

구강병소에 대한 펄스형 Nd : YAG 레이저의 치료효과

전북대학교 치과대학 구강진단학·구강내과학교실

신 금 백

목 차

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

I. 서 론

최근 들어 국내 치과계에서도 레이저를 이용한 임상시술의 폭이 점차 확대되어 가고 있는 실정이다. 레이저(LASER)란 “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”의 머리글자에서 유래된 합성어로서 “에너지의 유도방출에 의한 광증폭현상”을 말한다.¹⁻³⁾ 레이저는 1916년 처음으로 Einstein⁴⁾에 의해 이론적으로 연구되었으며, 실제적으로는 1960년 처음으로 Mairman⁵⁾에 의해 루비결정체를 활성매질로 이용한 레이저가 개발되었다. 이후 루비 이외의 다양한 활성매질을 이용한 많은 종류의 레이저가 개발되어 현재 군사용, 산업용, 의학용 등 여러 분야에 걸쳐 광범위하게 활용되고 있다.

레이저의 치의학적 응용측면에서는 1963년 Stern과 Sognnaes⁶⁾가 루비레이저에 의한 범랑질과 상아질의 반응을 조사, 분석, 보고한 것을

시작으로, 1970년대 중반까지 실험적으로 많은 연구가 시행되었으나,²⁾ 실제적으로는 레이저적 용대상이 구강이라는 협소한 공간인데다 더욱 연조직과 경조직으로 구성되어 있어 레이저적 용상의 어려움 때문에 임상적용이 늦어졌다. 그러나 이후 레이저광의 전달방식에 있어 광섬유전달방식이 개발되면서 직경 200 μm ~ 600 μm의 광섬유를 통해 협소한 공간에서도 적용대상 목표조직에 정확히 적용할 수 있게 됨으로써, 레이저의 임상치의학적 응용이 보다 용이해졌다.

광섬유전달방식의 치과용 레이저 가운데 현재 Nd:YAG레이저가 구강병소의 치료에 널리 쓰이고 있다. Nd:YAG레이저의 활성매질은 소량의 Neodymium (Nd) 성분이 균일하게 도포된 yttrium aluminum garnet (YAG) 결정체로서, 전자기 스펙트럼상 1,064nm의 파장을 방출한다.²⁾ Nd:YAG레이저의 치의학적 응용에 관해서는 1974년 Yamamoto 등⁷⁾이 Nd:YAG레이저가 실험실적 검사나 생체실험에서 초기치아우식형성을 억제하는데 효과적이었음을 연구, 보고한 것을 시작으로, 1977년 Adrian 등⁸⁾이 Nd:YAG레이저가 뱅골원숭이의 치수에 미치는 영향에 관해 연구, 보고한 바 있으며, 이후 치아경조직에 미치는 영향에 관한 많은 연구가 시행되었다.^{2,9)} 1985년 Myers와 Myers¹⁰⁾가 초기치아우식의 제거를 위해 Nd:YAG레이저를 실험실적으로 사용한 바 있으며, 곧 이어 이들에 의해 치과진료를 위해 특별히 고안된 광섬유전달방식의 최초의 순수 치과용레이저기기인 American Dental Laser사

의 DL-300®(Sunrise Technologies Inc., Sunnyvale, CA)가 치과계에 소개되었다.²⁾

이후 광섬유전달방식과 관련된 외과적 기술이 개발되면서 Nd:YAG레이저는 다양한 연조직 절제를 위한 외과적 응용술식으로 사용되어져 왔다.²⁾ 마침내 1990년 5월 미국식품의약국 (FDA)은 dLase-300® (Sunrise Technologies Inc., Fremont, CA)에 510K항의 적용을 승인²⁾하였으며, 또한 American Dental Laser사 (Birmingham, MI)에게 구강내 연조직에 대한 외과적 응용수단으로서 펄스형 Nd:YAG레이저의 시판을 허용하였다.²⁾ 현재는 국내외적으로 다양한 체계의 Nd:YAG레이저기기가 생산되고 있으며, 술자에 의해 임의적으로 선택되어 치과임상에 적용되고 있는 실정이다.^{11~13)}

한편 레이저가 조직에 미치는 효과는 파장, 펄스지속시간, 펄스당에너지 및 에너지전달방식에 따라 달라지므로,²⁾ 치료목적을 달성하는데 필요한 최소량의 에너지를 얻기 위한 레이저의 변수 즉 최적의 레이저조사조건을 찾아내는 것이 레이저기기의 종류에 관계없이 레이저의 치의학적 적용에 있어 무엇보다 중요하다. 그러나 파장의 특성상 치의학적으로 임상적 용범위가 넓은 Nd:YAG레이저의 경우 적용증에 따른 치료목적을 달성하는데 필요한 최적의 레이저조사조건을 설정함에 있어 아직 미흡한 실정으로 사료된다. 따라서 저자는 이점에 착안하여 전북대학교병원 구강내과에 내원한 환자의 구강병소 가운데 적응증²⁾으로 알려진 병소에 대해 펄스형 Nd:YAG 레이저를 선학들의 연구^{2,14)}에 준해 저자가 설정한 조사조건의 기준에 따라 조사한 후 그 치료효과를 평가하였던 바 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구대상 및 연구방법

1. 연구대상

1995년 11월부터 1996년 5월 사이 전북대학교 병원 구강내과에 내원한 환자 28 (남자 13명, 여자 15명, 연령 7~82세)의 구강병소 가운데 연조직병소 22예와 경조직병소 6예를 연구대상으로

Table 1. Oral lesions as subjects to be treated with a pulsed Nd:YAG laser

	Oral Lesions	Cases
Soft Tissue Lesions	Inflammatory Reactive Lesions irritation fibroma epulis fissuratum pyogenic granuloma granuloma gravidarum	7
Ankyloglossia	Vesiculo-bullous-ulcerative Lesions herpes labialis recurrent aphous ulcers	3
Mucoceles		3
White Lesions	lichen planus leukoplakia	
Abscess	buccal periodontal	2
Hard Tissue Lesions	Cervical Abrasion Periapical Abscess	4 2
Total		28

하였으며, 병소별 증례수는 Table 1과 같았다.

