

돼지에서 CO₂ laser와 외과용 수술도를 이용한 위 절개 시 창상 치유 평가

변홍섭 · 이재연 · 김명철¹

충남대학교 수의과대학

(게재승인: 2013년 8월 8일)

Comparative Study of Wound Healing in Porcine Stomach with CO₂ Laser and Scalpel Incisions

Hong Seob Byun, Jae Yeon Lee and Myung Cheol Kim¹

College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract : We compared wound healing with CO₂ laser incision and scalpel incision by measuring the extent of bleeding, the ease of incision, time, degrees of adhesion and histological observation in pig's stomach. Eight healthy pigs were used. Two symmetrical incisions were made in ventral aspect of the stomach between the greater curvature and lesser curvature were made with scalpel and 2 mm spot diameter CO₂ laser (8W, continuous wave) in eight pigs. And then each wound was closed with absorbable suture in a two-layer inverting seromuscular pattern. At 7 and 14 days after initial wounding, each wound was taken for histological observation. On surgery, the extent of bleeding, the ease of incision and incision time showed significant differences between the two groups. The CO₂ laser provided better hemostasis ($p < 0.01$) and smaller postoperative adhesion compared with the scalpel. However, the scalpel produced faster speed of incision and was easier to handle than the CO₂ laser group ($p < 0.01$). There was no considerable difference between the two groups in histological observation.

Key words : stomach, wound healing, pig, histological observation, CO₂ laser.

서 론

외과용 수술도(scalpel)를 이용한 절개 방법은 사용이 용이하고, 정확하며, 인접한 조직의 손상이 적기 때문에 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나 수술도의 사용은 출혈이 많이 발생하고, 출혈에 따른 술자의 작업 시야에 방해가 많다(9). 최근에는 절개에 따른 출혈 등의 부작용을 줄이기 위하여 laser를 이용한 절개가 이용되고 있다. 특히 피부 봉합에 있어서 CO₂ laser를 이용한 효과가 잘 규명되어 있다(10,15,17).

Laser는 전자기 복사의 유도 방출에 의하여 증폭되어지는 빛이다(22). 따라서 laser를 이용한 절개는, 온열 손상이 나타나고, 이에 따라 창상 수복의 지연이 나타나므로 다양한 잇점에도 불구하고, laser를 이용한 외과 처치는 제한적이었다. Laser는 기본적으로 빛이 조직에 흡수되어 열 에너지로 변환되어 그 작용을 나타낸다. 빛이 조직에 흡수되는 상태는 레이저의 파장, 흡수 물질의 성질, 레이저 빛의 강도, 노출 시간에 따라 다르다. 따라서 적응증에 맞는 파장을 선택하는 것이 중요하며 파장에 따라 침투력이 다르므로 표층 또는 심

층부 등 표적 부위에 따라 파장을 달리하고, 매질에 따라 달리할 수 있다(3,21,22).

일반적으로 외과 영역에서는 CO₂ laser가 많이 이용되고 있는데, CO₂ laser는 10,600 nm의 파장의 빛을 방출한다. 이 파장대의 빛(laser)은 물이나 물을 많이 포함하는 조직에서 에너지가 흡수가 되며, 주변의 조직에서는 큰 손상을 주지 않고, 투과력이 낮아 심부에 손상을 적게 준다(2).

조직의 절개에서 laser energy는 수분을 증발시킨다. 이러한 열에 의한 손상은 창상 치유를 지연시키게 된다(23). CO₂ laser에 의한 열 손상을 최소화시키기 위해서, laser energy 전달 체계에 관한 pulse duration, 반복 사용의 적정성, 절개부의 최소화, 컴퓨터 제어 beam 전달 등의 연구가 이루어져 오고 있다. 개의 구강 점막에서 간헐적이고 짧은 파장의 CO₂ laser가 지속적인 파장의 CO₂ laser보다 열 손상을 적게 일으킨다는 보고가 있다(10). 또한 피부와 점막에 대한 CO₂ laser의 창상 치유와 장력의 비교가 보고되어 있다(5,7,13,14,18). 돼지의 방광과 자궁에서 CO₂ laser를 이용하여 창상을 평가한 보고도 있다(1,12). 그러나 돼지의 위 조직에서 CO₂ laser에 대한 평가는 보고되지 않았다.

