

파동형 Nd:YAG 레이저조사가 인체 치은조직에 미치는 영향

강경동 · 김천석 · 김형수 · 김현섭 · 김병욱 · 한경운

조선대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서론

현재 레이저는 의학 및 치의학계에 널리 적용되며, 특히 안과, 외과, 피부과, 치과영역의 치료에서 첨단기술로 받아들여지고 있다¹⁻³⁾. 1958년 Schwalow와 Townes⁴⁾가 Einstein의 양자 방사선의 가설을 이용하여 maser(microwave amplification by stimulated emission of radiation)의 원리를 기술한 이후 1960년 Maiman⁵⁾이 루비막대를 이용해 빛의 스펙트럼 중 가시영역 내에서 자극된 빛의 방출을 발견하여 최초의 레이저 광선을 발견했으며, 1961년 Javan 등⁶⁾이 가스레이저와 연속작동레이저를 처음으로 발견하고, 1964년 Patel 등⁷⁾은 CO₂ 레이저를 그리고 Geusic 등⁸⁾은 Nd:YAG 레이저를 개발하였다. 1970년대 초 Jako⁹⁾와 Polany 등¹⁰⁾이 CO₂ 레이저를 최초로 의학에 적용하였으며, 1977년 Keifhaber 등¹¹⁾이 위장관 출혈의 조절에 Nd:YAG 레이저를 처음으로 임상에 적용하였으며, 동물실험에서 레이저광선과 상처치유에 대한 조직반응을 처음으로 Hall 등¹²⁾과 Jako⁹⁾가 발표하였다.

모든 레이저장치는 기본적으로 3가지 구성요소로 이루어져 있는데 광학동공내에 있는 레이저 매질(laser medium)과 펌프용 에너지

원(pump energy source) 그리고 냉각장치(cooling system)로 구성되어 있다¹³⁻¹⁶⁾. 기본적으로 의학에 적용되는 레이저는 CO₂, Nd:YAG, Argon, Ruby 레이저 등 다양한 종류가 있고 사용되는 레이저 매질에 의해 레이저의 이름이 결정된다¹⁶⁾. 현재 연조직에 사용이 가능한 것으로 FDA공인을 받은 레이저는 CO₂, Nd:YAG, Ho:YAG, Argon 레이저가 있으며¹⁷⁾, 이들 레이저는 유형에 따라 조직의 침투와 열적 특성이 다르다.

이 중 Nd:YAG 레이저는 레이저 매질로 Neodymium : Yttrium-Aluminium-Garnet을 사용하며 1,064nm 파장의 적외선이며 육안으로 관찰되지 않으므로 대부분 조준을 위해 적색의 Helium-Neon 레이저를 이용한다^{15, 18)}. 또한 Nd:YAG 레이저는 특성상 비이온화광선이며 돌연변이를 일으키지 않으며¹³⁾, 착색된 조직에 친화성이 있고 조직내에서 다양한 광학적 산란 및 침투와 최소의 흡수를 보이며 반사되지는 않는다^{19, 20)}. Nd:YAG 레이저는 파장의 연속성에 따라 파장형과 연속파장형이 있는데 치과용으로는 주로 파장형이 이용되고 있다. 파장형 Nd:YAG 레이저가 CO₂ 레이저와 동일한 장점이 있고 더불어 조사된 조직의 최소한 세포죽음과 조직부종, 지혈효과

등이 있으며, 극히 짧은 시간에 조사되기 때문에 치수내 부정적인 열효과가 가해지지 않아 구강내 경조직에서 사용할 수 있다고 한다¹⁴⁾.

레이저 에너지 흡수량상은 레이저의 주파수와 조직에 따라 다르므로 한 종류의 레이저로는 다양한 조직에 동일한 효과를 얻기 힘들다¹³⁾. Fuller²¹⁾는 Nd:YAG레이저는 낮은 조직흡수와 뚜렷한 광학적 산란으로 피부표면에는 약간의 손상이 있으나 피부 심부의 열손상을 일으킨다고 보고 하였다. 또한, Romanos 등²²⁾은 쥐의 피부에 외과용수술도와 Nd:YAG 레이저의 저에너지 수준(1.75W, 20pps), 고에너지 수준(3.0W, 30pps)을 이용하여 절개 후 치유과정 비교시 외과용수술도와 저에너지를 이용한 경우가 유사한 치유양상을 보여주었고 저에너지 수준에서 반흔과 수축, 그리고 착색이 최소로 나타났으며, 고에너지 수준에서는 새로운 세포외기질단백질(extracellular matrix protein)합성이 느리게 생성되었고 보고하였다. White 등²³⁾은 구강내 연조직수술에서 Nd:YAG레이저와 통상적인 수술을 비교하였는데 치주낭 깊이의 감소, 술 후 동통, 술 후 염증, 치료시간은 별 차이가 없었으나 레이저를 이용한 수술에서 술 후 출혈과 수술 중 마취의 불필요는 일반적인 수술보다 장점이라고 보고하였다.