2. 연구방법

1) 레이저기기

펄스형 Nd:YAG레이저기기의 일종인 Sunlase Master® (Sunrise Technologies Inc., Fremont, CA)를 사용하였으며, 파장 1064nm, 펄스지속시간 120 μ sec, 직경 200 μ m/320 μ m의 광섬유전달방식이었다. 펄스는 10Hz, 15Hz, 20Hz, 30Hz, 50Hz, 100Hz로 조절이 가능하였으며, 평균출력은 0.3W~8.0W 범위내에서 펄스에 따라 조절가능하였다.

2) 레이저조사

연구대상별로 선학들의 연구^{2,14)}에 준해 저자가 평균출력, 펄스, 펄스당에너지 및 조사시간 등의 조사조건을 설정하여, 접촉식 또는 비접촉식

으로 조사하였다. 조사시 발생되는 연기를 고성 등 흡인배출기로 제거하였다.

3) 치료효과평가

레이저적용에 따른 절단, 절제, 소파, 응고, 지혈, 멸균소독, 동통완화, 창상치유에 대한 효과여부 및 그 정도를 임상적으로 평가하였다.

III. 연구성적

연구대상별로 치료목적의 레이저조사조건을 설정하고 그에 따른 치료효과를 평가하였던 바 다음과 같았다.

1. 염증성 반응성 병소 (Inflammatory Reactive Lesions)

임상적으로 자극성 섬유종 (irritation fibroma), 열성치육종 (epulis fissuratum), 화농성 육아종 (pyogenic granuloma) 및 임신성 성육아종 (granuloma gravidarum)으로 진단된 총 7예의 염증성 반응성 병소군에 대해 치료목적으로 설정한 특정 레이저조사조건과 평가된 치료효과는 다음과 같았다.

(1) 자극성 섬유종 (Irritation fibroma)

57세 여자환자의 설첨부와 하순점막에 각각 직경 0.5cm 정도의 자극성 섬유종이 발현된 경우로서, 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 3.0W, 펄스 15Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 5415 펄스에 걸쳐 병소를 절제하였으며, 또 다른 31세 여자환자의 경우로서, 직경 0.5cm 정도의 자극성 섬유종이 발현되어 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 3.0W, 펄스 15Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 1923 펄스에 걸쳐 일차적 병소절제를 시행하였으며, 이어 2.0W, 15Hz, 133mJ/Hz 조사조건으로 총 698 펄스에 걸쳐 병소절제후 남은 창상의 변연을 다듬었다.

두환자 모두에서 절제도중이나 절제후 특이한 출혈소견없이 지혈이 잘 되었으며, 봉합은 시행하지 않았으나 57세 여자환자의 경우 3일간의

항생제와 소염제투여를 시행하였다. 치료 1주일 후의 경과 관찰시 수술창은 통증이나 감염소견 없이 위막으로 피개된 채 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다.

(2) 열성 치육종 (Epulis fissuratum)

잘맞지 않는 하악총의치를 장착하고 있는 56세 여자환자의 하악 전치부 설측에 $2\times 1\text{cm}^2$ 크기의 열성치육종이 발현된 경우로서, 병소의 절제와 지혈을 위해 직경 $320\mu\text{m}$ 의 에너지전달광섬유를 이용하여 접촉식과 비접촉식으로 출력 1.5W, 펄스 15Hz, 펄스당에너지 100mJ의 조건에서 총 903펄스를, 그리고 이어서 2.0W, 15Hz, 133mJ/Hz의 조건에서 총 731펄스를, 그리고 이어서 3.0W, 20Hz, 150mJ/Hz의 조건에서 총 10818펄스를 순서적으로 조사하였다 (Fig. 1). 절제후 특이한 출혈소견은 없었으며, 봉합이나 항생제투여는 시행하지 않았다. 생검을 실시한 결과 열성치육종의 조직병리학적 소견이 관찰되었다 (Fig. 2-4). 치료 1주후 경과관찰시 통증이나 감염소견 없이 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다 (Fig. 5).

또한 잘맞지 않는 상악총의치를 장착하고 있는 68세 남자환자의 상악우측구치부 전정에 열성치육종이 발현된 경우로서, 직경 $320\mu\text{m}$ 의 에너지전달광섬유를 이용하여 출력 4.0W, 펄스 20Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 13944 펄스에 걸쳐 일차적 병소절제를 시행하였으며, 이어 1.5W, 20Hz, 75mJ/Hz 조사조건으로 총 3597펄스에 걸쳐 병소절제후 남은 창상의 변연을 다듬은 후 지혈을 위해 3.0W, 20Hz, 150mJ/Hz 및 비접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 1086 펄스에 걸쳐 조사하였으며, 또 다른 82세 남자환자의 경우로서 잘 맞지 않은 상악총의치의 자극에 의해 상악좌측전치부전정에 열성치육종이 발현된 경우로서, 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 2.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 200mJ 조사조건으로 총 7940펄스에 걸쳐 절제하였다. 절제후 특이한 출혈소견은 없었으며, 봉합이나 항생제투여는 시행하지 않았다. 치료 1주후와 2주후 두차례에 걸친 경과관찰시 통증이나 감염소견 없이 정상적으로 치유

경과 관찰시 그 크기는 줄어들었으나 병소가 재발되었음이 관찰되어, 광섬유직경 $320\text{ }\mu\text{m}$, 출력 1.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 100mJ 및 접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 2593펄스에 걸쳐 병소제거를 재시도하였으며, 이어 2.0W, 10Hz, 200mJ/Hz 및 접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 1466펄스를 조사하여 병소를 제거하였으며, 지혈을 위해 2.5W, 10Hz, 250mJ/Hz 및 비접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 2153펄스를 조사하였다. 병소제거후 특이한 소견은 없었으며 항생제투여는 시행하지 않았다. 치료 1주 후와 2주후 경과관찰시 동통, 감염 및 재발 소견 없이 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다.

