

## 경부 굴곡변화 및 경부근이 pitch 조절에 미치는 영향

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실  
홍기환 · 김영중 · 정경호 · 김영기

= Abstract =

### An Effect of Neck Curvature and Neck Muscles on Pitch Control

Ki Hwan Hong, M.D., Young Jung Kim, M.D.,  
Jung Kyung Ho, M.D., Kim Young Ki, M.D.

*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, School of Medicine,  
Chonbuk National University, Chonbuk, Korea*

The vocal pitch is controlled by the tension, mass, and length of the vocal fold. It is well known that cricothyroid approximation raises the vocal pitch by simulating the contraction of the cricothyroid muscle, and there were so many reports that have noted a relationship between cricothyroid distance and pitch control, but there does not seem to be any single generally accepted theory to account for this connection. It is generally known that the strap muscles are active during low and falling Fo, and the suprahyoid muscles are active during high and raising Fo. These findings can be related to a general picture of the motion of the larynx during changes in Fo, the cricothyroid joint would tend to lengthen the vocal folds, as the larynx moves up and forward, and relax them as it moves back and down.

In this study, we suggest that the relationship between anterior cricothyroid distance and fundamental frequency of the larynx was so complex according to the level of larynx and vertebral curvature. The higher the level of larynx, the wider the cricothyroid distance, but there is more greater fundamental frequency even though more wide cricothyroid distance. This phenomenon seems to be due to the multifactors, especially the vertical tension of the conus elasticus or the change of cricothyroid articulation. It is generally known that the cricothyroid and vocalis muscles are very closely related to pitch elevation, but sternohyoid muscle seems to be more closely related to pitch lowering. By this electromyographic studies, the sternohyoid muscle have dual activity to pitch control, increased activity during the low fundamental frequency and falling pitch, but also increased activity during the higher fundamental frequency and raising pitch at least in this study.

KEY WORDS : Pitch control · Neck curvature · Sternohyoid muscle.

## 서 론

발성시 pitch의 조절기전에는 많은 영향들이 있겠으나 대표적으로 성대의 긴장도, 용량 및 길이의 변화가 대표적인 요소라 하겠으며 그중 대표적인 것이 긴장도의 변화이다. 성대의 긴장에 영향을 주는 것으로는 잘 알려진데로 성대근에 의한 내적인 긴장도의 증대와 윤상갑상근에 의한 길이의 증대에 의한 긴장도의 증대등이 pitch의 변화를 일으키는 요소이며 또한 후두외적인 요소로서 설골상부근과 설골하부근이 pitch에 영향을 준다는 사실은 잘 알려진 사실로서 이에 대한 여러 설명들이 있으나 아직까지 확실하게 증명된 결과는 없다<sup>1)2)5)6)14)</sup>.

본 연구의 목적은 위의 사실 중에서 윤상갑상근의 작용에 의해 윤상갑상연골간 거리가 짧아짐으로써 성대의 긴장효과가 증대하여 pitch가 올라간다는 사실에 대한 증명된 여러 실험적 보고에<sup>9)10)13)</sup> 대한 일반적인 법칙이 실제 정상 발성시 어떻게 적용되는가를 규명하고자 하였던 바, 먼저 정상인을 대상으로 경부에 대한 자기공명 촬영, 컴퓨터 단층촬영 및 단순 경부 연조직 촬영을 이용하여 경부의 굴곡에 따라 후두의 높이에 변화를 주어 pitch의 변화 및 윤상갑상연골간 거리를 측정하였으며 일정한 경부 위치에서 pitch에 변화를 주면서 발성할때의 윤상갑상연골간 거리를 측정하였고 pitch 변화에 따른 경부근 및 후두근의 활동을 알기위해 윤상갑상근, 성대근 및 경부근(sternohyoid)에 대해 후두근전도검사를 시행하여 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

경부 굴곡변화에 따른 pitch의 변화는 윤상갑상연골간 거리와 관계없이 후두가 높아질수록 윤상갑상연골간 거리가 길어지며 기본주파수는 증대되고 일정한 경부 위치에서는 윤상갑상연골간 거리와 반비례하여 pitch가 상승하고 기본주파수보다 낮은 pitch에서는 오히려 윤상갑상연골간 거리와는 일정한 관계가 없으며 기본주파수보다 높은 pitch 상승은 윤상갑상근에 의한 긴장도 증대와 후두의 상승으로 인한 수직적인 긴장도의 증대에 기인한다고 예상할 수 있으며 기본주파수보다 하강시는 윤상갑상근의 활동도와는 무관하게 후두가 하강하므로써 후두내의 거리의 단축에 의한 성대의 수

직적인 긴장도의 하강에 의해 pitch가 하강한다는 사실을 예측할 수 있겠다. 후두근전도에 의한 윤상갑상근과 성대근의 활동도는 기본주파수보다 pitch가 상승할 때 증대되며 기본주파수보다 pitch가 하강할 때 활동도의 변화는 없었으나 경부근(sternohyoid)은 기본주파수보다 낮은 발성시나 혹은 pitch를 하강시킬때 활동도가 증대된다는 보고<sup>5)14)</sup>와는 달리 pitch가 상승할때에도 활동도가 증대되어 이경부근이 pitch 조절에 미치는 영향은 pitch의 상승 및 하강에 모두 관여한다고 볼 수 있겠다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

정상인 20대 남자 2명(A)과 50대 남자 1명(B)을 대상으로 방사선 촬영을 하였고 후두근전도검사를 위해 20대 남자 3명을 대상으로 하였던 바, 이학적 검사상 성대의 진동과 후두의 움직임에 지장을 줄만한 병변과 해부학적인 이상이 없었다.

### 2. 연구방법

경부척추에 대한 굴곡 및 후두의 해부학적인 관계를 측정하기 위해 20대 남자 2명에 대해 각각 경부 자기공명촬영 및 컴퓨터 단층촬영이 시행되었고 50대 남자에서는 갑상연골과 윤상연골이 적당히 골화되어 경부 연조직 측면촬영에서 설골, 갑상연골 및 윤상연골을 확실히 구분할 수 있었기에 경부 연조직촬영이 시행되었다. 근전도검사를 위해서는 본병원 전기근전도검사기구인 Nicolet Biomedical Instruments중의 하나인 Viking II EMG/EP system의 MMP 8-channel을 이용하였다. 사용된 음성은 가장 자연스러운 모음인 /아/를 사용하였으며 음성 입력방법에는 녹음기에 녹음된 음성을 사용하여 동경대학교에서 개발된 음성분석기로 주파수를 측정하였다.

