

Er:YAG laser 조사에 의한 치은연하치석 제거효과

조인구, 김영준, 정현주

전남대학교 치과대학 치주과학교실, 치의학 연구소

I. 서 론

치주질환의 원인으로 치석은 치태형성과 유지를 촉진하여 2차적인 원인요소로 작용함은 널리 알려진 사실이다. 치주치료의 궁극적인 목표는 치주질환의 직접적인 원인이 되는 치태 및 치석 등의 국소요인을 제거하고 깊어진 치주낭을 제거하고 파괴된 치주조직의 재생을 도모하며 치주치료 후에 보다 더 효율적으로 유지관리할 수 있도록 생리적 환경을 부여하는 것이다¹⁾. 중요한 치주치료의 과정인 치석제거술과 치근면 활택술은 초음파 기구나 큐렛을 사용하여 시행되어왔다.

최근 각종 laser를 이용하여 치주질환에 이환된 치근면의 처치, 치석제거, 우식와동 제거 등에 관하여 많이 보고되고 있다. 선택적 흡수, 응고, 멸균 및 생체조직에 대한 자극 효과와 같은 laser광의 특성으로 인해 laser 시술이 종래의 방식에 비해 장점이 있고 어떤 경우에는 우선적인 치료 방법이 되었다²⁾. 현재 많은 종류의 laser가 치의학 분야에서 이용되고 있으며 이들은 대체로 적외선영역에서 자외선영역에 이르는 전자기장 에너지를 방출하고 있다. 상용화된 치과용 laser의 대부분은 적외선 영역에 속해 있으며 여기에는 CO₂ laser, Nd:YAG laser, Er:YAG laser 등이 포함된다³⁾. 치주치료에 관련되어 지금까지 Nd:YAG laser, CO₂ laser, Argon laser 등이 연구 되었고 치석 제거를 위한 Nd:YAG laser의 사용에 대하여 보고되었는데 고에너지 수준에서는 효과가 높지만 저에너지 수준에서는 치석 제거효율이 감소되며 또한 laser 조사시 발생하는 열에 의한 치수괴사의 가능성이 매우 높다고 알려져 있다.

Er:YAG laser는 물에 대한 흡수성이 높고 laser 조사시에 조직 내 수분에 선택적으로 흡수되어 조직 내의 물분자가 기화할 때의 미세폭발에 의하여 조직을 파괴하는 특징을 갖고 있다⁴⁾. Er:YAG laser는 물의 주흡수정점과 일치하는 2.94 μ m의 방출파장을 가지기 때문에 법랑질과 상아질을 포함하는 모든 조직에 흡수가 잘되어 치아와 같은 경조직이나 치석과 같은 석회화된 조직에 적용할 수 있는 유망한 laser 시스템이며 주위 경조직에 열손상 없이 적용할수 있다고 알려져 있다. 또한 Er:YAG laser를 치주치료에 적용하는 시도가 진행되고 있는데 치근면에 laser를 조사한 경우 치질손상은 비교적 적으면서 치수에 대한 열 영향도 거의 관찰되지 않아 치은연하치석 제거시 이 laser의 응용가능성이

시사되고 있다. 그러나 Er:YAG laser에 의한 치석제거에 대한 보고는 주로 조사된 치근 표면 형태의 변화와 관련된 것들로 다양한 에너지 수준에서 치근면의 형태학적 및 물리적 성상을 관찰한 것은 드물다.

이에 본 연구에서는 Er:YAG laser를 치은연하치석 제거에 유용하게 사용할 수 있는지를 확인하기 위하여 치석을 제거하는 경우에 조사에너지 크기에 따른 치석제거효율, 치근면의 형태학적 변화 및 미세경도 변화를 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

치주질환에 이환되어 발치된 치아를 사용하였고 치근우식증, 근관치료된 치아, 수복물 등의 실험에 영향을 줄 수 있는 치아는 제외시켰다. 치아를 치석의 정도에 따라 3군으로 나누어 A군은 치근의 치경부 1/3부위에 치석이 점상 또는 가는 Band형으로 산재하여 존재하고 30% 미만인 경우, B군은 동일 조건에서 30-60% 정도의 치석이 존재하는 군, C군은 동일 조건에서 60% 이상 존재하는 군으로 나누었다. 각 군당 12개의 치아를 배정하였다.

2. 방법

1) 치근절편 제작

백악법랑경계부 하방의 치경부 1/3부위를 다이아몬드바로 절단하여 $5 \times 5 \times 2\text{mm}^3$ 크기의 총 40개의 치근절편을 제작하였다. 치근절편을 0.1M Cacodylate 완충용액으로 세척한 후 실험 전까지 식염수에 보관하였다. 치근절편을 레진을 이용하여 레진블록을 만들었다.

