

노인성 음성장애의 중증도 지표로 Acoustic Voice Quality Index(AVQI)의 유용성

부산대학교병원 이비인후과,¹ 양산부산대학교병원 이비인후과,² 춘해보건대학교 언어치료과,³ 부산대학교 인문대학 언어정보학과⁴

김근효¹ · 이연우¹ · 배인호² · 박희준³ · 왕수진¹ · 권순복⁴

Efficacy of the Acoustic Voice Quality Index As a Measure of Dysphonia Severity in Age-Related Dysphonia

Geun-Hyo Kim, PhD¹, Yeon-Yoo Lee, MS¹, In-Ho Bae, PhD², Hee-June Park, PhD³, Soo-Geun Wang, MD, PhD¹ and Soon-Bok Kwon, PhD⁴

¹Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Pusan National University Hospital, Busan; and

²Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan; and

³Department of Speech-Language Therapy, Choonhae College of Health Sciences, Ulsan; and

⁴Humanities, Language and Information, Pusan National University, Busan, Korea

— ABSTRACT —

Background and Objectives : The purpose of this study was to explore the criterion-related concurrent validity of two standardized auditory-perceptual assessments and the Acoustic Voice Quality Index (AVQI) for measuring dysphonia severity in aging voice population. **Materials and Methods** : 292 subjects with aging voice and 121 normal voice subjects were asked to sustain the vowel [a:] and to read aloud the Korean text “Walk”. A 2second mid-vowel portion of the sustained vowel and two sentences (with 26 syllables) were edited, concatenated, and analyzed according to Praat script. And then auditory-perceptual assessment was performed by three raters. **Results** : The aging voice group showed higher AVQI, G and OS values than normal voice group. And the correlation among AVQI, G, and OS ranged from 0.827 to 0.902. In ROC curve analysis, cutoff values of AVQI, G, and OS were <4.22, <0.00, and <30.00, respectively, and the AUC of each analysis was over .90. **Conclusions** : AVQI and auditory evaluation can improve the early screening ability of aging voice and help to establish effective diagnosis and treatment plan for age-related dysphonia. (J Clinical Otolaryngol 2018;29:63-71)

KEY WORDS : Aging voice · AVQI · Auditory-perceptual assessment.

서 론

최근 의학 기술의 발달로 인하여 사회 전반적으로 고령화 인구가 점차 증가하고 있으며, 이러한 노인 인구들

이 호소하는 음성장애는 삶의 질과 사회적인 참여에 제약을 가져온다.¹⁻⁴⁾ 노화는 신체 전반에 모두 영향을 주며 성대 또한 예외는 아니다. 음성은 호흡, 성대진동, 공명 등의 결합된 활동으로 산출된다. 연령이 증가함에 따라 음성 산출과 관련된 모든 요소들이 약화된다. 노인성 음

논문접수일 : 2018년 2월 27일 / 논문수정일 : 2018년 4월 3일 / 심사완료일 : 2018년 5월 10일

교신저자 : 권순복, 46241 부산광역시 금정구 부산대학교로63번길 2 부산대학교 인문대학 언어정보학과

전화 : (051) 510-2003 · 전송 : (051) 582-0572 · E-mail : sbkwon@pusan.ac.kr

성장은 노령화된 목소리와 관련된 변화를 설명하기 위해 사용되는 용어이며 65세 이상의 노인인구에서 약 10~47%가 발생한다고 보고되었다.^{5,6)} 성대의 생리학적, 구조적, 기능적 변화로 음도, 강도, 음색에 변화가 나타나는 것이다. 남성은 음도가 점차 상승, 여성은 음도가 점차 하강하는 양상을 보인다. 이런 음성변화는 대화 상황에서 말 명료도를 감소시키고 결과적으로 삶의 질을 저하시키는 요인이 되기도 한다. 성대는 얇아지고 약해져 성대 위축의 원인이 되기도 하며, 성문기능부전(glottic function incomplete) 등이 동반되어 거친소리, 기식음 등이 산출된다. 노인성 음성장애는 환자의 상태에 따라 경미한 수준에서 매우 심한 수준까지 다양하게 나타난다.⁷⁻⁹⁾

음성장애를 평가하기 위해서는 실제 성대를 관찰하는 후두경 및 후두 스트로보스코피 등을 실시하며 음향학적, 공기역학적, 청지각적 평가 등을 함께 시행한다. 이 중에서 음향학적 평가는 비침습적인 검사로 환자의 음성을 녹음하고 분석하여 병리적인 음성상태를 확인하게 된다. 널리 사용되는 음향학적 평가 방법은 크게 두 가지, 섭동분석(perturbation analysis)와 켈스트럼 분석(cepstrum analysis)로 분류될 수 있다.¹⁰⁾ 섭동분석 방식은 음성신호의 주기성을 탐지하여 음성의 주파수, 규칙성 등을 분석하며, 이러한 주기성이 탐지되지 않는 비주기적 음성 신호에서는 정확한 분석 결과를 도출하지 못하고 분석 오류가 발생한다. 반면, 켈스트럼 분석은 주기성이 탐지 되지 않더라도 음성 신호 내 배음의 정도를 측정하여 음질을 정량화한다. 주기적 음성신호에는 배음의 비율이 높기 때문에 좋은 음성으로 예측할 수 있다. 두 분석 방법에서 도출되는 분석 변수들은 다양하며 음성 상태에 따라 적절한 분석 방식을 선택해야 신뢰도 높은 음성분석 결과를 얻을 수 있다.

