

음질 분석에 있어서 모음에 따른 안정성과 변이성 The Stability and Variability based on Vowels in Voice Quality Analysis

최 성 희¹⁾ · 최 철 희²⁾

Choi, Seong Hee · Choi, Chul-Hee

ABSTRACT

This study explored the vowel effect on acoustic perturbation measures in voice quality analysis. For this study, the perturbation parameters (%jitter, %shimmer) and noise parameter (SNR) were measured with 7 Korean vowels (/a/, /ɛ/, /i/, /o/, /u/, /ʊ/, /ʌ/) using CSpeech with 50 Korean normal young adults (24 males and 26 females). A significant vowel effect was found only in %shimmer and in particular, low-back /a/vowel was significantly different from other vowels in %shimmer. The least perturbation and noise were exhibited on high-back /ʊ/ and /o/ vowel, respectively. Based on tongue height, a significant higher %shimmer was demonstrated on low vowels than high vowels. In addition, back vowels in tongue advancement and rounded vowels in lip rounding showed significantly less perturbation and noise. The least variability of perturbation and noise within individuals was demonstrated on the vowel /i/ in three repeated measures. However, there was no significant difference among 3 token measures in single session among vowels tested except the vowel /o/. Consequently, the vowel /a/ commonly used in acoustic perturbation measures exhibited higher perturbation and noise whereas higher stability and less variability were demonstrated on the high-back vowel /u/. These results suggested that the Korean high-back vowel /u/ can be more appropriate and reliable for perturbation acoustic measures.

Keywords: Vowel effect, stability, variability, perturbation, acoustic, voice quality

1. 서 론

음향학적 음성 분석은 장애 음성의 음질 분석의 객관적 방법 중 가장 보편적으로 사용되는 것 중 하나이다. 특히, 임상이나 장애 음성 연구를 위한 변동을 분석에서 컴퓨터 음성분석 기인 CSL(Kay Elemetrics Corp, Lincoln Park, NJ)의 MDVP (Multi-dimensional Voice Program), CSpeech, 혹은 Dr. Speech를 이용하여 모음/아/나 모음/이/, /에/가 가장 많이 사용되고 있다 (Dejonckere et al., 2001; Kiliç et al., 2004; MaCallum et al., 2011; 김성수 최홍식, 2001; 최성희, 2013). 안정된 모음은 음

원인 후두와 필터인 성도 간의 상호 작용의 효과를 최소화하므로 음질 측정을 위한 이상적인 음향학적 말 검사어로 사용하도록 권고되고 있다. 일반적으로 모음의 조음은 서로 다른 혀의 위치, 후두 연골 위치, 성도 변화, 성문 면적, 성대 긴장을 요구한다. 음향학적 분석에서 모음의 잠재적 영향은 음원-필터의 음성 산출이론에 잘 반영되어 있는데(Fant, 1970), 즉, 음성산출의 여과기인 조음기, 성문상 구조, 혀 등이 각각의 모음을 산출하기 위해 모양이 변형된다. 음원-필터 이론에 따르면, 모음의 조음에 의한 성도 모양의 변화로 음원인 jitter나 shimmer가 변하면 안된다. 한편, 모음 연장 발성은 통제된 기본주파수와 강도 조절 하에 산출되는데 선형적 음원-필터 연결 체계에서 안정된 음원은 성대 진동을 위한 성대 조직의 속도에 부합하는 공기역학적 압력이 동시에 작용함으로 이뤄질 수 있다. 하지만, 모음이 가장 안정된 음향학적 검사어임에도 불구하고, 기본주파수는 연구자 간에 비교적 일치된 결과를 보이는 반면, jitter와 shimmer와 같은 음향학적 변동률 분석 측정치는 연구자마다 차이를 보이고 있다. 일반적으로 /이/나 /우/같은

- 1) 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과, 생체모방감각제어연구소, shgrace@cu.ac.kr, 제1저자
- 2) 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과, 생체모방감각제어연구소, cchoi@cu.ac.kr, 교신저자

