인 음질형성을 확인하였다.

단계 5. Breathiness(BR), Aspiration Amplitude(AH), Spectral Tilt(TL)는 기식성에 직접적으로 영향을 주는 변수로, 사전실험에서 변수를 하나씩만 선택하고 두 개의 다른 변수는 고정된 상태에서 선택 변수를 0~100까지 5 단위씩 대응시켜 이중음이 나오지 않는 범위를 구하였으며 이는 <표 1>에 ‘선별된 합성 대응값’에 제시하였고, ‘예외’ 값은 기식음성의 심한 장애음성 특성이 합성시료에 반영되는 것이 임상적 현실성이 있다는 판단 하에 이중음이 나오지 않는 범위에 있는 90 수치를 동일하게 선택하였다. BR과 AH 단위는 dB이다.

단계 6. 공명주파수 (oral formant, F)와 공명주파수대역(bandwidth, BW)을 각 4개씩 선정하였고, F1 685 Hz, F2 1110 Hz, F3 2850 Hz, F4 3500 Hz로, BW1 50, BW2 50, BW3 50, BW4 50이다.

표 1. 합성변수 대응값
Table 1. A list of parameter values for synthesis

변수	총대응값	
	선별된 합성 대응값	예외
BR	0, 5, 10, 20, 25, 30, 40	90
AH	0, 5, 10, 15, 20, 25	90
TL	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	90

이상을 정리하면, 합성변수는 상수변수 12개(F0, Voicing Amplitude, Flutter, Open Phase, F1, F2, F3, F4, BW1, BW2, BW3, BW4)와 유동적인 대응값을 갖는 변수 3개(BR, AH, TL)이며, 3개의 변수에 선별된 합성대응값을 각 10개, 7개, 8개를 조합하여 총 560개(10×7×8=560) 합성파일을 생성하였다.

독자의 이해를 위해 합성 후 변수를 달리하여 기식성에 차이를 준 합성파일의 파형과 스펙트로그램을 <그림 1>에 제시

하였다.

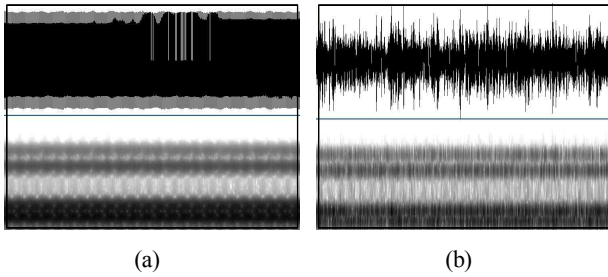


그림 1. 기식합성음 파형 (a) BW(20)-AH(0)-TL(0), (b) BW(90)-AH(0)-TL(0)

Figure 1. Synthetic breathy voice samples

2.2 청지각 평가 및 통계

560개 합성파일을 대상으로 GRABS 척도 중 기식성 (Breathiness) 만을 평가하였다. 청지각 평가단은 다년간 음성 청지각 평가를 수행 해온 총 3인으로 언어병리학 전공자 2명 (박사 1명, 석사 1명, 종합병원 근무자로 임상경력 5년 이상), 이비인후과 전공의(3년차) 1명으로 구성하였고, 3인 모두 순음 청력검사결과 10dB 이하 역치를 보여 청력에는 문제가 없었다.

합성 단계 5의 사전실험에서 이중음을 만드는 각 변수 값을 확인하고 배제하였지만 종합적으로 변수들을 통합하여 합성하면서 다시 이중음이 들리는 파일들이 있어 청지각 평가에서 이를 걸러내는 작업이 필요하였다. 그래서 평가항목으로 Breathiness(B0-B4)와 합성오류를 걸러내기 위해 [합성불합격] 항목을 같이 두어, 기식성이 모음발성과 분리되어 이중으로 들릴 경우와 기계음처럼 인식되는 경우는 합성불합격으로 표시하도록 요구하였다.

청지각 평가는 Praat의 스크립트 기능을 이용하여 무작위 (random) 방식으로 자동 재생되도록 구성하였고(강영애 외, 2012a) 반복재생을 원할 경우 원하는 횟수만큼 음성을 들을 수 있게 하였으며 재생강도는 60dB로 세팅하였다.

