

휴대형 후두 스트로보스콥의 개발

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실,¹ 의공학교실²

이재우¹ · 권순복¹ · 이병주¹ · 이진춘¹ · 고의경¹ · 전경명¹ · 노정훈² · 왕수건¹

= Abstract =

Development of Portable Laryngeal Stroboscope

Jae-Woo Lee, MD¹, Soon-Bok Kwon, PhD¹, Byung-Joo Lee, MD¹, Jin-Choon Lee, MD¹,
Eui-Kyung Goh, MD¹, Kyong-Myong Chon, MD¹, Jung Hoon Ro, MD² and Soo-Geun Wang, MD¹

¹Department of Otolaryngology and ²Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University, Busan, Korea

Purpose : Evaluation of vocal cord vibration is very important in cases of voice disorders. There are several equipments for examining the vocal fold vibration such as laryngeal stroboscope, ultra high-speed digital imaging system, and videokymograph. Among these, laryngeal stroboscope is the most popular equipment because of easy to examine the laryngeal pathology. However, current laryngo-stroscopes are too bulky to move and relatively expensive. The purpose of this research is to develop a portable laryngeal stroboscope of equivalent performance with the current equipments.

Methods and Materials : Recently developed high luminescent white LEDs (light emitting diodes) are placed at the head of the endoscope as light sources for the CCD image sensor which is also placed at the head with imaging lens. This arrangement eliminates the bulky light source like expensive halogen or xenon lamps as well as the optical light guiding cables. The LEDs are controlled to flash in phase with the voice frequency of the examinee. The CCD captures these strobo images and converts them into video signals for examinations.

Results : There was no functional differences between preexisting stroboscope and the newly developed stroboscope of this study. LED light sources and microprocessor based control circuits of the stroboscope enabled the development of flicker-less, hand-held, portable and battery-operating stroboscope.

Conclusion : The developed stroboscope is cost-effective, small-sized, easy to use and very easy desirable to bring and to use in any place.

KEY WORDS : Laryngeal stroboscopy · Portable.

서 론

음성장애(dysphonia)는 그 원인에 따라 기질적, 신경학적, 기능적으로 분류되며,¹⁾ 기질적 및 신경학적 음성장애의 경우 후두를 포함한 구강, 구인두의 이학적 검사가 필요하며, 특히 발성시의 성대를 면밀히 관찰하여야 정확한 진단이 가능하다.

성대는 일상 회화시 기본주파수가 성인 남성의 경우 약 100~200Hz, 성인 여성의 경우 200~400Hz, 소아의 경우

250~350Hz²⁾로 육안으로는 정확한 진동상태를 관찰할 수 없다. 그러므로 성대 진동을 정확하게 관찰하기 위해서 이용되는 검사방법에는 후두 스트로보검사(laryngeal stroboscopy), 초고속 영상촬영(ultra high speed digital image), 성문파형검사(glottography), 비디오카이모그래피(videokymography), 비디오스트로보카이모그래피(videostrobokymography), 방사선 스트로보검사 등이 있으며, 성문파형검사(glottography)에는 전기성문파형검사(electroglottography, EGG), 광전성문파형검사(photoelectroglottography), 초음파를 이용한 성문파형검사(ultrasound glottography) 등이 있다.^{3,4)} 이 중 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 방법이 후두 스트로보검사이다.

후두 스트로보스콥(stroboscope)은 눈의 착시(optic illusion)현상을 이용한 것으로 정상인은 눈에 영상이 노출되었을 때 0.2초 동안은 망막에 잔상이 남는 탈보트(Talbot) 법

논문접수일 : 2006년 4월 24일

심사완료일 : 2006년 6월 12일

책임저자 : 노정훈, 602-739 부산광역시 서구 아미동 1가 10

부산대학교 의과대학 의공학교실

전화 : (051) 240-7533 · 전송 : (051) 242-5003

E-mail : jhro@pusan.ac.kr

칙을 응용하여 단속되는 광원 아래서 진동하는 물체를 관찰하는 것이다.⁵⁾ 스트로보검사를 처음으로 후두 진단에 응용한 사람은 1878년 Oertel이다.⁶⁾ 그는 구멍이 뚫린 디스크를 회전시키면서 광원을 단속적으로 보내는 상태에서 물체의 운동을 관찰하였다. 그 당시에는 기계적인 스트로보스코프가 사용되었으나 소음, 지속적인 주파수 유지의 어려움, 구경 원반의 변화 등 결점이 많아 임상에는 사용할 수 없었다. 1961년 von Leden은 스트로보스코프를 이용한 임상적인 경험을 기술함으로써 후두 스트로보검사의 유용성을 보고하였다.⁷⁾ 1979년 Gould 등은 후두 스트로보스코프와 후두경을 함께 사용하면 성대의 느린 움직임(slow motion)에 대한 우수한 영상을 제공해 후두 질환의 분석에 유용하다고 하였다.^{3,7)}

후두 스트로보검사는 발생시 성대진동의 대칭성(symmetry), 주기성(periodicity), 성문폐쇄(glottic closure)의 여부, 진폭(amplitude) 및 점막파동(mucosal wave) 등의 분석을 가능하게 하며 이를 통해 성대질환의 특징을 파악하는데 이용되고 있다.

후두 스트로보검사는 피검자의 음성을 청진기를 통하거나, 비접촉으로 환자의 음성을 마이크로폰을 이용하거나 혹은 전기성문파형검사를 이용하여 성대의 진동주기를 측정하고 이보다 약간 작은 주기를 갖는 반복적이고 단속적인 빛을 내는 스트로보 광원을 성대에 비추어서 성대의 진동을 적당한 느린 주기 또는 정지영상으로 관찰하는 방법이다. 그러나 종래의 후두 스트로보스코프는 스트로보 광원을 만들어 내는 광원장치의 부피가 크고 무거우며 전력 소모가 많은 뿐 아니라 고가이다. 또한 스트로보 광원은 일반 광원에 비해 약간 어둡고, 화면 깜빡임 현상(flickering) 등으로 후두의 진동 상태를 선명하게 관찰할 수 없는 경우가 많았다.

이에 저자들은 상기의 문제점을 해소하기 위해 스트로보 광원으로 백색 발광 다이오드(light emitting diode, LED)를 사용하여 휴대용 건전지 사용이 가능하면서, 화면 깜빡임 현상을 최대한 보정하여 기존의 후두 스트로보스코프보다 선명한 후두상을 관찰할 수 있는 휴대형 후두 스트로보스코프를 개발하고자 본 연구를 시행하였다.

