

Multi-Speech를 통한 후두적출자의 발성에 대한 음향학적 분석

노동우* 백은아* 강수균**

* 대구대학교 대학원 박사과정 언어치료 전공

** 대구대학교 언어치료학과 교수

An acoustic study on the alaryngeal voice using the Multi-Speech

Dongwoo Noh*, Euna Paik*, Sookyoon Kang**

* M.S., Dept. of Speech Pathology, Daegu Univ.

** Ph. D., Dept. of Speech Pathology, Daegu Univ.

nobeat@hanmail.net, mingmul@hanmail.net, skkang@taegu.ac.kr

Abstract

The purpose of this study was to provide acoustic data on the voice of the laryngectomized patients for more scientific and efficient voice rehabilitation. The phonation of prolonged /a/ of 9 electronic artificial larynx(AL) users, 5 esophageal(EP) speech users, and 2 tracheo-esophageal(TEP) voice users were recorded and analyzed using Multi-Speech. Habitual f0, mean f0, sd f0, max f0, min f0, jitter, shimmer, and NHR were compared among groups of subjects using t-test. The EP and TEP groups exhibited higher f0 compared to the AL group. The AL and TEP groups showed more stable f0 than the EP group. In addition, the quality of TEP and EP voices were comparatively better in terms of jitter, shimmer, and NHR.

I. 서론

인간의 신체기관 중 성대를 포함한 후두부는 안전한 연하기능 및 음성산출이라는 점에서 아주 중요한 역할을 담당하고 있다. 만약, 이러한 후두부에 암이나 외상 및 기타 여러 가지 원인 등이 발생하여 생명유지를 위한 적출술을 받는 경우, 음성산출 및 안전한 연하기능

의 수행에 심각한 지장을 초래한다. 이에 따라 본래의 기능을 회복시키기 위한 방법에는 지금까지 다음과 같은 방법이 제시되고 있다. 즉, 안전한 연하기능의 재확보를 위하여서는 음식물의 기도유입을 방지하고 안전한 음식물 통로를 확보하기 위하여 기도로 가는 통로를 폐쇄하고 목의 하단부에 stoma를 뚫어 주는 수술적 방법이 시행된다. 물론 stoma에 대한 지속적 관리와 같은 부차적 문제점이 있긴 하나 현재로서는 이러한 수술적 방법이 최상이라고 할 수 있다.

한편, 후두적출자의 수술 후 건강이 어느정도 회복되고 나면, 의사소통의 재확보를 위한 음성재활에 들어가게 된다. 이러한 음성재활에 대하여서는 지금까지 언어치료사, 이비인후과 의사 등을 중심으로 많은 연구가 진행되어져 오고 있으며, 현재까지 제시되어져 오는 음성재활의 방법에는 대표적으로 다음과 같은 인공후두기를 통한 발성, 식도발성, 기식도발성 등이 있다(강수균, 1995).

첫째, 인공후두기를 통한 발성법은 폐가 하는 발동부의 역할 및 후두가 하는 발성부의 역할을 위해 몸밖의 에너지를 이용하는 방법을 말하며, 피리식 인공후두기와 전기식 인공후두기가 개발되어져 있다. 피리식 인공후두기는 기공의 호기를 관으로 연결하여 관속의 진동체를 진동해서 입안으로 유도 발성하는 원리이며, 전기식 인공후두기는 기공의 호기를 이용하지 않고 전기의 힘으로 진동체를 진동해서 발성하는 원리이며, 최근에는 거의 전기식 인공후두기가 사용되고 있다. 인공후두기의 장점으로는 학습이 용이하며, 보다 적은

피로감을 들 수 있다. 하지만, 단점으로는 손을 사용해야만 하고, 음도 및 강도의 변화를 주기가 어렵다는 점을 들 수가 있다.

둘째, 식도발성이다. 식도발성의 원리는 공기를 식도에 흡입해서 흡입한 공기를 에너지로 하여 상식도 부위인 인두-식도 부위(pharyngoesophageal segment)의 소위 윤상인두근을 진동시켜 음원을 내는 방법이다. 여기에는 흡인법과 주입법이 있다. 이 방법의 장점으로는 인공후두기 발성과는 달리 기구를 사용하지 않고 발성을 하기 때문에 즉각적인 발성이 용이하며, 이에 따라 양손이 확보될 수 있다는 점이다. 하지만, 단점으로는 장기간의 습득 기간이 요구되며, 몸이 불편하거나 병약할 때는 발성이 대단히 고통스럽고, 낮은 음도, 약한 강도 및 거친 음성(hoarse voice)과 같은 음질을 나타내며, 장음발성이 힘들며, 동족음 계열의 구별된 발성이 어려울 경우(강수균 외, 2000) 등이 있다.

