ISSN 2005-8063
2016. 9. 30.
Vol.8 No.3
pp. 39-49

말소리와 음성과학

Phonetics and Speech Sciences

한국음성학회지

http://dx.doi.org/10.13064/KSSS.2016.8.3.039

성대용종 환자의 후두미세수술 전후 공기역학 변수 변화

Aerodynamic features in patients with vocal polyps before & after laryngomicrosurgery

강 영 애 · 장 재 원 · 구 본 석*

Kang, Young Ae · Chang, Jae Won · Koo, Bon Seok

Abstract

The present study examined the change of aerodynamic features after laryngomicrosurgery in patients with vocal polyps. Aerodynamic evaluation was performed in thirty-nine patients (15 males and 24 females) one week before surgery and four weeks after surgery. Evaluation protocols of vital capacity, maximum sustained phonation(MXPH), and voicing efficiency(VOFT) were used to collect 29 phonatory aerodynamic measures, requiring voice with a comfortable pitch and loudness. Statistically significant changes were found for phonation time and airflow values in the MXPH protocol, while changes were also found for airflow values, subglottal pressure values and acoustic resistance values in the VOFT protocol. Although phonation time was increased in both male and female patients, gender-dependent changes were found in airflow measurements. Men's phonation time increased with no difference in airflow rate, but women's phonation time increased with decreased airflow rate and lower subglottal pressure. The changes of aerodynamic features may be affected by women's self-perceived change for vocal attitude, which was reducing sense of vocal effort after surgery.

Keywords: aerodynamic evaluation, laryngomicrosurgery, vocal polyps, voice

1. 서론

발성은 기본적으로 폐와 호흡근의 작용에 의한 공기 흐름으로 생성된다. 이 공기 흐름은 성대를 움직여 소리를 만드는 기류 에너지이며, 인두, 구강, 비강 등의 성도(vocal tract)을 거치면서 증폭 및 감쇄를 거치는 소리 에너지가 되어 최종적으로 음성이 된다. 기류 에너지의 요소인 공기 흐름과 압력 정보는 정상 발성기전의 원동력이 되는 동시에 병리적 음성의 물리적 에너지 특성을 이해하기 위해서 꼭 필요하다(권택균 외, 2008).

성대용종, 성대결절, 부종 등 성대점막의 병변을 갖거나 성대마비 같은 성대 운동성에 문제를 보이는 환자들은 병변을 제거하거나 성대 운동성을 높이는 의료 처치로 후두미세수술(laryngomicrosurgery, 이하 LMS)을 받는다. 후두미세수술 전 성대 진동은 병변으로 인해 성대 사이가 불완전 내전되어 공기 흐름의 방해 및 공기량 손실로 인해 음질(voice quality) 저하를 보이지만 후두미세수술 후에는 성대진동을 방해하는 병변이 없어져 성대의 완전 내전으로 공기흐름은 정상적으로 이루어지게 되므로 공기 에너지가 음향 에너지로 효율적으로 전환되어 음질이 향상되고 음성효율이 높아진다.

이런 공기역학적 특성은 발성 시 여러 해부-생리적 특징(호흡, 산출 압력, 성대 크기 및 접촉률, 양상, 시간, 성도 크기, 모양 등)의 영향을 받기 때문에(김재옥, 2014), 전반적인 음성 산출 양상을 보여주는 공기역학 단일 변수만을 제시하는 것보다 상관이 되는 변수들은 모두 제시해주는 것이 바람직하다.

* 충남대학교병원, bskoo@cnuh.co.kr, 교신저자

Received 4 July 2016; Revised 8 August 2016; Accepted 16 August 2016

공기역학 검사는 음성평가의 한 방법으로, 단일 측정치 변수로는 폐용적, 성문하압, 호기류량, 최대연장발성지속시간 등이 있으며, 단일 측정치들의 혼합 측정치로는 성문저항, 음성효율, 성문저항 등의 변수가 있다. 공기역학 검사 장비로는 Phonatory Aerodynamic System(PAS model 6600, KayPentax, USA)이 가장 널리 사용되고 있으며, 국외연구(Zraick *et al.*, 2011; Weinrich *et al.*, 2004)와 국내연구(김재옥, 2014)에서 규준값(normative data)이 제시 되었다. 하지만 Zraick *et al.*(2011) 연구에서 여성군의 호기량(expiratory volume, FVC)이 평균(표준편차) 2.71(0.98) Liters를 보인 반면, 김재옥(2014) 연구에서는 평균(표준편차) 1.27(0.85) Liters를 보여 두 연구 간 수치차이가 심하고, 이다혜 외(2015) 연구에서 성대용종군의 수술 전후 최대연장발성시간(phonation time, PHOT) 변수만 통계적으로 차이를 보고하였으나, 이는 임상에서 관찰되는 소견과 달라 본 연구에서는 성대용종 환자를 대상으로 후두미세수술 전후의 공기역학 변수를 조사하여 후두미세수술이 공기역학적 변수에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

2014년 4월부터 2016년 4월까지 대전시 충남대학교병원에 내원하여 이비인후과 전문의로부터 비강 내시경(Olympus, OTV S7Pro, USA)으로 성대병변을 진단 받고 후두미세수술을 받은 환자를 대상으로, 수술 전 1주일(Pre)과 수술 후 1개월(Post)에 공기역학 검사를 실시하였다.

대상자 중 호흡기 병력자, 우울증 약 복용자, 보청기 착용자 및 청력 감소자, 이전 LMS 받은자, 임산부, 갑상선 수술 및 방사선 치료 병력자, 인지 저하자 및 음성치료 받은 자는 제외시켰다. 모집인원은 59명으로, 성대용종(vocal polyps, 39명), 성대결절(vocal nodules, 2명), 낭종(cyst, 4명), 부종(edema, 2명), 백반증(leukoplakia, 11명), 성대마비(palsy, 1명) 이었고, 이중 성대용종 39명(남:여, 15: 24)을 최종 선택하였다. 39명의 평균연령(년)은 47.6±12.2(남 49.0±12.2, 여 46.7±12.3), 연령범위는 19~76세이다.

