

동일 후적자가 산출하는 기관식도 발성(PROVOX<sup>®</sup> 발성)과  
식도 발성에 대한 음향학적 및 공기역학적 특성 비교\*

The Comparison of the Acoustic and Aerodynamic Characteristics of  
PROVOX<sup>®</sup> Voice and Esophageal Voice Produced by the Same  
Laryngectomee

표 화 영 · 최 홍 식 · 임 성 은 · 최 성 희\*\*

(H.-Y. Pyo · H.-S. Choi · S.-E. Lim · S.-H. Choi)

ABSTRACT

Our experimental subject was a laryngectomee who had undergone total laryngectomy with PROVOX<sup>®</sup> insertion, and learned esophageal speech after the surgery, so he could produce both PROVOX<sup>®</sup> voice and esophageal voice. With this subject's production of PROVOX<sup>®</sup> and esophageal voice, we are to compare the acoustic and aerodynamic characteristics of the two voices, under the same physical conditions of the same person.

As a result, the fundamental frequency of esophageal voice was 137.2 Hz, and that of PROVOX<sup>®</sup> was 97.5 Hz. PROVOX<sup>®</sup> voice showed lower jitter, shimmer and NHR than esophageal voice, which means that PROVOX<sup>®</sup> voice showed better voice quality than esophageal voice. In spectrographic analysis, the formation of formants and pseudoformants were more distinct in esophageal voice and several temporal aspects of acoustic features such as VOT and closure duration were more similar with normal voice in PROVOX<sup>®</sup> voice. During the sentence utterance, esophageal voice showed longer pause or silence duration than PROVOX<sup>®</sup> voice. Maximum phonation time and mean flow rate of PROVOX<sup>®</sup> voice were much longer and larger than esophageal voice, but mean and range of sound pressure level, subglottic pressure and voice efficiency were similar in the two voices. Glottal resistance of esophageal voice was much larger than PROVOX<sup>®</sup> voice which showed still larger glottal resistance than normal voice.

**Keywords :** PROVOX<sup>®</sup> voice, esophageal voice, aerodynamics, laryngectomee

---

\* 본 연구는 보건복지부에서 주관한 '98년도 선도기술 의료공학기술 개발사업의 지원 (HMP-98-G-3-062)에 의하여 이루어진 것임.

\*\* 연세대학교 의과대학 이비인후과교실 음성언어의학연구소

## I. 서 론

19세기 후반에 Billoth가 최초로 후두적출술을 실시한 이후, 이러한 환자들의 음성재활에 대한 연구는 지금까지도 활발히 진행되고 있다. 후두암 등으로 후두적출술을 받은 환자들, 즉 후적자들은 음성 산출만이 불가능할 뿐, 다른 언어상의 문제는 동반되어 있지 않은 경우가 대부분이다. 그렇기 때문에, 이러한 환자들은 수술을 받기 전처럼 일상대화에서 음성을 사용할 수 있기를 절실히 갈망하고 있으며, 따라서 항상 좀 더 정상에 가까운, 사용하기에 편한 발성법의 실현을 바라고 있다. 이에 부응하여 후두 역할을 대용할 수 있는 기기인 인공 후두나 기도 대신 식도로 공기를 끌어들이 발성을 할 수 있도록 하는 식도 발성법, 수술 후 완전히 2원화된 기도와 식도 사이에 분로(shunt)를 만드는 수술법과 여기에 보철기구(prosthesis)를 삽입하는 방법 등 여러 방법들이 고안되어졌다.

이러한 발성법 중 전통적으로 선호되어 왔던 발성법은 식도 발성법이며, 현재에 관심이 모여지고 있는 발성법은 기도와 식도 사이의 분로에 보철기구를 삽입하는 방법이다. 식도 발성법은 습득은 어려우나 일단 습득되면 특별한 생리학적 변화가 생기지 않는 한 지속적인 발성이 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 보철기구 삽입에 의한 발성법(기관식도 발성법)은 보철기구를 정기적으로 교체해 주어야 하거나 분비물이 샐 수 있다(leakage)는 단점이 있으나 습득하기가 쉽고 기도를 통한 기류 유입으로 보다 더 자연음에 가까운 산출을 가능하게 해 준다는 장점을 가지고 있다. 이 중 어느 방법이 더욱 정상음에 가깝게 들리고 정상인들이 선호하는지에 대한 연구는 부단히 계속되어 왔으나, 환자의 해부생리학적 상태에 따라 산출되는 음의 특성도 현저히 달라지기 때문에 객관적인 비교가 매우 어려운 단점이 있었다.

이에 본 논문은 분로에 삽입하는 보철기구 중 하나인 PROVOX®의 삽입 수술을 받고 이 기구에 의한 발성법을 습득함과 동시에, 후적자 음성재활 교실에서 식도 발성법도 습득하여 두 가지 발성법을 모두 사용하는 환자를 대상으로 하여, 그가 산출하는 두 가지 음성을 음향학적 및 공기역학적 측면에서 분석, 비교해 보고자 한다. 이러한 경우, 동일한 사람이 산출하는, 해부생리학적 상태가 완전히 같은 상태에서 발성된 음성을 분석, 비교하는 것이기 때문에 해부생리학적 상태가 다른 사람들간의 비교 분석과는 또 다른 의미를 찾아낼 수 있을 것으로 예상된다.

## II. 방 법

### 1. 환 자

검사의 대상이 된 환자는 42세 남자로서 '97년 11월 경 쉰 목소리를 주소로 본원 이비인후과 외래에 내원하였던 환자이다. 이때 성문암 3기 진단을 받고 1개월 후 후두전적출술(total laryngectomy), 경부 광척술(radical neck dissection), 갑상선 엽절제술(thyroid lobectomy)을 시술 받았으며, PROVOX®(#8.0)의 삽입도 이때 함께 실시되었다. '98년 2월부터 약 6주 반동안 방사선 치료를 받았으며, 그 후부터 지금까지 추후관찰(follow-up)이 계속되고 있다.

PROVOX<sup>®</sup>의 발성은 수술 후 신체 상태가 회복되면서부터 사용하기 시작했고, 식도 발성법은 방사선 치료가 끝난 '98년 3월 경 본원 후적자 음성재활교실에서 배우기 시작하여 약 두 개월간의 습득과정을 거쳤다고 한다. 따라서, 현재 PROVOX<sup>®</sup> 발성은 약 1년세 개월간 사용하여 왔으며 식도 발성은 약 1년간 사용하여 온 것으로 보고되었다. 현재는 식도 발성법보다는 PROVOX<sup>®</sup> 발성법을 주된 발성수단으로 사용한다고 보고하였다.

## 2. 검사 방법

산출된 음성의 음향학적 측면을 검사하기 위해서 CSL(Computerized Speech Lab, Kay Elemetrics, Co., Model No. 4300B) 중 CSL과 MDVP(Multidimensional Voice Program, Model No. 4305)가 사용되었다. 이를 통하여, 발화된 어음 재료의 시간적 변인들을 분석하고, 두 음성의 음질을 비교하기 위한 검사가 이루어졌다.

대상자가 발성한 두 가지 음성의 음질을 비교해 보기 위하여 평상시에 내는 것과 같은 높이와 크기로 '아'를 연장 발성하도록 하였는데, 이는 두 가지 발성법마다 각각 3회씩 반복 실시되었다. 대상자의 무의미 1, 2음절어 및 문장 수준에서의 발화를 spectrogram으로 분석하기 위해 주어진 목록을 편안한 크기와 속도로 읽도록 하였다. 무의미 1음절어에서 사용된 음절어의 형태는 CV(C: 자음, V: 모음)로, 모음은 'ㅏ'로 통일하였으며, 자음은 후적자들이 산출할 수 없는 'ㅎ'과 음가(音價)가 없는 첫소리의 'ㅇ'을 제외한 17개 자음(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㆁ, ㄷ, ㅌ, ㅍ, ㅊ, ㅍ, ㅆ, ㅈ)을 선정하였다. 무의미 2음절어의 형태는 VCV로, 무의미 1음절어의 앞에 '아' 음절을 첨가시킨 형태를 취하였고, 문장은 '산책(정옥란, 1993)' 문단 중 '시장에 가면 많은 구경거리가 있다.'를 택하였다. 마이크로폰과의 거리는 식도 발성시 음의 강도가 정상음보다 적어지는 점을 감안하여 3 cm의 거리를 유지하도록 하였다. 이 상태에서 첫 회에는 식도 발성으로, 제 2회에는 PROVOX<sup>®</sup> 발성으로 그 목록을 읽도록 하도록 하였고, 그 내용은 분석을 위해 컴퓨터에 저장되었다.