셋째, 기식도 발성을 들 수 있다. 이 방법은 1979년 언어치료사인 Eric Blom과 이비인후과의사인 Mark Singer가 개발한 방법으로 최근 우리나라에서도 많이 시술되고 있는 방법이다. 이 방법은 주로 전적출술 후 음성재활을 위하여 기관과 식도사이를 수술적인 방법으로 누공(fistula)을 만들어 One-way 방식의 인공보철물(prosthesis)을 삽입하는 방법을 말한다. 일명 Blom-Singer 방법이라고 하며, 이후 Nijdam 보철물이나 Groningen 보철물, PORVOX 보철물 등이 소개되고 있다. 즉, 이 방법은 폐로부터의 공기가 식도쪽으로 갈 수는 있지만, 식도로부터의 음식물 등은 기관쪽으로 흘러들어오지 않는 One-way 방식의 인공보철물의 효력으로 인하여 폐로부터의 공기를 이용하여 인두-식도 부위(PE segment)에서 진동을 일으켜 발성하는 방식을 말한다. 또한, 기관공 밸브(tracheostoma valve)의 역할을 통하여, 과거 말을 할 때마다 손으로 기관공을 막는 불편이 없이 발성이 가능하게 되었다. 이 방법의 장점으로는 폐의 공기를 이용함으로써 발성의 길이가 늘어나고, 보다 자연스럽게 나온 음질의 발화를 제공한다는 점과 낮은 피로감을 지니게 되었다는 데에 있다. 단점으로는, 기관-식도 사이의 보철물에 대한 관리 문제와 감염 등과 같은 위생 문제를 들 수 있다.

이와 같이, 후두적출자의 음성재활 방법에는 여러 가지 방법들이 제시되고 있으며, 각 방법들의 장단점에 대한 음성학적, 음향학적 및 기류역학적 연구들이 꾸준히 이루어지고 있는 상황이다.

본 연구에서는 후두적출자들이 대표적으로 사용되고 있는 3가지 음성재활 방법들에 대하여 Multi-Speech 기기를 통하여 음향학적인 결과를 산출하고, 각 음성재활법의 음향학적 결과에 대하여 선행연구들과 비교 분석함으로써, 각 음성재활법의 차이를 검정하여 후두

적출자의 음성재활 상담 및 진단에 음향학적 기초자료를 제공함에 있다.

II. 연구 방법

본 연구에서는 인공후두기 발성자 9명과 식도 발성자 5명 및 기식도 발성자 2명을 그 대상으로 하였다.

실험은 조용하고 주위 소음이 차단된 독립된 방에서 후두적출자들로 하여금 자연스럽게 편안한 /아/ 발성을 산출하도록 한 후, Multi-Speech(Kay electronics, 1998)를 이용하여 발성샘플을 녹음수집하였다. 마이크와 대상자의 입과의 거리는 10cm로 유지하였고, 수집된 발성샘플에서 가장 안정된 구간을 설정하여 음향학적 분석을 실시하였다.

분석항목은 habitual f0, mean f0, sd f0, max f0, min f0, jitter, shimmer, NHR 등에 걸쳐서 이루어졌으며, 각 집단별 평균값 및 표준편차 등을 산출하고 그 결과를 도표화하여 제시하였다.

또한, 각 집단별 분석항목에 따른 통계적 유의차가 있는지를 검정하기 위하여, SPSS 10.0 통계 패키지를 이용하여, 각 분석항목에 대한 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)를 실시하고, 유의차가 발견된 분석항목에 대하여서는 어떤 집단간에 유의차가 있는지를 검정하기 위하여 Scheffé 사후 검정을 실시하고 각각 그 결과를 도표화하여 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

각 집단별 평균 및 표준편차에 대하여서는 <표 1>에 제시하였고, 각 집단별 일원배치 분산분석 결과는 <표 2>에 제시하였으며, Scheffé 사후 검정 결과에 대하여서는 <표 3>에 제시하였다.

