

## 음성장애 연속구어의 음향학적 분석

### A Study of Acoustic Measurement in Connected Speech with Dysphonia

이 명 순<sup>1)</sup>

Lee, Myoung Soon

#### ABSTRACT

The purposes of this study were to identify acoustic parameters of connected speech and to contribute to acoustic analysis of dysphonic voice about patient's natural speech voice as well as sustained phonation of vowels. Acoustic parameters of sentences included LTAS (long-term average spectrum) mean and spectral slope over frequency ranges such as 0-4kHz, 0-6kHz, 0-8kHz, 0-12.5kHz as well as HNR. Acoustic parameters of the vowel 'a' included jitter, RAP, shimmer, NHR, and HNR. Based on 'G' of GRBAS for the severity of dysphonia, two experienced raters judged and classified as four groups including controls, mild, moderate and severe dysphonic group. Connected speech was two sentences extracted from 'stroll' passage. Parameters of the vowel and LTAS mean of the sentences were measured by CSL. The spectral slope of the sentences and HNR of the vowel and the sentences were measured by Praat. Data were statistically analyzed by Spearman correlation and Kruskal-Wallis test using SPSS 12.0.

The results of this study are as follows: First, jitter, RAP, shimmer and NHR were significantly different between the groups. Second, for several frequencies, LTAS mean and spectral slope of the sentences were significantly different between the groups. Third, the HNR of the sentences were significantly different between the groups. Forth, there was a presence of correlation between HNR and NHR of the vowel and HNR of the sentences. Accordingly, this study concluded that LTAS, spectral slope, and HNR were predictive parameters of connected speech voice for dysphonic voice.

**Keywords : GRBAS, HNR, LTAS, spectral slope**

#### 1. 서론

임상적 평가의 1차적 요소인 지각평가에는 대화와 읽기 등의 연속구어가 사용되지만 음성장애의 연속구어에 대한 음향학적인 평가는 연속구어 내의 많은 불규칙적인 말소리 특성 때문에 객관적인 평가 요소로서 사용되지 않았다. 예를 들면, 널리 사용되는 지각 평가 척도인 GRBAS(Hirano, 1981)는 음질의 장애 정도를 예측하는데(표화영 외 2002), 특히 GRBAS의 G는 전반적 심한 정도와 모든 음질 정보를 반영하므로 신뢰성 있는 항목으로 대부분의 음성 치료 전문가들이 사용한다(Maryn et al, 2009). 이 청지각 평가에서 사용되는 대화와 읽

기 등은 음성 파형의 불규칙 정도를 매개변수로 하는 객관적인 평가에서 사용하기에는 제약이 있다. 음향학적 평가 시 음성 치료사는 환자가 발성한 모음을 분석하여 음질에 관한 진단 및 연구에 활용한다. 이 모음도 발성의 시작이나 끝을 제외한 가장 안정화된 부분(500ms에서 1-2초)을 추출하기 때문에(De Krom, 1995; Hirano, 1981) 환자의 음성을 분석에 용이하도록 맞추게 된다. 따라서 음향학적 평가와 청지각 평가에 사용되는 음성 자료가 일치하지 않는다.

또한 기기를 사용하는 객관적인 음성 평가에서는 환자에게 모음을 산출하도록 요구한다. 이 때 환자는 힘을 주어 성대의 내전을 높이고 실제 대화 구어보다는 단시간 더 좋은 음성을 산출할 수 있다. 이에 대해서는 표화영과 심현섭(2002)의 연구에서도 언급이 되었으며 이러한 음성은 환자의 일상적이며 자연스러운 음성장애의 특성을 반영하지 못한다. 따라서 더 실제적인 음성 정보를 담고 있는 연속구어를 음향학적 평가에 활용할 필요가 있다.

1) 김천대학교, flash-on@hanmail.net

접수일자: 2011년 11월 3일

수정일자: 2011년 12월 1일

확정일자: 2011년 12월 14일

연속구어의 음향학적 분석에 대한 선행 연구에서는 배음 대 소음 에너지 비율(harmonics to noise; HNR)과 장구간 평균 스펙트럼(long term average spectrum; LTAS) 분석, 스펙트럼 기울기(spectral slope) 등과 같은 매개변수들이 불완전한 성문 폐쇄, 기식성과 연관되기 때문에 연속 구어의 음향학적 분석의 매개변수로서 권고하였다(Awan & Roy, 2006; Sodersten & Lindestad, 1990). 또한, Maryn 등(2010)은 연속 구어의 음향학적 분석 모델인 AVQI(acoustic voice quality index)에 대한 신뢰도 연구를 진행하였으며, HNR과 스펙트럼 기울기가 연속 구어의 음향학적 매개변수로 이 모델에 포함되어 있다. LTAS는 특정 주파수 구간의 평균 파워 값으로 특정 주파수 영역의 파워 스펙트럼 밀도를 dB/Hz의 값으로 나타낸 것이다. 또한, LTAS는 음질 분류, 음성 장애 및 병리, 음성 노화, 음성 치료 기법의 평가, 성별 변별, 그리고 양순음, 파열음, 마찰음, 비음과 같은 구어 요소의 음향학적 분석 등 다양한 연구에서 사용된다. 스펙트럼 분석에 대해 정해진 주파수 대역은 없지만, 5000Hz 이상에서의 스펙트럼 에너지가 기식성 음성에 대한 예측 인자라고 하며(Hartmann & Cramon, 1984), 0-4000Hz 이하는 말소리 특성을 나타내는 주파수 대역이다.

