

A Study on Phonation Threshold Characteristics of Patients With Vocal Cord Palsy

Su Na Park¹, GilJoon Lee^{2*}

¹ Dept. of Otorhinolaryngology, Kyungbook National University Chilgok Hospital, Speech-Language Pathologist

² Dept. of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Kyungpook National University School of Medicine, Professor

Purpose: The purpose of this study is to reveal the differences between the vocal fold palsy group and the normal voice group using phonation threshold parameters (PTF, PTP, PTW), and to examine what parameters can sensitively distinguish between the two groups.

Methods: The subjects of the study comprised 40 people diagnosed with vocal cord palsy (20 males, 20 females, age=61.45±14.7 years). The control group comprised 33 people from the normal voice group (15 males, 18 females, age=57.82±11.6 years). All subjects participated in the experiment using PAS Model 6600 in a noise-controlled room, and PTF, PTP, and PTW were obtained.

Results: Significant differences were found in PTF, PTP, and PTW between the vocal cord palsy group and the normal voice group, as well as differences by gender within each group. In the ROC analysis to confirm the sensitivity between the vocal fold palsy group and the normal voice group, the AUC was found to be PTP (.825), PTW (.823), and PTF (.753).

Conclusion: Compared to the normal voice group, the vocal cord palsy group required more air flow and power to vocalize, so PTF, PTP, and PTW were measured higher. Additionally, within each group, males had higher PTF, PTP, PTW values than females. The diagnostic predictive power (AUC) for distinguishing between the vocal cord palsy group and the normal voice group was in the order of PTP, PTW, and PTF. It was predicted that PTF would distinguish sensitively, but on the contrary, the PTF value was measured to be the lowest. This would have yielded more meaningful results by considering the age of the subjects and increasing the number.

Correspondence : GilJoon Lee, MD

E-mail : giljoon.lee@gmail.com

Received : November 28, 2023

Revision revised : January 02, 2024

Accepted : January 31, 2024

ORCID

Su Na Park

<https://orcid.org/0000-0002-1127-319X>

GilJoon Lee

<https://orcid.org/0000-0002-3344-1879>

Keywords: PTF, PTP, PTW, phonation threshold

1. 서론

음성은 호흡, 발성, 공명, 조음의 복잡하고도 유기적인 작용을 통해 이루어진다. 가장 먼저 폐에서부터 생성된 기류와 압력이 성대를 통과하고 인두강, 구강, 비강의 다양한 성도를 지나가면서 음성이 완성된다. 이때 정상적인 성대에서는 폐에서부터 생성된 공기역학적 에너지가 음향학적 에너지로 어렵지 않게 변환되지만 비정상적인 성대에서는 공기역학적 에너지가 음향학적 에너지로 변환되는 데 많은 노력이 필요하여 그 효율성이 감소하게 된다 (Zhuang et al., 2013). 이렇듯 공기역학적 특성은 성대의 해부학적 특징, 생리적인 변수, 성대의 크기, 성대접촉의 양상 및 시간, 성도의 크기와 모양에 따라 다르게 나타난다(Kim, 2014).

임상에서는 음향학적 평가, 청지각적 평가, 자가 설문지와 함께 공기역학적 평가를 필수적으로 시행하고 있다. 주로 최대발성시간, 성문하압, 평균호기류율과 같은 파라미터를 통해 발성이 지속되는

동안 성대의 상태를 반영하여 객관적이고 정량적인 자료를 제공해 준다. 최근에는 임상에서 기본적으로 실시하는 과제 외에 발성역치 압력, 발성역치기류와 발성역치능력에 대한 연구도 이루어지고 있다(Choi et al., 2010; Hottinger et al., 2007; Hwang & Lee, 2014; Jeong et al., 2018; Jiang et al., 2008; Lee et al., 2013, 2015; Plexico et al., 2011; Titze, 1988; Zhuang et al., 2009, 2013).

국외에서는 2000년대 이전부터 발성역치를 주제로 연구가 진행되어 왔다. 공기역학적 평가에서 성문하압(subglottal pressure: Psub)과 평균호기류율(mean airflow pressure: MFR)이 훌륭한 매개변수이긴 하나 많은 연구자들이 성대진동을 시작할 때 요구되는 '최소'의 힘과 '최소'의 기류량에 관심을 가지면서 발성역치압력(phonation threshold pressure: PTP)과 발성역치기류(phonation threshold flow: PTF)에 대한 원리와 측정 방법에 대해 논의하기 시작한 것이다. PTF는 성대진동을 시작할 수 있는 최소한의 공기흐름이고 PTP는 성대진동을 시작하는 데 필요한 최소한의 성문하압이며 PTW(phonation threshold power)는 발성역치능력으로 PTF와 PTP의 곱으로 산출되어 두 파라미터의 특성을 고루 포함하는 것으로 알려져 있다(Titze, 1988; Zhuang et al., 2013).

