

연령에 따른 정상인의 후두 위치 및 발화 기저주파수의 변화에 대한 연구

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성실험실*
홍기환 · 김현기* · 정경수 · 윤희완 · 김성완

= Abstract =

A Study for the Changes of Laryngeal Position and Vocal Pitch with Ageing Process

Ki Hwan Hong, M.D., Hyun Ki Kim, Ph.D.,* Kyung Soo Jung, M.D.,
Hee Wan Yoon, M.D., Sung Wan Kim, M.D.

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Medical College, Phonetic Laboratory,
Chonbuk National University, Chonbuk, Korea*

Changes in the human voice occur between infancy and old age and reflect a myriad of biological changes that influence the size, shape, and physical properties of the larynx. The human larynx is located near the base of the neck and attached inferiorly to the trachea and opens superiorly into the pharynx. The larynx by the third month of fetal life has the same features recognizable at birth.

The fundamental frequency of vocal fold vibration generally becomes higher in early age, lower in middle age, and higher in old age. These decreases in F_0 undoubtedly result from a combination of factors, consisting of modest increase in length and mass of the muscle and connective tissues of the vocal fold. But the level of the larynx in the neck may be closely connected with F_0 directly, high larynx is related with high pitch and low larynx with low pitch.

The purpose of this study is to determine the developmental level difference from child to adult larynx using conventional radiography, and the change of speaking fundamental frequency from second decade to sixth decade.

KEY WORDS : Laryngeal position · Vocal pitch · Ageing process.

서 론

잘 알려진 바와 같이 후두의 주요한 기능은 호흡작용, 방어작용, 발성작용 및 연하작용등 여러 가지이나

계통 발생학적 견지에서 볼 때 후두의 기본적인 기능은 방어작용과 호흡작용이고 발성작용은 이차적인 것이다. 이러한 방어작용의 기준은 폐를 가진 모든 동물에서 필요하고 특히 인간에 있어서 후두의 위치변화는 이러한 방어작용과 호흡작용의 역할을 충실히 수행하기

위한 하나의 수단이 된다고 알려져 있다¹⁾. 후두의 여러 기능에 대한 이해와 후두질환의 진단과 치료를 시행함에 있어서 기본적으로 필요한 것이 후두의 형태 해부학적인 연구이다. 그러나 지금까지 국내외에서의 연구발표는 대부분 사체에서의 연골계측이나 형태해부학적인 연구가 대부분이었다. 후두의 형태 해부학적 연구는 Gedgowd²⁾가 갑상 연골판의 각도와 성대의 길이 등에 관한 남녀의 차이에 대하여 발표한 이래 Balhoni³⁾, Minnigerode⁴⁾, Mayex⁵⁾, Maue 등⁶⁾이 유사한 결과를 보고하였고 Kahane 등⁷⁾은 사춘기 전후에 있어서 남녀의 후두발육 상태를 비교 연구하여 남녀의 발생기전의 차이와 변성의 기전을 해부학적으로 기술한바 있다.

유아기로부터 노인에 이르기까지 연령에 따른 후두의 해부학적인 변화와 더불어 음성의 피치도 변화한다. 성대진동주파수 즉 피치에 영향을 주는 요소로는 성대의 길이, 긴장도, 용량등에 의해 주로 영향을 받는다. 이는 연령에 따른 성대내의 구조적 변화와 후두연골들의 해부학적인 변화에 의해 복합적으로 영향을 미치는 데 후두연골의 변화중 연령에 따른 후두의 위치 변화는 운상연골하연의 연령에 따른 위치 변화를 경추 위치와 비교한 연구가 있을 따름이다⁷⁾. 이와 같이 성인에서의 각 연골계측이나 운상-피열관절의 운동에 관한 보고는 많음에도 불구하고 아직 우리나라의 각 연령에 따른 후두의 위치 변화 및 피치의 변화에 관한 보고는 없는 실정이다. 본 연구에서는 연령에 따른 후두의 위치 변화 및 발화 기저주파수의 변화를 계측 관찰하여 서로의 연관성을 규명하고자 하여 정상 한국인을 대상으로 연구하여 문헌과 함께 보고하는 바이다

연구 대상 및 방법

1. 연구대상 및 음성표본

전체 대상은 남자 63명, 여자 71명을 대상으로 하였으며 피검자들의 연령 분포는 5세에서 59세 사이였고, 남녀 각각 연령대별로 8명에서 16명이었으며, 이비인후과적인 신체검사에서 음성, 언어장애가 없는 정상인이었다(Table 1).

