



Reliability of OperaVOX™ against Multi-Dimensional Voice Program to Assess Voice Quality before and after Laryngeal Microsurgery in Patient with Vocal Polyp

Sun Woo Kim* , So Yean Kim* , Jae Kyung Cho , Sung Min Jin , and Sang Hyuk Lee

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

성대 용종 환자의 후두미세수술 전후 음성 평가에서 OperaVOX™와 Multi-Dimensional Voice Program 간의 신뢰도 연구

김선우, 김소연, 조재경, 진성민, 이상혁
 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실

Background and Objectives OperaVOX™ (Oxford Wave Research Ltd.) is a portable voice analysis software package designed for use with iOS devices. As a relatively cheap, portable and easily accessible form of acoustic analysis, OperaVOX™ may be more clinically useful than laboratory-based software in many situations. The aim of this study was to evaluate the agreement between OperaVOX™ and Multi-Dimensional Voice Program (MDVP; Computerized Speech Lab) to assess voice quality before and after laryngeal microsurgery in patient with vocal polyp.

Materials and Method Twenty patients who had undergone laryngeal microsurgery for vocal polyp were enrolled in this study. Preoperative and postoperative voices were assessed by acoustic analysis using MDVP and OperaVOX™. A five-seconds recording of vowel /a/ was used to measure fundamental frequency (F0), jitter, shimmer and noise-to-harmonic ratio (NHR).

Results Several acoustic parameters of MDVP and OperaVOX™ related to short-term variability showed significant improvement. While pre-operative value of F0, jitter, shimmer, NHR was 155.75 Hz (male: 125.37 Hz, female: 183.37 Hz), 2.20%, 6.28%, 0.16, post-operative values of these parameter was 164.34 Hz (male: 129.42 Hz, female: 199.26 Hz), 2.15%, 5.18%, 0.14 Hz in MDVP. While pre-operative value of F0, jitter, shimmer, NHR was 168.26 Hz (male: 135.16 Hz, female: 201.37 Hz), 2.27%, 6.95%, 0.26, post-operative values of these parameters was 162.72 Hz (male: 128.267 Hz, female: 197.18 Hz), 1.71%, 5.36%, 0.20 in OperaVOX™. There was high intersoftware agreement for F0, jitter, shimmer with intraclass correlation coefficient.

Conclusion Our results showed that the short-term variability of acoustic parameters in both MDVP and OperaVOX™ were useful for the objective assessment of voice quality in patients who received laryngeal microsurgery. OperaVOX™ is comparable to MDVP and has high inter-software reliability with MDVP in measuring the F0, jitter, and shimmer.

Keywords Voice quality; Voice disorder; Speech acoustics; Vocal cord; Mobile application.

Received November 18, 2020

Revised December 3, 2020

Accepted December 7, 2020

Corresponding Author

Sang Hyuk Lee, MD
 Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, 29 Saemunan-ro, Jongno-gu, Seoul 03181, Korea
 Tel +82-2-2001-2269
 Fax +82-2-2001-2273
 E-mail entlsh@hanmail.net

*These authors contributed equally to this work.

ORCID iDs

Sun Woo Kim <https://orcid.org/0000-0002-2894-1334>
 So Yean Kim <https://orcid.org/0000-0002-3378-6252>
 Jae Kyung Cho <https://orcid.org/0000-0001-8530-1774>
 Sung Min Jin <https://orcid.org/0000-0003-0714-5862>
 Sang Hyuk Lee <https://orcid.org/0000-0003-4412-3486>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

음성의 평가는 청지각적 음성평가와 주관적 음성평가, 음향학적 검사 등으로 이루어진다. 청지각적 음성평가는 검사자가 환자의 음성을 직접 듣고 평가하는 검사법으로 음성을 전반적으로 평가할 수 있는 방법이다. 청지각적 음성평가에서 Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, and Strain 척도(GRBAS Scale)가 임상에서 주로 사용된다. 주관적 음성평가는 설문지에 대해 환자 스스로가 보고한 결과를 점수화하는 방법이다. 두 검사법 모두 장비 없이 비교적 간단하게 시행할 수 있는 장점이 있으나, 검사자나 환자에 따라 결과가 주관적일 수 있다는 단점이 있다.^{1,2)} 이를 보완하기 위해 객관적인 음성 평가를 위해 음향학적 검사를 이용하며, 이는 음성을 컴퓨터 등을 이용하여 음향 신호로 전환한 후 분석함으로써 음성 장애의 진단을 내리는 데 구체적 자료를 제시할 수 있으며, 치료 전과 후의 변화를 기록할 수 있다는 점에서 최근 많이 이용되고 있다.^{1,3-5)} 임상에서 음성의 변화를 객관적으로 측정할 수 있는 음향학적 검사법으로 가장 널리 사용되는 것은 Multi-Dimensional Voice Program(MDVP)이다. MDVP는 음성의 파형을 이용하여 음성 기본주파수 및 주파수와 관련된 시간을 토대로 음향학적 분석을 하며, 가변적인 음성을 분석하여 음성의 여러 측면을 볼 수 있다는 장점이 있다. 여러 음향 지표들(acoustic parameters) 중 가장 널리 사용되는 음향 지표는 기본 주파수(fundamental frequency, F0), 주파수 변동률(jitter, %), 진폭 변동률(shimmer, %), 소음 대 배음비율(noise to harmonic ratio, NHR)이다.

