

## 정상인과 식도발성 음성에서의 공기역학적 비교 연구

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성언어의학연구소  
박국진 · 최홍식 · 정형진 · 유신영 · 박준호 · 김한수

= Abstract =

### The Aerodynamic Analysis between Normal Voice and Esophageal Voice

Kuk-Jin Park, M.D., Hong-Shik Choi, M.D., Hyung Jin Chung, M.D.,  
Shin-Young Yoo, M.D., Jun Ho Park M.D., Han Soo Kim, M.D.

*Department of Otorhinolaryngology, Institute of Logopedics & Phoniatrics,  
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

Voice rehabilitation is very important concerning in laryngectomees. Esophageal speech is a common and widely used method of voice restoration. But, until now there is no reliable data which shows the aerodynamic characteristics of esophageal speech.

In order to evaluate the vocal quality of normal laryngeal and esophageal speech, several aerodynamic parameters were measured in 13 adults with normal laryngeal voice and 2 excellent esophageal speakers using Aerophone II voice function analyzer. The examined parameters were maximal flow rate, mean airflow rate, subglottic pressure, vocal efficiency, glottic resistance, maximal phonation time and mean sound pressure level.

In vocal efficiency, there is no difference between two groups, but in other parameters, marked differences were showed in esophageal speakers, especially mean resistance. Results indicates that esophageal speakers make the efficient voices with poor aerodynamic condition, comparing with normal laryngeal speakers.

**KEY WORDS :** Laryngectomees · Esophageal speech · Aerodynamic parameters.

## 서 론

최근 후두암에 대한 인식 및 진단방법의 발전으로 조기에 진단 및 치료가 이루어지는 경우가 많고, 후두암 치료에서의 보존적인 수술 방법이 활기차게 시도되고 있으나 아직도 진행된 경우나 다른 후두 보존적 치료가 실패하는 경우에는 후두전적출술을 통한 근치적인 방법이 시행되고 있다. 이 시술에 있어서 환자에게 가장 부담을 주는 부분은 술후 자신의 목소리를 잃는다는 점

일 것이다. 따라서 후두전적출술 이후 환자와 의사에게 제일 중요한 것은 음성 재활이며 음성 재활의 방법은 다양한 방법이 많이 제시되었으나 크게 식도발성과 기관식도 누공술을 통한 음성재활 방법이 실제적으로 사용되며, 특히 식도발성이 타 방법에 비해 여러 단점을 가지고 있으나 아직까지는 더 흔하게 쓰이는 재활방법이다<sup>1)2)</sup>.

식도발성에 대해서는 그 동안 국내외적으로 다양한 연구가 이루어져왔으나 주로 그 발성의 이해도 및 명료도 등의 음향학적연구에 관한 것이거나, 기관식도 누공

에 의한 방법과의 비교 연구가 그 대부분을 차지한다. 하지만 음성분석에 있어서 큰 비중을 차지하는 식도발성의 공기역학적 연구는 관심있게 이루어진 것이 거의 없는 실정이다. 따라서 본 저자는 정상인과 숙련된 식도발성을 하는 환자에서 공기역학적 검사를 통하여 그 발성의 차이를 비교하고자한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

호흡기 계통의 기왕력이 없고 정상적인 후두발성을 하는 정상성인 13명과 본원 음성재활교실 강사인 고도의 식도발성 숙련자 2인을 대상으로 하였다.

### 2. 방 법

공기역학적 검사는 미국 Kay Elemetric Corp.에서 개발한 검사장치인 Aerophone II voice function analyzer를 이용하였으며 최대호기류율(maximal flow rate), 호기량(volume), 발성시간(duration), 평균호기류율(mean airflow rate), 평균 음강도(mean sound pressure level), 성문하압(subglottic pressure) 및 최장 발성지속시간(maximal phonation time)을 측정하였으며, 발성효율(vocal efficiency)과 성문저항(glottic resistance)은 자동으로 같이 계산, 측정하였다.

먼저 공기밀폐형 마스크(mask)내에 직경 2mm 가

량의 실리콘 튜브를 압력을 쥘 수 있는 센서와 연결하여 고정시킨후, 피검자가 충분히 흡기후 마스크를 얼굴에 밀착시킨 상태에서 입술로 튜브를 가볍게 문뒤 실리콘 튜브의 끝이 혀위와 입천장 사이에 놓이게 한 상태에서 편안하게 이-피피(i: pi: pi:)를 발성케하여 측정하였다. 3회 반복하여 평균값을 측정하였다.