2. 측정방법

1) 후두위치판정

방사선 촬영은 중립자세에서 가장 편안한 상태로 연

Table 1. Age and sex distributions

| Age | Male | Female | Total |
|---------|------|--------|-------|
| 0 - 10 | 9 | 1 | 20 |
| 11 - 20 | 14 | 16 | 30 |
| 21 - 30 | 14 | 12 | 26 |
| 31 - 40 | 9 | 13 | 22 |
| 41 - 50 | 9 | 10 | 19 |
| 51 - 60 | 8 | 9 | 17 |
| Total | 63 | 71 | 134 |

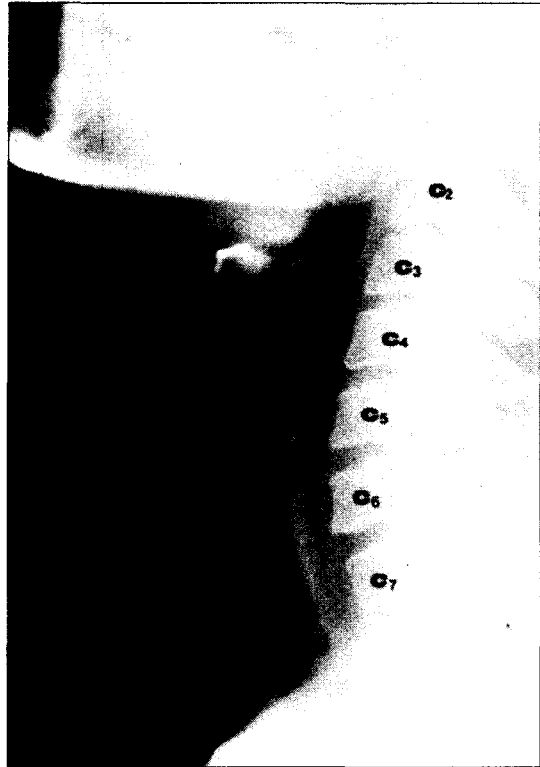


Fig. 1. Lateral neck film showed the tip of epiglottis(1), hyoid bone(2) and vocal fold(3).

조직 경부측면 촬영을 실시하였고 필름상에서 설골체 상연을 경추에 관련지어 계속하였다(Fig. 1). 이때 두부는 직립상태를 유지하였고 사진상에서 경추가 신전 또는 굴곡된 경우는 후두위치에 영향을 미치므로 계측에서 제외하였다. 측면으로 촬영한 필름상에서 설골체 상연을 지나는 가상의 선을 경추에 연장하여 후경추체 선과 만나는 점을 계속하였는데 그 이유는 전경추체선은 경부의 움직임에 따라 높이의 차이가 심한 반면 후경추체선은 거의 차이가 없었기 때문이다. 각각의 위치는 경추체를 상 1/3, 중간 1/3, 하 1/3로 구분하여 분류

하였고 경추간 연골(intervertebral space)을 추가하여 하나의 경추체를 4등분하여 정량화하였다. 제5경추체 하연을 0점으로 시작하여 하나의 경추체에 대해 4등분으로 점수화하였으며 가장 상부인 제1경추체 상연을 19점으로 수치화하여 통계처리 하였다.

2) 음성표본 및 발화 기저주파수 측정

음성표본은 노래가사 "고향의 봄" 문장을 편안한 상태로 자연스럽게 발화하게 하여 음성녹음한 후 분석하였던바 피검자는 의자에 편히 앉은 상태에서 마이크와의 간격을 10~20cm로 하여 긴장을 늦춘 자연스러운 자세로서 음성표본을 자연스럽게 읽도록 하였다. 발화 기저주파수 측정은 Kay-Elementrics사에 의해 개발된 Visi-pitch Models 6087 AT을 사용하여 시행하였던바 입력된 음향신호로 처리되어 실제 시간상에서 기저주파수 및 강도를 컴퓨터상에 그래프 및 통계값으로 나타나게 된다.