최근 스마트폰 디지털 기술의 점진적인 발전으로 원신호가 가까운 음성 신호를 저장할 수 있게 되었고, 스마트폰을 이용한 음향학적 검사법이 개발되고 있다. 이 중 하나인 Opera VOX™(On PErson RAPid VOice eXaminer, Oxford Wave Research Ltd., Oxford, UK)는 음향학적 분석을 할 수 있게 개발된 스마트폰 application으로 iOS 운영체제 기기를 대상으로 2012년 처음 개발되었다.⁶⁾ OperaVOX™는 3가지 버전이 있으며, Lite는 무료, Personal은 USD \$42.99, Multi는 USD \$399.99으로, 기존의 Computerized Speech Lab(CSL) 장비에 비해 비용 부담이 적다. 또한, 장소에 구애받지 않으며, 환자 본인이 환자의 음성 분석이 가능하다는 장점이 있다. Lite는 mean of pitch, jitter, shimmer의 분석이 가능하며, Personal은 mean of pitch, pitch range, jitter, shimmer, F0, maximum phonation time, NHR을 분석할 수 있다. Multi는 다수의 사용자를 등록할 수 있다. 본 연구에서는 F0, jitter, shimmer, NHR의 4가지 음향 지표를 확인할 수 있는 Personal 버전을 사용하였다.

본 연구에서는 OperaVOX™의 임상적 유용성을 확인하기 위하여 성대 용종을 진단받고 후두미세수술을 시행받은 환자에서 수술 전후의 음성을 OperaVOX™와 MDVP를 이용하여 얻은 음향학적 지표를 비교 분석하였다.

대상 및 방법

대상

2017년 5월~2017년 8월까지 음성 장애를 주소로 본원 이비인후과에 내원하여 단일, 편측 성대 용종으로 진단받아 본원에서 후두미세수술을 시행받은 20명의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 남자가 10예, 여자가 10예였고 연령 분포는 30~81세까지로 평균 연령은 52.3세였다. 성대 용종 외 음성에 영향을 줄 수 있는 인자를 배제하기 위해 만 20세 미만, 과거에 성대 질환으로 치료를 받은 과거력이 있는 경우, 기관 삼관이나 성대 수술, 기타 두경부 수술이나 방사선 조사 기왕력이 있는 경우, 근무력증, 파킨슨과 같은 전신 질환이 있는 경우는 제외하였다. 모든 환자는 수술 전과 수술 4주 후 OperaVOX™와 MDVP를 이용한 음향 분석을 시행하였다. 수술 중 합병증이나 수술 후 합병증은 모든 환자에게서 발생하지 않았다.

후두미세수술

모든 환자는 본원 이비인후과 전문의 1명에서 수술을 시행되었고, 환자의 경부를 신전하였으며, 구강 내로 현수 후두경을 고정된 후 성대를 노출시킨 후 수술현미경을 이용하여 병변부를 확인하였다. 병변은 미세후두검자(laryngeal forceps) 및 미세후두가위(microlaryngeal scissors)를 이용하여 용종이 붙어 있는 점막과 주위 점막의 결손을 최소화하면서 절제 후 수술을 종료하였다.

음향 분석

모든 환자는 수술 전후로 음향 분석을 시행하였고 음성 녹음은 방음실에서 편안한 자세로 앉게 한 후 입과 마이크를 상자의 입 측면 10 cm의 거리에 위치시켜 녹음하였다. 편안한 음도와 강도 수준에서 지속모음 /a/를 3회 발성하여 이들의 평균값을 얻어 CSL(model 4150B, KayPENTAX Elemetrics Corp., Lincoln Park, NJ, USA)의 MDVP를 사용하여 F0, jitter, shimmer, 그리고 NHR을 분석하였다.

OperaVOX™는 Lite, Personal, Multi 3가지 버전 중 가장 대중적으로 사용되는 버전인 Personal 버전을 이용하였다. OperaVOX™를 이용한 음향 분석은 입과 스마트폰의 내주 마이크로폰 사이 30 cm의 거리에 위치시켜 녹음하였다. 마찬가지로

가지로 편안한 음도와 강도 수준에서 지속모음 /a/를 3회 발생하여 이들의 평균값을 얻어 분석하였다.