치과영역에서 레이저는 구강내 연조직에 대한 처치와 경조직에 대한 처치에 다양하게 적용된다^{15, 18, 24~28)}. 또한 Nd:YAG 레이저를 이용하여 치아 범랑질의 산부식 억제효과를 보고했고¹⁷⁾, Kutsch 등²⁹⁾이 Nd:YAG 레이저를 이용하여 조직재생유도술에서 상피제거로 효과적인 결과도 보고했다. Colvard 등³⁰⁾은 Nd:YAG 레이저는 작은 직경의 조사광섬유가 있어 치은 소파술에 용이하다고 보고했다. 최근에는 치아 경조직 및 골조직에 대한 사용효율이 높은 Er:YAG레이저와 Ho:YAG레이저등의 연구도 진행되고 있다¹⁵⁾.

이와 같이 구강점막에서 Nd:YAG레이저를 이용한 연구는 다수 보고되어 있으나 레이저 조사시 치은조직에서 초래될 수 있는 조직변화에 관한 연구는 미미하였다. 이에 본 연구는 출력별로 Nd:YAG레이저 조사시 치은조직에서 초래되는 조직변화의 양상 및 범주를 비교 관찰하고자 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

치과병원 치주과에 내원한 환자중 심미적인 이유로 전치부 임상치관연장술이나 섬유성 치은 증식으로 치은절제술이 요구되는 환자(8명, 22-30세)를 연구대상으로 선택하였다.

2. 연구방법

술전 준비로 초진시 치은의 염증유무 및 증식성 여부를 확인하고 평가하여 기록하였으며, 모든 환자는 술 전 치석제거술과 치근면활택술을 시행하고, 1주일 간격으로 재평가후 반복적인 치석제거술과 치근면활택술을 시행함으로써 치은염증을 완화하고 치은절제술을 위한 전 준비를 하였다.

본 연구에서 레이저조사는 table 1과 같은 제원의 파장형 Nd:YAG 레이저(EL. EN. EN060, Italy)에 300 μ m의 조사광섬유(fiber optic)를 장착하고, 국소마취를 시술부위에 시행하였으며, 가급적 동일한 조건을 위해 연구대상자의 상, 하악 4전치의 순측치은에서 치은정(gingival crest)으로부터 1 내지 2mm 떨어진 부위의 치은표면에 수직되고, 조사광섬유를 접촉시킨 상태로 치은연에 평행하게 근원심방향으로 이동하며 조사하였다. 조사 레이저의 출력은 1W(100mJ, 10Hz), 2W(100mJ, 20Hz), 3W(100mJ, 30Hz), 4W(100mJ, 40Hz) 4군으로 구분하였으며, 조사시간은 조사부위

Table 1. The specification of pulsed Nd:YAG laser(EL. EN. EN060, Italy)

Wave length: 1,064nm	Output power: 0.03 ~ 6.0W
Energy per pulse: 30~150mJ	Frequency: 1 ~ 40Hz
Fiber optic: 300 μ m	Cooling: Air cooled

에 각각 20초동안 조사하였다.

레이저 조사 직후 치은조직은 치은절제술에 의해 절취되었고, 생리식염수로 세척하여, 10% 중성 포르말린으로 고정시켰다. 고정된 치은절편은 통법에 따라 파라핀 왁스에 포매한 후 4-6 μ m 두께로 박절하고 각각 Hematoxylin-Eosin(HE)염색과 Periodic Acid Schiff(PAS)염색을 시행하여 조직표본을 제작하였다.