다음으로 마스크를 동일한 방법으로 얼굴에 밀착시킨후 가장 편한 자세로 최대한 길게 아-(a:)를 발성케하여 그 값을 측정하였다. 이때 무의식적으로 초당기류량을 줄이거나 발성강도를 작게하여 그 시간이 연장되는 것을 방지하기 위해 평균호기량을 최소 70ml/sec로 제한하고 발성량 역시 65±10dB의 범위를 넘지 않도록 하였다.

결과 분석은 대상 환자의 수가 적어 통계적 처리를 하지는 않았다.

## 결 과

### 1. (i : pi : pi : ) 발성시

정상인에서의 최대호기류율, 호기량, 발성시간, 평균 호기류율 및 발성강도는 평균적으로 각각 0.92±0.338L/sec, 0.261±0.177Liter, 1.07±0.22sec, 0.24±0.146L/sec 및 67.6±2.34dB로, 식도발성군의 최대호기류율 0.1L/sec 및 0.18L/sec, 호기량 0.005Liter 및 0.009Liter, 발성시간 0.68sec 및 0.16sec, 평균호기류

Table 1. The results of normal laryngeal speakers and esophageal speakers during the (i : pi : pi : ) phonation

No	Age	MFR(L/sec)	Vol(Liter)	Duration(sec)	MAR(L/sec)	MS(dB)	Sub(cmH20)	Eff(ppm)	GR	<sup>10-5</sup> Ns/m <sup>5</sup>
N <sub>1</sub>	27	0.56	0.134	1.06	0.127	66.6	9.90	18.10		22.16
N <sub>2</sub>	31	1.28	0.729	1.20	0.607	72.7	8.90	23.23		3.09
N <sub>3</sub>	25	1.24	0.301	0.86	0.350	66.7	10.30	6.46		8.29
N <sub>4</sub>	26	0.76	0.095	0.88	0.108	66.1	10.20	18.51		26.77
N <sub>5</sub>	44	1.50	0.326	1.56	0.209	69.5	13.12	21.94		13.30
N <sub>6</sub>	29	0.92	0.295	1.28	0.230	67.5	9.10	14.24		10.50
N <sub>7</sub>	30	0.60	0.130	0.80	0.162	67.8	9.60	18.31		17.50
N <sub>8</sub>	29	1.24	0.296	0.98	0.302	67.3	9.40	9.65		8.59
N <sub>9</sub>	30	0.78	0.268	0.98	0.273	69.8	12.00	11.34		15.76
N <sub>10</sub>	31	0.54	0.132	1.14	0.115	64.1	10.60	8.82		31.10
<u>N<sub>11</sub></u>	<u>26</u>	<u>0.70</u>	<u>0.165</u>	<u>1.06</u>	<u>0.156</u>	<u>65.6</u>	<u>10.00</u>	<u>8.18</u>		<u>25.06</u>
E <sub>1</sub>	62	0.10	0.005	0.68	0.007	57.0	25.70	15.36		935.51
E <sub>2</sub>	68	0.18	0.009	0.16	0.008	56.6	39.40	10.24		945.94

MFR=maximal flow rate, MAR=mean airflow rate, MS=mean SPL  
 Sub=subglottic pressure Eff=vocal efficiency, GR=glottic resistance  
 N=normal control, E=esophageal voice

을 0.007L/sec 및 0.008L/sec, 발생강도 57.0dB 및 56.6dB에 비해 상당히 큰 차이를 보였다. 성문하압은 정상인에서는  $10.28 \pm 1.261 \text{cmH}_2\text{O}$ 이고 식도발성군에서는  $25.7 \text{cmH}_2\text{O}$  및  $39.4 \text{cmH}_2\text{O}$ 로 식도발성군에서 수치가 더 높았으며, 발생효율은 정상인에서  $14.43 \pm 5.878$ 이고 식도발성군에서는 각각 15.36ppm 및 10.24ppm으로 두 군에서 차이가 없었고, 성문저항은 식도발성군에서  $935.51^{*10^{-5}} \text{Ns/m}^5$  및  $945.94^{*10^{-5}} \text{Ns/m}^5$

로 정상인의  $16.56 \pm 8.84^{*10^{-5}} \text{Ns/m}^5$ 에 비해 월등히 높았다(Table 1, 3).

