

성악 전공 학생의 가창 시 음성의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수사이의 상관 연구

조성미* 이상옥** 정옥란***

* 대구대학교 대학원 재활과학과 언어치료전공 박사과정

** 분당제생병원 이비인후과 발성치료사

***대구대학교 언어치료학과 교수

A Correlation Study between Acoustic and Perceptual Parameters of the Singing Voice in Singing Students

Sungmi Jo*, Sangouk Lee**, Okran Jeong***

* Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu Univ.

** Department of Otolaryngology, Pundang Jesaeng General Hospital

*** Department of Speech Language Pathology, Daegu Univ.

funny-fish@hanmail.net, ruffokr@hotmail.com, oj@daegu.ac.kr

Abstract

The purpose of this study was to determine a correlation between acoustic and perceptual parameters of the singing voice in singing students and compare them with the results with previous studies, and a more sensitive parameters in analyzing professional vocal usage. This study measured acoustic and perceptual parameters in 41 singing students. Digital audio recordings were made in sung vowels acoustic analysis. Each sample was judged by 1 experienced singing teacher and 1 voice pathologist on two semantic bipolar 7-point scales (ringing-dull, rich-thin). The results showed that SPP1 ($p<0.01$), SPP2 ($p<0.01$), and P1 ($p<0.01$) had significant correlations with ringing and richness quality.

I. 서론

전문 성악가들의 가창 시 음색을 나타내는 것으로써 가장 두드러진 특징은 “울림(ringing)”이다. 이러한 성

악가들의 음성 특징은 스펙트로그램 또는 스펙트럼 분석 결과에서 고주파수대에 강한 에너지를 보이는 것으로 설명되어져 왔다. 즉, 고주파수대의 강한 에너지 (singer's formant) 존재의 유무로써 성악가의 음성 특징을 설명하였다. Seidner et. al. (1983)의 연구에서는 성역에 따라 “singer's formant”의 주파수대가 다양하게 나타나는 결과가 보고 되었다. 베이스의 경우에는 2.3-3.0 kHz 사이에, 테너의 경우에는 3.0-3.8 kHz 사이에 “singer's formant”가 존재하였다. 성역에 따른 “singer's formant” 주파수 변화에 대한 Sundberg (1987)의 연구에서는 베이스의 경우에 2.2 kHz, 바리톤의 경우에 2.7 kHz, 테너의 경우에 2.8 kHz, 알토의 경우에 3.2 kHz에 “singer's formant”가 존재하였다. 이와 같이 성악가의 음성 특징을 설명하는 것에 있어서 “singer's formant”의 존재 유무, “singer's formant”의 주파수, 성역에 따른 “singer's formant” 주파수 변화 등과 같이 다소 제한적인 연구가 이루어져 왔다. 그러나 최근 Omori et. al (1996)의 연구에서는 성악가들의 가창 시 음성에 대한 양적인 평가를 위하여 새로운 매개 변수가 고안되었다. Singing Power Ratio (SPR)는 0-2 kHz 사이의 가장 큰 harmonic peak (P1; Peak 1)에 대한 2-4 kHz 사이에 가장 큰 harmonic peak (SPP; Singing Power Peak)의 에너지 비율이다. Omori et. al (1996)의 연구에서 성악가 집단의 SPR이

비성악가 집단의 SPR 보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며, 성악가 집단 내에서 가장 시 SPR이 발화 시 보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 또한 지각적 평가(ringing quality)와 SPR 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관관계가 있었다. 이와 같이 SPR은 양적인 매개 변수로서, 단순히 “singer’s formant”의 존재 여부를 밝히는 것이 아니라 고주파수대의 harmonic peak의 에너지 비율 정도에 따라 “ringing quality”를 객관적으로 평가할 수 있었다.

그러나, 성악가들의 “ringing quality”와 같은 음성 특징은 호흡, 발성, 공명의 복잡하고 다차원적인 측면에서 이루어진다. 따라서, 성악가들의 음성 특징을 보다 명확하게 설명하기 위해서는 음향학적, 지각적, 생리학적 측면에서의 조명이 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관관계를 살펴봄으로써 성악가들의 “ringing quality”를 객관적으로 설명할 수 있는 음향학적 매개 변수를 밝히는 것에 선행적인 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 영남대학교 음악대학에 재학 중인 성악 전공 학생(3, 4학년) 41명을 대상으로 하였다. 대상자 특성은 표 1에 제시하였다.

