

펄스식 Nd:YAG 레이저 조사에 따른 성체 흰쥐 혀배면 점막의 변화

부산대학교 치과대학 구강내과학교실

최중호 · 박준상 · 고명연

부산대학교 치과대학 구강해부학교실

박봉수

목 차

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 연구방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도

I. 서 론

레이저는 전기나 섬광등과 같은 출력원이 기체, 고체, 액체 또는 반도체 결정과 같은 활성 레이저 매질을 통해 광자 에너지를 방출하여 레이저 공명기에서 집중시킴으로써, 유도방출을 증폭하여 나온 고도의 단색성, 일치성 및 직진성의 빛 에너지를 레이저 광전달계를 통해 치료부위로 전달하는 장치이다¹⁾.

레이저는 1917년 Einstein²⁾에 의해 이론적 근거로 유도방출 원리가 제시된 이래 많은 학자들에 의해 이론적 측면에서 연구되어 왔으며 1960년 Maiman³⁾이 합성 루비 결정을 이용한 최초의

레이저를 개발한 이후 현재 여러종류의 레이저가 개발되어 기초과학, 응용과학, 의학, 통신 등 많은 과학기술 분야에 사용되고 있다⁴⁻⁶⁾.

치의학 분야에서 레이저의 적용은 Goldman 등⁷⁾이 루비 레이저를 조사하여 와동형성의 가능성을 최초로 보여준 이후, Lobene 등⁸⁾, Stern 등⁹⁾, Kantola 등¹⁰⁾은 CO₂ 레이저가 초기우식 예방에 효과가 있다고 보고하였고, Yamamoto 등¹¹⁾은 Nd:YAG 레이저가 초기우식 차단에 효과가 있다고 하였다. Adrian 등¹²⁾은 Nd:YAG 레이저가 치과재료를 치질에 부착시키는 효과가 있다고 하였으며, Boehem 등¹³⁾, Stern 등¹⁴⁾, Kato와 Nagasawa¹⁵⁾은 레이저 조사에 따른 치수의 온도 변화를 보고하였다. Lenz¹⁶⁾는 아르곤 레이저를 악안면 수술에 사용하였고 Fisher와 Frame¹⁷⁾은 양성, 전암 구강병소의 치료에 CO₂ 레이저를 사용하였다. White 등¹⁸⁾은 펄스식 Nd:YAG 레이저를 치주수술에 사용하여 현저한 출혈 감소와 시술중의 적은 동통을 보고했으며 그의 치은절제술, 치은성형술 및 소대수술 등 많은 구강 연조직 치료에 Nd:YAG 레이저가 널리 사용되고 있다¹⁹⁻²¹⁾.

Nd:YAG 레이저는 활성 매질인 Yttrium-Aluminum-Garnet 결정체에 Neodymium 원소

를 도금한 것으로 파장은 1064nm로 근적외선에 속한다^{2,22)}. 펄스식 Nd:YAG 레이저는 높은 최대 출력, 짧은 펄스지속시간, 긴 휴지기를 가지고 있으며 광섬유를 통해 전달될 수 있다^{1,2)}. 또한 조직이 간편하고 수분에 흡수되지 않으며 멜라닌과 같은 검은 색소에 친화성을 가지고 있다²³⁻²⁵⁾. Nd:YAG 레이저는 연조직 시술시 광섬유말단의 광열작용으로 조직기화를 유발하여 조직을 제거하거나 절개할 수 있는데²⁶⁾ 광열작용에 의해 나타날 수 있는 조직손상의 정도는 조직의 성질과 레이저 조사조건 즉, 출력밀도, 조사시간, 초당 펄스수 및 펄스 지속시간 등에 의해 좌우된다^{2,5,27)}.

따라서 레이저를 임상시술에 안전하고 효과적으로 이용하기 위해서는 방사에너지의 특정파장이 생체조직과 작용할 때 레이저 조사조건에 따라 발생하는 복잡한 상호작용에 대한 철저한 이해가 전제되어야 한다²⁸⁾. 그러나 지금까지 출력과 초당 펄스수와 같은 레이저 조사변수에 따라 조직의 반응을 관찰한 실험은 미흡한 실정이다. 따라서 치과 임상에서 많이 사용하고 있는 펄스식 Nd:YAG 레이저를 이용하여 출력과 초당 펄스수의 변수에 따른 성체 흰쥐 혀배면 점막의 조직학적 반응을 관찰하여 앞으로 임상자들이 시술할 환경에서 가장 적합한 변수를 선택하여 좋은 치료 결과를 얻을 수 있도록 기여하는 데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

실험동물로는 동일한 조건하에서 사육한 300 gm전후의 건강한 Sprague-Dawley 계 흰쥐를 사용하였다.

본 실험에 사용된 레이저 기기는 파장 1064nm, 펄스 지속시간 120ms의 펄스식 Nd:YAG 레이저 (SunLase Master[®], Sunrise Technology Inc., Sanfrancisco U.S.A.)²²⁾를 이용하였고 레이저광 전달을 위해 직경 320 μ m 광섬유를 사용하였다.

2. 연구방법

실험동물의 마취는 ether로 전마취를 실시한 후 Ketamin chloride (50mg/ml) 1ml를 근육주사하였다. 마취된 흰쥐를 고정판에 결찰한 후 혀배면에 광섬유의 끝을 가볍게 접촉하여 레이저광을 조사하였다. 레이저광 조사는 출력 1.5W, 2.0W, 2.5W, 3.0W, 3.5W, 4.0W와 초당 펄스수 10Hz, 15Hz, 20Hz, 30Hz를 조합한 24가지 조건으로 설정하였으며 설정조건의 조합과 각 조건에 따른 펄스당 에너지량은 <표 1>과 같다.