평가자 3인의 기식성 평가가 불일치 할 경우, 다수 의견을 따랐으며 3명 모두 평가 불일치일 경우 재평가를 실시하여 기식등급을 매겼고, 평가자 중 한명이라도 합성불합격으로 평가했다면 나머지 두 명이 기식성이 일치하여도 해당 파일은 제외하였다. 평가자 내 신뢰도 검증을 위하여 합성음성 파일 중 10%에 해당하는 56개 파일을 무작위로 선택하여 2차에 걸쳐 실시하였다. 평가자 내 신뢰도는 [평가자 A] Cronbach's α 계수 0.87, [평가자 B] 0.94, [평가자 C] 0.98이며, 평가자 간 상관은 [평가자 A-B] 0.77($p < 0.001$), [평가자 B-C] 0.96($p < 0.001$), [평가자 A-C] 0.79($p < 0.001$)로 높은 상관을 보였다.

캡스트럼 분석은 CSL(computerized speech lab, Kay Pentax Inc., USA)의 ADSV™ 프로그램을 사용하였다. 기식음성은 F0 주기성을 찾기 어려워 기존 스펙트럼 분석에서 오류를 많이 보인다. 캡스트럼 분석에서도 빈도가 낮지만 이런 오류가 나올

수 있다. 즉, 캡스트럼 분석이 스펙트럼 분석보다 주기성 계산이 탁월하지만 완벽하지 않다는 의미이다. 캡스트럼 분석 결과, F0가 130 Hz(± 10)가 아닌 경우는 주기성 계산오류도 판정하고 통계처리에서 제외하였다.

합성음성 560개 파일 중 이중음으로 평가된 77개 파일과 캡스트럼 분석시 F0 측정 분석오류를 보인 140개 파일을 제외한 최종 343개 파일에 대하여 SPSS 20.0™(SPSS Inc., Chicago, IL)로 기식등급별 CPP 일원분산분석, 선형회귀분석, 기술통계 분석을 실시하였다.

3. 연구 결과

청지각 평가 따른 기식등급별 CPP 평균과 표준편차는 16.10 \pm 1.16(B0), 13.68 \pm 1.34(B1), 10.97 \pm 1.41(B2) 3.03 \pm 0.19(B3)로, 기식성이 높게 평가될수록 CPP는 감소하였다(<표 2>, <그림 2> 참조). 참고로 343개 파일의 캡스트럼 분석의 변수별 기술통계량은 [부록 1]에 제시하였다.

표 2. 기식등급별 CPP와 CPP SD의 평균과 표준편차
Table 2. Mean & standard deviation of CPP & CPP_SD following Beathiness rank

	N	CPP (mean \pm SD)	CPP SD (mean \pm SD)
B0	243	16.10 \pm 1.15	0.24 \pm 0.03
B1	58	13.68 \pm 1.34	0.24 \pm 0.03
B2	8	10.97 \pm 1.41	0.29 \pm 0.05
B3	34	3.03 \pm 4.07	0.91 \pm 0.11

단위: dB

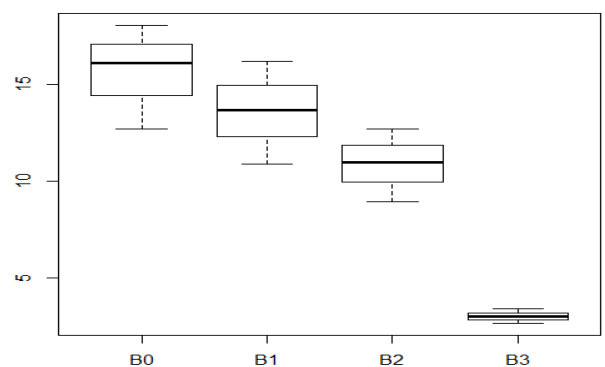


그림 2. 기식등급별(x축) CPP 평균(y축)

Figure 2. Mean of CPP(y axis) following breathiness rank(x axis)