방 법

1. 신호처리 : 음성을 이용한 스트로보 동기화 방법

기존의 후두 스트로보스코프의 경우 성대의 진동과 스트로보 광원의 동기(synchronization)를 맞추기 위하여 통상 청진기에 부착된 마이크를 사용하거나 성문부에 전극을 부착하여 EGG 신호를 얻어 사용하였다. 본 연구에서는 성대의 진동시 발생하는 음성 자체를 마이크를 통하여 비접촉식으

로 구현하였다. 마이크를 통하여 입력되는 음성은 Fig. 1B의 음성 파형에서 보듯이 많은 고조파(高調波 harmonics) 성분을 포함하고 있어서 Fig. 1A의 EGG 신호와 같이 주기를 쉽게 결정할 수 있는 기본 주파수를 추출하는 방법을 모색하여야 한다. Fig. 2는 /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ 음에 대하여 각 음의 파형과 찾은 동기신호를 동시에 표시하였다. 각 음파는 같은 주기를 가지지만 발음에 따라서 다양한 파형을 보인다. 본 연구에서 관찰한 결과 음성으로 발생하는 음압의 최대치는 발음에 따라 같은 크기가 되는 경우가 가끔 발생하지만 음압의 최소치는 대체로 일정하였으며 이 결과에 따라 최소치를 기준으로 동기신호를 추출하였다(Fig. 3). 그러나 경우에 따라 한 주기 내에 2번 이상의 동기신호가 발생하는 경우도 발생하였으므로 동기 추출 신호에 대해 같은 방법으로 최대치 추출을 더하여 보다 안정된 동기신호를 발생시켰다. 만일 음성 신호의 세기가 너무 큰 경우 증폭기가 포화되기도 하였으며, 이 경우 포화된 최대 혹은 최저치가 여러 개 발생할 수 있으므로 지나친 증폭이 되지 않도록 자동 이득 조절장치를 부가하였다.

2. 위상이 지연된 스트로보 신호의 발생

추출된 음성의 동기 신호를 바탕으로 음성의 기본 진동수를 찾고, 시간에 따른 지연 시간을 계산하여 동기 신호로부터 시간을 지연한 후 스트로보 신호를 발생하였다. 스트로보 광은 빠르게 움직이는 물체라도 충분히 선명하게 보일 수 있도록 매우 짧게 조명하여야 한다. 본 연구에서는 100 μ s를 기준으로 하고 조명이 불충분할 경우 100 μ s씩 늘일 수 있도록 설계하였다.

보편적으로 사용되는 지연 모드(delay mode)를 Table 1에 정리하였다. 고정(fixed) 모드, 느린(slow) 모드, 빠른(fast) 모드가 있으며 느린 모드인 경우에 음성의 기본 주파수가 200Hz이라면 주기 T=5ms이다. slow mode의 주기를 Ts라고 하면 지연될 시간 dt=T(T/Ts)=12.5 μ s가 된다. 따라서 5012.5 μ s 주기로 스트로보 신호를 발생하여 눈에 보이는 주기를 2초로 만들게 된다.

3. 깜빡임 현상 제거 알고리즘

이상의 스트로보 신호에 의해 섬광을 발생하면 시각으로 관찰하기에는 가장 적합한 스트로보스코프가 된다. 그러나 기록을 위하여 비디오 녹화 등을 하는 경우에 통상의 CCD (Charge Coupled Device) 카메라는 1/60초를 주기로 한 필드(field, 두개의 field로 눈에 보이는 하나의 화면 즉 frame을 만든다) 씩의 화면을 받아들이므로 만일 그 주기와 스트로보의 주기가 간섭하는 경우 화면에 깜빡임 현상이 발생한다. 더구나 CCD 비디오카메라에서 전자 셔트(electronic

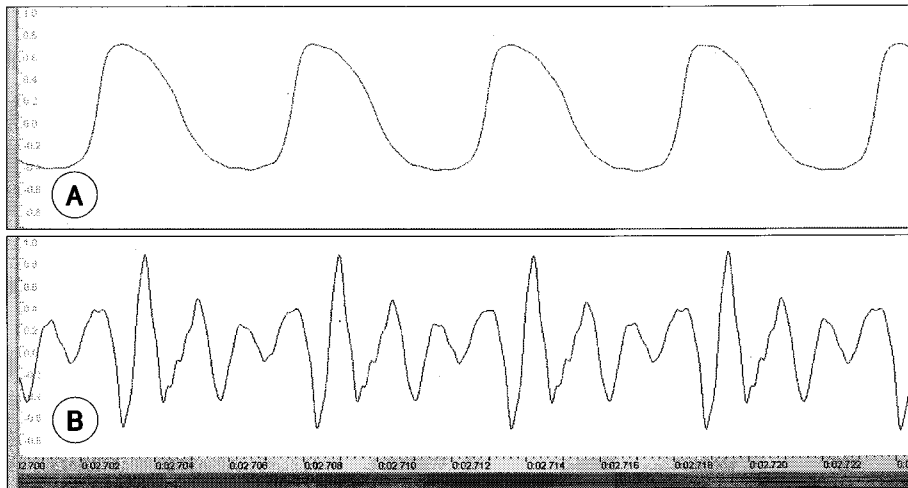


Fig. 1. Electroglottogram waveform (A) and speech wave form (B).

