Clinical Usefulness of Estimated Speaking Fundamental Frequency Using the Voice and Speech Range Profiles in Voice Disorders

Seung Jin Lee^{a,b}, Jaeock Kim^c

^aDepartment of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

^bThe Institute of Logopedics and Phoniatrics, Department of Otorhinolaryngology, Gangnam Severance Hospital, Seoul, Korea

^cDivision of Speech Pathology Education, Graduate School of Education, Kangnam University, Yongin, Korea

Correspondence: Seung Jin Lee, PhD
Department of Otorhinolaryngology, Yonsei
University College of Medicine, Gangnam
Severance Hospital, 211 Eonju-ro, Gangnam-gu,
Seoul 06273, Korea
Tel: +82-2-2019-2589
Fax: +82-2-3463-4750
E-mail: slplee@yonsei.ac.kr

Received: April 16, 2020

Revised: May 13, 2020

Accepted: May 18, 2020

This work was supported by the Ministry of
Education of the Republic of Korea and the
National Research Foundation of Korea (NRF-
2018S1A5A2A03032902).

Objectives: The purpose of the study was to determine whether estimated speaking fundamental frequency (ESF0) using the voice and speech range profiles and differences ($\Delta\text{SF0}_{\text{VRP}}$, $\Delta\text{SF0}_{\text{SRP}}$, $\Delta\text{SF0}_{\text{SUM}}$) between the ESF0 and the SF0 measured by electroglottography (SF0_{EGG}) differ according to the presence of voice disorders and gender. Moreover, correlation between SF0_{EGG} and ESF0 measures, and between the G of the GRBAS scale and ΔSF0 measures was explored. Clinical usefulness of ΔSF0 as a screening tool was also explored. **Methods:** A total of 85 patients with voice disorders and 85 normal adults participated in the study. For each participant, SF0_{EGG} was measured using a passage-reading task and electroglottography. Maximum/minimum pitch, pitch range in Hz and semitone were measured using the VRP and SRP tasks. ESF0_{VRP}, ESF0_{SRP}, $\Delta\text{SF0}_{\text{VRP}}$, $\Delta\text{SF0}_{\text{SRP}}$, and $\Delta\text{SF0}_{\text{SUM}}$ were calculated. **Results:** Significant difference between groups in the ESF0SRP was found only for males. Patient group's ΔSF0 measures were higher than the normal group. Strong positive correlation between the SF0_{EGG} and the ESF0 measures was found. There was weak positive correlation between the G and ΔSF0 measures. The AUC of the $\Delta\text{SF0}_{\text{VRP}}$, $\Delta\text{SF0}_{\text{SRP}}$, $\Delta\text{SF0}_{\text{SUM}}$ was .690, .673, .771, the cutoff score 10.867, 10.347, 17.777, respectively. The AUC of the $\Delta\text{SF0}_{\text{SUM}}$ was higher than those of the $\Delta\text{SF0}_{\text{VRP}}$ and $\Delta\text{SF0}_{\text{SRP}}$. **Conclusion:** Results indicated that the ΔSF0 showed potential as an objective index for screening voice disorders, especially for those characterized by pitch change. The ΔSF0 could enhance the clinical usefulness of the VRP and SRP.

Keywords: Voice disorders, Estimated speaking fundamental frequency (ESF0), Differences in speaking fundamental frequency (ΔSF0), Voice range profile, Speech range profile

후두나 성대의 병변은 성대의 질량, 길이, 긴장도 등에 영향을 주며, 이는 다시금 후두의 공기역학적 기능에 영향을 미쳐 발성 가능한 음역대, 즉 발성 시 주파수와 강도의 범위를 제한하게 된다(Ma & Yiu, 2011). 따라서 어떠한 병변이 발성 능력(vocal capacity)에 미치는 영향을 역동적으로 평가하기 위해서는 합리적인 조건 하에서 생리학적인 기능의 한계에 이르기까지 발성 능력을 검사하여야 한다. 음성 범위 프로파일(voice range profile, VRP)은 음향학적인 평가의 하나이며, 특정 대상자의 음역대를 객관적으로 측정할 수 있

는 검사이다. 이를 통해 측정한 양적 측정치들은 가창 훈련 시 출발점을 제시하거나 훈련 성과를 측정하는 데 활용될 수 있고, 음성장애의 진단에도 이용되며, 음성치료를 통한 진전 정도를 평가하는데에도 유용하다(Sataloff, 2005; Siupsinskiene & Lycke, 2011). Patel 등(2018)은 최근 American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) 전문가 패널의 논의를 통해 발성 기능의 기저적 평가를 위한 프로토콜의 핵심 과제와 측정치들을 제시하였는데, 여기에서도 이러한 음역대를 측정하는 절차를 필수적으로 포함할 것을

권고하였다. 즉 발성 음압(vocal sound pressure level)과 발성 주파수(vocal frequency)의 최소 및 최대치를 측정할 것을 권고하였으며, 이때 임상에서의 간단한 시행을 위해 가장 큰 소리와 작은 소리, 가장 높은 음도와 낮은 음도를 1초 동안 유지하도록 하는 과제를 제안하기도 하였다(Patel et al., 2018).

VRP는 이보다 훨씬 다양한 검사 수행방식을 이용하여 이루어질 수 있는데, 예컨대 가장 저음에서 고음에 이르기까지, 또 각 반음(semitone)에서 개별 음 자극을 참고로 하여 가장 작은 음에서 큰 음에 이르기까지 각각 음도와 크기의 범위를 기록함으로써 전체 포네토그램(full phonetogram)을 확립하는 방법이 있다(Jung, Choi, & Choi, 2019; Kim et al., 2009). 다른 연구에서는 시간적 효율성을 제고하기 위하여 남성의 경우 7개의 음, 여성의 경우 넓은 음역대를 반영하여 9개의 음에서 강도의 범위를 측정하는 축약된 VRP 방법이 제시되기도 하였다(Jung et al., 2019). 다른 연구들에서는 여러 번의 활창을 통해 음역대를 확립하거나(Sanchez, Oates, Dacakis, & Holmberg, 2014), 편안한 음도와 크기에서 출발하여 가장 낮고 작은 소리까지 계단식으로 활창(decrescendo)한 뒤, 다시 첫 음에서 가장 제일 크고 높은 음에 이르기까지 활창(crescendo)하는 방식을 활용하기도 하였는데(Kim & Lee, 2019), 이는 정상인의 VRP의 경우 대개 주파수와 강도가 비례하여 포네토그램이 우상향으로 기울어진 타원 모양이 된다는 점(Lee & Kim, 2019; Ma & Yiu, 2011)에 근거하고 있다. 다양한 방식의 VRP는 대상자의 발성 능력을 평가하고, 그 변화를 추적하며, 대상자에게 피드백을 제공함으로써 임상에서 유용하게 활용되어 오고 있다. 구체적으로 살펴보면, VRP에 관련된 다양한 연구들을 살펴보았을 때, 음성장애 환자의 VRP 범위가 정상 음성을 가진 정상군에 비해 감소한다거나, Lax Vox 등 특정 치료기법을 사용한 음성치료 후 증가한다는 연구 등 여러 선행연구들이 VRP가 지닌 진단 및 중재효과 평가 도구로서의 가능성을 지지하고 있다(Ma & Yiu, 2006; Ma et al., 2007; Mailänder, Mühre, & Barsties, 2017; Meerschman et al., 2017; Wuyts et al., 2000). 그러나 음성장애를 초기에 선별하고 중재하는 데에 있어 VRP에서 측정되는 다양한 변수들이 구체적으로 어떤 기여를 할 수 있는지, 즉 정상적인 음성으로부터 병리적인 음성을 구분하는 변수와 그 기준치가 어떠한지에 대해서는 연구가 매우 부족한 실정이다.

