

## 한국어 모음에서 연령증가에 따른 제 2 음형대의 변화양상

가천의과대학부속길병원 이비인후-두경부외과학교실,\* 음성언어치료실\*\*

김찬우\* · 차흥억\* · 장일환\* · 김선태\* · 오승철\* · 석윤식\* · 이영숙\*\*

= Abstract =

### F<sub>2</sub> Formant Frequency Characteristics of the Aging Male and Female Speakers

Chan Woo Kim, M.D.,\* Heung Eog Cha, M.D.,\* Il Hwan Jang, M.D.,\*  
Sun Tae Kim, M.D.,\* Seung Chul Oh, M.D.,\*  
Youn Sik Seok, M.D.,\* Young Suk Lee\*\*

*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery,\* Phoenetic Laboratory,\*\*  
Ghil Hospital, Gachon Medical School, Incheon, Korea*

**Background and Objectives** : Conditions such as muscle atrophy, stretching of strap muscles, and continued craniofacial growth factors have been cited as contributing to the changes observed in the vocal tract structure and function in elderly speakers. The purpose of the present study is to compare F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> frequency levels in elderly and young adult male and female speakers producing a series of vowels ranging from high-front to low-back placement.

**Material and Methods** : The subjects were two groups of young adults(10 males, 10 females, mean age 21 years old ; range 19 - 24 years) and two groups of elderly speakers(10 males, 10 females, mean age 67 years ; range 60 - 84 years). Each subject participated in speech pathologist to be a speaker of unimpaired standard Korean. The headphone was positioned 2 cm from the speakers' lips. Each speaker sustained the five vowels for 5 s. Formant frequency measures were obtained from an analysis of linear predictive coding in CSL model 4300B(Kay co).

**Results** : Repeated measure AVOVA procedures were completed on the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> data for the male and female speakers. F<sub>2</sub> formant frequency levels were proven to be significantly lower for elderly speakers.

**Conclusions** : We presume F<sub>2</sub> vocal cavity(from the point of tongue constriction to lip) lengthening in elderly speakers. The research designed to observe dynamic speech production more directly will be needed.

**KEY WORDS** : Vowel formant · Vocal tract · Aging.

## 서 론

성도의 노화과정에 관한 여러 연구에서 성도를 이루고 있는 근육의 위축과 피대근의 신장 또는 지속적인 악

안면 성장인자에 의해 성도가 신장되고 이로 인하여 연령이 증가할수록 모음 음형대 주파수는 낮아진다고 알려져 있다.<sup>1-6)</sup> 그러나 Linville와 Fisher 등<sup>7)</sup>은 전설모음과 후설모음의 음형대 주파수를 측정하였는데 전설모음인 /i/와 /æ/에서 노년군의 제 1 음형대 주파수는 청년군에

비해 통계적으로 유의하게 높았고 후설모음은 그 반대의 결과를 얻어 청년군과 노년군의 모음 음형대 주파수의 차이는 성도의 신장, 즉 해부학적 구조의 변화에 의해서가 아니라 혀와 같은 조음기관의 위치변화에 의해 일어난다고 보고하는 등 논란이 있어 왔다.

이에 본 저자들은 청년군과 노년군에서 발생된 한국어 모음의 제 1음형대와 제 2음형대 주파수를 측정하여 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보고 이러한 차이가 해부학적 구조의 변화인지 조음기관의 위치변화에 의한 것인지 점검해 보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

대상군 중 청년군은 남녀 각각 10명이고 연령범위는 19세에서 24세, 평균연령은 21세였다. 노년군은 남녀 각각 10명, 연령범위는 60세에서 84세, 평균연령은 67세였다. 기왕력 상 폐질환이나 신경계 질환, 후두질환을 앓은 적이 없으며 정상청력을 가지고 후두경 검사 상 정상후두 소견인 건강한 성인을 대상으로 하였다.

