

# 식도발성의 숙련 정도에 따른 모음의 음향학적 특징과 자음 산출에 대한 연구

## Analysis of Acoustic Characteristics of Vowel and Consonants Production Study on Speech Proficiency in Esophageal Speech

최 성 희\* · 최 홍 식\* · 김 한 수\* · 임 성 은\* · 이 성 은\* · 표 화 영\*\*  
Seong Hee Choi · Hong-Shik Choi · Han Soo Kim · Sung-Eun Lim ·  
Sung-Eun Lee · Hwa Young Pyo

### ABSTRACT

Esophageal Speech uses the esophageal air during phonation. Fluent esophageal speakers frequently intake air in oral communication, but unskilled esophageal speakers are difficult with swallowing lots of air. The purpose of this study was to investigate the difference of acoustic characteristics of vowel and consonants production according to the speech proficiency level in esophageal speech.

13 normal male speakers and 13 male esophageal speakers (5 unskilled esophageal speakers, 8 skilled esophageal speakers) with age ranging from 50 to 70 years old. The stimuli were sustained /a/ vowel and 36 meaningless two syllable words. Used vowel is /a/ and consonants were 18 : /k, n, t, m, p, s, c, c<sup>h</sup>, k<sup>h</sup>, t<sup>h</sup>, p<sup>h</sup>, h, l, k', t', p', s', c'/. Fundamental frequency (F<sub>x</sub>), Jitter, shimmer, HNR, MPT were measured with by electroglottography using Lx speech studio (Laryngograph Ltd, London, UK). 36 meaningless words produced by esophageal speakers were presented to 3 speech-language pathologists who phonetically transcribed their responses.

F<sub>x</sub>, Jitter, HNR parameters is significant different between skilled esophageal speakers and unskilled esophageal speakers (P<.05). Considering manner of articulation, ANOVA showed that differences in two esophageal speech groups on speech proficiency were significant; Glide had the highest number of confusion with the other phoneme class, affricates are the most intelligible in the unskilled esophageal speech group, whereas in the skilled esophageal speech group fricatives resulted highest number of confusions, nasals are the most intelligible. In the place of articulation, glottal /h/ is the highest confusion consonant in both groups. Bilabials are the most intelligible in the skilled esophageal speech, velars are the most

\* 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 이비인후과

\*\* 연세대학교 의과대학 연세의료원 안-이비인후과 병원

intelligible in the unskilled esophageal speech. In the structure of syllable, 'CV+V' is more confusion in the skilled esophageal group, unskilled esophageal speech group has similar confusion in both structures.

In unskilled esophageal speech, significantly different Fx, Jitter, HNR acoustic parameters of vowel and the highest confusions of Liquid, Nasals consonants could be attributed to unstable, improper contact of neoglottis as vibratory source and insufficiency in the phonatory air supply, and higher motoric demand of remaining articulation due to morphological characteristics of vocal tract after laryngectomy.

**Keywords: Speech Proficiency, Vowel, Consonants, Esophageal Speech**

## 1. 서론

후두전적출술 후 정상 발성기관이 소실된 환자의 의사소통을 위하여 여러 가지 방법이 제시되어 왔으며, 이 중 식도 발성은 가장 전통적으로 선호되어 오는 음성재활 방법이다. 발성기관의 부재와 발성을 위한 에너지 공급원인 공기의 부족은 후두전적출환자가 직면한 가장 큰 문제이다.

환자는 수술 후 발성기관이 달라지고, 목소리를 만들어 내기 위해서는 공기를 폐 안으로 들여 마시고, 다시 공기를 내뿜으면서 말하는 것이 아니라, 공기를 삼키거나 흡입해야 한다. 식도발성은 식도 상부인 인두-식도 분절(pharyngo-esophageal segment)이 새로운 발성기관의 역할을 하고, 식도가 발성을 위한 공기를 저장하는 기관으로 정상인과는 다른 발성 형태를 취하게 된다.

식도 발성은 수술의 형태, 연령, 전신상태 및 방사선 치료 여부 등 여러 가지 요인에 의해 성공률이 좌우되지만, 식도 발성 습득에 있어서 식도 내로의 충분한 공기 주입은 숙련 정도에 따라 차이를 보이며, 명료한 소리의 산출을 위해 매우 중요하다.

식도 발성을 유창하게 말하는 사람은 대화 중에 공기를 중간 중간에 흡입하면서 말하므로, 거의 정상인과 같은 대화가 가능하다. 반면에, 식도 발성의 초기 습득자들은 말하는 데 필요한 많은 양의 공기가 한 번에 식도 내로 들어가지 못하므로, 공기가 부족하게 되며 연속적으로 말이 나오지 않게 되고 강도도 작아지므로 충분한 대화를 할 수 없다.

또한, 식도 발성이 일어나는 부위를 정확히 알고, 식도 발성을 하는 것이 무엇보다도 중요한데 식도 발성 습득의 초기에는 어느 정도 소리는 나오지만, 숙련된 식도 발성자의 소리와는 차이가 있다.

이에 본 연구의 목적은 식도 발성의 습득에 있어서, 숙련 정도에 따라 식도발성의 기본음인 모음이 음향학적으로 어떤 차이가 있는 지 알아 보고자 하였다. 또한, 숙련 정도에 따라 자음 산출에 어떤 차이가 있는 지 보고자 하였다.

## 2. 대상 및 방법

### 2.1. 연구 대상

정상인 군은 과거 후두 질환의 병력이 없고 간접후두내시경 상 특이 소견이 없고 현재 음성 장애를 호소하지 않는 50대에서 70대 사이의 남자 13명을 대상으로 하였으며, 식도 발성 군은 후두암이나 하인두암으로 후두전적출술을 받고 연세대학교 의과대학 이비인후과 음성재활교실에서 발성 교육을 받은 50대에서 70대 사이의 남자 총 13명으로, 식도 발성이 가능하나 대화 수준이 가능하지 않는 비숙련군 5명, 식도 발성이 대화수준에서 가능한 숙련군 8명을 대상으로 하였다.

표 1. 식도발성 환자군에 대한 임상적 정보

Pts.	Gen.	Age	Dx	Op. day	Duration	Radiation	SYLLS
E1	M	57	Laryngeal Ca.	98.4	55 mons.	X	10
E2	M	57	Laryngeal Ca.	01.8	16 mons.	O	8
E3	M	59	Hypopharygeal Ca.	00.4	31 mons.	O	1
E4	M	65	Laryngeal Ca.	02.4	10 mons.	O	3
E5	M	62	Laryngeal Ca.	96.9	74 mons.	O	10
E6	M	64	Laryngeal Ca.	02.3	8 mons.	O	2
E7	M	63	Laryngeal Ca.	98.2	55 mons.	O	5
E8	M	69	Laryngeal Ca.	01.3	20 mons.	X	5
E9	M	65	Laryngeal Ca.	97.5	20 mons.	O	2
E10	M	70	Laryngeal Ca.	96.12	52 mons.	O	7
E11	M	73	Laryngeal Ca.	02.9	4 mons.	X	1
E12	M	72	Laryngeal Ca.	91.5	132 mons.	O	5
E13	M	74	Laryngeal Ca.	96.2	81 mons.	O	8

Pts: Patients Gen: Gender Dx: Diagnosis  
SYLLS: maximum number of syllables on one air intake

### 2.2. 연구방법

#### 2.2.1. 모음의 음향학적 검사

산출된 음성의 음향학적 측면을 검사하기 위하여 Lx Speech Studio(Laryngograph Ltd, UK)의 SPEAD(Speech Pattern Element Acquisition and Display)를 이용하였다. 정상인과 숙련정도에 따른 식도 발성의 음향학적 특징을 비교하기 위하여 /아/ 연장 모음을 각각 3회 반복 실시하였고, 발성구간 중 안정된 발성 구간을 분석 구간으로 지정한 후, Voice Profile Analysis를 하여, 기본주파수(Fx), Jitter, shimmer, HNR를 측정하였고

최대발성지속시간은 초시계로 측정하였다.