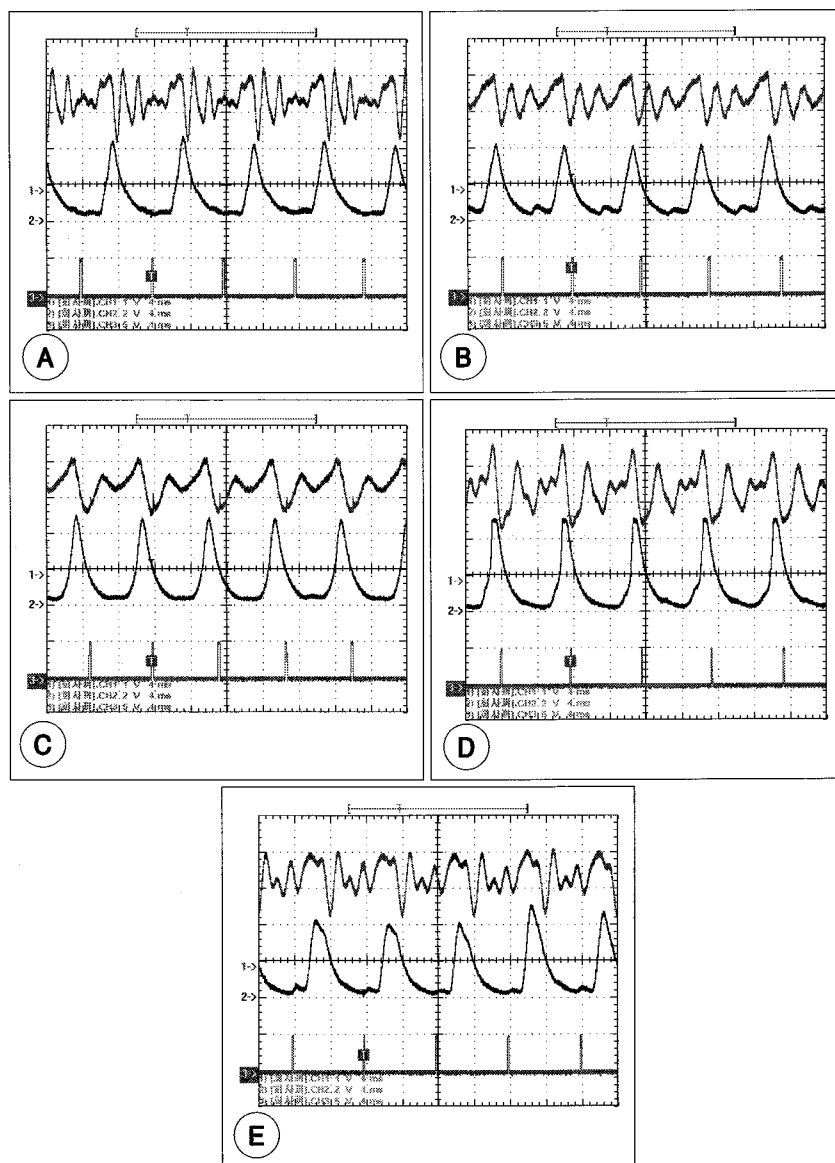


Fig. 2. Waveforms of sounds (upper signals) and corresponding peak detection signals (middle) and strobo output (lower). A-E : corresponds to vowels - /a/, /ε/, /i/, /o/, /u/.

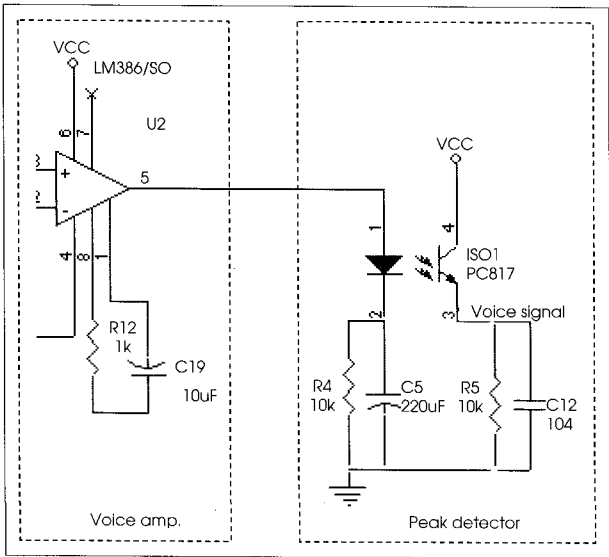


Fig. 3. Voice peak detecting circuit. The peak detecting circuit can be cascaded for better detection.

Table 1. Operating mode of stroboscope

Modes	Vocal cord motion
Non-trigger	Overlaped
Fixed	Fixed
Slow	2sec period
Fast	0.5sec period

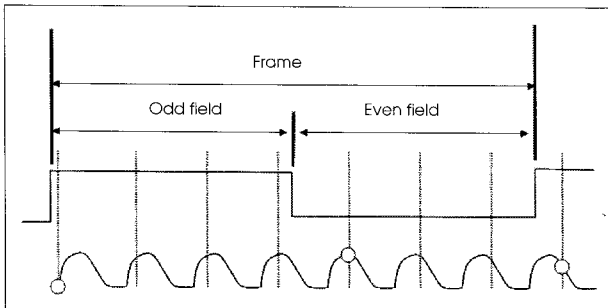


Fig. 4. The field synchronizing signal (upper) and voice waveform (lower). The vertical dotted lines are strobo synchronized signal and the dark circles are actual light output for flicker-less imaging.

shutter) 기능이 동작하는 경우는 더욱 심한 깜빡임 현상이 발생한다. 따라서 CCD 비디오카메라의 전자 셔터를 1/60 초로 최대한으로 열고, 카메라의 field 신호와 동기하여 한 field 내에 한번씩만의 스트로보를 인가하고 나머지는 무시하는 방식을 사용하였다(Fig. 4). 이 방법으로 스트로보 스크 화면을 관찰할 때 깜빡임 현상이 제거된 영상을 얻을 수 있었다.

4. 조명 알고리즘

통상적인 녹화장비로 스트로보 조명의 영상을 보면 높

Table 2. Electro-optical characteristics of white power LED (W10490)

Parameter	Value
Luminous flux	178lm
Correlated color temperature	6500° K
Color reproduction index	70
Forward voltage	3.5V
View angle	110deg.
Thermal resistance	4°C/W

은 주파수의 스트로보에서는 광량이 많아서 밝고, 낮은 주파수에서는 광량이 적어서 어둡게 보이게 된다. 또한 발성이 없어서 음성 동기 신호가 들어오지 않을 경우 전혀 조명이 되지 않을 수가 있다. 따라서 주파수에 반비례하도록 발광량을 조절하도록 하고, 어느 정도 미만으로 동기신호가 들어오면 충분히 높은 주파수(본 연구에서는 450Hz)로 스트로보광을 조명하여 화면이 밝게 유지하도록 하였다. 이 기능은 깜빡임 제거 모드일 때는 한 화면을 조명하는 섬광의 개수가 주파수와 상관없으므로 사용할 필요가 없다.

5. 백색 발광다이오드(light emitting diode, LED) 광원의 특성

LED 광원은 성능이 계속 발전되어 제논 및 할로겐 램프를 대체할 수 있다. LED 광원은 다양한 색상을 구현할 수 있고, 촬영할 때 인체의 시감도와 다르게 반응하는 자외선이나 적외선을 방출하지 않으므로 시각 영상과 일치시키기 위하여 적외선 필터 등을 사용할 필요가 없어 기존 램프보다 유리하다. 발광효율에 있어서도 대략 100lm/W 정도로서 할로겐 램프의 12~17lm/W보다 매우 효율적으로, 형광램프의 효율과 비견할 만하다. 또한 전류를 인가하면 즉시 발광하는 특성으로 스트로보스콕의 광원으로 적합하다. 백열등이나 할로겐 램프는 필라멘트가 가열되어 발광하므로 광원 자체의 순간적인 광량 제어가 불가능하며, 제논 램프의 경우 고전압의 트리거 시스템과 전력 공급장치가 필요한 데 반하여 LED는 작은 전압으로 구동이 가능하여 인체에 접촉하는 경우에도 안전하다.

