

무선 On-Screen Display 기능을 탑재한 휴대형 후두 스트로보스콥 광원장치의 개발

부산대학교병원 이비인후과,¹ 양산부산대학교병원 이비인후과,² 부산대학교 생명자원과학대학 IT응용공학과,³ 부산대학교 의학전문대학원 의공학과,⁴ 고신대학교 의과대학 이비인후과⁵

홍순만¹ · 이진춘² · 김병철³ · 노정훈⁴ · 이강대⁵ · 이병주¹ · 고의경¹ · 왕수건¹

Development of Portable Wireless Laryngeal Stroboscopic Torch with On-Screen Display

Sun-Man Hong, MD, PhD¹, Jin-Choon Lee, MD, PhD², Byoung-Chul Kim, PhD³,
Jung-Hoon Ro, PhD⁴, Kang-Dae Lee, MD, PhD⁵, Byung-Joo Lee, MD, PhD¹,
Eui-Kyung Goh, MD, PhD¹ and Soo-Geun Wang, MD, PhD¹

¹Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery and Biomedical Research Institute, Pusan National University School of Medicine, Busan; and ²Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery and Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan; and ³Department of Applied IT and Engineering, College of Natural Resource and Life Sciences, Pusan National University, Miryang; and

⁴Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University, Busan; and ⁵Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

— ABSTRACT —

Objectives : The new portable laryngeal stroboscopic torch is developed to complement one by stable synchronization, high illumination and wireless on screen display of Hz, dB, Mode. **Materials and Methods** : The two-lens system is created to enhance the condensing effect of LED, with a comparison of non-lens system and other light sources. With the results of development and evaluation, such information as Hz, dB, mode were superimposed on screen by the software without any superimposed captureboard. **Results** : 1. Simulation of the maximal central illuminance with no-lens and two-lens systems using the LightTools[®] software shows the 15 times higher results of 4,910 ± 944 Klux and 330 ± 65 Klux respectively. 2. The maximal central illuminance of the two-lens system light source is compared with those of S company's xenon 300 W (USA), S company's xenon 300 W (Germany), C company's halogen 150W(USA), and domestic M company's halogen 150W. While the maximum central illuminance of the two-lens system light source is lower than those of S company's xenon 300 W (USA) and S company's xenon 300 W (Germany) light sources, but it is a little higher against light sources of C company's halogen 150 W (USA), and domestic M company's halogen 150 W. 3. The wireless telecommunicating protocol of 433 MHz make the on-screen display effectively. **Conclusions** : Developed portable laryngeal stroboscopic torch can be stably synchronized only by voice signal, with high illumination. It can also superimpose monitor information of voice signal such as Hz, dB, mode on a wireless basis. (J Clinical Otolaryngol 2015;26:64-72)

KEY WORDS : Portable laryngeal stroboscopic torch · Wireless · On-screen display.

논문접수일 : 2015년 3월 27일 / 논문수정일 : 2015년 4월 20일 / 심사완료일 : 2015년 5월 27일
교신저자 : 왕수건, 602-739 부산광역시 서구 구덕로 179 부산대학교병원 이비인후과
전화 : (051) 240-7335 · 전송 : (051) 246-8668 · E-mail : wangsg@pusan.ac.kr

서 론

후두 스트로보스콥(laryngeal stroboscope)은 성대암의 조기 발견 뿐 아니라 후두마비의 회복 정도의 평가 등 임상에 매우 유용하게 사용할 수 있는 장비이지만 매우 고가이어서 제한적으로 사용되고 있다. 뿐만 아니라 기존의 후두 스트로보스콥은 검사 시에 성대 진동 신호(voice vibrating signal)를 추출하기 위해 전기성문파형검사(electroglottograph, EGG)의 전극을 피검사자의 목 전방부에 접촉시켜야 하는 불편함이 있다. 그러므로 기존의 후두 스트로보스콥과 기능면에서 차이가 없으면서, 음성신호(voice signal)만으로 검사가 가능하고, 휴대가 가능한 후두 스트로보스콥을 개발할 수 있으면 성대 병변의 진단에 많은 도움이 될 수 있다. Lee 등¹⁾은 2006년 고휘도 발광다이오드(light emitting diode : LED)를 이용한 휴대형 후두 스트로보스콥을 개발하였으나 광량(illuminance)이 다소 부족 하였으며, 음성신호에 의한 스트로보광의 동기화(synchronization)가 완벽하게 이루어지지 않았다. 저자들은 항상 일정하게 검사가 가능하도록 음성신호를 이용한 동기화의 알고리즘(algorithm)을 개선하고, 후두 스트로보스콥 광량의 부족에 대한 해결로서 LED를 집광시킬 수 있는 렌즈시스템의 개발과 무선으로 모니터에 기본주파수(fundamental frequency, Hz), 음성강도(voice intensity, dB), 기능운영모드(function operating mode: slow, fast, fixed, normal) 등을 모두 표시(superimpose)되어 나타나는 휴대형 후두 스트로보스콥 광원을 개발하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

저자들은 가격의 저렴화, 소형화, 저 전력화, 비접촉화, 무선화에 초점을 두고 휴대가 가능한 후두 스트로보스콥 광원을 개발하기 위하여 집광 렌즈 시스템의 개발 및 무선으로 기본주파수, 음성강도, 기능운영모드가 동영상 화면에 표시(on-screen display : OSD)되는 방법을 개발하고자 하였다.

