

후두 수직운동이 성대에 미치는 영향

The Effects of Vertical Laryngeal Movements on the Vocal Folds

홍기환* · 김현기**

(Ki Hwan Hong · Hyun Ki Kim)

ABSTRACT

In spite of the presumed importance of the strap muscles on laryngeal valving and speech production, there is little research concerning the physiological role and the functional differences among the strap muscles. Generally, the strap muscles have been shown to cause a decrease in the fundamental frequency(Fo) of phonation during contraction. In this study, an in vivo canine laryngeal model was used to show the effects of strap muscles on the laryngeal function by measuring the Fo, subglottal pressure, vocal intensity, vocal fold length, cricothyroid distance, and vertical laryngeal movement. Results demonstrated that the contraction of sternohyoid and sternothyroid muscles corresponded to a rise in subglottal pressure, shortened cricothyroid distance, lengthened vocal fold, and raised Fo and vocal intensity. The thyrohyoid muscle corresponded to lowered subglottal pressure, widened cricothyroid distance, shortened vocal fold, and lowered Fo and vocal intensity. It was postulated that the mechanism of altering Fo and other variables after stimulation of the strap muscles is due to the effects of laryngotracheal pulling, upward or downward, and laryngotracheal forward bending, by the external forces during strap muscle contraction.

서론

일반적으로 후두외근이란 후두에 영향을 주어 후두기능에 변화를 초래하는 모든 근육을 의미하는데 여기에는 설골상부근, 설골하부근(경부 strap근), 인두수축근 및 외설근등이 있겠다. 이 근육은 후두를 상하로 움직이게 하므로써 후두의 생리적 기능중의 하나인 이물질에 대한 방어 기능 및 연하운동을 수행하며 음성의 질에도 변화를 준다는 사실은 매우 잘 알려져 있지만 [1][2] 성대의 진동에 어떠한 영향을 주는가에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. 그중에서 특히 경부 strap근은 후두를 둘러싸고 있으므로써 이근육이 수축하므로써 후두에 영향을 주어 결

* 전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

** 전북대학교 인문과학대학 불어불문학과

과적으로 성대에 영향이 미친다는 보고가 있었지만 그결과에 대하여 아직까지 많은 논란이 있는 실정이다. 또한 각각의 근육은 부착부위와 작용방향이 서로 달라 기능상의 차이는 예상되지만 이에 대한 보고는 없는 실정이다.

이 경부근에 대한 연구는 모두 정상인을 대상으로한 연구로서 Sonninen[5]은 국소마취 경부수술중 흉골갑상근(sternothyroideus)을 전기자극한 결과 경부가 전굴되면서 음의 높이가 반음하강되었고 자극이 없어질 때 정상음고로 회복되는 현상을 보고하였다. Faaborg-Anderson[6]은 음의 높이를 다르게 발생시키면서 후두의 높이와 후두외근의 전기활동도를 측정하였는데 저음에서 흉골갑상근의 활동도가 현저히 증대되며 고음에서 감소한다고 보고하였고 반면에 갑상설골근(thyrohyoideus) 및 하악설골근(mylohyoideus)은 고음에서 활동도가 증대됨을 보고하였다. 또한 Hirano 등[3]도 저음에서 흉골설근(sternohyoideus)의 활동도가 증대됨을 보고하였으나 반면에 고음에서도 이 근육의 활동도가 증대됨을 관찰하였고 어느 음고에서나 음량이 증대됨을 보고하였다. Simada 및 Hirose 등[7]이 의하면 역시 흉골갑상근은 저음에서 활동도가 증대되고 고음에서 억제되나 흉골설근에서는 일정하지 않다고 보고하였다. 정상발화시 strap근에 대한 연구로서 Ohala[8] 및 Simada[7]는 흉골설근은 피치가 하강할 때와 극히 높을 때 활동도가 증대된다고 보고하였으며 Erickson[9][10]은 strap근은 피치와 반비례하여 작용하며 또한 하악설골 및 윤상갑상근과 반비례하여 활동한다고 보고하였다.

반면에 strap근이 피치와 비례하여 활동한다는 즉 이 근육의 활동이 증대하면 피치가 높아진다는 보고가 있었다. Sonninen[11]에 의하면 후두외근은 수축하므로서 갑상연골과 윤상연골에 영향을 주어 성대의 길이에 변화를 줌으로서 피치에 변화가 올 수 있다고 보고하였다. 그는 흉골갑상근이 수축하면 갑상연골이 앞으로 기울어지기 때문에 성대길이가 증대하여 피치가 증대됨을 관찰하였고 외후두근을 절단하므로서 피치가 하강하고 음역이 감소하는 현상을 보고하였다. Murakami[12][13]는 고양이를 이용한 실험에서 외후두근이 성대의 긴장도를 증대시키는 기전을 보고하였다. 그는 외후두근이 수축하므로서 반사적 반응으로 윤상갑상거리가 짧아져 성대길이가 길어지며 이 근육이 갑상연골을 보다 안정하게 고정하므로서 성대근의 수축이 보다 효과적이어서 긴장도가 더욱 증대된다고 보고하였다. Niimi 등[4]은 흉골갑상근이 피치를 상승시킨다고 보고하였던 바 그는 이 근육이 수축하므로서 갑상연골이 윤상갑관절을 중심으로 앞쪽으로 기울림으로서 윤상갑상 거리가 짧아져 결과적으로 성대길이가 길어지고 긴장도가 증대되어 피치가 증대된다고 보고하였다.