## 2. (a : ) 최장발성시

최장호기시간은 정상인에서 평균  $22.26 \pm 10.36$ 초로 식도발성군의 1.08초 및 0.84초의 그것과 비교해 큰 차이를 보였다. 다른 공기역학적 지표 또한 식도발성군에서 큰 감소를 나타내었다(Table 2와 4).

**Table 2.** The results of normal laryngeal speakers and esophageal speakers during the maximal phonation of (a : )

Sex	Age	MFR (L/sec)	Vol (Liter)	MPT (sec)	MAR (L/sec)	MS (dB)
N <sub>1</sub>	27	0.402	3.781	15.08	0.251	71.9
N <sub>2</sub>	31	0.372	4.106	18.60	0.221	75.8
N <sub>3</sub>	25	0.266	3.700	18.92	0.196	70.3
N <sub>4</sub>	26	0.222	2.046	13.96	0.147	65.6
N <sub>5</sub>	44	0.162	2.425	25.44	0.095	79.2
N <sub>6</sub>	29	0.498	3.279	15.16	0.216	74.6
N <sub>7</sub>	30	0.294	3.329	25.00	0.133	65.1
N <sub>8</sub>	29	0.246	4.309	50.24	0.086	77.2
N <sub>9</sub>	30	0.288	2.745	19.08	0.144	62.1
N <sub>10</sub>	31	0.262	2.562	27.44	0.093	72.2
N <sub>11</sub>	26	0.382	3.237	15.92	0.203	76.9
E <sub>1</sub>	62	0.028	0.015	1.08	0.014	67.1
E <sub>2</sub>	68	0.072	0.013	0.84	0.015	76.6

MPT=maximal phonation time, MAR=mean airflow rate, MS=mean SPL

N=normal control, E=esophageal voice

**Table 3.** The results of the mean values of normal laryngeal speakers and esophageal speakers during the (i : pi : pi : ) phonation

	Age	MFR(L/sec)	Vol(Liter)	Duration(sec)	MAR(L/sec)	MS(dB)	Sub(cmH20)	Eff(ppm)	GR* <sup>10<sup>-5</sup></sup> Ns/m <sup>5</sup>
N <sub>mean</sub>	30.0	0.92	0.261	1.07	0.240	67.60	10.28	14.43	16.56
SD	5.2	0.34	0.177	0.22	0.146	2.34	1.26	5.88	8.84
E <sub>1</sub>	62.0	0.10	0.005	0.68	0.007	57.00	25.70	15.36	935.51
E <sub>2</sub>	68.0	0.18	0.009	0.16	0.008	56.60	39.40	10.24	945.94

MFR=maximal flow rate, MAR=mean airflow rate, MS=mean SPL

Sub=Subglottic pressure Eff=vocal efficiency, GR=glottic resistance

N<sub>mean</sub>=mean value of normal controls, E=esophageal voice

**Table 4.** The results of the mean values of normal laryngeal speakers and esophageal speakers during the maximal phonation of(a : )

Sex	Age	MFR (L/sec)	Vol (Liter)	MPT (sec)	MAR (L/sec)	MS (dB)
N <sub>mean</sub>	29.8	0.309	3.229	22.26	0.162	71.9
SD	5.2	0.096	0.721	10.36	0.058	5.6
E <sub>1</sub>	62.0	0.028	0.015	1.08	0.014	67.1
E <sub>2</sub>	68.0	0.072	0.013	0.84	0.015	76.6

MPT=maximal phonation time, MAR=mean airflow rate, MS=mean SPL

N<sub>mean</sub>=mean value of normal controls, E=esophageal voice

## 고 찰

음성을 객관적으로 평가하는 데는 음성의 청각적 평가, 음향음성학적 검사(acoustic analysis), 공기역학적 검사(aerodynamic study), 후두의 운동관찰 그리고 후두근의 근전위 검사등이 있다. 그중 공기역학적 검사는 공기압을 음성신호로 전달하는데 있어 후두의 효율에 대한 기초 자료를 제공하는 유용한 검사법으로 최근 들어 많은 프로그램과 기계의 발달로 음성 평가에 큰 비중을 차지하고 있다<sup>34)</sup>. 발성의 공기역학적 측면은 성문하부압, 성문상부압, 성문저항과 성문부위의 공기 체적유속의 네 가지 측면에 의해 특징 지워 지는데, 공기역학적 검사의 방법 및 기구를 보면 피검자가 착용하는 마스크는 공기가 새어나오지 않는 airtight mask를 사용하였고, 유량계의 교정(calibration)에는 electroaerometer를 사용하였다. 측정은 컴퓨터화된 측정기구인 미국 Kay Elemetric사의 Aerophone II Voice Function Analyzer를 사용하여 모든 수치들을 객관적으로 얻었다.

