

## 성악가의 성별 및 성종에 따른 발성적 특징과 차이

### Vocal Characteristics and Differences in Gender and Voice Classification among Classical Singers

남도현<sup>1)</sup> · 김화숙<sup>2)</sup>

Nam, Do Hyun · Kim, Wha Sook

#### ABSTRACT

This study attempted to investigate vocal characteristics and differences in gender and voice classification among classical singers. Twenty-three female singers (M = 23.1 yrs, SD = 3.6 yrs, average 6.3 yrs singing experience, all classified as sopranos) and twenty male singers (M = 25.2 yrs, SD = 3.6 yrs, average 6.3 yrs singing experience, 8 tenors, 12 baritones) were recruited to participate in the present study. Speaking fundamental frequency (F0), closed quotient (CQ), MPT (Maximum Phonation Time), breathing types, maximum inspiratory pressure (MIP), maximum expiratory pressure (MEP), and singers' formants were measured. In addition, vibratory patterns were observed using stroboscopy. Sfo, singing CQ, breathing types, formant frequency in singers' formants, MIP, MEP, and MPT were significantly different from gender to gender. Generally, singers' formants were observed in male singers and also the pattern of singers' formants was different between tenors and baritones. Lower singing CQ values were observed than speaking CQ values in the female singers ( $p < .001$ ). Furthermore, MEP, MIP, and singing CQ were significantly lower for female singers than for male singers ( $P < .001$ ). MPT and speaking F0, however, were not significantly different between tenors and baritones.

**Keywords:** Singer, voice classification, closed quotient, respiration method, singer's formant

#### 1. 서론

여성과 남성, 소프라노와 알토, 바리톤과 테너는 서로 음색과 발화 기본주파수도 차이가 있는 것으로 알려져 있는데 이러한 차이는 서로 다른 신체적 조건이 차이가 나는데 기인한다. 발성에 관련된 신체적 차이는 성대의 길이와 두께(vocal fold mass), 갑상연골의 안각(inside the angle), 폐활량(vital capacity), 성도(vocal tract)의 길이 등에서 차이를 보인다. 여성과 남성의 신체적 차이 중 가장 대표적인 것은 성대의 길이와 두께의 차이인데, 이것의 차이에 의하여 여성의 성대 진동수가 남성의 성대진동수보다 약 두 배 정도 많기 때문에 발화 기본주파수도 약 2배 정도 높게 나타난다. 또한 같은 성(gender)에서도 성대의 길이와 두께는 차이를 보이는데 이러한 차이는 성악가의 성종(voice

classification)을 구분하는데 가장 중요한 요소이며 소프라노보다는 알토가, 테너보다는 바리톤의 성대의 길이가 길다고 한다 (Roers 등, 2009). 남녀 간에 또 다른 차이는 갑상연골의 크기이며, 남성이 여성보다 약 1.5배 정도 더 크며, 후두의 안각은 여성이 120도이며 남성은 90도이다. 또 다른 차이는 일반적으로 남성과 여성의 신체적인 크기가 다르기 때문에 폐활량과 호흡근의 근력도 차이가 있을 것으로 예상된다. 그리고 일반적으로 호흡방법은 숨을 들이마시는 방법에 따라 구분하는데, 흡기근육의 주 근육은 횡격막(diaphragm)과 늑간근(intercostal muscle)이다. 흡기근육 중 내늑간근이 주로 작용하여하는 호흡방법을 복식호흡이라 부르고, 흡기근육 중 주 근육인 횡격막과 내늑간근이 같이 작용하는 호흡방법을 흉복식호흡이라 하고 횡격막이 주로 작용하는 호흡방법을 복식호흡이라 부르는데 이러한 호흡방법도 여성과 남성 사이에는 차이가 있을 것으로 예상된다. 또한 여성과 남성은 신체적인 근력에도 차이를 보이는데 이러한 차이는 호흡근력에도 차이가 있을 것으로 생각된다. 호흡근력은 숨을 들이 마실 때 작용하는 호흡근육의 근력을 나타내는 최대흡기압(maximum inspiratory pressure)과 숨을 내쉴 때의 호흡근육의 근력인 최대호기압(maximum expiratory pressure)으로 구분되는데 이 압력을 측

1) 연세대학교 의과대학 dhnambar@yuhs.ac

2) 수원대학교 음악대학 pace2576@hanmail.net, 교신저자

접수일자: 2009년 5월 4일  
수정일자: 2009년 6월 17일  
게재결정: 2009년 6월 17일

정하면 남성과 여성의 호흡 근력을 측정할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 여성과 남성에서 차이를 보이는 것은 성도의 길이인데, 남성의 성도의 길이가 대체적으로 여성보다 길기 때문에 더 낮은 공명주파수를 나타낸다. 성악가의 경우 소프라노보다는 알토가, 테너보다는 바리톤의 성도의 길이가 길게 나타난다고 보고하고 있다(Dmitriev 등, 1972). 이러한 성도길이의 차이는 공명주파수와 공명주파수 강도에도 영향을 미쳐 성악가음형대의 형성과 관련되어 있다(Titze, 1994). 그리고 성대의 길이 폐활량에 차이가 있다면 최대발성시간에는 영향을 있을 것으로 예상된다.

이번 연구에서는 남녀 간에 성대길이와 후두안각의 차이는 발화기본주파수, 발화 시 성대접촉률(closed quotient)과 발성 시 성대접촉률은 어떠한 차이를 보이는지 알아보고, 성종 간에도 차이가 있는지 알아본다. 또한 흡식, 복식, 흉복식호흡으로 구분되는 호흡방법과 호흡근력을 대변하는 최대흡기압과 최대호기압을 측정하여 남녀 및 성종 간에 호흡근력의 차이를 비교하려 한다. 성대접촉률과 호흡근력, 호흡방법 등이 차이를 보인다면 최대발성지속시간에도 영향이 있을 것으로 예상되기 때문에, 이를 측정하여 남녀 및 성종 간 서로 비교하여 보고, 남녀 사이에 성도의 차이가 있다면 성악가 음형대(Singer's formant)의 형성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

연구대상으로는 현재 서울과 수도권 음악대학 성악과에 재학 중인 여성 23명(소프라노)과 남성20명(테너 8명 바리톤 12명), 총 43명을 선정하였으며, <표1>에서와 같이 여성(소프라노)의 평균 연령은 23.1세이며 평균 경력은 6.8년이었으며, 남성의 평균 연령은 25.2세(테너:26.4세, 바리톤: 24.4세)이고 평균 경력은 6.3년(테너:7.1년, 바리톤:5.5년)이었다. 그리고 실험군의 신체적 조건은 여성(소프라노)의 평균 신장은 162.5cm 이었고, 평균 체중은 58.5kg 이었으며, 남성의 평균 신장은 174.9cm(테너:173.6cm, 바리톤:176cm)이고, 평균 체중은79.9kg (테너:74.1kg 바리톤:84.4kg)로 나타났다. 또한 후두 스트로보스코피 검사를 시행하기위하여 70도 경성내시경을 사용하여 “이”모음 연장 발성 시 성대를 관찰하여 음성질환여부와 정상적으로 성대진동을 하는지 관찰하였다.