접수일자: 2015년 1월 31일
수정일자: 2015년 3월 15일
게재결정: 2015년 3월 15일

고모음은 턱끝혀근(*genioglossus muscle*)의 수축으로 혀뿌리가 상승하여 설골이 전방으로 이동함으로써 후두 긴장이 증가하여 높은 기본주파수를 보이며 이와는 반대로, /아/같은 저모음에서는 혀가 하방으로 이동하여 후두 긴장이 감소하여 낮은 기본주파수를 보인다고 하였다(Linville & Korabic, 1987; MacCallum et al., 2011). 즉, 혀의 위치가 턱끝설근을 경유하여 설골 전후 위치에 영향을 주어 성대의 긴장에 변화를 줌으로써 음원에 영향을 줄 수 있다고 하였다(MacCallum et al., 2010). Milenkovic(1987)은 3명의 남성과 여성을 대상으로 편안한 음도와 강도에서 변동률을 측정된 결과, 모음 /아/가 높은 jitter와 shimmer값을 보인 반면 모음/우/가 낮은 jitter와 shimmer값을 보인다고 하였으며, Kiliç 등(2004)은 터키어의 8개의 모음 중 고모음-원순모음인 /우/가 높은 jitter값을 보인다고 하였으며 이와 마찬가지로 Dwire & McCauley (1995)도 25명의 남자와 24명의 여성으로 편안한 음도와 강도에서 변동률을 분석하였는데 /우/가 가장 높은 jitter값은 보였다. Sorensen & Horii(1983)은 20명의 여성을 대상으로 변동률을 측정하였는데, 모음/이/가 가장 높은 jitter값을 보이고, 모음/아/가 가장 높은 shimmer값을 보이는 반면, 모음/아/는 가장 낮은 jitter값을 모음/우/는 가장 낮은 shimmer값을 보인다고 하였다. 한편, Sussman & Sapienza (1994)의 연구에서는 10명의 남성과 10명의 여성을 대상으로 변동률을 분석하였는데, 모음/아/, /이/, /우/ 중 모음/우/가 가장 낮은 jitter값을 보인 반면, /아/가 가장 높은 jitter값을 보였다고 하였다. 이와는 대조적으로, Orlikoff(1995)는 성도의 후두 긴장과 같은 생체역학적 효과를 제거하기 위하여 기본주파수 값을 일정하게 유지하였을 때, 영어의 8개 모음 간 jitter나 shimmer에 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않는다고 하여 jitter나 shimmer가 성도의 변형에 의해 영향을 받지 않는다고 하였다. 하지만, 34명의 정상 여성을 대상으로 한 최근 Franca (2012)의 연구에서는 모음 간 기본주파수와 강도를 일치시켰을 때 영어의 고-후설 모음(/우/나 /오/모음)에서는 낮은 변동률 수치와 소음을 보인 반면, 저-전설 모음인 /에/와 /아/모음이 가장 높은 변동률과 소음을 나타내었다고 보고하였다.

변동률 분석은 음향학적 파형의 시간 기반 분석으로 모음 연장 발생 시에 기본주파수 추출을 기반으로 하는데, 신뢰로운 기본주파수 추출을 위해서는 모음 연장 발생의 음성 파형 중에서도 제일 안정된 모음 구간을 선택하여 분석하도록 권고하고 있다. 따라서, 음향학적 분석에서 모음의 안정성은 신뢰로운 음질 분석을 위해 매우 중요하다.

우리말의 경우, 한국어 단모음 체계는 학자마다 견해가 다양하나 구어(spoken) 체계에 입각한 단모음 체계는 7모음 체계로서 /아/에/이/오/우/으/어/가 있다(신지영 · 차재은, 2003). 영어와 달리, 우리말의 단모음 중 전설모음은 /이/와 /에/모음 2개이며 5개의 후설모음은 /우/오/으/어/아/로 후설모

음의 수가 더 많은 것이 특징이다. 특히, 한국어 단모음 /아/는 저-후설모음에 속하므로 영어의 모음 /아/와는 차이가 있다. 하지만, 아직까지 우리나라 7 단모음 체계를 대상으로 음질 분석을 위한 모음의 변동률 분석에 대한 연구는 체계적으로 이루어지지 않았으며, 언어치료 임상현장에서 음향학적 평가를 실시할 때 왜 /아/ 모음을 주로 사용하는 지에 대한 증거가 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 음향학적 분석에서 주로 사용되는 모음의 영향을 살펴보기 위하여 음질 분석을 위한 표준화된 말과제 개발에 앞서 정상인을 대상으로 한국어 7개 단모음 간 변동률과 소음 정도를 비교하여 안정성이 높고 개인 내 및 개인 간 변이성이 작은 모음 선정을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 대상 및 절차

2.1 연구 대상

연구 대상은 자발적 연구 동의 참여 하에 실험 당시 음성 문제가 없다고 보고된 만 19세부터 29세까지의 대학생 및 대학원생 총 50명(남자 24명, 여자 26명)을 대상으로 하였다. 남성의 연령은 25.3±4.1세 였으며, 여성의 연령은 23.8±3.6세였다. 모든 참여자는 한국어를 모국어로 사용하는 자로서 흡연 경험이 없고, 폐질환이나 호흡기 질환이 없는 자였다. 5년 이상의 음성장애 임상 경험이 있는 1급 언어치료사 1명과 2급 언어치료사 1명에 의해 자발적 대화에서 청지각적으로 GRBAS중 ‘G’가 ‘0’(정상)인 사람을 대상으로 하였다. 또한 신경학적 문제가 말소리 장애가 없는 자로서 순음 검사에서 청력 이상이 없으며 현재 상기도감염이나 알레르기가 없는 자로 선정하였다.

2.2. 말샘플 수집방법

참여자들은 소음이 통제된 방에서 편안한 자세로 44.1kHz의 샘플링 속도로 녹음용 마이크(AKG Acoustics, Vienna, Austria)를 화자의 입에서 10cm정도 거리에 두었고, 7개의 한국어 단모음(/아/에/이/오/우/으/어/)을 편안한 음도와 강도에서 5초간 3번씩 반복하도록 하였다<표 - 1>. 기본주파수의 변이성을 통제하기 위하여 모든 참여자는 모음 /아/를 습관적인 음도로 발성하도록 하고, 나머지 모음들도 가능한 모음 /아/와 동일

표 1. 구어 체계에서 한국어 7개의 단모음
Table 1. Korean 7 vowels in spoken language

	전설 모음		후설 모음	
	평 순	원 순	평 순	
고모음	/이/	/우/	/으/	
중모음	/에/	/오/	/어/	
저모음			/아/	

한 음도에서 발성하도록 연습을 한 후 본 검사를 실시하였다. 또한, 모음 간 동일한 강도 유지를 위하여 digital sound level meter(S-DT-0603, Extech®)를 사용하여 70±5dB차이를 넘지 않도록 조절하였다.

