

백서에서 레이저 조사가 연조직 치유에 미치는 영향에 관한 연구

박영욱 · 장재현 · 김정환 · 박정민 · 이석근¹

강릉원주대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, ¹구강병리학교실

Abstract

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF LASER ON SOFT TISSUE HEALING

Young-Wook Park, Jae-Hyun Jang, Jung-Hwan Kim, Jung-Min Park, Suk-Keun Lee¹

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, ¹Department of Oral Pathology,
College of Dentistry, Kangnung-Wonju National University*

Objectives: This study is aimed to compare the wound healing processes between conventional scalpel wound and Er,Cr:YSGG (Erbium, Chromium, Yttrium, Scandium, Gallium, Garnet) laser wound using experimental animals.

Experimental Design: Two types of wounds were made by linear and round incisions using scalpel and Er,Cr:YSGG laser, respectively, on the thigh of Sprague-Dawley rats. Sprague-Dawley rats were serially sacrificed as follows: post operative 12, 24, 48 hours, and 3, 7, 14 days. The skin wounds were grossly and microscopically analyzed during the healing period.

Result: The Er,Cr:YSGG laser incision showed better wound healing for the linear incision experiment than the scalpel incision. Whereas the scalpel incision showed better wound healing for the round incision experiment than the Er,Cr:YSGG linear incision. As the Er,Cr:YSGG laser damage in the round incision experiment could be much increased compared with the round incision by scalpel. So, the round incisions by the Er,Cr:YSGG laser were resulted in the poor wound healing compared with those by the scalpel.

Conclusion: The Er,Cr:YSGG laser is more favorable for the fast linear incision, while the scalpel is more favorable for the modified round incision.

Key words: Er,Cr:YSGG laser, Scalpel, Soft tissue, Wound healing

1. 서 론

레이저란 방사선의 유도방출에 의한 광증폭 (light amplification by stimulated emission of radiation)이라는 의미를 나타내는 첫 글자들을 사용한 합성어로 전자기파의 유도방출에 의해 빛이 증폭되어서 높은 에너지를 가지고 방출되는 에너지를 지칭한다.¹⁾ 1960년 Maiman에 의해 처음으로 루비결정체를 활성매질로 이용한 레이저가 개발되었고, 1964년 처음으로 치과 영역에서 경조직 루비 레이저를 치료 목적으로 조사하였으며, 그 후 루비 레이저, CO₂ 레이저, Nd:YAG 레이저, Er:YAG 레이저 등의 효과에 대

한 연구가 계속적으로 이어져 왔다.²⁾ 레이저의 특성은 어떠한 매질을 그 에너지원으로 쓰느냐에 따라 달라지며, 또한 매질을 서로 섞어 사용하여 여러 가지 다른 특성을 나타낼 수 있다.³⁾

이 중 흔히 “물방울 레이저 (water laser)”라고 불리는 Er,Cr:YSGG (Erbium, Chromium, Yttrium, Scandium, Gallium, Garnet) 레이저는 여러 가지 매질이 섞인 에너지원을 이용함으로써 독특한 특성을 가지고 있으며 이러한 특징적인 성격이 다른 기존의 레이저와 구별된다.^{4,6)} 기존의 대부분의 치과용 레이저들은 모두 세포에 레이저 에너지를 직접 조사하는 방식을 사용하여 필연적으로

*이 논문은 2007년도 강릉대학교치과병원 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었음.

열에 의한 조직 손상과 통증을 유발하였다. 반면에 Er,Cr:YSGG 레이저는 물방울에 2780nm의 레이저 에너지를 가하여 레이저 에너지를 받은 물방울이 순간 가속되어 폭발하면서 hydrokinetic이라고 명명지어진 에너지가 발생되고, 이 에너지로 세포조직을 한접씩 제거한다.⁷⁻⁹⁾ 그러므로 레이저에 의한 열손상이 발생하지 않는다.