최근 Maryn 등이 섭동분석 방식과 켈스트럼 분석의 변수들을 이용하여 음성장애를 정량화하는 Acoustic Voice Quality Index(AVQI)라는 것을 소개하였다.¹¹⁾ AVQI는 발성장애의 중증도를 정량화하기 위해서 제시되었고 영어, 독일어, 일본어, 한국어 등 많은 언어권에서 AVQI가 검증되었다.¹²⁻¹⁶⁾ Praat 스크립트를 이용하여 섭동분석과 켈스트럼 분석을 동시에 수행하여 AVQI값이 산출된다. AVQI는 모음연장발성과 문장 읽기를 하나의 음성샘플로 합성하여 분석해주며 음성장애의 중증도에

따라 값이 측정된다. 병리적인 음성일수록 높은 AVQI값이 측정되지만 정상규준은 없는 상태이다. 또한 AVQI는 청지각적 평가 GRBAS의 Grade(G), CAPE-V의 overall severity(OS)와도 높은 상관관계가 보고되었다.¹⁷⁻¹⁹⁾

기존의 연구들은 임상현장에서 볼 수 있는 다양한 사례 집단을 대상으로 하여 AVQI를 검증하였다. 다양한 사례 집단이라도 하더라도 대상자 수는 39명에서 1058명으로 언어권마다 차이가 있으며, 특히 한국어 연구에서는 56명의 환자들을 대상으로 하였다. AVQI와 청지각적 평가의 상관관계가 높다하더라도 더 많은 대상자를 통한 추가 검증이 필요할 것이다. 또한 이러한 소프트웨어를 통한 평가가 이루어진다면 평가의 유연성 및 평가시간 단축, 수행능력의 객관적인 측정이 가능하고 환자에게 즉각적인 피드백을 줄 수 있다는 장점이 있다.²⁰⁾

현재 임상현장에서는 음성장애의 중증도에 따라서 다양한 음성분석 방법을 실시하고 있다. 치료 전 후의 회복 정도를 객관적인 수치로 제시할 수는 있지만 섭동분석의 jitter와 켈스트럼 분석의 CPP를 직접적으로 비교할 수는 없다. AVQI는 두 분석방법의 장점을 모두 가지고 있으며 동일한 길이의 모음연장발성 및 동일한 문장 읽기의 과업을 통해서 음성장애의 중증도를 정량화할 수 있다. 또한 음향학적 분석은 쉽, 무성음 구간 등의 영향을 받지만 AVQI에서는 이러한 변수들의 영향을 배제할 수 있어 더욱 정확한 음성장애의 정량화가 가능하다. 음향학적 측정의 유용성을 확인할 수 있는 방법이 청지각적 평가와의 상관관계를 보는 것이며 음향학적 측정과 더불어 GRBAS와 CAPE-V 평가를 함께 시행하는 것이 일반적이다.

본 연구의 목적은 단일 질환 집단인 노인성 음성장애 집단과 정상집단 간의 음향학적 측정(AVQI) 차이를 밝히고 청지각적 평가와의 상관관계를 밝히고자 한다. 그리고 청지각적 평가 척도 G에 따른 AVQI와 OS의 값 범위를 확인하여 임상현장에서 노인성 음성장애 환자의 진단 및 평가에 도움이 되고자 한다.

방 법

대 상

본 연구의 대상이 된 노인성 음성장애 환자군은 2014년

5월부터 2017년 5월까지 ○○지역 종합병원의 이비인 후과를 통해 내원한 환자들 중 노인성 음성장애로 진단된 환자 292명(64.8±12.1세)이었다. 노인성 음성장애 집단도 동일한 검사를 통해서 성대위축, 성대틈의 소견이 관찰되고, 음성검사 상에서도 정상 범위를 벗어나고 환자 스스로도 음성장애를 호소하는 대상자들을 선정하였다. 정상집단 121명(54.1±10.1세)은 후두내시경 상으로 관찰되는 병변이 없고 음성장애를 호소하지 않는 사람들을 대상으로 하였다. 정상집단은 후두내시경 및 후두 스트로보스코피 검사를 시행하여 성대위축, 성문틈의 소견을 보이지 않고 음성검사 상에서도 정상 범위의 값이 측정되고 음성장애를 호소하지 않은 대상자들로 분류하였다. 두 집단 모두 병리적인 변화(종양, 삼관, 퇴행성 신경질환, 성대마비) 및 두경부외과적 수술 병력이 없는 사람들을 대상으로 하였다.

연구의 절차

음성녹음

음성녹음은 음성검사실 내 방음부스에서 Computerized Speech Lab 4500(Kay Electronic, USA)과 단일지향성 다이내믹 마이크인 Shure SM48(Shure Inc, USA)를 사용하여 모음 /아/연장발성과 문장읽기의 과업을 수행하여 진행하였다. 모음 연장발성은 3회 반복하여 가장 안정적으로 발성한 샘플의 시작과 종료 부분을 제외한 안정 구간 2초를 선정하여 편집하였다. 문장읽기는 산책문단 중 2개의 문장(26음절)을 편안한 속도로 읽은 내용을 편집하였다. 녹음 설정은 표본 추출률 44.1 kHz, 양자화 16bit, wav의 형태로 저장되었다.

