

후두적출술 환자의 발성법에 따른 음향학적 특성

Acoustic Characteristics of Patients with Total Laryngectomees via Voice Rehabilitation Techniques

장 효 령¹⁾ · 심 희 정²⁾ · 고 도 흥³⁾

Jang, Hyo-Ryung · Shim, Hee-Jeong · Ko, Do-Heung

ABSTRACT

This research is aimed at finding the acoustic characteristics of different voice rehabilitation techniques, the electrolarynx (EL), standard esophageal (SE), and tracheoesophageal (TE), used on 17 patients with laryngectomees. The analysis of the voice qualities was achieved using MDVP. In order to compare the acoustic characteristics, patients were asked to produce the vowel /a/ sound. The acoustic analysis included fundamental frequency (f₀), jitter, shimmer, and noise-to-harmonic ratio (NHR). The main acoustic results showed no significant statistical differences between the average measurements of SE and TE speakers. It was found that the current study showed the same tendency found in previous studies. There was also a significant difference between SE and EL speakers. On the other hand, there were no significant statistical differences between the average measurements of TE and EL speakers on all acoustic measurements. This research will contribute to establishing a baseline related to speech characteristics in voice rehabilitation for patients with laryngectomees. In future, the present findings and issues should be considered in the context of gender. Specifically, the number of women who are diagnosed with laryngeal cancer continues to rise and their acoustic characteristics may indeed differ from those of men.

Keywords: total laryngectomy, acoustic characteristic, electrolarynx, standard esophageal, tracheoesophageal

1. 서론

인간의 의사표현을 위해 중요한 요소라 할 수 있는 후두 기능에 대한 고찰을 해보면 후두는 크게 두 가지의 기능으로 분류할 수 있다. 첫째, 이물질이 기관으로 침입하는 것을 방어한다. 둘째, 폐의 날숨을 이용하여 성대를 진동시켜 음성을 산출하는 일을 한다.

이러한 기능을 가진 후두가 각종 사고 혹은 후두암 등에 의해 절제되면 기관 쪽을 차단하는 후두개가 없어져 음식물이 기관으로 들어가게 되고, 성대가 없기 때문에 발성도 되지 않

는다(강수균, 1994).

후두암의 경우 대부분 흡연을 하는 중년의 남성에게서 많이 나타나는데 1980년 미국암연구소(American Institute for Cancer Research, ACS)의 보고에 의하면 후두암 발생의 남성 대 여성의 비율은 약 5:1 정도라고 하였으며, 우리나라의 경우는 약 10:1 정도이다. 후두암의 출현율과 함께 후두적출자의 출현율 또한 증가하고 있는 실정이다(강수균, 1999).

전체 후두적출술은 갑상선암, 운상선암, 설암 등을 포함하여 후두의 전체를 모두 제거하는 수술이다. 이러한 후두 조직의 제거는 환자의 발성과 호흡에 모두 영향을 주게 되고 음성 재활 교육을 반드시 필요로 하게 된다.

후두적출자의 경우 말을 못하는 기능을 대처하기 위해 여러 가지 음성재활법을 사용하는데 이는 크게 세 가지로 나눌 수가 있다(강수균 등, 1993; Stajner-Katusic, 2006; Bellandese et al., 2001; Wong et al., 2009).

첫째, 인공후두기 (electrolarynx, EL)는 폐가 하는 발동부의 역할이나 후두가 하는 발성부의 역할을 위해 몸 밖의 에너지를 이용하는 것이다. 인공후두기로는 피리식 후두기와 전기식

1) 한림대학교 대학원, gyufd0601@hanmail.net

2) 한림대학교 대학원, dpeigmlwjd@hanmail.net

3) 한림대학교 언어청각학부, dhko7@hallym.ac.kr, 교신저자
이 논문은 2012년도 한림대학교의 교내 학술 연구비 지원으로 수행되었습니다.

후두기가 있다. 그러나 피리식 후두기의 경우 입에 물고 말하기 때문에 위생적이지 못하며 조작하기가 매우 불편하기 때문에 비교적 드물게 사용되고 대부분 전기식 후두기가 사용된다(강수균, 1994). 전기식 후두기는 기공의 날숨을 이용하지 않고 전기의 힘으로 진동체를 진동해서 발생한다. 이는 배우기가 쉽고, 억양 등의 운율적인 표현이 가능하며, 피로가 적은 장점이 있다. 그러나 손을 사용해야 하고, 유성음만 낼 수 있으며, 기구를 사용하기 때문에 장애자 의식을 강하게 줄 수 있다. 또한 기구가 없으면 말을 할 수 없는 단점 이외에도, 사용자의 목 피부 조직에 흉터가 생기고, 피부 섬유질증이 생길 수 있다.