음성신호를 이용한 스트로보(strobo) 광의 동기화

남성의 음성 대역은 150 Hz 이하로, 여성의 경우 340

Hz 이하로 분리하여 각각의 신호는 저역 통과 형태의 3 단계 능동 필터(3 stage active low pass filter)에 입력시켜 고조파(harmonic) 배음 성분의 신호를 제거하고 기본 주파수 대역의 음성신호만 통과 시켰다. 저역 필터를 통과한 음성신호의 피크를 피크검출부에서 검출하여, 출력된 신호를 위상전이(phase shift)하였으며, 이를 이용하여 마이크로프로세서(micro-processor unit : MPU)가 스트로보 발광 신호를 발생하여 LED 광원을 단속하도록 하였다(Fig.1, 2, 3, 4). 3단계 능동 필터를 통과하면 대부분 EGG와 유사한 정현파를 얻을 수 있으며(Fig. 3), 이를 이용하여 구형파(pulse wave)로 변환시켜(Fig. 4) LED로 공급되는 전류량을 조절하였다(Fig. 5). 또한 광원의 음성신호 피크 값의 단속여부에 따라 촬영부가 동

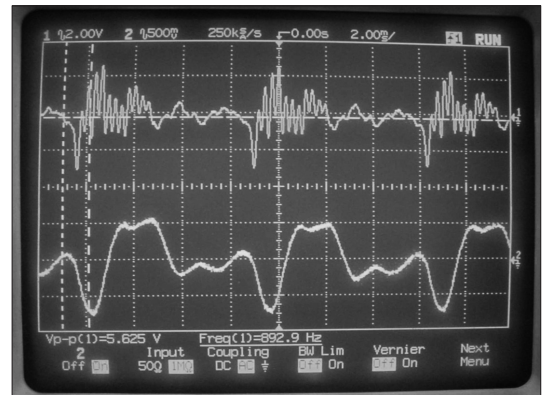


Fig. 1. Oscilloscopic findings after passing 1st filter of LPF. Upper curve indicates input voice signal. Lower curve indicates wave after passing 1st filter.

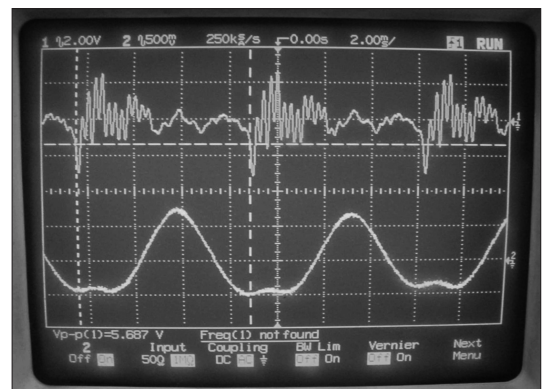


Fig. 2. Oscilloscopic findings after passing 2nd filter of LPF. Upper curve indicates input voice signal. Lower curve indicates wave after passing 2nd filter.

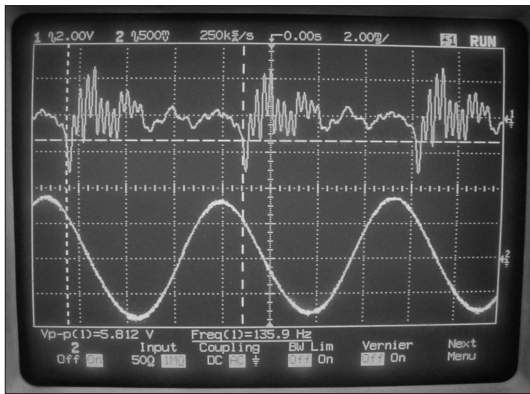


Fig. 3. Oscilloscopic findings after passing 3rd filter of LPF. Upper curve indicates input voice signal. Lower curve indicates waves after passing 3rd filter.

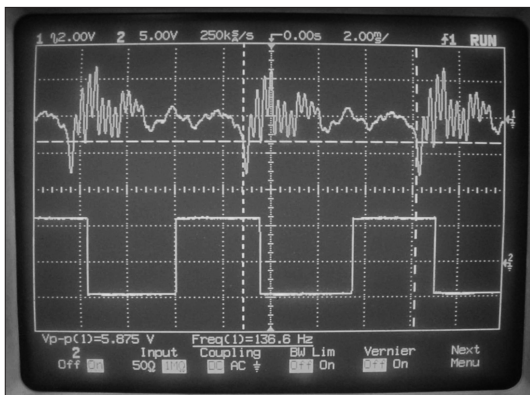


Fig. 4. Oscilloscopic findings after passing Peak Detector. Upper curve indicates input voice signal. Lower curve indicates waves after passing peak detector.