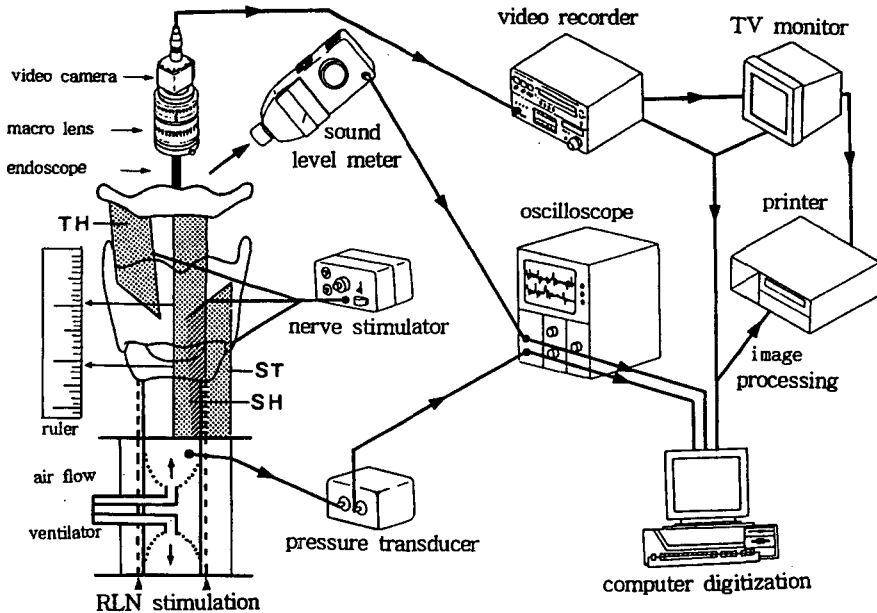
이 연구에서는 개를 이용하여 흉골설근, 흉골갑상근 및 갑상설골근의 신경을 직접 전기자극하여 기본주파수, 성문하압, 음량, 후두상하운동, 윤상갑상거리 및 성대의 길이를 측정하여 strap근의 활동이 성대에 어떠한 영향을 주는가를 알아보기 위해 연구를 시행하여 흥미로운 결과를 얻었기에 문헌과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1. 실험 후두모델

이 실험을 위한 후두모델은 그림 1과 같다[14][15]. 네 마리의 잡종견(25-30 Kg)을 각각 acepromazine maleate로 전치한 후 pentobarbital sodium(Nembutal)을 정맥주사하여 각막반사가 없을 때까지 마취하였다. 호흡을 위해 기관삽관후 95% 산소를 연결하였다. 경부중앙선을 따라 하악부터 흉골까지 피부절개한 다음 경부 strap 근육을 확인한 후 각각의 흉골설골근, 흉골갑상근 및 갑상설골근을 확인한 후 박리하였다. 후두로부터 약 5 cm 하방에서 반회신경을 확인하여 박리하였으며 ansa cervicalis로부터 나와 각각의 strap근으로 가는 신경을 확인한 후 약 1 cm 박리하였다. 각각의 신경은 육안적으로 가장 크며 신경자극시 가장 활동도가 높은 신경을 선택하였으며 자극시 주위의 다른 근육의 수축은 없었다. 후두로부터 지속적인 호흡을 위해 성문으로부터 약 8 cm 하방에 기관절개를 하였으며 발성을 위해 성대에 지속적으로 공기를 공급하고 성문하압을 측정하기 위해 성문으로부터 약 5-8 cm 하방에 다시 기관절개를 시행하여 후두방향으로 삽관하였다.

Figure 1: Schematic presentation of in vivo laryngeal model. RLN stands for recurrent laryngeal nerve, SH for sternohyoid muscle, ST for sternothyroid muscle and TH for thyrohyoid muscle.



2. 신경자극

양측 반회신경에 Harvard형 전극(South Natick, Mass)을 걸고 전기자극기(WR Medical electronics RLN stimulator, Model S2LH, St. Paul, Minn.)를 이용하여 자극빈도 80 Hz, 충격시간 1.5msec로 지속적으로 같은 양으로 자극하였다. 각 strap근을 자극하기 위해 Grass model 54H stimulator (Quincy, Mass.)가 사용되었으며 자극강도는 0에서 3 volt까지로서 수축정도에 따라 경도 및 고도의 자극으로 분류하였던 바 경도자극이란 자극후 육안으로 strap근의 수축을 볼 수 있을 정도의 자극을 의미하며 고도란 더 이상의 수축이 없는 최대의 자극을 의미한다.

3. 공기량 및 압력측정

실온의 공기를 37도의 온도와 적당한 습도를 가진 공기로 바꾼 후 공기량은 주사바늘(Whitey, Highland Heights, Ohio)을 통해 초당 400 mL로 주입하였으며 나오는 공기량의 측정에는 model F1500(Gilmont instruments, Great Neck, NY)의 flow meter를 이용하였다. 공기압력의 측정에는 도관(Millar catheter)을 이용한 압력 변환기(model SPC-303 Millar Instruments, Houston, Tex.)를 기관절개부의 상부에 삽입하였던 바 성문으로부터 약 2 cm 하방에 위치하게 하였다. 압력 변환기는 37도의 물의 온도로 0에서 100 mmHg로 수은압력계를 이용하여 조절하였다.