음성편집

Maryn 등²¹⁾이 제시한 AVQI 측정을 위해서는 모음연장발성 샘플과 문장읽기 샘플을 연결하여 하나의 음성 샘플로 만들어야 한다. 두 샘플을 연결한 후 샘플의 유성음 부분만을 추출 혹은 쉼, 무성음 구간을 제거하여 AVQI 분석이 이루어진다. Praat 스크립트를 통해서 모음 샘플 뒤에 문장읽기 샘플이 자동으로 합성되고 유성음 부분이 추출된 후 하나의 WAV 파일로 저장된다.

신호 대 잡음비(signal to noise ratio, SNR) 측정

선행 연구들에서 이러한 음성 샘플의 분석이 적합성을 가지기 위해서는 신호 대 잡음비가 최소한 30 dB 이상은 되어야 한다고 권고하였다.^{22,23)} 42 dB 이상이면 매우 적합하지만 30 dB 미만은 음향학적 분석이 부적합하다고 보고하였다. 노인성 음성장애 환자들의 신호 대 잡음비 범위는 17.3~67.9 dB였으며, 평균 39.4 dB였다. 9명의 노인성 음성장애 환자들이 신호 대 잡음비가 30 dB 이하로 측정되어 본 연구에서 제외하였다.

청지각적 평가

음성평가와 음성치료 경력이 7년 이상인 언어재활사 3명이 노인성 음성장애에 샘플을 평가하였다. 평가자들은 대상자들에 대한 사전 정보 없이 청지각적 평가를 수행하였다. 청지각적 평가를 위해서 합성 음성샘플을 무작위로 제시하였다. GRBAS 척도 중 G는 4점 척도(0 : 정상, 1 : 경도, 2 : 중도, 3 : 심도)로 평가하였다.²⁴⁾ CAPE-V의 OS는 시각적 분석 척도(visual analysis scale)이며, 0(정상)~100(매우 심함)의 평가방식으로 제시되며 중증도를 체크하였다.²⁵⁾ 평가자 내 신뢰도 분석을 위해서 전체 대상자 중 약 10%에 해당하는 30명의 음성 샘플을 무작위로 선정하여 첫 평가 후 2주 내에 재평가하였다.

음향학적 측정

본 연구에서 사용된 음향학적 측정은 음성 샘플의 유성음 구간에서만 유효한 분석이 수행되며 Maryn 등이 제시한 Praat 스크립트를 사용하였다.²¹⁾ AVQI를 구성하는 다중 변수들에는 smoothed cepstral peak prominence(CPPS), harmonics to noise ratio(HNR), shimmer local(SL), shimmer local dB(SLdB), general slope of the long-term average spectrum(ie, Slope), and tilt of the regression line through the long-term average spectrum(ie, Tilt) 등이 있으며 Praat 스크립트를 통해서 자동으로 측정하고 결과를 저장할 수 있다. AVQI를 계산한 회귀식은(1)과 같다.

$$9.072 - (0.245 \times CPPS) - (0.161 \times HNR) - (0.470 \times SL) + (6.158 \times SLdB) - (0.071 \times Slope) + (0.170 \times Tilt) \quad (1)$$

자료 처리

모든 자료 처리는 R, version 3.4.0(The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) and RStudio 1.0.143(RStudio Inc., Boston, MA, USA)을 통해서 수행되었다. 청지각적 평가에 대한 평가자 신뢰도를 확인하기 위해서 intrarater correlation coefficient, interrater correlation coefficient(ICC) 통계 분석을 수행하였다. 집단 간 AVQI, 청지각적 평가(G, OS)의 차이는 독립표본 t-검정을 통해 유의성을 검증하였다. AVQI, G, OS 간의 상관분석은 피어슨 상관분석을 통해서 검증하였고 유의수준은 95%였다. 정상음성과 노인성 음성장애의 음질 문제에 대한 감별 진단적 가능성을 확인하기 위해서 AVQI, OS에 대한 ROC(receiver operating character-

istics) 곡선 분석을 실시하였다.

결 과

청지각적 평가

평가자 내 신뢰도

음성 샘플에 대한 평가자 내, 평가자 간 신뢰도의 결과는 Table 1, 2에 제시되었다. 청지각적 평가 항목 G에 대한 평가자 내 신뢰도는 평가자 1은 0.925(p<0.01), 평가자 2는 0.865(p<0.01), 평가자 3은 0.871(p<0.01)이었다. OS에 대한 평가자 내 신뢰도는 평가자 1은 0.884(p<0.01), 평가자 2는 0.853(p<0.01), 평가자 3은 0.820(p<0.01)이었다(Table 1).

