

Countertenor 1인의 Modal Register와 Falsetto Register에서의 공기역학적 변화 및 전기성문파형의 변화 연구

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소

남도현 · 최성희 · 최재남 · 최홍식

= Abstract =

Analysis of Phonatory Aerodynamic & Electroglottography of a Countertenor

Do Hyun Nam, MD, Seong Hee Choi, MD, Jae Nam Choi, MD and Hong-Shik Choi, MD

Department of Otorhinolaryngology, The institute of Logopedics & Phoniatrics,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background and Objectives : Countertenors who can produce higher vocal pitch like female classical singer's voice and use both modal and falsetto register. This study was conducted to study phonatory characteristics between modal and falsetto register of the countertenor.

Materials and Methods : A male countertenor who had 8 years of experience was examined using a videostroboscopy and his voice was analyzed using aerodynamic measures ; fundamental frequency (F0), Mean air flow rate (MFR), intensity (SLP), sub-glottal air pressure (Psub) with phonatory function analyzer (Nagashima) and acoustic measures ; jitter, shimmer, HNR, closed quotient (CQ) using a Electro-glottography (EGG) of Lx. Speech Studio (Laryngoscope, Ltd, UK) and voice range profile of CSL (Kay elemetrics).

Results : In the stroboscopy finding, the longitudinal length of vocal folds was increased at the falsetto register and the upper margin of vocal folds vibrated with incomplete closure of true vocal folds. In aerodynamic analysis, intensity was same at the modal and falsetto register. However, MFR, Psub, MPT were higher at the falsetto register. In the electroglottographic analysis, closed quotient (CQ) at the modal register was high and also much higher at the high-pitch falsetto than at the loud falsetto. In the VRP, intensity was similar though F0 was different between modal and falsetto register.

Conclusion : It implied that countertenor could produce powerful voice quality by increasing of respiratory pressure and respiratory volume though glottal closure was incomplete. In addition, no change of EGG waveform, similar voice range with alto was observed.

KEY WORDS : Counter tenor · Closed quotient · Aerodynamic function.

서 론

카운터테너(Countertenor)는 알토음역이나 소프라노음역을 가성(falsetto)과 두성(head voice)을 사용하여 노래하는 성인 남성 성악가를 말하는 것이다. 카운터테너(Countertenor)의 역사적인 배경을 살펴보면 원래 르네상스 시

대 다성음악(Polyphony)에서 '수페리우스(superius)', '콘트라테너(contratenor)', '테너(tenor)'의 세 성부 중 테너와 대조되는 한 성부로서 쓰여졌다. 15세기 다성음악에서의 성구의 구성은 '콘트라테너'는 '콘트라테너 알투스(contratenor altus)'와 '콘트라 테너 바수스(contratenor bassus)'의 네 성부로 구성되었는데, 수페리우스(superius)는 지금의 소프라노(soprano)이고, 콘트라테너 알투스(contratenor altus)는 지금의 여성성종(voice classification)중 가장 낮은 성종인 알토로 변하고, 테너(tenor)는 그대로 테너가 되고 테너 바수스(contratenor bassus)는 남성의 가장 낮은 성종인 베이스(Bass)로 변화한다.¹⁾ 콘트라테너는 16세기에 교회가 여성들이 노래하는 것을 금하자, 이들이

논문접수일 : 2006년 5월 22일
심사완료일 : 2006년 6월 9일
책임저자 : 최홍식, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
전화 : (02) 3497-3461 · 전송 : (02) 3463-4750
E-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

여성을 대신하여 교회에서 여성 대신 노래하기 시작하였으나 라틴계 사람들의 관심에서 벗어나게 되고 또한 이 때 등장하는 것이 남성거세 가수인 카스트라토(Castrato)였다. 카스트라토가 대중적인 인기를 끌자 카운터테너는 카톨릭 교회합창단에서만 활동하게 되고 점점 그 역할이 없어지게 된다. 몇 세기 동안 교회에서 합창단원으로 명맥을 유지하였다 사라졌다가 20세기중반 영국에서 Alfred Deller(1912~1979)에 의해 다시 부활되었으며 카운터테너는 콘트라테너의 영어 식 명칭이다.

