

한국 정상 노인 음성의 기본주파수

Fundamental Frequencies in Korean Elderly Speakers

김 선 해* · 고 도 흥**
Sun-Hai Kim · Do-Heung Ko

ABSTRACT

Multiple physical changes of the larynx and its components occur with age. Vocal pitch, commonly expressed through measures of fundamental frequency (Fo) relate to physical conditions of the larynx. Available data is lacking for the senescent voice, and should be applied to the of changes of elderly speakers' Fo characteristics. The purpose of this study was to investigate the Fo of normal elderly speaker's voice. A total of 406 normal elderly speakers (207 males and 199 females) participated in this experiment. Age ranged from 60 years to 89 years. The subjects were asked to produce sustained corner vowels (/a/ /i/ /u/) three times each and the data were analyzed using the MDVP of CSL. According to the results of this study, the mean Fo from the ages of 60's to 80's shows 143.95Hz(SD 13.94) for men and 185.42Hz (SD 15.29) for women. For men, a significant change is found as a function of age in the Fo ($F=16.181$, $p<.05$). A post-hoc Scheffe test revealed significant differences between the Fo data of subjects aged 60's and 70's, 60's and 80's. For women, a significant change is found as a function of age in the Fo ($F=49.013$, $p<.05$). A post-hoc Scheffé test revealed significant differences between the Fo data of subjects in their 60's and 70's, 70's and 80's, 60's and 80's. The Fo of men goes up from their 60's to 80's gradually, whereas the Fo of women goes down gradually until their 70's, and after their 70's it again increases. It has been known that diminishing estrogen levels in women in old age may be a factor in lowering Fo, whereas diminishing testosterone levels in men may contribute to a rising Fo. This result may be used as some meaningful guideline and lead the basic data to differentiate between normal aged voice and aged voice disorders.

Keywords: fundamental frequency, aging, MDVP

1. 서 론

기본주파수(fundamental frequency, Fo)는 일반적으로 초당 성대의 진동수를 의미하며, 후두의 해부생리학적 상태와 직접적인 관련이 있다. 이에 Fo는 화자의 성별이나 연령을 가장 잘 반영하는

* 한림대학교 언어청각학부 강사

** 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부 교수

음성매개변수이다.

성인기에 접어들면서 시작되는 신체의 노화는 음성과 직접적으로 관련성이 있는 후두구조의 변화와 성대 조직의 형태학적 변화를 가져온다. 따라서 노년기 음성은 노화에 의한 후두의 변화와 음성의 음향학적 특성과 관련지어 이해되어야 한다. 노년기 음성변화에 대해 Kahane(1983)은 음성의 변화는 자연스런 노화 과정의 결과로 성대점막의 건조, 성대 인대의 유연성 감소, 후두근 섬유질의 위축, 피사 등으로 성대 신장성과 수축성 저하로 인한 라고 하였다. Linville & Fisher(1985)는 노화에 따른 후두 기체의 변화로 노년기의 후두는 후두의 근육 조직이 퇴화되며 후두의 근육과 근막 안에 신경 종말(nerve ending)의 감소와 후두 연골의 골화(ossification) 및 칼슘화(calcification)가 일어난다고 하였다. 노인의 성대를 후두경 검사(laryngoscopic examination)로 직접 관찰한 Linville et al.(1989)는 노인의 성대는 일반적으로 젊은 사람의 성대와 달라 성대의 조직이 회색이나 노란색으로 변하고, 질량이 감소되고, 성대 내전 시 틈새가 벌어지고 확연한 부종이 있다고 하였다. Hirano et al.(1983)는 노년기에는 상피층(superficial layer)이 두꺼워지고 밀도(density)가 증가하며 중간층(intermediate layer)의 탄성섬유(elastic fiber)의 위축, 심층(deep layer)의 교원질 섬유(collagenous fibers)의 비중과 크기의 증가로 성대 덮개(vocal fold cover)의 경직(stiffness)이 증가하는 형태학적 변화가 나타난다고 하였다. 이와 같이 노년기 후두와 성대의 해부생리학적 변화는 음성의 피치를 변화시키고 Fo를 통해 측정할 수 있다.

후두의 위치도 Fo와 관련이 있는데 연령이 높아지면서 후두가 하강한다. Eguchi & Hirsh(1969)에 따르면 후두의 하강은 평균 피치의 저하와 관련이 있으며, 후두가 하강함에 따라 기본주파수는 점점 낮아진다고 하였다. 김영호(2003)는 노년기에 후두의 하강은 피치를 하강시키는데 나이가 들면서 후두는 하강하게 되며 남성은 골화와 근육의 위축 및 점막의 변화가 합쳐져 공명주파수와 피치의 상승을 일으킨다고 하였다.

