

악성종양환자와 정상인이 발성한 모음의 좁은대역 스펙트럼값의  
상관계수와 절대차이합 비교\*

A Comparative Study of Vowels Produced by Normal Subjects and Patients with  
Malignant Vocal Folds by Correlation Coefficient and Difference Sum of  
Narrow-band Spectra

양 병 곤\*\* · 왕 수 건\*\* · 조 철 우\*\*\*\* · 김 형 순\*\*\*\* · 김 은 지\* · 권 순 복\*\*  
Byunggon Yang · Soo-Geun Wang · Cheol-Woo Jo · Hyung-Soon Kim ·  
Eun-Ji Kim · Soon-Bok Kwon

ABSTRACT

The objective of this study was to examine two new parameters by which we could screen people with malignant vocal folds. The new parameters were the difference sums and Pearson correlation coefficients between adjacent pairs of intensity level matrices of narrow-band spectra. Audio files from the Korean Disordered Speech Database were analyzed by Praat, a speech analysis software, to obtain matrices of 400 intensity levels at 16 time points of each sustained vowel spectra. We limited our study to 12 normal subjects and 20 patients with malignant vocal folds who recorded at least three Korean vowels at a sound-proofed booth in Busan National University Hospital. Results indicated that the average coefficients of the abnormal subjects were much lower than those of the normal subjects while the average difference sums of the patients were much higher than those of the normal ones. Also, we found that the degree of the malignancy of the vocal folds was related to the coefficients and sums. However, some subjects at the initial stages of cancerous vocal folds yielded almost comparable coefficients and difference sums to those of the normal speakers. Further studies on larger databases will be desirable to set certain criteria or threshold levels for screening people with vocal fold diseases.

**Keywords:** malignant vocal folds, voice pathology, narrow-band spectrum, correlation coefficient, difference sum

---

\* 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임 (02-PJ1-PG10-31401-0005)

\*\* 부산대학교 공과대학 전자공학과

\*\*\* 동의대학교 영어영문학과

\*\*\*\* 부산대학교 의과대학 이비인후과학교실

\*\*\*\*\* 창원대학교 공과대학 제어계측학과

## 1. 머리말

일상생활 가운데 많은 사람들이 장기간에 걸쳐 음성을 과도하게 사용하게 되면, 성대에 여러 가지 악성종양이 발생하는 경우가 종종 있다. 음성의 변화는 서서히 일어나고 환자도 자신의 목소리의 변화에 적응하여 그다지 큰 불편을 가지지 않기 때문에 병원을 찾을 때쯤이면 벌써 치료가 불가능할 정도로 심하게 악화되는 경우가 많다. 특히, 악성종양의 목소리에는 딱딱해진 성대의 진동에서 발생하는 소음성 잡음이 많이 섞여 있다. 따라서, 평소엔 목소리가 나빠졌다고 판단되는 경우에 인터넷을 통해 자신의 목소리를 입력하고 이에 대한 소음성의 변화를 진단하여 조기에 발견하여 병원에서 치료하는 것이 재활에 큰 도움이 된다. 후두악성종양은 방사선에 의한 항암치료, 또는 수술을 통해 생존율도 높이고, 조기에 발견하면 90%이상의 완치율과 발성기능의 보전도 가능하다고 한다 (조철우 외 1999; 송인무 외 2003). 하지만, 정상인의 목소리는 대체로 기존의 음성분석프로그램으로 쉽게 분석되나, 악성종양이 진행 중이거나 심화된 환자의 목소리는 컴퓨터소프트웨어로 분석할 때 파라미터 설정값에 따라 타당한 결과값이 구해지지 않는 경우가 많다. 특히, 환자의 목소리에서 피치값이 제대로 측정되지 않는 경우가 많아서, 그것에 바탕을 둔 jitter값으로 환자와 정상인을 구별하는 것은 어렵다고 할 수 있다. 소음성을 나타내는 Harmonicity의 측정값은 일반적으로 음성신호에서 주기적인 배음의 정도를 나타내며 보통 Harmonics-to-Noise Ratio(HNR)로 나타낸다. 만약 음성신호의 에너지 가운데 주기성이 99%를 차지하고 1%가 소음이라면 HNR은  $10 \cdot \log_{10}(99/1) = 20$  dB라는 값을 가지고 HNR이 0 dB라면 음성과 소음이 동일한 에너지를 차지한다는 것이 된다 (Boersma 2003:337). HNR값은 보통 건강한 화자가 모음 '아'나 '이'에 대해서는 약 20 dB를 나타내는 반면 '우'에서는 약 40 dB를 나타낸다고 한다. 이것은 모음 '우'의 포먼트값이 상대적으로 낮은 쪽으로 몰려있기 때문이라고 한다. 그러나 분석구간이나 최소 피치값의 지정, 그리고 분석할 창문에 들어갈 주기적인 싸이클 수(음성에서는 보통 4.5개를 선택함) 등에 따라 측정값이 달라지게 되며, 악성종양의 음성에서는 불규칙적인 피치값과 주기성 때문에 측정상의 에러가 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다. 물론, 구한 값들의 평균과 표준편차값 등을 사용한 통계적인 처리로 일부 극단치들을 걸러내는 시스템을 만든다면 어느 정도 모델로 사용할 수 있는 jitter나 Harmonicity값을 구할 수는 있겠지만 다수의 상용소프트웨어들에서 이렇게 처리하는 과정을 삽입한 경우는 드물다. 덧붙여, 화자마다의 측정발음에 따라 개인별 변화가 많기 때문에 서로 비교가 될 수 있는 동일한 자극값을 사용해야하는 문제도 있다 (양병곤 2001).