본 연구에서는 5W 급의 상면이 평탄한 백색 LED(서울반도체, W10490)를 사용하였다(Table 2, Fig. 5, 6).

본 연구에서 사용한 색온도 6500°K의 pure-white LED 광원은 색온도 3000°K인 warm-white LED 광원에 비해서 색감을 바로 표현하는 연색지수(color reproduction index, CRI) 측면에서는 70 : 80으로 다소 떨어지지만, videoscope 상에서 혈관과 조직의 대비가 우수하고, 발생하는 광속(luminous flux)도 178 : 120lm으로 1.5배 크므로 pure-white LED를 광원으로 선택하였다(Fig. 7).

6. 소형 고감도 CCD 비디오카메라

현재까지 LED 광원의 사용 전력은 수백 와트에 이르는 기존의 할로겐 또는 제논 광원에 비하여 매우 작으므로 발생 광량이 관찰에 충분하지 못하였다. 이런 문제는 향후 광전달 시스템과 초고휘도 LED 광원의 개발로 극복될 것으로

기대하지만, 현 상황에서는 CCD 비디오카메라의 감도를 향상시키는 것이 가능하기 때문에 본 연구에 사용된 비디오카메라 시스템은 Sony ExView HAD CCD를 사용한 것으로 최소 조도가 0.01lux로서 현재 시판되는 카메라들의 사양인 0.5lux에 비하여 50배 이상 밝은 것을 사용하였다(Fig. 8).

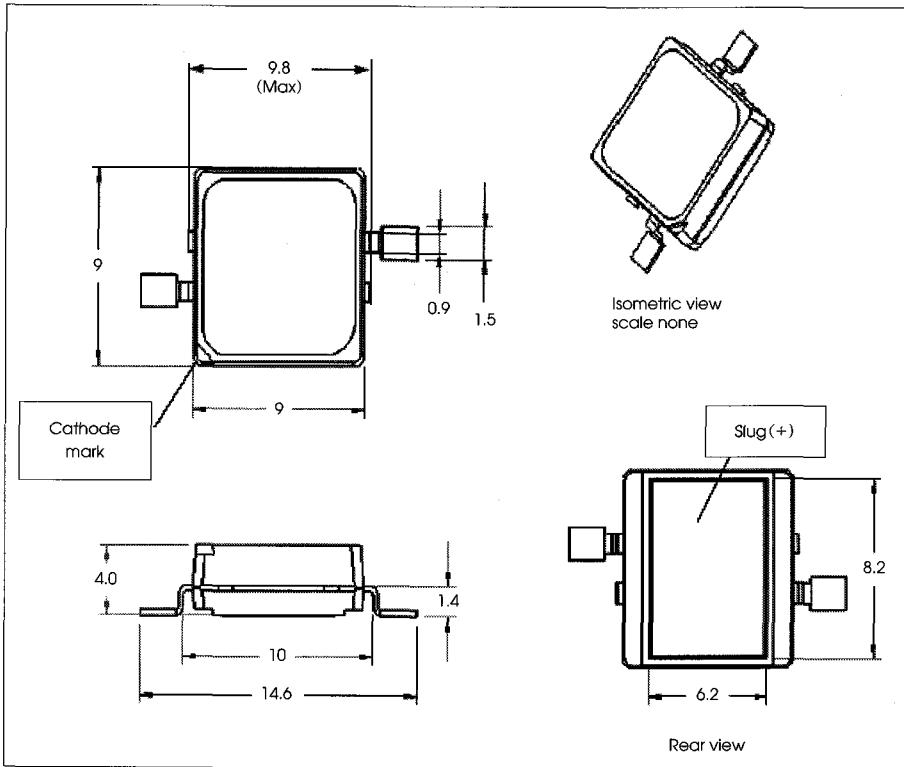


Fig. 5. Outline of used white LED. The upper window size is exactly matched to the endoscope light guide.

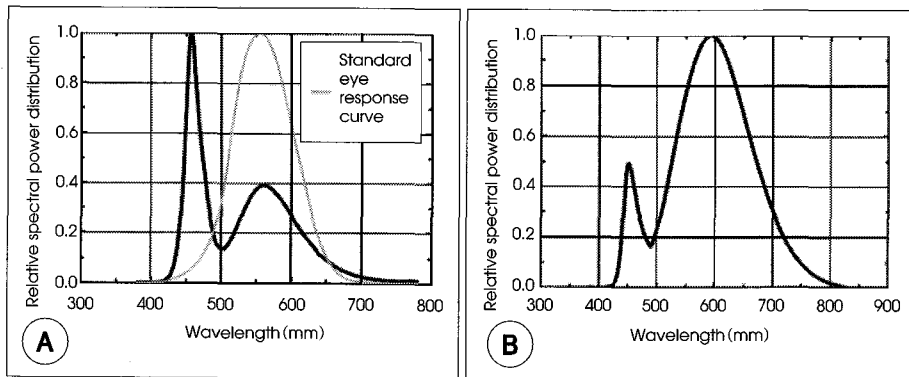


Fig. 6. Color spectrum of white LED (A). (adopted for the strobo-light) and warm white LED (not adopted).

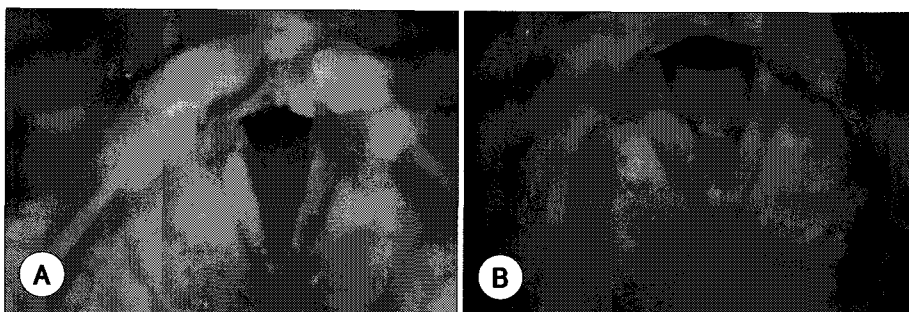


Fig. 7. Comparison of image contrast under pure-white (6500° K) (A) and warm-white (3000° K) (B) LED illumination.