본 연구는 연속구어에 대한 청지각적 평가 및 객관적인 음향학적 변인을 적용하여 실제적인 환자의 음성 정보에 근거를 둔 음성장애 평가의 확립에 토대를 이루고자 한다. 이러한 음성 평가는 음성 장애에 대한 더 정확한 진단 및 이해를 가능하게 하며 치료전후의 질적인 비교를 이루지게 할 수 있어 음성 치료 전문가들에게 도움을 줄 것으로 기대한다. 또한, 기존의 국외 연구들이 연속구어의 LTAS 분석에 대한 효과를 검증하기는 하였지만 임상에서의 표준적인 음향학적 변인으로 확립하는 것까지는 미치지 못하였다. 그리고 연속구어가 다양한 말소리의 음성음향학적 정보를 포함하기 때문에 말소리의 음향학적 정보가 같지 않은 국외의 연구 결과를 그대로 적용할 수는 없다. 본 연구의 목적은 선행 연구에서 사용된 연속구어의 음향학적 분석의 매개변수에 대한 임상적 효과 검증에 더욱 타당한 결과를 제공하여 음향학적 분석 요소로서의 가치를 높이고자 한다. 또한, 선행 연구를 토대로 선정된 연속구어의 음향학적 매개변수인 HNR, LTAS 분석, 스펙트럼 기울기가 한국어 말소리 문맥에서 음성장애를 구별할 수 있는 주파수대역을 알아보고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 대상자

이 연구의 대상자들은 2004년 4월 2일 부터 2007년 10월 17일까지 대구 계명대학교 동산 의원원 이비인후과 의사에 의해 음성장애의 원인인 음성장애 질환을 진단받았다.

음성장애 대상자 및 정상 음성 사용자에게 대한 음성 샘플은

음성장애 진단 및 치료에 대해 5년 이상의 경험이 있는 2명의 1급 언어치료사가 판정을 하였다. 음질 판정 척도는 GRBAS이며 정상, 경도와 중등도, 심도로 분류하였다. 정상 집단은 (22명, 21~54세), 경도 음성장애 집단(24명, 23세에서 54세), 중등도 음성장애 집단(23명, 22~ 55세), 심도 음성장애 집단(24명, 22~56세)이 구성되었다. 집단의 대상자 정보는 <표 1>과 같다. 정상 집단은 음성장애 집단의 성별과 연령을 고려하여 구성되었으며 음성장애 진단과 치료의 경험이 많은 2명의 평가자에 의해 GRBAS에서 정상으로 판정받았고 Hakkesteegt 등(2008)의 연구에서처럼 이전 또는 현재에 지속적인 음성문제로 병원을 간 적이 없는 대상자를 통제 집단으로 선정하였다.

표 1. 대상자 정보  
Table 1. Information of Subjects

G	N	성별	연령(평균/표준편차)
정상	22	11(남)/11(여)	37.3/ 9.9
경도	24	14(남)/10(여)	38.3/ 9.9
중등도	23	10(남)/13(여)	40.0/ 10.4
심도	24	9(남)/15(여)	40.3/10.5
합계	93	45(남)/50(여)	38.9/10.1

음성장애 집단의 질환은 성대 결절 및 폴립, 성대 부종 및 흉반, 만성 후두염, 낭종, 궤양 및 유두종 등 다양하며 이는 이비인후과 의사의 진단을 받은 것이다. 이에 대한 자세한 정보는 <표 2>와 같다.

표 2. 음성장애 대상자의 질환 정보  
Table 2. Information on Dysphonic Disease of Subjects

질환	경도	중등도	심도
결절	6	6	8
궤양	0	0	1
낭종	0	1	0
만성후두염	10	5	3
부종	0	1	3
유두종	0	1	0
폴립	1	3	5
피열연골 운동성 약화	0	0	1
흉반	7	6	3
합계	24	23	24

2.2 실험 방법

2.2.1 발화 자료 녹음

음성 샘플 녹음은 다음의 사항을 고려하였다. 첫째, ‘아’ 모음을 조용한 공간에서 CSL(Kay Electrics Co. Model No. 4300B)을 통해 녹음하였고 MDVP로 분석하였다. 대상자의 입과 마이크로폰과의 거리는 10-15cm이며 3번 녹음하였다.