2.3. 연구 방법

2.3.1 변동률 분석

7개 모음의 변동률 분석은 발성 개시와 종료의 불안정성을 배제하기 위하여 발성 시작 후 1초와 발성 종료 1초 전을 제외한 3초 구간을 분석 대상으로 하였으며 CSpeech의 TF 32를 사용하여 %jitter, %shimmer, SNR을 측정하였다. 참여자 50명이 산출한 7개의 모음 총 350개를 3번 반복한 1050개의 모음을 분석 대상으로 하였다. 반복 측정 시 모음 간 개인 내 변이의 특성을 조사하기 위하여 5번씩 산출한 모음에 대한 표준 편차 (SD)의 평균값을 비교하였다.

2.3.2 신뢰도

변동률 분석치의 검사-재검사 신뢰도를 측정하기 위하여 50명 중 자료의 10%에 해당하는 5명의 자료에 대하여 %jitter, %shimmer, SNR을 측정하여 피어슨 상관계수를 구하였으며 각각 .92, .93, .95로 높은 상관관계를 보였다.

2.3.3 통계 분석

통계처리는 SPSS(version 19.0)를 이용하였다. 성별 간 모음의 종류에 따른 변동률 분석치(%jitter, %shimmer)와 조화비대소음비(SNR)의 차이를 살펴 보기 위하여 이원 혼합 분산 분석(two-way Mixed ANOVA)를 실시하였다. 반복 측정 검정에서 Mauchly의 구형성 검정에 의해 구형성이 가정된 경우는 구형성 가정값을 사용하였으며, 구형성 가정을 만족하지 않는 경우는 Greenhouse - Geisser로 수정한 값을 사용하였으며, 음소 간의 차이의 유의성을 살펴 보기 위하여 사후 검정을 실시하였다. 혀높이(고, 중, 저모음)에 따른 변동률 분석치(%jitter, %shimmer)와 조화비대소음비(SNR)의 차이를 살펴 보기 위하여

표 2. 모음의 종류에 따른 모음의 불안정성과 소음 순위
Table 2. Vowel rank of the instability and noise

모음	혀높이	혀위치	입술 모양	% jitter	% shimmer	SNR
/아/	저모음	후설	평순	2	1	2
/오/		후설	원순	5	4	7
/에/	중모음	전설	평순	1	3	1
/어/		후설	평순	4	2	4
/이/	고모음	전설	평순	3	6	3
/우/		후설	원순	6	5	5
/으/		후설	평순	7	7	6

일변량분산분석을 실시하였으며, 혀의 위치(전설, 후설) 및 입술 모양(원순, 평순)에 따른 변동률 분석치(%jitter, %shimmer)와 조화비대소음비(SNR)의 차이를 살펴 보기 위하여 각각 독립표본 T-검정을 실시하였고, 유의수준은 95%였다.

3. 연구 결과

3.1 모음의 종류와 성별에 따른 기본주파수의 차이

성별과 모음의 종류에 따른 기본주파수는 남성의 경우, 모음/아/ 119Hz, /에/ 121Hz, /이/ 121Hz, /오/ 111Hz, /우/ 113Hz, /으/ 124Hz, /어/121Hz이었으며, 여성은 모음/아/ 224Hz, /에/ 228Hz, /이/231Hz, /오/ 231Hz, /우/ 234Hz, /으/ 236Hz, /어/ 230Hz로 /오/가 가장 높았으나, 모음 간 기본주파수는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.101). 성별과 모음의 종류 간 상호 작용은 없었다(p=0.075).

3.2 모음의 종류에 따른 불안정성과 소음치의 차이

모음의 종류에 따른 변동률 분석치의 불안정성과 소음의 순위는 <표 - 2>와 같다.

모음 /에/가 주기간 주파수 변동률인 %jitter가 .4042로 가장 높았으며, /아/는 .3530, /이/는 .3152, /오/는 .2552, /우/는 .2540, /으/는 .2522, /어/는 .3084로 /아/ > /이/ > /어/ > /오/ > /우/ > /으/ 순이었다.

주기간 강도 변동률인 %shimmer는 모음 /아/가 2.4692로 가장 높았으며, /에/는 1.6654, /이/는 1.2942, /오/는 1.4864, /우/는 1.3656, /으/는 1.1116, /어/는 1.8454로 /어/ > /에/ > /오/ > /우/ > /이/ > /으/ 순이었다.

조화비대소음비인 SNR은 모음 /에/가 20.57로 가장 소음이 많았으며, /아/는 21.74, /이/는 21.75, /오/는 27.92, /우/는 25.90, /으/는 26.42, /어/는 24.67로 /아/ < /이/ < /어/ < /우/ < /으/ < /오/순으로 모음/오/가 소음이 가장 작았다.