일반적인 남성이 카운터테너 발성을 하는 경우 대개는 여성의 알토의 성역(vocal range)을 갖게 있으며 음악사에서는 카운터테너를 보통 '남성 알토(male alto)'라고 부르고, 프랑스에서는 오프-콩트리(Haute-contre), 이탈리아에서는 발성의 방식을 중요시하여 팔세티스트(falsettist)라고 한다. 남성의 목소리 중 아주 높은 성역을 가지고 있는 사람들을 남자소프라노(male soprano) 혹은 소프라니스트(soprano)라고 하며 카운터테너의 목소리를 한때 양성(androgynous) 혹은 내세의(otherworldly)소리라고 부른 적도 있었다. 남성소프라노로서 가장 비슷한 성역을 가지고 있는 카스트라토와 카운터테너의 가장 큰 차이는 카스트라토는 성장기에 남성호르몬의 영향을 받지 않아 성대의 크기가 정상적인 남성의 성대로 성장하지 않아 작고, 카운터테너는 정상적인 남성의 성대를 가지고 있으나 가성구(falsetto register)에서 발성훈련의 결과로 카운터테너의 특유의 음성을 사용하게 되는 것이다.

성구의 구분은 전통적인 성악발성법에서는 크게 흉성구(chest register) 두성구(head register) 가성구(falsetto register)로 구분하고, 음성학에서는 중 저음에서의 흉성과 무거운 성구를 modal register라고 하고 고음의 가벼운 성구를 falsetto register로 구분한다.²⁾ Miller⁽³⁾는 성구를 성대 진동방식에 따라 흉성구와 가성구로 구분하였고 흉성에서는 성대가 두꺼워지고 성대의 진폭 넓으며, 완전한 성문폐쇄가 일어나고 반면 가성의 특징은 성대가 얇아지고 성대의 가장자리만 약하게 진동하며 성문폐쇄는 일어나지 않는다고 하였다. 이에 저자들은 정상적인 성대를 가지고 있는 카운터 테너의 modal register에서의 발성과 카운터테너가 사용하고 있는 것으로 알려진 falsetto register의 발성 시의 차이와 특징을 알아보고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

현재 음악대학 성악과에서 카운터 테너를 전공하고 졸업

한 후 카운터테너로 활동 중인 경력 8년의 27세 남성 1명을 실험군으로 선정하였다.

2. 연구방법

1) 측정도구 및 방법

(1) 상대 스트로보스코피(Stroboscopy) 검사

Lx Strobe 2(Laryngograph Ltd., London, UK)를 이용하여 후두 스트로보스코피 검사를 시행하여 음성질환여부와 상태를 확인한 후 normal falsetto, loud falsetto, hi-pitch falsetto에서 성대의 진동형태를 파악 하였으며 성대의 접촉 정도를 검사하였다.

(2) 공기역학적 검사(Aerodynamic function test)

공기역학적 검사는 phonatory function analyzer(nagashima Ltd, Model PS 77H, Tokyo, Japan)를 사용하여 검사기구에 부착된 튜브에 입을 밀착시켜 공기가 새지 않도록 하고 코를 막은 다음 modal register에서의 "오" 모음을 연장발성 할 때와 falsetto register에서 "오" 모음을 연장 발성 할 때의 기본주파수(F0 ; fundamental frequency), 음의 강도(SLP ; sound level pressure), 평균 호기류율(MFR ; mean flow late)을 측정하고 검사기구의 기류차단 장치를 이용하여 성문하압(Psub ; subglottal pressure)을 측정하였다.

(3) 최대 발성 지속 시간(MPT ; maximum phonation time)의 측정

최대 발성 지속 시간은 0.01초까지 쉼 수 있는 초 시계를 이용하여 측정하였다. 검사는 똑바로 선 자세에서 숨을 충분히 들이 마시게 한 후 modal register에서 편안한 음의 높이에서 "아" 모음을 발성 한 후 카운터테너가 사용하는 falsetto register에서 편안하게 "아" 모음을 가능한 한 길게 각각 3회 반복하여 가장 긴 값을 선택하였다.

