

<원 저>

CO₂ 레이저와 scalpel을 이용한 위 절개 시 개에서의 창상 치유 평가

이재연¹ · 황유선¹ · 김한결¹ · 최현석¹ · 정성목¹ · 조성환¹ · 박창식² · 김명철^{1,*}

¹충남대학교 수의과대학, ²충남대학교 동물자원학부, 형질전환 복제돼지 연구센터
(게재승인: 2010년 6월 7일)

Comparative study of wound healing in canine stomach with CO₂ laser and scalpel incisions

Jae-Yeon Lee¹, You-Sun Hwang¹, Han-Kyul Kim¹, Hyun-Suk Choi¹, Seong-Mok Jeong¹, Sung-Whan Cho¹, Chang-Sik Park², Myung-Cheol Kim^{1,*}

¹College of Veterinary Medicine, and ²Division of Animal Science & Resources, Research Center for Transgenic Cloned Pigs, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Accepted: June 7, 2010)

Abstract : The objective of this study was to compare wound healing in stomach with CO₂ laser and scalpel incision by measuring the extent of bleeding, the ease of gastric incision, incision time, degree of adhesion and wound healing degree in dogs. Sixteen healthy dogs were used. Two symmetrical incisions were made in ventral aspect of the stomach between the greater and lesser curvatures were made with scalpel and 0.2 mm spot diameter CO₂ laser (8 W, continuous wave) in sixteen dogs. And then each wound was closed with absorbable suture in a two-layer inverting seromuscular pattern. At 3, 7, 14 and 21 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 groups. The CO₂ laser provided better hemostasis ($p < 0.05$) 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 ($p < 0.05$). Although there was no considerable difference between the two groups in histological observation, necrosis and calcium deposit tended to be larger in the CO₂ laser than in the scalpel.

Keywords : CO₂ laser, dog, gastric incision, wound healing

서 론

외과용 수술도를 이용한 전통적인 절개 방법은 사용상의 용이함과 정확성, 인접조직으로의 최소 손상등의 이점으로 인해 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 절개에 따른 출혈과 같은 부작용을 최소화하기 위해 다른 방법으로 대체되고 있다. 이 중 레이저는 절개부와 직접적인 접촉 없이 절개 할 수 있다는 것 외에도 여러 가지 장점들에 의해 전통적 절개방법에 대한 대안으로 생각되고 있으며, 외국에서는 많은 임상적 적용이 이루어지고 있다 [2, 4, 5, 8, 9, 13].

레이저는 “light amplification by stimulated emission of radiation”의 약자로 전자기 복사의 유도방출에 의해 증폭되어진 빛으로 정의되어진다 [12]. 이는 1917년 아인슈타인이 그의 논문에서 유도방출이라는 용어를 최초로 사용하였으며, 1950년대에 타운즈, 샤블로브 등에 의해 많은 이론적 발전이 이루어졌다. 그리고나 1960년에 이르러 마이만에 의해 루비 결정체로부터 최초의 레이저가 개발되었으며, 오늘날에는 여러 분야에서 여러 종류의 레이저가 이용되고 있다.

레이저는 하나의 파장만을 가지고 있고(monochromaticity), 서로 간섭성이 없으며 모두 일정한 방향성을 가

*Corresponding author: Myung-Cheol Kim

College of Veterinary Medicine, Research Center for Transgenic Cloned Pigs, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
[Tel: +82-42-821-6757, Fax: +82-42-821-8903, E-mail: mckim@cnu.ac.kr]

지고(coherence), 보통의 빛과는 달리 좁고 일정한 방향으로 가서 원하는 조직에 집중이 가능하다는(collimation) 3가지 특징을 가지고 있다.

모든 레이저는 크게 에너지원, 활성매질, 광공진기의 3가지 요소로 구성되어 있다. 에너지원은 전자나 원자를 들뜬 상태로 유지시킬 수 있도록 펌핑 해주는 역할을 하고, 활성매질은 에너지원으로부터 공급된 에너지를 밀도반전('에너지를 방출하는 들뜬 원자의 밀도가 안정된 원자의 밀도보다 많은 상태') 형태로 보존하는 역할을 하며, 광공진기는 빛을 증폭시키고, 결맞는 상태로 만드는 역할을 한다 [2].

