

각종 음성분석기에 따른 음성장애 환자의 주기간 주파수 및 진폭변동을 분석

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소,¹ 의학공학교실,³
연세대학교 대학원 생체공학 협동과정²

최성희¹ · 남도현¹ · 이승훈² · 정원혁² · 김덕원³ · 최홍식¹

= Abstract =

Jitter and Shimmer Measurements of Dysphonia among the Different Voice Analysis Programs

Seong Hee Choi, MPH¹, Do-Hyun Nam¹, Seung-Hoon Lee, B²
Won-Hyuk Jung, B², Deok-Won Kim, PhD³ and Hong-Shik Choi, MD¹

¹Department of Otorhinolaryngology, The Institute of Logopedics & Phoniatrics, ³Medical Engineering,
Yonsei University College of Medicine, Seoul; and ²Graduate Program in Biomedical Engineering,
Yonsei University, Seoul, Korea

Background and Objectives : Voice perturbation measures, such as jitter and shimmer has been importantly used for diagnosis and treatment efficacy of laryngeal dysfunction. This study was conducted to investigate validity of newly developed multi-channel voice analyzer program by comparing with MDVP, PRAAT, TF32. In addition, we compared the voice perturbation measures with different voice analyzer program by type of signals.

Materials and Methods : Nineteen mild-severe dysphonic patients participated in our study. Fundamental frequency, jitter and shimmer values were obtained from different voice analyzer program using the same sustained /ah/ phonation.

Results : Fundamental frequency and shimmer were highly correlated whereas jitter was weakly correlated between newly developed multi-channel voice analyzer program and the others though different pitch computation algorithm except MDVP. In addition, Type 2 and 3 signals were weakly correlated than Type 1.

Conclusion : In the clinical setting, clinician may have sufficient information of voice analyzer and control conditions properly for severity of pathologic voice before voice perturbation measure to obtain reliable results.

KEY WORDS : Multi-channel voice analyzer · Jitter · Shimmer · Type of signal.

서 론

사람의 목소리는 발생 시 성대 진동의 주기와 주기 사이에 완전히 규칙적인 진동이 일어나지 않기 때문에 자연스러운 목소리를 가질 수 있다. 성대 진동 시 주기와 주기사이의 기간이나 주기와 주기사이의 강도의 변이성을 가질 수 있

는 데, 시간적 측면에서 주기 간 길이의 변동을 'jitter', 연속적인 상대진동 시 주기 간 강도의 변동을 'shimmer'라고 하며 이것은 상대 진동이 얼마나 비주기적인지의 정도를 객관적으로 측정하는 것이다.^{1-3,4)}

Jitter와 shimmer는 음성장애의 유무나 증증도를 판단하거나 거칠거나 쉰 목소리와 같은 음질을 측정하는 중요한 객관적 지표로 사용될 뿐 아니라, 치료에 따른 환자의 음성 변화를 모니터링하는 데 사용되어 왔다.^{5,6)} 생리학적인 측면으로 거친 음성은 성대근육을 지나치게 습관적으로 남용하거나 병리학적으로 성대의 한쪽이나 양쪽의 층고유판(laminar propria layer) 조직에 종물의 성장에 의해 발생할 수 있으며 종물이 커질수록 더 비주기적인 성대 진동이 일어

논문접수일 : 2005년 10월 1일

심사완료일 : 2005년 11월 1일

책임저자 : 최홍식, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소

전화 : (02) 2019-3461 · 전송 : (02) 3463-4750

E-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

난다.¹⁾

자동화된 음성 분석 프로그램은 이러한 후두의 질병이나 음성장애와 관련된 성대 진동에 대한 정보를 비침습적이고 비교적 빠른 시간에 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있어 임상에서 널리 사용되고 있다. 현재 상용화된 음성분석 프로그램들은 음성신호처리에 대한 다양한 알고리즘을 사용하고 있으므로 같은 음성에 대해 각각 다른 결과를 나타내며⁷⁾⁸⁾ 음성 신호 특성이 거의 주기적이라는 가정에 위반되는 음성에 대해서도 분석이 되는 경우가 있다. 이러한 이유로 특히, 병적 음성에 대한 음질을 양적으로 수량화하는 데 의문을 가져왔다.⁹⁾