변동률 분석에서 성별과 모음의 종류의 종류에 따른 %jitter, %shimmer, SNR 측정치의 평균과 표준편차는 <표 - 3>에 제시하였으며, 혼합 분산분석 결과는 <표 - 4>와 같다. %jitter나 %shimmer는 유의한 상호 작용을 보이지 않았으나, SNR은 성별과 모음 간 유의한 상호 작용 효과가 있었다.

변동률 분석에서 모음의 효과는 %jitter는 $F(1.659, 79.627)=3.259, p>.05$, % shimmer는 $F(4.065, 195.114)=13.280, p<0.001$, SNR은 $F(2.196, 50.506)=2.363, p>0.05$ 으로 %shimmer만이 모음 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

성별에 따른 변동률 분석은 %jitter ($p=0.678$)와 %shimmer ($p=0.166$)는 유의한 차이를 보이지 않았으며, SNR은 모음과 성별 간 상호작용이 있어 주효과를 분석하지 않았다.

표 3. 성별과 모음의 종류 간 변동률 측정치의 평균과 표준편차

Table 3. Means and standard deviations of perturbation measures based on gender and vowel type

Vowels	Gender	%jitter		%shimmer		SNR	
		M	SD	M	SD	M	SD
/a/	M	.3292	.0970	2.2708	.8947	22.36	2.8497
	F	.3750	.1863	2.6523	.9865	21.17	3.8496
/ɛ/	M	.4463	.6224	1.8208	.8260	21.23	2.7240
	F	.3654	.1506	1.5219	.9523	19.96	3.6116
/i/	M	.2904	.1263	1.3671	1.4892	22.40	2.7813
	F	.3381	.1916	1.2269	.8131	21.15	3.7470
/o/	M	.2633	.1364	1.7988	1.2708	23.94	8.5199
	F	.2477	.1688	1.1981	.6540	31.60	4.7587
/u/	M	.2788	.1464	1.6800	1.7587	21.90	9.8531
	F	.2312	.0940	1.0754	06433	29.59	3.8129
/ʉ/	M	.2821	.1167	1.3171	.7316	25.91	3.3546
	F	.2246	.1377	.9219	.4391	26.89	3.9491
/ʌ/	M	.3079	.1243	1.8367	.7694	24.32	3.2575
	F	.3088	.2110	1.8535	.9484	25.00	4.7448

표 4. 모음의 종류와 성별에 따른 변동률 측정치의 이원혼합분산분석 결과

Table 4. Two-way mixed ANOVA between different vowels and gender in perturbation measures

perturbation		F	p
jitter(%)	vowel type	3.259	0.052
	vowel type X gender	0.612	0.515
	gender	0.175	0.678
shimmer(%)	vowel type	13.280	0.000**
	vowel type X gender	2.101	0.081
	gender	1.977	0.166
SNR(dB)	vowel type	2.363	0.100
	vowel type X gender	12.372	0.000**
	gender	4.875	0.032*

* $p < .05$, ** $p < .01$

3.2.1 혀높이에 따른 모음의 변동률과 소음치의 차이

% jitter의 경우, 고모음은 0.3381±0.1916%, 중모음은 0.3261±0.3375%, 저모음은 0.2902±0.1363%으로 고모음이 가장 불안정하였으나, 일변량 분석 결과, 혀높이에 따라 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($F(2,347)=1.049, p=0.351$).

% shimmer는 고모음은 1.2571±1.0826%, 중모음은 1.6657±0.9382%, 저모음은 2.4692±0.9536%으로 저모음이 가장 불안정하였으며, 일변량 분석 결과 혀높이에 따른 모음의 shimmer측

정치에 유의한 차이를 보였다($F(2,347)=27.758, p=0.000$).

SNR은 고모음은 24.69±5.91dB, 중모음은 24.30±6.22dB, 저모음은 21.94±3.14dB로 저모음이 가장 소음이 많았으며, 일변량 분석 결과 혀높이에 따라 SNR측정치에 유의한 차이를 보였다($F(2,347)=4.329, p=0.014$). Bonferroni 사후검정 결과, 고-저모음 간 유의한 차이를 보였으며($p=.012$), 중-저모음 간 유의한 차이를 보였다($p=.039$).

3.2.2 혀의 위치에 따른 변동률과 소음치의 차이

% jitter의 경우, 전설 모음은 0.3597±0.3958%, 후설 모음은 0.2889 ±0.1469%로 전설 모음이 유의하게 후설 모음에 비해 불안정하였다($t=2.442, p=0.015$).

% shimmer는 전설 모음은 1.4798±1.0575%, 후설 모음은 1.6556±1.0856%로 후설 모음이 더 측정치가 높았으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($t=-1.379, p=0.169$).

SNR은 전설 모음은 21.16±3.33dB, 후설 모음은 25.33±6.15dB로 후설모음이 전설 모음에 비해 통계적으로 유의하게 소음이 적었다($t=-6.408, p=.000$).