이 논문에서는 이러한 측정상의 에러가 대체로 적은 좁은대역 스펙트럼정보를 이용하여 환자와 정상인의 구별을 시도해 보고자 한다. 기존의 연구(양병곤 2001; 양병곤 외 2002)에서는 음성측정값의 문제점을 줄일 수 있는 방법으로 시간 축에서는 안정되고 주파수축에서는 에러값이 최소화되는 좁은대역 스펙트로그램의 스펙트럼 에너지 정보를 이용한 화자확인을 시도했다. 그림 1은 정상인과 악성종양환자가 발성한 모음 '아'의 좁은대역 스펙트로그램을 보여주고 있다.

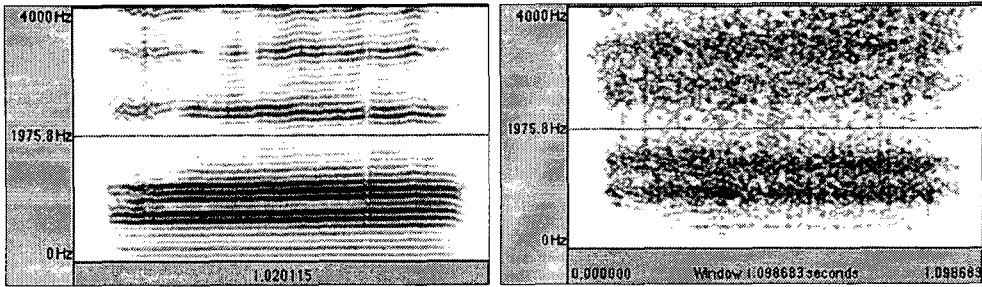


그림 1. 정상인(왼쪽 JYJ)과 악성종양환자(오른쪽 NSR)가 발성한 모음 ‘아’의 좁은대역스펙트로그램. x축은 시간을 나타내며 y축은 주파수를 나타낸다.