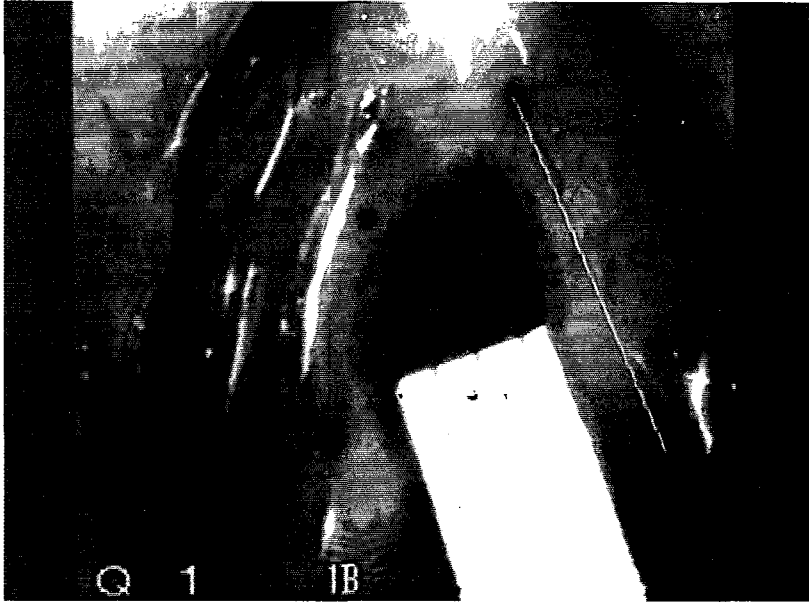
4. 발성시의 신호분석

성문하압 및 음성파형은 Tektronix oscilloscope (model 5116 Beaverton, Ore.)를 이용하여 확인한후 동시에 아날로그-디지털 변환기(Labmaster analog-to-digital microprocessor)를 이용하여 저장한후 20 Hz대에서 3000 Hz로 low-pass filtering하였다. 분석은 음성분석 프로그램(CSpeech 3.1)을 이용하여 분석하였던 바 기본주파수는 압력파형을 이용하여 분석하였다.

5. 성대의 길이변화 측정

Storz사의 비디오 내시경을 이용하여 측정하였던 바 CCD 카메라(Toshiba IKC30A, Buffalo Grove, Ill.)와 3/4 인치 비디오 녹화기(SONY VO-9850, Park Ridge, NJ)를 이용하여 화상을 녹화한후 녹화된 화상은 SONY 비디오 모니터(PVM 1341) 및 SONY 비디오 칼라프린터를 이용하여 재생하였다. 눈금매기기는 그림 2와 같이 눈금자를 성문부에 삽입한 후 컴퓨터 프로그램을 이용한 pixel 단위들을 평방 millimeter로 변환하여 측정하였던 바[16][17] 측정하는 동안은 카메라는 후두로부터 항상 일정한 거리에 고정되게 하였다.

Figure 2: Photograph with ruler measuring the vocal fold length between two markers on the vocal fold demonstrating the calibration method.



6. 후두의 상하운동 및 윤상갑상연골간 거리 측정

갑상연골과 윤상연골의 상하 움직임을 후두의 상하운동으로 측정하였던 바 작은 주사침을 갑상연골판 중앙부와 윤상연골판 중앙부에 꽂은 후 경측부에 눈금자r를 대고 CCD 카메라 (Toshiba IKC30A, Buffalo Grove, III)와 3/4 인치 비디오 녹화기(SONY VO-9850, Park Ridge, NJ)를 이용하여 움직임을 녹화한 후 SONY 비디오 모니터(PVM 1341)와 SONY 비디오 칼라 프린터를 이용하여 재생한 후 주사침의 이동거리를 측정하였다. 측정하는 동안 눈금자는 항상 움직임이 없도록 고정하였다. 윤상갑상연골간 거리는 윤상연골과 갑상연골사이의 두개의 주사침사이의 거리의 차이로 하였다.

7. 실험방법

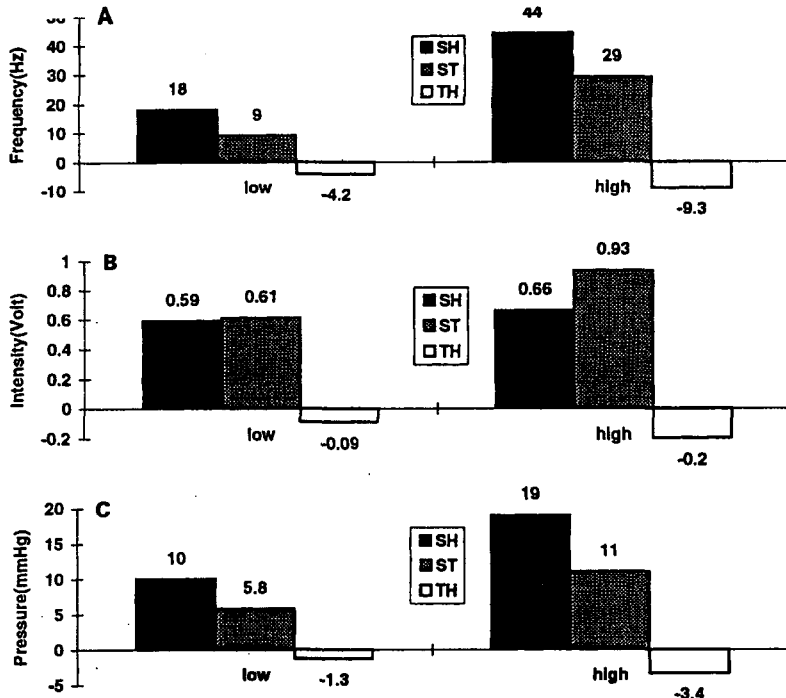
설하신경의 자극강도를 경도 및 고도로 나누어 자극한 후 여러 측정요소를 분석하였고 설하신경의 분지는 설골 및 후두의 운동방향에 따라 3가지로 구분하여 실험한 바에 의하면 단순한 설골 및 혀의 상승운동, 혀의 전방돌출과 더불어 설골 및 후두의 상승, 및 혀의 후방이동 및 설골 및 후두의 상승 등으로 나누었고 발성이 가능해지면 실험동안 성문 하부로부터의 공기량과 반회신경의 자극은 일정하게 유지하였고 같은 과정을 3차례 반복하여 시행하였으며 자극신경의 피로현상을 최소화하기 위해 각 실험마다 3분에서 5분씩 쉬면서 시행하였다. 성문하압, 주과수

및 음의 강도는 중간부위의 안정된 신호로부터 10개의 신호를 추출하여 평균하였고 후두의 상승운동과 윤상갑상연골간 거리는 3번 반복하여 평균하였다.