Titze(1995) 등은 음향학적 분석 시 신호 특성에 따라 3가지로 분류하도록 제안하였는데, 1) Type 1은 거의 주기적인 신호로서, 분석하는 구간 내에 질적 변화를 거의 보이지 않는 경우 2) Type 2는 간헐적이고 강한 subharmonics나 변동(modulation)을 포함하는 경우 3) Type 3은 비주기적인 신호로서 주기적인 신호가 거의 없는 경우이다.¹⁰⁾

신호 특성 분류는 과연 이 음성 신호가 음향학적 분석에 적절한 지를 판단하는 것으로 기본주파수와 주기간 변동률을 측정할 때 거쳐야 할 필수적인 과정으로 보았다. 즉, Type 1은 믿을 수 있는 측정치를 얻을 수 있는 반면, Type 2와 3은 신뢰성 있는 측정치를 얻기 어려운데 Type 2는 일관적인 하나의 기본주파수만 포함하지 않으므로 스펙트로그램과 같은 시각적 분석이 바람직하며, Type 3은 무질서한 신호 특성 때문에 청지각적인 평가가 타당하다고 하였다.¹¹⁾

본 연구는 병적 음성을 대상으로 음성 신호를 분류하고, 음성의 기본 특징이 되는 기본주파수(f_0), 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer)의 결과를 현재 상용화된 음성분석기와 의학공학교실과 본 연구소에서 새로 개발된 다채널 음성 분석기의 음성분석 프로그램을 비교하여 타당도를 보고자 하였다. 비교대상으로는 CSL의 MDVP(multi-

dimensional voice program ; Kay Elemetrics, USA), CSpeech의 TF32(University of Wisconsin - Madison, USA) 및 PRAAT를 사용하였다. 또한 음성 신호 분류 체계에 따라 음성분석기기 간의 음성 분석 결과들을 비교하여 음성신호 특성이 미치는 영향에 대해 살펴보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대 상

본 연구의 대상자로는 경도에서 심도의 음성장애 환자 중 19명의 환자(남 9명, 여 10명)를 대상으로 하였으며, 환자의 나이는 19~70세(평균 41세)였다. 음성장애는 성대결절 5예, 성대마비 2예, 성대폴립 1예, 경련성발성장애 5예, 과각화증 1예, 후두암 3예, 유두종 1예, 성대구증 1예였다. 음성 신호는 스펙트로그램과 f_0 contour에 의해 Titze(1995)의 분류에 따라 분류하였다. 이 중 Type1으로 분류된 것은 7, Type 2는 8, Type 3은 4개였다(Fig. 1).

2. 실험 절차

환자로 하여금 편안한 목소리 크기와 높이로 /아/연장 발성을 최소한 5초동안 하도록 하였다. 모든 음성은 소음이 차단된 방에서 마이크로폰(type : ECM-717 electret condenser microphone, Sony Corporation, Tokyo, Japan)과 Digital Audio Tape(Sony DAT - recorder: sampling rate 48000Hz : Sony Corporation, Tokyo, Japan)을 사용하여 녹음되었으며 마이크와의 거리는 5cm를 유지하였다. 측정자 내, 측정자 간의 변이성이 분석 기계간 측정치의 비교에 영향을 미치는 것을 고려하여, 녹음된 동일한 음성 신호를 각종 음성분석프로그램에서 동일한 구간을 분석하였으며, 모음 분석은 처음과 끝부분을 제외한 비교적 안정된 3초 구간을 사용하였다.