### 2.2.2. 자음의 명료도 검사

숙련정도에 따른 자음 산출 정도를 비교하기 위하여 무의미 2 음절을 편안한 크기와 속도로 읽도록 하였다. 무의미 2 음절어에서 사용된 음절어의 형태는 'CV(C: 자음, V: 음)+V'와 'V+CV'로, 모음은 'ㅏ'로 통일하였으며, 자음은 음가가 없는 첫소리의 'ㅇ'을 제외한 18 개 자음(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㆁ, ㅌ, ㅍ, ㅎ, ㆁ, ㄷ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㆁ, ㅌ, ㅍ, ㅎ)을 선정하였다. 마이크로폰과의 거리는 식도 발성시 음의 강도가 정상음보다 적어지는 점을 감안하여 3 cm의 거리를 유지하도록 하였다. 이 상태에서 목록을 읽도록 하였고, 그 내용은 분석을 위해 컴퓨터에 저장되었다.

자음의 명료도 검사는 3 인의 음성언어치료사가 평가하였으며, 무작위로 채취된 어음을 들려 주고, open-response paradigm으로 전사하도록 하였고 이 때 89.5%의 신뢰도를 얻었다. 이것을 통하여, 전체 명료도, 음절 구조(V+CV, CV+V 구조) 및 조음방법(파열음, 마찰음, 비음, 유음, 파찰음), 조음위치(양순음, 치조음, 치조경구개음, 연구개음, 성문음)에 따른 오류의 수를 백분율로 나타내어 숙련도에 따른 식도 발성 집단 간 비교를 실시하였다.

전체 자음 정확도(Overall word identification) =  $\frac{\text{바른 음소 수}}{36} \times 100$

특정 자음 오류도(Percentage of consonants errors) =  $\frac{\text{오류 음소 수}}{\text{특정 음소 수}} \times 100$

### 2.2.3. 통계

통계학적 검증은 SPSS (Statistical Package for the Social Science) 중 one-way ANOVA를 이용하여 숙련 정도에 따른 집단 간 모음의 음향학적 특징을 비교하였고, 숙련 정도와 자음의 조음방법, 조음위치에 따른 오류 결과는 two-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며 유의 수준은 .05로 하였다.

## 3. 결 과

### 3.1. 모음의 음향학적 특징

#### 3.1.1. 음도(기본주파수, fundamental frequency)

/아/ 발성 시 비숙련 식도발성군은 숙련군과 정상군보다 통계적으로 의미 있게 높았으며, 숙련된 발성군은 정상군이나 비숙련 발성군보다 의미 있게 낮았다( $F(2, 23) = 11.17, p < .001$ ).

3.1.2. Jitter(음도변이)

기본주파수의 변이 정도를 나타내는 jitter는 비숙련 식도발성 군이 숙련군과 정상군보다 통계적으로 의미 있게 증가하였다( $F(2, 23) = 32.07, p < .001$ ).

3.1.3. Shimmer(강도변이)

강도의 변이 정도를 나타내는 shimmer는 비숙련 식도발성군이 숙련군이나 정상군보다 통계적으로 의미 있게 증가하였다( $F(2, 23) = 10.98, p < .001$ ).

3.1.4. HNR(Harmonic to Noise Ratio)

잡음에 대한 harmonics의 비를 나타내는 HNR은 비숙련 식도발성군이 정상군이나 숙련군에 비해 현저하게 낮은 수치를 나타내었다( $F(2, 23) = 35.38, p < .001$ ).

3.1.5. 최대발성지속시간(Maximal Phonation Time)

최대발성지속시간은 비숙련 식도발성군이 정상군과 숙련군에 비해 현저하게 낮은 수치를 나타내었다( $F(2, 23) = 56.514, p < .001$ ). 모음의 각 음향학적 변인들의 숙련 정도에 따른 식도 발성 군 간에 유의한 차이를 좀 더 자세히 살펴보기 위하여 Scheffé 사후검증을 실시한 결과(Table 1), shimmer와 MPT를 제외한 기본주파수, jitter, HNR 변인에서 유의한 차이를 나타내었다 ( $p < .05$ ).

표 2. /아/연장 발성에서 정상군과 식도발성군 간의 음향학적 특징 비교

SP	Fx(Hz)	Jitter(%)	Shimmer(%)	HNR(dB)	MPT(sec)
N	131 ± 21.74*	0.69 ± .89 <sup>#</sup>	4.03 ± 2.76 <sup>†††</sup>	24.60 ± 5.21 <sup>†</sup>	10.83 ± 3.198 <sup>†,††</sup>
S-Eso	108 ± 49.73* <sup>**</sup>	3.68 ± 1.86 <sup>##</sup>	12.25 ± 7.30 <sup>†</sup>	11.41 ± 6.88 <sup>†,††</sup>	2.38 ± .72 <sup>†</sup>
US-Eso	243 ± 85.93 <sup>**</sup>	43.35 ± 26.16 <sup>#,##</sup>	16.96 ± 9.18 <sup>††</sup>	2.62 ± 1.98 <sup>††</sup>	0.58 ± .28 <sup>††</sup>

값은 평균 ± 표준오차로 나타냄.

N: 정상군 S-Eso: 숙련된 식도발성군 US-Eso: 비숙련 식도발성군

\*: 기본주파수에서 정상군과 숙련된 식도발성군의 비교,  $p < .05$

\*\* : 기본주파수에서 식도발성 숙련군과 비숙련군의 비교,  $p < .05$

# : Jitter에서 정상군과 비숙련 식도발성군의 비교,  $p < .05$

## : Jitter에서 식도발성 숙련군과 비숙련군의 비교,  $p < .05$

† : Shimmer에서 정상군과 숙련된 식도발성군의 비교,  $p < .05$

†† : Shimmer에서 정상군과 식도발성 비숙련군의 비교,  $p < .05$

††† : HNR에서 정상군과 숙련된 식도발성군의 비교,  $p < .05$

††† : HNR에서 식도발성 숙련군과 비숙련군의 비교,  $p < .05$

+ : MPT에서 정상군과 숙련된 식도발성군의 비교,  $p < .05$

++ : MPT에서 정상군과 비숙련 식도발성군의 비교,  $p < .05$

또한, 연령과 숙련 정도에 따른 집단 간 음향학적 변인들의 유의도 및 변인 간 상호작용을 살펴보기 위하여, two-way ANOVA를 실시한 결과, 연령과 모음의 각 음향학적 변

인 간에는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았고, 연령과 숙련도 변인 사이에도 상호작용이 나타나지 않았으나, 숙련도에 따른 각 음향학적 변인 간에는 유의한 차이를 보였다(표 2).

표 3. 연령과 숙련도 변인에 대한 ANOVA 결과

DV.	Variables	df	F
Fx	Age	2	.25
	Proficiency	2	7.43 *
	Age * Proficiency	4	.74
Jitter	Age	2	.19
	Proficiency	2	20.29****
	Age * Proficiency	4	.17
Shimmer	Age	2	.99
	Proficiency	2	9.22*
	Age * Proficiency	4	.69
HNR	Age	2	2.02
	Proficiency	2	34.69****
	Age * Proficiency	4	1.55
MPT	Age	2	1.39
	Proficiency	2	62.82****
	Age * Proficiency	4	1.63

DV: 종속 변수

\*  $p < .05$  \*\*\*\*  $p < .0001$

### 3.2. 자음의 명료도

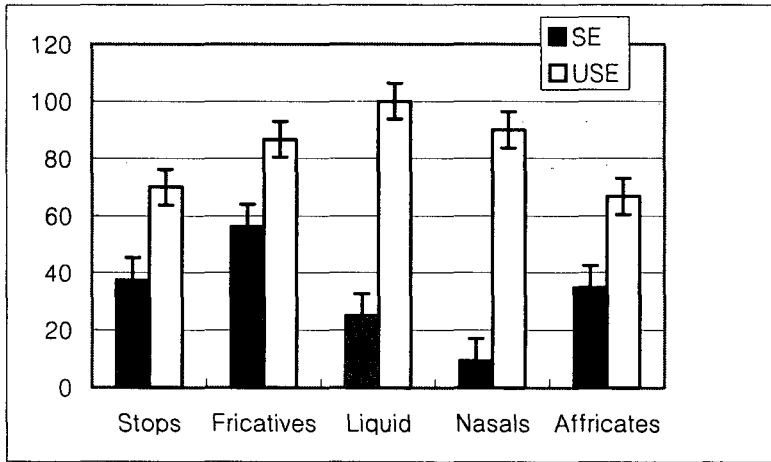
#### 3.2.1. 전체 자음정확도

정상인의 경우 100%의 자음 정확도를 보였으나, 숙련된 식도 발생 군은 68.3%, 비숙련 식도 발생군은 25.8%의 자음 정확도를 나타내었다. 전체 자음 정확도와 연령, 방사선 치료 유무, 한 호흡 당 음절 수, 식도 발생 사용기간 간에 상관 정도를 측정된 결과, 한 호흡당 음절 수가 .869, 사용 기간이 .612 의 강한 양의 상관관계를 나타내었다.