Table 1. Energy per pulse for various parameters (mJ)

power	pulses per second			
	10Hz	15Hz	20Hz	30Hz
1.5W	150	100	75	50
2.0W	200	133	100	66
2.5W	250	166	125	83
3.0W	300	200	150	100
3.5W	350	233	175	116
4.0W	400	266	200	133

각 설정조건에 따른 레이저광 조사 전, 직경 320 μ m 광섬유말단부를 다이아몬드 칼로 절단하여 광속의 형태가 원형을 유지하도록 하였다. 광섬유 말단을 혀배면에 직각으로 가볍게 접촉시킨 후 육안적인 조직제거가 나타날 수 있는 최소한 시간인 3초동안 레이저광을 조사하였다²⁹⁾.

레이저광 조사직후 혀배면에 나타난 조직제거, 백색변성, 탄화정도를 육안적으로 관찰하였다. 그 후 흰쥐를 과량의 ether 흡인으로 희생시키고 즉시 혀를 절제한 후 10% 중성포르말린에 20시간 고정시킨 후 6시간동안 수세하였다. 그리고 70%, 80%, 90%, 100% 알코올에 탈수시킨 후 파라핀에 조직을 포매하였다. 레이저광 조사부의 중앙을 포함하도록 4 μ m 연속박절편을 제작

하여 각 절편을 Hematoxilin-Eosin(H-E) 염색 하였다. 각 절편을 출력과 초당 펄스수에 따른 상피조직, 고유판의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 탄화정도를 Confocal 레이저 현미경 (LSM410[®], Carl Zeiss, Germany)으로 관찰하고 특히 레이저 조사에 따른 파괴조직의 최대 폭경을 Confocal 레이저 현미경의 컴퓨터 영상분석 장치로 계측하여 분석 비교하였다.

Table 2. Visual inspection for alterations in the dorsal tongue mucosa of adult rats after lasing according to various parameters

Parameters		Alterations in tongue mucosa		
W	Hz	Ablation	Whitening	Carbonization
1.5	10	+	-	+
	15	+	-	+
	20	+	+/-	+/-
	30	+	+	+/-
2.0	10	+	-	+
	15	+	+	+/-
	20	+	+	+/-
	30	+	+	+
2.5	10	+	+/-	+
	15	+	+	+
	20	+	+	+
	30	+	+	+
3.0	10	+	+	+
	15	+	+	+
	20	+	+	+
	30	+	+	+
3.5	10	+	+	+
	15	+	+	+
	20	+	+	+
	30	+	+	+
4.0	10	+	+	+
	15	+	+	+
	20	+	+	+
	30	+	+	+

- : No finding

+ : Positive finding

+/-: Weak positive finding

Ⅲ. 연구성적

1. 육안소견

각 설정조건에 따른 레이저 조사 후 성체 흰쥐 혀배면 점막의 변화를 조직제거, 백색변성 및 탄화로 나누어 존재유무를 관찰하였다(표 2).

(1) 출력 1.5W

모든 설정조건에서 조직제거를 관찰하였다. 10Hz와 15Hz에서 주변조직의 백색변성은 나타나지 않았으나 탄화는 존재하였다. 20Hz에서 경도의 백색변성과 경도의 탄화가 나타났다. 30Hz에서 백색변성과 경도의 탄화가 나타났다.

(2) 출력 2.0W

모든 설정조건에서 조직제거를 관찰하였다. 10Hz에서는 백색변성은 나타나지 않았으나 탄화는 나타났다. 15Hz와 20Hz에서 백색변성과 경도의 탄화가 나타났다. 30Hz에서 백색변성과 탄화가 모두 나타났다.

(3) 출력 2.5W

모든 설정조건에서 조직제거를 관찰하였다. 10Hz에서 경도의 백색변성과 탄화가 나타났으며 15Hz, 20Hz와 30Hz에서 백색변성과 탄화가 모두 나타났다.

(4) 출력 3.0W

10Hz, 15Hz, 20Hz와 30Hz의 설정조건에서 조직제거, 백색변성과 탄화가 모두 나타났다.

(5) 출력 3.5W

10Hz, 15Hz, 20Hz와 30Hz의 설정조건에서 조직제거, 백색변성과 탄화가 모두 나타났다.

(6) 출력 4.0W

10Hz, 15Hz, 20Hz와 30Hz의 설정조건에서 조직제거, 백색변성과 탄화가 모두 나타났다.

2. Confocal 레이저 현미경조건

각 설정조건에 따른 레이저 조사로 발생한 흰취 허배면 점막의 조직변화를 Confocal 레이저 현미경(LSM410[®], Carl Zeiss, Germany)의 스크린에 나타난 영상으로 분석하여 상피조직의 파괴, 하방 고유판의 파괴, 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리 및 탄화등의 존재 유무를 조사하였다(표 3).

(1) 출력 1.5W

모든 설정조건에서 상피조직이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴는 없었으나 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리, 경도의 탄화는 관찰되었다. 15Hz에서 고유판의 파괴와 상피조직과 고유판의 분리는 나타나지 않았으나 조직의 탄화는 관찰되었다. 20Hz에서 고유판의 파괴와 상피조직과 고유판의 분리는 나타났으나 탄화는 관찰되지 않았다. 30Hz에서 고유판의 파괴와 조직의 탄화는 나타나지 않았으나 상피조직과 고유판의 분리는 관찰되었다(그림 1).