5. 백색 병소 (White Lesions)

임상적으로 편평태선 (lichen planus)과 백반증 (leukoplakia)로 진단된 총 3예의 백색병소군에 대해 치료목적으로 설정한 특정 레이저조사 조건과 평가된 치료효과는 다음과 같았다.

(1) 편평태선 (Lichen planus)

54세 여자환자의 좌,우측 협점막에 작열통을 수반한 채 발현된 미란성 편평태선 (eruptive lichen planus)에 대해 광섬유직경 $320\text{ }\mu\text{m}$, 출력 1.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 100mJ 및 비접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 1020펄스를, 그리고 1.25W, 10Hz, 125mJ/Hz 및 비접촉식에너지 전달방식의 조건으로 총 2857펄스를 순서적으로 조사하였다. 병소제거후 특이한 출혈소견은 없었으며, 항생제투여는 시행하지 않았다. 치료 1주후와 2주후 경과관찰시 초진시의 작열통은 상당히 완화되었으며, 기타 감염소견 등은 관찰되지 않았다.

또한 55세 여자환자의 좌측 협점막에 발현된 편평태선에 대해, 광섬유직경 $320\text{ }\mu\text{m}$, 출력 2.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 비접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 앞의 예에서와 유사한 방법으로 총 6831 펄스에 걸쳐 병소를 제거하였던 바 그 결과 또한 앞의 예에서와 유사하였다.

(2) 백반증 (Leukoplakia)

64세 남자 환자의 우측 협점막에 발현된 백반증에 대해 광섬유직경 $320\text{ }\mu\text{m}$, 출력 2.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 비접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 1439펄스에 걸쳐 병소제거를 시도하였으며, 이어 3.0W, 15Hz, 200mJ/Hz 및 접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 595펄스를 조사하여 병소를 제거한 후, 지혈을 위해 2.0W, 10Hz, 200mJ/Hz 및 비접촉식에너지전달방식의 조건으로 총 2501펄스를 조사하였다. 병소제거후 특이한 출혈소견은 없었으며, 항생제 투여는 시행하지 않았다. 치료 1주후와 2주후 경과관찰시 동통과 감염 소견 없이 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다.

6. 농양 (Abscess)

임상적으로 협부농양 (buccal abscess)과 치주농양 (periodontal abscess)으로 진단된 총 2예의 농양성 병소군에 대해 치료목적으로 설정한 특정 레이저조사

조건과 평가된 치료효과는 다음과 같았다.

(1) 협부농양 (Buccal abscess)

15세 여자환자의 하악우측제1대구치 발거후 발현된 우측 협부농양 (Fig. 15)에 대해 하악전달마취 아래 광섬유직경 $320\text{ }\mu\text{m}$, 출력 4.0W, 펄스 20Hz, 펄스당에너지 200mJ 및 접촉식에너지전달방식의 조사조건으로 총 4904펄스에 걸쳐 병소를 절개한 후 배농을 실시하였으며 (Fig. 16), 이어 순서적으로 3.0W, 20Hz, 150mJ/Hz 조건의 총 504펄스, 그리고 2.0W, 20Hz, 100mJ/Hz 조건의 총 12699펄스, 그리고 1.5W, 20Hz, 75mJ/Hz 조건의 총 3411펄스를 광섬유의 첨단부가 병소하부 골막에 직접 닿지 않도록 주의하면서 병소 내면조직을 긁어 내듯이 병소내에 조사하였다. 이어 생리적 식염수로 병소내부를 세척해낸 후 Nu-gauge tamponage를 시행하였다. 치료 2일후 경과관찰시 동통과 감염 소견은 없었으며, 이어 치료 2주후까지 계속된 주기적 경과관찰시 특이한 합병증의 병발없이 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다.

(2) 치주농양 (Periodontal abscess)

22세 여자 환자의 상악 좌측 중절치 구개측에 발현된 치주농양에 대해 침윤마취하에 광섬유직경 $200\mu\text{m}$, 출력 2.0W, 펄스 15Hz, 펄스당에너지 133mJ의 조사조건으로 광섬유의 첨단부가 상악좌측 중절치의 치근쪽을 향하지 않도록 주의하면서 치은열구내로 경사지게 삽입하여 구개측 내면조직을 긁어 내듯이 조사한 후 배농을 시행하였다. 이어 생리적식염수로 병소내부를 세척하였으며 항생제 투여는 시행하지 않았다. 치료 1주일후 경과관찰시 동통과 특이한 합병증의 병발 없이 정상적으로 치유되고 있음이 관찰되었다.

7 치경부 마모증 (Cervical Abrasion)

임상적으로 상아질지각파민 (dental hypersensitivity)을 호소하는 총 4예의 치경부마모증에 대해 치료목적으로 설정한 특정 레이저조사조건과 평가된 치료효과는 다음과 같았다.

25세 여자환자의 상악우측제1,2소구치와 상악우측제1,2대구치에 발현된 쇄기형의 치경부마모증으로서, 전기자극치수생활력검사시 양성반응을 나타냈으며, 냉자극과 기계적 자극에 대한 Visual Analogue Scale (VAS)상 각각 7과 6 정도의 지각파민현상을 나타냈다. 이에 대해 직경 $320\mu\text{m}$ 의 광섬유를 이용하여 비접촉식으로 환자가 동통을 호소하지 않는 조사조건내에서 예비조사를 시행한 후, 접촉식에너지전달방식으로 상악우측제1소구치의 경우 출력 0.8W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 80mJ의 조건에서 총 1278펄스를, 그리고 상악우측제2소구치의 경우에는 1.0W, 10Hz, 100mJ/Hz의 조건에서 총 598펄스를 광섬유의 첨단부가 치경부 마모면에 직각되도록 조사하였다. 조사후 시행된 전기치수생활력검사시 양성반응을 나타냈으며, 냉자극과 기계적자극에 대한 VAS 수치가 각각 3과 2 정도로 감소하였다. 치료 1주일후 경과관찰시 전기치수생활력검사시 양성반응을 나타냈으며, 냉자극과 기계적자극에 대한 VAS 수치가 각각 4과 3 정도로 처음의 치료 직후에 비해 다소 증가되었음이 관찰되었다. 따라서 이에 대해 처음의 치료에서와 같