또한, Er,Cr:YSGG 레이저를 이용한 치료는 시술 시 우수한 지혈효과, 우수한 시야확보, 인접조직 손상의 최소화, 술 후 종창 및 동통 감소, 술 후 감염 발생 및 염증반응 감소로 인한 반흔조직 및 창상수축의 감소 등의 효과를 기대할 수 있으므로 구강 연조직 병소의 절제 또는 절개 생검에서 정밀한 절단도구로 사용될 수 있다.⁷⁻⁹⁾

이에 본 연구에서는 레이저와 일반적인 수술도 (scapel) 을 이용한 연조직 결손부 형성 및 절제시의 치유 과정을 광학현미경적 관찰을 통해 비교 평가하여 이를 임상에 응용하고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험동물

실험동물로는 체중 200g 내외의 웅성 백서 24마리를 대상으로 하였다. 백서는 병원성 미생물이 존재하지 않는 환경에서 국립 강릉대학교 치과대학의 실험동물 관리원칙 (Animal Care and Use Guidelines)에 의거하여 사육하였다.

2. 실험 방법

케타민(60mg/Kg)과 럼폰(3mg/Kg)을 4:1의 비율로 섞어 근주하여 전신 마취를 시행하고, 백서의 양측 대퇴부에 수술도(대조군)와 물방울 레이저(실험군)를 이용하여 결손부를 형성하였다. 수술도는 15번 칼날을 사용하였고, 실험에 사용된 레이저의 선택모드는 연속모드로 출력은 연조직 절개에 적합한 4watt로 고정하여 비접촉식 방식으로 정초점 하에 사용하였다. 실험시 레이저에 대한 눈의 보호를 위해 보안경을 착용하였다.

즉 우측 대퇴부에는 레이저를 이용하여 직경 약 3mm, 깊이 2.5 mm 크기의 원형 결손부 및 5mm의 직선 절개를 시행하였고(Fig. 1A,1B), 좌측 대퇴부에는 수술도를 이용하여 같은 방법으로 결손부 및 절개선을 형성하여 주었다(Fig. 1C,1D). 술 후 동통감소를 위해 타라신(2mg/Kg) 및 감염방지를 위해 이세파신(1.5mg/Kg)을 근주 하였다. 실험 후 각각12시간, 24시간, 48시간(2일), 3일, 7일(1주), 2주 후 통법에 따라 희생시킨 후 백서의 대퇴부를 근육층까지 절제하여 10% Buffered formalin에 고정 후 50%, 70%, 95% 및 100% ethanol로 탈수한 후 조직에 paraffin을 침투시킨 후 paraffin block을 제작하였다.

제작된 시편에서 조직을 5 μ m로 박절하여 유리 슬라이드에 얹은 후 65 $^{\circ}$ C 오븐에서 3시간 처리한 후 자일렌으로 파라핀을 제거하고 이를 다시 100%, 95%, 70%, 50%의 degraded alcohol 용액을 거쳐 합수(hydration)시켰다. 광학현미경적 관찰을 위하여 조직에 통상적인 H&E (Hematoxylin & Eosin) 염색을 시행하였다.