(4) Lx speech studio검사(Table2)

① 음향학적 검사

Lx speech studio(Laryngograph Ltd., London, UK)를 이용하여 modal register에서 편안하게 "아" 모음을 약 5초간 연장 발성한 후 "아" 모음의 안정구간에서 200ms 구간 및 normal falsetto, loud falsetto, hi-pitch falsetto에서 약 5초간 연장발성 한 후의 안정구간 200ms 구간에서 각각 기본 주파수(Fx), 주파수변동률(jitter), 진폭변동률(shimmer), 화음 대 잡음의 비율(HNR)의 음향학적 검사를 시행하였다.

② 전기성문파형검사(EGG : Eletroglottograpy)

피검자의 갑상연골주위를 알코올 솜으로 문지른 다음 전기성문파형검사를 위한 EGG밴드를 갑상연골 가까이 부착한 다음, modal register에서 편안하게 “아” 모음을 약 5

초간 연장 발성한 후 “아” 모음의 안정구간에서 200ms를 선정하여 normal falsetto, loud falsetto, hi-pitch falsetto에서 약 5초간 연장발성 한 후의 안정구간 200ms 구간에서 전기성문파형과 성문폐쇄율(Qx)을 측정하였다.

Table 1. Phonatory function test between Modal Register and Falsetto register

Characteristics		Modal register	Falsetto register
F0	Hz	153	370
SLP	dB	77	77
MFR	ml/sec	182	252
Psub	mmH2O	78	110
MPT	sec	26.8	19.9

Table 2. Result of Lx speech studio Test

Characteristics	Modal register	Falsetto register			
		Normal	Loud	Hi pitch	
Fx	Hz	174.7	351.80	512.61	778
Qx	%	50.54	26.16	31.81	42.16
Jitter	%	0.29	0.46	0.23	0.29
Shimmer	%	2.65	1.39	0.5	0.88
HNR	%	22.32	30.16	40.77	14.59

Fx : fundamental frequency, Qx : close quotient, Jitter : perturbation of pitch, Shimmer : perturbation of intensity, HNR : harmony to noise ratio

(5) Voice range profile 검사

CSL의 voice range profile을 사용하여 modal register 발성과 falsetto register 발성 시를 비교하였다.

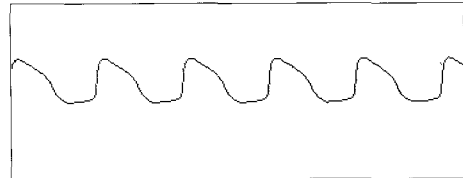


Fig. 3. Modal register “아” 발성.

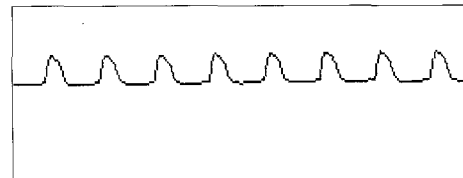


Fig. 4. Normal falsetto “아” 발성.

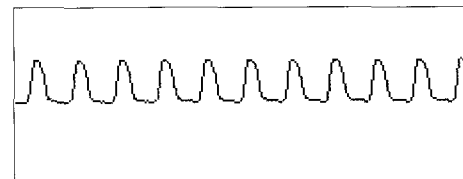


Fig. 5. Loud falsetto “아” 발성.

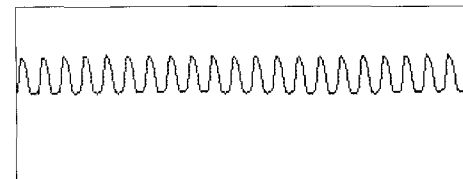


Fig. 6. Hi pitch falsetto “아” 발성.



Fig. 1.

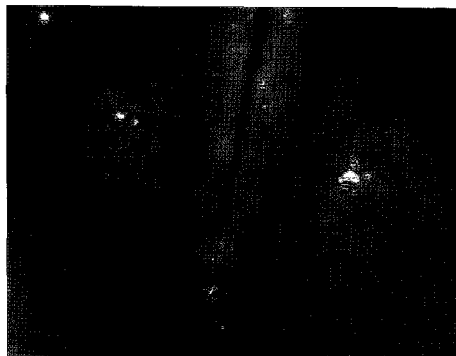


Fig. 2.

