

후두의 해부생리 및 발성원리

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실

진 성 민

= Abstract =

Anatomy and Physiology in Vocal Technique

*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Kangbuk Samsung Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea*

Sung Min Jin

The anatomy of the voice is not limited to the region of the larynx. Practically all body systems affect the voice. The larynx receives the greatest attention because it is the most sensitive and expressive component of the vocal mechanism, but anatomic interactions throughout the singer's body must be considered in making the singing voice. The physiology of voice production is exceedingly complex. The voice requires interactions among the power source, the oscillator, and the resonator. The review of functional anatomy and physiology in vocal technique would provide information on the terminology, components, and workings of the voice to permit an understanding of practical, every clinical problems and their solutions. The otolaryngologist, speech language pathologist, singing or acting teacher, singer, and actor would have benefit greatly from more extensive study of voice science.

KEY WORDS : Laryngeal anatomy · Voice physiology.

서 론

우리 귀에 들리는 사람의 목소리를 만들어 내는데 있어서 가장 중요한 역할을 하는 부위는 성대를 포함한 후두부위이다. 그러나 발성과정에 있어서는 후두부위의 섬세한 상호작용에 못지않게 호흡기관과 공명기관의 상호 작용도 매우 중요한 역할을 한다. 특히 성악가가 노래를 부르거나 무대에서 배우가 대사를 전달하는 과정에서의 발성은 일반인들이 말을 할 때 보다 호흡기관과 공명기관의 적절한 조절과 상호작용이 더욱 중요한 역할을 한다. 이와 같은 발성과정을 이해하기 위해서는 호흡기관, 진동기관, 공명기관의 해부학적 구조와 이들의 생리학적 상호작용을 보다 정확하게 이해 할 필요가 있다. 따라서 여기서는 각 기관의 해부학적 구조와 발성과

정에서의 생리학적 원리에 대하여 알아보하고자 한다.

본 론

1. 후두의 구조와 기능(Laryngeal structure and function)

후두는 주로 연골로 이루어진 골격, 근육과 점막으로 덮여 있는 섬유 탄성막으로 이루어져 있으며, 복잡한 해부학적 특성을 가지고 있다. 원시후두는 호흡과 음식물의 흡인을 방지하여 기도 보호를 주목적으로 하는 단순한 수축과 이완 기능만을 가지고 있었다. 그러나 시간이 흐름에 따라 진화하여 이러한 주기능 외에 발성기능을 부수적으로 가지게 되었다. 따라서 후두는 목소리와 관계된 신체해부를 공부하는데 있어서 가장 중요한 부분으로, 목소리를 전문적으로 사용하는 사람들을 포함한 일반인들의 음성을 관리 하기 위해서는 후두의 해부학적 구조와 함께 각각의 기능에 대하여 이해하여야 한다.

후두의 골격을 이루고 있는 구조물로는 갑상연골(thyroid cartilage), 운상연골(cricoid cartilage), 후두개연골(epiglottic cartilage), 그리고 쌍으로 이루어진 피열연골(arytenoids cartilage), 소각연골(corniculate cartilage), 설상연골(cuneiform

논문투고일 : 2016년 5월 9일
논문심사일 : 2016년 5월 31일
게재확정일 : 2016년 6월 15일
책임저자 : 진성민, 03181 서울 종로구 새문안로 29
성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 이비인후과학교실
전화 : (02) 2001-2266 · 전송 : (02) 2002-2273
E-mail : strobojin@hanmail.net

cartilage) 등이 있으며 이들은 서로 관절 면을 이루면서 후두 외근(extrinsic muscle)과 내근(intrinsic muscle)에 의하여 전후방, 상하, 흔들림, 회전운동 등을 하게 된다. 이와 같은 후두근육 중 발성에 직접적으로 관계되는 후두내근의 운동에 관여하는 신경은 제 10 뇌신경(미주신경, vagus nerve)으로부터 분지 되어 나오는 상후두신경(superior laryngeal nerve)과 반회후두신경(recurrent laryngeal nerve)이다.¹⁾

