대한음성언어의학회지
제12권 제2호 2001

□원 저□

훈련된 여자 성악가와 일반인의 호흡능력에 대한 비교 연구

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 음성언어의학연구소,* 호흡기센터,** 재활의학과***
남도현* · 안철민** · 임성은* · 강성웅*** · 최홍식*

= Abstract =

Differences in Respiratory Function and Vocal Aerodynamics between Professional Sopranos and Female Subjects without Vocal Training

Do-Hyun Nam, M.D.,* Chul-Min Ahn, M.D., Seong-Eun Lim, M.D.,* Seong-Woong Kang, M.D.,*** Hong-Shik Choi, M.D.***

The institute of Logopedics & Phoniatrics, Respiratory Center, Pulmonary Divison, Internal Medicine,** Rehabilitation Medicine,*** Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

Singing requires exquisite coordination between the respiratory and phonatory system to efficiently control glottal airflow. Respiratory function and vocal aerodynamics were investigated in six female professional sopranos and in six female subjects without vocal training. All sopranos had more than 15 years of formal classic vocal training. Pulmonary function test data on simple pulmonary function, flow volume curve, static lung volumes, maximum inspiratory pressure(MIP), and maximum expiratory pressure(MEP) were obtained from all subjects. Vocal aerodynamic studies of maximum phonation time(MPT), phonation quotient, and mean glottal flow rates (MFR) were also measured in all subjects. Simple pulmonary function in professional sopranos was generally the same as that of other female subjects without vocal training. However, MIP and MEP showing respiratory muscle forces were significantly elevated in professional sopranos, compared to those of other female subjects without vocal training. Maximum phonation times and phonation quotient in sopranos are longer than those of other female subjects even though there were no differences in simple pulmonary function. High-pitched tones were made with significantly higher mean glottal flow rates(GFR) in normal subjects than low-pitched tones, whereas no changes in GFR were found in sopranos. The result indicated that sopranos demonstrated significant improvements in aerodynamic measures of GFR, maximum phonation time, suggesting an increase in glottal efficiency.

KEY WORDS : Professional soprano · Pulmonary function · Vocal aerodynamics · Maximum phonation time · Maximum inspiratory and expiratory pressure.

논문접수일 : 2001년 9월 26일
심사완료일 : 2001년 10월 17일
책임저자 : 최홍식, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 음성언어의학연구소
전화 : (02) 3497-3461 · 전송 : (02) 3473-4750 E-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

노래를 부르는 데는 호흡운동과 후두의 공기 흐름을 효과적으로 조절하는 발성기관의 조화가 중요하다고 알려져 있다. 소리의 에너지원은 호흡이며, 이 호흡은 음성을 만드는 가장 중요한 요소이다. 성악가들은 발성 시 가장 중요한 역할을 하는 호흡에 대하여 아주 많은 시간과 호흡훈련을 통하여 그 기능을 극대화하고자 많은 노력을 한다. 그 노력의 일환으로 복근 훈련 및 여러 가지 호흡운동을 통하여 일반인이 가지고 있는 호흡의 능력보다 더 효율적이고 기능적으로 잘 조절할 수 있도록 훈련을 하고 있다. 흡기 시에는 주로 횡격막이 작용하며, 호기 시는 상복부 근육이 가장 중요하게 작용하는 근육으로 알려져 있다.[1] 안정 시나 대화 때는 물론이고, 가창 시 횡격막 호흡과 늑골 호흡이 동시에 행해지고 있고 특히 가창 시 호흡은 횡격막 호흡이 가장 중요하다.[2] 따라서 성악가 들에게는 호흡근육의 단련이 무엇보다 중요한 것으로 생각된다.

잘 훈련된 성악가는 발성 시 안정 때 보다 신속하게 공기를 흡입, 그것을 가능한 한 길고 또 원활하게, 동요되거나 단속되지 않게 균등히 잘 조절하여 소리로 변화시켜야 한다. 따라서 가창을 위해 호흡훈련을 하면 폐기능이 증진되고, 호흡에 필요한 근육이 강화되어 호흡기능 및 호흡 조절능력이 일반인에 비하여 우수해질 것으로 가정할 수 있다. 외국에서는 성악가를 대상으로 한 연구가 활발히 진행되고 있지만 국내에서는 아직까지 이에 대한 연구가 적은 실정이다. 이 연구에서는 훈련된 성악가와 훈련받지 않은 비 성악가를 대상으로 폐 기능의 차이가 있는 지, 그리고 횡격막 압력의 차이가 있는 지를 관찰해 보며, 발성 시 호흡능력의 차이가 있는지도 측정하여 비교하려고 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

