

기능적 음성장애인의 발성역치압력과 발성역치기류 특성 연구

A Study on the Characteristics of Phonation Threshold Pressure and Phonation Threshold Airflow of Patients with Functional Voice Disorder

이 인 애¹⁾, 윤 주 원²⁾, 황 영 진³⁾

Lee, Inae · Yun, Joowon · Hwang, Youngjin

ABSTRACT

This study attempted to investigate the characteristics of Phonation Threshold Pressure and Phonation Threshold Airflow of Patients who have Functional voice disorder. 50 subjects participated in study (32 subjects were patients who had functional voice disorders and 20 subjects were normal adults). The PAS (Phonatory aerodynamic system, model 6600, KAY electronics, Inc.) was used to measure the data and to do the analysis. Data from the Phonation Threshold Pressure was measured using voicing efficiency of the PAS protocol. Data from the Phonation Threshold Airflow was measured using Maximum Sustained Phonation of the PAS protocol. Those were used because of the ease of phonation. The results of this study showed that the differences in Phonation Threshold Pressure and Phonation Threshold Airflow between patients who had functional voice disorder and normal adults could be significant index. Patients who had functional voice disorder showed more higher figures than normal adults. These results suggest that Phonation Threshold Pressure and Phonation Threshold Airflow are very useful in diagnosing the voice disorder. The measured data also provided useful information for diagnosing patients with vocal fold diseases.

Keywords: Functional voice disorder, Phonation Threshold Pressure, Phonation Threshold Airflow

1. 서론

1.1 연구의 필요성

정상음성을 산출하기 위해서는 호흡과 발성의 긴밀한 협응이 필요하다(황영진 외, 2007). 호흡이 발성에 직접적으로 관여하는 정도를 파악하는 수치인 성문하압(Subglottal Pressure, 이하 Ps)과 평균기류량(Mean Airflow Rate, 이하 MFR)은 호흡의 효율정도를 판별하는 중요한 기준으로써(Stepp, 2011), 성대의 움직임과 매우 깊은 연관이 있으며 발성에 관여하는 호

흡의 정도를 반영한다. 따라서 호흡에 대한 연구를 통해 호흡의 특성뿐만 아니라 발성의 특징까지도 예측할 수 있다.

호흡에 대한 연구는 주관적인 평가와 객관적인 평가를 통해 이루어진다. 주관적 평가에는 s/z ratio나 최대발성시간(Maximum Phonation Time, 이하 MPT), 분당 호흡수, 구어호흡 비율 등이 있으며, 객관적인 평가에는 공기역학적 평가가 있다. 공기역학적 평가에는 기관에 구멍을 내어 측정하는 침습적인 방법과 구강압력 등을 이용하는 비침습적인 방법이 있는데(Hertegård et al., 1995), 비침습적인 방법은 구강으로 산출되는 공기의 흐름을 통해 발성에 대한 정보를 제공함과 동시에 장애음성과 정상음성의 차이를 제공해 주기 때문에 최근에 많이 선호하는 경향이 있다(Zhuang et al., 2009; Zheng et al., 2012). 비침습적 공기역학적 측정 기기에는 습윤 폐활량계, 호흡 기류계(pneumotachograph), 액주형 기압계(well-type manometer), Aerophone, PAS(Phonatory Aerodynamic System, 이하 PAS) 등으로 분류된다. 이런 기기들은 호흡을 객관적으로 평가하여 병리적인 음성을 진단하는데 많은 도움을 준다.

1) 루터대학교, ohdlsdo123@hanmail.net

2) 아름다운 목소리 이비인후과, voiceslp@naver.com

3) 루터대학교, yjhwang@ltu.ac.kr, 교신저자

이 논문은 제1저자의 석사학위논문을 요약한 것입니다.

접수일자: 2013년 1월 29일

수정일자: 2013년 2월 25일

게재결정: 2013년 3월 20일

이 중 PAS는 폐활량(Vital Capacity, 이하 VC), MFR, Ps 등을 평가할 수 있으며, 병리적 진단을 더욱 민감하게 제공하여 주기기도 한다.