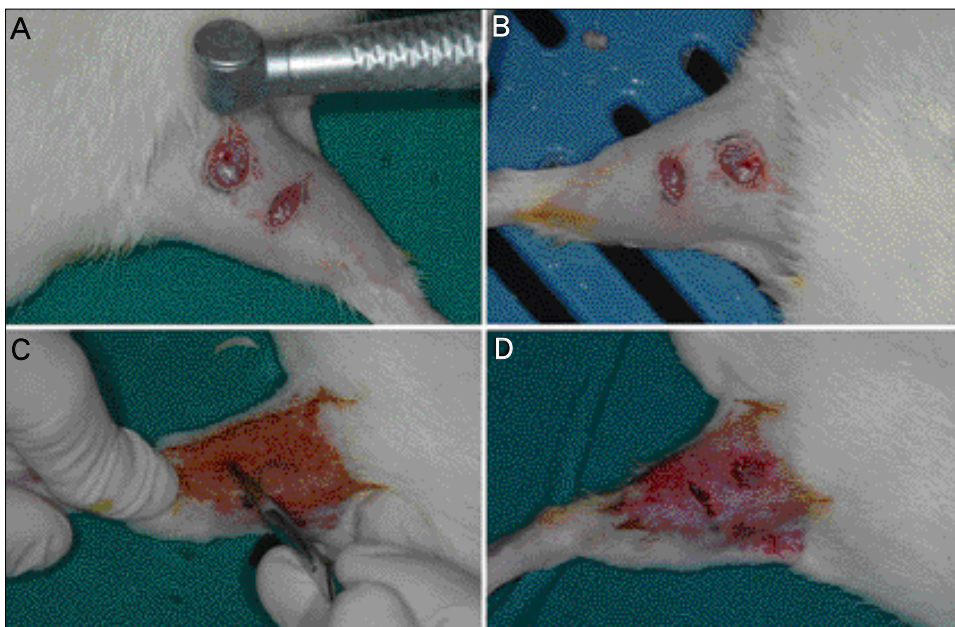


Fig. 1. A, B: Wound making with Er,Cr:YSGG laser
C, D: Wound making with # 15 scapel

Ⅲ. 연구결과

1. 직선 절개 (Linear Incision) 실험

수술도와 Er,Cr:YSGG 레이저를 사용해서 직선 절개 실험을 한 표본에서 각각 절개선의 중앙부위 횡단절편을 제작하여 현미경 관찰을 하였다.

1) 수술도근

수술 후 12시간 경에 이개된 V자형의 결손부가 형성되었고 결손부의 양쪽에서 상부에서는 부종성 결체조직이 보였으며, 하부에서는 급성 염증세포 침윤이 나타났다 (Fig. 2A1). 수술 후 24시간 경에는, 결손부의 하부가 양쪽으로 약간 넓어지는 양상과 염증세포의 광범위한 침윤이 관찰되었다 (Fig. 2A2). 수술 후 48시간 경에는 절개 손상부위가 교원 섬유와 만성 염증 세포로 채워졌다 (Fig. 2A3, 2A4). 수술 후 3일 경에는 결손부의 깊이가 점차 얇아지면서 치유되는 소견을 보였으며 (Fig. 2A5, 2A6). 수술 후 7일 후에는 상피가 결손부를 대부분 덮고 있었고 창상은 전체적으로 약간 함몰된 양상을 보였다 (Fig. 2A7, 2A8). 2주 후에는 1주와 유사하게 결손부위가 좁은 V자 형으로 보이고 결손부 내부는 육아조직으로 채워졌다 (Fig. 2A9, 2A10).

2) Er,Cr:YSGG 레이저근

수술 후 12시간 경에 좁은 역 V자형의 결손부가 형성되었으나 수술에 의해서 절개부의 양편이 근접되었다 (Fig. 2B1). 수술 후 24시간 경에는 상처의 수축이 많이 진행되어 절개상처의 입구가 닫혀진 양상을 보였고 하부에는 미만성의 급성 염증세포 침윤이 관찰되었다 (Fig. 2B2). 수술 후 48시간 경에는 결손부가 수축되어 절개 상처가 거의 닫혀진 양상이 보이고 절개 상처의 깊이도 얇아졌으며 심부의 상처 수축도 더 진행되었다 (Fig. 2B3, 2B4). 수술 후 3일 경에는 상피가 결손부를 거의 덮고 있었으며 (Fig. 2B5, 2B6), 7일 후와 14일 후에는 전체적으로 약간 함몰된 양상을 보였지만, 결손부가 완전히 치유된 양상을 보였다 (Fig. 2B7-2B10).

2. 원형 절개 (Round Incision) 실험

수술도와 Er,Cr:YSGG 레이저를 사용해서 원형 절개 실험을 한 표본에서 각각 절개선의 중앙부위 횡단절편을 제작하여 현미경 관찰을 하였다.

1) 수술도근

수술 후 12시간 경에는 절개부에 넓은 U자형의 결손부가 형성되었고, 결손부의 상부에서는 출혈로 인한 혈전이, 하

부에서는 급성 염증세포가 관찰되었다 (Fig. 3A1). 수술 후 24시간 경에는 절개부의 상부에서 두꺼운 혈전의 형성이 관찰되었고 하방에서는 광범위한 염증세포의 침윤이 관찰되었다 (Fig. 3A2). 수술 후 48시간 경에는 절개 손상부위에서 광범위한 염증 세포가 관찰되었다 (Fig. 3A3). 수술 후 3일 경에는 결손부가 점차 좁아지면서 치유되는 소견이 관찰되었으며 (Fig. 3A4, 3A5), 수술 후 7일 경에는 절개 결손부의 깊이가 얇아지고 상피가 결손부의 대부분을 덮고 있었다 (Fig. 3A6, 3A7). 2주 후에는 결손부 내부가 육아조직으로 채워졌으며 창상은 전체적으로 조금 함몰된 양상이 관찰되었다 (Fig. 3A8, 3A9).