결 과

각각의 측정치에 대한 통계처리는 반복검사에 의한 ANOVA를 시행하였던 바 자극전, 후와 자극강도에 따른 분산분석과 자극과 개체간의 상호연관성을 분석하였으며 기본주파수 성문하압력 및 음량에 대해서 서로의 연관성을 알기 위해 복합비교에 의한 Pearson 상관계수를 측정하였으며 윤상갑상거리와 후두이동거리와의 관계도 Pearson 상관계수를 측정하여 비교하였다(도표 1).

Figure 3: Plots for the changes of F0(A), vocal intensity(B), and subglottic pressure(C) with levels of stimulation of the strap muscles; SH = sternohyoid muscle, ST = sternothyroid muscle, TH = thyrohyoid muscle.

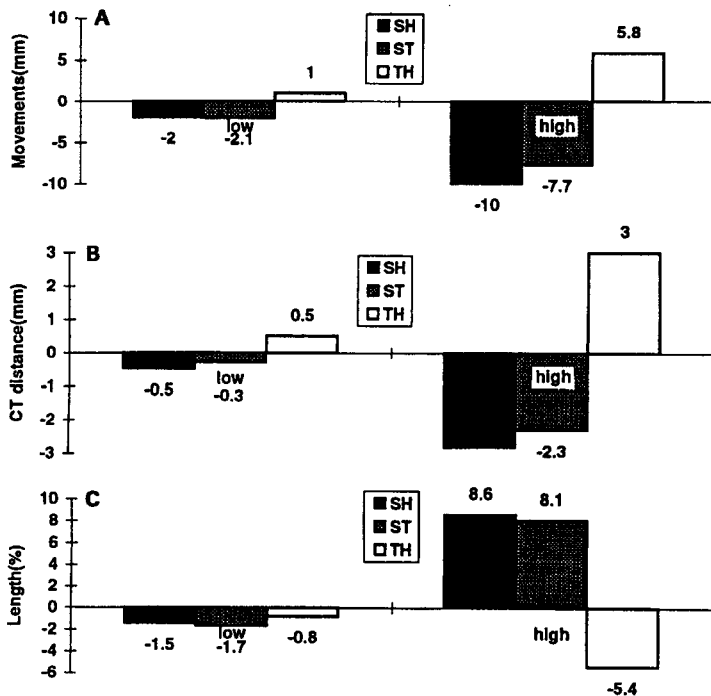


먼저 흉골설골근에서는 기본주파수, 음의 강도 및 성문하압은 자극 후 유의하게 증가하였으며 기본주파수와 성문하압에서 자극강도에 따라 유의한 차이가 있었지만 음의 강도에서는 차이가 없었다(도표 2와 그림 3). 자극강도와 개개의 실험동물 사이에서 상관작용에 있어서는 기본주파

수에서 유의하였고($F_{3,16}=670.3, p<.01$) 음의 강도($F_{3,16}=10.6, p<.05$)와 성문하압($F_{3,16}=26.3, p<.01$)에서도 유의하였다. Pearson 상관계수를 이용한 측정지수들 사이의 상관작용도 기본주파수와 음의 강도사이에서($r=.46, p<.05$) 유의하였고 음의 강도와 성문하압에서는 유의하지 않았으며($r=.16, p>.05$) 기본주파수와 성문하압 사이에서는 유의하였다($r=.83, p<.01$).

흉골설골근 자극 후의 후두의 상하운동, 윤상갑상연골간 거리 및 성대의 길이에 대한 변화도 자극 전후에 유의한 차이가 있었고 자극강도 사이에서도 유의한 차이가 있었다(도표 3). 후두의 상하운동은 하강하였으며 윤상갑상연골간 거리는 자극 후 짧아졌다. 성대의 길이는 경도의 자극에서 약간 감소하였으나 고도의 자극에서는 그림 4에서와 같이 현저하게 길어졌다. 자극강도와 개개의 실험동물 사이에서 상관작용에 있어서는 성대의 길이변화는 유의하였고($F_{3,16}=12.7, p<.01$), 후두의 상하운동에서도 유의하였으나($F_{3,16}=3.5, p<.05$) 윤상갑상연골간 거리에서는 유의하지 않았다($F_{3,16}=0.7, p>.05$). Pearson 상관계수를 이용한 측정지수들 사이의 상관작용도 성대길이와 후두의 상하운동에서는 유의한 상관관계가 있었으나($r=-.779, p<.01$) 성대의 길이와 윤상갑상연골간 거리에서는 유의하지 않았으며($r=-.327, p>.05$) 윤상갑상연골간 거리와 후두의 상하운동 사이에서도 유의하지 않았다($r=.372, p>.05$).

Figure 4: Plots for the changes of vertical level of larynx(A), CT distance(B) and vocal fold length(C) with levels of stimulation of strap muscles; SH = sternohyoid muscle, ST = sternothyroid muscle, TH = thyrohyoid muscle.