표 1. 연구대상의 연령과 경력 및 신체적 조건

Table 1. Demographic information for the participants

		연령(년)	경력(년)	신장(cm)	체중(kg)
여성	소프라노(23명)	23.1±3.6	6.8±2.8	162.5±5.6	58.5±9.9
	남성				
	테너(8명)	26.4±4.7	7.1±2.5	173.6±3.6	74.0±8.0
	바리톤(12명)	24.4±2.6	5.5±2.7	176.0±4.2	84.4±19.4

2.2 측정도구 및 방법

2.2.1 발화 기본주파수와 발화 및 발성 시 성대접촉률의 측정  
 발화 기본주파수와 발화 시 성대접촉률을 측정하기 위하여 갑상연골주변을 알코올 솜으로 문지른 다음 <그림1>의 EGG (electroglottograph)밴드와 마이크를 부착하고 Lx. Speech Studio(Larygography Ltd, London, UK)의 SPEAD (Speech Pattern Element Acquisition and Display)프로그램을 사용하여 가장 편안하게 앉은 상태에서 513음절 9개의 문장으로 구성된 “가을” 문단(김향희, 1996)을 평소에 사용하는 자연스러운 말소리의 높이로 문장읽기를 시행하여 문장전체의 90%구간을 정량 분석(Quantitative Analysis)하였다.

발성 시 성대접촉률의 측정은 발화 시 성대접촉률을 측정하는 것과 같은 방법으로 SPEAD 프로그램을 사용하였으며, 발성 시 음도변화에 따른 성대접촉률을 측정하기 위하여 EGG 밴드와 마이크를 부착하고, 남자성악가는 피아노를 대신하여 음높이를 제시할 수 있는 피치파이프(Pitch pipe)를 붙여서 <그림2>의 악보와 같이 A2(110Hz)음을 기본음으로 설정하고 두 옥타브 높은 A4(220Hz)음을 목표음으로 설정하여 “아” 모음으로 상향 발성하였으며, 여자성악가도 같은 방법으로 A3(220Hz)음을 기본음으로 설정하여 두 옥타브 높은 A5(880Hz)음을 목표 음으로 설정한 다음 “아” 모음으로 상향 발성하여 전체발성구간의 90%구간을 정량 분석을 하였다.

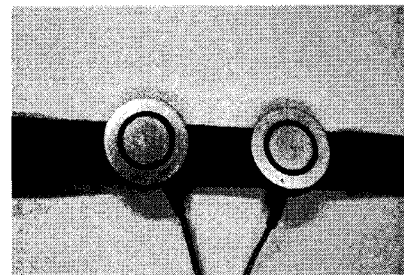


그림 1. 성대접촉률을 측정하기위한 EGG밴드  
 Figure 1. EGG band for measuring the closed quotient



그림 2. A2-A4까지 “아” 모음으로 두 옥타브 연장발성 악보  
 Figure 2. Pitch gliding-up with /a/ vowel from A2 to A4 (two-octave)

2.2.2 최대발성지속시간의 측정

최대발성지속시간은 측정은 0.01초까지 잴 수 있는 초시계를 이용하여 앉은 자세에서 숨을 충분히 들이마시게 한 후 편안한 음의 높이에서 “아” 모음을 가능한 한 길게 발성한 시간을 측

정하였다. 같은 방법으로 2회 반복 측정하여 그 중 가장 큰 값을 택하였다.

2.2.3 호흡방법의 측정

똑바로 선 자세에서 <그림3>에서와 같이 inspirometer를 사용하여 최대한 빠른 속도로 숨을 최대한 들이마셨을 때, 흉곽의 움직임과 어깨가 위로 올라가는 움직임이 주로 나타났을 때를 흉식호흡으로, 가슴의 움직임은 없이 상복부가 주로 움직였을 때를 복식호흡으로, 어깨의 움직임 없이 흉곽과 상복부가 같이 움직였을 때를 흉복식호흡으로 간주하였다.

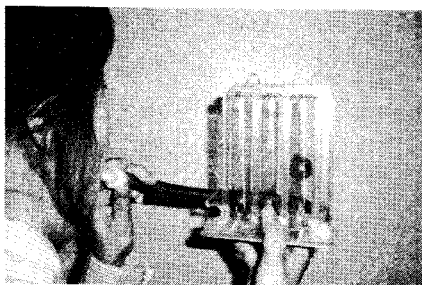


그림 3. 호흡방법 측정을 위한 Inspirometer  
Figure 3. Inspirometer measures for breathing patterns

2.2.4 최대흡기압과 최대호기압의 측정

최대흡기압과 최대호기압의 측정은 <그림4>과 같이 Spirovis (Cosmed Srl, Rome, Italy)를 이용하여 똑바로 선 자세에서 숨을 다 내쉬게 한 후 Spirovis에 연결된 mouthpiece를 통해 최대한 강하게 흡입을 시킨 후, 신호음이 울리면 다시 최대한 강하게 숨을 내쉬게 하여 이를 측정하였다. 같은 방법으로 3회 반복하여 가장 높은 값을 택하였다.



그림 4. 최대흡기압과 최대호기압 측정기구인 Spirovis  
Figure 4. Spirovis for measuring the maximum inspiratory and expiratory pressure

2.2.5 성악가 음형대의 및 음성검사측정

Dr. speech version III(Tiger DRS, Inc. USA)의 Real analyzer를 이용하여 피검자와 마이크 사이에 약 30 cm 정도 거리를 두고 편안한 음도에서 “아” 모음을 5초 간 연장발성을 한 다음, 전체 발성구간 중 안정구간을 택하여 LPC 스펙트럼(LPC

spectrum)상에서 제3.4.5음형대부분의 주파수와 강도를 관찰하고, 스펙트로그램(spectrogram)상에서 제3.4.5음형대부분에서 진한색의 띠가 만들어 지는가 관찰하여, 진한 색으로 나타나면 성악가 음형대가 형성되는 것으로 판단하였다.