둘째, 식도발성법(standard esophageal, SE)은 후두적출자의 음성재활에 있어서 가장 전통적으로 선호되어 오는 방법이다. 식도발성의 원리는 공기를 식도에 흡입해서 흡입한 공기를 에너지로 하여 세 번째에서 여섯 번째 경추골 사이에 위치하는 인두-식도 분절(pharyngo-esophageal segment, PES)을 진동해서 음원을 내는 방법이다(Debruyne et al., 1994; Stajner-Katusic, 2006; Wong et al., 2009). 장점으로는 기구를 사용하지 않으므로 장애자 의식을 경감시킬 수 있고, 건강상의 문제가 없으면 언제나 대화가 가능하다(강수균, 1994). 또한 아주 숙달된 경우에는 정상인과 아주 유사한 음성언어를 구사할 수 있다. 단점으로는 습득 시간이 장기간이고, 숙달의 한계가 없으며 몸이 불편하거나 병약할 때에는 발성이 대단히 고통스럽고 쉰 목소리와 비슷한 음질이 나타난다고 한다. 또한 발화속도가 늦고 장음발성이 곤란하며 음량이 적고 기본주파수가 낮을 때가 많다(강수균, 2002). 식도발성법은 후두적출자들이 가장 선호하는 방법이지만 높은 실패율 때문에 많은 사람이 중도에서 좌절하는 경우가 많다고 알려져 있다.

셋째, 기관식도 발성법(Tracheoesophageal, TE)으로 이는 1980년대에 Blom and Singer에 의해 소개되었고, 전체후두적출 후에 비교적 쉽고 빠르고 유창한 음성을 제공하는데 도움을 주었다(Dalatri et al., 2011). 이 발성법은 기도과 식도 사이의 분로(shunt)에 보철기구(prosthesis)를 삽입하는 방법이다. 이 방법 또한 식도발성과 마찬가지로 인두-식도 분절을 진동해서 음원을 산출하는 방식이다(Debruyne et al., 1994; Most et al., 2000; Globlek et al., 2003). 그러나 식도발성과는 달리 공기의 원천이 폐로부터 생성된다(Most et al., 2000; Stajner-Katusic, 2006). 이 발성법은 보철기구를 정기적으로 교체해 주어야 하거나 분비물이 쉰 수 있다는 단점이 있으나 습득하기가 쉽고 기도를 통한 기류 유입으로 보다 더 자연음에 가까운 산출을 가능하게 해 준다는 장점이 있다(표화영 등, 1999). 기관식도 발성법이 소개된 이후 기관식도 누공(puncture)술이 널리 사용되었고 후두전적출술 이후에 성공적인 음성 재활 방법으로 여겨졌다. 기관식도 보철기구는 명료도와 음향학적 그리고 지각적인 특성 측면에서 식도발성 보다 정상적인 말소리

산출에 가까운 것으로 증명되었다(van As et al., 1998; Kazi et al., 2008) 특히 음향학적인 관점에서 기관식도 발성법 화자들이 식도발성법 화자들 보다 강도가 더 세고 발성의 길이가 더 길며 음성의 질적인 측면에서 더 낫다고 한다(Debruyne et al., 1994; Bellandese et al., 2001).

이러한 후두적출 환자들의 음향학적인 특성을 분석하기 위한 매개변수로는 주로 기본주파수(f₀), 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 소음대배음 비율(noise-to-harmonic ratio, NHR) 등이 있다. 먼저 기본주파수는 분당 상대진동의 횟수를 나타내는 기본적인 음향 매개변수이며 발성의 피치를 나타내준다(Drinnan et al., 2008). 발성은 성대의 진동에서 시작되는데 이러한 발성으로부터 생성되는 기본주파수는 성문하압(subglottal pressure)과 경후두 압력(translaryngeal pressure)의 영향을 받는다. 성문하 압력을 동반한 기본주파수는 진동하는 진폭과 성대의 길이에 영향을 받는다(Titze, 1989). jitter와 shimmer는 전반적인 음성의 분석 시 사용되는 측정치로, jitter는 주파수의 변이를 shimmer는 진폭의 변이를 나타내준다(Dejonckere, 2001). 이러한 측정치는 객관적인 음성평가 시 구체적인 음향 정보를 제공한다. jitter와 shimmer는 말 샘플 혹은 연장된 모음 발성(sustained phonation) 등을 컴퓨터로 분석하여 얻어지며 이는 음향학적 파동으로 규칙적 혹은 불규칙적으로 나타난다(Brockmann et al., 2009). 그러므로 후두 진동의 안정성을 보여주는 간접적 혹은 비침습적인 측정치라 할 수 있다. 음향학적인 파동에서 나타나는 작은 불규칙성은 생리학적인 신체의 기능과 음성의 산출과 관련하여 정상적인 변동으로 간주되지만(Orlikoff et al., 1989) 후두에 병리학적인 문제가 있을 경우 상당히 불규칙적인 파동을 보이게 된다(Schoentgen, 1991). 따라서 음성 치료의 결과를 평가(Ma et al., 2006)할 때 뿐만 아니라 진단 시에도 유용하게 사용된다(Hodge et al., 2001). NHR은 성대의 구조적인 손상이나 발성장애의 정도를 청각적으로 평가하는데 매우 유용하게 사용된다. 따라서 성대에 구조적인 손상이 있거나 발성장애를 가지고 있을 경우 NHR의 비율은 높게 나타난다. 선행연구 결과 NHR은 음성 분석 시 불규칙적인 소음을 측정하는데 매우 유용하게 사용되며 GRBAS 척도에서 거친 음성(roughness)을 예측하는데 가장 중요한 예측인자로 활용된다고 나타났다(Bhuta et al., 2003).