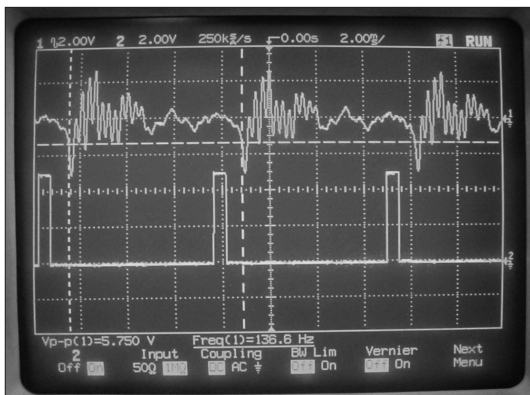


Fig. 5. Oscilloscopic findings after passing MPU. Upper curve indicates input voice signal. Lower curve indicates waves after passing MPU.

작하도록 제어한 후 각 부의 모듈에서 검출된 값을 슈퍼임포즈시키는 제어부를 구비하였다.

집광렌즈의 효과

LED의 광량을 극대화시킬 수 있도록 두 개의 렌즈를 이용한 집광시스템(condensing lens system)을 고안하였다. Fig. 6은 집광 렌즈 시스템의 모식도를 나타낸 것으로(Fig. 6), LightTools®(Optical Research Associates, CA) 소프트웨어를 이용하여, 제1렌즈와 제2렌즈의 총 초점거리 f 는 다음과 같은 공식을 만족하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

$$\frac{L_1}{L_2 \times L_3} \times 5 < f < \frac{L_1}{L_2 \times L_3} \times 12$$

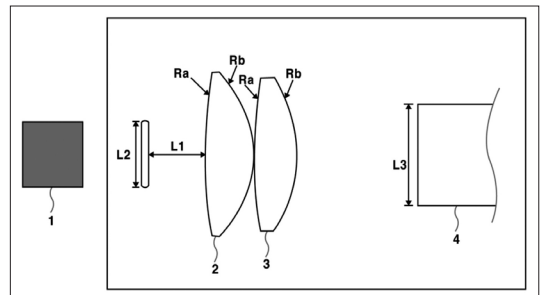


Fig. 6. Schematic diagram of condensing lens system. 1 : LED, 2 : first condensing lens, 3 : second condensing lens, 4 : light carrying fiberoptic bundle of rigid telescope. L1 : length between LED chip and anterior aspect of first condensing lens, L2 : vertical length of LED chip, L3 : diameter of light carrying fiberoptic bundle, Ra : anterior surface of first and second condensing lens, Rb : posterior surface of first and second condensing lens.

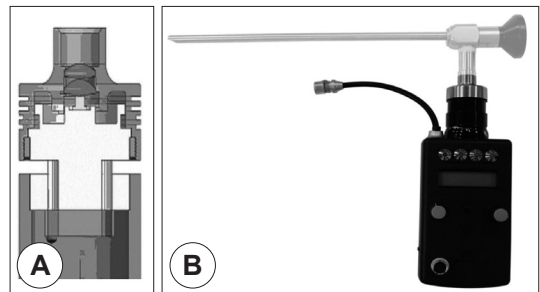


Fig. 7. Newly developed two condensing lens system laryngeal stroboscope torch. A : Schematic coronal view of torch head. B : Outlook of laryngeal stroboscope torch with laryngeal telescope.

이를 이용하여 두 개의 렌즈 시스템을 제작하였으며 (Fig. 7), LightTools[®] 소프트웨어를 이용하여 LED광의 경로를 평가하였다. 무렌즈 시스템과 두 개의 렌즈 시스템의 최대중심조도(maximum central illuminance)를 t-test를 이용하여 서로 비교하였다.

소등 후 평평한 테이블 위에서 저자들이 개발한 두 개의 집광렌즈 시스템과 충전용 건전지를 이용한 휴대형 광원을 Fig. 8와 같이 0°, 4 mm 강직형 내시경을 홀더에 고정하고 색차조도계(chroma meter CL-200, Konica Minolta, Japan)를 강직형 내시경의 침부에서 30 mm 이

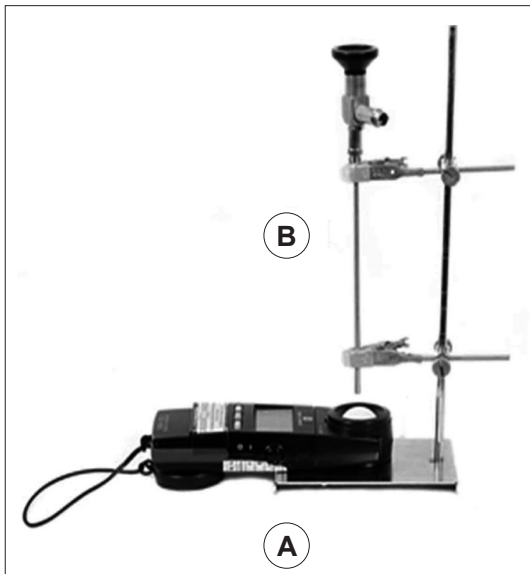


Fig. 8. Measuring system of illumination. A : Chroma meter. B : 0° 4 mm telescope.