홍골갑상근에서는 역시 기본주파수, 음의 강도 및 성문하압은 자극후 유의하게 증가하였으며(도표 2) 자극강도와 개개의 실험동물 사이에서 상관작용에 있어서는 기본주파수에서 유의하였고($F_{3,16}=12.2, p<.01$) 음의 강도에서도 유의하였으나($F_{3,16}=2.3, p<.05$)와 성문하압에서는 유의하지 않았다($F_{3,16}=1.86, p>.05$). Pearson 상관계수를 이용한 측정지수들 사이의 상관작용도 기본주파수와 음의 강도 사이에서($r=.06, p>.05$) 유의하지 않았으며 음의 강도와 성문하압에서도 유의하지 않았다($r=.1, p>.05$). 그림 4에서와 같이 자극후의 후두는 하강하였으며 윤상갑상연골간 거리는 짧아졌고 성대의 길이는 길어졌다. 성대의 길이는 고도의 자극에서 현저하게 길어졌으며(도표 3) Pearson 상관계수를 이용한 측정지수들 사이의 상관작용도 성대길이와 후두의 상하운동에서는 유의한 상관관계가 있었으며($r=-.666, p<.01$) 성대의 길이와 윤상갑상연골간 거리에서도 유의하지 않았으며($r=-.535, p<.01$) 윤상갑상연골간 거리와 후두의 상하운동 사이에서도 유의하였다($r=.69, p<.01$).

반면에 갑상설골근에서는 홍골설골근과 홍골갑상근에서와는 다른 결과를 나타내었다. 갑상설골근 자극후 기본주파수, 음의 강도 및 성문하압은 자극후 유의하게 감소하였고(도표 2와 그림 4). 자극 후의 후두는 상승하였으며 윤상갑상연골간 거리는 길어졌고 성대의 길이는 짧아졌다. 자극강도와 개개의 실험동물 사이에서 상관작용에 있어서는 성대의 길이변화는 유의하지 않았고($F_{3,16}=0.54, p>.05$) 음의 강도는 유의하였으며($F_{3,16}=2.3, p<.05$), 성문하압은 유의하지 않았고($F_{3,16}=1.4, p>.05$), 성대의 길이변화는 유의하였고($F_{3,16}=8.2, p<.01$), 윤상갑상연골간 거리도 유의하였으며($F_{3,16}=3.6, p<.05$) 후두의 상하운동도 유의하였다($F_{3,16}=7.6, p<.01$). Pearson 상관계수를 이용한 측정지수들 사이의 상관작용도 성대길이와 후두의 상하운동에서는 유의한 상관관계가 있었으며($r=-.759, p<.01$) 성대의 길이와 윤상갑상연골간 거리에서도 유의하지 않았으며($r=-.853, p<.01$) 윤상갑상연골간 거리와 후두의 상하운동 사이에서도 유의하였으나($r=.835, p<.01$) 기본주파수와 음의 강도($r=.08, p>.05$) 및 기저주파수와 성문하압 사이($r=.37, p>.05$)는 유의하지 않았다.

고 안

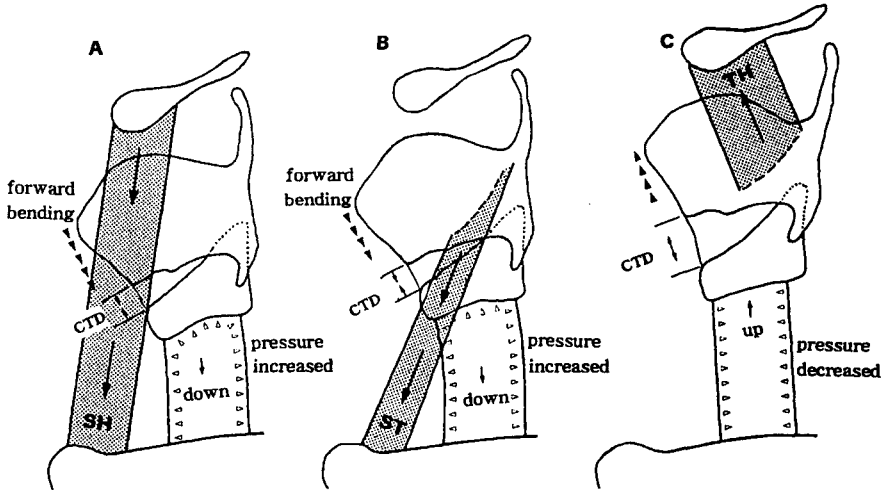
이제까지 알려진 바에 의하면 경부 strap근이 후두에 미치는 영향을 객관적으로 결론내리기란 쉽지 않다. 그러나 일반적으로 이 근육이 외부에서 갑상연골과 윤상연골에 영향을 주어 성대의 길이에 변화를 줄 것이라는 즉 "external frame function"이 있을 것으로 알려져 왔다[11]. 이제까지의 대부분의 보고들에 의하면 홍골설골근과 홍골갑상근은 주로 피치를 낮게 하는 역할을 한다고 알려져 왔지만 몇몇 보고는 반대의 현상을 보고하였다[6][7]. 이제까지의 모든 보고는 정상인을 상대로 발생시 피치에 변화를 주어 이 근육의 활동도를 측정하였다. 그러나 잘 알려진대로 피치의 상승과 하강은 주로 윤상갑상근의 활동에 의한 성대의 긴장도와 길이의 변화에 의해 결정되므로 순수히 경부 strap근이 피치에 어떻게 영향을 주는가를 정상인을 대상으로

하여 알기란 매우 어렵다. 또한 각각의 strap근은 근육의 방향과 작용이 서로 달라 서로 다른 효과를 나타낼 것 같지만 대부분의 경부근이 하나의 근육군으로서 함께 작용하기 때문에 각각에 대해 그 영향을 알기란 매우 어렵다 하겠다.