3. 자료의 분석과 처리

산출된 수치들은 통계처리하였던바 남녀 각 연령대별에 따른 후두의 위치, 발화 기저주파수, 주파수범위 및 음의 강도에 대해 평균치를 산출하였으며 연령 및 성별에 따라 유의한 차이가 있는가를 통계적으로 상관 분석하였다.

결 과

1. 연령에 따른 설골체 상연의 위치 변화

1) 남성에서의 전체적인 분포는 평균위치는 10세 이하에서는 제2경추체의 하연, 10대에서는 제3경추체의 중간부위, 20대에서는 제3 및 4경추체 사이, 30대에서는 제4경추체 중간부위에 위치하였으며 40대 및 50대에서는 제4경추체 하연에 위치하므로써 연령에 따른 상관계수는 0.6로서 특히 10대에서 급격히 후두가 하강하는 현상을 알 수 있었으며 성인이 된 후에서도 미비하지만 연령에 따라 하강하는 것을 알 수 있었다(Fig. 2).

2) 여성 : 여성에서의 전체적인 분포는 평균위치는 10세 이하에서는 제2경추체의 하연, 10대에서는 제2 및 3경추체의 사이, 20대에서도 제2 및 3경추체 사이이지만 약간 낮은 위치였고, 30대에서는 제3경추체 중간부위에 위치하였으며 40대 및 50대에서는 제3 및 4경추체 사이에 위치하였으며 연령에 따른 상관계수는 0.

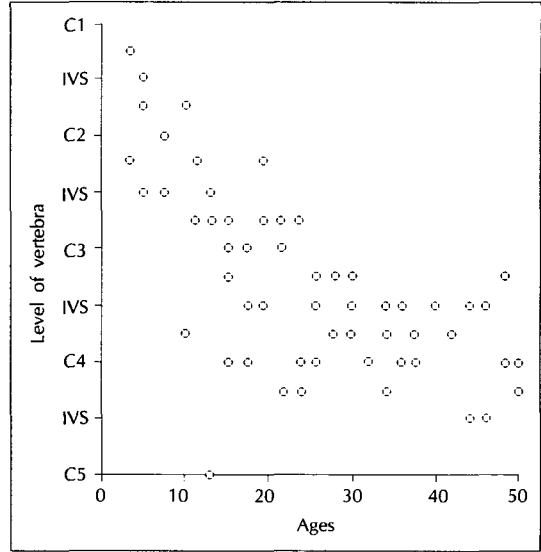


Fig. 2. The level of the hyoid bone with ages in the male. C : cervical vertebrae, IV : intervertebral space.

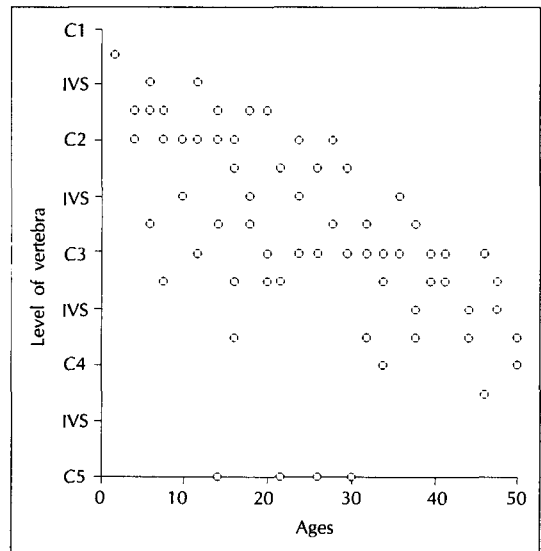


Fig. 3. The level of the hyoid bone with ages in the female. C : cervical vertebrae, IV : intervertebral space.

47이었다(Fig. 3).

3) 남녀비교에서는 10세 미만에서는 후두 위치에 큰 차이가 없었으나 10대에서 여자에서 남자에 비해 높았고 특히 남자에서 급격한 하강이 있었다. 20대 및 30대에서도 여자에서 높았고 전체적으로 약한 하강하지만 여자 40대에서 남자에 비해 많은 하강이 있었다. 40대 및 50대에서 여자에서 높았으나 더 이상의 하강은 나타나지 않았다.