최소 15년 이상, 평균 22.5년의 경력을 가지고 있는 현역 소프라노 성악가 6명에 대하여 일반적 호흡 능력과 발성 시의 호흡 능력을 검사하였다. 연구의 정확성을 기하기 위하여 성악가 6명은 과거 후두 질환과 음성 장애의 병력이 없는 건강한 여성으로, 이들은 각기 다른 나라에서 훈련을 받은 성악가로 선정하였다. 대조 군으로는 같은 연령 대 6명의 성악훈련을 받지 않은 여성을 대상으로 같은 실험을 실시하여 비교하였다. 훈련된 성악가의 신체적 특성(Table 1)과 학력 및 공연 경력(Table 2)은 각각 다음과 같다.

2. 신체 계측

신체적 차이를 보기 위하여 키, 체중을 측정하였고, 공명강의 크기 등을 보기 위하여 얼굴의 가로, 세로 길이, 목둘레, 가슴 및 복부 둘레를 측정하였다. 얼굴의 가로는 줄자를 이용하여 코밑을 지나는 양쪽 귀 사이의 길이를, 얼굴의 세로는 두 개의 자를 이용하여 직각으로 머리끝

Table 1. Selected physical characteristics of the professional sopranos

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Vital capacity (L)	Vital capacity (% pred)
1	40	154	55.0	2.83	88%
2	42	167	64.0	3.96	106%
3	40	155	57.0	2.43	75%
4	41	158	53.0	3.42	104%
5	37	164	54.0	3.21	87%
6	43	156	50.6	2.65	84%

Table 2. Performance Histories of the Professional sopranos, including the number of years performing soprano, last degree, whether or not they had a number of solo concerts and operas, and whether or not they had been received awards for performance of sopranos

Subject	Number of years performing	Last degree	Number of solo concerts	Number of operas	Awards received
1	19	Rossini Conservatorio, Italy	3	10	
2	25	Sungsin University, Korea	3	15	
3	23	CNSMD Paris, France	8	10	
4	30	Köln University, Germany	3	3	
5	15	South California University, USA	4	10	4
6	24	Vienna Conservatorio, Austria	3	3	

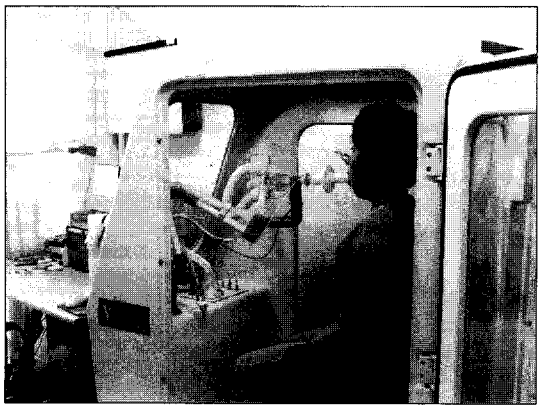

Fig. 1. Autobox test.

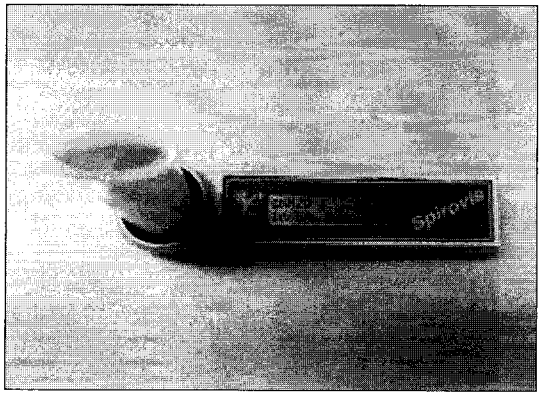

Fig. 2. Cosmed사의 Spirovis.

에서 턱 아래까지를, 목둘레는 줄자를 이용하여 후두를 지나는 선을 따라 측정하였다. 가슴 및 복부둘레는 일반적인 신체검사의 방법을 이용하여 측정하였다.