본 연구를 통해서 전통적인 외과 수술도와 비교하여 CO₂ laser를 통하여 절개 시, 출혈의 정도, 시술의 용이성, 시술의

¹Corresponding author.
E-mail : mckim@cnu.ac.kr

시간, 수술 후 유착 정도 및 조직학적 검사를 통하여, 돼지 위에서 CO₂ 레이저 창상치유에 미치는 영향을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

Laser 장치

10,600 nm의 파장의 원적외선 레이저를 방출하는 CO₂ laser (Ultra Dream Pulse; DSE, Korea)를 사용하였다. 절개는 0.2 mm 초점 크기, 8W 출력으로 연속파장(continuous wave)을 사용하였다.

실험동물

임상적으로 건강한, 4~6 개월령의 랜드레이스와 요크셔의 교잡종 암돼지 8 두를 실험동물로 사용하였다. 이 돼지들은 충남대학교 부속동물사육장에서 제공되었으며, 체중은 47~50 kg이었다.

전처치와 마취

실험대상 돼지들을 마취 전 24 시간 동안 절식시켰고, 물은 공급하였다. 전마취제로서 atropine sulfate 0.04 mg/kg (Atropine Sulfate®, Huons Co. LTD.)을 근육주사하고, xylazine 4.4 mg/kg (Rompun®, Bayer Korea LTD., Korea)과 tiletamine / zolazepam 6.6 mg/kg (Zoletil®, Virbac Laboratories, France)을 근육주사하여 마취하고, 감염 예방과 통증 완화를 위하여 ampicillin sodium 20 mg/kg (Penbrrok®, 종근당, 한국)과 butorphanol 0.2 mg/kg (Butophan Injection®, 명문제약, 한국)을 정맥주사하였다.

창상의 형성

정중 절개를 통해 개복술을 실시한 후, 위를 노출시켜 위의 대만곡과 소만곡 사이 혈관이 없는 부위에 2 cm 길이의 절개선 2 개를 만들었다. 2 개의 절개선 중 분문부에 가까운 부위는 외과용 수술도(steel scalpel, Bard-Parker No. 10)로, 유문부에 가까운 부위는 CO₂ laser (4W, continuous wave)로 절개창을 만들고, 봉합사(Maxon 3-0, Tyco/healthcare, 영국)로 각각의 절개부를 이중 봉합하였다. 이후 일반적인 방법으로 폐복하였다.

창상 유발의 평가

창상을 형성하기 위하여 각 수술도로 절개 시 출혈의 정도, 시술의 용이성 및 수술 후 유착 정도를 단계에 따라 Table 1과 같이 계량화하여 평가하였다. 또한 수술의 시간도 따로 측정하였다.

조직학적 검사

조직 검사를 위해 수술 후 7 일과 14 일에 실험동물들을 임의로 4 마리씩 나누어, 절개부를 3 × 3 cm 크기로 절제하여 중성 완충 포르말린에 24 시간 고정하였다. 이를 다시 4

Table 1. Criteria used to score wound healing in pig stomach with CO₂ laser and scalpel blade

Criteria	Score	Observation
Extent of bleeding	4	Very severe
	3	Severe
	2	Moderate
	1	Mild
	0	No bleeding
Ease of incision	4	Very easy
	3	Easy
	2	Moderate
	1	Mild difficult
	0	Very difficult
Postoperative adhesion	4	Very severe
	3	Severe
	2	Moderate
	1	Mild
	0	No adhesion

*The worst result was ranked 4 while the best result was ranked 0.