7. 구현 시스템 : 회로도

이상의 기능을 포함하여 손잡이 내에 들어갈 수 있도록 소형 컴퓨터 칩을 사용하여 회로를 구성하였고(Fig. 9A) 저자들이 실제로 회로기판을 제작하였다(Fig. 9B). 사용한 프로세서는 Atmega32(Atmel, USA)이며 음성처리, 스트로보 출력, 선택입력 key, 각종 동기입력을 갖추었다. 스트로보스코프에서 표현되어야 하는 정보는 음성의 기본 주파수, 성문개방시로부터 스트로보 발생시까지의 위상, 발생 음성의 강도 등이 기본적인 측정량으로서 필요하다. 여기에 운용 모드도 표시될 필요가 있다. 기타 조명 밝기의 조절과 전지의 잔량표시 등을 표현하는 화면을 부착하였다(Fig. 10).

8. 구현 시스템 외형

이상의 구현 회로, LED, 카메라와 후두내시경을 결합하여 구성된 시스템의 외관은, 기존의 내시경에 탈착이 용이하도록 하였고 손잡이에는 마이크와 조절용 버튼을 달고, 내부에 스트로보 회로와 고출력 LED 및 두개의 Li-ion 전지(RCR-123A)를 내장하여 휴대형 후두 스트로보스코프를 구현하였다(Fig. 11). 내시경의 접안부에 연결하는 비디오카메라의 경우에도 무선 전송기와 전원을 갖추면 완벽한 휴대형이 된다.

결 과

저자들이 개발한 휴대형 후두 스트로보스코프는 간편하면서,

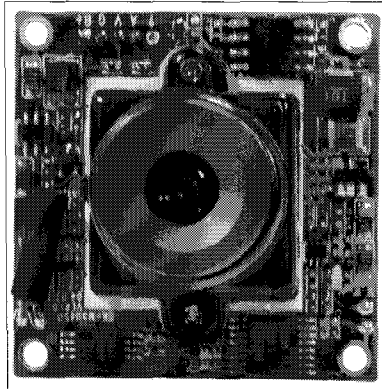


Fig. 8. High sensitivity camera board (SK-500X).

저가형으로 기존의 장비(K 회사)와 동등한 성능을 구현하였다(Fig. 12, 13).

조명으로 고회도의 백색 LED를 사용하여 제논 광원을 사용하는 기존의 스트로보스코프(K 회사)에 비해 다소 어렵지만, 고감도의 CCD 카메라를 사용하여 화질을 개선시켰다(Fig. 14).

기존의 스트로보스코프는 일반 관찰시에는 주로 할로겐 광원을 사용하며, 후두 스트로보 검사 시에만 제논 광원을 사용함으로써, 색감의 현격한 차이로 인해 부자연스런 면이 있었으나, 본 연구의 휴대형 후두 스트로보스코프는 동일한 광원을 사용함으로써 이런 결점을 보완할 수 있었다. 또한 일반 후두 스트로보스코프는 화면에 깜빡이는 현상이 생기게 된다. 이는 고주파수의 스트로보에서는 광량이 많기 때문에 밝고, 저주파수에서는 광량이 적어 어둡게 보이는 현상이며, 발생을 하지 않을 때에는 음성 동기 신호가 들어오지 않아 전혀 조명이 되지 않는 경우가 대부분이다. 저자들은 발광량을 주파수에 반비례하도록 조절하여 이런 단점을 극복하였으며, 무발성시에는 통상음성의 기본 주파수보다 충분히

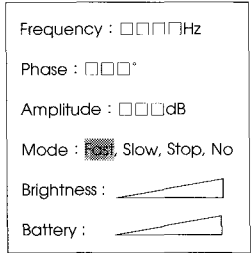


Fig. 10. Display screen for functions.

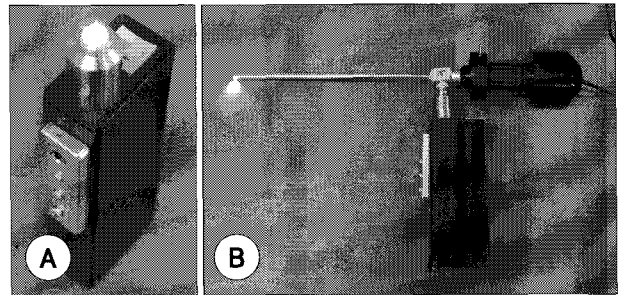


Fig. 11. Realized portable laryngeal stroboscope. Body(A) and the assembled system(B).

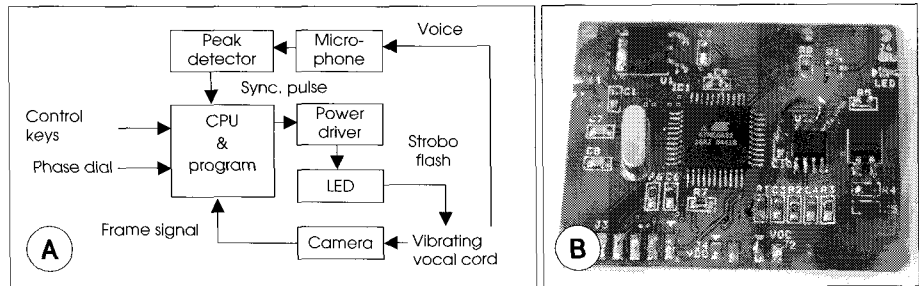


Fig. 9. Block diagram of designed stroboscope (A) and assembled printed circuit board (B).