두 가지 음성의 공기역학적 검사를 위해서 Aerophone II Voice Function Analyzer (Kay Elemetrics Co., Model No. 6800) 중 Maximum Sustained Phonation과 Voice Efficiency가 사용되었다. 이를 통하여 발성시의 공기사용 상태와 그 효율성이 검사되었다.

Maximum Sustained Phonation 검사시에는 숨을 충분히 들이마신 후 마스크를 얼굴에 밀착시키고 '아'를 최대한 길게 발성하도록 하였는데, 이는 동일한 방법으로 각 발성법마다 3회씩 반복하도록 하였다. Voice Efficiency의 측정을 위해서는 압력감지 센서가 부착되어 있는 실리콘 튜브가 사용되었다. 마스크 안에 이 튜브를 삽입한 후 마스크를 얼굴에 밀착시키도록 하면서 센서가 부착되어 있는 튜브의 끝 부분이 입안의 가운데 빈 공간에 위치해 있도록 하였다. 그 후, 평상시의 발화대로 '이피피'를 약 1초간의 간격을 두어 3회 반복 발화하도록 하였으며, 이는 각 발성법마다 2회씩 실시되었다.

## 3. 분석 방법

음향학적 측면의 분석 중 음질에 대한 분석은 CSL 중 MDVP의 자체 분석 프로그램을 이용하여 이루어 졌다. 상대적으로 지속시간이 짧은 식도 발성의 경우는 발화된 전체 길이를 분석 대상으로 사용하였고, 좀 더 길게 지속된 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 채취된

자료 중 1초 내의 길이의 발성만 편집해 내어 이를 분석대상으로 하였다. 이의 분석을 통하여 각 발성법이 나타내는 기본 주파수( $f_0$ )와, 음도 변이율을 나타내는 jitter, 강도 변이율을 나타내는 shimmer, 그리고 정상음-잡음 비율을 나타내는 NHR을 측정할 수 있었다.

음향학적 측면 중 발화의 시간적 측면에 대한 분석은 CSL의 CSL 중에 있는 spectrogram 분석에 의해 이루어졌다. 대상자가 발화한 무의미 1, 2음절어에서는 전체 발화 시간, 모음 발화시 나타나는 각 음형대(formant)의 주파수 대를 공통적으로 분석하였고, 자음으로 인한 음형대의 변이(transition)가 나타나는지도 함께 관찰하였다. 자음 중 파열음에서는 특징적으로 나타나는 Voice Onset Time(VOT)을 측정하였으며, 무의미 2음절어의 경우에는 그 폐쇄기도 측정하였는데, 이때 그 경계가 모호하여 측정이 불가능한 경우에는 제외하였다. 파찰음과 마찰음의 경우에는 spectrogram에서 보여지는 특징적인 마찰잡음의 유무와 나타나는 주파수 대, 그리고 그 지속시간을 함께 측정하였다. 비음과 유음에서는 이들 특유의 가음형대(pseudoformant)가 형성되었는지의 유무를 관찰하였고, 형성되어 있을 경우 그 음형대의 주파수 대를 함께 측정하였다. 대상자의 문장 수준 발화에서는 전체 발화 시간과 발화 중 나타난 휴지(pause)의 횟수 및 그 길이를 측정하였다.

Aerophone II의 Maximum Sustained Phonation 검사를 통하여 발성시의 공기사용 측면을 분석하였다. 이를 위하여 채취된 발화 중 가장 지속시간이 길었던 회기의 발화를 선택하여 분석하였는데, 이때 자체 분석 프로그램을 통하여 최장발성지속시간(Maximum Phonation Time, 이하 MPT)과 평균 호기류율(Mean Flow Rate, 이하 MFR), 최대 호기류율(Maximum Flow Rate, 이하 Max. FR), 측정된 음의 강도(Sound Pressure Level, 이하 SPL)의 평균치와 그 범위를 측정하였다. 그리고, Aerophone II의 Voice Efficiency에서 자체 분석 프로그램을 통하여 각 발성시에 나타나는 최대 성문하압과 평균 성문하압, 평균 발성효율과 평균 성문저항을 측정, 비교하였다.

### III. 결 과

#### 1. 음향학적 비교, 분석

표 1은 대상자의 '아' 연장 발성시 나타난 음질 분석의 결과이다.

표 1. 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 MDVP 분석에 의한 음질 비교

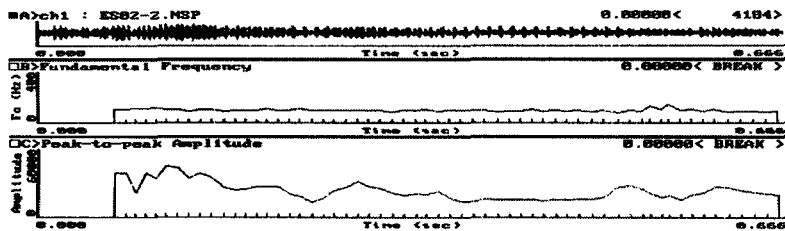
	항 목	제 1 회	제 2 회	제 3 회	평 균
식도 발성	F0 (Hz)	132.0	108.5	171.2	137.2
	Jitter (%)	8.922	9.632	7.294	8.616
	Shimmer (%)	15.944	15.168	18.546	16.553
	NHR	0.7524	0.3283	0.8012	0.6273
PROVOX <sup>™</sup>	F0 (Hz)	85.7	94.4	112.3	97.5
	Jitter (%)	0.881	0.742	0.800	0.808
	Shimmer (%)	6.698	5.730	6.521	6.316
	NHR	0.2248	0.2850	0.1725	0.2274

여기서 분석된 식도 발성의 산출 지속시간은 평균 0.50초(범위: 0.24~0.74)였고,

PROVOX<sup>®</sup> 발성은 평균 1.05초(범위: 1.01~1.08)였다<sup>1)</sup>. 위에서 보는 바와 같이, 식도 발성 산출시의 F0가 PROVOX<sup>®</sup>의 F0보다 39.7 Hz 높은 경향을 보였는데, 최저 기본 주파수와 최고 기본 주파수의 수치를 이용해서 판단할 수 있는 기본 주파수의 범위는 식도 발성의 경우, 79.7~269.8 Hz였고, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우는 78.1~115.0 Hz로 그 폭은 식도 발성의 경우가 훨씬 더 컸다. 이때 식도 발성에서 나타난 기본 주파수의 표준편차는 그 평균값이 17.6 Hz, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 2.7 Hz로, 역시 식도 발성이 압도적으로 큰 수치를 보였다.

Jitter의 잠정적 정상치를 1.0~1.5 % 이내로 볼 때 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 평균 수치가 0.808 %라는 정상적인 수치를 보인 반면, 식도 발성의 경우는 8.616 %로 기본 주파수의 변동폭이 상당히 큰 것으로 나타났다. 이러한 경향은 shimmer에서도 나타나고 있는데, shimmer의 잠정적 정상치를 2.0~2.5 %로 볼 때, 이 경우에는 jitter에서와는 달리 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서도 그 수치가 정상 범위를 상회하는 수치를 보임을 알 수 있었다. 그러나 식도 발성의 16.553 %는 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 평균치인 6.316 %보다 10.237 %나 높은 수치로 그 비정상성이 매우 높은 것으로 나타났다. jitter와 shimmer의 이러한 결과는 그림 1에서 볼 수 있는 기본 주파수와 강도 변화의 추이를 보여주는 그래프에서 확실히 알 수 있다. 여기에서 보듯이, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 기본주파수의 변화는 정상인의 경우처럼 일직선에 가까운 모양을 보이는 반면 식도 발성의 경우는 중반부나 후반부에 그 변동 폭이 급격함을 관찰할 수 있다. 강도의 변화도 식도 발성에서 좀 더 급격하며, 특히 발성 초반부에 그 양상이 좀 더 급변함을 알 수 있다.

