

서양음악을 전공으로하는 성악인에서의 음성효율 측정

이화여자대학교 의과대학 이비인후과학교실
정 성 민

= Abstract =

Vocal Efficiency Measures in Classically Trained Western Singers

Sung Min Chung, M.D.

Department of Otolaryngology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Background and Objectives : Singers, the vocal equivalents of Olympic athletes, may present with vocal dysfunction in the singing voice before adverse effects are noted in the speech mode. For the classically trained singers, any imbalance in the respiratory, laryngeal or resonatory subsystems may manifest first in technical compensations. Therefore, it is necessary that baseline values be available in order to differentiate technique related dysfunction from abnormalities within the phonatory system.

Materials and Methods : Vocal efficiency measures were collected from 55 classically trained singers and 20 untrained adults. All singers was divided into 3 groups : (1) Singers who have normal larynx with out voice symptoms. (2) Singers who have vocal nodule without voice symptoms. (3) Singers who have vocal nodule with voice complaints.

Results and Conclusion : Results were compared with each other. Differences in each group were found, suggesting the need for separate normative data to be used for the evaluation of the classically trained singers.

KEY WORDS : Classically trained singers · Vocal efficiency.

서 론

음성발생 및 조절은 호흡기관, 후두, 공명강의 상호 작용에 의해 이루어진다. 가수들은 이런 음성 발생에 관계된 기관들을 사용하여 운동하는 운동선수에 비유할 수 있다. 따라서 이들은 발성에 관계된 기관들에 문제가 발생되었을 때, 말할때보다도 노래할 때 장애를 예민하게 느낄 수 있으며, 동시에 이런 장애를 초기에는 기교적으로 보상하게 된다.

특히 호흡방법과 공명방법에 대해 훈련받은 서양음악을 전공으로하는 성악인들의 경우 과도한 성문하압을 감소시키면서 "flow phonation"에 의해 노래하게 되므로 성대병변이 있더라도 맑은 음색으로 노래하는 경우를 볼 수 있다¹⁾. 이에 저자는 발생시 호기사용의 효율을 가장 잘 나타낸 것으로 알려진 공기효율(vocal efficiency)²⁾을 음성장애가 없고 정상성대 소견을 보인 성악인, 음성장애는 없으나 성대결절이 있는 성악인, 음성장애를 호소하고 성대결절이 있는 성악인, 그리고 음성장애가 없고 정상성대소견을 보이는 일반인들에서

측정하였다.

이러한 결과를 토대로 서양음악을 전공으로 하는 성악인들에서의 공기효율에 대한 이해를 높이고, 또한 이들의 공기효율의 기준치를 제시하여 향후 이들의 음성상태 및 장애를 분석하고, 치료하는데 도움이 되고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

서양음악을 3년이상 교육받고, 지금현재 서양음악을 전공으로 하는 대학생, 대학원생 및 전문 성악인 55명(남자 25명, 여자 30명)을 대상으로 하였다.

이들 성악가들은 음성장애의 유무와 후두스트로보스코피 조건에 따라 다음과 같이 3군으로 분류하여 비교하였다.

1) 과거력 및 현재력상 음성장애가 없으며, 후두스트로보스코피 조건이 정상인 남녀 성악가 각각 10명.

2) 과거력 및 현재력상 음성장애가 없으나, 후두스트로보스코피 상 성대결절이 있는 남녀 성악가 각각 10명.

3) 음성장애로 본원 이비인후과를 내원하여 성대결절로 진단된 남자성악가 5명, 여자성악가 10명.

일반대조군으로는 성악훈련을 받지 않았으며 기왕력상 음성장애가 없고 후두스트로보스코피상 정상성대를 가진 성인 남녀 각각 10명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

공기효율을 알기위해 기류저지법을 이용한 발생시의 공기역학적 검사법을 사용하여 주파수, 강도, 호기류율, 호기압을 측정하였다.