2) Er:YAG Laser 조사

Er:YAG laser (Hoya, MI12, Japan)를 사용하였고 Laser 조사군은 30mJ 에너지를 조사한 실험1군, 60mJ 에너지를 조사한 실험2군, 100mJ 에너지를 조사한 실험3군으로서 각 군마다 12개의 치근절편에 접촉방식으로 조사하였다. 조사시 열을 없애기 위하여 냉각수는 자체 기계에서 공급되는 냉각수만 사용하였다. 조사각도는 치석이 부착된 치근면에 대하여 직각이 되게 조절하였다. 대조군에서는 치주큐렛을 이용하여 표면이 활택하고 견고한 면이 될 때까지 치석제거 및 치근면활택술만을 시행하였다.

3) 치석제거의 효율평가

실험군에서는 육안적으로 완전히 치석이 제거될 때까지 치근면에 laser를 조사하였으며 치석이 제거되는데 걸리는 시간을 초단위로 기록하여 제거효율로 산정하였다. 이때 치석의 제거 여부에 대해서는 시술자와 다른 2명의 치과의사에 의하여 판정하였다.

Table 1. Experimental Groups for this study

Group	N	Treatment
Control	4	Scaling & Root planing
Group 1	12	30mJ Irradiation
Group 2	12	60mJ Irradiation
Group 3	12	100mJ Irradiation

4) 치근면 미세경도의 측정

미세경도측정을 위해 각 laser 조사군 별로 6개씩 배정하였다. 미소경도계 (Vickers microhardness tester, Zwick Co. Germany)를 이용하여 하중 1kg, 부하시간은 15초의 조건으로 측정하였다. 이 때 압흔에 의한 영향이 없도록 계측점에 대하여 위치를 바꾸어 가면서 대상치아의 실험군 표면과 대조군 표면에서 압흔의 대각선 길이를 4회 측정한 후 그 평균치를 다음의 식에 대입하여 Vickers Hardness Number (VHN)를 산출하였다.

$$VHN=1.854F/d^2$$

F:압입하중(kg)

d:압흔의 대각선 길이 (mm)

5) 주사전자현미경 관찰

주사전자현미경 관찰을 위하여 대조군과 Laser 조사군의 치근절편을 각각 6개씩 처리하였다. Cacodylate buffer (0.1M, pH 7.4)와 2.5% Glutaraldehyde 용액에 2시간동안 담가둠으로써 전고정을 하였다. 전고정 후 완충액으로 세정하고 1% Osmium acid에 2시간 동안 침적 고정하였다. 고정 후 완충액으로 세척하고 CO₂ 임계점 건조기를 이용하여 건조시키고 탄소코팅을 시행하였고 주사전자현미경 (Jeol, JSM-35C, Japan)하에서 관찰하였다.

6) 통계처리

치근면 미세경도의 변화와 치석제거의 효율에 대한 수치는 SAS의 GLM통계법으로 구간 평균치 차이에 대한 유의성 비교를 하였다.

III. 결과

1. 치석 제거효율

육안적으로 치석이 완전하게 제거될 때까지의 시간을 측정하여 이를 치석제거의 효율로 나타내었다. A군은 치석의 분포 정도가 치근절편에서 치석이 점상, 가는 밴드상으로 산재하여 존재하면서 치석이 차지하는 비율이 30% 미만인 경우로 30, 60, 100mJ의 각 에너지 수준에서 각각 106.6 ± 16.3 초, 70.0 ± 13.1 초, 37.6 ± 10.3 초의 시간이 경과하였다. B군은 치석의 분포 정도가 30%~60% 정도인 경우로 30, 60, 100mJ의 각 에너지 수준에서 각각 169.0 ± 22.4 초, 104.6 ± 25.5 초, 65.0 ± 17.3 초의 시간이 경과하였다. C군은 치석의 분포정도가 60% 이상인 경우로 30, 60, 100mJ의 각 에너지 수준에서 각각 285.2 ± 53.6 초, 168.2 ± 4.3 초, 102.5 ± 18.3 초의 시간이 경과하였다. 치석제거에 소요된 시간은 laser 조사 에너지가 클수록 유의하게 짧아졌고($p < 0.05$), 각 조사군 내에서는 치석이 많을수록 소요 시간이 길었다.