특히, PTF는 후방 성문의 폭(posterior glottal gap)이 클수록, 성대의 길이가 신전될수록(vocal fold elongation), 성대표면에 탈수가 있을수록(surface dehydration) 커진다고 하였다(Hottinger et al., 2007; Jiang & Tao, 2007; Jiang et al., 2008; Zhuang et al., 2013). 반면 PTP는 성대가 두꺼울수록(vocal fold thickness), 조직 감소(tissue damping)가 많을수록, 발성 전 성문의 폭(prephonatory glottal width)과 점막파동의 점성(mucosal wave velocity)이 클수록 값이 증가한다고 하였다(Plexico et al., 2011; Titze, 1988).

다수의 연구자들에 따르면 성대 질환은 발성 전 성문의 폭을 증가시킨다는 데 합의를 하고 있으며 특히, 성대마비는 성대 조직의 점성(velocity)과 강성(stiffness)을 변화시킬 수 있고, 성대 부종은 성문의 모양과 크기를 변화시킬 수 있으며, 성대 수술로 인한 흉터(scar)는 성대 조직의 특성을 변화시킬 수 있다고 하였다(Jiang & Tao, 2007; Zhuang et al., 2009, 2013). 이러한 성대의 병리학적 조건에서 발성역치 파라미터들은 성대의 특성을 반영하여 음성을 산출하는데 요구되는 최소한의 노력의 양을 파악할 수 있게 해준다. 사실상, 성문하압(subglottal pressure: Psub)이나 평균호기류율(mean airflow pressure: MFR)과 같은 파라미터만 확인하더라도 음성이 생성되는 기본적인 공기역학적 특성을 이해할 수는 있다. 하지만 음성 생성에 필요한 노력의 양을 확인하는 것은 성대의 생체역학적 특성을 반영하여 병리적 음성을 더욱 민감하게 파악할 수 있도록 해준다. Zhuang 등(2013)의 연구에서도 성대의 양성점막질환과 정상음성 간 차이를 변별하기 위해서 MFR과 PTF를 이용하였는데 PTF가 MFR보다 더 민감하게 차이를 구분해 줄 수 있다고 하였다.

한편, 발성역치에 관한 연구가 해외에서 활발히 진행된 것과 상반되게 국내에서는 매우 드물게 이루어지고 있다. 국내에서 연구된 몇몇 사례들을 살펴보면 PTF, PTP, PTW를 이용하여 양성점막질환(Hwang & Lee, 2014; Lee et al., 2013)과 연축성발성장애(Choi et al., 2010)를 일반음성 집단과 비교하거나 갑상선 수술 환자(Jeong et al., 2018; Lee et al., 2015)에게서 중재 전후의 변화를 살펴보기 위해 PTP를 이용하거나 PTF, PTP, PTW의 기준치를 마련하기 위해 정상 성인 남녀를 비교 분석한 연구(Park et al., 2019)에 국한되어 있다. 더욱이 임상에서는 거의 활용되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 발성역치 파라미터를 이용하여 시행하는 예비연구로써 성대운동장애 중 편측성대마비를 대상으로 선정하여 일반음성 집단과의 차이를 살펴보고자 하였다. 추가적으로 가장 민감하게 파악할 수 있는 파라미터는 무엇인지 알아보고 한다. 즉, 편측성대마비 집단과 일반음성 집단 간 발성역치 파라미터를 통해 발성 시 요구되는 노력의 양을 파악함으로써 진단을 하는 데 도움이 되는지 확인하고 임상에서의 활용도를 높이는 데 목적이 있다.

따라서 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, PTF, PTP, PTW가 편측성대마비 집단과 일반음성 집단 간에 차이가 있는가?

둘째, 차이가 있다면 PTF, PTP, PTW 중에서 가장 민감하게 차이를 구별해 줄 수 있는 파라미터는 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 칠곡경북대학교병원 생명윤리위원회(Institutional Review Board: IRB)로부터 사전승인을 받은 후 실시되었다(No. 2019-06-015-004).

본 연구에서는 성대마비로 진단받은 40명의 대상자와 대조군으로 33명의 일반음성 집단을 포함하였다. 대상자들의 정보는 Table 1에 제시하였다. 본 연구의 음성 샘플은 어떠한 중재도 개입되지 않은 초기 평가의 자료를 사용하였다. 성대마비 진단은 의무기록, 후두내시경, 후두스트로보스코피로 확인하였고 편측 성대마비 중 마비의 위치가 paramedian인 대상자들을 최종 확인하여 선정하였다. 일반음성 집단은 음성장애를 호소하지 않고 후두 관련한 수술을 받은 적이 없는 대상자들 중 GRBAS 척도에서 G가 0에 해당되는 사람들로 선정하였다.

