

# 상용화 된 고속카메라와 후두내시경을 이용한 성대촬영 방법의 소개

연세대학교 의과대학 이비인후과교실 음성언어의학연구소

남도현 · 최홍식

= Abstract =

## Commercially Available High-Speed Cameras Connected with a Laryngoscope for Capturing the Laryngeal Images

DoHyun Nam, MD and Hong-Shik Choi, MD

Department of Otorhinolaryngology, The institute of Logopedics & Phoniatrics Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

**Background and Objectives** : High-speed imaging can be useful in studies of linguistic and artistic singing styles, and laryngeal examination of patients with voice disorders, particularly in irregular vocal fold vibrations. In this study, we introduce new laryngeal imaging systems which are commercially available high speed cameras connected with a laryngoscope. **Materials and Method** : The laryngeal images were captured from three different types of cameras. First, the adapter was made to connect with laryngoscope and Casio EX-F1 to capture the images using 2 × 150 Watt Halogen light source (EndoSTROB) at speeds of 1,200 fps (frame per second)(336 × 96). Second, Phantom Miro ex4 was used to capture the digital laryngeal images using Xenon Nova light source 175 Watt (STORZ) at speeds of 1,920 fps (512 × 384). Finally, laryngeal images were captured using MotionXtra N-4 with 250 Watt halogen lamp (Olympus CLH-250) light source at speeds of 2,000fps (384 × 400) by connecting with laryngoscope. All images were transformed into the Kymograph using KIPS (Kay's image processing Software) of Kay Pentax Inc. **Results** : Casio EX-F1 was too small to adjust the focus and screen size was diminished once the images were captured despite of high resolution images. High quality of color images could be obtained with Phantom Miro ex4 whereas good black and white images from Motion Xtra N-4. Despite of some limitations of illumination problems, limited recording time capacity, and time consuming procedures in Phantom Miro ex4 and Motion Xtra N-4, those portable devices provided high resolution images. **Conclusion** : All those high speed cameras could capture the laryngeal images by connecting with laryngoscope. High resolution images were able to be captured at the fixed position under the good lightness. Accordingly, these techniques could be applicable to observe the vocal fold vibration properties in the clinical practice.

**KEY WORDS** : High speed camera · Vocal fold · Kymography.

## 서론

남성은 말할 때의 기본주파수가 보통 100~150 Hz이고, 여성은 200~250 Hz이고, 성악발성에서 여성의 경우 1,000 Hz 이상 되는 주파수에서도 발성을 하기 때문에 성대의 진동을 정확히 일반 후두내시경으로는 성대의 정확한 움직임을 판단하기 어렵다. 그동안 임상에서 성대를 관찰하기 위하여 가장

많이 사용하고 있는 스트로보스코피(stroboscopy)도 실제로 성대의 점막의 움직임을 기록하는 것이 아니고 눈의 착시 현상(optical illusion)을 이용한 것으로,<sup>1)</sup> 실제 성대의 진동 이미지를 실상 그대로 반영하지 않기 때문에 실제 성대진동 이미지를 고속촬영을 할 수 있는 카메라의 필요성이 요구되고 있다. 고속카메라(high speed camera)는 William Henry Fox Talbot가 1851년 배터리의 전신인 레이든(leyden) 병을 이용하여 수레바퀴에 타임을 부착하여 수레바퀴를 고속 회전시켜서 정지화면으로 촬영한 것이 최초이며, 최초로 고속카메라로 성대를 촬영한 것은 1940년도에 벨연구소(Bell Laboratories Record)의 Farnsworth에 의해서 시도되었다.<sup>2)</sup> 고속카메라는 구동방법에 따라 기계식카메라(mechanical camera)와 전자식카메라(electronic camera)로 나

논문접수일 : 2010년 11월 1일  
심사완료일 : 2010년 12월 14일  
책임저자 : 최홍식 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92  
연세대학교 의과대학 이비인후과교실 음성언어의학연구소  
전화 : (02) 2019-3461 · 전송 : (02) 3463-4750  
E-mail : hschoi@yuhs.ac