기식등급별 CPP 일원분산분석 결과, $F_{0.05}(3, 339) = 1328.47$ ($p < 0.001$)로 유의미한 차이를 보였고 Tukey 사후검정 결과에서 모든 기식등급별 간 유의미한 차이가 있었다. CPP를 종속변수로 기식등급을 독립변수로 한 선형회귀분석을 적용하여 기식

등급별 CPP 예측력을 구하면 수식 (1)과 같다.

$$CPP = 16.356 - 4.038x \quad (1)$$

(CI 95%, 상수 16.185-16.526, 절편 -4.197-3.880)

R^2 (결정계수)는 0.881로, CPP 수치로 기식등급을 88% 설명할 수 있으며, CPP 수치가 16.356 이상이면 B0으로, 12.318 이상이면 B1, 8.280 이상이면 B2, 4.242 이상이면 B3으로 예측된다고 설명된다.

4. 결론 및 논의

본 연구는 기질-기능성 음성장애에서 흔히 관찰되는 기식음성에 대하여 음향변수를 정량적으로 분배한 합성음을 생성하고 이를 기식등급별 CPP 수치를 제시한 것이다.

연구결과를 정리하면, 기식성이 높을수록 CPP는 낮아진다. 이는 기존의 장애음성 연구에서 기식성이 많을수록 스펙트럼 상에서 조화음의 양과 강도가 줄고 소음의 양이 증가하므로 캡스트럼 상에서도 조화음에 상응하는 화조음(rahmonics)의 흔들림이 낮아짐과 같은 의미로 해석된다. 또한, 기식등급별로 예견 CPP 수치를 살펴보면 CPP 16.35 이상이면 기식성 없는 음성(B0)으로, 12.31 이상이면 약한 기식음성(B1)으로, 8.28 이상이면 중간 기식음성(B2), 4.24 이상이면 심한 기식음성(B3)으로 예견된다.

선행연구에서 기식음성 관련 음향 변수는 Jitter, Shimmer, Harmonic-to-noise ratio, Cepstral peak의 크기, 스펙트럼에서의 제 1 조화음과 제 2 조화음의 봉우리 크기, 고주파대역의 에너지 등 있지만 연구를 진행하면서 이런 변수들은 합성기 변수들과 연광성은 있으나 직접적으로 대응시킬 수는 없으며 그 상관관계는 또 다른 큰 연구 주제가 됨을 알았다. 즉, 분석과 합성 간의 일대일 대응으로 동일 변수가 존재하지 않는다.

연구과정 중 BR, AH 같은 특정 변수 하나만을 증가시켰을 때 일정 값에서 이중음으로 들리는 현상이 있었다. 이는 잡음이 음성 레벨을 초과한 상태로 현재의 합성방식이 발성과정에서 잡음이 들어가게 하는 것이 아니라 단순히 잡음을 섞는 작업이기 때문으로 생각되며, 또 다른 원인으로서는 현재 합성기의 음원 형태에 있다고 생각할 수 있다. 현재 합성기는 정상발성의 음원을 모델로 하고 있다. 즉, 성대의 열림과 닫힘이 완전한 형태를 기준으로 하는데 기식음성의 경우는 성대의 여닫음이 완전하지 않은 부드러운 형태의 음원이 될 것이므로 여기에 근본적인 음원 차이가 존재한다. 따라서 어느 정도 기식성이 적은 음성 합성은 유효하지만 기식성이 많은 음성 합성은 현재의 기술로는 근본적 한계가 있다. 이는 앞으로 계속적인 합성기 분야의 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

본 연구의 의의는 정량적으로 기식성을 배분한 음성합성 기

법을 소개한 것과 기식등급별 CPP 수치를 만든 것이라고 할 수 있다. 또한 본 연구에서 소개된 음성합성 기법을 기식음성 이외 다른 음질, 예를 들어 귀어짜는 음성, 목선 음성 같은 음성 합성에도 이용 가능하므로 병리적 장애 음성합성 및 연구에 이용 가능할 것으로 생각한다. 기식등급별 CPP 자료는 임상에서 청지각 평가 과제에서 많이 지적받는 평가자 간-내 신뢰도 문제를 극복하는데 뒷받침해 줄 보조도구로 활용할 수 있기 때문에 앞으로 청지각 평가의 취약점을 보완해 줄 수 있을 것으로 생각한다. 하지만 캡스트럼 분석 정보가 임상에서 활용되기 위해서는 후속 연구로 본 연구의 기식등급별 캡스트럼 분석자료 기반으로 실제 환자 음성을 대상으로 기식등급별 분류가 잘 이루어지는지 확인 작업이 필요하며 이는 추후 진행할 예정이다.