둘째, ‘산책’(정옥란, 1993) 문단 중 앞부분의 복합 문장 두 개를 각 대상자에게 읽도록 하였다. CSL과 Praat(Boersma & Weenik, 2005)을 통해 녹음하였다. Praat의 표본 추출률은 22,050Hz로 설정하고, 20-20kHz의 주파수대역의 입력 마이크로폰을 사용하였다. 녹음 전 읽기를 연습할 수 있는 충분한 시간을 제공하고 각각 3번의 녹음이 이루어졌다.

2.2.2 발화 자료 분류

음질 분류는 평정자가 ‘산책’ 문단을 5번 청취한 후 GRBAS의 척도에 의해 판정되었다. 평정자간 신뢰도는 크론바하 알파(Cronbach’s alpha) 계수 .956으로 나타났다.

2.2.3 발화 자료 분석

모음의 음향학적 변인은 주기 관련 변인인 Jitt(Jitter percent), RAP(Relative Average Perturbation), 진폭 관련 변인인 Shim(Shimmer percent), 소음 관련 변인인 NHR과 HNR이다. 모음의 대부분 음향학적 변인들은 CSL의 MDVP로 분석되었으며 HNR은 Praat으로 분석되었다. 모음은 안정된 구간 500ms를 추출하여 연속구어의 HNR과 비교하였다.

연속구어의 음향학적 변인은 LTAS 평균과 스펙트럼 기울기, 배음 대 소음 값(HNR)이다. 이 음향학적 변인들은 두 문장 각각에 적용하여 측정되었다. LTAS 평균은 CSL로 녹음된 문장 자료를 기반으로 대역폭을 128 point(Tanner et al., 2005)로 설정하여 CSL로 분석하였다. 연속 구어의 스펙트럼 기울기 및 HNR은 Praat으로 녹음된 문장 자료를 기반으로 Maryn(2010)의 방법에 근거하여 Praat으로 측정하였고 대역폭은 128Hz이다. LTAS의 분석 주파수 대역은 0-4kHz, 0-6kHz(Linville & Rens, 2001), 0-8kHz와 0-12.5kHz(Tanner et al., 2005)이다. 스펙트럼 기울기는 예를 들면, 1kHz 미만의 평균 스펙트럼 강도와 1kHz에서 6kHz까지 평균 스펙트럼 강도 사이에 dB 차이를 계산한다.

2.3 통계처리

분석 데이터들은 SPSS 12.0으로 처리하였다. 모음의 음향학적 변인과 연속 구어의 음향학적 변인에 대한 상관분석은 스피어만 상관관계로 분석하였다. 음질 집단에 따른 모음의 음향학적 변인과 연속구어의 음향학적 변인에 대한 집단 간 유의한 차이가 있는지에 대해서는 크루스컬 윌리스 검정을 실시하였다.

3. 결과

3.1 음성장애 정도에 따른 모음 음향학적 변인

모음의 음향학적 변인이 음질 집단 간 유의한 차이를 나타내는지를 알아보려고 하였다. HNR의 경우 정상집단이 20.543이고 심도 집단이 12.501로 정상 집단에 비해 심도 집단의 HNR이 매우 낮았다. 그러나 중등도 집단과 경도 집단의 비교에 중등도 집단의 HNR 평균이 더 높았고 표준편차는 경도 집단보다 높았다. 그 외 모음의 변인인 jitter, RAP, shimmer, NHR은 음성장애가 심할수록 평균과 표준편차의 수치가 높았다. 이에 대한 결과를 <표 3>에 제시하였다.

크루스컬 윌리스 검정을 통해 모음의 음향학적 변인이 집단 간 유의한 차이를 보이는 지를 알아본 결과 HNR, jitter, RAP, shimmer, NHR 등 모든 변인들이  $p<.05$  또는  $p<.01$ 에 해당하여 집단 간 유의미함을 나타내었다. 크루스컬 윌리스 검정 결과도 <표 3>에 제시하였다.

표 3. 모음의 음향학적 변인에 대한 크루스컬 윌리스 검정  
Table 3. Kruskal Wallis Test on Acoustic Parameters of the Vowel

변인	평균(표준편차)				$\chi^2$
	정상	경도	중등도	심도	
HNR(dB)	20.543 (3.401)	19.026 (3.518)	19.797 (8.124)	12.501 (8.516)	15.676**
Jitt(%)	0.366 (0.155)	0.404 (0.207)	0.790 (1.216)	1.646 (1.277)	14.161**
RAP(%)	0.2123 (0.101)	0.232 (0.169)	0.440 (0.722)	0.911 (1.228)	12.251**
Shim(%)	3.894 (2.246)	4.984 (2.998)	6.105 (5.799)	8.875 (7.384)	9.362*
NHR	0.019 (0.019)	0.023 (0.022)	0.339 (0.902)	0.372 (0.659)	12.225**

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$

3.2 음성장애 정도에 따른 연속구어 음향학적 변인

3.2.1 연속구어의 LTAS 평균에 대한 집단 간 비교

음질 집단에 따른 문장의 LTAS 평균값에 대한 평균과 표준편차를 <표 4>에 제시하였다.