는다. 기계식은 1916년 독일의 무기연구가들에 의하여 시작되었으며 촬영하고자 하는 영상의 경로를 주로 기계적인 방법으로 바꾸어 기록매체인 필름에 고속영상을 저장하는 방법을 사용하였으나, 고가의 장비, 필름의 재료로는 감당하기 힘든 속도, 잡음 등의 단점을 가지고 있다.<sup>3)</sup> 그 후에 전자식이 등장하여 광 감응소자의 소재에 따라서 CCD(charge-coupled device) image sensor와 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)로 나눈다.<sup>4)</sup> 미국 영화 텔레비전기술자협회(SMPTE: Society of Motion and Television Engineers)의 기준에 의하면 고속카메라는 1,000분의 1초 이하의 노출로 촬영하거나 1초에 250 fps(frame per second) 이상의 촬영할 수 있는 카메라로 정의하였다. 그리고 슈퍼고속카메라(Super high speed camera)는 100,000~1,000,000 fps, 울트라 슈퍼 고속카메라(Ultra super high speed camera)는 1,000,000 fps 이상으로 촬영할 수 있는 카메라를 말한다.<sup>5)</sup> 현재 이비인후과영역에서 사용할 수 있는 고속 카메라는 그 동안 흑백영상으로만 촬영이 가능하였고, 최근 칼라 영상으로 촬영 가능한 고속카메라가 개발되었으나 워낙 고가의 장비이고, 아직 국내에서는 의료장비로 아직 인가를 받지 못한 상태이다. 또한 촬영시간은 짧아도 재생시간이 길기 때문에 임상에서 사용하기에는 어려움이 있고 국내에는 소개만 되어있는 상태이다. 또 그리고 1970년대에 시작된 카이모그래피(kymography)는 슬릿 셔터(slit shutter)를 사용하는 리플렉스 카메라(reflex camera)에 싱글렌즈(single-lens)와 후두내시경을 부착하여 성대의 움직임을 캡처(capture)하는 기술인데,<sup>6)</sup> 최근에 와서 CCD-비디오 카메라를 기반으로 하는 새로운 기술인 비디오 카이모그래피(video kymography)로 부활하였다.<sup>7,8)</sup> 이 시스템은 비디오 이미지로 촬영된 성대이미지를 오직 수평라인의 흑백이미지로 변환하여 양측성대를 관찰하는 기술이었으나 근래에 칼라이미지로 변환이 가능한 프로그램이 개발되었다. 이번 연구에서는 상용화되어있는 저비용 소형 고속카메라들을 후두내시경과 연결하여 성대 촬영이 가능한지 알아보고, 좋은 성대이미지를 얻기 위한 방법들을 찾아보고자 한다. 또한 촬영된 성대이미지를 비디오 카이모그래프로 변환하여 고속카메라의 활용도를 높일 수 있는지 알아보려한다.

## 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

고속카메라는 국내에서 구입 가능한 고속카메라로 카메라의 자체 무게가 적게나가고, 부피가 작으며, 가격이 너무 고가이지 않으며, 후두내시경과 연결이 가능한 카메라로 선정하

였다. 선정된 된 고속카메라는 Casio사의 EX-F1과 Phantom사의 Miro eX4 그리고 MotionXtra의 N-4로 하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) Casio사의 EX-F1

Casio EX-F1는 일반적으로 사용하는 디지털카메라에 고속촬영 기능을 갖추고 있는 디지털카메라이다. 성대를 촬영하기위해서 먼저 렌즈의 앞부분과 후두내시경을 연결할 수 있는 (Fig. 1)과 같이 어댑터(adapter)를 제작하였다. 어댑터의 사이즈는 카메라 연결 부분의 직경은 61 mm, 내시경과 연결될 부분의 직경은 32 mm로 제작하였으며, 내시경을 고정하기위하여 고정 나사를 2개 만들었다. 성대촬영을 위하여 20여년 경력의 음성전문가가 정상인 남성 1인을 대상으로 카메라에 어댑터를 부착한 후 70° 후두내시경을 연결하였다. 촬영속도는 600 fps(432×192)와 1,200 fps(336×96)으로 성대를 촬영하였다. 광원으로는 (Fig. 2)와 같이 150 W×2 할로겐램프(Endostrob)를 사용하였다.

#### 2) Phantom사의 Miro eX4

Phantom사의 Miro eX4는 LCD화면을 갖고 있는 소형 고속카메라로 렌즈를 제거하고, 카메라 본체에 일반적으로 사용되며 초점 조절도 가능한 (Fig. 3)과 같은 어댑터를 사용

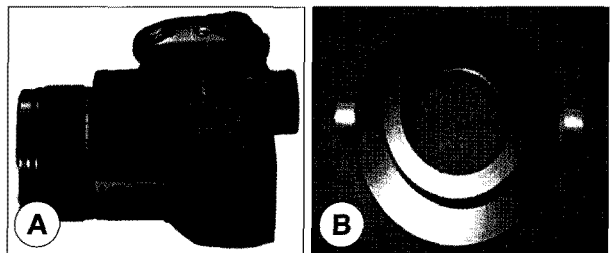


Fig. 1. Casio EX-F1 and handmade adapter.