이 연구에서 흉골설골근 및 흉골갑상근은 수축했을 때 성문하압, 피치 및 음량을 확연하게 증대시켰으며 흉골설골근이 흉골갑상근보다 보다 효과적이었다. 또한 이 근육들은 자극에 비례하여 운상갑상 거리를 짧게 하였으며 성대의 길이를 길게 하였다. 반면에 갑상설골근은 수축하였을 때 피치와 성문하압을 감소시켰으며 비록 적은 양이었지만 자극에 비례하여 운상갑상 거리를 길게 하였으며 성대의 길이를 짧게 하였다.

이와 같은 결과에서 저자들은 경부 strap근이 수축하였을때 성대에 미치는 영향에 대해 해부학적 및 생리학적인 면에서 고찰하였다. 해부학적으로 흉골설골근과 흉골갑상근은 흉골과 설골 및 갑상연골에 각각 부착되어 있으므로 수축시 설골을 전, 하방으로 움직이게 하며 후두 특히 갑상연골을 하강시킨다. 또한 갑상설골근은 갑상연골과 설골사이에 부착되어 있어 수축시 갑상연골을 올리게 되므로 후두가 상승하게 된다. 이 연구에서 관찰할 수 있었던 사실은 흉골설골근과 흉골갑상근은 설골과 후두를 하강시키는 운동(laryngotracheal pulling) 효과와 동시에 후두를 앞방향으로 굽게하는 운동(laryngotracheal bending) 효과를 관찰할 수 있었다(그림 5).

Figure 5: The movements of the hyoid bone, thyroid and cricoid cartilages, after contraction of sternohyoid muscle(SH) for A, sternothyroid muscle(ST) for B and thyrohyoid muscle for C. CTD = cricothyroid distance.



경부 strap근의 이러한 후두하강 운동 효과에 대해 문헌상 두 개의 서로 다른 보고가 있다. Zenker[18]는 이러한 운동이 운상갑상 거리를 길게 하여 성대의 긴장도가 하강하므로 결과적으로 피치가 하강한다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 반대로 운상갑상 거리가 짧아져 피치가 상승하는 효과를 나타내었다. 이러한 현상을 해부학적으로 설명하면 다음과 같다. 운상연골

은 갑상연골에 비해 주위조직과 비교적 단단히 부착되어 있으므로 후두가 하강할 때 윤상연골의 하강이 갑상연골에 비해 적으므로 결과적으로 윤상갑상 거리가 짧아지게 되어 성대의 긴장도가 증대하게 된다. Shipp[19]은 후두의 높이와 피치와는 반비례의 효과가 있다고 보고하였다. 그는 후두가 하강할 때 피치가 상승하는 효과는 후두기관의 하강에 의해 결과적으로 기관과 폐의 공기량의 증대로 성대의 수직긴장도가 증대되어 피치가 증가한다고 보고하였다. 이 연구에서는 비록 성대에 가해지는 긴장도를 직접 측정하지는 못했지만 후두기관이 하강하므로써 기관내의 공기가 많아져 기관이 확장되는 현상을 관찰할 수 있었던 바 이러한 현상은 결과적으로 성문하압력의 증대를 초래하여 피치가 상승한다고 설명되어질 수 있겠다.

경부 strap근의 수축에 의한 피치상승의 다른 기전으로는 후두의 전굴곡운동 효과가 있겠다. 흉골설골근과 흉골갑상근의 수축에 의해 후두가 하강할 때 이 근육들의 작용방향에 의해 갑상연골과 윤상연골은 수직으로 하강하지 않고 전, 하방으로 하강하므로써 결과적으로 후두가 경부척추 쪽으로 굽게되어 윤상갑상 거리가 좁아져서 성대의 긴장도와 길이에 변화가 와서 피치가 증대하게 된다.

반면에 Murakami[11][12]는 후두외근의 작용에 의한 성대의 긴장도 증대를 다음과 같이 두가지 기전으로 설명하였다. 상후두신경의 내분지를 자극하였을 때 반사적으로 외후두근들이 수축하게 되어 윤상갑상연골간 거리가 좁아지므로써 성대의 길이가 길어진다는 사실과 외후두근이 갑상연골을 단단하게 지지해 주므로써 성대근의 수축을 보다 용이하게 해주며 또한 수축시 갑상연골을 아래방향으로 움직이게 하므로써 결과적으로 윤상연골을 위로 끌어 올리는 역할을 하게 되어 윤상갑상거리가 짧아진다고 보고하였다. 비록 이 연구에서는 위의 현상을 관찰할 수 없었지만 이에 대한 보다 진전된 연구가 필요하리라 예측된다.

저자들은 흉골설골근과 흉골갑상근과의 차이점을 관찰할 수 있었던바 해부학적으로 설명하면 다음과 같다. 흉골설골근은 strap근중 가장 부피가 크며 쇄골과 흉골의 후내측에서 기원하여 설골체의 중앙부에 부착하므로 수축시 설골과 후두를 가장 효과적으로 전, 하방으로 잡아당기게 된다. 반면에 흉골갑상근은 부피가 흉골설골근보다 적고 갑상연골판의 사선에 부착하므로 수축시 설골과 후두를 전, 하방으로 잡아당기지만 흉골설골근보다 덜 효과적이라 하겠다. 그러므로 이 연구에서와 같이 흉골갑상근의 수축시 흉골설골근보다 피치의 상승과 성문하압력의 상승이 적게 된 이유는 근육의 부피에 의한 활동도의 차이와 작용방향의 차이에 의해 이러한 결과가 발생한다고 예상할 수 있겠다.