1) T1 영상을 이용한 자기공명촬영에서는 경부척추의 굴곡 및 후두의 높이에 따른 pitch 변화를 측정하기 위해 경부 중립위치, 하악 하강위치, 경부 후굴, 경부 전굴위치에서 pitch와 윤상갑상연골간 거리와 평균주파수를 측정하였다.

2) Sagittal scout를 이용한 경부 컴퓨터 단층촬영에서 경부 중립위치, 후굴 위치 및 전굴위치에서

정상(Fo)발성시, 고음발성시 및 저음발성시의 평균주파수와 운상갑상연골간 거리를 측정하였다.

3) 경부 연조직 측면촬영에서는 경부 중립위치, 후굴위치 및 전굴위치에서 각각의 정상음(Fo)발성, 고음발성 및 저음발성시 운상연골하연을 기저로 한 후두의 높이변화와 평균주파수를 측정하였고 운상갑상연골 간 거리를 측정하였던 바 설골, 갑상연골 및 운상연골 등을 쉽게 구분할 수 있었다.

#### 4) 경부근전도검사

근전도검사를 위해 후두근으로는 성대근(1st channel)과 운상갑상근(2nd channel), 경부근으로는 sternohyoid근(3rd channel)이 사용되었고 동시에 음성(4th channel)을 입력하였다. 사용된 전극은

양극화된 주사기를 사용하였다. 전극의 삽입은<sup>3)4)</sup> 모두 경부 피부를 통해 직접 목표근육에 삽입하였던 바 성대근 삽입은 누운상태에서 경부를 약간 후굴시킨 후 운상갑상연골 사이의 연조직을 통해 직접 후두 내로 삽입한 후 전극을 위로 향하게 한다음 약 2시 방향으로 성대근을 향하여 삽입하였다. 운상갑상근은 운상갑상 연골부의 정중양으로부터 약 3~5mm 측방에 전극을 삽입한후 약 45도 후측방을 향해 삽입하였다. 경부근(sternohyoid)에 대해서는<sup>13)</sup> 갑상연골판 중간지점의 중앙에서 약 1cm 측면으로 전기침이 후측면을 향하게 삽입하였다. 전극이 목표 근육에 제대로 삽입되었는가를 알기 위해서 먼저 성대근에 대해서는 Valsalva 혹은 기침시 성

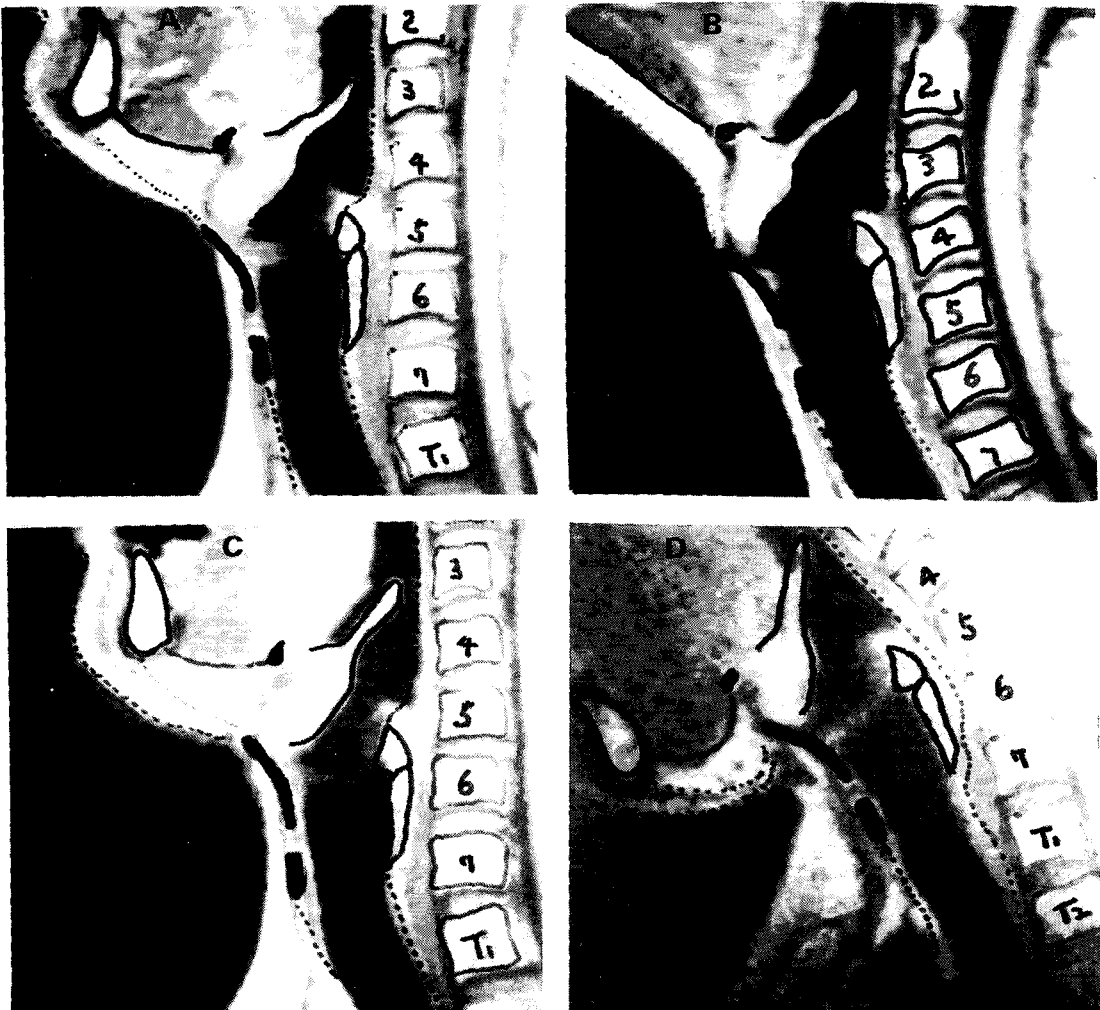


Fig. 1. MRI findings with schematic drawing for the cricothyroid distance and level of larynx on vertebral curvature according to various neck postures, neutral(A), extended(B), jaw lowering(C) and flexed(D).

대근의 활동도가 급격히 증대되는가를 확인하였으며 운상갑상근에 대해서는 pitch의 정도에 따라 운상갑상근의 활동도가 확연히 달라지는 현상으로 확인하였고, 경부근(sternohyoid)에 대해서는 누운 상태에서 경부를 전굴시키거나 하악을 떨어뜨림으로써 경부근의 활동도가 확연히 증대되는것을 확인하였다. 동시에 음성을 직접 근전도 신호와 함께 입력하여 pitch에 따른 각 근육의 활동도의 변화를 관찰하였다.