1) 후두 외근(Extrinsic muscle)

(1) 설골상근(suprahyoid muscles)

설골(hyoid bone) 보다 위쪽에 위치하는 설골상근들의 종류는 이복근(digastric muscle), 경돌설골근(stylohyoid muscle), 하악설골근(mylohyoid muscle), 이설골근(geniohyoid muscle) 이 있으며 이들은 각각 설골에 부착(insertion) 하면서 수축 시에 후두를 위쪽으로 올리는 역할을 한다. 이 근육들에 추가로 설골과 혀의 내부 근육간에 연결되어 혀의 움직임에 따라 후두를 올리는 데 관여하는 두 개의 근육이 있는데, 이들은 이설근(genioglossus muscle) 과 설하근(hyoglossus muscle)이다.

(2) 설골하근(infrahyoid muscles)

설골하근들은 설골의 아래 쪽에 위치하는 근육들로서, 수축 시에 후두를 아래로 내리는 역할을 한다. 그 종류들로는 흉골설골근(sternohyoid muscle), 흉골갑상근(sternothyroid muscle), 견갑설골근(omohyoid muscle), 갑상설골근(thyohyoid muscle) 등이 있다.

2) 후두 내근(Intrinsic muscle)

후두내근의 종류는 윤상갑상근(cricothyroid muscle), 갑상피열근(thyroarytenoid muscle, vocalis muscle), 외윤상피열근(lateral cricoarytenoid muscle), 피열간근(interarytenoid muscle), 후윤상갑상근(posterior cricoarytenoid muscle)이며, 이들 중 윤상갑상근을 제외한 모든 후두 내근은 후두 골격 내부에 위치한다. 각각 후두 내근의 기능과 이들의 운동에 관여하는 신경에 대하여 간단하게 살펴보면 다음과 같다.

윤상갑상근의 운동에 관여하는 신경은 상후두신경(superior laryngeal nerve)의 외지(external branch)이며, 성대의 내전(adduction)에 관여한다. 윤상갑상근이 수축하면 성대가 부정중위(paramedian position)에 위치하게 되고, 후두 내에서 성대의 높이(level)는 낮아지며, 성대 전체는 얇게 펴지고 길어지고(thinned, stretched, and elongated) 성대 경계면(edge)은 예리해지면서(sharpness) 성대가 굳게(stiffened)된다.

갑상피열근의 운동에 관여하는 신경은 반회후두신경(recurrent laryngeal nerve)이며, 성대의 내전에 관여한다. 갑상피열근이 수축하면 성대 위치가 낮아지고(lowering) 성대는

두껍고 짧아지며(thickening, shortening), 성대의 경계면은 둥글게(round) 된다. 갑상피열근이 수축할 때 성대의 몸통(body) 부분인 근육층은 능동적으로 굳게(actively stiffened)되는 반면 덮개(cover)와 이행층(transition layers)은 수동적으로 느슨해진다(passively slackened).

외윤상피열근의 운동에 관여하는 신경은 반회후두신경이며, 성대의 내전에 관여한다. 외윤상피열근이 수축하면 성대 위치를 내전시키고 낮추며, 성대는 얇고 길어지며 경계면은 예리해진다.

피열간근의 운동에 관여하는 신경은 반회후두신경이다. 피열간근은 주로 피열연골을 내전시키는데 관여하지만, 성대의 기계적 성질에는 큰 역할을 하지 않는다.

후윤상갑상근의 운동에 관여하는 신경은 반회후두신경이며, 유일하게 성대의 외전(abduction)에 관여한다. 후윤상갑상근이 수축하면 성대 위치를 외전시키고 높이며(elevation), 성대의 길이는 길어진다.

