

일반 노년층 파열음의 음향학적 특성

Acoustic Characteristics of Stop Consonants in Normal Elderly

유 현 지¹⁾ · 김 향 희²⁾

Yoo, Hyunji · Kim, HyangHee

ABSTRACT

Changes in speech production in normal elderly might be subtle and gradual. Therefore, an acoustic analysis is appropriate to identify the effect of aging on speech. For this purpose, this study examined four speech parameters; voice onset time (VOT), VOT range, f_0 of following vowel (f_0 FV), and f_0 FV difference in two age groups, old (mean age 74.57 yrs.) and young (m: 27.43 yrs.). The results show that compared to the older group the younger demonstrated significantly shorter VOTs in lenis and longer in aspirated stop. VOT ranges were relatively broad and consequently overlapped between the phonation types (e.g., lenis, fortis, aspirated). The f_0 FV values in the older group which are an integral parameter with VOT were lower compared with the young group. The f_0 FV differences in the old female group were significantly narrower than the young female group, therefore, clear distinction became difficult. In conclusion, contrast in temporal information was obscured, and the domain of glottal information was diminished on stop consonants in Korean elderly. The findings suggest that central/peripheral changes by aging could lead to a deficit in coordination between phonation and articulation.

Keywords: Korean stops, elderly, coordination, acoustics, VOT, f_0 FV

1. 서론

의사소통의 구성 요소 중 말 산출(speech production)을 담당하는 능력에 있어서 노화에 따른 변화는 상대적으로 적다고 알려져 있다(김정완 & 김향희, 2009). 이러한 이유로, 노년층을 대상으로 한 말 산출 변화를 다룬 연구는 거의 없고, 특히 한국어를 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 노화로 인한 말 산출 능력 변화가 크지 않다고 알려져 있는 이유는, 다른 영역의 능력들과 달리 특정 시기를 기점으로 급격한 변화를 보이지 않고, 매우 점진적으로 그 결과에 차이를 보이기 때문이다.

- 1) 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정, cielhj4@snu.ac.kr, 제1저자
- 2) 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정, 의과대학 재활의학 교실 및 연구소, h.kim@yonsei.ac.kr, 교신저자

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2011-32A-B00203) (연구책임자: 김향희교수).

접수일자: 2015년 1월 29일
수정일자: 2015년 3월 15일
게재결정: 2015년 3월 17일

따라서, 한국 노년층의 말 산출 능력 변화를 확인하는 연구가 시급하며, 그 미세한 차이를 확인하기 위해 음향음성학적 연구 방법을 사용하는 것이 필수적이다.

한국어의 자음 중 가장 높은 비율(47%, 9/19)을 차지하는 것은 파열음(stop)이다. 파열음은 ‘막음(catch)-지속(hold)-개방(release)’의 조음 단계를 거쳐 산출된다. 파열음이 어두에 위치하게 되면, ‘개방’ 단계에서 후행 모음의 ‘발성’까지 걸리는 시간, 즉 ‘성대진동개시시간(Voice Onset Time, 이하 VOT)’을 측정할 수 있다. VOT는 파열음의 발성유형에 따라 다양한 값을 가지는데, 무성파열음은 양(+)의 값을, 유성파열음은 음(-)의 값을 보인다. 한국어의 파열음은 기본적으로 무성파열음에 해당하므로 양의 값을 가지는데, 삼중대립의 차이가 VOT 값의 크기에 반영된다. 한국어 파열음의 삼중대립은 1) 평음(lenis) /t/, 2) 경음(fortis) /tʰ/, 3) 격음(aspirate) /tʰ/으로 나뉘는데, 이들의 VOT 값은 격음>평음>경음의 순으로 큰 값을 가진다. 이 때, 평음과 격음의 경우, 일정 부분 그 값이 중첩(overlap)되기도 한다(Kim, 2004; Kang & Guion, 2008).

파열음의 발성유형 차이를 확인할 수 있는 또 다른 음향학적 지표로서 ‘후행모음의 기본주파수(fundamental frequency of Following Vowel, 이하 f_0 FV)’를 들 수 있다. 일반적으로 후행

하는 모음의 시작점 음높이 값은 초성 위치에 온 파열음의 발생 유형에 따라 차이를 보인다. 따라서 이 값을 지표로서 활용할 수 있다. 영어가 VOT 값의 차이만으로 음소 대립(phonemic contrast)을 유지할 수 있는 반면, 한국어는 평음과 격음 간 VOT 구간에 중첩이 나타나므로 f_0 FV와의 통합적인 정보를 필요로 한다. 현대의 서울말에서는 f_0 FV의 역할이 더욱 커져 VOT와 비슷하거나 더 높은 중요도를 가진다(Kim, 2004; Kang & Guion, 2008). f_0 FV는 평음일 경우 다른 두 발생 유형에 비해 낮은 값을 가지므로, VOT가 가지는 평음과 격음의 중첩 문제 보완에 쓰일 수 있다.