2. 연령 및 성별에 따른 주파수 분석

성인 남성에서의 발화기저주파수는 10세 미만에서는 평균 187.0Hz였으며 11~20세 사이에서는 154.3Hz, 21~30세 사이에는 122.5Hz, 31~40세 사이에서는 113.9Hz, 41~50세 사이에서는 118.3Hz, 51~60세 사이에서는 120.2Hz였다(Table 2, Fig. 4). 이를 전체적으로 연령대에 따라 비교한 결과 일관성이 없었으나 ($p > 0.57$) 10세 미만, 10대, 20대에서는 연령에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.014$). 음의 강도는(Table 2, Fig. 6) 모든 연령에서 평균 약 40~45dB였으며 전체 평균은 43dB로서 연령에 따라 변화가 없음을 보여주고 있다($p > 0.05$). 또한 발화기저주파수의 변이폭은(Table 2, Fig. 5) 10세 미만에서는 124.1Hz, 10대에서는 90.3Hz, 20대에서는 77.4Hz, 30대에서는 72.6Hz, 40대에서는 79.8Hz, 50대에서는 92.7Hz이었으며, 전체 평균은 81.1Hz로 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 2. Overall datas of speaking fundamental frequency(Sfo), Sfo range, and intensity for each male group

| Age-group | N | Sfo | dB | Sfo range |
|-----------|----|-------|------|-----------|
| 0 - 10 | 9 | 187.0 | 40.6 | 124.1 |
| | SD | 41.4 | 6.3 | 41.9 |
| 11 - 20 | 14 | 154.3 | 42.7 | 90.3 |
| | SD | 23.5 | 5.2 | 31.3 |
| 21 - 30 | 14 | 122.5 | 43.3 | 77.4 |
| | SD | 16.5 | 3.5 | 18.4 |
| 31 - 40 | 9 | 113.9 | 42.8 | 72.6 |
| | SD | 12.5 | 2.8 | 16.2 |
| 41 - 50 | 9 | 118.3 | 43.1 | 79.8 |
| | SD | 18.1 | 3.3 | 21.4 |
| 51 - 60 | 8 | 120.2 | 41.6 | 92.8 |
| | SD | 17.9 | 1.8 | 17 |

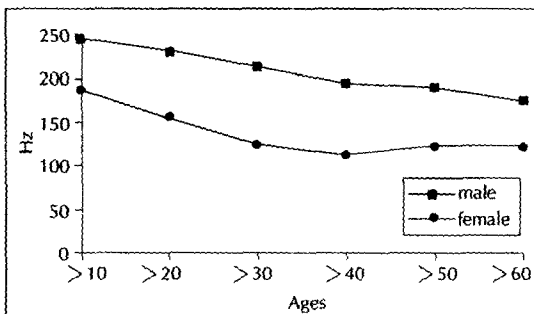


Fig. 4. The mean speaking Fo with ages in the male and female.

성인 여성에서의 발화기저주파수도 10세 미만에서는 246.0Hz, 11~20세 사이에서는 231Hz, 21~30세에서 213.5Hz, 51~60세에서 175.4Hz였고, 전체 평균은 195.3Hz였다(Fig. 4). 이러한 현상은 청년기에서 중년기로 갈수록 기저주파수가 감소하는 경향을 보여주고 있다($p < 0.0001$). 음의 강도(Table 3, Fig. 6)는 10세

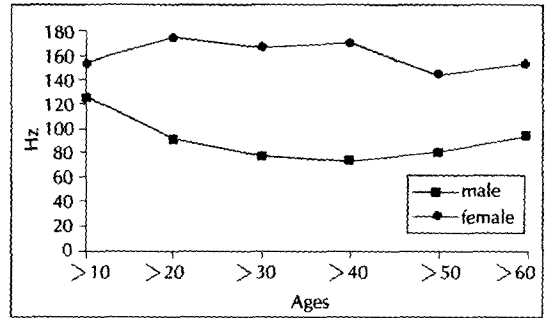


Fig. 5. The mean range of Sfo with ages in the male and female.