은 방법을 이용하여 상악우측제1소구치의 경우 0.8W, 10Hz, 80mJ/Hz의 조건에서 총 1716펄스를, 그리고 상악우측제2소구치의 경우에는 0.9W, 10Hz, 90mJ/Hz의 조건에서 총 1142펄스를, 그리고 상악우측제1대구치의 경우 1.0W, 10Hz, 100mJ/Hz의 조건에서 총 1268펄스를, 그리고 상악우측제2대구치의 경우에는 0.7W, 10Hz, 70mJ/Hz의 조건에서 총 470펄스를 재조사하였다. 조사후 시행된 전기치수생활력검사시 양성반응을 나타냈으며, 냉자극과 기계적자극에 대한 VAS 수치가 각각 3과 2 정도로 감소하였다. 재치료 2주일후 경과관찰시 전기치수생활력검사를 시행한 결과 양성반응을 나타냈으며, 냉자극과 기계적자극에 대한 VAS 수치가 각각 3과 2 정도로 더 이상 감소되지 않았음이 관찰되었다.

또한 25세 남자환자의 하악좌측제2대구치, 39세 남자환자의 하악좌측제1,2소구치 및 27세 남자환자의 상악우측제1대구치에 발현된 쇄기형의 치경부마모증에 대해 앞의 예에서와 같은 방법으로 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 1.0W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 100mJ의 조건에서 1주간격으로 레이저에너지를 2회 조사치료하였던 바 유사한 치료효과를 나타냈다.

8. 치근단 농양 (Periapical Abscess)

임상적 및 방사선사진상 치근단농양으로 진단된 총 2예의 치근단병소에 대해 치료목적으로 설정한 특정 레이저조사조건과 평가된 치료효과는 다음과 같았다.

31세 남자환자의 상악좌측중절치에 발현된 치근단농양 (Fig. 17)에 대해 통법에 의한 발수, 근관확장, 근관세척을 시행한 후 출력 0.8W, 펄스 10Hz, 펄스당에너지 800mJ의 조건에서 직경 $200\mu\text{m}$ 의 레이저에너지전달광섬유의 첨단부를 근단보다 약 1mm정도 짧은 곳에 위치시키고 총 472펄스에 걸쳐 순측, 구개측, 근심측, 원심측 순으로 근관벽을 따라 치관쪽을 향해 직선상으로 긁듯이, 또한 나선형으로 회전시키면서 총 5회 레이저에너지를 조사하였다. 이어 통법에 의해 면봉으로 근관을 폐쇄하였으며, 치료 2일후 근관확장과 세척을 시행한 후 처음 치료에서와 같은

방법으로 0.8W, 10Hz, 800mJ/Hz의 조건에서 총 160펄스를, 그리고 처음 치료 12일 후 역시 같은 방법으로 1.0W, 펄스 10Hz, 펄스당 에너지 100mJ의 조건에서 총 157펄스를 조사하였다. 처음 치료 18일 후 통법에 의한 근관충전을 시행하였다. 이후 1개월간의 경과 관찰시 특이한 합병증은 발견되지 않았다.

또한 48세 남자환자의 하악우측 제1대구치에 발현된 치근단농양에 대해 앞에서와 같은 방법으로 광섬유직경 200 μ m, 출력 1.0W, 펄스 10Hz, 펄스당 에너지 100mJ의 조건에서 초진 당일, 2일 후, 1주 후, 2주 후 4회에 걸쳐 레이저에너지를 조사치료하였던 바 유사한 치료효과를 나타냈다.

IV. 총괄 및 고찰

어떤 특정 분자나 원자는 외부로부터의 인공적 자극을 받으면 에너지가 높아져 불안정상태가 되며 원래의 안정상태로 되돌아가려 하는데, 이렇게 안정상태로 되돌아가는 과정중 에너지가 빛으로 방출되며, 방출된 이 빛이 인접한 분자나 원자를 자극하여 동일한 현상을 일으키면서 점점 증폭되어 공진을 하는 순수하고 파장이 일정한 강력한 빛이 되는데, 이를 레이저라 한다.^{1~3)} 레이저광은 자연광과는 달리 단색성, 직진성 및 집중성을 갖는 인공광으로서, 발진파장에 따라 파장이 400nm 이하인 자외선영역의 레이저, 400~700nm인 가시선영역의 레이저, 700~1400nm인 근적외선영역의 레이저, 1400nm 이상인 적외선영역의 레이저 등으로 구분된다.^{1~3)} 본 연구에 사용된 Nd:YAG레이저는 파장이 1064nm로서 근적외선영역 레이저의 일종이다. 이는 Nd:YAG 레이저에 의해 발진되는 파장이 특성상 비이온화이며, 비돌연변이성임을 암시해준다.²⁾

레이저광은 조직과의 상호작용에 있어 조직내로 흡수되거나, 조직내에서 산란되거나, 조직에 반사되거나, 조직을 투과한다.^{2,15)} 레이저광이 조직내로 흡수될 경우에는 광에너지가 유효한 열에너지로 전환되며, 레이저광이 조직내에서 산란되는 경우에는 광에너지가 일정한 일정하지 않은 방향으로 재방출되어 결국 더 넓은 표면에 흡