3) 성대의 미세구조

진동을 통하여 발성의 원음인 진동음을 만들어내는 성대는, 조직학적 측면에서 살펴보면 상피층, 표재층, 중간층, 깊은층의 3개 층으로 구성된 고유판(lamina propria) 및 갑상피열근의 5개 층 구조로 구성되어 있다. 또한 운동 역학적 측면에서 보면 이러한 5개 층을 3개의 구역으로 나눌 수도 있는데, 상피층과 고유판의 표재층을 덮개(cover)로, 고유판의 중간층과 깊은층을 이행(transition) 구역으로, 갑상피열근은 몸통(body)으로 구분할 수 있다. 이렇게 층간구조로 나누어서 살펴보는 데는 나름의 중요한 이유들이 있기 때문이다. 이는 각각의 층들이 서로 다른 운동 역학적인 특성을 가지고 있을 뿐 아니라, 바깥쪽 4개의 층들은 그 운동성이 수동적으로 조절되고, 가장 내부에 있는 갑상피열근은 능동적 혹은 수동적으로 그 움직임이 조절 되는 차이점을 보이기 때문이다. 또한 성대에 발생하는 대부분의 병변들은 상피층과 고유판의 표재층에서 시작된다는 점도 각 층들을 구분해서 살펴보아야 하는 이유이기도 하다.

각 층들의 특징을 조직학적 관점에서 살펴보면 다음과 같다. 가장 바깥쪽에 위치하는 상피층은 성대의 모양을 유지하는 역할하며, 3가지의 상피조직으로 구분되어있다. 성대진동 시 접촉이 가장 많이 이루어지는 경계부분은 비각질성층층편평상피(nonkeratinized stratified squamous epithelium)으로 덮여있으며, 그 위쪽과 아래 쪽으로는 호흡상피인 거짓층층섬모원주상피(pseudostratified ciliated columnar epithelium)으로 덮여 있다. 고유판의 가장 외측에 위치하는 표재층은 극소량의 탄력섬유(elastic fiber)와 아교질섬유(collagenous fiber)가 들어있고 부드러운 제라틴(gelatin) 덩어리와 같은 구조로 되어있

다. 그 다음 중간층은 주로 탄력섬유로 구성되어있으며 부드러운 고무밴드와 같은 형태를 갖추고 있다. 깊은층은 주로 아교질섬유로 구성되어있으며 면으로 된 실의 뭉치와 같은 형태를 갖추고 있다. 고유판의 중간층은 성대의 앞쪽과 뒤쪽으로 갈수록 두터워져 있는 반면 표재층은 앞쪽과 뒤쪽으로 갈수록 얇아지는 구조로 되어있다. 따라서 성대는 진동 시 막부분(membranous part)의 중간 부분이 가장 유연한(pliable) 상태를 보이는데, 이는 위치 때문이기도 하지만 그 구조적 차이 때문이기도 하다. 마지막으로 가장 내측에 위치하는 성대근은 딱딱한 고무 밴드 뭉치와 같은 형태를 갖추고 있다.

2. 호흡기관의 구조(Structure and mechanics of breath apparatus)와 노래발성에서의 호흡조절(breath management in singing)