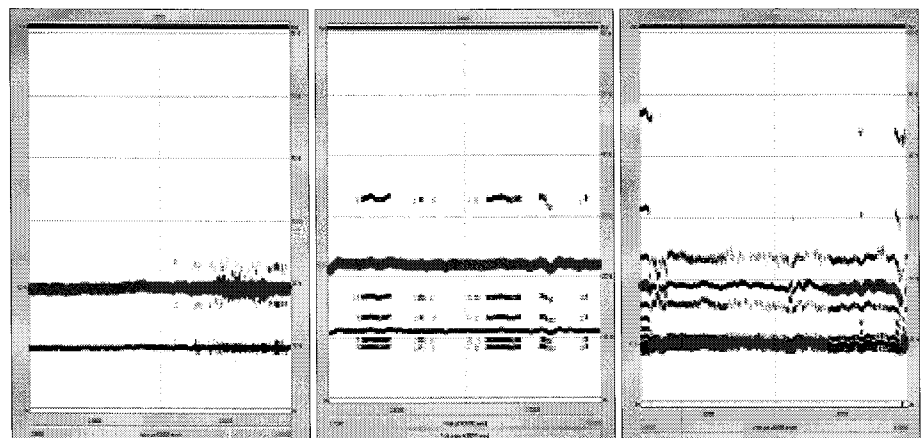


Fig. 1. Types of signals : The left signal with unilateral polyp was Type 1, middle signal was that of vocal nodule classified Type 2. The right signal was that of spasmodic dysphonia classified Type 3. The bold lines means fundamental frequency(f_0).

3. 음성분석 프로그램에 의한 분석

1) 개발된 음성분석 프로그램

개발된 음성분석 프로그램에서는 자기상관함수법(auto-correlation)을 기본으로 기본주파수를 계산하였다. 정해진 윈도우 크기마다 피치를 구하지 않고 이전 프레임에서의 피치를 참조하여 자동으로 다음 구간의 기본주파수를 구하였다(Fig. 2).

2) 음성분석 프로그램의 비교

19개의 환자 음성 자료를 MDVP, TF 32 및 PRAAT의 각 프로그램의 사용법에 따라 분석하였다. PRAAT의 경우는 피치를 검출하는 방법이 단순자기상관함수법(simple autocorrelation), 자기상관함수법(auto-correlation), 교차상관함수법(cross correlation), STFT(short time fourier transform)이 있는데, 이 중 교차상관함수법을 사용하여 분석하였다. CSL의 MDVP와 CSpeech의 TF32는 각각 자기상관함수법과 교차상관함수법을 사용하여 피치를 자동적으로 계산하였다.

3. 통계

통계는 SPSS 13.0(SPSS Corporation, Chicago, IL)을 이용하여 분석하였으며, 각 분석 결과 간의 비교는 ANOVA Repeated Measures를 이용하였으며, 신호 특성에 따른 각 음성분석기기 간의 측정치를 비교하기 위하여 상관분석을 시행하였다.

결 과

1. 기본주파수 결과 비교

남성의 각 음성 샘플에 대한 기본주파수의 분석 결과, TF32에서는 141Hz, Praat에서는 148Hz, MDVP에서는

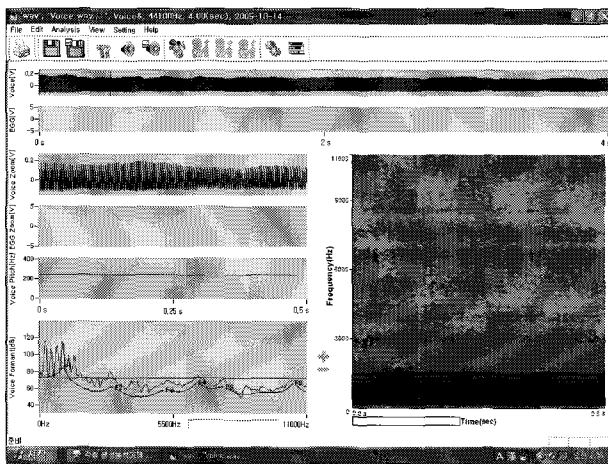


Fig. 2. Newly developed multi-channel voice analyzer.

150Hz, 새로 개발된 다채널 음성분석프로그램에서는 141 Hz였다. 여성은 TF32에서는 206Hz, PRAAT에서는 196 Hz, MDVP에서는 206Hz, 새로 개발된 다채널 음성 분석 프로그램에서는 195Hz 였다(Table 1). 반복측정 일원분산 분석 결과, 각 음성분석 프로그램에 따른 기본주파수 측정치는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.481$).