최근 많은 연구자들은 PAS를 이용하여 기존의 측정방법과 차이를 둔 발성역치 압력(Phonation Threshold Pressure, 이하 PTP)과 발성역치기류(Phonation Threshold Airflow, 이하 PTF)을 측정하는 것에 많은 관심을 가지고 있다. PTP와 PTF는 성대진동시작과 소리를 산출하기 위한 최소한의 성문하압과 최소한의 기류량을 말하며, 쉬운발성(the ease of phonation)을 사용한다(Titze et al., 1989; Titze et al., 1992; Jiang et al., 2007). 이것은 호흡이 성대에 직접적으로 관여하는 수치를 나타내므로 발성 특징과 성대 특징을 파악할 수 있으며, 또한 편한음도와 강도로 발성하여 측정하는 Ps와 MFR보다 성대의 병리적 상태를 민감하게 나타내어 주기 때문에 많이 이용되고 있다(Jiang et al., 2007; Zhuang et al., 2009).

Rieves 등(2009)은 PTP를 다섯 번씩을 측정하여 각각의 반복측정에 따른 변동성을 비교하였는데 유의한 차이를 나타내지 않았다. 반복측정에서의 높은 변동성은 성대의 상태를 민감하게 반영하기 어려우며 따라서 PTP의 측정이 매우 적합하다고 하였다. Zhuang 등(2009)의 연구에서는 PAS를 이용하여 MFR과 PTF의 파라메타 중 어느 것이 음성장애를 진단하는데 민감한지를 비교하였다. 민감도를 측정하는 ROC분석으로 평가하였을 때 두 개의 파라메타 중 PTF가 더 민감하게 반응하였다. 이렇듯 PTP와 PTF는 성대 병리적 상태를 민감하게 나타내며 성대의 다양한 특징을 반영한다.

PTP는 성대의 두께, 성대조직의 점성, 점막 파형의 속도, 발성 전 성문 폭 등을 반영하며(Chan et al., 1997; Titze, 1988), PTF는 성대 조직의 점성, 성대의 길이, 점막 파형의 속도, 성문의 넓이, 성대의 두께, 공기흐름의 밀도 등 특성을 반영한다(Jiang et al., 2007; Jiang et al., 2008). 이러한 PTP와 PTF의 특징은 그 특성에 따라 구분할 수 있으며 다양하게 연구된다.

하지만 이러한 PTP와 PTF에 관한 평가나 연구는 매우 드물다. 국내에서는 한 두 편의 논문정도 나타난 수준이다. 그 이유는 국외에서 이러한 공기역학적 특성을 연구하여 발표한 지도 그리 오래되지 않았으며 또한 국내에서도 공기역학적인 평가방법이 아직 활발하게 이루어지지 않았기 때문이다.

그러나 이 두 파라메타는 진단도구로서 매우 유의한 역할을 하며 유용한 평가 자료로서의 기능을 나타낼 수 있다. 위에서 언급하였듯이 PTP나 PTF는 지금까지 공기역학적 파라메타로 사용되었던 Ps나 MFR보다 성대의 병리적 상태를 더욱 민감하게 나타내어 주기 때문이다. 따라서 PTP와 PTF의 특성을 통해 진단도구로서의 유용성을 살피는 것은 필요하며, 이것은 임상자료로서의 기초를 마련해 줄 수 있다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 PTP와 PTF의 특성을 공기역학적인 도구를 이용하여 연구하고 또한 그것이 음성장애의 유무에 따라 어떤 영향을 미치는지 확인하여 보고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

- 첫째, 음성장애 유무에 따라 PTP는 차이가 있는가?
- 둘째, 음성장애 유무에 따라 PTF는 차이가 있는가?

2. 연구 방법

2.1 연구대상

본 연구는 음성장애인과 정상성인을 대상으로 하였으며 모두 20세 이상의 남녀성인이었다. 대상자 모두 시력이나 청력, 인지적 결함, 신체적 장애 등을 동반하지 않았으며 본 실험을 이해하여 참여가 가능한 자들로 선정하였다.

1) 음성장애인

음성장애인은 2012년 5월부터 2012년 8월까지 음성문제를 주소로, 아름다운 목소리 이비인후과 음성클리닉을 방문하여 이비인후과 전문의에 의해 후두스트로보스코피를 시행하고 음성언어치료사에 의해 음성정밀검사를 실시한 결과, 음성장애로 진단받은 32명(남 11, 여 21)을 대상으로 하였다. 또한 음성장애인을 진단명에 따라 분류하였으며, 성대폴립 19명(남 11, 여 8), 성대결절 13명(여 13)으로 하였다.