2.4 통계분석

집단 간 차이들에 대한 모수적 방법에서의 여러 가정들이 데이터에서 다 충족된다는 보장이 없기 때문에 통계적 검정을 위해서는 비모수적 방법을 사용하였다. 통계 소프트웨어 SigmaPlot 8.0 (Jandel Scientific, San Rafael, CA)을 사용하여 3개 이상의 집단간 비교를 위한 비모수적 크루스칼-윌리스 일원분산분석(Nonparametric Kruskal-Wallis one-way analysis of variance)방법으로 성종 간 발화 시 성대접촉률, 발성 시 성대접촉률, 최대발성시간, 최대흡기압과 최대호기압에 대한 분석을 실시하였으며, 2개 집단간 비교를 위한 비모수적 방법인 Mann-Whitny 검정으로는 남녀 두 군 간의 발화 시 성대접촉률, 발성 시 성대접촉률, 최대발성시간, 최대흡기압과 최대호기압을 검정하였다. 유의수준은 P 값이 0.05 미만이면 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다. 비모수적 검정 방법은 집단 간에 유의한 차이가 있는가를 평가하기 위한 하나의 방법이고, 비모수적 방법에 의하여 집단 간의 유의한 차이가 인정되면, 그 구체적인 내용을 알기 위하여 데이터를 그림으로 표현하고 그 평균값들도 제시하였다.

3. 연구 결과

3.1 후두스트로보스코피 검사

여성의 경우 3명에서 위산역류와 경미한 성대결절 전 단계에 해당하였으며, 2명에서는 발성 시 성대의 후면에 틈새(posterior chink)가 관찰되었다. 그러나 후두스트로보스코피를 시행하기 위해 시행자가 혀를 잡아당기면서 시행하는 경우 여성의 경우 실제 임상에서 후면에 틈새를 만들고 발성하는 경우를 볼 수 있으나, 음성질환이 없고 정상적인 발성에서는 문제가 없었으므로 연구대상으로 선정하기에는 큰 문제가 없었다. 남성의 경우에는 위산역류와 염증이 관찰되어 치료 후 다시 검사를 시행하여 정상적인 상태에서 다시 검사를 진행하였다.

3.1 발화기본주파수와 발화 및 발성 시 성대접촉률

3.1.1 발화기본주파수

<그림4>에서와 같이 여성의 발화기본주파수는 평균223.7Hz로 나타났으며, 남성의 발화기본주파수129Hz (테너:132.8Hz, 바리톤: 125.5Hz)로 나타나 여성소프라노가 테너보다는 약 1.7배, 바리톤 보다는 약 1.8배정도 높게 나타나서 남녀 간에는 통계적으로 차이를 보였으나, 테너와 바리톤간의 발화 기본주파수는 통계적인 차이는 없었다.

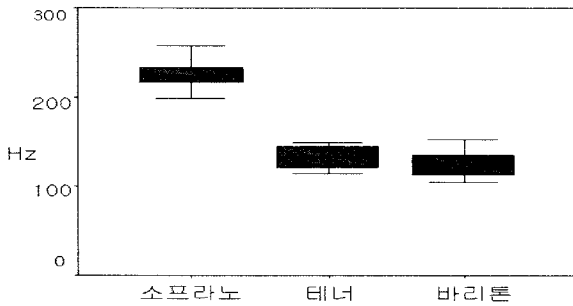


그림 4. 소프라노, 테너, 바리톤의 발화기본주파수

Figure 4. Habitual speaking fundamental frequency (Sfo) for sopranos, tenors, and baritones

3.1.2 발화 시 성대접촉률

여성 소프라노의 발화 시 성대접촉률은 <그림5>에서와 같이 평균 50.8%로 나타났으며, 남성의 발화 시 성대접촉률은 52%(테너:52.3%, 바리톤:52.4%)로 나타나서 남녀 간에 통계적인 차이를 발견할 수 없었으며 또한 테너와 바리톤 간에도 통계적으로 차이가 없었다.

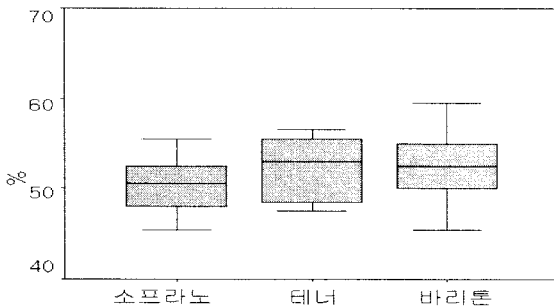


그림 5. 소프라노 테너, 바리톤의 발화 시 성대접촉률

Figure 5. Closed quotients for sopranos, tenors, and baritones during speaking

3.1.3 발성 시 성대접촉률

여성의 두 옥타브 상향 발성 시 전체 구간의 평균 성대접촉률은 <그림6>에서와 같이 평균 40%로 측정되어 남성(테너: 58.4%, 바리톤: 57.8%)의 58%보다 많이 낮았으며 통계적으로도 차이를 보였다. 그러나 테너와 바리톤의 사이에는 통계적인 차이가 없었으나 테너가 바리톤보다 높게 측정되었다.

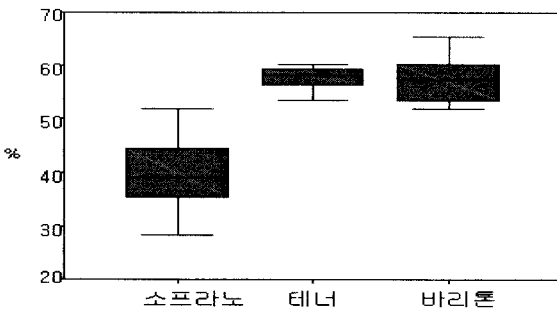


그림 6. 소프라노 및 테너와 바리톤의 발성 시 성대접촉률

Figure 6. Closed quotients for sopranos, tenors and baritones during singing

3.1.4 발화 시 성대접촉률과 발성 시 성대접촉률

<그림7>에서와 같이 소프라노의 발화 시 성대접촉률과 발성 시 성대접촉률을 비교하였을 때 발화 시 성대접촉률이 통계적으로 높았다. 그러나 테너와 바리톤의 경우에는 발화 및 발성 시 성대접촉률을 비교하였을 때 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

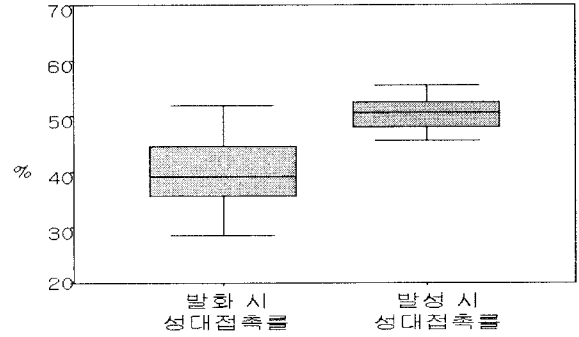


그림 7. 소프라노의 발화 및 발성 시 성대접촉률

Figure 7. Closed quotients of sopranos in speaking versus singing

3.2 최대발성지속시간

최대발성지속시간은 <그림8>에서와 같이 여성 평균 22.1초로 남성 평균 25.5초(테너:26.9초, 바리톤:24.2초)로 통계적인 차이가 없었으나 남성이 약간 길게 측정되었다. 또한 테너와 바리톤 사이에도 통계적인 차이를 보이지는 않았다.