이러한 보고들은 후두의 해부생리학적 변화로 인해 노년기 남자의 Fo는 상승하고, 여자의 Fo는 하강하는 원인이 된다. 노년기 Fo에 대한 보고로 Xue & Deliyiski(2001)는 70 세 이상 건강한 노인 음성의 음향적 기준치를 마련하기 위한 연구에서 평균연령 74.4 세인 노인남자 21 명과 평균연령 74.8 세인 노인여자 23 명의 모음(/a/) 연장발성의 Fo를 측정하였다. 노인 남자의 Fo는 127.6 Hz, 노인 여자의 Fo는 187.7 Hz으로 나타났다. Ferrand(2002)는 노화에 따른 음성변화를 알아보기 위해 42 명의 건강한 여자를 대상으로 모음(/a/) 연장발성을 이용한 평균 Fo를 측정하였다. 여자의 Fo는 21~24 세는 209.68 Hz, 40~43 세는 204.49 Hz, 70~79 세는 175.23 Hz로 나타나 노년기에 Fo가 하강하였고, 세 연령 집단 간에 유의한 차이가 있었다. 국내 노년기 Fo 연구인 진성민 외(1997)는 남자의 Fo는 20-40 대에 118.68 Hz에서 60 대 이상이 되면 121.83 Hz로 상승하며, 여자의 Fo는 20-40 대에 224.82 Hz에서 60 대 이상이 되면 174.80 Hz로 하강하는 것으로 보고하였다. 남녀 모두 두 연령 집단 간에 유의한 차이가 있었다. 백정원(2005)은 70~80 대 노인 음성의 Fo는 남자 129~138 Hz, 여자 171~180 Hz로 보고하였다.

자연스런 노화에 의한 변화는 음성과 관련이 있는데, Pegoraro-Krook(1988)는 노년기 음성에 영향을 주는 요소로 노화에 의한 청각적 피드백의 감소를 지적하였다. Lauri et al.(1997)는 발성을 위한 보상기제(compensation mechanisms)의 작용으로 Fo가 상승 할 수도 있다고 하여 노년기 음성이 단지 직접적인 후두의 해부생리학적 특성의 영향에 의한 것만이 아님을 암시하였다. 이와 같

이 노년기가 다면적인 특성을 반영하는 이질적 집단으로 정상과 노인 의사소통 장애에서 모두 기준 자료가 큰 의미를 주지 않을 수도 있더라도 비교할 수 있는 정상인을 대상으로 한 기준치는 필요하다. Mueller(1997)는 노인성 음성(senescent voice)은 다변인적 측면과 관련되어 있더라도 임상가가 적절하게 임상적 판단을 내리게 하는 경향(trends)은 있다고 하였다.

의학의 발달로 수명이 연장되어 노인인구가 증가하였지만 아직 80 대를 포함한 연구 보고는 미흡한 실정이다. 이 연구는 60대에서 80대 건강한 노년기 남녀의 연령에 따른 Fo 변화의 특성을 살펴보고 지표로써 제시하고자 한다.

2. 연구방법 및 대상

2.1 연구대상

서울과 경기 지역에 거주하고 있는 60-89 세까지 건강한 노인 남자 207 명, 여자 199 명 총 406 명을 대상으로 하였다. 연령별 대상자수는 <표 1>과 같다. 실험을 위해 연구의 대상자는 다음과 같은 기준에 따라 선정하였다.

표 1. 연령별 대상자

연령	대상자수	
	남자	여자
60-69 세	66	64
70-79 세	74	67
80-89 세	67	68
총	207	199

- 가. 음성 언어치료의 경험이 1년 이상인 언어치료사가 대상자와 간단한 대화를 통해 안정된 음도로 대화가 가능하여 청지각적으로 정상 음성이라고 평가한 경우.
- 나. 지난 1년 동안 후두 질환으로 인해 음성의 변화를 겪은 적이 없는 경우.
- 다. 심혈관계의 이상이 없는 경우
- 라. 보청기를 착용하지 않았으며, 청력의 이상이 없는 경우
- 마. 5년 이상의 금연인 경우

2.2 검사 도구 및 절차

본 연구는 대상자의 음성표본을 채취하기 위해 DAT(Digital Audio Tape-Recorder)와 SONY 스텐드형 마이크를 사용하였다. 대상자들은 꼭지모음(corner vowels) /아/, /이/, /우/ 각 모음을 3회 씩 3초 동안 연장 발성하였다. 대상자들을 소음이 통제된 조용한 방에서 편안한 자세로 앉힌 다음 녹음을 실시하였다. DAT에 연결된 마이크는 대상자의 입에서 10cm 떨어진 위치에서 90도의 각도로 고정하여 녹음하였다.