평가자 간 신뢰도

G와 OS에 대한 평가자 간 신뢰도는 첫 번째 평가에서는 각각 0.746~0.823(mean=0.784, p<0.01), 0.824~0.841(mean=0.833, p<0.01)이었다. 두 번째 평가에서는 각각 0.734~0.812(mean=0.784, p<0.01), 0.732~0.838

Table 1. Intrarater reliability of the three listeners who rated G and OS

	ICC	Rater 1	Rater 2	Rater 3
G		0.925**	0.865**	0.871**
OS		0.884**	0.853**	0.820**

** : p<.01. ICC : intrarater correlation coefficient, G : grade, OS : overall severity

Table 2. Interrater reliability of the three listeners who rated G and OS

	Rater 2		Rater 3	
	ICC on G	ICC on OS	ICC on G	ICC on OS
Rater 1				
1st assessment	0.746**	0.841**	0.782**	0.824**
2nd assessment	0.812**	0.732*	0.805**	0.838**
Rater 2				
1st assessment	-		0.823**	0.835**
2nd assessment			0.734**	0.828**

* : p<.05, ** : p<.01. ICC : interrater correlation coefficient, G : grade, OS : overall severity

Table 3. Comparison of AVQI, Grade, and Overall severity

		Normal	Aging voice	p
AVQI		3.1±1.1	5.3±1.3	<0.01**
G	0 (normal)	100 (82.6%)	11 (3.8%)	<0.01**
	1 (mild)	21 (17.4%)	176 (60.3%)	
	2 (moderate)	0 (0.0%)	99 (33.9%)	
	3 (severe)	0 (0.0%)	6 (2.1%)	
	Average	0.17	1.35	
OS		19.1±11.3	46.5±16.0	<0.01**

** : p<.01. AVQI : acoustic voice quality index, G : grade, OS : overall severity, p : p-value

(mean=0.799, $p < 0.01$)이었다(Table 2).

AVQI, Grade, Overall severity의 집단별 비교

AVQI, Grade, OS에 대한 집단별 비교 결과는 Table 3, Fig. 1에 제시하였다.

AVQI의 집단별 비교

집단 간 AVQI의 차이를 알아본 결과, 정상집단은 3.1 ± 1.1 , 노인성 음성장애 집단은 5.3 ± 1.3 로 측정되었고 두 집단 간에는 통계적으로 유의미한 차이($p < 0.01$)가 있었다. 음성의 질이 나쁠수록 AVQI 값이 증가하는데

노인성 음성장애 집단이 정상집단보다 더 높은 값으로 측정되었다. 집단 내 성별에 따른 차이를 알아본 결과, 정상 남성집단은 3.0 ± 1.2 , 여성집단은 3.1 ± 1.1 로 측정되었고, 노인성 음성장애 남성집단은 5.3 ± 1.3 , 여성집단은 5.4 ± 1.2 로 측정되었고 성별에 따른 차이는 모두 없었다(정상집단 : $p = 0.595$, 노인성 음성장애 집단 : $p = 0.913$). Fig. 2를 보면, 정상집단과 노인성 음성장애 집단의 AVQI는 다른 분포를 보이고 있으며, 정상집단은 낮은 G, OS 값에 분포하며 노인성 음성장애 집단은 높은 G, OS 값에 분포하고 있다.

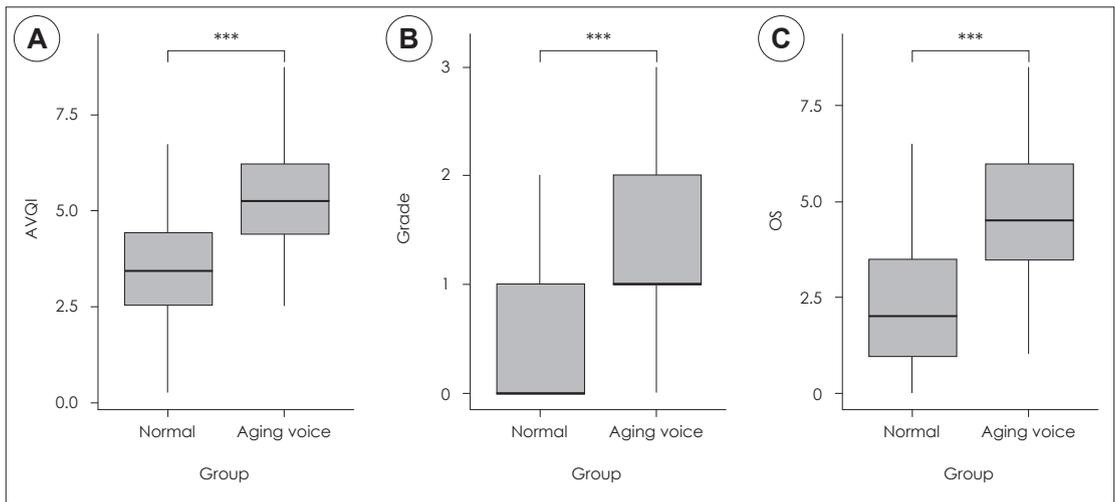


Fig. 1. Comparison of AVQI, Grade, and Overall severity according to group (A : AVQI, B : Grade, C : Overall severity).