2) 정상성인

정상성인은 모두 음성질환이 없거나 감기에 걸리지 않은 자로 선정하였다. 정상성인은 20대 이상의 남녀 성인으로 총 50명(남 20, 여 30)을 대상으로 하였다. 음성장애인과 정상대조군 청자의 연령, 성별에 대한 정보는 <표 1>과 같다.

본 연구에서는 20~30대 정상 성인여성 15명을 대상으로 하였으며, 모두 대학에 재학 중인 학생으로 하였다. 피험자 모두 음성질환이 없거나 감기에 걸리지 않았으며, 흡연 경험이 없는 자로 선정하였다. 대상자의 정보는 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 정보
Table 1. Information of subjects

집단		성별	대상자 수(명)	평균연령(세)
음성장애군	성대결절	여	13	28.27±10.41
	성대폴립	남	11	28.44±9.65
		여	8	29.88±6.13
정상성인군		남	20	23.70±3.29
		여	30	22.50±2.06
합계			82	25.06±6.30

2.2 연구도구 및 절차

본 실험은 PAS(Phonatory aerodynamic system, model 6600, KAY electronics, Inc)를 사용하여 PTP와 PTF를 측정하였다.

1) PTP 측정

PAS 프로토콜 중 Voicing Efficiency를 이용하였다. 녹음 시에는 마스크를 착용한 뒤 빨대를 입에 3cm 정도 넣어 /papapapa/를 가능한 부드럽게 발성하도록 하였다. 녹음된 PTP 값 중 가운데 3개를 평균하여 비교하였다(그림 1).