의료용으로 이용되는 레이저에는 출력에 따라 고출력 레이저와 저출력 레이저로 나눌 수 있다. 이 중 조직제거나 절제 등의 조직 손상 및 파괴를 주목적으로 외과 영역에서 사용되는 것은 고출력 레이저로 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저가 있다. 또한 매질에 따라 고체, 가스, 액체, 반도체 레이저 4가지로 구분하기도 한다 [1].

레이저는 기본적으로 레이저 빛이 조직에 흡수되어 열에너지로 변환되어 그 작용을 나타낸다는 특징을 이용하며, 각각의 레이저는 매질에 따라 고유한 파장을 갖기에 각기 다른 임상분야에서 사용되고 있다 [9]. 빛이 조직에 흡수되는 상태는 레이저의 파장, 흡수물질의 성질, 레이저 빛의 강도, 노출 시간에 따라 다르다. 적응증에 따라 알맞은 파장을 선택하는 것은 매우 중요하며, 파장에 따라 다른 침투력을 보일 수 있기 때문에 표층 또는 심부 등 표적부위에 따라 다른 파장을 선택해야 할 것이며, 이는 매질을 달리함으로써 변경할 수 있다 [2, 12, 13]. 또한 어떤 파장을 쓰더라도 적응증에 따라 적당한 용량을 조사해야만 효과를 보일 수 있다. 조사량은 조직의 표면에서 흡수되는 에너지의 양을 의미하며, 레이저의 [출력(W) × 시간(t)/조사한 면적(cm²)]으로 표현된다 [2]. 이 중 CO₂ 레이저는 피부절개 등과 같은 일반 외과 영역 및 피부가 영역에서 많이 이용되고 있다. 10,600 nm의 파장을 가진 적외선 스펙트럼 영역의 빛을 방출하는 이 레이저는 강한 출력을 가지고 있지만, 긴 파장대의 빛을 방사하기에 주로 물이나 물을 많이 포함하는 조직에서 에너지 흡수가 되어 작용을 나타내게 된다. 즉, 목표조직에서 에너지의 흡수율이 크기 때문에 인접한 다른 조직에는 큰 손상을 주지 않고 또 투과력이 낮아 깊은 조직을 손상시키지 않는 특징을 갖는다.

또한 CO₂ 레이저는 초점이 맞춰진 상태에서는 조직을 깨끗하게 절제할 수 있고, 탈 초점된 상태에서는 적절한 지혈과 함께 조직을 절제할 수 있다. 또한, 직경이 작은 (< 6 mm) 혈관들을 응고시키고, 봉합으로써 술야 확보를 더 향상시킬 수 있으며, 림프관도 봉해지므로 술 후의 부종과 통증완화에도 도움이 된다 [12].

수의학 분야에서 레이저에 관한 논문은 대부분이 어렵게도 수의사들의 일상적인 관심분야가 아닌 쥐나 생쥐, 토끼나 모르모트를 대상으로 한 연구이다. 이에 개를 대상으로 한 연구가 필요한 실정이다. 또한 CO₂ 레이저의 장점을 이용해 현재 피부 [3, 5]와 점막 [8, 10] 부위에서 여러 동물들을 이용해 외과용 수술도와 창상치유정도나 장력의 비교를 통한 연구가 보고되고 있다. 개에서의 위 절개술은 이물외제거, 종양 또는 궤양에 관한 위점막의 검사, 그리고 위 생검을 위하여 수행된다. 그러나 아직 CO₂ 레이저를 이용한 위 절개에 관한 보고에는 접하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 CO₂ 레이저를 이용해 시도되지 않았던 위절개 수술을 실시함으로써 수술 중의 출혈정도와 수술방법의 용이함, 수술 후의 창상치유 등을 외과용 수술도와 비교·평가하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