노년층의 파열음 특성에 관한 음향학적 연구는 주로 영어권에서 진행되어 왔는데, 노화에 따라 VOT 값이 작아지는 방향으로 변화한다(Liss et al., 1990; Morris & Brown, 1994; Torre & Barlow, 2009). 또한 이들의 VOT의 변이성(variability)이 증가하여 명확한 조음능력이 일부 상실된다고 보았다(Petrosino et al., 1993; Morris & Brown, 1994; Torre & Barlow, 2009). 한국어를 대상으로 한 연구는 파킨슨 환자군과의 비교를 위해 노년층의 VOT를 측정 한 연구(강영애 외, 2009)나 청년층을 장년층과 비교한 연구(Kang & Guion, 2008)만이 있을 뿐, 노년층의 파열음 특성만을 다룬 연구는 지금까지 진행된 바가 없다.

이에, 본 연구에서는 노년층을 대상으로 우리말 파열음 조음에서 나타나는 음향학적 특성들을 살펴보고자 하였다. 이러한 목적을 위하여 청년층을 대조군으로 하여 노년층 파열음 조음에서 1) VOT 절대값, 2) 각 발생 유형에 사용되는 VOT의 범위, 3) f_0 FV 절대값, 4) 격음-평음, 경음-평음의 f_0 FV 차이를 비교하였다.

2. 연구 방법

2.1 참가자

본 연구는 2012년부터 2013년까지 전국의 노인복지회관에서 참가자를 모집하였으며, 세브란스 병원 연구심의위원회의 승인을 받아 수행되었다(IRB#:1-2011-0061). 모든 참가자들에게는 연구절차 및 비밀보장 등이 포함된 설명을 제공하였으며, 연구동의서를 작성토록 하였다. 전체 참가자들 중 본 연구의 대상으로 선정된 된 노인들은 1) 표준어를 사용하는 화자로서, 2) 서울과 경기도에서 출생하였고, 3) 말-언어장애와 관련한 병력이 없는 경우로 한정되었다. 또한 4) 이비인후과(otolaryngology)의 문제나 신경학적 질환(neurological illnesses)이 없으며, 기본적인 문해 능력(literacy skills)을 갖춘 노인들로 구성되었다. 참가자들의 문해 능력은 음절, 어절, 문장 단위에서 각각 읽기와 쓰기 검사를 실시하여 확인하였다. 또한, 자신의 문해 능력에 관한 주관적 보고(4점 척도)를 받고, 이들의 학력 수준도 함께 수집하였다. 참가자 선정기준에 의해 총 37명의 노인(평균 74.5세±6.41, 남성:12명, 여성:25명)이 대상자로 채택되었고,

대조군으로는 노인과 동일한 선정기준을 통과한 23명의 청년(평균 27.43세±3.40, 남성:9명, 여성:14명)이 연구에 참가하였다.

2.2 녹음

녹음 자료는 발생 유형, 조음 위치, 후행모음의 종류를 달리한 27개[(3 (평음, 경음, 격음) × 3 (양순음, 치조음, 연구개음) × 3 (/a/, /i/, /u/)]의 일음절 단어로 구성하였다<표 1>. 참가자들에게는 무작위 순으로 1.5초마다 모니터에 제시되는 단어들을 보고 읽도록 하였다. 이들의 발화는 조용한 방에서 소니 사의 PCM-M10B 녹음기와 ECM-MS907 마이크를 통하여 녹음되었고, 마이크와 입 사이의 거리는 15cm가 유지되도록 하였다. 녹음 시 표본추출률은 44,000Hz, 양자화는 16bit였고, 추후 분석을 위해 11,025Hz로 다운샘플링하였다.

표 1. 발생 유형, 조음 위치, 후행모음에 따라 분류한 27개 음절
Table 1. 27 syllables categorized by phonation type, articulation place and following vowels

	양순음	치조음	연구개음
평음	/pal, pil, pul/	/tal, til, tul/	/kal, kil, kul/
경음	/p*al, p*il, p*ul/	/t*al, t*il, t*ul/	/k*al, k*il, k*ul/
격음	/p ^h al, p ^h il, p ^h ul/	/t ^h al, t ^h il, t ^h ul/	/k ^h al, k ^h il, k ^h ul/

2.3 분석

분석은 프랏(Praat, ver. 5.2.23)을 사용하여 27개 음절에서 각각 VOT와 f_0 FV를 구하였다. 이후, 엑셀(Excel, 2007)에서 각 참가자의 발생 유형별 VOT 최대값(VOT max)과 최소값(VOT min)을 추출하여 VOT 범위를 산출하였다. VOT 구간은 스펙트로그램 상의 수직 스파이크(vertical spike)부터 후행 모음의 제2 포먼트가 나타나기 시작하는 지점까지로 설정하였다. 발성의 시작 지점을 명확히 확인하기 위해서 음파(sound wave)의 형태도 참조하였다. f_0 FV는 후행 모음의 피치 곡선(pitch contour)이 나타나는 시점에서 그 값을 추출하였다. 발생 유형 간의 f_0 FV 차이는 각 참가자의 격음들의 평균 f_0 FV값에서 평음들의 평균 f_0 FV값을 뺀 차이 값을 사용하였고, 같은 방식으로 경음과 평음, 격음과 경음의 f_0 FV 차이 값도 구하였다.