언어치료사의 도움으로 언어평가를 시행하여 한국어 표준말을 사용하고 음성과 언어장애가 없어야 대상에 포함시켰다.

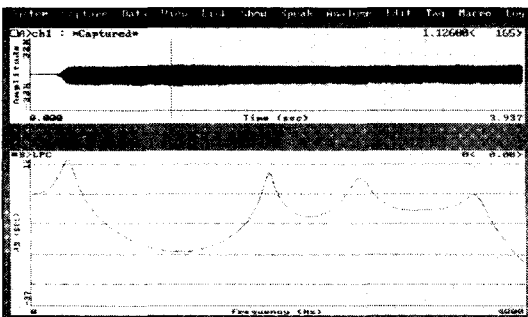


Fig. 1. Linear predictive coding.

### 2. 방 법

음성의 채취는 편안한 좌위상태에서 입술에서 2cm 떨어진 곳에 헤드폰 마이크를 위치시키고 5초간 지속적으로 기본모음인 /이/ /에/ /오/ /우/ /아/를 각각 3회 이상 발성하게 하였으며 그 중 가장 안정되게 발생된 음성을 선택하여 Computerized Speech Lab(CSL, Kay Elemetrics, 4300B, USA)중 선형예상부호(LPC)로 각 모음별 제 1음형대 주파수와 제 2음형대 주파수를 측정하였다. 이 때 수록한 음성신호에서 가장 에너지가 많은 부위를 지정하여 안정되게 음형대가 나타나는 부위의 주파수를 기록하였다. 음성의 표본추출률(sampling rate)은 25KHz이고 분석창장(frame length)은 20ms로 하였다(Fig. 1).

반복측정 ANOVA를 이용하여 청년군과 노년군에서 각각 측정된 음형대 주파수가 서로 유의한 차이가 있는지 통계학적 분석을 하였다.

## 결 과

Table 1은 청년군과 노년군 남성에서 측정된 제 1음형대 주파수와 제 2음형대 주파수의 평균과 표준편차에 대한 도표이다. 노년군 남성의 제 1음형대 주파수는 청년군 남성보다 /우/를 제외한 모든 모음에서 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2). 군과 군의 비교가 아닌 모음과 모음 각각의 비교에서도 모든 모음에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 노년군 남성의 제 2음형대 주파수는 청년군 남성에 비해 모든 모음에서 낮았고 이는 통계적으로 유의한( $p < 0.01$ ) 차이였다(Fig. 3).

모음과 모음의 비교에서 /아/모음을 제외하고 모든 모음에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

Table 2는 청년군과 노년군 여성에서 측정된 제 1음형대 주파수와 제 2음형대 주파수의 평균과 표준편차에

Table 1. Mean  $F_1$  and  $F_2$  formant frequency measures for the young adult and elderly male speakers

Formant	Young adult male speakers					Elderly male speakers				
	/i/	/e/	/o/	/u/	/a/	/i/	/e/	/o/	/u/	/a/
$F_1$ (Hz)										
Mean	263	428	344	288	644	268	487	406	276	704
SD	41	87	83	59	88	23	108	63	48	77
$F_2$ (Hz)										
Mean	2228	1976	784	844	1198	2009	1753	704	677	1154
SD	172	142	59	55	128	122	167	83	115	86

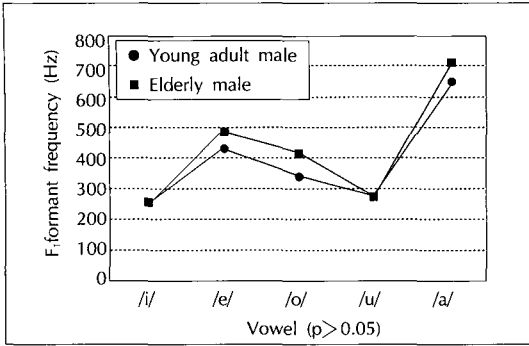


Fig. 2. Vowel vs. speaker age interactions for the male(F<sub>1</sub>).

