

우리말 모음의 발음시 음형대와 조음위치의 관계에 대한 연구

전국대학교 의과대학 민중병원 이비인후과학교실
서경식 · 김재영 · 김영기

= Abstract =

Relationship between Formants and Constriction Areas of Vocal Tract in 9 Korean Standard Vowels

Kyung Shik Suh, M.D., Jae Young Kim, M.D., Young Kee Kim, M.D.

Department of Otolaryngology, Min Joong Hospital, College of Medicine, Kon-uk University, Seoul, Korea

The formants of the 9 Korean standard vowels(which used by the average people of Seoul, central-area of the Korean peninsula) were measured by analysis with the linear predictive coding(LPC) and fast Fourier transform(FFT).

The author already had reported the constriction area for the Korean standard vowels, and with the existing data, the distance from glottis to the constriction area in the vocal tract of each vowel was newly measured with videovelopharyngograms and lateral Röntgenograms of the vocal tract.

We correlated the formant frequencies with the distance from glottis to the constriction area of the vocal tract.

Also we tried to correlate the formant frequencies with the position of tongue in the vocal tract, which is divided into 2 categories : The position of tongue in oral cavity by the distance from imaginary palatal line to the highest point of tongue and the position in pharyngeal cavity by the distance from back of tongue to posterior pharyngeal wall.

This study was performed with 10 adults(male : 5, female : 5) who spoke primary 9 Korean standard vowels.

We had already reported that the Korean vowel [i], [e], [ɛ] were articulated at hard palate level, [ɨ], [u] were at soft palate level, [ʌ] was at upper pharynx level and the [ʌ], [ə], [ɑ] in a previous article.

Also we had noted that the significance of pharyngeal cavity in vowel articulation.

From this study we have concluded that ;

- 1) The F_1 is related with the oral cavity articulated vowel [i, e, ɛ, ɨ, u].
- 2) Within the oral cavity articulated vowel [i, e, ɛ, ɨ, u] and the upper pharynx articulated vowel [o], the F_2 is elevated when the distance from glottis to the constriction area is longer.

But within the lower pharynx articulated vowel [ə, ʌ, ɑ], the F_2 is elevated when the distance

from glottis to the constriction area is shorter.

3) With the stronger tendency of back-vowel, the higher the elevation of the F_1 and F_2 frequencies.

4) The F_3 and F_4 showed no correlation with the constriction area nor the position of tongue in the vocal tract.

5) The parameter $F_2 - F_1$, which is the difference between F_2 frequency and F_1 frequency showed an excellent indicator of differentiating the oral cavity articulated vowels from pharyngeal cavity articulated vowels.

If the $F_2 - F_1$ is less than about 600Hz, which indicates the vowel is articulated in the pharyngeal cavity, and more than about 600Hz, which indicates that the vowel is articulated in the oral cavity.

서론

음형대(formant)는 성대내 공명에 의해 발생된 것으로 사료되며, 이론적으로는 무한의 음형대 주파수가 존재하나, 대개 3~5개의 음형대가 음성의 분석에 사용이 된다. 즉 음형대는 각 성도의 공명의 성상을 나타낸다고 할 수 있다¹¹⁾.

수학적으로 음형대의 주파수는 계산을 해 낼 수가 있는데, 이는 음형대의 주파수를 음형대의 모양과 성도내 단면적의 모양 및 길이로서 표시 가능하다는 뜻이라고 할 수 있겠다¹⁶⁾¹⁷⁾.

이에 저자는 기존의 자료(서경식, 김광문, 정태섭 외, “우리말 모음의 발음시 연구개 운동과 조음위치에 관한 연구”⁴⁾ 참조)에서 비디오 테이프에 녹음된 모음을 CSpeech version 3.1(Electrical & Computer Engineering, Madison, Wisconsin)의 소프트웨어로 음형대의 주파수를 측정하고, 기존의 자료인 비디오 구개인두촬영상(video-velopharyngogram)과 성도의 측면 X-선 사진에서 성문으로 부터 성도내 좁힘점까지의 거리를 새로 측정하여, 음형대 주파수와 성도내 성문으로 부터 좁힘점까지의 거리와의 상관관계를 알아보았다.

또한 이미 측정된 혀의 구강 및 인두강내 위치와 음형대 사이의 상관관계도 같이 알아보았다(서경식, 김광문, 정태섭 외⁴⁾ 논문 Table 4의 D, F 변수를 이용).

성도내 좁힘점에 따라 모음군을 경구개, 연구개, 상부 인두, 하부 인두로 분류하고, 기본 주파수, 제 1 음형대, 제 2 음형대, 제 3 음형대, 제 4 음형대를 구

하여 각 음형대와 저자가 발표한 성도내에서의 조음점과의 관계를 알아보고 각 음형대를 구성하는 인자에 대하여 고찰하여, 입술의 내림과 오무림 정도의 변수는 고려되지 아니하여 미흡한 점은 있으나, 그 결과를 보고 한다.

본 연구에 있어서는 우리말 모음의 발음시 기록한 성도내 X-선상의 변화와 동시에 녹음한 목소리를 대상으로 음형대와 조음위치의 사이에 어떠한 관계가 있는가를 알아 보고자 하는데 그 의의가 있겠다.

재료 및 방법

1. 연구대상

한국어 표준말을 사용하는 20대에서 50대까지의 성인을 대상으로하였다.

2. 방 법

1) 대상의 선정⁵⁾, X-선 촬영, 발음 방법은 “우리말 모음의 발음시 연구개 운동과 조음위치에 관한 연구”⁴⁾와 동일하였다.

2) 음형대의 측정

80486 중앙연산장치(CPU)와 80487 보조수학연산장치 및 아날로그 신호의 디지털화 및 디지털 신호의 아날로그화 기능의 DT2821-F-16 SE 기판이 장착되어 있는 개인용컴퓨터(연세대학교 음성의학연구소 소장)로 비디오에 녹음된 음성을 입력한 후, 이 음성을 디지털 신호화하여, CSpeech version 3.1

(Electrical & Computer Engineering, Madison, Wisconsin)의 소프트웨어로 분석하였다.

음성의 추출율(sampling rate)은 20KHz, signal buffer length는 5초, high pass filter를 사용한 후, linear predictive coding(LPC, Fig. 1)과 fast Fourier transform(FFT, Fig. 2)을 이용하여 각 모음별 음형대의 주파수 값을 측정하여 기록하였다.

LPC에 의한 음형대의 주파수 측정에는 오차가 클 수 있으므로, LPC 분석에 의한 음형대 envelop를 FFT에 의한 배음(倍音, harmonics)의 주파수와 함께 음형대의 주파수를 측정하면 오차가 덜 나게되어 각 모음별로 음성의 기본 주파수(F_0), 제 1음형대(F_1), 제 2음형대(F_2), 제 3음형대(F_3), 제 4음형대

(F_4)를 측정하였다.

3) 성문으로 부터 각 모음별 성도내 좁힘점까지의 측정

성도내의 좁힘점의 위치는 기존의 자료⁴⁾를 그대로 인용하고, 비디오 구개인두촬영상(video-velopharyngogram)을 참조하여, 측면 X-선 사진에서 성문으로 부터 상악 중절치까지의 거리를 임의의 성도 길이로 하여 측정하였고, 성문으로 부터 성도내 좁힘점까지의 거리를 측정하였다.

거리는 곡면자를 이용하여, 측정후 직선화하여 거리를 구하였다.