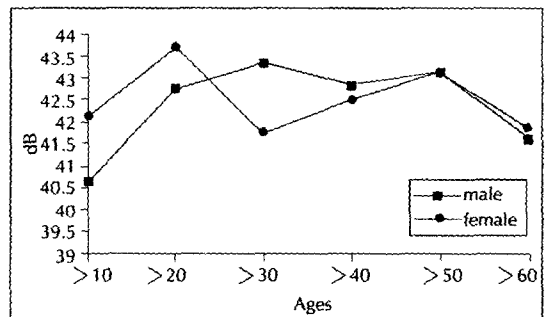


Fig. 6. The mean speaking intensity with ages in the male and female.

Table 3. Overall datas of speaking fundamental frequency(Sfo), Sfo range, and intensity for each female group

| Age-group | N | Sfo | dB | Sfo Range |
|-----------|----|-------|------|-----------|
| 0 - 10 | 11 | 246.0 | 42.1 | 152.9 |
| | SD | 31.8 | 2.3 | 46.7 |
| 11 - 20 | 16 | 231.4 | 43.7 | 175.7 |
| | SD | 23.5 | 1.5 | 63.8 |
| 21 - 30 | 12 | 213.5 | 41.7 | 166.5 |
| | SD | 19.5 | 1.6 | 53.3 |
| 31 - 40 | 13 | 197.5 | 42.5 | 170.5 |
| | SD | 16.4 | 2 | 41.1 |
| 41 - 50 | 10 | 193.8 | 43.1 | 144.6 |
| | SD | 14 | 2.9 | 39.6 |
| 51 - 60 | 9 | 175.4 | 41.8 | 151.9 |
| | SD | 12.7 | 2.9 | 27.4 |

미만에서는 42.1dB, 11~20세 사이에서는 43.7dB, 21~30세에서 41.7dB, 31~40세 사이에서는 42.5dB, 41~50세에서는 43.1dB, 51~60세에서 41.8dB이었으며 전체 평균은 42.3dB이었다. 연령의 변화에 따른 어떤 변화의 경향없이 일정하게 나타나고 있다($p>0.05$). 발화기저주파수 범위(Fig. 5)는 10세 미만에서는 152.9Hz, 11~20세 사이에서는 175.7Hz, 21~30세에서 166.5Hz, 31~40세에서 170.5Hz, 41~50세에서 14.6Hz, 51~60세에서 151.9Hz였으며, 전체 평균은 157.6Hz로 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.05$)(Table 3).

고 찰

일반적으로 인간의 발성기관은 출생 후 성장과 발육 과정을 거치면서 경부에서의 위치가 변한다. 만 1세와 2세사이의 후두는 대개의 포유동물 특히 영장류의 후두의 위치와 유사한 높이에 있다고 한다²⁾. 즉 출생시의 후두의 높이는 첫번째와 세번째 경추체 사이에 위치하며 후두개가 연구개에 붙어있기 때문에 갓난아이들과 어린 아이들은 숨을 쉬며 음식을 삼키고 실제로 원숭이와 같은 방법으로 말한다. 그러나 일정한 시기 즉 만 2세부터는 후두는 아래로 서서히 내려가기 시작하면서 숨쉬고, 음식을 삼키고 소리를 내는 방법을 서서히 바꿔가기 시작하는 것이다. 그러나 이러한 변화가 정확히 언제 그리고 어떻게 행해지는가는 아직까지 정확히 알 수 없으나 성인의 후두는 다른 포유동물의 후두에 비해 훨씬 낮게 위치한다. 즉 후두가 낮게 위치함으로써 후두개는 더 이상 연구개에 닿지 못하게 되므로 기도와 식도가 분명히 분리되며 인두의 길이가 길어짐으로서 조음기관으로서의 기능이 높아져 인간만이 가지는 고유한 기능인 언어를 통한 의사소통이 가능해지는 것이다.