#### 3.2.2. 조음 방법에 따른 자음 오류

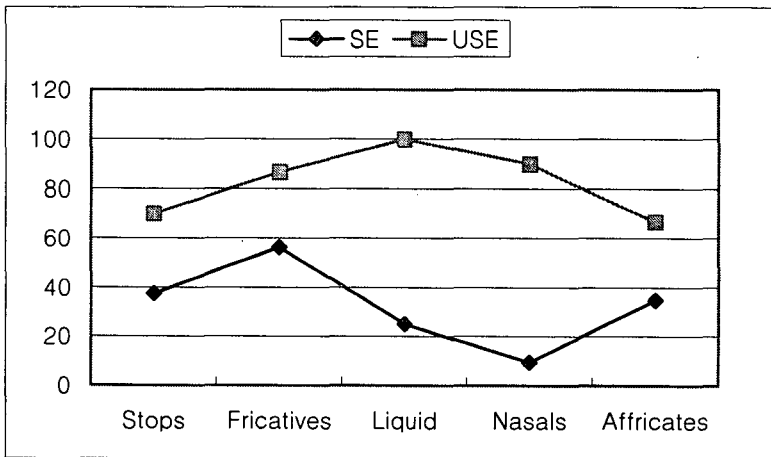
숙련 정도에 따른 식도 발생 두 집단 간 조음 방법에 따른 자음 오류는 숙련된 식도 발생군은 마찰음(ㄱ, ㅍ, ㅎ) 56.26%, 파찰음(ㄷ, ㅌ, ㅊ) 34.79%, 파열음(ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㄷ, ㅌ, ㅊ, ㅍ) 37.49%으로 마찰음이 오류 빈도가 가장 많았고, 비음(ㄴ, ㄹ) 9.4%.

유음(ㄹ) 25.0%로 높은 명료도를 보였다. 이와는 대조적으로 비숙련 식도발성군은 유음 100%, 비음 90%의 높은 오류를 보였고, 마찰음 86.68%, 파열음 70.0%, 파찰음 66.68%이었다.



SE: Skilled Esophageal speech      USE: Unskilled Esophageal speech

그림 1. 숙련 정도에 따른 조음방법에 따른 자음오류. 단위는 %이고, 비숙련 식도발성군이 숙련군보다 자음오류가 많음을 알 수 있다.



SE: Skilled Esophageal speech      USE: Unskilled Esophageal speech

그림 2. 자음 정확도에 대한 숙련 정도에 따른 식도발성 집단 × 음소 형태의 상호작용 효과. 숙련 정도와 음소 형태간에 상호작용이 있음을 알 수 있다.

자음의 오류는 숙련도가 낮은 집단일수록 높았으며, ( $F(1, 55) = 98.61, p < .05, \eta^2 = .64$ ), 숙련 정도와 음소 형태 간에 상호작용이 있었으나, 음소 형태에 대한 오류 빈도

는 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다. 각 음소에 대한 오류 분석표는 (Table 3. Table 4.) 세로 칸은 주어진 자극 음소를, 가로 칸은 청자의 반응을 나타내었다. 자음 오류는 비속련 식도발성군이 속련된 식도 발성 군보다 모든 자음 형태에서 높게 나타났고 오류의 형태도 대치보다는 생략이 대부분이었으나, 속련된 식도발성군에서는 오류의 형태가 같은 조음 방법에서 대치되는 형태가 많았다.

표 4. 속련된 식도발성 군의 음소 형태에 따른 자음 오류 분석

	Stops	Fricatives	Liquid	Nasals	Affricates	Omissions
Stops	30.5			2.0		4.2
Fricatives	2.1	12.5			4.2	35.4
Liquid	6.3			18.7		
Nasals	3.1					6.3
Affricates	12.5	4.2			28.8	4.2

단위는 %로 나타냄.

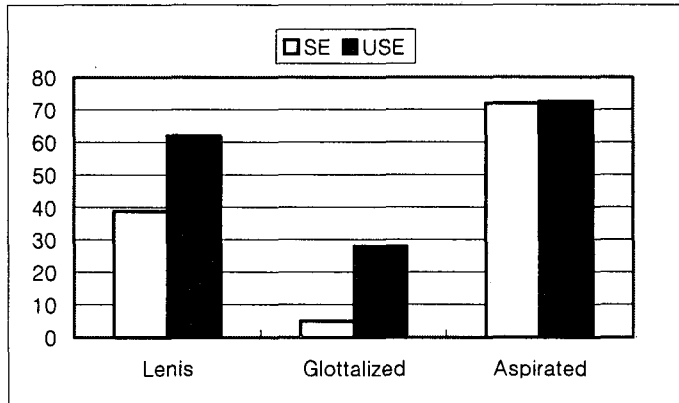
표 5. 비속련 식도발성 군의 음소 형태에 따른 자음 오류 분석

	Stops	Fricatives	Liquid	Nasals	Affricates	Omissions
Stops	17.7			1.1		51.2
Fricatives	3.3			3.3		80.0
Liquid				20.0		80.0
Nasals	15.0					75.0
Affricates	16.7				10.0	26.9

단위는 %로 나타냄.

한국어의 자음은 유성음, 무성음의 이중대립체계가 아닌 한 범주 내에서 서로 다른 세 개의 무성자음이 대립하게 된다. 즉, 조음 방법에 따라 연음, 경음, 격음 등의 3중 대립체계를 갖는다. 자음 오류의 패턴을 보면, 속련정도에 관계없이 두 집단에서 격음이 높은 오류를 보였으며, 평음, 경음 순으로 나타나 경음이 가장 산출하기 쉬운 자음으로 나타났다. 또한, 속련된 식도발성군에서는, 격음이 경음으로 주로 대치되는 반면, 비속련 식도발성군에서는 격음이 주로 탈락되는 오류 패턴을 보였다.



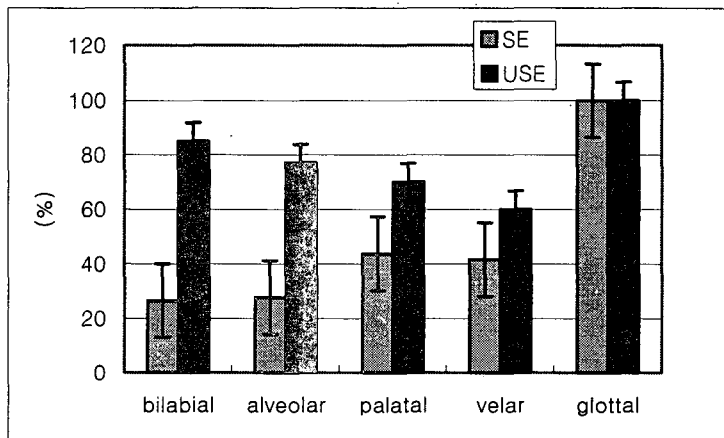


SE: Skilled Esophageal speech USE: Unskilled Esophageal speech

그림 3. 식도발성 숙련정도에 따른 조음 방법에 있어서 한국어 무성음 대립 체계에 따른 자음 오류 정도. 단위는 %이고, 비숙련군이 평음, 경음, 격음에서 모두 자음 오류가 높음을 알 수 있다.