대상자들의 연령대가 넓은 관계로 Zraick *et al.*(2012) 처럼 18~39세, 40~59세, 60~89세 연령대로 나누어 빈도를 살펴보면, 남성군은 각각 4명, 8명, 3명이고, 여성군은 각각 7명, 15명, 2명으로 구성되었다. 병변위치는 일측 34명, 양측 5명이었고, 수술은 숙련된 이비인후과 전문의 1명에 의해서 이루어졌으며, 공기역학 검사도 숙련된 음성언어치료사 (1급) 1명에 의해서 일관되게 이루어졌다. 모든 환자는 수술 전 사전교육으로 수술 직후 절대적 음성휴식 일주일 권고와 올바른 기침법, 물 마시기 중요성에 대한 음성치료사의 설명을 들었고, 설명 방식과 내용의 통일성을 위해 교육지를 배부하였다. 모든 LMS는 상피조직의 손실을 최대한 줄이면서 겸자로 종괴를 잡고 미세가위 혹은 미세수술 칼로 병변 부위를 제거하는 방식으로 이루어졌다. 대상자 정보는 <표 1>에 정리하였다.

표 1. 대상자 정보
Table 1. Subjects information

	Total	Male	Female
Number	39	15	24
Diagnosis		vocal polyps (all)	
bilateral	5	0	5
unilateral	34	15	19
Age (y)			
mean±SD	47.6±12.2	49.0±12.2	46.7±12.3
range	19~76	29~72	19~76
18~30 y	11	4	7
40~59 y	23	8	15
60~89 y	5	3	2

2.2. 연구방법

공기역학적 검사는 PAS model 660를 사용하여, 임상에서 기본적으로 평가되는 세 과제, (1) 호흡-발성에 활용될 수 있는 잠재된 최대한의 공기량을 측정하는 폐활량 과제(vital capacity, VTCP), (2) 모음/아/를 최대한 지속하여 공기흐름, 음압, 음도를 측정하는 최대모음연장발성 과제(maximum sustained phonation, MXPH), (3) 파열음 /pα/를 연속 발성하여 발성효율역치를 확인하는 과제(voicing efficiency threshold, VOFT)를 녹음-분석하였다. 검사의 신뢰성을 높이기 위해 4시간마다 1.0 Liter syringe를 사용하여 ± 1% 가 넘지 않도록 보정작업을 실시하였고, 모든 과제에서 환자의 평상시 편안한 발성을 요구함을 밝혔으며, 검사자의 1회 설명과 시연, 환자의 1회 연습 이후 녹음을 진행하였다. 또한 검사용 마스크가 안면부에 완전 밀착되도록 모든 과제 시 검사자가 마스크 상단을 손으로 눌러주어 공기가 샐 틈이 발생하지 않도록 하였다. VOFT 과제에서는 한숨에 /pa/ 발성 연속 7번을 유도하였고 이중 중간 5개를 선택하여 분석하였다. 발성이 일정한 간격이 되도록, 발성하는 동안 1초에 1번꼴로 환자 등을 손으로 가볍게 두들겨주는 신호를 주었다. 이해를 돕기 위해 VOFT 과제의 분석구간을 <그림 1>에 제시하였다.

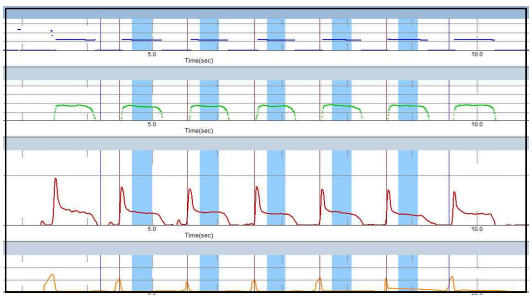

그림 1. 발성효율 과제 분석구간 예시
Figure 1. Selection part for analysis in the VOFT protocol

총 3 과제(VTCP, MXPH, VOEF)의 변수목록을 정리하면 다음과 같다.

제 1 폐활량 과제 (VTCP) 의 변수는 총 3 개 변수이다.

1) FET100 (Expiratory airflow duration): 호기지속시간 (s)
2) PEF (Peak expiratory airflow) : 최고호기류율 (Liters/s)
3) FVC (Expiratory volume) : 호기량 (Liters)

제 2 최대모음연장발성 과제 (MXPH)의 변수는 총 10개로 다음과 같다.

1) MAXDB (Maximum sound pressure level) : 최대음압 (dB)
2) MINDB (Minimum sound pressure level) : 최소음압 (dB)
3) MEADB (Mean sound pressure level) : 평균음압 (dB)
4) RANDB (Sound pressure level range) : 음압범위 (dB)
5) PHODB (Mean sound pressure level during voicing) : 발성시 평균음압 (dB)
6) MEAP (Mean pitch) : 평균음도 (Hz)
7) PHOT (Phonation time) : 최대연장발성시간 (s)
8) PEF (Peak expiratory airflow) : 최고호기류율 (Liters/s)
9) MEAF (Mean expiratory airflow) : 평균호기류율 (Liters/s)
10) FVC (Expiratory volume) : 호기량 (Liters)

제 3 발성효율 과제 (VOFT)의 변수는 총 16개로 다음과 같다.

1) MAXDB (Maximum sound pressure level) : 최대음압 (dB)
2) MEADB (Mean sound pressure level) : 평균음압 (dB)
3) PHODB (Mean sound pressure level during voicing) : 발성시 평균음압 (dB)
4) MEAP (Mean pitch) : 평균음도 (Hz)
5) RANP (Pitch range) : 음도범위 (Hz)
6) FET100 (Expiratory airflow duration) : 호기류지속시간 (s)
7) PAP (Peak air pressure) : 최고성문하압 (cmH_20)
8) MPAP (Mean peak air pressure) : 평균성문하압 (cmH_20)
9) PEF (Peak expiratory airflow) : 최고 호기류율 (Liters/s)
10) TARF (Target airflow) : 표적 호기류율 (Liters/s)
11) FVC (Expiratory volume) : 호기량 (Liters)
12) MEPHO (Mean airflow during voicing) : 발성시 평균호기류율 (Liters/s)
13) APOW (Aerodynamic power) : 공기역학력 (watts)
14) ARES (Aerodynamic resistance) : 공기역학저항 (cmH_20, Liters/s)
15) AOHM (Acoustic Ohms) : 음향저항 (dyne sec/cm^5)
16) AEFF (Aerodynamic efficiency) : 공기역학효율 (p.p.m., parts of million)

본 변수들은 단일 측정치(음압, 음도, 성문하압, 기류 측정치)와 두 개 이상의 단일 측정치들의 연합공식에 의해서 산출되는 측정치들로 구성되어있으며(최성희 외, 2014; 김재옥, 2013), 아래는 연합변수 공식이다(<수식 1-4> 참조).