시간 동안 수세한 후, Zenker's solution에 36 시간 고정하고, 수세한 후 탈수하여 파라핀으로 포매하여 5 μm 두께로 절단하였다. Hematoxylin-eosin법으로 염색하여 현미경으로 관찰하고, 창상의 수복을 평가하였다.

통계처리

각각의 수치는 평균 ± 표준편차(mean ± SD)로 산출하였고, 대조군과의 비교는 Student t-test로 통계 처리하여 유의성을 검정하였다.

결 과

CO₂ laser를 이용한 출혈의 정도, 시술의 용이성, 시술의 시간 및 조직의 유착 정도를 평가하였다. 외과용 수술도로 시술한 방법에 비하여 CO₂ laser를 이용하여 시술하게 되면 출혈의 양이 감소하였다(Fig 1, p < 0.01). 외과용 수술도를 이용한 절개부에서 출혈은 3.3 ± 0.46(평균 ± 표준편차)를 나타냈으나, CO₂ laser를 이용한 절개부에서 출혈은 2.1 ± 0.64를 나타내었다. 시술의 용이성은 scalpel을 이용한 절개에서 3.8 ± 0.46에서 CO₂ laser를 이용한 절개 시 2.3 ± 0.46으로 감소하여, CO₂ laser보다 외과용 수술도를 이용한 위 절개시 절개가 용이한 것으로 확인되었다(Fig 2, p < 0.01).

CO₂ laser 절개 소요 시간은 8.0 ± 1.85초에서 15.6 ± 2.56초로 증가하였으며(Fig 3), 유착의 정도는 1.4 ± 1.06에서 1.8 ± 0.89으로 증가하였다(Fig 4). CO₂ laser보다 외과용 수술도를 이용한 위 절개 시 소요되는 시간은 유의성 있게 적

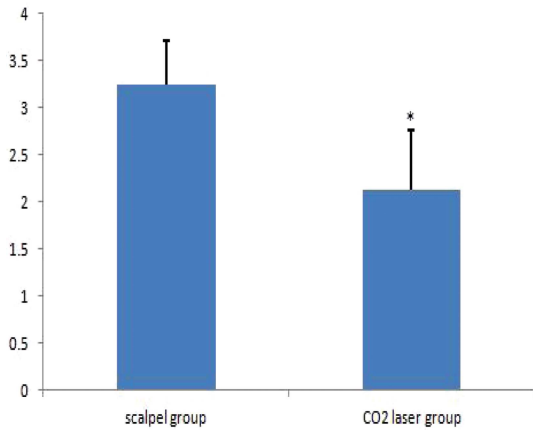


Fig 1. Extent of bleeding by CO₂ laser and scalpel incision. mean ± SD (*p < 0.01).

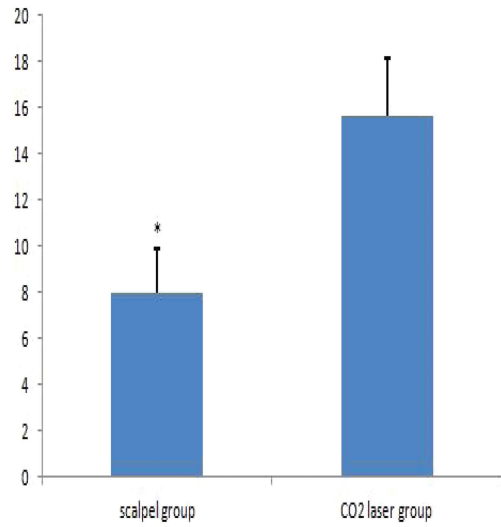


Fig 3. Time (seconds) of incision by CO₂ laser and scalpel incision. mean ± SD (*p < 0.01).