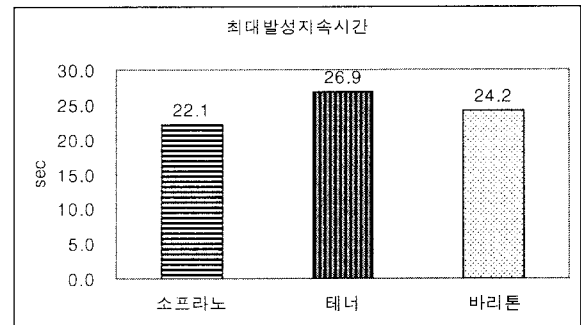


그림 8. 소프라노, 테너, 바리톤의 최대발성지속시간

Figure 8. Maximum phonation time (MPT) for sopranos, tenors and baritones

3.3 호흡방법

호흡방법은 Spirometer를 강하게 들며 마셨을 때 여성의 경우 <그림9>에서와 같이 여성 실험 군 23명중 17명(74%)은 흉식 호흡을 하였으며, 나머지 6명(28%)은 횡복식호흡을 하고 있었다. 그러나 테너는 <그림10>과 같이 8명중 1명(13%)이 복식호흡을, 흉식호흡은 4명(49%)이 하였으며 나머지 3명(38%)은 횡복식호흡을 하는 것으로 측정되었다. 그리고 바리톤은 <그림 11>과 같이 12명중 6명(47%)이 복식호흡을 하였고, 흉식호흡은

2명(15%)이 하였고, 나머지 5명(38%)은 흉복식호흡을 하는 것으로 나타났다.

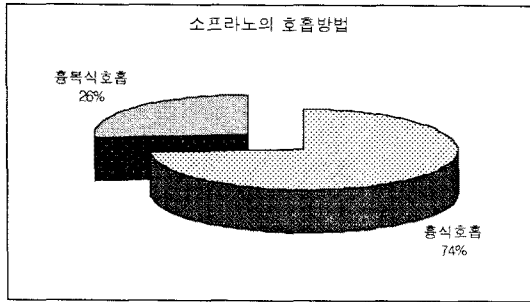


그림 9. 소프라노의 호흡방법의 비율  
Figure 9. Breathing patterns for soprano singers

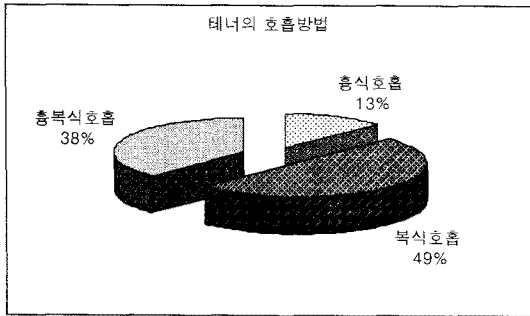


그림 10. 테너의 호흡방법의 비율  
Figure 10. Breathing patterns for tenor singers

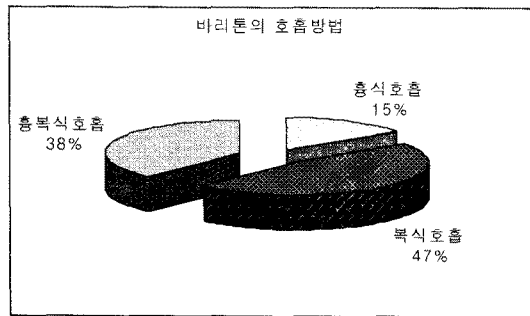


그림 11. 바리톤의 호흡방법의 비율  
Figure 11. Breathing patterns for baritone singers

### 3.4 최대흡기압과 최대호기압

<그림12>에서와 같이 여성의 평균 최대호기압은 71.4cm/H<sub>2</sub>O 이었으며, 남성의 평균 최대호기압은 105.2cm/H<sub>2</sub>O(테너: 107.1cm/H<sub>2</sub>O, 바리톤: 103.3cm/H<sub>2</sub>O)로 남성이 여성보다 약1.47배 높아 통계적 차이를 나타냈으나, 테너와 바리톤 사이에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 최대호기압도 여성은 평균 61.2cm/H<sub>2</sub>O, 남성은 평균 91.2cm/H<sub>2</sub>O(테너: 92.6cm/H<sub>2</sub>O, 바리톤: 89.8cm/H<sub>2</sub>O)로 남성이 여성보다 약 1.49배 높게 나타나 통계적으로 남성이 높게 나타났으나, 테너와 바리톤 간에는 통계적으로 차이가 없었다.

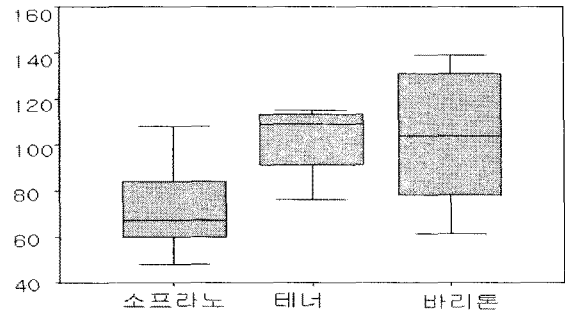


그림 12. 소프라노, 테너, 바리톤의 최대흡기압  
Figure 12. Maximum inspiratory pressure (MIP) for soprano, tenor and baritone singers

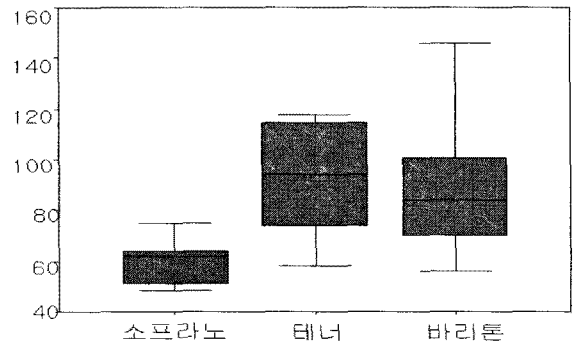


그림 13. 소프라노, 테너, 바리톤의 최대호기압  
Figure 13. Maximum expiratory pressure (MEP) for soprano, tenor and baritone singers

