



Change in acoustic characteristics of voice quality and speech fluency with aging*

Hee-June Park¹ · Jin Park^{2,**}

¹Department of Speech and Hearing Therapy, Catholic University of Pusan, Busan, Korea

²Department of Speech and Language Rehabilitation, Catholic Kwandong University, Gangneung, Korea

Abstract

Voice issues such as voice weakness that arise with age can have social and emotional impacts, potentially leading to feelings of isolation and depression. This study aimed to investigate the changes in acoustic characteristics resulting from aging, focusing on voice quality and spoken fluency. To this end, tasks involving sustained vowel phonation and paragraph reading were recorded for 20 elderly and 20 young participants. Voice-quality-related variables, including F0, jitter, shimmer, and Cepstral Peak Prominence (CPP) values, were analyzed along with speech-fluency-related variables, such as average syllable duration (ASD), articulation rate (AR), and speech rate (SR). The results showed that in voice quality-related measurements, F0 was higher for the elderly and voice quality was diminished, as indicated by increased jitter, shimmer, and lower CPP levels. Speech fluency analysis also demonstrated that the elderly spoke more slowly, as indicated by all ASD, AR, and SR measurements. Correlation analysis between voice quality and speech fluency showed a significant relationship between shimmer and CPP values and between ASD and SR values. This suggests that changes in spoken fluency can be identified early by measuring the variations in voice quality. This study further highlights the reciprocal relationship between voice quality and spoken fluency, emphasizing that deterioration in one can affect the other.

Keywords: aging, presbyphonia, voice quality, speech fluency, acoustic evaluation

1. 서론

노인성 음성(aging voice, presbyphonia)은 후두의 노화 과정으로 인한 성대의 변화로 발생하는 음성장애를 의미한다. 이러한 발성 기능의 변화는 노화 과정과 관련된 성대 조직의 변화

(Bloch & Behrman, 2001) 뿐만 아니라 후두의 해부학적, 생리학적 변화(Pontes et al., 2006)의 결과이다. 노인성 음성은 고령자에서 특별한 후두질환이 없으면서 목이 쉬거나 음성의 점진적인 약중(weakening)이 있는 경우에 진단될 수 있다.

구어 산출은 호흡, 발성 및 조음 과정으로 이루어진다. 호흡

* This research was supported by “Regional Innovation Strategy (RIS)” through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE) in 2023 (2022RIS-005).

** gatorade70@cku.ac.kr, Corresponding author

Received 22 November 2023; Revised 9 December 2023; Accepted 9 December 2023

© Copyright 2023 Korean Society of Speech Sciences. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

은 횡격막(diaphragm), 내측간근(internal intercostal muscle) 및 외측간근(external intercostal muscle)의 움직임으로 발성의 에너지를 만들고 발성은 후두의 내근(intrinsic muscles)과 외근(extrinsic muscles)의 움직임으로 인해 상대 진동으로 발생한다. 마지막으로 조음은 성도(vocal tract)를 구성하고 있는 다양한 조음기관(예, 입술, 치아, 혀, 인두 등)이 조화롭게 움직여서 산출된다. 위에서 언급한 호흡, 발성, 조음의 세 가지 구성요소의 구조와 기능은 연령이 증가함에 따라 변화한다.

구어 산출에서 호흡 에너지를 생성하는 폐는 호흡 근육의 약중, 흉부 근육의 경직 및 폐 조직의 탄력 저하로 인해 호흡 능력이 감소한다. 후두의 경우에서 연골이 석회화(calcification) 되고 피열연골 관절(joints)이 불규칙하게 움직이며, 성대의 휨(bowing) 현상으로 약한 음성과 선 음성이 산출된다. 이러한 노화와 관련된 후두의 변화는 음도 변화(pitch changes), 약중, 조조성(roughness), 기식성(breathiness), 음성 피로(vocal fatigue) 및 대화 중 흡인(aspiration) 등의 증상을 가져온다. 연령이 증가함에 따라 조음 기능에도 변화가 나타나는데 안면 근육의 위축과 구강 점막의 탄력 저하, 치아 소실, 연구개와 인두 근육의 퇴행적 변화 등이 대표적이다. 이와 함께 침 분비 기능이 감소하여 구강 건조, 불편감, 연하곤란 등이 나타나고 나아가 구어 산출에 영향을 미쳐 구어 유창성이 저하되는 현상이 발생한다(Davids et al., 2012). 이러한 노화로 인한 음성문제와 구어 유창성 저하의 문제는 더 심한 상태로 진전되기 전에 가능한 조기에 발견하여 적절한 중재를 제공하는 것이 중요하다.