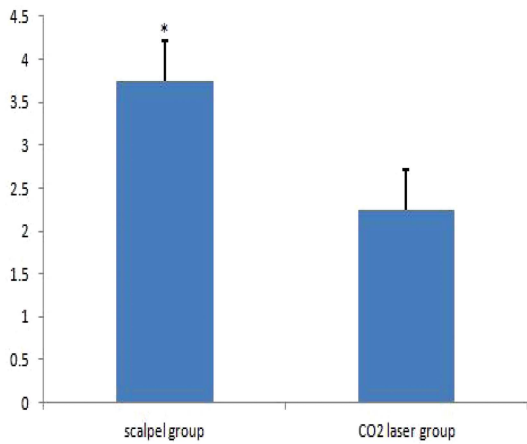


Fig 2. Ease of gastric incision by CO₂ laser and scalpel incision. mean ± SD (*p < 0.01).

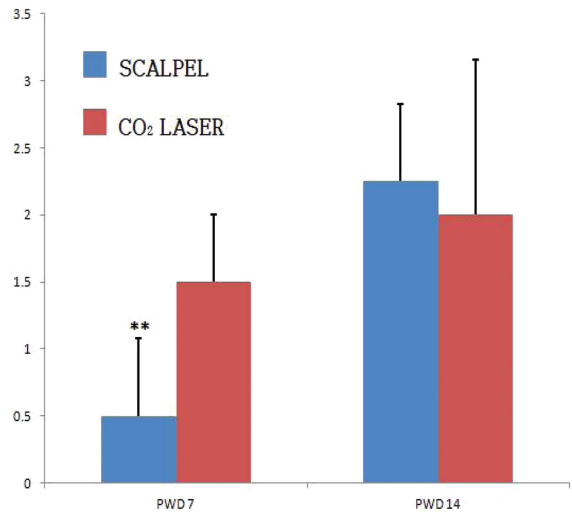


Fig 4. Degree of adhesion by CO₂ laser and scalpel incision. mean ± SD (**p < 0.05, PWD = post wounding day).

었다(p < 0.01). 수술 후 외과용 수술도와 CO₂ laser를 이용해 절개했던 부위의 유착 정도를 평가한 결과, CO₂ laser 절개가 더 유착이 잘 되는 경향이었으나, 군 간의 유의성 있는 차이는 존재하지 않았다(Fig 4).

창상 유발 후 7 일과 14 일에 창상 부위에 대한 조직학적 검사 결과는 Fig 5에 나타내었다. 절개 후 7 일이 경과된 조직에서는 CO₂ laser 군의 출혈이 상대적으로 많았으며, collagen과 염증세포도 많이 발견되었다(Fig 5).

외과용 수술도로 절개한 조직은 염증 세포의 관찰이 더 적었으나, 창상의 유착은 CO₂ laser 군보다 적게 나타났다. 창상의 후기에서 염증 세포가 현저하게 감소하는 것은 창상의 수복이 종료되고, 정상 조직과 유사하게 회복되는 것으로 평가된다(Fig 5).

고 찰

외과용 수술도를 이용하여 절개를 하면 사용이 용이하고, 시간이 단축되며, 조직의 손상이 적다는 장점이 있다. 그러나 출혈로 인한 동물의 stress가 크고 술자의 시야를 제한한

다. 전기 수술도를 사용하면 절개 전에 혈관을 봉합함으로써 지혈의 효과가 있어 전통적 수술도의 대안으로 활용되어 왔다. 전기 수술도가 비록 지혈에 좋으나 치유의 지연과 창상의 장력이 낮고, 조직검사에서 광범위한 염증과 괴사를 보인다. CO₂ laser를 이용하면 출혈을 효과적으로 통제할 수 있어 수술시 시야 확보가 용이하고, 출혈에 따른 동물의 stress를 줄일 수 있으며, 술후 통증의 감소, 상대적으로 치유가 빠르고 말초 조직의 손상이 적다(7,8,14).

CO₂ laser를 사용하여 절개를 하면 레이저의 에너지가 유기 물질에 흡수되는 비율이 높다. 목표 조직에서 에너지 흡수율이 높기 때문에 인접한 다른 조직은 큰 손상을 주지 않는다. 투과력이 낮아 심부 조직에도 영향이 적다(2).