AEFF의 acoustic power는 $1.4137*10^{-7}*10^{MEADB/10}$ 정의되며, MEADB는 TARF를 기반으로 추출한다(KayPENTAX Corp, 2010).

$$APOW = MPAP \times TARF \times 0.09806 \quad (1)$$

$$ARES = \frac{MPAP}{TARF} \times 0.9806 \quad (2)$$

$$AOHM = \frac{MPAP}{TARF} \quad (3)$$

$$AEFF = \frac{acousticpower, watts}{aerodynamicpower, watts} \quad (4)$$

2.3. 통계분석

호흡량과 음도, 강도는 남녀의 신체차이를 반영하므로 남녀 분리하여 통계적용 하였고, 수술 전후 공기역학 변수의 변화를 알아보기 위해 윌콕스 부호순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test)을 SPSS 19(SPSS Inc, Chicago, IL)로 실시하였다.

3. 결과

3.1. 제 1 폐활량(VCTP) 과제

남녀 각각에서 윌콕스 부호순위 검정 결과 유의미한 차이를 보이는 변수는 없었다(<부록 1> 참조). 고로 수술 전후 세 변수의 중위수 차이는 없었다. FVC(폐활량)은 남성 술전 3.75 Liters 술후 3.81 Liters, 여성 술전 2.66 Liters, 술후 2.53 Liters로 조금의 수치 변화를 보였지만, 이는 통계적으로 의미있는 차이는 아니었다(<그림 2> 참조).

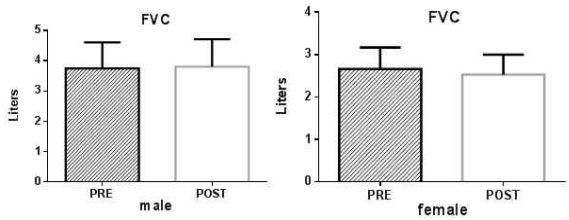

그림 2. 수술 전후 남녀 폐활량(FVC) 평균
Figure 2. Mean of FVC before and after surgery each gender

3.2. 제 2 최대모음연장발성(MXPH) 과제

남성군에서는 PHOT (최대연장발성길이) 변수가 통계적으로 차이를 보였고 (p=0.047), 수술 전 (17.73 s)보다 수술 후 (22.28 s)에서 중위수가 상승하여 수술이후 발성길이가 증가하였다.

여성군에서는 PHOT(최대연장발성길이) (p=0.032), PEF(최고호기류율) (p=0.005), MEAF(평균호기류율) (p=0.021) 변수가 통계적으로 차이를 보였다. PHOT는 수술 전 (11.72 s)보다 수술 후 (13.30 s)에서 중위수가 상승한 반면, PEF는 수술 전(0.32 Liters/s)보다 수술 후 (0.23 Liters/s) 감소했고, MEAF도 수술 전 (0.20 Liters/s)보다 수술 후 (0.14 Liters/s)에 감소했다(<그림 3>, <그림 4>. 참조).

또한, 통계적 유의성은 없었지만, MEADB(평균음압)는 남녀 모두 수술 전후 편차가 크지 않았으며, MEAP(평균음도) 남성군은 수술 후 하강했고, 여성군은 상승하였다(<부록 2-1, 2-2> 참조).

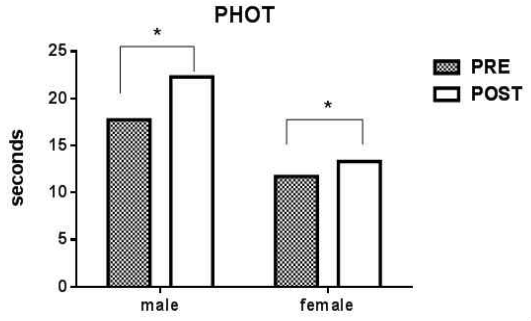

그림 3. 수술 전후 남녀 발성길이 (PHOT) 중위수
Figure 3. Median of PHOT before and after surgery each gender

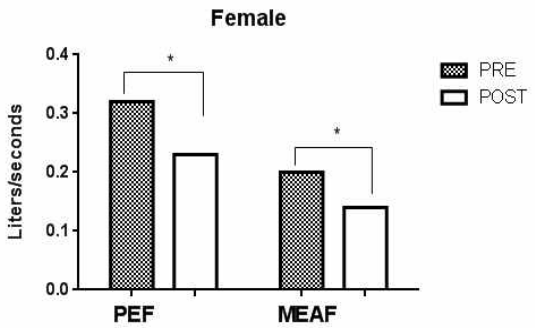

그림 4. 수술 전후 여성군의 최고호기류율 (PEF), 평균 호기류율 (MEAF) 중위수
Figure 4. Median of PEF and MEAF in female group before and after surgery

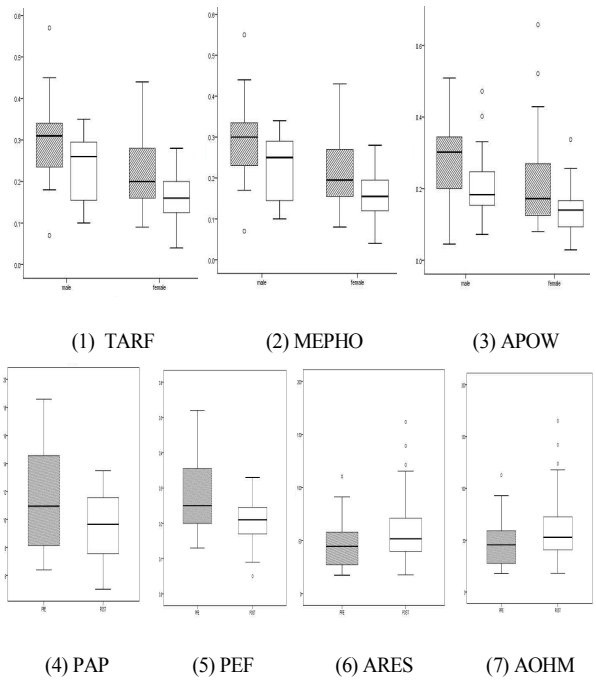

Abb.: TARF, Target airflow ; MEPHO, Mean airflow during voicing ; APOW, Aerodynamic power ; PAP, Peak air pressure ; PEF, Peak expiratory airflow ; AOHM, Aerodynamic efficiency