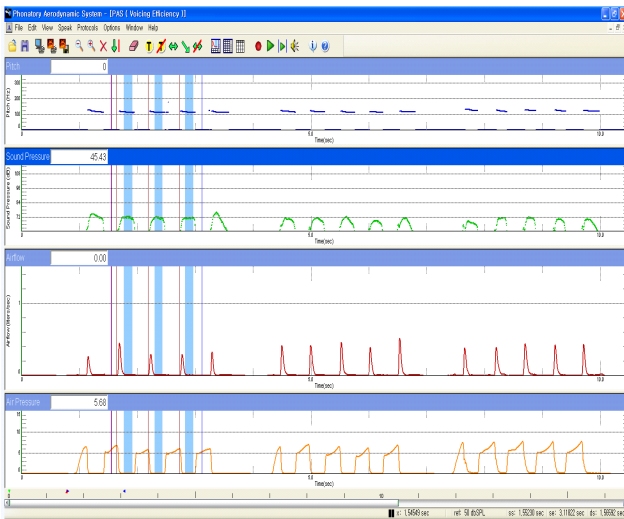


그림 1. PTP 측정방법
Figure 1. Method of measurement for PTP

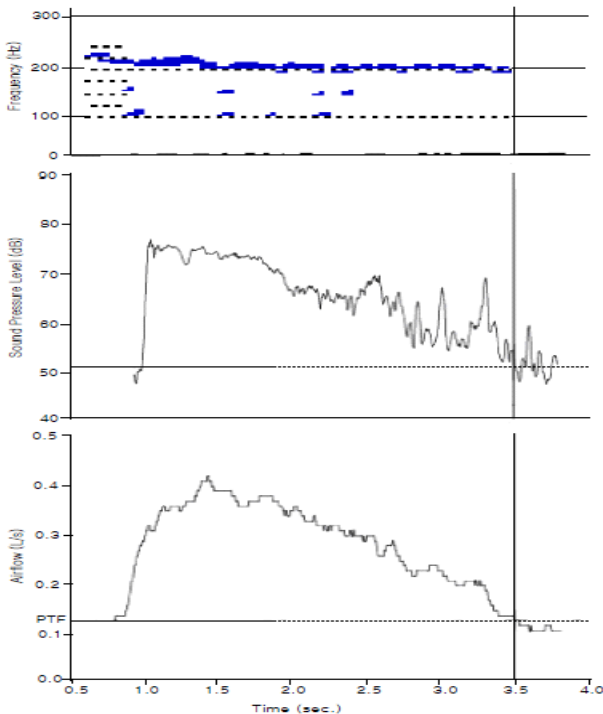


그림 2. PTF 측정기준
Figure 2. Standard of measurement for PTF

2) PTF 측정

PAS 프로토콜 중 Maximum Sustained Phonation을 이용하였으며, 매우 부드럽게 시작하여 점차 점차감소 하는 방법으로 /a/를 발성하도록 하였다. PTP와 마찬가지로 마스크를 착용한 뒤 빨대를 입에 3cm 정도 넣도록 하였으며, 3초에서 5초 정도 발성한 뒤 다시 5초 정도 쉬는 방식으로 총 10번을 발성하였다. 녹음한 PTF의 값은 발성이 멈추는 시점을 기준으로 측정하였는데 선행연구들은 대략 SPL이 50dB 정도를 발성의 중지 시점으로 정의하고 있다(Choi et al., 2010; Zhuang et al., 2009). 그리하여 본 연구에서도 50dB를 기준으로 하여(그림 2), 각각 10번의 기류량을 측정하였다(그림 3). 이 분석 값을 모두 평균하여 비교하였다.

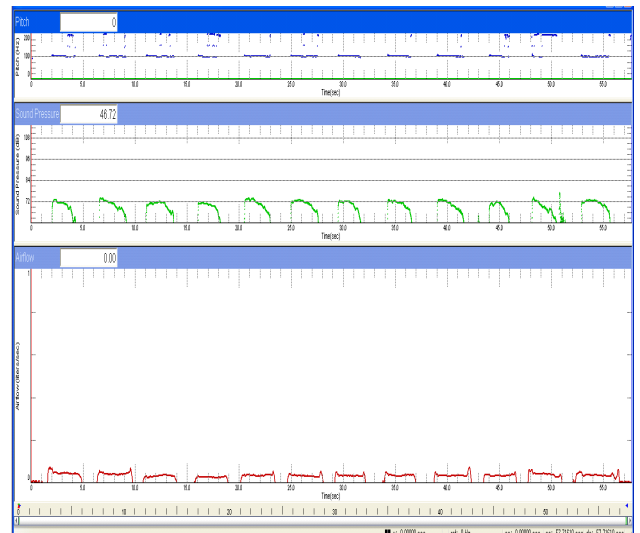


그림 3. PTF 측정방법
Figure 3. Method of measurement for PTF

2.3 결과처리

분석결과는 SPSS(Statistics package for social science, version 18.0, USA) 프로그램을 이용하여 통계적으로 처리하였다. 성별과 음성장애 유무에 따른 PTP와 PTF의 차이는 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)을 사용하여 분석하였다.

3. 연구 결과

3.1 음성장애 유무에 따른 PTP 차이 비교

정상성인과 음성장애인을 대상으로 PTP의 차이를 비교하기 위하여 기술통계를 실시한 결과는 <표 2>와 같다. 음성장애인의 경우 9.47±2.97cmH2O의 수치를 나타냈으며 정상성인의 수치인 5.12±1.33cmH2O보다 높게 나타났다.

두 집단의 수치가 성별 또는 음성장애 유무에 따라서 유의한 차이를 나타내는지 알아보기 위해 이원배치 분산분석을 실

시한 결과는 <표 3>과 같다. 분산분석 결과, 두 집단은 음성장애 유무에 따라서 유의한 차이를 나타내었다($F(1, 162)=76.113, p<.001$). 그러나 성별에 따른 차이는 보이지 않았으며, 상호작용 효과도 없었다.

표 2. 음성장애 유무에 따른 PTP의 기술통계량
Table 2. Measuring of PTP according to existence of voice disorder

		Mean±SD(cmH2O)	
		정상성인	음성장애인
PTP	남	5.38±1.36	9.80±2.65
	여	4.96±1.29	9.30±3.17
	합계	5.12±1.33	9.47±2.97

표 3. 음성장애 유무와 성별에 따른 PTP의 이원배치 분산분석 결과

Table 3. Results of two-way ANOVA on PTP according to existence of voice disorder and sex

	SS	df	MS	F
성별	3.819	1	3.819	0.839
장애유무	346.241	1	346.241	76.113***
성별×장애유무	0.027	1	0.027	0.006
오차	354.826	78	4.549	

*** $p < .001$

3.2 음성장애 유무에 따른 PTF 차이 비교

정상성인과 음성장애인을 대상으로 PTF의 차이를 비교하기 위하여 기술통계를 실시한 결과는 <표 4>와 같다. 음성장애인의 경우 $0.25±0.13 \ell/sec$ 의 수치를 나타냈으며 정상성인의 수치인 $0.06±0.05 \ell/sec$ 보다 높게 나타났다.