신경학적, 심리적, 청각적으로 문제가 있는 사람들은 제외하였으며 전문적인 보컬리스트거나 보컬 트레이닝을 받은 사람들도 제외하였다. 특히, 성대마비인 경우 음성 훈련을 받은 경험이 있다면 발성 시 기류를 덜 빠져나가게 하는 등의 효율적인 발성을 할 수 있으며 이는 성대마비의 특성을 그대로 반영하지 못하는 가능성이 있다고 판단하여 제외하였고 일반음성 집단도 동일하게 적용하였다. 추가적으로 성대마비 대상자와 비슷한 연령대로 선정하였으며 집단 간 연령의 의미 있는 차이는 없었다($p=.375$).

Table 1. Demographic information of patients

Variable	VCP ($n=40$)	Normal ($n=33$)
Age	61.45±14.7	57.82±11.6
Sex		
Male	20	15
Female	20	18
Rule out		
Idiopathic	10	
Lung cancer	8	
Esophageal cancer	2	
Thyroid cancer	11	
Surgical damage	8	
Neurogenic damage	1	
Paralyzed side		
Left	29	
Right	11	

Note. VCP=vocalcord palsy.

2. 연구 방법 및 절차

모든 대상자들은 소음이 통제된 방에서 편안히 앉아서 실험에 참여하였다. 공기역학적 검사도구 중 PAS Model 6600을 이용하였으며 4시간마다 1Liter syringe를 이용하여 교정(calibration)을 하였다.

1) PTF

PTF는 Maximum Sustained Protocol을 이용하여 측정하였다. 마스크를 코와 입에 밀착한 다음 작고 부드럽게 /a/발성을 시작하여 3~5초 동안 강도를 천천히 줄여나가도록 하였다. 동일한 방법으로 10번 발성하도록 하였다. 본 연구자가 실시 방법에 대해 먼저 시범을 보이고 대상자는 마스크를 착용하지 않은 상태에서 충분히 연습한 후에 과제를 실시하였다. 선행 연구에서는 PTF 분석 기준 시점을 50dB SPL이라 하였고 본 연구에서도 동일하게 적용하여 10회 발성한 평균값을 PTF로 구하였다(Zhuang et al., 2009, 2013).

2) PTP

PTP는 Voice Efficiency를 이용하여 측정하였다. 마스크를 코와 입에 밀착시킨 후 직경 2mm의 구강튜브를 혀위에 살짝 올려 놓고 한 번의 호기에 최소한의 강도로 최대한 부드럽게 /pa/를 발성하도록 하였다. 초당 1음절씩 5회 발화하도록 하였으며 구강튜브를 혀로 밀거나 깨물지 않도록 안내하였다. 본 연구자가 실시 방법에 대해 먼저 시범을 보이고 대상자는 마스크와 구강튜브를 사용하지 않은 상태에서 충분히 연습한 후에 과제를 실시하였다. 측정된 값들 중 시작 음절과 마지막 음절을 제외한 중간의 세 음절의 평균을 PTP 값으로 산출하였다(Plexico et al., 2011).

3) PTW

PTW는 PTF와 PTP의 곱으로 구하였다(Zhuang et al., 2013).

3. 자료 처리

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTF, PTP, PTW에서 차이가 있는지 검증하기 위해서 이원분산분석(two way ANOVA)을 실시하였다. 또한 집단 간 PTF, PTP와 PTW의 민감도 차이를 확인하기 위해 ROC 분석을 실시하였다. 모든 자료의 통계처리는 IBM SPSS 22.0 프로그램을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTF 차이 비교

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTF의 평균과 표준편차는 Table 2에 제시하였다. 성대마비 집단에

Table 2. Comparison of differences in PTF, PTP and PTW between VCP group and normal group

Parameter	VCP		Normal	
	M (<i>n</i> =20)	F (<i>n</i> =20)	M (<i>n</i> =15)	F (<i>n</i> =18)
Phonation threshold flow (L/s)	.20±.06	.13±.50	.14±.07	.06±.04
Phonation threshold pressure (cmH ₂ O)	6.65±1.36	5.64±1.15	5.15±1.30	4.11±.55
Phonation threshold power (cmH ₂ O × L/s)	1.37±.54	.72±.34	.72±.44	.25±.16

Note. M=male; F=female.