2. 주기간 주파수변동률(jitter) 결과 비교

각 음성 샘플에 대한 주기간 주파수 변동률(jitter)의 분석 결과, TF32에서는 .67%, PRAAT에서는 .63%, MDVP에서는 1.88%, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램에서는 1.80%이었다(Table 2). 각 음성 분석기에 따른 jitter 측정치는 통계적으로 유의한 차이를 보였는데($F(3,42)=5.543$, $p=0.003$), 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 MDVP ($M=1.8754$)와는 차이를 보이지 않았으나, PRAAT($M=0.6306$)과 TF32($M=0.6747$)와는 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F(1,8)=15.53$, $p=.001$; $F(1,18)=18.406$, $p=.000$).

음성 신호 분류에 따른 jitter에 대한 각 음성분석 기기 간의 상관관계수는 Type1의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF32간에 .24, PRAAT과는 .24였으나, MDVP와의 상관관계는 .97로 통계적으로 상관관계가 높은 것으로 나타났다($p<.01$) (Fig. 3).

Table 1. Mean and standard deviation of fundamental frequency (Hz) among the different voice analyzers

	TF32	PRAAT	MDVP	Multi-C
Male (N=9)	141.4±34.81	148.3±22.77	150.6±26.84	141.4±35.32
Female (N=10)	206.4±23.04	196.4±36.85	206.1±23.12	195.4±36.60

Table 2. Comparison results : % jitter, % shimmer computed by TF32, PRAAT, MDVP and multi-channel program by types of signals

VQM	Total	Type of signal		
		Type 1	Type 2	Type 3
% jit - TF 32	.6747±.80	.4143±.36	.5075±.29	1.465±1.52
jit (local)-PRAAT	.6306±.60	.5043±.49	.4650±.24	1.184±1.00
% jit- MDVP	1.8754±1.43	1.019±.79	1.675±.78	3.776±1.69
% jit- Multi C	1.8026±1.28	1.253±1.06	1.763±.92	2.845±1.86
% Shim- TF 32	4.0737±3.37	2.39±1.56	4.17±2.51	6.83±5.65
Shim (local)-PRAAT	5.1111±4.16	2.80±1.20	4.45±2.71	10.48±5.63
% Shim- MDVP	6.0430±4.72	3.69±1.97	5.01±2.25	12.23±6.90
% Shim- Multi C.	4.6126±3.42	2.74±1.34	4.22±2.00	8.67±5.15

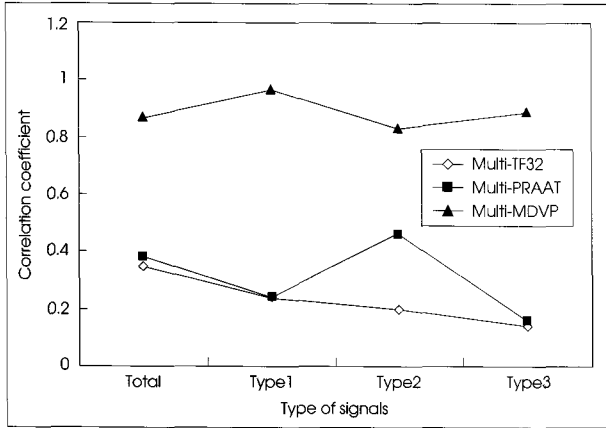


Fig. 3. Correlation change between different voice analyzers of jitter values according to the type of signals : significant correlation of Type 1 ($p < .01$), Type 2 ($p < .05$). No significant correlation of Type 3 ($p > .05$).

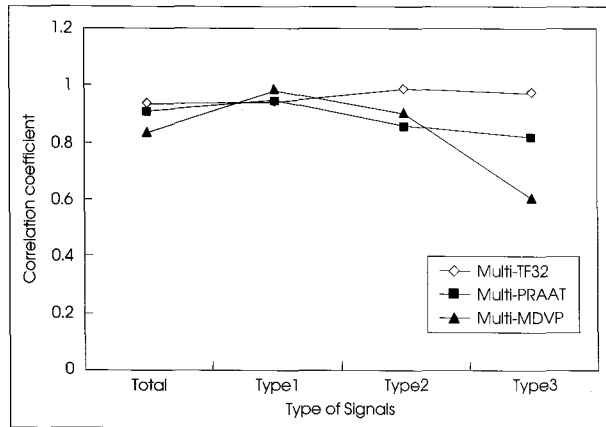


Fig. 4. Correlation change between different voice analyzers of shimmer values according to the type of signals : significant correlation of Type 1 & 2 ($p < .01$), Type 3 ($p < .05$).