LTAS의 평균값은 주파수대역이 높아질수록 수치가 감소하였다. 예를 들어서, 6kHz의 문장1에서는 정상 집단의 경우, 10.670, 경도 집단의 경우, 8.397, 중등도 집단의 경우, 6.714, 심도 집단의 경우 4.839로 점점 감소하였다. 주파수 대역이 높아질수록 수치가 감소하는 경향은 모든 발화 자료에서 나타났다.

LTAS 평균값이 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위해서 크루스칼 윌리스 검정을 실시하였고 그 결과도 <표 4>에 제시하였다. 음절 집단에 따라 LTAS 평균은 문장1과 문장2에 대해 모든 분석 주파수대역에서  $p < .05$  또는  $p < .01$ 로 집단 간 유의한 차이를 나타내었다.

표 4. 문장의 LTAS 평균(dB)에 대한 크루스칼 윌리스 검정

Table 4. Kruskal Wallis Test on LTAS Mean(dB) of Sentences

분산원 LTAS		평균(표준편차)				$\chi^2$
		정상	경도	중등도	심도	
4 kHz	문1	16.996 (5.615)	14.413 (4.661)	12.843 (3.414)	11.348 (4.455)	12.274**
	문2	15.201 (5.193)	12.860 (4.458)	11.826 (3.826)	10.681 (4.531)	8.550*
6 kHz	문1	10.670 (5.552)	8.397 (4.439)	6.714 (3.401)	5.486 (4.246)	11.991**
	문2	9.330 (5.748)	6.845 (4.338)	5.784 (3.859)	4.839 (4.516)	8.002*
8 kHz	문1	6.953 (5.645)	3.350 (4.407)	1.758 (3.368)	0.623 (4.038)	12.498**
	문2	4.665 (5.613)	1.871 (4.138)	0.951 (3.820)	0.325 (4.895)	7.932*
12.5 kHz	문1	1.788 (4.874)	-0.636 (4.438)	-1.453 (1.020)	-3.037 (4.253)	11.450**
	문2	1.254 (5.639)	-2.167 (4.101)	-2.938 (3.878)	-3.849 (4.401)	11.112*

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

3.2.2 연속구어의 스펙트럼 기울기에 대한 집단 간 비교  
문장의 스펙트럼 기울기에 대한 평균과 표준편차를 <표 5>에 제시하였다.

표 5. 문장의 스펙트럼 기울기(dB)에 대한 크루스칼 윌리스 검정

Table 5. Kruskal Wallis Test on Spectral Slope(dB) of Sentences

분산원 기울기		평균(표준편차)				$\chi^2$
		정상	경도	중등도	심도	
4 kHz	문1	-17.267 (3.050)	-18.903 (3.1306)	-20.140 (3.015)	-19.916 (4.184)	9.649*
	문2	-16.790 (3.777)	-18.632 (3.245)	-17.576 (9.882)	-19.335 (4.508)	7.392
6 kHz	문1	-19.663 (3.010)	-19.405 (9.437)	-22.351 (3.499)	-22.163 (4.082)	8.668*
	문2	-19.287 (3.532)	-21.031 (3.262)	-19.740 (10.379)	-21.655 (4.179)	6.319
8 kHz	문1	-21.476 (3.165)	-23.176 (3.680)	-24.316 (4.047)	-24.132 (4.152)	7.999*
	문2	-21.085 (3.664)	-22.865 (3.866)	-21.670 (11.030)	-23.515 (3.928)	6.172

12.5 kHz	문1	-23.535 (3.291)	-24.602 (4.052)	-25.944 (4.533)	-25.749 (4.205)	5.547
	문2	-23.235 (3.893)	-24.328 (4.339)	-25.480 (3.999)	-25.382 (4.114)	4.393

\* $p < .05$

문장의 스펙트럼 기울기의 평균은 음절 집단에 따라 수치가 일정하게 증가하거나 감소하는 패턴을 나타내지 않았다. 다만, 정상 집단과 음성장애가 심한 집단과는 차이를 나타내었다. 예를 들면, 4kHz의 문장1에서 정상은 -7.267, 심도 집단은 -19.916, 문장2에서는 정상 집단이 -16.790, 심도 집단은 -19.335이었다.