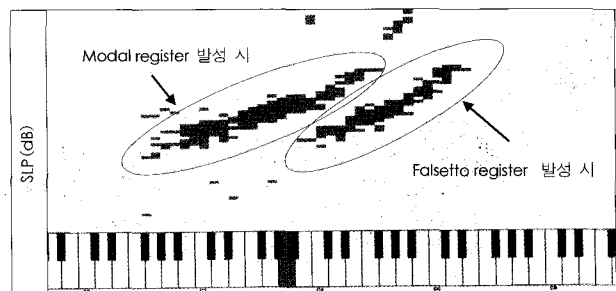


Fig. 7. Voice range profile of modal & falsetto phonation.

결 과

1. 성대 스트로보스코피(Stroboscopy)검사 결과

성대 스트로보스코피를 이용한 성대진동검사에서는 modal register에서는 정상적인 성대접촉(two mass oscillation)을 보였으며 성문폐쇄가 관찰되었으며(Fig. 1), falsetto register에서는 normal falsetto보다 loud falsetto에서 성대점막 진동의 진폭이 커짐에도 불구하고 성문폐쇄 일어나지 않았으며, hi-pitch falsetto에서도 성대는 길게 신장되었으나 역시 성문폐쇄는 일어나지 않았다. 또한 falsetto register의 모든 발성에서 성대의 상순(upper lip)의 가장자리만 진동하는 것으로 관찰되었다(Fig. 2).

2. 공기역학적 검사결과(Table 1)

기본주파수는 modal register(153Hz)보다 falsetto register(370Hz)에서 2.4배 높게 측정되었으나 음의 강도는 modal register와 falsetto register 모두에서 77dB로 같게 측정되었으며, 평균 호기류율은 modal register에서는 182ml/sec, falsetto register에서는 252ml/sec로 falsetto register에서 훨씬 많은 공기를 사용하였고, 성문하압 역시 modal register(78mmH2O)보다 falsetto register(110 mmH2O)에서 더 많은 압력을 사용하여 발성하는 결과를 보였다.

3. 최대 발성 지속 시간 측정결과(Table 1)

Modal register에서는 26.8sec으로, falsetto register에서는 19.9sec로 modal register에서 높게 측정되었다.

4. Lx speech studio 검사결과(Table 2)

1) 음향학적 검사

주파수변동률(0.29%), 진폭변동률(2.65%)은 modal register와 falsetto register 모두 정상범위에 있는 결과를 보였으며, 화음 대 잡음의 비율은 loud falsetto(40.77%), normal falsetto(30.16%), modal voice(22.32%), hi pitch falsetto(14.59%)의 순서로 낮게 나타났다.

2) 전기성문파형검사

Modal register에서의 편안한 “아” 모음 발성 시의 전기성문파형은 정상적인 modal register의 정상적인 파형을 보이며(Fig. 3), normal falsetto “아” 모음 발성 시 전기성문파형이 modal register로 발성하였을 때보다 작은 전기성문파형을 보였고(Fig. 4), loud falsetto “아” 모음에서는 파형의 크기가 약간 커지고(Fig. 5), hi-pitch falsetto

에서는 아주 빠른 전기성문파형을 보였다(Fig. 6). 성문폐쇄율은 modal register에서는 50.54%로 측정되는 결과를 보였으며, normal falsetto에서는 26.16%, loud falsetto에서는 31.81%, hi-pitch falsetto에서는 42.16%로 측정되었다.

5. Voice range profile 검사(Fig. 7)

Modal register 발성 시 음의 강도와 falsetto register 발성 시의 음의 강도가 기본주파수의 차이에도 불구하고 비슷한 결과를 나타내었다.