수되어서 강도와 정확도가 낮은 분산된 열효과를 나타낸다.²⁾ 한편 레이저광이 조직에 반사될 경우에는 광에너지가 조직평면에서 거의 또는 전혀 흡수되지 않고 반사되어 조직에 아무런 영향을 미치지 않으며, 레이저광이 조직을 투과할 경우에도 광에너지는 조직과 어떠한 상호작용도 없이 자유롭게 조직을 통과하여 조직에 거의 또는 전혀 영향을 미치지 않는다.²⁾ 따라서 레이저광의 조직과의 상호작용은 주로 사용된 파장에 의존하는 레이저에너지의 흡수정도에 따르며, 그 효과는 광화학적 상호작용 (photochemical interactions) 또는 광열적 상호작용 (photothermal interactions) 또는 광역학적 상호작용 (photomechanical interactions) 또는 광전기적 상호작용 (photoelectrical interactions)에 의해 임상적으로 다양하게 관찰된다.²⁾ 즉 광화학적 상호작용에 의해 조직치유를 촉진하는 생체자극 (biostimulation), 조직반응을 유도하는 광역동 (photodynamics), 조직내 광반응성 물질을 찾아내는 인광재방출 (phosphorescent reemission) 또는 조직형광 (tissue fluorescence) 현상이 나타나며, 광열적 상호작용에 의해 조직액의 기화로 조직이 제거되는 광제거 (photoablation), 조직의 응고 (coagulation), 지혈 (hemostasis), 조직을 태워 없애는 광열분해 (photopyrosis) 현상이 나타나며, 광역학적 상호작용에 의해 조직구조가 분리파괴되는 광파괴 (photodisruption) 또는 광해리 (photodissociation), 충격파 발생으로 조직을 제거하는 광음향효과 (photoacoustics) 현상이 나타나며, 광전기적 상호작용에 의해서는 고에너지상태로 존재하는 전기를 띠는 이온과 입자 즉 플라스마 (plasma)가 형성되어 조직이 제거되는 광플라스마분해 (photoplasmatolysis) 현상이 나타난다.²⁾ 따라서 Nd:YAG레이저를 사용한 본 연구에서 나타난 조직의 절단, 절제, 응고 및 지혈 등 대부분의 치료효과는 바로 Nd:YAG레이저에 의한 레이저광이 적용대상 조직내로 흡수되어 광에너지가 유효한 열에너지로 전환됨으로써 나타난 광열적 효과에 기인한 것으로 사료된다. 즉 대상조직에 레이저에너지가 흡수되면 조직의 온도가 상승되어 조직의 응고가 일어나거나, 만약 충분한 에너지가 가해지

면 조직내 물성분이 기화하여 결과적으로 증산과 함께 조직의 제거를 야기함으로써 조직의 절단과 절제를 가져올 수 있다. 또한 Nd:YAG레이저는 멜라닌이나 혈색소, 기타 어두운 색소에 특이한 친화성을 가지고 있으므로 색소가 존재하는 부위에 적용될 경우 더욱 유효하게 작용한다.^{2,14)} 이점이 바로 Nd:YAG레이저광에 의해 지혈이 일어나는 근거가 된다.

한편 레이저광의 조직과의 상호작용 특히 광열적 상호작용을 일으킬 때 주위 공기내 산소가 조직요소들과 결합, 연소하면서 연기가 생성된다.^{2,16)} 이 연기속에는 수분, formaldehyde, acrolein, cyanates, cyclohexane, fatty acid esters, xylene, CO₂, benzene, methane, acetone, tolune, alkene, acetaldehyde 등의 많은 화학물질 뿐만 아니라, 레이저치료대상조직이 감염성 병소일 경우에는 병원성미생물과 독소들이 포함되어 있으며, 그 크기가 0.3 μm 정도의 작은 입자도 있다.²⁾ 따라서 레이저치료시 발생되는 이러한 유해연기를 효과적으로 제거하기 위해서는 고성능의 흡인배출기의 사용이 필수적이며, 배출비율은 40ft³/min 이상이어야 한다.²⁾ 레이저치료 도중 발생되는 연기의 양은 치료대상조직에 의한 레이저광의 흡수정도에 의존한다.²⁾ CO₂ 레이저와 Er:YAG레이저는 구강조직의 높은 함수량 때문에 높은 흡수계수를 갖는다.²⁾ 따라서 CO₂ 레이저와 Er:YAG레이저는 구강조직과의 광열적 상호작용시 Nd:YAG레이저에 비해 상대적으로 많은 양의 연기를 발생한다.

일반적으로 레이저기는 출력원, 활성매질, 레이저공명기 및 레이저광전달계로 구성되어 있다. 활성매질에는 기체, 고체, 액체, 반도체결정체가 있으며, 이 매질에 따라 레이저의 파장이 결정되고 레이저의 종류가 명명된다.^{1,3)} 본 연구에 사용된 Nd:YAG레이저의 활성매질은 소량의 neodymium (Nd) 성분이 균일하게 도포된 yttrium aluminum garnet (YAG) 결정체로 되어 있다.²⁾ Nd:YAG레이저는 레이저광의 방출방식이 연속파형인가, 또는 펄스형인가에 따라 조직에 미치는 영향이 다르다. 연속파형은 조직에 가해지는 레이저에너지량에 변화가 없음을 의미하며, 이 경우 최대출력, 평균출력 및 총량출력이

모두 같다.²⁾ 한편 펄스형의 경우에는 최대출력이 평균출력보다 매우 높아 약 1000배 정도이며, 펄스당 지속시간은 펄스형 Nd:YAG레이저에 따라 90~800 μsec로 다양하다.²⁾ 이처럼 짧은 펄스당 지속기간은 긴 휴지기를 허용하는데 이는 순간적으로 가열된 조직이 냉각할 수 있는 시간을 허용함으로써 결과적으로는 조직의 불필요한 손상과 동통발생을 방지할 수 있으며, 또한 국소마취의 필요성을 제거 내지 감소시킬 수 있음을 의미한다.^{2,14)} 따라서 본 연구에서도 이러한 점에 근거하여 펄스형 Nd:YAG레이저를 사용하였다.