두 집단의 PTF의 수치가 성별 또는 음성장애 유무에 따라서 유의한 차이를 나타내는지 알아보기 위해 이원배치 분산분석을 실시한 결과는 <표 5>와 같다. 분산분석 결과, 두 집단

표 4. 음성장애 유무에 따른 PTF의 기술통계량
Table 4. Measuring of PTF according to existence of voice disorder

		Mean±SD(ℓ/sec)	
		정상성인	음성장애인
PTF	남	0.09±0.07	0.31±0.14
	여	0.05±0.04	0.22±0.11
	합계	0.06±0.05	0.25±0.13

은 성별에 따라 유의한 차이를 나타내었으며($F(1, 162)=11.371, p<.001$) 음성장애 유무에 따라서 유의한 차이를 나타내었다($F(1, 162)=98.596, p<.001$). 그러나 음성장애 유무에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

표 5. 음성장애 유무와 성별에 따른 PTF의 이원배치 분산분석 결과
Table 5. Results of two-way ANOVA on PTF according to voice disorder and sex

	SS	df	MS	F
성별	0.082	1	0.082	11.371**
장애유무	0.709	1	0.709	98.596***
성별×장애유무	0.012	1	0.012	1.612
오차	0.561	78	0.007	

** $p < .01$, *** $p < .001$

4. 논의

본 연구에서는 PTP와 PTF의 특성을 통해 진단도구로서의 유용성을 확인하고자 하였다. 두 파라메타를 통해 음성장애의 유무를 확인할 수 있었으며, 산출된 압력과 기류의 특성을 통해 성대의 상태를 예측할 수 있었다.

첫째, 정상성인과 음성장애인 간의 PTP의 비교를 살펴보면, PTP는 음성장애 유무에 따라 유의한 차이가 나타났다. 음성장애인의 경우 $9.47±2.97cmH2O$ 의 PTP 수치를 나타냈으며 정상성인의 수치인 $5.12±1.33cmH2O$ 보다 매우 높게 나타났다.

서장수 등(1999)은 Aerophone II으로 Ps를 구하였는데 성대 폴립 남성의 경우 $4.2±1.48cmH2O$, 정상남성은 $4.0±1.88cmH2O$, 성대폴립 여성의 경우 $3.9±1.12cmH2O$, 정상여성은 $3.5±1.20cmH2O$ 가 나타났다. 정상과 음성장애를 구분하여 비교하였을 때 병리환자의 수치가 더 높은 것은 본 연구의 결과와 맥락을 같이한다고 볼 수 있다. 그러나 서장수 등(1999)의 연구에서 사용한 Ps의 측정은 본 연구보다 병리성을 구분짓는 수치의 편차가 낮았으며, 본 연구에서 사용한 PTP 측정이 병리성을 구분하는데 더 확실한 결과를 보였다. 따라서 이것은 PTP의 측정이 Ps의 측정보다 성대의 병리적 문제를 진단하는데 더 유의함을 뒷받침하여 준다.

그러나 이러한 PTP의 결과와 함께 PTP 산출 시의 발생 능력도 함께 살펴볼 필요성이 있다. 왜냐하면 호흡의 경우 발생과 매우 상호의존적인 관계로 발생의 상태에 따라 다양한 호흡능력이 요구되기 때문이다. 따라서 PTP 산출 시의 발생능력을 발생 파라메타인 주파수와 강도를 통해 살펴보고자 한다 (표 6).