4) 혀의 구강과 인두강내 위치

혀의 성도내 위치는 구강과 인두강을 구분하여

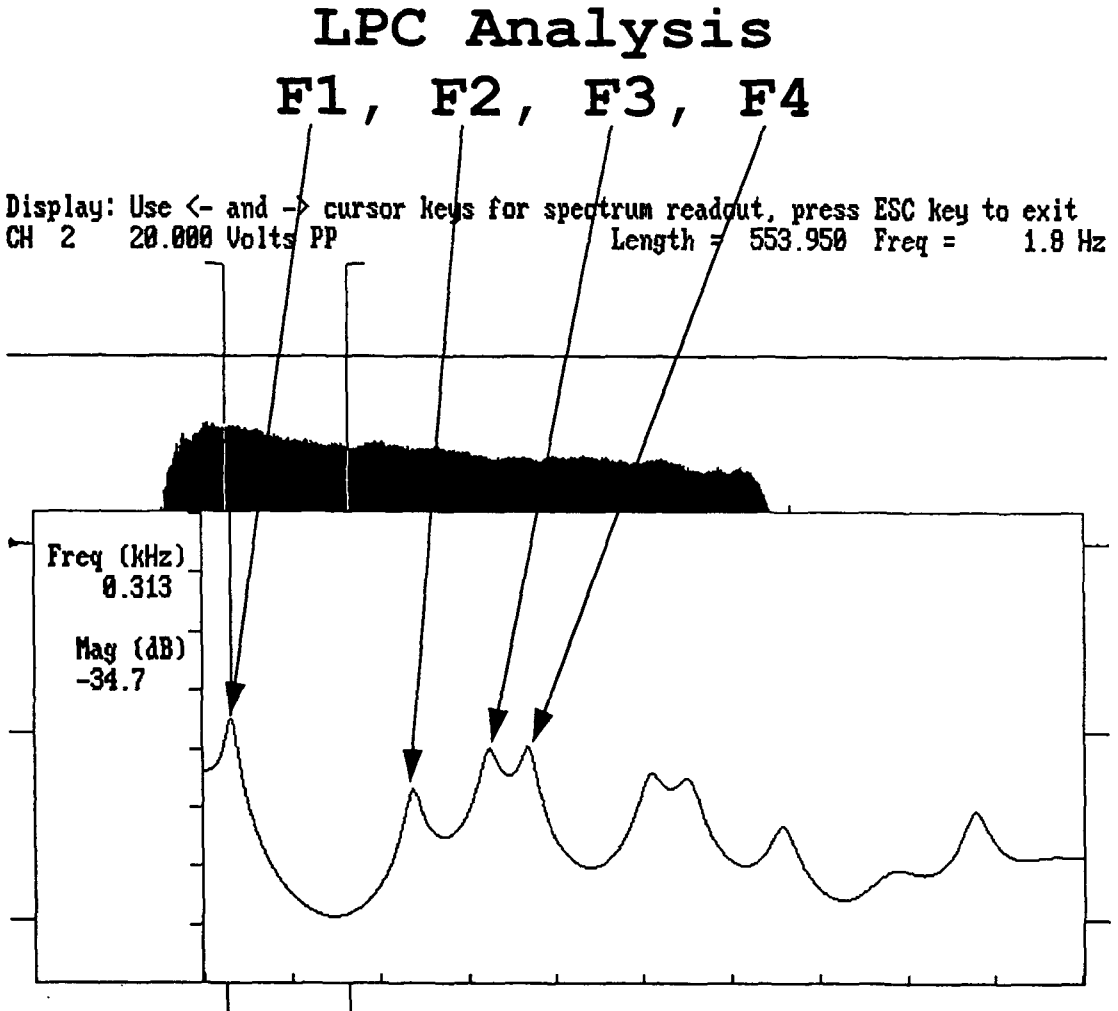


Fig. 1. Linear predictive coding(LPC) analysis with CSPeech ver. 3.1.

Fourier Analysis, F0

Display: Use <- and -> cursor keys for spectrum readout, press ESC key to exit
 CH 2 20.000 Volts PP Length = 553.950 Freq = 1.8 Hz

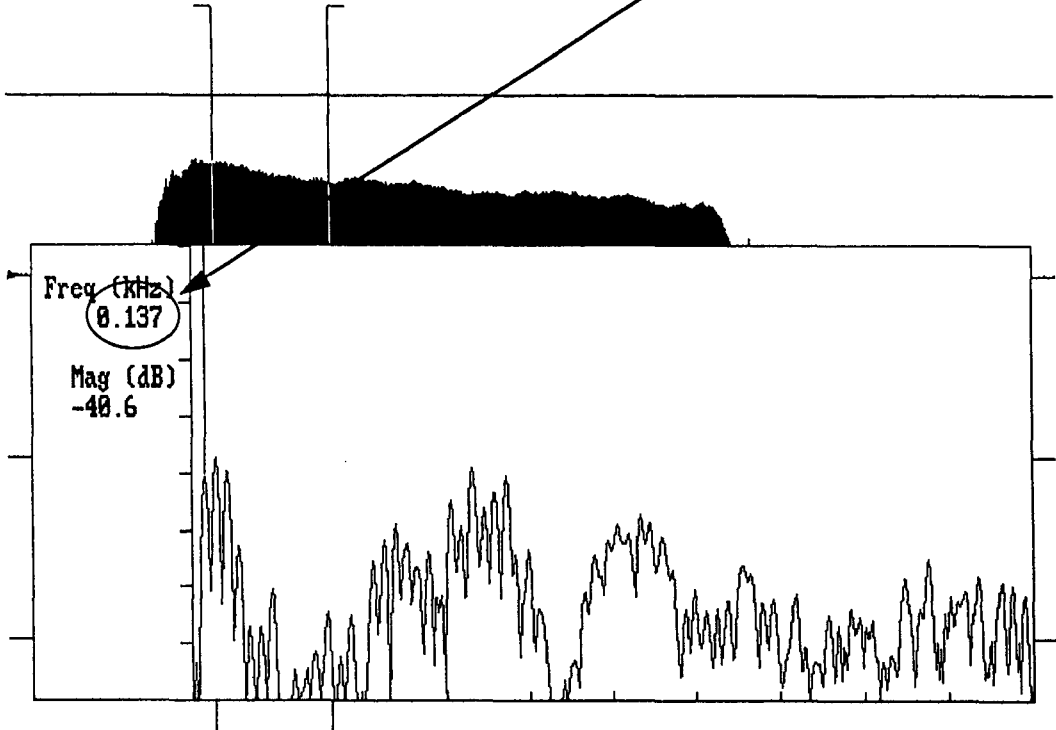


Fig. 2. Fourier analysis with CSpech ver.3.1.

이전 측정치⁴⁾를 그대로 사용하였다.

경구개골의 증상을 지나는 선을 제 1 기준선으로 하고, 제 2 경추의 몸체의 하단과 하악골 하단을 지나는 선을 제 2 기준선으로 하여, 구강내 혀의 위치를 나타내는 변수 D는 혀의 최고점에서의 제 1 기준선까지의 거리, 인두강내 혀의 위치를 나타내는 변수 F는 제 2 기준선에서 설근부와 만나는 지점에서 인두후벽까지의 직선거리를 잴 값을 이용하였다.

5) 결과의 비교

각 변수별 결과는 각각 평균을 내어 도표화하여 비교를 하였다.

결 과

1. 기본주파수(F₀)

남녀별 기본주파수의 측정의 결과는 Table 1과

Table 1. Fundamental frequency of 5 male and 5 female speakers each(mean±SD) (Hz)

	F ₀
Male	127.0
	23.89
Female	246.0
	21.15

같다.

2. 음형대

남녀 별 9개 모음에 대한 제 1, 2, 3, 4 음형대와 제 2 음형대와 제 1 음형대의 차 즉 F₂~F₁ 값은 Table 2, Table 3와 같다.

인두강내에서 조음되는 모음인 [ɹ, ɪ(ə), ɪ: (ʌ), ɪ]에서는 F₂~F₁ 값이 남자에서는 555Hz, 여자에서는 576Hz를 넘지 아니하는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3과 Fig. 4에서는 각 음형대별 형태를 도표화하였다.