Table 2. The efficiency of Er:YAG laser irradiation for removing calculus (Unit : second, n=12)

Calculus coverage	Laser radiation energy level			Significance
	30mJ	60mJ	100mJ	
A <30%	106.6 ± 16.3	70.0 ± 13.1	37.6 ± 10.3	*
B 30-60%	169.0 ± 22.4	104.6 ± 25.5	65.0 ± 17.3	*
C > 60%	285.2 ± 53.6	168.2 ± 4.3	102.5 ± 18.3	*

The values are mean \pm standard deviation

* : Significantly different by irradiation energy level at $P < 0.05$ by GLM test.

2. Er:YAG laser 조사 후 치근 표면의 미세경도

Laser 조사에 따른 치근면 미세경도를 비교해 본 결과 laser를 조사하지 않은 대조군에 비해 laser를 조사한 군의 평균 표면경도가 높게 나타났다. 즉 Laser 조사 출력 차이에 따른 치근면 미세경도의 차이는 Table 3에서와 같이 대조군에 비해 60, 100mJ laser 조사군에서 유의하게 높았다($p < 0.05$). Laser 조사군 간의 비교시 30mJ 조사군에 비해 60mJ, 100mJ 조사군에서 유의하게 차이가 있었다($p < 0.05$).

Table 3 . Microhardness by Vickers test after laser Irradiation
(Unit : kg/mm²)

Group (N)	Energy	Vickers microhardness	Significance
Control (4)	no radiation	23.3 ± 9.8	
Group 1 (6)	30mJ	25.2 ± 5.9	
Group 2 (6)	60mJ	32.3 ± 4.9	*
Group 3 (6)	100mJ	33.1 ± 7.8	*

Values are mean ± standard deviation

* : significantly different by irradiation energy at P<0.05 level by GLM test.

3. 주사전자 현미경적 소견

Laser를 조사하지 않은 대조군과 30mJ, 60mJ, 100mJ laser 조사군의 치근절편을 주사 전자 현미경하에서 관찰하였다. 치석을 제거하기 전의 치근 표면에서는 무정형의 치석과 세균들이 관찰되었다. 치석은 유골상의 불규칙한 덩어리로 보이고 부분적으로 함요부와 구릉이 보였다 (Fig 1).

1) 대조군(치근면 활택술군)

치주큐렛 조작에 따른 방향성을 보이는 표면에는 도말층이 보였고 상아세관의 노출은 없었다 (Fig 2).

2) 30mJ로 조사한 군

30mJ 에너지가 조사된 치근면에서는 불규칙하고 평활한 비늘형상이 관찰되었으며 약간의 소와와 용융된 표면이 관찰되었고 탄화와 흑회화는 찾아볼 수 없었다 (Fig 3).

3) 60mJ로 조사한 군

60mJ 에너지가 조사된 치근면에서는 불규칙한 소와와 분화구양의 결손부위가 더욱 증가하였다. 약간의 탄화와 용융된 표면을 관찰할 수 있었다 (Fig 4).

4) 100mJ로 조사한 군

100mJ 에너지가 조사된 치근면에서는 분화구양의 결손부위가 더욱 심해지고 깊은 함요가 표면에 산재하였고 심하게 파괴된 불규칙한 표면이 관찰되었다. 탄화와 용융된 표면이 증가되었음을 볼 수 있었다 (Fig 5). 조사에너지가 커짐에 따라 증산에 의한 탄화와 불규칙한 함요상이 더욱 심해졌고 커다란 비닐조각 모양의 결손이 관찰되었다.

IV. 고찰

세균성 치태는 치주염의 일차적인 원인인자이고 치석은 치태형성과 부착을 촉진함으로써 이차적인 원인인자로 작용하며 치주질환에 이환된 치근면은 골과 부착상실을 유도하는 세균독성물질의 저장고로서 작용한다. 따라서 치주질환에 이환된 치근면에서 치석, 세균성 치태, 그리고 독성물질을 제거하는 것이 치근표면에 결합조직의 신부착을 위해 필요하며 이러한 목적을 위해서 치석제거술과 치근면 활택술이 가장 보편적으로 시행되고 있다⁵⁻⁸⁾. 그러나 Rabbani 등⁹⁾은 이러한 술식으로 치태와 치석을 완전히 제거하기란 어려우며 시술후 부산물이 잔존하는 경우 세균의 성장과 질환의 재발을 야기한다고 하였다. 그리고 Morlock 등¹⁰⁾은 질환에 이환된 치근면으로부터 잔여치태와 치석을 제거하기 위한 더 효과적이고 부가적인 술식이 요구된다고 하였다.