(2) 출력 2.0W

모든 설정조건에서 상피조직이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴와 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리는 없었으나 경도의 탄화는 관찰되었다. 15Hz에서 경도의 고유판의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 조직의 탄화가 나타났다. 20Hz에서 고유판의 파괴와 경도의 조직의 탄화는 나타났으며 상피조직과 고유판의 분리는 관찰되지 않았다. 30Hz에서 고유판의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 조직의 탄화가 모두 관찰되었다(그림 2).

Table 3. Histological findings in the dorsal tongue mucosa of adult rats after lasing according to various parameters

Parameters		Histological findings			
W	Hz	Destruction of epithelium	Destruction of lamina propria	Seperation of epithelium and lamina propria	Charring
1.5	10	+	-	+	+/-
	15	+	-	-	+
	20	+	+	+/-	-
	30	+	-	+	-
2.0	10	+	-	-	+/-
	15	+	+/-	+	+
	20	+	+	-	+/-
	30	+	+	+	+
2.5	10	+	-	+	-
	15	+	-	+	+/-
	20	+	+	-	+
	30	+	+	-	+
3.0	10	+	-	+	+/-
	15	+	-	+	+
	20	+	+	-	+/-
	30	+	+	+	-
3.5	10	+	-	+	+/-
	15	+	-	+	-
	20	+	+	+	+
	30	+	+	+	+/-
4.0	10	+	+	+	+/-
	15	+	+	+	+
	20	+	+	+	+
	30	+	+	+	+

- : No finding

+ : Positive finding

+/-: Weak positive finding

(3) 출력 2.5W

모든 설정조건에서 상피조직이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴와 조직의 탄화는 없었으나 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리는 관찰되었다. 15Hz에서 고유판의 파괴는 나타나지 않았으나 상피조직과 고유판의 분리, 경

도의 탄화는 관찰되었다. 20Hz와 30Hz에서 고유판의 파괴와 조직의 탄화는 나타났으나 상피조직과 고유판 분리는 관찰되지 않았고 30Hz에서는 근육층의 파괴도 나타났다(그림 3).

(4) 출력 3.0W

모든 설정조건에서 상피조직이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴는 없었으나 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리, 경도의 탄화는 관찰되었다. 15Hz에서 고유판의 파괴는 나타나지 않았지만 상피조직과 고유판의 분리, 탄화는 관찰되었다. 20Hz에서 고유판과 근육층의 파괴, 경도의 탄화는 나타났으나 상피조직과 고유판의 분리는 관찰되지 않았다. 30Hz에서 고유판과 근육층의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리는 나타났으나 조직의 탄화는 관찰되지 않았다(그림 4).

(5) 출력 3.5W

모든 설정조건에서 상피층이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴는 없었으나 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리, 경도의 탄화는 나타났다. 15Hz에서 고유판의 파괴와 탄화는 나타나지 않았지만 상피조직과 고유판의 분리는 나타났다. 20Hz에서 고유판과 근육층의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 탄화가 모두 나타났다. 30Hz에서 고유판과 근육층의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 경도의 탄화가 나타났다(그림 5).

(6) 출력 4.0W

모든 설정조건에서 상피층이 파괴되었다. 10Hz에서 하방 고유판의 파괴, 주변 조직내 상피조직과 고유판의 분리 및 경도의 탄화가 나타났다. 15Hz, 20Hz와 30Hz에서 고유판의 파괴, 상피조직과 고유판의 분리 및 탄화가 모두 관찰되었고 20Hz와 30Hz에서는 근육층의 파괴도 나타났다(그림 6).

3. 현미경 영상분석장치에 의한 파괴조직의 정량적 분석

각 설정조건에 따른 레이저 조사로 발생한 파괴된 조직의 최대폭경을 Confocal 레이저 현미경(LSM410[®], Carl Zeiss, Germany)의 컴퓨터 영상분석 장치로 계측하여 비교하였다(표 4).

파괴조직의 폭경은 출력 1.5W, 2.5W, 3.0W, 4.0W에서 초당 펄스수 20Hz의 경우에, 출력 2.5W, 3.5W에서 초당 펄스수 10Hz의 경우에 최소치를 나타냈으나 전반적으로 20Hz에서 최소의 폭경을 나타내었다($p < 0.05$, 표 4).

펄스당 에너지와 파괴조직의 폭경의 상관관계를 비교한 결과 유의한 양의 상관관계를 보였다($p < 0.01$, 표 4).

Table 4. Quantitative analysis for width of the tissue destruction after lasing according to various parameters(μm)

power	pulses per second			
	10Hz	15Hz	20Hz	30Hz
1.5W	473	453	372	401
2.0W	424	560	435	611
2.5W	952	767	301	555
3.0W	1048	704	591	723
3.5W	436	809	530	581
4.0W	821	778	507	603
Mean ranks	14.5	16	6.8	12.7
by Kruskal-Wallis test	H = 8.689, $p < 0.05$			
Regression between energy per pulse and width of tissue destruction	R = 0.538, $p < 0.01$			

IV. 총괄 및 고찰

수술용 레이저를 이용하여 연조직을 절개하였을 경우, 전통적인 술식보다 출혈이 적거나 없으며 환자가 느끼는 술후의 불편감도 적다³⁰⁾. 게다가 적절한 조사변수를 선택한다면 전기소작법보다 인접조직에 대한 열손상이 줄어든다. 이러한

여러 장점때문에 메스와 전기수술기구를 대신해서 수술용레이저가 사용된다^{1,31)}.

