

구강 수술에 사용가능한 LED 헤드라이트의 안전성 및 실용성

인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실

유 영 삼 · 허 건

= Abstract =

LED Headlight, Safety and Application in Oral Surgery

Young Sam Yoo, MD, Geon Heo, MD

Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Sanggye Paik Hospital, College of Medicine,
Inje University, Seoul, Korea

Background and Objectives : LED(Light emitting diode) is recently introduced as a energy-saving light source in many area including agriculture and environment. In medical field it is known as bright and safe light source in surgical lighting including headlight. This study is aimed to test effectiveness and cost-saving of mountain-climbing headlight in comparison with xenon headlight. **Materials and Methods** : Internet market-available mountain-climbing headlight was compared with medical xenon headlight regarding heat generation after 30 minutes' usage, intensity of illumination and possible burn to the perioral skin. To get temperature data, 5 cases of tonsillectomy were done with the aid of LED headlight, while another 5 tonsillectomies were done using xenon headlight. **Results** : The temperatures of all light sources were below 45 degrees Celcius until finish of the surgery without burn or complications. No differences in operation time with both headlights. The maximal intensities of illumination were 24000 Lux for xenon, 20000 Lux for LED. **Conclusion** : Mountain-climbing headlight could be safe and helpful light source with low cost in simple oral surgery.

KEY WORDS : LED · Headlight.

서 론

구강과 인두는 좁고 깊어서 관찰이나 수술에 어려움이 많다. 따라서 밝은 광원에서 나오는 빛을 이용해 시야를 비추고, 긴 기구를 사용해 진료를 하게 된다. 광원에 대해선 다양한 제품들이 나와 있고 이마에 부착하여 사용하는 액대경(헤드미러), 헤드라이트, 수술장 천장의 의료용 조명 등을 다양하게 구강 및 인두 수술에 활용하고 있다.^{1,2)}

Head mirror(액대경)는 광원으로 나오는 빛을 반사 시켜 구강이나 인두로 빛을 비추어 사용을 하게 된다. 양손을 동시에 사용하도록 헤드라이트로 진화되었고 이들은 광원을 직접 달고 있거나 광원에서 나오는 빛을 유리섬유로 모아

전달받아 원하는 표적에 빛을 비추게 된다.³⁻⁷⁾

최근에는 LED를 이용한 헤드라이트가 출시되고 있고 휴대 간편성으로 보조 장비로 사용되고 있다. 기존 헤드라이트들은 고가이고 유지 보수에도 상당한 비용이 들어간다. xenon 헤드라이트의 경우는 피부화상을 유발한 경우가 있어 안전성도 제기되고 있다. 의료용으로 나온 LED헤드라이트도 고가로 판매되는 것은 마찬가지다. 이에 저자들은 일반인이 등산용으로 사용하는 LED 헤드라이트를 시중에서 구하여 간단한 구강내 수술에 사용가능한지 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 온도 측정

헤드라이트는 본원 수술실에서 사용하는 Xenon 헤드라이트(Model 9300XSP, Luxtec, USA)와 등산용 LED 헤드라이트(LC-101, Lichao, China) 및 클립형 LED헤드라이

교신저자 : 유영삼, 139-707 서울 노원구 상계7동 761-1
인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실
전화 : (02) 950-1104 · 전송 : (02) 935-6220
E-mail : entyoo@empal.com

트, LED손전등을 비교 대상으로 하였다(Figs. 1-4) 수술 시는 xenon헤드라이트와 등산용 헤드라이트만을 이용하고 클립형 헤드라이트와 손전등의 자료는 참고로만 사용하기로 하였다.



Fig. 1. Xenon headlight (Model 9300XSP, Luxtec, USA).

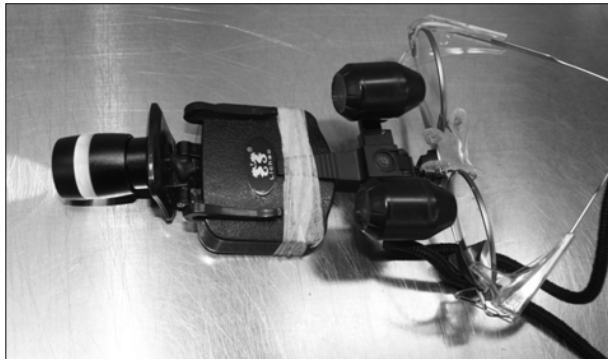


Fig. 2. Mountain-climbing LED headlight attached to Loupe.



Fig. 3. Clip type LED headlight.