반면에 이 연구에서 갑상설골근은 피치를 하강시키는 역할을 보였다. 이 근육은 갑상연골의 사선과 설골사이에 부착되므로써 수축시 설골과 갑상연골을 동시에 움직이게하지만 주로 갑상연골을 위로 움직이게 한다. 이 연구에서도 이러한 활동에 의해 후두기관이 위로 잡아 당겨지며 반면에 후두기관의 전굴곡은 일어나지 않았다. 그러므로 피치를 하강시키는 기전은 흉골설골근 및 흉골갑상근과 반대 현상에 의해 설명될 수 있는 바 수축에 의해 갑상연골과 윤상연골이 동시에 위로 올라가지만 윤상연골이 주위 조직에 단단히 부착되어 있어 위로의 움직임에 장애를 받기 때문에 결과적으로 윤상갑상 거리가 넓어져 성대의 길이가 짧아지고 긴장도가 하강

되어 피치가 하강하게 되며 또한 후두가 올라가므로 인해 공기의 양에 비해 넓어진 공간 때문에 성문하압력이 감소하여 피치가 하강한다고 설명되어질 수 있겠다.

결론적으로 흉골설골근의 수축은 후두와 기관을 전, 하방으로 잡아당기는 운동을 초래하여 피치를 하강시키는데 그 이유는 후두기관의 하강으로 인한 후두기관의 공기의 압력증대에 의한 성문하압력의 증가와 후두기관의 전하방으로의 기울림에 의해 윤상갑상 거리의 단축으로 인한 성대의 길이증대와 긴장도 증대에 의해 피치가 증대된다 하겠다. 흉골갑상근은 흉골설골근보다 덜 효과적으로 피치를 증대시켰는데 이는 근육의 작용방향과 부피에 의해 후두기관의 전하방 운동이 흉골설골근 보다 덜 효과적이기 때문으로 예상된다. 반면에 갑상설골근에 의한 피치의 상승효과는 갑상연골의 상승에 의한 윤상갑상 거리의 넓어짐과 후두기관의 상승에 의한 성문하압력의 감소에 의해 피치가 하강된다.

References

- Moore, K. L. 1985. *Clinically Oriented Anatomy*. Williams and Wilkins(2nd edition), 1057-1059.
- Atkinson, J. E, Erickson D. 1977. The function of strap muscles in speech: pitch lowering or jaw opening? Haskin's Laboratories: *Status Report on Speech Research, SR-49*, 97-102.
- Hirano M, Koike Y, von Leden H. 1967. The sternohyoid muscle during phonation. Electromyographic studies. *Acta Otolaryngol 64*, 500-507.
- Niimi S, Horiguchi S, Kobayashi N. 1991. Fo raising role of the sternothyroid muscle - An electromyographic study of two tenors. Vocal fold physiology: Acoustic, perceptual, and physiological aspects of voice mechanisms, Gauffin J and Hammarberg B et al (eds.), Singular publishing group, Inc., Stockholm, Sweden, 183-188.
- Sonninen A. A. 1956. The role of the external laryngeal muscles in length-adjustment of the vocal cords in singing. *Acta Otolaryngol Suppl 130*, 102.
- Faarborg-Anderson K, Sonninen A. 1960. Function of the extrinsic laryngeal muscles at different pitches. *Acta Otolaryngol 51*, 89-93.
- Simada Z, Hirose H. 1970. The function of the laryngeal muscles in respect to the word accent distinction. *Ann Bull RILP(University of Tokyo) 4*, 27-40.
- Ohala J, Hirose H. 1970. The function of sternohyoid muscle in speech. *Ann Bull RILP (University of Tokyo) 4*, 41-44.
- Erickson D, Baer T, Harris K. S. 1983. The role of strap muscles in pitch lowering. Vocal fold physiology: Contemporary research and clinical issues, Bless D.M. (ed.), San Diego, CA: College-Hill Press, 279-285.
- Erickson D, Liberman M, Niimi S. 1977. The geniohyoid and the role of the strap muscle. Haskin's laboratories : *Status Report on Speech Research SR-49*, 103-110.
- Sonninen A. A. 1968. The external frame function in the control of pitch in the human voice. *Ann. NY Acad Sci. 155*, 68-89.
- Murakami Y, Kirchner J. A. 1972. Mechanical and physiological properties of reflex

- laryngeal closure. *Ann Oto Rhino Laryngol* 81, 59-66.
- Murakami Y, Kirchner J. A. 1971. Reflex tensor mechanism of the larynx by external laryngeal muscles. *Ann Oto Rhino Laryngol* 80, 46-60.
- Berke G. S, Moore D. M, Hansen D. G, Hantke D. R, Gerratt B. R. 1987. Burstein F. Laryngeal modeling: theoretical, in vitro, in vivo. *Laryngoscope* 97, 871-881.
- Choi H. S, Berke G. S, Ye M, Kreiman J. 1993. Function of the thyroarytenoid muscle in a canine laryngeal model. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 102, 769-776.
- Sercarz J. A, Berke G. S, Anstein D, Gerratt B, Natividad M. 1991. A new technique for quantitative measurement of laryngeal videostroboscopic images. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 117, 871-879.
- Sercarz J. A, Berke G. S, Bielamowicz S. 1994. Changes in glottal area associated with increasing airflow. *Ann tol Rhinol Laryngol* 103, 139-144.
- Zenker W, Zenker A. 1960. Über die regelung der stimmlippenspannung durch von aussen eingreifende mechanimen. *Floriat* 12, 1-36.
- Shipp T, Morrissey P, Haglund S. 1983. Laryngeal muscle adjustment for sustained phonation at lung volume Extremes. In Askenfelt A, Jassen E, Sundberg J. (eds.) Proc SMAC, Stockholm, July 28-August 1, Publications of Royal Swedish Academy of Music 46, 269-77.

접수일자 : '97. 1. 21.

게재결정 : '97. 2. 15.