이상의 매개변수를 통해 다수의 연구들이 후두적출술 환자들의 음향학적 특성에 대해 살펴보았다. 최성희 외(2003)는 식도 발성의 숙련 정도에 따른 기본음 /아/ 모음의 음향학적 특성에 대해 살펴보려고 하였다. 그 결과 비숙련 식도발성 군이 숙련군 보다 기본주파수, jitter, shimmer에서 모두 높은 수치를 보였고 정상음-잡음 비율을 나타내는 HNR에서는 현저하게 낮은 수치를 나타내어 식도발성의 숙련 정도에 따라 음향학적 특성에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 표

화영 외(1999)는 한 명의 동일한 후두적출자 환자를 대상으로 식도발성과 기관식도 발성법을 모두 습득하게 한 후 /아/연장 발성을 통해 두 발성법의 음향학적 특성을 비교하였다. 그 결과 기관식도발성으로 산출했을 때 보다 식도발성으로 산출했을 때 기본주파수, jitter, shimmer, NHR에서 그 수치가 모두 높게 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 Debruyne et al(1994)은 각 12명의 식도발성, 기관식도 발성군들을 대상으로 이들의 음향학적 특성을 비교하였다. 그 결과 식도발성군의 기본주파수는 12명 중 6명만이 60-80Hz를 나타내며 측정 가능하였고 나머지 대상자들은 비주기적 특성에 의해 측정이 불가능하였다. 반대로 기관식도발성군의 경우 12명 대상자 모두 측정 가능하여 50-100Hz로 나타났다. 또한 jitter와 shimmer의 수치의 경우 식도발성군이 기관식도 발성군 보다 더 높게 나타나 식도발성법이 기관식도 발성법 보다 좀 더 불안정한 음성 산출을 보였다.

Bellandese et al(2001)은 여성 식도발성군, 기관식도발성군, 정상 후두발성군을 대상으로 음향학적 특성을 기본주파수를 중심으로 비교한 결과 정상 후두발성군은 178.9Hz, 기관식도 발성군은 118.6Hz, 식도발성군은 106.7Hz로 정상 후두발성군과 나머지 두 발성군과의 평균 차이가 크게 나타나 통계적으로 유의하였으나 식도발성군과 기관식도발성군은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한 Stajner-Katusic et al(2006)은 전기인공후두, 식도발성법, 기관식도발성법 환자들을 대상으로 음향학적 특성을 비교하였다. 그 결과 기본주파수의 경우 전기 인공후두, 식도발성군, 기관식도발성군 환자의 순서대로 높았으며, jitter와 shimmer 그리고 NHR은 모두 기관식도 발성군, 식도발성군, 전기인공후두 발성군의 순서대로 높은 수치를 나타내었다. 따라서 전기 인공후두 환자가 다양한 음향학적 측면에서 나온 결과를 보였고 식도발성군이 기관식도 발성군 보다 나은 결과를 보였다.

현재 우리나라는 고령화 사회(aged society)에 진입해 있다. 이러한 상황에서 노인성 질환에 대한 음성 재활의 중요성은 매우 크다고 할 수 있는데, 후두적출 또한 노인성 질환 중 하나라고 할 수 있다(강수균, 1999). 앞서 설명한 바와 같이 후두적출자들의 대표적 발성법은 전기인공후두, 식도발성법, 기관식도발성으로 이 발성법들 각각에 대한 혹은 두 가지 발성법을 대상으로 음향학적 특성 혹은 명료도 등을 비교하는 연구가 국외를 중심으로 많이 이루어졌으며 국내의 경우 대부분 기초 연구 혹은 발성법 자체에 대한 연구들 중심으로 이루어져왔다. 음향학적 특성에 대한 연구는 음성의 질을 평가하는데 많은 도움을 주는데(van As et al., 1998) 컴퓨터 기기를 통한 음향학적 연구의 경우 측정치들이 정확히 얻어졌을 때 동일한 결과를 나타내기 때문에 임상적 현장에서 지각적인 평가를 위한 객관적인 수치를 제공할 수 있다(As-Brooks, 2006).

아직 국내에서는 후두적출자들의 대표적인 세 발성법들을 음향학적인 측면에서 동시에 비교한 연구는 시행되지 않았고 국외의 경우에도 매우 적었다. 따라서 본 연구를 통하여 세 가지 대표적인 발성법을 음향학적인 측면에서 서로 비교함으로써 각 발성법에 대한 상담 및 재활에 있어서 중요한 객관적 정보를 제공하고 효율적인 임상적 중재가 이루어지도록 돕는데 본 연구의 의의가 있다고 하겠다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다. 집단(식도발성군/기관식도발성군/전기인공후두)에 따라

첫째, 기본주파수에서 서로 차이를 보이는가?

둘째, jitter에서 서로 차이를 보이는가?

셋째, shimmer에서 서로 차이를 보이는가?

넷째, NHR에서 서로 차이를 보이는가?