그림 5. VOFT과제의 유의미한 변수의 술전후 중위수 변화 ((1)~(3) :남녀군, (4)~(7): 여성군만, 술전; 빗살 상자, 술후: 빈상자)
Figure 5. Significant measurements in VOFT protocol before and after surgery ((1)~(3) : each gender, (4)~(7): only in female group, slash box for pre-LMS, empty box for post-LMS)

3.3. 제 3 발성효율 (VOFT) 과제

남성군에서 TARF(표적호기류율) (p=0.025), MEPHO(발성시 평균호기류율) (p=0.025), APOW(공기역학력) (p=0.015) 변수가 통계적으로 차이를 보였다. 수술 전 TARF (0.31 Liters/s) 보다 수술 후 (0.26 Liters/s)에 감소했고, MEPH도 수술 전 (0.30 Liters/s) 보다 수술 후 (0.25 Liters/s)에 감소했으며, APOW도 수술 전 (0.30 watts) 보다 수술 후 (0.18 watts) 감소를 보여, 세 변수 모두 수술 전에 비해서 수술 후에서 중위수 값이 감소하였다.

여성군에서 PAP(최고성문하압) (p=0.007), PEF(최고호기류율) (P=0.001), TARF(표적호기류율) (p=0.001), MEPHO(발성시 평균호기류율) (p=0.001), APOW(공기역학력) (p=0.004), ARES (공기역학저항) (p=0.034), AOHM(음향저항) (p=0.034) 변수가 통계적으로 차이를 보였으며, PAP, PEF, TARF, MEPHO, APOW 변수는 수술 전에 비해서 수술 후 중위수가 감소한 반면, ARES, AOHM변수는 수술 후 중위수 값이 증가하였다(<부록 3-1, 3-2> 참조). 유의한 변수의 수술 전후 중위수 변화를 <그림 5>에 도식하였다.

4. 논의 및 결론

본 연구는 성대용종 환자를 대상으로 후두미세수술 전후의 공기역학 변수 변화를 살펴본 것으로 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 제 1 폐활량 과제에서 남녀군 모두 수술 전후의 차이를 보인 변수가 없었다. 이는 수술 후 1개월 재검사시에 수술시 전신마취 부작용인 호흡조절의 부적응 상태의 영향이 없음을 의미하며 수술 전후 환자들의 호흡량 및 조절 능력의 변화가 없기에 다음에 논할 과제 2, 3의 공기역학 검사의 신뢰성을 뒷받침해 주는 결과로도 해석할 수 있다.

둘째, 제 2 최대모음연장발성(MXPH) 과제에서 남성군은 최대연장발성길이(PHOT) 만 수술 후 증가 한 반면, 여성군은 최대연장발성길이 이외 최고호기류율(PEF), 평균호기류율(MEAF)도 수술 전후에 통계적으로 차이를 보였다. 여성군의 최대연장발성길이는 수술 후 증가하였고, 최고호기류율과 평균호기류율은 감소하였다. 이는 수술 후 남성군은 공기량의 변동 없이 단순히 발성길이만 증가시킨 반면, 여성군은 공기량조절이 동반된 발성길이 증가라고 해석 할 수 있다. 여성군의 수술 후 최고호기류율이 감소했다는 것은 순간적으로 나오는 첫 발성의 압력이 줄었다는 것을 의미한다. 통계적으로 유의미하지 않았지만, 제 2과제의 최대음압(MAXDB)이 수술 전 87.58 dB에서 수

술 후 85.75 dB로 감소했다는 것은 앞선 해석에 타당성을 뒷받침해준다. 결국 수술 이후 남녀의 발성 태도 차이가 존재한다. 즉, 남성은 성대용종 제거로 손실되는 공기량이 줄었기 때문에 발성길이를 증가시킬 수 있었지만 여성은 발성 시작을 조심스럽게 시작하여 발성 최고압력의 하강을 보였고, 또한 발성길이 전체에 전반적인 호기량도 적게 배출하여 결국 호흡량 조절을 동반한 발성길이를 증가시켰다는 것이다.

이다혜 등(2015)에서는 MXPH 과제에서 최대연장발성길이(PHOT) 변수의 차이만 보고하였고, Ju *et al.*(2013)에서는 수술 전후 평균호기류율과 성문하압이 통계적으로 유의미하게 감소하였고, 수술군의 최대발성지속시간은 감소 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없으나, 음성치료군에서 최대연장발성지속시간이 통계적으로 유의미하게 증가하였다고 보고하였다. 이 두 선행연구에서는 남녀를 구분하지 않고 공기역학 변수의 변화만을 확인하여 상반된 결과를 보고 하였지만, 본 연구에서는 성별에 따른 수술 이후 공기역학적 미세한 변화를 살펴보았기 때문에 조금 더 심도 있는 접근이 가능했다고 생각한다.

셋째, 제 3 발성효율(VOFT) 과제에서, 남성군과 여성군 모두 표적 호기류율(TARF), 발성 시 평균호기류율(MEPHO), 공기역학력(APOW)이 수술 후 감소했고, 또한 여성군에서는 최고성문하압(PAP), 최고호기류율(PEF)도 수술 후 감소한 반면 공기역학 저항(ARES), 음향저항(AOHM)은 수술 후 증가하였다. 후자의 두 변수 변화는 남성군에서도 증가하였으나 통계적인 유의성은 없었다.