두 개의 스펙트로그램을 자세히 살펴보면 첫째, 정상인의 발성에서는 시간축이나 주파수축에서 매우 명확한 배음구조를 나타내고 있는 반면에 악성환자에서는 비록 포먼트 위치에서 전체적으로는 배음구조가 나타나기는 하지만 인접한 부분에서 대체로 소음이 많고 불규칙함을 알 수 있다. 따라서, 인접한 각 시간점의 스펙트럼정보를 구하여 상호 비교하여 상관계수와 절대차이합을 구한다면 정상인은 환자에 비해 매우 높은 상관계수와 낮은 절대차이합을 보일 것으로 예상할 수 있다. 물론, 인접하지 않는 멀리 떨어진 시간점에서의 스펙트럼 정보를 비교한다면 정상인이라도 상관계수가 낮아지거나 절대차이합이 많아질 것이다. 따라서, 적절한 시간점간의 변화값을 구할 필요가 있다. 두 번째로, 음성의 시작 부분은 비록 음성의 크기가 커서 뚜렷한 배음구조를 보이고는 있지만 정상인에서도 배음간의 소음이 많이 나타나고 악성환자에서는 명확한 배음구조가 나타나지 않고 있다. 끝부분은 음성의 크기가 작아지면서 배음구조가 흐려지거나 소음이 커지고 있다. 따라서, 가능하면 안정된 중간부분을 중심으로 상관계수를 구하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 한 가지 더 주목할 것은 고주파로 갈수록 정상인과 악성환자 모두 배음의 구조가 명확해지지 않기 때문에 인접시간점간의 상관계수가 낮아질 가능성이 높다. 이 연구에서는 스펙트럼정보를 두 가지로 나눠서 측정했을 때는 어떤 관계를 나타내는지 또 시간점 간격을 변화하면 어떤 관계를 나타내는지도 조사해보고, 보통 화자마다 다른 길이로 모음을 발성하기 때문에 총 지속시간에 대한 상대적인 시간점을 구하여 처리한 결과와 비교해 보기로 한다. 궁극적으로는 이렇게 구한 상관계수와 절대차이값의 합을 후두질환 진단에 이용할 수 있는지 여부를 살펴보고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 피험자 및 분석자료

이 연구에서는 장애음성식별을 위한 목적으로 수집된 Korean Disordered Speech Database (v.1.0, 조철우 외, 1999)에 수록된 악성종양이 있는 목소리로 판정된 남성 환자 20 명과, 정상인의 목소리로 판정된 남성 12 명이 발성한 모음 “아, 이, 우”를 분석하기로 한다. 세 개의 모음을 선택한 이유는 각 모음이 모음사각도에서 가장자리에 들기 때문에 스펙트로그램상 저주파에서 고주파 영역에 이르기까지 다양한 포먼트 조합을 대표하기 때문이다. 데이터베이스는

피험자들이 부산대학교 병원의 방음실에서 편안한 자세로 마이크에서 약 15 cm의 거리를 두고 평상시와 같은 음높이와 크기로 발성한 음성파일을 질병유형별로 구별하여 수록하고 있다. 데이터베이스에는 더 많은 피험자가 있었지만, 악성환자인 경우에는 모음을 세 개 모두 발성한 환자들을 뽑았고 정상인의 경우에는 나이가 많은 악성환자들에 가까운 피험자를 선택하기 위해 그룹에서 28 세 이상 나이가 많은 피험자들을 차례로 12 명 선정했다. 환자의 병명과 나이 그리고 정상인의 나이는 표 1과 같다. 병명 가운데 Glottic T1은 성대의 한쪽에 악성종양이 생긴 초기의 상태를 나타내고, T1b는 양쪽에 모두 생긴 경우를 말한다. T2, T3, T4로 갈수록 악화된 정도를 나타낸다. 보통 T3, T4에서는 제거수술을 해야 할 만큼 심해진 상태를 말한다.

표 1. 피험자 정보: 원래의 환자명과 피험자명의 분류에서 -M(악성종양)과 -N(정상) 표시를 제외했음.

환자명	병명	나이	피험자명	나이
IY	Glottic T1	60	KDH	28
RSO	Glottic T1	48	KID	28
JJU	Glottic T1b	52	LJC	28
JMH	Glottic T1b	64	JJM	30
JSH	Glottic T1b	51	KSB	30
KJY	Glottic T1b	59	LJW	30
KSG	Glottic T1b	51	KCS	31
PDW	Glottic T1b	53	IIW	32
YSG	Glottic T1b	66	SWY	34
JJO	Glottic T1b	58	NWJ	40
JHH	Glottic T2	56	IGS	42
JWM	Glottic T2	54	JYJ	53
LHJ	Glottic T2	60		
SHS	Glottic T2	71		
CTS	Glottic T3	59		
HSB	Glottic T3	47		
KYU	Glottic T3	57		
SYJ	Glottic T3	61		
NSR	Glottic T4	59		
YYH	Glottic T4	59		