[ɿ, ɪ, ɨ:, ɯ] 등의 인두강내에서 조음되는 모음은 제 1 음형대와 제 2 음형대 사이의 차이가 크지 아니함을 알 수 있고, 반면에 [ɪ, ɨ, ɯ]

등의 경구개에서 조음되는 모음에서는 제 2 음형대와 제 3 음형대 사이의 차이가 크지 아니함을 볼 수 있다.

제 4 음형대는 모음간 별 차이를 나타내지 아니하였다.

Table 2. Formants of 5 male speakers(mean±SD) (Hz)

Vowels	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂ -F ₁
i	297.0	2035.2	2809.8	3547.0	1738.2
	40.01	196.78	247.00	173.43	
e	421.8	1738.2	2588.0	3550.8	1316.4
	58.03	155.61	155.45	159.32	
ɛ	523.4	1652.4	2729.2	3586.2	1129.0
	113.24	145.46	459.48	284.02	
ɨ	334.2	1226.6	2269.6	3355.6	892.4
	43.01	133.97	127.42	154.60	
u	340.0	963.0	2433.6	3347.6	623.0
	47.23	50.61	157.43	137.94	
o	429.8	820.2	2613.6	3344.4	390.4
	41.13	100.48	121.30	134.49	
ə	568.6	988.6	2738.4	3500.0	420.0
	68.58	65.09	183.97	116.61	
ʌ	484.4	1039.4	2609.6	3504.3	555.0
	84.43	149.73	211.58	106.23	
ɑ	722.6	1152.2	2582.2	3539.2	429.6
	94.69	153.92	211.19	160.48	

Table 3. Formants of 5 female speakers(mean±SD) (Hz)

Vowels	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂ -F ₁
i	336.0	2429.6	3246.0	4089.6	2093.6
	40.01	123.40	96.05	40.85	
e	458.2	2238.4	2863.4	3965.0	1780.2
	49.07	168.95	183.02	463.43	
ɛ	599.6	2224.6	3003.8	4437.6	1625.0
	100.57	47.36	102.69	223.47	
ɨ	371.2	1410.2	2539.4	4097.6	1039.0
	56.68	201.89	171.12	194.02	
u	379.0	1160.2	2765.6	4004.0	781.2
	52.65	166.11	73.99	150.01	
o	425.8	976.8	2750.0	3906.2	551.0
	69.51	79.33	265.33	199.62	
ə	661.6	1228.0	2717.8	3980.4	566.4
	113.08	222.80	141.79	214.49	
ʌ	621.4	1197.0	2861.6	4071.4	575.6
	58.50	177.39	207.74	315.57	
ɑ	1050.6	1519.6	2882.8	4125.0	469.0
	70.85	199.54	227.19	190.70	

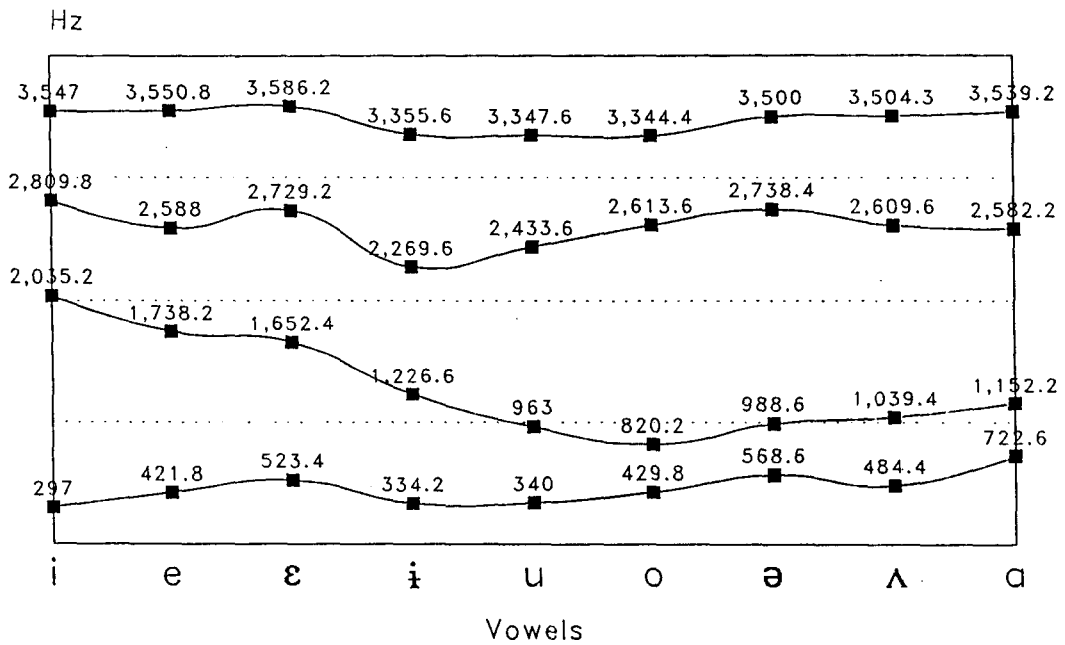


Fig. 3. Comparison of $F_1 : F_2 : F_3 : F_4$ nomogram(male).

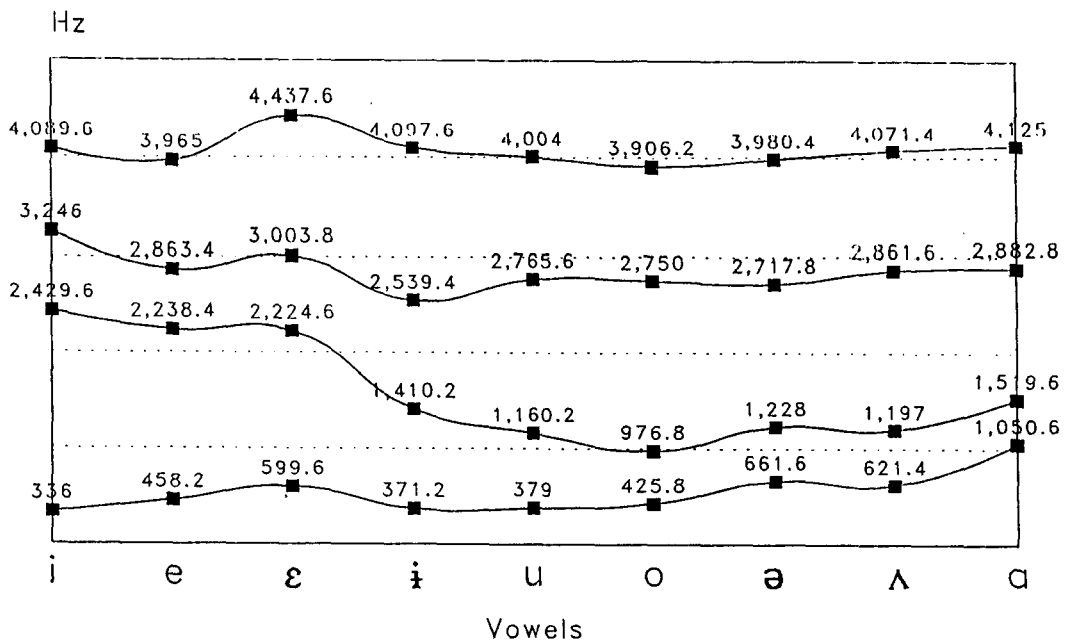


Fig. 4. Comparison of $F_1 : F_2 : F_3 : F_4$ nomogram(female).

Table 4. Total vocal tract length(mean±SD) (cm)

	Vocal tract length
Male	16.64 0.479
Female	13.79 0.357

3. 성도

전체 성도의 길이는 성문으로부터 상악대구치까지의 거리가 남녀 각각 16.64±0.479cm, 13.79±0.357cm으로 나타났다(Table 4).

성문으로부터 성도내 좁힘점(조음점)까지의 거리는 Table 5와 같다.

