

비글견의 피부절개를 위한 CO₂ 레이저의 출력 결정

신범준 · 정현웅 · 손화영 · 정주영 · 박성준 · 김명철 · 정성목¹

충남대학교 수의과대학 · 동물외과학연구소

(게재승인: 2008년 9월2일)

Determination of CO₂ Laser Output Power for the Skin Incision in Beagle Dogs

Beom-Jun Shin, Hyun-Woong Jeong, Hwa-Young Son, Ju-Young Jung,
Seong-Jun Park, Myung-Cheol Kim and Seong Mok Jeong¹

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

Abstract : The objective of this study was to determine output power for skin incision in 0.3 mm spot diameter CO₂ laser by measuring (1) the wound depth, (2) initial dermal tissue damage, (3) degree of wound healing at different power (4W, 5W and 6W) in beagle dogs. Three healthy 2-year-old beagle dogs were used. Four 2 cm straight skin incisions were made with 0.3 mm spot diameter CO₂ laser on the each dog's both side of dorsal midline in three beagle dogs. The skin incisions were performed for 10~15 seconds for same dosage. And then each wound was closed with surgical stapler. At 0, 3, 7 and 14 days after initial wounding, each wound was taken for histological observation. On macroscopic and microscopic observation, initial incisional wound did not show difference in three group. And also re-epithelialization, dermal tissue damage and inflammatory response did not show significant difference among groups. This study reveals that 4W, 5W and 6W may be suitable output power in 0.3 mm spot diameter CO₂ laser for the skin incision in beagle dogs.

Key words : CO₂ laser, skin incision, output power, dog.

서 론

“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”의 약자인 레이저는 전자기 복사의 유도방출에 의해 증폭되어진 빛으로 정의되어진다(11). 이는 적외선과 자외선 범위 내의 파장(180 nm~1 mm)에서 발생되어지며, 주로 가시광선 내의 파장(400~800 nm)으로 발생된다(18). 레이저는 보통의 빛과는 달리 아주 좁은 스펙트럼 띠폭을 가지며 이로 인해 매우 높은 결맞음(coherence)과 먼 거리를 이동해도 유지될 수 있는 높은 평행성(collimation)의 특징을 갖는다(11,18). 1917년 아인슈타인이 그의 양자론에서 자기방출의 원리로서 레이저 에너지의 기초를 제공한 이래 많은 이론적 발전이 이루어졌으며, 1960년 Maiman은 루비 결정체로부터 최초의 레이저를 개발하여, 그 후 여러 종류의 레이저가 개발되어 다방면으로 응용되고 있다(18).

의료용으로 이용되는 레이저는 그 출력에 따라 고출력 레

이저와 저출력 레이저로 나눌 수 있다. 고출력 레이저는 조직제거 또는 절제 등의 조직손상이나 파괴를 주목적으로 외과영역에서 사용하고 있으며 종류로는 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저가 있다. 저출력 레이저는 창상 치유촉진, 동통 조절, 혈류 순환 촉진 등의 생체자극 효과를 목적으로 이용되는 He-Ne 레이저, Ar가스 레이저, Ga-As 반도체 레이저와 적외선 레이저 등이 있다(15,16). 또한 의료용 레이저는 크게 매질(medium)에 의해 고체, 가스, 액체, 반도체 레이저 4가지로 구분되어지기도 한다(11,12).

각각의 레이저는 매질에 따라 고유한 파장을 갖기에 각기 다른 임상분야에서 사용되어지고 있으며, 기본적으로 레이저 빛이 조직에 흡수되어 열에너지로 변환되어 그 작용을 나타낸다는 특징을 이용한다(8). 빛이 조직에 흡수되는 상태는 레이저의 파장, 흡수물질의 성질, 레이저 빛의 강도, 노출 시간에 따라 다르다. 적용중에 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 있

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

다(11,12,18). 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(18).