3.2.3 입술 모양에 따른 변동률과 소음치의 차이

% jitter의 경우, 원순 모음은 0.2655±0.1278%, 평순 모음은 0.3266±0.2788% 이었으며 평순 모음이 통계적으로 유의하게 원순 모음에 비해 불안정하였다($t=-2.104, p=0.036$).

% shimmer는 원순 모음은 1.4260±1.1838%, 평순 모음은 1.6772±1.0280% 이었으며, 평순 모음이 통계적으로 유의하게 원순 모음에 비해 불안정하였다($t=-1.975, p=0.049$).

SNR은 원순 모음은 26.91±8.04 dB, 후설 모음은 23.03±4.15dB로 원순 모음이 평순 모음에 비해 통계적으로 유의하게 소음이 적었다($t=5.917, p=.000$).

3.3 모음의 종류에 따른 변동률과 소음치의 변이성

3.3.1 개인 간 변동률과 소음치의 변이성

개인 간 변동률과 소음치의 변이성을 살펴보기 위하여 각 모음의 개인 간 표준편차(SD)를 분석한 결과, 변이성이 큰 모음 순위는 <표 5>와 같다.

%jitter는 모음별로는 모음/에/가 개인 간 표준 편차가 가장 컸으며, /어/ > /이/ > /오/ > /아/ > /으/ > /우/ 순으로 /우/의 변이가 가장 작았다.

% shimmer는 모음별로는 /우/가 개인 간 표준 편차가 가장 컸으며, /이/ > /오/ > /아/ > /에/ > /어/ > /으/ 순으로 /으/의 변이가 가장 작았다.

SNR은 모음별로는 /우/가 개인 간 표준 편차가 가장 컸으며, /오/ > /어/ > /으/ > /아/ > /이/ > /에/ 순으로 /에/ 변이가 가장 작았다.

표 5. 모음의 종류에 따른 개인 간 모음의 변이성 순위
Table 5. Vowel rank of the variability between individuals

모음	SD jitter	순위	SD shimmer	순위	SD SNR	순위
/아/	.1506	5	.9536	4	3.4257	5
/에/	.5345	1	.8976	5	3.2476	7
/이/	.1637	3	1.1762	2	3.3455	6
/오/	.1528	4	1.0335	3	7.7824	2
/우/	.1231	7	1.3251	1	8.2487	1
/으/	.1301	6	.6240	7	3.6717	4
/어/	.1731	2	.8584	6	4.0723	3

3.3.2 개인 내 변동률과 소음치의 변이성

반복 측정 시 모음 간 개인 내 변이의 특성을 조사하기 위하여 3번 반복 모음에 대한 표준 편차(SD)를 분석한 결과, 변이성이 큰 모음 순위는 <표 - 6>과 같다.

%jitter는 모음/어/가 0.2301%로 가장 SD값이 컸으며, /예/ > /어/ > /오/ > /아/ > /으/ > /우/ > /이/ 순으로 모음/이/가 가장 개인 내 변이성이 작았다.

%shimmer는 모음/어/가 .5785%로 SD값이 가장 컸으며, 모음 /아/ > /오/ > /에/ > /우/ > /으/ > /이/ 순으로 모음/이/가 가장 개인 내 변이성이 작았다.

SNR은 모음/오/가 1.9291dB로 가장 변이성이 컸으며, 모음 /어/ > /아/ > /우/ > /으/ > /이/ 순으로 모음/이/가 가장 개인 내 변이성이 작았다.

표 6. 반복 측정 시 모음의 종류에 따른 개인 내 모음의 변이성 순위

Table 6. Vowel rank of the variability within individuals in repeated measures

모음	SD jitter	순위	SD shimmer	순위	SD SNR	순위
/아/	.1067	4	.4284	2	1.5931	3
/에/	.1456	2	.3204	4	1.1974	6
/이/	.0745	7	.2019	7	1.1449	7
/오/	.1363	3	.3774	3	1.9291	1
/우/	.0858	6	.2863	5	1.6047	4
/으/	.0862	5	.2411	6	1.2853	5
/어/	.2301	1	.5785	1	1.8974	2

%jitter 경우, 모음 /아/는 반복 측정 결과, 3번 반복 측정 간에 유의한 차이가 없었으며($F(2,98)=2.687, p=.509$), 모음/에/ ($F(2,98)=0.040, p=.961$), 모음/이/ ($F(2,98)=.181, p=.775$), 모음/우/ ($F(2,98)=.327, p=.723$), 모음/으/ ($F(2,98)=1.466, p=.244$), 모음/어/도 유의한 차이가 없었다($F(2,98)=2.183, p=.127$), 반면 모음/

오/는 반복 측정 간 유의한 차이를 보였다($F(2, 347) =8.250, p=.001$).

%shimmer의 경우, 모음/아/는 반복 측정 결과, 3번 반복 측정 간에 유의한 차이가 없었으며($F(2,98)=.284, p=.754$), 모음/에/ ($F(2,98)=.674, p=.515$), 모음/이/ ($F(2,98)=.491, p=.617$), 모음/우/ ($F(2,98)=.441, p=.647$), 모음/으/ ($F(2,98)=3.214, p=.051$), 모음/어/ ($F(2,98)=2.413, p=.102$)는 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면 %jitter와 마찬가지로, 모음/오/는 반복 측정 간 유의한 차이를 보였다($F(2, 98) =3.714, p=.041$).