## 결 과

### 1. 경부위치에 따른 후두 위치, 운상갑상연골간 거리 및 주파수의 변화

자기공명촬영(Fig. 1)에서 경부 후굴위치, 정상 위치, 경부 전굴위치 및 하악 하강시 운상연골하연의 위치는 경부척추에 대해 각각 제 5번 경추 하연, 제 7번 경추 상연, 제 7번 경추 상 1/3지점 및 제 7번 경추 중간지점으로서 경부가 후굴됨에 따라 후두가 높아졌고 하악이 낮아짐으로써 후두가 낮아졌다. 운상갑상연골 간의 거리는 경부후굴시 가장 길었으며 다음 이 정상위치였으며 전굴 및 하악하강시에 가장 적었다(Fig. 2). 그러나 각 위치에서 정상발성시 기본주파수는 각각 평균 108Hz, 102Hz, 93Hz 및 96Hz로서 후두가 낮아짐과 동시에 기본주파수도 하강되어 후두의 위치에 따른 기본주파수의 변화는 운상갑상연골간의 거리가 길어짐에도 불구하고 기본주파수가 증대하였다.

### 2. 정상 위치에서 pitch의 변화에 따른 후두의 위치 및 운상갑상연골간거리의 변화

A를 대상으로 한 경부 컴퓨터 단층촬영에서(Fig. 3) 정상 경부 위치에서 고음, 정상음 및 저음에서의 운상연골하연의 위치는 경부척추에 대해 각각 제 6경추 하연, 제 7경추 하 1/3지점 및 제 7경추 하연으로서 고음이 후두의 높이가 높아졌고 운상갑상연골간의 상대적인 측정거리는 각각에 대해 정상음(Fo)시 가장 길었으며 고음시 가장 짧았고 저음시는 정상과 거의 비슷한 거리이거나 혹은 오히려 짧아졌다. 또한 경부후굴 및 경부전굴위치에서의 발성시 경부척추에 대한 후두의 위치는 달랐지만 위와 같은 현상을 나타내었다.

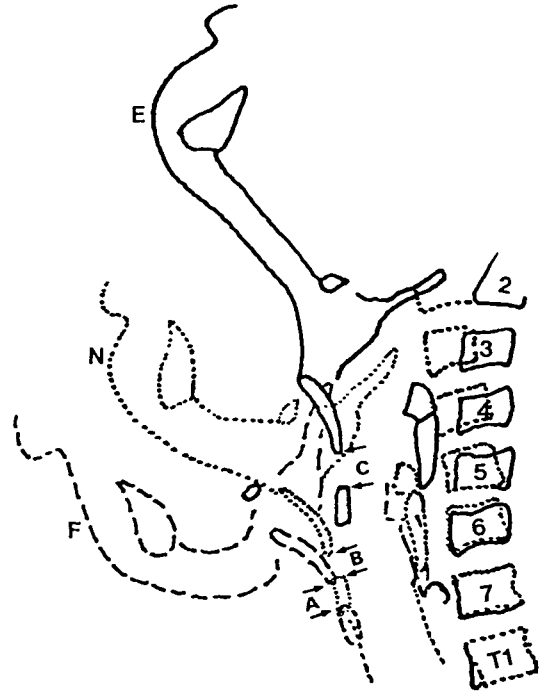


Fig. 2. Schematic drawings for the cricothyroid distance and level of larynx. A is the cricothyroid distance for flexed posture(----), B for the neutral(.....) and C for the extended posture(—).

B를 대상으로 한 경부 연조직 촬영에서(Fig. 4) 대상 A에서와 같은 결과를 나타내었던 바 고음, 정상음 및 저음에서의 후운상연골하연의 위치는 경부척추에 대해 각각 제 6경추 하연, 제 7경추 상연 및 제 7경추 상 1/3 지점으로서 고음시 후두의 높이가 높아졌고 운상갑상연골간의 상대적인 측정거리는 각각에 대해 정상음(Fo)시 가장 길었으며 고음시 가장 짧았고 저음시는 정상과 거의 비슷한 거리이거나 혹은 오히려 더 짧았다(Fig. 5).

### 3. 후두근전도 검사조건

지속구강모음 /a/를 자연스러운 주파수로 길게 발성케 하였을 때 각각의 근전도조건을 보면 성대근 및 운상갑상근의 활동도는 발성을 하지 않을 때에 비해 모두 증가된 활동도를 보였으며 경부근의 활동도는 변화가 없었다. 반면에 지속구강모음 /a/를 높은 pitch로 발성케 하였을 때에는 성대근 및 운상갑상근의 활동도는 확실한 증대를 보였으며 경부근의 활동도도 경도의 증대를 보였다(Fig. 6).