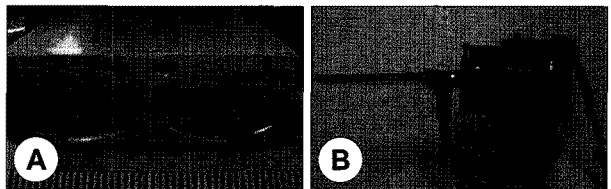


Fig. 2. Connect with laryngoscope and Casio EX-F1 and 150 W×2 halogen lamp (Endostrob).

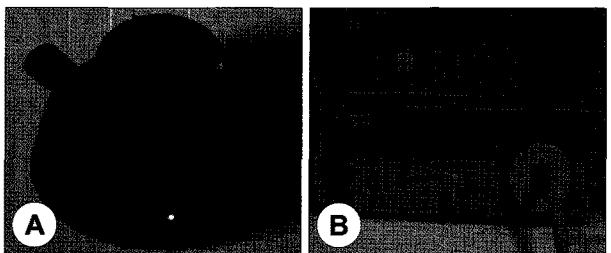


Fig. 3. Adapter and Xenon Nova 175 W lamp (STORZ).

하여 70° 후두내시경을 연결하여 20여년 경력의 음성전문가가 정상인 남성을 대상으로 1,920 fps(512×384)로 성대를 촬영하였다. 이때 1명의 보조인원은 (Fig. 4)에서와 같이 케이블을 이용하여 컴퓨터에도 같이 연결하여 실시간 촬영화면의 녹화를 진행하였다. 광원으로는 Xenon Nova 175 W 램프(STORZ)를 사용하였다.

### 3) MotionXtra N-4

MotionXtra N-4는 소형 고속카메라로 컴퓨터와 연결하여 실시간으로 화면을 볼 수 있으며, (Fig. 3)에서와 같이 일반적으로 후두내시경에 연결하여 사용하는 어댑터를 이용하여 (Fig. 5)와 같이 후두내시경과 바로 연결하여 20년 경력의 음성전문가가 2,000 fps (384×400)로 성대를 촬영하였다. 광원으로는 (Fig. 6)에서와 같이 Olympus사의 CLH 250 W 할로겐램프를 사용하였다.

4) 세 카메라에서 촬영된 성대 동영상이미지를 Kaypentax사의 KIPS(Kay's image processing Software)프로그램을 통하여 비디오카이모그래프이미지로 변환하였다.

## 결 과

### 1. Casio사의 EX-F1

Casio사의 EX-F1은 300 fps와 600 fps 그리고 1,200 fps

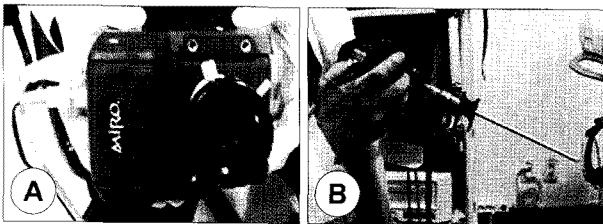


Fig. 4. Phantom Miro eX4 and connect with laryngoscope and Miro eX4.

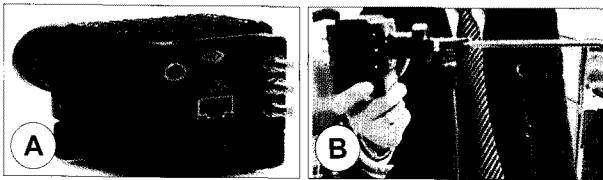


Fig. 5. MotionXtra N-4 and connect with laryngoscope & MotionXtra N-4.

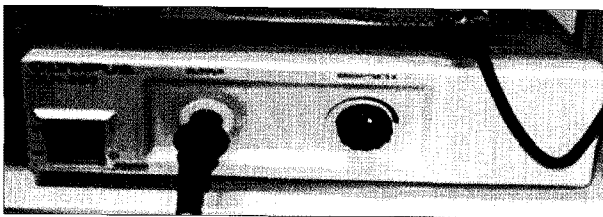


Fig. 6. 250 w Halogen lamp (Olympus CLH-250).