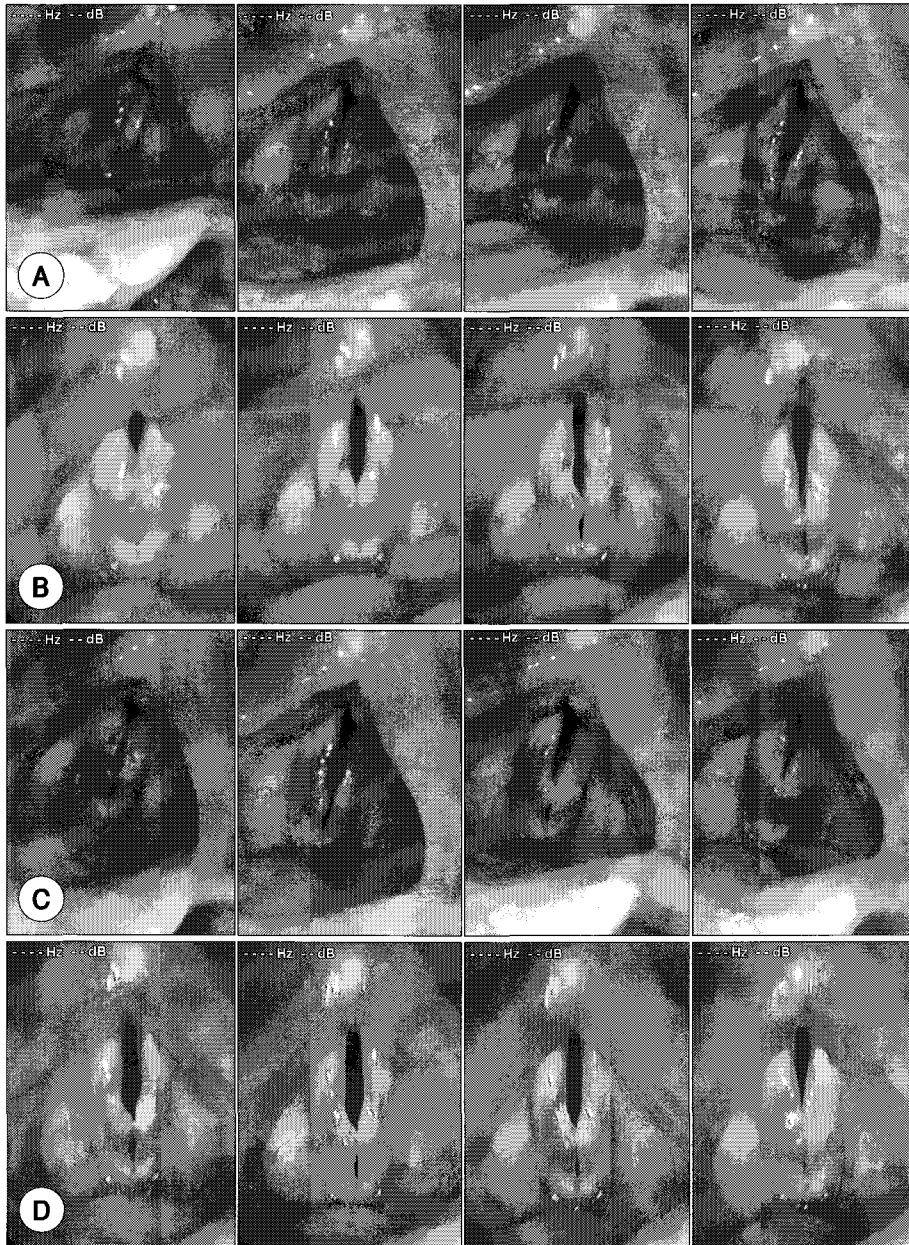


Fig. 12. Comparison of local findings between author's(A, C) and other company's stroboscope(B, D) in vocal polyp.

높은 주파수(450Hz)로 스트로보광을 조명하여 밝은 화면을 유지하도록 하였다.

크기는 155(L)×52(W)×25(H)mm로 한손으로 조작할 수 있고 무게는 배터리를 장착하였을 경우 170g 정도로 휴대하기에 편하다. 리튬 충전식 배터리를 완전히 충전하여 사용한 경우 약 2시간 정도 구동할 수 있었다.

고 찰

성대의 진동기전은 1975년 Hirano의 체부-덮개 이론(body cover theory)⁸⁾에 의해 밝혀지게 되었다. 즉 체부는

후두의 갑상피열근과 결체조직(lamina proria)의 심부 및 중간부가 합쳐진 성대인대로 구성되고, 유연한 덮개는 점막과 표층의 결체조직으로 구성되어 있으며, 발성시 성대의 체부는 계속 내전된 상태를 유지하지만, 그 위에 놓인 덮개는 발성시에 생성되는 압력 변화에 의해 주기적인 진동을 하게 된다. 성대 진동은 상하 뿐 아니라 전후로 개폐하는 복잡한 양상을 나타내며 이를 잘 이해하면 후두 스트로보검사 소견의 판독에 많은 도움이 된다. 예를 들어 조기 성문암의 경우 후두 스트로보검사서 암이 발생한 부위의 점막 파동이 소실되어 수술 범위를 결정하는데 결정적인 정보를 얻을 수 있다.

스트로보스콥의 빛은 두가지 방식, 즉 발성의 기본주파수와 동일한 주파수 및 약간 다른 주파수로 섬광을 방출한다. 동일한 주파수로 빛을 방출하면 성대의 모양은 정지된 영상으로 관찰되며, 만약 이와 같은 동일한 주파수에서도 성대의 움직임이 관찰되면 성대진동이 불규칙하다는 것을 의미