치과용 레이저는 두가지 기본 유형으로 나뉜다. 한가지는 비접촉형으로만 사용하는 유형으로 CO₂ 레이저가 그 예이며, 다른 하나는 접촉형 또는 비접촉형으로 사용하는 유형으로 Nd:YAG, Ho:YAG, Er:YAG가 그 예이다³²⁾. 2500nm보다 짧은 파장을 가진 레이저는 광섬유로 전달될 수 있으며 광섬유 레이저는 펄스식, 개폐식, 또는 연속식으로 사용할 수 있는데 광섬유를 통해 구강내 접근이 용이하게 되었다³³⁾. 따라서 본 실험에서는 임상에서 널리 쓰이고 있는 펄스식 Nd:YAG 레이저를 사용하여 320 μ m 광섬유를 통해 성체 흰쥐 혀배면 점막에 가볍게 적용하였다.

Nd:YAG 레이저 조사에 의한 연조직의 열작용과 관련하여 White와 Goodies³⁴⁾는 소혀의 절제에 펄스식 Nd:YAG 레이저를 여러 변수내에서 조사하여 유해한 온도상승이나 깊은 응고를 야기하지 않았다고 하였으며, Yamamoto와 Atsumi³⁵⁾는 한랭수술과 Nd:YAG 레이저를 이용한 토끼실험에서 치유동안 구강점막의 조직변화를 관찰한 결과 레이저를 사용했을 때가 더 좋은 창상회복과 적은 반흔을 나타낸다고 하였다. 또한 Romanos 등³⁶⁾은 Nd:YAG 레이저를 사용하여 쥐 피부의 창상을 치료할 때, 1.75W, 20Hz의 낮은 에너지에서는 반흔 조직이 형성되지 않고 통상적인 절개시 창상회복과 유사한 회복을 보이지만 3.0W, 30Hz의 높은 에너지에서는 느린 치유과정을 보인다고 하였다. Gold와 Vilardi³⁷⁾는 6명 환자의 치주수술에 1.25W, 20Hz와 1.75W, 20Hz 조건하에서 Nd:YAG 레이저를 2-3분동안 사용한 결과 하방의 고유판에 손상없이 효과적으로 치주낭 내면층을 제거할 수 있었다고 보고하였다.

레이저 방사선 에너지가 조직에 조사되면, 일부 에너지는 반사되고 일부는 흡수되며 또 일부는 조직내로 산란된다. 그리고 일부는 조직을 통해 소멸될 때까지 깊이 투과된다. 흡수된 에너지는 조직을 가열하고 조직내에서 온도곡선의 영향에 의한 조직용해가 나타난다. 레이저는 본질적으로 광열반응에 의한 조직효과를 유발하여

조직의 절단, 기화 및 응고에 의한 열손상을 야기하는데 레이저 조사시 열효과와 강도는 표적 조직에서의 온도 상승정도에 따라 달라진다. 45 $^{\circ}$ C에서는 효소변화가 발생하고 부종이 생긴다. 65 $^{\circ}$ C 이상에서는 단백질 변성이 일어나며 2-3초 이상 노출되면 혈액성분의 응고가 동반된다. 100 $^{\circ}$ C 보다 낮으면 조직의 탈수나 건조가 관찰되는데, 임상적으로는 조직이 회거나 창백하게 보인다. 100 $^{\circ}$ C 보다 높은 온도에서는 조직액이 급속히 기화되면서 조직제거와 인접조직의 수축이 야기된다. 조직에 지속적으로 레이저를 조사하면 수백도까지 온도가 상승하여 조직이 기화되거나 탄화되고 화상을 입는다³⁸⁻⁴¹⁾.

따라서 본 실험에서는 레이저 조사시 일반적으로 나타나는 육안적 소견인 조직제거, 백색변성 및 탄화정도를 관찰하였다. 조직의 제거는 모든 경우에서 나타난 것으로 보아 펄스식 Nd:YAG 레이저는 연조직의 절제에 우수한 효과를 보인다고 생각된다. 주변조직의 백색변성은 2.5 W 이하에서 초당 펄스수가 많을수록 증가하였고 3.0W 이상에서는 모든 조건에서 백색변성을 관찰할 수 있었다. 1.5W 10Hz 및 15Hz, 2.0W 10Hz에서는 백색변성이 나타나지 않았는데 이 경우는 주변조직이 오히려 탄화가 되었기 때문이다. 모든 설정조건에서 점막의 탄화가 나타났는데 2.0W 이하에서는 2.0W 이상에 비해 탄화의 정도가 적은 것으로 보아 출력의 높은 경우에 육안적으로 탄화가 많이 나타나는 것으로 생각된다.

조직소견상 고유판의 파괴에 따른 분화구 모양의 결손부 형성은 1.5W에서 3.5W 사이에서는 초당 펄스수가 높은 20Hz, 30Hz 경우에 깊이 나타났고 초당 펄스수가 낮은 10Hz, 15Hz 경우는 거의 나타나지 않았는데, 이것은 초당 펄스수가 높은 경우에 투과력이 높게 나타나는 것으로 보아 심부조직의 제거에는 20Hz 이상의 높은 초당 펄스수를 사용하는 것이 좋고 반면에 표층조직의 제거에는 15Hz 이하의 낮은 초당 펄스수를 사용하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 1.5W, 30Hz에서는 고유판의 파괴가 나타나지 않았는데 이 경우는 펄스당 에너지량이 50mJ로서 가장 낮기

때문이며 4.0W에서는 고유판의 파괴가 모두 나타났는데 이것은 출력이 높기 때문인 것으로 생각된다. 주변조직내 상피조직과 고유판의 분리는 설정된 조사조건에서 다양하게 나타났는데 3.5W이상에서는 모든 경우 상피조직과 고유판의 분리를 보였고 3.0W이하에서는 특히 20Hz에서 상피조직과 고유판의 분리가 거의 나타나지 않았다. 조직의 탄화는 다양하게 나타났으며 4.0W에서 가장 심하게 나타났다.