2) Er,Cr:YSGG 레이저근

수술 후 12시간 경에는 절개 부위가 심하게 벌어져 있었으며 절개면의 표층에는 섬유성 변성에 의해서 조직이 심하게 괴사되어 있었으며 (Fig. 3B1), 수술 후 24시간 경에는 수술도근에 비해서 레이저에 의한 손상이 근육층까지 광범위하게 나타났는데 심부의 결체조직에서 경화성 변성이 나타났다으나, 염증 세포 침윤은 비교적 경미하였다 (Fig. 3B2). 수술 후 48시간 경에는 절개 결손부 상방에서 광범위하게 단백질 응고에 의해 경계부가 뚜렷하게 관찰되었고 (Fig. 3B3), 3일 후에는 염증 반응에 의한 치유 대신 응고 괴사가 관찰되었다 (Fig. 3B4, 3B5). 수술 후 7일 경에는 결손부 중앙이 약간 함몰되면서 비교적 잘 치유된 양상이 관찰되었다 (Fig. 3B6, 3B7).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

레이저가 구강점막을 위한 연조직 시술에 도입된 것은 구강악안면외과의사, 이비인후과의사와 기타 두경부 수술 전문의사 사이의 상호 교류를 통해서였다.²⁾ Lenz 등이 구강악안면외과 시술에서 처음으로 아르곤(argon) 레이저를 사용하여 비상악동구(nasoantral window)를 형성하였고, 그 후 Pecaro와 Garehime은 구강악안면외과 영역에서의 CO₂ 레이저 사용에 대한 광범위한 장점에 대하여 논하였다.²⁾ 또한 1980년대 중반에 Fisher와 Frame 등은 CO₂ 레이저를 사용하여 양성 및 전암단계의 구강병소를 치료한 많은 증례를 발표하였다.^{2,10)}

본 연구는 연조직 절개시 통상적으로 이용되고 있는 수술도와 최근 각광받고 있는 Er,Cr:YSGG 레이저에 의한 절개 창상의 치유 과정을 조직학적으로 비교하기 위하여 시행되었다. 레이저를 이용한 수술은 통상의 수술도나 전기 기구를 사용하는 경우보다 지혈이나 술후 감염 발생률의 저하, 그리고 환자의 심리적 안정 유도라는 잇점을 기대할 수 있으므로 최근 널리 사용되고 있다.^{11,12)} 특히 구강 및 두경부 영역과 같이 혈관이 풍부한 부위의 수술에서 레이저를