측정기구는 Nagashima phonatory function analyzer(model PS77H)를 사용하였다. 측정은 방음실 내에서 피검자에게 마우스피스(mouth piece)를 구강전정에 물리고 입모양은 우(u) 또는 오(o)에 가깝게 하였다. 기류저지의 순간에 급속히 상승하는 구강내압에 대항하도록 구순과 볼을 긴장시키고 코로부터 숨이 나오지 못하도록 코를 쥐도록 하였다. 이 상태로 2~3초 동안 지속발성을 시키면서 발성개시후 1~2초에 강도, 호기류율, 기본주파수가 안정된 시점을 화면을 통해 확인하면서 기류저지의 셔터(shutter)를 눌러 호기류출

을 차단하였다. 이런방법으로 편안한 발성을 2회측정하였고 큰 소리, 부드러운 소리, 높은 소리, 낮은 소리에 서로 각각 1회씩 측정하여 공기효율을 계산하였다. 공기효율은 다음과 같은 공식으로 산출하였다¹⁾.

Vocal efficiency(VE)

$$= \frac{\text{Acoustic power, watts}}{\text{Aerodynamic power, watts}}$$

$$= \frac{4 \times 3.14 \times R^2 (R=0.3M) \times \text{Sound intensity}}{\text{air flow rate} \times \text{subglottic pressure}}$$

통계처리는 Microsoft excel 7.0 program의 T-test를 사용하였다.

결 과

1. 음성장애가 없고 후두조건이 정상인 성악인에서의 음성효율

여자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 2.003×10^{-3} , 1.188×10^{-3} 이였으며, 큰소리에서는 0.438×10^{-3} , 부드러운 소리에서는 1.209×10^{-3} , 높은 소리에서는 0.536×10^{-3} , 낮은 소리에서는 1.987×10^{-3} 이였다.

남자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 1.077×10^{-3} , 1.345×10^{-3} 이였고, 큰소리에서는 0.401×10^{-3} , 부드러운 소리에서는 1.155×10^{-3} , 높은 소리에서는 0.568×10^{-3} , 낮은 소리에서는 1.508×10^{-3} 이였다(Table 1).

2. 음성장애는 없으나 성대결절을 가진 성악인에서의 음성효율

여자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 1.103×10^{-3} , 1.175×10^{-3} , 이였으며 큰소리에서는 0.405×10^{-3} , 부드러운 소리에서는 1.844×10^{-3} , 높은 소리에서는 0.495×10^{-3} , 낮은 소리에서는 1.726×10^{-3} 이였다.

남자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 0.774×10^{-3} , 0.984×10^{-3} , 이였고, 큰소리에서는 0.374×10^{-3} , 부드러운 소리에서는 0.866×10^{-3} , 높은 소리에서는 0.422×10^{-3} , 낮은 소리에서는 1.591×10^{-3} 이였다(Table 1).

Table 1. Vocal efficiency in classically trained singers and untrained adults

Voice	Classically trained singers						Untrained adults	
	Normal vocal folds without voice symptoms		Vocal nodules without voice symptoms		Vocal nodules with voice symptoms		Normal vocal folds without voice symptoms	
	F*	M†	F	M	F	M	F	M
E ₁ †	2.003 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻³	1.103 × 10 ⁻³	0.774 × 10 ⁻³	0.924 × 10 ⁻³	1.141 × 10 ⁻³	2.124 × 10 ⁻³	2.845 × 10 ⁻³
E ₂ ‡	1.118 × 10 ⁻³	1.345 × 10 ⁻³	1.175 × 10 ⁻³	0.984 × 10 ⁻³	0.812 × 10 ⁻³	0.948 × 10 ⁻³	2.139 × 10 ^{-3**}	2.187 × 10 ^{-3**}
Loud	0.438 × 10 ⁻³	0.401 × 10 ⁻³	0.405 × 10 ⁻³	0.374 × 10 ⁻³	0.905 × 10 ⁻³	0.383 × 10 ⁻³	1.366 × 10 ^{-3**}	0.712 × 10 ^{-3**}
Soft	1.209 × 10 ⁻³	1.155 × 10 ⁻³	1.844 × 10 ⁻³	0.866 × 10 ⁻³	0.961 × 10 ⁻³	1.043 × 10 ⁻³	1.379 × 10 ⁻³	3.981 × 10 ⁻³
High	0.536 × 10 ⁻³	0.568 × 10 ⁻³	0.495 × 10 ⁻³	0.422 × 10 ⁻³	0.342 × 10 ⁻³	0.406 × 10 ⁻³	0.641 × 10 ⁻³	0.751 × 10 ⁻³
Low	1.987 × 10 ⁻³	1.508 × 10 ⁻³	1.726 × 10 ⁻³	1.591 × 10 ⁻³	1.025 × 10 ⁻³	0.845 × 10 ⁻³	1.833 × 10 ⁻³	2.541 × 10 ⁻³