<표 1> 각 집단별 음향학적 분석에 따른 평균 및 표준편차

분석항목	발성종류	N	M	SD
habitual f0 (Hz)	인공후두기	9	86.25	5.77
	식도발성	5	123.68	32.71
	기식도발성	2	129.25	20.83
mean f0 (Hz)	인공후두기	9	86.27	5.79
	식도발성	5	119.53	30.60
	기식도발성	2	128.14	18.82
sd f0 (Hz)	인공후두기	9	.11	.06
	식도발성	5	21.10	11.54
	기식도발성	2	6.31	.50
max f0 (Hz)	인공후두기	9	86.61	5.86
	식도발성	5	181.99	63.19
	기식도발성	2	139.14	17.56

min f0 (Hz)	인공후두기	9	85.94	5.74
	식도발성	5	86.32	18.02
	기식도발성	2	107.96	14.08
jitter (%)	인공후두기	9	.08	.06
	식도발성	5	7.70	3.50
	기식도발성	2	.58	.30
shimmer (%)	인공후두기	9	.54	.20
	식도발성	5	24.70	12.44
	기식도발성	2	.60	.05
NHR	인공후두기	9	.15	.06
	식도발성	5	.58	.21
	기식도발성	2	.27	.13

shimmer	인공후두기:	-24.17***	3.85
	식도발성:		
	기식도발성:	24.11**	5.77
NHR	인공후두기:	-43***	.07
	식도발성:		
	기식도발성:	.31*	.11

* p< .05, ** p< .01, *** p< .001

<표 2> 각 집단별 일원배치 분산분석 검정 결과

분석항목	집단	SS	df	MS	F
habitual f0	집단간	6039.16	2	3019.58	7.882*
	집단내	4980.09	13	383.08	
mean f0	집단간	5131.89	2	2565.89	7.64*
	집단내	4368.71	13	336.06	
sd f0	집단간	1419.41	2	7.9.70	17.31**
	집단내	532.89	13	40.99	
max f0	집단간	29387.68	2	14918.38	11.72*
	집단내	16884.82	13	1273.45	
min f0	집단간	838.03	2	419.02	3.09
	집단내	1760.55	13	135.43	
jitter	집단간	195.51	2	97.95	25.87**
	집단내	49.12	13	3.78	
shimmer	집단간	2005.62	2	1002.81	21.05**
	집단내	619.32	13	47.64	
NHR	집단간	.596	2	.30	17.40**
	집단내	.223	13	.02	

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

<표 3> 각 집단별 Scheffé 사후 검정 결과

분석항목	발성종류(a:b)	평균차(a-b)	표준오차
habitual f0	인공후두기: 식도발성	-37.43*	10.92
	인공후두기: 기식도발성	-43.00*	15.30
mean f0	인공후두기: 식도발성	-33.27*	10.23
	인공후두기: 기식도발성	-41.87*	14.33
sd f0	인공후두기: 식도발성	-20.99***	3.57
	인공후두기: 식도발성	-95.38**	19.90
jitter	인공후두기: 식도발성	-7.62***	108
	식도발성: 기식도발성	7.13**	1.63

1. 집단 간 f0 차이

결과를 볼 때, 우선 각 집단 간 f0의 차이가 가장 두드러지게 나타났다. min f0를 제외하고 habitual f0, mean f0, sd f0, max f0 등에서 통계적 유의차가 나타났다. 자세히 살펴보면 다음과 같다.

우선, habitual f0와 mean f0를 보면, 식도발성(123.68Hz, 119.53Hz)과 기식도 발성(129.25Hz, 128.14Hz)간에는 유의차가 나타나지 않은 반면, 식도발성과 인공후두기 발성(86.25Hz, 86.27Hz)과는 유의차가 나타났다.

또한, min f0, max f0, sd f0 등에서와 같이 f0의 범위를 비교한 결과, 인공후두기 발성(f0범위: 85.94Hz~86.61Hz, sd: .11), 식도발성(f0범위: 86.32Hz~181.99Hz, sd: 21.10), 기식도발성(107.96Hz~139.14Hz, sd: 6.31) 등으로, 식도발성이 다른 발성 집단에 비하여 보다 넓은 범위의 f0와 보다 큰 sd f0를 지니고 있는 것으로 나타났다.