VRP는 대개 모음 발성을 통해 평가되는데, 이는 우리가 실제 발화를 산출할 때의 다양한 발성 양식이 온전히 반영된 것으로 보기 어렵다는 한계를 불러오게 된다. 이러한 맥락에서 여러 연구들에서는 발화 범위 프로파일(speech range profile, SRP)을 통해 기능적 말 산출 능력을 평가하거나, 중재 전후의 음성 변화를 살펴 보는

방법으로 활용해오고 있다(Berg et al., 2017; D'Alatri & Marchese, 2014; dos Santos, de Menezes Borrego, & Behlau, 2015; Kim & Lee, 2019; Lee & Kim, 2019; Ma et al., 2007). 발화를 이용하는 특성상, SRP는 자동구어에 해당되는 숫자세기를 비롯하여 독백, 문장 및 문단 읽기, 노래하기, 소리지르기 등 다양한 과제와 자료를 이용하여 시행될 수 있다. 예컨대 Kim과 Lee (2019)는 서술문을 비롯하여 의문문, 큰 소리 지르기가 포함된 문단 수준의 새로운 SRP 발화과제(‘불이야’ 문단)를 개발하여 정상인에서 주파수 및 강도 측정치를 제시하였다. Lee와 Kim (2019)은 이와는 또 다른 맥락으로 기존에 한국의 음성장애 임상 현장에서 널리 이용되는 표준문단인 ‘가을’ 문단의 첫 문장을 이용하여 간단하게 시행할 수 있는 방법을 제시하고, 이에 따른 주파수와 강도 측정치를 제시하기도 하였다. SRP 또한 VRP와 마찬가지로, 주파수와 강도 관련 변수에 있어 음성장애를 지닌 환자군과 정상 음성을 지닌 정상군 간의 차이를 보였다(D'Alatri & Marchese, 2014). 또 다른 연구에서는 VRP의 면적, 최대 및 최소 강도와 SRP의 SF0 범위, 그리고 강도의 최댓값을 이용하여 각각 음성장애 여부를 95% 이상 정확하게 예측할 수 있다고 보고하였다(Ma et al., 2007). 이와 같은 연구결과들은 VRP와 SRP의 측정치들이 음성장애를 선별하는 검사도구로서 사용될 가능성을 시사하는 것이라고도 볼 수 있다. 다만 우리말 자료의 SRP를 통해 이러한 유용성을 확인하고, 다양하고 구체적인 방법을 제시하는 일이 시급하다 할 수 있다.

앞서 언급한 Lee와 Kim (2019)의 연구에서는 정상 성인을 대상으로 비교적 간단한 형태의 VRP와 SRP를 적용하였다. 이를 통해 측정된 발성 주파수와 관련된 변수들을 이용하여, 문단 읽기 과제 수행 시 전기성문과형검사(electroglottography, EGG)로 측정된 평균 발화 기본주파수(speaking fundamental frequency, SF0)를 예측할 수 있는 두 개의 모형을 구축하였다. 그리고 VRP와 SRP의 각 모형을 통해 예측된 SF0를 추정 발화 기본주파수(estimated SF0, ESF0_{VRP}와 ESF0_{SRP})로 명명하였다. 또한 정상인에서 SF0_{EGG}와 ESF0 간 차이의 절댓값, 즉 발화 기본주파수 차이(differences in SF0, $\Delta SF0_{VRP}$ 와 $\Delta SF0_{SRP}$)를 계산하고, 두 $\Delta SF0$ 의 합계($\Delta SF0_{SUM}$) 또한 계산하였다. 이를 통해 정상 성인에서 성별에 따른 각 변수의 자료를 제시하였으며, $\Delta SF0_{VRP}$ 와 $\Delta SF0_{SRP}$, $\Delta SF0_{SUM}$ 에 있어 유의한 성별 차이가 없음을 확인하였다. 그러나 음성장애를 가진 환자군과 정상군 간 $\Delta SF0_{VRP}$ 와 $\Delta SF0_{SRP}$, $\Delta SF0_{SUM}$ 의 차이를 보인지는, 그리고 만약 차이가 있다면 음성장애 선별 검사도구로서 활용될 수 있을 만한 잠재력을 가지고 있는지에 대해서는 연구된 바가 없는 실정이다. 만약 이러한 임상적인 유용성이 확인될 수 있다면, 기존에 활용되는 VRP와 SRP 과제들, 새로이 개발되고 있는 VRP와 SRP 프로토

콜들과 더불어 상호보완적으로 평가의 목적에 따라 다양한 임상적 활용이 가능할 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 음성장애를 지닌 환자군과 정상군의 집단과 성별에 따른 $\Delta SF0_{VRP}$, $\Delta SF0_{SRP}$, $\Delta SF0_{SUM}$ 의 차이가 있는지 확인하고자 하였다. 또한 $SF0_{EGG}$, $ESF0_{VRP}$, $ESF0_{SRP}$ 간 상관관계가 있는지, 그리고 세 가지의 $\Delta SF0$ 가 청지각적 평가를 통해 측정된 전반적 중증도 평정치와 상관관계가 있는지를 알아보았다. 마지막으로 음성장애에 대한 선별검사 도구로서의 유용성을 가지고 있는지 알아보고, 환자군과 정상군 간의 구분을 위한 기준점(cutoff score)을 확인하고자 하였다.