표 1. 대상자

성별(명)	남: 18
	여: 23
성역(명)	바리톤: 7
	테너: 11
	소프라노: 23
연령(세)	\bar{X} : 22.1
	SE: 2.6
교육기간(년)	\bar{X} : 5.9
	SE: 2.1

2. 자료 수집

녹음은 소음이 없는 무반향실에서 SONY 마이크를 삼성 노트북에 44kHz의 표본 속도로 직접 입력하였다. 가장 시 발성법으로 단모음 /a/를 연장 발성하도록

하여 각 대상자별 3회씩 녹음하였다. 총 123개(41<총 대상자수> × 3<샘플 수>)의 음성 샘플을 분석하였다.

3. 음향학적 분석

분석기기는 Windows용 Praat(version 4.2.01)를 사용하였다. 음향학적 매개 변수와 분석 방법 및 분석 환경은 표 2와 같다.

표 2. 음향학적 매개 변수와 분석 방법 및 환경

매개 변수	분석 방법 및 환경
F ₀	To Formant (burg)
F ₁	Time step (0.01s)
F ₂	Max. number of formant (5)
F ₃	Maximum formant (5500Hz)
F ₄	Window length (0.025s)
	Pre-emphasis (0Hz)
Jitter	To Pitch
Shimmer	Time step(0.01s)
	Minimum pitch(50Hz)
	Maximum pitch(700Hz)
SPP* 수	To Spectrum (fft)
SPP 1	
SPP 2	
SPP 1 frequency	
SPP 2 frequency	
P 1**	
SPR***	

*SPP (Singing Power Peak) 2-4 kHz 사이에 가장 큰 harmonics peak.

**P 1 0-2 kHz 사이에 가장 큰 harmonics peak

***SPR (Singing Power Ratio): P 1에 대한 SPP의 비율

4. 지각적 분석

성악 전공 교수와 음성 언어치료사 각 1명이 7점 척도를 사용하여 “ringing(울림)”과 “richness(풍성함)” 음색을 평가하였다.

0 (dull voice) - 6 (best ringing)

0 (thin voice) - 6 (richest)

5. 자료 처리

음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관관계를 살펴보기 위하여 SPSS 10.0의 Pearson의 상관 계수를 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관

성악 전공 학생의 가창 시 음성의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과는 표 3과 같다. ringing quality와 SPP1 ($r=0.607$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.637$, $p<0.01$), P1 ($r=0.515$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다. richness quality와 SPP1 ($r=0.495$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.562$, $p<0.01$), P1 ($r=0.467$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다.

표 3. 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과

상관계수		
	Ringing	Richness
SPP수	.185	.182
SPP1	.607**	.495**
SPP2	.637**	.562**
SPP1 Freq.	-.374*	-.247
SPP2 Freq.	-.198	-.349
P1	.515**	.467**
SPR	.393*	.272
FO	-.023	-.103
F1	-.153	-.159
F2	.354*	.250
F3	-.326*	-.176
F4	-.261	-.147
Jitter	-.137	-.151
Shimmer	.122	-.102

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

2. 성역별 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관

1) 바리톤

바리톤 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과는 표 4와 같다. ringing quality와 SPP1 ($r=0.827$, $p<0.05$), SPR ($r=0.886$, $p<0.01$), F1 ($r=0.772$, $p<0.05$), shimmer ($r=0.830$, $p<0.05$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다.

표 4. 바리톤 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과

상관계수		
	Ringing	Richness
SPP수	-.354	.417
SPP1	.827*	.573
SPP2	.519	.855
SPP1 Freq.	-.092	-.353
SPP2 Freq.	.559	-.829
P1	-.332	-.012
SPR	.886**	.456
F0	.466	.377
F1	.772*	.501
F2	.535	.506
F3	.234	.254
F4	.442	.504
Jitter	.751	-.187
Shimmer	.830*	-.132

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

2) 테너

테너 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과는 표 5와 같다. ringing quality와 FO ($r=0.662$, $p<0.05$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다.

표 5. 테너 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과

상관계수		
	Ringing	Richness
SPP수	.516	.208
SPP1	.597	.425
SPP2	-.578	.328
SPP1 Freq.	-.031	.045
SPP2 Freq.	.218	-.235
P1	.440	.227
SPR	.239	.265
F0	.622*	.089
F1	.075	.071
F2	.428	.017
F3	.170	-.188
F4	.197	-.062
Jitter	-.184	-.448
Shimmer	.271	.100

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

3) 소프라노

소프라노 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개

변수 사이의 상관 분석 결과는 표 6과 같다. ringing quality와 SPP1 ($r=0.640$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.793$, $p<0.01$), P1 ($r=0.562$, $p<0.01$), F0 ($r=0.601$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다. richness quality와 SPP1 ($r=0.481$, $p<0.05$), P1 ($r=0.557$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다.