설정된 조사조건에 따라 레이저를 조사한 후 파괴조직의 폭경을 Confocal 레이저 현미경의 컴퓨터 영상분석 장치로 계측하여 Kruskal-Wallis 검정을 통해 분석한 결과, 출력에 관계없이 전반적으로 20Hz에서 최소의 폭경을 나타냈다. 또한 펄스당 에너지와 파괴조직의 폭경을 회귀분석한 결과 파괴조직의 폭경은 펄스당 에너지가 클수록 증가하였다. 따라서 임상에서 연조직 치료시 심부조직과 표층조직을 선택적으로 제거하기 위해서 출력 3.5W이하를 사용하고 파괴조직의 폭경과 주변조직내 상피조직과 고유판의 분리를 최소화시키려면 20Hz의 조사조건을 활용하는 것이 좋을 것 같다.

본 연구에서는 현재 치과에서 널리 사용되고 있는 펄스식 Nd:YAG 레이저를 사용하였으며 구강 연조직에 보편적으로 적용하는 1.5-4.0W의 출력범위와 10-30Hz의 초당 펄스수에서 레이저를 3초간 조사한 후, 각 설정조건에 따라 나타난 성체 흰쥐 허배면 점막의 조직변화를 Confocal 레이저 현미경을 통해 관찰하였다. 이 실험자료는 많은 임상가들이 구강연조직에 레이저를 조사할 때 출력, 초당 펄스수와 같은 조사변수를 선택하는데 도움이 되리라 생각된다. 또한 본 실험에서는 레이저 조사시간을 3초간으로 설정했는데 이것은 기초실험을 한 결과 2초이하에서는 조직의 변화를 육안적으로 거의 관찰할 수 없었고 4초이상에서는 조직의 탄화가 심하게 나타났으며 3초간 조사했을 때가 가장 적합한 조직 변화를 관찰할 수 있었을 뿐만아니라 다른 실험에서도 3초간의 레이저 조사시간을 사용하고 있었기 때문이다²⁹⁾. 그러나 앞으로는 레이저 조사변수인 출력, 초당 펄스수 및 조사시간을 다양하게

변화시키면서 여러가지 조사조건을 설정한 후 구강점막의 각 부위별 조직반응에 대한 더 많은 연구가 과학적이고 객관적으로 이루어져 나가야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 구강연조직 질환의 치료에 사용되는 펄스식 Nd:YAG 레이저의 바람직한 조사조건을 제시하기 위해 출력 1.5W, 2.0W, 2.5W, 3.0W, 3.5W, 4.0W와 초당 펄스수 10Hz, 15Hz, 20Hz, 30Hz로 성체 흰쥐 허배면 점막에 레이저를 3초간 조사한 후 육안적 변화와 Confocal 레이저 현미경을 이용한 조직변화를 관찰하고 파괴조직의 폭경을 정량적으로 분석한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 출력 2.5W 이하에서 초당 펄스수가 많을수록 주변조직의 백색변성이 증가하였고, 출력 3.0W 이상의 모든 조건에서 백색변성이 나타났다.
2. 모든 설정조건에서 점막표면의 탄화가 나타났으나 출력 2.0W이하에서 탄화의 정도가 경미했다.
3. 모든 설정조건에서 상피조직의 파괴가 나타났으며 초당 펄스수가 증가할수록 고유판까지 파괴되었다.
4. 파괴조직의 폭경은 펄스당 에너지가 클수록 증가하였고($p < 0.01$), 초당펄스수 20Hz에서 최소였다($p < 0.05$).

이상의 결과로 보아 구강 연조직 병소의 치료에 출력 3.5W이하, 20Hz의 조사조건을 제시하고자 한다.

참고 문헌

1. Miserendino, L.J. and Pick, R.M.: Lasers in Dentistry. Chicago, 1995, Quintessence Publishing Co., pp 27-38.
2. 박준상, 김기석: 레이저 치의학. 서울, 1984, 덴탈기획, pp 32-74.