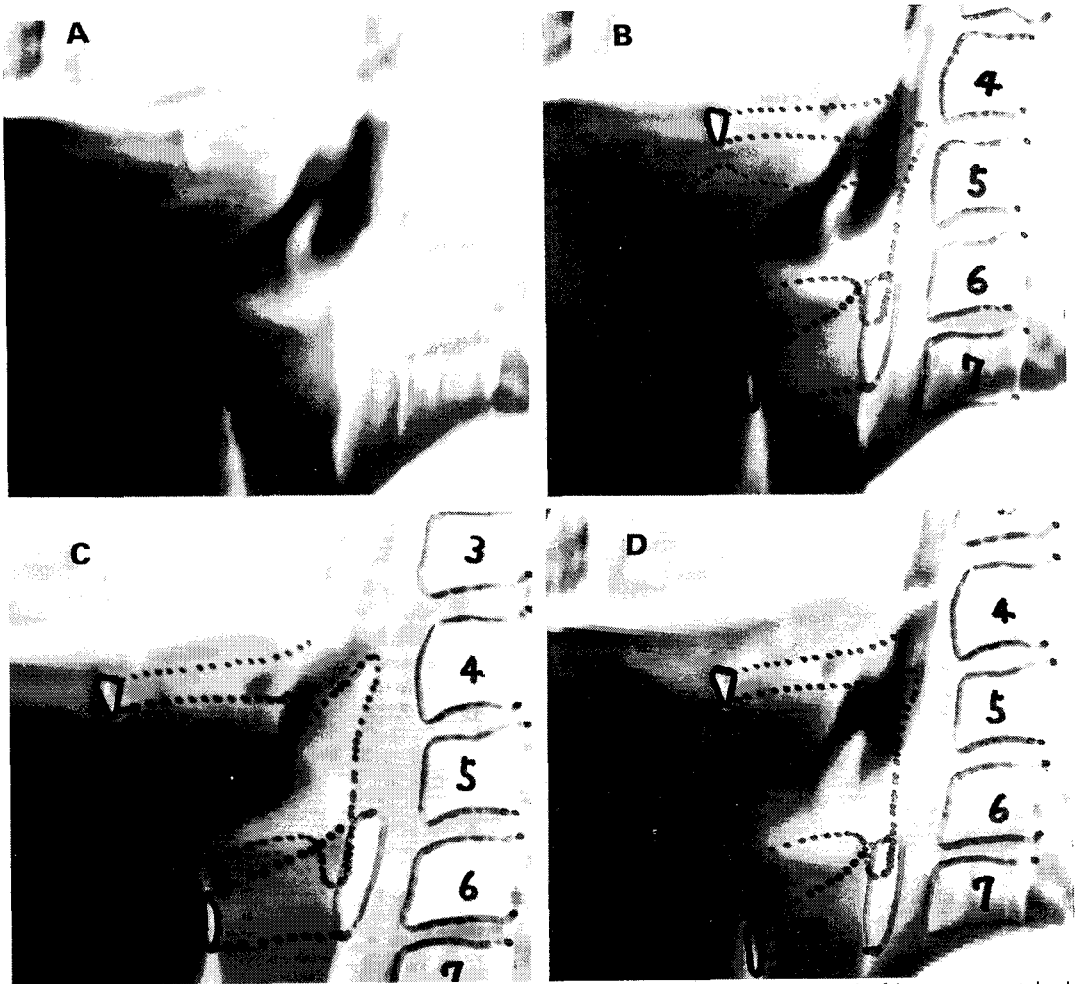


Fig. 3. Neck CT findings with schematic drawing for the cricothyroid distance and level of larynx on vertebral curvature(neutral posture) according to the pitches, not phonated(A), phonated with Fo(B), high pitched (C) and low pitched(D).

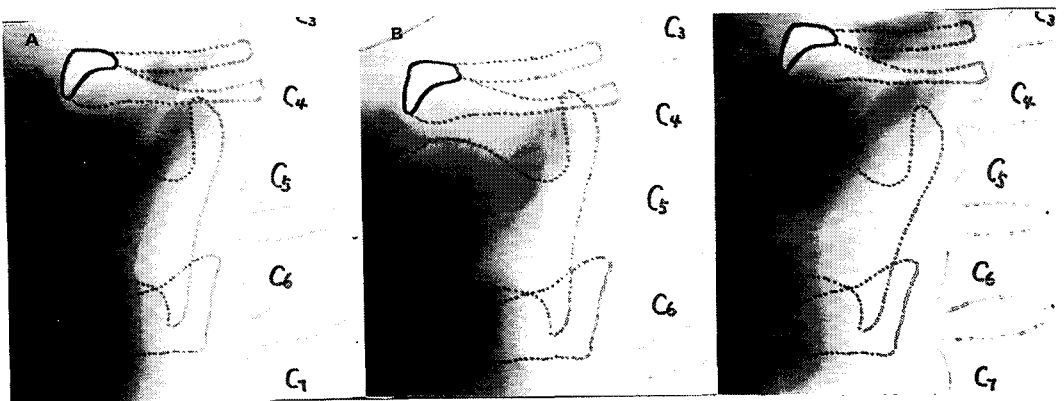


Fig. 4. Neck lateral plain films with schematic drawing for the cricothyroid distance and level of larynx on vertebral curvature(neutral posture) according to the pitches, phonated with Fo(A), high pitched(B) and low pitched(C).

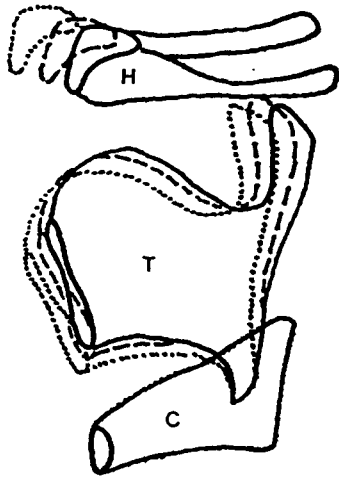


Fig. 5. Schematic drawings for the cricothyroid distance according to the pitch variation in the neutral posture, Fo pitched(—), high pitched (.....) and low pitched(----). H stands for hyoid bone, T for thyroid cartilage and C for cricoid cartilage.