SNR의 경우, 반복 측정 결과, 3번 반복 측정 간에 모음 /아/ ($F(2,98)=5.745, p=.008$)와 모음/오/ ($F(2,98)=5.114, p=.012$)는 유의한 차이를 보였으며, 모음/에/ ($F(2,98)=.697, p=.507$), 모음/이/ ($F(2,98)=.433, p=.652$), 모음/우/ ($F(2,98)=.083, p=.920$), 모음/으/ ($F(2,98)=.098, p=.907$), 모음/어/ ($F(2,98)=.307, p=.738$)는 유의한 차이를 보이지 않았다.

4. 결론 및 논의

본 연구는 음성장애 환자의 음질 분석을 위한 표준화된 말 과제 개발을 위하여 표준 입상 지침과 증거기반중재를 위한 예비연구로서, 입상에서 음질 평가 시 현재 가장 널리 사용되는 변동률 분석에서 모음의 영향을 연구하기 위하여 정상 성인 50명을 대상으로 한국어 단모음 7개를 사용하여 변동률 분석을 실시하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 변동률 분석에서 모음 간 안정성을 분석한 결과, 기본 주파수와 강도를 일정하게 유지한 상태에서 % shimmer에서만 모음의 유의미한 효과가 나타났다. Franca(2012)의 연구에서는 기본주파수와 강도를 조절한 상태에서 34명의 정상 성인 여성을 대상으로 영어의 12개의 단모음을 이용하여 CSL의 MDVP를 사용하여 변동률을 분석하였는데, %shimmer와 VTI(voice turbulence index)에서만 유의한 차이를 보인 반면, %jitter와 NHR(noise-to-harmonic ratio)에서는 유의한 차이를 보이지 않아 CSpeech의 TF32를 사용하여 한국어 모음을 분석한 본 연구와 일치된 결과를 보였다. 음향학적 측정에 있어서 모음의 효과는 선행 연구마다 차이를 보이나 녹음이나 실험 절차의 차이에 기인할 수 있는 데 기본주파수(Fitch, 1990; Gelfer, 1995; Orlikoff & Baken, 1990)와 강도(Brockmann et al., 2008, 2011; Gelfer, 1995)의 영향일 수 있다. Gelfer(1995)는 29명의 정상 성인 여성을 대상으로 모음/아/와 /이/를 사용하여 서로 다른 기본주파수와 강도에서 변동률을 측정된 결과, 낮은 기본주파수와 낮은 강도에서 높은 변동률 측정치를 나타내어 기본주파수와 강도가 변동률에 영향을 줄 수 있다고 하였으며, Brockmann 등(2011)은 PRAAT를 이용하여 모음/아/, /오/, /이/로 변동률 분석을 실시하여 변동률 분석에 영향을 미치는 요인들의 효과 크기를 측정하였는데, 음성 강도가 jitter와

shimmer측정치에 가장 영향을 줄 수 있는 중요한 요인으로 보았으며, 모음과 성별, 기본주파수는 상대적으로 적은 효과 크기를 나타내었다. 실제로 여성은 남성에 비해 상대적으로 작은 목소리와 높은 주파수를 가지므로 이것이 성별의 차이에 영향을 준 것으로 보았다. 본 연구에서는 모음 간 기본주파수 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 강도도 $70 \pm 5\text{dB}$ 로 조절함으로써 기본주파수와 강도의 영향을 최소화하였다. 또한, 음성 강도를 조절하였을 때 %jitter와 %shimmer는 성별 간 차이를 보이지 않았으며 %jitter는 모음에 영향을 받지 않은 반면, %shimmer는 모음에 영향을 받아 본 연구와 동일한 결과를 보였다. Fitch(1990)의 연구에서도 Visi-pitch를 이용하여 12명의 젊은 남성과 여성을 대상으로 모음을 이용하여 변동률을 측정 한 결과, 문단읽기나 자발화는 일치도가 높은 반면, 기본주파수의 영향으로 모음의 변동률은 상관관계가 낮다고 하였다.

둘째, 모음 중 변동률이 가장 높은 모음으로는 %jitter의 경우 모음/에/였고 /아/, /이/ 순이었으며, % shimmer는 모음/아/가 가장 높았고, /어/, /예/ 순이었으며, 특히, /아/는 %shimmer에서 모든 다른 6개 모음과 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 또한, 가장 변동률이 낮은 모음은 %jitter와 %shimmer모두 고-후설 모음/으/였다. 반면, Franca(2012)의 연구에서는 영어의 경우, 모음 /아/는 비교적 낮은 jitter값을 보이는 반면, shimmer는 12개 모음 중 모음/아/가 두 번째로 높은 변동률을 보였으며, 고-후설인 /u/나 중-후설 모음/o/가 통계학적으로 유의하게 낮은 shimmer값을 보였다. 하지만 이 연구는 젊은 여성만을 대상으로 하였으므로 본 연구의 결과와 차이가 있을 수 있으며, 언어 간 차이로 볼 수도 있겠다. 즉, 모음/아/는 한국어의 경우 저-후설모음에 속하는 반면, Franca(2012)는 영어 /아/모음을 저-전설모음으로 분류하였다. 또한 한국어 모음은 모음 7개 중 5개가 후설 모음으로 전설 모음에 비해 후설 모음이 많은 반면, 영어의 경우 12개 모음 중 전설 모음 6개, 중설 모음 2개, 후설 모음 4개로 전설 모음이 더 많아 한국어 모음 체계와 차이가 있다(Kent, 1997). 본 연구에서 혀의 위치와 높이로 모음을 분류하였을 때, %jitter는 고모음이 가장 불안정하였으나, 혀높이에 따라 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으며, %shimmer는 저모음이 유의하게 높아 변동률이 큰 것으로 나타났다. 한편, 혀의 위치에 따른 변동률에서는 %shimmer는 유의한 차이를 보이지 않았으나, %jitter는 전설 모음이 후설 모음에 비해 불안정하였다. SNR은 모음/오/가 가장 소음이 낮았으며, /우/와 같은 원순 모음이 비교적 소음이 적고 배음이 높은 것으로 나타났다.