참고 문헌

- Awan S. N., & Roy N.(2006). Toward the development of an objective index of dysphonia severity: a four factor acoustic model. *Clinical Linguistic & Phonetics*. 20, 1, 35-49.
- 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*. 52, 2, 482-499.
- Bangayan P., Long C., Alwan A., Kreiman J., & Gerratt B.(1997). Analysis by synthesis of pathological voices using the Klatt synthesizer. *Speech communication*. 22, 4, 343-368.
- Choi S. H.(2013). Speech-language pathologists' voice assessment and voice therapy practices: a survey for standard clinical guideline and evidence-based practice. *Communication Sciences & Disorders*. 18, 4, 473-485.
- (최성희(2013). 음성언어재활사의 음성평가와 음성치료의 임상실제: 표준 임상지침과 증거기반중재를 위한 설문조사. *언어청각장애연구*. 18, 4, 473-485.)
- Eadie T. L., & Baylor C. R.(2006). The effect of perceptual training on inexperienced listener's judgments of dysphonic voice. *Journal of Voice*. 20, 4, 527-544.
- Gerratt B. R., & Kreiman, J.(2001). Measuring vocal quality with speech synthesis. *Journal of the Acoustical Society of America*. 110, 5, 2560-2566.
- Huang D. Z.(1999). Relationship between acoustic measures of voice and judgments of voice quality. <http://www.drspeech.com/Paper.html#Relationship>
- Hillenbrand J., Cleveland R. A., & Erickson R. L.(1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech and Hearing Research*. 37, 769-778.

Kang Y. A., Yoon K. C., & Kim J. O.(2012a). An aerodynamic and acoustic analysis of the breathy voice of the patients with thyroidectomy. *Journal of the Korean Society of speech Science*. 4, 2, 95-104.
(강영애, 윤규철, 김재옥(2012a). 갑상선 수술 후 성대마비 환자의 기식 음성에 대한 공기역학적 및 음향적 분석. *말소리와 음성과학* 4, 2, 95-104.)

Kang Y. A. & Seong C. J.(2012b). A Cepstral analysis of breathy voice with vocal fold paralysis. *Journal of the Korean Society of speech Science*. 4, 2, 89-94.
(강영애, 성철재(2012b). 성대마비로 인한 기식 음성에 대한 Cepstral 분석. *말소리와 음성과학* 4, 2, 89-94.)

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*. 87, 820-857.

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

Kent R. D.(1996). Hearing and believing: Some limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *Journal of Speech Language Pathology of America*. 5, 7-23.

Ma E. & Yiu E.(2006). Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *Journal of Voice*. 20, 3, 380-390.

Mehta D. & Quatieri, T. F.(2005). Synthesis analysis, and pitch modification of the breathy vowel. *2005 IEEE workshop on applications of signal processing to audio and acoustics*.

Shrivastav R., Camacho A., Patel S., & Eddins D. A.(2011). A model for the prediction of breathiness in vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*. 129, 3, 1605-1615.

Weenink D.(2009). The KlattGrid speech synthesizer, *Proceedings of Interspeech2009*. 10, 2059-2062, Brighton, United Kingdom, September 6-10.

감사의 글

칭지각 평가에 도움을 주신 충남대병원 류경아 선생님과 충북대병원 이송이 선생님, 통계자문을 해주신 예방의학과 이태용 교수님과 권인선 박사님께도 깊은 감사를 드립니다. 본 연구는 2013년도 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다. (과제번호: NRF-2013S1A5B5A07045698).