4. 음형대와 조음점과의 관계

Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 성도내 성문으로부터 조음점까지의 거리와 경구개조음 모음

[I, ɛ, H], 연구개조음 모음 [ɨ, ʏ] 즉 구강내조음 모음과 상부인두조음 모음인 [ɔ]의 제 2음형대 사이에서 어떠한 관계를 지을 수 있는데, 조음점이 성문으로부터 멀수록 제 2음형대가 상승하는 것을 관찰할 수 있다.

반면에 인두강내 하부인두조음 모음인 [ɨ, ʏ, ɯ]에서는 제 2음형대가 조음점이 성문에서 가까울수록 상승하는 것을 관찰할 수 있었다.

5. 음형대와 혀의 구강내 위치와의 관계

Fig. 7과 Fig. 8에서는 구강내 혀의 높이와의 관계를 제 1음형대와 제 3음형대에서 비교해 본 것으로, 도표에서 혀의 높이 변수는 구개에서의 혀의 최고점까지와의 거리이므로 숫자가 클수록 저설모음으로 분류되고, 숫자가 작을수록 고설모음으로 분류할 수 있다.

Table 5. Length from glottis to the constriction area for each vowel(mean±SD) (cm)

	i	e	ɛ	ɨ	u	o	ə	ʌ	ɑ
Male	10.86 0.407	9.38 0.390	10.14 0.541	8.03 0.193	7.31 0.179	5.79 0.189	4.71 0.189	4.57 0.189	4.40 0.193
Female	9.57 0.391	8.36 0.391	8.86 0.391	7.19 0.186	6.20 0.244	5.17 0.179	4.54 0.096	4.37 0.117	4.07 0.151

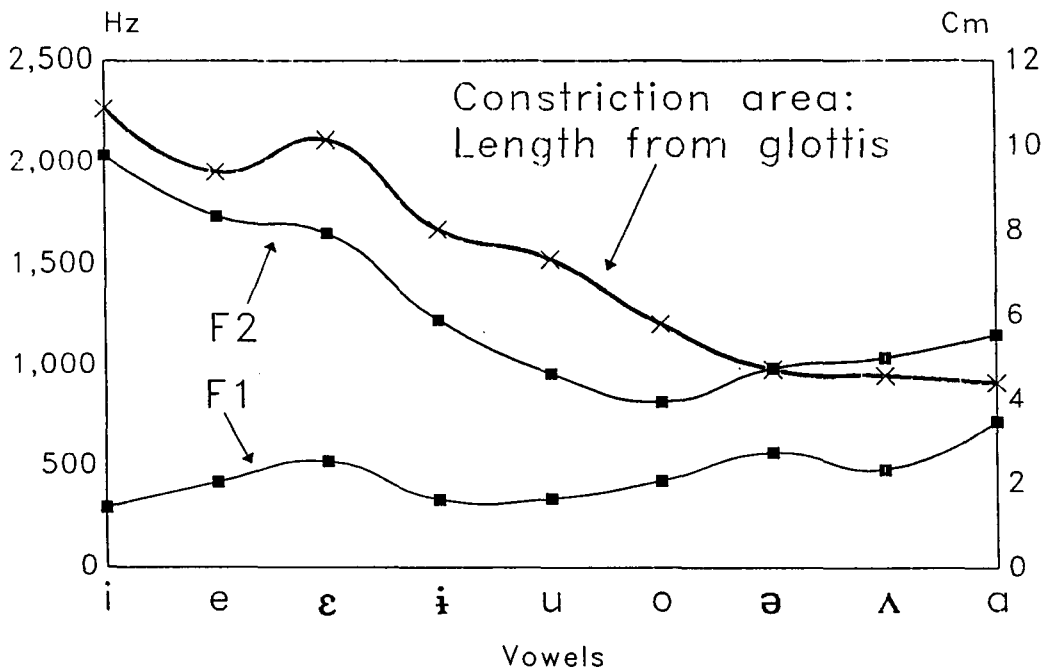


Fig. 5. Comparison between F₁ : F₂ : Length from glottis to the constriction area(male).

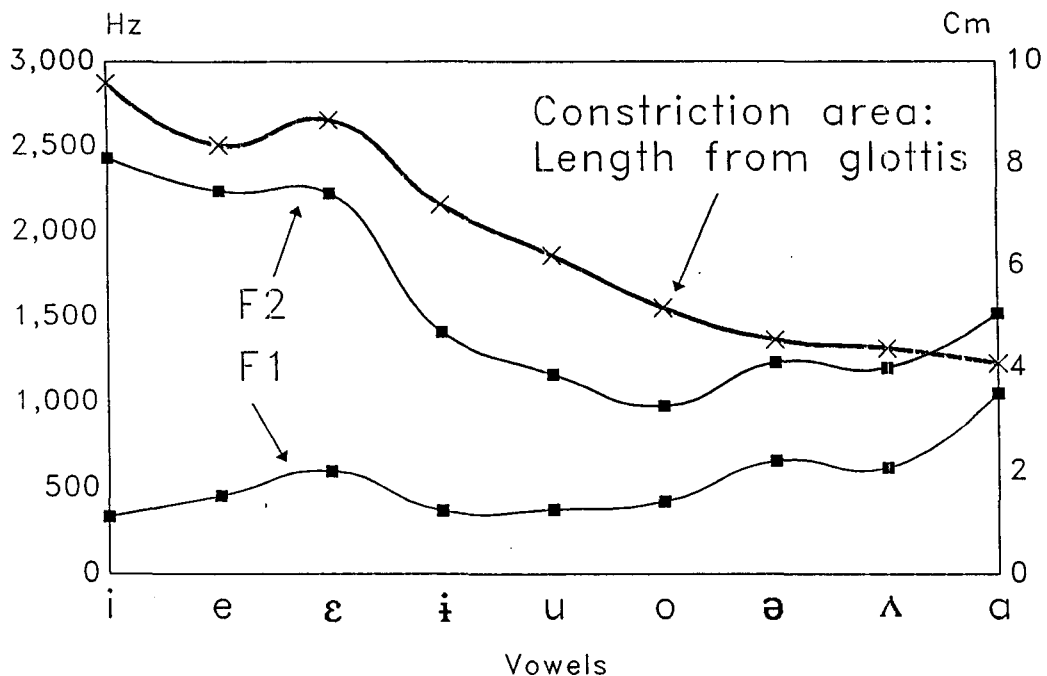


Fig. 6. Comparison between $F_1 : F_2$: Length from glottis to the constriction area(female).

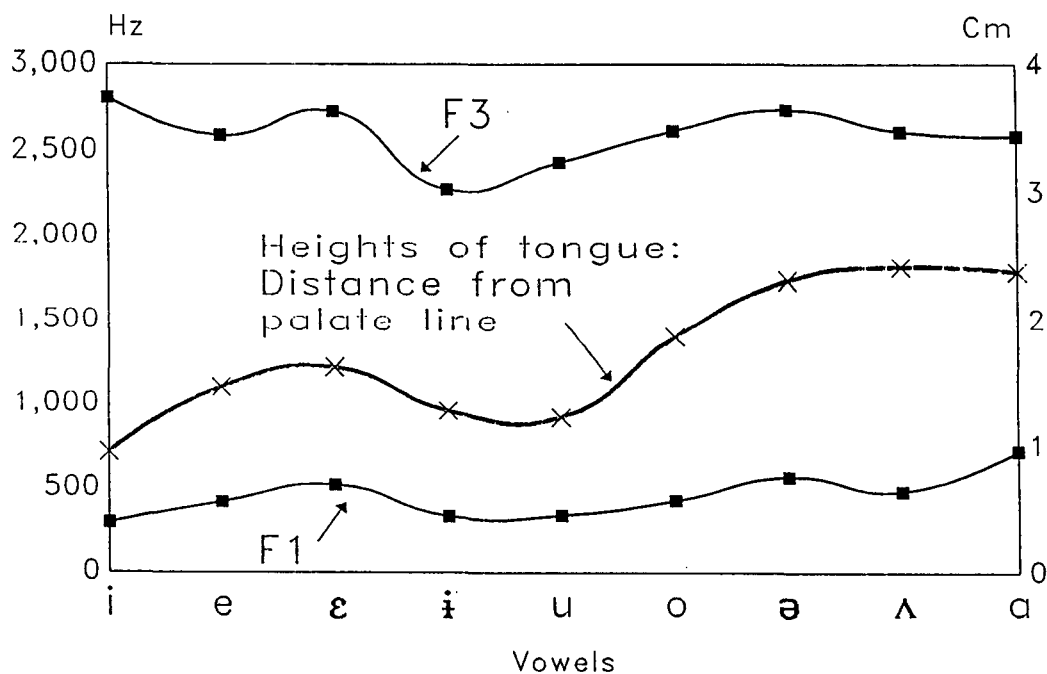


Fig. 7. Comparison between $F_1 : F_3$: Position of tongue in oral cavity(male).