## 2.2 자료분석

음성 분석방법은 먼저 윈도우즈웨이브파일로 되어 있는 각 피험자의 목소리를 음성분석소프트웨어인 프라트 (v. 4.1.15)에 불러와 편집창으로 연 뒤 “Extract selection” 기능을 이용해 모음별로 따로 이름을 붙여 객체창에 올렸다. 모음의 시작과 끝부분 그리고 묵음구간 등에서는 스펙트럼 정보가 불규칙적으로 변하기 때문에 이 부분을 제거하고 안정된 모음구간만을 추출하기 위해 부록에 첨부한 자동분석스크립트를 이용하였다. 스크립트의 내용을 간략히 설명하면, 먼저, 각 모음별로 강도값을 구한 뒤 강도값의 평균과 표준편차를 구하여 평균값에 표준편차값의 1/4을 더한 값을 문턱값으로 정했다. 이어서, 강도값의 파일의 처음부터 강도값이 문턱값을 넘는 지점에서 50 ms 지난 시작점(onset)을 구했고, 강도값이 상승하였다가 하강하면

서 또 다른 문턱값을 지나는 시간점에서 50 ms 이전의 지점을 끝점(offset)으로 지정하여 시작점과 끝점 사이의 음성을 잘라내어 객체창에 올렸다. 이 음성을 29 ms의 창으로 처리된 좁은대역 스펙트로그램을 구했다. 그리고 객체창에 올려진 음성의 처음 50 ms를 제외한 지점부터 10 ms마다 각각의 지점에 해당하는 좁은대역 스펙트럼값을 16 개 구하고 이를 데시벨값의 행렬로 변환한 뒤 순서대로 객체창에 올렸다. 마지막으로 인접한 행렬값의 상관계수와 절대차이합을 구하여 환자와 정상인의 값들을 비교해 보았다.

### 3. 분석 결과와 토론

#### 3.1 악성종양환자와 정상인의 모음 ‘아, 이, 우’의 상관계수값과 절대차이합 비교

표 2와 3은 좁은대역으로 처리한 뒤 16 개 시간점에서의 구한 스펙트럼에 대한 악성화자별 인접 행렬값들 사이의 상관계수값과 절대차이합의 평균과 표준편차값을 나타내어준다. 표 4와 5는 각각 정상인이 발성한 세 모음의 상관계수값과 절대차이합의 평균과 표준편차값을 보여주고 있다.

표 2. 각 모음에 대한 악성화자별 상관계수값의 평균과 표준편차값

단계	화자명	'아'평균	표준편차	'이'평균	표준편차	'우'평균	표준편차
T1	IY	0.91	0.02	0.92	0.01	0.91	0.02
T1	RSO	0.96	0.01	0.95	0.02	0.96	0.01
T1b	JMH	0.90	0.03	0.89	0.02	0.90	0.03
T1b	JJO	0.94	0.01	0.93	0.02	0.94	0.01
T1b	JJU	0.96	0.02	0.89	0.03	0.96	0.02
T1b	JSH	0.92	0.02	0.83	0.02	0.92	0.02
T1b	KJY	0.92	0.01	0.91	0.01	0.92	0.01
T1b	KSG	0.89	0.02	0.90	0.02	0.89	0.02
T1b	PDW	0.91	0.01	0.92	0.03	0.91	0.01
T1b	YSG	0.89	0.01	0.90	0.02	0.89	0.01
	<b>평균</b>	<b>0.92</b>	<b>0.01</b>	<b>0.91</b>	<b>0.02</b>	<b>0.92</b>	<b>0.02</b>
T2	JHH	0.86	0.03	0.86	0.02	0.86	0.03
T2	JWM	0.95	0.01	0.94	0.01	0.95	0.01
T2	LHJ	0.86	0.02	0.79	0.04	0.86	0.02
T2	SHS	0.92	0.02	0.91	0.02	0.92	0.02
	<b>평균</b>	<b>0.90</b>	<b>0.02</b>	<b>0.89</b>	<b>0.02</b>	<b>0.90</b>	<b>0.02</b>
T3	HSB	0.89	0.01	0.87	0.01	0.89	0.01
T3	CTS	0.78	0.04	0.90	0.01	0.78	0.04
T3	KYU	0.88	0.02	0.91	0.01	0.88	0.02
T3	SYJ	0.92	0.02	0.88	0.02	0.92	0.02
	<b>평균</b>	<b>0.89</b>	<b>0.02</b>	<b>0.89</b>	<b>0.02</b>	<b>0.89</b>	<b>0.02</b>
T4	NSR	0.76	0.05	0.85	0.02	0.76	0.05
T4	YYH	0.81	0.03	0.86	0.02	0.81	0.03
	<b>평균</b>	<b>0.86</b>	<b>0.02</b>	<b>0.87</b>	<b>0.02</b>	<b>0.86</b>	<b>0.02</b>