### 3.5 성악가 음형대

소프라노의 경우 23명중 15명은 <그림14>의 LPC 스펙트럼에 표시된 원과 같이 제1,2음형대보다 공명주파수 강도가 많이 떨어져 있었고, 스펙트로그램의 타원으로 표시된 부분에서와 같이 진한 색을 띄고 있지 않아 성악가음형대가 형성되어있지 않은 것으로 나타났으며, 나머지 8명은 <그림15>의 LPC 스펙트럼에 표시된 원에서와 같이 3100~3200Hz대에서 다른 소프라노들에 비하여 공명주파수 강도가 약간 증가하였으며, 스펙트로그램에 타원으로 표시된 부분에서와 같이 좁은 구간에 진한 색으로 나타나서 공명주파수 강도가 약하게 성악가 음형대가 형성되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 테너는 모두에서 <그림16>의 LPC 스펙트럼에 표시된 원과 같이 제1,2음형대의 공명주파수강도와 차이를 보이지 않았으며, 스펙트로그램에 타원으로 표시된 부분과 같이 대부분 2700-3700Hz 정도에 강한 공명주파수를 보이고 있어서 성악가음형대가 형성되어 있는 것으로 판단되었으며, 바리톤은 모든 실험 군에서 <그림17>의 LPC 스펙트럼에 표시된 원과 같이 제1,2음형대의 공명주파수강도와 차이를 보이지 않았으며 스펙트로그램에 타원으로 표시된 부분과 같이 2500-3500Hz대에서 강한 공명주파수 강도를 가지고 있어, 성악가음형대가 형성되어 있는 것으로 나타났다.

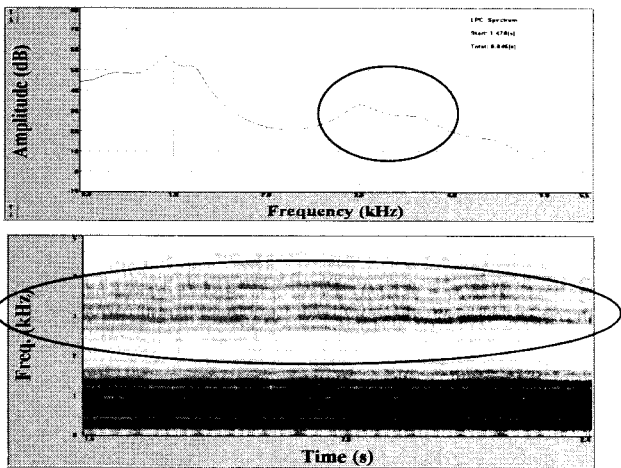


그림 14. 성악가음형대가 형성되어 있지 않은 소프라노 (LPC 스펙트럼의 원부분과 스펙트럼에서의 타원 부분에 약한 공명주파수가 보임)

Figure 14. The example of a soprano without singers formant (weak formant frequencies in the LPC spectrum and narrow band spectrogram)

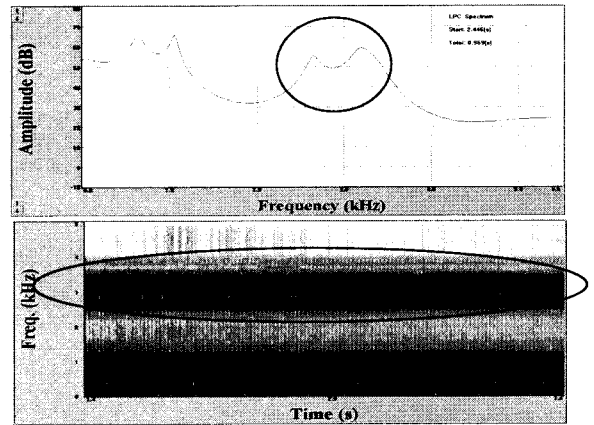


그림 17. 성악가음형대가 형성 되어 있는 바리톤 (LPC 스펙트럼의 원부분과 스펙트로그램의 타원부분에 강한 공명주파수가 보임)

Figure 17. The example of a baritone with singers formant (strong formant frequencies in the LPC spectrum and narrow-band spectrogram around 2500-3500Hz)

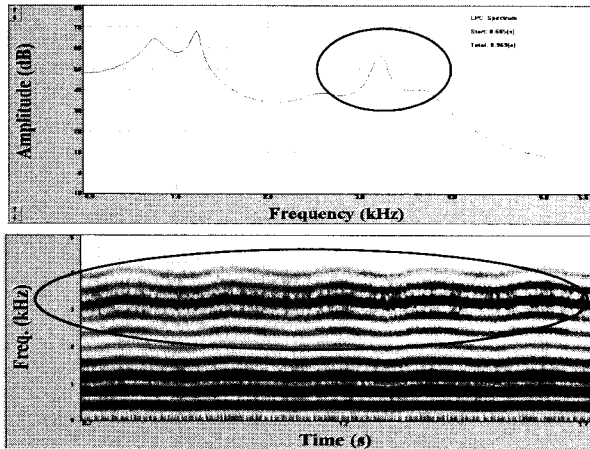


그림 15. 성악가음형대가 형성되어 있는 소프라노 (LPC 스펙트럼의 원부분과 스펙트로그램의 타원부분에 공명주파수가 보임)

Figure 15. The example of a soprano with singers formant (Formant frequencies were shown in the LPC spectrum and narrow-band spectrogram around 3100Hz)

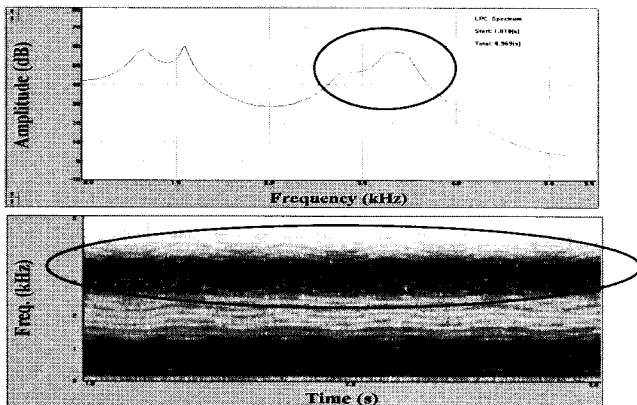


그림 16. 성악가음형대가 형성되어 있는 테너 (LPC 스펙트럼의 원부분과 스펙트로그램의 타원부분에 강한 공명 주파수가 보임)

Figure 16. The example of a tenor with singers formant (strong formant frequencies in the LPC spectrum and narrow-band spectrogram around 2700-3700Hz).