서 남성은 .20±.06L/s, 여성은 .13±.50L/s였으며 일반음성 집단에서 남성은 .14±.07L/s, 여성은 .06±.04L/s였다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTF 차이를 알아보기 위하여 이원분산분석을 실시하였고 Table 3에 제시하였다. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTF의 주효과는 $F=23.630$, $P=.000$ 로 유의수준 .001에서 유의한 차이가 있었으며, 성별에 따른 주효과도 $F=34.930$, $P=.000$ 로 유의수준 .001에서 유의미한 차이를 보였다. 하지만 성대마비 유무에 따른 집단과 성별에 따른 상호작용은 $F=.005$, $P=.940$ 으로 유의하지 않았다.

Table 3. Statistical analysis of PTF between VCP group and normal group

	Type III sum squares	df	Mean Squares	F	P
Disability	.074	1	.074	23.630	.000***
Gender	.109	1	.109	34.930	.000***
Disability × Gender	1.422	1	1.422	.005	.940

*** $p<.001$

2. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTP 차이 비교

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTP의 평균과 표준편차는 Table 2에 제시하였다. 성대마비 집단에서 남성은 6.65 ± 1.36 cmH₂O, 여성은 5.64 ± 1.15 cmH₂O였으며 일반음성 집단에서 남성은 5.15 ± 1.30 cmH₂O, 여성은 $4.11 \pm .55$ cmH₂O였다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTP 차이를 알아보기 위하여 이원분산분석을 실시하였고 Table 4에 제시하였다. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTP의 주효과는 $F=32.025$, $P=.000$ 로 유의수준 .001에서 유의한 차이가 있었으며, 성별에 따른 주효과도 $F=14.722$, $P=.000$ 로 유의수준 .001에서 유의미한 차이를 보였다. 하지만 성대마비 유무에 따른 집단과 성별에 따른 상호작용은 $F=.001$, $P=.973$ 로 유의하지 않았다.

Table 4. Statistical analysis of PTP between VCP group and normal group

	Type III sum squares	df	Mean Squares	F	P
Disability	41.317	1	41.317	32.025	.000***
Gender	18.993	1	18.993	14.722	.000***
Disability × Gender	.002	1	.002	.001	.973

*** $p < .001$

3. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTW 차이 비교

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTW의 평균과 표준편차는 Table 2에 제시하였다. 성대마비 집단에서 남성은 $1.37 \pm .54 \text{ cmH}_2\text{O} \times \text{L/s}$ 여성은 $.72 \pm .34 \text{ cmH}_2\text{O} \times \text{L/s}$ 였으며 일반음성 집단에서 남성은 $.72 \pm .44 \text{ cmH}_2\text{O} \times \text{L/s}$, 여성은 $.25 \pm .16 \text{ cmH}_2\text{O} \times \text{L/s}$ 였다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTW 차이를 알아보려고 이원분산분석을 실시하였고 Table 5에 제시하였다. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTW의 주효과는 $F=35.317$, $p=.000$ 로 유의수준 0.001에서 유의한 차이가 있었으며, 성별에 따른 주효과도 $F=35.913$, $p=.000$ 로 유의수준 0.001에서 유의미한 차이를 보였다. 하지만 성대마비 유무에 따른 집단과 성별에 따른 상호작용은 $F=.891$, $p=.348$ 로 유의하지 않았다.

Table 5. Statistical analysis of PTW between VCP group and normal group

	Type III sum squares	df	Mean Squares	F	P
Disability	5.561	1	5.561	35.317	.000***
Gender	5.655	1	5.655	35.913	.000***
Disability × Gender	.140	1	.140	.891	.348

*** $p < .001$ **Table 6.** Sensitivity analysis of PTF, PTP, PTW

Variable	AUC	SD	p	95% CI	
				Lower bound	Upper bound
PTF	.753	.058	.000***	.640	.866
PTP	.825	.049	.000***	.732	.923
PTW	.823	.050	.000***	.726	.920

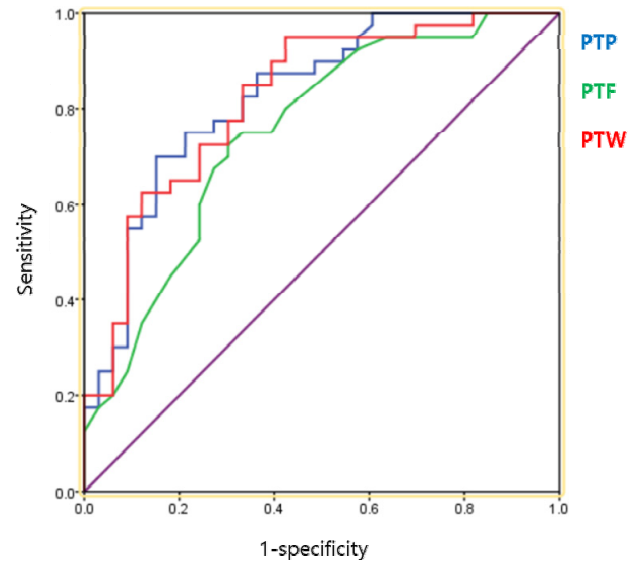
Note. AUC=area under the curve; SD=standard deviation; CI=confidence interval.