이 연구에서는 돼지에서 외과용 수술도와 CO₂ laser를 이용한 위 절개를 통해 출혈의 정도, 절개 시 용이성, 절개의

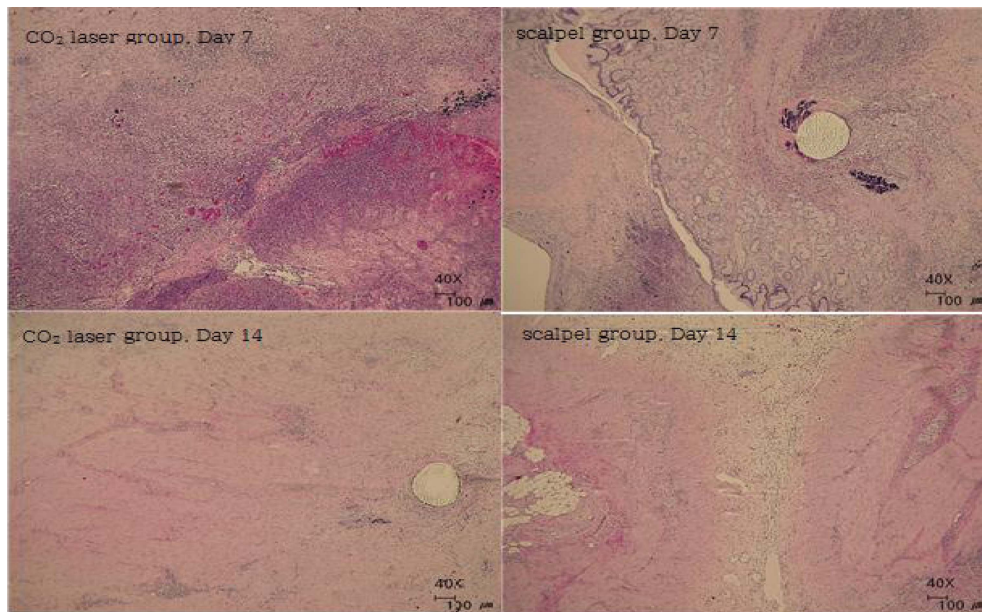


Fig 5. Microscopic findings of stomach. H & E stain. $\times 40$. On the postoperative 7th days, hemorrhage, infiltration of inflammatory cell and granulation tissue formation with fibroblast and incomplete union of serous membrane were observed on the postoperative 14 days, complete union and proliferation of connective tissue were found.

시간, 술 후 절개 조직의 유착 정도를 평가하였다. CO₂ laser를 이용한 절개 방법은 출혈을 감소시킨다($p < 0.01$). Tuffin과 Carruth(24)도 이와 같은 결과를 얻었다. 절개를 할 때 laser 수술도의 경우 즉시 지혈을 하게 되며, 그 원리는 열 손상에 의하여 조직과 혈관이 수축을 일으키기 때문이다. 이러한 장점은 혈관의 분포가 많은 부위 또는 절개시 출혈이 많이 발생하는 실질 장기에서 CO₂ laser는 수술도를 이용한 방법보다 잇점이 많다. 이는 대상 동물이 작거나, 외과 수술 전 심각한 외상이 있어 출혈이 많은 경우에 특히 유용하다. CO₂ laser는 직경 6 mm 이하의 작은 혈관들을 응고시키고, 봉합함으로써 술야를 확보하는데 도움이 된다. 혈관의 분포가 많은 구강 점막이나 실질 장기를 절개시 CO₂ laser가 외과용 수술도에 비해 효과적이다(14,20)