#### 4. 논 의

신생아의 기본주파수는 400~450Hz 정도이고 나이가 들수록 점점 기본주파수는 낮아지다가 남성호르몬의 영향으로 2차 성징이 나타날 때, 여성보다는 남성의 기본주파수가 급격히 낮아져서 여성은 200~250Hz, 남성은 100~150Hz에서 발화기본주파수가 형성된다(Santi 등, 1993). 여성의 경우 일년에 평균 0.4mm 정도씩 길어지고, 남성은 평균 0.7mm 정도 길어지며 18세 전후에 성장을 멈추며, 여성과 남성의 기본주파수는 1.7배 정도 차이가 난다고 하였다(Titze, 1993). 이번 연구에서도 여성의 발화기본주파수가 남성보다 1.73배 정도 높게 나타나 같은 결과를 보였으나, 다른 연구에서는 소프라노는 246Hz, 테너는 164Hz, 바리톤은 123.HZ로 보고하고 있어 이번 연구에서의 소프라노의 발화기본주파수가 더 낮게 측정되었으며, 또한 테너 역시 낮게 측정되었고 바리톤은 다른 연구에서와 차이가 별로 없었다(Miller, 1983) 소프라노와 테너가 다른 연구와 많은 차이를 보이는 것은 인종 간의 차이, 연구대상 간의 차이 등도 있을 수 있었으나 소프라노와 테너의 경우에 성종을 잘못 선택한 경우도 가능할 것으로 생각된다. 그 이유로 여성 중 발화기본주파수가 낮아 메조소프라노의 발화 기본주파수를 가지고 있는 사람들도 있었으나 메조소프라노라고 말한 사람이 한 명도 없었으며, 또한 테너의 경우에는 발화기본주파수가 다른 연구에 비해 많이 낮았다. 또한 원래 테너와 바리톤은 발화기본주파수가 차이를 보이는 것이 일반적인데 이번 연구에서는 바리톤과도 통계적으로 차이가 없었기 때문이다. 결론적으로 연구대상 중 자신의 신체적인 조건과 다른 성종을 선택한 사람이 있는 것으로 생각된다. 여성의 후두안각은 120도로 남성보다 넓은 각도를 이루고 있어 성대접촉률에도 영향을 미칠 것으로 예상했었다.

그러나 발화 시 성대접촉률은 여성과 남성 또한 성종 간에도 발견할 수 없었으나 발성 시 남성의 성대접촉률이 여성의 성대접촉률보다 1.45배 정도 높게 나서 남성은 여성보다 훨씬 높은 성대접촉률로 발성하였다. 또한 여성은 발화 시 성대접촉률보다 발성 시 성대접촉률이 낮게 낮는데 여성은 고음으로 갈수록 빠르게 진동하여야하기 때문에 성대의 진동 패턴이 성대의 상면(upper margin)이 주로 진동하게 되는 것으로 알려져 있는데 이것 때문에 남성보다 낮은 것으로 생각된다. 그러나 남성의 경우 발성 시 성대접촉률이 발화 시 성대접촉률보다 높게 발성하는 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이렇게 성대접촉률이 여성과 남성이 차이가 나는 이유는 성대의 길이와 두께, 근육의 긴장도에 따라 차이가 나기 때문이라 하였으며, 경력이 많은 사람의 성대접촉률이 더 높게 측정된다고 보고하였다(Henrich 등, 2005). 또한 남성과 여성 모두의 경우 성대접촉률은 음도의 증가에 비례한다고 보고하였다(Howard, 1995, Holmberg 등, 1988). 그러나 다른 연구에서는 주파수의 증가도 성대접촉률을 증가시키나 주파수의 변화가 미치는 영향은 강도의 변화에 비해 크지 않은 것으로 보고하였다 (Howard 등, 1990). 또한 이번 연구에서 여성의 낮은 성대접촉률은 발성방법의 미숙함과 관련이 있는 것으로도 생각되며, 이 부분에 대하여는 경력이 더 많은 성악가들을 대상으로 더 연구해보아야 할 것으로 생각된다. 또한 여성의 경우 호흡방법이 흉식호흡이 남성보다 많게 나왔는데 이것도 성대접촉률이 낮게 나온 원인 중에 하나로 생각된다.

최대발성지속시간은 성대의 기능을 평가하는 간단한 임상검사법으로 널리 이용되고 있다. 이것은 다양한 성대 질환이 있는 경우에 감소된다고 보고하고 있다(Hirano 등, 1968). 최대발성지속시간에서는 남녀 간 성종 간 통계적으로 차이를 보이지 않았는데 여성의 표준폐활량이 2500cc정도이고 남성의 표준폐활량이 3500cc인데, 폐활량의 차이에 의하여 남성이 훨씬 길 것으로 예상할 수 있으나 성대접촉과의 상호작용에 의하여 여성이 성대를 진동시키기 위한 평균호기류율(mean flow late)이 더 낮기 때문에 가능한 것으로 생각된다. 최대발성지속시간은 폐활량(vital capacity)과 직접적인 연관성이 있는 것으로 보고하고 있다 (Hirano 등, 1968). 폐활량과 최대발성지속시간과의 상관관계는 없지만, 최대발성지속시간이 길게 나오는 사람은 자신의 폐활량의 90%까지 사용한다고 보고하였다(Solomon, 2000). 호기량의 조절은 호흡훈련과도 연관이 있으며, 성대에서 적절하게 성대접촉을 조절하기 때문에 가능하다고 하였다(남도현 등, 2003). 이 부분에 대하여 앞으로 좀 더 연구하여야 할 것으로 생각된다.

호흡방법은 크게 흉식, 복식, 흉복식호흡으로 분류하는데, 실제로는 완전한 흉식호흡이나 복식호흡은 불가능하며 누구나 흉식과 복식호흡을 같이 사용한다. 다만 어느 쪽의 호흡방법에 비중이 높은가가 호흡방법을 결정하는데, 이번 연구에서는 어깨의 올라가면서 가슴이 들리면 흉식호흡으로 간주하였다. 소프

라노의 경우 흉식호흡을 하는 비율이 74%로 높게 나타났으며 남성 중 에서도 흉식호흡을 하는 경우를 볼 수 있어서, 모든 성악가가 복식호흡을 하는 것이 아닌 것으로 생각된다. 호흡방법은 공기역학적인 측면뿐만 아니라 후두의 위치를 결정하는 중요한 역할을 하는데, 흉식호흡을 하여 어깨가 올라가는 경우에는 외후두 근에 영향을 미쳐 후두를 위로 올라가게 만드는 원인을 제공한다(Iwarsson, 1998, 2001). 다른 연구에서는 호흡방법에 따라 후두위치가 21mm정도 차이가 난다고 보고하고 있다 (Macklin, 1925). 또한 발성훈련방법에서 후두위치를 경추7번 위치에서 발성할 수 있도록 훈련하는데, 후두가 높게 위치할 경우 소리의 시작 시 충분한 성대접촉을 하지 못하게 되고 목 주위에 긴장의 원인이 되며 또한 음성질환의 원인이 되기도 한다. 이번 연구에서 여성의 경우 흉식호흡을 하는 경우가 남성보다 월등히 높았는데 이것도 성대접촉률에 영향을 미친다(남도현 등, 2004).