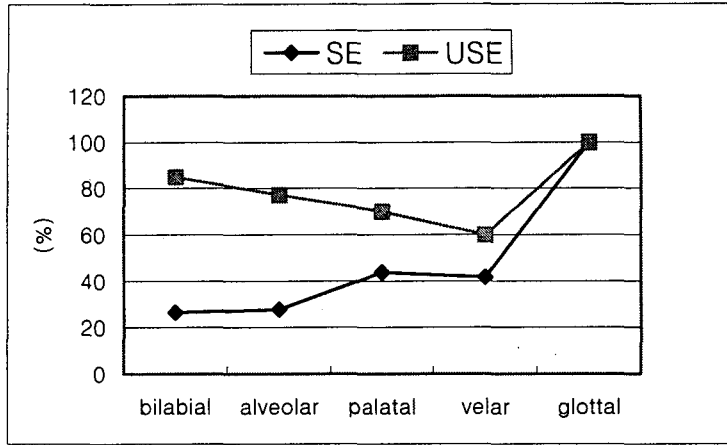
### 3.2.3. 조음 위치에 따른 자음 오류

숙련 정도에 따른 식도 발성 두 집단 간 조음 위치에 따른 자음 오류는 비숙련 식도 발성 군이 모두 높게 나타났으나, 성문음 ‘ㅎ’의 경우, 두 집단 모두 100%의 오류를 보였으며, 숙련된 식도 발성 군은 치조경구개음(ㄷ, ㅈ, ㅊ) 43.75%, 연구개음(ㄱ, ㅋ, ㆁ) 41.66%에서 높은 오류를 보였고, 비 숙련 식도 발성 군은 양순음(ㅍ, ㅂ, ㅃ, ㅍ) 85.0% 치조음(ㄴ, ㄷ, ㄸ, ㅌ, ㄱ, ㅋ, ㆁ) 77.0%에서 오류 빈도가 높게 나타났다.



SE: Skilled Esophageal speech USE: Unskilled Esophageal speech

그림 4. 숙련정도에 따른 식도발성 군의 음소위치에 따른 자음 오류 정도 비교



SE: Skilled Esophageal speech USE: Unskilled Esophageal speech

그림 5. 자음 정확도에 대한 숙련정도에 따른 식도발성 집단 × 음소 형태의 상호 작용 효과. 숙련 정도와 음소 형태간에 상호작용이 있음을 알 수 있다.

자음의 오류는 숙련이 덜 될수록 높았고 ( $F(1, 55) = 49.16, p < .05, \eta^2 = .47$ ), 조음위치는 숙련군이 인두-식도 분절에 가까울수록 오류가 높았으며, ( $F(4, 55) = 18.17, p < .05, \eta^2 = .57$ ), 집단과 조음 위치에 따른 음소 형태 간에 상호 작용이 있었다.

표 6. 숙련된 식도발성 군의 음소 형태에 따른 자음 오류 분석

	Bilabial	Alveolar	Palatal	Velar	Glottal	Omissions
Bilabial	15.6	6.1				4.7
Alveolar	4.9	16.9		2.9		2.9
Palatal	4.2	12.5	22.9			4.2
Velar		2.1		33.3		6.3
Glottal						100.0

단위는 %로 나타냄.

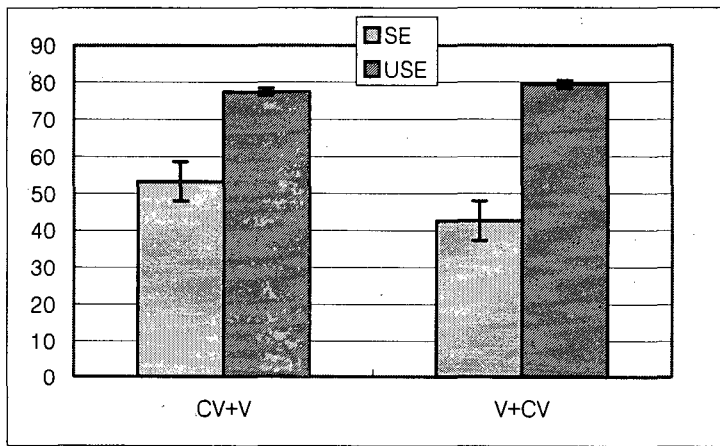
표 7. 비숙련된 식도발성 군의 음소 형태에 따른 자음 오류 분석

	Bilabial	Alveolar	Palatal	Velar	Glottal	Omissions
Bilabial	17.5					67.5
Alveolar	2.9	10.0	1.4			62.8
Palatal		13.3	10.0			46.7
Velar				10.0		50.0
Glottal						100.0

단위는 %로 나타냄

3.2.4. 음절 구조에 따른 자음 오류

숙련 정도에 따른 식도 발생 두 집단 간 음절 구조에 따른 자음 오류의 차이를 비교하기 위하여 repeated ANOVA를 실시한 결과, V-CV 구조의 경우 비숙련 식도 발생군이 숙련군에 비해 오류가 통계적으로 의미 있게 증가했으며, CV-V 구조의 경우도, 숙련된 식도 발생군이 비숙련군보다 오류가 통계적으로 의미 있게 감소하였다. 또한 숙련된 식도 발생군은 V-CV 구조에서 통계적인 의미는 없었으나 오류가 감소하는 경향을 보였고, 비숙련군에서는 음절 구조에 관계없이 거의 비슷한 오류를 나타내었다.



SE: Skilled Esophageal speech , USE: Unskilled Esophageal speech

그림 6. 식도발성 숙련 정도에 있어서 음절 구조에 따른 자음 오류 정도 비교. 단위는 %이고, 비숙련군이 모든 구조에서 자음 오류가 높음을 알 수 있다.

4. 논 의

본 연구는 식도발성의 숙련정도에 따른 말 특징을 비교하기 위하여 객관적인 측정치인 음향학적인 평가와 주관적인 명료도를 실시하였다. 정상 후두를 가진 정상 집단은 식도발성의 숙련정도에 따른 하위 집단과 비교시 객관적인 평가와 주관적인 평가에 있어서 우세하였으며, 집단간 비교시 기준을 제시하기 위하여 성과 연령을 일치시켰다.

무후두음성의 말 숙련도(speech proficiency)에 대한 정의와 관련하여, 많은 연구들이 다양한 말 특징을 측정하였는 데, Berlin (1965)과 Shipp (1967) 등은 양호한 식도발성군(GE: Good Esophageal speakers)과 보통의 식도발성군(ME: Moderate Esophageal speakers)의 말 숙련도 평가에 있어서, 모음이나 문장의 길이(duration)측정치 중 중요성을 강조하였고, Williams (1985) 등은 음질(voice quality), 음도(pitch), 강도(loudness) 명료도(intelligibility), 말속도(rate of speaking), 소음정도(extraneous speaking noise)

에 따라 숙련정도를 rating scale로 측정하였다. 그러나, 명료도(intelligibility)나 수용도(Acceptability)는 주관적인 측정치로서, 청자(listener)에 따라 매우 다르게 나타날 수 있다. 본 연구에서 식도 발성의 숙련정도는 크게 숙련군(Excellent esophageal speakers)과 비숙련군(Poor esophageal speakers)으로 구분하였으며, 대화 수준에서 의사소통이 가능한 지 여부에 따라 구분하였고 문장이 아닌 /아/모음과 무의미 음절을 분석대상으로 하였다. 본 연구에서 측정하고자 하는 모음의 음향학적 변수인 Fx(기본주파수), jitter, shimmer, HNR, MPT는 숙련도(정상집단, 숙련군, 비숙련군)에 따라 모두 통계적으로 의미있는 차이를 보였으며, 숙련정도에 따른 식도발성 군 간에는 shimmer와 MPT를 제외한 기본주파수, jitter, HNR 변인에서 유의한 차이를 보였다.

