

성악인에서 발성 시 음의 높낮이에 따른 성도 길이의 변화

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실
반재호 · 김창규 · 이상혁 · 이경철 · 진성민

= Abstract =

The Change of the Length of Vocal Tract in Singers according to the Phonation at Different Levels of Pitch

Jae Ho Ban, MD, Chang Gyu Kim MD, Sang Hyuk Lee, MD,
Kyung Chul Lee, MD and Sung Min Jin MD

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

Background and Objectives : The purpose of this study is to investigate the change of vocal tract length according to the level of the pitch by the singers.

Materials and Methods : Fifteen tenors were asked to produce successive /a/ sound in G4 (382Hz) for the head register, C3 (131Hz) for the chest register and usual speaking sound. The control group consisted of 15 males of an similar age who are not professional singers. The length of vocal tract was calculated by applying the formula of $F_n = (2n-1)c/4L$ (F : formant frequency, c : the speed of sound in the vocal tract (350m/sec), L : length of vocal tract, $n=1,2,3,4,\dots,\infty$).

Results : In singer's group, there showed no significant statistical difference of length among head and chest register and usual speaking sound. However in the control group, there showed statistically significant difference of length. Comparison of the absolute difference in the length of vocal tract by changing level of pitch in phonation, between the control group and the singers group. Changing from G4 phonation to C3 phonation and C3 phonation to usual speaking sound showed statistically difference of vocal tract length was less in the singers group than the control group.

Conclusion : The change of vocal tract length, in either speaking or singing, was less in singers than the control group. We could assume that the singers maintain their larynx position constantly throughout the pitch range when phonation.

KEY WORDS : Singer · Vocal tract · Resonance.

서 론

성도(vocal tract)는 성문(glottis)으로부터 입술까지 뻗어 있는 공명관으로¹⁾ 성도의 공명은 일반적으로 한쪽이 막힌 단순 음향관이라고 생각되며, 성도에서 성문의 끝이 거의 막혀있다는 점에서 성도의 길이나 공명 현상에 따른 음 형태를 연구하는데 도움이 된다.²⁾

성도는 모양과 길이의 특성에 따라 공명현상을 일으켜서 소리의 질을 결정하게 되는데,^{3,4)} 성악가의 성도는 최종적인

음색(timbre)에 지대한 영향을 미치게 되므로 선천적으로 타고난 신체적 조건도 매우 중요하지만 음도와 모든 모음에서 최적의 공명을 이루도록 성도를 최적화시킬 수 있는 교육이 필요하며 이는 발성 기관의 자세를 조절하고 성도의 근육을 조절함으로써 획득될 수 있다.³⁾ Miller⁴⁾는 성악가들의 발성 교육에 있어서 후두의 위치를, 상대적으로 약간 낮은 위치에서 인두강을 넓혀 주면서 고정시켜 주면 적절한 모음 조절이 가능해지고 두터운 음색을 만들어 낼 수 있다고 하였고, 황⁵⁾은 후두의 크기나 목의 길이에 따라 크게 다르지만 후두가 비교적 낮은 위치에 있는 것은 깊은 호흡에서 오는 자연적인 결과이며, 성대, 연구개, 입술 사이의 정상적인 거리 관계를 확립하고, 유지함으로써 강하지도 않고 약하지도 않은 음색의 일관성을 유지하게 된다고 하였다.

따라서 본 연구는 선행된 연구들의 이론을 바탕으로 성악인들의 흉성구, 두성구 및 평상시 말소리 발성 시 성도

논문접수일 : 2006년 2월 24일

심사완료일 : 2006년 5월 15일

책임저자 : 진성민, 110-746 서울 종로구 평동 108번지

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실

전화 : (02) 2001-2274 · 전송 : (02) 2001-2275

E-mail : strobojin@hanmail.net

길이의 변화를 물리학적 원리와 수학적 계산을 통하여 측정하고, 같은 연령대의 비성악인에 비하여 의미 있게 일정한 위치를 유지하는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

연구 대상은 동일한 음악대학교 성악과에 재학중이거나 성악과를 졸업하였으며, 흉성구와 두성구를 명확하게 발성하기 용이한 테너성부의 학생 15명을 대상으로 하였다.

음성 표본은 방음장치가 된 방에서 모음 조절 현상의 영향을 가장 적게 받는 한국어의 /아/ 모음을, 두성구는 G4 (382Hz)음으로, 흉성구는 C3(131Hz)음으로, 그리고 평상시 말소리 발성으로 5초 이상 발성토록 하였으며, 이때 음악대학교 대학원생 1명과 교수 1명이 듣고 판단하여 적절한 두성구와 흉성구로 발성된 경우를 녹취하였다. 대조군은 후두 및 조음 기관에 이상이 없고 대상군과 비슷한 연령대의 성악 교육을 받지 않은 일반 성인 남자 15명을 대상으로 하여 위와 같은 방법으로 발성하도록 하였다.