녹음하기 전에 대상자의 자연스런 음성에 대한 신뢰도를 높이기 위해 각 모음의 연장발성 시범

을 2 회 보였다. 대상자가 실험자의 시범을 모방하지 않도록 하기 위해 녹음 시 속지사항을 설명하면서 녹음까지 시간 간격을 두어 자연스런 발성을 유도하였다. 각 대상자의 음성표본의 분석은 CSL(Computerized Speech Lab, Kay Elemetrics, Co, Model 4400)에 저장한 후 MDVP(Multi-dimensional Voice Program, Model 4405)가 사용되었다.

2.3 분석과 통계

녹음한 발성의 시작과 끝부분에서 강도나 음도가 변형되어 산출되는 영향을 최소화하기 위해 음성표본의 양 끝 각 1 초 정도를 자르고 중간의 1 초 구간을 안정구간으로 정하여 분석하였다. 모음 /아/, /우/, /이/를 각 모음 별로 분석한 후에 평균 Fo를 구한 뒤 세 모음 전체의 평균 Fo를 구하였다.

본 연구의 Fo 결과는 SPSS version 14.0 프로그램을 이용하여 통계적으로 처리하였다. 연령에 따른 남, 여의 Fo에 차이가 있는지를 알아보기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

3. 연구 결과

60-80 대 남녀의 Fo 기술 통계 결과는 <표 2>와 같다.

표 2. 60 대, 70 대 및 80 대 남녀 Fo의 기술통계 결과

	남		여	
	M	SD	M	SD
60 대	139.93	9.71	189.91	11.24
70 대	143.65	13.56	181.39	14.69
80 대	148.25	16.59	185.17	17.99
Total	143.95	13.94	185.42	15.29

<표 2>에 나타난 성별에 따른 Fo를 살펴보면, 남자 총 연령의 Fo 평균은 143.95 Hz (SD 13.94), 여자 총 연령의 Fo 평균은 185.42 Hz(SD 15.29)로 나타났다. 이를 도표화 하면 <그림 1>과 같다.

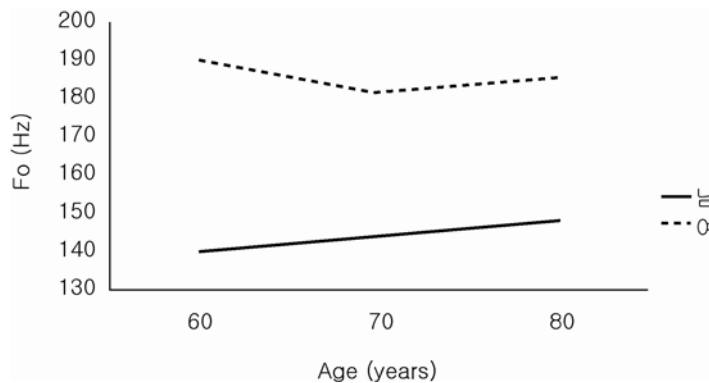


그림 1. 연령에 따른 남녀의 Fo 결과

연령에 따른 남자의 평균 Fo에 차이가 있는지 알아보기 위해 일원분산분석을 실시하였으며, 그 결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 60 대, 70 대 및 80 대 연령에 따른 남자의 Fo 분산분석 결과

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
집단간	2222.704	2	1111.352	16.181*
집단내	3915.003	57	68.684	
Total	6137.707	59		

* $p < .05$

<표 3>에 나타난 분산분석 결과를 살펴보면, 남자의 Fo는 연령에 따라 유의한 차이($F_{(2,59)}=16.181, p < .05$)를 보이며 상승함을 알 수 있다.

따라서 어떠한 연령대간에 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 사후 검증으로 Scheffé를 실시한 결과는 <표 4>과 같다.

표 4. 60 대, 70 대 및 80 대 남자 Fo의 사후 검정 결과

	60 대	70 대
80 대	*	*

<표 4>에 나타난 Scheffé 검증 결과를 살펴본 결과, 남자의 Fo는 60 대와 80 대 간에, 70 대와 80 대 간에 유의한 차이를 보였다. 70 대와 80 대는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 결과에 의하면 남자의 Fo는 60~80 대에 걸쳐 서서히 상승하는데 70 대 이후에는 상승의 폭이 감소하는 것을 알 수 있다.