셋째, 입술모양에 따른 변동률은 %jitter와 %shimmer모두 평순 모음이 원순 모음에 비해 통계적으로 유의하게 변동률이 높은 것으로 나타나 평순 모음이 원순 모음에 비해 불안정하였다.

넷째, 모음의 종류에 따른 변동률과 소음치의 개인 간 변이

는 변이성이 큰 모음은 정상 성인에서 %jitter는 모음/에/가 %shimmer와 SNR은 /우/로 개인 간 표준 편차가 가장 컸다.

다섯째, 반복 측정 시 개인 내 변동률과 소음치의 변이성은 모음/어/가 가장 컸으며, /이/가 가장 작았다. 하지만, %jitter, %shimmer, SNR측정치에서 대부분의 모음들은 3번 반복 측정 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 모음/오/만 %jitter, %shimmer, SNR모두 반복 측정 간에 유의한 차이를 보였다.

Leong 등(2013)은 기본주파수나 강도의 어떠한 통제 없이 변동률을 측정한 결과 한 회기 내의 3번의 반복 측정치 간에 중간 정도의 상관관계를 보였으나, 여러 회기에 걸친 평균값과 비교했을 때 일치도가 떨어져 신뢰로운 음향학적 데이터를 위해서는 여러번의 반복 측정치의 평균값을 사용하는 것을 제안하였다. 본 연구에서는 비록 3번 측정치 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나, 추후의 연구에서는 측정치 간의 일치도를 측정하여, 몇 번의 반복 측정치가 가장 신뢰로운 지에 대한 연구가 추가로 필요하겠다.

결론적으로, 현재 입상에서 음향학적 분석 시에 주로 사용되는 모음/아/는 %jitter와 %shimmer에서 높은 변동률을 보이는 모음으로 나타나 음원-필터의 상호작용이 가장 높은 모음이었 고, 불안정한 모음이었으며, 한국어 모음 중 고-후설 모음인 모음/으/와 /우/가 안정된 모음이었 고 소음 역시 가장 적었다.

변이성으로 볼 때 모음/아/는 변동률과 소음치에서 개인 내 변이성이 비교적 높은 모음이었으며 반면에 /이/와 /우/는 개인 내 변이가 비교적 적은 모음이었다. 외국의 경우, 입상이나 음향학적 연구에서 하나의 모음이나 몇 개의 표준 모음들을 사용하며 특히, /a/, /i/, /e/와 같은 전설 모음을 주로 사용하지만, /i/나 /e/ 모음의 사용은 후두내시경과 같은 후두의 시각화 검사를 용이하게 하기 위하여 혀를 전상방으로 움직이게 하는 개방 전설모음을 주로 사용하기도 하고, 모음/아/는 언어에 상관 없이 보편적으로 쉽게 발음할 수 있는 모음이기 때문에 사용한다. 또한, 검사 기기의 메뉴얼에 따라 Dr. Speech에서는 /에/모음을 사용하도록 권고하고 있다. 하지만 본 연구에서 한국어 모음/아/나 /에/는 음향학적 분석에서 불안정성과 변이성이 비교적 큰 모음으로서 음향학적 사용에 고려가 필요하였으며 한국어 고-후설 모음/우/가 높은 안정성과 낮은 변이성을 가져 음향학적 변동률 분석에 더 적합하였다.

하지만, 음향학적 분석은 음질의 청지각적 평정을 보완하기 위해 사용되는 방법으로 추후의 연구에서는 어떠한 모음이 청지각적 평정과 음향학적 변동률과 상관관계가 높은 지 살펴보는 것도 음질 평가의 모음 선정에 있어서 중요할 것으로 보이며, 다양한 음향학적 및 공기역학적 파라미터의 수치를 분석함으로써 음질 분석에 있어서 모음의 적절성을 확대할 필요가 있다. 본 연구는 구어체계에서 주로 사용되는 한국어 단모음을 대상으로 음향학적 분석의 신뢰성과 타당성을 높이기 위한 모

음 선정의 예비연구로서 의의가 있다. 하지만, 본 연구의 제한점으로는 다수의 대상자를 포함하지 못하였으며, 한국인 정상 청년층을 대상으로 국한하였으므로 추후의 연구에서는 다양한 연령층과 음성장애 환자군을 포함하여 변동률 측정에 있어서 모음의 영향을 살펴 보는 것이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF - 2013S1A5A8024 543).

