

## 가성구와 흉성구의 객관적인 음성분석

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실  
진성민 · 송윤경 · 권기환 · 이경철 · 반재호

= Abstract =

### Voice Analysis of Highest Falsetto and Lowest Modal Voice

Sung Min Jin, M.D., Yun Kyung Song, M.S., Kee Hwan Kwon, M.D.,  
Kyung Chul Lee, M.D., Jae Ho Ban, M.D.

Department of Otolaryngology, Kangbuk Samsung Hospital, School of Medicine, Sungkyunkwan University,  
Seoul, Korea

**Background and Objectives** : The pitch range of the human voice is variable, extending from chest register to falsetto register. Although numerous studies have investigated after laryngeal mechanism description of falsetto tone, systematic and objective studies were lack. The purpose of this study was to systematically analyze and compare modal with falsetto voice.

**Materials and Methods** : Seven adult baritones were selected from a larger population of volunteers at choir. Simultaneous measurements of acoustic, electroglottographic and aerodynamic study were made during /e/ sustained in two vocal registers, lowest modal and highest falsetto. Statistical analysis was performed using Wilcoxon signed rankes test.

**Results** : In the acoustic analysis, shimmer was increased in falsetto voice ( $p < 0.05$ ). In the electroglottographic analysis, closed quotient (CQ), speed quotient (SQ) at the modal voice were higher than at the falsetto voice ( $p < 0.05$ ). In the aerodynamic analysis, mean airflow rate (MFR) of falsetto voice was higher than modal voice ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions** : In the results of the study indicate that, falsetto register is ineffective, inefficient, generally unpleasant because it was produced by incomplete clousure of true vocal cord. We anticipated that further study with large samples can provide an objective criteria for status and classification of singer's modal and falsetto voice.

**KEY WORDS** : Register · Falsetto voice · Modal voice.

## 서 론

성구(register)는 인간에 있어서 유사한 후두의 기능을

통해 생성되는 음의 모임으로서, 흉성구(chest register modal register)로부터 가성구(falsetto register)까지 다양하다.<sup>1)</sup> 이러한 인간의 성구에 의한 분류는 현재까

논문접수일 : 2002년 10월 18일

심사완료일 : 2002년 10월 26일

책임저자 : 진성민, 110-102 서울 종로구 평동 108번지 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실

전화 : (02) 2001 - 2264 · 전송 : (02) 2001 - 2275 E-mail : Strobojin @ hanmail.net

지 청각심리적검사(perceptual analysis)에 대부분 의 존하고 있으며, 이에 대한 분류도 연구자에 따라 다양 하다.<sup>2)</sup>

이러한 성구에 대한 연구들 가운데 청각심리학적 검사 를 통한 성구의 감별과 흉성구에서 가성구로 이행되는 과정에서의 성구이행(register transition)에 대하여 활 발하게 진행되었다.<sup>2-5)</sup> 그러나, 이러한 성구에 대한 객 관적이고 체계적인 분석은 미진한 상황이다.

따라서 저자들은 객관적인 음성분석을 통하여 흉성구 와 가성구의 발성에 따른 음향학적, 전기 성문파적, 그리 고 공기역학적 특징에 대하여 서로 비교하고자 하였다.

## 대상 및 방법

연구대상은 가성구와 흉성구를 구분하여 발성을 하기에 용이한 성악을 전공한 합창단원 중 바리톤 성부의 성악 인 7명을 대상으로 하였고, 평균연령은 30.4세 이었다.

음성표본은 방음장치가 된 방에서 두 성구간의 차이를 확실히 보기 위해 본인이 낼 수 있는 가장 높은 음으로 가성구(falsetto register)를 발성하게 하고, 가장 낮은 음으로 흉성구(chest register)를 발성하게 하여 음향 학적 검사, 전기 성문파 검사, 공기역학적 검사를 동시 에 시행하였다.

음향분석학적 검사는 편안한 자세에서 최소 5초 이상 의 연속된 /에/ 모음소리로 각각 가성구와 흉성구를 발 성하게 하여 SHURE사 Model SM 48 unidirectional ; dynamic microphone을 통하여 컴퓨터에 입력한 후 분 석하였다. 음성분석은 Kay사의 CSL 시스템 중 Voicing analysis를 사용하였고, Hardware는 CSL model 4300B 와 Kay사에서 제공된 486 DX 33MHz 컴퓨터를 사용 하였다.