일반적으로 노인 음성과 구어 유창성 변화를 측정할 수 있는 방법으로는 청지각적 검사, 생리학적 검사, 음향학적 검사 등이 사용되고 있다(Pyo & Song, 2010). 특히, 음향학적 검사의 경우 비침습적이며 장소의 제약을 받지 않고 비교적 간단한 방법과 짧은 시간에 결과까지 제공할 수 있어 임상에서 많이 사용되는 방법이다. 또한 발화를 전사 및 분할하는 등의 전처리(pre-processing) 과정이 필요하지 않고 단순히 자음과 모음의 자동화된 분석으로 이루어질 수 있다. 노년층과 청년층을 비교한 몇몇 음향학적 연구에서는 기본주파수(F0), 주기 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 모음 지속 시간, 모음의 포먼트 변화 등에서 차이가 있음을 밝혔으며, 교차 검증에서도 80% 이상 높은 진단 능력을 나타내었다(Crawley et al., 2018; König et al., 2015; Mezzedimi et al., 2017). 나아가 구어 산출 특성인 조음, 음질 및 구어 유창성에 대한 정보는 노인의 운동 및 인지기능에 대한 정보를 대변할 수 있음도 보여주었다(Kim & Kim, 2009).

본 연구에서는 발성 시 음질과 구어 산출 시 유창성과 관련해 음향학적 평가를 통해 노화에 따른 관련 변화를 탐지할 수 있는지를 알아보려고 한다. 구체적으로, 청년층과 노년층 간의 음향학적 음질과 구어 유창성 간의 차이를 분석해 노화에 따른 관련 변화가 나타나는지를 알아보려고 한다. 또한 음질 변화의 경우 음성적인 측면에서 연구가, 구어 유창성의 경우 주로 조음 및 언어적인 측면에서 연구가 진행되고 있는 점을 고려해, 두 변수 간의 상관관계를 살펴보고자 한다. 이를 통해 노화에 따른 변화와 관련해 일종의 조기 선별 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로

사료된다.

따라서 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 노년층과 청년층 간의 음질 관련 변수(즉, 기본주파수, 주기 변동률, 진폭 변동률, 캡스트럼 정점) 간의 유의한 차이가 나타나는가, 둘째, 노년층과 청년층 간의 구어 유창성 관련 변수(즉, 평균 음절 길이, 조음 속도, 구어 속도) 간의 유의한 차이가 나타나는가이다. 마지막으로 이러한 음질 관련 변수와 구어 유창성 관련 변수 간의 유의한 상관관계가 나타나는가이다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 노년층 20명(평균 연령 68±8세)과 청년층 20명(평균 연령 37±5)을 대상으로 하였으며 성별에 따른 기본주파수의 차이를 통제하기 위해 모두 남성으로 선정하였다. 두 집단 모두 과제를 이해하고 수행하는데 인지능력이 미치는 효과를 통제하기 위해 한국판 간이 정신 상태검사(Korean-Mini Mental State Examination, K-MMSE)에서 24점 이상으로만 선정하였다(Kang et al., 1997). 또한 이비인후과 전문의의 진료 결과 노화로 인한 음성문제 이외의 기타 후두질환이 없는 자를 대상으로 하였다. 기타 검사 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수를 통제하기 위해 다음과 같은 기준으로 대상자를 선정하였다. (1) 난독증 및 읽기 결함이 없고, (2) 현재 우울증 병력이 없으며, (3) 실험 수행에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 신경 및 기타 뇌 관련 병력이 없고, (4) 한국어를 모국어로 사용하고, 마지막으로 (5) 본 연구에 대한 제공된 정보를 읽고 이해할 수 있어야 한다.