또한 펄스형 Nd:YAG레이저의 경우 초당 펄스 수 (Hz)가 높으면 펄스당 최대출력이 매우 높아지므로 낮은 출력에서 보다 정밀한 조직 절단 또는 절제를 얻을 수 있다.²⁾ 반면 초당 펄스수가 낮으면 펄스당 최대출력이 낮아져, 조직의 제거보다는 응고 또는 지혈에 더 우수한 효과를 나타낸다.²⁾ 그러나 Nd:YAG레이저를 사용해 조직을 절단 또는 절제할 경우 대부분 응고 또는 지혈 효과가 동시에 나타나므로,²⁾ 이러한 점은 임상적으로 술자가 출력과 초당 펄스수 사이에 선택의 폭을 가지고 Nd:YAG레이저가 적용될 대상조직의 종류와 치료목적에 따라 조절하여야 함을 암시한다. 따라서 본 연구에서도 이러한 점을 충분히 고려하여 적용증과 치료목적에 따라 Nd:YAG레이저의 조사조건을 설정하였다.

최근 치과임상에 널리 쓰이는 Nd:YAG레이저의 경우 광섬유에 의한 에너지전달방식을 채택하고 있는데, 이 광섬유는 석영전달계를 가지고 있으며, 대부분 100~600 μm의 직경을 제공한다.²⁾ 레이저에너지전달광섬유의 직경이 작으면 작을수록 에너지밀도가 높아져 조직제거시 신속히 이루어 낸다.²⁾ 본 연구에 사용된 Nd:YAG레이저의 광섬유의 직경은 200 μm와 320 μm였으며, 특히 치주농양과 치근단농양 치료시에는 직경 200 μm의 광섬유를 사용함으로써 치료대상부위로의 접근을 용이하게 하였다. 또한 광섬유에 의한 레이저에너지전달방식에는 접촉식과 비접촉식 두가지가 있는데, 접촉식의 경우 광섬유첨단부가 레이저에너지의 적용대상 바로 위에 직접적으로 놓여짐으로써 위치특이성전달로 인한 반사가 감소되고 조직내로의 흡수가 증가되

어 광열적 효과가 커진다.²⁾ 따라서 레이저에너지의 접촉식 전달방식은 정밀도가 요구되는 연조직 절제에 우수하다. 반면 비접촉식의 경우에는 레이저에너지 적용 대상 조직의 응고 또는 지혈에 유효하다. 따라서 본 연구에서도 이러한 점을 충분히 고려하여 치료목적에 따라 주로 병소조직의 제거시에는 접촉식의 레이저에너지 전달방식을, 그리고 응고 또는 지혈을 위해서는 비접촉식의 레이저에너지 전달방식을 채택하였다.

펄스형 Nd:YAG레이저에 관한 이상의 물리학적, 생물학적 및 치과임상적 이론과 실기 측면에서의 배경을 바탕으로, 저자가 수집한 총 22예의 구강연조직병소와 총 6예의 구강경조직병소에 대해 치료목적으로 설정한 펄스형 Nd:YAG레이저의 조사조건과 그에 따른 치료효과를 총괄, 고찰하였던 바, 구강연조직병소의 경우 출력 2.0~4.0W, 펄스 20~50Hz의 조건 범위내에서 치료목적과 치료대상조직의 유약성 정도에 따라 즉 병소조직의 절단, 절제, 제거를 위해서는 높은 출력, 낮은 펄스로, 한편 조직의 응고, 지혈을 위해선는 낮은 출력, 높은 펄스로, 그리고 병소조직이 육아조직성인 경우에는 낮은 출력으로, 한편 섬유조직성인 경우에는 높은 출력으로 출력 또는 펄스를 조절하면서 비접촉식 또는 접촉식 레이저에너지 전달방식으로 직경 320 μm 의 광섬유를 한 곳에 오래 머무르지 않도록 조시함으로써 병소를 효과적으로 절단, 절제, 제거할 수 있었으며, 병소의 절단, 절제, 제거시 수반되는 출혈에 대해서는 앞에서의 조건 범위내에서 비접촉식으로 조사함으로써 효과적으로 지혈시킬 수 있었는데, 이는 펄스형 Nd:YAG레이저의 짧은 파장, 높은 최대출력, 광섬유에너지 전달방식의 채택 및 이에 따른 광열적 효과에 기인하는 것으로 사료된다.^{2,14)}

또한 치경부 마모증으로 인한 상아질지각과민증의 경우 환자가 통통을 호소하지 않는 조사조건내에서 비접촉식으로 예비조사를 시행한 후 출력 1.0W, 펄스 10Hz의 조건으로 직경 320 μm 의 레이저에너지 전달 광섬유를 마모면에 직각되게 접촉식으로 한 곳에 오래 머무르지 않도록 조사함으로써, 그리고 이후 지각과민증의 완화정도에 따라 1주간격으로 2~3회 재조사함으로써 적

어도 약 50%정도의 지각과민증의 감소를 가져올 수 있었으며, 이는 펄스형 Nd:YAG 레이저의 광열적 효과에 의해 마모증으로 인해 노출된 상아세관의 입구의 부분 폐색효과와 상아세관내 유동액내의 단백응고효과의 복합효과에 기인하는 것으로 사료된다.^{2,14)}

또한 치근단농양의 경우 출력 1.0W, 펄스 10Hz의 조건으로 직경 200 μm 의 레이저에너지 전달 광섬유의 첨단부를 근단보다 약 1mm정도 짧게 위치시키고 근관내벽을 긁듯이 조사함으로써 농양병소와 감염된 근관을 효과적으로 멸균소독 처리할 수 있었으며, 이는 펄스형 Nd:YAG레이저의 광열적 효과에 의한 농양병소내와 근관내 병원성 미생물의 멸균효과, 그리고 근관내 상아질벽의 전색효과에 기인하는 것으로 사료된다.^{17, 24)}

Nd:YAG레이저의 멸균효과는 균형증의 위협이 있는 환자의 감염성 병소에 대한 절제 치료시 Nd:YAG레이저가 유효한 수단이 될 수 있음을 암시해준다.²⁾

기타 본 연구결과에 의하면 펄스형 Nd:YAG 레이저를 사용하여 구강연조직병소를 절제, 제거할 경우 봉합의 필요성이 거의 없었으며, 치료 후 진통제나 항생제의 투여 또한 거의 필요 없었다.