격시켜 조립한 후 미국 S사 300 와트 제논 광원, 독일 S사 300와트 제논 광원, 미국 C사 150와트 할로겐 광원, 국내 M사 150와트 할로겐 광원과 최대중심조도를 비교하였다.

무선 통신을 이용한 기본 주파수, 발생 강도, 운용 모드의 슈퍼임포즈

저자들은 후두 스트로보스콥의 영상을 CCD 내시경 카메라를 통해 유선으로 송출하면서 모니터에 표시한 후 모니터 우측 상단에 Hz, 좌측 상단에 dB, 우측 하단에 운영모드인 slow, fast, fixed, no strobo의 정보를 OSD (on-screen display) IC를 장착하고, 433 MHz FSK (frequency shift keying) 모뎀을 사용하여, 별도의 슈퍼임포즈용 캡처보드(capture board) 없이 소프트웨어만으로 제어하여 슈퍼임포즈가 가능한지를 확인하였다 (Fig. 9).

결 과

음성 신호를 이용한 스트로보 광의 동기화

발성에 장애가 없는 경우 완벽한 동기화를 나타내었다.

집광렌즈의 효과

LightTools[®]를 이용한 LED광의 경로 평가

강직형 내시경의 광섬유에 효과적으로 집광되고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 10, 11).

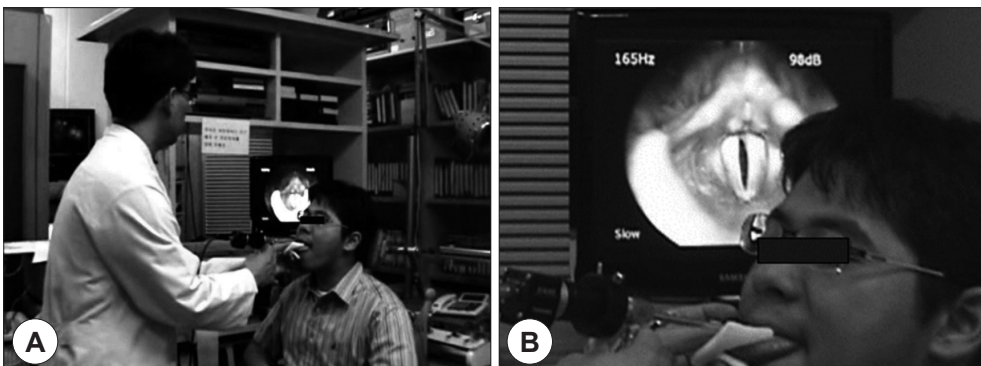


Fig. 9. Superimposed image by 433 MHz telecommunication protocol (A) It shows CCD telescopic camera connected with monitor. B : It shows OCD with Hz, dB, and operating mode.

무렌즈 시스템과 두 개의 렌즈 시스템의 집광도 및 최대 중심 조도의 비교

두 개의 렌즈 시스템(two-lens system)의 경우 집광도

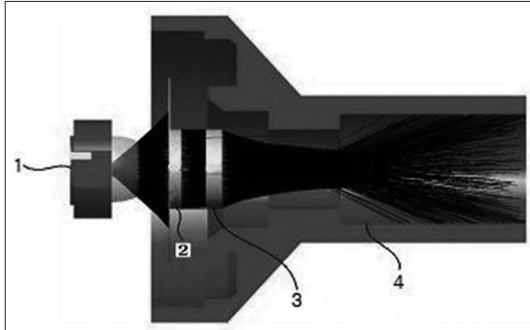


Fig. 10. Schematic projection of LED light through two condensing lens system. 1 : LED, 2 : first condensing lens, 3 : second condensing lens, 4 : adaptor for light carrying fiber optic bundle of telescope.

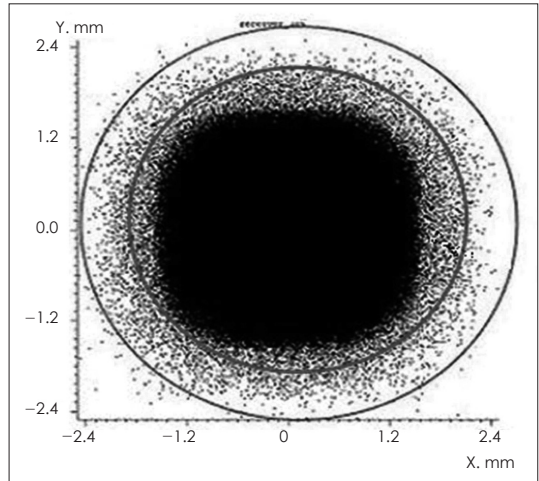


Fig. 11. Condensing effect of light in light carrying fiber optic bundle. Outer circle means adaptor. Inner circle means light carrying fiber. Spot on inner circle means projecting light spot.