2.2. 자료수집

노화에 따른 음질의 변화를 알아보기 위해 대상자의 음성은 Computerized Speech Lab(CSL, Kay Elemetrics, Montvale, NJ, USA)을 사용하여 녹음하였다. 마이크와 입과의 거리를 5~10 cm 유지하고 편안한 자세에서 대상자가 평소 사용하는 목소리로 ‘아’ 발성을 약 5초 이상, 평균 3회 반복하여 측정하였다. 또한 Praat 소프트웨어를 통한 분석이 가능하도록 WAV 파일 형태로 저장하였다. 녹음 시 표본추출률은 44,100 Hz, 양자화는 16 bit로 설정하였다. 구어 유창성 분석을 위해 Lee & Kim (2001)이 한국성인의 발화 분석에서 활용한 ‘해변가 그림’을 사용하여 그림에서 보이는 모든 상황을 설명하게 하였으며 CSL을 통해 모든 발화를 녹음하였다.

2.3. 자료분석

2.3.1. 음질 분석

발성의 음질 분석은 후두 시스템의 미세한 조절 능력을 의미한다. 노년층과 청년층의 음질 차이를 확인하기 위해 기본주파수(F0), 주기 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 캡스트럼 정점(cepstral peak prominence, CPP)의 변수를 이용하여 계산하였다. 음성 분석은 오픈-소스 소프트웨어인 Praat 6.1.37 버전을 이

용하였다(Boersma & Weenink, 2020).

2.3.1.1. 기본주파수(F0)

기본주파수는 성대가 1초에 진동하는 횟수를 의미하며 계산식은 다음과 같다(T =주기). F0의 변화는 언어적으로 억양(예, 평서문과 의문문에 따른 억양 패턴), 비언어적(extralinguistic) 기능으로 정서적 운율(예, 기쁨과 슬픔에 따른 억양 패턴)과 상관성이 높은 음향학적 수치이다(Themistocleous, 2016).

$$F0 = \frac{1}{T} \quad (1)$$

2.3.1.2. 주기 변동률(Jitter)

주기 변동률은 F0의 주기 간(cycle-to-cycle) 변화를 의미하며 계산식은 아래와 같다(T_i =분석을 위해 추출된 주기의 길이, N =추출된 주기의 수). 성대 진동이 불규칙할수록 주기 변동률이 높아진다(Teixeira et al., 2013).

$$Jitter = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |T_i - T_{i+1}| \quad (2)$$

2.3.1.3. 진폭 변동률(shimmer)

진폭 변동률은 진폭의 최대치간의 변동률을 의미하며 계산식은 아래와 같다(A_i =추출된 진폭 구간, N =주기의 수). 진폭 변동률은 소음과 공식적인 음성의 경우 높게 나타나며 성대 저항(glottal resistance) 능력이나 성대 질량(vocal folds mass)과 관련이 높다(Teixeira et al., 2013).

$$Shimmer = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left| 20 \log \left(\frac{A_{i+1}}{A_i} \right) \right| \quad (3)$$

2.3.1.4. Cepstral Peak Prominence(CPP)

CPP는 발성장에 측정에서 사용되는 변수로, 음성 신호의 주기성을 의미하며 배음이 많을수록 CPP 측정값이 높다. CPP는 캡스트럼 그래프에서 언어인 cepstral peak와 진폭과 관련된 선형 회귀선(regression line) 사이의 거리를 의미한다(Heman-Ackah et al., 2003).

2.3.2. 구어 유창성 분석

구어 유창성 분석을 위해 본 연구에서는 평균 음절 길이(average syllable duration, ASD), 조음 속도(articulation rate, AR), 구어 속도(speech rate, SR)를 측정하였다.

2.3.2.1 평균 음절 길이(ASD)

평균 음절 길이는 전체 말한 시간을 음절 개수로 나눈 값을 의미하며 계산식은 아래와 같다. 평균 음절 길이를 계산할 때 2초 이상의 긴 쉬 구간은 제외하고 계산하였다.

$$ASD = \frac{\text{Overall Speaking Time}}{\text{Number of Syllables}} \quad (4)$$

2.3.2.2. 조음 속도(AR)

조음 속도는 총 발화한 시간에서 쉬와 묵음구간(silent duration)을 제외한 후 총 발화 시간에 대한 음절 개수를 의미하며 계산식은 식 (5)와 같다.

$$AR = \frac{\text{Number of Syllables}}{\text{Phonation Time}} \quad (5)$$

2.3.2.3. 구어 속도(SR)

구어 속도는 쉬와 묵음 구간을 포함한 총 발화시간에 대한 음절 개수를 의미하고 계산식은 식 (6)과 같다.

$$SR = \frac{\text{Number of Syllables}}{\text{Total Duration}} \quad (6)$$

2.4. 결과 분석

청년층과 노년층의 음질과 구어 유창성의 관련 변수상의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t검정을 실시하였다. 두 변수 간의 상관관계는 피어슨(Pearson) 적률상관계수를 이용하여 분석하였다. 통계 분석은 Jamovi 1.6 프로그램을 사용하였다(Jamovi project, 2020).