이러한 기본주파수의 차이를 고찰해 보면, 우선 각 집단 간 발성기관의 기질적 차이를 주요인으로 고려해 볼 수 있다. 즉, 인공후두기 발성 집단의 경우, 전기식 인공후두기의 기본 진동수에 따라 기본주파수가 주로 결정되는 관계로, 다른 발성 집단에 비하여 상대적으로 낮은 기본 진동수를 지니고 있는 전기식 인공후두기의 경우에는 기본주파수에 관한 값이 낮게 나오는 것은 당연한 결과라고 할 수 있을 것이다. 또한, 인공후두기의 경우, 기본 진동수의 안정성이라는 측면에서 볼 때, 아주 안정적인 진동수의 지속적 산출이 이미 기계적으로 확보되어 있어, 기본 주파수의 최소 최대 값 간의 범위가 다른 발성 집단에 비하여 좁고 그 편차도 아주 낮아 안정된 음을 산출하는 것을 알 수 있다.

한편, 식도발성과 기식도 발성간에 기본 주파수의 통계적 유의차는 발견되지 않았다. 하지만, 평균값을 비교하여 볼 때, 기식도 발성이 식도발성에 비하여 10Hz 정도 높은 habitual f0 및 mean f0를 지니고, min f0와 max f0간의 범위에 있어서도 식도발성에 비하여 좁은 범위를 지니고 있으며, sd f0도 상대적으로 낮은 값을 지니는 등 기식도 발성이 식도 발성에 비하

여 다소 안정적인 평균 기본 주파수 범위를 확보하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과를 볼 때, 우선 식도발성과 기식도 발성이 공통적으로 인두-식도 부위(pharyngoesophageal segment)의 운상인두근을 발성원으로 가지고 있다는 점에서 볼 때 통계적 유의차가 나지 않은 것이 당연한 결과라고 생각을 할 수 있다. 하지만, 같은 발성기관을 지니고도 기식도 발성이 식도발성에 비하여 다소 높은 f0 및 안정된 기본 주파수 범위를 가지고 있는 점을 볼 때, 발성에 사용되는 공기량의 차이, 인두-식도 부위의 접촉면의 안정성, 신성대를 이용한 발성의 숙련도 등과 같은 변인 등을 고려해 볼 수 있겠다. 인두-식도 부위의 접촉면의 안정성 및 발성의 숙련도라는 측면에서, 최성희 등(2003)은 숙련이 덜 될 수록 잔존하는 조음 기관의 운동 조절 능력이 떨어지거나 발성 시 새로운 발성기관으로서의 식도-인두 분절부위의 접촉이 불안정하거나, 불안전하여 적절한 진동과 소리를 내고 공명을 형성하는 데 어려움을 보인다고 주장하고 있다. 즉, 식도발성의 숙련도가 높을수록 인두-식도 부위의 접촉면의 효율성 또한 증가된다고 할 수 있다. 이러한 점에서 본 연구의 대상자들이 식도발성 및 기식도 발성이 5년 이상이며 대화가 가능한 정도의 숙련된 발성자라고 보았을 때, 식도-인두 부위의 효율성이라는 측면에서 기식도 발성자가 식도 발성자보다 다소 유리하다는 점을 알 수 있다. 이는 식도 발성과 기식도 발성의 근본적인 차이인 공기의 활용도에 따른 차이를 생각해 볼 수 있다. 즉, 기식도 발성자는 식도발성자에 비하여 공기를 식도부위로 힘들게 주입하는 과정없이 stoma를 통한 주입과정 및 폐로부터의 공기 활용이라는 절대적인 유리한 입장에서 발성을 하기 때문에, 식도발성에 비하여 상대적으로 인두-식도 부위의 운상인두근의 높은 활용도를 보장할 수 있다는 점이다. 또한, 기식도 발성자의 경우, 식도발성에 비하여 공기 주입의 용이성에 따른 심리적 안정성도 고려해 볼 수 있겠다.

2. 집단 간 jitter, shimmer, NHR 차이

각 집단 간 jitter, shimmer, 및 NHR 등과 같은 음질과 관련된 매개변수들간의 차이검정으로 통한 결과는 다음과 같다.

우선, jitter 및 shimmer에서 각 집단 간 통계적 유의차가 나타났다. 특히, 식도발성 집단과 인공후두기 발성집단, 기식도 발성 집단 간에 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 즉, 식도발성 집단이 다른 두 집단에 비하여 상대적으로 높은 jitter 및 shimmer 수치를 나타내고 있었다.