표 6. 소프라노 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관 분석 결과

상관계수		
	Ringing	Richness
SPP수	.143	.111
SPP1	.640**	.481*
SPP2	.793**	.583
SPP1Freq.	-.235	-.054
SPP2Freq.	-.207	-.064
P1	.562**	.557**
SPR	.097	-.129
F0	.601**	.391
F1	-.263	-.319
F2	-.012	.044
F3	-.336	-.035
F4	-.398	-.039
Jitter	-.324	-.086
Shimmer	-.054	-.186

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

IV. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 성악 전공 학생들의 가창 시 음성의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이에 유의한 상관이 있었다. 특히, ringing quality와 SPP1 ($r=0.607$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.636$, $p<0.01$), P1 ($r=0.515$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다. richness quality와 SPP1 ($r=0.495$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.562$, $p<0.01$), P1 ($r=0.467$, $p<0.01$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었다. 즉, ringing quality와 richness quality는 harmonic peak의 에너지와 정적인 상관이 있다. 특히, 2-4 kHz 사이의 harmonic peak의 에너지에 영향을 더 받는다고 볼 수 있다. Omori et. al. (1996)의 연구에서는 ringing quality와 SPR 사이에 유의한 정적 상관($r=0.4285$, $p<0.01$)이 있었던 반면에, 본 연구에서는 ringing quality와 SPR 사이에는 상관이 없었다 이것은 본 연구에서 ringing quality와 SPR 사이의 상관 계수(0.393, $p<0.05$)를 상관이 있는 것으로 해석하기에는 다소 낮은 값으로 취급되었기 때문인 것 같다

또한 Omori et. al. (1996)의 연구에서 음악 교육을 받은 기간과 SPR 사이에 유의한 정적 상관이 있었던 것에 기초하여 볼 때, 본 연구에서는 성악을 전공으로 하는 대학생을 대상으로 하였기 때문에 보다 유의한 값을 도출하지 못한 것으로 여겨진다. 따라서, 추후에는 전문 성악가 집단이나 성악 전공 교수를 대상으로 실시할 것을 제안한다.

성역별 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관에 있어서 바리톤 집단의 ringing quality와 SPP1 ($r=0.827$, $p<0.05$), SPR ($r=0.886$, $p<0.01$), F1 ($r=0.772$, $p<0.05$), shimmer ($r=0.830$, $p<0.05$) 사이에 통계적으로 유의한 정적 상관이 있었던 반면에, richness quality와 지각적 매개 변수 사이에는 상관이 없었다. 테너 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관에서는 유일하게, ringing quality와 F0 ($r=0.662$, $p<0.05$) 사이에 유의한 정적 상관이 있었다. 반면에, 소프라노 집단의 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관에서는 ringing quality와 SPP1 ($r=0.640$, $p<0.01$), SPP2 ($r=0.793$, $p<0.01$), P1 ($r=0.562$, $p<0.01$), F0 ($r=0.601$, $p<0.01$) 사이에 유의한 정적 상관이 있었고, richness quality와 SPP1 ($r=0.481$, $p<0.05$), P1 ($r=0.557$, $p<0.01$) 사이에 유의한 정적 상관이 있었다. 따라서, 성역에 따라서 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수 사이의 상관은 다소 차이가 있었다. 특히, 남성 집단 내에서 바리톤 집단의 경우에는 ringing quality에 유의한 상관을 보이는 음향학적 매개 변수가 4개가 있었던 반면에 테너 집단의 경우에는 유일하게 F0 만이 유의한 상관이 있었다.

이상과 같이 성악가의 가창 시 음향학적 매개 변수와 지각적 매개 변수사이에는 유의한 상관이 있었다. 추후 이를 기초로 하여 ringing quality에 영향을 미치는 음향학적 매개 변수를 밝히고, 성악가의 음성 특징을 대표할 수 있는 요인을 밝히는 것을 제안한다.

참고문헌

- [1] Omori K, Kacker A, Carroll LM, Riley WD, Blaugrund SM. "Singing power ratio: quantitative evaluation of singing voice quality", *Journal of Voice* 10, pp. 228-235, 1996.
- [2] Donna S. Lundy, Soham Roy, Roy R. Casiano, Jun W. Xue, Joseph Evans. "Acoustic Analysis of the Singing and Speaking Voice in Singing Students", *Journal of Voice* 14, pp. 490-493, 2000.