발성된 음성은 DAT recorder TCD-D7(Sony, Japan)을 이용하여 우선 녹음한 후 컴퓨터에 입력하였고, 입력된 신호는 Computerized Speech Lab.(CSL, Kay elemetrics, Model 4300B, USA) 프로그램 중 Lineal predictor code (LPC) processing을 이용하여 각 군의 제4 음형대 값을 구한 후, 한쪽이 막힌 공명관에서 공명 주파수를 구하는 $F_n = (2n-1)c/4L$ (F : formant frequency, c : the speed of sound in the vocal tract (350m/sec), L : length of vocal tract, $n=1,2,3,4,\dots,\infty$)를 이용하여 성도의 길이를 측정 후 이를 발성 방법에 따라 비교하였다.

통계학적 검증은 통계분석 패키지인 SPSS 중 t-test와 analysis of variance(ANOVA)를 이용하여 각 결과치를 비교하였고 사후 검증은 Duncan method를 이용하였으며, p-value가 0.05이하인 경우를 통계학적으로 의미있는 것으로 해석하였다.

결 과

각 음도에서 발성 방법에 따른 성도 길이는 성악인의 경우 G4 발성에서 가장 길었고, C3 발성, 평상 말소리 발성의 순으로 고음 발성 시 성도의 길이가 길어지는 것으로 측정되었고, 대조군의 경우는 C3 발성, G4 발성, 평상 말소리 발성의 순으로 고음 발성 시 성도의 길이가 짧아지는 것으로 측정되었다(Table 1).

G4 발성, C3 발성, 평상 말소리 발성시의 성도의 길이

Table 1. Vocal tract length of the singers and control group

	Tenor group	Control group
Head resister (G4)	10.28±1.19cm	10.03±0.88cm
Chest resister (C3)	10.18±0.89cm	10.87±1.37cm
Speaking sound	10.13±0.85cm	9.35±0.77cm

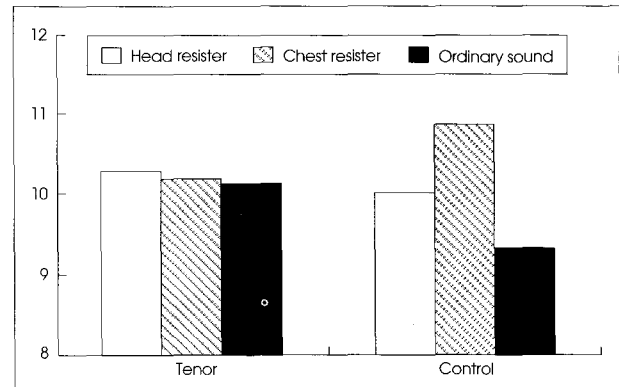


Fig. 1. Comparison of vocal tract length among the head and chest resister and speaking sound.

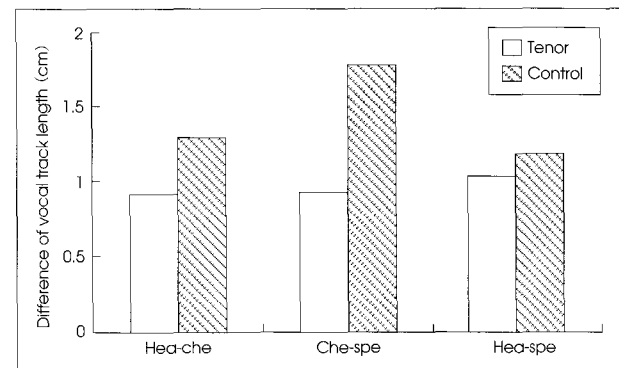


Fig. 2. Comparison of absolute difference in the length of vocal tract by changing level of pitch in phonation between tenor and control group. Hea: head resister, Che: chest resister, Spe: speaking sound.

를 서로 비교 하였을 때 성악인의 경우 서로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 대조군의 경우 서로 통계적으로 유의한 길이의 차이를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 1).

G4 발성, C3 발성 그리고 평상 말소리 발성간의 발성 방법 변화에 따른 성도 길이의 절대적인 변화량을 서로 비교한 결과에서 G4 발성과 C3 발성, C3 발성과 평상 말소리 발성 간의 성도 길이의 변화량이 성악인에서 대조군에 비하여 통계학적으로 의미 있게 적은 결과를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 2).