(식도 발성)



(PROVOX<sup>®</sup>발성)

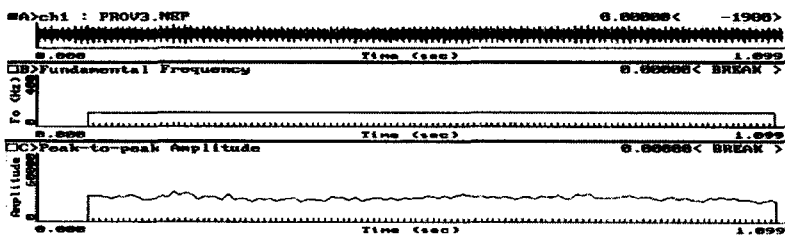
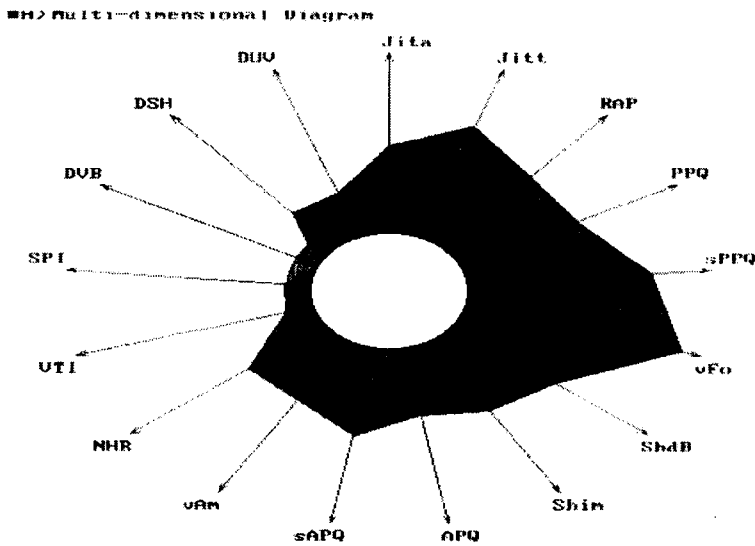


그림 1. 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성시의 기본 주파수 및 강도 변화 추이 그래프

1) 앞서 말한 바와 같이 식도발성의 경우는 산출된 발성을 모두 분석 대상으로 한 반면 PROVOX<sup>®</sup> 발성은 전체 발성 중 1.0초를 전후하여 편집한 일부를 그 분석 대상으로 하였기 때문에 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 전체 길이가 1초 정도였다는 것은 아니다.

위에서 본 음질 분석의 결과는 그림 2에서 좀 더 집약적으로 관찰할 수 있다. 이 그래프는 각각 마지막으로 산출되었던 식도 발성 및 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 음질 상태를 그래프로 나타낸 것인데, 정상 범위의 원이 좀 더 클수록 음질이 양호하다는 분석 특성을 감안해 볼 때 식도 발성보다는 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우가 더 양호한 음질을 보임을 알 수 있다.

(식도 발성)



\* 빗금 부분의 원은 정상 범위를 나타냄  
 검은 색으로 채워져 있는 비정형의 부분은 대상자의 음질 상태를 말함  
 (PROVOX<sup>®</sup> 발성)

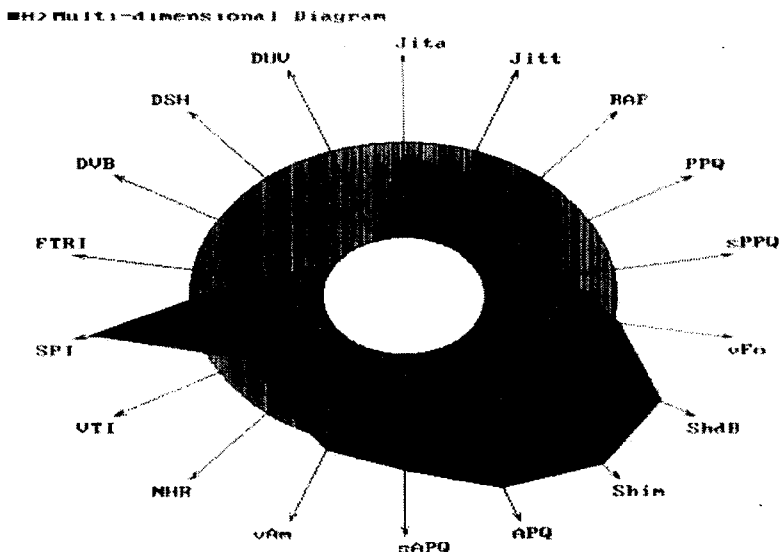


그림 2. 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 음질 상태 비교 그래프

표 2는 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성으로 산출한 파열음이 포함되어 있는 무의미 1, 2 음절어에 대한 spectrogram 분석의 결과이다.

표 2. C=파열음인 경우의 spectrogram 분석 결과

	항 목	식 도 발 성		PROVOX <sup>®</sup> 발성	
		C V	V C V	C V	V C V
ㄱ	VOT(초)	측정 불가능	측정 불가능	측정 불가능	0.0171
	폐쇄기(초)	-	0.0882	-	0.0608
	전체 지속시간(초)	0.2321	0.3975	0.3769	0.6151
	음형대 변이 유무	무	유(약함)	무	유
ㄲ	VOT(초)	0.012		0.0182	0.0323
	폐쇄기(초)	-	제외(*)	-	0.2248
	전체 지속시간(초)	0.2063		0.3127	0.6335
	음형대 변이 유무	유(약함)		무	무
ㅋ	VOT(초)	측정 불가능	0.0343	0.022	0.0533
	폐쇄기(초)	-	0.2022	-	0.1706
	전체 지속시간(초)	0.3199	0.4803	0.2895	0.6084
	음형대 변이 유무	무	무	무	무
ㄴ	VOT(초)	0.0071	0.0120	0.0098	0.0144
	폐쇄기(초)	-	0.0760	-	0.0669
	전체 지속시간(초)	0.2992	0.4134	0.2922	0.5896
	음형대 변이 유무	무	유	유	유(약함)
ㄷ	VOT(초)	0.0065		0.0126	0.0080
	폐쇄기(초)	-	제외(**)	-	0.3036
	전체 지속시간(초)	0.3395		0.3172	0.6641
	음형대 변이 유무	유		무	유(약함)
ㄸ	VOT(초)	0.0057	측정 불가능	0.0096	0.0090
	폐쇄기(초)	-	0.2324	-	0.2992
	전체 지속시간(초)	0.3439	0.5556	0.3201	0.8152
	음형대 변이 유무	무	유(약함)	무	유(약함)
ㄹ	VOT(초)	0.0021		0.0418	0.0228
	폐쇄기(초)	-	제외(*)	-	0.0690
	전체 지속시간(초)	0.1955		0.3435	0.6521
	음형대 변이 유무	무		무	유
ㅁ	VOT(초)	측정 불가능		0.0104	측정 불가능
	폐쇄기(초)	-	제외(*)	-	0.1862
	전체 지속시간(초)	0.2949		0.2896	0.5678
	음형대 변이 유무	유		무	무
ㅂ	VOT(초)	측정 불가능	0.0181	0.0442	0.0419
	폐쇄기(초)	-	0.2040	-	0.2056
	전체 지속시간(초)	0.2782	0.5091	0.3495	0.6969
	음형대 변이 유무	유(약함)	무	무	무

\* 해당 자음을 어말음과 같은 소리로 산출하였으므로, 제외(예: '아가' - '악'처럼 산출)