폐(lung)는 성대와 성도(vocal tract)로 기류를 흘려 보냄으로써 소리를 만들어낼 수 있는 힘을 제공하는 역할을 한다. 이와 같은 역할을 위해서는 우선 폐로 공기를 모으는 들숨작용(inspiration action)이 이루어져야 하고, 적절한 폐압을 형성한 후 날숨작용(expiration action)을 통하여 성대의 진동을 유발하고, 성도에서 적절한 소리 값이 형성될 수 있도록 일정한 압력의 기류를 흘려 보내야 한다.^{1,2)} 들숨에 관여하는 주 근육은 횡경막(diaphragm)과 외늑간근(external intercostal muscle)이고, 그 외 대흉근(pectoralis major muscle), 소흉근(pectoralis minor muscle), 전거근(serratus anterior muscle), 흉쇄유돌근(sternocleidomastoid muscle) 등의 근육들이 보조적으로 관여한다. 조용하게 호흡을 할 때의 날숨은 대부분 팽창되었던 흉곽의 복원력에 의해 수동적으로 이루어진다. 그러나 성악발성에서 호흡에 대한 지지(support)를 위해서나 큰 목소리를 내어야 할 때와 같이 큰 압력이 필요한 경우는 능동적인 날숨(active expiration)을 위해 여러 가지 근육들이 작용하게 되는데, 주로 복부근(abdominal muscles; external and internal oblique, rectus abdominus, transverse abdominus)들의 수축작용으로 복압을 증가시켜 횡경막을 위로 밀어 올리고, 내늑간근(internal intercostal muscle)의 수축으로 흉곽을 압축시켜 높은 폐압을 형성하게 된다. 날숨작용에 관여하는 복부근들 중 외복사근(external oblique muscle)은 노래나 연극공연에서의 발성 시 호흡을 지지하는데 가장 중요한 근육이다.^{1,2)} 이러한 호흡과 관련된 근육들은 들숨과 날숨에 있어서 서로 다른 기능을 가지고 길항작용을 하고 있다. 이들 근육들은 서로 간의 길항작용을 통해 노래 할 때 한번에 쉼 다 빠져나갈 숨을 노래의 악구(period, phrase)가 끝날 때까지 숨이 남아있도록 도와 준다. 즉, 노래를 할 때 날숨 시 복부 근육의 작용으로 인해 급속하게 호흡이 몸 밖

으로 빠져 나가는 것을 횡격막이 지탱을 하여 공기의 흐름이 조절하게 되는데, 이를 바로 ‘호흡 조절’이라 한다. 19세기 중반 Francesco Lamperti는 이와 같이 들숨과 날숨에 관여하는 근육들이 서로 적절한 평형을 이루면서 길항작용을 하는 호흡조절 과정을 발성적 항쟁(lotta vocale, vocal struggle)이라 설명하였고 이는 아포지오 형성을 위한 호흡법의 기본 과정이라 하였다.³⁾

1) 아포지오(Appoggio)

아포지오는 발성 테크닉 용어로서 소리의 크기를 증대시켜 주고, 소리의 윤기와 부드러움을 유지하며 발성 기관을 보호 하면서 폭 넓고 일관된(저음에서 고음에 이르기까지) 소리를 내도록 도와주는 특별한 기술을 말한다. 이는 원래 아포지아레(appoggiare)에서 온 용어이며 ‘무엇에 기대다, 무엇과 접촉되어 있다, 지탱하다(support)’ 라는 뜻이 내포되어 있고, 아포지오의 형성을 흔히 ‘호흡으로 받쳐서 소리내다’라고 표현한다. 따라서 아포지오는 단순히 복부근육들의 조절을 통한 ‘호흡 지지’라고 정의 할 수는 없고, 호흡기관과 성대기관 그리고 공명 기관(발음기관 포함)을 통합시키는 호흡 조절 시스템으로 설명 할 수 있다. 즉, 호흡의 압력을 적절하게 조절하여 후두조직의 긴장과 적절한 관계를 형성하고 성구와 공명을 원활하게 조절해나가기 위한 발성 테크닉이라 할 수 있다. 이를 위해서는 신체의 축을 바로 세우고 성대가 들어있는 후두의 위치를 편안하고 낮게 유지하도록 하여야 하며, 노래하면서 모든 음정의 처음부터 끝까지 호흡의 중심을 횡격막 밑의 복부의 아래에서 느끼는 과정이 필요하다.³⁾

3. 성대의 진동(Vibration of vocal fold)과 성도 공명(resonance of vocal tract)