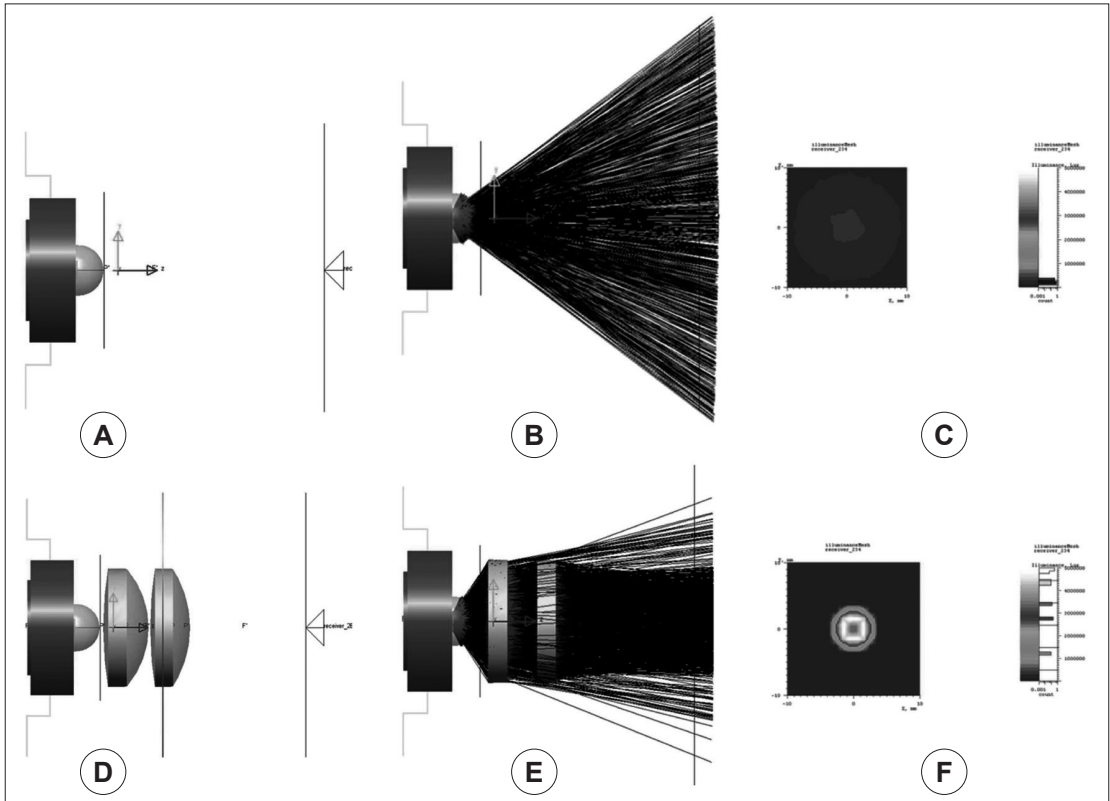


Fig. 12. Condensing effect of light between no-lens system and two condensing lens system using LightTools® software. A : No-lens system. B : Condensing effect of light in no-lens system. C : Maximal central illuminance of no-lens system. D : Two-lens system. E : Condensing effect of light in two-lens system (F) maximal central illuminance of two-lens system.

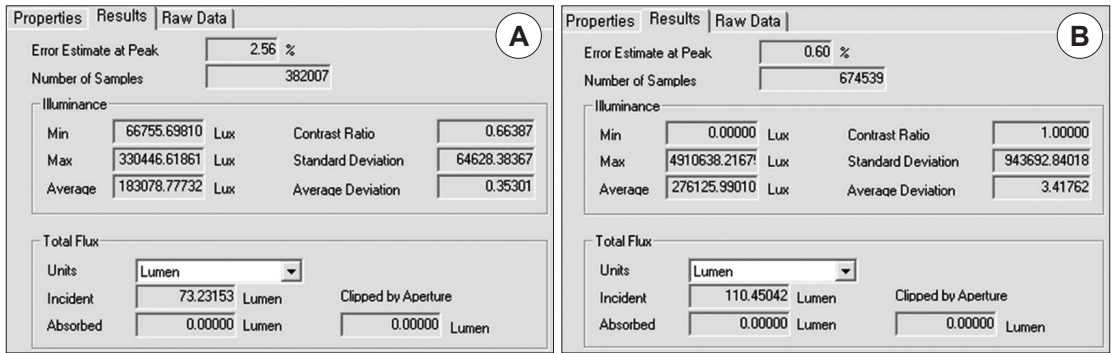


Fig. 13. Comparison of maximal central illuminance between no-lens system (A) and 2 condensing lens system (B) using LightTools® software. Two condensing lens system shows higher maximal central illuminance.