\*\* '아뜨아'와 같은 소리로 산출되었으므로, 제외

무의미 1음절어(CV)에서 나타난 음형대의 주파수 대는 식도 발성의 경우, 제 1음형대가 평균 964 Hz에서 나타났으며, 제 2음형대는 식별될 정도로 형성되지 않은 '가'를 제외했을 경우 평균 1,417 Hz에서 나타났다. 제 3음형대는 매우 약하고 비주기적인 경우가 많았는데, 제 2음형대와 마찬가지로 식별이 불가능했던 '가'를 제외한 상태에서 볼 때 이 음형대는 평균 2,945 Hz에서 나타났다. PROVOX<sup>®</sup> 발성은 이 경우, 제 1음형대가 형성되지는 하였으나 다른 음형대와의 구분이 어려운 '가'와 '카', '까', '따', '빠', 음형대가 형성되지 않았던 '바'와 '파'를 제외하였을 때 제 1음형대는 평균 1,002 Hz에서 나타난 것을 알 수 있었다. 같은 이유로 7 개 자음을 제외하였을 때 제 2음형대는 평균 1,426 Hz에서 나타났고, 제 3음형대는 '다, 카, 까, 빠'의 네 개 자음에서 평균 2,960 Hz에 분포하는 것으로 나타났다. '바, 파'에서는 음형대로 분류할 만한 부분이 나타나지 않았으며, '가, 카, 까, 따, 빠'는 제 1음형대와 제 2음형대가 거의 혼재되어 있는 상태로 그 구분이 명확하지 않았으며, '타'와 '파'의 경우는 제 3음형대의 명확한 구분이 어려웠다. 각 음형대 별로 비교해 볼 때 큰 차이가 없기는 하나 식도 발성의 경우가 PROVOX<sup>®</sup> 발성보다 약간 높은 것으로 나타났다. 여기서 보는 바와 같이, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 식도 발성의 경우보다 음형대 형성이 매우 부족한 것으로 나타났으며, VOT는 두 발성법 모두 측정 가능했을 때를 비교해 보면 모두 PROVOX<sup>®</sup> 발성법에서 더 길게 나타났다. 전체 음절 지속시간은 전반적으로 식도 발성에서 더 길었고, 자음의 영향에 의한 음형대의 변이는 식도 발성에서 좀 더 명확하게 나타날 때가 많았다.

무의미 2음절어의 경우, 식도 발성에서는 제 1음형대가 1,009 Hz에서, 제 2음형대는 1,486 Hz에서 나타났는데, 이 경우 분석에서 제외되었던 '아바, 아까, 아따'는 포함하지 않은 수치들이다. 제 3음형대는 분석에서 제외된 세 개 음절어들과 더불어, 매우 약하고 비주기적이어서 측정할 수 없었던 '아다, 아카, 아타'를 제외하였을 때 '아가, 아파'에서만 측정 가능하였고, 이때의 평균 주파수 대는 2,809 Hz인 것으로 나타났다. PROVOX<sup>®</sup>로 발성된 VCV 음절어의 경우에는 제 1음형대가 평균 927 Hz에서, 제 2음형대는 1,384 Hz에서 나타났는데 이때 제외된 음절어는 없었다. 제 3음형대는 형성되지 않거나 불분명한 '아다, 아까, 아따, 아빠'를 제외하였을 때 평균 2,910 Hz에서 관찰되었다. VCV 음절어에서는 CV 음절어의 경우와는 달리, 그 차이가 크지는 않다고 하더라도, 식도 발성보다 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 약간 낮은 주파수 대를 보였다. 여기에서 보는 바와 같이 VCV 음절어의 경우에는 식도 발성보다 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 더욱 양호한 음형대 형성을 보였다. 두 경우 모두 측정 가능했을 때의 VOT는 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 모두 더 긴 것으로 나타났으며, 폐쇄기는 두 발성법 사이에서 큰 차이를 보이지 않았다. 자음 영향에 의한 음형대의 변이 유무는 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 더욱 큰 것으로 나타났다.

CV 음절 형태로 산출된 식도 발성의 경우 제 1음형대는 둘 다 985 Hz에서 산출되었고, 제 2음형대는 평균 1,849 Hz에서, 제 3음형대는 2,964 Hz에서 나타났다. PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 제 1음형대가 777 Hz, 제 2음형대가 1,339 Hz에서 관찰되었으며, 제 3음형대는 '싸'에서는 관찰되지 않았고 '사'에서만 3,024 Hz에서 나타난 것으로 분석되었다. 여기에서 보는 것처럼 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 식도 발성보다 현저히 낮은 음형대를 보이고 있는데, 이는 대상자가 '싸'의 발화시 억눌린 듯한 음성으로 발화했기 때문인 것으로 판단된



다. 식도 발성에서는 마찰음의 특징적인 마찰잡음이 전혀 나타나지 않은 반면, PROVOX<sup>®</sup> 발성에서는 자음의 영향에 의한 음형대 변이가 나타나지 않았다.

VCV 음절 형태에서는 식도 발성의 경우, ‘아사’가 분석에서 제외되었기 때문에 ‘아싸’만으로 분류해 보면, 제 1음형대는 984 Hz, 제 2음형대는 1,503 Hz, 제 3음형대는 2,973 Hz에서 관찰되었다.

표 3은 마찰음의 경우를 분석한 결과를 요약한 것이다.

표 3. C=마찰음인 경우의 spectrogram 분석

	항 목	식 도 발 성		PROVOX <sup>®</sup> 발 성	
		C V	V C V	C V	V C V
ㅅ	마찰 잡음 유무	무	제외(*)	유(약함)	무
	마찰 잡음 주파수대(Hz)	무		2,000 Hz 이상	무
	마찰 잡음 지속시간(초)	0.2968		0.1090	무
	전체 지속시간(초)	무		0.3677	0.6254
	음형대 변이 유무			무	유
ㅆ	마찰 잡음 유무	무	무	유	유
	마찰 잡음 주파수대(Hz)	무	무	1,300 Hz 이상(**)	2,200Hz 이상
	마찰 잡음 지속시간(초)	0.3092	0.6307	0.0793	0.1136
	전체 지속시간(초)	유(약함)	유	0.1620	0.6012
	음형대 변이 유무			무	유

\* ‘알’처럼 산출되었으므로, 제외 / \*\* 억누르는 듯한 음성으로 산출되었음

PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 959 Hz, 1,477 Hz에서 각각의 음형대가 관찰되었는데, 제 3음형대는 ‘아사’의 경우에는 관찰되지 않았으며 ‘아싸’의 경우에는 3,000 Hz대에서 나타나기는 했으나, 제 2음형대와의 경계가 모호하여 분석할 수 없었다. PROVOX<sup>®</sup> 발성 중 ‘아싸’에서만 특징적인 마찰 잡음이 관찰되었으며 ‘ㅅ’에서는 식도 발성의 전체 지속시간이 더 짧았으나 ‘ㅆ’에서는 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 지속시간이 더 길었다.

표 4는 파찰음을 spectrogram으로 분석한 결과이다.

식도 발성으로 발화된 CV 음절에서, 제 1음형대의 경우는 1,019 Hz, 제 2음형대는 1,520 Hz, 제 3음형대는 평균 2,926 Hz에서 각각 나타났다. VCV 음절에서는 제 1음형대와 제 2음형대의 경우 각각 950 Hz와 1,659 Hz에서 제 1, 제 2음형대가 나타났으나 이 경우에는 정확한 음형대가 형성되지 않은 ‘아차’를 제외한 경우였고, 제 3음형대는 ‘아자, 아차’에서 측정이 불가능하였으므로, ‘아짜’에서 나타난 3,007 Hz의 경우만 알 수 있었다.

