

LED 광원이 Rat의 피부 창상 치유에 미치는 영향

The Effect of LED Light Irradiation on Skin Injury Cure of Rat

천민우¹, 김성환^{1,a}, 박용필², 김태곤³, 유성미⁴

(Min-Woo Cheon¹, Seong-Hwan Kim^{1,a}, Yong-Pil Park², Tae-Gon Kim³, and Seong-Mi Yu⁴)

Abstract

We developed the 4-channel Light Medical Therapy Apparatus for Skin Injury Cure using a high brightness LED. This equipment was fabricated using a micro-controller and a high brightness LED, and designed to enable us to control light irradiation time, intensity and reservation. In this paper, the designed device was used to find out how high brightness LED light affects the skin injury of SD-Rat(Sprague-Dawley Rat). In the experiment, 1 cm² wounds on the skin injury of SD-Rat (Sprague-Dawley Rat) were made. Light irradiation group and none light irradiation group divided, each group was irradiated one hour a day for 14 days. In result, compared with none light irradiation group, the lower incidence of inflammation and faster recovery was shown in light irradiation group.

Key Words : Light emitting diode, Skin injury cure, In vivo, Light medical therapy

1. 서론

인체를 구성하는 피부는 장기의 일부로, 세균과 같은 감염성 물질이나 자외선, 화학 물질 등으로부터 인체를 보호한다. 또한 온도, 촉각 등 다양한 감각 기능을 감지, 조절하는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다[1]. 일반적으로 피부의 창상(創傷)은 염증이, 증식기, 재생기의 과정[2]을 거쳐 치유가 이루어지며 이때 사용약물, 비타민, 방사선, 콜라겐 합성 등 다양한 내적, 외적 요인들이 창상 치유에 영향을 미치게 된다[3].

한편, 바이오산업의 눈부신 발전에 힘입어 웰빙(well-being)에 대한 관심이 고조되면서 질병 및 인체 손상 등의 치유에도 이러한 추세에 맞춰 새로운 치료법들이 개발되어지고 있다. 오랜 시간 인

류의 역사와 함께 발전되어온 치료법 중 하나로 빛을 이용한 광선 치료법이 있는데 이는 온열효과 [4]에 근거한 치료법으로 이를 활용하여 실생활에 다양한 웰빙 용품들이 사용되어지고 있다.

본 논문은 광선 치료법에 고휘도 LED를 적용한 사례를 보고한 것으로, 고휘도 LED가 특정 파장의 광을 발생한다는 점에서 의료용으로 사용되고 있는 저출력 레이저와 유사한 생화학적 효과를 발현할 것으로 예측되어지나 LED 광원을 의료용으로 활용한 연구 보고는 많지 않은 실정이다[5,6]. 본 연구에서는 고휘도 LED 광원이 Rat의 피부 창상 치유에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

2. 실험

2.1 기기의 구성

본 연구에 사용한 광조사 시스템은 특정 파장의 광원을 이용, 체외 창상 치유나 생물학적 실험에 다양하게 적용할 수 있도록 개발된 4-채널 고휘도 LED 광조사기로, 4 개의 LED 광모듈을 동시 혹은 개별적으로 제어할 수 있도록 구성하였다. 그림 1은 시스템 구성도이다.

1. 조선대학교 의과대학 (광주시 동구 서석동 375)
2. 동신대학교 병원의료공학과
3. (주)바이오아테코 인공장기연구소
4. 광주보건대학 간호학과
a. Corresponding Author : shdkim@mail.chosun.ac.kr
접수일자 : 2007. 10. 17
1차 심사 : 2007. 11. 13
심사완료 : 2007. 11. 22

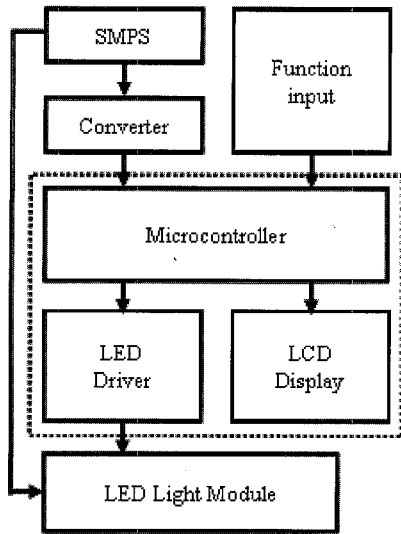


그림 1. 시스템의 구성.
Fig. 1. Constitution of system.