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상

본 연구는 전북, 부산, 서울 소재 대학병원 내에서 후두적출술 남성 환자 17명을 대상으로 하였다. 이들의 발성법은 3명은 전기인공후두, 3명은 기관식도 발성법, 나머지 11명은 식도발성법을 사용하였다. 실험은 병원 내 조용한 공간에서 실시하였고 이들 모두 발성 문제 외의 의사소통 문제가 없고, 수술 이전의 언어장애 병력이 없는 것으로 보고되었다. 발성법별 연구대상자의 특성은 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 특성

Table 1. Characteristics of subjects

	식도 발성군	기관식도 발성군	전기 인공후두군
전체 수(성별)	11 (M=11)	3 (M=3)	3 (M=3)
평균연령	70.4±11.6	75.0±5.0	78.0±8.0
숙련 기간(개월)	116.6±88.6	196.0±88.0	86.0±46.0
수술 유형	후두 전체 및 부분 적출		
수술 원인	후두암 및 하인두암		

2.2 연구 방법

2.2.1 검사도구

KAY PENTAX사의 CSL 프로그램(MODEL 4150B)중 MDVP의 자체 프로그램을 이용하여 이루어졌다. 탑재된 데스크탑에 마이크를 연결하여 샘플링 속도(sampling rate) 44,000Hz로 녹음 및 디지털화하였다.

2.2.2 자료 수집 절차

각기 다른 발성법을 지닌 대상자들 음성의 음질을 비교해 보기 위해서 평상시에 내는 것과 같은 높이와 크기로 모음'

아를 연장 발생하도록 하였는데, 이는 세 가지 발생법마다 각각 3회씩 반복 실시되었다. 일관성 있는 자료수집을 위해 세 기관에서 모두 동일한 한 명의 검사자가 검사를 진행하였다.

2.2.3 자료 분석

각 발생법이 나타내는 음향학적인 특징을 비교하기 위해 3회씩 반복 실시된 각각의 발생구간 중 약 2초의 안정된 발생구간을 분석 구간으로 지정하여 측정된 값들의 평균값을 비교하였다. 측정치는 발생 기본 주파수와, jitter, shimmer, 그리고 NHR을 중심으로 측정하였다.

분석대상 17명에게 위와 같은 방식으로 음향학적 특성을 측정한 결과 기본주파수의 평균은 152.97, 표준편차는 84.86이었고 jitter의 평균은 7.57이며, 표준편차는 6.18이었다. shimmer는 평균이 19.80, 표준편차가 15.65이었고, NHR의 평균은 0.49, 표준편차는 0.28이었다.

2.2.4 통계 분석

본 연구는 서로 다른 발생법을 지닌 식도발성, 기관식도발성, 전기인공후두 환자들을 대상으로 세 집단 간 4가지 음향학적 측정치인 기본주파수, jitter, shimmer, NHR 값의 평균값 비교를 위해 SPSS(version 19.0)를 사용하여 비모수 검정인 Kruskal-Wallis test를 실시하였다. 또한 위의 방법을 통해 세 집단 간 평균의 차이가 나타난 경우 사후적 검증인 Mann-Whitney test를 통해 어떤 집단에서 그러한 차이가 발생하는지 살펴보았다. 주로 연속형 범주로 측정된, 세 집단 간의 특성을 비교하기 위한 통계적 방법으로는 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 활용하는 것이 일반적이다. 그러나 이 연구에서는 세 집단에 속한 분석대상이 각각 식도발성 11명, 기관식도 발성 3명, 전기 인공후두 발성 3명으로 대상자수가 소수이기에 일반적인 통계적 분석에서 가정하는 정규분포의 특성을 확인하는 것이 용이하지 않다. 이 경우에는 표본이 모수적 특성을 가지고 있다고 볼 수 없기에, 비모수적 통계분석 방법을 활용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

3. 연구결과

3.1 발생법에 따른 음향학적 특성치의 기술통계량

발생법에 따른 각 변수에 대한 기술 통계는 다음과 같다. 먼저, 식도발성법에서 기본주파수 평균값은 176.40, jitter는 9.22, shimmer는 24.33, NHR은 .60으로 나타났다. 기관식도 발생법에서는 기본주파수 평균값은 115.39, jitter는 8.64, shimmer는 21.78, NHR은 .47으로 나타났다. 또한 인공후두 발생법은 기본주파수 평균값이 104.62, jitter는 .41, shimmer는 1.19, NHR은 .14로 나타났다. 이하의 <표 2>에서 발생법별 음향학적 측정치의 평균값을 확인할 수 있다.

표 2. 발생법간 음향학적 측정치 평균값
Table 2. Acoustic mean measurements among voice rehabilitation techniques

		F0(Hz)	jitter(%)	shimmer(%)	NHR
SE	M	176.40	9.22	24.33	.60
	SD	97.00	5.51	13.57	.24
TE	M	115.39	8.64	21.78	.47
	SD	30.73	7.70	19.99	.33
EL	M	104.62	.41	1.19	.14
	SD	31.24	.43	1.04	.05

표 3. 발생법간 음향학적 측정치의 평균 차이 분석
Table 3. Mean differences of acoustic measurements among voice rehabilitation techniques

		사례수	M	평균 순위	χ^2
F0(Hz)	SE	11	176.40	10.45	2.612
	TE	3	115.39	6.67	
	EL	3	104.62	6.00	
jitter(%)	SE	11	9.22	10.45	5.749
	TE	3	8.64	10.00	
	EL	3	.41	2.67	
shimmer(%)	SE	11	24.33	10.64	6.436*
	TE	3	21.78	9.67	
	EL	3	1.19	2.33	
NHR	SE	11	.60	10.73	5.535
	TE	3	.47	8.67	
	EL	3	.14	3.00	