이 중 CO₂ 레이저는 피부절개 등과 같은 일반외과 영역 및 피부과 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, 목표 조직에서 에너지의 흡수율이 크기 때문에 인접한 다른 조직에는 큰 손상을 주지 않고, 또 투과력이 낮아 깊은 조직을 손상시키지 않는 특징을 갖는다.

인의에서의 경우 색소성 모반, 표재성 기저세포암, 편평세포암, 구순염, 한관종, 모낭 상피종, 신경 섬유종, 혈관 섬유종, 림프관종, 안검 황색종, 비류, 점액낭종, 안면 육아종, 문신, 침규 콘딜롬, 켈로이드, 표피모반, 지루각화증과 같은 적응증에서 사용되어지고 있으며, 수의 외과 영역에서도 위와 비슷하게 산과, 피부과, 이비인후과, 일반외과 분야에서의 절개 및 절제를 목적으로 많은 이용이 이루어지고 있다(1,5,7,13). 또한 근래 인의에서는 ultrapulsed CO₂ 레이저를 이용한 주름 및 흉터의 제거, 주름 제거까지 그 영역을 넓혀가고 있다(9,15).

현재 문헌에 보고된 바로는 일반적으로 CO₂ 레이저는 동물의 피부 절개시 0.4 mm의 초점으로 연속파의 6~10W의 출력을 이용하고 있다(7). 그러나, 국내 수의 임상 영역에는 0.3 mm 초점을 가진 CO₂ 레이저가 많이 보급되고 있으나 출력 및 조사량 등의 절개조건에 대한 보고가 이루어져 있지 않으며 인의에서의 사용방법에 준하여 사용하고 있다. 이에 0.3 mm의 초점을 가진 CO₂ 레이저를 이용하여 비글견의 피부를 절개함에 있어서 출력에 따른 초기조직 손상도 및 치유과정의 차이를 조사하여 적절한 절개조건을 찾기 위하여 본 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

실험동물

약 2년령의 건강한 비글견 3마리를 실험동물로 사용하였다. 체중은 7.3 ± 1.8 kg이었으며, 등 부위의 털을 모두 제거한 후 피부 상태를 확인하여 특이소견을 보이지 않는 동물을 실험에 사용하였다. 일반 개 사료를 물과 함께 하루에 두 번, 아침과 저녁에 공급하였으며, 케이지 내에서 운동제한을 하지 않고 개별 사육하였다. 또한 12시간 간격으로 밤낮을 조절하였다.

전처치와 마취

실험견들은 마취 전 24시간동안 절식시켰고, 물은 공급하였다. 전마취제로 atropine sulfate(황산아트르핀®, 제일약품, 서울)를 0.04 mg/kg로 피하주사하였고, mask induction을 통하여 마취를 유도한 후 100%산소 하에서 isoflurane(중외포

란액®, (주)중외제약, 서울) 1.5MAC으로 마취를 유지하였다. 마취 상태의 실험견을 견좌 자세로 보정한 뒤 무균적으로 술야를 준비하였다.

창상의 형성

CO₂ 레이저 (Ultra-30, Plus, 10.6 μm wavelength, (주)유니온메디칼, 서울)를 이용하여 각 실험견의 등쪽 정중선의 양쪽 측면 피부에 2 cm의 직선 절개를 하였다(Fig 1). 절개는 4, 5 그리고 6W 출력의 연속파(Continuous Wave, CW)를 사용하여 각 출력별 4군데씩 총 12군데를 절개하였으며 각각 10~15초간 조사함으로써 각 출력에 따른 조사량을 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 절개창은 절개직후 surgical stapler로 폐쇄하였으며, 모든 외과적 절차는 한 수술자에 의해 시행되었다.

조직학적 검사

수술 직후, 술 후 3일, 7일 및 14일 쯤에 각 창상의 조직학적 검사를 위해 창상조직을 절제하여 중성완충 포르말린에 충분히 고정하였다. 고정이 끝난 조직들은 일반적인 조직처리과정을 거쳐 Hematoxylin and Eosin (H&E) 염색하여 다음과 같은 기준에 준하여 광학현미경으로 관찰하였다.