Type 2의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF32간의 상관관계는 .20, PRAAT와는 .46, MDVP와는 .83으로 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, Type1에 비해서는 상관관계가 낮은 것으로 나타났다($p < .05$) (Fig. 3).

Type 3의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF32와의 상관관계는 .14, PRAAT와는 .16, MDVP와는 .89로 유의수준 95%에서 의미있는 차이를 보였다($p > .05$) (Fig. 3).

3. 진폭변동을 결과 비교

각 음성 샘플에 대한 주기간 진폭 변동률(shimmer)의 분석 결과, TF32에서는 4.07%, PRAAT에서는 5.11%, MDVP에서는 6.04%, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램에서는 4.6126이었다(Table 2). jitter와 마찬가지로, 각 음성 분석기에 따른 shimmer 측정치는 통계적으로 유의한 차이를 보였는데($F(3,54)=4.949, p=0.004$), 그 중에서도 새

로 개발된 다채널음성분석기와 통계적으로 유의한 차이를 보인 것은 MDVP였으며($F(1,18)=5.471, p=0.03$), 나머지 분석기와의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

음성 신호 분류에 따른 shimmer에 대한 각 음성분석 기기 간의 상관관계는 Type1의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF 32간에 .94, PRAAT과는 .94, MDVP와의 상관관계는 .98로 모두 통계적으로 상관관계가 높은 것으로 나타났다($p < .01$) (Fig. 4).

Type 2의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF32간의 상관관계는 .98, PRAAT와는 .85, MDVP와는 .90으로 모두 상관관계가 높은 것으로 나타났으나($p < .01$), Type1에 비해서는 상관관계가 감소하였다(Fig. 4).

Type 3의 경우, 새로 개발된 다채널 분석 프로그램과 TF32와의 상관관계는 .97로 유의수준 95%에서 의미 있는 상관관계를 보였으나($p < .05$), PRAAT와는 .81, MDVP와는 .60으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다($p < .05$) (Fig. 4).

고 찰

음성의 질을 평가하는 방법으로 청지각적 평가, 음향학적 평가, 공기역학적 평가, 전기성문파형검사, 후두내시경 검사와 같은 방법들이 사용되어 왔는데, 이 중 음향학적 평가는 음성장애 환자를 객관적으로 평가하는 방법으로서 그 측정치들을 수량화하여 질병의 진단 및 치료의 효과를 평가하는 데 흔히 사용된다.²¹⁾

그 중 기본 주파수 및 진폭 변동률은 성대진동이 여러 주기에 걸쳐서 얼마나 주기성으로부터 벗어나 있는지의 정도를 측정하는 것인데, 지난 수십년 동안 음향학적 음성 신호의 주기성과 강도의 주기간 변화를 분석함으로써 이루어졌다. 기본주파수 및 jitter, shimmer 측정치는 성대의 물리적 상태를 수치화한 것으로, 근육의 긴장도의 차이, 성대 점막의 변화로 인한 성대 구조의 비대칭성, 성문폐쇄의 정도에 따른 기류의 불규칙성 및 불안정적인 조음기관의 움직임 등과 같은 요인들이 기본 주파수나 진폭 변동을 일으키는 원인으로 보았다.²⁾

Jitter나 shimmer를 측정하는 방법으로는 다양한 방법이 소개되어 왔는데, Ludlow 등은 주어진 기간 간에 차이를 계산하는 것으로 왼쪽에서 오른쪽으로 두 개의 주기 기간 간 차이를 평균하는 방법을 제안하였고 Hecker 등은 이웃한 성대 진동 주기(cycle)들 간 차이의 평균 크기를 측정하는 방법을, Horii 등은 이웃한 일정 기간(period)간의 차이의 평균크기를 측정하는 방법을 소개하였다.¹⁾²²⁾²³⁾ 최

근에는 Baken 등이 제안한 컴퓨터로 일정기간 내에서 연속적으로 상관관계를 측정하는 방법들이 있다.