표 3. 각 모음에 대한 화자별 절대차이합의 평균과 표준편차값

단계	화자	'아'평균	표준편차	'이'평균	표준편차	'우'평균	표준편차
T1	IY	1744	133	1650	128	1744	133
T1	RSO	1342	188	1063	391	1342	188
T1b	JMH	1706	219	1621	209	1706	219
T1b	JJO	1445	129	1502	217	1445	129
T1b	JJU	1215	360	1853	347	1215	360
T1b	JSH	1867	166	1853	125	1867	166
T1b	KJY	1634	126	1811	173	1634	126
T1b	KSG	1734	141	1742	151	1734	141
T1b	PDW	1826	166	1526	352	1826	166
T1b	YSG	1740	118	1768	134	1740	118
	<b>평균</b>	<b>1625</b>	<b>175</b>	<b>1639</b>	<b>223</b>	<b>1625</b>	<b>175</b>
T2	JHH	1783	161	1886	144	1783	161
T2	JWM	1437	178	1290	191	1437	178
T2	LHJ	1970	227	2101	192	1970	227
T2	SHS	1515	172	1772	221	1515	172
	<b>평균</b>	<b>1713</b>	<b>163</b>	<b>1739</b>	<b>190</b>	<b>1713</b>	<b>163</b>
T3	HSB	1781	121	1871	128	1781	121
T3	CTS	1952	174	1779	199	1952	174
T3	KYU	1758	315	1774	127	1758	315
T3	SYJ	1647	158	1923	146	1647	158
	<b>평균</b>	<b>1718</b>	<b>184</b>	<b>1777</b>	<b>176</b>	<b>1718</b>	<b>184</b>
T4	NSR	1985	170	1925	173	1985	170
T4	YYH	1844	133	1920	172	1844	133
	<b>평균</b>	<b>1788</b>	<b>182</b>	<b>1858</b>	<b>172</b>	<b>1788</b>	<b>182</b>

표 4. 각 모음에 대한 정상인의 화자별 상관계수값의 평균과 표준편차값

화자	'아'평균	표준편차	'이'평균	표준편차	'우'평균	표준편차
KSB	0.92	0.06	0.92	0.03	0.97	0.01
IIW	0.94	0.04	0.96	0.01	0.96	0.01
KCS	0.94	0.04	0.94	0.02	0.96	0.01
IGS	0.95	0.01	0.95	0.01	0.96	0.01
KDH	0.95	0.03	0.97	0.01	0.97	0.01
LJC	0.95	0.05	0.96	0.02	0.96	0.01
SWY	0.95	0.01	0.96	0.00	0.97	0.01
LJW	0.95	0.03	0.94	0.01	0.95	0.00
NWJ	0.96	0.01	0.94	0.03	0.95	0.01
KID	0.96	0.01	0.96	0.01	0.97	0.01
JYJ	0.96	0.01	0.95	0.02	0.97	0.01
<b>평균</b>	<b>0.95</b>	<b>0.03</b>	<b>0.95</b>	<b>0.02</b>	<b>0.96</b>	<b>0.01</b>