로 촬영이 가능하며, 600 fps에서도 촬영이 가능하며 1,200 fps보다 화질이 우수하나, 성대의 빠른 진동을 촬영하기에는 부족하다. 그리고 일반적으로 고속카메라는 내장 메모리를 사용하기 때문에 촬영시간이 짧은 것이 흠이나, 이 카메라는 용량을 늘리면 촬영시간이 길어져 다른 고속카메라에 비하여 장시간 촬영이 가능하기 때문에 여러 가지 상황에서도 좋은 이미지를 얻는데 유리하다. 그리고 카메라에 장착된 LCD창에서 선명한 칼라이미지로 성대를 관찰 할 수가 있다. 그러나 1,200 fps로 촬영을 할 때에는 셔터를 누르면 급격히 해상도가 336×96으로 낮아져 급격히 영상이 작아지며, 성대의 전체 이미지를 담기가 어려워 자동 초점으로 바뀌고 조명이 광도가 급격히 낮아지는 현상이 나타나기 때문에 수련된 검사자가 필요하다. 촬영된 성대이미지는 (Fig. 7)과 같이 비교적 선명한 칼라이미지를 얻을 수 있으나 화면의 크기가 작은 것이 흠이다. 촬영된 동영상을 카이모그래프로 변환하였을 때 (Fig. 8)과 같이 성대의 접촉패턴을 비교적 선명하게 관찰할 수 있다.

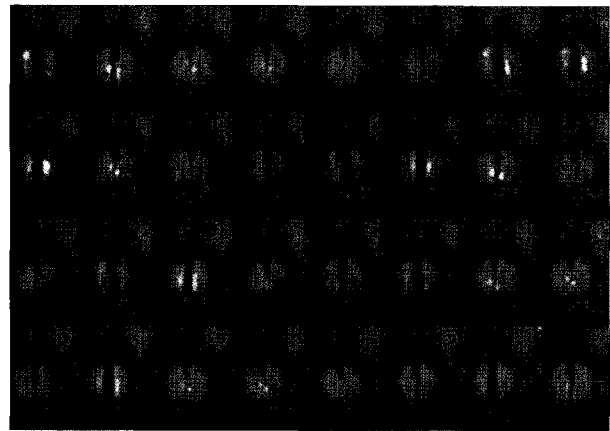


Fig. 7. Actual images of vocal folds by Casio EX-F1 (1,200 fps).

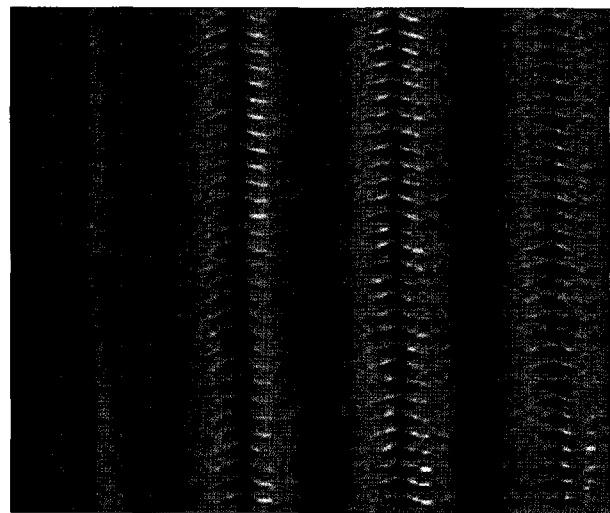


Fig. 8. Images were transformed into the Kymograph using KIPS.

### 2. Phantom사의 Miro eX4

Phantom Miro eX4는 카메라와 연결된 PC에서 조절과 재생이 가능하며, 카메라 후면에 LCD창에서도 촬영과 재생이 가능하기 때문에 촬영 시 LCD창을 통하여 성대움직임을 직접 관찰할 수 있는 것이 장점이다. 또한 성대의 움직임을 칼라영상으로 촬영이 가능하며 세 고속카메라 중 (Fig. 9)와 같이 가장 선명한 성대움직임을 관찰할 수 있으며, (Fig. 11)과 같이 자체 software가 있어 재생 속도의 조절과 편집이 가능하다. 그러나 내장 메모리를 사용하기 때문에 촬영시간은 비교적 짧은 편이고, 카메라에 이외의 장비의 크기가 커서 보관이 용이하지 않은 것이 단점이다. 그리고 카이모그래프의 해상도가 다른 카메라로 촬영한 것보다 좋으나, 촬영 시 카메라가 조금이라도 움직일 경우에는 (Fig. 10)에서와 같이 카이모그래프영상이 일직선으로 나타나지 않으며, 흔들림이 큰 경우에는 카이모그래프 이미지를 제대로 얻을 수 없어서, 카메라를 고정하여 흔들림이 없이 고속촬영을 하는 것이 아주 중요하다.