각각의 헤드라이트 및 손전등은 실내의 하얀 벽면에서 40 cm 거리를 두고 벽면을 향하여 30분간 비춘 후 벽 표면의 온도를 적외선 디지털 온도계(AR300, Smart Sensor, China)로 측정하였다. 동시에 헤드라이트 표면의 온도도 측정하였다. 실제 구강내 수술은 30분 정도 걸리고 수술시 헤드라이트와 수술 부위까지의 거리가 40~45cm가 되므로 이와 유사하게 조건을 맞추고자 하였다(Fig. 5).

2. 조도 측정

구강의 조건과 유사한 상황을 만들려고 직경 6cm, 깊이 7cm인 원통을 만들었고 붉은색 도화지를 이용하여서 빛이 새지 않도록 하였다. 조도 측정은 100,000lux까지 측정 가능한 디지털 조도계(Luxmeter AR813A, Smart Sensor, China)를 이용하였고 조도계의 감광부위가 위의 원통 안에 들어가도록 설치하였다(Figs. 6 and 7)

조도 측정은 각종 헤드라이트 광원으로부터 조도계의 감광부위까지의 거리를 40cm로 고정하여 실시하였다.



Fig. 4. LED flashlight.

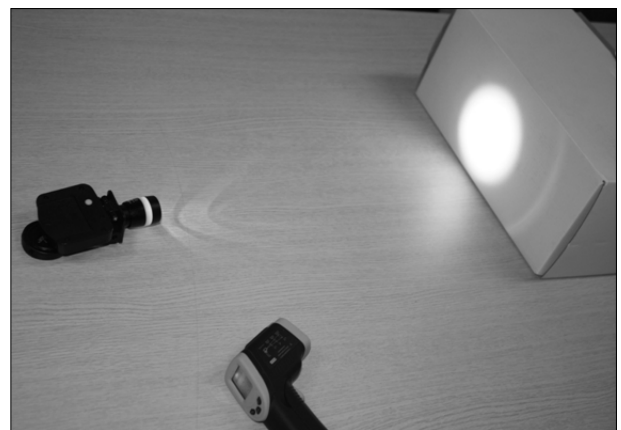


Fig. 5. Measurement of temperature by digital thermometer.

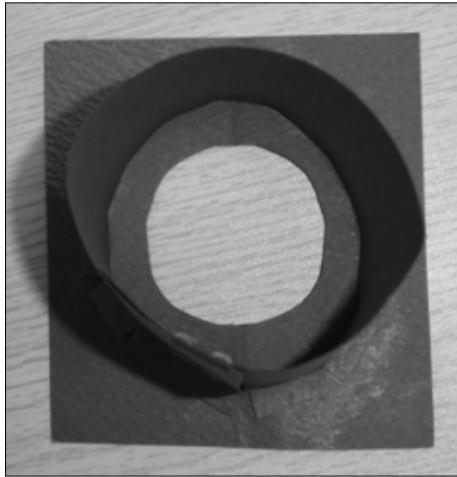


Fig. 6. Cylinder-shaped oral cavity model made with thick red colored paper (diameter 6cm, depth 7cm).



Fig. 7. Measurement of intensity of illumination by photometer (Distance 40cm ; photometer- light source).

3. 실제 수술에서의 측정

위의 예비 결과를 바탕으로 헤드라이트 표면이나 헤드라이트를 비춘 대상물 표면의 온도가 섭씨 35도 이하로 피부 화상을 입히는 44도 이하로 안전에 문제가 없음을 확인하였다(Table 1).

수술 환자는 20세 이상 성인 10명으로 남 5명, 여자 5명이었다. 모두 양측 편도선 절제 수술을 하는 환자였다. 환자

Table 1. Surface temperatures of headlights and targets after 30 minutes' exposure

	Temperature, after 30min	
	HL	target
Xenon	26.7	28.4
LED headlight	33	26.6
LED clip headlight	27.4	27.2
LED handflash	29.6	27.2



Fig. 8. Mountain-climbing LED headlight in surgical field.

Table 2. Patient profile

	Sex	Age
Group 1 (Xenon)	m	33
	f	40
	f	20
	m	45
	m	36
		34.8(mean)
Group 2 (LED)	m	22
	f	40
	f	50
	m	32
	m	40
		36.8(mean)

는 2 그룹으로 나누어, 그룹 1은 기존 xenon 헤드라이트를 확대경(Loupe)에 부착한 상태로 수술하였고, 그룹 2는 등산용 LED 헤드라이트를 확대경(Loupe)에 부착한 상태로 수술을 시행하여서 자료를 모았다. 각 그룹별로 남자 3명, 여자 2명으로 모두 편도선 절제술을 하는 환자였다(Fig. 8, Table 2).