회로는 Common anode type으로, 220 V 교류 전원을 SMPS(Switching mode power supply)로부터 공급받아 안정된 48 V 직류 전원으로 변환한 후 LED에 공급하며, 마이크로 컨트롤러 및 구동전압이 낮은 IC는 DC/DC 컨버터를 사용하여 48 V에서 5 V로 강압하여 회로 내부로 인가된다. Function input은 사용자의 선택에 따라 기기의 동작이 가능하도록 마이크로 컨트롤러에 동작 제어 신호를 입력 시키는 부분으로, 장치 외부의 Tactile switch를 통해 제어 신호가 입력된다. 4-채널로 구성된 광조사기 각각의 채널에 대해 광조사 시간(Timer), 광출력(mW/cm²) 및 예약(Reservation) 등을 선택 제어할 수 있도록 설계하였다. 본 기기에 사용된 마이크로 컨트롤러는 ATmega128로 제어신호를 입력받아 53 개의 I/O 라인을 통해 해당 모듈의 On/Off, LED 광 모듈의 출력 조절 및 현재의 동작 상태를 표시해주는 LCD Display 등에 대한 전반적인 제어가 가능하도록 구성하였다. 기기의 핵심 부분 중 하나인 LED 드라이버는 광출력 조절을 위해 TLC5941을 채용하였으며, 다수의 LED에 정격 전류를 공급하기 위해 기기의 출력 채널마다 2 개의 TLC5941을 사용하였다. LED 광 모듈부는 8×12로 배열하여 최대 96 개의 LED를 구성할 수 있도록 설계하였으며, 광 모듈부의 D-sub를 이용, 탈착 형태로 제작하여 선택 파장의 제어가 가능하도록 하였다.

표 1. 실험 조건표.

Table 1. The condition chart of an experiment.

	a	b
Wavelength	620 nm	633 nm
Light intensity	6.87 mW/cm ²	6.73 mW/cm ²
Irradiation time	60 min/day	
Wave type	Continuous wave	
Temperature	24~26 °C	

2.2 실험동물

실험에 사용된 실험동물은 창상 생물 검정이나 영양 시험 등에 보편적으로 사용하고 있는 실험용 Rat으로 무게 300~350 g의 Sprague-Dawley Rat (SD Rat) 암컷을 채택하였다. Rat은 생후 1 년 된 성체를 사용하였으며, 실험 기간 동안 전용 사료와 음수를 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

창상을 유발시키기 위해 조레틸(Zoletil)과 럼푼(Rompun)을 생리 식염수에 희석, Rat에 복강 투여(Intraperitoneal administration)하여 흡수 속도를 높였으며, 흉배부의 털을 제거한 후 피부를 노출시켜 척추를 기준으로 1×1 cm의 크기로 피부를 절개하였다.

RED 계열의 LED 광원이 창상 치유에 미치는 영향을 확인하기 위해 자체 개발한 광조사기를 사용하였으며, 창상 유발 24 시간 이후부터 광조사기에 하루 1 시간씩 14 일 동안 광을 조사하였다. 620 nm의 LED 광원을 조사한 Rat는 (a), 633 nm의 LED 광원을 조사한 Rat는 (b), 광을 조사하지 않은 Rat을 (c)로 구분하였다. 광조사군인 (a)와 (b)에 사용되어진 LED 광 모듈은 U-Jin社의 제품을 사용하였으며 광조사에 사용된 실험 조건은 표 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 출력 특성

실험에 사용된 기기의 복사강도를 측정된 결과, 620 nm LED의 출력 값은 13.55 mW/cm², 633 nm LED는 13.47 mW/cm²으로 거의 비슷함을 알 수 있었다. 측정에는 ADVANTEST社의 Optical power meter를 사용하였으며, 1×1 cm 크기의 디텍터를 이용하여 360~1,100 nm의 파장대에서 1~50 mW 까지 복사강도의 측정이 가능하다.