전기성문파 검사는 두 개의 전극을 갑상연골 부위의 피 부에 각각 부착시키고, 마이크로폰을 입의 전방 5cm 부 위에 대고 각각 가성구와 흉성구를 발성하게 하여 Kay 사의 Electroglottograph model 4338 을 이용하여 분 석하였다.

공기역학적검사(aerodynamic analysis)는 음향학적 검사와 전기성문파 검사 후에 시행하였고, Kay사의 Ae-rophone II 음성분석기를 이용하였다.

분석지표로는 기본주파수(fundermental frequency, F<sub>0</sub>), jitter, shimmer, HNR(harmonics to noise ratio),

성문폐쇄율(closed quotient, CQ), 성문접촉속도율(sp-peed quotient, SQ), 성문접촉속도지수(speed index, SI) 및 평균 호기류율(mean airflow rate, MFR)을 조사하 였다.

통계학적 검증은 통계분석패키지인 Statistical Pack-ages for Social Science(SPSS)중 Wilcoxon signed rankes test를 이용하여 각 결과치를 비교하였고, 유의 수준은 95%로 하여 검증하였다.

## 결 과

음향학적 분석결과 기본주파수(Fundermental frequ-ency, F<sub>0</sub>)가 가성구에서 평균 221Hz, 흉성구에서는 평 균 97Hz 이었고, jitter, shimmer, H/N ratio 중 shi-immer만이 가성구에서 의미있게 증가되었다(p<0.05) (Table 1). 음형대 주파수(formant frequency)에 대한 분석결과 가성구와 두성구 각각을 특징지을 만한 특이 한 음형대가 형성되는 것은 관찰되지 않았고, 제 2 포만 트에서만 흉성구에서 가성구에 비하여 유의하게 높게 나 타났다(p<0.05) (Table 2).

전기성문파 분석에서는 성문폐쇄율(closed quotient, CQ)과 성문접촉속도율(speed quotient, SQ) 값은 흉성 구에서 의미있게 증가된 값을 보였으며(p<0.05), 성문 접촉속도지수(speed index, SI)에서도 1레를 제외하고 는 흉성구에서 높은 값을 보였지만 통계학적으로 유의

**Table 1.** Acoustic parameters in falsetto and modal registers

	F0*	Jitter	Shimmer*	H/N ratio
FV1 †	252	0.56	7.71	10.23
MV1 ‡	92	1.82	3.57	7.32
FV2	248	2.13	13.07	5.13
MV2	119	0.57	7.02	7.02
FV3	207	0.77	6.28	6.27
MV3	89	1.48	2.79	8.37
FV4	215	1.05	8.83	6.82
MV4	113	0.96	8.75	3.56
FV5	223	0.73	10.60	4.94
MV5	82	0.83	1.14	3.82
FV6	196	0.87	9.85	2.12
MV6	108	3.56	6.65	4.84
FV7	206	0.44	10.35	3.63
MV7	76	3.88	4.05	6.84

\* : p<0.05, †FV : Falsetto voice, ‡MV : Modal voice

**Table 2.** Formants frequency in falsetto and modal registers

	F1 <sup>†</sup>	F2*	F3	F4	F5	F6
FV1	1390	2658	4869	6657	8134	
MV1	798	2820	4350	5776	7332	8632
FV2	1341	2321	3450	6226	8007	8531
MV2	1323	2429	3446	7482	8657	8804
FV3	1154	2944	4933	6207	8004	8730
MV3	1292	2842	4327	6651	8780	8965
FV4	932	1763	3354	5951	7683	8329
MV4	820	3040	4688	6016	7842	8597
FV5	1928	2511	4277	6033	7738	8792
MV5	1120	2750	4308	5470	7224	7708
FV6	1062	3016	4416	5602	6656	8687
MV6	868	3036	4598	5720	7408	7920
FV7	1066	1985	2977	5735	7278	8225
MV7	1012	2678	3756	5208	7012	8728