또한 후두의 위치는 공명주파수에도 영향을 미쳐서 후두가 높게 되면 공명주파수는 높게 나타나나 공명주파수의 강도는 떨어지며, 성악가음형대의 형성에 영향을 미친다. Sundberg는 성대 바로위에 있는 전후두관(epilaryngeal tube)의 길이는 2.5~3cm정도 되는데 전체성도의 길이가 전후두관의 단면적보다 6배 이상 높을 때, 즉 성도의 길이와 넓이가 증가할 때 성악가음형대가 형성된다고 발표하였다 (Sundberg, 1974). 이번 연구에서 여성의 경우 일부분에서만 나타나고 남성은 전원에서 성악가음형대가 형성되는 것으로 나타났는데 이는 우리나라 사람의 성도의 길이가 17cm라고 알려져 있으므로 전후두관의 길이를 3cm로 가정하였을 때 최소한 18cm이상되어야 한다는 결론을 얻을 수 있다. 그렇다면 성악가음형대가 형성되지 않은 사람들은 성도의 길이가 짧아졌다는 것이고 성도의 길이에 가장 영향을 미치는 것은 후두의 위치와 입술의 나옴 정도인데 후두의 위치가 상승하여 성도의 길이가 짧아졌기 때문이라 생각된다. <그림14>에서와 같이 LPC스펙트럼 상에서 제3포먼트의 강도가 제1.2포먼트보다 현저하게 낮은 것을 볼 수 있으나, <그림16>, <그림17>에서의 LPC스펙트럼에서는 테너와 바리톤의 스펙트로그램 상에서의 색깔의 진한 정도는 강도와 관련이 있는데 성악가음형대가 형성되어있는 여성보다 남성의 스펙트로그램이 더 진한 색을 보여서 성악가음형대의 강도는 남성이 더 강하게 나타났다. 또한 여성의 경우 성악가음형대의 형성이 3100Hz정도에 주파수범위가 좁게 나타난 것에 반해 테너는 약 2700~3700Hz대에서, 바리톤은 2500~3500Hz대에서 형성되어 있었다. 이는 성도의 길이가 서로 차이를 보이기 때문이며 소프라노보다는 테너가, 테너보다는 바리톤의 성도의 길이가 길기 때문이다. 그리고 대부분의 연구대상에서 제5음형대 값이 관측되지 않았는데 남성 성악가에서 후두를 아래로 내림으로서 2800 Hz대에 성악가음형대가 높은 에너지로 형성되며, 성도에 대한 음향학적인 모델을 통해서 이상와(piriforme sinus)부분이 넓어지면

제5음형대가 거의 3000Hz로 감소된다고 하였다(Sundberg, 1974). 이번 연구에서는 제5음형대를 3000Hz대에서 관찰 할 수 없었는데, 발성적으로 다른 특징을 가지고 있거나 이상화 부분이 넓어지지 않았기 때문이라고 추측된다. 이 부분에서도 좀 더 연구하여야 할 것이다.

호흡근력은 호흡에 관여하는 근육의 압력을 말하는데 숨을 들이 마실 때는 횡격막이 80%정도 역할을 하기 때문에 최대흡기압은 횡격막의 압력을 대변하며, 숨을 내쉴 때는 상복부가 80%정도 역할을 하기 때문에 최대호기압은 상복부의 압력을 대변한다고 알려져 있다. 최대흡기압의 압력이 높은 경우 발성 시 짧은 시간에 많은 공기를 들이마실 수 있기 때문에 성악가에게는 아주 중요한 역할을 한다. 특히 기창 시 가사의 전달이나 음악적 표현을 위하여 긴 프레이즈를 노래하여야 하는 경우 충분하게 호흡을 들이 마셔야 가능하데 이때 복식호흡과 더불어 최대흡기압이 높은 경우 유리하다. 또 다른 연구에서는 성악가의 최대흡기압은 성악훈련을 받지 않은 일반인에 비해 유의하게 증가하였으며 성악의 훈련기간과 비례하지는 않았다(남도현 등, 2003).

최대호기압은 발성 시 강도를 증가시킬 때나 고음발성에서 중요한 역할을 하는데, 성악가는 가창 시 소리의 강도가 일반인에 비하여 높은 것이 일반적이며 성대와외 상호작용에 의하여 강도의 조절을 할 때 상복부가 중요한 역할을 한다. 상복부는 호기 시 가장 주 근육이며 최대호기압을 대변한다고 알려져 있기 때문에 훈련된 성악가는 복근운동에 많은 시간을 들여 훈련한다. 이번 연구에서 최대흡기압과 최대호기압 모두에서 남성이 여성에 비하여 월등히 높은 근력을 가지고 있는 것으로 측정되었다. 여성의 모든 근력이 남성보다는 약하기 때문에 당연한 결과이나, 여성 중 많은 사람이 흉식호흡을 한 것도 하나의 이유라 생각되며, 평소 발성 강도가 여성보다 남성이 높은 것도 이유라고 생각된다. 다른 연구에서 호흡훈련 기구를 사용하여 호흡훈련 전 후의 압력을 비교해보니 호흡훈련 후 최대흡기압과 최대호기압이 증가 하는 것을 보고 하였다(남도현 등, 2002). 그러므로 남녀의 호흡근력의 차이는 훈련도 큰 역할을 한 것으로 생각된다. 그리고 임상에서 음성질환자나 음성에 문제가 있는 경우 호흡압력이 낮은 경우를 종종 볼 수 있었으며 음성치료의 첫 단계는 호흡방법의 교정과 호흡근력도 증가시키는 훈련을 하여 호흡능력을 개선하는 것을 목표로 한다.

## 5. 결 론

1. 여성 소프라노의 발화기본주파수는 남성의 테너보다는 1.7배, 바리톤 보다 약1.8배정도 높았으나, 테너와 바리톤 사이에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 전통적으로 테너와 바리톤 사이에는 차이가 있는 것으로 알려져 있어 성종 간의 기본주파수의 차이에 대하여 좀 더 연구하여야 할 것으로 생각

된다.