통계 분석

통계 분석은 SPSS(version 20.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다. OperaVOX™와 MDVP의 검사에서 수술 전과 수술 4주 후 음향 지표(F0, jitter, shimmer, NHR)의 차이를 비교하기 위해 paired t-test를 이용하여 분석하였다. 또한 두 검사에서 측정된 4개의 음향 지표들의 값 간 신뢰도는 intraclass correlation coefficient(ICC)와 Bland-Altman plot을 사용하여 분석하였다. 얻어낸 이 모든 연속 변수는 평균±표준편차 형태로 명시하였으며, 모든 결과는 p<0.05인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다. 본 연구는 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 기관심의위원회의 심의 및 승인을 받았다(IRB No 2020-11-031).

결 과

MDVP와 OperaVOX™의 수술 전후 음향 지표 비교

수술 후 음성 지표 호전 여부를 비교하였을 때, 두 검사 간 F0, jitter, shimmer, NHR 모두 상이한 결과를 보인 경우는 없었다. OperaVOX™에서 MDVP와 달리 1예에서 수술 전후 jitter 및 shimmer가 각각 1.04%, 3.52%에서 수술 후 1.24%, 4%로 증가하였고 다른 1예는 수술 전 NHR 0.1에서 수술 후 0.12로 증가하였다.

MDVP 주요 지표에서 F0는 수술 전 155.75 Hz(남자: 125.37 Hz, 여자: 183.37 Hz)에서 수술 후 164.34 Hz(남자: 129.42 Hz, 여자: 199.26 Hz)로 통계적으로 유의한 차는 없었다(p=0.080)(Table 1, Fig. 1). Jitter, shimmer, NHR은 각각 수술 전 2.20%, 6.28%, 0.16에서 수술 후 2.15%, 5.18%, 0.14로 각각 감소하였

Table 1. Voice analysis results before and after laryngomicrosurgery in vocal polyp patient

Parameter	Pre-operative	Post-operative	p-value
Multi-Dimensional Voice Program			
F0 (Hz)	155.75±54.70	164.34±51.66	0.080
Jitter (%)	2.20±1.82	2.15±2.28	0.033*
Shimmer (%)	6.28±3.07	5.18±2.27	0.028*
NHR	0.16±0.07	0.14±0.02	0.042*
OperaVOX™			
F0 (Hz)	168.26±57.14	162.72±46.22	0.074
Jitter (%)	2.27±1.43	1.71±1.32	0.012*
Shimmer (%)	6.95±4.03	5.36±3.46	0.034*
NHR	0.26±0.19	0.20±0.17	0.041*

Data are presented as mean±standard deviation. *p<0.05. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio

고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

OperaVOX™ 주요 지표에서 F0는 수술 전 168.26 Hz(남자: 135.16 Hz, 여자: 201.37 Hz)에서 수술 후 162.72 Hz(남자: 128.267 Hz, 여자: 197.18 Hz)로 통계적으로 유의한 차는 없었다(p=0.074). Jitter, shimmer, NHR은 각각 수술 전 2.27%, 6.95%, 0.26에서 수술 후 1.71%, 5.36%, 0.20로 각각 감소하였고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

위 결과를 통해 성대 용종 환자에서 후두미세수술 후 MDVP와 OperaVOX™를 이용하여 얻은 음향 지표 중 F0를 제외한 jitter, shimmer, NHR에서 유의한 변화를 확인할 수 있었다.

MDVP와 OperaVOX™의 음향 지표 간의 상관관계 (Intersoftware reliability)

MDVP와 OperaVOX™의 음향 지표 간의 상관관계를 비교하기 위하여 ICC를 실시하였다. 20명의 성대 용종 환자에서 후두미세수술 전 두 검사 간 F0, jitter, shimmer의 ICC는 0.913 [95% confidence interval(CI), 0.780~0.965], 0.930(95% CI, 0.860~0.953), 0.942(95% CI, 0.843~0.972)로 강한 상관관계가 나타났다(Table 2). NHR의 ICC는 0.047(95% CI, -0.646~0.585)로 상관관계를 보이지 않았다. 수술 전 검사 간 F0의 평균차는 -12.511(95% CI, -75.88~50.86), jitter의 평균차는 -0.070(95% CI, -3.48~3.34), shimmer의 평균차는 -0.66(95% CI, -8.30~6.97), NHR 평균차는 -0.09(95% CI, -0.51~0.32)로 모두 ±1.96배의 standard deviation(SD)값의 범위 내에 많이 분포하여 변화 폭이 적고, 검사 간 신뢰도가 높음을 알 수 있었다(Fig. 2).