\* : p<0.05, †F : Formant

**Table 3.** Electroglottographic and aerodynamic parameters in falsetto and modal registers

	SQ* <sup>†</sup>	CQ* <sup>‡</sup>	SI <sup>§</sup>	MFR* <sup>¶</sup>
FV1	2.08	0.42	0.35	0.28
MV1	3.58	0.45	0.56	0.17
FV2	2.33	0.45	0.40	0.36
MV2	2.73	0.57	0.46	0.18
FV3	1.63	0.43	0.24	0.50
MV3	4.15	0.58	0.61	0.44
FV4	1.68	0.44	0.25	0.50
MV4	3.81	0.49	0.58	0.30
FV5	2.23	0.45	0.38	0.32
MV5	4.67	0.46	0.65	0.22
FV6	3.29	0.40	0.53	0.26
MV6	4.23	0.41	0.62	0.24
FV7	2.14	0.40	0.36	0.48
MV7	1.31	0.50	0.13	0.41

\* : p<0.05, †SQ : Speed quotient, ‡CQ : Closed quotient, §SI : Speed index, ¶MFR : Mean airflow rate

한 차이를 보이지는 않았다(Table 3).

공기역학적 분석에서는 평균호기율(mean airflow rate)이 가성구에서 의미있게 높은 값을 보였다(p<0.05)(Table 3).

## 고 찰

인간에 있어서 성구에 대한 분류는 대부분 청각심리

적검사(perceptual analysis)에 의존하고 있다. 이에 대한 분류도 연구자에 따라 다양한데, 크게 성대진동의 양상이나 성대의 길이나 두께를 이용한 생리학적 분류와 음질에 따른 분류로 크게 나눌 수 있다.<sup>3)</sup> Baken<sup>6)</sup>은 modal, pulse, loft register로 분류하였고, Vernard<sup>7)</sup>는 남성은 흉성구(chest or modal register), 두성구(head register), 가성구(falsetto register)로 나누고, 여성은 흉성구(chest or modal register), 중성구(middle register), 두성구(head register)로 나누어 발표하였는데 이것이 현재 일반적으로 많이 받아들여지고 있으나, 아직까지 성구의 분류에 대해서는 논란의 여지가 있다.

이러한 성구의 발성원리는 Muller(1840)에 의해 처음 제시되었고, Judson등(1965)에 의하여 체계화되었다.<sup>4)</sup> 흉성구와 가성구의 발성원리의 차이를 보면 흉성구는 성대(vocal fold)가 두텁고, 성대진동의 진폭(vibratory amplitude)은 크며, 성문폐쇄(glottal closure)는 완전한 반면에, 가성구는 성대가 얇고, 성대 끝(vocal fold edge)만 진동하며, 성문폐쇄도 불완전하다.<sup>5)</sup> 이러한 이론은 여러 연구자들에 의해 고속촬영법(high speed photography)과 스펙트로그램 등을 이용하여 입증되었다.<sup>5)8)</sup>

1970년대까지는 가성구의 양상과 특성에 대한 연구와 청각심리검사를 통한 흉성구와 두성구와의 감별에 대한 연구가 진행되었다. 평상시에 발생하지 않는 가성구는 남성에서 자신의 음량 이상의 음도(pitch)를 만들 때 여성음을 모방해서 발생하는 소리로서, 여러 연구자들이 정의와 특성을 기술하였는데, Brondniz는 가성구를 두성구의 가장 높은 부분으로 설명하였고,<sup>4)</sup> Large등은 가성구는 여자같고 나약한 음성이라 기술하였다.<sup>4)</sup> Colton<sup>8)</sup>은 청각심리검사를 통하여 얼마나 정확히 성구를 구분할 수 있는지에 대하여 기술하였고, Hollien등<sup>9)</sup>은 가성구와 흉성구에서 발성강도 에 따른 성구의 특징과 성대의 상태에 대하여 연구하였다.

이후 현재까지의 연구는 하나의 성구에서 다른 성구로 이행되는 과정에서 성대의 형태나 전기성문과 검사를 이용해 성구의 이행되는 과정에 대한 이론을 입증시키는데 주안점을 두었다.

따라서 저자들은 현재까지의 연구방향을 달리하여, 성구간의 차이점과 각 성구의 특성을 객관적인 분석을 통해 차이점을 알아보기 위해 음향학적 검사, 전기성문과 검사, 공기역학적검사를 실시하였다.