레이저치료시 무엇보다 중요한 점은 치료목적을 달성하는데 필요한 최소량의 에너지를 얻기 위한 최적의 레이저조사조건을 찾아내는 것인데, 펄스형 Nd:YAG레이저의 경우 아직 증례별 치료목적상 최적의 조사조건의 설정이 미흡한 실정임을 감안할 때 본 연구결과가 이 분야에 다소나마 기여할 수 있기를 기대하며, 향후 보다 많은 증례를 대상으로 보다 장기간의 경과관찰이 포함된 관련 연구가 속행되기를 바란다.

V. 결 론

저자는 펄스형 Nd:YAG레이저의 구강병소에 대한 치료목적의 조사조건 설정과 그에 따른 치료효과를 임상적으로 평가하고자, 구강연조직병소 22예와 구강경조직병소 6예를 대상으로, 파장 1064nm, 펄스지속시간 120 μsec , 직경 200 μm /320

μm 의 광섬유전달방식의 펄스형 Nd:YAG레이저 에너지를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 구강연조직병소의 경우 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 2.0-4.0W, 펄스 20-50Hz의 조건범위내에서 치료목적과 병소조직의 특성에 따라 절제를 위해서는 높은 출력, 낮은 펄스로, 지혈을 위해서는 낮은 출력, 높은 펄스로, 그리고 육아조직성 병소인 경우에는 낮은 출력으로, 섬유조직성 병소인 경우에는 높은 출력으로 출력 또는 펄스를 조절하면서 접촉식으로 조사함으로써 우수한 절제효과를, 비접촉식으로 조사함으로써 우수한 지혈효과를 얻었다.
2. 치경부 마모증으로 인한 상아질지각과민증의 경우 광섬유직경 $320\mu\text{m}$, 출력 0.7 - 1.0W, 펄스 10Hz의 조건에서 1주일 간격으로 2-3회에 걸쳐 비접촉식과 접촉식으로 병행 조사함으로써 약 50%정도의 지각과민증 감소효과를 얻었다.
3. 치근단 농양의 경우 광섬유직경 $200\mu\text{m}$, 출력 1.0W, 펄스 10Hz의 조건에서 광섬유 첨단부를 근단 보다 약 1mm정도 짧게 위치시키고 농양병소와 근관내벽에 접촉식 및 나선식으로 조사함으로써 멸균소독효과를 얻었다.

참고문헌

1. Kert, J. and Rose, L. : Clinical Laser Therapy - Low level Laser, Scandinavian Medical Laser Technology, 1989.
2. Miserendino, L. J. and Pick, R. M. : Lasers in Dentistry, Quintessence Publishing Co, Inc., 1995.
3. 森岡 俊夫, 松本 光吉 : レーザーの歯科への臨床応用とその基礎クインティッセンス出版株式会社, 1988.
4. Einstein, A. : Zur Quanten Theorie Der Strahlung, Verk Deutsch Phys. Ges., 18:318, 1916
5. Maiman, T. H. : Stimulated optical radiation in ruby, Nature, 187:493, 1960.
6. Stern, R. H. and Sognnaes, R. F. : Laser beam effect on dental hard tissue, J. Dent. Res., 43(5):873, 1964.
7. Yamamoto, H. and Ooya, K. : Potential of yttrium aluminum garnet laser in caries prevention, J. Oral Pathol., 3:7, 1974.
8. Adrian, J. C. : Pulp effects of neodymium laser, a preliminary report, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 44:301, 1977.
9. White, J. M., Fagan, M. and Goodies, H. E. : Intrapulpal temperature during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, In vitro., J. Perio., 65:225, 1994.
10. Myers, T. D. and Myers, W. D. : The use of a laser for debridement of incipient caries, J. Prosthet. Dent., 53:776, 1985a.
11. White, J. M., Goodies, H. E. and Rose, C. M. : The use of the pulsed Nd:YAG laser for intraoral soft tissue surgery, Laser Surg. Med., 11:455, 1991.
12. Kutsch, V. K. : Lasers in dentistry : Comparing wavelengths, J.A.D.A., 124:49, 1993.
13. Pick, R. M. : Lasers in dentistry : Using lasers in dental practice, J.A.D.A., 124:37, 1993.
14. Matsumoto, K. : Color Atlas of Clinical Case Presentation in Laser Dentistry, 1994.
15. Dederich, D. N. : Laser / tissue interaction : What happens to laser light when it strikes tissue ?, J.A.D.A., 124:57, 1993.
16. 김경훈, 신금백, 최복 : In vitro investigation of the harmful effects of smoke plume produced by pulsed Nd:YAG laser treatment, 대한구강내과학회지, 20(2) :283, 1995.
17. Dederich, D. N., Zakariasen, K. L. and Tulip, J. : Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium - yttrium - aluminum - garnet laser irradiation, J. Endo., 10:428, 1984.
18. Dederich, D. N., Zakariasen, K. L. and Tulip, J. : S.E.M. analysis of dyed canal dentin following Nd:YAG laser irradiation (abstract), J. Dent. Res., 64:239, 1985.
19. Zakariasen, K. L., Dederich, D. N. and Tulip, J. : Nd:YAG laser fusion of dentin plugs in root canals (abstract), J. Dent. Res., 64:239, 1985.
20. Hardee, M., Miserendino, L. J. and Kos, W. : Evaluation of intracanal Nd:YAG laser irradiation (abstract), J. Endodontics, 16:194, 1990.
21. Miserendino, L. J. : A histologic evaluation of pulsed Nd:YAG laser for conventional endodontic treatment, Prevented at the international Society of Laser Dentistry Meeting, Paris, France, 1990.
22. Goodies, H. E. et al : Evaluation of the Nd:YAG laser in the root canal sterilization, J. Dent. Res.,

-
- 71:564, 1992.
23. Miserendino, L. J., Rizoiu, I. and Levy, G. : Effects of Nd:YAG irradiation on the permeability of root canal wall dentin (abstract), Prevented at the International Society for Lasers in Dentistry Meeting, Salt Lake City, UT, Aug., 1992.
24. Bahcall, J. K., Miserendino, L. J., Walia, H. and Belardi, D. W. : Scanning electron microscopic comparison of canal preparation with Nd:YAG laser and hand instrumentation : A preliminary study, Gen. Dent., 41:45, 1993.