연구방법

연구대상

MedCalc 통계 소프트웨어 버전 19.1.7 (MedCalc Software Ltd., Ostend, Belgium; <https://www.medcalc.org>; 2020)를 이용하여 두 개의 수신자 조작 특성(receiver operating characteristic, ROC) 곡선 간의 비교를 위한 최소의 표본 수를 산정한 결과 대상자 수가 집단별로 82명이었다(Significance = 0.05, 1-Power = 0.20, Area under curve = 0.7/0.6, correlation in positive and negative groups = 0.7, Ratio of negative/positive samples = 1). 따라서 대상자 수는 환자군과 정상군 각 85명으로 하였다.

환자군은 서울에 위치하고 있는 대학 병원 이비인후과 음성검사실에 내원하여 이비인후과 전문의에게 음성장애 진단을 받은 음성장애 환자 85명(남성 30명, 여성 55명, 연령 36.06 ± 11.86 세)이었다. 정상군은 환자군에 연령(± 3 세 이내)과 성별을 일치시킨 정상 음성 사용자 85명(남성 30명, 여성 55명, 연령 36.32 ± 11.46 세)이었다. 두 집단 간 직업적 음성사용자(가수, 배우 등 엘리트 음성사용자와 교강사, 목사, 상담원 등 직업적 음성사용자)의 비율($p = .165$)과 연령($t = .145$, $p = .885$)의 유의한 차이는 없었다. 대상자 중 음성장애와 관련이 있을 수 있는 신경학적 병력이나 수술력, 최근 1개월 내 흡연력이 보고된 자는 연구에서 제외되었다. 정상군에는 서울 지역에 거주 중인 한국어 모국어 화자와 함께, 갑상선절제술(thyroidectomy) 시행 전의 음성검사를 위해 검사실에 내원한 대상자가 함께 포함되었다(Awan, Roy, & Cohen, 2014).

정상군에 대해서는 다면적인 음성 평가를 통해 잠재적인 음성문제를 가지고 있을 수 있는 대상자를 제외하고자 하였다. 이를 위해 면담을 통한 병력 청취, 문단 읽기 샘플에 대한 청지각적 평가, 자기 보고식 설문지를 이용한 심리측정적 평가, 구조적 병변을 배제하기 위한 후두 스트로보스코피를 시행하였다(Awan et al., 2014). 면담

시 최근 3개월 이내 흡연력 혹은 감기 등의 증상으로 병원에 내원한 이력이 있는 자는 배제하였다. 청지각적 평가에서는 ‘가을’(Kim, 2012) 문단 읽기 시 GRBAS (Hirano, 1981) 척도를 이용하여 평정하였을 때 전반적인 중증도(Grade, G)가 1 이상($G = 1, 2, 3$)인 경우 제외되었다. 심리측정적 평가의 경우 정상군과 환자군을 나누는 기준점이 제시되어 있는 설문지인 음성 활동 및 참여 프로파일-한국판(Korean Version of the Voice Activity and Participation Profile, K-VAPP)의 총점이 14.5점 이상인 경우 제외되었다(Lee et al., 2016). 후두 스트로보스코피의 경우 이비인후과 전문의가 기질적 음성장애를 유발할 수 있는 질환이 있다고 진단한 경우 연구에서 제외되었다. 각 집단의 인구학적 정보와 환자군의 음성장애 진단명에 대한 정보가 Table 1에 제시되어 있다.

Table 1. Demographic data of the participants

Parameters	Patient group (N=85)	Normal group (N=85)	p-value
Age (yr)			
Range	19- 64	19- 61	
M (SD)	36.06 (11.86)	36.32 (11.46)	.885
Gender [N (%)]			
Male	30 (35.3)	30 (35.3)	
Female	55 (64.7)	55 (64.7)	1.000
Professional voice user [N (%)]	43 (50.6)	33 (38.8)	.165
G [M (SD)]	2.35 (0.62)	0.43 (0.18)	<.001***
K-VAPP			
Total score (280) ^a	141.27 (68.01)	2.59 (3.83)	<.001***
ALS (100)	47.42 (25.65)	1.21 (2.29)	<.001***
PRS (100)	46.76 (27.23)	0.25 (0.84)	<.001***
Diagnosis of the patients [N (%)]		-	-
Spasmodic dysphonia, adductor type	15 (17.6)		
Vocal polyp, unilateral	14 (16.5)		
Sulcus vocalis, bilateral	12 (14.1)		
Vocal fold palsy, unilateral	8 (9.4)		
Laryngopharyngeal reflux disease	7 (8.2)		
Intracordal cyst, unilateral	5 (5.9)		
Primary muscle tension dysphonia	5 (5.9)		
Vocal nodules, bilateral	5 (5.9)		
Reinke's edema	5 (5.9)		
Laryngeal papilloma	3 (3.5)		
Vocal fold leukoplakia	2 (2.4)		
Vocal fold scarring	2 (2.4)		
Contact granuloma	1 (1.2)		
Vocal fold paresis, unilateral	1 (1.2)		

M = mean; SD = standard deviation; G = Grade of the GRBAS scale; K-VAPP = Korean version of the Voice Activity & Participation Profile; ALS = Activity Limitation Score; PRS = Participation Restriction Score.

^aCut-off score = 14.5.

*** $p < .001$.

연구절차

녹음을 위한 기자재로는 Computerized Speech Lab (Model 4150B; KayPentax, Lincoln Park, NJ, USA; CSL)의 하드웨어(오디오 인터페이스)와 Real-time EGG 하드웨어(Model 6103; KayPENTAX, Lincoln Park, NJ, USA), SM48 단일지향성 다이내믹 마이크 (SHURE, Niles, IL, USA)를 이용하였다. VRP와 SRP를 위한 소프트웨어로는 CSL의 모듈 프로그램 중 하나인 Voice Range Profile (Model 4326; KayPENTAX, Lincoln Park, NJ, USA; VRP)를, 문단 읽기 샘플의 녹음에는 CSL 메인 프로그램(Model 4150B; KayPentax, Lincoln Park, NJ, USA)을, 문단 읽기 샘플의 EGG 분석에는 Real-time EGG 프로그램(Model 6103; KayPENTAX, Lincoln Park, NJ, USA)을 이용하였다. CSL 메인 프로그램을 이용한 녹음 시에는 채널 1에는 마이크를 통해 입력된 음향학적 신호가, 채널 2에는 EGG 하드웨어를 통해 입력된 EGG 신호가 기록되도록 하였는데, 이는 Real-time EGG 프로그램의 녹음 제한 시간이 1분으로 되어 있어 전체 문단을 녹음하는데 불충분할 가능성이 높기 때문이었다.