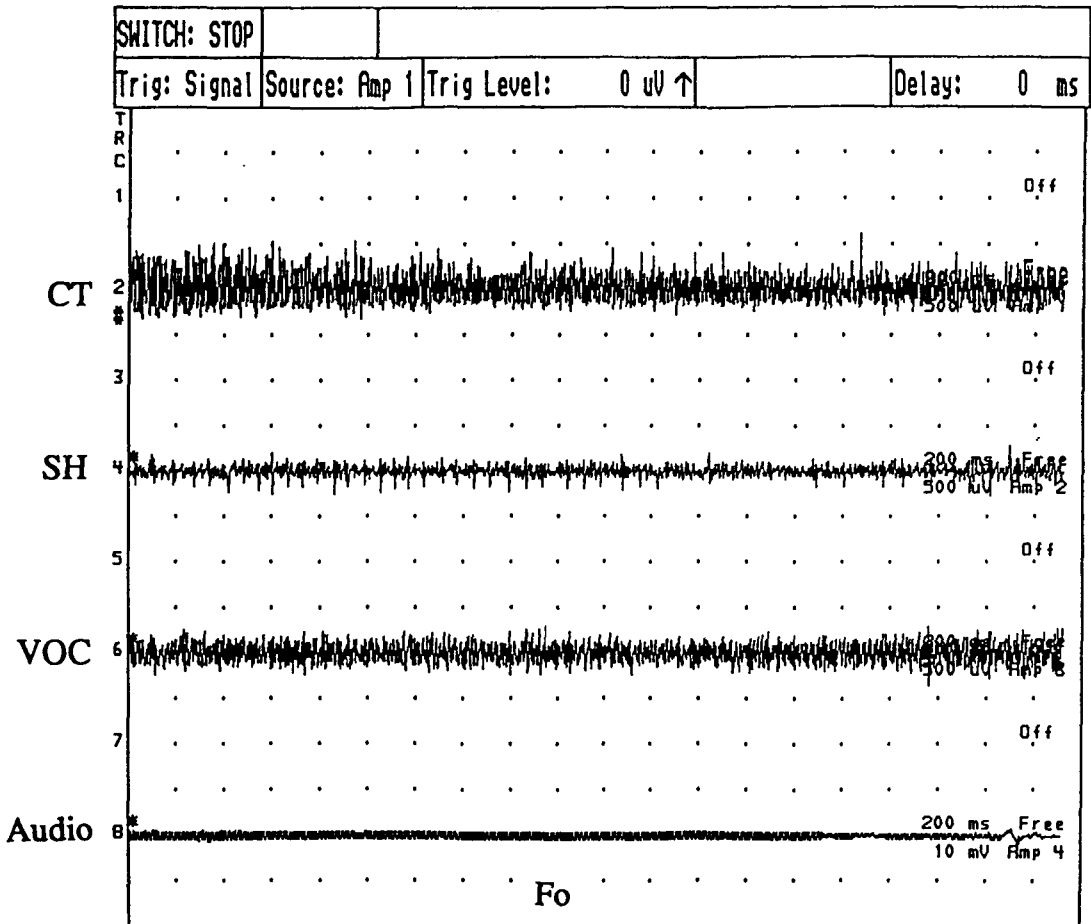


Fig. 6. Electromyographic signals for cricothyroid(CT, channel 2), sternohyoid(SH, channel 4), vocalis(VOC, channel 6) and audio signal(channle 8) during sustained /a/ phonation with Fo.

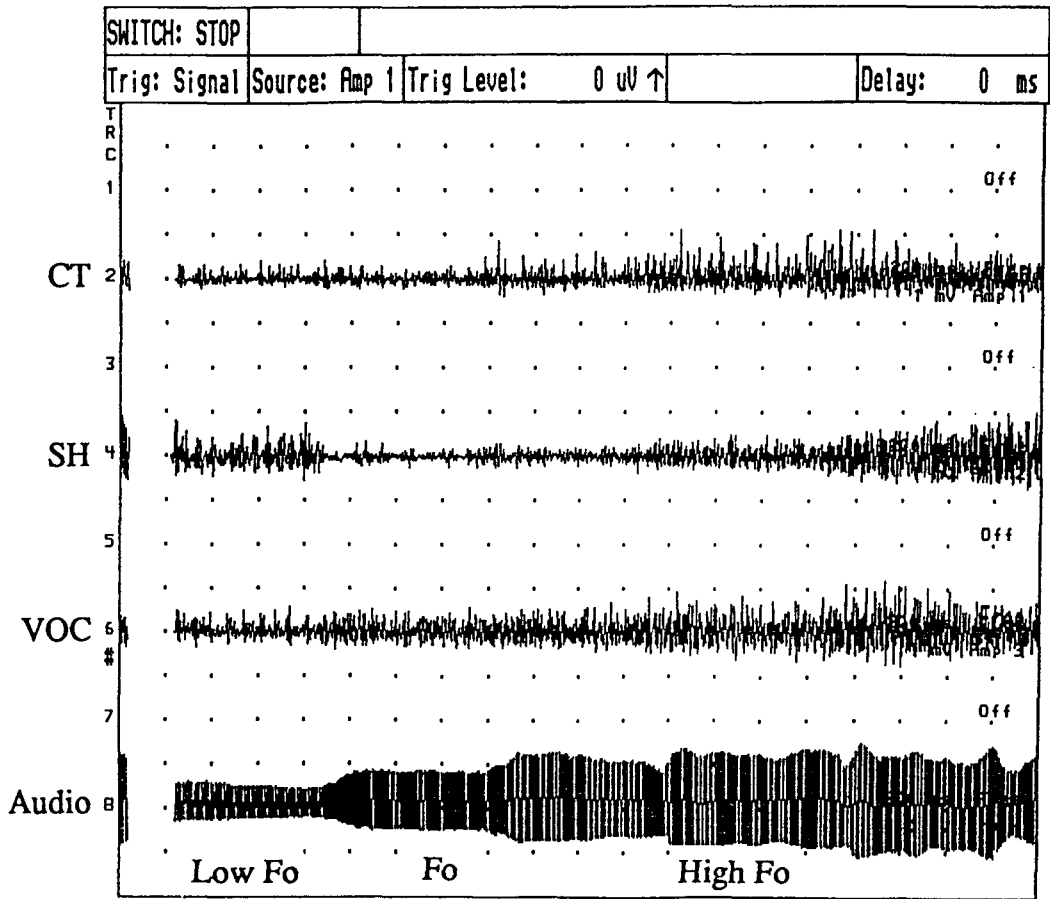


Fig. 7. Electromyographic signals for cricothyroid(CT, channel 2), sternohyoid(SH, channel 4), vocalis(VOC, channel 6) and audio signal(channel 8) during sustained /a/ phonation with low Fo followed by rising Fo, and high Fo.

지속구강모음 /a/를 자연주파수보다 낮은 주파수로부터 발생케 하여 자연주파수 및 높은 주파수로 발생케 하였을 때 윤상갑상근의 활동도는 낮은 주파수부터 자연주파수까지는 별 활동도가 없다가 자연주파수보다 높은 발생시부터 활동도의 증대를 나타내었으며 성대근은 낮은 주파수 및 자연주파수에서도 주파수에 따라 정도의 차이는 있지만 높은 발생을 할수록 활동도가 증대되는 현상을 나타내었다. 그러나, 경부근은 자연주파수보다 낮은 주파수를 발생할 때는 자연주파수보다 증대된 활동도를 보였고 자연주파수때 거의 활동도가 없었으며 pitch가 상승함에 따라 활동도가 증대되는 양상을 나타내었다(Fig. 7). 이러한 현상을 보다 구체적으로 알기위해 지속구강모음 /a/를 자연주파수로 발생케 한 다음 이어서 자연주파수보다 낮은 주파수로부터

발성케 하였을 때 윤상갑상근의 활동도는 자연주파수에서는 활동이 있다가 낮은 주파수에서는 감소된 활동도를 보였고 성대근은 자연주파수 및 낮은 주파수에서 정도의 차이는 있지만 증대된 활동도를 보였다. 그러나 경부근의 활동도는 자연주파수에 비해 낮은 주파수에서 증대된 활동도를 보여 pitch에 따라 낮아짐으로써 활동도가 증대되는 현상을 알 수 있었다(Fig. 8).