(condensing effect)가 훨씬 우수하였다(Fig. 12). 최대 중심 조도는 무 렌즈 시스템(non-lens system)의 경우 330 ± 65 Klux이었고, 두 개의 렌즈 시스템의 경우 $4,910 \pm 944$ Klux이었다(Fig. 13). 두 군 간에 의미 있는 차이를 보였다($p < 0.001$).

각 광원별 최대 중심 조도의 비교

저자들의 두 개의 렌즈 시스템과 미국 S사 300 와트 제논 광원, 독일 S사 300와트 제논 광원, 미국 C사 150와트 할로겐 광원, 국내 M사 150와트 할로겐 광원과 최대 중심 조도를 비교한 결과, 독일 S사 300와트 제논 광원(61,280 lux)과 미국 S사 300 와트 제논 광원(17,280 lux) 보다는 낮았지만 미국 C사 150와트 할로겐 광원(9,620 lux) 및 국내 M사 150와트 할로겐 광원(9,870 lux) 시스템 보다는 다소 높게(14,680 lux) 나타났다

기본 주파수, 발생 강도, 기능운동 모드의 슈퍼임포즈 가능 여부

433 MHz 무선 통신 대역을 통하여 별도의 캡처보드 없이 소프트웨어로 제어하여 슈퍼임포즈 되는 것을 확인하였다.

고 찰

성대의 진동을 관찰할 수 있는 장비는 EGG2), photoelectrograph,³⁾ 후두 스트로보스콥, ultra-high speed photography,⁴⁾ videokymography⁵⁾ 등이 있다. 이중 EGG,

photoelectrograph는 연구 목적으로 주로 이용되고 후두 스트로보스콥의 동기화를 위해 사용되고 있다. Ultra-high speed photography는 고가이면서도 진단 파라미터가 충분히 개발되어 있지 않기 때문에 실제 임상에 사용하기 어렵고, 발생의 생리 등 연구용으로 주로 이용되고 있다.⁴⁾ Videokymography는 가격은 비교적 저렴하지만 전체적인 성대진동을 관찰할 수 없으며, 최근 진단 파라미터들이 소개되고 있으나 임상에 사용하기에는 아직 불충분하다.⁶⁾ 1999년 Sung 등⁷⁾은 후두 스트로보스콥 영상을 이용하여 videokymography의 기능을 갖는 videostrobokymography를 개발하였으나 아직 임상에 적용되고 있지 않다. 현재 파라미터의 개발, 경제적인 면 등을 고려해 성대 진동 검사법으로 가장 많이 사용되고 있는 것은 후두 스트로보스콥이다.

후두 스트로보스콥은 전, 후, 상, 하의 복잡한 개폐 양상의 성대 진동을 비교적 쉽게 관찰할 수 있도록 고안된 기기로, 정상인의 눈에 영상이 노출되면, 0.2초 동안 망막에 잔상이 남게 되는 Talbot의 법칙을 이용한다. Ortel이 1878년 최초로 고안하여 성대의 움직임을 관찰하였다.⁸⁾ 그는 디스크에 구멍을 뚫어 회전시키면서 광원을 주기적으로 단속하는 상태에서 성대의 움직임을 관찰하였다. 그러나 소음, 구경 원반의 변화, 지속적인 주파수 유지의 어려움 등 여러 가지 문제가 있었다. 이후 1932년 Kallen이 지금의 기기와 유사한 플래쉬 광원(flash bulb)의 후두 스트로보스콥을 개발하였고,⁹⁾ 1961년에는 von Leden이 후두 스트로보스콥을 이용한 임상적인 경험을 발표함으로써 후두 스트로보스콥검사의 유용성이

널리 알려지게 되었다.¹⁰⁾ Bless와 Hirano는 후두 스트로보스콥의 평가 항목으로 성대 진동의 대칭성(symmetry), 주기성(periodicity), 성문폐쇄(glottic closure)의 정도, 진폭(amplitude), 점막파형(mucosal wave), 무진동부위(nonvibrating portion) 및 가성대 내전(ventricular fold adduction) 등을 발표하였다.¹¹⁾ 이중 진폭(amplitude)은 성대 폭의 1/3 이상인 경우 정상으로,¹²⁾ 점막파형은 성대 폭의 1/2 이상인 경우를 정상으로 간주하였다.¹¹⁾ Poburka는 차트를 이용한 새로운 형태의 평가 방법을 발표하였으나 너무 평가 항목이 많고 객관적이지 못한 부분도 있었다.¹³⁾ Woo는 후두스트로보스콥 영상을 측정하여 정량적으로 평가를 시도하였으나 너무 복잡하고 측정에 많은 시간이 걸리는 단점이 있었다.¹⁴⁾