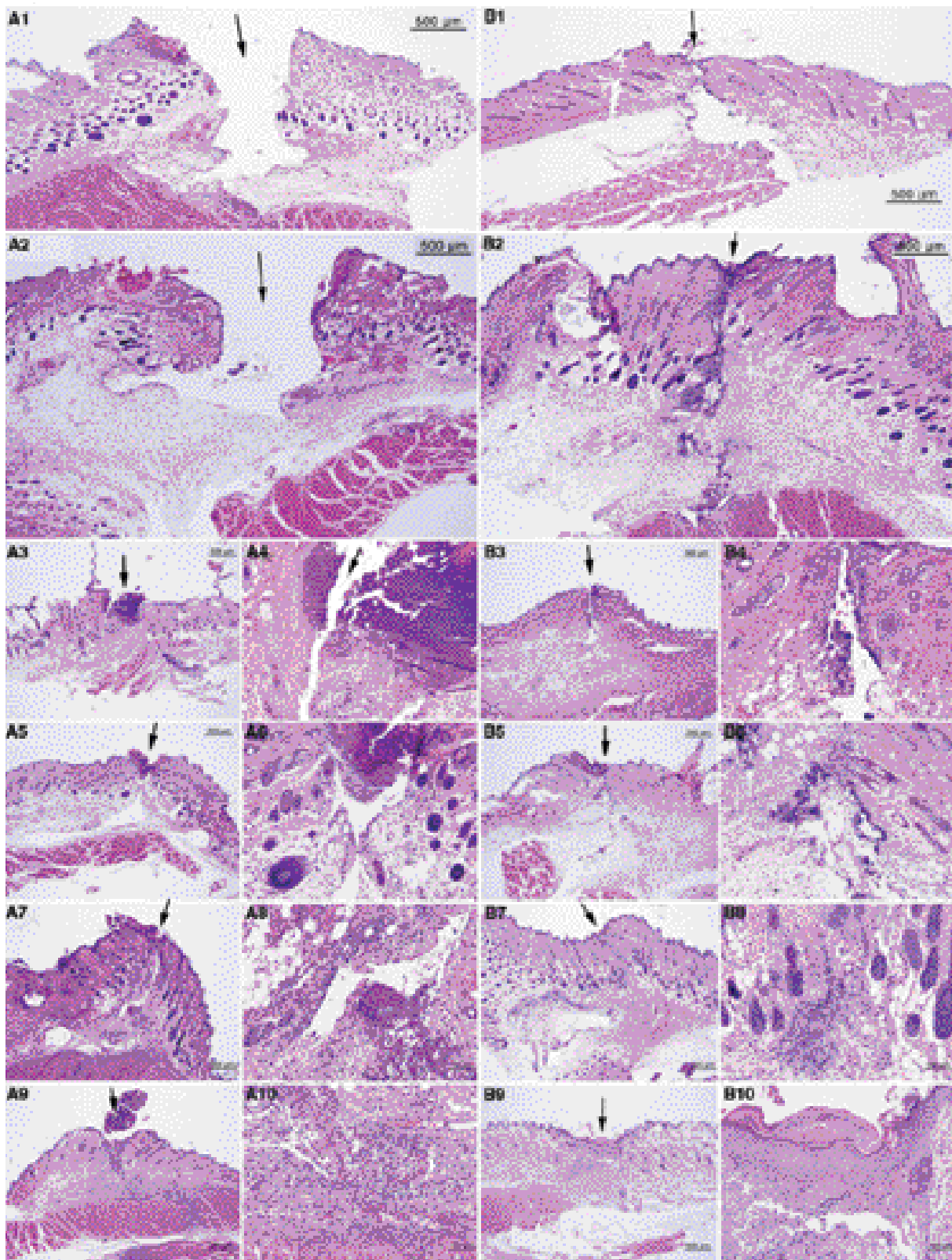


Fig. 2. Photomicrographs of linear wound healing after scalpel incision or Er,Cr:YSGG laser incision. A: Scalpel-incised linear wound healing. B: Laser-incised linear wound healing. A1, B1: after 12 hours, A2, B2: after 24 hours, A3, A4, B3, B4: 48 hours, A5, A6, B5, B6: 3days, A7, A8, B7, B8: after 7 days, A9, A10, B9, B10: after 14 days. linear incision: arrow
Magnification ratio is depend on a bar ruler in each panel.