60대에서 80대 연령에 따른 여자의 평균 Fo에 차이가 있는지 알아보기 위해 일원분산분석을 실시하였으며, 그 결과는 <표 5>과 같다.

표 5. 60 대, 70 대 및 80 대 연령에 따른 여자의 Fo 분산분석 결과

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
집단간	6225.071	2	3112.536	49.013*
집단내	3619.776	57	63.505	
Total	9844.847	59		

* $p < .05$

<표 5>에 나타난 분산분석 결과를 살펴보면, 여자의 Fo는 연령대 간에 유의한 차이를 보였다 ($F_{(2,59)}=49.013, p < .05$).

따라서 어떠한 연령대간에 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 사후 검증으로 Scheffé를 실시한 결과는 <표 6>와 같다.

표 6. 연령에 따른 여자의 Fo 사후검정 결과

	60 대	70 대
70 대	*	
80 대	*	*

<표 6>에 나타난 Scheffé 검증 결과를 살펴본 결과, 60 대는 70 대와 80 대와 유의한 차이를 보였으며 70 대도 80 대와 유의한 차이를 보여 모든 연령대에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 여자의 Fo는 60대에서 70대까지 유의하게 상승하였다가 80대가 되면 유의하게 하강하는 것을 알 수 있다.

4. 고찰 및 결론

이 연구는 60대에서 80대까지 정상 남녀 노인 음성의 Fo를 연령에 따른 차이를 살펴보았으며 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

60~80대의 총 연령의 Fo 평균은 남자 143.95 Hz(SD 13.94), 여자 185.42 Hz(SD 15.29)로 나타난다. 남자의 Fo는 60대에는 139.93 Hz(SD 9.71), 70대에는 143.65 Hz(SD 13.56), 80대에는 148.25 Hz(SD 16.59)로 나타난다. 여자의 Fo는 60대에는 189.91 Hz(SD 11.24), 70대에는 181.39 Hz(SD 14.69), 80대에는 185.17 Hz(SD 17.99)로 나타난다. 연령에 따른 남자와 여자 평균 Fo에 차이가 있는지 알아보기 위해 일원분산분석을 실시한 결과, 남자의 Fo는 연령에 따라 유의한 차이를 보인다($F_{(2,59)}=16.181$). 사후검정 결과, 남자의 Fo는 60대와 70대는 80대와 유의한 차이를 보이고, 70대와 80대는 유의한 차이가 보이지 않는다. 이러한 결과는 남자의 Fo는 60~80대에 걸쳐 서서히 상승하는데 70대 이후에는 상승의 폭이 감소하는 것으로 알 수 있다. 여자의 Fo도 연령에 따라 유의한 차이를 보인다($F_{(2,59)}=49.013$). 사후검정 결과, 여자의 Fo는 60대는 70대와 80대와 유의한 차이를 보이며 70대와 80대도 유의한 차이를 보여 모든 연령대간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타난다. 이러한 결과는 60대에서 70대까지는 유의하게 하강하다가 80대가 되면 유의하게 상승하는 것으로 알 수 있다.

이상과 같이 노년기의 남녀 Fo의 변화는 70대까지 남자는 상승하고 여자는 하강하는 서로 상반된 경향으로 남녀 간 Fo의 차이의 폭이 감소되다가 80대에는 남녀 모두 상승하는 것으로 나타난다. Morrison & Gore-hickman(1986)은 남자는 성대의 질량과 탄력성이 감소하여 위축성 변화가 나타나 피치가 올라가고 음성이 가늘어지며, 여자에 있어서는 폴립성 변화가 나타나 음성이 굵어져 남성과 같은 목소리를 낸다고 하였다. 또한 안철민(2004)에 의한 40세 여성의 평균 Fo는 240 Hz이지만 70세가 되면 180 Hz로 더 감소한다고 하였는데, 이 연구에서도 여자 70대는 181.39 Hz로 유사한 결과를 나타낸다. 고도홍(2007)은 한국 성인 남자의 Fo는 124 Hz이며 성인 여자의 Fo는 221 Hz라고 하였다. 이 연구의 총 연령의 Fo 평균은 남자는 143.95 Hz, 여자는 185.42 Hz로 일반적인 성인의 Fo에 비해 노년기에 남자는 상승하고 여자는 하강함을 알 수 있다. 진성민 외(1997)는 성대의 형태학적 변화는 연령이 증가함에 따라 남자의 경우 성대위축이, 여자의 경우는 성대부종이 가

장 많이 나타나 연령증가에 다른 성대의 변화에 있어서 남녀의 차이가 있었다고 하였다. 남자와는 상반된 경향을 나타내는 노년기 여자의 Fo에 대해 Gilbert & Weismer(1974)는 여자의 후두 변화는 폐경기에 시작되는데, 이는 폐경과 관련된 성 호르몬인 테스토스테론-에스트로겐(testosterone-estrogen)이 성대의 조직구조를 변화시키는 매개체의 역할을 하고 Fo를 낮추는데 기여한다고 하였다. Boon & McFarlane(2000)은 폐경기를 거치며 호르몬의 변화로 음성의 변화가 급격하게 나타나는데, 노년기 Fo는 남자는 상승하고 여자는 하강한다고 하였다.