제작된 조직표본을 레이저조사 출력에 따라 구분하고 광학현미경하에서 H-E염색된 조직

표본에서는 치은조직내 조직학적 변화양상을 관찰하고, PAS염색된 조직표본은 동일한 배율의 현미경사진으로 인화한 후 레이저에 의한 치은조직의 제거된 조직깊이와 응고된 조직깊이를 Fig 1과 같이계측하였다. 최종깊이 측정을 위해 잔존한 치은의 외형에 기준하여 가상의 곡선(a-b, 점선)을 그리고 동일한 기준이 되도록 점a와 점b를 잇는 직선(실선)을 긋는다. 레이저에 의한 제거된 조직깊이는 제거된 조직의 가장 깊은 곳(c)에서 점a와 점b를 잇는 직선(실선)에 수직선을 긋고 치은외형에 준한 가상의 곡선(a-b, 점선)과 만나는 점d를 정하여 점c와 점d를 잇는 거리를 계측하고, 레이저에 의한 응고된 조직깊이는 응고층의 가장 깊은 곳(e)에서 점c를 수직으로 잇는 거리를 측정하였다.

출력별로 파장형 Nd:YAG레이저를 치은조직에 조사시 조사 출력에 따른 제거된 조직깊이 및 응고된 조직깊이 차이는 통계프로그램인 SAS의 비모수 검사인 Kruskal Wallis Test를 이용하여 통계학적 유의성을 검증하였다.

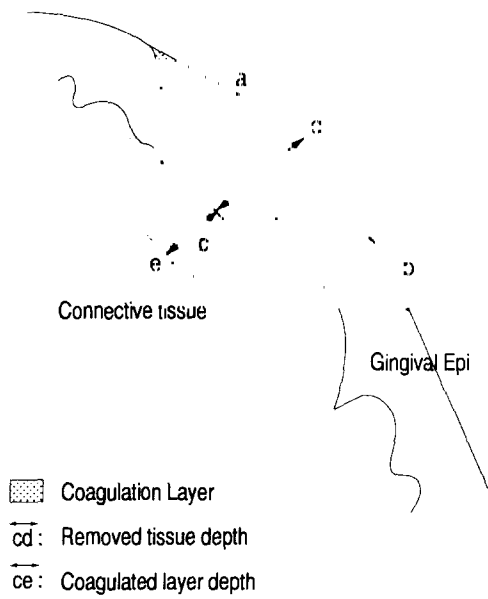


Fig 1. A schematic drawing of measuring the removed tissue depth and coagulated layer depth in gingiva according to different laser power.

III. 연구성적

1. 출력별 레이저조사에 따른 치은조직의 변화양상

- 1.0W 출력의 레이저조사군 조직표본에서는 치은상피의 수포화가 상피조직의 표층에 국한되어 관찰 되었다(Fig 2).
- 2.0, 3.0W 출력의 레이저조사군 조직표본에서는 조사된 치은조직부위에 조직의 응고괴사가 나타났다. 조사된 부위에서는

상피세포의 형태학적인 변형과 상피세포 간 결합관계의 파괴상이 관찰되었다(Fig 3, 4).

3. 4.0W 출력의 레이저조사군에서는 조사된 부위의 상피 및 결합조직의 상실과 레이저조사 부위 조직의 응고괴사가 관찰되었다(Fig 5).

2. 출력별 레이저조사에 따른 치은조직의 제거된 조직깊이

출력별 레이저조사에 따른 치은조직의 제거된 조직깊이는 table 2와 같이 레이저의 출력이 높은 군에서 치은조직의 제거깊이가 깊게 나타났는데 각 레이저조사군에서도 1.0W 조사군($44.54 \pm 6.99 \mu\text{m}$)과 3.0W 조사군($99.75 \pm 6.64 \mu\text{m}$), 1.0W 조사군($44.54 \pm 6.99 \mu\text{m}$)과 4.0W 조사군($111.36 \pm 4.50 \mu\text{m}$)간에, 2.0W 조사군($98.01 \pm 4.53 \mu\text{m}$)와 4.0W 조사군간에 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다($P < 0.05$).

3. 출력별 레이저조사에 따른 치은조직의 응고된 조직깊이

출력별 레이저조사에 따른 치은조직의 조직응고깊이는 table 3과 같이 레이저의 출력이 높은 군에서 치은조직의 응고된 조직깊이는 깊게 나타났는데 각 레이저조사군에서도 1.0W 조사군($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$)과 3.0W 조사군($55.99 \pm 20.94 \mu\text{m}$), 1.0W 조사군($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$)과 4.0W 조사군($83.68 \pm 10.34 \mu\text{m}$)간에 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다($P < 0.05$).

IV. 총괄 및 고안

심미적인 관점에서나 환자의 구강위생 관리 측면에서 불편감을 호소하게 하는 치은증식은 그 원인과 병인에 따라 염증성, 비염증성, 혼합형, 조건성, 종양성 그리고 발육성 치은비대로 분류된다. 비염증성 치은증식이나 해부학적 치관의 길이가 짧아 심미적인 원인으로

Table 2. The removed tissue depth in gingiva according to different laser power(mean S.D.)