단속되는 광원으로 성대 진동을 관찰하면서 음성의 기본주파수와 같거나 혹은 약간 차이가 나게 발광시키면 성대 진동의 정지 혹은 느린 영상을 관찰할 수 있으며 같은 주파수로 발광시켰을 경우라도 발광하는 시점의 위상을 약간씩 이동시켰을 경우에도 성대가 천천히 움직이는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.^{15,16)}

기존의 후두 스트로보스콥은 스트로보광을 만들어 내는 광원장치가 무겁고 부피가 커서 공간을 많이 차지하며, 전력 소모가 많을 뿐 아니라 고가이었다. 또한 스트

로보광은 일반 광원에 비해 어둡고, 유선으로 되어 있어 사용하는데 제한점도 많았다. 특히 EGG의 접촉식 전극을 목에 부착하여 검사해야 하므로 검사자와 피검사자에게 불편함을 주었다. 저자들은 이러한 후두 스트로보스콥 시스템의 단점을 개선해서, 가격의 저렴화, 소형화, 저전력화, 비접촉화, 무선화가 가능하면서 음성신호만을 이용하여 EGG의 사용없이 동기화가 가능하고 기존의 후두 스트로보스콥 광원 보다 더 밝은 휴대용 후두 스트로보스콥을 개발하고자 하였다. Fig. 14는 동기화를 위해 여러 기기를 이용한 결과를 보여주는 것으로 저자들이 개선한 알고리즘으로 음성신호를 필터링함으로써 laryngeal microphone을 이용한 신호와는 비교될 수 없을 정도로 EGG와 거의 비슷한 피크 값을 구할 수 있었다(Fig. 14).

LED는 많은 장점을 가지고 있어 제논과 할로겐 램프를 대체할 수 있다. 다양한 색상을 나타낼 수 있고, 발광 효율이 100 lumen/w 정도로, 할로겐램프의 12~17 lumen/w 보다 매우 효율적이다. 또한 전류가 흐르면 즉시 발광하여 스트로보스콥의 광원으로 적당하고, 제논과 할로겐램프에 비해서 작은 전압으로도 구동이 가능하며, 인체에 접촉해도 위험하지 않다. 하지만, 직광도가 불량하고 광이 퍼지는 문제점이 있다. 따라서, LED 만을 내

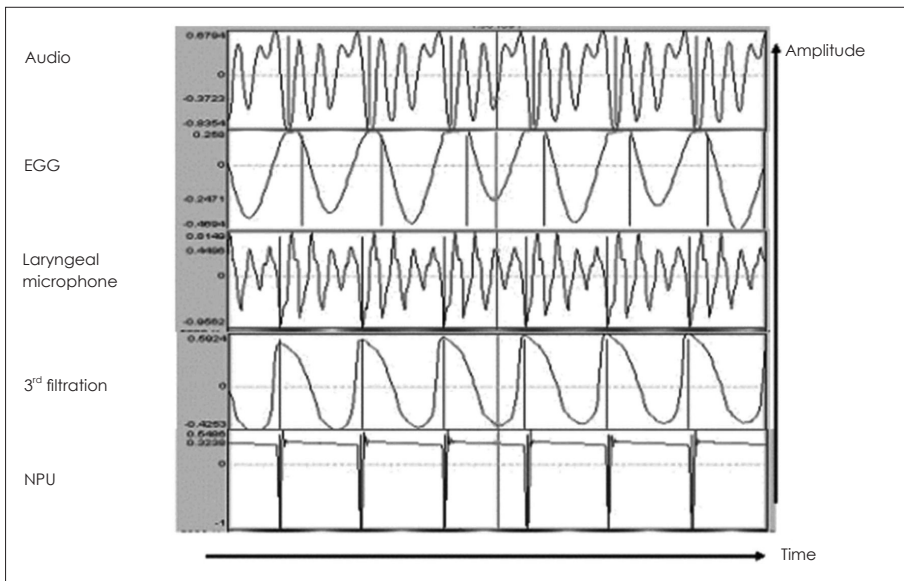


Fig. 14. Identified the peak of the pitch after 3rd filtration and MPU.

시경에 연결하여 사용하면 충분한 광량을 전달하지 못해 후두 스트로보스콥 검사시 광량부족으로 화면이 어둡게 된다. 이를 해결하고자 저자들은 직광 및 집광의 효율을 높인 렌즈 시스템을 개발하였다. 즉, 방사된 빛을 모아주는 제1렌즈, 제1렌즈로부터 나온 빛을 모아 광섬유의 입구에 집속시키는 제2렌즈, 제2렌즈를 통과한 빛을 받아 원하는 곳으로 빛을 전달하는 광섬유를 구비하였다. 또한 2개의 렌즈를 배열함으로써 직광도를 크게 개선시켜 광섬유에 많은 광량을 전달할 수 있는 효과가 있었다. 제1렌즈와 제2렌즈의 총 초점거리가 방법에서 설명한 공식의 하한보다 작으면 결상되는 크기가 너무 커져서 주변으로 새는 빛이 많아지게 되어 광량의 손실이 많아진다. 반대로, 제1렌즈와 제2렌즈의 총 초점거리가 상한보다 커지면 광원 시스템의 전체 전장 사이즈가 커지고, LED의 형상이 제대로 결상이 안되어 집광하는 효율이 떨어진다.