출혈이 현저하게 감소된 반면, 위 절개시 시술의 용이성은 감소하는데(Fig 2, $p < 0.01$), 이는 위, 장 또는 방광 부위를 절개 시에는 laser에 의한 연소 가능성을 피하기 위해서, 수술 부위에 존재할 수 있는 액체 또는 가스를 다른 부위로 추출 또는 제거하는 것이 중요한데, 이러한 시술에 세심한 주의가 요구되기 때문이다(7). CO₂ laser는 절개와 동시에 열 손상에 의하여 조직을 수축시키기 때문에 절개부의 조직이 수술도에 일부 유착되어 저항이 증가하기 때문이다(Fig 4), 또한 지혈을 위한 열 손상의 시간이 필요한 단점이 있다(Fig 3, $p < 0.01$).

여러 가지 단점에도 불구하고, 출혈량이 매우 적고 지혈에 대한 처치가 불필요하여 술자의 추가적인 지혈 횟수가 줄어들게 되어 수술 부위에 따라서 전통적인 외과 수술도와 병행하여 사용하면 유용성이 증가할 것으로 사료된다.

절개 후 조직학적 평가에서 CO₂ laser 군과 외과용 수술

도 군 간의 차이는 크지 않았다. 창상의 초기에서 중기 평가인 절개 후 7 일에 외과용 수술도로 절개한 조직은 염증 세포의 관찰이 더 적었으나, 창상의 유착도는 CO₂ laser 군보다 적게 나타났다. 절개 후 7 일이 경과된 조직에서는 CO₂ laser 군의 출혈이 많았으나 collagen과 염증세포도 많이 발견되었다(Fig 5). 조직의 열 손상에 따른 이물 반응은 조직의 염증 반응을 활성화시키고, 이는 CO₂ laser 군에서 창상 수복의 초기에 치유가 더 활발하게 나타난 것으로 평가된다. 즉, 절개 시 열 손상에 의하여 절개부 조직이 변성되고, 이에 따라 이물 반응이 증가하고, 염증 반응이 활발해진 것으로 사료된다. 창상의 치유에서 초기에 염증 세포, collagen, 섬유아세포 등이 증가하는 것은 창연을 유착시키기도 하나, 조직을 단단하게 결합시켜 치유를 촉진하게 하는 긍정적인 역할을 한다. 창상의 수복 중기에서 말기인 봉합 후 14 일에는 두 군간의 차이가 현미경적으로 보이지 않았다(Fig 5). 창상의 후기에서 염증 세포가 감소하는 것은 창상의 수복이 종료되고, 반흔 조직을 남기며 회복되는 것으로 평가된다. 두 군 간의 평가에서 창상의 후기인 봉합 후 14 일에는 차이가 거의 없는 것으로 평가되어, 수술도의 종류에 따른 두 군 간의 창상의 수복은 초기에는 CO₂ laser를 이용한 절개가 긍정적이나, 후기에는 큰 영향이 없는 것으로 평가된다. 다른 연구에서는 CO₂ laser는 전통적 외과용 수술도를 이용한 절개 방법에 비해 초기 치유 과정이 느리지만 피부 장력과 반흔 형성에는 더 좋은 결과가 나타났다고 보고되었다(6). 이를 확인하기 위해서는 절개 후 20 일 이상 관찰해야 하는 어려움이 있어 본 실험에서는 실시하지 않았다.

Continuous wave CO₂ laser는 외과적 절개를 할 때, 300-2000 μm 의 열 손상을 일으킨다. 이러한 열 손상은 창상 수

복을 지연시킨다. 열 손상을 감소시키기 위해서 spot size, computerized delivery of the laser beam, and specific wavelengths 같은 다양한 기법들이 연구되었다. 특히 continuous wave CO₂ laser와 pulsed CO₂ laser를 비교한 연구에서 pulsed CO₂ laser는 우수하게 평가되어 외과 수술에 이용하기 적합하다(10).