*** $p < .001$

4. 성대마비 집단과 일반음성 집단의 감별을 위한 PTF, PTP, PTW의 민감도 분석

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTF, PTP, PTW의 민감

도를 확인하기 위하여 ROC 분석을 하였고 그 결과를 Table 6과 Figure 1에 제시하였다. ROC 커브 아래의 면적이 PTF와 PTW는 .823 이상으로 나타났다. 반면 PTF는 상대적으로 낮은 .753으로 확인되었다.

**Figure 1.** Receiver operating characteristic curve of PTF, PTP, PTW

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 발생역치 파라미터들을 이용하여 성대마비 집단과 일반음성 집단의 차이를 밝히되 두 집단의 차이를 민감하게 밝혀주는 파라미터는 무엇인지 살펴보는 데 목적이 있다.

우선 성대마비 집단과 일반음성 집단 간에 PTF에서 유의미한 차이가 나타난 것은 물론 각 집단 내 성별에 따른 차이도 나타났다. Zhuang 등(2009)은 성대결절과 성대폴립을 양성점막질환 집단으로 묶어 일반음성 집단과 PTF, MFR의 차이를 비교하였다. 양성점막질환 집단이 일반음성 집단에 비해 PTF와 MFR이 유의미하게 높았으며 PTF는 MFR보다 두 집단의 차이를 더 민감하게 구별해주는 파라미터라고 하였다. 그리고 4년 뒤 PTF, PTP, PTW를 이용해 대상자의 수와 집단을 확장하여 양성점막질환 집단, 성대마비와 피열연골탈구를 묶어서 성대운동장애 집단, 일반음성 집단 간에 차이를 비교하였고 PTF는 각 집단을 변별할 수 있는 유용한 파라미터라고 하였다(Zhuang et al., 2013). 성대마비 집단이 일반음성 집단에 비해 PTF가 큰 이유는 불완전한 성문폐쇄로 인해 발생하는 동안 기류유출이 생길 수 밖에 없는 성대의 구조적인 문제에 기인한 것이다. 이는 예상 가능한 결과였으며 여러 연구에서 밝혀진 바와 같이 성문 사이의 틈은 PTF에 영향을 끼치는 중요한 매개변수임(Hottinger et al., 2007; Zhuang et al., 2013)을 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

집단 내 성별 비교에서는 성대마비 집단과 일반음성 집단 모두 남성이 여성에 비해 PTF가 유의미하게 높았다. 정상 성인

을 대상으로 성별에 따른 PTF의 차이를 살펴본 국내의 연구에서도 남성은 여성에 비해 PTF가 높다고 하였다(Park et al., 2019). PTF는 성문폐쇄의 정도와 함께 성대길이에도 영향을 받으며(Hottinger et al., 2007; Jiang & Tao, 2007; Jiang et al., 2008; Zhuang et al., 2013) 성대의 길이가 길어질수록 PTF는 커진다. 남성은 여성에 비해 성대길이가 길기 때문에 PTF가 유의미하게 높게 측정되었다고 본다. 성대마비 집단에서도 여성에 비해 남성의 PTF가 높게 측정되었는데 PTF는 성문폐쇄 유무와는 별개로 성대의 길이 즉, 성별에 영향을 받는다고 해석할 수 있다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTP에서도 유의미한 차이가 나타났으며 성대마비 집단과 일반음성 집단 내 성별에 따른 차이도 나타났다. 앞에서 언급한 것처럼 PTP는 성대가 두꺼울수록(vocal fold thickness), 조직의 감소(tissue damping)가 많을수록, 발성 전 성문의 폭(prephonatory glottal width)과 점막파동의 점성(mucosal wave velocity)이 클수록 증가한다(Plexico et al., 2011; Titze, 1988). 성대마비와 같이 성문폐쇄가 불완전한 대상자는 Titze(1988)가 제시한 요인 중 발성 전 성문의 폭에 영향을 받는다고 할 수 있겠다.