저자들이 개발한 렌즈 시스템은 모든 내시경을 이용한 검사 및 수술 시에도 충분한 조도를 공급할 수 있는 효과를 얻을 수 있었다.

슈퍼임포즈 보드 없이 소프트웨어만으로 일반 캡쳐 보드에서 슈퍼임포즈 하는 방법은 마이크로소프트사의 direct show가 제공하는 windows video API를 기반으로 sprite overlay 및 GDI overlay 기술을 활용하였다. 이 기술은 overlay 합성 필터를 활용하는 방법으로 그래픽 카드(VGA카드)의 overlay 창을 이용하며, 이것은 하나의 display 창위에 또 다른 창이 overlay 합성되는 것을 의미한다.

Serial 포트와의 연결은 PC의 RS232C통신 포트와 데이터 전송하는 기기와의 연결을 위하여 연결케이블이 필요하다. 하지만, 최근의 컴퓨터장치에는 serial통신을 위한 포트가 제거되어 출시되는 경향이므로, 대안으로 컴퓨터의 USB(Universal Serial Bus) 포트를 사용하여 RS232C와 컨버팅하는 장치를 사용할 수도 있어 본 연구에서 적용하였다. PC와 신호 전송 기기가 케이블에 의해 연결되었다면 다음 과정으로 port address와 전송속도 등의 환경을 설정해야하는데 이때 하이퍼 터미널을 실행하여 통신 상태를 확인할 수 있다.

결 론

후두 스트로보스콥 영상을 유선의 의료용 카메라 433 MHz 혹은 무선 내시경 카메라를 통해서 모니터에 나타내고, 동시에 음성신호의 기본주파수, 음성강도, 기능 운영모드의 정보를 무선 433 MHz FSK방식을 이용하여 모니터에 슈퍼임포즈 되면서 휴대가 가능한 후두 스트로보스콥 광원을 개발할 수 있었으며, 향후 임상에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

중심 단어 : 휴대형 후두 스트로보스콥 광원 · 무선 · 화면 디스플레이.

REFERENCES

- 1) Lee JW, Kwon SB, Lee BJ, Lee JC, Goh EK, Chon KM, et al. Development of portable laryngeal stroboscope. *The Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatrics* 2006;17:28-37.
- 2) 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(5):1309-20.
- 3) Hanson DG, Jiang J, D'Agostino M, Herzon G. Clinical measurement of mucosal wave velocity using simultaneous photoglottography and laryngostroboscopy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995;104(5):340-9.
- 4) Hirose H, Kiritani S, Imagawa H. High-speed digital image analysis of laryngeal behavior in running speech. In: Fujimure O, ed. *Vocal Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions*. New York: Raven Press;1988. p.225-345.
- 5) Schutte HK, Svec JG, Sram F. First results of clinical application of videokymography. *Laryngoscope* 1998;108(8 Pt 1):1206-10.
- 6) Sevec JG, Sram F, Schutte HK. Videokymography in Voice Disorders: what to Look For? *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007;116(3):172-80.
- 7) 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* 1999;109(11):1859-63.
- 8) Ortel M. Laryngostroboskop und die laryngostroboskopische untersuchung. *Arch Laryngol Rhinol* 1895;3:1-16.
- 9) Kallen LA, Polin HS. Physiological stroboscope. *Science* 1935;82(2129):377.
- 10) von LEDEN, The electronic synchronic-stroboscope: its value for the practicing laryngologist. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1961;70:881-93.
- 11) Bless D, Hirano M, Feder RJ. Videostroboscopic evaluation of the larynx. *Ear Nose Throat J* 1987;66(7):289-96.

- 12) Hirano M, Bless D. *Videostroboscopic Examination of the Larynx*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc.;1993. p.23-4.
- 13) Poburka BJ. *A new stroboscopy rating form*. *J Voice* 1999; 13(3):403-14.
- 14) Woo P. *Quantification of videostroboscopic findings-measurements of the normal glottal cycle*. *Laryngoscope* 1996;106(3 Pt 2 Supple 79):1-27.
- 15) Kitzing P. *Stroboscopy-a pertinent laryngological examination*. *J Otolaryngol* 1985;14(3):151-7.
- 16) Sercarz JA, Berke GS, Gerratt BR, Kreiman J, Ming Y, Natividad M. *Synchronizing videostroboscopic images of human laryngeal vibration with physiological signals*. *Am J Otolaryngol* 1992;13(1):40-4.