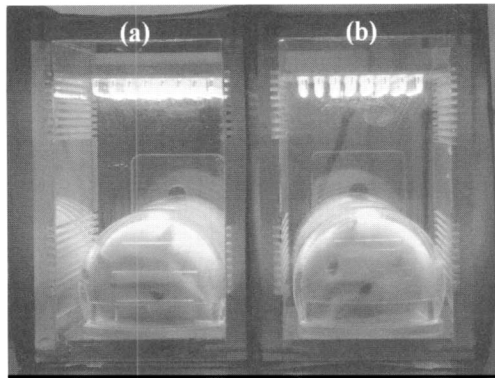


그림 2. 피부 상처 치유 실험.
Fig. 2. Experiment of skin injury cure.

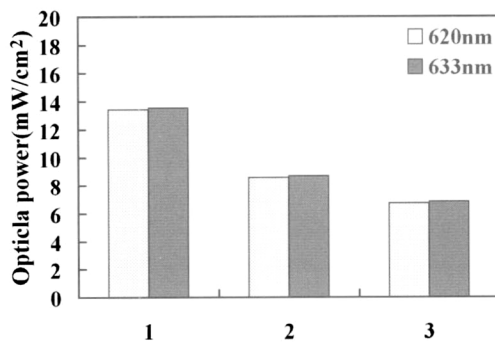


그림 3. 광 출력 특성.
Fig. 3. Characteristics of optical power of experiment.

본 실험에서는 단계별로 높이의 조절이 가능하도록 제작된 별도의 케이스를 사용하여 광을 조사하였으며, 실험동물의 창상 부위에 정확한 광조사가 이루어질 수 있도록 특수 홀더(Holder)를 사용하여 실험동물의 움직임을 최소화 하였다. 그림 2는 광조사군인 (a)와 (b)에 광을 조사하고 있는 모습으로 케이스 사이에 흑지를 사용하여 조사부위에 간섭이 일어나지 않도록 하였다.

복사강도 측정 시 빛의 반사, 굴절 등 간섭에 의한 영향을 최소화하여 실험의 균일성과 정확성을 확보하기 위해 광원에서 창상 부위까지의 높이에서 복사강도와 홀더 내부에서의 복사강도를 측정하여 그 결과를 그림 3에 나타냈다.

그림 3에서 1의 경우는 사용된 LED 광원에서 발생하는 출력 값이며, 광원에서 광조사 대상물을

고정하는 홀더까지 높이의 차는 6 cm로 이 지점에서의 출력 값은 2, 3은 홀더 내에서의 광출력 값을 나타냈다. 광 측정 시 620 nm LED와 633 nm LED의 광출력 사이에는 차이가 거의 없었으며, 실제 창상 부위에 조사되는 광량을 측정한 결과 620 nm LED를 조사한 경우 최대출력 약 13.43 mW/cm²에 비해 조사된 부위에서의 출력은 약 6.73 mW/cm²로서 최대출력 대비 약 50 % 정도였으며 633 nm LED를 조사한 경우에도 13.55 mW/cm² 최대출력이 실제 상처 부위에서는 6.87 mW/cm²로 감소한 것을 확인할 수 있었다.

3.2 실험동물의 변화

실험동물은 창상 유발 후 개체의 안정을 위해 24 시간 안정화 과정을 거쳐 광 조사군과 비 조사

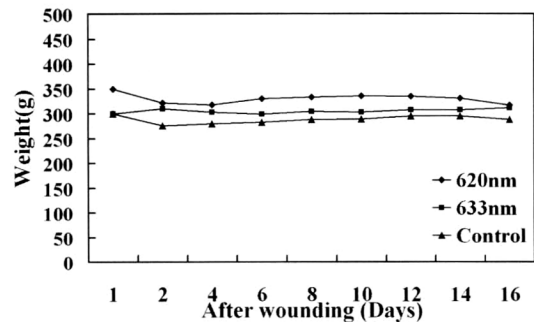


그림 4. 몸무게 변화.
Fig. 4. Change in body weight.