표 4. C=파찰음인 경우의 spectrogram 분석

	항 목	식 도 발 성		PROVOX <sup>®</sup> 발 성	
		C V	V C V	C V	V C V
ㄷ	마찰 잡음 유무	유	유	유	유
	마찰 잡음 주파수대(Hz)	2,368 Hz	3,000 Hz	2,000 Hz	3,000 Hz
	마찰 잡음 지속시간(초)	이상	이상	이상	이상
	전체 지속시간(초)	0.0451	0.0288	0.0540	0.0332
	음형태 변이 유무	0.3797	0.4290	0.2678	0.6245
		유	유	유	유
ㄸ	마찰 잡음 유무	무	유	유	유
	마찰 잡음 주파수대(Hz)	무	3,284 Hz	1,500 Hz	2,200 Hz
	마찰 잡음 지속시간(초)	무	이상	이상	이상
	전체 지속시간(초)	0.3836	0.0220	0.0694	0.0383
	음형태 변이 유무	유(약함)	0.5725	0.3778	0.6179
			유	유	유
ㄷㄷ	마찰 잡음 유무	무	유	유	유
	마찰 잡음 주파수대(Hz)	무	2,000 Hz	1,000 Hz	1,800 Hz
	마찰 잡음 지속시간(초)	무	이상	이상	이상
	전체 지속시간(초)	0.2937	0.0355	0.0521	0.0295
	음형태 변이 유무	유(약함)	0.6359	0.3397	0.5309
			무	유	유

PROVOX<sup>®</sup> 발성에서의 제 1음형대는 CV 음절어에서 967 Hz, VCV 음절어에서는 933 Hz였고, 제 2음형대는 CV의 경우 1,498 Hz, VCV의 경우에는 1,515 Hz에서 나타났으며 제 3음형대는 두 음절어에서 모두 나타나지 않았다. 표에서 보듯 파찰음에서는 마찰음의 경우보다 특징적인 마찰잡음이 더 높은 빈도수로 관찰되었다. 특히 PROVOX<sup>®</sup> 발성은 모든 음절어에서 관찰되었는데, 전반적으로 분포되어 있는 주파수 대는 식도 발성이 좀더 높았고, 그 지속시간은 전반적으로 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더 길었다. 파찰음에 의한 음형태의 변이도 마찰음보다 더 빈번하게 관찰되었는데, 그 정도는 두 발성법이 서로 유사한 결과를 보였다.

표 5는 비음과 유음의 분석 결과를 보여주고 있다.

비음의 산출시, 식도 발성의 경우, 제 1음형대가 CV 형태에서는 942 Hz에서, VCV 형태에서는 916 Hz에서 나타났으며, 제 2음형대는 CV에서는 1,634 Hz, VCV에서는 '아마'의 경우에는 형성되지 않았기 때문에 '아나'의 1,642 Hz만 관찰할 수 있었다. 제 3음형대는 CV 음절어의 경우 3,007 Hz에서 관찰되었는데, VCV 음절어에서는 이 음형대가 관찰되지 않았다. 유음의 산출시, '라'에서는 각각 933 Hz, 1,503 Hz, 2,903 Hz에서 제 1, 2, 3 음형대가 관찰되었고, '아라'에서는 950 Hz, 1,503 Hz에서 각각 제 1, 2 음형대가 관찰되었으며, 제 3음형대는 측정이 불가능하였다.

표 5. C=비음과 유음인 경우의 spectrogram 분석

	항 목	식 도 발 성		PROVOX <sup>®</sup> 발 성	
		C V	V C V	C V	V C V
ㄴ	가음형대의 형성 유무	유	유	무	무
	가음형대의 주파수 대	F1: 400 Hz	F1: 310 Hz F2: 1,710 Hz	무	무
	전체 지속시간	0.4168	0.3678	0.3732	0.6203
ㄹ	가음형대의 형성 유무	유	유	유	유
	가음형대의 주파수 대	F1: 400 Hz	F1: 293 Hz F2: 1,123 Hz	F1: 190Hz	F1: 224 Hz F2: 1,158 Hz
	전체 지속시간	0.3572	0.3400	0.4314	0.6352
ㄷ	가음형대의 형성 유무	유	유	유	무
	가음형대의 주파수 대	F1: 400 Hz	F1: 293 Hz	F1: 259 Hz	무
	전체 지속시간	0.2535	0.4255	0.4055	0.5778
	가음형대의 형성 유무	유	유	유	유
	가음형대의 주파수 대	F1: 400 Hz	F1: 293 Hz	F1: 259 Hz	무
	전체 지속시간	0.2535	0.4255	0.4055	0.5778

PROVOX<sup>®</sup> 발성으로 비음을 산출하였을 때, CV 음절어의 경우에는 890 Hz에서 제 1 음형대가, 1,365 Hz에서 제 2음형대, 그리고 2,964 Hz에서 제 3음형대가 관찰되었고, VCV 음절어의 경우에는 제 1음형대가 907 Hz에서, 제 2음형대가 1,478 Hz에서, 제 3음형대가 '아마'에서만 3,163 Hz에서 나타나는 것으로 관찰되었다. 유음의 산출시, '라'에서는 967 Hz, 1,469 Hz에서 제 1, 2음형대가 관찰되었고, 제 3음형대는 관찰되지 않았으며, '아라'에서는 제 1, 2, 3음형대가 각각 950 Hz, 1,486 Hz, 3,007 Hz에서 나타났다. 비음과 유음의 특징적인 가음형대의 형성은 식도 발성에서는 모두 나타났으나 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서는 1/3의 빈도로만 나타났다. 이 가음형대가 분포하는 주파수 대는 'ㄹ'에서는 두 발성법에서 서로 유사한 분포를 보였으나 다른 경우에는 대체로 식도 발성의 경우가 더 높았다. 전체 지속시간은 전반적으로 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우가 더욱 길었으나 전반적인 음형대의 주파수 분포는 앞서의 자음들과 마찬가지로 두 발성법간에서 큰 차이가 나타나지 않았다.

이처럼 무의미 1, 2음절어에서 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성을 비교해 볼 때 음형대와 관련된 결과들은 식도 발성이 보다 더 정상군에 가까운 반면 시간적 측면의 분석 결과들은 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더 정상군에 가까움을 알 수 있었다.

그림 3은 '시장에 가면 많은 구경거리가 있다.'는 문장을 평상시와 같은 발화 속도로 읽었을 때의 spectrogram으로 윗 부분의 두 창이 식도 발성의 경우이고 아랫부분의 두 창이 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우이다.

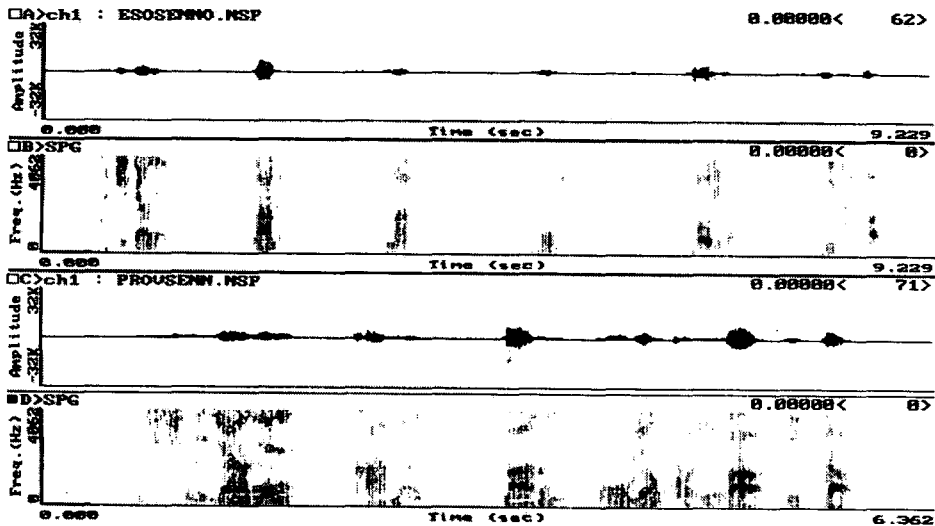


그림 3. 문장 발화시의 spectrogram 분석

위의 비교 그림에서 보는 바와 같이 식도 발성의 경우는 전반적으로 강도가 약하게 나타나는 반면 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우는 식도 발성과 비교해 볼 때 좀 더 뚜렷한 형태를 보임을 알 수 있다. 문장 발화의 경우 식도 발성으로 발화했을 때는 8.6694초의 시간이 걸렸으며 이때 어절 중간에 휴지(pause)가 삽입된 횟수는 5회였고 이때 이 휴지기의 총 지속시간은 5.5309초로 전체 발화 중 64 %를 차지했다. PROVOX<sup>®</sup> 발성의 총 지속시간은 5.0871초였고, 휴지는 4회 삽입되었으며 이때의 휴지기는 총 1.3709초였고 이는 전체 발화 중 27 %에 해당되는 비율이었다.

표 6은 Aerophone II를 이용하여 분석한 공기역학적 특성과 발성의 효율성에 대한 결과를 집약하여 보여주고 있다.