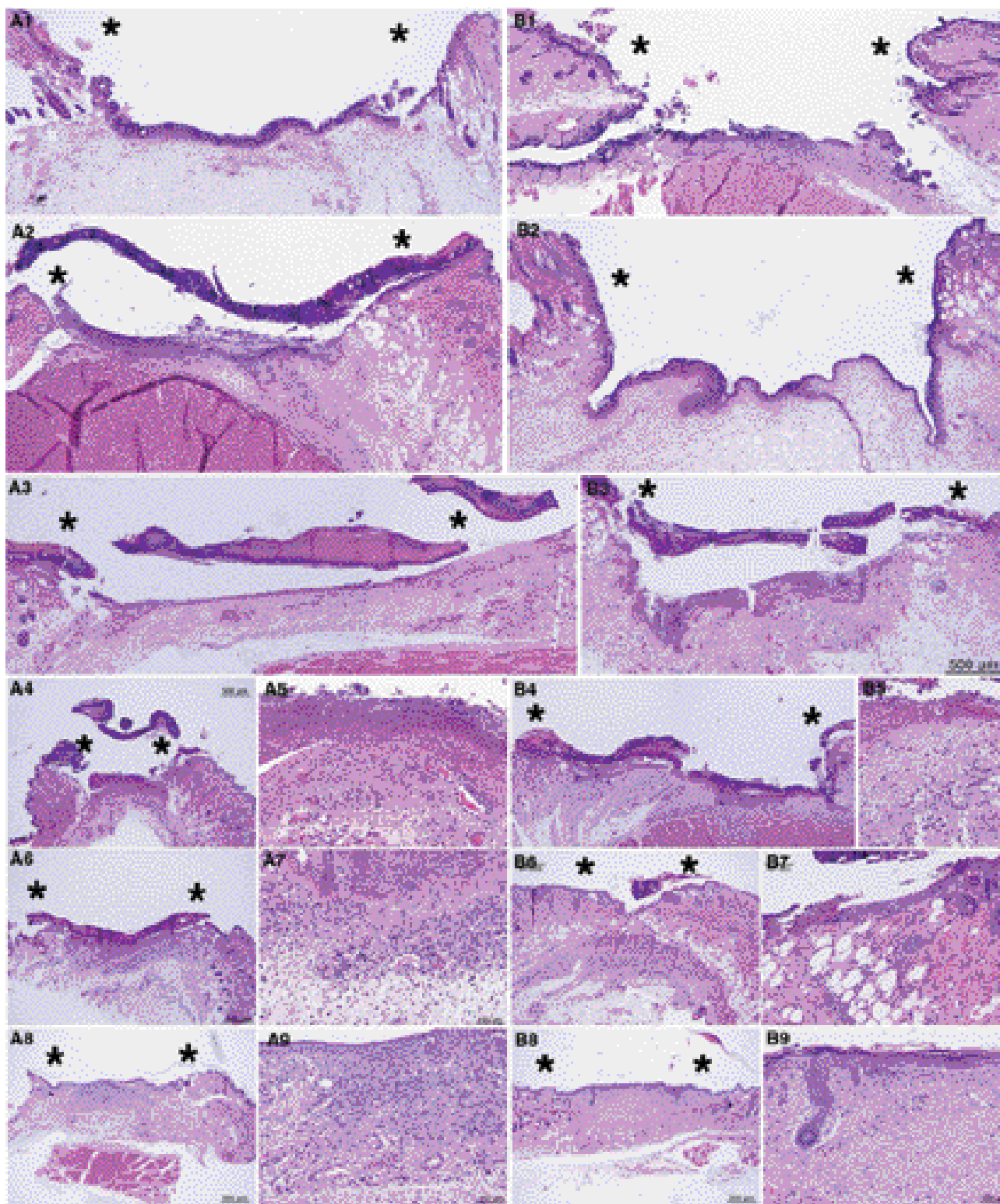


Fig. 3. Photomicrographs of round wound healing after scalpel incision or Er,Cr:YSGG laser incision. A: Scalpel-incised round wound healing. B: Laser-incised round wound healing. A1, B1: after 12 hours, A2, B2: after 24 hours, A3, B3: 48 hours, A4, A5, B4, B5: 3days, A6, A7, B6, B7: after 7 days, A8, A9, B8, B9: after 14 days. Round incision margin: asterisk (*)
Magnification ratio is depend on a bar ruler in each panel.

이용하는 것은 수술부위의 단백질 변성 및 소혈관과 림프관의 폐쇄를 통하여 수술시 출혈을 최소화 할 수 있으며, 창상의 멸균 및 수술 후 동통 감소 등의 장점이 있다¹³⁾.

지금까지 개발된 레이저 중에서 현재 구강악안면 영역에서 연조직 병소의 치료에 비교적 널리 쓰이고 있는 레이저는 아르곤 레이저, CO₂ 레이저, Nd:YAG 레이저, Er:YAG 레이저 등이 있다.¹²⁾ Fisher 등은 CO₂ 레이저에 의한 창상 치유는 수술도에 의한 창상치유와 비교해 볼 때 창상의 표면에서 섬유성 응고가 늦게 일어나지만 상피세포의 증식과 재상피화에는 해로운 작용을 하지는 않는다고 하였다.^{14,15)} Pecaro와 Garehime은 구강내 연조직 병소를 CO₂ 레이저로 제거시 합병증과 수술 후 출혈 및 동통이 작은 반면 치유는 수술도를 이용한 경우보다 지연되는데, 그 이유는 CO₂ 레이저 조사 후 잔존 조직의 광범위한 응고로 인해 상피화가 저해되기 때문이라고 보고하였다.