*F : female †M : male †E₁ : easy voice 1 ‡E₂ : easy voice 2 **p<0.05

3. 음성장애가 있고 성대결절이 있는 성악인에서의 음성효율

여자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 0.924 × 10⁻³, 0.812 × 10⁻³이었으며 큰소리에서는 0.905 × 10⁻³, 부드러운 소리에서는 1.043 × 10⁻³, 높은 소리에서는 0.342 × 10⁻³, 낮은 소리에서는 1.025 × 10⁻³이었다.

남자성악인에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 1.141 × 10⁻³, 0.948 × 10⁻³이었고, 큰소리에서는 0.383 × 10⁻³, 부드러운 소리에서는 1.043 × 10⁻³, 높은 소리에서는 0.406 × 10⁻³, 낮은소리에서는 0.845 × 10⁻³이었다(Table 1).

4. 음성장애가 없고 정상 성대소견을 가진 일반인에서의 음성효율

여자에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 2.124 × 10⁻³, 2.139 × 10⁻³이었으며, 큰소리에서는 1.366 × 10⁻³, 부드러운 소리에서는 1.379 × 10⁻³, 높은 소리에서는 0.641 × 10⁻³, 낮은 소리에서는 1.833 × 10⁻³이었다.

남자에서 두 번의 편안한 발성에서의 음성효율은 각각 2.845 × 10⁻³, 2.187 × 10⁻³이었고, 큰소리에서는 0.712 × 10⁻³, 부드러운 소리에서는 3.981 × 10⁻³, 높은 소리에서는 0.751 × 10⁻³, 낮은 소리에서는 2.541 × 10⁻³이었다(Table 1).

고 찰

서양음악을 전공으로 하는 성악인들은 잘 공명된 큰 소리가 나오도록 성대의 적절한 긴장, 호흡법 및 발성

자세, 그리고 공명강의 적절한 조절방법 등을 훈련 받게된다. 따라서 이들은 발성에 관계된 기관을 사용하여 운동하는 전문 운동선수로 비유될 수 있다. 그러므로 이들 전문 성악인의 음성학적인 정상기준치는 일반인들과 구별하여 판단되어야 한다고 본다.

고도의 발성교육을 받은 전문 성악인의 경우 호흡기관이나 후두 공명강에 어떤 이상이 발생되더라도 초기에는 이것을 기교적으로 보상하여 은폐시키거나, 단순히 기교부족으로 취급하여 분명한 병변이나 기능이상을 놓치는 경우가 있다. Elias등⁶⁾은 65명의 건강하고 음성장애증상이 없는 전문성악인을 후두스트로보스코피로 검사한 결과 58%에서 비정상소견을 발견하였다고 보고하고 있는데 저자의 경우도 음성장애를 전혀 호소하지 않는 성악인들중에서 성대결절이 있거나 국소적인 성대용기 및 비후가 있는 경우를 적지않게 볼 수 있었으며 이중 남녀 각각 10명씩을 모아 음성효율을 분석하여 비교할 수 있었다.

성대에서의 음성효율(vocal efficiency)은 Van den Berg²⁾에 의해 음압(acoustic power)과 성문하압(subglottal pressure)의 비로 처음 정의되었으며, Ishiki에 의해 성문하압, 호기류율(air flow rate), 음압(sound pressure)을 동시에 측정하면서 더욱 연구되었다⁴⁾. Titze⁵⁾는 후두로부터 방사되는 음이 규칙적으로 진동하는 구(sphere) 처럼 거의 등방성(isotropic)으로 퍼져나간다는 것을 발견하고, 후두로부터 방사되는 음의 힘(radiated sound power)을 $Pr=4\pi R^2 I$ (Pr : 방사되는 음의 힘; watt, R : 반경; 0.3m, I : 음의 강도; watt/m²)와 같은 공식으로부터 산출하였다.