3. Maiman, T.H.: Stimulated optical radiation in ruby. Nature 187:493-494, 1960.
4. 이상수: 레이저 이야기. 서울, 1976, 전파과학사, pp 55-106.
5. 오명, 강문호: 레이저 응용. 서울, 1984, 청문각, pp 67-85.
6. 김재호, 허원: 안과영역에서의 레이저광의 응용. 대한 의학협회지, 27:103-112, 1984.
7. Goldman, L., Gray, J.A., Goldman, J. et al.: Effects of laser impacts on teeth. J Am Dent Assoc, 70:601-606, 1965.
8. Lobene, R.R., Bhussry, R. and Fine, S.: Interaction of CO₂ laser with enamel and dentin. J Dent Res, 47:311-317, 1968
9. Stern, R.H., Vahl, J. and Sognaes, R.F.: Laser enamel: ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effect. J Dent Res, 51:455-460, 1972.
10. Kantola, S.: Laser induced effects on tooth structure 6 and 7. Acta Odontol Scand, 30:463-484, 1972.
11. Yamamoto, H., Ooya, K., Matsuda, K. and Okabe, H.: YAG laser effects for acid resistance on tooth enamel(abstract 7). J Dent Res, 53:1093, 1974.
12. Adrian, J.C. and Huget, E.F.: Laser welding of nickel-chromium alloy. Milit Med., 141:299-301, 1977.
13. Boehm, R., Rich, J., Webster, J. and Janke, S.: Thermal stress effects and surface cracking associated with laser use on human teeth. J Biomech Eng (Transactions of ASME), 5:189-194, 1977.
14. Stern, R.H., Vahl, J. and Sognaes, R.F.: Lased enamel: Ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. J Dent Res, 51:455-460, 1972.
15. Kato, K. and Nagasawa, A.: Basic study on change of temperature of a tooth after CO₂ laser irradiation. J Jap Soc Laser Med, 1:294-299, 1980.
16. Lenz, H.J., Eichler, G., Schaffer, J. and Bettges, G.: Production of a nasointral window with the argon laser. J Maxillofac Surg, 5:314-318, 1977.
17. Fisher, S.E. and Frame, J.W.: The effect of the CO₂ laser surgical laser on oral tissues. Br J Oral Maxillofac Surg, 22:414-425, 1984.
18. 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.
19. Gold, S.I. and Vilardi, M.A.: Pulsed laser beam effects on gingiva. J Clin Periodontol, 21:391-396, 1994.
20. Charles, J., Robert, E., Bunny, A. and Martin, J.: Effects of Coaxial CO₂/Nd:YAG irradiation on periodontal wound healing. Lasers in Surgery and Medicine, 12:401-409, 1992.
21. White, J.M., Goodis, H.E., Kudler, J.J. and Tran, K. T.: Thermal laser effects on intraoral soft tissue, teeth and bone in vitro. Third International Congress on Lasers in Dentistry. Salt Lake City: University of Utah Printing Services, 189-190, 1992.
22. Pulsed Nd:YAG laser system operator manual. SunLase Master. Sunrise Technologies, 1995.
23. Goldstein, A., White, J.M. and Pick, R.M.: Clinical applications of the Nd:YAG laser. In Lasers in Dentistry. Chicago, 1995, Quintessence Publishing Co., pp199-215.
24. 민신흥, 신동수: Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet(Nd:YAG) 레이저 조사에 불화석 국소도포에 미치는 효과에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지, 13:109-117, 1986.
25. 이안희, 기우천: Pulsed Nd:YAG 레이저 조사와 불소 화합물 도포가 치아 내산성에 미치는 영향. 대한구강내과학회지, 20:429-443, 1995.
26. Miserendino, L.J., Levy, G. and Miserendino, C.A.: Laser interaction with biologic tissues. In Lasers in Dentistry. Chicago, 1995, Quintessence Publishing Co., pp39-54.
27. 김재형, 기우천: Pulsed Nd:YAG 레이저의 조사거리 에 따른 상아질의 온도변화. 대한구강내과학회지, 20: 327-334, 1995.
28. Armon, E. and Laufer, G.: Analysis to determine the beam parameters which yield the most extensive cut with the least secondary damage. J Biomech Eng, 107:286-290, 1985.
29. Yamamoto, H., Atsumi, K. and Kusakari, H.: Clinical application of Various lasers in oral surgery. In Lasers in Dentistry. Amsterdam, 1989, Excerpta Medica, pp63-67.
30. Luomanen, M. and Virtanen, I.: Healing of laser and scalpel incision wounds of rat tongue mucosa as studied with cytokeratin antibodies. J Oral Pathol, 16:139-144, 1987.
31. Pick, R.M.: Using lasers in clinical dental practice. J Am Dent Assoc, 24:37-47, 1993.
32. Kutsch, V.K. and Pick, R.M.: Surgical technique. In Lasers in Dentistry. Chicago, 1995, Quintessence Publishing Co., pp113-121.

-
33. Borst, C., Holstege, F., Jansen, E. and Verdaasdonk, R.: Temperature along the surface of modified fiber tips for Nd:YAG angioplasty. *Lasers in Surgery Medicine*, 11: 213-222, 1991.
 34. White, J.M. and Goodis, H.E.: Histologic effects on intraoral soft tissue, optical properties of dentin, human pulp response and systemic caries removal using a fibroptic-delivered pulsed Nd:YAG laser, The 4th International Congress on Lasers in Dentistry, 121-128, 1994.
 35. Yamamoto, H., Atsumi, K. and Kusari, H.: Wound healing process following cryosurgery and ND-YAG laser therapy of the oral mucosa in rabbits. In *Laser in dentistry*. Amsterdam, 1989, Excerpta Medica, pp91-97.
 36. 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 in Surgery and Medicine*, 16:368-379, 1995.
 37. Gold, S.I. and Vilardi, M.A.: Pulsed laser beam effects on gingiva. *J Clin Periodontol*, 21:391-396, 1994.
 38. Frank, F.: Laser light and tissue biophysical aspects of medical laser application. *SPIE Lasers Med*, 1353:37-45, 1989.
 39. Dederich, D.N.: Laser tissue interaction. *Alpha Omega*, 84:33-36, 1991.
 40. Dederich, D.N.: Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue?. *JADA*, 124:57-61, 1993.
 41. Fisher, J.C.: Qualitative and quantitative tissue effects of light from important surgical lasers: Optimal surgical principles. In *Laser Surgery in Gynecology*. Philadelphia, 1993, W.B. Saunders Co., pp 58-81.

- ABSTRACT -

Lasing effects on the dorsal tongue mucosa of adult rats by pulsed Nd:YAG laser

Jung-Ho Choi, D.D.S., M.S.D., **June-Sang Park**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Myung-Yun Ko, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Oral Medicine, College of Dentistry, Pusan National University

Bong-Soo Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Oral Anatomy, College of Dentistry, Pusan National University

The author examined the clinical and histological changes on the dorsal tongue mucosa of adult Sprague-Dawley rats after lasing by pulsed Nd:YAG laser. The dorsal tongue was lased for 3 seconds by 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0W and 10, 15, 20, 30pps. After tissue changes were observed clinically, the excised samples were observed histologically and the width of tissue destruction was analyzed quantitatively under the Confocal laser microscope respectively.