CO₂ laser는 열 손상에 따른 창상 수복의 지연 때문에 임상적 사용이 제한적일 경우가 있다. 이러한 열 손상을 감소시키기 위해서 laser 절개부에 얼음, 냉매, 해열제 등을 이용하기도 한다(11,16,19,20). 또 다른 방법으로는 laser의 간헐적 사용, 적절한 반복 사용, spot size를 감소시키는 방법, micro-spot micromanipulators 및 computer-controlled beam delivery 등을 이용하기도 한다. Walsh 등(24) short-pulsed CO₂ laser가 continuous wave CO₂ laser보다 열 손상을 감소시킨다고 보고하였다.

통상적인 CO₂ laser는 소혈관의 지혈 관점에서 전통적인 외과 수술도보다 우수하다. 또한 고온의 laser beam을 사용함으로써 멸균과 열상의 감소에도 유리하다. 최 등(4)은 구강 연조직의 수술에서 CO₂ laser가 수술도, 열소작술, 냉동수술, 전기수술 같은 기존의 외과적 술식과 비교했을 때, 지혈, 술 후 부종 감소, 세균 집락 감소, 봉합 필요성 감소, 반흔 형성 감소, 술 후 통증 감소 같은 장점들을 보고하였다. 돼지의 위에서 CO₂ laser에 대한 본 연구는 술자의 측면에서 지혈, 절개의 편이성, 수술의 시간, 유착 정도 등을 평가하였다. 따라서 부종, 세균 감염, 통증 등 환자의 측면에 대한 추가적인 연구도 필요하다.

결론

돼지의 위를 CO₂ laser와 외과용 수술도로 절개하여, 절개 방법에 따른 창상의 회복 정도를 평가하였다. 8 마리의 돼지 위에 CO₂ laser와 외과용 수술도로 각각 2 cm의 절개선을 만들어 봉합한 후에 7 및 14 일이 경과한 후에 조직학적으로 평가하였다. 수술 시 출혈, 시술의 용이성, 수술 시간, 유착 정도도 평가하였다. 그 결과 CO₂ laser는 외과용 수술도에 비하여 출혈이 적은 우수한 점이 있으나, 시술의 용이성이 적고 수술 시간이 증가하여 수술에 적용하는 사람의 익숙함이 필요할 것으로 판단되었다. 조직학적으로는 CO₂ laser를 적용한 군에서 창상 7 일에 collagen과 염증 반응이 많았으며, 14 일에는 두 군에서 비슷한 결과를 나타내었다.

CO₂ laser를 이용한 절개는 지혈을 통해서 술자의 시야를 확보하고, 동물에게 더 건강한 수술을 보장해주기 때문에 수술 시간의 지연과 불편함에도 불구하고 내부 장기의 절개 시 추천할 만한 새로운 절개 방법이다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.

2012R1A1A2001573).