고 찰

카운터테너(Countertenor)는 여성의 음역을 가성(falsetto voice)과 두성(head voice)을 사용하여 노래하는데 대체적으로 가성을 많이 사용한다. 이번 연구에서는 스트로보스코피 검사를 통하여 관찰한 결과 카운터테너가 modal register에서 발성할 때의 성대의 진동파형은 성문폐쇄는 전체적으로 이루어지고 점막파동도 관찰되었으며 전통성악 발성에서의 일반적인 흥성 발성과 두성의 진동파형의 중간 정도의 진동파형을 보이는 것으로 관찰되었다. 두성 발성 시 성대는 가성발성 시 보다는 짧아지고 두꺼워지나 흥성보다는 얇아지면서 성대의 상순(upper lip)만 진동하는 단순파형(one mass oscillation) 형태의 진동파형을 만들고, 흥성과 같은 호흡 조건일 경우 성대의 운동범위가 좁고, 성대가 전장(全長), 반폭(半幅), 반 후(半厚)로 진동한다. 반면 흥성 발성 시 성대의 진동파형은 성대 하순(low lip)이 닫히고 나서 상순이(upper lip)으로 이어지는 복합파형(multi mass oscillation)의 진동파형을 이루고, 성대의 진동범위가 크고 성대가 전장(全長), 전폭(全幅), 전후(全厚)로 진동한다.⁴⁻⁷⁾ 카운터테너가 modal register에서의 발성 시 성대의 진동파형은 성문폐쇄는 전체적으로 이루어지며 정상적인 성문폐쇄시간을 나타냈으나 falsetto로 발성했을 때는 대체로 높은 기본주파수를 가지고 있으며 성대는 길게 신장되어있다. Van den berg⁸⁾는 흥성구에서는 성대근(vocalis muscle)이 길어로 강한 긴장상태가 되고 가성구에서는 성대인대(vocal ligament)가 길어로 강한 긴장상태를 보인다고 하였다. Kenneth⁹⁾에 의하면 카운터테너가 가성을 낼 때 성대는 길게 신장되어있고 성대의 후연합(vocal processes)에서의 틈새는 없었다고 보고하였다. 이번 연구에서도 성문폐쇄는 완전히 일어나지 않으나 아주 좁은 성문사이의 간격을 유지하고 있었고 성대의 가장 자리만 진동하며 약간의 접촉을 보였고 성대진동의 진폭이 작게 관찰

되었다. 일반적인 가성의 경우에는 청각적으로 음색도 약하고 소리의 크기가 작으나 카운터 테너가 사용하는 가성은 어느 정도 음색도 유지하고 있었고 소리의 크기도 어느 정도 유지하고 있어 일반적인 가성발성과는 차이를 보이고 있었다. 공기역학적 검사에서 편안한 상태에서의 기본주파수를 측정된 결과 modal register에서 153Hz로 남성의 기본 주파수 평균보다 높게 나타났다. Miller³⁾에 의하면 테너의 기본주파수의 평균이 164.8Hz 정도로 보고하고 있는데 그 보다는 조금 낮으나 일반인의 기본주파수 100~150Hz 보다 약간 높게 나타나 테너의 성종을 가지고 있는 것으로 판단되었다. Ladefoged¹⁰⁾는 압력이 6cmH₂O~7cmH₂O 증가 하면 반 옥타브 정도 기본주파수가 증가하고 음의 강도는 성문하압과 기하급수적인 관계가 있다고 하였다. modal register에서의 기본주파수보다 falsetto register(370Hz)에서의 기본주파수가 2.4배 높게 측정되었으나 음의 강도는 모두에서 77dB로 같게 측정 되었다. Randall¹¹⁾ 등은 성문하압과 음의 강도는 양의 상관 관계를 보인다고 하였으며, Colton¹²⁾ 등은 일반인의 경우 modal register range에서의 음의 강도가 falsetto register range에서보다 13dB 정도 높게 나타났고 성악가의 경우는 18db정도 높게 낮다고 보고하고 있다. 그러나 이번 연구에서는 카운터 테너의 modal register에서의 발성과 falsetto register 발성에서의 음의 강도가 같게 나온 것은 특이하다. Issiki¹³⁾는 음의 강도의 변화는 공기역학적인면이 가장 현저한 차이를 만든다고 보고하고 있다. 또한 falsetto에서는 성문저항이 거의 불변하고 음의 강도는 공기의 흐름과 비례한다고 하였다. Colton¹²⁾은 modal register에서의 음의 강도보다 falsetto register에서의 음의 강도가 많이 작았다고 보고하고 있으나, 일반적인 falsetto의 경우 음의 강도가 작은 것이 특징 중에 하나이나 정상적인 발성을 했을 때와 음의 강도가 같게 나타난 것은 평균 호기류율이 modal register(182ml/sec)에서보다 falsetto register에서 252ml/sec로 훨씬 많은 공기를 사용하고, 성문하압 역시 modal register(78mmH₂O)보다 falsetto register(110mmH₂O)에서 더 많은 압력을 사용한 것이 같은 음의 강도가 나타나게 한 원인 중에 하나일 것으로 생각된다. 이것은 카운터 테너가 falsetto발성을 하였음에도 불구하고 음의 강도에 차이가 없는 것은 성문하압의 증가에 의한 것으로 생각된다. 이러한 공기역학적인 특징들이 카운터테너가 falsetto발성을 사용하여 발성하여도 어느 정도의 음색을 갖게 되고 소리의 크기도 일반인이 사용하는 가성보다는 음의 강도가 크게 나타난 것으로 생각된다. Kenneth⁹⁾는 카운터테너의 발성 시 음의 강도의 크기는 90% 정도가 성문하압에 의하