주: 1) * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

3.2 세 발생법에 따른 음향학적 측정치의 평균값 비교

세 가지 유형의 발생법에 따른 음향학적 측정치의 평균 차이를 통계적으로 살펴본 결과, 총 4개의 변수 중에 shimmer에서 세 발생법 간의 평균에 유의미한 통계적 차이가 발견되었다(이하 <표 3> 참조). 식도발성법의 경우 shimmer의 평균이 24.33, 기관식도는 21.78인 반면에, 전기인공후두 발생법의 경우 shimmer가 1.19로 다른 두 집단과 비교하여 매우 낮은 수치를 보여주고 있으며, 이러한 차이는 $p < .05$ 수준으로 통계적으로 유의미하다. 즉, 이 연구에 포함된 분석대상 중 전기인공후두 방식을 활용하는 화자의 경우 shimmer의 평균값이 식도 혹은 기관식도 발생법을 활용하는 화자에 비해 매우 낮다고 볼 수 있다.

<표 3>에서 확인할 수 있듯이, 나머지 기본주파수, jitter, NHR에서는 세 발생법 간 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다. 그러나 Kruskal-Wallis test의 경우, 그 분석의 특성상 세 집단 이상에서 나타난 값의 동일성 여부를

검증하는 방식이기에 분석에 포함된 개별 집단 간의 차이를 확인할 수 없다. 따라서 앞서 제시한 바와 같이, 사후검증인 Mann-Whitney test를 통해 식도-기관식도, 식도-전기인공후두, 기관식도-전기인공후두 발성법 간에 나타난 음향학적 특성치의 차이를 비교해볼 필요가 있다.

표 4. 두 발성법 간 음향학적 측정치의 평균 차이
Table 4. Mean differences of acoustic measurements between two voice rehabilitation techniques

			M	평균 순위	순위합	U
F0(Hz)	SE-TE	SE	176.40	8.18	90.00	9.000
		TE	115.39	5.00	15.00	
	TE-EL	TE	115.39	3.67	11.00	4.000
		EL	104.62	3.33	10.00	
	SE-EL	SE	176.407	8.27	91.00	8.000
		EL	104.62	4.67	14.00	
jitter(%)	SE-TE	SE	9.22	7.55	83.00	16.000
		TE	8.64	7.33	22.00	
	TE-EL	TE	8.64	4.67	14.00	1.000
		EL	.41	2.33	7.00	
	SE-EL	SE	9.23	8.91	98.00	1.000*
		EL	.41	2.33	7.00	
shimmer(%)	SE-TE	SE	24.33	7.64	84.00	15.000
		TE	21.78	7.00	21.00	
	TE-EL	TE	21.78	4.67	14.00	1.000
		EL	1.19	2.33	7.00	
	SE-EL	SE	24.33	9.00	99.00	.000**
		EL	1.20	2.00	6.00	
NHR	SE-TE	SE	.60	7.82	86.00	13.000
		TE	.47	6.33	19.00	
	TE-EL	TE	.47	4.33	13.00	2.000
		EL	.14	2.67	8.00	
	SE-EL	SE	.60	8.91	98.00	1.000*
		EL	.14	2.33	7.00	

주: 1) * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

3.2 두 발성법 간에 따른 변수의 평균 비교

세 가지 발성법 간에 4가지 변수 중 shimmer에서 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타나 구체적으로 어떤 집단에서 그러한 차이가 발생하는지를 검증하기 위해 사후적 검증인 Mann-Whitney test를 통해 살펴보았다(<표 4> 참조). 먼저 식도와 기관식도 발성법 간의 평균 차이를 살펴보면 총 4개의 변수에서 모두 두 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다. 이는 기본주파수, jitter, shimmer, NHR 등 4가지 음향학적 측정치에서 식도 및 기관식도 발성법 간