실험동물

3~4년령 혼혈종의 16마리 개를 실험동물로 사용하였다. 체중은 9±3 kg이었으며, 실험환경에 적응시키기 위해 일반 개 사료와 물을 하루에 두 번, 아침·저녁으로 공급하고, 케이지 내에 운동제한을 하지 않고 개별사육하였다. 모든 실험 동물은 Institute of Laboratory Animal Resources의 'Guide for the Care and Use of Laboratory Animal'(1996, USA)에 준하여 취급하였으며 동물실험은 충남대학교 수의과대학 동물실험윤리위원회(CNU Animal Care and Use Committee)의 승인하에 수행되었다.

전처치와 마취

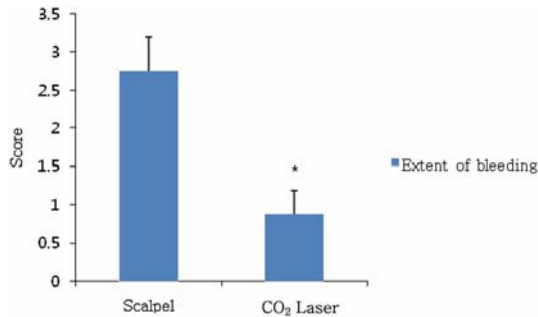
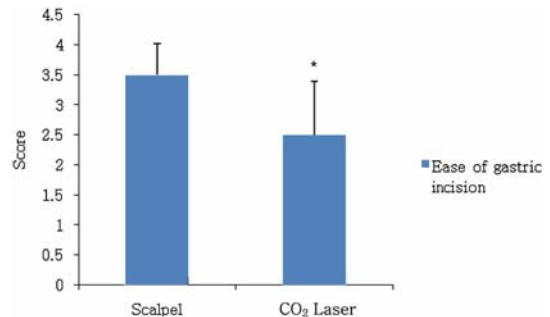
실험견들은 마취 24시간 전부터 절식시키고, 물은 6시간 전까지 공급하였다. 전마취제로 atropine sulfate(황산아트로핀; 제일약품, 한국)을 0.04 mg/kg으로 피하 주사하였고, thiopental sodium(펜토탈소디움; 중외제약, 한국)을 15 mg/kg으로 정맥주사하여 마취를 유도한 후 100% 산소 하에서 isoflurane(중외포란액; 중외제약, 한국) 1.5 MAC으로 마취를 유지하였다. 마취 후 실험견을 양외위 자세로 보정한 뒤 무균적으로 술야를 준비하였다.

수술 방법

개복술 후 위를 노출시켜 위의 대만곡과 소만곡 사이에 각 2 cm 길이의 2개의 직선 절개선을 만들었다. 절개는 절개부를 평평하게 유지하기 위해 stay suture를 한 뒤 대만곡과 소만곡사이에 혈관이 없는 부위 중, 분문부에 가까운 절개선은 외과용 수술도를 이용하며, 유문부

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

Criteria	Score	Observation
Extent of bleeding (The worst result was ranked 4 while the best result was ranked 0)		
	4	Very severe
	3	Severe
	2	Moderate
	1	Mild
	0	No bleeding
Ease of incision (The worst result was ranked 0 while the best)		
	4	Very easy
	3	Easy
	2	Moderate
	1	Mild difficult
	0	Very difficult
Postoperative adhesion (The worst result was ranked 4 while the best result was ranked 0)		
	4	Very severe
	3	Severe
	2	Moderate
	1	Mild
	0	No adhesion

**Fig. 1.** Extent of bleeding by CO₂ laser and scalpel incisions. Data are expressed as mean ± SD. *Significantly different from scalpel ($p < 0.05$).**Fig. 2.** Ease of gastric incision by CO₂ laser and scalpel. Data are expressed as mean ± SD. *Significantly different from scalpel ($p < 0.05$).