구체적인 실험절차는 다음과 같다. 먼저 대상으로 하여금 조용한 음성검사실 내에서 의자의 등받이에서 등을 뺀 채 허리를 펴고 빠르게 착석하도록 하였다. 환경 소음은 실험 절차를 진행하는 동안 소음 측정기(Voltcraft Datalogger 322; Conrad Electronic, Hirschau, Germany)를 통해 모니터링하여 50 dB 이하로 유지하였다. 마이크는 대상자의 입으로부터 10센티미터 정도를 유지하면서, 벨 크로를 이용하여 갑상 연골의 패임(notch)이 있는 높이의 갑상연골 양측 부위에 EGG의 전극을 부착시킨 후, 전체 ‘가을’ 문단을 소리 내어 읽도록 하여 녹음하였다. 이때 가족과 대화를 하듯이 자연스러운 음调和 크기로 읽도록 안내하였다. VRP와 SRP의 경우 CSL 하드웨어의 Voice Range Profile Mode 버튼을 눌러 점등시킨 상태에서 진행하였다. 먼저 SRP 과제에서는 녹음을 시작한 직후 ‘가을’ 문단(Kim, 2012)의 첫 번째 문장인 ‘우리나라의 가을은 참으로 아름답다.’를 편안한 음调和 크기로 읽도록 한 후 VRP 플롯을 저장하였다. VRP 과제는 모음 /아/를 활창(gliding)하는 과제를 통하여 진성구(modal register)뿐 아니라 가성구(falsetto register)를 포함한 전체 음역대를 기록하였다. VRP 시행을 위한 보다 구체적인 절차는 선행연구에 상세히 기술되어 있다(Lee, Choi, Lim, & Lee, 2018; Lee & Kim, 2019).

자료분석

CSL 메인 프로그램을 통해 녹음된 음성샘플은 다시 Real-time EGG를 프로그램에서 로드 후 분석하여 평균 SF_{0EGG} (Hz)를 측정하였다. VRP 프로그램에서는 VRP 플롯과 SRP 플롯을 각각 로드

하여 분석함으로써 Hz 단위의 최고 음도(Max_{VRP} , Max_{SRP})와 최저 음도(Min_{VRP} , Min_{SRP}), Hz 단위의 음역대($Range_{VRP}$, $Range_{SRP}$), 반음 단위의 음역대($Semi_{VRP}$, $Semi_{SRP}$)를 측정하였다. 이와 같은 VRP와 SRP 측정치를 Lee와 Kim (2019)의 회귀식에 대입하여 각각의 ESF_0 (ESF_{0VRP} , ESF_{0SRP})를 계산하고, 두 ESF_0 와 SF_{0EGG} 간의 차이의 절댓값(ΔSF_{0VRP} , ΔSF_{0SRP})과 두 가지 ΔSF_0 의 합(ΔSF_{0SUM}) 또한 구하였다. ESF_0 와 ΔSF_0 를 산정하기 위한 회귀식과 계산식은 아래와 같다.

$$ESF_{0VRP} = 71.779 + (57.116 \times Gender) + (0.447 \times Min_{VRP}) - (0.308 \times Age) + (0.016 \times Range_{VRP})$$

$$(Gender: male = 0, female = 1)$$

$$ESF_{0SRP} = 33.446 + (0.728 \times Max_{SRP}) - (3.353 \times Semi_{SRP})$$

$$\Delta SF_{0VRP} = |ESF_{0VRP} - SF_{0EGG}|$$

$$\Delta SF_{0SRP} = |ESF_{0SRP} - SF_{0EGG}|$$

$$\Delta SF_{0SUM} = \Delta SF_{0VRP} + \Delta SF_{0SRP}$$

통계분석

통계분석 방법으로는 집단과 성별에 따른 ESF_0 값들과 ΔSF_0 값들의 비교를 위해 각각 이원 중다변량 분산분석(two-way MANOVA)을 시행하였다. 다음으로는 ΔSF_{0VRP} , ΔSF_{0SRP} , ΔSF_{0SUM} 의 음성 장애 여부에 대한 진단적 능력을 확인하고 각 변수 간의 비교를 수행하기 위하여 수신자 조작 특성 곡선(receiver operating characteristic curve, ROC curve) 분석을 시행하였으며, 각 변수별 곡선 아래 영역(area under curve, AUC)을 산정하고, ΔSF_{0VRP} , ΔSF_{0SRP} , ΔSF_{0SUM} 간 AUC의 비교를 하였다. SF_{0EGG} , ESF_{0VRP} , ESF_{0SRP} 간 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관분석을, ΔSF_{0VRP} , ΔSF_{0SRP} , ΔSF_{0SUM} 과 G척도 평정치 간의 상관관계를 알아보기 위하여 스피어만 상관분석을 시행하였다. 이원 중다변량 분산분석과 상관분석에는 SPSS 25.0 (IBM-SPSS Inc., Armonk, NY, USA) 프로그램을, ROC 곡선 분석과 AUC 간 비교에 있어서는 MedCalc 통계 소프트웨어 버전 19.1.7을 이용하였으며, 유의수준은 .05로 하였다.

연구결과

집단과 성별에 따른 EGG, VRP, SRP 측정치

집단과 성별에 따른 EGG, VRP, SRP 측정치의 기술통계가 Table 2에 제시되어 있다.

Table 3은 위의 측정치들을 이용하여 추정한 SF_0 와 ΔSF_0 관련 변수들의 기술통계를 보여준다. 이 변수들을 집단 및 성별에 따라 비교한 결과, 집단(Wilk's Lambda = .815, $p < .001$), 성별(Wilk's Lambda = .118, $p < .001$), 집단 × 성별 간 교호작용(Wilk's Lambda = .829, $p < .001$)이 모두 유의하였다. 구체적으로는 ESF_{0VRP} 는 성

Table 2. Descriptive statistics of electroglottographic, voice- and speech range profile measures

Parameters	Patient group (N = 85)		Normal group (N = 85)	
	Male (N = 30)	Female (N = 55)	Male (N = 30)	Female (N = 55)
SFO _{EGG} (Hz)	133.530 (23.861)	186.715 (28.205)	107.429 (11.211)	192.555 (15.383)
Max _{VRP} (Hz)	518.242 (203.320)	637.110 (228.727)	589.254 (153.920)	755.536 (182.100)
Min _{VRP} (Hz)	104.450 (26.736)	154.401 (57.76)	83.706 (10.953)	147.152 (18.091)
Range _{VRP} (Hz)	414.632 (213.050)	482.709 (240.677)	505.547 (154.851)	608.384 (185.237)
Semi _{VRP}	27.100 (9.290)	24.127 (8.300)	33.233 (5.740)	27.909 (5.250)
Max _{SRP} (Hz)	164.827 (35.987)	245.650 (37.117)	136.127 (19.563)	250.378 (23.138)
Min _{SRP} (Hz)	117.469 (22.965)	165.452 (43.289)	89.879 (11.628)	166.001 (16.715)
Range _{SRP} (Hz)	47.359 (27.739)	80.197 (38.852)	46.248 (16.421)	84.378 (21.265)
Semi _{SRP}	5.767 (2.921)	7.236 (4.176)	7.167 (2.036)	7.127 (1.733)

Values are presented as mean (SD).