• 강영애(Kang, Youngae) 제 1저자

대전광역시 중구 문화로 282 충남대학교병원 소아병동 이비인후과 내 음성언어치료실
관심분야 : 음성장애, 신경말-언어장애, 장애음성분석
연락처 : kangyoungae1@naver.com
현재 충남대학교 언어병리학과 시간강사

• 구분석(Koo, Bonseok)

대전광역시 중구 문화로 282 충남대학교병원 소아병동 이비인후과
관심분야 : 갑상선암, 후두질환, 음성장애
연락처 : bskoo515@cnu.ac.kr
현재 충남대학교 의과대학 이비인후과학교실 교수

• 조철우(Jo, Cheolwoo) 교신저자

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20
관심분야 : 음성신호처리, 음성분석 및 합성
연락처 : cwjo@changwon.ac.kr
현재 창원대학교 메카트로닉스대학 전기전자제어공학부 교수

[부록 1] 기식등급별 ADSV™ 변수의 기술통계량

기식등급	CPP	CPP SD	CPP max	CPP min	L/H spec. ratio	L/H_ spec. SD	L/H spec. max	L/H spec. min	mean CPP F0	mean CPP F0 SD	CSID male	CPP /Avg	CPP/ Avg SD	Reg. slope	Reg. slope SD	
B0	N	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	
	mean	16.1	.24	16.75	15.48	55.58	6.52	77.19	45.88	130.66	.29	7.23	18.74	.30	-2.47	.11
	SD	1.15	.03	1.17	1.15	.30	.41	1.92	.32	.115	.04	7.35	1.17	.04	.41	.04
	min	12.69	.18	13.38	11.89	55.28	5.98	73.92	45.16	130.35	.23	-2.46	15.27	.22	-3.93	.07
	max	18.03	.33	18.70	17.43	56.47	7.76	84.74	46.66	130.82	.34	29.35	20.76	.39	-1.92	.26
	median	16.23	.24	16.86	15.59	55.47	6.37	76.80	45.81	130.70	.30	5.61	18.79	.30	-2.39	.09
B1	N	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	
	mean	13.68	.24	14.36	13.03	55.78	6.78	77.93	45.71	130.49	.30	19.70	16.16	.28	-3.31	.16
	SD	1.34	.03	1.34	1.37	.39	.51	2.74	.481	.142	.03	8.75	1.34	.03	.74	.06
	min	10.89	.20	11.57	10.07	55.20	5.91	74.09	44.37	130.28	.23	5.48	13.37	.23	-5.13	.08
	max	16.18	.35	16.89	15.54	56.58	7.74	84.31	46.61	130.80	.35	38.27	18.71	.39	-2.15	.31
	median	13.82	.24	14.43	13.19	55.70	6.71	77.24	45.77	130.45	.31	21.01	16.33	.27	-3.36	.15
B2	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	mean	10.97	.29	11.80	10.22	56.21	7.27	79.54	45.09	130.28	.35	35.37	13.42	.31	-5.20	.34
	SD	1.41	.05	1.28	1.49	.412	.55	2.56	.96	.11	.12	9.84	1.42	.04	1.39	.17
	min	8.96	.24	9.98	8.12	55.73	6.63	75.32	43.61	130.05	.26	22.84	11.40	.27	-7.36	.20
	max	12.71	.38	13.50	12.11	56.89	8.34	82.01	46.14	130.43	.58	52.17	15.23	.40	-3.71	.65
	median	11.11	.28	11.87	10.34	56.13	7.21	80.40	45.26	130.31	.29	32.78	13.54	.30	-4.86	.27
B3	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
	mean	3.03	.91	5.82	.59	57.69	7.62	79.57	41.00	132.41	8.54	78.00	5.30	.83	-17.62	2.9
	SD	.19	.11	.94	.46	.50	.50	2.98	1.129	1.78	2.82	3.64	.19	.12	1.25	.27
	min	2.69	.69	4.31	.01	56.50	6.49	72.51	38.90	129.31	5.17	69.99	4.95	.55	-20.13	2.44
	max	3.42	1.15	7.93	1.76	58.71	8.44	84.49	44.04	140.45	20.59	85.42	5.66	1.09	-14.93	3.64
	median	3.01	.90	5.69	.61	57.79	7.73	80.11	40.68	132.24	7.72	78.65	5.30	.84	-17.78	2.93

Reg.=Regression
Spec.=Spectral