

백색 LED 조사의 상처 수복 효과

천민우^{1,a}

¹ 동신대학교 병원의료공학과

Wound Recovery of Light Irradiation by White LED

Min-Woo Cheon^{1,a}

¹ Department of Biomedical engineering, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

(Received November 3, 2010; Revised November 26, 2010; Accepted December 6, 2010)

Abstract: Light can be divided into ultraviolet rays, visible rays, and infrared rays depending on the wavelengths. Visible rays with specific wavelength are those predominantly used for wound treatment. Especially low level laser irradiates into cells, effectively stimulating cellular tissues and activating cellular function. This study was intended to verify the effect of white LED irradiation therapy on wound recovery in animal tests by applying white LED irradiator, which was independently designed and developed to emit beams of similar wavelength to that of a laser. The designed LED Irradiator was used to find out how white LED light source affected the skin wound of SD-Rat(Sprague-Dawley Rat). We divided the participants into two groups; white LED irradiation group which was irradiated 1 hour a day for 9 consecutive days, and none irradiation group. The results showed that the study group had lower incidence of inflammation and faster recovery, compared with the control group.

Keywords: Light emitting diode, Wound recovery, Low level laser therapy

1. 서 론

빛은 생명체의 에너지 근원으로서 광합성, 살균, 비타민 D 생성 등 유익한 점이 많아 이를 활용하여 다양하게 실생활에 적용하고 있다 [1]. 특히 의료 분야에서는 특정 파장을 가지는 광을 치료목적으로 사용하고 있으며, 대표적으로 LLLT (Low Level Laser Therapy)라고 하는 저출력 레이저 치료를 들 수 있다 [2]. 저출력 레이저 치료는 저출력 레이저에서 발생하는 특정 파장의 광자가 세포를 여기시켜 세포 기능을 활성화시키는 원리를 적용한 치료법으로 상처나 염증의 치료에 주로 사용하고 있다 [3,4]. 하지만 레이저를 치료에 적용 시 열적 파괴 효과로 인하여 야기되는 다양한 문제점이 지속적으로 제기되고 있어

최근에는 열적 파괴가 일어나지 않는 LED (Light Emitting Diode)를 의료 분야에서 이용하려는 시도가 국내·외에서 확산되고 있다 [5-8].

LED는 반도체 기술의 발전으로 다양한 파장의 구현이 가능해졌으며, 소형화, 경량화, 저전력화, 저발열 및 반영구적인 장점을 지니고 있어 친환경적인 차세대 광원으로 큰 기대를 받고 있다 [9]. 특히 백색 LED의 경우 발광 시 따뜻한 느낌과 차가운 느낌을 조절할 수 있는 기술 개발이 이뤄져 자연광에 가까운 백색광 구현이 가능해 졌다.

따라서 본 논문에서는 차세대 조명으로 사용될 백색 LED가 생체에 미치는 영향에 대한 기초 연구 자료를 획득, 활용하기 위해 실험동물에 자체 제작한 광조사기를 이용하여 치료에 관한 In vivo test를 하였다.

a. Corresponding author; mwcheon@dsu.ac.kr

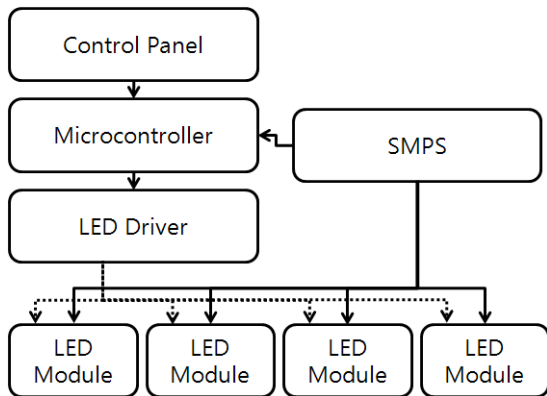


Fig. 1. Constitution of system.

2. 실험 방법

2.1 백색 LED 조사기

백색 LED 조사기는 다수의 LED로 구성된 광 모듈을 효과적으로 실험기간 동안 동일 시간 및 강도로 실험동물에 적용할 수 있도록 조사시간, 강도 및 예약 조사가 가능하도록 구성하였다. 그림 1에 시스템의 구성도를 나타냈다.

