

베르누이의 이론에 의한 성문 하압의 원리 연구

윤병진* 조태선**
청운대학교 실용음악과
*e-mail:firehousebj@hanmail.net
**e-mail:entheos@chungwoon.ac.kr

A Study on the Principle of Lower Pressure of Vocal cords by Bernoulli's Theory

Byung Jin-Yun* , Tae-Seon Cho**
Dept of Applied Music, Choongwoon University

요 약

보컬 발성 기관은 크게 3가지로 구분 되어진다. 윗배에서 성문까지를 “1차 발성 기관”이라 하고, 성대를 “2차 발성 기관”, 성대 상부에서 진두동 까지를 “3차 발성 기관”이라 한다. 가창을 안정적으로 하려면 “2차 발성 기관”인 성대를 단아, 성대 아래 공간과 윗 공간의 압력 차를 만들어야 한다. 이를 “성문 하압”이라고 하는데, 유체의 위치 에너지와 운동 에너지의 합이 일정하다는 “베르누이의 이론”을 분석 하여, 성대가 손상되지 않고, 말하듯 편안하게 가창 할 수 있는 방법을 연구한다.

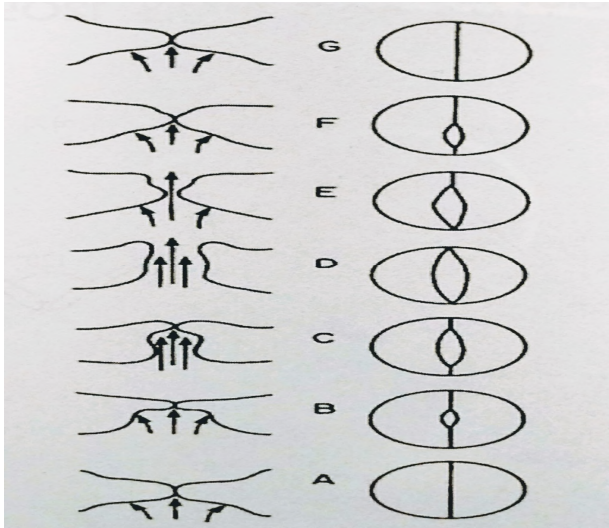
1. 서 론

가창 시 호흡과 함께 발성에 가장 중요한 요소 중 한 부분이 “성대”이다. 성대는 후두부 안에 위치하고 있으며, 좌우 대칭으로 이루어진 인대를 포함하는 한 쌍의 점막주름 이다. 허파에서 배출되는 공기가 이 성대를 지나가면서 성대를 진동시켜 목소리를 만들어내며, 이 곳을 칭하여, “성문”이라 한다. 성대에는 갑상연골과 피열연골을 이어 주는 탄력성 높은 인대와 연결 되어 있으며, 갑상 연골과 피열 연골에 근육들이 붙어 있어서 이들이 수축하면, 연골의 위치와 인대의 장력이 변화된다. 후두강을 확보하고 연구개를 개방하여 30도 정도의 턱의 각도를 유지하면, 성대는 “윤상갑상근”의 장력의 변화로 “부분하향”하게 되고 이때 성대를 단아 “성문 하압”을 형성하게 되면, 고음 시 부드럽게 가창 할 수 있다.

본 논문에서는 성대 주변 근육에 대해 알아보고 각 근육의 특징 및 기능에 대해 연구한다. 동시에 “성문 하압”의 방법에 쉽게 접근하기 위해 “베르누이의 이론”을 분석하고, 상관 관계에 대해 연구한다. 성대의 개폐는 후두부의 근육들에 의해 움직인다. “외측윤상피열근”과 후두내근 중 유일하게 짝을 이루지 않는 “피열근”의 회전 운동과 근접 효과로 인해 단아지고, “후윤상피열근”에 의해 개방된다. “갑상피열근”의 이완 수축 작용으로 인해, 성대의 길이와 긴장도가 조절되며, “외후두근”에 의해 위치의 상승과 하강이 결정되며, 성대의 진동을 결정하는 근육은 “하악설골근”, “턱끝설골근”, “두힘살근”, “경돌설골근”등이 있고, 후두를 내리는 근육에는 흉골설골근, 흉골갑상근, 갑상설골근 등이 있다.