Maximum Sustained Phonation 검사 결과를 보면 MPT는 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 압도적으로 길게 나타났으나 Max. FR과 MFR의 차이로 판단할 수 있는 공기 배출의 일관성은 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 그 차이가 식도 발성의 50 ml/sec보다 97 ml/sec나 더 큰 147 ml/sec의 차이를 보여 그 일관성은 떨어짐을 나타냈다. 두 발성법에서 모두 MFR은 정상 범위(70~140 ml/sec)에 크게 못 미침을 알 수 있으며 그 정도는 식도 발성에서 좀 더 큰 차이를 보였다. 평균 SPL에 있어서는 두 발성법에서 큰 차이가 나타나지 않았으나 그 범위는 식도 발성이 좀 더 좁은 것을 알 수 있다.

Voice Efficiency 검사 결과를 볼 때, 최대 성문하압이나 평균 성문하압, 그리고 발성 효율은 두 발성법에서 대체로 비슷한 수치를 보였는데, 이 수치들은 대체로 정상 수치보다는 낮은 수치들이었다. 정상인들의 평균 성문하압이 대체로 3~10 cm H<sub>2</sub>O임을 감안할 때 이 두 가지의, 성대를 이용하지 않은 발성법은 모두 비교적 정상적인 성문하압을 보임을 알 수 있다. 발성 효율은 정상인의 경우 평균적으로 14.43 ppm의 수치를 보인다고 할 때

식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성은 정상인에 비해 현저히 낮은 효율성을 보였다. 성문 저항에서는 식도 발성에서 그 차이가 PROVOX<sup>®</sup> 발성과 비교하여 1,000 Ns/m<sup>5</sup> 이상이 날 정도로 상당히 큰 수치를 보였는데, PROVOX<sup>®</sup> 발성도 정상 범주인 17 Ns/m<sup>5</sup>에 비교하면 현저히 높은 수치를 보였지만 식도 발성은 이보다도 더욱 큰 수치를 보이고 있었다.

표 6. 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 공기역학적 측면의 분석, 비교 결과

	항 목	식도 발성의 측정치	PROVOX <sup>®</sup> 발성의 측정치
Maximum Sustained Phonation 검사	M P T (초)	0.600	10.000
	M F R (ml/sec)	28	55
	Max. FR (ml/sec)	78	202
	평균 SPL (dB)	76.4	75.5
	SPL 범위 (dB)	30.2 (52.0 - 82.2)	37.4 (50.0 - 87.4)
Voice Efficiency 검사	최대 성문하압 (cmH <sub>2</sub> O)	49.60	46.17
	평균 성문하압 (cmH <sub>2</sub> O)	8.81	8.28
	발성 효율 (ppm)	5.67	5.12
	성문 저항 (Ns/m <sup>5</sup> )	1710.43	144.88

#### IV. 고 찰

식도 발성은 전통적으로 인식되어 온 후두적출자의 음성재활 방법인 반면, 기관식도 발성법은 의학의 발전, 특히 의용공학의 발전과 더불어 부각되어 온 방법이고 이 발성법은 1979년에 Blom과 Singer가 기도와 식도를 연결하는 분로에 삽입할 수 있는 보철기구를 고안해 내면서 획기적인 전기를 맞이하게 되었다. 이러한 보철기구들은 Blom-Singer<sup>®</sup> 보철기구 이후에 꾸준히 고안, 발표되어 왔는데 이 중에는 Nijdam<sup>®</sup> 보철기구나 Groningen<sup>®</sup> 보철기구, 또는 본 논문에서 언급된 PROVOX<sup>®</sup> 보철기구들이 많이 사용되어 왔다. 이중 PROVOX<sup>®</sup> 보철기구는 기류 저항이 낮고 외래에서 쉽게 교체할 수 있으며 장기간 사용이 가능하므로 널리 사용되어지고 있는데, 그 음성의 질(quality)이나 명료성에 대해서는 지속적인 연구가 이루어지고 있다.

위의 두 가지 발성법을 모두 사용하는 환자가 산출하는 각각의 소리를 음향학적인 측면에서 분석하여 보았을 때, 먼저 음질적인 측면에서는 식도 발성보다 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더욱 양호한 음질을 보임을 알 수 있었다. 음성의 산출이 근육의 탄력성과 공기역학의 상호작용에 의해 산출됨을 고려해 볼 때 인두식도부 분절(pharyngoesophageal segment)의 괄약근을 새로운 성대로 사용하여 발성한다는 점에 있어서는 PROVOX<sup>®</sup> 발성과 식도 발성이 같은 양상을 보이고 있다. 그러나, 식도 발성시 사용되는 공기는 인두식도부의 좁은 공간 안에 끌어들여진, 적은 양의 공기인 반면, PROVOX<sup>®</sup> 발성이 사용하는 공기는 기관

공(stoma)을 통해 끌어들이진 폐의 공기임을 감안해 본다면 이 두 공기의 양은 현저한 차이를 보이게 된다. 그러므로 많은 양의 공기를 통하여 보다 더 안정된 음성을 산출할 수 있는 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더 나은 음질을 보이게 되는 것은 당연한 일일 것이다.

일상적으로 비후두적인 발성(alaryngeal speech)의 경우에는 그 기본 주파수가 높을수록 정상인들에게 더욱 수용적이며 보다 더 자연스럽게 들리는 것으로 판정 받는 경우가 일반적이다. 이는 새로운 성대, 즉 신성대의 역할을 하는 인두식도부 분절이 근본적으로 발성을 위한 기관이 아니므로 성대만큼의 진동수를 확보할 수 없기 때문에 발생하는 사실인데, 본 실험 결과에 의하면 기본 주파수는 식도 발성의 경우가 PROVOX<sup>®</sup> 발성보다 상당히 높은 것으로 나타났으며 그 수치는 정상적인 후두를 가진 남성의 경우와 유사했다. 그럼에도 불구하고 제반적인 음질은 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더 양호했으며 특히 jitter는 완전히 정상적인 수치를 보이고 있었고, shimmer는 식도 발성의 경우보다 10% 이상 낮은 수치를 보이고 있었다. 따라서 비후두 발성자(alaryngeal speaker)의 음성 상태의 수용성을 음향학적 측면에서 객관적으로 파악하고자 한다면 기본 주파수의 절대적인 수치뿐만 아니라 그 변이의 양, 그와 더불어 음질에 영향을 미치는 제반 요소들을 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

식도 발성자들의 자음 명료도를 파악해 볼 때, 이들은 활용할 수 있는 공기량의 절대적인 부족으로 말미암아 마찰음의 산출을 가장 어려워하는데, 이러한 상태는 본 실험에서도 확실히 나타나고 있다. 식도 발성에 의한 'ㅅ, ㅆ' 산출을 spectrogram으로 분석해 보았을 때 정상인의 경우 특징적으로 나타나는 마찰 잡음이 전혀 나타나지 않았다는 데에서도 알 수 있다. 반면 식도 발성의 경우보다 현저히 많은 공기량으로 산출되는 PROVOX<sup>®</sup> 발성은 분석된 네 개 음절어 중 세 개 음절어에서 이러한 마찰 잡음이 형성되는 것이 관찰되었다. 이러한 경우는 마찰적 성향을 가지고 있는 파찰음에서도 비슷한 결과를 보였다.