백색 LED 조사기의 컨트롤 패널은 광 모듈에 동작 신호를 발생시키는 스위치 입력부와 조사기의 상태를 표시해 주는 LCD (Liquid crystal display)로 구성되어 있으며 발생된 동작 신호를 마이크로컨트롤러에 송출 한다. ATeml 社의 Atmega128 (8Bit micro controller) 을 제어부로 사용하여 Text LCD 및 LED 드라이버를 제어할 수 있도록 구성하였다. 백색 LED 조사기에 사용한 다수의 LED를 동시에 제어하기 위해 LED 드라이버에 TLC5941 IC를 사용하였다. TLC5941은 Monocolor, Multicolor, LED display 및 Display back-light 등 다수의 LED 제어에 용이한 IC 소자로 본 조사기에서는 사용된 LED를 동시에 제어하는 역할을 한다. TLC5941은 3.0 ~ 5.5 V의 전압에서 구동되며 최대 90 mA까지의 정전류를 제어할 수 있다. 12 bit gray scale PWM 기능을 이용하여 4096 스텝으로 정밀하게 밝기를 조절할 수 있으며, 64 step의 정전류 Sink (Dot correction)를 사용하여 각각의 LED driver의 밝기 변화를 출력 채널별로 조절할 수 있다. 이러한 TLC5941은 0 ~ 15까지 16 개의 정전류 출력 채널로 구성되어 있어 출력 전류를 독립적으로 조절할 수 있고 각 채널에 연결된 LED의

Table 1. Characteristic of high brightness white LED.

| Luminous Intensity (mcd)@If=20mA | | Color Coordinate | Viewing Angle (deg.) |
|--|-------|------------------|----------------------|
| Min | Typ | | |
| 6,900 | 8,600 | X:0.32, Y:0.31 | 30° |
| Forward Voltage (V) : (Typ 3.17, Max 3.50) | | | |
| Reverse Current (mA) @Vr=5V : Max 10 | | | |

밝기 편차를 조절하여 다수의 채널별로 균일한 출력을 얻을 수 있다. 본 조사기에는 4 개의 광 모듈을 적용하였고 각각의 광 모듈을 제어하기 위해 각 광 모듈별 2 개씩 총 8 개의 TLC5941 IC를 사용하였다. 또한 기기에 공급되는 불안정한 전압과 과전류로 인해 발생할 수 있는 소자 파괴 현상으로부터 내부 회로를 보호하기 위해 SMPS (Switching mode power supply)를 채용하였다. SMPS는 220 V의 상용전원을 입력전원으로 사용하며 광 모듈에 필요한 DC 48 V, 2.1 A를 생성한다 [10].

각종 IC 구동을 위해 DC/DC 컨버터를 사용해 48 V의 직류 전원을 5 V로 강압하여 사용하였고, 백색 LED 조사에 사용하는 광 모듈은 12 × 8 배열로 구성된 96 개의 고휘도 백색 LED로 구성하였다.

2.2 백색 LED

일반적으로 사용하는 LED는 활성층의 혼합재료와 혼합비에 의해 발광 파장이 결정되는데 백색 LED의 경우 RGB (Red, Green, Blue)의 삼색 LED를 조합하여 백색광을 구현하는 방법과 특정 파장을 갖는 LED에 형광체를 사용하여 백색광을 구현하는 방법을 사용한다 [11]. 본 연구에 사용된 백색 LED는 InGaN의 3 원소 계열을 사용한 U-Jin 社의 백색 고휘도 LED를 채택하였다. 표 1에 본 연구에 사용한 백색 LED의 특성을 나타냈다. 사용된 백색 LED의 최대 허용 전류는 30 mA이며 돔 형태의 패키지 구조로 30°의 방사각을 갖는다. 본 연구에서는 LED를 모듈화 하여 구성함으로써 생체 조사 시 넓은 면적에 균일한 광 조사가 가능하도록 하였다.

2.3 창상 치유 모델

다양한 외적 충격에 의해 인체에 발생한 상처는 재

상피화 (Re-epithelialization), 수축 (Contraction), 육아조직 (Granulation tissue) 형성 및 교원질 (Collagen) 합성 등의 복잡한 과정을 거쳐 치료가 이루어진다. 상처 치료 시 다양한 내·외적인 요인에 의해 치료 속도가 촉진될 수도 있으나 반대로 조직의 괴사 (Necrosis)나 감염 (Infection) 등에 의해 치료 기간이 길어질 수도 있다. 상처 치료 시 환부의 통증을 완화하고 치료 기간 단축을 위해 임상에서는 저출력 레이저를 치료에 적용하고 있으나 본 연구에서는 레이저 대신 백색 LED를 사용하여 상처에 미치는 효과를 연구하였다.