표 5. 각 모음에 대한 정상인의 화자별 절대차이합의 평균과 표준편차값

화자	'아'평균	표준편차	'이'평균	표준편차	'우'평균	표준편차
KSB	1252	553	1468	359	1113	226
IW	990	367	1078	262	1275	135
KCS	1021	364	1122	232	1256	176
IGS	1313	163	1262	261	1542	162
KDH	1347	392	861	195	1242	91
LJC	963	461	1039	309	1330	190
SWY	1328	152	1222	87	1458	175
LJW	1156	354	1335	102	1489	94
NWJ	1388	147	1525	303	1578	214
KID	1076	218	945	129	1203	234
JYJ	981	204	1076	290	1249	152
<b>평균</b>	<b>1165</b>	<b>307</b>	<b>1176</b>	<b>230</b>	<b>1339</b>	<b>168</b>

표 2에서 살펴보면 우선 T1과 T1b의 평균값에서 성대의 상태가 나빠질수록 상관계수값이 낮아짐을 관찰할 수 있다. 이것은 성대의 진동이 불규칙적인 환자의 특성이 그대로 반영된 것으로 여겨진다. 또한, 각 모음간의 차이는 그렇게 뚜렷이 나지 않으며, 모음 '아'나 '우'에 비해서 모음 '이'에서 약간 낮은 상관계수를 보이지만 무시할 정도이다. 이 결과는 조철우 외(1999)에서도 아주 통제된 상태에서 발성한 세모음의 측정값에 상당히 높은 상관계수를 보인 것과 일치된다. 발성의 변화상을 표시하는 표준편차값의 분포도 0.01~0.05까지 대체로 안정되어 있다고 판단된다. T1b의 초기단계에 있는 화자인 RSO나 JJU의 경우에는 표 3에 나타나는 정상인에 가까운 높은 상관계수를 보이고 있으며, T2단계의 JWM도 평균 0.95의 높은 값을 보이고 있다. T4 단계의 환자는 2 명밖에 없지만 성대의 불규칙성이 낮은 상관계수로 뚜렷이 나타나고 있다. 표 4의 정상인의 평균과 표준편차값의 평균에 비하면 악성종양환자들의 값들이 대체로 낮음을 알 수 있다. 그런데, 정상인의 그룹에 속하는 KSB의 상관계수를 보면 모음 '아'와 '이'에서는 0.92이어서 T1 단계의 환자군에 들어갈 정도로 낮은 값을 보인다. 실제 정상인의 그룹에 들어가 있지만, 성대의 이상이 있는지는 조사하지 않아서 알 수 없다. 이 화자의 모음 '우'에서는 상관계수가 0.97로 나타나므로 개인별 특징을 단순히 한두 발음에서 추측하기보다는 세 개의 모서리 모음을 발성하게 하고 아울러 같은 모음이라도 두세 번의 발음을 시킨 뒤에 평균을 구하여 질병정도를 판단한다면 에러를 줄일 수 있을 것으로 여겨진다.

표 3에서는 절대차이합을 나타내고 있는데 평균값으로 보았을 때 상대적으로 단계가 낮을수록 적은 절대차이합을 보이고 있다. 표준편차는 악성정도가 높을수록 많아지지만 대체로 비슷한 변이율을 보이고 있다. 표 5의 정상인의 평균치와 비교해보면 환자들이 매우 높은 절대차이합을 나타내므로 이 값을 이용하면 정상인과 환자를 쉽게 구별할 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 모음 '우'에서 보다 높은 절대차이합을 보인 것은 모음 '우'의 제1, 제2 포먼트가 대체로 저주파 영역에 위치해 있어서 다른 두 모음에 비해 개인별 절대차이합이 높아진 것으로 여겨진다. 만약, 고주파역 강조를 적용하면 상대적으로 높은 주파수 스펙트럼의 진폭값이 높아지므로 절대차이합도 저주파영역과 고주파영역이 비슷하게 적용될 수 있는데 앞으로 더 많은 연구가 필요하다. 덧붙여, 절대차이합의 분포에서 환자의 케이스에서는 모음에 따른 표준편차값의

차이가 별로 나지 않았는데 비해, 정상인들의 경우에는 모음 '아'에서 보다 높은 편차값이 나타났다.