(1) 피부절개 깊이

출력 정도에 따라 절개되는 피부의 깊이를 측정하였다. 표피에서 진피, 피부밑조직에 걸친 절개창의 깊이를 Nikon digital camera (Nikon ECLIPSE 80i, Nikon CO, Japan)를 이용한 ACT2U 1.7버전의 프로그램을 사용하여 절개창 양쪽의 깊이를 측정하여 두 값의 평균값을 절개창의 깊이로 하였다(Fig 2).

(2)재상피화

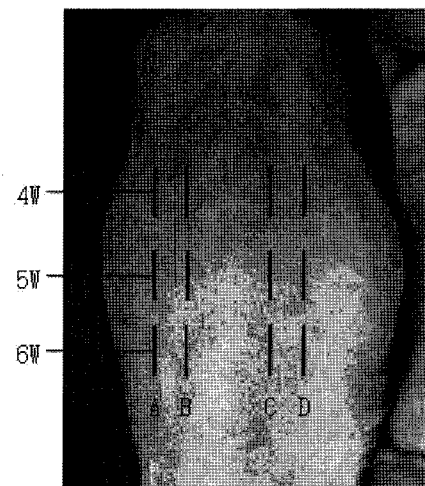


Fig 1. The incisional wounds (2 cm) on both sides of the dorsal midline of the dog. The same output power was given at the same level of the skin. For histopathological examination, incisional wounds were taken immediately after wounding (row A), postoperative day (POD) 3 (row B), POD 7 (row C), and POD 14 (row D).

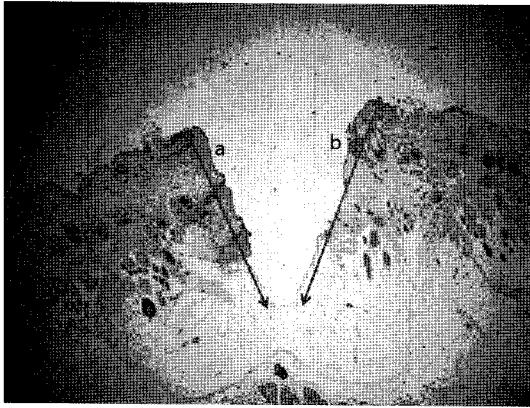


Fig 2. Measuring the incisional depth using ACT-2U program in dogs (Incisional depth = (a+b)/2).

Table 1. Grading of the epidermal re-epithelialization process

Descriptive appearance	Rank
Normal epidermis	5
Hyperplasia	4
Thin epithelium	3
Incomplete re-epithelialization	2
No re-epithelialization	1
Crater	0

The worst result (crater) was ranked 0 while the best result was ranked 5.

외피의 재생피화 정도에 따라 Simhon 등(10)의 기준에 준하여 등급을 나누어 측정하였다(Table 1).

(3) 진피 손상

CO₂ 레이저를 이용한 피부절개 시 진피의 열 손상 정도를 알아보기 위해 피부절개 후 바로 채취한 피부 표본을 이용하여 진피의 조직손상 범위를 알아보았다. Nikon digital camera를 이용한 ACT2U 1.7버전의 프로그램을 사용하여 절개창 양쪽의 진피 손상부위 6군데 길이의 평균값을 진피 손상 범위로 측정하였다 (Fig 3).

또한 CO₂ 레이저에 의한 피부 절개 후 창상 치유 시에 나타나는 진피의 염증반응 정도 또한 Simhon 등(10)의 기준에 따라 등급을 나누어 측정하였다(Table 2).

(4) 피부밑조직 반응

피부밑조직의 치유와 염증반응 및 섬유화 정도를 Simhon 등(10)의 기준에 준하여 등급을 나누어 측정하였다(Table 3).