공기역학적 검사 중에서 최장발성지속시간(Maximal phonation time)은 음성 생성 능력의 양적인 표현으로, 공기역학적 검사 중 가장 기본이 되고 쉽게 평가할 수 있는 것으로 외국에서는 정상 성인 남자의 경우 약 25~35초 정도로 보고되고 있다<sup>3)</sup>. 임상적으로는 이 검사의 하한선이 그 의미를 갖는데 대개 10초 미만인 경우 비정상적으로 간주한다.

서 등<sup>4)</sup>은 한국인에서 정상 평균치는 20.3초로 연령간의 차이는 없는 것으로 보고하였다. 또한 김 등<sup>5)</sup>은 20대의 정상 한국인 남자에서 그 평균을 30.5초로 보고하였다. 본 실험에서는 22.26초로 다른 보고된 수치와 차이 없는 결과를 보였다. 식도발성군에서는 각각 1.08초와 0.84초로 유의하게 낮은 수치를 보였는데 이는 식도발성 환자에서의 한번의 발성지속시간이 얼마나 짧은지를 알 수 있다.

평균호기류율(mean airflow rate)은 지속적인 모음 발성시의 발성기능을 평가하는 것으로 정상 성인 남자의 경우 초당 96~130ml 정도로 보고되고 있다<sup>3)5)6)</sup>. 임상적으로 대개 200ml/sec 이상이거나 40ml/sec이하인 경우 비정상적인 것으로 생각한다. 평균호기류율은 고주파에서 음강도와 밀접한 관련이 있으며 무거운 혹은 보통 음성보다는 가성(falsetto)에서 현저하다<sup>3)</sup>. 본 실험

에서의 정상 성인의 경우 평균 162±58ml/sec로 다소 큰 수치를 보이는데, 본 실험과 같은 측정 도구를 사용한 서 등<sup>4)</sup>의 실험에서는 남자 성인에서 167.1ml/sec로 본 저자의 수치와 유사한 결과를 보이는데 이로 미루어 실험자마다의 실험할때의 측정 도구가 상이하므로 단순 비교는 무리가 있을 수 있겠다. 식도발성군에서는 각각 14ml/sec 및 15ml/sec로 정상 발성과 비교하여 현저한 차이가 존재한다.

성문하압(subglottic pressure)은 발성에서 가장 중요한 역할을 하는 것으로, 후두 발성은 폐쇄된 성문에 일정한 성문하압과 성대의 탄력 및 베르누이 효과(Bernoulli effect)가 서로 작용하여 폐에서 성문부까지 이어지는 직류성 공기의 흐름을 펄스형으로 공기의 흐름을 주기적으로 차단하여 소밀파가 생성되어 만들어진다. 성문하압의 측정에는 직접 측정법과 간접 측정법으로 나뉘며 직접 측정법에는 기관천자법, 경성문 tube 삽입법, 경성문 변환기 도입법 또는 기관절개술을 통한 측정법 등이 있는데 이 방법은 정확한 수치를 얻을 수 있는 장점이 있으나 침습적인 단점이 있으므로 실제로 임상적으로는 식도내압법이나 기류저지법 등의 간접 측정법이 이용되고 있으며<sup>3)4)7)8)</sup> 본 연구에서는 간접 측정법의 하나인 (i : pi : pi) 발성을 통한 모음 /i/ 사이의 과열자음 /p/ 발성시에 성대가 열리며 이때의 성문하압이 구강내압과 일치한다는 점을 이용한 구강내압 측정법을 사용하였다. 성문하압은 평상발성시 5~10cm H<sub>2</sub>O 정도를 정상으로 생각하며 음의 강도와 비례하는 것으로 알려져있다<sup>3)</sup>. 음의 강도는 Van den Berg<sup>9)</sup>에 의하면 성문하압의 4제곱에 비례하는 것으로 알려져 있다. 서 등<sup>4)</sup>은 한국 남자의 평균을 4.1cm H<sub>2</sub>O로 보고하였다. 본 연구에서는 정상인에서 10.28cm H<sub>2</sub>O로 다소 높은 수치를 나타내지만 비교적 정상 범위에 든다고 할 수 있고, 식도 발성 환자에서는 각각 25.7cm H<sub>2</sub>O 및 39.4cm H<sub>2</sub>O로 정상과 비교하여 높은 수치를 나타냈다. 식도 발성 환자에 원칙적인 성문하압이란 존재하지 않지만 식도 발성이 식도에 공기를 모아서 강력히 내뿜으면서 신성문(neo-glottis)을 통과하여 나는 소리이므로<sup>1)10)</sup>, 본 연구에서처럼 구강내 튜브를 물고 측정한 값이 발성시의 신성문의 압력과 유사하다고 생각할 수 있다.