1) 성대의 진동

성대 개폐에 따른 진동과정에 대해서는 폐로부터 나오는 공기의 흐름(air stream)과 성대 근육의 탄성도(elasticity) 및 긴장도(tension)에 의해 시작되고 변화되는 것으로 설명하고 있으며, 이러한 성대 진동에 대한 가설이 근탄력 공기역학 이론(myoelastic aerodynamic theory)이다.^{2,4)} 즉, 공기역학적 측면에서 볼 때 성대 개폐에 따른 진동은 폐로부터 나오는 공기의 흐름에 의해 시작되고 변화된다는 것이며, 근탄력적 측면에서 볼 때 성대진동의 주파수의 변화는 성대 근육의 탄성도와 긴장도의 조절에 의한다는 것이 기본 내용이라 할 수 있다.^{2,4)} 이와 같은 성대의 진동이 시작되기 위해서는 닫혀있는 성대의 하연(lower lip)을 열어주기 위해 폐로부터 성대 쪽으로 밀어 올려주는 공기 압력이 필요한데, 이를 성문 하압(subglottic pressure)이라 한다. 일상적인 대화를 위해서는 7~10 cmH₂O

정도의 압력이 필요한 것으로 되어있고, 이렇게 충분한 성문 하압이 형성되면 이에 의해 성대가 벌어지면서 성대의 점막진동이 시작된다. 성대가 열리는 과정은 우선 성문하압에 의해 성대 유리연의 하연이 먼저 벌어지고 그 다음 상연이 벌어질 때까지 진행된다. 성대의 상연이 벌어지면 동시에 성대 하연이 닫히는 과정이 시작되는데, 이와 같은 성대 점막의 종적인 시간적 위상차에 따른 움직임(vertical phase difference)에 의해 성대 점막은 마치 파형과 같은 움직임을 만들어내며 진동을 하게 된다. 이때 성대 하연이 닫히는 과정은 베르누이 효과(Bernoulli effect), 성문하 호기합의 감소, 그리고 성대자체의 탄성(elasticity)에 의해 시작되는 것으로 알려져 있다.^{2,4)}

(1) 베르누이 효과(Bernoulli effect)

베르누이의 효과는 18세기 스위스 수학자겸 물리학자인 베르누이가 발견한 것으로, 유체가 좁아진 공간을 통과 할 때 이들의 통과 속도가 증가할수록 이들이 흐르는 방향에 대해 수직 방향으로 압력이 떨어진다는 것이며, 다음의 수식으로 간단하게 표현할 수 있다.

$$P + 1/2\rho v^2 = \text{constant}$$

(P : 압력pressure, v : 속도velocity, ρ : 유체의 밀도fluid density)

2) 성도의 공명(Resonance of vocal tract)

물리학에서 이야기하는 공명은 진동계가 자신의 고유 진동수와 같은 진동수를 가진 외부로부터의 힘을 받았을 때 그 진폭(amplitude)이 뚜렷하게 증가하는 현상이라 정의 할 수 있으며, 이러한 주파수들을 그 진동계의 공명주파수(system's resonance frequency)라고 한다. 사람의 성도(vocal tract)에서도 성대에서 만들어진 성문음(glottal sound)이 성도를 통과하면서 특정 주파수들에 대해서는 공명과정을, 그 외의 주파수들에 대해서는 여과과정을 거치면서 입술이나 콧구멍 바깥으로 방출되어 말소리를 만들어 낸다. 사람의 성도는 성대 쪽은 막혀 있고 입 쪽은 열려 있는 일측 개방 공명관의 형태를 보이므로 성도의 공명은 이와 유사한 형태의 튜브에서의 공명현상을 관찰함으로써 설명할 수 있다. 일측 개방 공명관에서의 공명주파수들은 $F_n = (2n-1)C/4L$, $n=1, 2, 3, 4\cdots$ 의 수식에 따라 설명할 수 있는데, 여기서 F는 공명주파수, C는 공기 중에서 소리의 속도(340 m/sec)이고 L은 공명관의 길이를 의미한다. 따라서 첫 번째 공명은 최저 공명주파수(C/4L)가 되고, 두 번째 공명주파수는 3C/4L로 최저공명주파수의 3배, 세 번째 공명주파수는 최저공명주파수의 5배의 순으로 높아지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 방식으로 성인 남자에서 성대 직 상방에서 입술까지의 거리가 약 17 cm이고, 그 단면적이 일정하다고 가정하면 제 1음형대 F1은 500 Hz, 제 2음형대