SFO_{EGG} = speaking fundamental frequency measured by electroglottography; VRP = voice range profile; SRP = speech range profile; Max = maximum pitch in Hz; Min = minimum pitch in Hz; Range = pitch range in Hz; Semi = pitch range in semitones.

Table 3. Descriptive statistics of estimated SFO parameters and differences between estimated and measured SFO

Parameters	Patient group (N = 85)		Normal group (N = 85)	
	Male (N = 30)	Female (N = 55)	Male (N = 30)	Female (N = 55)
ESFO _{VRP} (Hz)	114.774 (12.345)	194.105 (25.115)	107.172 (7.257)	192.635 (9.191)
ESFO _{SRP} (Hz)	134.105 (22.176)	188.015 (29.039)	108.517 (12.050)	191.824 (15.061)
ESFO _{SRP} (Hz)	22.202 (14.627)	16.548 (20.994)	7.606 (6.078)	9.750 (7.141)
Δ SFO _{SRP} (Hz)	10.595 (13.461)	14.489 (13.788)	5.945 (4.799)	6.767 (5.252)
Δ SFO _{SUM} (Hz)	32.797 (22.352)	23.777 (24.080)	13.550 (8.996)	16.517 (8.170)

Values are presented as mean (SD).

ESFO = estimated speaking fundamental frequency; Δ SFO = differences between the ESFO and the SFO measured by electroglottography of a passage reading task; VRP = voice range profile; SRP = speech range profile; Δ SFO_{SUM} = sum of the Δ SFO_{VRP} and Δ SFO_{SRP}.

별 간 차이($F=9.981, p<.001$)만 유의하였던 반면, ESFO_{SRP}는 집단 ($F=10.022, p=.002$), 성별($F=397.807, p<.001$), 집단 $\times$ 성별 간 교호작용($F=18.257, p<.001$)이 모두 유의하였다. 따라서 각 성별 집단마다 환자-정상군 간 차이가 있는지 알아본 결과, 남성은 환자군의 ESFO_{SRP}가 정상군보다 유의하게 높았으나($t=-5.553, p<.001$), 여성은 집단 간 차이가 유의하지 않았다($t=.863, p=.390$). Δ SFO_{VRP} ($F=21.801, p<.001$), Δ SFO_{SRP} ($F=13.950, p<.001$), 그리고 Δ SFO_{SUM} ($F=24.746, p<.001$)의 경우 환자군이 정상군에 비해 유의하게 더 큰 것으로 나타났다.

EGG를 통해 측정된 SFO와 추정된 기본주파수들 간에 상관관계가 있는지 살펴 본 결과, SFO_{EGG}는 ESFO_{VRP} ($r=.881, p<.001$), ESFO_{SRP} ($r=.933, p<.001$)와 강한 양의 상관관계를 보였다(Table 4). G 평정치는 Δ SFO_{VRP} ($\rho=.338, p<.001$), Δ SFO_{SRP} ($\rho=.299, p<.001$), Δ SFO_{SUM} ($\rho=.466, p<.001$)과 약한 양의 상관관계를 보였다(Table 5).

세 가지의 Δ SFO가 음성장애에 대한 선별검사 도구로서의 유용성을 가지고 있는지 알아보기 위해 ROC 곡선 분석을 시행한 결과

Table 4. Correlation matrix of the SFO_{EGG} and SFO estimated by voice and speech range profiles

Parameters	SFO _{EGG}	ESFO _{VRP}	ESFO _{SRP}
SFO _{EGG}	1	.881***	.933***
ESFO _{VRP}	.881***	1	.910***
ESFO _{SRP}	.933***	.910***	1

SFO_{EGG} = speaking fundamental frequency measured by electroglottography; VRP = voice range profile; SRP = speech range profile.

*** $p<.001$.

Table 5. Correlation matrix of the G scale and Δ SFO measures

Parameters	G	Δ SFO _{VRP}	Δ SFO _{SRP}	Δ SFO _{SUM}
G	1	.338***	.299***	.466***
Δ SFO _{VRP}	.338***	1	.028	.758***
Δ SFO _{SRP}	.299***	.028	1	.588***
Δ SFO _{SUM}	.466***	.758***	.588***	1

G = Grade of the GRBAS scale; ESFO = estimated speaking fundamental frequency; Δ SFO = differences between the ESFO and the SFO measured by electroglottography of a passage reading task; VRP = voice range profile; SRP = speech range profile; Δ SFO_{SUM} = sum of the Δ SFO_{VRP} and Δ SFO_{SRP}.

*** $p<.001$.

Table 6. Comparison of clinical usefulness as a screening tool between the Δ SF0 measures

Parameters	AUC	95% CI	z	p	Cut-off score	Youden index J	Sensitivity	Specificity
Δ SF0 _{VRP}	.690	.615-.759	4.700	<.001	> 10.867	0.329	65.88	67.06
Δ SF0 _{SRP}	.673	.597-.742	4.223	<.001	> 10.348	0.306	51.76	78.82
Δ SF0 _{SUM}	.771	.700-.832	7.664	<.001	> 17.777	0.424	75.29	67.06

ESF0=estimated speaking fundamental frequency; Δ SF0=differences between the ESF0 and the SF0 measured by electroglottography of a passage reading task; VRP=voice range profile; SRP=speech range profile; Δ SF0_{SUM}=sum of the Δ SF0_{VRP} and Δ SF0_{SRP}.

Figure 1. Receiver operating characteristic (ROC) curve of the Δ SF0 measures. ESF0=estimated speaking fundamental frequency; Δ SF0=differences between the ESF0 and the SF0 measured by electroglottography of a passage reading task; VRP=voice range profile; SRP=speech range profile; Δ SF0_{SUM}=sum of the Δ SF0_{VRP} and Δ SF0_{SRP}.