<표 5>에 크루스칼 윌리스 검정 결과를 제시하였다. 문장 1에 대해서 4kHz와 6kHz, 8kHz에서 집단 간 유의한 차이를 나타내었기 때문에 집단에 따른 수치의 차이는 통계적으로 유의하였다.

3.2.3 연속구어의 HNR에 대한 집단 간 비교

문장의 HNR에 대한 평균과 표준편차를 <표 6>에 제시하였다.

표 6. 문장의 HNR(dB)에 대한 크루스칼 윌리스 검정  
Table 6. Kruskal Wallis Test on HNR(dB) of Sentences

분산원 문장		평균(표준편차)				$\chi^2$
		정상	경도	중등도	심도	
HNR	문1	14.284 (2.161)	14.571 (1.307)	13.051 (5.311)	11.848 (3.269)	10.969*
	문2	13.824 (2.353)	13.665 (1.974)	12.488 (5.409)	11.389 (3.160)	10.306*

\* $p < .05$

표에 따르면, 각 문장은 음성장애가 심할수록 HNR의 평균이 낮아졌음을 알 수 있었다. 문장1에서 정상 집단은 14.284dB, 경도 집단은 14.571dB, 중등도 집단은 13.051dB, 심도 집단은 11.848dB로 배음 에너지가 점점 감소하였다. 이는 문장2에서도 유사하였고 정상 집단과 경도 집단은 평균값의 차이가 두드러지지 않으나 중등도와 심도 집단으로 갈수록 확연한 차이를 나타내었다.

이에 대한 크루스칼 윌리스 검정 결과를 <표 6>에 제시하였다. HNR은 각 문장에 대해 유의수준 .05 미만으로 음절 집단 간 유의한 차이를 나타내었으며 이는 음성장애가 심할수록 문장에서의 배음에너지가 감소한다는 것이 유의미함을 나타낸다.

3.3 연속구어와 모음의 음향학적 변인에 대한 상관관계

연속구어의 LTAS 평균 및 스펙트럼 기울기와 모음의 음향학적 변인에 대한 스피어만 상관 분석 결과 상관계수가 낮아 유의미한 상관이 나타나지 않았다.

문장의 HNR과 모음의 HNR 및 NHR에 대한 상관관계를 알아보았다. 문장의 HNR은 모음의 HNR에 대한 상관관계수가 0.445, 0.478이며  $p < .001$ 에 해당하여 상관관계가 나타났다. 모음의 NHR에 대해서도 상관관계수는 -0.444, -0.497이며,  $p < .001$ 에 해당하여 상관관계가 나타났다.

표 7. 문장의 HNR과 모음의 HNR 및 NHR에 대한 스피어만 상관관계

Table 7. Spearman Correlation between HNR of Sentences and HNR and NHR of the Vowel

문장		모음	HNR	NHR
HNR	문1		0.445***	-0.444***
	문2		0.478***	-0.497***

\*\*\* $p < .001$

### 3.4 LTAS 평균과 스펙트럼 기울기의 주파수 대역 간 비교

LTAS 평균과 스펙트럼 기울기에 대한 주파수 대역 간 비교를 하였다. 평균과 표준편차를 <표 8>에 제시하였다. 표에 따르면 주파수 대역이 높아질수록 LTAS 평균과 스펙트럼 기울기의 수치는 낮아졌다. 크루스칼 윌리스 검정 결과  $p < .0001$ 에 해당하여 주파수대역간 수치의 차이가 유의미하게 나타남을 알 수 있었다. 이에 대한 자세한 분석 결과를 <표 8>에 제시하였다.

표 8. LTAS 평균과 스펙트럼 기울기의 주파수 대역 간 크루스칼 윌리스 검정

Table 8. Kruskal Wallis Test on LTAS Mean(dB) and Spectral Slope between Frequency Ranges

분산원		평균(표준편차)				$\chi^2$
		4 kHz	6 kHz	8 kHz	12.5 kHz	
LTAS 평균	문1	13.845 (4.971)	7.767 (4.79)	2.868 (4.783)	-0.884 (4.890)	220714***
	문2	12.603 (4.773)	6.653 (4.866)	1.905 (4.863)	-1.982 (4.853)	218357***
스펙트럼 기울기	문1	-19.083 (3.518)	-20.906 (5.772)	-23.303 (3.891)	-24.977 (4.103)	96554***
	문2	-18.117 (5.939)	-20.460 (6.046)	-22.316 (6.377)	-24.626 (4.128)	94266***

\*\*\* $p < .001$

## 4. 토의

본 연구는 음성장애를 평가할 때, 연속구어에 대한 청지각 평가와 객관적인 평가를 통하여 환자의 음성을 진단하고 평가 함으로 인해 음성장애에 대한 더 정확하고 질적인 정보를 얻을 수 있을 것이라는 기대 하에 연구를 진행하였다. 이에 따