1960년 Mainman¹¹⁾에 의해 Ruby laser가 개발된 이래로 laser는 치의학 및 의학의 분야에서 그 사용이 광범위하게 증가하고 있다. Laser란 광학공동 내에서 흥분된 원자집단의 유도방출에 의해 증폭된 빛으로 시준성 (collimated), 일치성 (coherent), 단색성 (monochromic)의 특성을 가지며 활성매질의 내용물과 그들의 부유상태에 따라서 다양한 출력과 파장을 가지는 여러 종류의 laser가 개발되었다. 치의학 분야에서는 1960년 이후 Goldman 등¹²⁾, 1964년 Stern과 Sognaes¹³⁾가 최초로 치아경조직에 Ruby laser를 사용하였고 현재는 Nd:YAG, Argon, CO₂, Er:YAG laser 등이 구강내 연조직과 경조직시술에 광범위하게 시도되고 있다. 특히 Nd:YAG laser와 CO₂ laser는 치과영역의 경조직에 많이 쓰이고 있다. 만일 laser가 석회화된 조직을 효과적으로 절제할 수 있다면 치석도 제거할 수 있으리라 본다. Laser를 이용한 치석제거에 관련되어 Morioka 등¹⁴⁾은 Q-Switched Nd:YAG laser로 vitro실험에서 법랑질표면에 아무런 손상없이 치태잔사를 제거할 수 있음을 보고하였다. Frentzen 등¹⁵⁾은 ArF excimer laser를 사용하여 치석제거가 가능함을 보고하였고 조사된 백악질표면이 micro-roughness만을 보였다고 하였다. 그러나 Excimer laser로 치석제거하는 것은 가능하지만 전도체계의 미비함과 높은 경비로 임상적용은 어렵다고 하였다. 그리고 Nd:YAG laser와 CO₂ laser의 경우 경조직 절제시 상대적으로 높은 에너지를 요구하고 Cracking, Charring과 치수손상 등의 부작용으로 인해 임상적 적용이 불확실하다¹⁶⁾. 한편 Keller와 Hibst⁴⁾에 의하면 Er:YAG laser는 물의 주흡수정점(2.94 μ m)과 일치하여 효과적인 절제와 열 손상이 비교적 적은 laser system으로 알려져있다. 높은 절제효율과 형태는 열적으로 유도된 기계적 과정에 의해 설명될 수 있다. 일시적인 laser의 방사는 얇은 층에서 흡수되어 물의 갑작스런 가열과 수증기화를 유발한다. 따라서 높은 증기압은 형태에 상응하는 구멍과 더불어 솟아오른 입자를 가진 미세폭발을 유도한다. 조직을 완전하게 수증기화하지 않고 단지 조각들로 분해되기 때문에 방사에너지는 조직의 형태적인 구조를 변경시키는 절제에너지로 효과적으로 전환된다. 치수에 대한 열손상은 Er:YAG laser의 조사시 Akira 등¹⁷⁾에 의하면 물의 주수가 열손상을 막을 수 있다고 알려져있다. Laser 조사시 주수하에서는 치수온도가 0.8도 정도 오르나 냉각수 없이는 18.4도 가량 온도가 상승한다는 실험도 있었다¹⁸⁾. Phaghdiwala^{19,20)}에 의하면 Er:YAG laser의 경우 물에 대한 흡수율이 이론적으로 CO₂ laser에 비해 10 배이고 Nd:YAG laser에 비해서는 20000배 정도 된다고 하였다. 본 실험에 사용된 laser는 주수장치가 부착된 것으로 다른 laser에 비해 열적 손상을 비교적 적게 주어 경조직 시술에 유용하다고 할 수 있다.