군으로 나누었으며, 광 조사군 중 (a)는 하루 1 시간씩 14 일 동안 620 nm LED 광원을 조사하였으며, (b)는 633 nm LED 광원을 같은 과정으로 조사하였다. 최종 광조사를 행하고 24 시간이 경과한 후 조직 샘플을 채취하여 조직검사를 시행하였다.

또한 실험동물의 광에 대한 정확한 상처 치유 반응을 확인하기 위해 광조사군과 비 조사군 모두 70 % 소독용 알코올로 상처 부위를 매일 소독하여 창상 부위의 감염 등 외부 영향을 줄였다. 실험동물의 체중변화는 창상유발 직전의 무게를 측정한 후 2일 간격으로 변화를 확인하였으며 그림 4에 그 결과를 나타냈다.

창상 유발 24 시간 경과 후 1차 광조사 전의 체중변화는 (a)와 (c)가 약 20~30 g 정도의 체중 감량을 보였으나 633 nm의 파장대를 조사한 (b)에서는 오히려 체중이 증가하였다. 또한 창상유발 이후

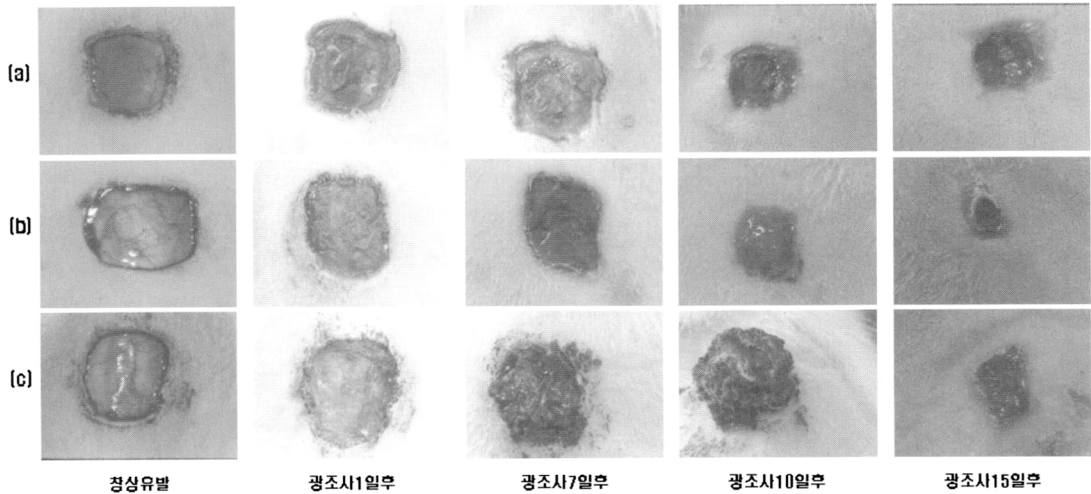


그림 5. 창상 비교.

Fig. 5. Comparison of wound.

광조사 1 일부터 실험 종료일까지는 몸무게의 변화 증감이 ± 10 g 내외로 관찰되었다.

그림 5는 광조사 시간에 따른 실험동물의 창상 변화를 비교한 사진이다. 광조사군과 비조사군의 창상 수복 결과를 창상 유발 1 일, 7 일, 10 일 및 15 일 간격으로 확인하였다.

상처유발 1 일째는 광조사군 (a), (b)와 비조사군 (c) 모두 가피가 덮여 있고 절개부위에 부종이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 620 nm를 조사한 (a)의 경우 광조사 7 일째 창상 부위는 비조사군에 비해 균일하게 검붉은 색의 가피로 덮여 있었으며, 광조사 10 일째 기존의 가피가 제거되어 새로운 가피가 형성된 것이 확인되었으며, 왼쪽 상단 절개 부위에 약간의 표피 세포화가 이루어졌다.

그리고 실험 최종일에는 절개부위를 중심으로 0.5×0.6 cm로 새 피부가 재생되어 창상이 수복되었음을 확인할 수 있었다.