2. 남녀 성악가 사이에 발화 시 성대접촉률은 차이를 보이지 않는다. 그러나 여성은 발성 시 성대접촉률은 발화 시 성대접촉률보다 낮게 발생하며, 남성은 발화 시 성대접촉률보다 발성 시 성대접촉률을 높게 발생한다.

3. 최대발성지속시간은 남녀 성악가 사이에 차이를 보이지 않으며 성종 간에도 차이를 보이지 않았다.

4. 여성은 흉식호흡의 비율이 더 많으며, 남성은 복식과 흉복식 비율이 더 높았다.

5. 여성의 호흡근력은 남성이 여성보다 약1.5배정도 높은 것으로 나타났다.

6. 성악가음형대는 여성에서는 형성되지 않았거나, 성악가음형대가 형성되는 경우 3100- 3200Hz대에서 생기며 공명주파수 강도가 약하였다. 그러나 남성에서는 전원 성악가음형대가 형성되었으며, 테너의 성악가음형대는 2700~3700Hz대에서, 바리톤은 2500~3500Hz대에서 형성되었다.

이번 연구에서 부족한 점은 연구대상이 대학생을 위주로 하여 발성능력에 한계가 있어 앞으로는 좀 더 많은 수의 기존성악가를 대상으로 연구해야할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Kim, H. H. (1996). "Perceptual, Acoustical, and Physiological Tools in Ataxic Dysarthria Management; A Case Report", *Proceedings of the 2nd Korean Society Of Phonetic Sciences And Speech Technology Semiannual*, 9-2.
- (김향희. (1996). "운동실조형 마비성구음장애에 적용되는 지각적, 음향학적, 생리학적 도구에 관하여" 제2회 음성학 학술대회 자료집, 9-2.)
- Nam, D. H., Ahn, C. M. & Choi, H. S. (2002). "Maximal inspiratory pressure, maximal expiratory pressure, and maximum phonation time in singers, untrained normal person, and patients with vocal cord diseases", *Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatics*, Vol. 13, No. 2, pp. 117-123.
- (남도현 · 안철민 · 최홍식. (2002). "성악가와 성악훈련을 받지 않은 일반인과 성대질환이 있는 환자에서 최대흡기압, 최대호기압, 최대발성지속시간에 관한 연구", *대한음성언어학회*, 13권, 2호 pp. 117-123.)
- Nam, D. H. & Ahn, C. M. & Choi, H. S. (2003). "Pulmonary function and the maximal inspiratory and expiratory pressure, and maximum phonation time before and after the specially programmed respiratory muscle training", *Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatics*, Vol. 14, No. 2, pp. 88-93.
- (남도현 · 안철민 · 최홍식. (2003). "호흡훈련보조기구를 이용한 호흡훈련 전 후의 폐기능, 호흡근력과 최대발성지속시간의 변화", *대한음성언어학회*, 14권, 2호, pp. 88-93.)
- Nam, D. H., Choi S. H., Choi, J. N., Chun, S. P. & Choi, H. S. (2004). "Analysis of singer's formant & close quotient during the change of the larynx position", *Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatics*, Vol. 15, No. 2, pp.



- 98-111.  
 (남도현 · 최성희 · 최재남 · 전석필 · 최홍식. (2004). “후두 위치 변화에 따른 singer's formant와 성대접촉률의 변화”, *대한음성언어의학회지*, 15권, 2호, pp. 98-111.)
- Dmitriev, L. & Kiselev, A. (1979). “Relationship between the formant structure of Different Types of singing Voices and the Dimensions of Cavities”, *Folia Phoniatr*, Vol. 31, No. 4, pp. 238-241.
- Henrich, N., D'Alessandro, C., Doval, B. & Castellengo, M. (2005). “Glottal open quotient in singing: measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency”, Vol. 117, No. 3 Pt1, pp. 1417-30.
- Hirano, M., Koike, Y. & von Leden, H. (1968). “Maximum phonation time and air usage during phonation”, *Folia Phoniatr*, Vol. 20, pp. 185-201.
- Holmberg, E. B., Hillman, R. E. & Perkell, J. S. (1988). “Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice”, *Acoustical Society of America*, Vol. 84, pp. 511-529.
- Howard, D. M. & Lindsey, G. A. & Allen, B. (1990). “Towards the quantification of vocal efficiency”, *Journal of Voice*, Vol. 4, No. 3, pp. 205-212.
- Howard, D. M. (1995). “Variation of electrolyngographically derived closes quotient For Trained and untrained adult female singers”, *Journal of Voice*, Vol. 9, No. 2, pp. 163-172.
- Iwarsson, J. & Sundberg, J. (1998). “Effects of lung volume on vertical larynx position during phonation”, *Journal of Voice*, Vol. 12, No. 2, pp. 159-165.
- Iwarsson, J. (2001). “Effects of inhalatory abdominal wall movement on vertical laryngeal position during phonation”, *Journal of Voice*, Vol. 15, No. 3, pp. 384-394.
- Macklin, C. (1925). “X-ray studies on bronchial movements”, *Am J Anatomy*, Vol. 35, pp. 303-320.
- Miller, R. (1983). *Structure of Singing*, Oberlin College Conservatory of Music.
- Roers, F., Mürbe, D. & Sundberg, J. (2009). “Voice classification and vocal tract of singers: a study of x-ray images and morphology”, *Acoustical Society of America*, Vol. 125, No. 1, pp. 503-512.
- Santis, M. & Fuss, F. (1993). *La Parola e Il Canto. Tecniche, Problemi, Rimedi nei Professionisti della Voce*, Padova, Italia, Piccin.
- Solomon, N. P., Garlitz, S. J. & Milbrath, R. L. (2000). “Respiratory and laryngeal contributions to maximum phonation duration”, *Journal of Voice*, Vol. 14, No. 3, pp. 331-340.
- Sundberg, J. (1974). “Articulatory interpretation of the 'singing formant'”, *Acoustical Society of America*, Vol. 55, No. 4, pp. 838-844.
- Titze, I. (1989). “Physiology and acoustic difference between male and female voices”, *Acoustical Society of America*, Vol. 89, pp. 1699-1707.
- Titze, I. (1994). *Principal of Voice Production*, Prentice Hall.
- 남도현 (Nam, Do Hyun)  
 연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 이비인후과 음성언어의학연구소  
 서울시 강남구 도곡동 146-92  
 Tel: 02-2019-3461 Fax: 02-234-4567  
 Email: dhnambar@yuhs.ac
  - 김화숙 (Kim, Wha Sook)  
 수원대학교 음악대학 성악과  
 경기도 화성시 와우리 산2-2  
 Tel: 031-229-8124 Fax: 02-596-7879  
 Email: pace2576@hanmail.net