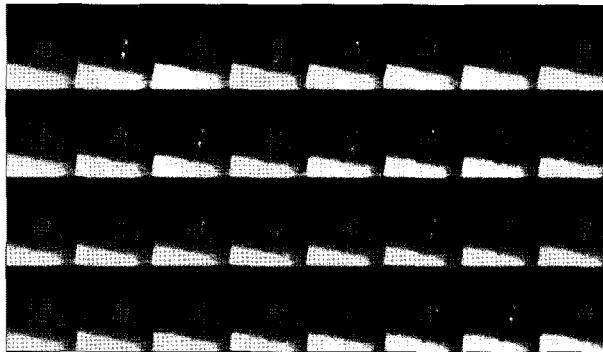


Fig. 9. Actual images of vocal folds by Phantom Miro eX4 (1,920 fps).

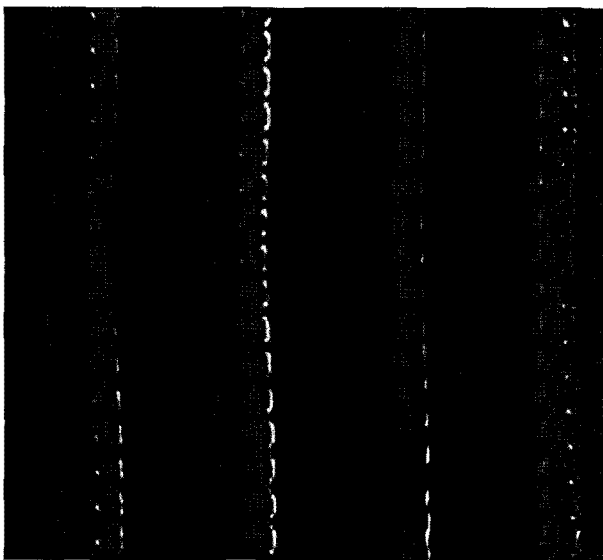


Fig. 10. Images were transformed into the Kymograph using KIPS.

### 3. MotionXtra N-4

MotionXtra N-4는 크기가 가장 작고 무게도 가벼우며, 고속카메라 용도로 개발 된 카메라 중 가장 가격이 저렴하다. 카메라와 PC와의 연결이 가능하여 PC에서도 촬영과 재생이 가능하다. 촬영이 용이하고 (Fig. 12)에서와 같이 흑백 영상이나 비교적 화질이 좋고, 카이모그래프로 변환 시 좋은 이미지를 얻을 수 있다(Fig. 13). 또한 자체 software가 있어 재생 속도의 조절도 가능하며, 화면을 부분적으로 확대하는 기능도 가지고 있다(Fig. 14).

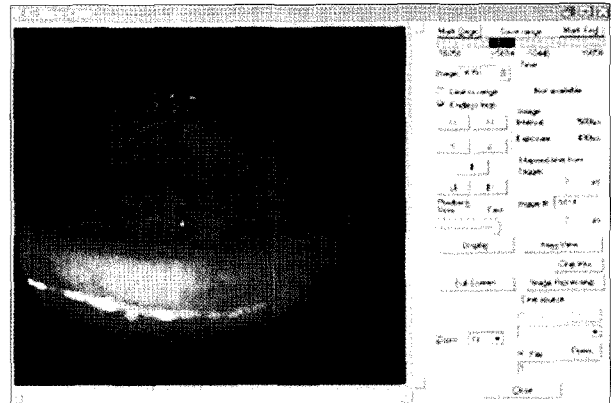


Fig. 11. Software of Phantom Miro eX4 (Cine view 604).

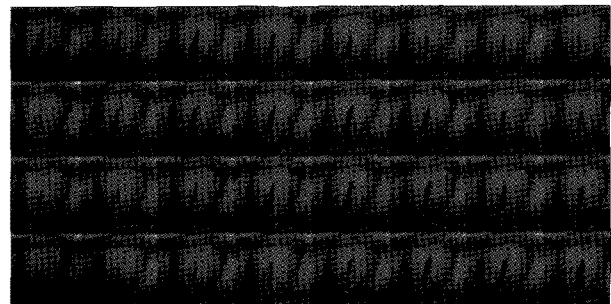


Fig. 12. Actual images of vocal folds by MotionXtra N-4 (2,000 fps).