후두근전도검사소견을 종합하면 Fig. 9에서와 같이 윤상갑상근 및 성대근은 기본주파수를 중심으로 pitch가 하강할 때는 정도의 감소된 활동도를 보이나 주로 pitch가 상승할때 활동도가 증대되어 pitch를 상승시키는 역할을 하며 경부근은 자연주파수를 중심으로 pitch가 하강할때 증대되는 양상을 보이며 또한 pitch가 상승할 때도 증대된 활동도를

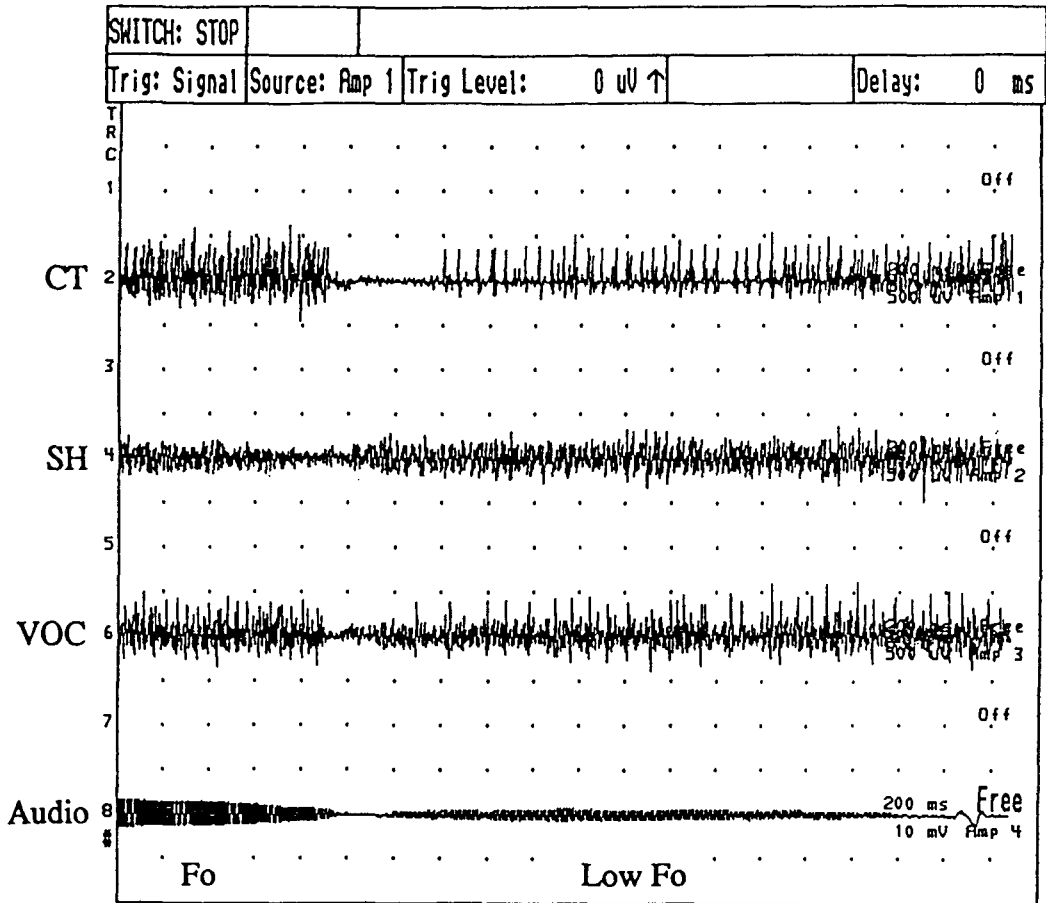


Fig. 8. Electromyographic signals for cricothyroid(CT, channel 2), sternohyoid(SH, channel 4), vocalis(VOC, channel 6) and audio signal(channel 8) during sustained /a/ phonation with Fo followed by low Fo.

보였다.

## 고 안

성대진동에 대한 Hirano의 body-cover이론은<sup>7)</sup> 성대진동시 성대는 서로 다른 성질을 가진 두 부분으로 구분되어 진동함으로써 서로 다른 기능을 가진다는 이론으로서 pitch 조절기능에 있어서 매우 중요하다 하겠다. 해부학적으로 cover는 매우 부드러운 연조직으로 자체적으로 수축할 수 없으며 공기의 흐름이 이 부위의 성대조직에 에너지로서 전달되어 표면진동이 생겨 성대가 진동하는데 단지 하부에 있는 근육의 활동에 의해 길이의 변화가 긴장도를 변화시킴으로서 pitch가 조절되는 것이다. 반면에 body는 주로 성대근으로 구성된 근육으로서

자체수축력에 의해 수축함으로써 긴장도를 직접 조절할 수 있는 기능이 있다.

이러한 복잡한 pitch 조절 기전은 후두내근의 작용에 의해 성대 긴장도가 영향을 받게 되는데 이에 직접 관여하는 근육으로는 성대의 길이를 길게 함으로써 성대점막부위의 긴장도를 증대시키는 윤상갑상근과 자체수축에 의해 내적긴장도가 증대되므로서 긴장도가 증대되는 성대근이 있다<sup>9)14)</sup>. 이 두 근육은 서로 상승효과를 가지는데 성대근이 수축시 성대의 길이가 다소 짧아지면서 단위면적당 긴장도가 증대되고 이때 윤상갑상근이 작용할 경우 증가된 긴장도를 잡아당기므로서 긴장도를 더욱 증대시키는 효과를 가져온다. 외긴장근인 윤상갑상근의 활동기전은 윤상갑상관절의 회전에 의한 윤상연골의 앞부위가 위로 이동하므로서 뒷부분이



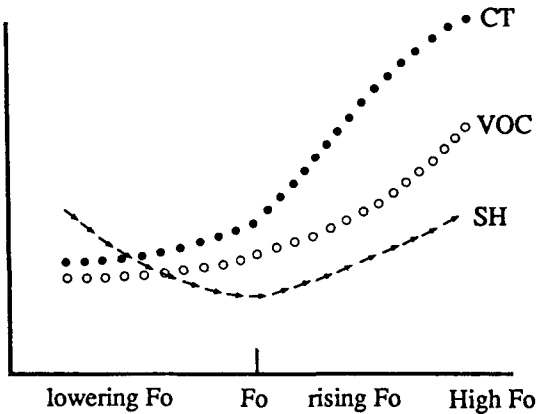


Fig. 9. Schematic presentation of the activity of cricothyroid(CT), sternohyoid(SH) and vocalis(VOC) muscles during phonation with low Fo, Fo and high Fo. The CT and VOC are active for rising pitch from Fo, but SH is active both falling Fo and rising Fo from Fo.