3. 연구결과

3.1. 집단 간 음질 차이

노년층과 청년층의 집단 간 음질 차이를 비교한 평균과 표준편차 및 통계값은 표 1과 같다. F0의 경우 노년층이 129 Hz로 청년층 116 Hz보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.05$). jitter는 노년층이 1.53으로 청년층의 0.87보다 높게 나타났으며 병리적인 음성의 경계선인 1.04보다도 높게 나타났다($p<.05$). shimmer의 경우에도 노년층이 4.24로 청년층의 3.52 보다 높은 수치를 나타내었다. 반면 CPP의 경우 노년층이 9.83으로 청년층의 10.59보다 낮게 나타났다.

표 1. 집단 간 음질 변수상의 결과값
Table 1. Voice quality differences between groups

Parameter	Aging	Control	t-value	p-value
F0	129.02±10.20 ^a	116.80±9.93	3.82	.0001
Jitter	1.53±.38	0.87±.23	6.57	.0000
Shimmer	4.24±0.50	3.52±0.34	5.39	.0000
CPP	9.83±.63	10.59±.62	-3.86	.0001

^aMean±SD.

CPP, cepstral peak prominenc.

3.2. 집단 간 구어 유창성 차이

노년층과 청년층의 집단 간 구어 유창성 차이를 비교한 평균과 표준편차 및 통계값은 표 2와 같다.

표 2. 집단 간 구어 유창성 변수상의 결과값
Table 2. Speech fluency differences between groups

Parameter	Aging	Control	t-value	p-value
ASD	51.55±5.25 ^a	39.38±5.08	7.45	.0000
AR	52.01±4.25	63.02±5.57	-6.61	.0000
SR	50.13±4.10	59.93±5.02	-6.76	.0000

^aMean±SD.

ASD, average syllable duration; AR, articulation rate; SR, speech rate.

노년층의 경우 ASD의 경우 청년층보다 상당히 긴 음절 길이를 나타내었으며 AR 및 SR에서도 청년층보다 느린 속도로 구어를 산출하는 것으로 나타났다.

3.3. 음질과 구어 유창성의 상관관계

노화에 따른 음질 관련 변수(F0, jitter, shimmer, CPP)와 구어 유창성 관련 변수(ASD, AR, SR)에 대한 측정치가 서로 어떠한 상관관계가 있는지 분석하였으며 구체적인 값은 표 3과 같다.

표 3. 음질 관련 변수와 구어 유창성 관련 변수 간의 상관관계
Table 3. Correlations between voice quality and speech fluency

	ASD	AR	SR
F0	.49 [*]	-.31 [*]	-.32 [*]
Jitter	.53 [*]	-.49 [*]	-.47 [*]
Shimmer	.72 [*]	-.64 [*]	-.71 [*]
CPP	.76 [*]	.65 [*]	.74 [*]

^{*}Pearson's *r*, ^{*}*p*<0.01.

ASD, average syllable duration; AR, articulation rate; SR, speech rate; CPP, cepstral peak prominence.

상관분석 결과 모든 관계에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 특히, shimmer와 ASD, SR에서 높은 상관관계가 나타났고(*r*=.72, *r*=-.71), CPP와 ASD, SR에서 높은 상관관계가 나타났다(*r*=.76, *r*=.74).

4. 결론 및 논의

연구결과, 음질 측정에서 청년층보다 노년층의 경우에서 F0가 높게 나타났다. 음질 관련 변수인 jitter와 shimmer는 높게 나타났으며, 반면 CPP 수치의 경우에는 낮게 나타나 전반적으로 음질이 저하된 것으로 나타났다. 또한 구어 유창성의 경우에는 노년층은 청년층에 비해 ASD는 길게, AR과 SR는 느린 것으로 나타났다. 마지막으로 음질과 구어 유창성 간 상관관계 분석 결과, shimmer와 CPP가 각각 ASD와 SR과 상대적으로 높은 상관관계가 나타나 음질 변화와 구어 유창성의 변화가 유의한 상관성을 보임을 알 수 있었다.