질병군별 음향변수 변별 연구(Dastolfo *et al.* 2016)에서 성대용종 및 결절이 포함되는 성대병변군이 술후 연속발화(all-voiced sentence)에서 공기량(airflow) 감소와 공기역학저항 증가를 보였으며, 본 연구 결과와 일치한다. 양측 성대결절군과 일측 성대병변군 간의 비교 연구(Rosen *et al.*, 2009)에서 양측병변 환자보다 일측이지만 광범위한 병변을 가진 환자에서 높은 성문하압이 형성되고 음성효율이 감소되었고, 이는 병변 크기가 성대진동의 왜곡과 후두 밸빙의 효율에 영향을 주기 때문으로 파악했다. 본 연구에서는 양측 5사례, 일측 34사례로, 일측병변이 더 많았고, 일측병변 중 남성 15명, 여성 19명으로 빈도가 유사하였지만, 술후 여성군에서만 성문하압 감소가 통계적으로 의미 있었다. 이런 결과원인으로 남녀 간 병변의 크기 차이가 존재할 수 있다는 여지를 주지만 성대병변의 크기를 정량화하는데 한계가 있고 본 연구에서는 성대병변의 크기 정보가 누락되었기에 남녀 간의 병변크기와 성문하압 간의 관계는 추후 연구과제로 남긴다.

MXPH 과제의 평균호기류율(MEAF)과 VOFT과제의 표적호기류율(TARF)의 중위수는 수술 후에 감소하였고, 수술 전후 모든 상황에서 남성이 여성보다 높았다. 이는 폐활량, 폐의 탄력성, 성대입구의 크기 등과 관련된 호흡계와 후두계의 성별 간 차이로 인한 호기류율이 남성이 여성보다 높다는 선행연구와도 일치한다(김재옥, 2014).

VOFT 과제에서 특히 주목할 변수는 음향 에너지를 공기역학 에너지로 나눈 공기역학 효율성(AEFF) 변수로, 음향 에너지에는 음성강도, 마이크와의 거리가 관여되고 공기역학 에너지에는 성문하압과 평균 호기류율 변수가 관여하므로 모든 변수들이 총체적으로 영향을 받는 변수라 할 수 있다. 적은 성문하압으로 높은 음압을 형성할 때 음성효율이 높아진다. 따라서 후두긴장성 발성과 고음, 큰 발성에서 높은 음성효율이 산출된다. 본 연구에서는 수술 후 남녀 모든 군에서 본 변수가 상승하였는데, 이는 수술로 병변이 제거되어 성대의 불완전 내전이 완전 내전되면서 기식성(breathiness)이 줄었고, 발성 시 공기량이 줄어 전반적인 공기역학력(APOW)이 낮아진 동시에 음성강도 및 음도 상승으로 인하여 음향 에너지가 높아져 결과적으로 음성효율성이 높아진 것으로 생각한다.

본 연구는 음성장애 환자를 대상으로 수술 전후 공기역학 변수를 확인한 것이기에 수술 이후 어느 정도 정상 수치로 회복하는지를 알아보기 위하여 정상군 데이터를 보고한 선행연구(Zraick *et al.*, 2013; 김재옥, 2014)와 비교해보면, 본 연구의 남성군 공기역학효율(AEFF) 술전(중앙치/평균) 90.21/180.93 p.p.m., 술후(중앙치/평균) 142.40/210.05 p.p.m., 여성군 술전(중앙치/평균) 103.68/158.33 p.p.m., 술후(중앙치/평균) 154.99/280.15 p.p.m.로, 김재옥(2014)에서 제시한 정상인 18~49세의 남성군(중앙치/평균) 184.74/247.83 p.p.m., 여성군(중앙치/평균) 362.70/787.77 p.p.m.와 비교해 볼 때 낮은 수치이다. 또한, Zraick *et al.*(2013)은 정상인 18-39세, 40-59세, 60-89세로 나누어 남성 평균 45.81 p.p.m., 60.80 p.p.m., 71.84 p.p.m., 여성 평균 103.66 p.p.m., 59.84 p.p.m., 97.94 p.p.m.를 제시하였고 이와 비교해 볼 때, 본 연구결과는 높은 수치를 보인다. Zraick *et al.*(2013)는 연령통제가 이루어졌고 평균값만 제시한 반면, 본 연구는 19~79세까지 넓은 연령대를 포함하고 환자 대상연구이므로, 두 연구를 직접 비교하는 것은 다소 무리가 있다. 하지만 본 연구결과 (술후)는 김재옥(2014) 연구결과 보다는 낮았고, Zraick *et al.*(2013) 연구결과보다는 높으며, 술후 남성군은 김재옥(2014) 수치에 근접하지만, 여성군은 Zraick *et al.*(2013) 결과에 더 근접했다.

정상인 자료와의 비교한 결과 국내연구보다 국외연구에 근접한 결과를 보인 원인으로, 공기역학 효율성에 영향을 주는 변수 호기량(FVC)과 표적호기류율(TRAF)를 언급하고자 한다. 김재옥(2014)에서는 여성군 호기량이 MXPH 과제에서는 중앙치 1.08 Liters, VOEF 과제에서는 0.05 Liters로 보고하면서 동양인이 인종적 차이로 인해 신체, 호흡계의 특징이 다르며 서양인의 호기량이 동양인에 비해 2배 높다고 주장하였는데, 본 연구의 MXPH 과제에서 여성군 술전 호기량 평균 2.21 Liters, 술후 2.10 Liters로, 이는 Zraick *et al.*(2013) 연구에서 제시한 MXPH 과제의 여성군 호기량 평균 2.54 Liters (40-59세), 1.91 Liters (60-89세)과 비슷한 결과를 보였다. 이는 동서양의 인종적 차이로 인한 호흡량 차이는 크지 않음을 알 수 있다.

또한, 본 연구의 여성군 표적호기류율(TARF) 술전(중앙치/평균) 0.20/0.22 Liters/s, 술후(중앙치/평균) 0.16/0.16 Liters/s를 보였고, 이는 김재옥(2014) 여성군 0.07 Liters/s(중앙치) 보다 Zraick et al.(2013) 여성군 평균 0.14 Liters/s(40-59세), 0.13 Liters/s (60-89세)와 더 유사함을 알 수 있다.

