

# 부분적 골 손실 예방을 위한 최소 침습적 레이저 치료 효과 평가

## The evaluation of effects of minimally invasive laser irradiation for treatment of partial bone loss

\*고창용, 강동연, 박선욱, 손태윤, 류연향, 정병조, #김한성

\*C.Y. Ko, D.Y. Kang, S.W. Park, T.Y. Son, Y.H. Ryu, B.J. Jeong, H.S. Kim(hanskim@yonsei.ac.kr)  
연세대학교 의공학부 & 의료공학연구원

Key words : minimally invasive laser irradiation, bone loss, treatment

### 1. 서론

동물을 이용한 생체 내 연구나 세포 실험을 통한 생체의 연구에서 레이저가 골생성 및 골개형에 긍정적인 효과를 보임이 알려져 있다<sup>1-5</sup>. 대부분의 생체 내 연구는 손상된 부위를 노출시켜서 레이저를 조사하여 그 효과를 관찰하였다<sup>1, 2, 4</sup>. 하지만 생체 외부에서 피부를 통하여 레이저를 조사하였을 경우 그 효과에 대해서는 의견이 분분한 실정이며 특히 피질골의 손실없이 해면골의 손실이 발생한 부위에 대하여 피부를 통하여 레이저를 조사하였을 경우 효과는 크지 않음을 보고 하고 있다<sup>6, 7</sup>. 이와 같이 세포나 손상된 조직에 직접적으로 레이저를 조사한 경우와 생체 외부를 통한 간접적으로 조사한 경우의 효과에 대한 차이점은 손상된 부위에 도달하는 에너지의 차이로 기인된 것으로 여겨진다. 레이저를 생체 외에서 조사를 하면 손상된 뼈에 도달하기까지 많은 에너지가 손실되는 것으로 알려져 있다<sup>8</sup>.

이에 따라 본 연구에서는 무부하로 인하여 부분적 골손실에 유발된 동물에게 최초 침습적으로 레이저를 조사하여 레이저의 골손실 방지에 대한 효과를 평가하고 한다.

### 2. 방법

본 연구를 위하여 6 주된 암컷 ICR 쥐 12 마리(24g)를 사용하였다. 무부하로 인한 골손실을 유발하기 위하여 오른쪽 뒤다리의 공동신경을 절제하였다. 그 후 2 주간의 상처 회복 및 골손실을 유발하기 위한 기간을 두었다.

골손실을 확인한 후 레이저 조사군(LASER)과 삼군(SHAM)으로 각각 6 마리씩 나누었다. 레이저 조사군에는 본 연구팀이 고안한 최소 침습 레이저 시스템을 사용하였고(Fig. 1), 이때 총 3J를 에너지를 정강뼈에 하루에 한번씩, 일주일에 5일, 총 2주간 직접적으로 조사하였다.

해면골 및 피질골의 변화를 보기 위하여 생체 내 미세 단층 촬영 시스템(in-vivo micro-CT, Skyscan 1076, SKYSCAN INC., Belgium)을 이용하였고, 공동신경절제술 이전(0 week)과, 공동신경절제술 2 주후 (레이저 자극 가하기 직전, 2 weeks), 공동신경절제술 4 주후 (레이저 자극 가한 2 주 후, 4 weeks)에 오른쪽 정강뼈를 촬영하였다. 촬영된 영상을 이

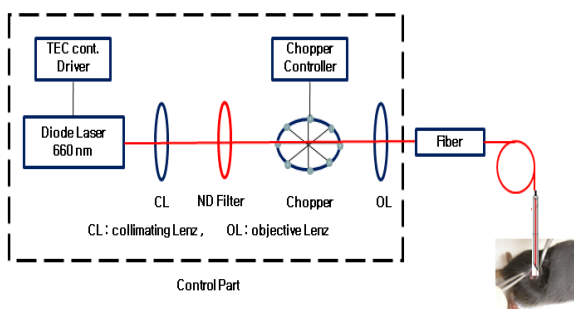


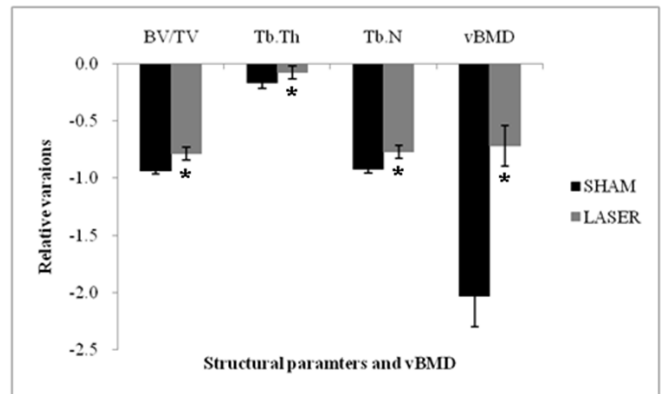
Fig. 1 Minimally invasive laser irradiation system