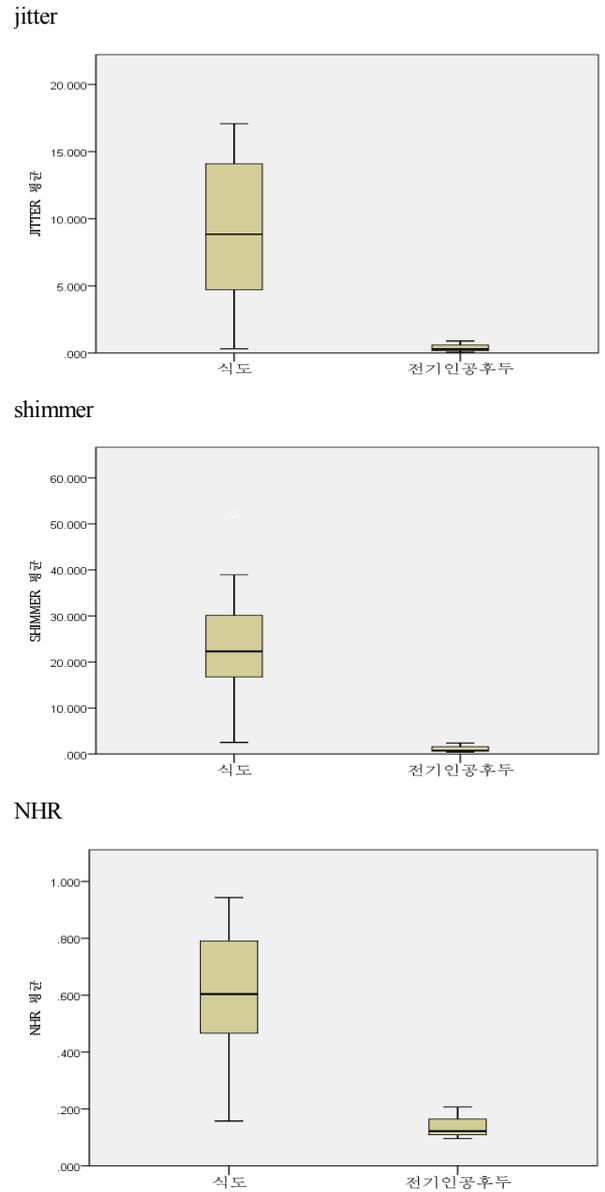


그림 1. 식도 및 전기인공후두 발성법 간 jitter, shimmer, NHR의 평균 비교

Figure 1. Mean differences of jitter, shimmer, NHR between SE and EL speakers

통계적으로 의미 있는 차이가 나타나지 않았다는 것을 의미한다. 또한 기관식도 및 전기인공후두 발성법 간의 평균 차이를 제시하였는데, 그 결과를 살펴보면 총 4개의 음향학적 측정치 모두에서 두 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다.

반면, 식도 및 전기인공후두 발성법 간에는 확연한 차이를 발견할 수 있다. 그 결과를 살펴보면 총 4개의 변수 중 jitter와 NHR이 $p < .05$ 수준에서, shimmer가 $p < .01$ 수준에서 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타났다. 즉 jitter, shimmer, NHR 등 세 가지 음향학적 측정값에서 식도 발성법이 전기인공후두 발성법보다 통계적으로 높은 수치를 나타내

주고 있다. 반면 기본주파수의 경우, 두 발성법 간에 나타난 평균의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 분석되지 않았다.

식도 발성법과 기관식도 발성법 간에 나타나는 jitter, shimmer, NHR의 평균 차이는 다음 <그림 1>를 통해 시각적으로 더욱 명확하게 비교할 수 있다.

4. 논의 및 결론

본 연구는 후두적출자들을 대상으로 그들의 세 가지 발성법인 전기인공후두, 식도발성법, 기관식도발성법에 따라 4가지 음향학적 측정치인 기본주파수, jitter, shimmer, NHR에서 집단 간 차이가 있는지 살펴보았다.

먼저 <표 2>을 살펴보면 식도발성의 경우 기본주파수가 176Hz로 나타나 기존 선행연구(최성희 등, 2003; 표화영 등, 1999)에 비해 높은 주파수가 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 검사자가 음성을 수집하기 전에 피험자에게 정상적인 발화 속도와 음도를 요청하였으나 정상화자들에 비해 초기 발성에 대해 어려움을 호소하는 경우가 있었다. 이에 기본주파수가 일관성 있게 높은 상태로 진행된 측면이 있어 이러한 결과가 도출된 것으로 판단된다. 또한 세 집단을 비교한 결과를 나타내는 <표 3>을 살펴보면 shimmer의 경우에서만 세 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 본 연구와 같이 세 집단을 통해 살펴본 기존연구가 부족하여 이 논문을 통해서만 원인을 밝히기에는 어려움이 있으나 본 연구의 대상자들을 전체적으로 분석해 볼 때 그룹간의 음도 조절에 적지 않은 차이점으로 인해 이러한 결과가 도출된 것으로 사료된다.

세 발성법의 음향학적 측정치 결과를 집단 간 비교하여 살펴보면 먼저 식도와 기관식도 발성법 간에는 총 4개의 변수에서 수치로는 약간의 차이가 있으나 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다. 이는 기존 선행 연구인 Bellandese et al.(2001)의 연구와 일치하는 결과로 음성의 산출이 근육의 탄력성과 공기역학의 상호작용에 의해 산출됨을 고려해 볼 때 식도와 기관식도 발성법 모두 인두식도부 분절(pharyngoesophageal segment)의 팔약근을 새로운 성대로 사용하여 발성한다는 점이 동일하게 작용하여 나타난 결과로 판단된다. 그러나 수치상으로 보았을 때 기관식도가 식도발성법 보다 jitter, shimmer, NHR에서 조금 낮은 수치가 나타났던 이유는 식도발성과 기관식도 발성시 새로운 성대로 인두식도 분절을 사용한다는 점은 동일하지만 식도 발성시 사용되는 공기는 인두식도부의 좁은 공간 안에 끌어들여진 적은 양의 공기인 반면, 기관식도 발성이 사용하는 공기는 기공(stoma)을 통해 끌어 들여진 폐의 공기임을 감안해 본다면 이 두 공기의 양은 차이를 보이게 된다. 그러므로 많은 양의 공기를 통해 보다 더 안정된 음성을 산출할 수 있는 기관식도 발성법이 식도 발성법 보다는 음질의 측면에서 조금 나은 결과를 나타내는 것이다(표화영 외,

1999).