고 찰

유능한 성악가의 음성은 독특한 나름의 특성이 있어 청

취자로 하여금 강한 인상을 받도록 만들고, 강한 오케스트라의 연주 소리를 넘어서서 들을 수 있는 음성을 지치지 않고 반복적으로 산출할 수 있다.⁶⁾ 이러한 성악 발성의 효과적인 성취는 배경 문화와 개인의 음악적 창조성을 바탕으로 하여, 음질이나 강도와 같은 측면으로 표현되지만, 그 이면에는 생리학적 또는 음향학적 측면의 효과가 존재하고 있다.²⁾⁷⁾

앞서 언급한 바와 같이 사람의 공명관 즉 성도는 입술에서 성문까지의 관으로 한쪽 끝에 성대가 있으며 다른 쪽을 입술이라고 했을 때 한쪽이 막혀 있는 단순 공명관으로 가정할 수 있다. 이때 공명 주파수를 산출해 내는 공식 $F_n = (2n-1)c/4L$ (F : formant frequency, c : the speed of sound in the vocal tract (350m/sec), L : length of vocal tract, $n=1,2,3,4,\dots,\infty$)을 이용하여 성도의 길이를 구할 수 있고,¹⁾ 본 연구에서는 Lineal predictor code (LPC) processing을 이용하여 제4 음형대 값을 구한 후, 위의 공식을 이용하여 성도의 길이 측정하였다.

각 음형대는 성도의 모양에 따라 변하게 되는데 입을 크게 벌리거나 입술을 내밀거나 후두를 낮추어 성도의 길이를 증가하게 되면 음형대 값이 감소하게 된다. 특히 제1, 제2 음형대 값은 입술 및 구강의 모양에 영향을 받으며, 제3 음형대 값은 혀 끝의 위치나, 아래 치아와 혀 사이의 공간 크기에 따라 민감하게 변화하는 것으로 알려져 있다. 성도의 모양과 제4, 제5 음형대 값의 관계는 매우 복잡하기는 하나 이들이 성도의 길이와 하인두강의 모양과 매우 관계가 있는 것으로 여겨지고 있다.⁸⁾ 따라서 본 연구에서는 제4 음형대 값을 성악인과 대조군의 성도의 길이를 구하는데 이용하였다.

일반 성인 남자의 성도 전체 길이는 약 17.5cm 정도로 알려져 있다.⁸⁾ 본 연구에서 제4 음형대를 형성하는 성도의 길이는 약 10cm 내외로 측정되었는데, 이는 정확하게 어디에서부터 어디까지라고 판단하기는 어려우나 성문의 시작점이나 하인두의 끝지점에서부터 /아/ 모음 발성 시 혀의 위치에 의해 만들어지는 구인두강의 좁힘점 직전까지 만들어지는 인두강의 길이를 나타낼 것으로 예상할 수 있다.

각 음도 및 발성법에 따라 성도의 길이를 서로 비교하였

을 때 일반인에 비하여 성악인은 고음 발성 시에 성도의 길이가 오히려 약간 증가하는 것이 관찰되었다. 이는 성악인들의 경우 발성 훈련을 통하여 고음 발성 시에 후두를 아래쪽에 유지시켜 성도의 길이를 유지시키는 발성을 하고 있음을 알 수 있었다.

성악인은 각 음도 및 발성법에 따른 길이의 변화에서 유의한 길이의 차이를 보이지 않았으며 발성 방법의 변화에 따른 성도 길이의 절대적인 변화 값에서도 대조군에 비하여 의미있게 적은 결과를 보여 음도 및 발성법에 따른 성도 길이의 변화가 일반인들에 비하여 적게 나타나고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 성악인이 전 음도에 걸쳐서 후두를 낮게 하거나 일정 범위 이상의 움직임 제한하는 발성 훈련에 의한 것으로 생각할 수 있다.

결론

성악인들에서 발성의 경우 각각의 발성법에 따른 성도 길이의 변화가 일반인들에 비하여 적게 나타나고 고음 발성 시에는 오히려 성도의 길이가 길어지는 것이 관찰되었다. 따라서 성악인들은 발성 훈련을 통하여 전체 음도에 걸쳐 후두의 위치를 일정하게 유지시키며 발성하고 있음을 예상할 수 있었다

중심 단어 : 성악인 · 성도 · 공명.

REFERENCES

- 1) Titze IR. *Principles of voice production*. NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc;1994. p.136-68.
- 2) Scherer R. *Formants in singers*. NCVS Status and Progress Report 1996;9:27-30.
- 3) Ware C. *Basics of vocal pedagogy: the foundations and process of singing*. Minnesota: McGraw-Hill;1998. p.135-68.
- 4) Miller R. *The Structure of Singing*. New York: Schirmer;1986. p.48-68.
- 5) 황화자. 소프라노를 위한 성악 기법. 성신여자 대학교 출판부; 2004. p.125.
- 6) Sundberg J. *The acoustics of the singing voice*. Scientific Am 1977; 236:82-91.
- 7) Song YK, Jin SM. *The first formant characteristics in vocalize of one soprano*. J Korean Logo Phon 2005;16:10-14.
- 8) Sundberg J. *Vocal tract resonance*. In: Sataloff RT, editors. *Voice science*. San Diego: Plural Publishing;2005. p.185-202.