*position of tongue in oral cavity is represented by the distance from palate line to the highest point of the tongue

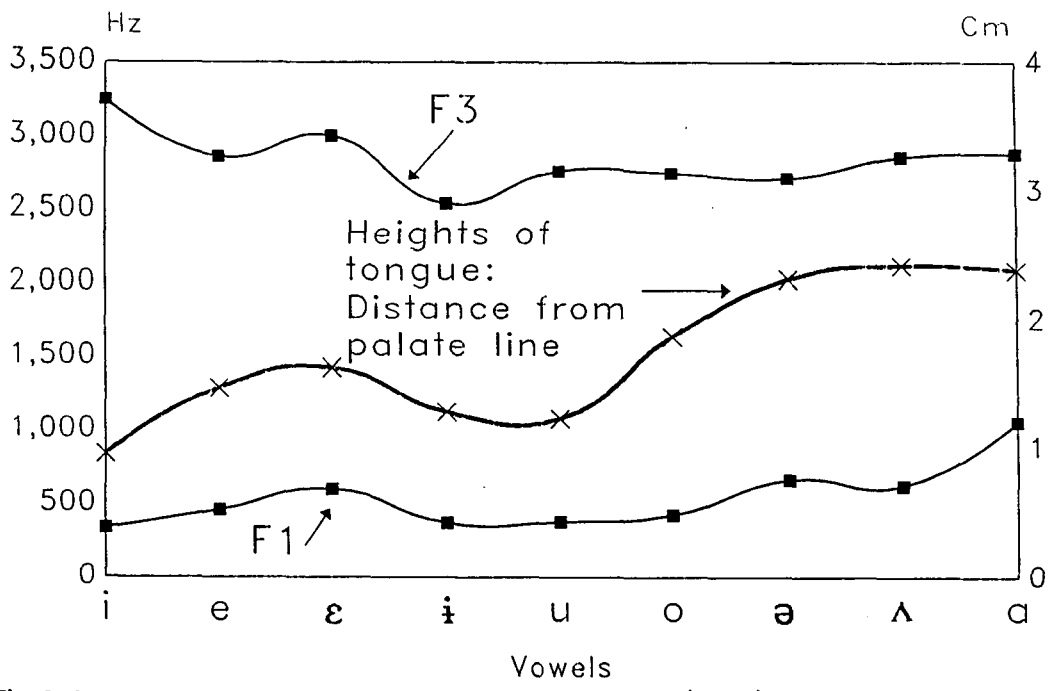


Fig. 8. Comparison between $F_1 : F_3$: Positon of tongue in oral cavity(female).
 *position of tongue in oral cavity is represented by the distance from palate line to the heighest point of the tongue

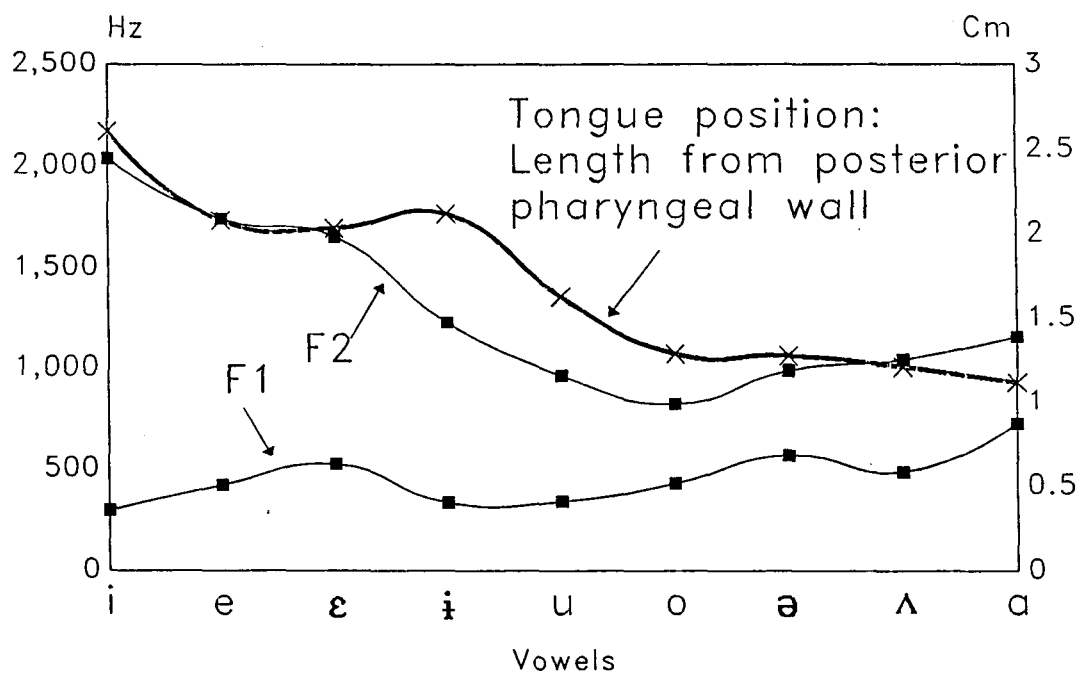


Fig. 9. Comparison between $F_1 : F_2$: Positon of tongue in pharyngeal cavity(male).
 *position of tongue in pharyngeal cavity is represented by the shortest distance from back of the tongue to the posterior pharyngeal wall

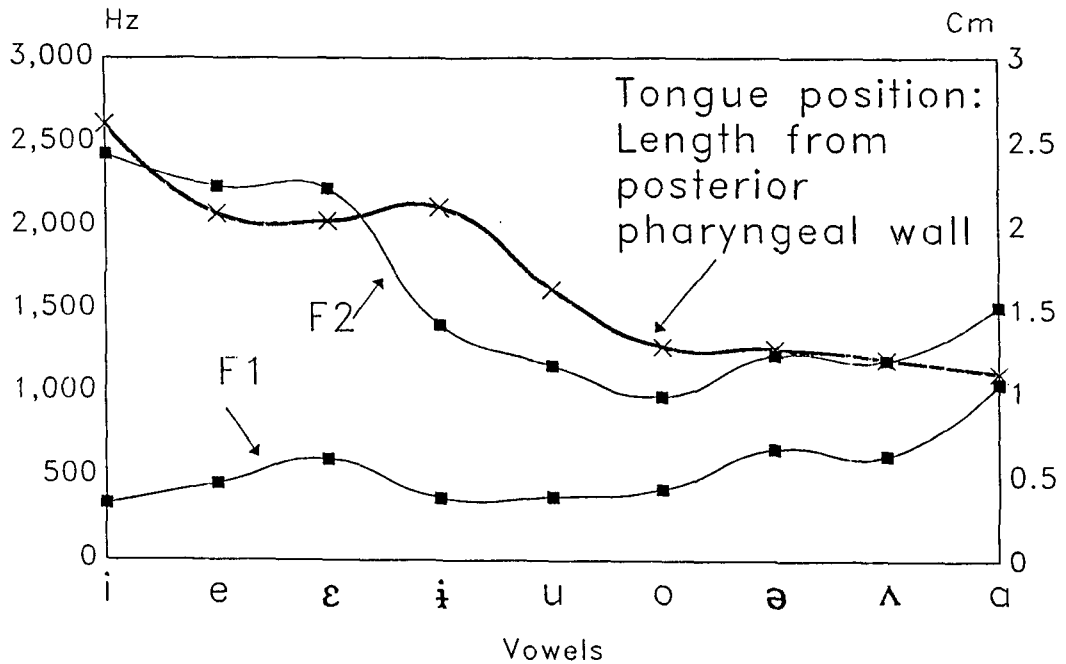


Fig. 10. Comparison between $F_1 : F_2$: Positon of tongue in pharyngeal cavity(female).
 *position of tongue in pharyngeal cavity is represented by the shortest distance from back of the tongue to the posterior pharyngeal wall