F2는 1,500 Hz, 제3 음형대 F3는 2,500 Hz에서 형성된다는 것을 알 수 있다.⁵⁾

3) 모음(Vowel)과 음원-필터 이론(source filter theory)

성대의 진동과 성도의 공명과정을 거쳐 입 밖으로 소리가 나오며 실제 우리의 귀에 들리는 사람의 목소리는 상당한 음향학적 에너지의 변화를 거쳐서 나오게 된다. 음원-필터 이론(source filter theory)을 통해 성대에서 만들어진 원음을 성도를 통해 지나갈 때 성도의 크기와 모양에 따라 여과와 공명과정을 거치면서 에너지의 변화가 일어나는 과정을 단순화하여 설명할 수 있다.^{4,6)} 원음인 성대의 진동소리와 마지막으로 소리가 나오는 입술 근처의 소리에 대하여 스펙트럼 분석을 하면, 이들 음파 각각의 변화된 상태를 비교해 볼 수 있다. 우선 성대 원음에 대한 스펙트럼분석을 하면 기본주파수와 그의 배음들을 볼 수 있는데 높은 주파수대의 배음이 낮은 주파수대의 배음에 비하여 그 강도가 약해짐에 따라 주파수가 증가 할수록 한 옥타브당 12 dB씩 강도가 줄어드는 에너지 변화가 나타난다. 많은 배음들로 구성된 성대 원음은 성도의 공명 주파수에 대한 반응에 따라 여과 및 공명되는 과정을 거치게 되는데, 성대원음의 배음이 성도의 공명주파수와 일치하거나 근접해있는 경우는 증폭이 되고, 일치하지 않거나 멀리 떨어져 있는 경우는 에너지를 잃거나 감쇠된다. 그 후, 입술에 이른 소리는 입 밖으로 배출될 때의 필터효과 즉, 방사 특성(radiation characteristics)에 의해 그 에너지가 감소하는데, 낮은 주파수대의 에너지 감소가 높은 주파수대의 에너지감소보다 크게 일어나게 되어 결과적으로는 주파수가 한 옥타브씩 올라갈 때 마다 6 dB씩 커져있는 에너지 차이를 보이게 된다. 결과적으로, 우리의 귀에 들리는 소리는 성대 원음에서 배음의 에너지 변화, 성도에서의 여과와 공명, 입술 밖으로 소리의 방사에 따른 배음 에너지의 변화에 의해 최종적으로 산출된 출력음이다.

4) 모음 음형대(Vowel formants)와 섭동이론(perturbation theory)

사람의 성도는 고정된 모양의 튜브가 아니기 때문에 말을 하는 과정에서, 특히 모음을 발성하는 과정에서 구강이나 인두의 다양한 부분들이 좁아지거나 길이의 변화가 일어나게 되는데, 이때 모음의 특성을 결정짓는 성도의 모양에 따라서 각각 다른 주파수에서 공명이 일어나고 서로 다른 음형대 주파수를 갖게 된다. 이와 같이 성도, 즉 공명관을 지나는 기류의 부분적 마찰로부터 음형대 주파수의 변화를 예측하는 것이 섭동이론이다. 이 이론을 요약 하면 성도가 모음 발성을 위해 수축을 해서 좁아지는 부분이 생기는 데 좁아지는 부분이 마디(node)근처이면 음형대 주파수가 올라가고, 배(anti-node)근처가 좁아지면 음형대 주파수가 내려가며, 그 외, 입술이 등

글게 모아지거나 성도의 길이가 길어지면 음형대 주파수가 내려간다는 것이다.^{5,7)}

(1) 성악가 음형대(Singer's formant)