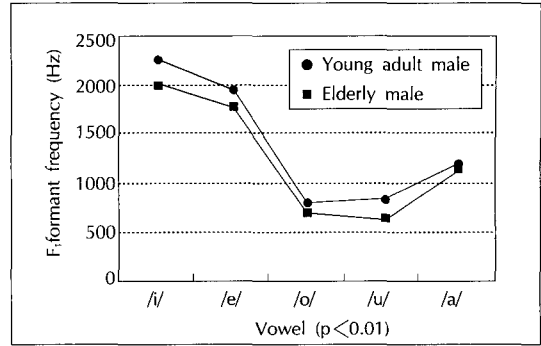


Fig. 3. Vowel vs. speaker age interactions for the male(F<sub>2</sub>).

Table 2. Mean F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> formant frequency measures for the young adult and elderly female speakers

Formant	Young adult female speakers					Elderly female speakers				
	/i/	/e/	/o/	/u/	/a/	/i/	/e/	/o/	/u/	/a/
F <sub>1</sub> (Hz)										
Mean	327	475	413	339	938	276	582	379	326	890
SD	42	92	79	66	112	45	90	95	58	117
F <sub>2</sub> (Hz)										
Mean	2723	2429	765	845	1540	2564	2222	814	745	1480
SD	137	153	77	135	188	132	96	65	98	153

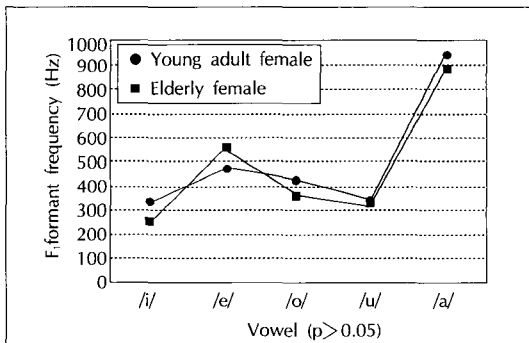


Fig. 4. Vowel vs. speaker age interactions for the female(F<sub>1</sub>).

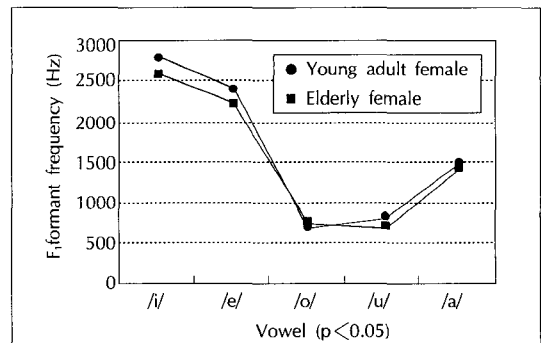


Fig. 5. Vowel vs. speaker age interactions for the female(F<sub>2</sub>).

대한 지표이다. 남성군에서 보였던 결과와는 달리 노년군 여성의 제 1음형대 주파수는 /에/ 모음을 제외하고 모든 모음에서 청년군 여성보다 낮았지만 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 4). 모음과 모음 각각의 비교에서 /이/와 /에/에서는 유의한 차이가 있었고 /오//우//아/에서는 유의한 차이가 없었다.

남성에서와 같이 노년군 여성의 제 2음형대 주파수도 청년군 여성에 비해 /오/ 모음을 제외하고 낮았고 이는 통계적으로 유의한( $p < 0.05$ ) 차이였다(Fig. 5). 모음과 모음의 비교에서는 /이/와 /에/에서 유의한 차이가 있었으나 /오//우//아/에서는 유의한 차이가 없었다.