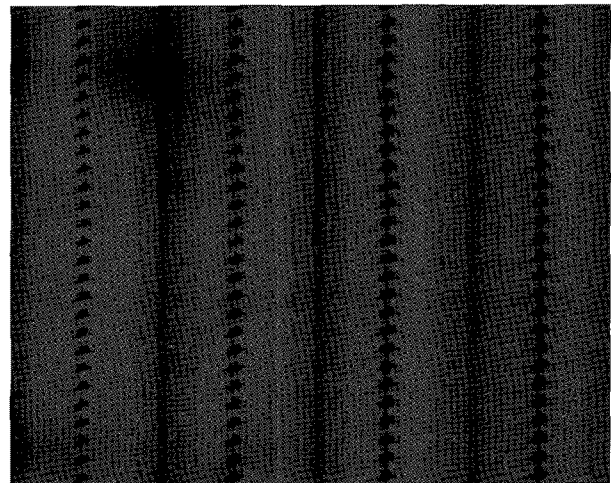


Fig. 13. Images were transformed into the Kymograph using.

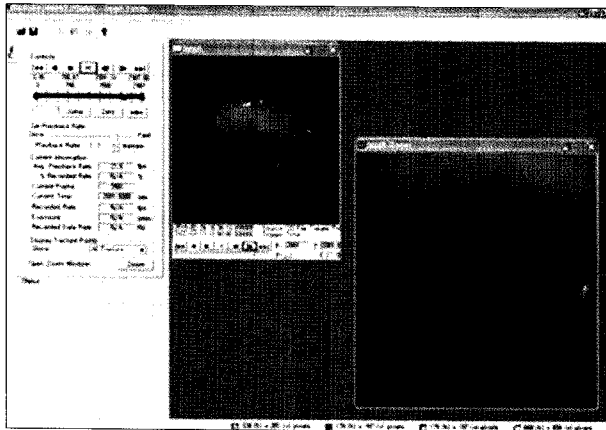


Fig. 14. Software of MotionXtra N-4 (Midas player).

## 고 찰

성대를 관찰하기 위하여 개발된 고속카메라는 현재 많이 사용되고 있는 것이 Kaypentax사의 High speed video system model 9,700이다. 흑백영상으로 촬영할 수 있고 2,000 fps에서 해상도 512×512에서 4초정도 촬영이 가능하며 해상도를 줄이면 4,000 fps로도 촬영이 가능하다. 이 카메라는 이비인후과 영역에서 사용하기 위하여 개발되었으므로 다양한 이점이 있는데 첫 번째가 카메라 헤드 부분이 작고 가벼워서 촬영이 용이하며, 성대의 디테일한 이미지까지 볼 수 있고, 녹화 시 발 페달(foot pedal)을 사용하여, 손을 자유롭게 하여주며 무엇보다 카메라, 내시경, 조명 등이 하나의 시스템으로 촬영이 가능하기 때문에 모든 면에서 유리하다. 그러나 고속카메라는 워낙 고가의 장비이며 임상에서는 시간적 제한으로 인하여 일반적으로 사용이 어렵기 때문에 정밀검사나 연구용으로 사용하는 것이 더 유리하기 때문에 가격대비 활용도가 떨어지는 단점이 있다. 또 최근에 출시된 모델 9710은 칼라이미지로 촬영이 가능하나 역시 비용적인 문제가 있다.<sup>9)</sup> 현재 많은 고속카메라가 개발되어 상용화 되어있으나 이번에 소개하는 고속카메라의 조건으로 크기가 작고 가벼우며 가격대비 활용도가 높은 것을 택하였다.

첫 번째로 소개하는 Casio EX-F1는 고속 촬영기능을 갖추고 있는 상용화 일반 디지털카메라로 다른 고속카메라에 비해 가격이 아주 저렴하다. 카메라기능에 300 fps에서의 해상도는 512×384, 600 fps에서는 해상도가 432×192, 1,200 fps에서는 해상도가 336×96의 고속카메라 기능을 가지고 있는 디지털카메라이다. 그리고 촬영 시 LCD화면으로 실시간 확인이 가능하여, 600 fps(432×192)로 촬영하는 경우 HD화질이 가능하여 촬영이 용이하나 성대의 움직임을 찍기 위하여 너무 낮은 촬영속도여서 고속카메라의 역할을 기대할 수 없다. 그리고 1,200 fps로 촬영할 때는 LCD화면에 보