표 6. 정상성인과 음성장애인의 PTP 발생 시, 주파수와 강도

Table 6. In phonation time, frequency and intensity of subjects

		Mean±SD	
		주파수(Hz)	강도(dB)
음성장애인	남	130.52±18.06	82.31±5.31
	여	213.74±26.51	82.00±5.27
정상성인	남	116.16±11.60	71.90±3.86
	여	210.87±21.70	68.61±4.16

음성장애인은 정상성인보다 큰 주파수와 강도를 이용하여 PTP를 산출하는 특성을 보였다. 음성장애인의 경우 쉬운발성을 이용하여 최소한의 음성을 산출할 때에 정상성인 보다 큰 주파수와 강도가 요구되었다고 볼 수 있으며, 이러한 산출은 성대의 과형을 증가시켜 높은 PTP를 나타낸다고 설명할 수 있다. 또한 성대결절이나 성대폴립의 경우 발성 전의 성문 폭이 증가되는 것 또한 PTP가 증가됨을 뒷받침하여준다.

둘째, 정상성인과 음성장애인의 PTF를 살펴보고자 하였다. PTF도 PTP와 같이 음성장애 유무에 따라 유의한 차이를 나타내었으며 또한 PTF는 성별에 따라서도 유의한 차이를 나타내었다. 음성장애인의 경우 정상성인 보다 높은 PTF 수치를 나타내었으며 남성의 경우 여성에 비해 높은 PTF의 수치를 나타냈다.

Zhuang 등(2009)의 연구에서도 음성장애의 경우 정상성인보다 PTF의 수치가 더 높게 나타났으며, 남성의 경우 PTF의 수치가 더 높았다. 이것은 본 연구의 결과와 일치하는 특성을 나타냈으며, PTF 수치가 증가된 원인에 대하여 살펴볼 필요성을 제시한다.

음성장애인이 정상성인 보다 높은 PTF의 수치를 나타낸 것은 PTP와 마찬가지로 성대의 병리적 상태의 차이를 민감하게 반영하였기 때문이다. 성대의 병변으로 인해 성대의 폭이 증가되고 폭의 증가로 인해 공기의 밀도는 감소되어 PTF의 수치를 증가시키는 결과를 나타내었다고 설명할 수 있다.

또한 남성의 경우 여성에 비해 높은 PTF 수치를 나타낸 것은 먼저 남녀의 폐활량 차이로 연결 지어 살펴보고자 한다. 본 연구자는 실험에 참가한 피험자들의 폐활량 수치를 살펴보았다. 남성의 경우 여성보다 유의하게 높은 폐활량 수치를 나타내었다(표 7).

폐활량의 차이가 나는 원인은 남녀 간 폐의 용적차이로 인한데(Ferrand, 2007), 이로 인해 공급 에너지는 차이를 보이고 이는 산출에서도 유의한 차이를 나타내었다고 설명할 수 있다. 따라서 남성의 경우 여성보다 유의하게 높은 폐활량 수치를 가지고 있으며 이것은 남성의 PTF의 증가를 뒷받침하여 준다.

또한 성별에 따라 높은 PTF의 수치는 성대의 길이와 연관

지어 살펴볼 수 있다. 성대의 길이는 여성은 평균 1.5~2.0cm, 남성은 2.0~2.5cm로써 남성이 더 길다(고도홍, 2009). 이러한 차이는 음향학적 변화도 나타낼 뿐 아니라(고도홍, 2009), 공기역학적 변화도 나타낸다(Jiang et al., 2007). 즉 공기역학적 변화정도를 측정할 수 있는 PTF의 측정에서 남성의 수치가 여성보다 유의하게 높았던 것은 남녀 성대의 길이의 차이로 설명할 수 있겠다.

표 7. 남성과 여성의 폐활량 비교

Table 7. Comparison of the vital capacity between males and females

	Mean±SD(ℓ)		
	남성	여성	
폐활량	4.74±0.91	3.07±0.67	p<.001

5. 결론

본 연구에서는 정상성인과 음성장애인의 PTP와 PTF를 비교하고자 하였다. 이를 위해 성대결절 13명과 성대폴립 19명의 음성장애인과 정상성인 50명을 대상으로 하여 PAS를 통해 PTP와 PTF를 구하여 그 결과를 분석하였다.

성별과 음성장애 유무에 따른 PTP차이에서는 음성장애 유무에 따라 유의한 차이가 나타났다. 이는 음성장애인의 Ps의 수치가 높다고 보고한 서장수 등(1999)의 연구결과와 일치하였다. 그러나 PTF의 경우 Ps 보다 음성의 병리정도를 더 명확히 구분 짓는 민감한 파라메타임을 확인하였다.