참고 문헌

1. 이재연, 정성목, 조성환, 박창식, 김명철. CO₂ laser와 scalpel을 이용한 절개 시 돼지 방광에서의 창상 치유 평가. Korean J Vet Res. 2010; 50: 247-251.
2. 이재연, 황유선, 김한결, 최현석, 정성목, 조성환, 박창식, 김명철. CO₂ laser와 scalpel을 이용한 위 절개 시 개에서의 창상 치유 평가. Korean J Vet Res. 2010; 50: 155-160.
3. 장인수, 신금백. 레이저 치료학. 정담, 서울, 2006: 5-26.
4. 최영찬, 박주현, 안형준. 이산화탄소 레이저(CO₂ laser)를 이용한 치은에 발생한 자극성 섬유종의 치료. 대한구강내과학회지 2010; 35: 119-122.
5. Bailin PL. The CO₂ laser in dermatology. Cleve Clin J Med 1989; 56: 118.
6. Berger N, Eeg PH. Case studies. In: Veterinary Laser Surgery: A Practical Guide, 1st ed. Ames: Blackwell. 2006: 185-223.
7. Buell BR, Schuller DE. Comparison of tensile strength in CO₂ laser and scalpel skin incisions. Arch Otolaryngol 1983; 109: 465-467.
8. Finsterbush A, Rousso M, Ashur H. Healing and tensile strength of CO₂ laser incisions and scalpel wounds in rabbits. Plast Reconstr Surg 1982; 70: 360-362.
9. Fisher SE, Frame JW, Browne RM, Tranter RM. A comparative histological study of wound healing following CO₂ laser and conventional surgical excision of canine buccal mucosa. Arch Oral Biol 1983; 28: 287-291.
10. Fitzpatrick RE, Goldman MP, Satur NM, Tope WD. Pulsed carbon dioxide laser resurfacing of photo-aged facial skin. Arch Dermatol 1996; 132: 395-402.
11. Hambley R, Hebda PA, Abell E, Cohen BA, Jegasothy BV. Wound healing of skin incisions produced by ultrasonically vibrating knife, scalpel, electrosurgery, and carbon dioxide laser. J Dermatol Surg Oncol 1988; 14: 1213-1217.
12. Lee JY, Park CS, Cho SW, Jeong SM, Kim MC. Comparative study of wound healing in porcine uterus with CO₂ laser and scalpel incisions. J Vet Clin 2009; 26:563-567.
13. Lee JY, Cho SW, Park CS, Kim MC. Comparison of wound healing in porcine skin with continuous-wave and pulsed mode CO₂ laser incisions. J Vet Clin 2010; 27: 647-651.
14. Liboon J, Funkhouser W, Terris DJ. A comparison of mucosal incisions made by scalpel, CO₂ laser, electrocautery, and constant-voltage electrocautery. Otolaryngol Head Neck Surg 1997; 116: 379-385.
15. Manuskiatti W, Fitzpatrick RE, Goldman MP. Long-term effectiveness and side effects of carbon dioxide laser resurfacing for photoaged facial skin. J Am Acad Dermatol 1999; 40: 401-411.
16. Molgat YM, Pollack SV, Hurwitz JJ, Bunas SJ, Manning T, McCormack KM, Pinnell SR. Comparative study of wound healing in porcine skin with CO₂ laser and other surgical modalities: preliminary findings. Int J Dermatol 1995; 34: 42-47.
17. Ross EV, Miller C, Meehan K, Pac, McKinlay J, Sajben P, Trafeli JP, Barnette DJ. One-pass CO₂ versus multiple-pass Er:YAG laser resurfacing in the treatment of rhytides: a comparison side-by-side study of pulsed CO₂ and Er: YAG lasers. Dermatol Surg 2001; 27: 709-715.

18. Simhon D, Brosh T, Halpern M, Ravid A, Vasilyev T, Kariv N, Katzir A, Nevo Z. Closure of skin incisions in rabbits by laser soldering: I: wound healing pattern. *Lasers Surg Med* 2004; 35: 1-11.
19. Sinha UK, Gallagher LA. Effect of steel scalpel, ultrasonic scalpel, CO₂ laser, and monopolar and bipolar electrosurgery on wound healing in guinea pig oral mucosa. *Laryngoscope* 2003; 113: 228-236.
20. Speyer M, Joe J, Davidson JM, Ossoff RH, Reinisch L. Thermal injury patterns and tensile strength of canine oral mucosa after carbon dioxide laser incisions. *Laryngoscope* 1996; 106: 845-850.
21. Takac S, Stojanovi S, Muhi B. Types of medical lasers. *Med Pregl* 1998; 51: 146-150.
22. Takac S, Stojanovi S. Characteristics of laser light. *Med Pregl* 1999; 52: 29-34.
23. Tuffin JR, Carruth JA. The carbon dioxide surgical laser. *Br Dent J* 1980, 149, 255-258.
24. Walsh JT Jr, Flotte TJ, Anderson RR, Deutsch TF. Pulsed CO₂ laser tissue ablation: effect of tissue type and pulse duration on thermal damage. *Lasers Surg Med* 1988; 8: 108-118.