3. 폐기능검사

폐기능검사는 Sensor Medics 사의 Vmax 6200을 이용하여 단순폐기능검사, flow volume curve를 측정하였고, autobox를 이용하여 특수폐기능검사(body plethysmography)를 실시하였다(Fig. 1). 호흡 근육의 압력 즉 최대흡기압(MIP)과 최대호기압(MEP)은 Cosmed사의 Spirovis 장비를 이용하여 Wilson등[3]이 제시한 방법으로 측정하였다(Fig. 2).

4. 음성언어검사

음성언어검사는 Nagashima사의 Phonatory function analyzer를 사용하여 평균호기류율(Mean glottal flow rate ; MFR), 기본주파수(F0), 음의 강도(intensity), 성문하압(Psub) 등을 측정하였다(Fig. 3).[4] 이 때 저음의

Fig. 3. Phonatory function analyzer(Nagashima) Test.

Table 3. Physical characteristics of the all subjects

Characteristics		Sopranos	Untrained
Age	Year	40.5±2.1	39.5±2.5
Height	Cm	159.0±5.3	160.7±2.2
Weight	Kg	55.6±4.7	58.5±3.1
얼굴가로	Cm	29.6±0.5	30.1±0.7
얼굴세로	Cm	21.2±0.9	21.3±0.8
목둘레	Cm	32.8±0.8	33.4±1.9
가슴둘레	Cm	87.8±4.5	87.7±2.9
복부 둘레	Cm	77.5±2.7	75.4±3.0

도(C3 ; 250Hz)와 고음의 도(C4 ; 500Hz)는 "오" 모음으로 측정하였다. 최대발성지속시간(MPT)은 초시계를 이용하여 편안한 자세에서 충분히 흡기한 후 편안한 발성 "아" 모음을 가능한 한 길게 지속하여 이를 3회 측정한 후 가장 큰 값을 채택하였다.[5]

5. 통 계

통계 처리는 paired T-test로 검정하였다.

결 과

1) 양 군 간의 키, 체중, 얼굴 가로, 세로, 목, 가슴, 복부 둘레 등의, 신체적 계측을 한 결과 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 발견할 수 없었다(Table 3).

2) 단순 폐 기능검사인 FVC(Forced vital capacity : 노력성폐활량), FEV1(Forced expiratory volume in 1 second : 1초간 노력성호기량), FEV1/FVC, FEF 25~75%(Forced expiratory flow : 노력성 호기중간기류량)와 특수 폐 기능 검사로 측정한 TLC(Total lung

Table 4. Pulmonary function test variables between Professional sopranos and female subjects without vocal training

Characteristics		Sopranos	Untrained
FVC	Liters	3.0± 0.5	3.2± 0.4
(% predicted)	(%)	(89.0±10.2)	(91.0±10.7)
FEV1	Liter/sec	2.5± 0.3	2.7± 0.4
(% predicted)	(%)	(95.5± 7.9)	(100.0±14.2)
FEV1/FVC	%	84.2± 4.2	85.3± 3.6
FEF 25-75%	Liter/sec	2.7± 0.3	3.3± 0.9
(% predicted)	(%)	88.2± 9.4	104.0±29.5
TLC	Liters	4.7± 1.9	4.5± 0.5
VC	Liters	3.1± 0.6	3.3± 0.4
IC	Liters	2.2± 0.7	1.7± 0.5
FRC	Liters	2.5± 1.0	2.7± 0.8
ERV	Liters	1.0± 0.4	1.6± 0.9
RV	Liters	1.7± 0.8	1.2± 0.4
TV	Liters	0.8± 0.2	0.9± 0.1
Vtg	Liters	3.4± 1.2	3.3± 0.5
Raw	CmH2O/L/sec	1.8± 0.6	1.5± 0.6
Gaw	L/sec/cmH2O	0.6± 0.2	0.8± 0.2
MIP	CmH2O	75.0±13.9*	62.5± 6.5
MEP	CmH2O	83.8±10.3*	74.2± 7.9

MIP : maximum inspiratory pressure
MEP : maximum expiratory pressure
* : p<0.05 when compared to female subjects without vocal training

Table 5. Phonatory aerodynamics between Professional sopranos and female subjects without vocal training