성문하압과 아울러 음성발성에서 호기사용의 효율을 나타내는 가장 좋은 지표는 발성효율(Vocal efficien-

cy)일 것이다<sup>7)</sup>. 발생시 성문 구조는 폐를 통해 올라오는 호기의 공기역학적 힘(aerodynamic power)를 음성음향학적 힘(acoustic power)로 변형시켜 소리를 생성하는데, 상기의 정의에 따라 "Vocal efficiency"는 음성음향학적 힘과 공기역학적 힘 사이의 비로 측정되는데<sup>9)11)</sup>, 진 등<sup>11)</sup>은 Nagashima phonatory function analyzer를 이용한 정상인에서의 측정에서 평균치를  $0.6 \times 10^{-3}$ 으로 보고하였고, 본 연구에서는 정상인에서 6.46~23.23ppm, 평균 14.43ppm으로 측정되었고, 식도발성 환자에서는 각각 15.36ppm 및 10.24ppm으로 측정되어 별다른 차이를 보이지 않았다. 따라서 식도발성 환자가 여러 공기역학적 수치의 불리함에도 불구하고 비교적 효율적인 발성을 하는 것을 알 수 있다.

성문 저항(glottal resistance)은 성문하압을 평균호기율로 나눈 값으로 본 연구에서 정상인은 평균  $16.56 \times 10^{-5}$  Ns/m<sup>5</sup>였고, 식도발성 환자에서는 각각  $935.51 \times 10^{-5}$  Ns/m<sup>5</sup> 및  $945.94 \times 10^{-5}$  Ns/m<sup>5</sup>로 월등히 높은 수치를 보였는데 이는 비교적 높은 성문하압에 비해 평균호기율이 워낙 작기에 생기는 결과이다.

식도발성은 식도내로 주입되는 공기를 일정한 압력으로 인두로 배출될 때 소위 신성문(neo-glottis)라 불리는 인두식도 분절이 진동하여 발생되는 것으로 이 인두식도 분절은 하인두수축근의 일부와 윤상인두근으로 이루어지는 약 4cm에 달하는 부위이다<sup>12)</sup>. 식도발성에 관한 여러 보고중 남 등<sup>2)</sup>은 37명의 후두적출술을 시행한 환자에서 식도발성 성공 환자군은 37.8%로 그 성공률이 낮고, 특히 광범위한 경부 광착술을 시행한 환자에서는 모두 식도발성이 실패했음을 보고하였다. 백 등<sup>12)</sup>은 후두전적출술후 Amatsu식 기관식도누공에 의한 발생과 식도발성과의 비교에서 기관식도누공에 의한 발생이 식도발성에 비해 습득하기 쉬우며 비교적 정상적인 발성을 할 수 있고 훨씬 익숙한 경향이 있음을 보고하기도 하였다. Debruyne 등<sup>13)</sup>은 기관식도 발생군과 식도발성군에서의 음성음향학적 비교연구상 식도발성의 최고음강도(maximal intensity)는 65dB, 최장발성지속시간(maximal phonation time)은 1.54초로 본 연구와 유사한 결과를 보고하였으나, 기관식도 발생에 비해 그 발생의 이해도 및 명료도는 떨어지는 것으로 보고하여, 다른 연구와 비교해볼 때 일반적으로 식도발성이 다른 기관식도 발생에 비해 그 효율이 떨어짐이 정설로 되어있다<sup>14-16)</sup> Guilia 등<sup>16)</sup>도 기관식도 발생군