후두미세수술 후 검사 간 F0, jitter, shimmer의 ICC는 0.935(95% CI, 0.837~0.974), 0.833(95% CI, 0.790~0.885), 0.752(95% CI, 0.292~0.889)로 강한 상관관계가 나타났다(Table 3). NHR의 ICC는 0.120(95% CI, -0.224~0.652)로 상관관계를 보이지 않았다. 수술 후 검사 간 F0의 평균차는 1.62(95% CI, -46.65~49.90), jitter의 평균차는 0.44(95% CI, -4.28~5.16), shimmer의 평균차는 -0.178(95% CI, -5.67~5.31), NHR 평균차는 -0.063(95% CI, -0.398~0.273)로 모두 ±1.96배의 SD 값의 범위 내에 많이 분포하여 변화 폭이 적고, 검사 간 신뢰도가 높음을 알 수 있었다(Fig. 3).

고 찰

성대 용종은 음성 남용 또는 오용이나 흡연, 인후두역류증 등으로 인한 만성염증으로 인해 생기는 성대의 양성 점막 질환이다. 가장 흔한 성대 양성 질환 중 하나로, 한국인들의 성대 용종 유병률은 약 0.4%이며 남성에게서 더 호발하나 주관

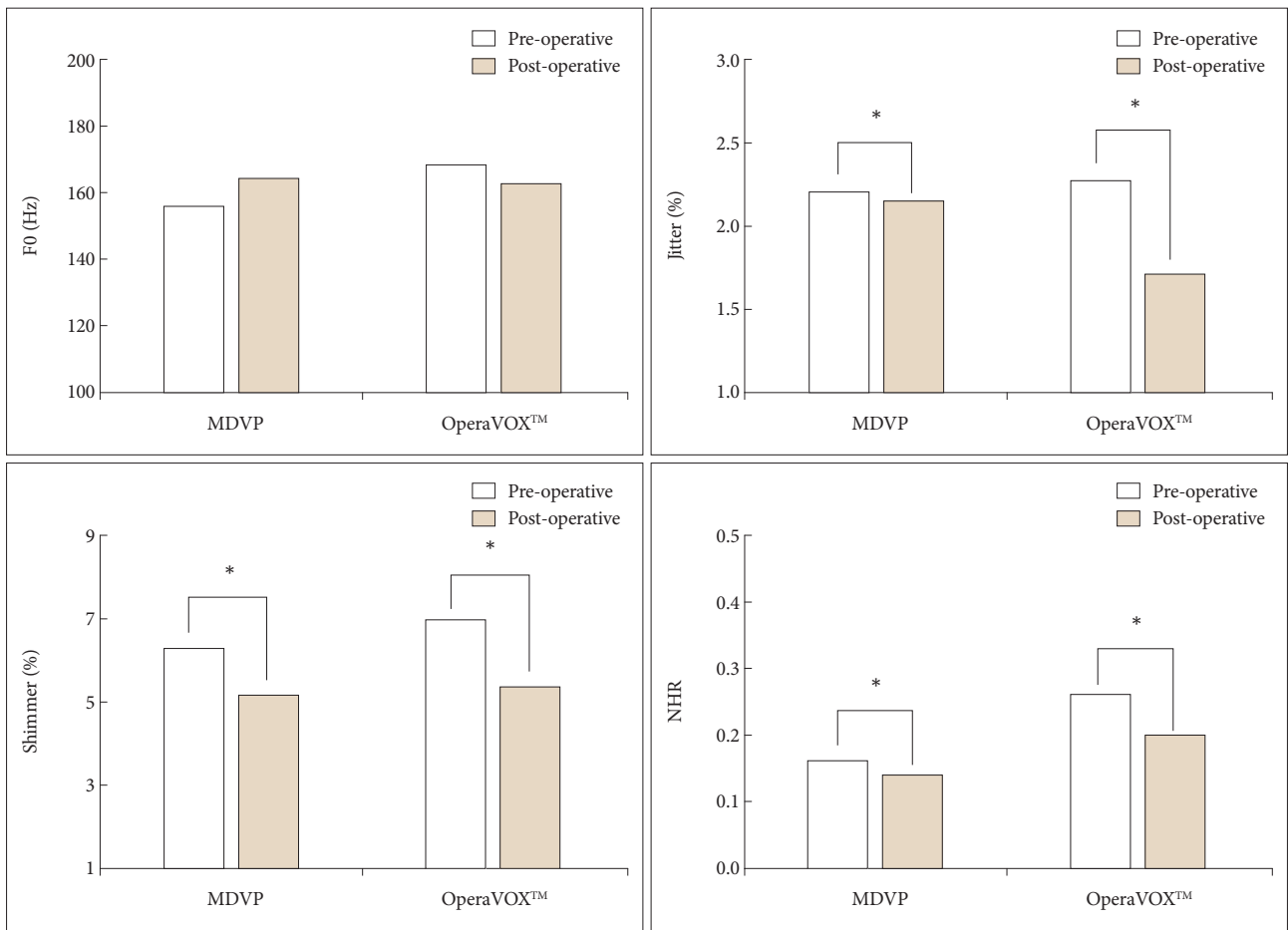


Fig. 1. Voice analysis results before and after laryngomicrosurgery in vocal polyp patient. The graph represents the mean of the data. Significant difference was shown in jitter, shimmer, and NHR, except for F0. Analysis was performed using a paired t-test. *p<0.05. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio, MDVP: Multi-Dimensional Voice Program.

적인 목소리의 불편감을 호소하는 경우는 여성에게 더 흔하게 관찰된다.⁷⁾ 성대 용종의 치료는 음성치료, 병변 부위의 스테로이드 주입술, 후두미세수술이 주된 치료이며 이 중 후두미세수술로 제거하는 것이 가장 효과적인 치료로 알려져 있다.⁸⁾ 성대 용종 환자에서 후두미세수술의 목표는 병변의 제거를 통한 음성 기능의 회복이며, 수술의 효과를 측정함에 있어서 중요한 지표는 음질이다. 이를 위해서는 수술 전후 환자의 정확한 음성 평가가 필요하다.