2.1 성문의 개폐와 성대 진동의 원리

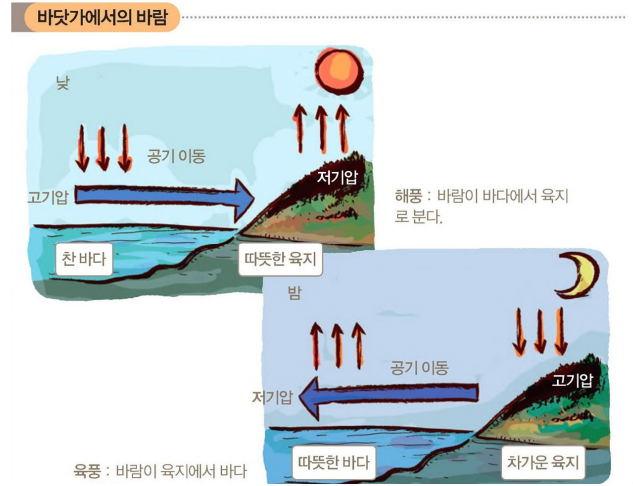
2. 본 론



[Fig 1] 성대 진동시 의 모습(아래에서 위로 변화)을 앞에서 본 모습(왼쪽) 과 위에서 본 모습(오른 쪽)

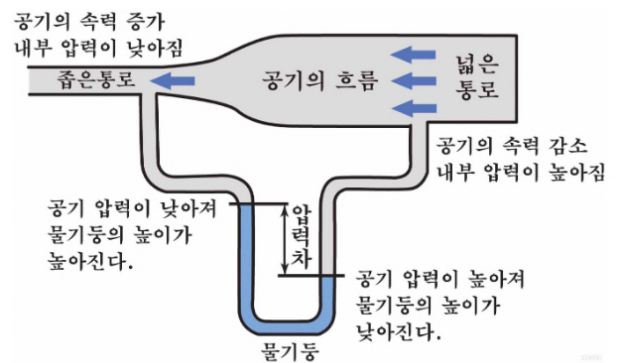
위 그림에서와 같이 성대는 ‘두께’를 가지고 있다. 그리고 이런 성대의 두께는 폐에서 호흡이 산출되었을 때 위와 같은 움직임을 만들어 낸다. 여기서 화살표는 폐에서 산출되는 ‘호흡’을 나타낸다. 그리고 이런 진동의 크기에 따라 ‘목소리의 크기’ 그리고 진동의 횟수에 따라 목소리의 높이가 결정 된다. 소리를 내기 직전 성대는 닫혀있다. 그리고 폐에서 나온 공기는 닫혀 있는 성대 아래쪽에 기압을 형성하게 된다. 이것 “성문 하압”이라 한다. 이 성문 하압은 닫힌 성대에 의해 성대 위에 형성되는 “성문 상압” 보다 높은 압력을 가진다. (성문 하압 > 성문 상압) 높은 압력에 의해 성대는 조금씩 열리게 되고 이윽고 성대가 열렸을 때 성문하압은 상대적으로 압력이 낮은 성대 위쪽으로 튀어 나가게 된다. 그리고 공기가 빠르게 통과하는 이 구간의 기압은 순간적으로 하락한다. 이렇게 낮아진 기압은 성대를 빨아들이고 이에 더불어 성대자체의 탄력성에 의해 성대는 제자리로 돌아간다. 이것이 목소리가 만들어지는 원리인 “근탄성 공기역학이론”이다. 이렇듯 기본적인 성문상하압의 압의 차이가 클수록 성대운동의 진폭도 커지고 이로 인해 더욱 강한 진동이 생기게 되는 것이다.