Characteristics		Sopranos	Untrained
F0	Hz	208.8±34.3	215.1±22.5
MPT	Sec	25.8±7.3*	18.2±2.0
Frequency 1(Do1)	Hz	254.5±11.0	248.5±3.2
Intensity 1(Do1)	Db	66.8±4.0*	73.5±6.0
MFR1(Do1)	Ml/sec	141.0±41.7*	105.2±26.3
Psubglottic1(Do1)	mmH2O	72.5±27.4	58.0±16.1
Glottal resistance1(Do1)		0.54±0.22	0.56±0.15
Frequency 2(Do2)	Hz	501.8±6.9	491.3±14.5
Intensity 2(Do2)	Db	72.3±6.5	78.0±5.0
MFR2(Do2)	Ml/sec	134.7±23.0	174.2±54.4
Psubglottic2(Do2)	mmH2O	109.5±37.9	113.3±33.3
Glottal resistance2(Do2)		0.80±0.19	0.66±0.14
Phonation quotient	ml/sec	125.2±31.7*	179.4±14.1

MPT : maximum phonation time
MFR : mean glottal flow rate
* : p<0.05 when compared to female subjects without vocal training

capacity : 총폐기량)등의 검사치는 성악가와 비 성악가 사이에 별 차이가 없었다. 그러나 호흡근육의 압력을 나타내는 검사, 즉 흡기에 주로 관여하고, 횡격막 근육의 압력을 대변하는 최대흡기압(MIP : Maximum inspiratory pressure), 호기에 주로 관여하고 상복부 근육의 압력을 대변하는 최대호기압(MEP : Maximum expiratory pressure)의 성악가의 수치는 비 성악가에 비해 통계적으로 의미있게 증가되어 있었다(Table 4).

3) 발성 시 호흡 기능의 측정에서는 양 군 간에 폐 기능의 차이가 없었는데도 불구하고, 최대발성지속시간(MPT : Maximum phonation time)은 성악가에서 통계적으로 의의 있게 길었다. "오" 모음의 지속 발성 시 저음의 도(C3, 250Hz)를 발성 할 때보다 고음의 도(C4, 500Hz)를 발성 할 때에 성문하압, 소리의 강도, 성문저항이 양군에서 모두 증가하였다. 비 성악가에서는 저음 발성과 비교하여 고음 발성 시, 평균호기류율(MFR : Mean glottal flow rate)이 많이 증가되는데 비해 훈련된 성악가에서는 큰 변화가 관찰되지 않았다. 발성지수(Phonation quotient)는 비 성악가에 비해 성악가에서 통계적으로 의의 있게 수치가 낮았다(Table 5).

고 찰

전의 연구에 의하면 성악가들은 호흡훈련을 하기 때문에 성악가가 아닌 일반인에 비하여 폐 기능이 더 좋다고 알려져 왔지만 이것은 저자에 따라 다르게 보고되고 있다. 즉 어떤 연구자는 성악가에서 폐 기능이 더 좋다고 보고한 반면,[6] 다른 저자는 차이가 없다고 보고하고 있다.[7][8] 본 연구에서는 후자의 경우처럼 성악가와 비 성악가 사이에 폐 기능의 차이가 관찰되지 않았다. Bjerknes-Haugen G는 성악가와 비 성악가 사이에 폐용적(lung capacity)의 차이는 없으나 총 폐 용적에 대한 잔류 량의 비율(RV/TLC ratio)은 비 성악가에 비해 성악가에서 훨씬 더 적다고 보고하였다.[9] 하지만 본 연구에서는 성악가와 비 성악가 사이에 단순 폐 기능의 차이가 관찰되지 않았을 뿐 아니라 총 폐 용적에 대한 잔류 량의 비율(RV/TLC ratio)도 두 군 사이에 차이를 발견할 수 없었다. 이 차이는 아마도 대상 성악가의 차이 때문이 아닌가 생각된다.

성악가들은 호흡훈련으로 인해 호흡근육이 강화되어 호흡근육의 압력이 비성악가에 비해 더 높다고 가정할

수 있는 데, 본 연구에서는 성악가에서 측정한 MIP와 MEP의 값이 비 성악가에 비해 의의 있게 증가하여 앞에서 가정한 것과 일치하는 결과를 보였다. 이 결과로 미루어 보아 성악을 잘 하려면 호흡근육의 강화 훈련이 중요할 것으로 가정해 볼 수 있다.