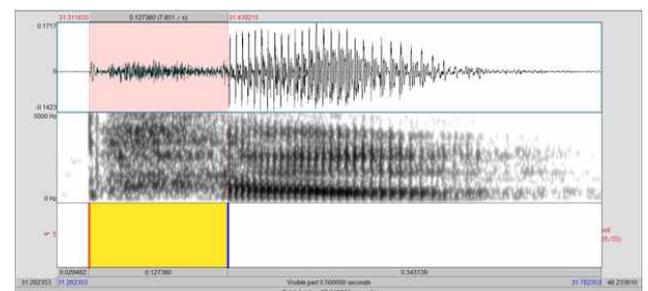


그림 1. Praat을 이용한 VOT 측정
Figure 1. VOT measurement in Praat

$$VOT_{range} = VOT_{max} - VOT_{min} \quad (1)$$

$$f_0FV_{diff} = f_0FV_{PTa} - f_0FV_{PTb} \quad (2)$$

(diff: difference, PTa: Phonation Type a, PTb: Phonation Type b)

VOT와 VOT 범위는 성별에 따른 차이가 유의하지 않았으므로 성별을 나누지 않았고, f_0FV 는 후두 구조의 해부학적 차이를 고려하여 남성과 여성을 구분하여 분석하였다. 노년층과 청년층에서 각 지표들이 통계적으로 유의한 차이를 보이는지 확인하기 위해서 SPSS(ver. 18.0.0)를 이용하여 VOT 분석에는 독립표본 t -검정(independent t -test), f_0FV 분석에는 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다.

3. 결과

3.1 VOT

표 2. VOT 값의 기술통계량과 t -검정 결과

Table 2. Descriptive statistics and t -test results of VOT values

		평균	표준편차	t	유의확률
평음	노년층	59.87	14.74	-4.512	.000**
	청년층	77.44	14.54		
경음	노년층	20.07	5.98	.613	.542
	청년층	19.18	4.55		
격음	노년층	109.42	19.23	2.798	.014*
	청년층	98.11	12.08		

단위: msec, * $p < .05$, ** $p < .01$

두 연령군의 VOT를 측정한 결과, 평음의 VOT는 노년층이 청년층에 비해 유의하게 짧았다. 반면, 격음의 VOT는 노년층에서 더 긴 값을 보여 평음과는 상반되는 양상을 보였다.

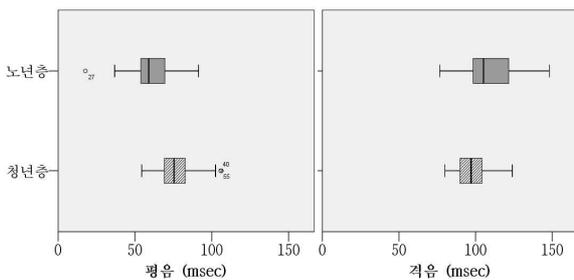


그림 2. 평음과 격음의 VOT 그래프

Figure 2. VOT graphs of lenis and aspirated stops

3.2 VOT 범위

두 연령 그룹의 VOT 범위를 측정한 결과, 노년층이 청년층에 비해 모든 발성 유형에 있어 더 넓은 범위를 사용하고 있었다. 이로 인해 세 가지 발성 유형의 경계가 서로 중첩되어 나

타났는데, 청년층의 경우는 평음과 격음에서만 이 같은 현상이 관찰되었다.

표 3. VOT 범위의 기술통계량과 t -검정 결과

Table 3. Descriptive statistics and t -test results of VOT ranges

		평균	표준편차	t	유의확률
평음	노년층	59.60	23.96	1.989	.051
	청년층	48.30	16.39		
경음	노년층	34.80	26.70	2.289	.027*
	청년층	24.08	7.81		
격음	노년층	59.46	20.46	3.804	.000**
	청년층	43.87	11.22		