1934년 Bartholemew는 훌륭한 성악가의 목소리는 약 3,000 Hz 주변에 에너지가 집중되는 부분이 있어야 한다는 주장을 한 바 있다. 그로부터 약 40년 후 Sundberg는 Jussi Bjöering(1911~1960)이라는 유명한 테너 가수의 목소리를 장시간 평균스펙트럼(long term average spectrum)을 이용하여 분석한 결과, 성악가는 발성 시 일반인들과 달리 약 2,500~3,000 Hz 근처에 에너지 집중대가 형성되며, 이 영역 때문에 오케스트라의 연주 속에서도 성악가의 목소리가 청중들의 귀에 명료하게 들리는 것이라 설명하였는데 이것이 성악가 음형대이다.⁷⁾ 그러나 남자 성악가와 일반 성인남자에서 주파수 별로 낼 수 있는 가장 큰 소리로 고향을 질렀을 때 양자간에 발성 강도에 분명한 차이점을 관찰할 수 없었다는 보고가 있으며, 성악가라고 해서 일반인들보다 더 큰 소리로 노래를 하는 것은 아니라고 짐작할 수 있다.

성악가 음형대가 형성되는 주파수 영역은 여성성부의 알토(alto)를 포함한 남성성부에서 서로 큰 차이를 보이지는 않으나, 베이스(bass) 쪽으로 갈수록 약간씩 낮은 주파수에서 형성되는 것으로 알려져 있다. 성악가 음형대의 중심주파수는 베이스가 2.4 kHz, 바리톤(baritone)은 2.6 kHz, 테너(tenor)는 2.8 kHz, 알토는 3.0 kHz 주변에서 형성되는 것으로 알려져 있다. 그러나 소프라노(soprano)의 경우는 3.2 kHz 주변에서 형성된다는 보고가 있는 반면 이것이 성악가 음형대가 아니라 단순한 제3, 제4 포만트라는 주장도 있어 학자들 간에 약간에 이견이 있는 실정이다. 그렇다면 어떻게 성악가들은 이와 같은 특정 주파수에서 에너지가 증가되는 그들의 목소리에서 만들어 낼 수 있을까? 이는 바로 공명에 의한 것이라 말할 수 있다. 이 같은 공명현상을 설명하기 위한 노력이 아직도 계속 이루어지고 있으며, 아직까지 성악가 음형대가 형성되는 방법에 대해서 분명하게 밝혀진 바는 없으나, Sundberg가 성도내의 후두 주변부에 위치하는 작은 공명기의 존재를 통하여 설명함으로써, 성악가 음형대의 형성에 대하여 증명하고자 하였고, Titze는 물리적 수식을 통하여 성악가 음형대의 형성여부를 증명하고자 하였다. Sundberg에 따르면 진성대로부터 후두개의 경계부 까지를 한쪽이 막혀 있는 관으로 생각하여, 그 단면적과 이상와를 포함하는 하인두부의 단면적 간의 비를 6배 이상으로 만들어 줄 경우 성악가 음형대에 해당하는 에너지 집중영역이 이루어졌다고 설명하였고,⁷⁾ Titze는 한쪽이 막혀 있는 공명관에서 공명 주파수를 산출해 내는 공식 즉, $F=(2n-1)c/4L$ (c : speed of sound in the vocal tract(350

m/sec), $L/6$: length of epilarynx tube(2.5~3 cm), L : length of vocal tract(17~18 cm)을 이용하여 성악가 음형대의 형성을 설명하였다.⁵⁾ Titze의 설명에서 보면 일반 성인 남자의 성도의 길이를 17 cm 내외라 볼 때, 이 역시 Sundberg의 1:6비와 같아서 1:6비가 2가지 양상으로 나타나는 것 같다고 하였다. 따라서 이들의 주장을 바탕으로 성악가들이 성악가 음형대를 만들어 내기 위해서는 발성 시 하인두부를 넓혀주고, 후두를 아래로 내려(또는 고정시켜) 성도의 길이를 길게 만들어 주는 두 가지 요소에 의하여 형성되는 것이 아닌가 하는 생각할 수 있다.