상처치유 모델로 제작한 실험동물은 250-300 g의 생후 8 주령된 Sprague-Dawley outbred rat (Samtako Inc., SD Rat, Korea) 수컷 (Male) 성체를 사용하였으며, 모델 제작 시 실험동물이 치명적인 손상을 입어 회생되지 않도록 상처의 크기를 제한하였다. 실험 기간 중 외상 여부와 질병 상태를 주기적으로 점검하고 환경 변화를 줄여 스트레스 요인을 최소화하였다. 동물 사육실의 온도는 21 ~ 23°C로 자동 조절되었으며 LED 조사를 시행하는 실험실의 온도는 20°C로 항온 유지하고 전용사료와 물을 자유롭게 섭취하도록 하였다. 동일 크기의 상처가 만들어진 상처치유모델을 백색 LED 조사군과 비 조사군으로 나누어 실험을 시행하였다. 모든 실험동물 모델은 마취 후 상처를 제작하였으며 척추를 기준으로 원형 편치를 사용해 지름 1 cm 크기의 표피 및 진피층을 제거한 피부층 결손 상처를 유발하였다. 스트레스로 인하여 발생할 수 있는 실험 결과의 오류를 최소화하기 위해 상처 유발 이후 24 시간동안 안정화하였고 24 시간 후부터 백색 LED 조사군의 경우 매 24 시간 마다 1시간 씩 총 9 회 백색 LED를 조사하였다.

실험 시 약 19,700 lx (2483 lm)를 조사하였으며 상처치유 모델의 상처부위에 정확한 백색 LED 조사를 위해 홀더를 사용해 실험모델을 고정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 백색 LED 조사기의 출력 평가

본 연구에 사용된 백색 LED 조사기는 다수의 백색 LED를 사용하여 제작한 광 모듈에 조사 강도의 정밀한 제어를 위해 별도의 IC (TLC5941)를 이용한 LED 드라이버 단으로 구성하였다. 구성된 LED 드라

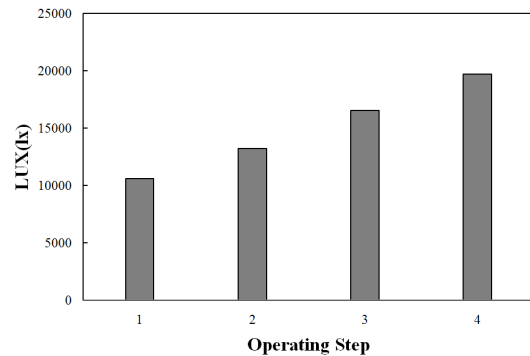


Fig. 2. Characteristics of optical power of experiment.

이버는 총 4 단계로 광 모듈에 인가되는 전류를 제어할 수 있어 조사강도의 제어가 가능하다. 그림 2에 제작한 백색 LED 조사기의 단계별 광 출력 변화를 나타냈다.

제작한 백색 LED 광 모듈의 조도를 측정하기 위해 YOKOGAWA 社의 디지털 조도계를 사용하였다. 측정 시 외부 빛에 대한 간섭을 최소화하기 위해 별도의 암실을 구성하였으며, 실험동물의 상처부위와 광이 조사되는 광 모듈 사이의 거리를 고려해 광 모듈에서 3 cm 거리에 조도계를 고정시켜 측정하였다. 조사기 단계에 따라 5 회씩 조도를 측정하여 그 평균값을 산출한 결과 1 단계 10,620 lx, 2 단계 13,220 lx, 3 단계 16,540 lx, 4 단계는 19,700 lx의 조도를 확인하였다. 각 단계별 조도 세기에 따른 LED 광 출력은 1단계 1,341 lm, 2단계 1,664 lm, 3단계 2,086 lm, 4단계 2,483 lm로 임을 확인하였다.

3.2 상처 치유 모델의 치료

백색 LED 조사군에 24 시간 마다 1 시간씩 3 회 동안 백색 LED를 조사한 후, 백색 LED 조사군과 비 조사군의 상처 부위를 육안으로 관찰하였다. 그림 3에 상처 유발 후 3회 백색 LED를 조사한 상처와 조사 하지 않은 상처의 이미지를 나타냈다.