여 조절되고 가성 발성 동안 음의 강도가 성문폐쇄의 glottal flow pulse 모양에 의미 있는 영향을 미치지 못한다고 보고하고 있다. 이번 연구에서도 전기성문파형검사서 modal과 falsetto register 사이에는 전기성문파형의 뚜렷한 차이를 보였으며 그러나 임상에서는 일반인들이 falsetto 발성을 하는 경우 전기성문파형이 잘 측정되지 않으나 카운터테너의 전기성문파형은 falsetto register에서의 음의 강도나 음의 높이가 변화하여도 전기성문파형의 모습은 거의 비슷하게 유지되는 특징을 보였다. 또한 falsetto 발성에서 음의 강도를 증가시켰을 경우 성문폐쇄율이 증가하는 현상을 볼 수 있었으며 특히 고음발성을 하였을 경우에는 성문폐쇄율이 약 42%정도 나타나 가성발성에서도 비교적 높게 나타났는데 이러한 이유는 성문이 완전히 폐쇄되지 않은 상태에서 성문을 통과하는 공기의 양과 호흡압력이 증가하여 베르누이 효과에 의하여 성문폐쇄율 증가되어 비교적 음색과 음의 강도가 일반 가성보다는 증가하는 것으로 생각된다. Henrich¹⁴⁾는 18명의 훈련 받은 성악가를 대상으로 성대개방비율(open quotient)은 음의 강도와 기본주파수는 상관관계가 있다고 보고하고 있으며, 성대개방비율과 음의 강도는 발성에서나 발화모두에서 상관관계가 있으며 성대개방비율이 작아지면 음의 강도는 커지는 것으로 보고하고 있다.¹⁵⁾ 최대발성지속시간을 측정된 결과도 modal register에서는 26.8초로, falsetto register에서는 19.9초로 modal register에서 비교적 높게 측정되었으나 보통 falsetto register에서의 발성 시 성문폐쇄가 완전하게 이루어지지 않기 때문에 공기가 더 많이 소모되나 카운터테너가 사용하는 falsetto register에서의 발성은 일반적인 falsetto발성 보다는 공기소모가 적은 것으로 판단되며 이것은 falsetto 발성 시 성문의 간격을 비교적 좁게 유지하기 때문이라 생각된다. 또한 voice range profile 검사에서 modal register에서의 발성 시 음의 높이가 증가할수록 음의 강도 역시 증가하는 결과를 보였다. Heyning¹⁶⁾은 voice range profile은 오직 정상인과 음성질환자의 기본주파수와 강도와의 능력을 평가하는 것이 아니고 두 지표 사이의 상호 관계를 평가하는 방법에서 유래된 것으로, 이번 연구에서 modal register에서의 발성 시 음의 강도와 falsetto 발성 시 두 성구 사이에 기본주파수는 큰 차이를 보이고 있으나 음의 강도는 거의 비슷하게 나타났다. modal register에서 음의 높이가 증가 할수록 음의 강도의 증가하는 정도가 falsetto register에서 음의 높이가 증가하는 정도의 비율이 거의 비슷하였으며, 같은 음의 높이에서는 modal register에서 발성할 때에 falsetto register로 발성할 때보다 음의 강도는 훨씬 강하였으나 카운터테너의 발성 시 음의 높이는

일반남성의 음역보다 한 옥타브 높은 falsetto register에서 발성하기 때문에 큰 의미가 없다고 생각된다. 또한 modal register에서와 falsetto register에서의 음의 강도의 차이가 없는 것 때문에 카운터테너의 발성은 일반 falsetto와는 다르게 음악적 연주가 가능한 이유라고 생각된다.