Laser power	Removed tissue depth(μm)
1.0W(100mJ, 10Hz)	44.54 ± 6.99
2.0W(100mJ, 20Hz)	98.01 ± 4.53
3.0W(100mJ, 30Hz)	99.75 ± 6.64
4.0W(100mJ, 40Hz)	111.36 ± 4.50

* : $P < 0.05$

Table 3. The coagulated layer depth in gingiva according to different laser power(mean ± S.D.)

Laser power	Coagulated layer depth(μm)
1.0W(100mJ, 10Hz)	31.82 ± 8.99
2.0W(100mJ, 20Hz)	51.55 ± 17.89
3.0W(100mJ, 30Hz)	55.99 ± 20.94
4.0W(100mJ, 40Hz)	83.68 ± 10.34

* : $P < 0.05$

증식된 상하악 전치부치은의 치은절제술이 요구될 때 수술도를 이용한 치은절제술이 일반적으로 적용되었다. 수술도를 이용한 치은절제술의 경우 종종 절제된 치은조직으로부터 조절이 어려운 출혈이 야기되기도 하고 수술 후 동통을 야기하기도 하며, 또한 수술시 감염의 가능성도 있다. 반면 레이저를 이용한 치은절제술은 고전적인 치은절제술로 야기되는 문제점을 해소하여 거의 완전히 건조하며 무혈적인 수술시야를 제공할 수 있으며 시술 후 최소의 반흔 및 부종을 보이며 기계적인 외상과 통증이 감소되거나 거의 없다는 장점이 있다¹⁵⁾. 한편 Stanton 등³¹⁾은 치은절제술 후 상피가 완전히 치유되는 데는 평균 32일이 소요되고, 결합조직의 완전한 치유에는 평균 49일이 소요되는 것으로 평가하였다. 김등¹⁹⁾은 파장형 Nd:YAG 레이저를 이용하여 쥐의 치은절제술을 시행한 결과 통상적인 치은절제술보다 결합조직의 변성으로 치유가 다소 지연되지만 2주에는 완전히 치유되는 것을 보고하였다.

이러한 레이저를 이용한 치은절제술의 장, 단점에 반하여 레이저조사된 치은의 주위조직의 변화가 치유에 지대한 영향을 미치게 되는 바 이를 규명하고자 본 연구에서는 파장형 Nd:YAG 레이저를 이용하여 조사된 출력 차이에 따른 치은조직의 변화를 관찰하고 레이저조사에 의한 치은조직내 조직제거깊이와 응고깊이를 계측, 비교분석하였다.

Goldstein 등¹³⁾은 치과용레이저가 생체조직에 부딪히면 광열효과에 의해 작용하고 레이저에너지가 조직에 의해 흡수되며, 조직의 외과적 절제 및 응고를 가능하게 하는 것이 바로 이 레이저에너지의 흡수라고 했다. 레이저에너지가 조직에 의해 흡수되어 열로 전환될 때 광열효과가 발생한다. 기타 가능한 레이저와 조직사이의 상호작용은 투과와 반사이다³²⁾. 광자에너지가 조직을 투과하는 것이 위해 효과를 야기하지는 않고 신체는 어떤 형태의

전자 방사선에 대해서도 상대적으로 반투명하며 레이저광은 손상효과없이 구강조직을 통과할 수 있으며, 잠재적 위해상호작용이 발생할 수 있는 것은 단지 투과되고 반사된 레이저광이 인접조직에 의해 흡수되었을 경우이다¹³⁾.

본 연구를 위한 연구대상의 선정에서 심미적인 이유로 임상치관연장술이나 비염증성 치은증식으로 치은절제술이 요구되는 환자(8명, 22~30세)를 선택하여 비교 관찰하였는데 특히 염증성 치은증식 환자를 선택하지 않는 이유는 염증성 치은증식이 치은절제술에 비적응증이며 레이저를 이용한 치은조직 처치시 치은조직의 차이로 인하여 오차가 커질 수 있다는 점을 고려하였기 때문이다.