자동화된 음성 분석 프로그램은 이러한 후두의 질병이나 음성 장애와 관련된 성대 진동에 대한 정보를 비침습적이고, 비교적 빠른 시간에 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있고 그 측정치들을 수량화하여 질병의 진단 및 치료의 효과를 평가하는데 널리 사용되고 있다. 임상적으로 많이 사용되는 음향 지표 중 F0는 음성의 주기성을 보이는 주기파에서 가장 낮은 주파수를 의미한다. Jitter는 주어진 시간 중 한 주기에서의 기저주파수와 그 다음 주기에서의 가변성을 측정한 것으로 주파수의 변동률을 의미한다. F0와 jitter는 음의 높낮이와 연관성

Table 2. Results of pre-operative parameter ICC between MDVP and OperaVOX™

Parameter	MDVP	OperaVOX™	ICC (95% CI)
F0 (Hz)	155.75±54.70	168.26±57.14	0.913* (0.780-0.965)
Jitter (%)	2.20±1.82	2.27±1.43	0.930* (0.860-0.953)
Shimmer (%)	6.28±3.07	6.95±4.03	0.942* (0.843-0.972)
NHR	0.16±0.07	0.26±0.19	0.047 (-0.646-0.585)

Data are presented as mean±standard deviation. *ICC>0.75. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio, ICC: intraclass correlation coefficient, MDVP: Multi-Dimensional Voice Program, CI: confidence interval

이 있다. Shimmer는 음파에서 진폭의 가변성을 의미하며 소리의 강도와 연관이 있다. NHR은 음파 내에서 배음에 대해 잡음이 나타나는 정도를 알아보는 지표로 불규칙하고 거친 음성일수록 값이 커지는 지표이다.