## 고 찰

본 연구에서는 연령이 증가할수록 제 2음형대 주파수는 남녀 모두 통계적으로 유의하게 낮았고 이는 제 2음형대 주파수의 형성에 관여하는 성도의 신장으로 생각된다. 그러나 제 1음형대 주파수는 노년군 남성의 경우에 청년군에 비해 오히려 높았고 노년군 여성의 경우는 낮게 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다. 그러므로 제 1음형대의 형성에 관여하는 성대에서 혀의 최고 수축점까지를 이루고 있는 성도는<sup>8)</sup> 연령증가에 크게

영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

전설모음과 후설모음 모두 제1음형대 주파수가 낮아지면 성대에서 혀의 최고 수축점까지의 길이가 신장된 것으로 생각되지만 전설모음에서는 높고 후설모음에서는 낮아진다면 이는 해부학적 구조의 변화라기보다는 조음기관인 혀가 모음의 종류에 따라 최고 수축점이 변화하는 것으로 생각된다. Linville 등<sup>7)</sup>은 연령이 증가할수록 혀의 최고점이 중심화하여 전설모음인 /i/ /æ/를 발음할 때 제1음형대 주파수는 청년군 보다 높고 후설모음인 /u/ /a/의 제1음형대 주파수는 낮다고 보고하였는데 본 연구에서는 그러한 양상은 보이지 않았다. Rastatter Jacques 등<sup>9)</sup>의 연구에서도 노년군 남성의 제1음형대 주파수는 전설모음과 중설모음에서 청년군 남성에 비해 높으나 후설모음인 /u/와 /a/에서는 청년군 남성에 비해 낮다고 보고하였다. 이는 연령증가에 따른 음형대 주파수의 변화는 성도를 이루고 있는 해부학적 구조의 신장 때문이 아니고 연령이 증가할수록 모음의 발음 시 혀의 최고 수축점이 중심화 하는데 있다고 보고하였다.

반면 Rastatter와 McGuire 등<sup>10)</sup>은 전설모음 중 /i/의 제1음형대 주파수는 여성에서 청년군에 비해 낮아 /i/ 모음을 발음시 혀가 전위하는 경향이 있으나 같은 전설모음인 /e/의 발음시 제1음형대 주파수는 청년군에 비해 높아 혀가 후위하는 등 발음 각각에 따라 다른 양상을 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 여성의 전설모음인 /i/와 /e/를 발음시 제1음형대 주파수가 Rastatter와 McGuire 등<sup>10)</sup>의 연구와 비슷한 결과를 얻었으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

Rastatter와 Jacques 등<sup>9)</sup>의 연구에서 /i/와 /æ/와 같은 전설모음에서는 청년군에 비해 노년군에서 발성한 제2음형대 주파수는 낮았으나 /u/와 /a/ 같은 후설모음에서는 그 반대로 청년군에 비해 높은 결과를 얻었고 연령이 증가할수록 발음 시 혀의 최고 수축점이 중심화 함에 따라 나타나는 현상으로 보고하였다. 즉 전설모음 발음 시 혀의 최고 수축점은 연령이 증가할수록 후방으로 전위되어 혀의 최고 수축점부터 구순까지의 성도는 신장되고 제2음형대 주파수는 낮아 지게된다. 그 반대로 후설모음에서는 혀의 최고 수축점이 전방으로 전위되어 제2음형대의 형성에 관여하는 성도가 짧아지므로 주파수는 높아진다고 하였다.

/A/와 같은 중설모음의 발음 시 Rastatter와 Ja-

cques 등<sup>9)</sup>은 청년군과 노년군의 차이가 없었다고 하였는데 이 결과는 노년군에서 중설모음을 발음 시 혀의 최고 수축점은 청년군과 마찬가지로 중심에 있기 때문에 음형대 주파수의 변화를 야기 시키지 않는 것으로 보고하였다.

Rastatter와 McGuire 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 노년군 남성의 /i/ 모음에서 제2음형대 주파수는 청년군에 비해 낮아 혀의 최고 수축점이 후방으로 전위하여 중심화하는 경향을 보인다고 보고하였다. 그러나 같은 전설모음인 /æ/ 모음에서는 /i/ 모음과는 반대의 결과로 혀의 최고 수축점이 청년군에 비해 전방으로 전위한다고 보고하여 모든 모음에서 중심화 하는 것이 아니고 각 모음에 따라 다른 특성을 지닌다고 하였다.