과 식도발성군에서의 spectrographic study상 기관식도누공이 식도발성군에 비해서는 좋은 발생 결과를 보고하였다. 하지만 식도발성이 현재 가장 보편화되었는 음성재활 방법이고 또한 여러 후적자 단체를 통한 식도발성법이 보급되는 현실에서 아직은 음성재활에서의 식도발성의 역할은 크다고 할 수 있다<sup>10)</sup>

아울러 본 연구에서 식도발성 환자군의 선택에서 식도발성이 시행하는 환자마다 그 차이가 심하고 공기역학적 검사를 시행하는데 많은 어려움이 있어 연구대상 선택에서는 본원 음성재활교실의 강사로 수고하시는 강사 두 분을 연구대상으로 선택하여 익숙하고 오래된 식도발성 숙련자의 공기역학적 수치를 정상과 비교해 보고자 했다. 다만 그 수의 적음으로 이 결과를 일반화하기는 어려우나 그 정도를 가늠하기에는 충분하다고 여겨진다.

## 결 론

정상 후두발성 성인 13명과 고도의 숙련된 식도발성 환자 2명을 대상으로, Aerophone II voice function analyzer를 이용한 (i : pi : pi :) 발생과 (a :) 최장발성시의 공기역학적 검사 상 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 편안한 (i : pi : pi :) 발생 시 식도발성 환자에서는 정상인과 비교하여 평균음강도(mean sound pressure level)는 차이가 없었으며, 성문하압(subglottic pressure)은 비교적 높았으나, vocal efficiency는 차이가 없었고, 다른 공기역학적 지수는 큰 차이를 나타내었다. 이로써 식도발성 환자가 불리한 여건에서 비교적 효율적인 발성을 하는 것으로 여겨진다.

2) 편안한 (a :) 최장발성시 식도발성군에서는 정상인과 비교하여 전반적인 큰 감소를 보였다.

## References

- 1) 홍원표 : 후두적출후의 음성재활. 이비인후과 서울 심포지움. 1985 : 1 : 275
- 2) Nam YW, Choi JO, Lee KS : A study on voice rehabilitation after total laryngectomy. Korean J Otolaryngol. 1991 : 34 : 316-323
- 3) 김영호 : 공기역학적검사. 제 2 회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지움. 음성검사법, 대한음성언어의학회. 1994 : 5-10

- 4) Suh JS, Song SY, Kwon OC, Kim JW, Lee HK, Jeong OR : *Mean value of aerodynamic study in normal Korean. J Korean Soc Logo Phon.* 1997 ; 8 : 27-32
- 5) 김기령, 김광문, 오혜경 등 : 한국인의 발성능력에 관한 검사. *한이인지.* 1982 ; 25(2) : 341-344
- 6) Yoshioka H, Sawashima M, Hirose H, et al : *Clinical evaluation of air usage during phonation. Jpn J Logoped Phoniat.* 1977 ; 18 : 87-93
- 7) Moon YI : *Aerodynamic test in phonation using the airway interruption method- A study of Korean normative data. Korean J Otolaryngol.* 1996 ; 39 : 1087-1092
- 8) Kunze LE : *Evaluation of methods of estimating subglottal air pressure. J Sp hear Res.* 1964 ; 7 : 151-164
- 9) Van Den Berg JW : *Direct and indirect determination of the mean subglottic pressure. Folia phoniatrica.* 1956 ; 8 : 1-24
- 10) 이규현 역편 : 식도발성법. 연세대학교 의과대학 안이비인후과병원 음성언어연구소 부설 음성재활 교실, 1998
- 11) Jin YD, Pyo Hy, Choi HS : *Evaluation of vocal efficiency for the polyps and nodules. J Korean Soc Logo Phon.* 1996 ; 7(1) : 56-60
- 12) Back MJ, Oh IJ, Wang SG, Chon KM : *Comparison of the Amatsu tracheoesophageal speech and esophageal speech after total laryngectomy. Korean J Otolaryngol.* 1993 ; 36(1) : 102-109
- 13) Debruyne F, Delaere P, Wouters J, Uwents P : *Acoustic analysis of tracheo-oesophageal versus oesophageal speech. J Laryngol Otol.* 1994 ; 108 : 325-328
- 14) Gates GA, Youngstrom KA : *Predicting esophageal speech. Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1982 ; 91 : 454
- 15) Robbins J, Fisher HB, Blom EC, Singer MI : *A comparative acoustic study of normal, esophageal, and tracheal-esophageal speech production. J Speech Hear Disord.* 1984 ; 49 : 202-210