이용하여 구조적 파라미터(structural parameters) 및 vBMD (volumetric bone mineral density, g/cm<sup>3</sup>)를 계산하였다. 해면골의 구조적 파라미터로 골체적비(BV/TV, %), 골소주의 두께(Tb.Th, mm), 골소주의 개수(Tb.N, 1/mm), 골소주간 거리(Tb.Sp, mm), 해면골의 패턴요소(Tb.Pf, 1/mm)와 구조적 모델 지수(SMI)를 측정하였다. 피질골의 구조적 파라미터로 극관성모멘트(MMI, mm<sup>4</sup>)와 피질골 두께(Cs.Th, mm)를 측정하였다.

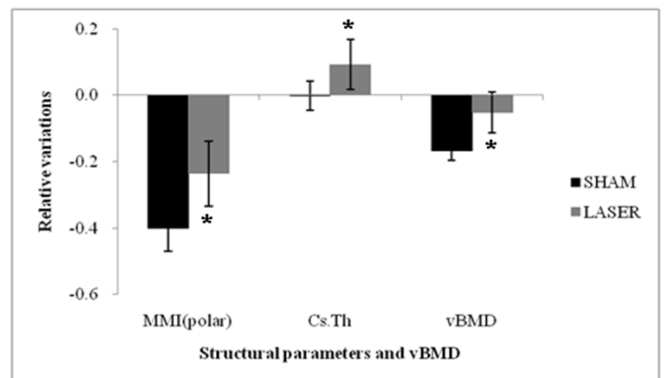
그룹간 차이를 보기 위하여 student t-test(p<0.05)를 시행하였다.

### 3. 결과

레이저 조사군 해면골의 BV/TV, Tb.Th, Tb.N 과 vBMD의 변화율은 삼군에 비하여 각각 57%, 23%, 57%, 11% 유의하게 높았다 (Fig. 2(a), p<0.05). Tb.Th의 분포를 확인하였더니 두 그룹 사이에 차이를 보였다 (Fig. 3(a)). 레이저 조사군의 경우 그 분포가 큰 변화가 없는 경향을 보였다. 이에 반하여 삼군은 얇은 골소주의 분포가 증가하는 경향을 보였다. Tb.Pf와 SMI은 두 그룹 사이에 유의한 차



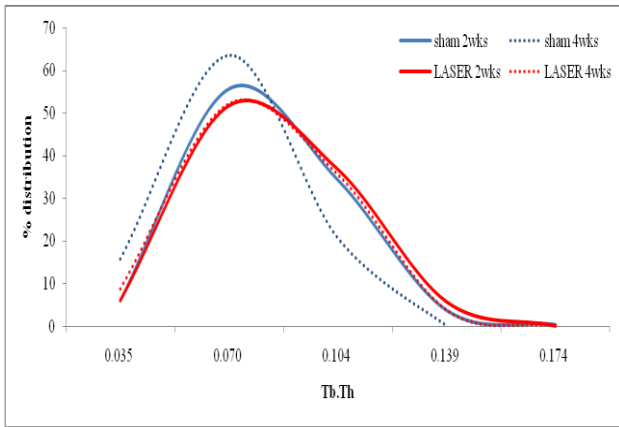
(a) trabecular bone



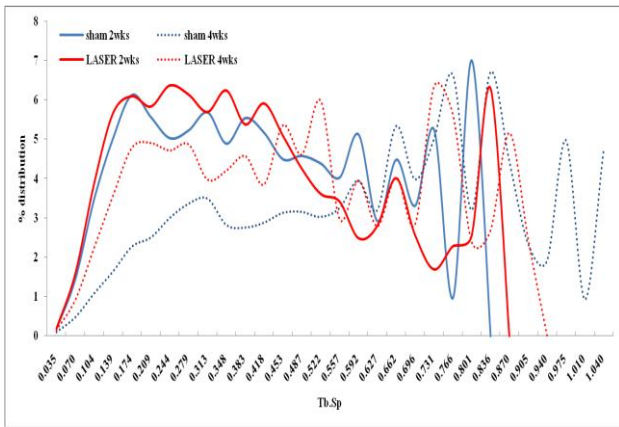
(b) cortical bone

Fig. 2 Structural parameters and vBMD, \*: vs. SHAM group

(p<0.05)



(a) Tb.Th



(b) Tb.Sp

Fig. 3 Distributions of Tb.Th and Tb.Sp

이가 없었다 ( $p>0.05$ ). Tb.Sp의 경우 두 그룹 사이에 유의한 유의한 차이는 없었지만 ( $p>0.05$ ) 분포의 경향이 차이를 보였다. 레이저 조사군의 경우 골소주간의 거리 분포가 큰 변화가 없었지만 삼군의 경우 골소주간의 거리가 멀어지는 경향을 보였다 (Fig. 3(b)). 레이저 조사군의 피질골의 MMI와 vBMD의 변화율은 삼군에 비하여 각각 70%, 220% 유의하게 높았으며 Cs.Th는 102% 유의하게 낮았다 (Fig. 2(b),  $p<0.05$ ).