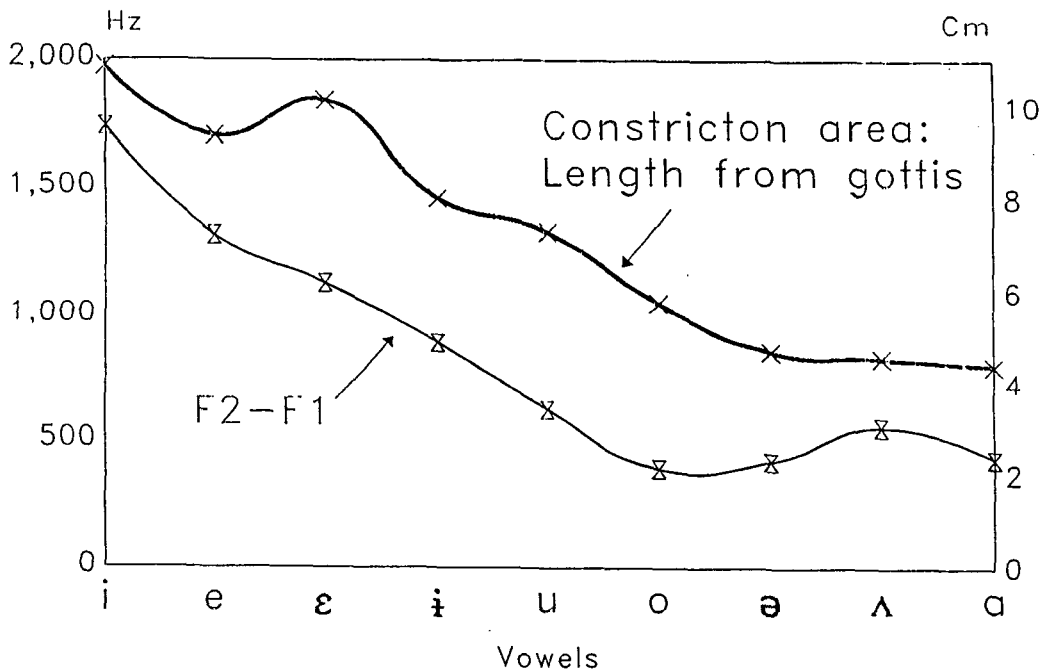


Fig. 11. Comparison between $F_2 - F_1$: Length from glottis to the constriction area(male).

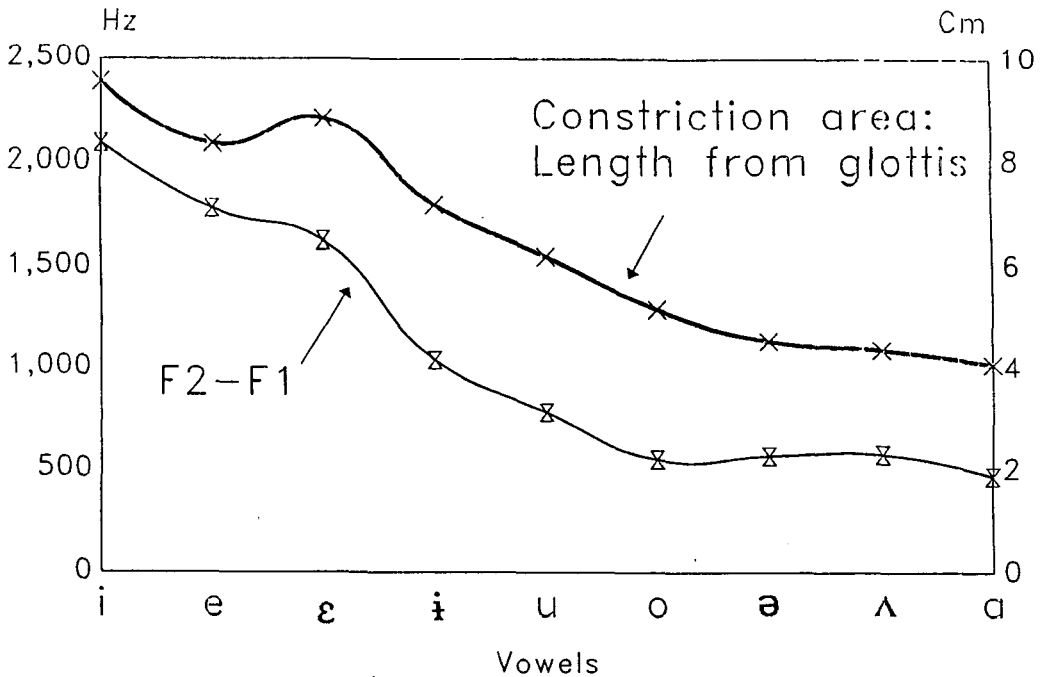


Fig. 12. Comparison between F_2-F_1 : Length from glottis to the constriction area(female).

여기서 우리는 제 1 음형대가 구강내에서 조음되는 모음에서는 혀의 높이와 관계있음을 추정할 수 있었다.

그러나 전체적으로 볼때 제 1 음형대로 저설모음과 고설모음을 분류할 수 없었다.

제 2 음형대나, 제 3 음형대는 구강내 혀의 높이와 관계를 지을 수는 없는 것으로 사료되었다.

6. 음형대와 혀의 인두강내 위치와의 관계

Fig. 9와 Fig. 10에서는 인두강내 혀의 위치와의 관계를 제 1 음형대와 제 2 음형대에서 비교해 본 것으로, 도표에서 혀의 위치의 변수는 수치가 작을수록 후설 모음으로 즉 인두강에서 조음이 되는 모음이 된다.

인두강내에서 조음되는 모음 [ɹ, ɹ, ɹ:, ɹ]에 있어서는 대체적으로 후설모음의 경향이 클수록(설근부와 인두 후벽의 거리가 짧을수록) 제 1 음형대와 제 2 음형대의 상승을 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

7. 음형대 F_2-F_1 값과 조음점과의 관계

Fig. 11과 Fig. 12에서는 성도내 조음점과 제 2 음형대와 제 1 음형대의 차에 대한 관계를 알아본

도표로서, 대체적으로 성도내 좁힘점의 위치가 성문으로부터 가까울수록 F_2-F_1 값은 줄어드는 것을 알 수 있다.

고찰

1. 음형대

음형대(音形帶, formant)는 성도내에서 공기의 공명주파수(resonant frequencies)와 일치하는 상음(上音, overtone)의 모임을 뜻한다¹¹⁾.

모음의 조음 기전은 단순히 혀의 위치만이 관계되어 있는 것이 아니고 좀더 복잡한 양태를 띠고 있으나, 현재로서는 source-filter 설이 정설로 되어 있다¹⁰⁾²⁰⁾.

우리가 음원(音源)으로서 생각할 수 있는 것들은 성문과 인두강내 좁힘점을 들 수 있는데, 모음과 유성 자음에서는 성문의 규칙적인 진동에 의한 성대음이, [h] 같은 자음은 성문에서 aperiodic turbulence에 의해, 일부 자음에서는 인두강의 좁힘점에서 파생되어 [t, s] 등에서는 aperiodic turbulence, [p, t, k] 등에서는 plosive turbulence에 의해 소리가 시작된다²⁰⁾.