본 연구에서 노년군 남성의 제2음형대 주파수는 모든 모음에서 청년군 남성에 비해 낮았다. 이런 결과는 혀의 중심화나 각 모음에 따른 조음기관의 위치변화와는 관계없이 제2음형대 주파수의 형성에 관여하는 성도의 신장 즉 해부학적 구조의 변화<sup>25)</sup>로 생각할 수 있겠다.

제1음형대와 제2음형대 주파수를 측정하여 연령의 증가에 따른 차이를 보고한 연구들은 성도의 해부학적 구조의 변화와 혀의 최고 수축점의 위치이동을 알아보는 데 중점을 두었으나 그 이외에 발음 시 입술의 모양을 달리 했을 때와 단독모음이 아닌 실제의 대화에서와 같은 회화음도 음형대 주파수의 변화를 야기 시키는 요인일 것이다. 실제로 단독모음이 아닌 회화음을 노년군에서 발음 시 혀의 중심화 현상이 줄어든다는 보고<sup>10)</sup>도 있어 샘플링 시 단독모음이 아닌 회화음 중 모음의 음형대 주파수를 측정하는 연구도 필요할 것으로 생각된다. 그리고 모음의 발음 시 음형대 주파수에 변화를 줄 수 있는 다른 요소인 입술과 턱의 모양과 각 개인의 성도의 길이에 따라 결과가 차이날 수 있어 향후 그러한 요소들을 고려한 연구가 필요할 것이다.

음형대 주파수의 측정에서 3회이상 측정하여 측정치간의 편차를 줄이려고 했으나 향후 연구에서는 측정값의 신뢰도(interjudge reliability)를 높이기 위한 표준화된 통계적 검증이 필요할 것으로 생각된다.

## 결 론

노년군의 제2음형대 주파수는 청년군에 비해 통계적

으로 유의하게 낮았고 이는 연령이 증가할수록 구순에서 혀의 최고점까지를 이루고 있는 공명강의 신장 때문인 것으로 판단할 수 있겠다. 향후 음형대 주파수의 변화에 영향을 주는 또 다른 요소인 구순과 하악골 모양과 위치 등을 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

**중심 단어** : 모음 음형대 · 성도의 신장 · 노화.

## References

- 1) Cohen T, Gutman L : *Oral complaints and taste perception in the aged. Geront. 1959 ; 14 : 294-298*
- 2) Israel H : *Continuing growth in the human cranial skeleton. Arch Oral Biol. 1968 ; 13 : 133-137*
- 3) Endres W, Bambach W, Flosser G : *Voice spectrograms as a function of age, voice disguise, and voice imitation. J Acoust Soc Am. 1971 ; 49 : 1842-47*
- 4) Lasker G : *The age factor in bodily measurements of adult male and female Mexicans. Hum biol. 1953 ; 25 : 50-63*
- 5) Kaplan H : *The oral cavity in geriatrics. Geriatrics. 1971 ; 26 : 96-102*
- 6) Ferreri G : *Senescence of the larynx. Ital Gen Rev Otorhinolaryngol. 1959 ; 1 : 640-709*
- 7) Linville SE, Fisher HB : *Acoustic characteristics of women's voices with advancing age. J Gerontol. 1985 ; 40 : 324-330*
- 8) Minifie F : *Speech acoustics : Normal aspects of speech, hearing and language. Engle wood Cliffs, Prentice-Hall, 1973*
- 9) Rastatter MP, Jacques RD : *Formant frequency structure of the aging male and female vocal tract. Folia Phoniatr. 1990 ; 42 : 312-319*
- 10) Rastatter MP, McGuire RA, Kalinowski J, Stuart A : *Formant frequency characteristics of elderly speakers in contextual speech. Folia Phoniatr. 1997 ; 49 : 1-8*