백색 LED를 조사한 상처치유 모델의 경우 조사하지 않은 상처치유 모델보다 부종 발생이 적었으며 가피가 비교적 균일하게 형성되는 소견을 보였으나 상처수복의 확실한 결과 확인은 어렵다. 따라서 육안에 의한 가시적 소견보다 정확한 결과를 얻기 위해 조직화학적 검사를 시행하였다. 조직화학적 검사를 위해 최종 광 조사 24 시간 이후 상처 부위를 중심으로 2

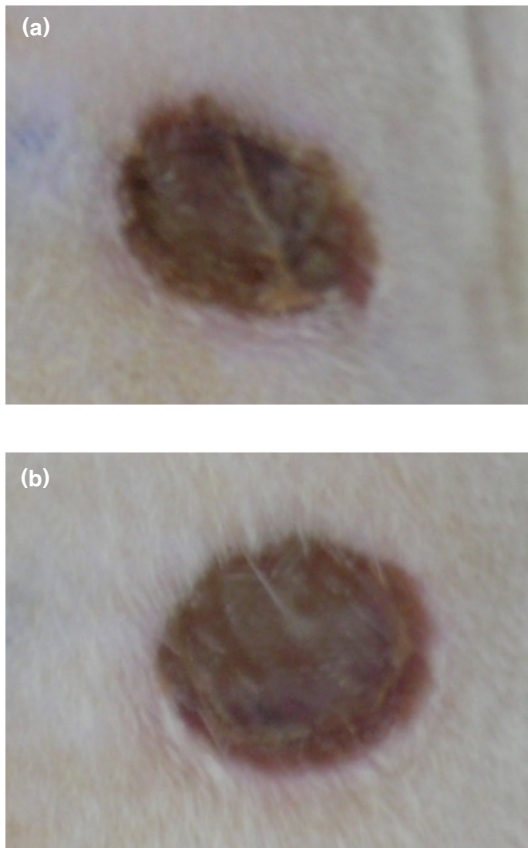


Fig. 3. Comparison of wound. (a) Non-irradiation, (b) White LED irradiation

× 2 cm의 시료를 채취하였다. 채취된 시료를 바탕으로 10% 중성 포르말린에 충분히 고정하고 탈수한 후 수세과정을 거쳐 파라핀 포매 (Embedding)에 의해 조직 블록을 제작하였다. 제작된 블록을 상처 중앙 부위를 기준으로 세로 방향으로 절제하여 4~5 μm 두께의 절편으로 제작하였으며 탈파라핀화와 수세를 거친 후 상처 수복 부위의 정확한 구분을 위해 hematoxylin-eosin 이중 염색을 시행하였다.

Hematoxylin-eosin 이중 염색을 통해 제작된 시료를 토대로 결손 부위 측정 프로그램을 활용하여 결손 부위를 측정하였다. 측정 시 먼저 측정부위를 Magna Fire digital camera system (Optronics, Goleta, CA, USA)을 이용하여 촬영한 후, 이 디지털 이미지를 바탕으로 Visus Image Analysis System (Image & Microscope Technology, Daejon, Korea)을 통해 결손 부위의 장경을 측정하였다.

백색 LED 조사군과 비 조사군에서 각각 4개의 조

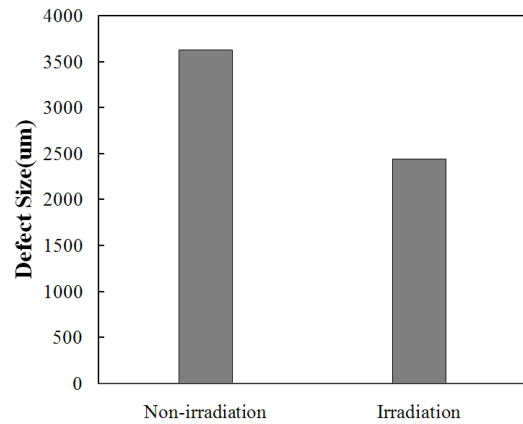


Fig. 4. Result of wound healing.

직 절편을 채취한 후, 평균 장경을 측정하여 그 결과를 그림 4에 나타냈다. 비 조사군의 경우 평균 상처 수복율이 64%였으나 백색 LED 조사군은 결손부의 평균 수복율이 76%로 백색 LED를 조사한 군의 상처 수복이 더 빠르게 이루어짐을 확인하였다. 그림 5에 각 군의 장경 평균값에 근사한 조직 절편의 현미경 이미지를 나타냈다. 각 조직의 상처 부위를 별 (★) 모양으로 표시하였고 두 개의 화살표로 수복되지 않은 상처의 시작과 끝을 나타냈다. 그림 5. (a)는 비 조사군의 조직 절편 이미지, 5. (b)는 백색 LED 조사군의 상처 조직 절편 이미지로 상처의 장경은 각각 3,484 nm, 2,550nm이다.

4. 결론

본 논문은 조명용 광원으로 개발된 백색 LED가 생체에 미치는 영향에 관한 기초 연구로 자체 제작한 백색 LED 조사기를 사용하여 실험동물의 상처치유에 백색 LED 조사가 미치는 효과를 확인하였다.

개발한 백색 LED 조사기를 이용하여 백색 LED의 조도를 확인한 결과, 조사기의 최고 출력에서 19,700 lx (2483 lm)로 이를 실험에 적용하였다.