Gold 등³³⁾은 Nd:YAG 레이저를 이용하여 1.25~1.75W, 20Hz로 2~3분간 저출력으로 치주낭내 레이저를 조사한 결과 대부분 조사표본의 83%에서 치은상피의 기저막 잔존이 관찰된 반면 하부결합조직에서는 괴사나 탄화(carbonization)의 흔적이 관찰되지 않았다고 보고하였는데, 이 같은 보고는 본 연구에서 1.0W 레이저 조사군에서도 치은상피의 수포화가 관찰되고 상피조직에 국한된 유사한 치은조직의 변화를 관찰하였다.

본 연구에서는 상악전치부 순측치은에 레이저를 접촉조사하여 조사된 치은조직 하부 주위조직의 레이저에 관한 영향을 관찰하고자 하였고, 연구목적에 근접한 방법으로 레이저 조사에 의해 치은조직의 제거깊이와 제거된 조직하부의 열괴사로 추정되는 광학현미경상의 응고깊이를 계측하여 출력별로 구분 비교하였다. 연구결과 1.0W 레이저 조사군에서는 치은조직내 파괴깊이가 $44.54 \pm 26.99 \mu\text{m}$, 2.0W 조사군은 $98.01 \pm 4.53 \mu\text{m}$, 3.0W 조사군은 $99.75 \pm 6.64 \mu\text{m}$, 4.0W 조사군에서는 $111.36 \pm 4.50 \mu\text{m}$ 로 나타났으며, 치은조직내 응고깊이는 1.0W 레이저 조사군에서는 $31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$, 2.0W 조사군은 $51.55 \pm 17.89 \mu\text{m}$, 3.0W 조사군은 55.99

20.94 μm , 4.0W 조사군에서는 83.68 \pm 10.35 μm 로 계측되었는데, 연구결과에서 레이저에 의한 치은조직내 제거된 치은깊이에서는 1.0W 레이저조사군과 3.0W 레이저조사군간, 1.0W 레이저조사군과 4.0W 레이저조사군간 그리고 2.0W 레이저조사군과 4.0W 레이저조사군간에서, 응고된 치은깊이에서는 1.0W 레이저조사군과 3.0W 레이저조사군간, 1.0W 레이저조사군과 4.0W 레이저조사군간에서 유의성이 검증되었는데 인접한 레이저조사군간에는 유의한 차이가 없었다. 이러한 차이는 본 실험에서 레이저 조사시 표준화된 레이저조사방법을 적용하였으나 적용시 다소의 레이저조사 방향의 변화와 미세한 조사시간의 차이로 인한 것으로 추정된다.

Daniels 등³⁴⁾은 CO₂레이저를 이용하여 연조직을 절개한 후 인접한 연조직의 조직괴사 폭경을 조직학적으로 계측하여 상피층에서는 평균 86 μm 의 조직괴사의 폭경을 보고하였으며, 또한 조직의 열괴사부위의 인접된 조직에서 500 μm 의 균일한 열손상층이 존재함을 보고하였다. 본 연구와는 다른 레이저기종의 사용과 관찰된 부위가 다르지만 레이저에 의한 조사된 인접조직의 열손상을 보고하는 것은 유사하다고 할 수 있다. 아울러 레이저와 조직과의 상호작용에서 조직내로 레이저에너지의 전이된 거리를 침투깊이(penetration depth)라고 하고, 레이저 에너지에 의해 조직내에서 변성이 일어나는 가장 깊은 수준을 응고깊이(coagulation depth) 혹은 열침투깊이(thermal penetration depth)라고 하는데, CO₂, Nd:YAG, Argon 레이저는 유사한 조직응고깊이를 가지고 있으나 침투깊이는 많은 차이를 보인다는 Kutsch¹⁸⁾의 보고와 일맥상통한다.

본 실험연구에서 출력별로 Nd:YAG 레이저를 치은조직에 조사 후 조직내 변화를 관찰하기 위해서 HE염색과 PAS염색을 시행하였으나 제작된 표본에서 응고괴사층을 정확하게 계측하기에는 정상조직과 조직응고층간의

경계가 불확실하여 어려움을 느꼈다. 또한, 레이저조사시 연구대상자중 대부분이 2.0W(20Hz) 이상에서는 약간의 동통을 야기했으며 이런 결과는 한 등³⁵⁾이 연구한 결과와 유사함을 보이고 있다. 레이저치료의 잇점중 무통치료가 있지만 레이저를 이용한 치은절제술을 시행할 경우 국소마취가 필요할 것으로 사료된다

본 연구에서는 레이저조사된 치은조직의 변화양상을 광학현미경하에서 관찰하였으나 세포에 관한 미세한 변화를 관찰하기는 미비하여 더욱 미세한 세포학적인 변화의 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