Qi와 Weinberg는 1995년에 발표한 그들의 논문에서 식도 발성은 voicing의 시작이 비교적 일찍 나타나는 것으로 보고하였는데, 본 실험 결과에서도 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우보다 식도 발성의 경우에 전반적으로 더 짧은 VOT를 보이는 것으로 나타났으며 VOT 자체를 측정할 수 없는 경우도 많았다. 이에 비하여 폐쇄기는 상대적으로 식도 발성에서 더욱 길게 나타났는데, 이것은 부족한 공기량 때문에 파열음을 산출할 수 있을 만한 적절한 공기압력을 형성하는 데에 보다 더 많은 시간이 할애되기 때문인 것으로 판단된다. VCV 음절 형태의 파열음을 발음할 때, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우에는 제외된 음절어가 전혀 없었던 반면, 식도 발성의 경우에는 1/2에 가까운 네 개 음절어가 목표음과는 다른 음으로 산출되어 제외되었다. 이 경우는 마지막 음절의 산출시 그 모음을 산출하기에 충분한 공기량이 뒷받침되지 않아 '아' 모음이 자음에 첨가되지 못하면서 본래 어중-음절초음(syllable initial)인 자음이 어말음(word final)화됨으로써, '아박'의 경우 '압'과 같은 식으로 산출된 것으로 판단된다. 이는 식도 발성의 자체적인 문제, 즉 충분한 공기량이 뒷받침되지 못한다는 문제 외에 대상자 자신의 식도 발성에 대한 숙련도와의 관련이 있을 것으로 보인다. 식도 발성의 경우 절대적인 공기량이 부족한 것은 사실이나 숙련된 발성자들은 그 공기를 적절히 활용하여 좀 더 긴 발화를 할 수 있기 때문에 본 실험의 대상자가 2음절을 충분히 발음할 수 없었다는 것은 평상시에 PROVOX<sup>®</sup> 발성을 주로 사용함으로써 식

도 발성을 숙련시킬 기회가 적었다는 사실을 반영하고 있는 것으로 볼 수 있다.

비음과 유음의 특성은 특징적인 가음형대가 형성된다는 사실로 이는 모음의 경우보다는 강도가 약하고 낮은 주파수 대에서 형성되는 음형대를 말한다. 이 두 종류의 자음들이 그 공명도(sonority)에 있어 모음과 유사한 성질을 보이기 때문에 이러한 음형대를 형성하게 되는데, 비후두 발성이 정상인의 발성에 가까울수록 이 음형대가 보다 더 전형적인 형태로 생기게 될 것이다. 본 실험 결과에 비추어 보면 PROVOX<sup>®</sup> 발성보다는 식도 발성에서 그 양상이 더 빈번하게 나타났고 특히 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 제 2음형대까지 형성되는 경우는 가음형대가 형성된 ‘마, 아마, 라’ 중에서 ‘아마’의 한 음절어에서만 나타났을 뿐이었다. 이에 비해 식도 발성에서는 여섯 개 음절어에서 모두 가음형대가 형성되었고 이 중 1/2인 세 개 음절어에서 제 2음형대까지 형성되는 결과를 보여, 비음이나 유음의 경우에는 기관식도 발성보다 식도 발성이 더 정상음에 가까운 형태를 보임을 알 수 있었다.

Shipp(1967)은 식도 발성을 잘 하는 후적자일수록 휴지나 침묵(silence)의 시간이 짧다고 보고하였는데, 이는 인두식도부에 공기를 끌어들이는 시간이 길수록 휴지기가 길어지기 때문인 것으로 설명되었다. ‘시장에 가면 많은 구경거리가 있다.’라는 5어절의 문장을 정상 속도로 발화할 때 휴지가 나타난 횟수는 식도 발성은 5회, PROVOX<sup>®</sup> 발성은 4회로 그 횟수는 비슷하나 휴지기의 총 지속시간은 식도 발성이 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 경우보다 4초 이상 길었으며 그 비율도 40 %에 가까운 차이를 보였다. 이 결과도 식도 발성의 공기의 양적인 측면의 부족함 때문에 나타나는 것으로 볼 수 있는데, 여기서도 대상자의 식도 발성의 숙련도를 함께 고려해 볼 수 있을 것이다. 숙련된 식도 발성자일수록 한 번에 끌어들이는 공기의 양도 많을 뿐 아니라 적절한 양을 끌어들이는 데 할애되는 시간도 적게 걸린다. 이에 비해 본 대상자는 그 숙련도가 아직 뒤떨어지기 때문에 공기를 끌어들이는데 있어 더욱 긴 시간이 필요한 것으로 판단된다.

공기역학적 측면의 결과는 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 차이가 음향학적인 측면보다 더욱 두드러지는 양상을 보였는데, 이는 근원으로 하는 공기량의 현저한 차이 때문에 당연히 예측할 수 있는 결과이다. 단지 최대 호기류율과 평균 호기류율의 차이로 판단할 수 있는 공기배출의 일관성은 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 그 일관성이 크게 뒤떨어지는 양상을 보였는데, 이는 식도 발성의 경우 기본적인 공기량 자체가 PROVOX<sup>®</sup> 발성에 비해 현저히 부족하기 때문에 상대적으로 그 변동 폭이 좁아져서 나타나는 결과로 볼 수도 있으며, 또한 PROVOX<sup>®</sup> 발성을 위해 기관공을 손가락으로 막는 방법을 취하고 있기 때문인 것으로도 생각해 볼 수 있다. Van As 등은 1998년에 발표한 논문에서 PROVOX<sup>®</sup>를 보철기구로 사용하는 경우 valve나 filter를 이용하여 기관공을 막는 집단과 손으로 막는 집단의 음향학적 특성을 분석, 보고하였다. 여기에서 이들은 valve나 filter를 이용하는 집단이, 같은 PROVOX<sup>®</sup>를 사용함에도 불구하고, 손으로 막는 집단보다 더 양호한 shimmer나 MPT를 보이는 사실이 관찰되었다. 손가락으로 기관공을 막을 경우 그 압력이 일정하게 유지되지 않기 때문에 이에 따른 변이가 나타날 수 있으며, 본 실험에서 나타난 비밀관성도 이에 기인하는 것으로 분석해 볼 수 있을 것이다.

사용하는 공기량에서 현저한 차이가 나타남에도 불구하고 두 발성법에서 보인 평균적인 음의 강도나 범위는 대체로 비슷했다. 이는 식도 발성 자체의 강도가 PROVOX<sup>®</sup> 발성

과 비슷했다기 보다는, 분석된 식도 발성이 1초에도 못 미치는 극히 짧은 동안만 지속되었기 때문에, 일종의 '외침'과 비슷한 정도의 강도로 발생되었기 때문인 것으로 판단된다.

Voice efficiency 검사에서 성문하압은 두 경우의 발생법 모두 정상적인 범위 내에 포함되는 것으로 나타났으나 발생 효율은 정상적인 수치보다 크게 뒤떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 수술 후 후적자들의 해부생리학적 변화에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 즉, 앞서 말한 바와 같이, 수술 후 새롭게 성대의 역할을 대신하는 인두식도부 분절의 본래 기능이 발생을 위한 것이 아니므로, 본래의 진성대의 기능에 필적하는 기능을 해 내기란 불가능하다. 따라서 발생 효율의 저하가 정상 수치에 비하여 현저하며, 이는 같은 신성대를 사용하는 PROVOX<sup>®</sup> 발생의 경우도 마찬가지인 것으로 나타났다.

또한 이와 같은 결과는 성문 저항의 현저한 저하도 설명해 줄 수 있다. 박 등(1998)이 발표한, 고도의 숙련도를 보이는 식도 발생자의 성문 저항 분석 결과도 평균 940 Ns/m<sup>5</sup> 인 것으로 보고되었다. 본 대상자의 성문 저항은 1710 Ns/m<sup>5</sup>로 위의 문헌의 경우보다 더욱 높은 수치를 보였는데, 이는 본 대상자의 숙련도를 고려해 볼 때 일반적인 식도 발생군과 비슷함을 알 수 있다. 본 대상자가 PROVOX<sup>®</sup> 발생시 보인 성문 저항이 145 Ns/m<sup>5</sup>로 나타나 고도의 숙련도를 가진 식도 발생자보다도 상당히 낮은 수치를 보였다는 것은 동일한 신성대를 사용했다고 해도 그 공기 사용의 효율성이 저항의 정도를 크게 완화시켰음을 알 수 있다.

이와 같이 식도 발생과 PROVOX<sup>®</sup> 발생의 음향학적 및 공기역학적 측면을 비교 분석해 보았을 때, 전반적으로는 PROVOX<sup>®</sup> 발생이 식도 발생의 경우보다 더욱 정상군에 가까우며 더욱 양호하게 나타나는 결과를 보였음을 알 수 있다. 후두적출술 후 음성재활을 실시할 때 대부분의 의사나 음성치료사들은 식도 발생을 배울 것을 1차적으로 권고하고 이에 실패했을 경우야 비로소 인공 후두를 쓰거나 보철기구 삽입을 고려하고 있다. 그러나 위의 결과에서처럼 상당히 숙련된 식도 발생자의 성문 저항도 PROVOX<sup>®</sup> 발생의 성문 저항보다는 월등히 높은 수치를 보이고 있다.