본 연구에서는 언어습득 후 나이의 증가에 따라 후두의 위치가 어떻게 변하는가를 알기 위해 정상인을 대상으로 후두의 위치를 측정하였다. 문헌상 보고된 지금까지의 후두측정의 방법으로는 사체를 이용한 해부학적 측정과 부검을 이용한 측정방법, 직접적인 방사선 촬영에 의한 측정방법등이 있었으나³⁻⁷⁾ 사체에서의 측정이 주로 시행되어왔고 살아있는 사람을 대상으로한 방사선학적 측정은 여러 복잡한 요인에 의해 힘들고 정확한 측정을 얻을 수 없어 거의 보고된 적이 없다. 한국인

정상후두에 대한 측정은 주로 사체에서 조⁸⁾, 이⁹⁾, 박 등¹⁰⁾이 발표한 것이었으나 연령에 따른 후두의 측정은 없는 실정이어서 본 연구를 실시하였고 기존 측정지표는 설골체 상연을 사용하였는바 이는 연령에 따른 방사선 촬영에서 잘 볼 수 있는 구조물을 선택하기 위함이었다. 본 연구에서 사용된 경부 단순 연조직 사진에 있어서 경추의 위치와 하악골 상태가 만족스러움에도 불구하고 사진상에서 후두위치의 불규칙성을 찾아볼 수 있는데 이러한 것은 후두와 관련된 후두외근들의 수축 정도에 기인한다. 이러한 근육들은 연하시에 수축하여 후두위치를 상승시키는 작용을 하는데 이러한 근육들의 수축상태를 사진상에서 파악하기는 곤란하지만 후두가 사진을 찍는 동안에 움직인다 하더라도 방사선이 조사되는 시간이 0.05초로 워낙 짧기 때문에 후두의 위치는 거의 변하지 않는 것으로 사료된다.

후두의 형태 해부학적인 변화는 태생시기에 연골로 구성되어있다가 사춘기를 지난 10대 후반부터 석회화가 시작되므로 연조직 촬영에서 연골을 구분하기 힘들어 측정의 기준을 삼기에는 부적당하였다. 또한 후두의 발달을 살펴보면 유아의 후두는 몸체 크기에 대한 비율이 더 작으며 6세까지는 매우 빠르게 자라고 그후 사춘기까지는 천천히 자라는 것으로 알려져 있다. 사춘기때 남성 후두는 급격히 성장하여 성인 측정치에 도달하여 변성기를 맞게 되고 여성후두는 사춘기부터 그다지 성장하지 않아 남성후두 측정치가 여성 측정치 보다 크게 된다. 본 연구에서는 태생기와 아동기 초기의 측정이 없어 관련지을 수 없었다. 본 연구의 결과에서 보듯이 정상 한국인에 있어서 경부에서의 후두의 위치는 연령에 따라 점차로 아래로 내려가는 양상을 관찰할 수 있었고 상관관계는 매우 유의한 것으로 나타났다.

연령에 따른 음의 높이고 그 상관관계도 후두의 위치와 비슷한 양상으로 변화된다고 예측할 수 있겠다. 즉 유아 및 10대에서는 피치가 높고 후두가 높게 위치하며 연령에 따라 후두의 위치와 비슷한 양상으로 피치가 하강함을 볼 수 있다. 연령과 피치와의 관계에 대한 연구로서 Mysak¹¹⁾, Hollien¹²⁾, Stoicheff³⁾, Saxman¹⁴⁾, Maria 등¹⁵⁾에 의하면 남·녀에서 소년기에서 청·장년기층으로 갈수록 기저주파수는 감소하다가 노년기로 이행하면서 점차 증가한다고 하며, 여성에서는 자료가 복잡하고 연령에 따라 어떠한 경향을 보여주지 못한다고 했는데, 이에 대한 설명으로 Ferreri¹⁶⁾ 및 Mueller

등¹⁷⁾은 노년기에서 기저주파수가 증가하는 것은 장기의 노화와 후두구조의 물리적 변화와 관련된다고 하며, 후두내근의 위축, 후두점막의 건조 및 얇아짐과, 인대의 긴장도 상실 및 연골의 골화, 성대의 이완 및 휘어짐을 보고하고 있다. Mysak¹¹⁾과 Hollen 등¹²⁾은 노년기에 체형의 변화와 기저주파수 증가와 관련이 있다고 보고하고 있으며, Maria 등¹⁵⁾은 노화와 관련된 청각 피드백의 감소와 관련된다고 주장하고 있다.