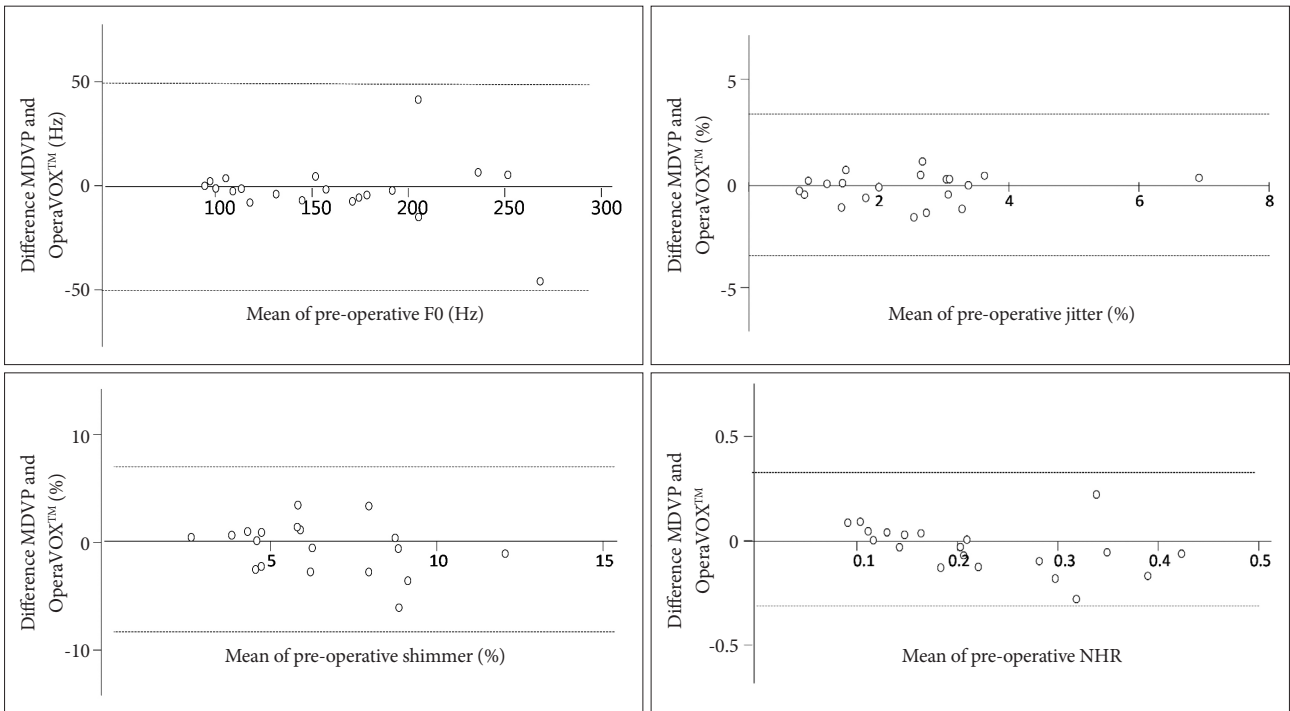


Fig. 2. Results of using Bland-Altman plot to analyze pre-operative intersoftware reliability of MDVP and OperaVOX™. Dotted lines represent upper and lower 95% limit of agreement. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio, MDVP: Multi-Dimensional Voice Program.

본 연구는 최근 임상 및 연구에서 가장 널리 사용되는 MDVP와 스마트폰 application으로 개발된 OperaVOX™ 간의 4가지 음향학적 지표가 신뢰할 수 있는지 검증하기 위해 성대 폴립 환자에서 후두미세수술 전후의 검사 결과를 비교하고, 이를 통해 스마트폰을 이용한 음향학적 평가가 기존의 MDVP 검사를 대체할 수 있는지를 알아보려고 하였다. 이전 연구에서는 OperaVOX™를 사용하여 얻은 음향학적 지표와 GRBAS Scale과의 유의한 상관관계가 있다고 발표하였다.⁶⁾ 하지만, 본 연구에서처럼 MDVP와 OperaVOX™ 간의 상관관계를 비교한 연구는 없었다. 기존의 음성분석 프로그램들 간 음향 지표의 값을 비교한 선행 연구들은 음성분석 프로그램에 따라 측정된 음향 지표들의 값에 차이가 있었다. 특히 F0의 값은 매우 높은 상관관계를 보였으나 jitter와 shimmer에서는 연구마다 불일치한 결과를 도출했다.⁹⁻¹¹⁾ 이는 음성 분석 프로그램들이 서로 다른 알고리즘을 사용하기 때문에 차이가 나타난 것으로 볼 수 있다.¹²⁾ 또한, 각 소프트웨어 간의 음향 지표 간 신뢰도는 다소 높게 평가되었지만, 완전히 일치하는 것은 아니었기 때문에 소프트웨어 하나만을 독립적으로 사용하는 것은 추천하지 않는다는 연구 결과도 있다.¹³⁾ 소프트웨어 간 신뢰도를 저하시키는 요인으로 녹음 환경이나 마이크 유형, 녹음 중 발생 주파수 및 진폭의 변화, 입술에서 마이크까지의 거리 등이 영향을 미친다.¹⁴⁾

Table 3. Results of post-operative parameter ICC between MDVP and OperaVOX™

Parameter	MDVP	OperaVOX™	ICC (95% CI)
F0 (Hz)	164.34±51.66	162.72±46.22	0.935* (0.837–0.974)
Jitter (%)	2.15±0.28	1.71±1.32	0.833* (0.790–0.885)
Shimmer (%)	5.18±2.27	5.36±3.46	0.752* (0.292–0.889)
NHR	0.14±0.02	0.20±0.17	0.120 (-0.224–0.652)

Data are presented as mean±standard deviation. *ICC>0.75. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio, ICC: intraclass correlation coefficient, MDVP: Multi-Dimensional Voice Program, CI: confidence interval

본 연구에서는 MDVP 및 OperaVOX™를 통해 얻은 F0이 높은 상관관계를 보임을 확인할 수 있었고 나아가 jitter와 shimmer에서도 높은 상관관계를 보였다. Jitter와 shimmer 값은 F0에 비해 기기의 소음 또는 주변 소음에 더 많은 영향을 받지만 이들은 음성장에 대상자의 음질을 판단하는 데 유용한 수단이며 본 연구에서 OperaVOX™의 jitter와 shimmer 값이 MDVP와 상관관계를 갖는다는 것은 음향학적 평가 방법으로서 의의가 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 4개의 음향 지표 중 NHR만이 상관관계를 보이지 않았는데 비슷한 결과