한다. 반대로 방출하는 빛의 주파수를 발성의 주파수와 약간 다르게 하면 0.5~3Hz의 느린 성대진동 영상을 얻을 수 있다.¹⁰⁾

스트로보스콥을 이용한 후두의 관찰에서 항상 만족스러운 영상을 얻을 수는 없다. 이는 발광하는 광원의 휘도(lumi-

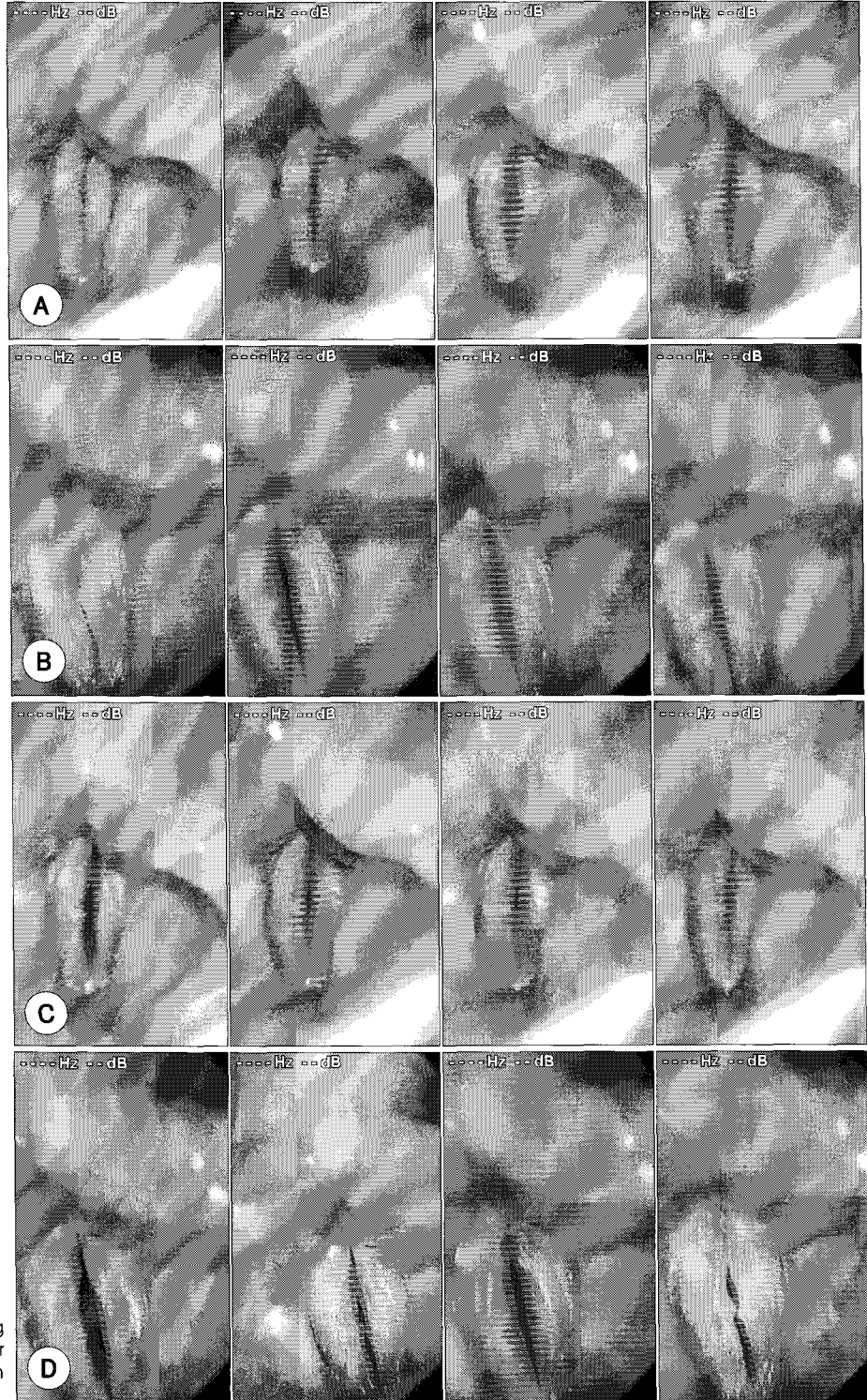


Fig. 13. Comparison of local finding between author's(A, C) and other company's stroboscope(B, D) in vocal nodule.

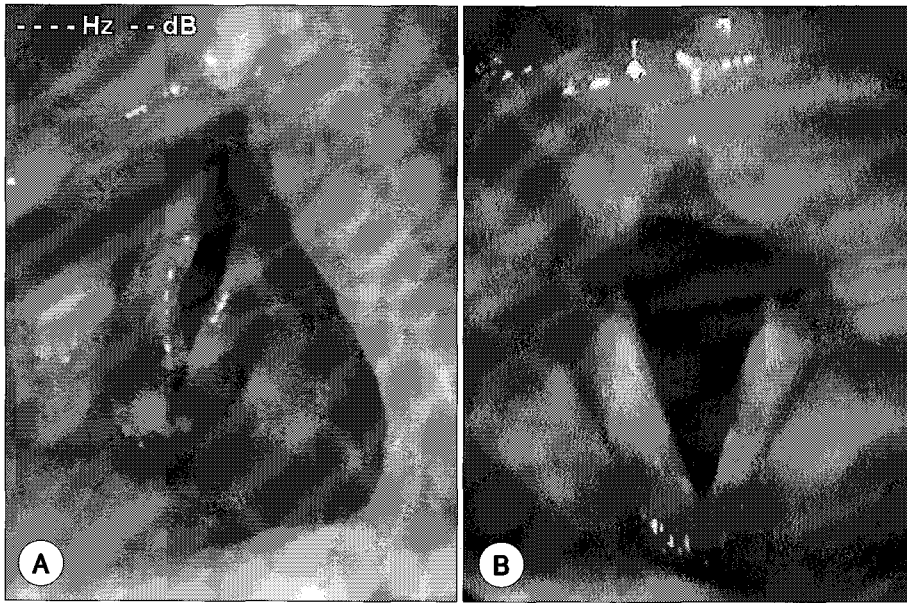


Fig. 14. Comparison of local finding between author's CCD camera (A) and other CCD camera (B).

nance)와도 관계가 있으며, 비디오카메라의 성능과도 관계가 있다. Yanagisawa 등은 일반 비디오카메라 보다 3 CCD (Hitachi DK-5050 or DK 5053) 비디오카메라를 사용하여 양호한 후두 스트로보 영상을 얻을 수 있었으며, 전통적인 후두 스트로보스콥에서 사용하던 갑상연골 외측에 부착한 음성 전달 마이크에서 얻은 화질보다 비디오카메라에 부착하여 구강 앞쪽에 있는 비접촉 마이크의 음성신호를 이용한 경우가 보다 만족스러운 화질을 얻을 수 있었다고 하였으나¹¹⁾ 일반적으로 전기 성문파형을 이용하는 경우 가장 안정적인 스트로보 동기신호를 얻을 수 있다.

후두 스트로보스콥을 이용하여 성대운동을 관찰할 때 검사자의 관점만으로 분석하므로 객관적인 평가가 어려운 단점이 있었다. 이를 해결하고자 1987년 Bless 등¹⁰⁾이 최초로 성대 진동의 대칭성(symmetry), 진폭(amplitude), 주기성(periodicity), 비진동 부분(non-vibratory segment), 폐쇄양상(pattern of closure) 등의 파라미터를 소개하였다. 이후 보다 객관적이면서 정량화된 방법으로 1999년 Poburka가 성대의 진동양상을 도식화하여 백분율로 점수화한 stroboscopy evaluation rating form을 제안하였다.¹²⁾ 그러나 이 방법은 Bless 등¹⁰⁾의 분류에 비해 복잡하여 임상에서 사용하기에는 어려움이 있다.