참고 문헌

- Brockmann, M., Drinnan, M. J., Storck, C., & Carding, P. N. (2011). Reliable jitter and shimmer measurements in voice clinics: the relevance of vocal intensity, and fundamental frequency effects in a typical clinical task. *Journal of Voice*, 25(1), 44-53.
- Brockmann, M., Storck, C., Carding, P. N., & Drinnan, M. J. (2008). Voice loudness and gender effects on jitter and shimmer in healthy adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 1-9.
- Choi, S.H. (2013). Speech-language pathologists' voice assessment and voice therapy practices: A survey for standard clinical guideline and evidence-based practice. *Communication Sciences & Disorders*, 18(4), 473-85.
- (최성희(2013). 음성언어재활사의 음성평가와 음성치료의 임상실제: 표준 임상지침과 증거기반증제를 위한 설문조사. *Communication Sciences & Disorders*, 18(4), 473-85.)
- Dejonckere, P. H., Crevier-Buchmann, L., Jarie, J. P. et al. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, *European Archives of Otorhinolaryngology*, 258-82.
- Dwire, A. & McCauley, R. (1995). Repeated measures of vocal fundamental frequency perturbation obtained using the Visi-Pitch. *Journal of Voice*, 9, 156-62.
- Fant, G. (1970). Acoustic theory of speech production, 2nd ed. The Hague: Mouton.
- Fitch (1990). Consistency of fundamental frequency and perturbation in repeated phonations of sustained vowels, reading, and connected speech. *Journal of Speech and Hearing disorders*, 55(2), 360-3.
- Franca, M. C. (2012). Acoustic comparison of vowel sounds among adult females. *Journal of Voice*, 26(5), 671.e9-17.
- Gelfer, M. P. (1995). Fundamental frequency, intensity, and vowel selection: effects on measures of phonatory stability. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38(6), 1189-98.
- Horii, Y. (1980). Vocal shimmer in sustained phonation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 23, 202-09.
- Kent, R. D. (1997). *The Speech Sciences*, San Diego, CA: Singular.
- Kiliç, M. A., Oğüt, F., Dursun, G., Okur, E., Yildirim, I., & Kim, S. S. & Choi, H. S. (2001). Acoustic Analysis of Normal and Pathologic Voice Synthesized with Voice Synthesis. Program of Dr. *Speech Science. Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatrics*, 12(2), 115-120.
- (김성수·최홍식(2001). Dr. Speech Science의 음성합성프로그램을 이용하여 합성한 정상 음성과 병적 음성의 음향학적 분석, 12(2), 115-120.)
- Midilli, R. (2004). Effects of vowels on voice perturbation measures. *Journal of Voice*, 18, 318-24.
- Orlikoff, R. F. & Baken, R. J. (1990). Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatr(Basal)*, 40, 31-40.
- Orlikoff, R. F. (1995). Vocal stability and vocal tract configuration: an acoustic and electroglottographic investigation. *Journal of Voice*, 9(2), 173-81.
- MacCallum, J. K., Zhang, Y., & Jiang, J. J. (2011). Vowel selection and its effects on perturbation and nonlinear dynamic measures. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 63, 88-97.
- Milenkovic, P. (1987). Least mean square measures of voice perturbation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 30, 529-38.
- Leong, K., Hawkshaw, M. J., Dentchev, D., Gupta, R., Lurie, D., & Sataloff, R. T. (2013). Reliability of objective voice measures of normal speaking voices. *Journal of Voice*, 27(2), 170-176.
- Linville, S. E. & Korabic, E. W. (1987). Fundamental frequency stability characteristics of elderly women's voices. *Journal of Acoustical Society of America*, 81(4), 1196-9.
- Shin, J. Y. & Cha, J. E. (2003). The system of Korean sounds. Seoul: Hankukmunhwasa.
- (신지영·차재은(2003). 우리말 소리의 체계: 국어 음운론 연구의 기초를 위하여. 한국문화사.)
- Sorensen, D. & Horii, Y. (1983). Frequency and amplitude perturbation in the voices of female speakers. *Journal of Communication Disorders*, 16(1), 57-61.
- Sussman, J. E. & Sapienza, C. (1994). Articulatory, developmental, and gender effects on measures of fundamental frequency and jitter. *Journal of Voice*, 8(2), 145-65.

- **최성희(Choi, Seong Hee)** 제1저자
대구가톨릭대학교 언어청각치료학과
Tel: 053-850-2542 Fax: 053-850-2540
Email: shgrace@cu.ac.kr
관심분야: 음성장애, 신경말장애, 삼킴장애
2011~ 현재 언어청각치료학과 교수

- **최철희(Choi, Chul-Hee)** 교신저자
대구가톨릭대학교 언어청각치료학과
Tel: 053-850-2541 Fax: 053-850-2540
Email: cchoi@cu.ac.kr
관심분야: 청각학, 난청, 신경 및 뇌과학
2010~ 현재 언어청각치료학과 교수