성별과 음성장애 유무에 따른 PTF차이에서는 음성장애 유무에 따라 유의한 차이가 나타났다. 또한 성별에 따라서도 유의한 차이가 나타났다. 이는 음성장애인의 경우 PTF의 수치가 높으며, 남성의 경우 PTF의 수치가 높다고 보고한 Zhuang 등(2009)의 연구결과와 일치하였다. 음성장애인의 경우 성대의 상태가 반영되었음을 확인할 수 있었으며, 남성의 경우 높은 폐활량과 여성보다 긴 성대의 길이로 인함임을 예측할 수 있었다.

음성장애인보다 정상성인의 PTP와 PTF는 외국의 많은 선행연구에서도 제시하고 있다. 본 연구에서의 수치가 외국의 선행연구 수치보다 조금 높은 수치를 나타내는 특성을 보였다. 이러한 이유는 다양하게 예측하여 볼 수 있는데, 첫째로는 음성장애인의 장애정도의 심화를 생각하여 볼 수 있다. PTP와 PTF의 경우, 발성 전 성문 폭에 영향을 받는다. 병변의 크기와 무게는 성대의 운동의 동시성, 진폭의 크기, 성문 폐쇄양상, 성대점막의 파동을 반영하여(유재연 등, 1999), 성대의 상태를 민감하게 나타내어주는 PTP와 PTF에 영향을 미치게 되기 때문에 다음과 같은 결과를 나타낸 것으로 예측할 수도 있겠다.

둘째로 한국인의 음성사용의 특성이 반영될 수 있음도 예측할 수 있다. 이인애(2012)에 따르면, PAS를 이용한 측정에서 미국인을 대상으로 한 결과보다 한국인을 대상으로 한 국내의 결과가 Ps이 높고 MFR이 적은 특성을 나타내었음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 개인이나 집단의 특성에 따라 호흡능력은 차이를 보일 수 있다고 하였으며, 본 연구에서 나타난 높은 수치의 결과도 이러한 집단별 차이로 인함임을 예측하여 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서 나타난 PTP와 PTF의 수치가 높음은 이러한 환자의 장애정도의 심각성, 지역적 특성, 개인적 특성이 반영됨을 시사 할 수 있으며, 후속연구에서도 이러한 다양한 특성을 고려할 필요성을 제안한다.

또한 본 연구에서는 음성장애인의 경우 성대폴립과 성대결절 환자만을 대상으로 하여 다양한 음성장애군의 PTP와 PTF의 특징을 살펴보는지는 못하였다. 그리하여 후속연구에서는 음성장애군을 더 다양하게 하여 음성장애의 특징이 PTP와 PTF에 어떻게 반영되는지 살펴보기를 제안한다.

마지막으로 PTP와 PTF는 성대의 상태에 따라 매우 민감하게 반응하는 측정방법이므로 신체와 환경의 다양한 변화가 성대의 상태에 어떤 영향을 미치는지 살펴볼 때 매우 도움이 될 수 있다. 즉 성대의 두께, 성대의 점성, 점막과형의 속도, 발성 전 성문의 폭, 성대의 길이, 공기흐름의 밀도 등이 신체와 환경의 다양한 특성에 따라 어떻게 변화하며 또한 PTP와 PTF에 어떻게 반영되는지 살펴볼 필요성이 있겠다.