아래, 뒤로 이동하고, 윤상갑상연골간 거리가 짧아지므로써 성대의 길이가 길어져 긴장도가 증가한다는 것은 잘 알려진 사실이다<sup>9)11)12)</sup>. 예를들면 고음발성시 성대가 길어지면서 후두내에서의 성대 높이는 낮아지고 윤상갑상연골사이의 거리는 짧아지게 된다. 이러한 현상이 성대의 긴장도를 증대시켜 피치가 올라간다는 사실에 대한 실험적 보고는 1979년 Kitazima등에<sup>13)</sup> 의해 실험된 윤상갑상연골 접근술로서, 인간으로부터 적출된 남여 성대에 윤상연골을 고정시키고 갑상연골의 상부에 추를 달아 무게와 길이의 관계를 도표로 나타내고 또 그 짧아지는 거리와 음고의 높아지는 정도를 도표로 표시한 결과, 거의 연관된 직선(정비례)을 그리고 있음을 보고하였으며 여기서 윤상연골과 갑상연골의 거리가 1mm 접근함에 따라 0.15~0.9 semitone이 증가됨을 보고하였다. 이에 대한 수술적인 적용으로서 여성에서의 남성음 즉 저음성에 대한 수술적인 처치로서 이러한 원리를 이용하여 윤상갑상연골접근술을 시행하므로써 피치를 올릴 수 있다는 수술적 보고는 많았다<sup>11)</sup>.

그러나 이러한 단순한 상관관계를 본 연구의 결과와 비교하면 후두의 높낮이 및 경부척추의 굴곡에 따른 기본주파수의 변화와 윤상갑상연골간의 거리와 피치와의 상관관계에는 반드시 일정한 법칙이 적용되지 않는다는 사실을 알 수 있다. 즉

자연적인 경부위치에서 입을 다물고 발성할 때와 하악을 내리고 발성할 때에는 하악이 내려온 상태 즉 후두가 내려온 상태에서의 pitch는 정상 하악 위치보다 pitch가 낮아지며, 반면 윤상갑상연골간의 거리도 거의 비슷하거나 오히려 짧아져 있는 사실을 발견할 수 있었다. 경부를 전굴하고 발성할 때 pitch는 하강하지만 윤상갑상연골간 거리는 짧아지며 반면에 경부를 후굴한 상태에서 발성할 때에는 pitch가 상승하지만 윤상갑상연골간의 거리는 길어지게 된다. 다시 말하면 윤상갑상연골간의 거리만을 고려한다면 거리에 반비례하여 pitch가 올라간다는 사실과는 정반대로 거리가 길면 pitch가 상승하고 거리가 짧아지면 pitch가 내려가는 현상을 발견할 수 있었다. 이러한 현상에서 예상할 수 있는 사실은 일정한 후두의 위치에서는 윤상갑상근의 활동에 의해 성대의 길이가 조절되어 pitch가 조절되나 후두의 높낮이에 따른 pitch의 변화는 성대의 긴장도에 수직으로 영향을 주는 요소에 의해서도 조절된다는 사실을 예측할 수 있는 바 대표적으로 conus elasticus의 작용이라 하겠고<sup>10)15)</sup> 그 외에도 다른 요소가 작용할 수 있겠다.

설골상부근 및 설골하부 경부근은 후두의 높이에 직접적으로 영향을 주는데<sup>5)6)8)</sup> 후두의 높이 변화가 윤상갑상연골간 거리와 pitch에 미치는 영향을 보면, 경부를 후굴시키거나 혹은 설골상부근이 작용할 경우, 설골이 위, 앞으로 이동하므로 후두가 위, 앞으로 이동하지만 윤상연골은 비교적 고정되었기 때문에 주로 갑상연골이 위, 앞으로 이동하여 비록 전체적인 윤상갑상연골간 거리는 넓어지지만 갑상연골의 이동으로 인해 성대의 전체적인 길이도 증대되고 conus elasticus의 수직긴장도가 증대되므로서 결국 pitch가 상승하는 효과를 나타낸다고 예상할 수 있겠으며 여기에 다시 윤상갑상근이 작용할 경우 정상적인 현상 즉 윤상갑상관절의 회전으로 인해 윤상갑상연골간거리가 단축되어 성대의 길이가 길어져 pitch가 올라가게 되는 현상이 잘 나타나게 된다. 이러한 현상은 정상발성시에도 잘 나타나는 바 예를 들어 고음 발성시 경부를 후굴시키면서 발성하면 더욱 pitch가 상승하는 이유는 설골상부근의 작용에 의한 후두 상승에 따른 성대 길이의 증대와 성대근의 수직긴장 증대와 연속되는 윤상갑상근의 작용에 의해 윤상갑상연골

간 거리가 단축되어 성대의 길이가 더욱 길어지는 효과를 나타내어 pitch를 더욱 올릴 수 있게 된다.

설골하부근 즉 경부근에 대한 발성시의 기능에 대해서는 현재까지 많은 논란이 있는 것이 사실이지만 주로 pitch를 하강시키는 역할을 한다는 많은 보고들이 있다<sup>1)5)14)</sup>. 그러나 그기전에 대해서 정확한 설명이 부족한 상태에서 설골하부근에 의해 하악이 하강되어 후두가 낮아지므로서 pitch가 하강된다고 설명하지만 그 이유로는 후두가 낮아지므로서 윤상연골은 비교적 고정되어 있기 때문에 주로 감상연골이 많이 내려와 conus elasticus의 수직긴장도가 하강되기 때문으로 예상되며 또한 전반적인 경부근의 작용방향은 감상연골 사방에서 잡아당겨 전체적으로 감상연골과 윤상연골의 간격을 좁힘으로서 성대의 길이를 짧게 하므로서 pitch가 하강된다고 생각된다<sup>1)</sup>. 이러한 사실은 결과적으로 저음발성은 주로 설골하부 경부근의 역할에 의한 후두의 하강으로 인한 성대의 길이 감소와 수직긴장의 감소에 의한다고 예상할 수 있겠다.