기본주파수의 경우, Robbins et al. (1984) 등은 양호한 식도발성군(good esophageal speakers)과 보통 식도발성군(moderate esophageal speakers)간에 차이가 없다고 보고하였으며, Sedory et al. (1989)이나 Trudeau (1987)는 양호한 식도발성군(good esophageal speakers)과 숙련된 식도발성군(excellent esophageal speakers)간에 차이가 없다고 하였다. 그러나, 양호한 식도발성군(good esophageal speakers)과 비숙련 식도발성군(poor esophageal speakers)간에는 의미 있는 차이가 있다고 보고하였다(Berlin, 1965; Shipp, 1967). 즉, 양호한 식도발성군은 비숙련 식도발성군에 비해 기본 주파수가 더 높고 말속도가 더 빠르며, 한 호흡당 음절수가 더 길다고 하였다. 본 연구의 결과에서는 비숙련 식도발성군이 243 Hz로 숙련된 발성군 108 Hz보다 기본주파수가 높았으며, 이는 정상집단 131 Hz보다도 훨씬 높은 수치였다. 이러한 결과는 비숙련 식도발성군의 대부분이 1-3 음절 정도 식도발성이 가능한 초기 식도발성 습득 단계에 있는 환자들로서 후두 전적출술 후 성도의 변형과 음원 변화에 잘 적응하지 못하여 발화시 stoma를 통하여 소음이 관찰되었고, 외부로 방출되는 소음정도가 기본주파수 상승에 영향을 미친 것으로 보인다. Leipzig는 식도발성에서 안정된 기본주파수를 유지하지 못하는 것은 진동시 접촉면이 불규칙하기 때문이라고 하였는데, jitter와 shimmer에 대하여 Horii는 정상인의 jitter평균이 0.75%, shimmer가 0.17dB이었으며 식도발성은 정상발성에 비하여 jitter가 의미있게 증가되었다고 보고하였다. Bonnie 등도 식도발성 군이 정상집단에 비해 jitter 측정치가 높았다고 보고 보고하였으며, 식도발성은 spectral noise의 크기와 관련된 거친 정도(vocal roughness)의 다양성으로 특징 지워진다고 하였다. 본 연구에서 jitter는 정상집단의 경우 0.69%, 숙련군 3.68%, 비숙련군 43.35%으로 비숙련군에서 매우 높은 수치를 보인 것은 식도발성의 초기 습득자들이 새로운 발성 기관으로서의 인두-식도 분절 부위(pharyngo-esophageal segment)의 접촉이 매우 불안정함을 보여 준다. 식도발성의 기전을 이해하기 위하여, 신성대의 진동부위를 관찰하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔는데 특히, 모음의 종류에 따라 접촉부위의 변화가 다르게 나타난다고 하였다(안 외, 2001). /이/모음에서는 C5 위치에서 지속적으로 식도의 좌우 팽창을 일정하게 유지하고, 접촉부위의 변화도 일어나지 않았으나, /아/모음에서는 모음발성을 위하여 공기가 들어가는 좌우 폭이 더 넓었으며, 모음 지속시 더 빨리 식도의 좌우 팽창 폭이 줄어들었고, 진동

이 일어나는 곳으로 생각되는 접촉부위가 상하로 길어지는 모양을 보인다고 하였다. 따라서 /아/모음이 /이/모음보다 진동부위의 접촉이 불완전하며, 상대적으로 /아/모음이 식도발성 환자에게 있어서는 더 어려운 소리임을 시사하였다. 본 연구에서는 /아/모음으로 측정하였으므로, 숙련 정도에 따라 더 큰 차이를 보인 것으로 생각된다. 또한 식도발성자의 강도(amplitude)에 대한 연구에서 식도발성의 경우 정상인에 비해 약 11 dB정도 낮은 강도를 보였는데, 정상인의 경우 /아/모음에서 강도가 가장 높았으나, 식도발성에서는 /이/나 /우/모음에서 가장 높은 강도가 관찰되었다. 이는 식도발성자들이 폐모음(closed vowels)이 강도가 더 작기 때문에 강도 감소를 보상하기 위해 더 많은 공기를 내보내는 것으로 보인다고 하였다. 잡음에 대한 harmonics의 강도를 나타내는 HNR은 정상인의 경우 24.60 dB, 숙련군 11.41 dB, 비숙련군 2.62 dB로, 비숙련군의 경우 소리의 잡음 정도가 현저하게 증가하여 숙련이 덜 될수록 목소리의 거친 정도(roughness)가 증가하는 것으로 나타났다. 최대발성시간(Maximal Phonation Time)은 음성생성 능력의 양적 표현으로 정상인의 경우 10.83 초, 식도발성 집단의 경우, 숙련군은 2.38 초, 비숙련군은 0.58 초로 매우 낮은 수치를 보였는데 식도발성 두 집단간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 식도발성이 신성대를 진동시키기 위하여 흡입법(inhalation)이나 주입법(injection)을 사용하여 공기를 식도에 저장한 뒤 식도에서 나오는 공기를 이용하기 때문에 공기 역학적인 측면에서 볼 때 폐의 공기를 이용하는 정상인이나 기관식도발성에 비해 평균호기류율이 숙련정도에 관계없이 제한된 vocal capacity를 보이기 때문인 것으로 여겨진다. 그러나, 한 호흡당 음절 수는 숙련군의 경우 평균 7.2 음절, 비숙련군은 1.8 음절로 숙련정도에 따라 차이를 보였다. 숙련된 식도발성환자의 성문하압은 원칙적으로 성문하압이 존재하지 않지만, 식도발성이 식도에 공기를 모아서 강력히 내뿜으면서 나는 소리이므로, 정상인과 비교시 높은 수치를 나타내는 데, 이것은 매우 적은 평균호기류율을 보상하기 위한 것으로 발성 효율(vocal efficiency)은 정상인과 차이가 없어 식도발성환자가 불리한 여건에서 비교적 효율적인 발성을 한다고 하였다.

자음 명료도의 경우, 전체 자음 정확도는 정상인의 경우 100%의 자음 정확도를 보였으나, 숙련군은 68.3%, 비숙련군은 25.8%로 숙련도에 따라 의미있는 차이를 보였다. Michael(1987)의 양호한(good)식도발성자와 숙련된(excellent) 식도발성자의 speech acceptability 연구에서도 성(gender)과 숙련도(proficiency)에 따라 통계적으로 의미 있는 차이를 보인다고 하였다. 식도발성에 영향을 주는 요소는 많지만, 본 연구에 있어서 전체 자음 정확도와 강한 상관관계를 보인 것은 한 호흡 당 음절 수와 사용 기간이었으나 식도발성자 중 하인두암으로 후두전적출술을 받은 대상자 3의 경우 다른 후두암으로 인한 후두전적출환자에 비해 동일한 사용기간과 비교시, 연령이 50 대임에도 불구하고 한 호흡당 음절수가 1로 낮은 식도발성 습득 능력을 보였다. 식도발성자들은 변경된 말 산출 기관의 메커니즘을 증진시키기 위해 조음적인 전략을 사용한다고 하였는데 이러한 전략은 수술 범위의 정도, 남아있는 조음 기관의 정확성, 식도의 공기 저장 능력 등이라고 하였으며 이러한 변수들이 말 명료도에 영향을 미친다고 하였다(Christen & Weinberg, 1976).

숙련도에 따른 조음 방법에 따른 오류를 보면, 숙련된 식도발성군은 마찰음 56.2%, 파열음 37.49%, 파찰음 34.79%으로 마찰음이 가장 높은 오류를 보였고, 비음 9.4%, 유음 25.0%로 비음과 유음이 높은 명료도를 보인 반면 비숙련 식도발성군은 유음 100%, 비음 90%의 높은 오류를 보였고 마찰음 86.68%, 파열음 70.0%, 파찰음 66.68%로 나타났다. 이와 같이 비숙련군과 숙련군의 비음, 유음 산출의 차이는 술 후 성도 변형에 따른 조음기관에 대한 적응 정도와 보상작용의 차이로 보여지며, 비음 산출 과정이 정상인과는 다를 것을 시사해 준다. Struben과 Van Gelder (1958)은 식도발성자의 velopharyngeal port mechanism이 정상인과는 다르다고 하였다. 즉, 정상인은 비음 산출 시작 직전부터 velopharyngeal port가 열려있고 비음 산출 동안 열림이 지속되어 있는 상태로 후속하는 소리에 영향을 줄 수 있지만, 식도발성자의 경우 첫소리가 비음으로 시작될 때 조차도 구강 내 압력을 증가시키기 위하여 velopharyngeal port가 닫혀 있다고 하였다. 따라서, velopharyngeal port는 비음 산출동안에도 매우 짧은 시간동안만 열려있다고 하였다. 또한 Diedrich와 Youngstrom (1966)은 비음산출능력과 공기 흡입 속도, 발성 전 시간 (prephonation time)의 짧음(brevity)정도 간에 긍정적인 상관관계가 있다고 하였으며, Colyar과 Chrustensen (1980)은 식도발성자의 비음화에 대한 연구에서, 식도발성자들이 비음치(nasalance)가 정상인에 비해 낮다고 하였다. 그러나, 식도발성자의 비음 명료도에 대한 연구들 간에 아직도 많은 이견이 있다. Nichols (1976), Sacco et al. (1967), Doyle et al. (1988), 표 (1993) 등은 비음과 유음이 다른 자음에 비해서 높은 명료도를 보인다고 하였다. 또한 Herer (1955)는 비숙련된 식도발성자들에 의해 산출되는 비음은 명료도가 가장 낮다고 하였고, Hoell & Weinberg (1975)의 보고에서도 비음, 유음이 가장 낮은 명료도를 보인다고 하였으며 Jose & Teresa (1995)의 연구에서도 비음, 유음이 가장 낮은 명료도를 보인다고 하였다. 이와 같이 비음에 대한 이견들은 식도발성자의 숙련도와 비음에 후속되는 모음의 영향 때문인 것으로 보인다. 즉, 음향학적으로 볼 때 비음은 매우 낮은 주파수를 가지는 데(Kurowski & Blumstein, 1984), 본 연구에서 비음에 후속하는 모음이 /아/이었지만, 비숙련자들의 기본주파수는 매우 높았으므로, 비음 산출에 어려움이 있을 수 있고, 숙련된 식도발성자들은 기본주파수가 매우 낮으므로 비음 산출에 있어서 명료도가 높을 수 있을 것으로 보인다. 또한 대상자가 숙련된 식도발성자임에도 불구하고 낮은 비음 명료도를 보이는 경우는 후속하는 모음이 /우/인 경우로, 비음이 /우/와 동시조음(coarticulation)될 때, 모음 /우/의 제1 포먼트가 비음이 비음으로 인식될 수 있는 주된 cue를 차폐시키기 때문인 것으로 보인다. 또한 Miller & Hamlet (1988)은 문맥(speech context) 상황에 따른 식도발성자의 비음 산출 시 비음 정도를 수량화하였는데, 공기 주입 직후 산출되는 음절 첫소리 비음은 velopharyngeal port의 개방을 요구하는 데 이와 같은 상태는 막 공기 주입법을 사용하기 위하여 velopharyngeal port를 꼭 조여서 폐쇄시키는 상황과는 정반대되는 경우로 음절 첫소리의 비음을 비음화시키기 위해서는 매우 재빠른 연구개 움직임이 요구되는데, 비음을 탈비음화(denasalization)시키거나 velopharyngeal port 개방 움직임을 최소화하게 되므로 낮은 명료도를 보