선행연구와 이 연구를 비교하여 볼 때, 노년기 남자의 Fo의 경향은 대부분 선행연구의 주장들을 지지하지만 여자의 Fo는 하강하다가 80 대에 다소 상승한다는 점에서 부분적으로 차이를 보인다.

참 고 문 헌

- 고도홍. 2007. *언어기관의 해부와 생리*. 서울: 소화출판사.
- 김영호. 2003. “노인성 음성.” 제14회 한국음성과학회 학술발표대회 논문집, 한국음성과학회, 117-120.
- 백정원. 2005. 노인음성의 음향학적 특성. 한림대학교 대학원 석사학위 논문.
- 안철민. 2004. *음성질환의 진단과 치료*. 서울: 도서출판 대한의학서적.
- 진성민 · 권기환 · 강현국. 1997. “연령증가에 따른 정상 노인의 음향 분석학적 특징.” *대한음성언어의학회지* 8, 44-48.
- Boone, D. R. & Mcfarlane, S. C. 2000. *The Voice and Voice Therapy*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Eguchi, S. & Hirsh, L. 1969. “Development of speech sounds in children.” *Acta Otolaryngologica Supplement* 257, 1-51.
- Ferrand, C. 2002. “Harmonics-to-Noise Ratio: An index of vocal aging.” *Journal of Voice* 14, 184-193.
- Gilbert, H. & Weismer, G. 1974. “The effects of smoking on the fundamental frequency and adult women.” *Journal of Psycholinguistic Research* 3, 225-231.
- Hirano, M., Kurita, S. & Nakashima, T. 1983. Growth, development and aging of human vocal folds. In D. Bless and J. Abbs(eds.), *Vocal fold physiology*. Contemporary research and clinical issues(pp. 22-43). San Diego: College Hill press.
- Hollien, H. 1987. “Old voices: What do you really know them?” *Journal of Voice* 1, 87-101.
- Kahane, C. 1983. “Postnatal development and aging of the human larynx.” *Seminar in Speech and Language* 4, 189-203.
- Lauri, E., Alku, P., Vilkman, E., Sala, E. & Shivo, M. 1997. “Effects of prolonged oral reading on time-based glottal flow waveform parameters with special references to gender differences.” *Folia Phoniatrica Logopedics* 49, 234-246.
- Linville, S. E., Skarin, B. & Fornatto, E. 1989. “The interrelationship of measures related to vocal function, speech rate, and laryngeal in elderly women.” *Journal of Speech and Hearing Research* 32, 323-330.
- Linville, S. E. & Fisher, H. B. 1985. “Acoustic characteristics of women’s voices with advancing age.” *Journal of Gerontology* 40, 324-330.
- Morrison, M. D. & Gore-hickman, P. 1986. “Voice disorders in the elderly.” *Journal of Otolaryngology* 15, 231-234.

- Mueller, P. 1997. "The aging voice." *Seminars in Speech and Language* 18(2), 159-169.
- Pegoraro-Krook, M. I. 1988. "Speaking fundamental frequency characteristics of normal Swedish subjects obtained by glottal frequency analysis." *Folia Phoniatrica Logopedics* 40, 82-90.
- Sapienza, C. & Dutka, J. 1996. "Glottal airflow characteristics of women's voice production along an aging continuum." *Journal of Speech and Hearing Research* 39, 322-328.
- Xue, A. & Deliyiski, D. 2001. "Effects of aging on selected acoustic voice parameters: preliminary normative data and educational implication." *Educational Gerontology* 27, 159-168.

접수일자: 2008. 7. 25

수정일자: 2008. 8. 27

게재결정: 2008. 9. 5

▲ 김선해

경기도 고양시 일산동구 마두동 902 (우: 411-812)

김선해언어연구원장

Tel: +82-31-907-9664 M/P: 017-207-9664

E-mail: kll2080@hanmail.net

▲ 고도홍

강원도 춘천시 한림대학길 39 (우: 200-702)

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부 교수

Tel: +82-33-248-2212 M/P: 010-7542-5282

E-mail: dhko7@hallym.ac.kr