The following results were obtained:

1. Whitening of peripheral tissue was observed more as increasing pulses per second (Hz) below power 2.5W and observed at all parameters above power 3.0W.
2. Charring of mucosal surface was observed at all parameters but mild at parameters below power 2.0W.
3. The destruction of epithelium was observed at all parameters and tissue destruction was extended to lamina propria at higher pulses per second.
4. The width of tissue destruction was more widening as increasing energies per pulse ($p < 0.01$) and the narrowest at 20Hz than 10Hz, 15Hz and 30Hz ($p < 0.05$).

As the above results, author suggests power below-3.5W and 20Hz as the lasing parameters for oral soft tissue therapy.

Legends of Figures

- Microscopic photograph on the dorsal tongue mucosa of the adult rat (H-E stain, x50)

- Fig. 1a.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown (1.5W, 10Hz).
- Fig. 1b.** The destruction of the epithelium is shown. Note the charring of the mucosa (1.5W, 15Hz).
- Fig. 1c.** The destruction of the epithelium and lamina propria is markedly shown (1.5W, 20Hz).
- Fig. 1d.** The destruction of the epithelium, and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown (1.5W, 30Hz)
- Fig. 2a.** The destruction of the epithelium is shown (2.0W, 10Hz).
- Fig. 2b.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown. Note the charring of the mucosa (2.0W, 15Hz).
- Fig. 2c.** The destruction of the epithelium and lamina propria is markedly shown (2.0W, 20Hz).
- Fig. 2d.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown. Note the charring of the mucosa and slight injury of the muscle layer (2.0W, 30Hz).
- Fig. 3a.** Markedly the separation of the epithelium and lamina propria, and the destruction of the epithelium are shown (2.5W, 10Hz).
- Fig. 3b.** The separation of the epithelium and lamina propria, and the destruction of the epithelium are shown (2.5W, 15Hz).
- Fig. 3c.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. Note the charring of the mucosa (2.5W, 20Hz).
- Fig. 3d.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. Note the charring of the mucosa (2.5W, 30Hz).
- Fig. 4a.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown. Note the charring of the mucosa (3.0W, 10Hz).
- Fig. 4b.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown. Note the charring of the mucosa (3.0W, 15Hz).
- Fig. 4c.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown (3.0W, 20Hz).
- Fig. 4d.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. The separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown (3.0W, 30Hz).
- Fig. 5a.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown (3.5W, 10Hz).
- Fig. 5b.** The destruction of the epithelium and the separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa are shown (3.5W, 15Hz).
- Fig. 5c.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. The separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown. Note the charring of the mucosa (3.5W, 20Hz).
- Fig. 5d.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. The separation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown (3.5W, 30Hz).

-
- Fig. 6a.** Note the extensive destruction of the epithelium and lamina propria. The seperation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown (4.0W, 10Hz).
- Fig. 6b.** Note the extensive destruction of the epithelium and lamina propria. The seperation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown. And the charring of the mucosa is also shown (4.0W, 15Hz).
- Fig. 6c.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. The seperation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown. Note the charring of the mucosa (4.0W, 20Hz).
- Fig. 6d.** The destruction of the epithelium, lamina propria and muscle layer is shown. The seperation of the epithelium and lamina propria on the adjacent part of the injured mucosa is shown. Note the charring of the mucosa (4.0W, 30Hz).