현재 이러한 방법들이 임상에서 널리 사용되고 있음에도 불구하고, 이것을 측정하는 표준 방법이 정해져 있지 않으며, 많은 상용화된 음성분석기기 간에 서로 다른 알고리즘을 사용함으로써, 측정 결과치 간에 불일치한 점이 있어왔으며 측정치들의 신뢰도에도 문제가 제기되었다. CSL은 RAP (relative average perturbation)를 기초로 하여 주파수변동률과 진폭변동률을 계산하는 데, 이것은 연속한 3개의 주기에 걸쳐서 주기 간 변동을 계산하며, CSpeech에서 주파수변동률은 least mean square법에 의해 두 개의 연속적인 period의 구간에서 차이를 계산한다.²⁴⁾ PRAAT는 주파수변동률과 진폭변동률이 교차상관함수법에 의한 결과만을 산출하고,²⁵⁾ 새로 개발된 Multi-channel음성 분석기는 자기상관법을 기본으로 피치를 계산하는데, 윈도우 크기나 이동을 정해놓은 기존의 프로그램과 달리, 윈도우 크기가 정해져 있지 않고, 윈도우 크기와 이동을 가변적 결정하여 정확도를 높였다.

상용화된 서로 다른 음성 분석기기 간에 정상인을 대상으로 한 jitter나 shimmer 측정치에 대한 연구로 Smits 등은 Dr. Speech와 CSL에서 두 기기 간에 기본주파수와 HNR, Shimmer 측정치에는 유의한 상관관계를 보였으나, jitter는 낮은 상관관계를 보였다고 하였다.²⁰⁾ 경도부터 중증도의 병적음성을 대상으로 한 여러 가지 음성분석 기기 간에 주파수변동률과 진폭변동률에 대한 연구에서는 CSpeech와 CSL, Soundscope(ver. 1.09 ; GW Instruments, Cambridge, MA)를 이용하여 분석하였는데, 기본주파수는 거의 유사한 결과를 얻은 반면, 주파수변동률과 진폭 변동률은 측정기기간의 결과치가 낮은 상관관계를 보였다.⁹⁾ 이와 마찬가지로 CSpeech와 CSL에서 음성장애 환자의 기본주파수는 높은 상관관계를 보였으나 주파수변동률이나 진폭변동률에서는 상관관계를 보이지 않았다.⁷⁾ 본 연구에서도 새로 개발된 음성 분석 프로그램과 상용화된 3개의 음성 분석 프로그램에서 기본주파수는 유의한 차이를 보이지 않고 거의 유사한 결과를 보였으나, 주기 간 주파수변동률에서는 새로 개발된 프로그램은 MDVP와 높은 상관관계를 보였으나, 다른 음성 분석 프로그램과는 낮은 상관관계를 보였다. 주기 간 진폭변동률은 새로 개발된 시스템과 CSpeech의 TF32, PRAAT, CSL의 MDVP와 모두 높은 상관관계를 보였다. 그러나 jitter가 특히 낮은 상관관계를 보인 것은 jitter가 정확한 피치 검출과정에 의해 결정되므로 신호주기가 비주기적인 경우 영향을 받게 됨을 의미한다.