노화로 인해 말 산출상의 변화가 일어나지만 일반적으로 의

사소통상의 큰 문제는 일어나지 않는다. 하지만 이러한 미세한 변화가 시간이 지날수록 발성과 조음에 영향을 줄 수 있으며 노인의 의사소통에서 만족도를 저하시키는 원인이 될 수 있다. 따라서 노인의 음성과 조음기관의 변화 여부를 조기에 발견하여 어떤 항목들의 변화가 정상과 다르게 일어나는지 살펴보고 지속적으로 관찰하는 것은 노화로 인한 의사소통 문제 해결에 도움을 줄 수 있다. 이런 맥락에서 본 연구에서는 노화에 따른 발성 능력의 변화인 음질과 구어 유창성의 특성을 알아보고자 하였다.

음질 측정 결과 노년층과 청년층이 F0, jitter, shimmer의 변수에서 모두 차이가 나타났다. 노화는 발성에서 기식적인(breathy) 음성과 함께 관련 발성장애를 유발시킨다. F0의 경우 노년층에서 증가를 나타내었는데 이는 Woo et al.(1992)의 연구에서 호르몬의 변화로 인해 여성의 경우 음도가 낮아지고 남성의 경우 증가한다는 결과와 일치한다. 노화에 따른 음성 변화에 대한 여러 연구에서도 남성의 F0가 증가한다는 결과가 일관적으로 나타나고 있다(Back & Kim, 2014; Kim & Ko, 2008; Kim et al., 2010). 노년층의 jitter, shimmer 값의 증가는 성대의 진동이 불안정하다는 것을 나타내며 이는 성문하압의 조절력 저하와도 상관이 있다. 또한 노화로 인한 호흡 및 발성 근육의 저하로 성대 진동, 성문하압, 호흡 및 조음 능력에 문제가 발생할 수 있음을 의미하며 이는 선행 연구와도 일치하였다(Dehqan et al., 2013; Martins et al., 2014; Seo & Shin, 2018; Vaca et al., 2015). CPP 측정값에서는 노년층이 낮게 나타났는데 이는 음성에서 배음의 강도가 작다는 것을 의미하며 성대 근육과 호흡 근육의 약증이 진행되고 있음을 의미한다(Han et al., 2019; Murton et al., 2020; Son et al., 2018).

노년층의 구어 유창성 분석 결과에서도 청년층과 차이가 나타났다. 연구결과에 따르면 노년층은 청년층에 비해 ASD가 상대적으로 긴 것으로 나타났다. 또한 AR과 SR이 상당히 느린 것으로 나타났다. 노화로 인한 인지기능의 변화로 의도한 발화의 내용을 기억하는데 어려움이 증가하고 내용도 부정확해지기 때문에 발화 시 부적절한 위치에서 쉽 발생하게 된다(Ramig, 1983). 운동적 측면에서는 노화로 인한 혀와 같은 조음기관의 구조 및 기능의 변화로 말속도가 저하되고 쉽 구간은 늘어나게 된다(Andradel & Martins, 2010). 이는 노화로 인한 말속도의 변화에 대한 여러 연구들에서 일관적으로 나타나는 결과이다(Lee & Lee, 2014; Petersen et al., 1999, 2017).

하지만 노년층이 청년층과 비교해 모두 차이를 보이지 않을 수 있다는 점을 주지해야 할 것이다. 예를 들어, Lee et al.(2016)의 연구에서는 배음과 포먼트 비율에 따른 H1-A1의 음향학적 특성에 대해 노년층과 청년층 여성을 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 노화에 따른 변화와 관련해 어떠한 음향학적 변수를 사용하느냐에 따라 다른 결과를 보일 수 있다는 점을 시사한다고 하겠다. 향후 노화에 따른 변화와 관련해 다양한 변수에 대한 지속적인 연구가 필요한 이유라 할 것이다.