이는 Jitter의 정상치를 1.04%, shimmer의 정상치를

3.9%까지(고도홍, 1999)로 볼 때, 식도발성의 경우 정상치를 상당히 벗어난 수치를 나타내고 있는 반면, 인공후두기 발성 및 기식도 발성의 수치는 상대적으로 정상치 범위 안에 있는 것을 알 수 있었다. 즉, 식도발성의 경우, 다른 두 발성집단에 비하여 주파수 및 진폭의 변동률이 상대적으로 높음을 알 수 있다. 이같은 차이를 고려해 보면, 인공후두기 발성과 식도발성간 차이의 경우, 발성원의 근본적인 차이에 보다 많이 기인한다고 볼 수 있다. 하지만, 식도발성과 기식도발성은 동일한 발성원을 가지고 있다는 점에서 이러한 음질적인 차이가 생기는 점은 음성의 산출이 근육의 탄력성과 더불어 공기역학과의 상호작용에 의하여 산출됨을 고려하여 볼 때, 상대적으로 많은 공기량을 확보하고 있는 기식도발성이 식도발성에 비하여 상대적으로 좋은 음질을 확보할 수 있다고 볼 수 있겠다.

한편, NHR에서도 각 집단간 통계적 유의차가 발견되었다. 앞서, jitter, shimmer에서와 마찬가지로 식도발성과 다른 두 집단 간에 유의차가 발견되었으며, 인공후두기 발성과 기식도 발성간에는 유의차가 나타나지 않았다. NHR의 정상치를 .19(고도홍, 1999)로 볼 때, 인공후두기 발성만이 정상치 안에 속하고 있으며, 다른 발성들은 정상치를 벗어나 있다고 볼 수 있다. 하지만, 식도발성과 기식도발성간의 NHR 수치를 비교하여 볼 때, 통계적 유의차가 나타난다. 즉, 식도발성이 기식도발성에 비하여 다소 높은 소음 비율을 나타내고 있음이 확인되었다. 이는 표화영(1999)이 식도발성과 PROVOX[®] 기식도 발성간의 음향학적 차이를 연구한 결과와 일치함을 나타낸다. 비록 stoma를 통한 소음성 산출이 결과에 영향을 미칠 수도 있으나, 숙달된 식도발성자일수록 stoma를 통한 소음성 산출이 덜 관찰된다(최성희, 2003)는 점에 기초하여, 본 연구에서는 숙달된 발성자들임을 감안할 때, 이보다는 오히려 공기의 주입량, 효율성에 따른 인두-식도 부위에서의 보다 효율적인 abduction-adduction 시스템의 작동을 생각하여 볼 수 있겠다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 후두적출자의 대표적인 세 가지 음성 재활방법에 대하여 음향학적 분석을 실시한 결과를 토대로 얻어진 결론을 다음과 같다.

첫째, 식도발성과 기식도발성은 인공후두기 발성에 비하여 높은 기본주파수를 나타낸다.

둘째, 인공후두기 발성 및 기식도 발성은 식도발성에 비하여 안정적인 기본주파수 범위를 나타낸다.

셋째, 인공후두기 발성 및 기식도 발성은 식도발성에 비하여 좋은 음질을 나타낸다.

이에 따라, 향후 이러한 음향학적 연구결과를 토대로 하여, 청자의 청지각적 측면, 발성자 본인의 심리적 측면 등을 같이 고려한 후속연구가 이루어져 임상적으로 보다 유용한 정보가 이루어지길 바란다.

참고문헌

- [1] 강수균(1995). 후두적출자의 음성재활. 중문출판사.
- [2] 강수균, 김희철(2000). 후두적출자의 동족음 계열 발성에 대한 VOT 분석 연구. *난청과 언어장애*, 23(2), 281-293.
- [3] 고도홍, 정옥란 외(2001). 음성 및 언어 분석기기 활용법. 한국문화사.
- [4] 최성희, 최홍식, 김한수, 임성은, 이성은, 표화영(2003). 식도발성의 숙련 정도에 따른 모음의 음향학적 특징과 자음 산출에 대한 연구. *음성과학*, 10(3), 7-27.
- [5] 표화영, 최홍식, 임성은, 최성희(1999). 동일 후적자가 산출하는 기관식도 발성(PROVOX[®] 발성)과 식도 발성에 대한 음향학적 및 공기역학적 특성 비교. *음성과학* 5(1), 121-139.