가 Table 6과 Figure 1에 제시되어 있다. Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP}, Δ SF0_{SUM}의 AUC는 각각 .690, .673, .771이었으며, 환자군과 정상군을 구분하는 기준점은 각각 10.867, 10.348, 17.777이었다. ROC 곡선 간 비교를 수행한 결과, Δ SF0_{SUM}의 AUC가 Δ SF0_{VRP} ($z=2.780, p=.005$), Δ SF0_{SRP} ($z=2.560, p=.011$)의 AUC보다 유의하게 컸으며, Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP} 간 차이는 유의하지 않았다($z=0.316, p=.752$).

논의 및 결론

이 연구에서는 EGG와 VRP, SRP의 객관적 측정치들을 함께 활용하여 유도된 지표인 Δ SF0의 임상적 유용성을 탐색하였다. 음성장애 환자군과 정상군 집단과 성별에 따라 추정된 SF0과 Δ SF0에 있어 차이가 있는지 확인한 결과, SRP의 추정 SF0은 남성에서만 환

자-정상군 간 차이가 있었고, 세 가지의 Δ SF0 모두 환자군의 측정치가 정상군보다 더 높았다. 아울러 EGG의 SF0과 VRP, SRP로 추정한 SF0 간 강한 양의 상관관계, 그리고 세 Δ SF0과 G 평정치 간 약한 상관관계가 있었다. 마지막으로 음성장애에 대한 선별검사 도구로서의 유용성을 살펴 본 결과, VRP와 SRP의 추정 SF0과 EGG의 SF0 간 차이를 합한 Δ SF0_{SUM}의 AUC가 양호(acceptable)한 수준인 것을 확인하였다. 이와 같은 결과들을 통해 볼 때, Δ SF0라고 하는 지표는 음성장애 선별검사 도구로서의 유용성을 보여주었다고 할 수 있다.

VRP와 SRP로 추정한 ESF0은 모두 성별 간 차이가 유의하였다. 이는 정상 집단에서 ESF0의 성별 간 차이를 보고한 Lee와 Kim (2019)의 연구결과와 일치하며, ESF0이 성별에 따른 SF0의 차이를 잘 반영함을 보여준다. 그런데 VRP로 추정한 ESF0은 환자-정상군 간 차이가 유의하지 않았던 반면, SRP로 추정한 ESF0의 경우 남성은 환자군이 정상군보다 유의하게 높았으나, 여성은 집단 간 차이가 유의하지 않았다. 이는 다음의 세 가지 요인이 작용한 결과로 보인다. 첫째, 부분적으로 본 연구에 포함된 환자군의 특성에 기인하는 것으로 본다. 가령 성대 구중(sulcus vocalis)이나 성대 반흔(vocal fold scarring) 등과 같은 질환군이 다수 포함되었는데, 이러한 질환의 경우 최저 음도가 심각하게 제한되는 대신 전반적인 음도 범위가 상향되는 경우가 많다. 이와 함께 둘째로 VRP와 SRP 간에 SF0를 추정하는 회귀식에 포함된 변수의 차이가 상호작용하였을 것으로 여겨진다. 즉 ESF0_{VRP}는 남성에 비해 여성의 ESF0이 높도록 성별이 변수로 포함되어 있고 VRP 음도의 최저값이 포함된 반면, ESF0_{SRP}의 경우 성별이 변인으로 포함되지 않는 대신 SRP의 최대 음도가 포함된다. 본 연구의 결과 중 남성에서 다른 측정치와 가장 두드러진 차이를 보인 측정치는 환자군의 SRP의 ESF0 (134.105 ± 22.176 Hz)였으며, 이는 특히 남성 환자군의 음성장애에 따른 음역대의 변화가 VRP보다는 SRP에서 더 잘 반영된다는 점을 시사하는 것으로도 해석할 수 있는 부분이다. 셋째로는 VRP와 SRP 과제 특성이 반영된 것으로 본다. 즉 환자군에서 ESF0의 집단 간 유의한 차이를 알아보기에는 VRP보다는 SRP가 더 민감하게 차이를 보여줄 수 있다고 볼 수 있다.

세 가지 $\Delta SF0$ 의 경우 환자군이 정상군에 비해 더 높은 수치를 보였다. 이는 정상군에 대한 선행연구에서는 알 수 없었던 부분이며, 음향학적 음도 측정치를 기반으로 예측한 SF0와 EGG의 SF0 간의 간극이 큰 것이 음성장애의 중요한 특징으로 간주될 수 있는 가능성을 보여준 것이라 하겠다. 특히 정상적인 음도 범위를 벗어난 특징을 보이는 음성장애 집단을 감별하거나 특성을 기술하고, 치료 전후 진전 정도를 객관적으로 파악할 뿐만 아니라, 환자에게 바람직한 SF0 수준을 제시하는 데 활용될 가능성을 제시한다는 점에서 의의가 있다고 본다. 다만 본 연구의 결과는 음역대 중 주파수에 관한 결과에 국한된 것으로서 강도에 대한 연구는 별도의 연구에서 추가적으로 이루어져야 할 필요가 있다고 생각된다.

예컨대 본인의 구조상 낼 수 있는 적절한 음역대에 비해 다소 낮은 음도로 발화함으로써 성대의 과기능을 유발하는 접촉성 육아종(contact granuloma)의 경우, 본인의 최소 혹은 최대 음도나 그 범위를 기반으로 하여 볼 때 120 Hz 정도의 SF0가 바람직해 보임에도 불구하고, 본인의 개인적인 선호에 따라 그보다 낮은 100 Hz 정도의 평균 SF0으로 발화하여 지속적인 성대 과기능을 유발하고, 이로 인해 접촉성 육아종이 야기된다면 이에 대해 바람직한 음도를 확립하고자 할 때 객관적인 목표 SF0와 그 근거를 제시할 수 있다는 것이다. 현재까지는 음성 치료 시 음도의 재확립을 수행할 때 ‘바람직한’ 음도를 가늠할 때 정상 성인의 기준 자료만을 참고하였지만, 이러한 개인에 따른 객관적인 데이터를 참고한다면 보다 객관적인 방식으로 치료가 이루어져 음성장애 분야에서의 환자 맞춤형 치료(personalized medicine)에 기여할 수 있을 것이다. 아울러 환자 본인에게 치료의 근거나 기준 등에 대한 정보를 사전에 정확하게 알려주고, 치료의 위험이나 이득에 대한 정보를 주는 근거 제공 실무(evidence-informed practice)를 수행할 때 환자가 중재의 목표로서 쉽게 이해하는데 도움을 주고 일반화를 촉진할 수 있는 하나의 가이드가 될 수 있을 것으로 본다. 따라서 이와 같은 점을 활용하여 $\Delta SF0$ 를 가이드로 삼았을 때와 그렇지 않았을 때, 중재 효과의 차이나 환자의 만족도 차이를 알아보는 후속 연구가 가능할 것으로 생각된다.