본 연구는 성대용종을 제거하는 후두미세수술 전후 공기역학 검사를 실시하였고, 수술 전후의 공기역학 변수의 변화를 살펴보았다. 수술 후 남성은 평균발성길이만 증가한 반면, 여성은 공기량을 줄이면서 발성길이를 증가시켜, 전반적인 발성을 작게 내도록 노력하는 경향 있음이 확인되었다. 이는 수술적 처치 이후 여성에서 발성 변화를 도모한 노력이 반영된 결과로 파악된다. 또한 국내 정상인 대상 연구와 비교한 결과, 여성의 호기량 부분은 다시 논의되어야 할 여지를 제시하였다.

참고문헌

Dastolfo, C., Gartner-Schmidt, J., Yu, L., Carner, O., & Gillespie, A. I. (2016). Aerodynamic outcomes of four common voice disorders: Moving toward disorder-specific assessment. *Journal of Voice*, 30(3), 301-307.

Kwon, T. K., & Lim, Y. S. (2008). Aerodynamic analysis of phonation. *Journal of Korean Society of Laryngology, Phoniatrics, and Logopedics*, 19(2), 85-88. (권택균·임윤성 (2008). 공기 역학 검사. *대한음성언어의학회지*, 19(2), 85-88.)

Kim, J. O. (2014). Korean adult normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600. *Phonetics and Speech Sciences*, 6(1), 105-117. (김재옥 (2014). KayPentax phonatory aerodynamic system 6600을 이용한 한국성인의 공기역학적 변수들의 정상치. *말소리와 음성과학*, 6(1), 105-117.)

Kim, J. O. (2013). Aerodynamic characteristics, vocal efficiency, and closed quotient differences according to fundamental frequency fixation. *Phonetics and Speech Sciences*, 5(1), 19-26. (김재옥 (2013). 음도 고정 유무에 따른 공기역학, 음성효율성 및 성대접촉률 차이. *말소리와 음성과학*, 5(1), 19-26.)

Lee, D. H., Kim, J. O., Oh, J. K., & Choi, H. S. (2015). Comparison of pre-operational phonatory aerodynamic parameters in vocal polyp and vocal cord palsy patients. *Journal of Korean Society of Laryngology, Phoniatrics, and Logopedics*, 26(2), 112-116. (이다혜·김재옥·오재국·최홍식(2015). 성대마비 및 성대용종 환자의 수술 전화 후의 공기역학적 변수 비교. *대한후두음성언어의학회지*, 26(2), 112-116.)

Choi, S. H. & Choi, C. H. (2014). The comparison of aerodynamic measures in Korean stop consonants based on phonation types. *Phonetics and Speech Sciences*, 6(4), 195-203. (최성희·최철희 (2014). 한국어 파열음의 발성 유형에 따른 공기역학 측정치 비교. *말소리와 음성과학*, 6(4), 195-203.)

Ju, Y. H., Jung, K. Y., Kwon, S. Y., Woo, J. S., Cho, J. G., Park, M. W., Park, E. H., & Baek, S. K. (2013). Effect of voice therapy after phonomicrosurgery for vocal polyps: a prospective, historically controlled, clinical study. *The Journal of Laryngology & Otology*, 127, 1134-1138.

KayPENTAX Corp. (2010). Instruction manual of Phonatory aerodynamic system (PAS) model 6600. Chapter 7, PAS options, thresholds, and measurements, 150-153.

Rosen, C. A., Lombard, L. E., & Murry, T. (2000). Acoustic, aerodynamic, and videostroboscopic features of bilateral vocal fold lesions. *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 109(9), 823-828.

Weinrich, B., Salz, B., & Hughes, M. (2004). Aerodynamic measurements: Normative data for children ages 6:0 to 10:11 years. *Journal of Voice*, 19(3), 326-339.

Zraick, R. I., Smith-Olinde, L., & Shotts, L. L. (2012). Adult normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600. *Journal of Voice*, 26(2), 164-176.

Zraick, R. I., Smith-Olinde, L., & Shotts, L. L. (2013). Erratum: "Adult normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600." Journal of Voice. 2012;26:164-176. *Journal of Voice,* 27(1), 2-4.

• **강영애 (Kang, Young Ae)**
충남대학교병원 이비인후과
대전광역시 중구 문화로 282
Email: kangyoungae1@naver.com
관심분야: 음성장애, 신경말장애, 공명장애

• **장재원 (Chang, Jae Won)**
충남대학교병원 이비인후과
대전광역시 중구 문화로 282
Email: strive1005@cnuh.co.kr
관심분야: 갑상선암, 후두질환, 음성장애

• **구본석(Koo, Bon Seok)** 교신저자
충남대학교병원 이비인후과
대전광역시 중구 문화로 282
Email: bskoo515@cnu.ac.kr
관심분야: 갑상선암, 후두질환, 음성장애

부록 1. 폐활량 과제 결과

Appendix 1. Results of Vital capacity protocol

Measurement		mean±SD	Percentiles			Z	$p^{\S}$
			25th	50th	75th		
(male=15)							
FET100 (s)	pre	2.93 ± 1.01	2.03	2.95	3.67	-0.454	0.65
	post	3.14 ± 1.26	2.19	3.29	3.77		
PEF (Liters/s)	pre	9.60 ± 4.50	6.69	9.32	12.77	-0.682	0.49
	post	8.70 ± 3.67	5.79	7.27	12.49		
FVC (Liters)	pre	3.75 ± 0.86	2.98	3.65	4.41	-0.625	0.53
	post	3.81 ± 0.91	3.15	3.67	4.45		
(female=24)							
FET100 (s)	pre	2.84 ± 0.82	1.91	2.72	3.14	-0.629	0.53
	post	2.91 ± 1.18	1.95	2.68	3.69		
PEF (Liters/s)	pre	5.29 ± 1.54	4.33	5.46	6.25	-1.200	0.23
	post	4.72 ± 1.97	3.00	4.81	6.49		
FVC (Liters)	pre	2.66 ± 0.51	2.28	2.65	3.17	-1.050	0.29
	post	2.53 ± 0.47	2.25	2.50	2.89		