이 연구에서는 비록 많은 수의 환자와 정상인 자료를 사용한 것은 아니지만, 이런 측정값에 근거를 두고 후두암환자를 진단하는 프로그램을 개발한다면, 상관계수가 0.94 이상이고, 절대차이합이 1,400 이하인 경우는 후두의 기능이 정상으로 판정하고 그 범위를 벗어나면 비정상적으로 판정해 줄 수 있을 것이다. 이 과정에서 RSO와 JJU는 정상으로 판정되었지만, 데이터 수집량이 높을수록 전체 조사자 가운데 몇 %가 환자군에 속하는지 또는 정상인에 들어가는지를 밝혀줌으로써 조기에 후두암에 대한 경고를 하고 평소에 진행사항을 추적하는 시스템을 구축한다면 음성재활에 도움이 될 것이라 여겨진다.

#### 4. 맺음말

이 논문에서는 후두암환자의 조기진단을 위한 시스템 구축에 필요한 음향적 파라미터를 찾아내기 위하여 이미 구축된 데이터베이스의 모음 발성자료를 이용하여 정상인과 후두암환자의 음성의 특징을 비교하여보았다. 후두암 환자의 목소리에는 배음의 구조가 정상인에 비해 매우 불규칙한 특징을 보이기 때문에 음향분석의 에러를 최소화할 수 있는 좁은대역 스펙트로그램을 만든 뒤, 강도값 곡선에서 대체로 안정된 모음 구간을 자동으로 선정하였고, 좁은대역 스펙트로그램에서 10 ms간격으로 구한 인접 스펙트럼 사이의 상관계수와 절대차이합을 구하여 비교해 보았다. 화자 개인별 상관계수와 절대차이합의 평균과 표준편차를 구하여 비교해 본 결과 대체로 성대의 질병이 악화된 환자들의 발성에서 상관계수가 낮고 절대차이합이 높은 결과를 보였다. 개인별 변화율은 그렇게 크지 않아 상관계수의 활용이 그런대로 안정적임을 뒷받침해 주었다. 세 모음간의 차이는 크지 않았지만, 가능하면 두 세 번의 발성의 평균을 이용하여 판정에 사용할 것을 제안했다. 일부 초기단계의 성대환자들의 상관계수가 정상인의 값들에 가까운 경우가 있었으므로 앞으로 더 많은 정상인과 다양한 환자군에 대한 데이터를 수집하여 보다 일반적인 확률값으로 결과를 제시해주는 시스템 개발 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

#### 참 고 문 헌

- 조철우, 양병곤, 왕수건. 1999. 음향신호의 분석에 의한 후두질환의 진단에 관한 연구. 음성과학 5권 1호, pp. 151-165.
- 양병곤. 2000. Praat에 의한 숫자음의 음향적 분석법. 음성과학. 7권 6호, pp.127-137.
- 양병곤. 2001. 남성의 숫자음 발성에 나타난 화자변이. 음성과학. 8권 3호, pp. 93-104.
- 양병곤, 강선미. 2002. 좁은대역 스펙트럼의 차이값과 상관계수에 의한 화자확인 연구. 음성과학 9권 3호, pp. 3-16.
- 송인무, 왕수건, 고의경, 전경명, 권순복, 김기린, 전계록, 김광년, 정동근, 조철우, 양병곤. 후두암 감별진단에 있어 성문전도(Electroglottograph)파라미터의 유용성. 대한음성언어의학회지. 14권 1호, 16-25.
- Boersma, P. 2003. *Praat: Doing phonetics by computer*. Help Manual.



접수일자: 2003. 11. 15.

게재결정: 2003. 12. 20.

▲ 양병곤 · 김은지

부산광역시 부산진구 가야동 산 24 (우: 614-714)

동의대학교 영어영문학과

Tel: +82-51-890-1227

E-mail: bgyang@deu.ac.kr

Website: <http://www.deu.ac.kr/~bgyang>

▲ 왕수건 · 권순복

부산광역시 서구 아미동 1가 10 (우: 602-739)

부산대학교 의과대학 이비인후과

Tel: +82-51-240-7328

E-mail: sgwang@pusan.ac.kr

Website: <http://headnecksurgery.net:1111/>

▲ 조철우

경남 창원시 사림동 9번지 (우: 641-773)

창원대학교 공과대학 제어계측공학과

Tel: +82-551-279-7552

E-mail: cwjo@sarim.changwon.ac.kr

▲ 김형순

부산광역시 금정구 장전동 30 (우: 609-735)