참고문헌

- Hwang, Y. J., Yu, J. Y., Jeong, O. R. (2007). *Voice and Voice Therapy*, Seoul: Sigmappress.
(황영진, 유재연, 정옥란 (2007). *음성과 음성치료*. 서울: 시그마프레스.)
- Stepp, C. E., Heaton, J. T., Stadelman-Cohen, T. K., Braden, M. N., Jetté, M. E., & Hillman R. E. (2011). Characteristics of phonatory function in singers and non singers with vocal fold nodules. *Journal of Voice*, Vol. 25, No. 6, 714-724.
- Hertegård, S., Gauffin, J., & Lindestad, P. A. (1995). A Comparison of subglottal and intraoral pressure measurements during phonation. *Journal of Voice*, Vol. 9, No. 2, 149-155.
- 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. *Laryngoscope*, Vol. 119, No. 4, 811-815.
- Zheng, Y. Q., Zhang, B. R., Su, W. Y., Gong, J, Yuan, M. Q., Ding, Y. L., & Rao, S. Q. (2012). Laryngeal aerodynamic analysis in assisting with the diagnosis of muscle tension dysphonia. *Journal of Voice*, Vol. 26, No. 2, 177-181.
- Titze, I. R. (1989). On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 85, No. 2, 901-906.
- Titze, I. R. (1992). Phonation threshold pressure: A missing link in glottal aerodynamics. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 91, No. 5, 2926-2935.
- Titze, I. R. (1992). Vocal efficiency. *Journal of Voice*, Vol. 6, No. 2, 135-138.
- Jiang, J. J., & Chao Tao. (2007). The minimum glottal airflow to initiate vocal fold oscillation. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 121, No. 5, 2873-2881.
- Rieves, A. L., Michael, B. S., Regner, F., & Jiang, J. J. (2009). Phonation threshold pressure estimation using electroglottography in an airflow redirection system. *Laryngoscope*, Vol. 119, No. 12, 2378-2383.
- Chan, R. W., Titze, I. R., & Titze, M. R. (1997). Further studies of phonation threshold pressure in a physical model of the vocal mucosa. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 101, No. 6, 3722-3727.
- Titze, I. R. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 83, No. 4, 1536-1552.
- Jiang, J. J., Regner, M. F., Tao, C., & Pauls, S. (2008). Phonation threshold flow in elongated excised larynges. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, Vol. 117, No. 7, 548-553.
- 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*, Vol. 2, No. 3, 157-164.
- Suh, J. S., Song, S. Y., Chung, Y. S., Kim, J. S., Chi, D. H., & Lee, M. K. (1999). Aerodynamic study in normal Korean and patients with vocal polyp. *The journal of the Korean society of Logopedics and phoniatrics*, Vol. 10, No. 1, 5-11.
(서장수, 송시연, 정유선, 김정수, 지덕환, 이무경 (1999). 정상인과 성대용종환자에서의 공기역학적검사. *대한음성학회지* 10권 1호, 5-11.)
- Ferrand, C. T. (2007). *Speech science: an integrated approach to theory and clinical practice (2nd ed.)*, Boston: Allyn & Bacon
- Ko, D. H. (2009). *Anatomy and physiology of speech organs*, Seoul: Sohwa.
(고도홍 (2009). *언어기관의 해부와 생리*. 서울: 소화.)
- Yu, J. Y., Lee, M. K., & Jeong, O. R. (1999). Acoustic analysis of voice of the vocal nodules and vocal polyps patients.

Journal of Speech-Language & Hearing Disorders, Vol. 8, No. 1, 87-96.

(유재연, 이무경, 정옥란 (1999). 성대결절과 성대용종 환자의 음성에 대한 음향학적 분석. 언어치료연구 8권 1호, 87-96.)

Lee, I. A., Lee, H. E., & Hwang, Y. J. (2012). A study of breath competence depending on utterance condition by healthy speakers: a preliminary study. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 4, No. 2, 115-120.

(이인애, 이해은, 황영진 (2012). 발화조건에 따른 정상 성인의 호흡 능력 차이 비교 : 예비연구. 말소리와 음성과학 4권 2호, 115-120.)

• **이인애 (Lee, Inae), 제1저자**

루터대학교 루터대학원 언어치료학과
용인시 기흥구 상갈동 17번지
Tel: 031-679-2351
Email: ohdlsdo123@hanmail.net
관심분야: 음성장애, 신경언어장애

• **윤주원 (Yun, Joowon), 제2저자**

아름다운 목소리 이비인후과 음성치료사
서울시 강남구 신사동 575번지 극동스포츠빌딩 B동 8층
Tel: 02-516-1150
Email: voiceslp@naver.com
관심분야: 음성장애

• **황영진 (Hwang, Youngjin), 교신저자**

루터대학교 언어치료학과 교수
용인시 기흥구 상갈동 17번지
Tel: 031-679-2351
Email: yjhwang@ltu.ac.kr
관심분야: 음성장애, 신경언어장애