그룹 1의 평균 연령은 34.8세, 그룹 2의 평균 연령은 36.8세였다(Table 2).

모든 수술은 1인의 동일 수술자에 의해 시행되었고 3.5배 확대경을 착용한 상태로 하였다. 모든 환자에서 수술 시간,

수술 전후 환자의 인두 내, 구강 주위 피부 온도 등을 측정하였다. 수술전후 각각의 온도값, 그룹간의 온도값, 그룹간의 수술 시간 비교는 MedCalc, version 11.4.10을 이용한 Wilcoxon signed ranks test로 검증하였다(p<0.05).

결 과

본 연구에서 사용한 각 광원의 밝기는 xenon헤드라이트 사용시 40센티미터 거리에서 6,500~24,000Lux가 나왔다. 등산용 헤드라이트는 40센티미터 거리에서 6,000~20,000 Lux였다. Clip형 헤드라이트는 5cm 근접 측정시 1,230Lux, LED Handflash(손전등)는 900~2,160Lux였다(Table 3).

작동 30분 후에 측정한 각각 광원의 표면 온도와 불을 비춘 표적 온도는 xenon 헤드라이트는 광원 온도 26.7도, 표적 온도 28.4도, LED 헤드라이트는 광원 온도 33도, 표적 온도 26.6도, clip 헤드라이트는 광원온도 27.4도, 표적온도 27.2도, LED handflash는 광원 온도 29.6도, 표적 온도 27.2도였다(Table 2).

환자 10명을 대상으로 한 수술에서 xenon헤드라이트를 사용한 group 1에서는 평균 수술 시간 37.4분, LED헤드라이트를 사용한 group 2에서는 34.4분이었다. 수술 후 인두내의 평균온도는 group 1에서 33.64도, group 2에서는 33.5

도였다. 수술 후 구강 주위의 평균온도는 group 1에서 평균 30.36도, group 2에서는 평균 30.08도였다. 수술 후 헤드라이트의 평균온도는 group 1에서 평균 30.36도, group 2에서는 평균 30.08도였다. 측정된 온도값이나 수술시간은 수술 전후 간, 각 그룹간에 모두 p>0.05로 통계적으로 의미있는 차이가 없었다(Table 4).

수술도중 및 수술 직후에 환자의 인두 및 구강 주위 피부에는 발적이나 물집 등의 화상 소견은 없었다. 환자들은 그룹에 관계없이 모두 정상적인 수술 후 경과를 보였고 퇴원 후에도 아무 이상이 없었다.

고 찰

편도선 수술은 구강 및 인두 수술 중 가장 많이 시행되는 수술이고 수술시 밝은 광원을 이용하여 수술 부위를 비추면서 시행한다. 술자에 따라서는 다양한 광원을 이용하여 할 수 있고 저자의 경험으로는 천정 거치형 무영등을 이용할 수도 있는 수술이다. 어두운 광원을 사용하여도 가능한 수술이고 수술시 지혈을 잘 한다면 광원의 밝기가 아주 중요한 조건은 아니다.

수술시 헤드라이트를 사용하는 경우가 보편적이고 헤드라이트는 일반전구, 할로겐 광원, xenon광원 등 다양한 광원을 이용하는 장비로 개선이 되어 왔다. 로봇을 이용한 수술을 하는 경우는 내시경하에 xenon광원을 이용하는 것이 일반적이다.³⁻⁸⁾

최근 LED(light emitting diode, 발광다이오드)를 사용한 장비들이 개발되어 의료용으로 사용되는 추세이지만 흉부외과의 심장 수술 같이 깊은 부위를 장시간 사용 시는 불편하다는 보고도 있지만 1시간 이내의 단기 수술에는 사용이 늘어나는 추세이다.⁹⁻¹¹⁾

Table 3. Brightness of headlights

	Brightness (distance 40cm, Lux)		Average brightness (distance 40cm, Lux)
Xenon	6,500	24,000	15,250
LED headlight	6,000	20,000	13,000
LED clip headlight	1,230 (at 5cm)		1,230
LED handflash	900	2,160	1,530

Table 4. Temperature of surfaces and time for operations (p>0.05 for all data)