Abbreviation: FET100, Expiratory airflow duration; PEF, Peak expiratory airflow; FVC, Expiratory volume

§ Wilcoxon singed rank test

*p<0.05

부록 2-1. 최대연장발성 과제 결과 (남성)

Appendix 2-1. Results of Maximum sustained phonation protocol (male)

Measurement (male=15)		mean±SD	Percentiles			Z	$p^{\S}$
			25th	50th	75th		
MAXDB (dB)	pre	86.27 ± 5.70	81.98	84.98	90.27	-0.663	0.514
	post	86.74 ± 4.68	83.23	85.18	89.83		
MINDB (dB)	pre	62.76 ± 11.17	57.82	62.82	65.17	-1.306	0.191
	post	67.68 ± 7.99	60.87	68.70	74.05		
MEADB (dB)	pre	80.64 ± 5.88	75.32	80.04	85.00	-1.420	0.156
	post	81.50 ± 5.12	77.71	80.62	83.12		
RANDB (dB)	pre	23.51 ± 10.99	16.92	21.60	30.08	-1.250	0.211
	post	19.06 ± 8.12	10.39	20.18	24.98		
PHODB (dB)	pre	80.76 ± 5.90	75.32	80.41	85.01	-1.306	0.191
	post	81.50 ± 5.15	77.74	80.62	83.12		
MEAP (Hz)	pre	159.54 ± 33.38	135.10	152.86	182.89	-1.136	0.256
	post	150.80 ± 35.99	124.34	135.02	166.72		
PHOT (s)	pre	18.20 ± 5.66	16.18	17.73	21.73	-1.988	0.047*
	post	20.60 ± 6.36	14.79	22.28	27.15		
PEF (Liters/s)	pre	0.38 ± 0.25	0.19	0.33	0.41	-0.085	0.932
	post	0.35 ± 0.11	0.25	0.36	0.42		
MEAF (Liters/s)	pre	0.20 ± 0.11	0.15	0.17	0.21	-1.700	0.089
	post	0.17 ± 0.07	0.11	0.17	0.22		
FVC (Liters)	pre	3.30 ± 0.47	2.99	3.15	3.44	-0.511	0.609
	post	3.20 ± 0.82	2.82	2.96	3.80		

Abbreviation: MAXDB, Maximum sound pressure level; MINDB, Minimum sound pressure level; MEADB, Mean sound pressure level; RANDB, Sound pressure level range; PHODB, Mean sound pressure level during voicing; MEAP, Mean pitch; PHOT, Phonation time; PEF, Peak expiratory airflow; MEAF, Mean expiratory airflow; FVC, Expiratory volume

§ Wilcoxon singed rank test

*p<0.05

부록 2-2. 최대연장발성 과제 결과 (여성)

Appendix 2-2. Results of Maximum sustained phonation protocol (female)

Measurement (female=24)		mean±SD	Percentiles			Z	$p^{\S}$
			25th	50th	75th		
MAXDB (dB)	pre	87.44 ± 5.11	83.47	87.58	90.04	-1.714	0.086
	post	86.40 ± 4.89	82.84	85.75	89.16		
MINDB (dB)	pre	65.05 ± 8.10	59.72	62.25	72.48	-0.429	0.668
	post	65.12 ± 8.79	57.65	67.74	70.50		
MEADB (dB)	pre	81.32 ± 5.13	77.56	80.54	84.45	-0.871	0.383
	post	82.02 ± 4.90	78.08	82.12	84.81		
RANDB (dB)	pre	22.38 ± 6.89	18.49	24.04	27.32	-0.657	0.511
	post	21.28 ± 10.82	13.24	19.79	27.85		
PHODB (dB)	pre	81.42 ± 5.13	77.56	80.74	84.49	-0.786	0.432
	post	82.07 ± 4.93	78.09	82.23	84.83		
MEAP (Hz)	pre	199.32 ± 30.75	172.04	201.58	223.58	-1.429	0.153
	post	210.46 ± 25.60	192.79	217.93	229.09		
PHOT (s)	pre	12.31 ± 4.37	8.32	11.72	15.93	-2.143	0.032*
	post	14.21 ± 4.25	11.02	13.30	15.71		
PEF (Liters/s)	pre	0.36 ± 0.22	0.21	0.32	0.40	-2.787	0.005*
	post	0.25 ± 0.08	0.19	0.23	0.30		
MEAF (Liters/s)	pre	0.20 ± 0.10	0.11	0.20	0.29	-2.316	0.021*
	post	0.15 ± 0.05	0.11	0.14	0.20		
FVC (Liters)	pre	2.21 ± 0.56	1.90	2.37	2.64	-1.400	0.161
	post	2.10 ± 0.52	1.81	2.17	2.50		

Abbreviation: MAXDB, Maximum sound pressure level; MINDB, Minimum sound pressure level; MEADB, Mean sound pressure level; RANDB, Sound pressure level range; PHODB, Mean sound pressure level during voicing; MEAP, Mean pitch; PHOT, Phonation time; PEF, Peak expiratory airflow; MEAF, Mean expiratory airflow; FVC, Expiratory volume

§ Wilcoxon signed rank test

*p<0.05

부록 3-1. 음성효율과제 결과 (남성)

Appendix 3-1. Results of Voicing efficiency threshold protocol (male)