Woo 등¹³⁾은 고식적 후두경검사에 비해 후두 스트로보 검사로서 27.2% 정도 보다 의의있는 정보를 얻을 수 있다고 보고하였다. 특히 성대용종, 낭종, 결절 환자에서 이용 가치가 매우 높았으며 후두염, 후두부종에서도 어느 정도 높은 유용성을 보여주었다. 그러나 진행된 성문암이나 성대폐쇄가 매우 불완전한 경우에는 유용성이 많이 떨어진다고 보고

하였다. Sercarz 등¹⁴⁾은 성대마비 환자에서는 성대 체부의 경직이 오면서 상순과 하순의 경계가 불명확해지며, 반회신경의 기능이 회복되면 체부의 경직이 풀리고 이동파가 생기는 것을 관찰할 수 있다고 하였다.¹⁴⁾

후두 스트로보스콥은 음성치료 효과의 평가에도 이용되고 있다. Speyer 등¹⁵⁾은 음성치료 전후의 성문 폐쇄기의 강도와 병변의 크기 변화를 비교하는 데 유용하다고 하였다. 그 외 임상적 목적 이외에도 성대의 생리적 변화의 연구에도 이용되고 있다. Sulter 등¹⁶⁾은 성별이나 나이에 따른 성대의 변화를 알아보기 위해 성대의 외측, 수직, 수평위상차와 개방기와 폐쇄기의 정도, 진폭의 크기 등을 후두 스트로보스콥을 이용하여 관찰하였다. 그 결과 남성에선 전방부의 불완전 폐쇄와 성대의 수직 위상차가 혼한 것을 관찰하였고 여성에선 수평 위상차가 많았으며 나이가 많을수록 성문폐쇄가 완전한 것을 관찰하였다. EGG의 개대기(opening phase)와 폐쇄기(closing phase)에서 파형의 변화를 분석하는 것이 다소 복잡하고 이해하기 어려운 부분이 있는데 후두 스트로보스콥을 통해 직접 성문의 상하면의 점막 파동의 변화를 보면서 EGG의 파형을 분석하면 쉽게 이해할 수 있다.¹⁷⁾

후두 스트로보스콥은 성대 점막의 진동이 불규칙할 때에는 진동상태를 정확히 관찰하는 것이 어렵다. 이런 단점을 해결하기 위해서는 초고속 전자 영상(ultra-high speed digital image)의 촬영장치가 필요하지만 매우 고가여서 임상에서는 사용이 불가능하다. 최근 저가의 videokymography¹⁸⁾가 개발되어 이와 같은 불규칙한 성대점막의 진동을 실제 움직임대로 기록할 수 있게 되어 성문의 병적 변화를 평가하는 데 도움을 주고 있다.

기존의 후두 스트로보스콥은 높은 주파수에서는 광량이 많기 때문에 밝고, 낮은 주파수에서는 광량이 적어 어둡게 보이는 깜빡임 현상이 생겨 성대운동을 선명하게 관찰할 수 없는 경우도 있으며 발성이 없으면 동기신호를 추출할 수 없어 발광이 되지 않는 경우도 있다. 본 연구에서는 주파수에 반비례하도록 발광량을 조절하고, 30Hz 미만의 동기신호가 들어오면 450Hz로 스트로보 광을 조명하여 화면이 밝게 유지하도록 하였으며, 발판을 밟아 성대의 진동을 맞추는 기존의 스트로보스콥 대신 손잡이 부위에 주파수 조절 버튼과 비접촉성의 마이크로폰을 이용하여 작고 가벼우며 저가인 장점이 있다.

결론

화면 깜빡임 현상을 줄여 기존의 스트로보스콥과 동일한 후두영상을 관찰할 수 있었으며 LED를 광원으로 사용하고, 스트로보스콥의 제어회로를 소형화하여 손잡이 내에 장착할 수 있으며 건전지로도 사용 가능한 휴대형 후두 스트로보스콥을 개발하였다.

저자들이 개발한 후두 스트로보스콥은 저렴한 비용으로 임상적으로 널리 사용할 수 있고, 소형으로 휴대할 수 있으면서, 기존의 장비와 동등한 기능을 구현하였다. 현재 개발 중인 휴대형 전자 후두내시경에 본 스트로보스콥을 부착하면 휴대가 용이하면서 일체형의 후두 스트로보스콥의 개발이 가능하다.

중심 단어 : 후두스트로보스콥 · 휴대형.

본 논문은 보건복지부 의료기기기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임(과제고유번호 : 0405ER00-0301-0008).

REFERENCES

1) Boone DR, McFarlane SC. *The voice and voice therapy*. 6th ed. Allyn Bacon, Boston:2000. p.59.

2) Hirano M. *Phonosurgery: Basic and clinical investigation*. *Otologia Fukuoka* 1975;21:239-440.
 3) Ahn HY. *Voice examination (basic)*;1996. p.53.
 4) 山本公一, 角田篤信. 喉頭のビデオストロボスコピ. 耳鼻咽喉科, 頭頸部外科 *MOOK* 23;1992. p.11-28.
 5) Sung MW, Kim KH, Koh TY, Kwon TY, Mo JH, Choi SH, et al. *Videostrobokymography: A new method for the quantitative analysis of vocal fold vibration*. *Laryngoscope* 1995;109:1895-63.
 6) Oertel M. *Laryngostroboskop und die laryngostroboskopische untersuchung*. *Arch Laryngol Rhinol* 1895;3:1-16.
 7) von Leden H. *The electronic synchronic-stroboscope: Its value for the practicing laryngologist*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1961;70:881-93.
 8) Gould WJ, Kojima H, Lambiasa A. *A technique for stroboscopic examination of the vocal folds using fiberoptics* *Arch Otolaryngol* 1979;105 (5):285-8.
 9) Childers DG, Hicks DM, Moore GP, Alsaka YA. *A model for vocal fold vibratory motion, contact area and the electroglottogram*. *J Acoust Soc Am* 1986;80:1309-20.
 10) Bless D, Hirano M, Feder RJ. *Video stroboscopic evaluation of the larynx*. *Ear Nose Throat J* 1987;66:289-94.
 11) Yanagisawa E, Godley F, Muta H. *Selection of video cameras for stroboscopic videolaryngoscopy*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1987;96:578-85.
 12) Poburka BJ. *A new stroboscopy rating form*. *J Voice* 1999;13:403-13.
 13) Woo P, Colton R, Casper J, Brewer D. *Diagnostic value of stroboscopic examination in hoarse patients*. *J Voice* 1991;5:231-8.
 14) Sercarz GS, Berke GS, Ming Y, Gerratt BR, Natividad M. *Videostroboscopy of human vocal fold paralysis*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1992;101:567-77.
 15) Speyer R, Wieneke G, Hosseini EG, Kempen PA, Kersing WK, Dejonckere PH. *Effects of voice therapy as objectively evaluated by digitized laryngeal stroboscopic imaging*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111:902-8.
 16) Sulter AM, Schutte HF, Miller DG. *Standardized laryngeal videostroboscopic rating: differences between untrained and trained male and female subjects and effects of varying sound intensity, fundamental frequency and age*. *J Vocie* 1996;10:175-89.
 17) Anastaplo S, Kamell MP. *Synchronized videostroboscopic and electroglottographic examination of glottal opening*. *J Acoust Soc Am* 1988;83:1883-90.
 18) Schutte HK, Svec JG, Sram F. *First results of clinical application of videokymography*. *Laryngoscope* 1998;108:1206-10.