EGG의 SF0와 추정된 ESF0 간 상관관계를 알아 본 결과, 강한 양의 상관관계를 보였다. 이는 역시 VRP ($r = .873$), SRP ($r = .932$)를 통해 예측된 ESF0와 강한 상관관계를 보고한 Lee와 Kim (2019)의 연구결과와 일치하며, 음역대의 음도 관련 측정치들을 토대로 대상자의 평상 시 SF0를 예측할 수 있다는 결과와 일맥상통한다고 할 수 있다. 또한 이러한 상관관계가 환자군의 자료에도 적용될 수 있다는 것을 확인하였다는 데에서 그 의의를 찾을 수 있다. 다만 G 평정치는 세 가지 $\Delta SF0$ 와 공통적으로 약한 양의 상관관계를 보였다.

이는 본 연구의 중심이 된 $\Delta SF0$ 가 전반적 중증도 척도와는 별개로 발성 능력을 나타내는 보조적인 지표로서 사용되어야 함을 시사한다고 볼 수 있다.

ROC 곡선 분석을 시행한 결과 $\Delta SF0_{VRP}$, $\Delta SF0_{SRP}$, $\Delta SF0_{SUM}$ 의 AUC는 각각 .690, .673, .771로 $\Delta SF0_{SUM}$ 의 AUC가 양호한 수준이었으며, VRP와 SRP의 $\Delta SF0$ 보다 유의하게 큰 AUC를 보였다. 이러한 결과는 선행연구에서 단순히 정상치를 제시한 것을 넘어 $\Delta SF0_{SUM}$ 이 음성장애에 대한 선별 검사로 유용하게 이용될 수 있는 가능성을 제시하였다는 것을 보여준다. 또 다른 한편으로 VRP와 SRP의 $\Delta SF0$ 를 합산한 $\Delta SF0_{SUM}$ 의 유용성이 개별지표보다 더 컸다는 것은 음역대를 검사함에 있어 단순히 모음 발성을 이용한 검사뿐 아니라 말 자료를 이용한 음역대 검사를 함께 병행하여야 할 필요성을 일부 뒷받침해주는 결과라고도 할 수 있을 것이다. 다만 $\Delta SF0_{SUM}$ 이 실제 임상에서 활발하게 선별검사 도구로 활용되기 위해서는 시간적 효율성을 높이기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 여겨지며, 그러한 연구가 진행되기 전까지는 음역대에 문제가 있는 환자에 대한 심화 검사(deep test)로서의 활용도는 높을 것으로 판단된다.

다만 본 연구에서는 아쉽게도 질환군에 따른 특성의 차이를 살펴볼지는 못하였으며, 특히 정상에 비해 음도가 상승하거나 하강하는 경향을 뚜렷하게 보이는 질환군을 구분하여 $\Delta SF0$ 의 특성을 규명하지는 못하였다. 또한 $\Delta SF0$ 를 통해 살펴볼 수 있는 SF0상의 차이가 주관적인 음성장애 정도, 더 구체적으로는 직업적 음성사용자나 일반인의 음성 활동 및 참여 프로파일과 갖는 상관관계에 대해서는 자세히 규명하지 못하였다는 한계가 명확하므로, 이를 고려한 후속 연구가 필요할 것으로 여겨진다. 아울러 이 연구는 어디까지나 $\Delta SF0$ 가 음성장애에 대한 선별검사 도구로서 사용될 수 있는 가능성을 일부 확인하였다는 데 의의가 있는 것이며, 이를 진단의 도구로 선별리 확대하여 사용하는 일은 매우 위험할 수 있으므로 주의가 필요하다고 여겨진다. 요약하자면 $\Delta SF0$ 는 음성장애 선별검사를 위한 객관적인 지표의 하나로서 사용될 수 있다고 여겨지며, 이는 VRP와 SRP의 임상적 가치를 제고하는데 도움을 줄 것으로 여겨진다.

REFERENCES

- Awan, S. N., Roy, N., & Cohen, S. M. (2014). Exploring the relationship between spectral and cepstral measures of voice and the Voice Handicap Index (VHI). *Journal of Voice*, 28(4), 430-439.
- Berg, M., Fuchs, M., Wirkner, K., Loeffler, M., Engel, C., & Bergern, T. (2017). The speaking voice in general population: normative data and associations

- to sociodemographic and lifestyle factors. *Journal of Voice*, 31(2), e13-257. e24.
- D'Alatri, L., & Marchese, M. R. (2014). The speech range profile (SRP): an easy and useful tool to assess vocal limits. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 34(4), 253-258.
- dos Santos, A. C. M., de Menezes Borrego, M. C., & Behlau, M. (2015). Effect of direct and indirect voice training in speech-language pathology and audiology students. *CoDAS*, 27(4), 384-391.
- Hirano, M. (1981). *Clinical examination of voice*. New York, NY: Springer.
- Jung, W. J., Choi, S. H., & Choi, C. H. (2019). Development and validation of a novel simplified voice range profile measurement method: comparison of maximum vocal performance based on the VRP protocol. *Communication Sciences & Disorders*, 24(3), 770-784.
- Kim, H. (2012). *Neurologic speech-language disorders*. Seoul: Sigma Press.
- Kim, J., & Lee, S. J. (2019). Development and validation of Speech Range Profile task. *Phonetics and Speech Sciences*, 11(3), 77-87.
- Kim, S. T., Jeong, G. E., Kim, S. Y., Choi, S. H., Lim, G. C., Han, J. H., & Nam, S. Y. (2009). The effect of voice therapy in vocal polyp patients. *Phonetics and Speech Sciences*, 1(2), 43-49.
- Lee, S. J., Choi, H. S., Kim, H., Byeon, H. K., Lim, S. E., & Yang, M. K. (2016). Korean Version of the Voice Activity and Participation Profile (K-VAPP): a validation study. *Communication Sciences & Disorders*, 21(4), 695-708.
- Lee, S. J., Choi, H. S., Lim, J. Y., & Lee, K. Y. (2018). The effect of the Modified Voiced Lip Trill (MVOLT) training on vocal changes of musical theater students. *Phonetics and Speech Sciences*, 10(4), 135-146.
- Lee, S. J., & Kim, J. (2019). Prediction of speaking fundamental frequency using the voice and speech range profiles in normal adults. *Phonetics and Speech Sciences*, 11(3), 49-55.
- Ma, E. P., Robertson, J., Radford, C., Vagne, S., El-Halabi, R., & Yiu, E. (2007). Reliability of speaking and maximum voice range measures in screening for dysphonia. *Journal of Voice*, 21(4), 397-406.
- Ma, E. P., & Yiu, E. M. (2006). Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *Journal of Voice*, 20(3), 380-390.
- Ma, E. P., & Yiu, E. (2011). *Handbook of voice assessments*. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Mailänder, E., Mühre, L., & Barsties, B. (2017). Lax Vox as a voice training program for teachers: a pilot study. *Journal of Voice*, 31(2), 262.e13-262.e22.
- Meerschman, I., D'haeseleer, E., Catry, T., Ruigrok, B., Claeys, S., & Van Lierde, K. (2017). Effect of two isolated vocal facilitating techniques glottal fry and yawn-sigh on the phonation of female speech-language pathology students: a pilot study. *Journal of Communication Disorders*, 66, 40-50.
- Patel, R. R., Awan, S. N., Barkmeier-Kraemer, J., Courey, M., Deliyiski, D., Eadie, T., Paul, D., Švec, J. G., & Hillman, R. (2018). Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American Speech-Language-Hearing Association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(3), 887-905.
- Sataloff, R. T. (2005). *Clinical assessment of voice*. San Diego: Plural Pub.
- Sanchez, K., Oates, J., Dacakis, G., & Holmberg, E. B. (2014). Speech and voice range profiles of adults with untrained normal voices: methodological implications. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 39(2), 62-71.
- Siupsinskiene, N., & Lycke, H. (2011). Effects of vocal training on singing and speaking voice characteristics in vocally healthy adults and children based on choral and nonchoral data. *Journal of Voice*, 25(4), e177-e189.
- Wuyts, F. L., De Bodt, M. S., Molenberghs, G., Remacle, M., Hyelen, L., Millet B., Van Lierde, ..., Van de Heyning, P. (2000). The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(3), 796-809.