단위: msec, * $p < .05$, ** $p < .01$

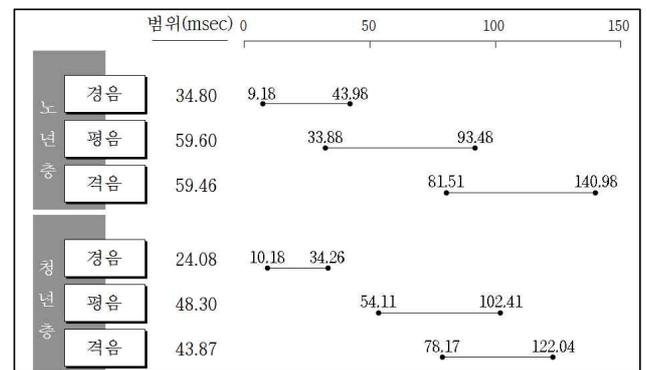


그림 3. VOT 범위 비교

Figure 3. Comparison of VOT ranges

3.3 f_0FV

표 4. f_0FV 의 기술통계량과 맨-휘트니 U 검정 결과(여성)

Table 4. Descriptive statistics and Mann-Whitney U-test results of f_0FV (female)

		중위수	사분위수 범위	Z	유의확률
평음	노년층	214.74	32.19	-.644	.534
	청년층	216.73	13.67		
경음	노년층	229.35	48.42	-2.840	.004**
	청년층	262.60	27.57		
격음	노년층	261.74	50.57	-2.342	.019*
	청년층	289.60	32.37		

단위: Hz, * $p < .05$, ** $p < .01$

f_0FV 는 성별을 분리하여 두 연령 그룹의 결과를 비교하였다. 여성의 경우, 경음과 격음의 f_0FV 에서 노년층이 청년층에 비해 유의하게 낮은 음높이를 사용하였다. 남성의 f_0FV 는 여성의 결과와 동일한 양상을 보였으나, 통계적 유의성이 없었다.

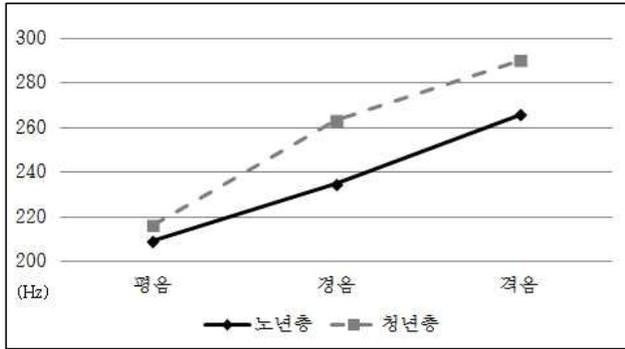


그림 4. 발성유형별 f₀FV(여성)

Figure 4. f₀FV according to phonation type(female)

3.4 f₀FV 차이

표 5. f₀FV 차이의 기술통계량과 맨-휘트니 U 검정 결과(여성)
Table 5. Descriptive statistics and Mann-Whitney U-test results of f₀FV difference(female)

		중위수	사분위수 범위	Z	유의확률
격음-평음	노년층	58.63	30.90	-1.757	.081*
	청년층	68.41	33.21		
경음-평음	노년층	26.43	43.77	-2.166	.030*
	청년층	44.35	31.54		
격음-경음	노년층	27.44	35.93	-.205	.851
	청년층	26.78	29.95		

단위: Hz, * p<.05, ** p<.01

두 연령 그룹에서 여성 참가자들의 f₀FV 차이를 보면, 격음과 평음, 경음과 평음에서 f₀FV 의 차이가 노년층이 청년층보다 유의하게 작았다.

표 6. f₀FV 차이의 기술통계량과 맨-휘트니 U 검정 결과(남성)
Table 6. Descriptive statistics and Mann-Whitney U-test results of f₀FV difference(male)

		중위수	사분위수 범위	Z	유의확률
격음-평음	노년층	38.81	35.93	-.284	.808
	청년층	47.30	28.20		
경음-평음	노년층	46.78	26.11	-2.345	.018*
	청년층	33.05	16.57		
격음-경음	노년층	-3.9589	23.57	-3.127	.001**
	청년층	13.98	11.78		

단위: Hz, * p<.05, ** p<.01

남성 참가자들의 경우, 격음과 평음에서 f₀FV 차이는 두 연령 그룹 간 유의한 차이가 없었다. 경음과 평음의 f₀FV 차이는 노년층이 청년층보다 오히려 큰 값을 보여, 여성 참가자들의

결과와는 다르게 나타났다. 격음과 경음의 f₀FV 차이에서는 노년층이 음(-)의 값을 보여, 격음보다 경음이 오히려 높은 f₀FV 를 가졌다.

4. 논의

말의 산출은 호흡, 발성, 구강 감각, 공명, 조음 등이 통합된 매우 복잡한 과정이다. 따라서 노년기에 나타나게 되는 말 산출 기체(speech production mechanism)의 해부생리적 변화, 감각 피드백(sensory feedback)의 감소, 운동 조절(motor control)의 속도와 정확성 저하 등은 말의 음향적 특성에 변화를 가져온다 (Torre & Barlow, 2009).