#### 4. 결론

본 논문에서는 레이저의 무부하로 인하여 발생한 부분적 골손실 치료효과에 대하여 연구하였다. 생체 외에서 레이저를 조사하면 손상된 부위까지 도달할 때 많은 에너지가 손실되므로 이를 보완하기 위하여 본 연구팀에는 손상된 부위에 레이저 프로브를 삽입할 수 있는 시스템을 사용하여 에너지 손실을 최소화 시켰다.

레이저 조사 후 해면골의 BV/TV, Tb.Th, Tb.N, vBMD와 피질골의 MMI, Cs.Th, vBMD는 유의하게 큰 값을 보였다. 또한 Tb.Th의 두께 분포를 보면 레이저 조사군의 경우 그 분포가 변화되지 않지만 삼군의 경우 얇은 부분이 증가하는 경향을 보임을 확인 할 수 있었다. 이와 같이 두께 분포의 경향이 다른 이유는 삼군은 지속적으로 해면골에서 재흡수(resorption)가 진행되고 있으며 레이저 조사군에서는 이와 같은 재흡수가 억제되기 때문으로 사료된다. 또한 Tb.Sp의 분포를 보면 삼군의 골소주간 간격이 레이저 조사군보다 더 멀어지는 것을 확인 할 수 있었다. 이와 같은

구조적 파라미터 및 vBMD의 차이로부터 레이저를 조사하면 해면골 및 피질골의 구조적인 양적 손실 및 질적 손실이 억제되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 해면골과 피질골의 무질골(mineral)의 손실을 방지하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 레이저 단독으로 골손실 치료에 효과가 적다는 Diniz et al.(2008)과 Muniz et al.(2006)의 결과와는 다르다<sup>6,7</sup>. 이와 같은 차이점은 뼈에 도달하는 에너지의 양과 자극 형태가 차이를 보이기 때문에 여겨진다. 기존 연구에서는 체외에서 레이저를 조사하여 많은 양의 에너지 손실이 발생하였을 것으로 사료되며 본 연구에서는 최소 침습 방식을 사용하여 뼈에 직접적으로 레이저를 조사할 수 있는 시스템을 사용하여 뼈에 도달하는 레이저 에너지의 손실을 줄일 수 있었다.

이와 같은 결과로부터 피부를 절개하지 않는 최소 침습적인 레이저는 무부하로 인하여 발생하는 골손실을 예방할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구에는 그 이전에 대한 연구를 수행하지 못하였다. 이에 따라 그 이전에 대한 연구가 필요할 것이다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(10028424)

#### 참고문헌

1. Luger, E. J., "Effect of Low-Power Laser Irradiation on the Mechanical Properties of Bone Fracture Healing in Rats", *Lasers in surgery and medicine*, **22**, 2, 97, 1998.
2. Ohshiro, T., "Low-Reactive Laser Therapy Practical Application", John Wiley & Sons 1991
3. Ozawa, Y., "Low-Energy Laser Irradiation Stimulates Bone Nodule Formation at Early Stages of Cell Culture in Rat Calvarial Cells", *Bone*, **22**, 4, 347, 1998.
4. Trelles, M. A. and Mayayo, E., "Bone Fracture Consolidates Faster with Low-Power Laser", *Lasers Surg Med*, **7**, 1, 36-45, 1987.
5. Yamada, K., "Biological Effects of Low Power Laser Irradiation on Clonal Osteoblastic Cells (Mc3t3-E1)", *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, **65**, 9, 787-99, 1991.
6. Diniz, J. S., Nicolau, R. A., de Melo Ocarino, N., do Carmo Magalhaes, F., de Oliveira Pereira, R. D. and Serakides, R., "Effect of Low-Power Gallium-Aluminum-Arsenium Laser Therapy (830 Nm) in Combination with Bisphosphonate Treatment on Osteopenic Bone Structure: An Experimental Animal Study", *Lasers Med Sci*, 2008.
7. Muniz Renno, A. C., "The Effects of Infrared-830 Nm Laser on Exercised Osteopenic Rats", *Lasers in medical science*, **21**, 4, 202, 2006.
8. Ninomiya, T., Hosoya, A., Nakamura, H., Sano, K., Nishisaka, T. and Ozawa, H., "Increase of Bone Volume by a Nanosecond Pulsed Laser Irradiation Is Caused by a Decreased Osteoclast Number and an Activated Osteoblasts", *Bone*, **40**, 1, 140, 2007.