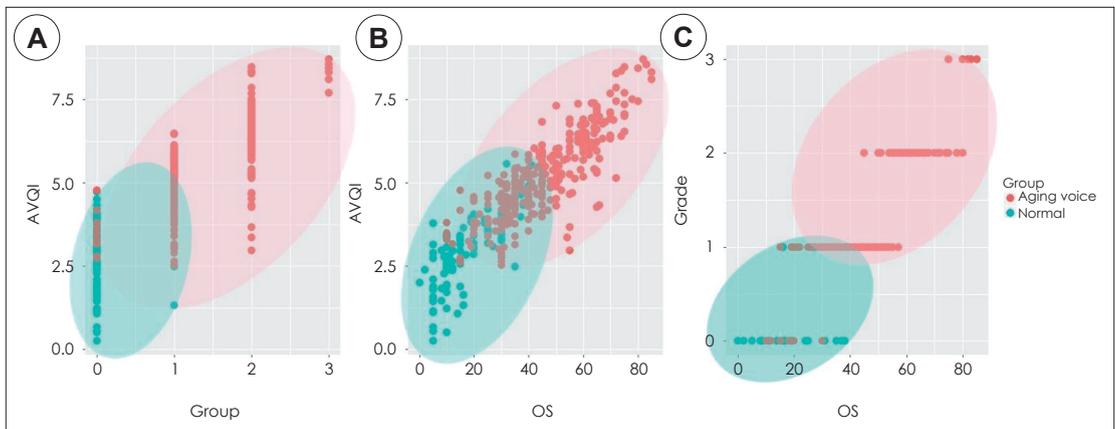


Fig. 2. Scatter plot of AVQI, Grade, and Overall severity.

Grade의 집단별 비교

집단 간 G의 차이를 알아본 결과, 정상집단은 G0(100명, 82.6%), G1(21명, 17.4%), G2(0명, 0.0%), G3(0, 0%)으로 평균 0.17, 노인성 음성장애 집단은 G0(11명, 3.8%), G1(176명, 60.3%), G2(99명, 33.9%), G3(6, 2.1%)으로 평균 1.35로 평가되었다. 노인성 음성장애 집단이 정상집단보다 더 나쁜 음성의 질로 평가되었으며, 두 집단 간에는 유의미한 차이(p<0.01)가 있는 것으로 확인되었다.

Overall severity의 집단별 비교

집단 간 OS의 차이를 알아본 결과, 정상집단은 19.1±11.3, 노인성 음성장애 집단은 46.5±16.0로 평가되었다. 음성의 질이 나쁠수록 OS의 값을 크게 평가하는데 두 집단 간에는 통계적으로 유의미한 차이(p<0.01)가 있었다.

AVQI, Grade, Overall severity의 상관관계

AVQI, G, OS의 상관관계를 분석하여 Fig. 2를 제시하였다. AVQI는 G(r=0.827), OS(r=0.891)와 각각 높은 상관관계를 보였으며, G는 OS와도 높은 상관관계(r=0.902)를 나타내었다. 그리고 정상집단은 노인성 음성장애 집단에 비해서 낮은 AVQI, G, OS 값을 나타내었다.

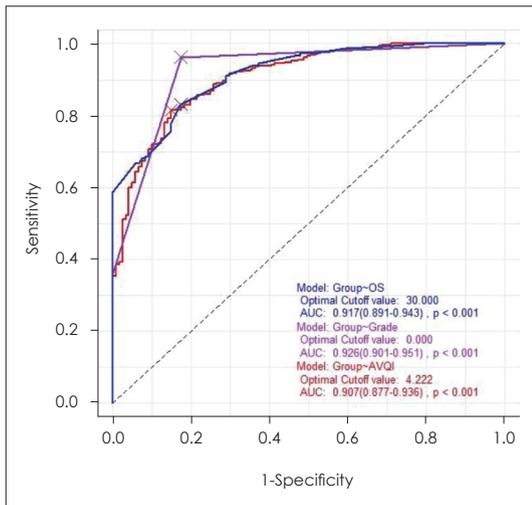


Fig. 3. ROC curve of AVQI, Grade, Overall severity according to group.

집단에 따른 AVQI, Grade, Overall severity의 ROC 곡선 분석

정상집단과 노인성 음성장애 집단의 감별 진단적 가능성을 확인하기 위해서 ROC 곡선 분석을 실시하였고 그 결과를 Fig. 3에 제시하였다. AVQI의 경우, 노인성 음성장애를 예측하는 선별 기준값은 4.22(AUC=0.907, 민감도=81.5%, 특이도= 85.1%), 곡선하 면적은 0.907로 높은 수준이었다. G의 선별 기준값은 0.00(AUC=0.926, 민감도=96.5%, 특이도=82.6%) 이 때의 예측력은 0.926이었다. OS의 경우, 두 집단은 30.00의 값에서 변별할 수 있으며 이 때의 민감도, 특이도, 곡선하 면적은 각각 83.2%, 82.6%, 0.917이었다.

논 의

본 연구는 노인성 음성장애 환자들을 대상으로 음향학적 측정 AVQI 및 청지각적 평가를 실시하고 음성장애 예측에 대한 선별 기준값과 진단 예측력을 알아봄으로써 AVQI와 청지각적 평가 변수와의 관계를 규명하고자 하였다. 연구 결과, 노인성 음성장애 집단은 정상집단과 비교하여 높은 AVQI, G, OS 값을 나타내고 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 확인되었다. 그리고 AVQI, G, OS 간의 상관관계는 0.827~0.902로 높게 나타났다. ROC 곡선 분석에서, AVQI 선별 기준값은 <4.22, G의 선별 기준값은 <0.00, OS의 선별 기준값은 <30.00이었고, 세 가지 평가 모두 AUC는 0.9 이상으로 변별력이 있는 것으로 확인되었다. 본 연구의 결과를 통해서 다음과 같은 의의를 얻을 수 있었다.