한국어 음소들 중 파열음은 음소 체계 내에서 그 비율이 높고, 삼중대립에 의해 의미가 바뀌는 경우가 많다. 따라서 파열음 조음에 문제가 발생할 경우, 음소 대립의 어려움으로 인한 전반적인 말 명료도(speech intelligibility) 저하가 나타날 수 있다.

본 연구 결과에서 발견한 파열음의 첫 번째 음향적 특징은 노년층의 VOT 값이 청년층에 비하여 평음에서는 짧고, 격음에서 긴 값을 보인다는 것이다. 평음에서의 이러한 결과는 영어를 대상으로 한 선행연구들(Liss et al., 1990; Morris & Brown, 1994; Torre & Barlow, 2009)에서도 공통적으로 확인한 바와 같다. Forest 외(1989)에 의하면, 노년층은 후두 근육조직이 강직(stiffness)해짐에 따라 평음의 VOT 값이 줄어든다고 하였다. 파열음 조음을 위해서는 조음기관의 개방도 중요하지만 각 발성유형에 맞는 후두 단계의 적절한 진동이 필수적인데, 후두 근육조직이 강직되면 이 같은 움직임이 원활하게 이루어지지 않게 된다(Martins et al., 2014).

격음의 경우에는 평음과는 달리 노년층의 VOT가 청년층에 비하여 길었다. 이러한 현상에 대한 외국 선행연구는 찾아보기 힘든데, 그 이유는 영어의 무성파열음(예, /t/)이 한국어의 격음(예, /ㄷ/)과는 다르기 때문이다. 한편, 노년층에서 우리말 격음의 VOT가 청년층보다 긴 현상에 대하여 파킨슨병 환자들이 보이는 긴 값의 VOT에 견주어 설명해 볼 수 있겠다. 강영애(2009)는 파킨슨병 환자들이 정상 노인들에 비해 긴 값의 VOT를 갖는다고 보고하였다. 이에 대하여 저자는 파킨슨병 환자들이 보이는 미주신경(vagus nerve)의 배측 운동 신경핵(dorsal motor nucleus)과 장 신경계(enteric nervous system)의 변화에 의한 결과라고 설명하였다. 이러한 기전에 의한 근육의 불협응(incoordination)은 VOT의 연장을 가져올 수 있다(Forest et al, 1989). 신경생리학적 퇴화는 비단 신경학적 질환의 환자군 뿐만 아니라 정상적 노화 과정에서도 나타날 수 있으며, 특히 파킨슨병 환자와 고령 노인(old-old)의 조음은 많은 부분에서 비슷한 양상을 보인다(Liss et al., 1990). 정상 노화 과정에서 관찰되는 느리고 비일관적인 운동 능력의 감퇴도 VOT 값을 신장시킨 원인으로 볼 수 있다. 운동 능력의 노화는 소녀 뉴런의

초기 소실에 기인한다는 것이 중론이다(Boisgontier, 2015).

격음에서의 VOT 값 차이에 대한 또 하나의 가설은 f_0 FV와 의 거대 관계(trading relation)에서 설명할 수 있는데, 작은 f_0 FV의 차이를 긴 VOT 값으로 보완하고자하는 목적일 수 있다. 한국어 파열음의 평음과 격음은 VOT 값에 있어 일부 중첩을 보이면서 산출되므로, 보완적으로 f_0 FV의 값 차이를 활용하게 된다. 하지만, 노년층은 청년층에 비해 적은 f_0 FV 값 차이를 사용하기 때문에, f_0 를 통한 성문적(glottal) 정보보다 VOT 값이 보여주는 시간적(temporal) 정보에 더 비중을 둔 것으로 해석할 수 있겠다.

본 연구에서 살펴 본 VOT 범위 변수는 하나의 발성유형이 다양한 위치나 환경에 따라 어느 정도의 변동(variation)을 보이는지에 관한 정보로 활용할 수 있다. 노년층이 더 넓은 범위를 파열음 산출에 사용한다는 본 연구의 결과는 노화가 진행될수록 VOT의 개체 내 변이(intra-subject variability)가 높았다는 선행연구와 맥락이 일치한다(Petrosino et al., 1993; Morris & Brown, 1994; Torre & Barlow, 2009). 이에 반해, 청년층은 특정한 발성유형 산출에 한정된 범위를 활용함으로써, 발성유형 내 변동이 적고 각각의 발성유형 간 범주적 차이를 명확히 할 수 있다. VOT의 중요성은 그 값의 차이가 음운적 대립을 나타내기 때문인데, 본 연구의 노년층 결과는 각 발성유형들이 서로 중첩되어 나타나므로 그 대립을 유지하기 어렵다고 할 수 있다.