에 가까운 절개선은 CO₂ 레이저(Ultra-30 plus, 10.6 μm wavelength; 유니온메디칼, 한국)를 이용하여 0.2 mm의 spot size 8 W 출력의 연속파로 만들었다. 절개를 확인한 뒤 즉시 polyglyconate 봉합사(Maxon 3-0; Tyco Healthcare, UK)를 이용하여 절개부를 이중봉합하였다. 이후 일반적인 방법으로 폐복하였다.

절개 시의 출혈 정도, 용이성, 소요시간

절개 시의 출혈 정도와 수술방법의 용이함에 대해 Liboon 등[8]의 기준에 준하여 등급을 나누었고(Table 1), 절개 시 소요시간을 측정하였다.

유착 정도와 조직학적 평가

술 후에는 창상치유 정도를 평가하기 위해 절개했던 부위를 육안적으로 관찰하고, 등급을 나누어 평가하였다(Table 1).

술 후 실험견들을 임의로 4마리씩 4그룹으로 나눈 후, 각각 술 후 3, 7, 14, 21일 후에 조직학적 검사를 위해 절개부 조직을 3 cm × 3 cm 크기로 절제하여 중성완충 포르말린에 고정하였다. 고정이 끝난 조직들은 일반적인 조직처리과정을 거쳐 hematoxylin and eosin 염색하여 광학현미경으로 관찰하였으며, 이를 통해 위점막의 재생피화, 육아직 형성, 염증세포 및 섬유아세포 형성 등을 통해 창상치유 정도를 평가하였다.

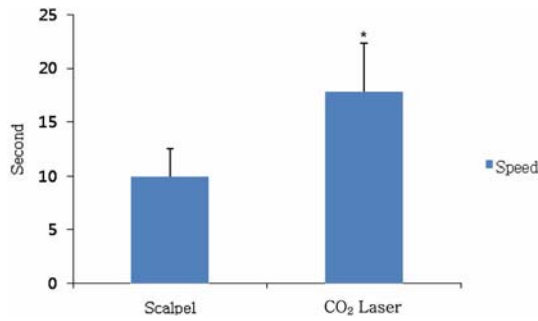


Fig. 3. Speed of incision by CO₂ laser and scalpel. Data are expressed as mean \pm SD. *Significantly different from scalpel ($p < 0.05$).

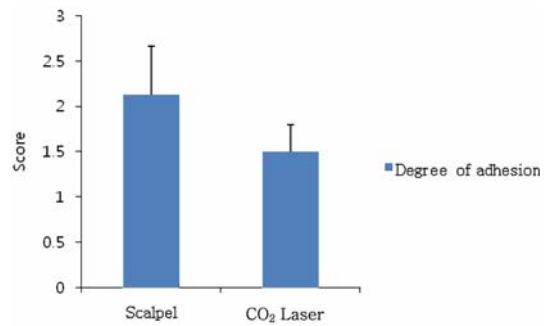


Fig. 4. Degree of adhesion by CO₂ laser and scalpel. Data are expressed as mean \pm SD.