음성의 피치에 대한 평가방법은 습관적인 피치(habitual pitch)와 최적 피치(optimal pitch)로 분류하여 평가한다. 습관적인 피치는 평소 발화자의 말하는 언어습관을 피치로 측정하는 방법으로 지속모음 /아/를 기본으로 하여, 일정한 문장을 이용하여 평상시의 자연스러운 대화체로 발화케 하여 측정하는 법으로 발화기저주파수를 측정하였다. 발화기저주파수란 발화시의 다양한 음을 발성할때의 성대의 진동수에 대한 평균치로서 지속모음에 대한 기저주파수와 더불어 후두의 병변 및 발성기관의 병적상태를 객관적으로 측정할 수 있는 하나의 지표로서 인정되어왔다. 지속모음에 대한 기저주파수는 오직 후두 특히 성대의 상태를 객관적으로 나타내는 요소이지만 발화기저주파수는 후두의 상태뿐만 아니라 후두외적인 요소 즉 구강, 인강, 경부, 외후두근육의 상태 및 후두의 높이등을 간접적으로 평가할 수 있는 지표로서 발성기관의 병적인 상태에 따라 지속모음에 대한 기저주파수 보다 더욱 유용하게 이용될 수 있다.

본 연구에서는 연령에 따른 성대의 크기변화를 측정할 목적이라면 지속모음에 대한 기저주파수를 측정해야 되지만 후두의 높이에 따른 변화를 측정하기 위해서는 발화기저주파수의 변화가 더욱 유용하기때문에 이를 측정하였다. 이외에도 최적의 피치를 측정하는 방법이 있는데 이는 성문하 압력과 더불어서 성대의 길이 및 두께 그리고 긴장에 따른 피치의 변화를 측정하는 것이다. 본 연구에서 사용한 Visi-pitch는 음성의 피치, 피치의 변화도, 음의 강도와 영역, 발성 지속시간 및 강세등 소리의 역동적 부분까지 측정할 수 있는 간편한 음성분석기이다. Visi-pitch는 음성/언어장애의 평가 및 치료를 위해 가장 널리 사용되고 있고 임상기자제로, 음성신호를 정교하고 정확하게 분석하므로써 성대 진동의 음향학적인 요소를 추출하여 음성관내의 생리학적인 현상들을 간접적으로 유추할 수 있게 한다. 본

연구에서 나타난 결과에 의하면 여성은 연령이 증가할수록 감소하는 경향이 뚜렷하였으나, 남성은 감소 경향이 연령의 증가에 따라 일정한 양상을 보여주지 못하였던바 중년까지는 후두의 하강과 더불어 기저주파수가 감소하는 일정한 양상을 나타내나 중장년 이후에는 일정한 상관관계이 오히려 주파수가 상승하는 경향을 나타내었다.

반면에 음의세기와 기저주파수의 변이는 연령의 변화와 관련없이 일정하였다. 남성에서의 이러한 주파수의 변화는 Kahane¹⁸⁾의 보고와는 다른데 그의 보고에 의하면 특히 50대 이후에는 연령의 증가에 따라 기저주파수가 감소하는데 이는 연령의 노화현상에 의한 성대근의 위축에 의해 성대의 부피 감소가 초래되어 기저주파수가 서서히 감소한다 하며 여성에서는 반대로 연령에 따라 기저주파수가 증대하는데 이는 성대 연조직의 부종현상에 의해 기저주파수가 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 여성에서는 비슷한 현상에 의해 기저주파수가 연령에 따라 증대하였으나 남성에서는 10세 미만, 10대, 20대에서는 연령에 따라 유의하게 감소하였으나 그후 유의한 감소를 나타내지 못하였는데 특히 60대 이후의 연령에서 측정하지 못하므로써 Kahane¹⁸⁾의 보고와 다른 결과를 나타내었다.