VOT는 음향적으로 시간적 차원에서 측정되는 지표이지만, 그 산출 원리에 따르면, 단순히 구강의 조음동작에만 국한되지 않고 후두의 성대 진동과의 긴밀한 협응(coordination)을 필요로 한다. 특히 경음과 평음은 서로 VOT에 의해 일차적으로 대립되어야 하는데(Kang & Guion, 2008), 노년층에서는 이들이 중첩되어 나타나므로 산출 문제가 발생하게 된다. 경음은 평음에 비해 긴장성(tense)을 변별자질(distinctive feature)로 삼는 음소이다(Han, 1996). 따라서 미세한 근육의 긴장도를 유지하기 어려워지는 노년층에서는 경음의 짧은 지연(short lag)이 유지되지 않고 긴 지연을 보이는 평음과 서로 중첩되어 나타나게 된다. 영어의 경우에도 높은 VOT 변이가 지연의 길이 변별을 어렵게 하는데(Morris & Brown, 1994), 이는 발성-조음기관의 시간적 협응(temporal coordination) 실패의 근거로 볼 수 있다(Torre & Barlow, 2009).

말 산출에 있어 정확하고 빠른 속도의 협응 능력이 상실되는 것에 대한 신경학적 근거는 아직 명확하지 않다(Soros, 2006). 그러나 노화로 인해 성문상부와 성문의 협응(supraglottal-glottal coordination)을 위한 신경운동 조절 능력에 변화가 발생하는 것으로 추정된다(Liss et al., 1990). 노화는 말운동의 계획과 실행을 관장하는 중추신경계(central nervous system)와 근육의 제어를 담당하는 말초신경계(peripheral nervous system) 모두에서 퇴화를 가져오는데, 이로 인해 조음

동작과 성대진동의 섬세한 연결이 어려워진다. Soros 외 (2011)의 연구 결과에 따르면 노화에 의한 중추신경계의 변화는 상측두회(supratemporal gyri)를 포함하는 후측두상부영역(posterior supratemporal area)의 과소활성화(underactivation)와 양측(bilateral) 중측두회(middle temporal gyri), 내전두회(medial frontal gyri), 중전두회(middle frontal gyri), 하전두회(inferior frontal gyri)의 과다활성화(over activation)로 나타난다. 후측두상부영역은 청각 처리(auditory processing), 성조(tone), 말 모두를 관장하는 영역으로, 이 위치의 과소활성화가 노화에 따른 전반적인 말 능력의 저하를 가져오는 것으로 유추할 수 있다. 또한, 이 부위는 음운론적 처리(phonological processing) 과정을 담당하기도 하는데, 양측 중측두회의 과다활성화가 이를 보완하고 있다고 설명하였다. 이러한 현상은 정상적 노화과정에서 말산출에 관여하는 신경망(neural networks)들의 재구조화 과정을 보여주는 근거가 될 수 있다. 말초신경계의 변화는 주로 후두 연골(cartilage)의 골화(ossification)와 구강안면(orofacial) 근육의 힘이 저하되는 현상이 대표적이다(Tremblay, 2013). 이로 인해 노년층의 말은 그 속도가 느려지고 정확도가 떨어지게 된다.

노년층 파열음의 두 번째 음향적 특징은 f_0 FV가 모든 발성유형에서 낮은 값으로 실현된다는 점과 각 발성유형 간의 대립에 사용하는 f_0 FV 차이가 줄어든다는 것이다. f_0 FV의 절대값이 낮은 수치를 보인다는 것은 노년층의 기본주파수(f_0)가 노년층 여성에게서 낮아진다는 선행연구와 일치한다(Ramig et al., 2001; Xue & Deliyski, 2001; Nishio & Niimi, 2008; Torre & Barlow, 2009). 노년층의 음성에 영향을 주게 되는 중추신경계의 변화로는 줄어든 뇌의 무게와 혈관 이상을 들 수 있는데, 이로 인해 미세한 움직임과 속도 조절에 어려움이 발생하게 된다(Weismer & Liss, 1991). 말초의 변화는 주로 성대근(vocal muscle)을 포함한 여러 후두 내근(intrinsic muscle)과 외근(extrinsic muscle), 연골(cartilage)들의 해부학적 변화로 인해 후두의 특성이 달라지는 것으로 나타난다(Martine, 2014). 특히, 노화에 의해 상후두신경의 지배를 받는 윤상갑상근(cricothyroid muscle)의 힘이 소실되면 고음을 내기 어려워지면서 음도의 상부 범위가 감소하게 된다. 또한 여성의 호르몬 변화가 성대의 부종(edema)을 가져와 노년층이 청년층에 비해 음도가 낮아진다는 것은 잘 알려진 사실이다(김향희 외, 2014). 문제는 평음에 비해 다른 두 발성유형에서 노년층 f_0 FV 값이 유의하게 낮다는 점인데, f_0 FV의 역할을 고려할 때 이는 노년층의 발성유형 대립을 어렵게 하는 현상이다. 각 발성유형 간의 f_0 FV 차이를 살펴 본 결과에서도 여성 노년층이 청년층에 비해 더 작은 차이를 사용하고 있어 f_0 FV의 절대값 결과를 뒷받침하였다.