Slavit³⁾는 개의 후두를 적출하여 성대폭과 성대의 긴장이 음향학적 힘(acoustic power)과 공기역학적 힘

(aerodynamic power)과 음성효율에 미치는 영향을 연구하여 성대폭이 좁을수록 음성효율이 증가되고, 성대긴장도가 증가될수록 성대에서의 음성효율은 감소되는 것을 발견하고 성대가 굳어져 있을수록 음성효율은 떨어지며 성문하압이 증가하면 음성효율이 증가된다고 보고한 바 있다.

그러나, Titze⁷⁾는 이러한 기존의 음성효율 산출방식은 물리적인 측면으로만 고려된 것이고 사람에서의 음성효율은 좀더 복잡하여 물리적인 영역과 정신물리적인 측면이 함께 고려되어 측정되어야 한다고 주장하고 있다.

저자의 경우도 고도의 발성교육을 받은 성악가에서의 음성효율이 발성교육을 받지 않은 일반인 보다 낮게 나왔는데($p < 0.05$), 이런 현상은 목에 힘이 들어간 발성(pressed voice)이 목에 힘을 뺀 약간 기식성의 소리(slightly breathy voice)보다 음성효율이 높다는 Titze⁷⁾의 주장과 일치하고 있다. 즉, 성악인들은 일반적으로 pressed voice가 아닌, 성문하압을 감소시키면서 목에 힘을 주지않고 자연스럽게 흘러나오는 목소리(flow phonation)로 노래하도록 훈련되어있기 때문에 일반인들에 비해 오히려 음성효율이 감소되어있는 것으로 나타났다고 볼 수 있다.

한편 성악인들의 경우 음성장애 증상이 없더라도 성대결절이 있는 경우 통계적인 의미는 없었으나 정상후두를 가진 성악인에 비해 음성효율이 떨어지는 경향이 있는 것을 볼 수 있으며, 증상이 있고 성대결절이 있는 경우는 더욱 음성효율이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 그러므로, 성악인들의 정상 기준치는 일반인들과 구별하여 작성하여 분석하는 것이 필요하다고 본다.

또한 기존의 음성효율 산출방식은 기본주파수의 영향을 많이 받는데, 저음보다는 고음에서, 부드러운 음성보다는 큰소리로 외치는 음성에서 성문하압이 증가하기 때문에 음성효율이 더 높게 나타나는 것으로 되어 있다⁷⁾. 저자의 연구에서도 고음과 큰소리 발성시 현저하게 음성효율이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 본 연구

에서 남녀 성별에 따른 음성효율은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

결 론

발성교육을 받고 음성을 많이 사용하는 전문 성악인의 경우는 일반인들과 구별하여 음성효율의 정상기준치의 작성이 필요하며, 또한 측정시 편안한 목소리외에 큰 목소리, 부드러운 목소리, 고음, 저음 모두에서의 음성효율 측정이 필요하며, 향후 기존의 음성효율 산정방식에 후두내근, 후두외근, 호흡근들의 영향을 반영한 좀더 전체적인 음성효율의 산출방식의 고안이 필요하리라 사료된다.

References

- 1) Carroll LM, Sataloff RT, Heuer RJ, Spiegel JR, Radionoff SL, Cohn JR : *Respiratory and glottal efficiency measures in normal classically trained singers. J Voice. 1996 ; 10(2) : 139-145*
- 2) Van den Berg JW : *Direct and indirect determination of the mean subglottic pressure. Folia Phoniat. 1956 ; 8 : 1-24*
- 3) Slavitt DH : *Regulation of phonatory efficiency by vocal fold tension and glottic width in the excised canine larynx. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1991 ; 100 : 668-677*
- 4) Jin YD, Pyo HY, Choi HS : *Evaluation of vocal efficiency for the polyps and nodules. J Korean Soc Logo Phon. 1996 ; 7(1) : 56-60*
- 5) Titze IR : *Regulation of vocal power and efficiency by subglottic pressure and glottic width. In : Fujimura O, ed. Vocal fold physiology. Vol 2. New York, NY : Raven press, 1988 : 227-239*
- 6) Elias ME, Sataloff RT, Rosen DC, Heuer RJ, Spiegel JR : *Normal stroboscopy : variability in healthy singers. J Voice. 1967 ; 11(1) : 104-107*
- 7) Titze IR : *Vocal efficiency. J Voice. 1992, 6(2) : 135-138*