논문사진부도①

fig.1

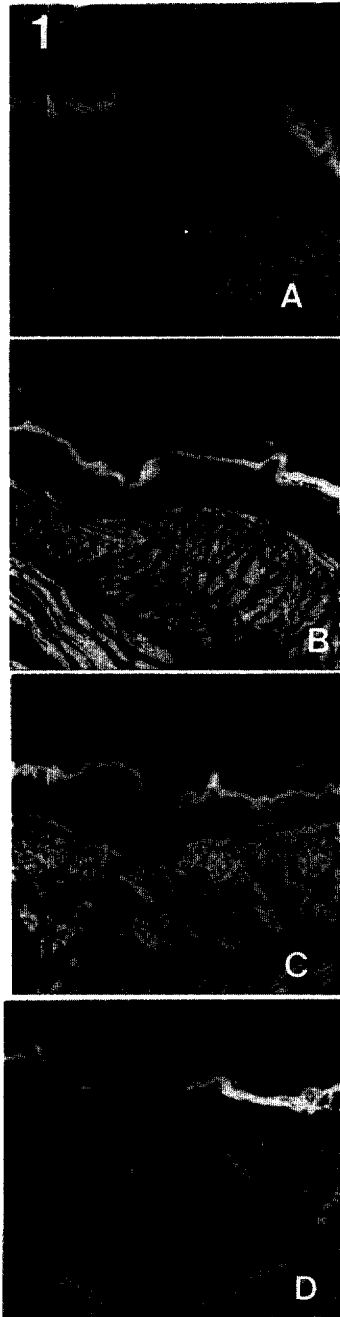


fig.2

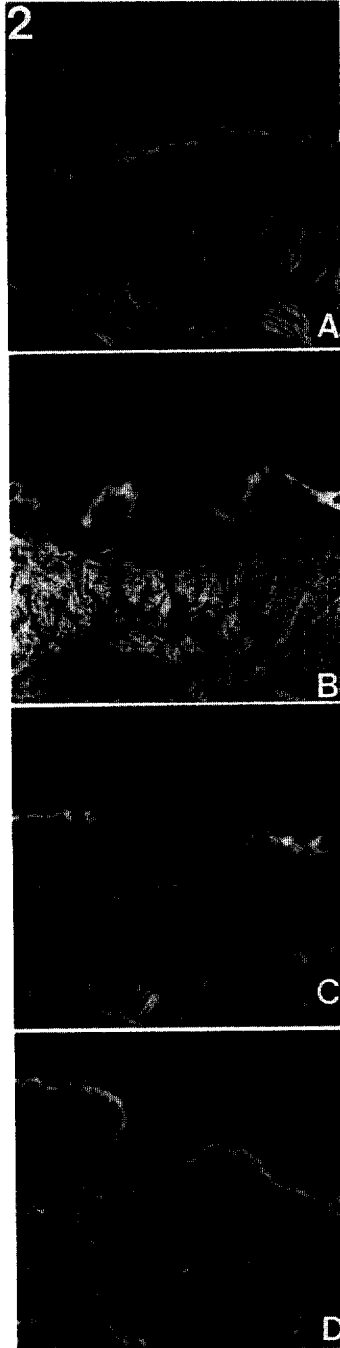


fig.3

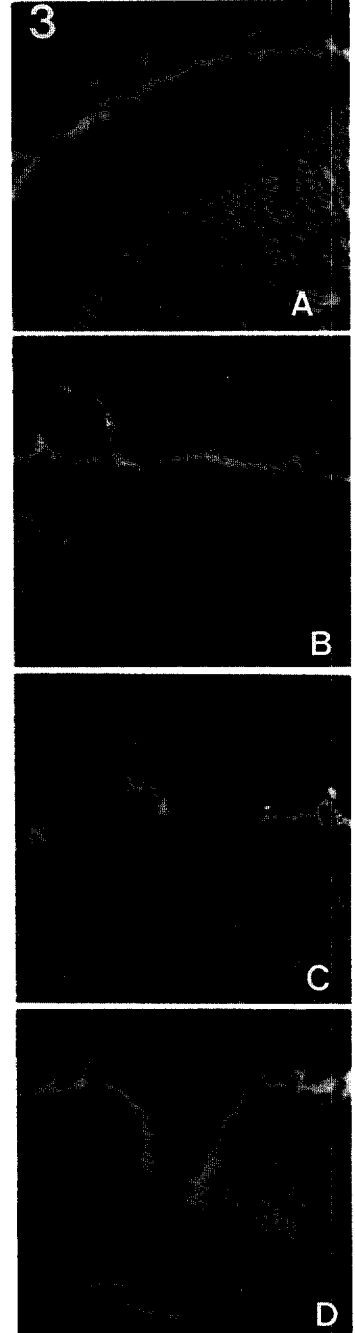


fig.4

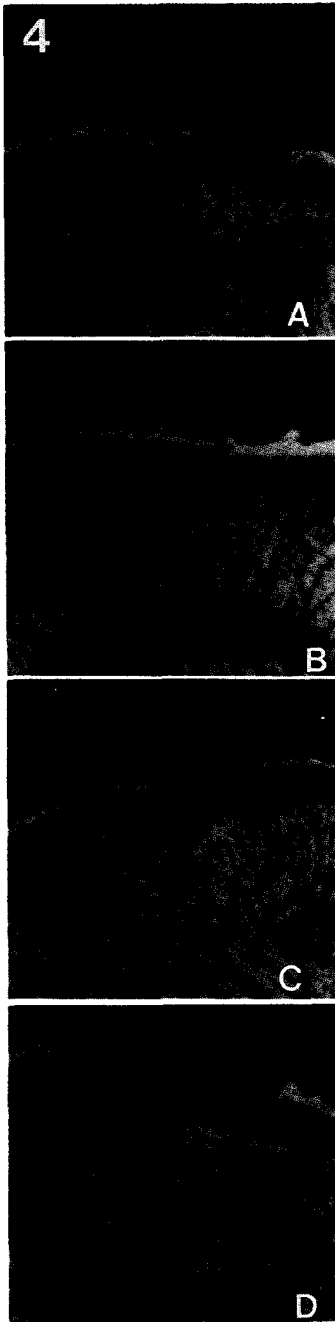


fig.5

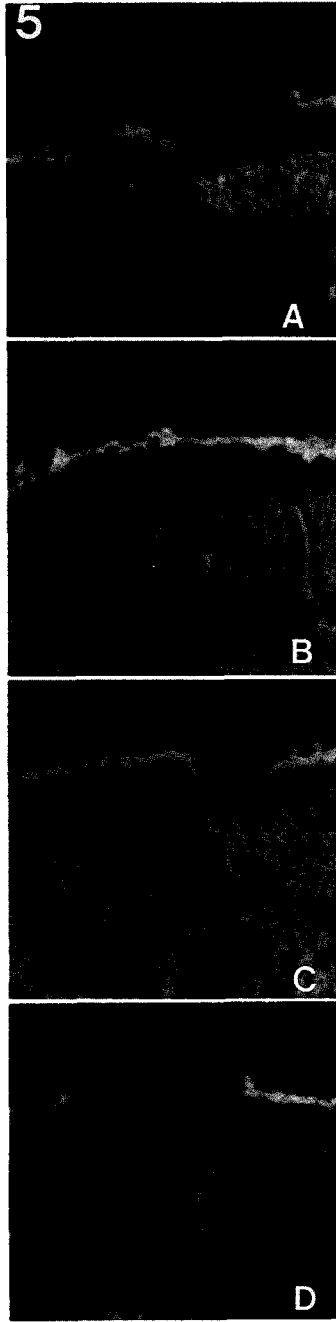


fig.6