Ioana 등은 수술도와 Er,Cr:YSGG 레이저 사용시의 창상치유가 유사한 결과를 보였다고 하였다. 즉 조직학적 분석을 통해 두 가지 외과적 술식사이에 실질적으로 차이가 없으며, 레이저에 의한 창상의 경계는 20~40um의 hyalinized or coagulation zone을 나타내었다. 인접한 세포 구조는 형태학적으로 건전하였고 수술도 사용시와 유사하였다.¹⁶⁾ 위의 조건들은Er,Cr:YSGG 레이저가 물을 이용함으로써 다른 레이저보다 조직에 온도의 영향을 더 적게 보인다는 것을 암시한다.

본 연구결과 조직학적 조건에서 직선형의 상처에서 수술도를 이용한 경우 상처의 치유는 이루어졌지만 수술 후 상처가 남는 반면에 물방울 레이저를 이용한 경우 수술도를 이용한 것에 비해 빠른 치유 양상을 보였고 더욱이 상처가 남지 않는 양상을 보여주었다. 하지만 원형 결손부에서는 수술도를 이용한 경우의 치유 양상은 초기 출혈 성향을 보였지만 비교적 깨끗한 양상이었다. 반면에 레이저를 이용한 원형 결손부는 출혈 성향은 덜하였지만, 육안적으로 조직 손상이 심한 양상을 보여주었다. 이는 직선형의 상처는 수술도를 이용하는 것과 유사하게 레이저를 이용하더라도 비교적 빨리 절개를 시행할 수 있지만, 원형 결손부를 형성하기 위하여 레이저를 적용하는 경우는 수술도를 이용하는 것과 비교시 장시간 조직에 자극을 주어야 함으로 이것이 조직 손상에 영향을 주는 것으로 사료된다.

본 연구결과 원형 결손부에서는 Er,Cr:YSGG 레이저가 상처치유를 지연시키는 것으로 관찰되었는데 이는 현재의 Er,Cr:YSGG 레이저 장치가 원형 결손부와 같이 섬세한 절개를 수행하기 어려우며, 레이저 조사 시간과 조사량을 적절하게 조절하지 못하였기 때문에 불량한 상처치유를 보인 것으로 생각된다. 그러나 단순하며 신속한 직선형의 절개에서는 수술도를 이용한 절개보다 양호한 상처 치유 효과를 보이므로, 향후 Er,Cr:YSGG 레이저의 장비 개선이나

사용상의 기술 향상으로 원형 결손부와 같은 섬세하고 복잡한 절개에서도 Er,Cr:YSGG 레이저를 효과적으로 사용할 수 있다면, 외과적 수술에서 보다 더 개선된 방식으로 발전할 가능성이 있을 것으로 고찰하였다.

물방울 레이저 (Waterlase™, YSGG Dental Laser, BIOLASE Technology, Inc., 4 Cromwell Irvine, CA 92618, U.S.A.) 로 알려진 Er,Cr:YSGG 레이저는 비교적 고가의 장비인데다가 그 장점이나 사용법, 적응증 등에 대하여 널리 알려지지 못한 실정이다. 그러나, 점점 환자들의 인지도나 호응도가 높아지고 있으며, 위에서 고찰해 본 장점들을 고려해 볼 때 임상적으로 매우 유용한 가치가 있다고 여겨진다. 본 연구에서는 일반 수술도와 비교하여 물방울 레이저에 의한 창상 치유과정을 실험적 관찰을 통하여 제시 하였으며, 추후로도 다양한 방식의 임상적, 실험적 연구를 통하여 이를 일반적인 수술도에 의한 수술법의 보조 혹은 대체할 수 있는 방법으로 임상에 적용할 수 있도록 많은 연구와 노력이 있어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 연조직 절개시 통상적으로 이용되고 있는 수술도와 최근 이를 대체할 수 있을 것으로 각광받고 있는 Er,Cr:YSGG 레이저에 의한 절개 창상의 치유 과정을 비교하기 위하여 시행되었다. 백서에서 수술도와 Er,Cr:YSGG 레이저 (4watt, 연속모드)에 의한 피부 절개 후 12시간, 24시간, 48시간, 3일, 7일, 14일의 창상 치유과정을 조직학적으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 직선형의 상처에서는 수술도에 비해 Er,Cr:YSGG 레이저가 더 빠른 치유 양상을 보였고 수술 후 반흔조직이 생기지 않았다.
- 2) 하지만 원형의 상처에서는 수술도가 Er,Cr:YSGG 레이저보다 더 나은 치유 양상을 보여주었다.