Clark 등이 1982년에 발표한 논문에서도, 인공 후두 사용자, 기관식도 발생자, 식도 발생자의 음성에 대한 청음인지적 평가(perceptual judgment)를 실시하였을 때, 55 %의 평가자가 기관식도 발생의 명료도가 가장 양호하다고 응답하였으며, 60 %의 평가자가 식도 발생의 판별이 가장 어려웠다고 응답한 것으로 보고되었다. 본 대상자도 식도 발생과 PROVOX<sup>®</sup> 발생을 모두 사용할 수 있으나 그 사용의 편이성과 습득의 용이함 때문에 식도 발생보다는 PROVOX<sup>®</sup> 발생을 더욱 많이 사용하고 있으며, 그렇기 때문에 상대적으로 식도 발생의 숙련도는 아직 미숙한 정도에 남아 있는 것으로 관찰되었다. Clark 등이 언급했듯이, 인공 후두의 발생이나 기관식도 발생을 항상 식도 발생 습득에 실패했을 때의 차선책으로 고려할 필요는 없다. 초기부터, 환자의 해부생리학적 상태 뿐 아니라 환자나 주변인들의 의향을 함께 고려하여, 보다 더 효율적인 재활 방법을 선택하는 것이 유용할 것이다.



## V. 결 론

후두전적출술과 더불어 PROVOX<sup>®</sup>를 삽입한 환자로서 이를 통한 발성과 식도 발성을 모두 습득한 후적자를 대상으로 하여 각각의 음성에 대한 음향학적 및 공기역학적인 검사를 실시, 그 결과를 비교 분석하였다.

그 때의 결과는 다음과 같다:

1. 음향학적 검사 결과, 식도 발성의 기본 주파수는 137.2 Hz, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 기본 주파수는 97.5 Hz였다. jitter, shimmer와 NHR은 모든 경우에서 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 월등히 양호한 음질을 보이는 것으로 나타났으며, 식도 발성의 경우는 그 저하의 정도가 모든 경우에서 상당히 큰 것으로 나타났다.

2. 무의미 음절어의 spectrogram 분석에 의한 결과, 음형대 및 가음형대의 형성이나 자음에 의한 음형대의 변이는 식도 발성에서 더 정상음에 가까운 결과를 보였으며, VOT와 폐쇄기, 전체 지속시간과 같은 시간적 측면에서는 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 더 정상 음성에 가까운 결과를 보였다.

3. 문장 발화를 spectrogram으로 분석하였을 때, 관찰된 휴지기의 횟수는 식도 발성이 5회, PROVOX<sup>®</sup> 발성이 4회였고, 휴지기의 총 지속시간은 식도 발성의 경우에서 더욱 길게 나타나는 것으로 관찰되었다.

4. Maximum Sustained Phonation 검사 결과, PROVOX<sup>®</sup> 발성의 MPT와 MFR이 식도 발성의 경우보다 더 양호한 것으로 나타난 한편, SPL의 평균치와 범위는 두 방법간에서 큰 차이가 나타나지 않았다.

5. Voice Efficiency 검사 결과, 성문하압은 두 경우에서 모두 정상범위 안에 있는 것으로 나타났다. 발성 효율은 정상 수치에 비해 현저히 낮았으나 두 발성법 사이에서는 별 차이가 없었다. 성문 저항은 식도 발성과 PROVOX<sup>®</sup> 발성에서 모두 정상치보다 월등히 높은 수치를 보였으며 두 측정치 사이에도 상당한 차이가 나타나, 식도 발성시의 성문 저항이 PROVOX<sup>®</sup> 발성 때보다 더욱 높은 것으로 나타났다.

이 결과에서 보듯이 전반적으로 PROVOX<sup>®</sup> 발성이 식도 발성보다 양호한 결과를 보이며 대상자 스스로도 PROVOX<sup>®</sup> 발성의 사용을 더욱 선호하고 있으므로 후적자의 음성재활시 기관식도 발성법도 의미 있는 재활방법으로서 다른 방법과 함께 논의되어야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 박국진 · 최홍식 · 정형진 · 유신영 · 박준호 · 김한수. 1998. "정상인과 식도 발성 음성에서의 공기역학적 비교 연구." *대한음성언어의학회지*, 9(1), 5-10.
- 정옥란. 1993. *음성과 음성치료*. 원미사.
- 표화영. 1993. 식도 발성 언어의 실험적 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 표화영, 최홍식. 1996. "한국어 양순 파열음 발음시 구강내압과 폐쇄기, VOT에 대한 연구." *대한음성언어의학회지*, 7(1), 50-55.

- Bennett, S. & B. Weinberg. 1973. "Acceptability Ratings of Normal, Esophageal and Artificial Larynx Speech." *Journal of Speech and Hearing Research*, 16, 608-615.
- Clark, J. G. & J. C. Stemple. 1982. "Assessment of Three Modes of Alaryngeal Speech with a Synthetic Sentence Identification(SSI) Task in Varying Message-to-Competition Ratios." *Journal of Speech and Hearing Research*, 25, 333-338.
- Frans, J. M. & P. F. Schouwenburg. 1990. "A New Low-Resistance, Self-Retaining Prosthesis(Provox) for Voice Rehabilitation." *Laryngoscope*, 100, 1202-1207.
- McHenry, M., A. Reich, F. Minifie. 1982. "Acoustical Characteristics of Intended Syllabic Stress in Excellent Esophageal Speakers." *Journal of Speech and Hearing Research*, 25, 564-573.
- Ng, M. L., Kwok, C-L. I., Chow, S-F. W. 1997. "Speech Performance of Adult Cantonese-Speaking Laryngectomees Using Different Types of Alaryngeal Phonation." *Journal of Voice*, 11, 338-344.
- Parker, A. J., I. K. O'Leary, R. G. Wight, R. T. Clegg. 1992, "The Groningen Valve Voice Prosthesis in Sheffield: a 4-Year Review." *Journal of Laryngology and Otology*, 106, 154-156.
- Qi, Y. & B. Weinberg. 1995. "Characteristics of Voicing Source Waveforms Produced by Esophageal and Tracheoesophageal Speakers." *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 536-548.
- Shipp, T. 1967. "Frequency, Duration and Perceptual Measures in Relation to Judgments of Alaryngeal Speech Acceptability." *Journal of Speech and Hearing Research*, 10, 417-427.
- Slavin, D. N. & C. T. Ferrand. 1995. "Factor Analysis of Proficient Esophageal Speech: Toward a Multidimensional Model." *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 1224-1231.
- Smith, B. E., B. Weinberg, L. L. Feth, Y. Horii. 1978. "Vocal Roughness and Jitter Characteristics of Vowels Produced by Esophageal Speakers." *Journal of Speech and Hearing Disorder*, 21, 240-249.
- Van As, C. J., F. J. M. Hilgers, I. M. Verdonck-de Leeuw, F. J. Koopmans-Van Beinum. 1998. "Acoustical Analysis and Perceptual Evaluation of Tracheoesophageal Prosthetic Voice." *Journal of Voice*, 12, 239-248.

접수일자 : '99. 2. 19.

게재결정 : '99. 3. 24.

▲ 표 화 영

서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)  
 연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소  
 Tel : (02) 361-8599, Fax : (02) 313-5030  
 H/P : 016-295-9788  
 e-mail : vtpyo@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 최 홍 식

서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소  
Tel : (02) 361-8478, Fax : (02) 313-5030  
H/P : 011-221-7498  
e-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 임 성 은

서울시 강남구 도곡동 146-92(우: 135-270)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소(영동세브란스 병원)  
Tel : (02) 3497-2587, Fax : (02) 3463-4750  
H/P : 019-299-0308  
e-mail : selim@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 최 성 희

서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소  
Tel : (02) 361-8599, Fax : (02) 313-5030  
H/P : 016-589-2338