결 론

카운터 테너가 사용하는 발성방법인 falsetto 발성은 성문폐쇄는 이루어지지 않으나 호흡압력과 호흡량을 증가시켜서 성문폐쇄율이 증가하는 방법으로 발성을 하였으며 호흡압력이 증가하고 음의 높이 강도의 변화에도 성대의 진동과 형은 거의 같은 모습을 유지하고 있으며, falsetto register로 발성을 하였음에도 음의 강도는 modal register 발성 때와 거의 차이를 보이지 않았다. 이러한 이유로 카운터테너가 가창 예술의 한 부분을 차지하고 음악회장에서 연주하는 것이 가능하게 되는 것으로 생각된다. 또한 카운터 테너의 성역은 알토의 비슷한 성역을 가지고 있었다.

중심 단어 : 카운터테너 · 성문폐쇄율 · 공기역학적 기능.

REFERENCES

- 1) Grout DJ, Palisca CV. *A History of western Music*. W.W. Norton & Company; 1988.
- 2) Sudberg J, Högset C. *Voice source difference between falsetto and modal register in count tenors, tenors, baritones*. *Log Phone Vocol* 2001; 26:26-36.
- 3) Miller R. *structure of singing*. Oberlin College Conservatory of Music; 1983.
- 4) Nam DH, Choi SH, Choi JN, Choi HS. *Analysis of Phonatory Aerodynamic & Electrolottography of Counter tenor's*. *J Korean Logo phon* 2004;1 (15):21-6.
- 5) Hirano M, Vennard W, Ohala J. *Regulation of register, pith and intensity of voice*. *Folia Phoniatica* 1970;22:1-20.
- 6) Roubeau B, Chevre-Muller C, Arabia-Guidet C. *Eletroglottographic study of canges of voice register*. *Folia Phoniatica* 1987;36:280-9.
- 7) Titze, I and Sundberg J. *Vocal Intensity in Speakers and Singers* *J Acoust Soc Am* 1992;91:2936-46.
- 8) Van den Berg JW. *Vocal ligaments versus registers*. *Natl Assoc Teachers Singing Bull Dec* 1963;31:16-21.
- 9) Kennth T, Tizte I. *Vocal intensity in falsetto phonation of a counter tenor An analysis by synthesis approach*. *J Aoucust Soc. Am.* 2001 sep; 110 (3):pt.1.
- 10) Ladefoged P, Mackinney NP. *Loudness, sound pressure and subglottal pressure in speech*. *J Aoucust Soc Am* 1963;35:454-60.
- 11) Randall L Plant. *Aerodynamic of the Human Larynx During Vocal Fold Vibration*. *Larygoscope*;2005 December. p.115.
- 12) Colton RH, Holien H. *Phonatory Range in the modal and Falsetto Register*. *J speech Hear Res* 1972;15:708-13.
- 13) Issiki N. *Regulatory Mechanism of voice Intensity variation*. *J of Speech Hear Res* 1964;7:12-29.
- 14) Henrich N, D'Alessandro C, Doval B, Castellengo M. *Glottal open quotient in singing: measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency*. *J Acoust Soc Am* 2005 Mar; 117 (3 Pt 1):1417-30.
- 15) Orlikoff RF. *Assessment of the dynamics of vocal fold contact from the electroglottogram: Data from normal male subjects*. *J Speech Hear Res* 1991;34:1066-72.
- 16) Heyning PH Van de, M Remacle and P Van Cauwenberge. *Functional assessment of voice disorders. report of the Royal Belgian Society for Ear, Nose, Throat, Head and Neck Surgery*. *Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica* 1996;50:249-396.