음성 신호가 비주기적인 경우 타당성 있는 수치를 얻기

어렵다고 하였으며, 심지어는 약간 비주기적인 음성 신호도 음성분석 프로그램을 통해서 얻어진 결과치를 해석할 때 주의를 요한다고 하였다.⁹⁾ 정확한 음향학적 측정치를 얻기 위하여, Titze 등은 음성의 음향학적 분석 시 음성 신호의 특징에 따라 분류할 것을 권고하였으며, 기기를 통한 효과적인 음성분석 측정치를 얻기 위해서는 거의 주기적인 음성 신호를 분석할 때, 타당한 결과를 얻을 수 있다고 하였다.¹⁰⁾¹²⁾ 실제로 본 연구에서 각 병적음성을 분석할 때, Type 2나 3의 경우는 PRAAT나 새로 개발된 음성분석 프로그램을 사용하여 분석했을 때 갑작스럽게 피치가 변화하거나 시각적으로 주기적인 주파수 변동을 보여 여러 개의 주파수가 나타났는데, 그러한 음성신호도 다른 음성분석기기에서는 하나의 피치로 검출되었다. 그러므로 비주기적이거나 무질서한 신호 특성을 가진 경우에는 손으로 직접 피치를 계산하지 않고는 분명히 피치 검출과정에 있어서 정확도에 문제가 될 것이다. Baken은 기본주파수의 변화를 두 가지로 분류하였는데, 갑작스러운 빠른 피치 변화와 중추신경계의 문제로 신경학적으로 느리게 변동하는 음성진전(tremor)으로 분류하였다. 그러나 현재 대부분의 기계적 분석 프로그램들의 주기간 변동률은 원래 느리게 변동하는 음성 신호를 분석하기 위한 것이 아니므로 단기간 변동을 분석할 때, 분석하는 윈도우 크기가 문제가 된다. Davis는 shimmer 측정에 있어서 정상과 비정상적인 음성을 판별하기 위해서는 5-point averaging window가 적절하다고 하였으며, 느리게 변동하는 음성 신호를 분석할 때에는 분석 이전에 윈도우 크기를 변경함으로써 변화하는 주파수를 어느 정도 보일 수 있는 smoothing window를 이용하는 것이 바람직하다고 하였다.¹⁶⁾ Karnell¹⁵⁾도 병적 음성의 주기간 주파수 변동률이나 진폭변동률을 분석할 때에는 정상음성을 분석할 때보다 더 긴 분석 윈도우를 필요로 한다고 하였는데 jitter의 경우는 190 주기, shimmer의 경우는 130 주기 정도가 필수적이라고 하였다.

또한 주파수변동률이나 강도변동률은 측정자내 및 측정자간 변이성 및 검사 시 마이크의 종류 및 거리, 소음 환경, 녹음 테이프의 종류, 분석 시 윈도우 크기 등에 따라 영향을 받는다고 하였다.⁴⁾¹²⁻¹⁷⁾¹⁹⁾ 측정 시 방의 소음이나 마이크는 특히 shimmer의 측정치에 영향을 준다고 하였으며,²⁾ 마이크의 거리를 4cm, 30cm, 1m로 변화하여 측정하였을 때, 거리가 멀어질수록 변동률 값이 증가한다고 하였다.¹⁴⁾

또한 기본주파수에 따라 jitter 측정치에 영향을 받는다고 하였는데, 기본주파수가 상승할수록 낮은 jitter치를 보인다고 하였으나, 정상 여성에서는 기본주파수에 따라 큰 차

이를 보이지는 않았다.³⁾¹⁸⁾

본 연구에서 기기 간 jitter와 shimmer의 수치를 비교한 결과, 신호 특성에 따라 Type 1에 비해 Type 2나 3이 상관관계가 점점 낮아지는 경향을 보여 줌으로써, 음성 신호가 비주기적이고 느린 주파수의 변동을 보일수록 측정치의 결과에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 임상에서 중증도가 중도 이상의 음성장애 환자를 평가할 때에는 이러한 점을 고려하여 분석하는 것이 좀 더 타당한 자료를 얻을 것이다.

결 론

본 연구에서는 새로 개발된 Multi-Channel 음성분석 프로그램과 상용화된 음성분석기의 기본주파수, 주파수변동률, 강도변동률을 비교하였다. 그 결과 개발된 음성분석 프로그램은 기본주파수에서는 다른 기기들과 높은 상관관계를 보였다. 주파수 변동률은 MDVP를 제외하고 다른 두 방법과 차이를 보였으며, 진폭변동률은 PRAAT와 TF32를 제외하고 MDVP와 차이를 보였으나 비교적 높은 상관관계를 보여 새로 개발된 음성분석기기가 타당함을 입증하였다. 또한 분석 구간의 음성 신호 특성이 비주기적거나 subharmonic frequency가 존재하는 경우 거의 주기적인 음성 샘플에 비해 기기간 원래의 상관관계보다 감소하는 경향을 보였다.