통계처리

실험결과와 통계 분석을 위하여 SPSS (version 12.0.1) 프로그램을 사용하였다. 각각의 수치는 평균 ± 표준편차 (mean ± SD)로 표시하였다. 출력간의 비교를 위해 Kruskal-Wallis test를 사용하였고, 유의성이 있다고 인정된 경우

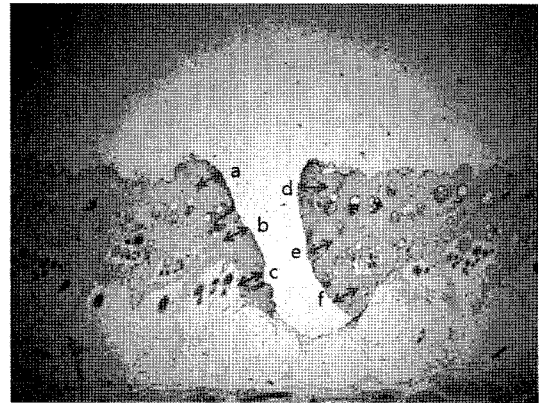


Fig 3. Measuring the degree of dermal tissue damage using ACT-2U program in dogs (Degree of dermal tissue damage = (a+b+c+d+e+f)/6).

Table 2. A grading system for the dermal inflammatory reaction

Descriptive appearance	Degree
Normal	0
Mild	1
Moderate	2
Severe	3

The worst observed finding (severe inflammation) was ranked 3 while the best observed result was ranked 0.

Table 3. A grading system for the hypodermal recuperation evaluation

Word description	Grade
Perfect union	9
Union +mild fibrosis	8
Union +moderate fibrosis	7
Union +Fibrosis +mild inflammation	6
Union +fibrosis +mod. Inflammation	5
Union +mild inflammation	4
Union +mod. inflammation	3
Union +severe inflammation	2
Apposition	1
Dehiscence	0

The worst result was graded 0 (dehiscence), while the best result was graded 9 (perfect union).

($p < 0.05$), Mann-Whitney U test를 이용하여 사후 검정을 실시하였다($\alpha = 0.05$).

결 과

CO₂ 레이저를 이용하여 피부절개 후 4W, 5W, 그리고 6W로 절개된 피부 주위의 타르 형성 정도, 절개된 피부의

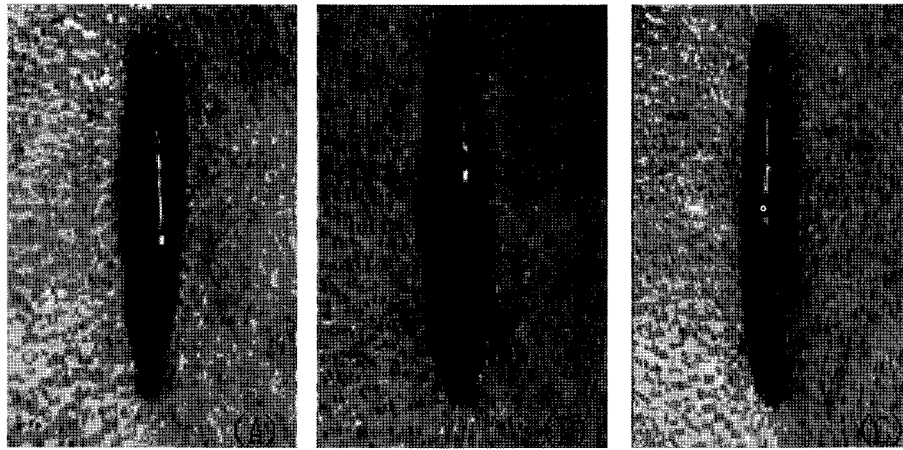


Fig 4. Macroscopic appearance of wounds after skin incision by CO₂ laser in dogs. (A): 4W skin incision. (B): 5W skin incision (C): 6W skin incision.

깊이와 너비 등에 대한 육안적인 소견에는 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig 4).