PTP는 일반음성 집단에 비해 성대마비 집단에서 유의미하게 컸으며 다른 선행연구에서도 동일한 결과가 나타났다(Zhuang et al., 2013). 성대마비와 같이 양 성대 사이에 존재하는 간격은 성대진동을 시작하기 위해서 추가적인 힘이 필요할 수밖에 없으며 일반음성 집단에 비해 PTP가 높게 측정된 것은 당연한 결과이다. 또한 검사 과정에서 모든 대상자들은 PTF를 측정 한 후에 PTP를 측정하였는데 연령이 높은 다수의 대상자들은 검사를 한 번에 수행하지 못하고 충분히 연습한 후에 실전 검사에 임하였다. 특히 일반음성 집단에 비해 성대마비 집단 환자들은 검사를 시행하는 데 소요되는 시간이 더 길었다. 이는 음성 피로도를 느꼈을 수 있는 상황으로 여겨지며 음성피로와 높은 상관관계가 있다고 알려진(Chang & Karnell, 2004) PTP도 마찬가지로 높게 측정되었을 수 있다고 사료된다. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTP 차이와 함께 각 집단 내에서 남성이 여성에 비해 PTP가 유의미하게 높았다. 이는 PTF와 마찬가지로 PTP도 성문폐쇄 유무와 관계없이 성별에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간에 PTW에서도 유의미한 차이가 나타났으며 성대마비 집단과 일반음성 집단 내 성별에 따른 차이도 나타났다. PTW는 PTF와 PTP의 특성을 고루 반영한다. PTF와 PTP는 성문 형태에 따른 영향을 받는데 특히 성대마비는 불완전한 성문폐쇄로 인해 폐에서부터 성대까지 에너지를 전달하는 데 더 많은 노력이 요구된다. 앞서 밝혀진 바와 같이 성대마비 집단의 PTF와 PTP는 일반음성 집단에 비해 유의미하게 측정치가 높았고 PTF와 PTP의 곱으로 산출되는 PTW는 당연히 높을 수밖에 없다.

성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTF, PTP, PTW의 민감도를 확인하기 위한 ROC 분석에서 AUC는 PTP(.825), PTW(.823), PTF(.753) 순으로 나타났다. PTF는 발성역치 파라미터들 중 후방 성문 폭의 변화에 영향을 크게 받으며

(Hottinger et al., 2007; Zhuang et al., 2013) 성문폐쇄부전의 특성을 평가할 수 있는 파라미터로 알려져 있어(Hottinger et al., 2007) 성대마비와 정상음성 간에 두드러진 차이를 나타내는 파라미터는 PTF일 것으로 예상되었으나 반대의 결과가 도출된 것이다. 예상한 바와 다른 결과의 원인으로 본 연구자들은 선행 연구와 비교하여 대상자의 연령 차가 첫 번째 원인이라고 생각하였다. 음성장에 집단과 일반음성 집단을 비교한 다수의 선행 연구들에서 대상자들의 평균 연령이 40세 내외인 것과 비교하였을 때(Choi et al., 2010; Hwang & Lee, 2014; Lee et al., 2013; Zhuang et al., 2009, 2013) 본고에서는 60세를 기준으로 60세 이상이 성대마비 집단에서는 40명 중 25명(62.5%, 60~82세), 일반음성 집단에서는 33명 중 17명(51.5%, 61~79세)으로 상대적으로 대상자들의 평균연령이 높았다. 연령과 관련한 발성역치와 연구가 미비하여 비교할 대상이 많지는 않지만 Park 등(2019)의 연구에서 PTF는 연령에 따른 유의미한 차이가 없다고 하였다. 하지만 20세부터 59세까지 분석한 결과로 더 높은 연령대에 대한 정보는 없었다. 따라서 연령에 따른 PTF의 차이를 확인하고자 성대마비 집단과 일반음성 집단을 성별에 관계없이 60세 이상, 60세 미만 집단으로 나누어 *t*-검정을 하였다. 그 결과, 성대마비 집단에서는 유의한 차이가 관찰되지 않은 반면($p=.121$), 일반음성 집단에서는 60세 미만 집단보다 60세 이상 집단에서 PTF 측정치가 유의미하게 큰 것으로 나타났다($p<.014$). 이 같은 결과는 정상적인 성대운동을 한다하더라도 고령의 대상자는 나이가 어린 대상자보다 성대진동을 시작하는 데 필요한 최소한의 공기흐름이 더 많이 요구된다는 것을 의미한다. 다시 말해 공기역학적 에너지가 음향학적 에너지로 변환되는 데 효율성이 떨어진다고 이해할 수 있는 것이다. 따라서 대상자 중 절반 이상이 60세 이상으로 구성된 본 연구에서는 성대마비 집단과 일반음성 집단 간에 PTF의 차이가 미미하여 PTP와 PTW보다 상대적으로 덜 민감하게 구분한 것으로 해석된다. 반면 성대마비 집단에서는 연령에 따른 차이보다 불완전한 성문폐쇄 자체의 요인이 크게 작용하였기 때문에 연령에 따른 유의미한 차이는 관찰되지 않은 것으로 사료된다.