따라서, 음성 장애 환자를 평가할 때 검사자는 다양한 기기 측정에 대한 충분한 정보를 가지고, 음성 신호 특성을 분류하여 분석 전 기기나 환경의 상태를 조절함으로써 타당한 측정치를 얻어낼 수 있을 것이다.

중심 단어 : 다채널 음성분석기 · 주기간 주파수변동률 · 진폭변동률 · 음성 신호의 특성.

본 연구는 2004년도 중소기업청의 중소기업기술혁신개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(S0407222-11221801-10100011).

REFERENCES

- Laver J, Hiller S, Beck JM. Acoustic waveform perturbations and voice disorders. *J Voice* 1992;2:115-26.
- Titze IR, Horii Y, Scherer RC. Some technical considerations in voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 1987;30:252-60.
- Orlikoff R, Baken RJ. Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatri* 1990;42:31-40.
- Titze IR, Liang H. Comparison of F0 extraction methods for high-precision voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 1993;36:1120-33.
- Klingholz F, Martin F. Quantitative spectral evaluation of shimmer and jitter. *J Speech Hear Res* 1985;28:169-74.
- Feijoo S, Hernandez C. Short-term stability measures for the evaluation of vocal quality. *J Speech Hear Res* 1990;33:324-34.
- Karnell MP, Hall KD, Landahl K. Comparison of fundamental frequency and perturbation measurements among three analysis systems. *J Voice* 1995;4:383-93.
- Karnell MP, Scherer RS, Fischer L. Comparison of acoustic voice perturbation measures among three independent voice laboratories. *J Speech Hear Res* 1991;34:781-90.
- Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. *J Speech Hear Res* 1996;39:126-34.
- Titze IR. Workshop on acoustic voice analysis: summary statement. Denver, CO: National Center for Voice and Speech; 1995.
- Behrman A, Agresti CJ, Blumstein E, Lee N. Microphone and electroglottographic data from dysphonic patients: Type 1, 2 and 3 signals. *J Voice* 1998;12 (2):249-60.
- Deliyski D, Evans M, Shaw HS. Influence of data acquisition environment on accuracy of acoustic voice quality measurements. *J Voice* 2005;19:176-86.
- Gelfer MP, Fendel DM. Comparisons of jitter, shimmer, and signal-to-noise ratio from directly digitized versus taped voice samples. *J Voice* 1995;9:378-82.
- Titze IR, Winholtz WS. Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 1993;36:1177-90.
- Karnell MP. Laryngeal perturbation analysis: Minimum length of analysis window. *J Speech Hear Res* 1991;34:544-8.
- Jarari M, Till JA, Law-Till CB. Interactive effects of local smoothing window size and fundamental frequency on shimmer calculation. *J Voice* 1993;7 (3):235-41.
- Doherty ET, Shipp T. Tape recorder effects on jitter and shimmer extraction. *J Speech Hear Res*. 1988;31:485-90.
- Verstraete J, Forrez G, Mertens P, Debruyne F. The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatri* 1993;45:223-8.
- Deliyski D, Shaw HS, Evans MK. Adverse effects of environmental noise on acoustic voice quality measurements. *J Voice* 2005;19 (1):15-28.
- Smits I, Ceuppens P, De Bodt MS. A comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computerized Speech Lab. *J Voice* 2005;19 (1):187-96.
- Sataloff RT, Spiegel JR, Carroll LM, Darby KS, Hawkshaw MJ, Rulnick RK. The clinical voice laboratory: Practical design and clinical application. *J Voice* 1990;4 (3):264-79.
- Horii Y. Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation. *J Speech Hear Res* 1979;22:5-19.
- Hecker M, Kreul E. Descriptions of the speech of patients with cancer of the vocal folds. Part 1: Measures of fundamental frequency. *J Acoust Soc Am* 1971;49:1275-82.
- Milenkovic P. Least mean square measures of voice perturbation. *J Speech Hear Res* 1987;30:529-38.