(2) 모음조정(Vowel migration) 또는 모음변형(vowel modification, aggiustamento)

모음조정 또는 모음변형은 성악가가 모음을 의도적으로 중성화하거나 인접한 모음으로 발음 함으로써 전체음역을 통해 기본 주파수와 각 배음들간에 조화와 균형을 이루기 위해 발생하는 현상이다. 성악가에서 벨칸토 발성의 목적들 중에 한 가지는 깨끗하고 끊어지지 않는 보컬 스케일(vocal scale)을 만드는 것이다. 즉, 성구전환 지점에서 동일한 음질을 유지할 수 있도록 하려는 것인데, 이를 위해 모음의 변형을 통한 모음의 중성화 과정이 필요하다. 모음의 중성화 과정은 전설모음은 점진적으로 후설을 향해 가며 중성이 되고, 후설모음은 점진적으로 전설을 향해 가며 중성음으로의 변형이 이루어진다. 고음역에서 파사지오에 접근하면서 이와 같은 모음의 중성화는 더욱 현저해 지는 경향을 보인다. 즉, 성악가들은 음정이 올라감에 따라 자연스럽게 입을 벌리게 되고 이때 모음의 발음은 인접모음으로 옮겨가는 경향을 보이며, 이러한 자연스러운 모음 변형과정은 일련의 모음이 중성화 되기 위한 미세한 이동인 것이다. 그러나 모음 조정은 모음의 명료도를 저하시키는 단점이 있으므로 이를 최소화하는 범위 내에서 모음 조정 또는 변형이 이루어지도록 해야 한다. 모음조정 또는 변형은 저음역 보다는 고음역에서, 남성 성부보다는 여성 성부에서 빈번히 일어난다.^{6,8)}

결 론

성악가, 배우, 방송인들과 같이 직업적 음성 사용인들이나 이비인후과의사, 음성언어치료사, 발성교사들과 같이 직업적 음성 사용인들의 목소리를 치료하고 관리하는 사람들에게 있어서 발성기관의 구조와 발생생리에 대한 이해는, 올바른 발성을 유지하고 이를 관리하고 교정해나가는 데 있어서 있어서 반드시 필요한 것으로 생각된다.

중심 단어: 후두 해부·음성 생리.

REFERENCES

- 1) Sataloff RT. *Clinical Anatomy and Physiology of the Voice*. In: Sataloff RT editor. *Voice science*. 2nd ed. San Diego, CA: Plural Publishing Inc.;2005. p.53-88.
- 2) Choi HS. *Physiology of sound production*. In: Korean society of laryngology, phoniatrics, and logopedics editor. *Understanding of phonation and voice therapy*. 1st ed. Seoul: Iljogak;2012. p.45-54.
- 3) Miller R. *The Supported Singing Voice: Breath Management in Singing*. In: Miller R editor. *The structure of singing: System and Art in Vocal Technique*. 1st ed. Belmont, CA: Thomson Learning, Inc.;1986. p.24-42.
- 4) Borden GJ, Harris KS. *Physiology, Acoustics, and Perception of Speech*. In: Raphael LJ, Borden GJ, Harris KS editors. *Speech science primer*. 5th ed. Philadelphia., PA: Lippincott, Williams and Wilkins;2007. p.53-75.
- 5) Titze IR. *Generation and Propagation of Sound*. In: Titze IR editor. *Principle of Voice Production*, 2nd printing. Iowa City, IA: National Center for Voice and Speech;2000. p.123-48.
- 6) Kent RD, Read C. *Acoustic Theory of Speech Production*. In: Kent RD, Read C editors. *The acoustic analysis of speech*. 2nd ed. Albany, NY: Thomson learning;2002. p.27-53.
- 7) Sundberg J. *Vocal tract resonance*. In: Sataloff RT editor. *The Professional Voice: The Science and Art of Clinical Care*. San Diego, CA: Singular Publishing Group, Inc.;1997. p.167-84.
- 8) Gwon YK. *Understanding of the western classical singing voice*. In Korean society of laryngology, phoniatrics, and logopedics. *Understanding of phonation and voice therapy*. 1st ed. Seoul: Iljogak; 2012. p.245-63.