Measurement (male=15)		mean±SD	Percentiles 25th	50th	75th	Z	$p^{\S}$
MAXDB (dB)	pre	84.49 ± 5.09	80.59	84.97	86.05	-1.022	0.307
	post	85.93± 4.19	83.70	84.83	86.80		
MEADB (dB)	pre	82.19± 5.26	87.92	81.54	83.90	-1.193	0.233
	post	83.17± 4.32	80.50	83.03	84.07		
PHODB (dB)	pre	82.20± 5.26	78.92	81.54	83.91	-1.079	0.281
	post	83.17± 4.33	80.49	83.03	84.07		
MEAP (Hz)	pre	144.83± 37.13	119.02	136.96	154.68	-0.341	0.733
	post	140.95± 27.68	116.38	133.68	152.35		
RANP (Hz)	pre	10.91± 5.84	6.41	9.38	14.69	0.000	1.00
	post	25.86± 58.62	5.46	8.23	14.22		
FET100 (s)	pre	1.16± 0.45	.95	1.16	1.39	-0.511	0.609
	post	1.18± 0.45	.89	1.06	1.44		
PAP (cmH_20)	pre	11.09± 3.29	9.36	10.30	11.98	-0.227	0.820
	post	11.10± 3.44	8.30	9.13	15.40		
MPAP (cmH_20)	pre	9.73± 3.02	7.66	9.33	11.26	-0.568	0.570
	post	9.50± 2.99	6.95	8.61	12.57		
PEF (Liters/s)	pre	0.38± 0.13	.28	.38	.50	-1.476	0.140
	post	0.33± 0.08	.29	.34	.40		
TARF (Liters/s)	pre	0.30± 0.12	.20	.31	.35	-2.240	0.025*
	post	0.23± 0.08	.15	.26	.30		
FVC (Liters)	pre	0.34± 0.16	.28	.37	.47	-1.734	0.083
	post	0.28± 0.15	.16	.23	.36		
MEPHO (Liters/s)	pre	0.29± 0.11	.20	.30	.35	-2.239	0.025*
	post	0.22± 0.08	.14	.25	.30		
APOW (watts)	pre	0.28± 0.13	.19	.30	.36	-2.442	0.015*
	post	0.21± 0.10	.15	.18	.28		
ARES (cmH_20, Liters/s)	pre	37.66± 18.92	21.34	33.54	49.48	-1.817	0.069
	post	46.98± 26.41	26.38	38.51	73.25		
AOHM (dyne sec/cm^5)	pre	38.41± 19.29	21.76	34.20	50.46	-1.817	0.069
	post	47.91± 26.93	26.90	39.27	74.70		
AEFF (p.p.m., parts of million)	pre	180.93± 259.36	39.65	90.21	152.41	-1.306	0.191
	post	210.05± 217.40	93.45	142.40	196.91		

Abbreviations: MAXDB, Maximum sound pressure level; MEADB, Mean sound pressure level; PHODB, Mean sound pressure level during voicing; MEAP, Mean pitch; RANP, Pitch range; FET100, Expiratory airflow duration; PAP, Peak air pressure; MPAP, Mean peak air pressure; PEF, Peak expiratory airflow; TARF, Target airflow; FVC, Expiratory volume; MEPHO, Mean airflow during voicing; APOW, Aerodynamic power; ARES, Aerodynamic resistance; AOHM , Acoustic Ohms ; AEFF, Aerodynamic efficiency

§ Wilcoxon signed rank test

*p<0.05

부록 3-2. 음성효율역치 과제 결과 (여성)

Appendix 3-2. Results of Voicing efficiency threshold protocol (female)

Measurement (female=24)		mean± SD	Percentiles			Z	$p^{\S}$
			25th	50th	75th		
MAXDB (dB)	pre	84.60± 3.95	81.71	84.27	87.41	-1.214	0.225
	post	83.41± 4.55	79.93	84.56	85.81		
MEADB (dB)	pre	81.49± 3.62	79.47	81.52	83.16	-0.543	0.587
	post	81.34± 4.51	77.78	81.76	83.70		
PHODB (dB)	pre	81.52± 3.61	79.56	81.52	83.16	-0.571	0.568
	post	81.34± 4.51	77.79	81.76	83.0		
MEAP (Hz)	pre	210.30± 26.39	192.06	212.56	227.46	-1.743	0.081
	post	218.07± 18.35	203.20	218.62	226.91		
RANP (Hz)	pre	37.37± 59.22	10.56	13.55	18.64	-0.886	0.376
	post	27.20± 41.25	8.49	12.27	19.27		
FET100 (s)	pre	1.12± 0.38	.85	1.04	1.35	-1.829	0.067
	post	1.26± 0.31	1.08	1.30	1.45		
PAP (cmH_20)	pre	11.28± 3.72	7.99	10.95	15.04	-2.686	0.007*
	post	9.60± 2.36	7.52	9.65	11.59		
MPAP (cmH_20)	pre	9.84± 3.43	6.95	9.72	13.39	-1.915	0.055
	post	8.76± 2.29	7.06	8.51	10.44		
PEF (Liters/s)	pre	0.28± 0.10	0.20	0.25	0.35	-3.378	0.001*
	post	0.20± 0.07	0.17	0.21	0.24		
TARF (Liters/s)	pre	0.22± 0.09	0.16	0.20	0.29	-3.246	0.001*
	post	0.16± 0.06	0.12	0.16	0.20		
FVC (Liters)	pre	0.26± 0.18	0.15	0.23	034	-1.511	0.131
	post	0.20± 0.08	0.15	0.20	0.26		
MEPHO (Liters/s)	pre	0.22± 0.08	0.15	0.19	0.28	-3.217	0.001*
	post	0.15± 0.05	0.12	0.15	0.19		
APOW (watts)	pre	0.22± 0.14	0.12	0.17	0.27	-2.857	0.004*
	post	0.14± 0.07	0.08	0.14	0.16		
ARES (cmH_20, Liters/s)	pre	49.22± 25.48	26.72	44.58	57.98	-2.114	0.034*
	post	63.95± 36.79	39.64	51.69	71.78		
AOHM (dyne, sec/cm^5)	pre	50.19± 25.99	27.25	45.46	59.13	-2.114	0.034*
	post	65..21± 37.52	40.42	52.71	73.20		
AEFF (p.p.m., parts of million)	pre	158.33± 206.50	51.54	103.68	192.32	-1.771	0.076
	post	280.15± 417.70	71.46	154.99	329.67		

Abbreviations: MAXDB, Maximum sound pressure level; MEADB, Mean sound pressure level; PHODB, Mean sound pressure level during voicing; MEAP, Mean pitch; RANP, Pitch range; FET100, Expiratory airflow duration; PAP, Peak air pressure; MPAP, Mean peak air pressure; PEF, Peak expiratory airflow; TARF, Target airflow; FVC, Expiratory volume; MEPHO, Mean airflow during voicing; APOW, Aerodynamic power; ARES, Aerodynamic resistance; AOHM , Acoustic Ohms ; AEFF, Aerodynamic efficiency

§ Wilcoxon signed rank test

*p<0.05