노화에 따른 음질 변화와 구어 유창성 간의 상관관계를 분석

한 결과 음질 측정치인 shimmer와 CPP가 구어 유창성 측정치인 ASD와 SR과 높은 상관관계가 나타났다. 현재까지 직접적으로 음질과 구어 유창성 관련 변수 간의 상관관계를 분석한 연구는 없으나 노화로 인해 호흡량이 감소하고 이에 따른 구어 유창성에서 잦은 쉬와 머뭇거림을 보여 조음 및 구어속도가 감소한다는 연구(Aaen et al., 2019), 노화로 인한 호흡량의 감소는 성대의 불완전한 내전을 야기하고 결과적으로 발성의 배음 성분과 접촉 강도가 줄어들어 진폭과 배음 강도와 관련된 변수들의 값이 낮아지게 된다는 연구들은(Kuruvilla- Dugdale et al., 2020; Vipperla et al., 2010) 이를 뒷받침하는 결과라 할 수 있다.

본 연구의 몇 가지 제한점을 기술하자면 다음과 같다. 본 연구에서는 노년층과 청년층을 대상으로 했으나 노년층의 경우 60대, 70대 및 80대 간 비교를 해 본다면 더 자세한 변화를 알 수 있을 것으로 판단된다. 또한 음향학적 변수뿐만 아니라 의사소통에서 느끼는 대상자의 주관적 음성 지표, 청지각적, 공기역학적, 생리학적 변수들과의 상관관계를 본다면 노화로 인한 구어 산출 변화를 더 자세하게 파악할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구에서는 F0의 성별 간의 차이를 고려해 남성 대상자만을 대상으로 연구를 진행하였다. 향후 여성 대상자들도 포함해 청년층과 노년층의 비교뿐 아니라 성별 간의 노화에 따른 음질과 구어 유창성 간의 차이에 대한 연구도 진행되길 기대해 본다.

감사의 글

본 연구에 참여해 음성 데이터를 제공해 주신 모든 대상자분들에게 감사의 말씀을 전한다.

References

- Aaen, M., McGlashan, J., Thu, K. T., & Sadolin, C. (2019). Assessing and quantifying air added to the voice by means of laryngostroboscopic imaging, EGG, and acoustics in vocally trained subjects. *Journal of Voice*, 35(2), 326.E1-326.E11.
- Andradel, C. R. F., & Martins, V. O. (2010). Speech fluency variation in elderly. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 22(1), 13-18.
- Baek, M. K., & Kim, D. Y. (2014). Clinical manifestation of aging voice. *Journal of the Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics*, 25(1), 16-19.
- Bloch, I., & Behrman, A. (2001). Quantitative analysis of videostroboscopic images in presbylarynges. *The Laryngoscope*, 111(11), 2022-2027.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2020). Praat: Doing phonetics by computer (version 6.1.37) [Computer program]. Retrieved from <http://www.praat.org/>
- Crawley, B. K., Dehom, S., Thiel, C., Yang, J., Cragoe, A., Mousselli, I., Krishna, P., & Murry, T. (2018). Assessment of clinical and social characteristics that distinguish presbylaryngis from pathologic presbyphonia in elderly individuals. *JAMA Otolaryngology - Head & Neck Surgery*, 144(7), 566-571.
- Daivids, T., Klein, A. M., & Johns III, M. M. (2012). Current dysphonia trends in patients over the age of 65: Is vocal atrophy becoming more prevalent? *The Laryngoscope*, 122(2), 332-335.
- Dehqan, A., Scherer, R. C., Dashti, G., Ansari-Moghaddam, A., & Fanaie, S. (2013). The effects of aging on acoustic parameters of voice. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 64(6), 265-270.
- Han, D. B., Ju, S. R., & Yoo, J. Y. (2019). A study of correlation between ADSV and MDVP voice parameter. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 28(4), 65-72.
- Heman-Ackah, Y. D., Michael, D. D., Baroody, M. M., Ostrowski, R., Hillenbrand, J., Heuer, R. J., Horman, M., ... Sataloff, R. T. (2003). Cepstral peak prominence: A more reliable measure of dysphonia. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 112(4), 324-333.
- Jamovi project. (2020). Jamovi (version 1.6) [Computer software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Kang, Y., Na, D. L., & Hahn, S. (1997). A validity study on the Korean Mini-Mental State Examination (K-MMSE) in dementia patients. *Journal of the Korean Neurological Association*, 15(2), 300-308.
- König, A., Satt, A., Sorin, A., Hoory, R., Toledo-Ronen, O., Derreumaux, A., Manera, V., ... David, R. (2015). Automatic speech analysis for the assessment of patients with predementia and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, 1(1), 112-124.
- Kim, J. W., & Kim, H. H. (2009). Communicative ability in normal aging: A review. *Communication Sciences & Disorders*, 14(4), 495-513.
- Kim, S. H., & Ko, D. H. (2008). Fundamental frequencies in Korean elderly speakers. *Speech Sciences*, 15(3), 95-102.
- Kim, S. W., Kim, H. H., Park, E. S., & Choi, H. S. (2010). Acoustic characteristics of normal healthy Koreans with advancing age. *Phonetics and Speech Sciences*, 2(4), 19-28.
- Kuruvilla-Dugdale, M., Dietrich, M., McKinley, J. D., & Deroche, C. (2020). An exploratory model of speech intelligibility for healthy aging based on phonatory and articulatory measures. *Journal of Communication Disorders*, 87, 105995.
- Lee, J. Y., & Lee, O. B. (2014). Verbal fluency and word naming speed in healthy adults. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 23(4), 15-22.
- Lee, S. J., Cho, Y. H., Song, J. Y., Lee, D. H., Kim, Y., & Kim, H. H. (2016). Aging effect on Korean female voice: Acoustic and perceptual examinations of breathiness. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 67(6), 300-307.
- Lee, Y. M., & Kim, H. (2001). Utterance analysis of conversations and picture description tasks of Korean adults. *Communication Sciences & Disorders*, 6(1), 40-52.
- Martins, R. H. G., Gonçalves, T. M., Pessin, A. B. B., & Branco, A.