633 nm의 광을 조사한 (b)의 경우는 창상의 수복이 가장 빠른 것으로 판단되며, 광조사 7 일까지는 비슷한 양상을 보였으나 광조사 10 일째는 가피가 벗겨지면서 창상의 크기가 줄어들었음이 확인되었다. 마지막 창상을 확인한 결과 가로 0.3×0.5 cm의 넓이로 가피가 형성되어 있었으며, 다른 대조군보다 상피세포화가 넓게 이루어졌음을 확인하였다. 또한 광을 조사하지 않은 (c)의 경우 광조사 7 일째 관찰 결과, 광조사군은 창상부위가 다소 패인

형태로 가피가 발생한 것과는 달리 피부 위 약 0.5 cm 정도의 두께로 가피가 들출되었고 상처 주위 부종이 심하게 발생되었으며, 광조사 10 일째도 비슷한 양상을 보였다. 또한 광조사 15 일 경과 시는 창상 위로 새로운 가피가 형성되어 졌으나 상피세포화로의 변화는 많지 않았으며, 최종적인 창상의 크기는 0.5×0.9 cm로 많은 양의 수복이 이루어지는 않았다. 육안 소견으로 LED 광원이 가지는 620 nm와 633 nm의 파장이 Rat의 창상 치유에 영향을 미쳤다 할 수 있다.

620 nm, 633 nm LED 광원이 창상 치유에 대한 피부재생의 육안 소견보다 정확한 결과를 확인하기 위해 조직학적 검사를 시행하였다. 창상의 조직학적 관찰을 위해 최종 광조사 24 시간 후 창상을 중심으로 2×2 cm 크기로 피부를 적출하여 조직 절편을 제작하였다. 적출한 피부 조직은 10 % 포르말린을 사용하여 충분히 고정하였으며, 고정된 조직을 탈수한 후 수세과정을 거쳐 투명화 시켰다.

투명화 과정 후 조직을 파라핀 용액에 침윤시키고 포매(embedding)하여 조직 블록을 제작하였다. 제작한 파라핀 블록을 창상 중앙 부위를 기준으로 세로 방향 $10 \mu\text{m}$ 두께로 잘라 탈파라핀화와 수세를 거친 후 staining을 거쳐 광학현미경으로 관찰하였다. 인체의 피부는 창상이 유발되면 즉시 염증 반응과 삼출액이 분비되며 이런 반응들은 새로 생성된 육아조직들이 창상부위를 완전히 수복할 때까지 일어난다.

의 광을 조사한 Rat의 조직 절편 이미지이며 (c)는 광을 조사하지 않은 Rat의 조직절편 이미지 이다.

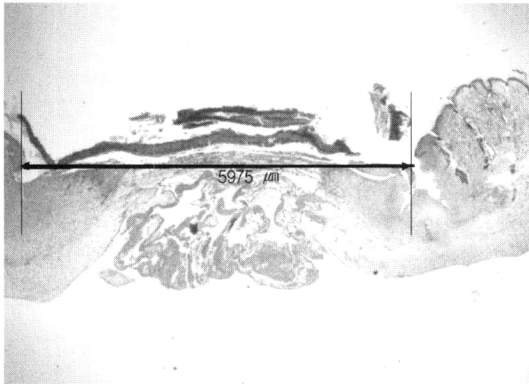
이미지의 세로 선은 피부 재생의 경계를 나타낸 것으로 620 nm의 광을 조사한 (a)의 경우 피부가 재생되지 않은 피부결손의 직선거리가 5,975 μm 로 초기 창상에 비해 약 40 % 정도 창상 부위가 축소된 것이 확인되었으며 특히, 633 nm의 광을 조사한 (b)는 외관상으로 가피가 덮여 정확한 판단이 어려웠으나 현미경 관찰 시 피부결손 거리가 약 150 μm 로 거의 모든 창상이 수복되어 있음을 확인 할 수 있었다. 광을 조사한 군의 Rat을 육안적 소견과 조직학적 소견을 통하여 비교한 결과 620 nm의 LED를 조사한 (a)보다 633 nm LED를 조사한 (b)의 상처 수복이 더 빠른 것을 알 수 있었으며 광을 조사하지 않은 (c)는 피부결손 거리가 6,425 μm 로 광조사군에 비해 피부 재생이 좋지 않은 것을 확인하였다.