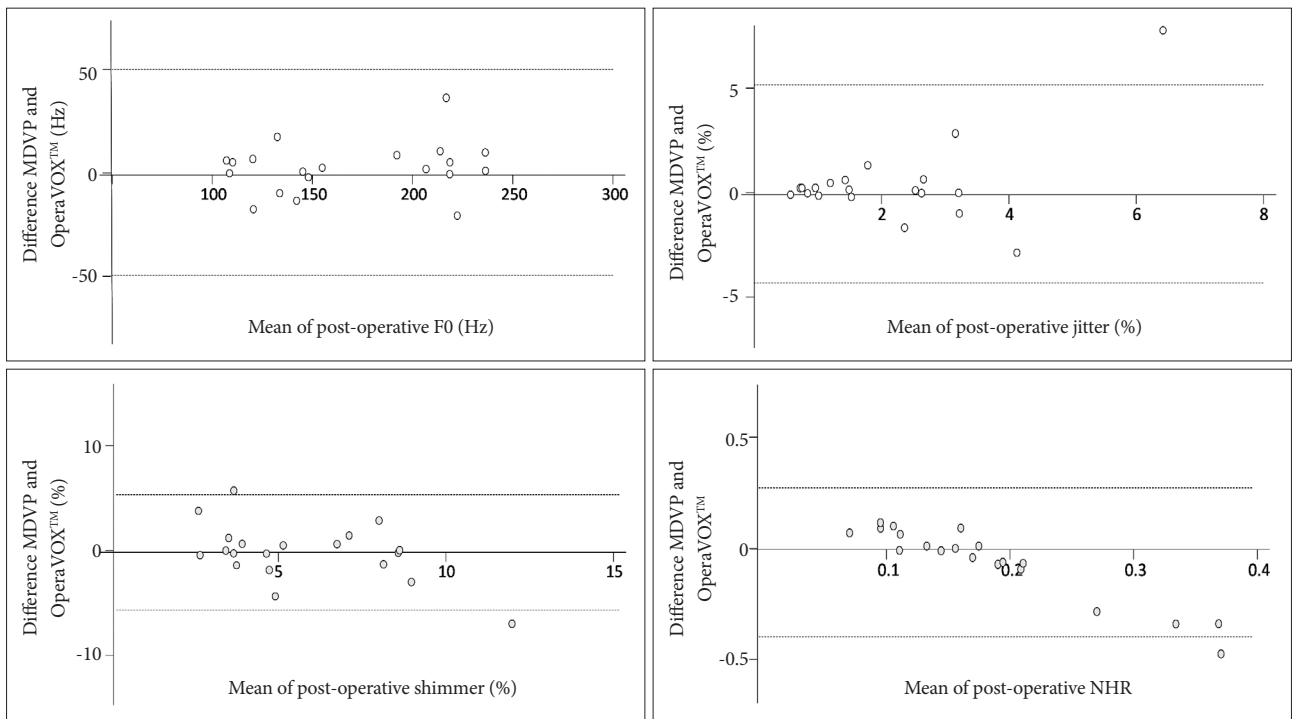


Fig. 3. Results of using Bland-Altman plot to analyze post-operative intersoftware reliability of MDVP and OperaVOX™. Dotted lines represent upper and lower 95% limit of agreement. F0: fundamental frequency, NHR: noise-to-harmonic ratio, MDVP: Multi-Dimensional Voice Program.

를 보인 다른 연구와 마찬가지로 소프트웨어 프로그램이 다른 알고리즘 방식을 사용하여 NHR의 정상값의 기준이 다르기 때문이라고 생각된다.⁹⁻¹²⁾

Jitter와 shimmer, NHR이 성대 양성 병변에서 수술 전후 음성기능 개선 정도를 민감하게 반영해주는 지표로 보고되며,¹⁵⁾ 본 연구에서도 MDVP 및 OperaVOX™를 통해 얻은 jitter와 shimmer, NHR이 수술 후 유의하게 감소하는 소견을 보였다. 따라서 환자의 치료 전 후 음성기능 개선 정도를 MDVP와 유사하게 OperaVOX™를 이용하여 객관적으로 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점으로는 20명만을 대상으로 하였고 성대 폴립이 있는 환자들을 대상으로 하였기 때문에 연구 대상의 범위가 좁고 증례의 수가 한정적이었다. 그리고 연령 및 성별에 따른 통계가 미흡하였다. 따라서 후속 연구에서는 폭넓은 연구 대상 및 연령을 통제하여 좀 더 객관적인 음향학적 비교가 필요할 것으로 생각된다. 또한 OperaVOX™는 휴대 가능하며 비용이 저렴하여 접근성이 좋으나 아직까지는 MDVP만큼의 더 많은 음향 지표들을 분석하기 어렵다는 단점이 있다.