- ABSTRACT -

THE THERAPEUTIC EFFECTS OF A PULSED Nd:YAG LASER ON ORAL LESIONS.

Keum-Back Shin, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Oral Diagnosis & Oral Medicine, School of Dentistry, Chonbuk National University

In order to set the lasing variables and evaluate, clinically, the therapeutic effects of a pulsed Nd:YAG laser on oral lesions, the author applied the laser energy from a fiberoptic delivered, free running, pulsed Nd:YAG laser (wavelength 1064nm, pulse duration 120 μ sec, fiber diameter 200 μ m/320 μ m) to 22 cases of oral soft tissue lesions and 6 cases of oral hard tissue lesions.

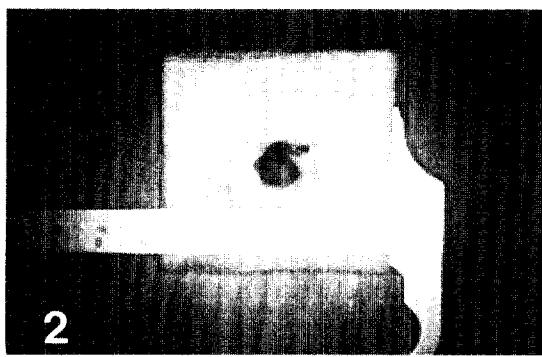
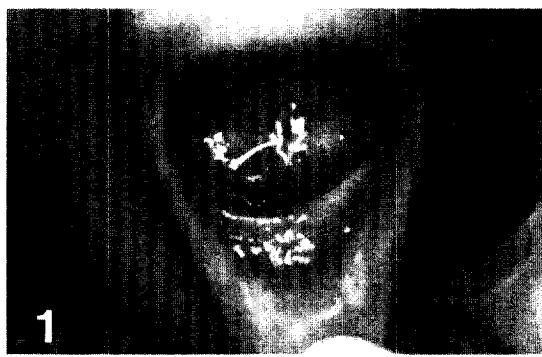
The obtained results were as follows :

1. The effective excision with contact mode and the effective hemostasis of accompanied bleeding with noncontact mode were occurred by lasing on oral soft tissue lesions with fiber diameter of 320 μ m under the variables of 2.0~4.0W and 20~50Hz which were controlled into high power/low pulses for excision, low power/high pulses for hemostasis, low power in granulation tissue and high power in fibrous tissue according to therapeutic goals and tissue conditions.
2. About 50% of decreasing effect on hypersensitivity was occurred by lasing with non-contact and contact mode on cervical abrasion which caused dentinal hypersensitivity with fiber diameter of 320 μ m under the variables of 0.7~1.0W and 10Hz which were applied 2~3 times with 1 week interval.
3. The effective sterilization of infected root canal and lesion of periapical abscess was occurred by lasing with contact and spiral modes on wall of root canal and periapical abscess with fiber diameter of 200 μ m of which the tip was placed about 1mm shorter than root canal length under the variables of 1.0W and 10Hz.

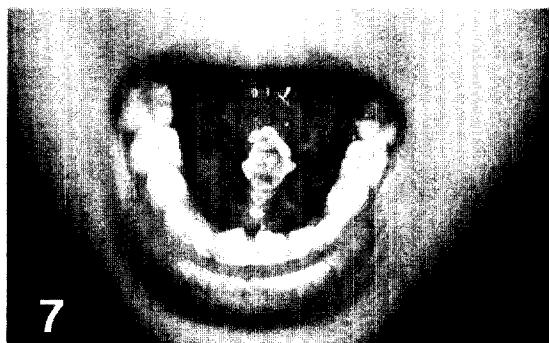
사진부도

- Fig. 1. The excised wound immediately after excision of epulis fissuratum in 56 year-old woman using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 2. The excisional biopsy of epulis fissuratum from Fig. 1 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 3. The low-power histopathologic features of lobulated lesion from Fig. 2.
- Fig. 4. The high-power histopathologic features of acanthosis and dense fibrous connective tissue (reactive fibrosis) from Fig. 2.
- Fig. 5. The wound 1 week after excision of epulis fissuratum from Fig. 1 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 6. The short lingual frenum in 7 year-old boy
- Fig. 7. The pseudomembranous wound 3 days after lingual frenectomy of Fig. 6 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 8. The wound 1 week after lingual frenectomy of Fig. 6 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 9. The vesicles and ulcer of herpes labialis in lower lip of 23 year-old woman
- Fig. 10. The remitted vesicles and ulcer of herpes labialis from Fig. 9
- Fig. 11. The almost healed herpes labialis from Fig. 9 1 week after irradiation using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 12. The sessile mucocele in lower lip mucosa of 9 year-old boy
- Fig. 13. The excised wound immediately after excision of mucocele in Fig. 12 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 14. The pseudomembranous wound 2 days after excision of mucocele in Fig. 12 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 15. The radiographic features of infected extraction socket of lower right first molar of 15 year-old girl
- Fig. 16. The incised and drained abscess in Fig. 15 using a pulsed Nd:YAG laser
- Fig. 17. The radiolucent lesion of periapical abscess originated from upper left central incisor of 31 year-old man

논문사진부도 ①



논문사진부도 ②



7



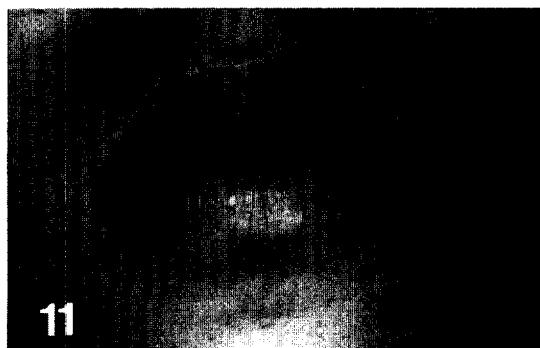
8



9



10



11



논문사진부도 ③



14



15



17



16