실제로 가창 시 호흡조절능력의 차이는 성악가에 있어 아주 중요하고, 그것은 가창실력의 차이로 인식이 된다 하여도 과언이 아닐 것이다. 왜냐하면 무대에서의 호흡조절이란 성악가의 가장 어려운 과제이고 길고 잘 조절된 호흡이야말로 성악가에서는 갖추어야 할 능력이라고 여겨진다. 본 연구에서 성악가에서 최대발성지속시간(MPT)은 폐 기능의 차이가 없음에도 불구하고, 비 성악가에 비해 더 길었다. 그리고 발성지수(phonation qu-otient)는 성악가에서 비 성악가에 비해 의의 있게 감소되었다. 이는 정상인에서 발성을 길게 지속하는 것은 아마도 폐 기능의 차이보다 호흡조절능력이 더 중요한 역할을 하는 것이 아닌가 여겨진다.

본 연구에서 저음 발성 시에는 평균호기류율이 성악가가 비 성악가에 비해 더 높게 나타났으며, 고음 발성 시에는 비 성악가에서 이것이 크게 증가한 데 반해 성악가에서는 큰 변화를 관찰할 수 없었다. 그 이유는 아마도 성악가가 훈련에 의해 후두근육을 강하게 만들어 일반인보다 더 잘 조절할 수 있기 때문에,[10] 성악가에서 평균호기류율(MFR)이 고음 발성에도 불구하고 변화가 적게 나타난 이유로 추정된다.

본 연구에서는 적은 수의 여자 성악가를 대상으로 하였으므로 단정하긴 어렵지만 성악가가 성악을 잘 하려면 호흡기능의 차이보다는 호흡근육의 강화훈련 및 호흡조절 능력의 향상이 더 중요할 것으로 여겨진다. 앞으로 성악을 전공하기 원하는 학생을 대상으로 성악 훈련을 하기 전 후에 검사를 하여 폐 기능이나 후두근육 조절 능력의 차이가 어떻게 나타나는 지를 더 연구하는 것이 필요하리라 여겨진다. 또한 남자 성악가에 대한 연구도 필요할 것이다.

결 론

성악가는 호흡훈련으로 인해 비 성악가보다 폐 기능이 증진되어 있을 것으로 생각되었으나, 실제로 폐 기능 자체는 비 성악가와 별 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 발성 시 호흡 기능의 측정에서 양 군 간에 폐 기능 차이가 없었음에도 불구하고, 최대발성 지속시간(MPT), 평균호기류율(MFR), 발성지수(PQ)에서 나타난 수치는 성악가의 호흡 조절 능력이 비 성악가에 비해 우수하다는 것을 알 수 있었다. 또한 최대흡기압(MIP)과 최대호기압(MEP)에서 보여진 수치는 가창 시에 요구되는 깊고 신속한 공기의 흡입에 중요한 역할을 하는 횡격막 근육의 사용 능력이 비 성악가에 비해 우수하다고 생각된다. 즉 성악가의 호흡 능력은 같은 폐활량으로 가창 시, 비 성악가에 비해 호흡을 유지하고 조절하는 능력이 더 뛰어나다는 것을 보여주고 있다.

중심 단어 : 호흡능력 · 최대흡기압 · 최대호기압 · 폐활량.

본 연구는 2001년도 연세대학교 음성언어연구소에서 지원하는 연구비 수혜 논문입니다.

References

1) Francois Le Huche, Andre Allali : *La Voce 1. Anatomia e fisiologia degli organi della voce e della parola. Milano, Italia : Masson, 1993*
2) Mario De Santis, Franco Fussi : *La Parola e Il Canto. Tecniche, Problemi, Rimedi nei professionisti della voce. Padova, Italia : Piccin, 1993*
3) Wilson SH, Cooke NT, Edwards RHT, Spiro SG : *Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. Thorax. 1984 ; 39 : 535-538*
4) 김영호 : 음성검사법. 공기역학적 검사(*Aero-dynamic Study*). 대한음성언어의학회, *1994*
5) 상게서
6) Gould WJ, Okamura H : *Static lung volumes in singers. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1973 Jan-Feb ; 82 (1) : 89-95*
7) Heller SS, Hicks WR, Root WS : *Lung volumes of singers. J Appl Physiol. 1960 ; 15 : 40-42*
8) Schorr-Lesnick B, Teirstein AS, Brown LK, Miller A : *Pulmonary function in singers and wind-instrument players. Chest. 1985 Aug ; 88 (2) : 201-205*
9) Bjerknes-Haugen G : *Lung function in singers. Tidsskr Nor Laegeforen. 1993 Dec 10 ; 113 (30) : 3767-3768*
10) Titze I, Sunberg J : *Vocal intensity in speakers and singers. J Acoust Soc Am. 1992 ; 91 : 2936-2946*