결 론

OperaVOX™가 현재 널리 사용되고 있는 MDVP와 통계적으로 유의한 상관관계를 보임으로써, OperaVOX™는 휴대

가능하며 싸고 쉽게 가정 및 병원에서 사용할 수 있다는 점에서 임상적 유용성이 있다. 또한 환자 및 의사가 일상에서 검사 결과를 수집할 수 있어 보다 쉽게 음성 기능의 평가 및 치료의 효과를 평가할 수 있을 것이라 생각된다. 본 연구를 통해 향후 스마트폰을 이용한 음향학적 분석이 기존의 MDVP를 대체할 수 있는 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

중심 단어: 음질, 음성 장애, 음향분석, 성대, 모바일 응용 소프트웨어.

Acknowledgments

None.

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

Authors' Contribution

Conceptualization: Sang Hyuk Lee, Sung Min Jin. Data curation: Sun Woo Kim, So Yean Kim, Jae Kyung Cho. Formal analysis: Sun Woo Kim, So Yean Kim. Methodology: Sun Woo Kim, So Yean Kim. Software: Sun Woo Kim, So Yean Kim, Jae Kyung Cho. Supervision: Sang Hyuk Lee, Sung Min Jin. Validation: Sang Hyuk Lee, Sung Min Jin. Writing—original draft: Sun Woo Kim, So Yean Kim. Writing—review & editing: Sang Hyuk Lee, Sung Min Jin. Approval of final manuscript: all authors.

REFERENCES

- Kim J, Choi HS. Comparison of clinicians' perceptual evaluations and patients' subjective evaluations of voice disorders. *Commun Sci Disord* 2009;14(2):223-35.

2. Rubin AD, Praneetvatakul V, Gherson S, Moyer CA, Sataloff RT. Laryngeal hyperfunction during whispering: reality or myth? *J Voice* 2006;20(1):121-7.
3. Yu P, Ouaknine M, Revis J, Giovanni A. Objective voice analysis for dysphonic patients: a multiparametric protocol including acoustic and aerodynamic measurements. *J Voice* 2001;15(4):529-42.
4. Jin SM. Introduction of acoustic analysis of voice. *Korean J Otolaryngol* 2004;47(10):943-9.
5. Maryn Y, Roy N, De Bodt M, Van Cauwenberge P, Corthals P. Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *J Acoust Soc Am* 2009;126(5):2619-34.
6. Siau RTK, Goswamy J, Jones S, Khwaja S. Is OperaVOX a clinically useful tool for the assessment of voice in a general ENT clinic? *BMC Ear Nose Throat Disord* 2017;17:4.
7. Hah JH, Sim S, An SY, Sung MW, Choi HG. Evaluation of the prevalence of and factors associated with laryngeal diseases among the general population. *Laryngoscope* 2015;125(11):2536-42.
8. Byeon HK, Han JH, Choi BI, Hwang HJ, Kim JH, Choi HS. Treatment of hemorrhagic vocal polyps by pulsed dye laser-assisted laryngomicrosurgery. *Biomed Res Int* 2015;2015:820654.
9. Oğuz H, Kiliç MA, ŞAFAK MA. Comparison of results in two acoustic analysis programs: Praat and MDVP. *Turk J Med Sci* 2011;41(5):835-41.
10. Shim S, Kim H, Kim J, Shin J. Difference in voice parameters of MDVP and Praat programs according to severity of voice disorders in vocal nodule. *Phonetics and Speech Sciences* 2014;6(2):107-14.
11. Yoo JY, Jeong OR, Jang TY, Ko DH. A correlation study among acoustic parameters of MDVP, Praat, and Dr. Speech. *Speech Sciences* 2003;10(3):29-36.
12. Vogel AP, Rosen KM, Morgan AT, Reilly S. Comparability of modern recording devices for speech analysis: smartphone, landline, laptop, and hard disc recorder. *Folia Phoniatr Logop* 2014;66(6):244-50.
13. Carding PN, Wilson JA, MacKenzie K, Deary IJ. Measuring voice outcomes: state of the science review. *J Laryngol Otol* 2009;123(8):823-9.
14. Brockmann-Bauser M, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again? *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;19(3):165-70.
15. Wang JH, Park SK, Lee SK, Choi SH, Kim SY, Nam SY. Comparison of the results of voice handicap index and computer-assisted voice analysis in patients with benign vocal cord lesions before and after micro-laryngeal surgery. *Korean J Otolaryngol* 2005;48(3):380-6.