일 수 있다고 하였다. 따라서 성도 변형 직후 비숙련 식도발성자에게 비음 산출은 매우 어려운 소리일 수 있다.

숙련된 식도발성군에서 제일 오류가 높았던 것은 마찰음으로 생각된 경우가 35.4%로 가장 많았고, 다른 마찰음으로 인지된 경우가 12.5%, 파찰음으로 인지된 경우가 4.2%, 파열음으로 인지된 경우가 2.1%였는데, 생략이 가장 많은 이유로는 마찰음에 성문마찰음인 ‘ㅎ’이 포함되어 있기 때문이다. ‘ㅎ’은 숙련된 식도발성군에서도 명료도가 0%이었는데, 이는 성대의 부재로 성도의 형태학적 특성에 기인하는 것으로 보인다. Hasegawa et al.(2001)는 기관식도발성자의 ‘ㅎ’산출에 대한 메커니즘 연구에서 ‘ㅎ’이 기관식도발성에서도 가장 내기 어려운 소리라고 하였으며 ‘ㅎ’과 ‘ㅅ’산출 시 EMG (electromyographic) study에서 thyropharyngeous muscle의 activity는 ‘ㅎ’ 조음시 ‘ㅅ’보다 훨씬 더 많이 감소한다고 하였다. 그리고 공기역학적 연구에서 ‘ㅎ’산출 동안 신성대를 통과하는 평균호기류율과 supraneoglottal pressure가 일시적인 증가를 보이고 subneoglottal pressure가 일시적인 감소를 보이는 반면 정상 집단에서는 아무런 변화도 일어나지 않았다고 하였다. 따라서 기관식도 발성자에서 ‘ㅎ’산출을 이끌어 내기 위해서는 신성대와 폐의 조절이 모두 요구된다고 하였다. 사용하는 공기의 양이 적은 식도 발성자에게는 마찰음 조음시 충분한 마찰을 주기 어려운 데, 본 연구에서 숙련군은 마찰음이 마찰을 가진 다른 마찰음이나 파찰음으로 대치한 경우가 대부분으로 마찰이 없는 파열음으로 인지된 경우보다 높았다. 반면에, 비숙련군에서는 생략(80.0%)이 대부분이었지만 나머지는 마찰이 없는 파열음이나 비음으로 인식되었다. 따라서 마찰음의 명료성을 높이기 위해서는 충분한 마찰을 할 수 있도록 공기를 많이 들여 마시는 것이 중요하다.

조음 방법에 대한 분석 중에서, 비숙련군에서는 파찰음의 명료도가 제일 높았고, 숙련군에서도 비음, 유음 다음으로 명료도가 높았는데, 표 (1993)는 파찰음이 다른 자음에 비해서 조음점이 비교적 넓기 때문에 식도발성에서도 비교적 발음하기 쉬우므로 명료도가 높다고 하였다. 따라서 비숙련 식도발성자들에게 조음기관의 정교성이 덜 요구되는 파찰음은 비교적 산출이 용이함을 알 수 있다. 또한 숙련군이나 비숙련군에게서 파열음에 대한 오류가 많이 관찰되었는데 식도발성의 VOT (voice onset time)에 대한 연구에서 (Christensen, 1978) 식도발성자들은 정상인에 비하여 파열음 산출시 음성발현시간 (VOT; voice onset time)이 의미 있게 짧다고 하였다. 한국어 파열음의 VOT 연구에서, 표(1999) 등은 조음 위치별로 분류할 때, 연구개음, 치경음, 양순음 순으로 앞쪽에서 조음될수록 VOT가 더 짧아진다고 하였고 긴장도에 따라 구분하여 보면, 기식음, 연음, 경음 순으로 기식음이 가장 길다고 하였다. 또한 홍(1997) 등은 무후두음성의 음성발현시간에 대한 연구에서 식도발성에서도 정상과 마찬가지로 기식음, 연음, 경음 순이었으나 기식음 및 연음에서는 정상보다 유의하게 낮은 시간을 나타내었고, 경음에서는 정상보다 유의하게 높은 시간을 보이는 것으로 나타났다.

본 연구의 조음 위치에 따른 분석에 의하면, 숙련군의 경우 뒤쪽에서 조음 될수록 오류가 높았는데, 이는 VOT가 뒤쪽에서 조음 될수록 더 길어지는 것도 영향이 있는 것

로 보인다. 또한 공기의 양으로 설명될 수 있는 데 구강의 앞 쪽에서 조음되는 자음은 식도발성자들이 공기를 모아두는 인두-식도 분절과 조음점 사이의 공간이 뒷 쪽에서 조음되는 자음에 비해 더 많은 공기를 사용할 수 있으므로, 공기의 양이 명료도를 크게 좌우하는 식도발성에서는 앞 쪽에서 나는 자음들이 높은 명료도를 갖게 된다(Diedrich & Youngstorm, 1966; 표, 1993). 이와는 대조적으로 비속련군의 경우 fig.4와 같이 앞쪽에서 조음 될수록 오류가 높았는데, 이는 비속련 식도발성자들은 공기를 흡입하기 보다는 삼키자마자 발성하는 주입법을 사용하기 때문에 공기의 양이 매우 적어 음원인 인두-식도 분절과 가까운 조음점일수록 명료도가 높고, 음원과 멀수록 조음점에 도달하기 전에 공기양이 소모되므로 명료도가 낮아지는 것으로 생각된다.

많은 연구들은 식도발성자들의 말 산출에 있어서 가장 어려운 것이 유무성 구분(voicing distinction)이라고 했는데, 명료도가 낮은 식도발성자일수록 유성음과 무성음 사이의 구강내압에 차이가 없었고 지나치게 높은 구강내압을 보인다고 하였다. 따라서 명료도를 높이기 위해서는 구강내압을 낮추도록 하는 지도가 필요하다고 하였다(Connor et al., 1985). 그러나 한국어의 자음은 유성음/무성음의 이중대립체계가 아닌 한 범주 내에서 다른 세 개의 무성자음(격음, 연음, 경음)이 대립체계를 갖는다(Han & Weitzman, 1970; Hirose et al, 1974). 구강 내 압력을 비교해 보면, 식도발성자들은 정상인보다 연음 및 기식음에서 높았으며, 경음에서는 비슷한 수치를 나타내었다(홍 외, 1997). 본 연구에서 식도발성자들은 속련도에 관계없이 격음의 명료도가 가장 낮았으며, 경음의 명료도가 가장 높았는데, 경음은 다른 자음에 비해 비교적 적은 공기의 양을 필요로 하기 때문이다. 반대로 공기의 양을 많이 필요로 하는 격음은 경음이나 연음에 비해 조음하기 어려운 소리임을 알 수 있다.