4. 결론

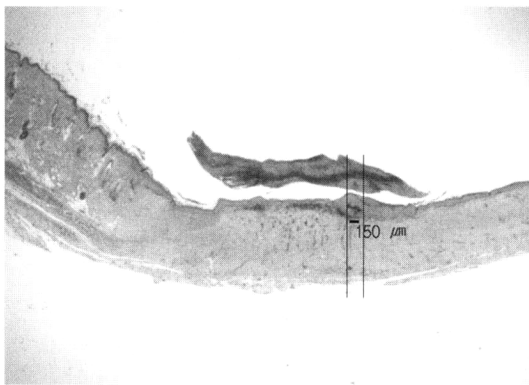
본 연구는 LED 광원을 인체의 창상 치유에 적용하기 위한 예비 연구로 창상 치유에 LED 광원이 미치는 영양을 확인하기 위해 자체 개발한 광조사 기기를 사용하여 생체실험을 하였다. SD Rat의 흉배부에 1x1 cm 크기의 피부를 전층 제거하여 15 일 동안 광조사를 하며 변화를 관찰 한 결과, 광 조사군이 광을 조사하지 않은 비조사군에 비해 실험기간 동안 부종의 발생이 현저히 적게 관찰되었으며 동일 실험 기간 동안 창상 부위의 상피 세포화도 양호하게 이루어 졌음을 확인할 수 있었다. 또한 창상의 치유 과정이 광조사군과 비조사군이 상이한 것으로 확인되어 600 nm 대의 LED 광원이 창상 치유의 수축, 상피화 형성 촉진 등 창상 치유에 유의한 것으로 추정되지만 창상의 치유는 창상의 부위, 정도, 종류에 따라 다르며, 같은 크기와 깊이의 창상이라도 감염 여부 등 외부 영향에 의해 결과가 상이해질 수 있어 보다 많은 연구가 필요할 것으로 예상된다.

참고 문헌

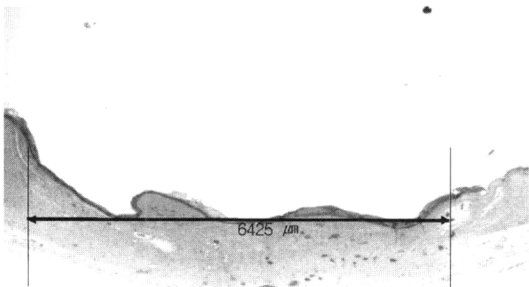
- [1] D. O. Han, G. H. Kim, Y. B. Choi, I. S. Shim, H. J. Lee, Y. G. Lee, J. H. Kim, G. T. Chang, and D. H. Hahm, "Healing effects of astragali radix extracts on experimental open wounds in rats", *Oriental. Physiology & Pathology*, Vol. 19, No. 1, p. 92, 2005.



(a)



(b)



(c)

그림 6. Rat 피부 절편의 현미경 이미지.
Fig. 6. Microscope image of Rat skin section

그림 6은 조직절편의 현미경(Olympus BX-50 polarizing research microscope) 관찰을 통해 육아 조직의 수복을 확인한 결과로 (a)는 620 nm의 광을 조사한 Rat의 조직 절편 이미지, (b)는 633 nm

- [2] V. Winkle and W. JR., "The fibroblast in wound healing", Surg, Gyn. Obst., Vol. 145, p. 369, 1967.
- [3] J. D. Koo, C. S. Bae, and K. J. Chang, "Effects of keoprofen on wound healing in rats", Vet. Clin. Med., Vol. 16, No. 1, p. 193, 1999.
- [4] J. E. Madden, "Studies in the management of the contaminated wound: IV. Resistance to infection of surgical wounds made by knliffe, electrosurgery, and laser", Am. J. Surg., Vol. 119, p. 222, 1970.
- [5] M. W. Cheon, S. H. Kim, C. H. Song, S. P. Mun, T. G. Kim, Y. P. Park, D. Y. Kim, and Y. S. Kim, "A study on the cell culture controller using the high brightness LED", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 19, No. 12, p. 1149, 2006.
- [6] M. W. Cheon, S. H. Kim, Y. L. Moon, K. Y. So, S. P. Mun, Y. P. Park, H. S. Lee, and T. G. Kim, "4-channel light medical therapy apparatus for external injury cure", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 20, No. 8, p. 731, 2007.