이는 영상은 비교적 크게 보이나 셔터를 누르는 순간 해상도(336×96)가 급격히 낮아 성대가 부분적으로 보이는 현상이 나타나며, 촬영 시 조명이 급격히 어두워지는 현상이 같이 나타나기 때문에 숙달되기 위해서는 많은 경험이 요구된다. 실제 성대촬영 시 이러한 특성을 이해하지 못하면 성대이미지가 너무 어둡고 부분적인 성대이미지를 얻게 되기 때문에 가능한 한 조명을 밝게 사용하여야 하며, 내시경의 직경이 얇고 가는 내시경보다는 직경이 굵은 내시경을 사용하면 비교적 선명한 칼라이미지를 얻을 수 있었다. 추가로 카메라를 이동이 용이하면서도 고정할 수 있는 장치를 사용하면 더 좋은 영상을 얻을 수 있다. 또한 LCD화면에서 재생이 가능하며 재생속도의 조절도 가능 할뿐 아니라 프레임단위로 확인이 가능하다. 그리고 자체 프로그램이 있으나 그리 활용도가 높은 편이 아니어서 일반적인 동영상 재생프로그램에서도 재생이 가능하다. 많은 고속카메라들은 자체 저장메모리를 사용하기 때문에 촬영 시간이 짧은 것이 흠이나 Casio EX-F1은 용량이 큰 메모리카드를 사용하면 다른 고속카메라들보다 장시간 촬영이 가능하다. 다만 이 카메라는 일반 디지털카메라이기 때문에 후두내시경과 연결을 위해 직접 어댑터를 제작하여야 하며, 어댑터제작은 금형 제작하는 곳을 이용하면 적은 비용으로 가능하다. 그리고 이 카메라는 2008년도에 단종되어 신제품의 구입은 일본에서만 가능한 것이 단점이며, 어댑터와 카메라 비용은 약 130만원 정도 비용이 드나, 최근에 비슷한 기능의 디지털카메라에 고속 촬영기능을 추가한 제품들이 많이 출시되고 있어 이 기종이 아니더라도 충분히 고속촬영에 활용 할 수 있다. 또한 카이모그래프로 변환하였을 때 해상도가 낮아 큰 화면으로 확대하면 영상이 흐려지는 단점이 있으나, 촬영 시 손 흔들림이 적으면 비교적 좋은 카이모그래프 영상을 얻을 수 있다.

두 번째 고속카메라는 Phantom사의 Miro eX series로 eX1, eX2, eX3, eX4가 있다. eX1은 1 GB메모리를 사용하여 저장용량이 적고, 최대 1,000 fps(480×360)까지 촬영이 가능하다. eX2는 최대 4 GB의 저장메모리를 사용할 수 있고 최대 105,263 fps(32×16)가능하나 이렇게 높은 촬영속도에서는 해상도가 너무 낮아 성대촬영에는 부적합하며 일반적으로 1,246 fps까지 촬영이 가능하다. eX3는 LCD창이 없고 공업용으로 쓰이고 있어 성대촬영에는 적절하지 않다. 그리고 이번 연구에 쓰였던 eX4는 카메라는 11.2×8×7.9 cm 크기에 0.79 kg으로 최대 105,200 fps 가능하나 역시 이 속도에서는 성대촬영에는 적합하지 않으며, 이번 연구에서는 사용하였던 1,920 fps(640×480)이 가장 적합하다. 그리고 이 카메라는 PC에 연결하여서 사용하는 경우 보조원인이 필요한데, 임상에서 검사자가 성대를 촬영하면서 LCD창에

서 카메라를 컨트롤하기에는 어려움이 많기 때문에 PC에서 컨트롤하는 것이 훨씬 편하며 부담이 없으며, 자체 software가 있어 PC에서 조절과 재생이 가능하기 때문에 보조 인원이 필요하다. 다만 내장 메모리를 사용하기 때문에 촬영 시 녹화시간은 500 fps에서 4초, 1,920 fps에서는 1초 정도로 짧은 편이다. eX4는 다른 카메라에 비하여 비교적 조명에 크게 영향을 받지 않으나, 선명한 칼라영상을 얻기 위해서는 조명의 밝기가 밝은 광원을 사용하는 것이 유리하며, 빛의 통과 양을 많게 하기 위해서는 역시 직경이 굵은 내시경을 사용하는 것도 중요한 역할을 한다. 또한 카메라를 고정하여 촬영하는 것도 좋은 영상을 얻기 위한 방법 중에 하나이다. 단점으로 다른 보조 장비의 크기가 커서 보관이 용이하지 않은 것이 단점이며 가격은 다른 카메라에 비해 비교적 비싼 편이다. eX1은 1만불, eX2는 2만불, eX4는 3만불 정도 들며, 카메라를 고정하는 비용이 추가된다. 카이모그래프로 변환하였을 때 세 기종 중 가장 선명한 칼라이미지를 얻을 수 있었으며, 해상도도 좋은 편이다.