식도 및 전기인공후두 발성법 간에는 확연한 차이를 발견할 수 있었는데, 그 결과를 살펴보면 jitter, shimmer 가 $p < .01$ 수준에서, NHR이 $p < .01$ 수준에서 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타났다. 기존 선행연구(최성희, 2004; Stajner-Katusic, 2006)에서도 보고된 바와 같이 전기인공후두 사용자는 정상인과 비슷한 음향학적 특성을 지닌다. 본 연구에서도 전기인공후두 화자의 음향학적 수치를 살펴보면 jitter는 .413, shimmer는 1.197, NHR는 0.141로 모두 정상 수치(jitter 1.04%, shimmer 3.81%, NHR 0.19)를 넘지 않게 나타났다. 반면 식도발성 화자의 음향학적 수치는 전기인공후두 화자보다 높게 나타나 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타났다. 이는 식도발성화자의 경우 후두 전적출술 후 성도의 변형과 음원 변화에 완벽히 적응하지 못하여 발화시 stoma를 통하여 소음이 발생하게 되는데, 이러한 소음이 외부로 방출되어 음향학적 측정치에 영향을 주었다고 판단된다. 그러나 전기인공후두는 식도발성법 보다 명료한 소리의 산출이 가능하고 사용면에서도 매우 용이하므로 이러한 요인들이 식도발성법과는 다르게 작용하여 정상인들의 수치와 비슷한 음향학적 수치가 나타나 전기인공후두와 식도발성 화자 집단 간 음향학적 수치가 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것으로 판단된다.

반면 기관식도 및 전기인공후두 발성법 간에는 총 4개의 음향학적 측정치 모두에서 두 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다. 앞서 제시하였지만 전기인공후두와 정상 화자 간의 음향학적 특성은 매우 비슷하게 나타난다. 기존 선행연구의 결과(표화영, 1999)에서도 나타났지만 기관식도 발성법의 경우 식도 발성의 경우 보다 정상군에 더욱 가까우며 양호한 발성 형태를 보인다. 따라서 식도 발성보다 조금은 정상군에 가까운 발성 형태를 보이는 기관식도 발성법은 정상군과 가까운 발성 형태를 보이는 전기인공후두와 평균의 차이가 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다고 판단된다.

지금까지 후두적출자들의 대표적인 세 가지 발성법인 전기인공후두, 식도발성법, 기관식도발성법에 따라 4가지 음향학적 측정치인 기본주파수, jitter, shimmer, NHR에서 집단 간 차이가 있는지 살펴보았는데 이는 각 발성법에 대한 상담 및 재활에 있어서 중요한 임상적 정보를 제공하는 데에 의의가 있다고 하겠다. 또한 최근 들어 후두암으로 진단되는 여성의 수가 증가(Eadie & Doyle, 2005)하고 있다고 하는데 이에 따라 성별에 따른 발성법 간의 음향학적 특성을 비교하는 연구도 후속 연구에 다루어 져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

As-Brooks, C., Beinum, F., Pols, L., & Hilgers, F. (2006).