음절구조에 따른 분석에 의하면, 비속련 식도발성군에서는 음절구조에 관계없이 거의 비슷한 오류를 나타냈으나, 속련군에서는 V-CV 구조에서 오류가 더 감소하였다. 속련군의 경우 오류의 형태는 주로 대치가 많은 반면, 비속련군은 생략이 많았는데 본 연구에서 사용한 목표어는 2 음절어로서 한 번의 공기 주입으로 말하기 때문에 비속련 식도발성자들은 말속도가 빨라지면서 생략을 많이 보였다. 속련자의 경우 모음이 먼저 선행하고 자음을 산출하는 경우 명료도가 높았는데, 속련군은 비속련군에 비해 모음 산출이 비교적 안정적이므로 이러한 모음의 안정성(stability)은 청자로 하여금 후속하는 자음 산출의 변이성을 해석하는 데 도움을 줄 수 있다(Steven, 1972). 모음과 자음의 인식(perception)은 다른 mechanism에 의해 이루어지는 데(Liberman et al., 1970), 모음의 인식은 자음에 비해 훨씬 쉽다. 이것은 모음이 유성음이고 비교적 높은 강도를 가지기 때문이다. 모음을 산출할 때 성도는 비교적 열려 있고 음향학적 특징은 약 100 mm/sec로 안정되어 있다. 이러한 안정성 패턴이 청자에게 분별할 수 있도록 정보를 제공해 준다. 따라서 초기 식도발성 습득에 있어서, 식도발성의 기본음인 모음 산출의 안정성은 매우 중요하다. 또한 낮은 명료도의 원인은 후두전적출술로 인한 성도의 변형과 음원의 부재로 인해 부과된 다른 motoric demands가 속련이 덜 될수록 acoustic pattern을 왜곡시키고 이러 이



러한 불충분한 음향학적 pattern이 청자로 하여금 잘못 인식하도록 만든다. 따라서, 이러한 숙련도에 따른 음향학적 특성의 차이는 청자의 인식(perception) 및 말 명료도(intelligibility)에 영향을 줄 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 숙련도에 따른 모음의 음향학적 특징과 자음 산출을 비교함으로써, 식도발성 음성재활 증재에 도움이 되고자 하였다. 아직까지 식도발성 훈련에 있어서 체계적으로 식도발성의 원리와 그에 따른 훈련방법이 외국의 자료에 의존하거나, 단순히 이미 습득한 사람이나 경험자에 의해서 전해지고 있는 실정을 감안할 때, 숙련도에 따라 산출된 객관적인 자료는 식도발성 증재 시 임상적인 자료로 유용할 것으로 보인다. 식도발성의 숙련 정도에 따른 모음의 음향학적 특징에 있어서, 비숙련 식도발성군이 숙련된 식도발성군에 비해 Fx, Jitter 변인에 있어서 통계적으로 의미 있게 높았으며, HNR은 의미 있게 낮았다. 조음 방법에 따른 자음 산출은, 비숙련 식도발성군은 유음, 비음이 높은 오류를 나타내었고, 파찰음이 낮은 오류를 보였으나, 이와는 대조적으로 숙련된 식도발성군은 마찰음이 가장 높은 오류를 보였으며, 비음, 유음이 높은 명료도를 보였다. 또한, 무성음의 경우, 대립 자질에 있어서 기식음이 두 집단에서 가장 산출하기 어려운 음소였으며, 경음이 가장 산출하기 쉬운 음소였다. 조음 위치에 있어서 성문음 ‘ㅎ’이 가장 산출하기 어려운 소리였으며, 숙련된 식도발성군은 치조경구개음, 연구개음이 높은 오류를 나타낸 반면, 비숙련 식도발성군은 양순음, 치조음이 가장 많이 오류를 보였다. 음절 위치에 있어서 숙련된 식도발성군은 통계적인 의의는 없었으나, V+CV 구조가 오류가 적었으며, 비숙련 식도발성군은 음절 구조에 관계없이 거의 비슷한 오류를 나타냈다. 이와 같은 숙련도에 따른 모음의 음향학적 특징과 자음 산출의 차이는 정상적인 발성 기관의 부재로 인한 성도의 형태학적 특성에 기인하는 것으로 여겨지고, 숙련이 덜 될수록 잔존하는 조음 기관의 운동 조절 능력이 떨어지거나 발성시 새로운 발성기관으로서의 식도-인두 분절부위의 접촉이 불안정하거나, 불완전하여 적절한 진동과 소리를 내고 공명을 형성하는 데 어려움을 보이는 것으로 여겨진다. 또한 무성자음 중 기식음과 마찰음의 높은 오류는 식도의 공기 유입의 부족에 기인하는 것으로 보인다. 따라서 식도 발성의 음성 재활 시, 초기 습득에 있어서 식도 발성이 일어나는 진동부위의 정확한 인지와 잔존하는 조음 기관의 운동성 증진 및 발성을 위한 식도 내로의 적절한 공기 유입에 대한 지도가 매우 중요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] Miralles, J. L. & T. Cervera. 1995. "Voice intelligibility in patients who have undergone laryngectomies." *J. Speech Hear. Res.*, 38(3), 564-571.

- [2] Drummond, S., J. Dancer, K. Krueger & G. Spring: 1996. "Perceptual and acoustical analysis of alaryngeal speech: Determinants of intelligibility." *Percept. Mot. Skills*, 83(3), 801-2.
- [3] Williams, S. E. & J. B. Watson. 1987. "Speaking proficiency variations according to method of alaryngeal voicing." *Laryngoscope*, 97(6), 737-9.
- [4] Williams, S. E. & J. B. Watson. 1985. "Differences in speaking proficiencies in three laryngectomy groups." *Arch Otolaryngol.*, 111(4), 216-9.
- [5] Robbins, J., H. B. Fisher, E. C. Blom & M. I. Singer. 1984. "A comparative acoustic study of normal, esophageal and tracheoesophageal speech production." *J. Speech Hear. Disord.*, 49, 202-10.
- [6] Most, T., Y. Tobin & R. C. Mimran. 2000. "Acoustic and perceptual characteristics of esophageal and trache-oesophageal speech production." *J. Commun. Disord.*, 33, 165-181.
- [7] Trudeau, M. D. 1987. "A comparison of the speech acceptability of good and excellent esophageal and tracheoesophageal speakers." *J. Commun. Disord.*, 20, 41-9.
- [8] Sedory, S. E., S. L. Hamlet & N. P. Connor. 1989. "Comparisons of perceptual and acoustic characteristics of tracheoesophageal and excellent esophageal speech." *J. Speech Hear. Res.*, 54, 209-14.
- [9] Shipp, T. 1967. "Frequency duration and perceptual measures in relation to judgments of alaryngeal speech acceptability." *J. Speech Hear. Res.*, 10, 417-27.
- [10] Berlin, C. I. 1965. "Clinical measurements of esophageal speech." *J. Speech Hear. Disord.*, 30, 174-83.
- [11] Bridges, A. 1991. "Acceptability ratings and intelligibility scores of alaryngeal speakers by three listener groups." *Br. J. Disord. Commun.*, 26(3), 325-35.
- [12] Clark, J. G. 1985. "Alaryngeal speech intelligibility and older listener." *J. Speech Hear. Disord.*, 50(1), 60-5.
- [13] Cullinan, W. L., C. S. Brown & P. D. Blalock. 1986. "Ratings of intelligibility of esophageal and tracheoesophageal speech." *J. Commun. Disord.*, 19(3), 185-95.
- [14] Fox, R. A. & M. D. Trudeau. 1988. "A multidimensional scaling study of esophageal vowels." *Phonetica*, 45(1), 30-42.
- [15] Doyle, P. C. & C. G. Reed. 1988. "Listeners' perceptions of consonants produced by esophageal and tracheoesophageal talkers." *J. Speech Hear. Disord.*, 53, 400-7.
- [16] Miani, C., G. Bertino & A. Bellomo. 1998. "Analysis of qualitative voice and speech quality judgments after total laryngectomy." *Acta Otorhinolaryngol.*, 18(3); 143-7.
- [17] Angermeier, C. B. & B. Weinberg. 1981. "Some aspects of fundamental frequency control by esophageal speakers." *J. Speech Hear. Res.*, 24(1),