(2014). Aging voice: Presbyphonia. *Aging Clinical and Experimental Research*, 26, 1-5.

Mezzedimi, C., Di Francesco, M., Livi, W., Spinosi, M. C., & De Felice, C. (2017). Objective evaluation of presbyphonia: Spectroacoustic study on 142 patients with Praat. *Journal of Voice*, 31(2), 257.E25-257.E32.

Murton, O., Hillman, R., & Mehta, D. (2020). Cepstral peak prominence values for clinical voice evaluation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29(3), 1596-1607.

Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56(3), 303-308.

Petersen, R. C., Thomas, R. G., Aisen, P. S., Mohs, R. C., Carrillo, M. C., & Albert, M. S. (2017). Randomized controlled trials in mild cognitive impairment: Sources of variability. *Neurology*, 88(18), 1751-1758.

Pontes, P., Yamasaki, R., & Behlau, M. (2006). Morphological and functional aspects of the senile larynx. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 58(3), 151-158.

Pyo, H. Y., & Song, Y. (2010). Recent trends in evaluation and diagnosis of voice disorders: A literature review. *Communication Sciences & Disorders*, 15(4), 506-525.

Ramig, L. A. (1983). Effects of physiological aging on speaking and reading rates. *Journal of Communication Disorders*, 16(3), 217-226.

Seo, Y. J., & Shin, J. (2018). Acoustic characteristics of the sustained vowel phonation according to age groups. *Phonetics and Speech Sciences*, 10(4), 67-76.

Son, K. O., Shim, H. J., & Ko, D. H. (2018). The effect of gender and age on cepstral/spectral measures of vocal function in the elderly. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 27(2), 23-32.

Teixeira, J. P., Oliveira, C., & Lopes, C. (2013). Vocal acoustic analysis - jitter, shimmer and HNR parameters. *Procedia Technology*, 9, 1112-1122.

Themistocleous, C. (2016). Seeking an anchorage. Stability and variability in tonal alignment of rising prenuclear pitch accents in cypriot Greek. *Language and Speech*, 59(4), 433-461.

Vaca, M., Mora, E., & Cobeta, I. (2015). The aging voice: Influence of respiratory and laryngeal changes. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 153(3), 409-413.

Vipperla, R., Renals, S., & Frankel, J. (2010). Ageing voices: The effect of changes in voice parameters on ASR performance. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2010, 525783 .

Woo, P., Casper, J., Colton, R., & Brewer, D. (1992). Dysphonia in the aging: Physiology versus disease. *The Laryngoscope*, 102(2), 139-144.