- Acoustic signal typing for evaluation of voice quality in tracheoesophageal speech. *Journal of Voice*, 20(3), 355-368.
- Bellandese, M., Lerman, J., & Gilbert, H. (2001). An acoustic analysis of excellent female esophageal, tracheoesophageal, and laryngeal speakers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 1315-1320.
- Bhuta, T., Patrick, L., & Garnett, J. (2003). Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements. *Journal of Voice*, 18, 299-304.
- Brockmann, M., Drinnan, M., Stork, C., & Carding, P. (2009). Reliable jitter and shimmer measurements in voice clinics: the relevance of vowel, gender, vocal intensity, and fundamental frequency effects in a typical clinics task. *Journal of Voice*, 25(1), 44-53.
- Choi, S. H., Choi, H. S., Kim, H. S., Lim, S. E., Lee, S., & Pyo, H. Y. (2003). Analysis of acoustic characteristic of vowel and consonants production study on speech proficiency in esophageal speech. *Phonetics and Speech Sciences*, 10(3), 7-27.
(최성희, 최홍식, 김한수, 임성은, 이성은, 표화영 (2003). 식도발성의 숙련 정도에 따른 모음의 음향학적 특징과 자음 산출에 대한 연구. *말소리와 음성과학*, 10(3), 7-27.)
- Choi, S. H., Park, Y. J., Park, Y. K., Kim, T. J., Nam, D. H., Lim, S. E., Lee, S. E., Kim, H. S., Choi, H. S., & Kim, K. M. (2004). Development of neck-type electrolarynx Blueton and acoustic characteristics analysis. *Korean Society of Laryngology, Phonetics and Logopedics*, 15(1), 37-42.
(최성희, 박용재, 박영관, 김태정, 남도현, 임성은, 이성은, 김한수, 최홍식, 김광문 (2004). 경부형 전기인공후두 Blueton의 개발과 음향학적 성능 분석. *대한음성언어의학회지*, 15(1), 37-42)
- Dalatri, L., Bussu, F., Scarano, E., Paludetti, G., & Marchese, M. (2011). Objective and subjective assessment of tracheoesophageal prosthesis voice outcome. *Journal of Voice*, 26(5), 607-613.
- Debruyne, F., Delaere, P., Wouters, J., & Uwents, P. (1994). Acoustic analysis of tracheo-oesophageal versus oesophageal speech. *The Journal of Laryngology and Otology*, 108, 325-328.
- Dejonckere, P. H., Buchmann, L. C., & Marie, J. P. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of treatments and evaluating new assessment techniques. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), 77-82.
- Drinnan, M. J., & Carding, P. N. (2008). Voice loudness and gender effects on jitter and shimmer in healthy adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 1152-1160.
- Eadie, T. L., & Doyle, P. C. (2005). Quality of life in male tracheoesophageal speakers. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42(1), 115-124.
- Globlek, D., Simunjak, B., Ivkic, M., & Hedjever, M. (2003). Speech and voice analysis after near-total laryngectomy and tracheoesophageal puncture with implantation of provox 2 prosthesis. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 29, 84-86.
- Hodge, F., Colton, R., & Kelley, R. (2001). Vocal intensity characteristics in normal and elderly speakers. *Journal of Voice*, 15(4), 503-511.
- Kang, S. K. (1993). Clinical practices of patients with esophageal. *Hearing Impaired & Language Disorders*, 16(1), 47-56.
(강수균 (1993). 후두적출자 식도발성 훈련의 실제. *난청과 언어장애*, 16(1), 47-56.)
- Kang, S. K. (1994). Voice rehabilitation instrument of the laryngectomee. *Hearing Impaired & Language Disorders*, 17(1), 79-84.
(강수균 (1994). 후두 적출자의 음성 재활 기기. *난청과 언어장애*, 17(1), 79-84.)
- Kang, S. K. (1999). *A study on actual conditions relation to voice rehabilitation of the laryngectomee*. Ph.D. dissertation, Taegu University.
(강수균 (1999). 후두적출자의 음성재활을 위한 기초 연구, 대구대학교 박사학위 논문.)
- Kang, S. K. *Aerodynamic analysis of esophageal speech of the laryngectomees*. Ph.D. dissertation Taegu University.
(강수균 (2002). 후두적출자의 식도발성시 기류역학적 연구, 대구대학교 박사학위 논문.)
- Kazi, R., Singh, A., Al-mutairy, A., Cordova, J., O'leary, L., Nutting, C., Clarke, P., Evans, P., & Harrington, K. (2008). Electroglossographic analysis of valved speech following total laryngectomy. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 33, 12-21.
- Ma, E., & Yiu, E. (2006). Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *Journal of Voice*, 20(3), 380-390.
- Maccallum, J., Cai, L., Zhou, L., Zhang, Y., & Jiang, J. (2007). Acoustic analysis of aperiodic voice: perturbation and nonlinear dynamic properties in esophageal phonation. *Journal of Voice*, 23(3), 283-290.
- Most, T., Tobin, Y., & Mimran, R. (2000). Acoustic and perceptual characteristics of esophageal tracheoesophageal speech production. *Journal of Communication Disorder*, 33(2), 165-181.
- Orlikoff, R. F., & Baken, R. J. (1989). The effect of the heartbeat on vocal fundamental frequency perturbation. *Journal of*

Speech, Language and Hearing Research, 32, 576-582.

Pyo, H., Choi, H., Lim, S., & Choi, S. (1999). The comparison of the acoustic and aerodynamic characteristics of provox voice and esophageal voice produced by the same laryngectomee.

Phonetics and Speech Sciences, 5(1), 1999.

(표화영, 최홍식, 임성은, 최성희. (1999). 동일 후적자가 산출하는 기관식도 발성과 식도 발성에 대한 음향학적 및 공기역학적 특성 비교. 말소리와 음성과학, 5(1), 1994.)

Schoentgen, J. (1991). Qualitative evaluation of the discriminating performance of acoustic features in detecting laryngeal pathology. *Speech Communication*, 34, 460-472.

Stajner-Katusic, S., Horga, D., Musura, M., & Globlek, D. (2006). Voice and speech after laryngectomy. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(2/3), 195-203.

vans As, C., Hilgers, F., Leeuw, I., & Beinum, F. (1998). Acoustic analysis and perceptual evaluation of tracheoesophageal prosthetic voice. *Journal of Voice*, 12(2), 239-248.

Wong, J., & Ng, M. (2009). Voice onset time characteristic of esophageal, tracheoesophageal, and laryngeal speech of cantonese. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 780-789.

• **장효령 (Jang, Hyo-Ryung)**

한림대학교 대학원 언어청각학과

강원도 춘천시 한림대학길 1

Tel: 033-248-2227

Email: gyufd0601@hanmail.net

관심 분야: 음성학, 음성장애

• **심희정 (Shim, Hee-Jeong)**

한림대학교 대학원 언어청각학과

강원도 춘천시 한림대학길 1

Tel: 033-248-2227

Email: dpelgmlwjd@hanmail.net

관심 분야: 음성학, 음성장애

• **고도홍 (Ko, Do-Heung)**

한림대학교 언어청각학부 교수

강원도 춘천시 한림대학길 1

Tel: 033-248-2777

Email: dhko7@hallym.ac.kr

관심 분야: 음성과학, 음성장애