두 번째 이유는 집단 내에서 측정된 값들의 분포가 다양하다는 것이다. 특히 PTF에서는 동일한 집단에 속하더라도 측정된 값의 범위가 넓었는데 그중에서 정상 집단의 남성과 여성의 표준편차는 평균의 반 혹은 2/3에 해당되어 정규분포곡선을 그렸을 때 양옆으로 흩어짐 정도가 클 것으로 예상된다. 이는 추후 연구에서 대상자의 수를 더 늘려서 비교분석을 해야 할 필요성을 시사한다.

본 연구에서는 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 성별에 따른 PTF, PTP, PTW를 비교 분석하고 두 집단의 차이를 민감하게 밝혀줄 수 있는 파라미터에 대해 알아보았다. PTF, PTP, PTW는 두 집단의 차이를 설명해 주었으며 진단 예측력(AUC)은 PTP, PTW, PTF 순으로 나타났다. 하지만 성별에 따른 분석뿐만 아니라 연령을 고려하여 분석하였다면 더 의미 있는 결과가 나왔으리라 기대해 본다. 또한 성대운동장애 중 편측성대마비만을 지정하여 일반음성 집단과 비교를 하였는데 추후 연

구에서는 다양한 성대접촉문제가 있는 후두질환을 대상으로 한 연구가 필요하다고 사료된다.

Reference

- Chang, A., & Karnell, M. P. (2004). Perceived phonatory effort and phonation threshold pressure across a prolonged voice loading task: A study of vocal fatigue. *Journal of Voice*, 18(4), 454-466. doi:10.1016/j.jvoice.2004.01.004
- Choi, S. H., Jiang, J. J., Yun, B. R., Lee, J. Y., Lim, S. E., & Choi, H. S. (2010). Phonation threshold flow and phonation threshold pressure in patients with adductor spasmodic dysphonia. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 23(3), 157-164. uci:G704-SER000000671.2010.2.3.002
- Hottinger, D. G., Tao, C., & Jiang, J. J. (2007). Comparing phonation threshold flow and pressure by abducting excised larynges. *The Laryngoscope*, 117(9), 1695-1699. doi:10.1097/MLG.0b013e3180959e38
- Hwang, Y., & Lee, I. (2014). A study on the validation of phonation threshold power and the clinical usefulness of PTW: A preliminary study. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 26(2), 133-138. doi:10.13064/KSSS.2014.6.2.133
- Jeong, H. S., Kim, J. S., Lee, C. Y., & Son, H. Y. (2018). Aerodynamic evaluation of voice changes in thyroid surgery extent. *Journal of the Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics*, 29(1), 24-39. doi:10.22469/jkslp.2018.29.1.24
- Jiang, J. J., & Tao, C. (2007). The minimum glottal airflow to initiate vocal fold oscillation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(5), 2873-2881. doi:10.1121/1.2710961
- Jiang, J. J., Regner, M. F., Tao, C., & Pauls, S. (2008). Phonation threshold flow in elongated excised larynges. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 117(7), 548-553. doi:10.1177/000348940811700714
- Kim, J. (2014). Korean adult normative data for the KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 26(1), 105-117. doi:10.13064/KSSS.2014.6.1.105
- Lee, C. Y., An, S. Y., Chang, H., Jeong, H. S., & Son, H. Y. (2015). Aerodynamic features and voice therapy interventions of functional voice disorder after thyroidectomy. *Journal of the Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics*, 26(1), 25-33. doi:10.22469/jkslp.2015.26.1.25
- Lee, I., Yun, J., & Hwang, Y. (2013). A study on the characteristics of phonation threshold pressure and phonation threshold airflow of patients with functional voice disorder. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 25(1), 63-69. uci:G704-SER000000671.2013.5.1.007
- Park, J. E., Choi, S. H., Lee, K. J., & Choi, C. H. (2019). Effect of speech stimulus, gender, and age on phonation threshold measures in Korean adults. *Audiology & Speech Research*, 15(3), 223-231. doi:10.21848/asr.2019.15.3.223
- Plexico, L. W., Sandage, M. J., & Faver, K. Y. (2011). Assessment of phonation threshold pressure: A critical review and clinical implications. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 20(4), 348-366. doi:10.1044/1058-0360(2011/10-0066)
- Titze, I. R. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(4), 1536-1552. doi:10.1121/1.395910
- Zhuang, P., Sprecher, A. J., Hoffman, M. R., Zhang, Y., Fourakis, M., Jiang, J. J., & Wei, C. S. (2009). Phonation threshold flow measurements in normal and pathological phonation. *The Laryngoscope*, 119(4), 811-815. doi:10.1002/lary.20165
- Zhuang, P., Swinarska, J. T., Robieux, C. F., Hoffman, M. R., Lin, S., & Jiang, J. J. (2013). Measurement of phonation threshold power in normal and disordered voice production. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 122(9), 555-560. doi:10.1177/000348941312200904