• 박희준 (Hee-June Park)

부산가톨릭대학교 언어청각치료학과 교수
 부산광역시 금정구 오륜대로 57
 Tel: 051-510-0846
 Email: june@cup.ac.kr
 관심분야: 음성장애, 신경언어장애

• 박진 (Jin Park) 교신저자

가톨릭관동대학교 언어재활학과 교수
 강원특별자치도 강릉시 범일로 579번길 24
 Tel: 033-649-7737
 Email: gatorade70@cku.ac.kr
 관심분야: 유창성장애, 음성장애

노화에 따른 음질과 구어 유창성의 음향학적 특성 변화*

박희준¹ · 박진²

¹부산가톨릭대학교 언어청각치료학과, ²가톨릭관동대학교 언어재활학과

국문초록

나이가 들면서 발생하는 음성 문제는 사회적, 정서적으로 영향을 미칠 수 있으며, 나아가 고립감과 우울증으로 이어질 수 있다. 이에 본 연구에서는 노화로 인한 음향학적 특성 변화를 음질과 구어 유창성의 변화를 알아보고자 한다. 이를 위해 노년층 남성 20명과 청년층 남성 20명이 산출한 연장발성과 구절 읽기 과제를 녹음하여 분석하였다. 음질 분석 변수로 기본주파수(F0), 주기 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 캡스트럼 정점(cepstral peak prominence, CPP) 값을 분석하였으며 구어 유창성 분석 변수로는 평균 음절 길이(average syllable duration, ASD), 조음 속도(articulation rate, AR), 구어 속도(SR)를 분석하였다. 연구결과, 음질 측정에서 노년층의 경우 F0가 높게 나타났으며 jitter, shimmer, CPP의 결과값을 통해 음질이 저하된 것으로 나타났다. 구어 유창성 분석 결과, 노년층은 ASD, AR, SR의 결과값을 통해 느리게 발화하는 것으로 나타났다. 음질과 구어유창성 간 상관관계 분석 결과, shimmer와 CPP 값과 각각 ASD와 SR에서 높은 상관관계가 나타났다. 본 연구결과를 통해 노화에 따른 음성과 구어 유창성 변화를 조기에 발견하고 이에 대한 적절한 훈련법을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어: 노화, 노인성 음성, 음질, 구어 유창성, 음향학적 평가

참고문헌

- 강연욱, 나덕렬, 한승혜(1997). 치매환자들을 대상으로 한 K-MMSE의 타당도 연구. *대한신경과학회지*, 15(2), 300-308.
- 김선우, 김향희, 박은숙, 최홍식 (2010). 노령화에 따른 건강한 정상 성인의 음향음성학적 특성 비교. *말소리와 음성과학*, 2(4), 19-28.
- 김선혜, 고도홍(2008). 한국 정상 노인 음성의 기본주파수. *음성과학*, 15(3), 95-102.
- 김정완, 김향희(2009). 노년층 의사소통능력에 대한 문헌연구. *언어청각장애연구*, 14(4), 495-513.
- 백민관, 김동영(2014). 노인성 음성의 임상양상. *대한후두음성언어의학회지*, 25(1), 16-19.
- 서윤정, 신지영. 모음 연장 발성이 보이는 연령대별 음향음성학적 특성 연구(2018). *말소리와 음성과학*, 10(4), 67-76.
- 손기욱, 심희정, 고도홍(2018). 성별과 연령에 따른 노인 음성의 캡스트럼·스펙트럼 분석. *언어치료연구*, 27(2), 23-32.
- 이영미, 김향희(2001). 대화와 그림설명과제를 통한 한국성인의 발화 분석. *언어청각장애연구*, 6(1), 40-52.
- 이지윤, 이옥분(2014). 정상성인의 구두유창성과 단어 이름대기 속도의 특성. *언어치료연구*, 23(4), 15-22.
- 표화영, 송윤경(2010). 음성장애 진단 및 평가의 최근 연구 동향: 문헌적 고찰. *언어청각장애연구*, 15, 506-525.
- 한단비, 주수라, 유재연(2019). ADSV와 MDVP 음성 파라미터 간의 상관연구. *언어치료연구*, 28(4), 65-72.

* 본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다 (2022RIS-005).