		Temperature (degrees Celcius)								Operation time (minutes)
		Pharynx		Perioral Skin		Headlight		Room		
		Preop	Postop	Preop	Postop	Preop	Postop	Preop	Postop	
Group 1	Patient 1	32.6	34	34.4	34.6	33.1	30.5	28.3	27.6	45
	Patient 2	34.1	34.3	30.5	31.1	32.1	32	26.8	25.2	30
	Patient 3	35.1	34.4	33.6	32.1	31	27.8	27.1	25.8	30
	Patient 4	34.4	31.5	28.1	32.9	28.2	32.5	27.3	26.2	42
	Patient 5	32	34	34	32	27.7	29	26.8	26.4	40
	Average	33.64	33.64	32.12	32.54	30.42	30.36	27.26	26.24	37.4
Group 2	Patient 6	33.1	32.1	32.5	31.2	26.9	26.3	26.8	24.6	30
	Patient 7	32.8	33.6	34.2	33.2	30.2	31.5	27.1	26.2	35
	Patient 8	32.3	34.1	33.5	33.1	29.1	32.1	26.5	26	40
	Patient 9	34.2	34.2	33.2	34	31.1	32.4	25.8	24.8	35
	Patient 10	31.2	33.5	32.1	33.2	30.2	31.1	25.6	25.2	32
	Average	32.72	33.5	33.1	32.94	29.7	30.08	26.36	25.36	34.4

Xenon 헤드라이트는 고가장비이고 전구교체 비용도 고가여서 유지 보수에 비용이 들어가고 전구의 수명이 짧아 사용 시 관리에 신경을 써야 한다. LED광원을 이용한 헤드라이트의 경우는 전력 소모가 적어 배터리를 사용하는 경우도 장시간 사용이 가능하고 휴대성이 간편하여 간단한 수술이나 진료에 사용을 하고 있고 최근 기존 헤드라이트를 대체하고 있는 추세이지만 의료용 LED 헤드라이트는 여전히 고가로 구입을 해야 하는 상황이다.

이에 저자들은 시중에서 구할 수 있는 등산용 LED 헤드라이트를 간단한 구강내 수술에 사용할 수 있는지 점검해 보았다.

기존에 사용 중인 xenon 헤드라이트의 조도를 보면 최대 출력은 24,000Lux이고 본원 수술실에서는 중간 출력으로 사용하며 6,500~15,000Lux 정도의 조도가 나온다. 이는 본원에서는 구강 및 인두 수술에서 많이 사용하는 조건이고 최대 출력을 이용할 필요가 거의 없으며 심지어는 좁은 비강내의 수술에도 중간 정도의 출력으로 사용한다. 장비에 달린 xenon전구의 수명을 길게 하기 위해서도 낮은 출력으로 사용하는 것이 적절하다.

Xenon 헤드라이트는 광섬유를 통해서 본체에서 빛을 전달받아 작동을 하고 장비 온도와 표적 온도를 측정해 보아도 각각 26.7도, 28.4도로 피부 화상을 일으킬 수 있는 온도인 44도 이내였다.¹²⁾ 수술 후의 인두 온도는 평균 33.64도, 피부 온도는 평균 32.54도로 안전한 온도였다.

LED헤드라이트의 경우 밝기는 최소 6,500Lux, 최대 20,000Lux로 수술실에서 측정한 실내 조도 400~600Lux 보다는 높았고 xenon헤드라이트의 최대 조도에 가까운 수치가 나왔다. LED광원의 출력이 개선되고 반사 및 집광기능을 강화하여 나온 효과로 본다. LED 광원 및 표적의 온도는 각각 33도, 26.6도였다. 수술 후의 인두내의 온도는 평균 33.5도, 피부 온도는 평균 32.94도여서 모두 안전한 범위에 들었다.

수술 전 예비 온도 측정이나 수술시의 측정 온도는 모두 35도 이내였고 화상을 유발하는 44도 이내로 안전 범위 이내였다. 환자수가 모두 10명으로 통계적으로는 의미가 없는 집단수이지만 모든 측정치가 안전 범위 이내로 보면 될 것 같다.

참고로 xenon 헤드라이트는 단가가 최소 2~3만불 이상이고 LED의료용 헤드라이트는 500불에서 2,000불 정도 등산용 헤드라이트는 30~50불 정도이다. 등산용 헤드라이트를 확대경을 착용한 상태에서 사용을 한다면 간단한 구강내 수술을 시행할 수 있으리라 생각하며 장시간 사용을 위해 광원을 일반 배터리에서 리튬폴리머 전기로 교체하거나 200볼트용 아답타를 사용하면 될 것이다. 아울러 집광판과 반사판을 개선한다면 의료용 LED헤드라이트에 손색없는 장비가 될 것이다. 또한 확대경의 전단부에는 헤드라이트를 부착할 수 있는 돌기가 있어 적절한 부착 방법을 개발하면 될 것 같다. 본 연구에서는 의료용 반창고 및 고무줄로 고정

후 사용하였다.