첫째, 숙련된 평가자들은 GRBAS 및 CAPE-V 등과 같은 청지각적 평가 도구들을 사용하여 높은 신뢰도를 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 7~20년 이상의 음성장애 임상경력을 가진 평가자들을 통해서 평가를 진행하였다. 평가자 내, 평가자 간의 높은 신뢰도는 AVQI와의 연구결과를 더욱 뒷받침하였다. 평가자 내 신뢰도는 최저 82%, 평균 87% 이상으로 높으나 평가자 간 신뢰도는 최저 73%, 평균 80%으로 나타났다. 이것은 평가자 간 청지각적 평가의 경험, 기준의 차이에 기인한 것으로 보인다. 일반적으로 신뢰도는 0.7 이상이 되도록 권고되지만, 청지각적 평가에 대한 지속적인 훈련을 통해서 평가

자 간 신뢰도의 상승이 필요할 것으로 사료된다.²⁶⁾

둘째, AVQI, G, OS에 대한 두 집단의 결과를 비교한 결과, 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. AVQI는 섭동분석의 변수들과 캡스트럼 분석의 변수들을 조합하여 계산된다. 이러한 AVQI는 거친 음성, 기식음이 많이 포함되어 있거나 혹은 음성신호의 비주기적인 요소가 많이 포함되어 있다면 더 큰 값을 출력하게 된다. 본 연구에서 적용한 AVQI의 회귀식은 연구에 따라 조금씩 차이가 있지만 기본적인 개념은 정상음성일수록 낮은 값을 출력하고 병리적인 음성일수록 높은 AVQI 값을 출력하도록 구성되어 있다. 본 연구에서는 노인성 음성장애 집단이 정상집단에 비해서 높은 AVQI 값을 보였고 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. G는 4점 척도의 주관적인 평가이며 정상집단과 노인성 음성장애 집단에서 다른 분포를 보였다. 정상집단에서는 G0(정상)의 비율이 82.6%, G1의 비율이 17.4%로 대부분을 차지하였고, 반면에 노인성 음성장애 집단은 G1은 60.3%, G2는 33.9%로 좀 더 높은 G 값으로 평가되었다. OS는 0에서 100까지 표시하여 평가하는 시각적 척도 평가 방식이며 노인성 음성장애 집단이 정상집단보다 더 높은 값을 보였고 유의미한 차이가 확인되었다. 이러한 결과들은 병리적인 음성에서 AVQI, G, OS의 증가를 보인 선행연구들의 결과들과 일치한다.²⁷⁻³⁰⁾ 노인성 음성장애는 불완전 성문폐쇄와 같은 특징들로 발생피로, 기식음, 거친 소리 등을 호소하게 되며 음향학적 측정에서는 불안정한 발성으로 인식하게 된다.³¹⁾ Kim⁷⁾의 연구에서 노인성 음성장애에 대한 음성치료의 효과를 측정하기 위해서 Computerized speech lab(CSL, KayPentax, model 4500)을 이용한 음향학적 평가, Phonatory aerodynamic system(PAS, KayPentax, model 6600)를 이용한 공기역학적 평가를 시행하였다. 이를 통해 주파수변동률, 진폭변동률이 유의하게 감소하고, 성문하압이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 호흡지지가 가능해지고 성대접촉이 완전히 이루어지면서 기식음, 거친소리와 같은 음질의 향상이 나타났다. 음성치료를 통해서 불완전 성문폐쇄와 같은 증상들을 개선시켜 음성의 호전을 가져올 수 있었다. Mezzedimi 등³²⁾은 Praat을 통해 기본주파수, 무성음 프레임, 음성봉괴의 횟수, jitter local, jitter local absolute, jitter rap, jitter ppq5, shimmer

local, shimmer local dB, shimmer apq3, shimmer apq5, 소음 대 배음비, 배음 대 소음비와 같은 변수들을 측정하였다. 이런 여러 변수들이 음성변화를 감지하고 정량화하는 유용한 도구로 확인되었다고 보고하였다. Vaca 등³³⁾은 노인성 음성장애의 초기 평가를 위해서 114명을 대상으로 후두내시경, s/z 비율, 전기성문도 검사, 공기역학적인 검사를 수행하였다. 이 중 47명에서 방추형의 성문틈이 관찰되었으며, 초기 평가를 위해서 후두내시경과 s/z 비율이 좋은 진단도구로 판단되었다.