한국어는 VOT만으로 음운대립이 불가능한 언어 중 하나로(Kong, 2012), 반드시 VOT와 f_0 FV의 통합적 정보가 필요하다.

청년층의 평음과 격음의 중첩이 f_0 FV의 명확한 차이로 보완되는 반면, 노년층은 모든 발성유형들이 서로 중첩됨에도 불구하고 청년층보다 작은 f_0 FV 차이를 사용하고 있었다. 특히, VOT 값에서 나타나는 경음과 평음의 중첩은 종전에 보고된 바가 없는 현상이다. VOT에서 중첩이 일어나면 f_0 FV를 활용하여 이를 해결해야 한다. 노년층 여성의 경우, 경음과 평음의 중첩에도 불구하고 f_0 FV 차이가 청년층에 비해 작아서 두 발성유형 간 대립이 상대적으로 어렵다는 것을 알 수 있었다. 반면, 노년층 남성의 경우 청년층보다 f_0 FV 차이를 더 크게 사용하여 둘 간의 대립을 명확히 하려는 것으로 보인다³⁾.

모국어의 정확한 음소 산출에는 다양한 요인들이 관여한다. 특히, 말운동의 프로그래밍(speech motor programming)은 근육을 적시(timing)에, 적합한 지속시간(duration)동안, 올바른 순서(sequence)에 따라 움직이도록 명령을 내려야 하고, 이에 따라 말초기관의 말운동 집행(speech motor execution)이 이루어져야 한다(김선우 외, 2012; 김향희, 2012). 노화는 이 과정 중 하나 이상에서 문제가 발생할 수 있고, 이러한 문제가 조음의 음향 특성에 반영이 된다. 특히, 한국어 파열음의 경우, 개방이라는 조음동작과 성대진동시작이라는 발성동작이 서로 다른 층위에서 순차적으로 연결되므로 둘 간의 협응은 매우 복잡한 과정이며, 노화에 의한 영향을 받을 가능성이 높다 하겠다.

5. 결론

본 연구에서는 노년층의 우리말 파열음 특성을 음향학적 연구방법을 통하여 확인하고자 하였다. 그 결과 노년층들은 청년층에 비해 평음에서는 짧고 격음에서는 긴 VOT 값을 보이면서, 각 발성유형에 사용하는 VOT 범위는 상대적으로 넓어서 서로 중첩되어 나타났다. VOT와 통합적으로 작용하는 f_0 FV는 청년층에 비해 낮은 값을 보였고, 각각의 발성유형 간의 f_0 FV 차이가 좁아져 명확한 대립에 어려움이 있었다. 다시 말해, 노년층의 파열음은 시간적 정보에 의한 구획이 모호해지고, 이를 보완하기 위한 성문 정보의 범위도 축소되는 형태라고 볼 수 있다. 이는 노화로 인한 중추/말초의 변화가 섬세한 발성 및 조음동작의 협응을 어렵게 하기 때문이다.

본 연구는 노년층의 파열음을 산출 측면에서 다루었으나, 지각 실험이 추가되어, 말산출과 말지각 간의 상관관계에 대한 연구가 보완된다면 보다 타당성 높은 결과를 도출할 수 있을 것이다. 또한, 노년층의 이러한 조음 변화가 전반적인 말 명료도에 어떠한 영향을 가져오는지를 확인함으로써 의사소통의 말 측면 능력 저하를 설명해낼 수 있기를 바란다. 뇌영상(neuroimaging) 분석을 통한 노년층의 말운동능력 변화의 기전을 찾는 연구도 필요하다고 사료된다.

3) 다만, 남성의 결과에 대한 해석은 본 연구의 적은 피험자 수로 인해 일반화에 다소 어려움이 있음.