In vivo test에서 상처치유 효과를 확인하기 위해 상처치료 모델에 표피 및 진피층을 모두 제거한 지름 1 cm 원형의 피부결손 상처를 유발하고 백색 LED 조사군과 비 조사군으로 나누어 실험을 하였다. 백색 LED 조사군은 상처 부위에 백색 LED를 24 시간 간격으로 1 시간씩 9 회 조사하였으며 비 조사군은 자

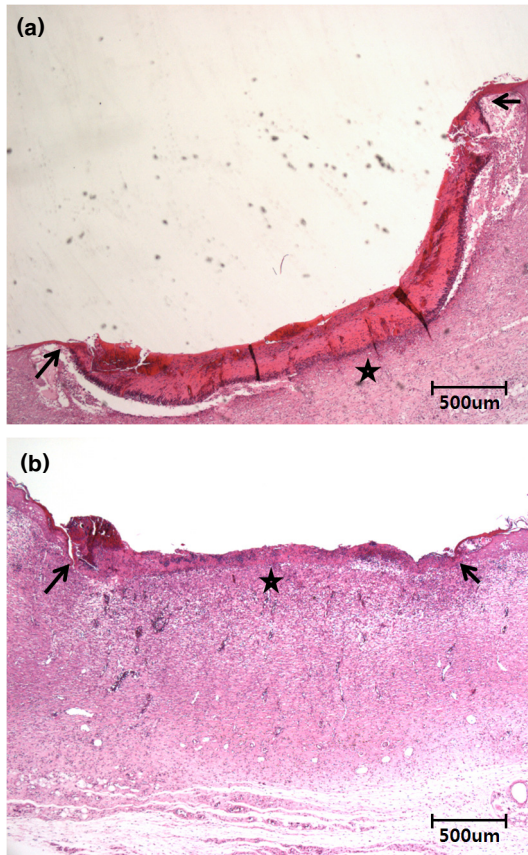


Fig. 5. Microscope image of skin section; (a) None-irradiation tissue, (b) White LED irradiation tissue.

연 치유가 이루어지도록 하였다. 실험 기간 동안 육안으로 두 군 사이의 상처를 비교하였으나 육안 소견으로는 큰 차이가 나타나지 않았다. 따라서 정확한 검사를 위해 상처 부위의 시료를 채취하여 조직화학적 검사를 시행하였다. 조직 시료를 염색한 후 현미경과 이미지 측정 시스템을 사용해 결손부위의 장경을 측

정하여 상처의 수복율을 확인하였다. 비 조사군의 경우 평균 수복율이 64%였으나 백색 LED 조사군의 경우 평균 76%의 수복율을 보여 백색 LED 조사 시 더 빠르게 상처가 치료되는 것을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] 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, *Journal of KIEEME (Korean)* **19**, 1149 (2006).
- [2] J. Turner and L. Hode, *The New Laser Therapy Hand book* (Prima books, Sweden, 2010) p.149.
- [3] D. Bisht, S. C. Gupta, V. Misra, V. P. Mital, and P. Sharma, *Indian J. Med. Res* **100**, 43 (1994).
- [4] Y. sakurai, M. Yamaguchi, and Y. Abiko, *Eur. J. Oral. Sci* **108**, 29 (2000).
- [5] N. Adamskaya, P. Dungal, R. Mittermayr, J. Hartinger, G. Feichtinger, K. Wassermann, H. Redl, and M. V. Griensven, *Injury*. **41**, 1038, (2010)
- [6] J. S. Lee, Y. H. Kim, H. Y. Kang, E. S. Lee, C. H. Oh and Y. C. Kim, *Korean J Dermatol*, **43**, 469 (2005)
- [7] M. W. Cheon, *Journal of KIEEME (Korean)* **21**, 760 (2008).
- [8] M. W. Cheon, and Y. P. Park, *Trans. Electr. Electron. Mater* **11**, 226, (2010)
- [9] O. Moisio, P. Pinho, E. Tetri and L. Halonen, *Proc. 10th. Int. Symposium on the Science & Technology of Light Sources* (eds. G. Zisis) (Inst. of Physics conf. series., Toulouse, France, 2004) p. 375.
- [10] M. W. Cheon, S. H. Kim, K. Y. So, Y. L. Moon, S. P. Mun, Y. P. Park. H. S. Lee, and T. G. Kim, *Journal of KIEEME (Korean)* **20**, 731 (2007).
- [11] S. D. Jee, K. J. Choi, H. K. Kim, and S. H. Lee, *KOSES*, **9**. 353 (2006).