2.2 기압 차에 따른 공기의 순환 이동



[Fig 2] 공기의 이동

위의 그림과 같이 공기는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다. 이 원리를 극대화 시켜서 성대의 진동을 더욱 크게 만들어 주면 더욱 원음을 얻을 수 있게 된다. 호흡을 많이 들이마시게 되면 살짝만 호기근(호흡을 뱉는데 사용되는 근육)을 수축시켜도 단시간내에 성문하압이 형성된다. 하지만 호흡의 양이 적다면 호흡의 양이 많은 상태보다 호기근을 더욱 강하게 수축시켜야만 한다. 빵빵한 풍선은 살짝만 눌러도 바람이 확 빠지지만 흐느적 거리는 풍선은 세게 눌러야지만 바람이 나가는 걸 생각하면 된다. 그리고, 이 원리는 “베르누이의 이론”에서도 확인 할 수 있다.



[Fig 3] 베르누이의 원리

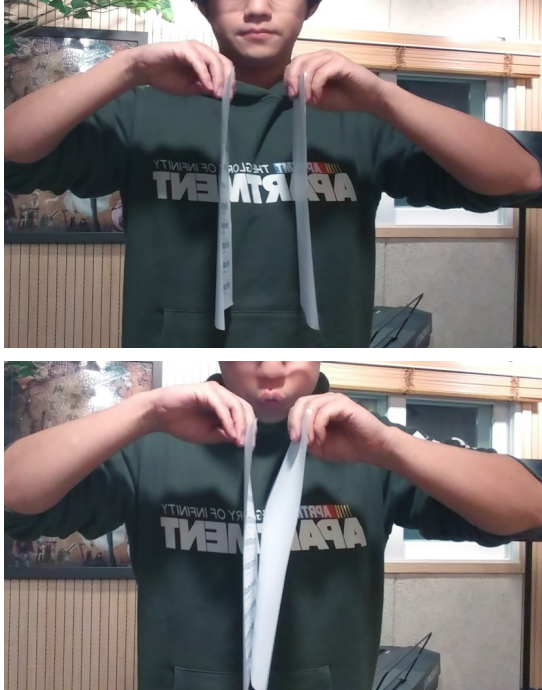
위의 그림은 유체역학의 기본법칙 중 하나이며, 1738년 D.베르누이가 발표하였다. 점성과 압축성이 없는 이상적인 유체가 규칙적으로 흐르는 경우에 대해 속력과 압력, 높이의 관계를 규정하였다. 유체의 위치에너지와 운동에너지의 합이 일정하다는 법칙에서 유도한다. 간단히 정리 하면 “유체는 넓은 통로

에서 흐르다가 좁은 통로가 나오면 그 구간에서 속도가 빨라지고 압력은 낮아진다” 라고 요약 할 수 있다.

울림이 안정적으로 전달되면 보다 디테일 하고 풍부한 감성 표현이 가능한 목소리를 가질 수 있다.

2.3 베르누이 원리 실험

참고문헌



[Fig 4] 기압 차에 따른 공기의 이동

- (1) 세스릭스 - 상지원 - 스타처럼 노래하세요 (2000)
- (2) 남도현 - 코러스 센터 - 남도현 발성법(2011)
- (3) 전기영 - 예술 - 보컬 트레이닝의 정석(2016)
- (4) 디케유치 휴지 - 보누스 - 인체 구조 교과서 (2019)

그림과 같이 종이를 양손에 든다. 그런 후 종이 사이로 바람을 불면 종이끼리 달라붙는 것을 눈으로 확인 할 수 있다. 종이 사이의 공간에 바람을 불면 종이 사이공간의 압력은 상대적으로 종이 양쪽 바깥 압력보다 저기압을 형성하고, 종이의 바깥쪽은 고기압을 형성 한다. 위의 공기의 이동 그림에서 보는거와 같이 공기는 고기압에서 저기압으로 이동하기 때문에 종이가 안쪽으로 모이게 되는 것이다. 모이는 종이는 성대가 접지하는 현상과 같다.

3. 결 론

성대의 개폐는 가창을 함에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 성문 하압은 베르누이의 이론과 매우 밀접한 상관 관계를 가지고 있고, 부드러우면서 임팩트 있는 호흡을 뿜어내는 보컬에게 있어서 정말 중요한 부분이라 할 수 있다. 본문에 있는 “근탄성 공기역학이론” 과 ‘성문 하압“의 정확한 이해 및 원리 분석을 통한 “1차 발성기관”과 “2차 발성 기관”의 유기적인 메카니즘과 더불어 “3차 발성 기관” 공간으로의