참고문헌

- Bossgontier, M. P. (2015). Motor aging results from cerebellar neuron death. *Trends in Neurosciences*, 38(3), 127-128.
- Burda, A. N., Bohnenkamp, T. A., Champley, J. L., Edgar, J. D., Hageman, C. F. & Threats, T. T. (2014). Communication and swallowing changes in healthy aging adults. (Kim, H., Yoon, J., Kim, J., Trans.). Seoul: Hakjisa. (Original work published 2011)
- (Burda, A. N. et al. (2014). 노화와 의사소통장애 [Communication and swallowing changes in healthy aging adults]. (김향희, 윤지혜, 김정완 공역). 서울: 학지사. (원전은 2011에 출판))
- Forest, K., Weismer G. & Tumer, G. (1989). Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric males. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(6), 2608-2622.
- Han, J. I. (1996). The phonetics and phonology of “tense” and “plain” consonants in Korean. Ph.D. Dissertation, Cornell University.
- Kang, K. H. & Guion, S. G. (2008). Clear speech production of Korean stops: Changing phonetic targets and enhancement strategies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(6), 3909-3917.
- Kang, Y., Kim, Y., Ban, J. & Seong, C. (2009). A comparison of the voice differences of patients with idiopathic Parkinson’s disease and a normal-aging group. *Phonetics and Speech Sciences*, 1(1), 99-107.
- (강영애 (2009). 파킨슨병 환자와 정상 노인의 음성비교. 말소리와 음성과학 1권 1호, 99-107.)
- Kim, H. (2012). Neurogenic speech-language disorders. Seoul: SigmaPress.
- (김향희 (2012). 신경언어장애. 서울: 시그마프레스.)
- Kim, J. & Kim, H. (2009). Communicative ability in normal aging: a review. *Communication Sciences and Disorders*, Vol. 24, No. 4. 495-513.
- (김정완, 김향희 (2009). 노년층 의사소통능력에 대한 문헌연구. 언어청각장애연구 24권 4호, 495-513.)
- Kim, M. (2004). Correlation between VOT and F0 in the perception of Korean stops and affricates. MA Dissertation, Seoul University.
- Kim, S. W., Yoon, J. H., Chang, S. E., Sohn, Y. H., Cho, S. R., Kim, H. (2012). The role of subcortical regions in speech production. *Journal of Korean Neurological Association*, 30(1), 1-9.
- (김선우, 윤지혜, 장수은, 손영호, 조성래, 김향희. (2012). 말

산출에서 피질하 구조의 역할, *대한신경과학회지*, 30권 1호, 1-9.

Kong, E. J. (2012). Perception of Korean stops with a three-way laryngeal contrast. *Phonetics and Speech Sciences*, 4(1), 13-20.

Liss, J. M., Weismer, G., & Rosenbek, J. C. (1990). Selected acoustic characteristics of speech production in very old males. *Journal of Gerontology*, 45, 35-45.

Martins, R. H., Gonçalves T. M., Pessin, A. B. & Branco A. (2014). Aging voice: presbyphonia. *Aging Clinical and Experimental Research*, 26(1), 1-5.

Morris, R. J., & Brown, W. S. (1994). Age-related differences in speech variability among women. *Journal of Communication Disorders*, 27, 49-64.

Nishioli, M. & Niimi, S. (2008). Changes in speaking fundamental frequency characteristics with aging. *Folia Phoniatrica et Logopedica*, 60, 120-127.

Petrosino, L., Colcord, R. D., Kurcz, K. B., & Yonder, R. J. (1993). Voice onset time of velar stop productions in aged speakers. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 83-88.

Ramig, L. O., Gray, S., Baker, K., Corbin-Lewis, K., Buder, E., Luschei, E., Coon, H. & Smith, M. (2001). The aging voice: A review, treatment data and familial and genetic perspectives. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 53(5), 252-265.

Sörös, P., Sokoloff, L. G., Bose, A., McIntosh, A. R., Graham, S. J. & Stuss, D. T. (2006). Clustered functional MRI of overt speech production. *Neuroimage*, 32(1), 376-387.

Sörös, P., Bose A., Sokoloff, L. G., Graham, S. J. & Stuss, D. T. (2011). Age-related changes in the functional neuroanatomy of overt speech production. *Neurobiology of Aging*, 32(8), 1505-1513.

Torre, P. III & Barlow, J. A. (2009). Age-related changes in acoustic characteristics of adult speech. *Journal of Communication Disorders*, 42, 324-333.

Tremblay P., Dick, A. S., Small, S. L. (2013). Functional and structural aging of the speech sensorimotor neural system: functional magnetic resonance imaging evidence. *Neurobiology of Aging*, 34(8), 1935-51.

Weismer, G. & Liss, J. (1991). Speech motor control and aging. In D. Ripich(Ed.), *Handbook of geriatric communication disorders*. Austin, TX: Pro-Ed.

Xue, S. A. & Deliyski, D. (2001). Effects of aging on selected acoustic voice parameters: Preliminary normative data and educational implications. *Educational Gerontology*, 27, 159-168.

• **유현지 (Yoo, Hyunji)**

연세대학교 언어병리학협동과정
서울시 서대문구 연세로 50-1
Tel: 02-2228-3903 Fax: 02-2227-7984
Email: cielhj4@snu.ac.kr
관심분야: 음성학, 조음장애, 음성장애

• **김향희 (Kim, HyangHee)**

교신저자
연세대학교 대학원 언어병리학협동과정,
의과대학 재활의학교실 및 연구소
서울시 서대문구 연세로 50-1
Tel: 02-2228-3900 Fax: 02-2227-7984
Email: h.kim@yonsei.ac.kr
관심분야: 신경 언어 · 말 · 삼킴 장애