최근 좁은 기능을 개선한 등산용 헤드라이트가 나오고 차량실내등용으로 나오는 LED광원들도 나오는 상황이다. LED도 전기를 이용하므로 출력이 늘면 발열이 있어 열을 발산시키거나 식히는 방법도 나와야 할 것이다. 본 연구에서 사용한 LED헤드라이트에 220볼트 4.5암페어 아답타를 사용하여 실험해보면 30분 경과시 발열이 40도까지 되므로 1시간 이상 사용하려면 기존 의료용 LED헤드라이트에서처럼 소형 쿨링 팬을 부착해야 할 수도 있겠다.

헤드미러(액대경) 사용에 익숙한 저자이지만 현재는 헤드라이트를 많이 사용하는 추세로 넘어간지 오래다. 심지어 경추에 무리가 간다고 하여 막대형의 illuminator를 사용하는 술자도 있다. 앞으로 LED 광원이 보편화될 것이고 저자가 소개한 등산용 LED 헤드라이트도 많이 사용되기를 기대한다.¹³⁻¹⁵⁾

결 론

시중에서 구입 가능한 등산용 헤드라이트는 간단한 구강내 수술에서 충분히 사용할 수 있음을 확인하였고 안전성도 충분한 것으로 확인되었다. 확대경을 같이 사용하면 더욱 효율적으로 사용할 수 있으리라 생각한다.

중심 단어 : LED · 헤드라이트.

References

- 1) Macnaughton-Jones H. *Demonstration of Lighting of Operating Theatres. Proc R Soc Med 6 (Obstet Gynaecol Sect). 1913;111-112.*
- 2) Berson WL, Richey TV. *Headlight. Anesthesiology. 1959;20:889-890.*
- 3) Emerson EB. *A Surgical Headlight That Meets Modern Medical Requirements. Shock-Proof, Flame-Proof, and Easily Sterilized. Arch Otolaryngol. 1963;78:215-216.*
- 4) Jobe R, Jobe K. *A new surgical headlight reflector which avoids the disadvantages of parallel beams. Plast Reconstr Surg. 1977;60 (4):638-639.*
- 5) Zusho H. *A head mirror with an integral fiberoptic light source. Otolaryngol Head Neck Surg 1986;95 (3 Pt 1):360-361.*
- 6) Kaye BL. *An improved quartz-halogen headlight. Plast Reconstr Surg. 1976;57 (1):110-111.*
- 7) Lore JM. *Fiberoptic headlight. Adaptation for observation and teaching. Arch Otolaryngol. 1976;102 (8):511.*
- 8) Furnas DW. *An ideal headlamp for overseas surgery. Plast Reconstr Surg. 1988;81 (4):608-609.*
- 9) Wu AY, Vagefi MR, Georgescu D, McCann JD, Anderson RL. *Low-cost headlamps for facial and oculoplastic surgery. Ophthalmol Plast Reconstr Surg. 2008;24 (5):429.*
- 10) Moriyama S, Kawasuji M. *Lighting and surgical exposure with*

head lamp and optical loupes. Kyobu Geka. 2009;62 (8 Suppl): 633-637.

- 11) Lee ACH, Elson DS, Neil MA, Kumar S, Ling BW, Bello F, et al. *Solid-state semiconductors are better alternatives to arc-lamps for efficient and uniform illumination in minimal access surgery Surg Endosc. 2009;23:518-526.*
- 12) Tuggle DE, Smith K. *Cutaneous burns from a surgical headlight beam: a case report, review of the literature, and evaluation of surface temperature at different working lengths from surgical headlights. J Oral Maxillofac Surg. 2010;68 (1):176-178.*
- 13) Okoro SA, Patel TH. *Who needs the surgical headlight? Cleft Palate Craniofac J. 2007;44 (2):126-128.*
- 14) Rohrich RJ. *Why I hate the headlight. and other ways to protect your cervical spine. Plast Reconstr Surg. 2001;107 (4):1037-1038.*
- 15) Rowlands J, Mal RK. *Headlight or head mirror? Eur Arch Otorhinolaryngol. 2006;263 (6):601-602.*