- 85-91.
- [18] Smith, B. E., B. Weinberg, L. L. Feth & Y. Horii. 1978. "Vocal roughness and jitter characteristics of vowels produced by esophageal speakers." *J. Speech Hear. Res.*, 21(2), 240-9.
- [19] Bertino, G., A. Bellomo & C. Miani. 1996. "Spectrographic difference between tracheal-esophageal and esophageal voice." *Folia Phoniatr. Logop.*, 48(5), 255-61.
- [20] Blood, G. W. 1981. "The interactions of amplitude and phonetic quality in esophageal speech." *J. Speech Hear. Res.*, 24, 308-12.
- [21] Weinberg, B., Y. Horii, E. Blom & M. Singer. 1982. "Airway resistance during esophageal phonation." *J. Speech Hear. Disord.*, 47(2), 194-9.
- [22] Valeras, M., & M. C. Martin. 2002. "Possible factors influencing rehabilitation of the total laryngectomy patient using esophageal speech." *Acta Otorrhinolaryngol. Esp.*, 53(6), 413-7.
- [23] Miller, W. L. & S. L. Hamlet. "Nasal consonants in esophageal speech." 1988. *J. Speech Hear. Res.*, 53, 108-111.
- [24] Colyar, T. C. & J. M. Christensen. 1980. "Nasalance patterns in esophageal speech." *J. Commun. Disord.*, 13, 43-48.
- [25] Karin, A., M. A. Isman & Christopher J. O'Brien. 1992. "Videofluoroscopy of the pharyngoesophageal segment during tracheoesophageal and esophageal speech." *Head & Neck.* 352-58.
- [26] Max, L. & W. Steurs. 1996. "Vocal capacities in esophageal and tracheoesophageal speakers." *Laryngoscope*, 106(1), 93-6.
- [27] Yoshiko, G. & Philip C. Doyle. 1989. "Perception of stop consonants produced by esophageal and tracheoesophageal speakers." *J. Otolaryngology*, 18(4).
- [28] Christensen, J. M. & P. E. Dwyer. 1990. "Improving alaryngeal speech intelligibility." *J. Commun. Disord.*, 23(6), 445-51.
- [29] Drummond, S., J. Dancer, K. Drueger & G. Spring. 1996. "Perceptual and acoustical analysis of alaryngeal speech determinants of intelligibility." *Percept. Mot. Skills*, 83(3), 801-2.
- [30] Mendenhallm, W. M., C. G. Morris, S. P. Stringer & R. J. Amdur. "Voice rehabilitation after laryngectomy and postoperative radiataion therapy."
- [31] Dantas, R. O., L. N. Aguiar-Ricz, E. C. Olivera & F. V. Mello-Filho. 2001. "Intraesophageal pressure during esophageal speech laryngectomized patients rehabilitated or no rehabilitated for oral communication." 38(3), 158-61.
- [32] Swisher, W. E. 1980. "Oral pressures, vowel durations, and acceptability ratings of esophageal speakers." *J. Commun. Disord.*, 13(3), 171-81.
- [33] Christensen, J. M., B. Wei berg & P. J. Alfonso. 1978. "Productive voice onset time characteristics of esophageal speech." 21(1), 56-62.
- [34] Hirose, H. 1996. "Voicing distinction in esophageal speech." *Acta Otolaryngol.*

- Suppl.*, 524, 56-63.
- [35] Han, M. S. & R. S. Weitzman. 1970. "Acoustics features of Korean /p,t,k/, /P,T,K/ and /p<sup>h</sup> t<sup>h</sup> k<sup>h</sup>/." *Phonetica*, 22, 112-28.
- [36] Hirose, H., C. Y. Lee & T. Ushijima. 1974. "Laryngeal control in Korean stop production." *J. Phonetics*, 2, 145-52.
- [37] Connor, N. P., S. L. Hamlet & J. C. Joyce. 1985. "Acoustic and physiologic correlates of the voicing distinction in esophageal speech." *J. Speech Hear. Disord.*, 50(4), 378-84.
- [38] Hasegawa, S., M. Kinishi, M. Mohri & M. Amatsu. 2001. "Mechanism for producing a neoglottal fricative [h] tracheoesophageal speech." *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho*, 104(5), 495-503.
- [39] Liberman, A. M., F. S. Cooper, K. S. Harris, P. F. McNeilage & M. G. Studdert-Kennedy. 1967. *Some Observations on a Model of Speech Perception*. Cambridge, MA: M.I.T. Press. 68-87.
- [40] Stevens, K. N. 1972. "The quantal nature of speech: Evidence from articulatory-acoustic data." In E. E. David, Jr & P. B. Denes (Eds.), *Human Communication: A Unified View*. New York: McGraw-Hill.
- [41] 표화영, 최홍식, 임성은, 최성희. 1999. "동일 후적자가 산출하는 기관식도 발성 (Provox 발성)과 식도 발성에 대한 음향학적 및 공기 역학적 특성 비교." *음성과학*, 5(1), 121-139.
- [42] 박국진, 최홍식, 정형진, 유신영, 박준호, 김한수. 1998. "정상인과 식도 발성 음성에서의 공기역학적 비교 연구." *대한음성언어의학회지*, 9(1), 5-10.
- [43] 표화영. 1993. *식도발성 언어의 실험적 연구*. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문
- [44] 안철민, 김향초, 최지호, 정덕희. 2001. "식도발성시 /아/, /이/모음의 음향분석 및 영상 특징." *한이인지*, 44, 1192-8.
- [45] 홍기환, 정우철, 윤희완, 김현기. 1997. "무후두음성에 대한 음향음성학적 및 경부 근전도적 특성." *한이인지*, 40, 879-887.
- [46] 박현민, 손봉형, 문현수, 김대현, 조철우, 심우영, 김서규 외. 2000. "후두전 적출술 후 재활음성의 음향학적 연구." *한이인지*, 43, 80-5.
- [47] 표화영, 심현섭, 박헌이, 최재영, 최성희, 안성복, 최홍식. 1999. "한국어 파열 자음의 인두내압, 폐쇄기 및 Voice Onset Time(VOT)에 관한 실험적 연구." *대한음성언어의학회지*, 10(1), 50-57.
- [48] 홍기환, 김성완, 김현기. 1998. "식도음성의 고유기저주파수 발현 현상." *대한음성언어의학회지*, 9(2), 142-146.
- [49] 신지영. 2001. *말소리의 이해: 음성학, 음운론 연구의 기초를 위하여*. 서울: 한국문화사.

접수일자: 2003. 7. 30.

게재결정: 2003. 9. 4.

▲ 최성희

서울특별시 강남구 도곡동 146-92 영동세브란스병원 이비인후과학교실 (우: 135-720)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-3497-3461 Fax: +82-2-3463-4750  
E-mail: shgrace@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 최홍식

서울특별시 강남구 도곡동 146-92 영동세브란스병원 이비인후과학교실 (우: 135-720)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-3497-3461 Fax: +82-2-3463-4750  
E-mail: hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 김한수

서울특별시 강남구 도곡동 146-92 영동세브란스병원 이비인후과학교실 (우: 135-720)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-3497-3465 Fax: +82-2-3463-4750  
E-mail: sevent@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 임성은

서울특별시 강남구 도곡동 146-92 영동세브란스병원 이비인후과학교실 (우: 135-720)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-3497-2587 Fax: +82-2-3463-4750  
E-mail: selim@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 이성은

서울특별시 강남구 도곡동 146-92 영동세브란스병원 이비인후과학교실 (우: 135-720)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-3497-3461 Fax: +82-2-3463-4750  
E-mail: hgrace@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 표화영

서울특별시 서대문구 신촌동 143 연세의료원 안-이비인후과 병원 (우: 120-749)  
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 연세대학교 음성언어의학연구소  
Tel: +82-2-361-8599 Fax: +82-2-313-5030  
E-mail: vtpyo@yumc.yonsei.ac.kr