파장형 Nd:YAG 레이저를 이용한 치은조직처치시 잔존치은조직에 미치는 레이저의 영향을 관찰하기 위해서 전치부 임상치관연장술과 치은증식으로 치은절제술이 요구되었던 환자를 연구대상으로 선택하여 상하악 4전치부 치은연에 파장형 Nd:YAG 레이저를 다양한 출력(1.0W-4.0W)으로 각 20초간 접촉조사한 직후 치은조직을 절취하여 통법에 따라 조직표본으로 제작하고 광학 현미경하에서 레이저 조사출력에 따른 치은조직의 변화양상을 관찰하고, 현미경사진상에서 파장형 Nd:YAG 레이저에 의한 치은조직의 제거된 조직깊이와 응고된 조직깊이를 계측, 환산하였다. 출력별 치은조직내 치은조직의 제거된 조직깊이와 응고된 조직깊이의 차이는 SAS의 Kruskal Wallis Test를 이용하여 통계학적 유의성을 검증하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 레이저조사출력에 따른 치은조직의 변화양상으로

- 1.0W 출력조사군 조직표본에서 치은상피의 수포화가 상피조직의 표층에 국한

되어 관찰되었다.

2. 2.0, 3.0W의 레이저조사군 조직표본에서는 조사된 치은조직부위에 조직의 응고괴사가 나타났다. 조사된 부위에서는 상피세포의 형태학적인 변형과 상피세포간 결합관계의 파괴상이 관찰되었다.
3. 4.0W의 레이저조사군에서는 상피의 완전상실과 결합조직의 부분 상실 그리고 응고괴사가 관찰되었다.

2. 레이저조사출력에 따른 치은조직의 제거된 조직깊이는

레이저의 출력이 높은 군에서 깊게 나타나는 경향을 보였는데, 1.0W 조사군($44.54 \pm 6.99 \mu\text{m}$)과 3.0W 조사군($99.75 \pm 6.64 \mu\text{m}$), 1.0W 조사군($44.54 \pm 6.99 \mu\text{m}$)과 4.0W 조사군($111.36 \pm 4.50 \mu\text{m}$)간에서, 2.0W 조사군($98.01 \pm 4.53 \mu\text{m}$)와 4.0W 조사군간에 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다($P < 0.05$).

3. 레이저조사출력에 따른 치은조직의 응고된 조직깊이는

레이저의 출력이 높은 군에서 깊게 나타나는 경향을 보였는데, 1.0W 조사군($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$)과 3.0W 조사군($55.99 \pm 20.94 \mu\text{m}$) 및 1.0W 조사군($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$)과 4.0W 조사군($83.68 \pm 10.35 \mu\text{m}$)간에 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다($P < 0.05$).

이상과 같은 결과는 레이저조사 출력에 따라 치은조직내 침투깊이가 다르고, 인접하고 있는 건강한 조직에까지 유해한 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다.

참고문헌

1. Dixon, J.A. : "Surgical Application of

lasers", 1st ed., Year book medical publishers, 1983.

2. Kazuhiko, A. : "New frontiers in laser medicine and surgery", 1st ed., Excerpta medica, 1983.
3. Pecaro, B.C. and Garehime, W.J. : "The CO₂ laser in oral and maxillofacial surgery", J. Oral Maxillofac. surg., 41 : 725-728, 1983.
4. Schawlow, A.L. and Towns, C.H. : "Infrared and optical masers", Phys. Rev., 112 : 1940-1952, 1958.
5. Maiman, T.H. : "Stimulated optical radiation in ruby", Nature, 187 : 493-494, 1960.
6. Javan, A., Bennett, W.R. Jr. and Herriott, D.R. : "Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing a HeNe mixture", Physiol., 6 : 106-110, 1961.
7. Patel, C.K.N., McFarlane, R.A. and Faust, W.L. : "Selective excitation through vibrational energy transfer and optical maser action in N₂-CO₂", Physiol., 13 : 617-619, 1964.
8. Geusic, J.E., Marcos, H.W. and Uitert, L.G. : "Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium, and gadolinium garnets", Appl. Phys. Lett., 4 : 182, 1964.
9. Jako, F.G. : "Laser surgery of the vocal cords-An experimental study with carbon dioxide laser on dogs", Laryngoscope, 82 : 2204-2216, 1972.
10. Polany, T. G., Bredmesiser, H.C. and Davis, T.W. : "A CO₂ laser for surgical reseach", Med. Bio. Eng., 8 : 541-548, 1970.
11. Keifhaber, P., Math, G. and Moritz, K. : "Endoscopic control of massive