세 번째로 소개되는 MotionXtra N-4는 60×60×75 mm 무게는 0.48 kg으로 이번 연구에 사용된 카메라 중 가장 작고 가벼우며 비교적 사용하기 편리하다. 그러나 다른 카메라들은 LCD창이 있어 성대의 움직임을 보며 촬영할 수 있으나, 이 카메라는 LDC창이 없어 카메라에 PC를 연결하여 모니터 상에서 자체 software를 사용하여 촬영하여야 한다. 그러나 실제 촬영 시 LCD창에서 보다 모니터 화면의 크기가 훨씬 크기 때문에 촬영의 불편함은 별로 없다. 그리고 다른 카메라와 마찬가지로 내장메모리를 사용하기 때문에 촬영시간이 짧으며 영상이 흑백인 것이 단점이다. 최근 칼라영상에 컴퓨터의 하드를 사용하는 카메라가 출시되어 비교적 저가인 1,300달러 정도에 구입이 가능하나 아직 국내에는 수입이 되어있지 않으며, 곧 국내에도 소개되면 저가로 성대촬영을 할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 세 카메라에서 촬영된 모든 동영상 이미지는 카이모그래프로 변환이 가능하였으며, 영상의 질에 따라 카이모그래프의 질도 다르게 나타났다.

## 결론

이번 연구에서 얻은 결과를 살펴보면 일반적으로 광고용

이나 공업용으로 사용되는 고속카메라들도 후두내시경과 연결만 가능하면 성대의 진동영상을 촬영이 가능하다는 결론을 얻을 수 있었다. 그리고 고속카메라와 후두내시경의 연결하기 위한 어댑터가 필요한 경우에는 금형을 제작하는 곳에서 어댑터의 제작이 가능하다. 다만 이러한 고속카메라들은 이비인후과용으로 개발된 것이 아니기 때문에 몇 가지 유의할 점이 필요하다. 제일 먼저 고속 촬영 시 좋은 이미지를 얻기 위해 중요한 것은 짧은 촬영시간 동안 많은 프레임으로 촬영하기 때문에 흔들림을 적게 하기 위하여 카메라를 고정하는 것이 좋다. 두 번째로 촬영 시 많이 광량이 필요함으로 적어도 300 w 이상의 광원을 사용하는 것이 좋은 이미지를 얻을 수 있으며, 세 번째로 많은 빛이 통과 할 수 있도록 내시경의 직경을 큰 것을 사용하여야 좋은 이미지를 얻는데 도움이 된다. 그리고 현재에도 비교적 저가의 고속 디지털 카메라들이 출시되고 있으며, 전문적으로 고속촬영을 위한 카메라들이 개발되고 있고, 가격도 낮아지는 추세이다. 그러므로 이번 소개하는 카메라 이외에도 성대촬영이 가능한 더 좋은 고속카메라를 구할 수 있을 것으로 생각된다.

중심 단어 : 고속카메라·성대·카이모그래피.

## REFERENCES

- 1) Kim KM. *Principle of the Larygostroboscopy and Its Clinical Application. The Korean Society of Logopedics and Phoniatics Semi-annual;1994. p.110-6.*
- 2) Farnsworth D. *High-Speed Motion Pictures of the Human Vocal Cords. Bell Telephone Records 1940;(18):203-8.*
- 3) Wittenberg Th, Tigges M, Mergell P, Eysholdt U. *Functional Imaging of Vocal Fold Vibration: Digital Multi-Slice-High-Speed-Kymography. J Voice 2000;(14):422-42.*
- 4) Childers D. *Laryngeal pathology detection. Crit Rev Bio-medical Eng 1977;375-425.*
- 5) Sidney FR. *High Speed Photography and Photonics. Focal Press; 1997.*
- 6) Gall V, Gall D, Hanson J. *Larynx-Fotokymografie. Arch Klin Exp Ohren-, Nasen-und Kehlkopfheilkunde 1971;(200):43-71.*
- 7) Svec J, Schutte H. *Videokymography: high-speed line scan-ning of vocal fold vibration. J Voice 1996;(10):201-5.*
- 8) Schutte H, Svec JG, Sram F. *Videokymography, image and quantification of regular and irregular vocal fold vibrations. In: McCaferty G, Coman W, Carroll R, eds. Proceedings of the XVI World Congress of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Sydney 97, Australia, 2-7 March;1997. p.1739-42.*
- 9) <http://www.kayelemetrics.com>.