음향학적 검사에서는 기본주파수(fundermental frequency,  $F_0$ )에서는 가성구에서는 평균 221Hz로 여성의 일반적인 발성 주파수와 유사한 소견을 보였고, 흉성구에서는 평균 97Hz 이었다. Jitter, shimmer, H/N ratio에서는 shimmer만이 가성구에서 의미있게 증가되었는데 이것은 가성구가 흉성구에 비하여 불안정한 상태의 음성이라는 것을 알 수 있었다. 두 가지 성구에서의 음형대 주파수(formant frequency)에서는 서로를 특징 지울만한 특이한 음형대가 형성되는 것을 관찰할 수는 없었으나, 흉성구에서 제 2 포만트가 유의하게 높았다. 이것은 가성구 발성시 혀의 위치변화로 인한 구강내 면적의 증가로 제 2 포만트가 감소된 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 보다 정확한 가성구와 흉성구를 구분하여 발성할 수 있는 성악인을 대상으로 선택하여 연구를 시행하였으나, singer's formant가 형성될 수 있는 발성법을 요구하지는 않았다. 따라서 이러한 녹취과정에서 음형대에 따른 결과에서 서로 특이한 차이를 발견하지 못한 하나의 원인이 될 수 있을 것이라 예상할 수 있다.

전기성문과 검사에서는 성문폐쇄율(closed quotient, CQ)과 성문접촉속도율(speed quotient, SQ) 값은 흉성구에서 의미있게 높았고, 성문접촉속도지수(speed index, SI)에서도 1레를 제외하고는 흉성구에서 높은 값을 보여 흉성구에서 가성구보다 더 성대가 완전하게 접촉이 이루어지며, 더 효과적인 발성을 한다고 할 수 있었다.

공기역학적 검사상 가성구에서 평균호기류율(mean airflow rate)이 의미있게 높은 것은 발성원리상 진성대의 폐쇄가 흉성구에 비하여 성대접촉이 불완전하게 이루어지기 때문이라고 생각된다.

## 결 론

저자들은 현재까지 청각심리검사를 의존해왔던 성구의 분류를 객관적인 음성분석, 즉 음향학적 검사, 전기성문

과검사, 공기역학적검사를 통해 각 성구의 특성과 분류의 기준 및 발성원리를 확인하였다.

이러한 결과를 통해 가성구는 흉성구에 비해 비효율적이고 비효율적인 발성방법이라 할 수 있고, 향후 좀더 많은 수를 대상으로 반복적인 검사가 이루어진다면, 가성구와 흉성구의 분류 뿐만 아니라 이들의 상태를 나타내는 객관적인 기준자료를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

**중심 단어** : 성구 · 음성분석.

## References

- 1) Lerman JW, Duffy RJ : *Recognition of falsetto voice quality. Folia Phoniat. 1970 ; 22 : 21-27*
- 2) Colton RH, Hollien H : *Perceptual differentiation of the modal and falsetto registers. Folia Phoniat. 1973 ; 25 : 270-280*
- 3) Colton RH : *Spectral characteristics of the modal and falsetto registers. Folia Phoniat. 1972 ; 24 : 337-344*
- 4) Vilkmann E, Alku P, Laukkanen M : *Vocal fold collision mass as a differentiator between registers in the low pitch range. J Voice. 1995 ; 9 : 166-173*
- 5) Murry T, Xu JJ, Woodson GE : *Glottal configuration associated with fundermental frequency and vocal register. J Voice. 1998 ; 12 : 44-49*
- 6) Baken RJ : *An overview of laryngeal function for voice production. In : Sataloff RT editors. Professional voice. end ed. San diego. London : Singular Publishing Group Inc., 1997*
- 7) Miller R : *The structure of Singing. London : Collier Macmillan Publisher, 1986*
- 8) Colton RH : *Some acoustic parameters related to the perception of modal falsetto voice quality. Folia Phoniat. 1973 ; 25 : 302-311*
- 9) Hollien H, Brown WS, Hollien K : *Vocal fold length associated with modal, falsetto and varying intensity phonations. Folia Phoniat. 1972 ; 23 : 66-78*