셋째, 음향학적 측정 AVQI는 청지각적 평가 G(r=0.827), OS(r=0.891)와 높은 상관관계를 보였다. 이러한 결과를 다른 언어권에서 실시한 AVQI의 연구 결과와 일치한다.^{11-16,21,25,34)} G와 AVQI의 상관관계가 독일어 연구에서는 0.790~0.858, 영어권 연구에서는 0.794~0.868, 네덜란드어에서는 0.780~0.809, 프랑스어에서는 0.781, 일본어에서는 0.828, 한국어에서는 0.911로 보고되었다. OS와 AVQI의 상관관계는 독일어 0.876, 일본어에서 0.876, 한국어 0.924로 보고되었다. 본 연구에서 G와 OS의 상관관계는 0.902로 보고되었으며 영어권 연구에서는 0.950, 포르투갈어 연구에서는 0.842, 한국어 연구에서는 0.955로 보고되었다. AVQI는 많은 언어권에서 연구가 이루어졌으며 음성장애의 정량화에 매우 높은 신뢰도를 가진 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 선행 연구들과 같이 AVQI와 G, OS와의 높은 상관관계를 보였으며 기존 한국어 연구의 결과를 더욱 뒷받침할 수 있게 되었다.

넷째, AVQI, G, OS의 선별 기준값을 확인함으로써 음성장애의 평가 및 효율성 증가를 기대할 수 있다. 본 연구의 결과들은 0.8 이상의 예측력을 가졌으며 선행 연구들의 결과와 유사하다. 정상음성과 병리적인 음성의 선별에 있어서, 독일어 연구에서는 G 평가를 위한 AVQI 선별 기준값을 2.97(AUC=0.940, 민감도=0.838, 특이도=0.937), OS 평가를 위한 AVQI 선별 기준값을 3.48(AUC=0.962, 민감도=0.840, 특이도=0.922)을 보고하였다. 일본어 연구에서는 AVQI 선별 기준값을 3.15(AUC=0.905, 민감도=0.725, 특이도=0.952)로 보고하였다. 기존 연구들에서는 G, OS의 선별 기준값을 제시하지 않았지만 본 연구에서는 노인성 음성장애 집단을 정상 집단과 비교하여 제시하였다는 것에 의미가 있다.

본 연구의 제한점으로 연구에 사용된 AVQI의 회귀

식은 앞으로 더 많은 자료들을 통해서 신뢰성을 높일 수 있다. 선행연구¹²⁻¹⁴⁾의 회귀식을 사용하였지만 앞으로는 다기관 연구를 통해서 신뢰성 높은 회귀식을 도출해 내야 할 것이다. GRBAS 평가에서 G3의 대상자 비율이 상대적으로 부족하며 추후 연구에서는 G3의 대상자들도 충분히 확보하여 연구해야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과를 종합하여 볼 때, 노인성 음성장애 환자에게 있어 AVQI와 청지각적 평가는 음성장애의 중증도 및 정량화하는데 유용하다고 할 수 있다. 이를 통해 노인인구의 음성장애 가능성을 예측하는데 도움이 될 수 있다. 추후 연구에서는 음향학적 요소 외에도 공기역학적 요소들과 관련된 연구와 흡연이나 음주 등 기본적인 생활패턴에 대한 확인이 이루어지고 종합적으로 판단되어야 할 것이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 노인성 음성장애 집단과 정상음성 집단을 대상으로 음향학적 분석(AVQI), 청지각적 평가(GRBAS, CAPE-V)를 실시하였고 두 집단을 변별하는데 이러한 변수들이 얼마나 유용한지를 알아보고자 하였다. 노인성 음성장애 집단은 정상음성 집단에 비해 높은 AVQI, G, OS 값이 보고되었고, 두 집단을 변별하기 위한 기준값은 AVQI는 4.22, G는 0, OS는 30으로 이 기준값과 비교하여 음성장애의 수준을 판단할 수 있다. 이러한 AVQI, G, OS 값은 매우 높은 상관관계를 보여 임상현장에서 노인성 음성장애의 진단 및 평가에 도움이 될 것으로 판단된다. 추후 다른 음성장애 질환에 대해서도 AVQI의 타당성이 검증되어야 할 것으로 생각된다.

중심 단어 : 노인성 음성장애 · 음향학적 음성질 지수 · 청지각적 평가.

This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

REFERENCES

- 1) Kendall K. *Presbyphonia: a review. Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2007;15(3):137-40.
- 2) Hirano S, Bless DM, del Rio AM, Connor NP, Ford CN.

Therapeutic potential of growth factors for aging voice. Laryngoscope 2004;114(12):2161-7.