- gastrointestinal hemorrhage by irradiation with high power neodymium:YAG laser”, *Prog. Surg.*, 15 : 140-145, 1977.
12. Hall, R.R., Hill, D.W. and Beach, A.D. : “A carbon dioxide surgery laser”, *All. Royal Coll. Surg.*, 48 : 181, 1971.
 13. Miserendino, L.J. and Pick, R.M. : “Lasers in dentistry”, Quintessence publishing Co., 199-216, 1995.
 14. Myers, T.D. and McDaniel, J.D. : “The pulsed Nd:YAG dental laser-Review of clinical applications”, *CDA Journal*, 19(11) : 25-29, 1991.
 15. Pick, R.M. and Colvard, M.D. : “Current status of lasers in soft tissue dental surgery”, *J. Periodontol.*, 64 : 589-602, 1993.
 16. Pick, R.M., Pecaro, B.C. and Silberman, C.J. : “The laser gingivectomy - The use of the CO₂ laser for the removal of phenytoin hyperplasia”, *J. Periodontol.*, 56 : 492-496, 1985.
 17. Wigdor, H.A., Walsh, J.T., Featherstone, J.D.B., Visuri, S.R., Fried, D. and Waldvogel, J.L. : “Lasers in dentistry”, *Lasers Surg. Med.*, 16 : 103-133, 1995.
 18. Kutsch, V.K. : “Lasers in dentistry-Comparing wavelengths”, *J. Am. Dent. Assoc.*, 124(2) : 49-54, 1993.
 19. 김옥수 정현주 : “백서에서 Pulsed Nd:YAG laser에 의한 치은절제술후의 치유양상”, *대한치주과학회지*, 26(1) : 293-306, 1996.
 20. Pick, R.M. : “Using lasers in clinical dental practice”, *J. Am. Dent. Assoc.*, 124(2) : 37-47, 1993.
 21. Fuller, T.A. : “The physics of surgical lasers”, *Lasers Surg. Med.*, 1 : 5-14, 1980.
 22. Romanos, G.E., Pelekanos, S. and Strub, J.R. : “Effects of Nd:YAG laser on wound healing processes-Clinical and immunohistochemical findings in rat skin”, *Lasers Surg. Med.*, 16 : 368-379, 1995.
 23. White, J.M., Goodis, H.E. and Rose, C.L. : “Use of the pulsed Nd:YAG laser for intraoral soft tissue surgery”, *Lasers Surg. Med.*, 11 : 455-461, 1991.
 24. Myers, T.D. : “Lasers in dentistry”, *J. Am. Dent. Assoc.*, 122(7) : 46-50, 1991.
 25. Gaspar, L. : “The use of the high power lasers in oral surgery”, *Acta. Biomed. Ateneo. Parmense.*, 63(1-2) : 85-95, 1992.
 26. Nelson, D.G.A., Jongebloed, W.L. and Featherstone, J.D.B. : “Laser irradiation of human dental enamel and dentine”, *N. Z. Dent. J.*, 82 : 74-77, 1988.
 27. White, J. M., Goodis, H. E. and Rose, C. M. : “Nd:YAG pulsed infrared laser for treatment of root surface”, *CDA Journal*, 19(11) : 55-58, 1991.
 28. Pick, R.M. and Pecaro, B.C. : “Use of the CO₂ laser in soft tissue dental surgery”, *Lasers Surg. Med.*, 7(2) : 207-213, 1987.
 29. Kutsch, V.K., Ochs, W.L. and Arend, J. : “Guided tissue regeneration by intermittent Nd:YAG laser deepithelialization”, *CDA Journal*, 19(11) : 52-54, 1991.
 30. Colvard, M.D. and Kuo, P. : “Managing aphthous ulcers-Laser treatment applied”, *J. Am. Dent. Assoc.*, 122(7) : 51-53, 1991.
 31. Stanton, G., Levy, M. N. and Stahl, S. S. : “Collagen restoration in healing human gingiva”, *J. Dent. Res.*, 48 : 27-33, 1969.