라 연구의 목적은 연속 구어 문맥에 적용할 수 있는 음향학적 변인을 찾고 그 변인의 임상적 효용성을 증명하고자 하였다. 본 연구자는 평정자의 GRBAS의 G에 근거한 판정에 따라 음질 집단을 구성하고 선행 연구에 기초하여 연속구어의 음향학적 변인을 LTAS 평균 및 스펙트럼 기울기와 HNR로 선정하였다. 이 변인들의 임상적 효용성을 증명하고자 두 가지 방식에서 접근하였다. 첫째는 연속구어의 음향학적 변인이 음질 집단 간 유의미한 차이가 있는지를 밝히고 둘째는 모음의 음향학적 변인들과의 상관관계를 규명하고자 하였다. 음향학적 평가는 객관적이라는 장점을 가지고 있지만 음질이 매우 나쁜 샘플을 분석하지 못한다(표화영과 심현섭, 2002). 문맥 상황에서 산출되는 자연스러운 발화에는 비주기적인 말소리 자질과 개인적 구어 성향이 많이 포함되어 있기 때문에 기존의 음향학적 변인의 분석에서 제외되었고 객관적인 수치로 정상과 음성장애를 구별할 수 있는 표준적인 기준이 확립되기 어렵다는 제한점이 있다. 본 연구는 이러한 제한점을 직시하지만 연속 구어의 음향학적 변인의 임상적 효용성을 먼저 타진한다는 차원에서 시작하였다.

본 연구가 지향하는 목적에 따라 계획된 실험과 분석에서 다음의 결과를 도출하였다.

첫째, 모음의 음향학적 변인인 jitter, RAP, shimmer, HNR, NHR이 음질 집단 간 유의한 차이를 나타내었다. Jitter, shimmer, 소음 변인은 GRBAS 평가와 유의미하게 상관있는 음향학적 매개 변수들로 보고되었고(Yui, 1999), jitter와 shimmer가 음질의 본질을 파악하는 중요한 변인이며(Martin, et al., 1995; Wolfe, & Martin, 1997), 특히 shimmer는 불규칙한 성대 진동, 조조성과 연관 있다고 보고되었다(Awan, & Roy, 2006). 본 논문에서 이 결과는 문장에 대한 청지각적 평가가 모음의 음향학적 변인의 정보를 반영하고 있음을 의미하여 문장에 대한 청지각 평가의 타당성을 입증해 주었다고 볼 수 있다. 또한, 연속 구어에 대한 청지각 평가가 모음의 여러 음향학적 측정과 상관성이 있음도 알 수 있었다(Eadie & Doyle, 2005).

둘째, LTAS 평균과 스펙트럼 기울기는 음질 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다. LTAS 평균은 모든 주파수 대역에서 유의미한 차이를 나타내었으며 이는 음질이 나뉠수록 스펙트럼 에너지는 약화된다는 것을 의미한다. 이 결과는 치료전후 비교에서 음성 변화의 일관된 예측 인자라고 보고한 Tanner 등(2005)의 연구와 일치한다. 스펙트럼 기울기는 문장1에서 4kHz, 6kHz, 8kHz의 주파수 대역에서 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다. 마찰음의 비주기성이 영향을 받지 않는 주파수 대역에서 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다고 볼 수 있다. 문장2는 어떠한 주파수 대역에서도 집단 간 유의미한 차이를 나타내지 않았는데 이는 문장1과 문장2의 음성학적 문맥 조건에 대한 상세한 고찰이 필요할 것이다. 스펙트럼 기울

기가 주파수 대역에 따라 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다는 것은 기존의 선행 연구와 일치한다(Eadie et al., 2010; Lowell, 2010). 또한, ‘산책’ 문단에서 ‘바’, ‘다’, ‘가’의 음절을 추출하여 이 음절들의 모음에 대한 1kHz에서 4kHz의 스펙트럼 기울기를 측정하였던 이명순 등(2010)의 연구와도 일치한다. 종합하면, 스펙트럼 기울기가 전체 구어 신호에 적용할 수 있는 하나의 측정 방법이 될 수 있음을 보여준다(Eadie & Doyle, 2005).

넷째, 문장의 HNR은 음절 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다. 이는 모음의 음향학적 변인과의 상관관계에서도 유의미한 차이를 나타내었던 결과와 같은 맥락의 의미가 있다고 볼 수 있다. 특히 모든 문장에 대해 LTAS 평균과 더불어 일관된 유의미한 차이를 보여주는 HNR은 문장에 대한 음향학적 평가 요소로서 신뢰성이 높다. 이는 HNR을 문장의 객관적인 평가 요소로서 주장한 선행 연구들과 일치한다(Zhang & Jiang, 2008; Qi, 1999).