▲ 홍기환

전북 전주시 덕진구 금암동 산 2-20

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실 (우편번호 : 560-182)

Tel : (0652) 250-1980, 1985 FAX : (0652) 74-5546

▲ 김현기

전북 전주시 덕진구 금암동 산 2-20

전북대학교 인문과학대학 불어불문학과 (우편번호 : 560-182)

Tel : (0652) 70-3196(O), (0652) 70-3671(phonetics Lab.)

FAX : (0652) 70-3665

Table I
Mean Changes of Dependant Variables with Stimulations.

Muscle	Variables	Dog 1		Dog 2		Dog 3		Dog 4	
		low	high	low	high	low	high	low	high
SH	F0	8.3	27.0	19.5	35.3	25.7	38.3	19.1	76.8
	Intensity	0.2	0.3	1.4	0.7	0.5	0.3	0.1	1.3
	Psub	8.7	15.8	4.3	6.0	17.1	20.7	9.9	35.6
	CTD	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0
	VFL	-3.0	7.6	-5.3	5.8	0.0	7.4	2.4	8.0
	VLM	-2.4	-9.5	-2.5	-11.5	-2.0	-13.5	-1.0	-6.0
ST	F0	7.8	23.2	10.0	20.6	5.1	16.4	12.7	57.3
	Intensity	0.5	1.4	1.6	1.5	0.1	0.2	0.3	0.7
	Psub	11.2	12.5	5.6	8.9	1.1	12.6	5.4	9.9
	CTD	0.0	-2.0	0.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0
	VFL	0.0	5.4	3.0	6.0	-4.3	5.6	-5.7	5.5
	VLM	-2.0	-7.5	-1.5	-8.0	-2.0	-9.5	-3.0	-6.0
TH	F0	-3.6	-8.1	-4.1	-7.4	-6.3	-10.9	-3.0	-10.8
	Intensity	-0.1	-0.3	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	-0.2
	Psub	-1.4	-4.5	-0.9	-2.2	-0.6	-1.6	-2.3	-5.4
	CTD	0.0	2.0	1.0	2.0	0.0	2.5	1.0	2.5
	VFL	0.0	-3.8	0.0	-5.0	0.0	-6.4	-3.4	-5.4
	VLM	1.0	3.5	2.0	6.0	0.0	5.5	1.0	8.0

Note: SH = sternohyoideus; ST = sternothyroideus; TH = thyrohyoideus;
 F0 = fundamental frequency(Hz); Intensity = acoustic power(volt)
 Psub = subglottic pressure(mmHg); CTD = cricothyroid distance(mm);
 VLM = vertical laryngeal movement(mm); VFL = vocal fold length(mm).

Table II
Overall Changes and Statistical Data for F0, Vocal Intensity
and Subglottic Pressure after Stimulation.

Muscle	Variables	Overall changes		ANOVA(A)			ANOVA(B)		
		low	high	df	F	P	df	F	P
SH	F0(Hz)	18.2	44.3	1,40	71.7	<.01	1,16	161.8	<.01
	Intensity(volt)	0.6	0.7	1,40	42.4	<.01	1,16	0.38	>.05
	Psub(mmHg)	10.0	19.5	1,40	87.2	<.01	1,16	78.5	<.01
ST	F0(Hz)	8.9	29.4	1,40	41.7	<.01	1,16	77.4	<.01
	Intensity(volt)	0.6	0.9	1,40	75.5	<.01	1,16	5.2	<.05
	Psub(mmHg)	5.8	11.0	1,40	60.4	<.01	1,16	12.8	<.01
TH	F0(Hz)	-4.3	-9.3	1,40	65.1	<.01	1,16	14.8	<.01
	Intensity(volt)	-0.1	-0.2	1,40	30.5	<.01	1,16	11.7	<.01
	Psub(mmHg)	-1.3	-3.4	1,40	50.6	<.01	1,16	21.9	<.01

Airflow was held constant at 400 cc/s relatively.

Notes: SH = sternohyoideus; ST = sternothyroideus; TH = thyrohyoideus;
 Psub = subglottic pressure(mmHg). ANOVA(A), between before and after
 stimulation; ANOVA(B), between the levels of stimulation.

Table III
Overall Changes and Statistical Data for the Laryngeal Movement,
Cricothyroid Distance and Vocal Fold Length after Stimulation.

Muscle	Variables	Overall changes		ANOVA(A)			ANOVA(B)		
		low	high	df	F	P	df	F	P
SH	VFL(%)	-1.5	7.2	1,40	38.2	<.01	1,16	360.7	<.01
	CTD(mm)	-0.5	-2.3	1,40	35.8	<.01	1,16	36.5	<.01
	VLM(mm)	-2.0	-10.1	1,40	7.4	<.01	1,16	400.8	<.01
ST	VFL(%)	-1.7	5.6	1,40	52.6	<.01	1,16	189.8	<.01
	CTD(mm)	-0.3	-2.0	1,40	20.3	<.01	1,16	28.0	<.01
	VLM(mm)	-2.1	-7.7	1,40	4.5	<.01	1,16	417.7	<.01
TH	VFL(%)	-0.8	-5.2	1,40	33.5	<.01	1,16	196.9	<.01
	CTD(mm)	0.5	2.3	1,40	52.1	<.01	1,16	85.9	<.01
	VLM(mm)	1.0	5.8	1,40	31.4	<.01	1,16	163.7	<.01

Notes: SH = sternohyoideus; ST = sternothyroideus; TH = thyrohyoideus;
 VFL = vocal fold length; CTD = cricothyroid distance; VLM = vertical
 laryngeal movement; ANOVA(A), between before and after stimulation;
 ANOVA(B), between the levels of stimulation.