부산대학교 공과대학 전자공학과

Tel: +82-51-510-2452

E-mail: kimhs@pusan.ac.kr

## 부 록

```
!Automatic Cancer Analysis macro 2003-11-15
!03-11-15.CancerCorDifSum.mac
!Copyright @Byunggon Yang
!bgyang@deu.ac.kr
```

```
clearinfo
name$=selected$("Sound")
totdur=Get duration
print 'name$'newline$
call trim
call process
call rdiff
call cleanall

procedure trim
  select Sound 'name$'
  To Intensity... 100 0
  dbmean=Get mean... 0 0
  dbstd=Get standard deviation... 0 0
  dbmax=Get maximum... 0 0 Parabolic
  dbmin=Get minimum... 0 0 Parabolic
  dbcut='dbmean'+('dbstd'/4)
  select Intensity 'name$'
    timer=0
    i=0
    call db
  while 'dbval' < 'dbcut'
    i='i'+1
    timer='i'*0.005
    call db
  endwhile
  onset='timer'+0.05
  timer=0
  j=0
  call db
  while 'dbval' < 'dbcut'
    j='j'+1
    timer='totdur'-('j'*0.005)
    call db
  endwhile
  offset='timer'-0.05
  select Sound 'name$'
  Edit
  editor Sound 'name$'
  Select... 'onset' 'offset'
  Extract selection
```

```

endeditor
Rename... trimmed
endproc

procedure db
  dbval=Get value at time... 'timer' Cubic
  if dbval=undefined
    dbval=0
  endif
endproc

procedure process
  select Sound trimmed
  syldur=Get duration
  To Spectrogram... 0.029 4000 0.005 10 Gaussian
  if 'syldur'>0.1
    for k from 1 to 16
      timer='k'*0.01+0.05
      select Spectrogram trimmed
      To Spectrum (slice)... 'timer'
      To Ltas (1-to-1)
      To Matrix
      Rename... 'k'
      select Spectrum trimmed
      Remove
      select Ltas trimmed
      Remove
    endfor
  endif
endproc

procedure cleanall
  select Intensity 'name$'
  Remove
  select Sound trimmed
  Remove
  select Spectrogram trimmed
  Remove
  for n from 1 to 16
    select Matrix 'n'
    Remove
  endfor
endproc

procedure rdiff
  for m from 1 to 15
    n='m'+1
    mat1$="'m'"
    mat2$="'n'"
    nocol=400
  endfor
endproc

```

```

select Matrix 'mat1$'
  timer=1
  sumx=0
  while 'timer' < 'nocol'+1
    xn=Get value in cell... 1 'timer'
    sumx='sumx'+xn'
    timer='timer'+1
  endwhile
select Matrix 'mat2$'
  timer=1
  sumy=0
  while 'timer' < 'nocol'+1
    yn=Get value in cell... 1 'timer'
    sumy='sumy'+yn'
    timer='timer'+1
  endwhile
select Matrix 'mat1$'
  timer=1
  sumxx=0
  while 'timer' < 'nocol'+1
    xn=Get value in cell... 1 'timer'
    sumxx='sumxx'+xn'*xn'
    timer='timer'+1
  endwhile
select Matrix 'mat2$'
  timer=1
  sumyy=0
  while 'timer' < 'nocol'+1
    yn=Get value in cell... 1 'timer'
    sumyy='sumyy'+yn'*yn'
    timer='timer'+1
  endwhile
  timer=1
  sumxy=0
  diffxy=0
  while 'timer' < 'nocol'+1
    select Matrix 'mat1$'
    xn=Get value in cell... 1 'timer'
    select Matrix 'mat2$'
    yn=Get value in cell... 1 'timer'
    sumxy='sumxy'+xn'*yn'
    diffxy='diffxy'+abs(xn'-yn')
    timer='timer'+1
  endwhile

rxy=((nocol'*sumxy)-(sumx'*sumy))/((((nocol'*sumxx)-(sumx')^2))^0.5*((nocol'*sumyy)-(sumy')^2))^0.5)
  print 'rxy:3'tab$'diffxy:0'newline$'
endfor
endproc

```