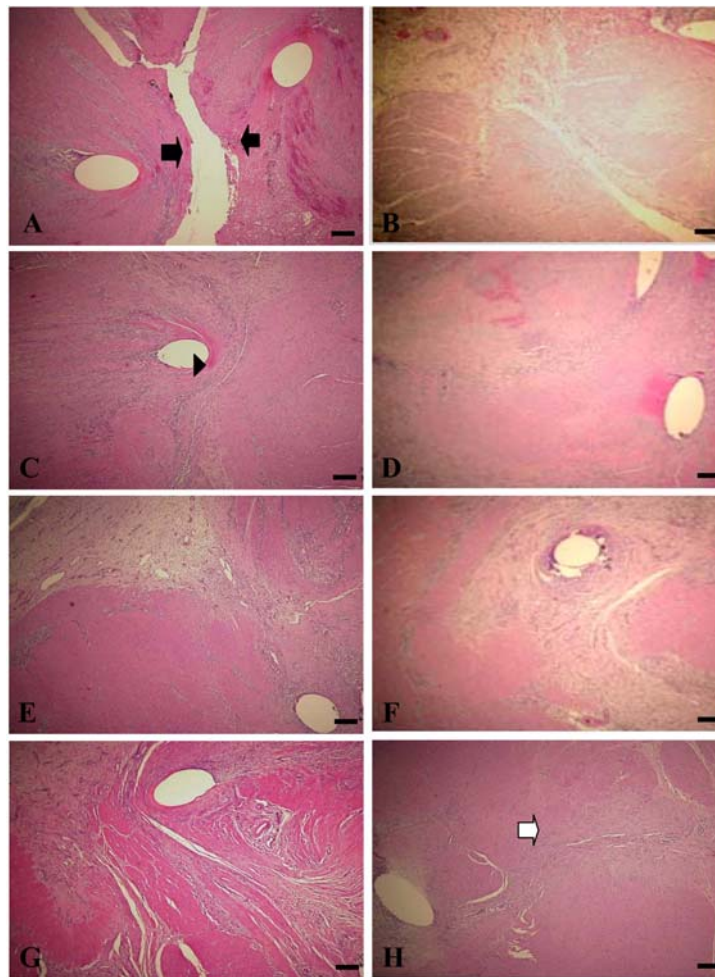


Fig. 5. Microscopic findings of stomach. H&E, $\times 40$. Bar = 100 μ m. (A) Day 3, blade. (B) Day 3, CO₂ laser. (C) Day 7, blade. (D) Day 7, CO₂ laser. (E) Day 14, blade. (F) Day 14, CO₂ laser. (G) Day 21, blade. (H) Day 21, CO₂ laser. On the postoperative 3 and 7th days, hemorrhage, infiltration of inflammatory cell and granulation tissue formation with fibroblast (arrows) and incomplete union of serous membrane were observed (arrowhead). On the 14 and 21st days, complete union and proliferation of connective tissue were almost found. Abundant necrosis with calcium deposits (white arrow) were more observed in the lesion by incision with CO₂ laser than scalpel.

통계처리

실험결과와 통계분석을 위하여 SPSS(version 12.0.1; SPSS, USA) 프로그램을 사용하였다. 각각의 수치는 평균 \pm 표준편차(mean \pm SD)로 표시하였다. 군간 비교를 위해 Student's *t*-test를 사용하였다($p < 0.05$).

결 과

외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용한 위절개 시의 출혈 정도, 절개 시의 용이성, 절개 시의 속도 그리고 조직 sampling에서 절개부위의 유착정도와 조직검사상 소견은 다음과 같다.

출혈 정도와 용이성, 절개소요시간

외과용 수술도보다 CO₂ 레이저를 이용한 위절개 시 유의성 있게 출혈이 적은 것으로 확인되었다(Fig. 1). 그리고 CO₂ 레이저보다 외과용 수술도를 이용한 위 절개 시 유의성 있게 절개가 용이한 것으로 확인되었다(Fig. 2). 또한 CO₂ 레이저보다 외과용 수술도를 이용한 위 절개 시 유의성 있게 소요시간이 적은 것으로 확인되었다(Fig. 3).

유착 정도와 창상치유 정도

술 후 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용해 절개했던 부위의 유착정도를 평가한 결과 군간의 유의적인 차이는 존재하지 않았다(Fig. 4). 술 후 3일째에는 외과용 수술도와 CO₂ 레이저에 의한 절개 부위 모두에서 대체적으로 유합이 거의 이루어지지 않았으며, 출혈 및 염증 세포 침윤, 괴사가 관찰되었다. 술 후 7일째에는 육아 조직 증식이 관찰되었으나 장막 부위는 불완전하게 유합된 것이 관찰되었다. 술 후 14일, 21일에는 유합이 거의 완전하게 이루어졌으며, 결합조직들이 대부분 증식되었으나, 근육층의 재생은 관찰되지 않았다(Fig. 5).

이와 같이 술 후 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용해 절개했던 부위의 조직학적 검사를 통한 창상치유 정도 평가에서는 뚜렷한 차이점은 관찰되지 않았다.