위의 결과를 종합하면, Er,Cr:YSGG 레이저는 짧은 시간의 작은 부위의 절개 시에는 수술도에 비해 조직에 적은 손상을 가하며 결과적으로 심미적으로도 양호한 조직 반응을 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Genovese MD, Olivi G : Laser in paediatric dentistry: patient acceptance of hard and soft tissue therapy. *Eur J Paediatr Dent* 9 : 13, 2008.
2. Gross AJ, Herrmann TR : History of lasers. *World J Urol* 25 : 217, 2007.
3. Celik EU, Ergucu Z, Turkun LS *et al* : Effect of different laser devices on the composition and microhardness of dentin. *Oper Dent* 33 : 496, 2008.
4. Iaria G : Clinical, morphological, and ultrastructural aspects with the use of Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers in

- restorative dentistry. *Gen Dent* 56 : 636, 2008.
5. Nova Hambersom Minas, Joerg Meister, Rene Franzen *et al* : In vitro preliminary study to evaluate the capability of Er,Cr:YSGG laser in posterior teeth root-canal preparation with step-back technique. *Lasers Med Sci* 24 : 7, 2009.
 6. Eshom DS : The Er,Cr:YSGG laser periodontal surgery. *Pract Proced Aesthet Dent* 20 : 433, 2008.
 7. Asli Secilmis, Subutayhan Altintas, Aslihan Usumez *et al* : Evaluation of mineral content of dentin prepared by erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser. *Lasers Med Sci* 23 : 421, 2009.
 8. Arlene Tachibana, Marcia Martins Marques, Julia Maria Pavan Soler *et al* : Erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser for caries removal: influence on bonding of a self-etching adhesive system. *Lasers Med Sci* 23 : 435, 2009.
 9. Jetter C : Soft-tissue management using an Er,Cr:YSGG laser during restorative procedures. *Compend Contin Educ Dent* 29 : 46, 2008.
 10. Domin MA, Fisher AE : Laser surgery—the future is here. *J Healthc Mater Manage* 5 : 27, 1987.
 11. Barak S, Kaplan I, Rosenblum I : The use of the CO₂ laser in oral and maxillofacial surgery. *J Clin Laser Med Surg* 8 : 69, 1990.
 12. Midda M, Renton-Harper P : Lasers in dentistry. *Br Dent J* 170 : 343, 1991.
 13. Moritz A, Gutknecht N, schoop u *et al* : The advantage of CO₂-treated dental necks, in comparison with a standard method: results of an in vivo study. *J Clin Laser Med Surg* 14 : 27, 1996.
 14. Lanzafame RJ, Rogers DW, Naim JO *et al* : The effect of CO₂ laser excision on local tumor recurrence. *Lasers Surg Med* 6 : 103, 1986.
 15. Lanzafame RJ, Rogers DW, Naim JO *et al* : Reduction of local tumor recurrence by excision with the CO₂ laser. *Lasers Surg Med* 6 : 439, 1986.
 16. Ioana M, Lewis R, Andrew I : Effects of an erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser on mucocutaneous soft tissues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82 : 386, 1996.

저자 연락처

우편번호 210-702
강원도 강릉시 강릉대학교로 120번지
강릉원주대학교 치과대학 구강약안면외과학교실
박영욱

원고 접수일 2008년 12월 31일
게재 확정일 2009년 04월 30일

Reprint Requests

Young Wook Park

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry,
Kangnung-Wonju National University, Gangneung, 210-702, KOREA
Tel : 82-33-640-3183 Fax : 82-33-640-3103
E-mail : ywpark@nukw.ac.kr

Paper received 31 December 2008
Paper accepted 30 April 2009