이러한 설명에 대한 본 실험에서의 결과는 고음발성시 성대근의 활동과 더불어 설골상부근의 작용에 의한 수직긴장도의 증대와 윤상갑상근의 작용에 의한 성대의 길이 증대에 의해 pitch가 증대한다는 사실에 대한 근전도 검사에서는 비록 설골상부근에 대한 근전도검사는 시행못했지만 고음시 성대근 및 윤상갑상근의 활동도가 현저히 증대되었으며 특이할만한 결과로는 경부근중 sternohyoid근의 활동도도 정도는 적지만 같이 증대하는 현상을 보였다. 이러한 사실은 설골상부근에 비해 이 근육이 직접적으로 pitch상승에 영향을 주는 것은 아니지만 고음발성에 따른 발생행위로 인해 경부전체가 긴장하므로서 발생하는 부수적인 현상으로 활동도가 증대되거나 혹은 과도한 후두 상승에 대한 반작용으로 활동도가 증대된다고 예상할 수 있겠다. 그러나 저음발성시에는 하악의 하강에 의한 후두의 하강이 있었으며 성대근의 활동도는 고음시보다는 적지만 활동도가 있었으며 윤상갑상근의 활동은 거의 관찰할 수 없었기에 성대근은 자연주파수보다의 저음발성시는 경도의 활동저하가 이에 영향을 준다고도 볼 수 있으나 윤상갑상근은 자연주파수보다의 저음발성과는 관계가 없음을 알 수 있었고 이 경부근은 자연주파

수보다의 저음발성시 증대된 활동도를 보여 낮은 자연주파수에 이 경부근이 주로 작용한다는 사실을 알 수 있었던 바 결국 이 경부근은 pitch를 상승하거나 하강할때 동시에 작용하는 이중성을 보였지만 pitch 조절에 있어 자연주파수보다의 상승에는 직접적으로 관여한다고 볼 수 없고 자연주파수보다의 하강에 관여한다고 보는게 타당하다고 하겠다.

결론적으로 pitch를 조절하는 여러 요소중 가장 중요한 성대의 긴장도의 변화에 따른 pitch 조절의 기전은 후두의 높이와 윤상갑상연골간 거리가 중요한 요소로 작용하는 바 후두의 높이의 변화는 설골상부근과 설골하부근(경부근)에 의하며 이에 따른 pitch의 변화는 윤상갑상연골간 거리와는 반비례하지 않고 성대에 수직적인 긴장도가 증대하므로서 pitch에 변화가 나타나며 반면에 윤상갑상근의 활동에 의한 윤상갑상연골간 거리에 따른 pitch의 변화는 pitch가 상승할 때에는 윤상갑상연골간 거리와 반비례하여 pitch가 상승하지만 기본주파수보다 낮은 pitch를 발생할 때에는 오히려 윤상갑상연골간 거리가 변화가 없거나 오히려 감소하므로서 윤상갑상연골간 거리와는 관계없이 후두의 하강에 따른 성대의 수직적인 긴장도의 하강에 의해 pitch가 하강한다는 사실을 예상할 수 있었다. 후두근전도검사에 의하면 일정한 경부위치에서 정상적인 발성시 기본주파수를 중심으로한 pitch의 상승은 성대근의 활동과 더불어 주로 윤상갑상근의 활동에 의한 거리의 단축에 의한 성대의 종적인 긴장도가 증대와 함께 설골상부근의 활동에 의한 후두의 상승으로 인하여 성대의 수직적인 긴장도의 증대에도 기인한다는 사실을 예측할 수 있었으며 특이하게도 sternohyoid근의 활동도도 pitch의 상승과 더불어 경도의 증대를 보였으나 설골상부근의 활동과 성대근 및 윤상갑상근의 활동도 비해 그 정도가 적기 때문에 pitch상승에는 영향을 준다고 결론지을 수 없으나 단지 고음성시의 경부전체의 긴장도 증대에 의해 일부 증대되는 현상으로 예상할 수 있겠다.

그러나 pitch의 하강 특히 기본주파수보다의 하강시는 윤상갑상근의 활동도가 유의하게 증대되는 현상을 보여 설골상부근의 활동저하와 더불어 이 경부근의 활동에 의한 후두의 하강에 의한다고 할 수 있겠다. 이는 설골하부 경부근이 pitch에 직접

적인 영향을 주기보다는 후두를 하강시키므로써  
간접적으로 후두연골들 사이의 거리 단축에 의한  
성대의 수직적인 긴장도의 하강에 의해 피치가  
하강한다는 사실을 예측할 수 있었다.

### References

- 1) Atkinson JE, Erickson D : *The function of strap muscles in Speech. Pitch lowering or Jaw opening ? . Status Report on Speech Research SR-49 Haskins Laboratories 97-102, 1977*
- 2) Baer T, Alfonso PJ, Honda K : *Electromyography of the tongue muscles during vowel in /vɒvɒ/ environment. Ann Bull RILP 22 : 7-19, 1988*
- 3) Blair RL, Berry H, Briant TDR : *Laryngeal electromyography : technique and application, Otolaryngol Clin North Am 11 : 325-345, 1978*
- 4) Dedo HH and Hall WN : *Electrodes in laryngeal electromyography. Ann Otol Rhinol Laryngol 78 : 172-181, 1969*
- 5) Erickson D, Liberman M, Niimi S : *The geniohyoid and the Role of the strap muscles. Status Report on Speech Research SR-49 Haskins Laboratories 103-109, 1977*
- 6) Harris KS : *Action of the extrinsic musculature in the control of tongue position. preliminary report. Status Report on Speech Research SR-25/26 Haskins Laboratories 87-96, 1971*
- 7) Hirano M : *Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variation. Folia Phoniater 26 : 89-94, 1976*
- 8) Hirose H : *Electromyography of the articulatory muscles : current instrumentation and technique. Status Report on Speech Research SR-25/26 : Haskin's Laboratories 73-86, 1971*
- 9) Hirose H, Gay T : *The activity of the intrinsic laryngeal muscles in voicing control-an electromyographic study. Phonetica 34 : 140-164, 1972*
- 10) Hirose H, Sawashima M : *Functions of the laryngeal muscles in speech. In Stevens K, and Hirano M(eds.) Vocal Fold Physiology, Tokyo University of Tokyo Press 137-154, 1981*
- 11) Isshiki N : *Phonosurgery, Springer-Verlag. 141-155, 1989*
- 12) Kahane JC : *Postnatal development and aging of the human larynx. Seminars in Speech and Language 4 : 189-201, 1983*
- 13) Kitajima K, Tanabe M, Isshiki N : *Criothyroid distance and vocal pitch, experimental study to elevate the vocal pitch. Ann Otol Rhinol Laryngol 88 : 52-55, 1979*
- 14) Niimi S, Horiguchi S, Kobayashi N : *The physiological role of the sternothyroid muscle in phonation. An electromyographic observation. Ann Bull RILP 22 : 165-172, 1988*
- 15) Pesak J : *Complex mechanism of laryngeal phonation. Folia phoniater 42 : 201-207, 1990*