하지만 대체적으로 외과용 수술도에 비해 CO₂ 레이저로 절개한 부위가 열손상에 의한 괴사 및 칼슘침착이 넓게 관찰되었다.

고 찰

외과용 수술도를 이용한 절개 시 빠르게 이루어질 수 있고 조직손상도 덜하며 빠른 치유를 보인다는 장점이 있지만 다른 기구들에 비해 출혈이 많아 수술적 시야를 방해함으로써 적절한 노출이 힘들다는 단점이 존재한다

[5, 6]. 이러한 단점을 보완할 수 있는 것으로 electrosurgery가 대안이 될 수 있는데 electrosurgery는 절개 전에 혈관을 봉합으로써 향상된 지혈효과를 나타낼 수 있으나 외과용 수술도와 비교해 치유의 지연과 wound strength가 낮으며 조직검사에서 광범위한 염증과 괴사를 보인다. 이에 비해 CO₂ 레이저는 말초조직에의 손상이 더 적고 그로 인해 술 후 통증의 감소, 상대적으로 빠른 치유, 덜한 출혈 등으로 널리 받아들여져 이용되고 있다 [8].

CO₂ 레이저의 장점 중 하나는 레이저의 에너지가 물과 유기물질에 흡수되는 비율이 높다는 사실이다. 목표 조직에서 에너지 흡수율이 크기 때문에 인접한 다른 조직에는 큰 손상을 주지 않고 또 투과력이 낮아서 깊은 조직을 손상시키지도 않는다. 때문에 주변 조직에 손상을 주지 않으면서 치료를 하려는 조직의 층을 하나하나 제거할 수 있다. 또한 레이저 수술은 수술 과정에서 작은 혈관들의 혈액을 응고시켜서 지혈을 시키는 효과를 동시에 거둘 수 있는 장점도 있다 [2, 14].

이에 본 실험은 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용한 위절개를 통해 출혈 정도, 절개 시 용이성, 절개 시간, 술 후 절개조직의 유착정도를 평가하였다. CO₂ 레이저는 예비실험을 통해 위절개시 적절한 시간과 적절한 출력을 갖는 조건을 찾아 0.2mm 초점의 CO₂ 레이저로 8 W 출력의 연속파로 위절개를 실시하였다.

본 실험에서 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용한 위절개 시 출혈 정도는, CO₂ 레이저가 유의성 있게 적은 출혈을 나타내었다. 이러한 결과는 Tuffin과 Carruth [14]의 보고와 일치되는 소견이었다. 외과용 수술도를 이용한 절개 시 거의 모든 개체에서 출혈이 중등도에서 심한 정도까지 나타난 반면에 CO₂ 레이저를 이용한 절개에서는 출혈이 거의 발생하지 않았다. CO₂ 레이저는 직경이 작음(< 6mm) 혈관들을 응고시키고, 봉합으로써 술야 확보를 더 향상시킬 수 있다. 따라서 일반적으로 혈관 분포가 많은 구강 점막 등의 부위 절개 시 CO₂ 레이저가 외과용 수술도에 비해 술야 확보 및 지혈에 더 효과적일 수 있다고 생각된다 [8, 11].

본 실험에서 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용한 위절개 시 용이성과 절개 속도에 있어서 유의적인 차이를 보였다. 이는 외과용 수술도가 CO₂ 레이저보다 더 빠르고 용이하게 절개할 수 있다는 것을 말해준다. 또한 이러한 결과는 Lee 등 [7]의 돼지 자궁에서의 CO₂ 레이저 연구보고와 유사한 소견이었다. 하지만 이는 CO₂ 레이저가 널리 사용되고 있지 않다는 점과 사용에 있어서 술자의 숙련도와 밀접한 관련이 있다는 점으로 미루어보아 앞으로 여러 분야에 응용되면서 그 차이를 줄일 수 있다고 생각한다.

실험 후 조직sampling을 통한 유착정도의 평가에서는 외과용 수술도와 CO₂ 레이저 사이에서 유의성이 없는 결과가 나왔는데, 이는 개체에 따라 편차가 매우 컸기 때문이라고 생각된다.