모음의 경우 이 음원의 진동으로 부터 파생된 소리가 성도내의 공기를 자극하여 기본 주파수(F_0)의 정배수의 배음(harmonics)을 나타내는데, 대개 배음상에서는 1 옥타브 상승에 12 dB 정도의 음압이 약해지는 것으로 되어 있으나, 성도내의 공명 주파수와 근접한 주파수는 성도내에서 음압이 강하게 전파되며(이것을 우리는 음형대라 한다), 그외의 주파수는 약해지는 성질을 나타내어 소리의 최종적인 음가(音價)를 정해준다고 하는 설을 source-filter 설이라 할 수 있다²⁰⁾.

즉 source(음원)에서 나온 음파를 성도내의 공명 주파수의 filter(여과) 기능이성대음을 변환시켜 우리의 귀에 들리게 한다는 것이다¹⁰⁾.

Peterson과 Barney¹⁴⁾는 1952년에 현재까지도 음형대의 연구에 있어 고전적인 자료가 되고 있는 미국 영어 모음에서의 $F_1 : F_2$ 음형대 도표를 발표하였다.

1955년 미국의 Stevens와 House¹⁶⁾는 성도의 X-선 촬영을 이용하여 공명강으로서의 성도 모형을 제안하였고, 1961년 스웨덴의 Fant⁸⁾는 러시아 모음에서의 X-선 단층촬영상(tomogram)을 이용하여 인두강의 성도 단면적 측정에 의한 Stevens와 House의 3 변수 모형과 유사한 3 변수 모형을 제안하였다.

r_0 를 성도내 좁힘점(constriction area)으로, 성문으로부터 좁힘점까지의 거리를 d_0 로, 성도의 앞부분인 입과 입술의 요소를 분석할 때에 성도의 음향적 저항은 입술 부분의 성도의 길이가 l 이고, 단면적이 A 라고 하면, l/A 값에 비례하게 되는데 A/l 의 비를 사용하면 역수로서 입의 벌림정도와 순서대로 비례하기 때문에 A/l 의 비로서, 즉 3 변수 $d_0, r_0, A/l$ 로서 공명강인 성도를 포물선화하여 표시할 수 있다고 하며¹¹⁾⁸⁾¹⁶⁾, Sohndi¹⁵⁾는 꼭면상의 성도를 직선화하여도 음형대에는 거의 영향이 없음을 증명하였다.

Fant는 음향적 신호, 즉 발음의 파형(acoustic wave)은 음원과 여과 과정의 산물(product of a source and a filtering process)이라고 하였고, 음원과 성도의 기능을 음형대의 형태와 비교함으로써 이를 증명하였다⁸⁾.

1971년 스웨덴의 Lindblom과 Sundberg¹²⁾는 입

술, 혀, 턱, 후두의 운동이 조음상 어떠한 관계를 갖고 있는지를 다음과 같이 정리하여 발표하였다.

1) X-선상의 데이터를 분석한 결과 하악골은 모음의 음향학적 특질의 측정의 기준이 된다.

2) 모형상의 실험결과에 의하면, 하악(턱)의 운동은 그자체만으로도 제 1음형대의 이동을 초당 수백 사이클의 변화를 가져왔다는 것으로도 1)항의 결과를 뒷받침해 준다.

3) 혀의 운동을 보면, 혀가 아래방향으로 이동하는 경우 제 2음형대가 낮아졌고, 제 1음형대는 높아졌다. 좁힘점의 협소부위가 작아질수록(협소의 부위의 정도가 클수록) 주로 제 2음형대에 영향을 미쳐 변화를 시켰다.

4) 제 2 및 3 음형대의 하강은 입술을 등글게함으로써 입술 단면적을 작게 하고 결국 성도의 길이를 늘리게 되는 영향을 주게됨에 따른 것이다.

5) 후두의 10mm 하강은 전 음형대의 하강을 가져왔다.

6) 이러한 모델은 전세계의 대부분의 언어에서, 반전음(retroflex) 등을 제외하고 모두 적용될 수 있다고 하였다.

7) 이러한 모델은 모음의 개방성(open)과 폐쇄성(closed)의 분류가 하악고정실험(fixed mandible experiment)에 의해 증명되어 혀의 높이 보다는 턱의 운동과 관계된다는 것을 보여준다.

8) 혀의 고저는 성도의 모양을 결정하는 데 작용한다.

한편 모음의 인식에 있어 각 모음이 음형대의 특이한 형으로 가려진다고하는 모음인식의 표적설(target theory of vowel recognition)은 Strange¹⁸⁾에 의해서 의문이 제기되어 음형대의 정적인 면(static features, 즉 고정된 음형대) 외에도 동적인 면(dynamic features, 즉, 변화된 음형대, 예를 들어 노래를 부르는 경우에 같은 모음이라도 음형대의 변화가 오는 것 등)이 같이 모음의 인식의 요소라고 하였다.

Badin등⁷⁾은 성도내 어느 위치에서 음형대의 수렴점(formant convergence, 이 위치를 focal point라고 하며, 예를 들어 F_2 와 F_3 가 성도내 일정 부위인 focal point에서 일치하다가 focal point를 지나면서 F_2 와 F_3 가 자리 바꿈을 하게 된다)이 존재함을 발

표하고, 음형태 연구시에 고려해야 할 것이라 하였다.

국내에서의 모음별 음형태의 측정은 여러 저자들이 측정하여 보고한 것이 있으며, 남녀 각각 20명을 대상으로한 의학 분야의 김희남 등²⁾, 박종철³⁾의 일반인(남: 74명, 여: 19명)과 방송국 아나운서(남: 5명, 여: 6명)가 발성한 우리말 단모음에 대한 음형태 분석, 국어학의 김영송¹⁾과 梅田博之⁶⁾ 등의 연구가 있다.

오늘날 전자, 통신, 컴퓨터 공학의 발전으로 인공음성의 합성시대가 도래하였다고 할 수 있으며, 현재 공학분야에서도 이러한 음성에 관한 연구가 무척 활발하게 이루어져 음성의학에 관심이 있는 의사들에게도 부수적으로 많은 도움이 되었다.

그 일례로 음형태의 도출 방법으로서 과거의 장비가 크고, 가격이 비싼 사운드스펙트로그라피(sound spectrography) 대신에 외래 수준에서도 비교적 저렴한 비용으로 설치가 가능한 여러가지 개인용 컴퓨터용 음성분석 하드웨어 및 소프트웨어가 개발되어 시판되고 있다는 것을 들 수 있다. 이러한 장비들은 digital signal processing이라는 기전을 통하여 아날로그 신호인 음성을 디지털 신호로 바꾸어 처리하게 된다¹⁰⁾.

Linear predictive coding(LPC)와 fast Fourier transform(FFT)는 대표적으로 digital signal processing을 이용한 소리의 분석 방법으로, FFT에 의한 소리의 스펙트럼은 음원에 대한 배음을 나타내고, 반면에 LPC에 의한 분석시에는 소리의 spectral envelop를 보여 주어 음형태를 확실하게 보여 줄 수 있다¹⁰⁾. Hermansky⁹⁾는 음성의 분석에 있어 perceptual linear predictive(PLP) coding을 주장하였는데 이는 LPC 보다 인간의 심리적 상태를 고려하여 발성자의 개인차에 관계없이 음성의 기계적 자동 인식을 보다 효과적으로 하는데 도움이 된다고 하였다.

2. 성도의 조음점

조음 기전을 설명하는데 있어서 단순히 입술의 모양이나, 혀의 전, 후, 상, 하의 운동만 가지고는 설명이 불가능하며, 성도내의 좁힘점이나 기타 여러가지 요인을 함께 고려하여 설명하는 것이 타당할 것이다.