(1) 피부절개 깊이

CO₂ 레이저를 이용한 피부절개 후 피부 절개 깊이를 조직학적 검사를 통해 측정한 결과 모든 군에서 외피, 진피를 지나 피부밑조직의 지방층까지 절개된 것을 확인할 수 있었으며, 깊이 측정 결과 출력에 따른 절개 깊이의 유의적인 차이는 보이지 않았다(Table 4).

(2) 재상피화

시간이 경과됨에 따라 모든 군에서 재상피화가 진행되었으며, 출력에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다(Table 5).

(3) 진피 손상

CO₂ 레이저를 이용하여 피부절개 후, 진피 조직 손상 정도는 출력에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으며(Table 6), 진피의 염증반응 역시 절개 3일 후 모든 군에서 염증반

Table 4. Skin incisional depth by CO₂ laser with different output power in dogs (n=3)

Output power	Skin incisional depth (mm)
4W	1.83 ± 0.430
5W	1.75 ± 0.240
6W	1.88 ± 0.380

Data are expressed as mean ± SD.

Table 5. Fourteen days follow-up of the re-epithelialization process (n = 3)

Output power	Epithelial parameter ^a		
	POD ^b 3	POD 7	POD 14
4W	1.0 ± 0	2.7 ± 1.20	3.3 ± 1.20
5W	1.0 ± 0	2.0 ± 0	3.3 ± 1.20
6W	1.0 ± 0	2.0 ± 0	3.3 ± 1.20

^aData are expressed as mean ± SD based on the re-epithelialization grading system presented in Table 1.

^bPostoperative day

응이 심해졌지만 이후 점차 감소하는 양상을 보였고, 출력에 따른 염증반응의 차이는 보이지 않았다(Table 7).

(4) 피부밑조직 반응

시간의 경과에 따라 피부밑조직은 모든 군에서 창상치유 과정이 진행되는 것을 관찰할 수 있었으며, 출력에 따른 창

Table 6. Degree of dermal tissue damage by CO₂ laser with different output power in dogs (n = 3)

Output power	Degree of dermal damage (mm)
4W	0.24 ± 0.060
5W	0.32 ± 0.050
6W	0.29 ± 0.050

Data are expressed as mean ± SD.

Table 7. Fourteen days follow-up of inflammatory reaction (n=3)

Output power	Dermal Inflammatory reaction ^a		
	POD ^b 3	POD 7	POD 14
4W	3.0 ± 0	2.0 ± 1.00	2.0 ± 1.00
5W	2.0 ± 0	2.0 ± 1.00	1.7 ± 0.60
6W	2.3 ± 0.60	2.0 ± 0	2.0 ± 1.00

^aData are expressed as mean ± SD based on the dermal inflammatory reaction grading system presented in Table 2.

^bPostoperative day

Table 8. Fourteen days follow-up of hypodermal recuperation evaluation (n=3)

Output power	Hypodermal recuperation ^a		
	POD ^b 3	POD 7	POD 14
4W	1.0 ± 0	3.7 ± 2.90	4.7 ± 2.30
5W	1.0 ± 0	2.0 ± 1.00	5.7 ± 1.20
6W	1.0 ± 0	3.0 ± 1.00	6.0 ± 1.70

^aData are expressed as mean ± SD based on the hypodermal recuperation evaluation grading system presented in Table 3.

^bPostoperative day

상치유과정의 유의적인 차이는 보이지 않았다(Table 8).

고 찰

수술칼을 이용한 전통적인 절개 방법은 절개에 따른 부작용을 최소화하기 위해 다른 방법으로 대체되고 있다. 전기소작법 및 냉동요법이 그 대표적인 예라 할 수 있지만 이러한 것들도 절개부에 직접적인 접촉이 이루어지기에 절개부위의 감염증과 같은 합병증을 유발할 수 있다(12). 하지만 레이저는 절개부에 직접 접촉하지 않고 절개 할 수 있고 여러 가지 장점들에 의해 전통적 절개법에 대한 대안으로 생각되어지고 있으며 외국에서는 많은 임상적 적용이 이루어지고 있다(2,7,8,12,18).