32. Dederich, D.N. : "Laser-tissue interaction", Alpha Omegan, 84(4) : 33-36, 1991.
33. Gold, S.I. and Vilaridi, M.A. : "Pulsed laser beam effects on gingiva", J. Clin. Periodontol., 21 : 391-396, 1994.
34. Daniels, T.E., Pogrel, M.A. and McCracken, K.J. : "Histologic evaluation of the width of soft tissue necrosis adjacent to carbon dioxide laser incisions", Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 70 : 564-568, 1990.
35. 한상학 김병옥 한경윤 : "구강내 연조직에 대한 무통적조사를 위한 Nd:YAG laser의 출력조절에 관한 임상적인 연구". 대한치주학회지 , 26(2) : 522-530, 1996.

논문 사진부도 설명

Fig 2 : Light microphotographs of irradiated gingival tissue with 1.0W(100mJ, 10Hz) laser power.

(A : original magnification $\times 40$, B : original magnification $\times 100$; HE stain)

Fig 3 : Light microphotographs of irradiated gingival tissue with 2.0W(100mJ, 20Hz) laser power.

(A : original magnification $\times 40$, B : original magnification $\times 100$; HE stain)

Fig 4 : Light microphotographs of irradiated gingival tissue with 3.0W(100mJ, 30Hz) laser power.

(A : original magnification $\times 40$, B : original magnification $\times 100$; HE stain)

Fig 5 : Light microphotographs of irradiated gingival tissue with 4.0W(100mJ, 40Hz) laser power.

(A : original magnification $\times 40$, B : original magnification $\times 100$; HE stain)

강경동 논문 사진

Effect of a Pulsed Nd:YAG laser irradiation on human gingival tissues

Kyung-Dong Kang, Chun-Suk Kim, Hyung-Soo Kim,
Hyun-Seop Kim, Byung-Ock Kim, Kyung-Yoon Han

Department of Periodontology, School of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to determine the effect of a pulsed Nd:YAG laser irradiation on human gingival tissues. The patients, who were planned to be treated by clinical crown lengthening procedure and gingivectomy, were selected. All the patients received oral hygiene instruction, scaling and root planing at preoperation. The crest of gingival tissue on upper and lower anterior teeth was irradiated by a pulsed Nd:YAG laser(EL. EN. EN060, Italy) with a fiber optic of 300 m in contact mode for 20 seconds. Gingival tissues were divided into 4 groups according to the laser power of 1.0W(10Hz, 100mJ), 2.0W(20Hz, 100mJ), 3.0W(30Hz, 100mJ) and 4.0W(40Hz, 100mJ). Immediately after the laser irradiation, the specimens were excised, fixed 10% neutral formalin, sectioned 4-6 μ m thick, stained by Hematoxylin-Eosin and Periodic Acid Schiff stain and observed under light microscope. The removed tissue depth and the coagulated layer depth due to a laser irradiation by a laser irradiation were measured on the microphotographs. The difference of measurements according to the different laser power was statistically analyzed by Kruskal Wallis Test with SAS program.

The results were as follows :

1. In histologic findings of irradiated gingival tissues;
 - a. In the irradiated gingival specimen with 1.0W laser power, some vesicles were observed in limited superficial layer of gingival epithelium.
 - b. In the irradiated gingival specimen with 2.0W and 3.0W laser power, the epithelium was almost removed except for the traces of viable basal cell remnants at ret peg, and coagulation necrosis related with the thermal effect of laser was noted.
 - c. In the irradiated gingival specimen with 4.0W laser power, complete removal of epithelium, partial removal of underlying connective tissue, and the coagulation necrosis of subjacent gingival tissue were shown.
2. The removed tissue depth was deeper in the irradiated specimens with higher power. There was a statistical significance in the difference of removed tissue depth between 1.0W group(44.54 \pm 6.99 μ m) and 3.0W group(99.75 \pm 6.64 μ m), and between 1.0W group(44.54 \pm 6.99

μm) and 4.0W group($111.36 \pm 4.50 \mu\text{m}$), and between 2.0W group($98.01 \pm 4.53 \mu\text{m}$) and 4.0W group($111.36 \pm 4.50 \mu\text{m}$)($P < 0.05$).

3. The coagulated layer depth was deeper in the irradiated specimens with higher power. There was a statistical significance in the difference of coagulated layer depth between 1.0W group($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$) and 3.0W group($55.99 \pm 20.94 \mu\text{m}$), and between 1.0W group($31.82 \pm 8.99 \mu\text{m}$) and 4.0W group($83.68 \pm 10.34 \mu\text{m}$)($P < 0.05$).

From this study, the results demonstrated that the effects of a pulsed Nd:YAG laser irradiation on gingival tissues seemed to depend on the laser power and that the irradiation with high power could be harmful to adjacent healthy tissue.