국문초록

음성장애 환자에서 음성 및 말 범위 프로파일을 이용한 추정 발화 기본주파수의 임상적 유용성

이승진^{1,2} · 김재옥³

¹연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, ²강남세브란스병원 이비인후과 후두음성언어의학연구소, ³강남대학교 교육대학원 언어치료교육전공

배경 및 목적: 본 연구에서는 음성장애 환자군과 정상군 집단과 성별에 따라 음성 및 말 범위 프로파일(VRP, SRP)을 이용한 추정 발화 기본주파수(ESF0)와 전기성문파형검사로 측정된 SF0EGG 간 차이인 발화 기본주파수 차이(Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP}, Δ SF0_{SUM})가 서로 다른 지 확인하고자 하였다. 또한 SF0_{EGG}, ESF0_{VRP}, ESF0_{SRP} 간 상관관계, 그리고 세 Δ SF0와 전반적 중증도 평정치 간 상관관계를 알아보았다. 마지막으로 Δ SF0의 음성장애 선별검사 도구로서의 유용성 및 환자군과 정상군 간의 구분을 위한 기준점을 확인하고자 하였다. **방법:** 음성장애 환자군과 정상군 각 85명(남 30명, 여 55명)을 대상으로 문단 읽기 과제 시의 평균 SF0_{EGG}를 측정하였다. 또한 VRP와 SRP를 시행하여 최고 음도와 최저 음도, Hz 단위의 음역대, 반음 단위의 음역대를 측정하였다. 이를 Lee & Kim (2019)의 회귀식에 대입하여 각각의 ESF0 (ESF0_{VRP}, ESF0_{SRP})를 계산하고, 발화 기본주파수 차이, 즉 두 ESF0와 SF0_{EGG} 간의 차이의 절댓값(Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP})과 두 Δ SF0의 합(Δ SF0_{SUM}) 또한 구하였다. **결과:** ESF0_{SRP}는 남성에서만 환자-정상군 간 차이가 있었고, 환자군의 Δ SF0가 정상군보다 더 높았다. SF0_{EGG}, ESF0_{VRP}, ESF0_{SRP} 간 강한 양의 상관관계, 그리고 세 Δ SF0와 G 평정치 간 약한 상관관계가 나타났다. Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP}, Δ SF0_{SUM}의 AUC는 각각 .690, .673, .771이었으며, 기준점은 각각 10.867, 10.347, 17.777이었다. Δ SF0_{SUM}의 AUC가 Δ SF0_{VRP}, Δ SF0_{SRP}의 AUC보다 유의하게 컸다. **논의 및 결론:** 본 연구의 결과는 Δ SF0가 음성장애 선별검사를 위한 객관적인 지표의 하나로서 사용될 수 있는 가능성을 보여주었으며, 이는 VRP와 SRP의 임상적 가치를 제고하는 데 도움을 줄 것으로 여겨진다.

핵심어: 음성장애, 추정 발화 기본주파수(ESF0), 발화 기본주파수 차이(Δ SF0), 음성 범위 프로파일(VRP), 말 범위 프로파일(SRP)

본 연구는 2018년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018S1A5A2A03032902).

참고문헌

- 김성태, 정고은, 김상윤, 최승호, 임길채, 한주희, 남순열(2009). 성대용종 환자의 음성치료 효과. *말소리와 음성과학*, 1(2), 43-49.
- 김재옥, 이승진(2019). 발화범위 프로파일 과제 개발 및 타당성 검증. *말소리와 음성과학*, 11(3), 77-87.
- 김향희(2012). *신경언어장애*. 서울: 시그마프레스.
- 정원정, 최성희, 최철희(2019). 새로운 축약된 음성범위프로파일 검사법 개발과 타당도 VRP 프로토콜에 따른 최대 발성 수행력 비교. *Communication Sciences & Disorders*, 24(3), 770-784.
- 이승진, 김재옥(2019). 정상 성인에서 음성 및 말소리 범위 프로파일을 이용한 발화 기본주파수 예측. *말소리와 음성과학*, 11(3), 49-55.
- 이승진, 최홍식, 김향희, 변형권, 임성은, 양민교(2016). 음성 활동 및 참여 프로파일-한국판(K-VAPP): 타당성 검증 연구. *Communication Sciences & Disorders*, 21(4), 695-708.
- 이승진, 최홍식, 임재열, 이광용(2018). 응용 입술 트릴 훈련이 뮤지컬 전공 학생의 음성 변화에 미치는 효과. *말소리와 음성과학*, 10(4), 135-146.

ORCID

이승진(제1저자, 교신저자, 연구조교수 <https://orcid.org/0000-0001-6200-0004>); 김재옥(공동저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0002-6504-7294>)