CO₂ 레이저를 이용한 피부절개시에 [출력(W) × 시간(t)/조사한 면적(cm²)]에 따라 조사량이 결정되므로 0.4 mm 초점의 CO₂ 레이저와 유사한 조사량을 갖는 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저 출력을 3~7W로 하였으며 예비실험을 통해 비글견의 피부절개를 위한 출력의 범위를 결정하였다. 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저로 3~7W 출력을 연속파로 피부절개를 실시하였다. 3W 출력으로 피부절개 시 본 실험에서 사용한 4W, 5W 및 6W의 절개 시간보다 2배 이상의 시간이 걸렸으며 7W 출력으로 피부절개 시에는 절개장 주변으로 타르의 생성이 심하고, 절개면을 육안으로 관찰하였을 때 피하근육층 까지 날카롭게 절개된 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 예비실험을 바탕으로 비글견의 피부절개에 사용할 0.3 mm CO₂ 레이저의 출력을 4W, 5W 그리고 6W로 결정하였으며, 각 출력별 피부절개부 주위의 육안 검사, 창상 깊이, 조직 손상 정도 그리고 창상 치유 정도 등을 평가하였다.

CO₂ 레이저를 일반적으로 피부에 직접 0.1 mm의 빛을 0.2초 조사하였을 때 0.1 mm를 침투할 수 있으며 노출시간 및 강도에 따라 차이를 보일 수 있다(16). 본 실험에서 0.3 mm 초점을 가진 CO₂ 레이저를 이용하여 4W, 5W 그리고 6W로 비글견의 피부를 절개 시 각각 15초, 13초 및 10초가 소요되었으며, 피부의 절개 깊이(평균 ± 표준편차)는 각각 1.75 ± 0.240 ~ 1.88 ± 0.380로 비슷한 양의 에너지가 흡수됨에 따라 절개부의 육안적인 소견과 절개 깊이의 유의적인 차이가 없었던 것으로 생각된다.

CO₂ 레이저의 사용 시에는 열에너지에 의해 피부 절개 주위의 열손상이 올 수 있다. 0.3 mm 초점을 가진 CO₂ 레이저를 이용하여 4W, 5W 그리고 6W로 피부절개한 후 각각에 따른 진피 조직의 열 손상 정도를 조직학적으로 측정 한 결과, 출력에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. CO₂ 레이저를 이용한 피부절개 시에는 열에너지에 의해 작은 혈관, 림프관, 신경말단의 효과적인 폐쇄가 이루어짐으로써 전통적인 방법에 비해 출혈이 적고 술 후 부종과 통증을 감소시킬 수 있다고 보고되어 있다(12). Liboon 등은 절개 시 주변 조직 손상정도 면에서는 수술칼의 사용이 가장 좋은 결과를 보이지만 구강 점막과 같은 출혈이 많은 부위의 절개 시 대체적으로 선택되어지는 전기소작법에 비해 CO₂ 레이저가 더

적은 손상을 보인다는 것을 보고하였다(6).

CO₂ 레이저는 비록 전통적 수술 방법에 비해 초기 치유과정은 느리지만 피부장력과 반흔 형성에서 더 좋은 결과를 보인다고 보고되어 있으며 다른 절개방법에 비해 비접촉적으로 절개를 시행할 수 있으므로 감염의 위험이 적다(2,4,12). 본 실험에서 0.3 mm 초점을 가진 CO₂ 레이저를 이용하여 4W, 5W 그리고 6W로 피부절개한 후 3일, 7일 그리고 14일에 각 출력별 외피의 재생피화, 진피의 염증반응, 피부밑조직의 결합, 섬유화 그리고 염증반응을 조직학적으로 측정하였다. 그 결과 출력에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과로 보아 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저를 이용하여 비글견의 등쪽 피부를 절개한 경우, 4W, 5W 그리고 6W에 따른 초기 창상치유 정도에는 차이가 없는 것으로 생각된다.