- 3) Ford C. *Voice restoration in presbyphonia. Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery* 2004;130(9):1117.
- 4) Sataloff RT, Rosen DC, Hawkshaw M, Spiegel JR. *The aging adult voice. Journal of Voice* 1997;11:156-60.
- 5) Costa HO, Matias C. *Vocal impact on quality of life of elderly female subjects. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 2005;71(2):172-8.
- 6) Roy N, Stemple J, Merrill RM, Thomas L. *Epidemiology of voice disorders in the elderly: preliminary findings. Laryngoscope* 2007;117(4):628-33.
- 7) Kim ST. *The Effects of Voice Therapy in Age-related Dysphonia. Phonetics and Speech Sciences* 2010;2(2):117-21.
- 8) Huh MJ, Shin MS. *Acoustic Characteristics of Elderly Speakers. Journal of Speech-Language and Hearing Disorders* 2010;19(2):41-51.
- 9) Song YK. *Prevalence of Voice Disorders and Characteristics of Korean Voice Handicap Index in the Elderly. Phonetics and Speech Sciences* 2012;4(3):151-9.
- 10) Kim GH, Lee YW, Bae IH, Park HJ, Lee JS, Wang SG, et al. *A cepstral analysis of voices with glottic cancer and laryngeal leukoplakia: sustained vowels and continuous speech. Journal of Speech-Language and Hearing Disorders* 2016;25(3):135-45.
- 11) Maryn Y, De Bodt M, Roy N. *The Acoustic Voice Quality Index: Toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. Journal of Communication Disorders* 2010;43(3):161-74.
- 12) Uloza V, Petrauskas T, Padervinskis E, Ulozaite N, Barsties B, Maryn Y. *Validation of the Acoustic Voice Quality Index in the Lithuanian Language. Journal of Voice* 2017;31(2):257-el.
- 13) Hosokawa K, Barsties B, Iwahashi T, Iwahashi M, Kato C, Iwaki S, et al. *Validation of the Acoustic Voice Quality Index in the Japanese Language. Journal of Voice* 2017;31(2):260-el.
- 14) Maryn Y, Kim HT, Kim J. *Auditory-Perceptual and Acoustic Methods in Measuring Dysphonia Severity of Korean Speech. Journal of Voice* 2016;30(5):587-94.
- 15) Maryn Y, De Bodt M, Barsties B, Roy N. *The value of the Acoustic Voice Quality Index as a measure of dysphonia severity in subjects speaking different languages. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 2014;271(6):1609-19.
- 16) Barsties B, Maryn Y. *The Acoustic Voice Quality Index. Toward expanded measurement of dysphonia severity in German subjects. HNO* 2012;60(8):715-20.
- 17) Eskenazi L, Childers DG, Hicks DM. *Acoustic correlates of vocal quality. Journal of Speech and Hearing Research* 1990;33(2):298-306.
- 18) Reynolds V, Buckland A, Bailey J, Lipscombe J, Nathan E, Vijayasekaran S, et al. *Objective assessment of pediatric voice disorders with the acoustic voice quality index. Journal of Voice* 2012;26(5):672-el.
- 19) Barsties B, Maryn Y. *The Influence of Voice Sample Length*

- in the Auditory-Perceptual Judgment of Overall Voice Quality. *Journal of Voice* 2017;31(2):202-10.
- 20) Cho YN, Kim HK, Kwon HC. The Effects of Computerized Cognitive Rehabilitation on Cognitive Function in Elderly Post-stroke Patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science* 2012;51(4):261-78.
- 21) Maryn Y, Corthals P, Van Cauwenberge P, Roy N, De Bodt M. Toward Improved Ecological Validity in the Acoustic Measurement of Overall Voice Quality: Combining Continuous Speech and Sustained Vowels. *Journal of Voice* 2010;24(5):540-55.
- 22) Ingrisano DRS, Perry CK, Jepson KR. Environmental noise: A threat to automatic voice analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology* 1998;7(1):91-6.
- 23) Deliyiski DD, Shaw HS, Evans MK. Adverse Effects of Environmental Noise on Acoustic Voice Quality Measurements. *Journal of Voice* 2005;19(1):15-28.
- 24) Hirano M. Psycho-acoustic evaluation of voice. *Clinical examination of voice: disorders of human communication*; 1981. p.81-4.
- 25) Karnell MP, Melton SD, Childes JM, Coleman TC, Dailey SA, Hoffman HT. Reliability of Clinician-Based (GRBAS and CAPE-V) and Patient-Based (V-RQOL and IPVI) Documentation of Voice Disorders. *Journal of Voice* 2007; 21(5):576-90.
- 26) Rumsey DJ. *Statistics For Dummies*: Wiley;2011.
- 27) Maryn Y, Roy N, De Bodt M, Van Cauwenberge P, Corthals P. Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America* 2009;126(5):2619-34.
- 28) Alpan A, Schoentgen J, Maryn Y, Grenez F, Murphy P. Assessment of disordered voice via the first rahmonic. *Speech Communication* 2012;54(5):655-63.
- 29) Maryn Y, Weenink D. Objective Dysphonia Measures in the Program Praat: Smoothed Cepstral Peak Prominence and Acoustic Voice Quality Index. *Journal of Voice* 2015; 29(1):35-43.
- 30) Watts CR, Awan SN, Maryn Y. A Comparison of Cepstral Peak Prominence Measures From Two Acoustic Analysis Programs. *J Voice* 2017;31(3):387. e1-387. e10.
- 31) Lim YS, Lee YS, Lee JK. Clinical Features and Managements of Presbyphonia. *J Clinical Otolaryngol* 2010;21: 199-205.
- 32) Mezzedimi C, Di Francesco M, Livi W, Spinosi MC, De Felice C. Objective Evaluation of Presbyphonia: Spectroacoustic Study on 142 Patients with Praat. *Journal of Voice* 2017;31(2):257. e25-257. e32.
- 33) Vaca M, Cobeta I, Mora E, Reyes P. Clinical Assessment of Glottal Insufficiency in Age-related Dysphonia. *Journal of Voice* 2017;31(1):128. e1-128. e5.
- 34) Nemr K, Simoes-Zenari M, Cordeiro GF, Tsuji D, Ogawa AI, Ubrig MT, et al. GRBAS and Cape-V Scales: High Reliability and Consensus When Applied at Different Times. *Journal of Voice* 2012;26(6):812-e17.