넷째, 연속구어의 음향학적 변인인 LTAS 평균 및 스펙트럼 기울기와 모음의 음향학적 변인에서는 유의미한 상관성이 나타나지 않았지만 문장의 HNR은 모음의 HNR 및 NHR과 상관관계가 나타났다. 이는 안정된 신호 기반의 모음 음향학적 변인이 목소리 또는 기식성의 예측 인자로서의 가치를 문장의 HNR도 가지고 있다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 비교적 낮은 상관계수이기도 하지만 모음과 마찬가지로 연속 구어에서의 SNR(signal to noise)이 음향학적 분석에서 타당한 변인으로서 음질의 비정상성과 연관된다는 연구와 일치하는 면이 있다(Zhang & Jiang, 2008; Qi, 1999).

다섯째, 주파수 대역 간 LTAS의 평균과 스펙트럼 기울기의 수치는 낮아졌으며 통계적으로 유의미하였다. 주파수대역이 높아질수록 상대적인 파워에너지 값이 낮아지는 것은 당연할 것이다. 그렇지만 LTAS 평균에 대한 Tanner 등(2005)의 연구를 살펴보면, 성공적인 치료를 통해서 나타난 음성장애 환자의 LTAS 평균의 감소와 관련된 발성의 변화는 성대 과기능 및 난기류와 연관 있는 고주파수의 에너지 감소 및 기본주파수의 증가를 반영한다고 하였다. LTAS 평균과 스펙트럼 기울기에 대한 감소에 대한 의미를 알아보기 위해서는 주파수 대역보다는 음성장애 환자 집단에 대한 치료전후를 비교하는 것이 더욱 의미가 있을 것이다.

연구를 요약하면, 연속 구어에 대한 LTAS 평균과 스펙트럼 기울기, HNR은 음절 집단 간 유의미한 차이를 나타내어 연속 구어의 객관적인 음향학적 평가 요소로서 신뢰할 수 있다. 특히, LTAS 평균과 HNR은 음성장애에 대한 일관된 예측 인자이다. 스펙트럼 기울기에 대해서는 문맥의 음향학적 조건과 분석 주파수 대역을 고려하여야 할 것이다. 본 연구는 연구에 앞서 국내 및 국외의 선행 연구를 근거하여 연속구어에 대한 음향학적 평가의 당위성을 피력하고 음향학적 변인과 LTAS

분석 주파수 대역을 수집하였다. 연속구어의 음향학적 분석에 대한 국내 논문은 전무하지만, 국외에서는 다각도로 이루어지고 있다. 본 연구는 국외의 여러 연구를 토대로 다양한 주파수 대역을 비교하여 연속구어를 분석할 수 있는 최적의 주파수 대역을 알아보려고 하였다. 5kHz이상(Hartmann & Cramon, 1984), 10kHz 이상(Lowell et al, 2010), 또는 인간이 들을 수 있는 모든 음성정보가 들어있다는 20kHz(Sergeant & Welch, 2007)를 설정하여 분석한 국외 연구들이 있지만 우리나라 말소리의 특성과는 다르기 때문에 그대로 임상에 적용할 수는 없다. 일반적으로 4kHz와 6kHz는 말소리 음성 특성 및 음성 정보가 포함되어 있지만 마찰음 등의 말소리 특성은 더 고 주파수 대역에서 나타난다. 본 연구에서 설정된 4 개의 주파수 대역에서 LTAS 평균이 유의미한 차이를 나타내었기 때문에 나쁜 음질은 말소리 특성의 약화에도 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러나 더 명확한 음성장애의 음질을 분석해낼 수 있기 위해서는 말소리의 음향학적 정보와 분석 주파수 대역에 대한 LTAS 평균의 관계를 밝힐 필요가 있으며 이를 위해서는 ‘산책’ 이외의 말소리 특성을 고려하여 제작된 문장에 대한 연구도 필요할 것이다. 본 연구는 연속 구어에 대한 음향학적 변인에 대한 가치를 통계적인 의미 측면에서 밝혔다는 점과 국외 연구에 근거하였지만 우리나라 말소리 특성에 맞는 주파수 대역을 찾는다는 점에서 의의가 있다. 그러나 이러한 연속구어의 음향학적 변인이 표준 변인으로 임상에 적용되려면 많은 연구가 필요하다. 이를 위해서 다양한 추후 연구들은 음향학적 문맥 조건과 주파수 대역을 고려하여야 하고 대상자의 다양성, 규모 및 음질 장애 특성의 하위 유형 간의 관계 등 많은 과제들을 해결해야 한다.