성대마비환자의 발성역치 특성 연구

박수나¹, 이길준^{2*}¹ 칠곡경북대학교병원 이비인후과 언어재활사² 경북대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실 교수

목적: 발성역치 파라미터들(PTF, PTP, PTW)을 이용하여 성대마비 집단과 일반음성 집단의 차이를 밝히되 두 집단 간 차이를 민감하게 밝혀줄 수 있는 파라미터는 무엇인지 살펴보는 데 목적이 있다.

방법: 대상자는 성대마비로 진단받은 40명(남=20명, 여=20명, 연령=61.45±14.7세)과 대조군으로는 일반음성 집단 33명(남=15명, 여=18명, 연령=57.82±11.6세)이었다. 대상자들은 모두 소음이 통제된 방에서 PAS Model 6600을 이용하여 실험에 참여하였고 PTF, PTP, PTW를 구하였다.

결과: 성대마비 집단과 일반음성 집단 간에 PTF, PTP, PTW에서 유의미한 차이가 나타난 것은 물론 각 집단 내 성별에 따른 차이도 나타났다. 성대마비 집단과 일반음성 집단 간 PTF, PTP, PTW의 민감도를 확인하기 위한 ROC 분석에서 AUC는 PTP(.825), PTW(.823), PTF(.753) 순으로 나타났다.

결론: 성대마비 집단은 성문폐쇄부전으로 인해 일반음성 집단에 비해 발성을 하는 데 공기의 흐름이나 힘이 많이 요구되기 때문에 PTF, PTP와 PTW가 높게 측정되었다. PTF, PTP, PTW는 두 집단의 차이를 설명해 주었다. 또한 각 집단 내에서 남성이 여성에 비해 PTF, PTP, PTW의 값이 높게 측정되었다. 성대마비 집단과 일반음성 집단을 구분하는 진단 예측력(AUC)에서는 PTP, PTW, PTF 순으로 나타났다. PTF는 성문폐쇄부전의 특성을 평가하는 파라미터로 알려져 있어 두 집단 간 차이는 PTF가 민감하게 구분할 것으로 예측하였으나 그와 반대로 PTF 값이 가장 낮게 측정되었다. 이는 대상자의 연령을 고려하고 수를 늘려서 살펴보면 더 의미 있는 결과가 산출되었을 것이다.

검색어: PTF, PTP, PTW, 발성역치

교신저자 : 이길준(경북대학교)

전자메일 : giljoon.lee@gmail.com

게재신청일 : 2023. 11. 28

수정제출일 : 2024. 01. 02

게재확정일 : 2024. 01. 31

ORCID

박수나

<https://orcid.org/0000-0002-1127-319X>

이길준

<https://orcid.org/0000-0002-3344-1879>

참고 문헌

- 김재옥 (2014). KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600을 이용한 한국 성인의 공기역학적 변수들의 정상치. **말소리와 음성과학**, 6(1), 105-117.
- 박주은, 최성희, 이경재, 최철희 (2019). 한국 성인의 발성역치 측정치의 자극어, 성별, 연령의 효과. **Audiology & Speech Research**, 15(3), 223-231.
- 이인애, 윤주원, 황영진 (2013). 기능적 음성장애인의 발성역치압력과 발성역치기류 특성 연구. **말소리와 음성과학**, 5(1), 63-69.
- 이창윤, 안수연, 장현, 정희석, 손희영 (2015). 갑상선 절제술 후 기능적 음성장애의 공기역학적 특징과 음성치료 중재. **대한후두음성언어의학회지**, 26(1), 25-33.
- 정희석, 김중선, 이창윤, 손희영 (2018). 갑상선 수술 범위와 공기역학적 음성지표 변화. **대한후두음성언어의학회지**, 29(1), 24-29.
- 최성희, Jack J. Jiang, 윤보람, 이지연, 임성은, 최홍식 (2010). Phonation threshold flow and phonation threshold pressure in patients with adductor spasmodic dysphonia. **말소리와 음성과학**, 2(3), 157-164.
- 황영진, 이인애 (2014). 발성역치능력(Phonation Threshold Power, PTW)의 타당도 및 임상적 유용성 연구: 예비연구. **말소리와 음성과학**, 6(2), 133-138.