결 론

저자들은 정상 한국성인의 연령에 따른 후두의 변화를 경부 연조직 단층 측면 촬영상에서 후두개침과 설골체 상연을 경추와 비교계측하였고 Visi-pitch를 이용하여 발화기저주파수, 음의세기, 발화기저주파수범위를 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 남성에서의 연령에 따른 후두의 높이는 연령에 따라 하강하는데 특히 10대에서 급격히 후두가 하강하며 성인이 된 후에서도 미비하지만 연령에 따라 하강하며 여성에서는 현저하지 않았다. 남녀 비교에서는 10세 미만에서는 큰 차이가 없었으나 10대 남자에서 급격한 하강이 있었다. 20대 및 30대에서도 여자에서 높았고 전체적으로 약한 하강하지만 여자 40대에서 남자에 비해 많은 하강이 있었다. 40대 및 50대에서 여자에서 높았으나 더 이상의 하강은 나타나지 않았다.

2) 발화기저주파수는 성인 여성군에서 연령이 증가할수록 감소하는 경향이 통계적으로 유의했으나(p<0.

0001). 남성군에서는 그 경향이 통계적으로 유의하지 않았으며 음의 강도는 연령의 변화와 관련없이 일정하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p>0.05$).

3) 발화 기저주파수의 범위는 톱니모양으로 일정치 않았으며 통계적으로 유의한 변화를 보여주지 않았다($p>0.05$).

따라서 위 결과가 향후 병적인 음성을 음향학적으로 분석하기 위한 임상적 지표로 사용될 수 있겠으며 더 많은 자료의 축적과 더불어 이에 대한 연구가 더 있어야 할 것으로 사료된다.

References

- 1) Keleman G, Pressman J : *Physiology of the larynx. Physiol Rev.* 1955 ; 35 : 506-554
- 2) Gedgowd VA : *Anatomical peculiarities of the respiratory organs in children. Am J Anat.* 1978 ; 151 : 11-19
- 3) Balhoni G : *Biometric study of the dimensions of the human larynx. Arch Otolaryngol.* 1971 ; 94 : 432-439
- 4) Minnigerode B : *Messungen uber die lage einiger aufden schildkorpel projier ter teile des kehlkopffinn-eren. Arch Otolaryngol.* 1971 ; 94 : 432-439
- 5) Mayet A, Mundnich K : *Beitrag zur anatomie und zur funktion des m. cricothroidgelenke. Arch Otolaryngol.* 1971 ; 94 : 432-439
- 6) Maue WM, Dickson DR : *Cartilage and ligaments of the adult human larynx. Arch Otolaryngol.* 1971 ; 94 : 432-439
- 7) Kahane JC : *A morphological study of the human prepubertal and pubertal larynx. Am J Anat.* 1978 ; 151 : 11-19
- 8) 조진규 등 : 한국인 후두에 관한 체질 인류학적 연구, 서울의대잡지. 1962 ; 3 : 51-86
- 9) Lee YH, Moon TY, Lee SY, Park SI, Kim HN, Yoon KM : *An anatomorphological study on the Korean laryngeal cartilages. Korean J Otolaryngol.* 1981 ; 24 : 286-296
- 10) Park SH, Park SN, Kim MJ, Yoon HB, Chung DH, et al : *Measurement of various dimensions of larynx in Korean adult. Korean J Otolaryngol.* 1983 ; 26 : 98-102
- 11) Mysak ED : *Pitch and duration characteristics of older males. J Speech Hear Res.* 1959 ; 2 : 46-54
- 12) Hollien H, Shipp T : *Speaking fundamental frequency and chronologic age in males. J Speech Hear Res.* 1972 ; 15 : 155-159
- 13) Stoicheff ML : *Speaking fundamental frequency characteristics of nonsmoking female adults. J Speech Hear Res.* 1981 ; 24 : 437-411
- 14) Saxman JH, Burk KW : *Speaking fundamental frequency characteristics of middle-aged females. Folia Phoniatic.* 1967 ; 19 : 167-172
- 15) Krook MIP : *Speaking fundamental frequency characteristics of normal swedish subjects obtained by glottal frequency analysis. Folia Phoniatic.* 1988 ; 40 : 82-90
- 16) Ferreri G : *Senescence of the larynx. Ital Gen Rev Oto-Rhino-Laryngol.* 1959 ; 1 : 640-709
- 17) Mueller PB, Sweeney RJ, Baribeau LJ : *Senescence of the voice : morphology of excised male larynges. Folia phoniatic.* 1985 ; 37 : 134-138
- 18) Kahane JC : *Postnatal development and aging of the human larynx. Semi speech language.* 1983 ; 4 : 189-201