본 실험에서 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저를 이용하여 비글견의 등쪽 피부를 절개함에 있어서 4-6W가 적절한 출력임을 확인할 수 있었다. 그러나 사람과는 달리 동물의 피부는 동물의 종류에 따라서 표피와 진피의 두께에 차이가 있고 같은 동물에서도 신체부위에 따라서 두께의 차이가 있다(3). 그러므로 수의외과에서 CO₂ 레이저의 사용영역을 넓히기 위해서는 향후 종간의 피부 두께와 절개 조사량에 관한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이라고 생각한다.

결 론

0.3 mm CO₂ 레이저를 이용하여 비글견의 피부절개를 위한 적절한 출력범위를 정하고자 본 연구를 실시하였다. 임상적으로 건강한 약 2년령의 비글견 3마리를 실험동물로 사용하였다. 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저로 비글견의 등쪽 피부를 4W, 5W 및 6W 출력의 연속파(CW)를 사용하여 15~10초간에 걸쳐 절개한 결과, 피부절개 깊이, 조직손상정도 및 초기 창상치유정도에는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 이상의 결과로 0.3 mm 초점의 CO₂ 레이저를 이용한 비글견의 등쪽 피부절개 시의 출력범위로는 4W, 5W 또는 6W가 적합하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- Balin PL. The CO₂ laser in dermatology. Cleve Clin J Med. 1989; 56: 118-124.
- Buell BR, Schuller DE. Comparison of tensile strength in CO₂ laser and scalpel skin incisions. Arch Otolaryngol. 1983; 109: 465-467.
- Dellmann HD, Brown EM. Textbook of veterinary histology. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger. 1981: 308-337.
- 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.
- Hohenleutner U, Woltzke U, Kohz B, Landthaler M. Carbon dioxide laser therapy of widespread epidermal nevus. Laser Surg Med. 1995; 16: 288-291.
- Liboon J, Funkhouser W, Terris DJ. A comparison of mucosal

- incision made by scalpel, CO₂ laser, electro-cautery, and constant-voltage electrocautery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1997; 116: 379-385.
7. Noel B, Peter HE. Case studies. In: *Veterinary laser surgery.* Ames: Blackwell Publishing Professional. 2006: 185-223.
 8. Polanyi TG. Physics of surgery with lasers. *Clin Chest Med.* 1985; 6: 179-202.
 9. Riggs K, Keller M, Humphreys TR. Ablative laser resurfacing: high-energy pulsed carbon dioxide and erbium:yttrium - aluminum-garnet. *Clin in Dermatol.* 2007; 25: 462-473.
 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. Takac S, Stojanovic S. Characteristic of laser light. *Med Pregl.* 1999; 52: 29-34.
 12. Takac S, Stojanovic S, Muhi B. Types of medical lasers. *Med Pregl.* 1998; 51: 146-150.
 13. Unger WP, David LM. Laser hair transplantation. *J Dermatol Surg Oncol.* 1994; 20: 525-521.
 14. Wang X, Iscizaki NT, Matsumoto K. Healing process of skin after CO₂ laser ablation at low irradiance: a comparison of continuous-wave and pulsed mode. *Photomed Laser Surg.* 2005; 23: 20-6.
 15. Weinstein C. Ultrapulse carbon dioxide laser removal of periocular wrinkles in association with laser blepharoplasty. *J Clin Laser Med Surg.* 1994; 12: 205-209.
 16. 계영철. 레이저치료의 임상적 적용. *가정의학회지.* 1996; 17: 38-43.
 17. 배춘식, 임성철, 박석천. 손상된 좌골신경의 재생에 미치는 GaAs적외선 레이저의 효과. *한국임상수의학회지.* 2002; 19: 316-321.
 18. 장인수, 신금백. 레이저 치료학. 서울: 도서출판 청담. 2006: 5-26.