1979년 S. Wood²¹⁾가 13개 언어에 있어 성도의 좁힘점을 기준으로한 조음 위치의 분류를 해 본 결과 모든 경우에서 모음의 조음위치를 연구개, 경구개, 상부인두, 하부인두의 4개로 분류 가능하다고 하였으며, 이는 Lindblom과 Sundberg¹²⁾가 1971년 조음부를 경구개, 연구개, 인두로 3분을 하였던 것을 세분하여, 인두를 다시 상부와 하부로 Wood²¹⁾는 나누어 표시하였음이 특징적이다.

저자의 경우도 성도를 4분 하여 우리말 모음에서의 성도내 좁힘점에 의한 조음위치를 분류한 결과 경구개에서는 [I], [E], [H] 모음이, 연구개에서는 [-], [T] 모음이, 상부 인두에서는 [ɔ] 모음이, 하부 인두에서는 [ɹ], [ɹ:], [ɹ:] 모음이 각각 조음점이 되는 것을 발표하였다⁴⁾.

3. 음형태와 조음점과의 관계

여러 학자들의 발표를 종합해 보면, 제 1음형태 주파수의 상승과 제 2음형태의 주파수의 하강은 모음의 후설성(後舌性, 즉, 후두에서 가깝게 인두강이 좁아지는 경우에 더욱 상승)과 관계되고, 제 3음형태의 상승은 상부 인두강이 좁아질수록, 제 3음형태의 하강은 하부인두가 좁아질수록 크게 나타나며, 입술의 오무림(圓脣化)의 정도는 전설 모음에서는 제 2음형태에, 후설 모음에서는 제 3음형태에 각각 영향을 미치고, 제 4음형태는 개인의 음성음질(voice quality)에 관계된다고 한다¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁹⁾²⁰⁾.

저자의 경우에서는 후설 모음에서는 제 1음형태와 제 2음형태 모두 주파수의 상승을 나타내었으며, 구강내조음 모음은 조음점이 성문으로부터 멀수록 제 2음형태 주파수의 상승을 나타내었다.

특이한 것은 성문으로부터 조음점이 가까운 경우, 제 2음형태와 제 1음형태의 차이 값($F_2 \sim F_1$ 값)이 작아진다는 것이다.

이 $F_2 \sim F_1$ 값은 조음점의 위치를 추정할 수 있는 좋은 변수가 되리라 사료되며, 평균적으로 $F_2 \sim F_1$ 값이 약 600Hz를 넘지 아니하면 인두강내 조음 모음, 넘으면 구강내 조음 모음으로 보아도 무방하리라 사료된다.

제 3음형태와 제 4음형태는 성도내 조음점과의 관계를 지을 수가 없었다.

결 론

1) 제 1 음형대(F_1)는 구강내에서 조음되는 모음인 [i, e, ε, i, u]에서 혀의 높이와 관계있는 것으로 사료되었다.

2) 제 2 음형대(F_2)는 구강내에서 조음되는 모음인 [i, e, ε, i, u]와 상부인두에서 조음되는 모음인 [o]에서는 성문으로부터 조음점까지의 거리가 멀수록 제 2 음형대가 상승하며, 반면에 하부인두에서 조음되는 모음인 [ə, ʌ, a]에서는 거리가 가까울수록 제 2 음형대가 상승하였다.

3) 후설 모음이 경향이 클수록 비례하여 제 1 음형대와 제 2 음형대의 상승이 나타나났다.

4) 제 3 음형대(F_3)에서는 성도내 조음점이나, 혀의 위치와의 관계를 규정할 수 없었다.

5) 제 4 음형대(F_4)는 제 1 음형대(F_1)와 제 2 음형대(F_2)와는 별도로 남, 녀 평균치에서 거의 수평형을 보였다.

6) 인두강내에서 조음되는 모음[o, ə, ʌ, a]에서 제 1 음형대(F_1) 및 제 2 음형대(F_2)의 상승은 성문으로부터 조음점과의 길이가 짧을수록 상승이 큰 것이 관찰되었다.

7) $F_2 \sim F_1$ 값은 성문으로부터 조음점과의 거리와 관계가 있는 것으로 사료되었으며, 조음점이 성문으로부터 가까울수록 $F_2 \sim F_1$ 값은 작아지는 것을 관찰하였다. 인두강내에서 조음되는 모음[o, ə, ʌ, a]에 있어서는 $F_2 \sim F_1$ 값이 최대 평균치 566Hz (남 : 555Hz, 여 : 576Hz)를 넘지 아니하여, 평균적으로 $F_2 \sim F_1$ 값이 약 600Hz를 넘지 아니하면 인두강내조음 모음, 600Hz를 넘으면 구강내조음 모음으로 보아도 무방하리라 사료된다.

■ 본 연구를 위한 지도와 실험 기자재를 제공해주신 연세대학교 이비인후과학교실 음성의학연구소 김광문 교수님과 최홍식 부교수님, 서울대학교 인문대학 언어학과 이현복 교수님께 감사드립니다.

References

1) 김영송 : 우리말 소리의 연구. 고친판, 서울, 과학사,

pp9-138, 1981

- 2) 김희남·박인용·김기철 등 : 한국어 어음에 관한 음성의학적 연구. 한이인지 23 : 53-74, 1980
- 3) 박종철 : Sound spectrograph에 의한 우리말 단모음 분석에 관한 연구. 석사논문, 연세대학교 산업대학원 전자전공, pp2-44, 1984
- 4) 서경식·김광문·정태섭 등 : 우리말 모음의 발음 시 연구개 운동과 조음위치에 관한 연구. 한이인지 36 : 381-392, 1993
- 5) 이현복 : 한국어의 표준발음. 제 3 판, 서울, 대한음성학회, pp3-101, 1987
- 6) 梅田博之 : 韓國語의 音聲學的 研究. 서울, 滄說出版社, pp1-76, 1983
- 7) Badin P, Perrier P, Boe L-J, et al : Vocalic nomograms : Acoustic and articulatory considerations upon formant convergences. J Acoust Soc Am 87 : 1290-1300, 1990
- 8) Fant G : The relationships between area functions and acoustic signal. Phonetica 37 : 55-86, 1980
- 9) Hermansky H : Perceptual linear predictive(PLP) analysis of speech. J Acoust Soc Am 87 : 1738-1752, 1990
- 10) Kent RD : Vocal tract acoustics. J Voice 7 : 97-117, 1993
- 11) Ladefoged P : A course in phonetics, 2nd ed, 번역서, 황귀룡 역, 제 2 판, 서울, 한신문화사, pp 241-286, 1986
- 12) Lindblom B, Sundberg J : Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. J Acoust Soc Am 50 : 1166-1179, 1971
- 13) Perkins WH, Kent RD : Speech acoustics. In Textbook of functional anatomy of speech, language, and hearing, London, Taylor & Francis Ltd, pp178-211, 1986
- 14) Peterson GE, Barney HE : Control methods used in a study of vowels. J Acoust Soc Am 24 : 175-184, 1952
- 15) Sondhi MM : Resonances of a bent vocal tract. J Acoust Soc Am 79 : 1113-1116, 1986
- 16) Stevens KN, House AS : Development of a quantitative description of vowel articulation. J Acoust Soc Am 27 : 484-493, 1955
- 17) Stevens KN, House AR : An acoustical theory of vowel production and some of its implications. J Speech Hearing Res 4 : 303-320, 1961
- 18) Strange W : Evolving theories of vowel perception.

J Acoust Soc Am 85 : 2081-2087, 1989

- 19) Sundberg J : *Formant structure and articulation of spoken and sung vowels. Folia Phoniat* 28-48, 1970
- 20) Wood S : *Role of the pharynx in speech. In Cummi-*

ngs CW et al eds. Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2nd Ed, ST Louis, CV Mosby, pp1737-1748, 1993

- 21) Wood S : *A radiographic analysis of constriction locations for vowels. J Phonet* 7 : 25-43, 1979