조직검사에서 창상치유 정도는 전반적으로 외과용 수술도 및 CO₂ 레이저에 의해 절개된 경우 모두에서 뚜렷한 차이점은 관찰되지 않았지만 괴사 및 칼슘침착이 CO₂ 레이저에 의해 절개된 경우에서 더 넓게 나타났다. 또한 두 가지 모두에서 근육층은 완전히 재생되어 있지 않았으며, 반흔 조직들이 차있었다. 일반적으로 근육의 재생은 다른 조직들에 비해 상대적으로 느리게 일어나는데 본 실험의 경우 술 후 21일까지만 평가하였기 때문에 이를 확인하기 어려웠던 것으로 생각된다.

본 실험에서는 외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용하여 출혈정도, 절개 시 용이성, 절개 속도, 술 후 절개 조직의 유착정도 및 창상치유 정도에 대해 평가하여, 이전에 알려진 각각의 특징들에 대해 재확인할 수 있었다. 피부와 같은 조직들에 비해 내부장기의 외과적 수술에 있어서의 CO₂ 레이저의 이용에 대한 연구는 현재까지 미약하지만, 본 실험을 통해 적절한 출력 및 술자의 숙련도가 뒷받침 된다면 어느 정도 적용될 수 있을 것이라고 생각한다. 따라서 향후 CO₂ 레이저의 이용영역을 넓히기 위해서는 이에 대한 지속적이고 더 많은 연구들이 이루어져야 할 것이다.

결 론

외과용 수술도와 CO₂ 레이저를 이용하여 위절개수술을 실시함으로써 수술 중의 출혈 정도와 수술방법의 용이함, 수술 후의 창상치유 등을 비교·평가하기 위해 본 연구를 실시하였다. 건강한 3~4년령의 혼혈종 16마리의 개를 실험동물로 사용하였다. 외과용 수술도와 0.2 mm 초점의 CO₂ 레이저(8 W, continuous wave)를 사용하여 실험견의 위의 대만곡과 소만곡 사이를 절개한 결과, 출혈정도 및 절개의 용이함, 절개속도에서 유의적인 차이가 나타났다. 이상의 결과로 CO₂ 레이저를 이용한 위 절개에서 창상치유와 수술방법의 용이함에 있어서는 외과용 수술도에 의한 절개가 더 나았지만, CO₂ 레이저를 이용한 위 절개의 경우에도 시간이 지남에 따라 대부분의 창상치유가 이루어졌으며, 또한 수술 중 지혈 및 술야 확보에는 더 나은 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로

로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2010-0001358).

참고문헌

1. 계영철. 레이저치료의 임상적 적용. 가정의학회지 1996, **17**, 38-43.
2. 장인수, 신금백. 레이저 치료학. pp. 5-26, 정담, 서울, 2006.
3. **Bailin PL.** The CO₂ laser in dermatology. Cleve Clin J Med 1989, **56**, 118.
4. **Berger N, Eeg PH.** Case studies. In: Veterinary Laser Surgery: A Practical Guide. 1st ed. pp. 185-223, Blackwell, Ames, 2006.
5. **Buell BR, Schuller DE.** Comparison of tensile strength in CO₂ laser and scalpel skin incisions. Arch otolaryngol 1983, **109**, 465-467.
6. **Finsterbush A, Rouso M, Ashur H.** Healing and tensile strength of CO₂ laser incisions and scalpel wounds in rabbits. Plast Reconstr Surg 1982, **70**, 360-362.
7. **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.
8. **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.
9. **Polanyi TG.** Physics of surgery with lasers. Clin Chest Med 1985, **6**, 179-202.
10. **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.
11. **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.
12. **Takac S, Stojanović S.** Characteristics of laser light. Med Pregl 1999, **52**, 29-34.
13. **Takac S, Stojanović S, Muhi B.** Types of medical lasers. Med Pregl 1998, **51**, 146-150.
14. **Tuffin JR, Carruth JA.** The carbon dioxide surgical laser. Br Dent J 1980, **149**, 255-258.