## 참고문헌

- Awan, S. N., & Roy, N. (2006). Toward the development of an objective index of dysphonia severity: A four-factor model. *Clinical Linguistics and Phonetics*, Vol. 20, 35-49.
- Boersma, P., & Weenik, D. (2005). Praat, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
- De Krom, G. (1995). Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 38, 794-811.
- Eadie, T. L., & Doyle, P. C. (2005). Classification of Dysphonic Voice: Acoustic and Auditory-Perceptual Measures, *Journal of Voice*, Vol. 19, No. 1, 1-14.
- Eadie T. L., van Boven, L., Stubbs, K., & Giannini, E. (2010). The Effect of Musical Background on Judgments of Dysphonia. *Journal of Voice*, Vol. 24 No.1, 93-101.
- Hakkesteegt, M. M., Brocaar, M. P., Wieringa, M. H., &

- Feenstra, L. (2008). Relationship between perceptual evaluation and objective multiparametric evaluation of dysphonia severity. *Journal of Voice*, Vol. 22, 138-145.
- Hartmann, E., & von Cramon, D. (1984). Acoustic measurement of voice quality in central dysphonia. *Journal of Communication Disorders*, Vol.17, 425-440.
- Hirano M. (1981). *Clinical Examination of Voice*. Springer-Verlag. 81-88.
- Jeong O. (1993). *General assessment for voice*. Korean Speech-Language & Hearing Association, Daegu, Korea.  
(정옥란 (1993). 음성 총괄 평가. 대구: 한국 언어치료학회.)
- Laukkanen, A. M, Björkner, E., & Sundberg, J. (2006). Throaty voice quality: subglottal pressure, voice source, and formant characteristic. *Journal of Voice*, Vol. 20, No. 1, 25-37.
- Lee, M. (2010). A Comparative Study of Auditory-Perceptive Evaluation and Acoustic Analyses on Vowels and Connected Speech of Dysphonia. *Journal of Speech & Hearing Disorders*, Vol. 19. No. 4. 17-37.  
(이명순 (2010). 모음과 연속 구어에 대한 청지각 평가와 음향학적 분석에 대한 비교. 언어치료연구, 19(4), 17-37.)
- Linville S. E., & Rens J. (2001). Vocal tract resonance analysis of aging voice using long-term average spectra. *Journal of Voice*, Vol.15, 323-330.
- Lowell, S. Y., Colton, R. H., Kelley, R. T., & Hahn, Y. C. (2010). Spectral- and cepstral-based measures during continuous speech: capacity to distinguish dysphonia and consistency within a speaker. *Journal of Voice*, in press.
- Martin, D., P., Fitch, J., & Wolfe, V. (1995). Pathologic voice type and the acoustic prediction of severity. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 38, 765-771.
- Maryn, Y., Corthals, P., Van Cauwenberge, P., Roy, N., & De Bodt, M. (2009). Toward improved ecological validity in the acoustic measurement of overall voice quality: Combining continuous speech and sustained vowels. *Journal of Voice*, October 31, Epub ahead of print.
- Maryn, Y., De Bodt, M., & Roy, N. (2010). The Acoustic Voice Quality Index: Toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. *Journal of Communication Disorders*, Vol. 43, 161-174.
- Pyo, H., & Sim, H. (2002). A study for the development of Korean voice assessment model for the patients with voice disorders: a qualitative study. *Journal of the Korean Society of Speech Science*, Vol. 14, No. 2, 7-22.  
(표화영, 심현섭 (2002). 음성장애 진단 및 평가에 관한 질적 연구: 진단 및 평가 모형 정립을 위한 기초연구. 음성과학, 14(2), 7-22.)
- Qi, Y., Hillman, R. E., & Milstein, C. (1999). The estimation of signal-tonoise ratio in continuous speech for disordered voices. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 105, 2532-2535.
- Sergeant, D., & Welch, G. F. (2007). Age-related changes in long term average spectra of children's voices. *Journal of Voice*, Vol. 22, No. 6, 658-670.
- Sodersten, M., & Lindestad, P. A. (1990). Glottal closure and perceived breathiness during phonation in normally speaking subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 33, 601-611.
- Tanner, K., Roy, N., Ash, A., & Buder, E. H. (2005). Spectral moments of the long-term average spectrum: sensitive indices of voice change after therapy. *Journal of Voice*, Vol.19 No. 2, 211-222
- Wolfe, V., & Martin, D. (1997). Acoustic correlates of dysphonia: type and severity. *Journal of Communication Disorders*, Vol. 30, 403-416.
- Yui E. (1999) Limitations of perturbation measures in clinical acoustic voice analysis. *Asia Pacific Journal of Speech, Language and Hearing*, Vol. 4, 155-166.
- Zhang, Y., & Jiang, J. J. (2008). Acoustic analyses of sustained and running voices from patients with laryngeal pathologies. *Journal of Voice*, Vol. 22, No. 1, 1-9.

• 이명순 (Lee, Myoung Soon)

김천대학교 언어치료학과  
경북 김천시 삼락동 754번지  
Tel: 053-420-4158.  
Email: flash-on@hanmail.net.  
관심분야: 신경언어장애, 음성장애