치석제거의 효율에 대해서 다른 보고에 의하면 Tseng과 Liew²¹⁾는 치근면에 Nd:YAG laser를 조사했을 때 백악질과 상아질의 국소적인 부위에 열의 침투와 손상을 보고하였고 또한 치석을 제거하기 위해 요구되는 기구 조작 수에 있어서도 laser를 조사한 치석이 그렇지 않은 경우보다 현저하게 적게 요구됨을 보고하였다. Ishikawa 등²²⁾에 의하면 Nd:YAG laser의 치석제거 효율이 0.101mm²/s(2W), 0.102mm²/s(2.5W) 이라고 보고하였다. 본 연구의 치석제거효율로 환산해보면 247.5초(2W) , 245.1초(2.5W)로 비교할 수 있다. Er:YAG laser의 경우 치석 제거시 치석 뿐만 아니라 백악질과 상아질도 절삭할 수 있다. 다른 연구에서 백악질 절제량과 laser의 치석제거 효율을 고려해보면 30mJ 정도가 vitro 실험에서는 적당하며 이 에너지에서 한 치아당 치석제거에 걸리는 시간이 1-3분 정도 소요된다고 하였다. 비록 전통적인 방법과 비교해 보진 않았지만 30mJ 에너지수준에서 laser의 치석제거 효율은 초음파 치석제거에 비해서는 낮으리라 사료된다. 본 실험에서는 에너지가 증가함에 따라 치석제거에 걸리는 시간이 감소됨을 볼 수 있었다. 그러나 치석의 조성과 구조가 균일하지 않고 각 치근절편의 치석의 양과 두께가 다양하므로 laser의 제거효과가 다를 수 있다. 또한 Radvar 등²³⁾은 치아에 따라 laser에 대한 감수성 정도가 다를 수 있음을 지적하였는데 치아표본의 색깔이나 조성, 물의 함량비율 그리고 고유한 요소들에 따라 에너지 흡수정도가 영향을 받기 때문이라고 언급하였다. 그리고 치석을 제거하기 위한 laser의 접촉방식과 균일한 조사에 대해서도 표준화가 필요할 것이다. Morlock 등²⁴⁾은 치태와 치석을 완전히 제거하기 위해서 laser의 광섬유 끝이 치면의 침착물과 직접 닿아야 한다고 언급하였다. 그러나 섬유끝의 직경이 작아서 효과적으로 치면을 균일하게 조사하기란 매우 어려우므로 이러한 한계를 극복하기 위해 laser 조사시 치면에 중첩되게 지나가도록 하였다. 가능한 술식이지만 어떤 부위에 있어서는 과도하게 조사될 수 있고 움직이는 속도를 조절하는데도 문제가 있었다. 따라서 다른 출력과 조사시간으로 다른 조직에서 laser 효과를 비교 평가하기 위해서는 실험방법을 표준화할 필요가 있다.

표면경도의 변화에 있어서 그 의미는 치주치료후 노출된 치근면의 경우 치근우식증이 발생할 가능성이 매우 높음을 감안할 때 에너지 출력에 따른 치근표면의 미세경도의 변화는 임상적으로 큰 의미가 있다. Laser 조사에너지가 60mJ, 100mJ로 증가함에 따라 대조군에 비해 표면경도가 증가함을 볼 수 있었다. 그러나 30mJ 에너지수준에서는 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 이는 조사에너지가 증가함에 따라 치근면에 용융이나 유기질이 타서 광물질의 재고형화가 치근면의 경도를 증가시킨 것으로 추정된다. 이러한 결과는 laser 조사시 표면경도가 증가되어 치근 우식증의 예방효과를 얻을 수 있음을 암시하며 치근노출이 있는 노인환자에서의 활용성을 고려할 수 있다.

Laser 조사 후 표면형태의 변화를 관찰하는 것 또한 매우 중요하다. 본 실험에서 주사전자현미경 하에서 laser 조사군에서는 증산에 의한 치질의 결손과 함께 불규칙한 결정체의 형상이 관찰되었다. 분화구양상의 치질결손이 에너지가 증가함에 따라 그 깊이와 정도가 심화됨을 볼 수 있었다. 다른 실험에서도 Er:YAG laser를 조사시 주수 하에서 비교적 낮은 에너지에서 치석을 제거할 수 있었으며 제거된 치아표면은 약간의 불규칙적인 형태와 Chalkness만을 보일 뿐 탄화된 부위는 거의 볼 수 없다고 하였다¹⁶⁾. Morlock 등²⁴⁾은 Nd:YAG laser 조사 후 laser에 노출된 치근 표면에서 탄화, 소와와 분화구 형성, 광물질의 용융 및 재고형화 등의 변화를 관찰하였다. Laser가 조사된 표면에 열적 변화를 유도하고 이러한 열적변화로 표면의 물성분이 증발하고 유기물질이 기화하여 표면균열, 소와, 탄화, 분화구 등이 초래된다. 또한 유기물질의 기화시에 가스가 빠져 나가면서 전

반적인 다공성의 표면이 나타나고 광물질의 용융과 재고형화로 인해 구상이나 판상 구조물이 형성된다고 보고하였다. Koort와 Frentzen²⁵⁾에 의하면 미세균열은 펄스당 100mJ의 역치를 넘는 에너지가 사용되면 나타나며 부작용의 출현과 정도는 예측할 수 없다고 하였다.

이상과 같은 연구 결과는 Er:YAG laser가 비외과적인 치주치료인 치석제거술을 대신할 가능성이 있음을 시사하고 있으며 표면 형태변화와 표면 경도변화를 비교시 비교적 저출력의 에너지 수준에서의 치석제거에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 본 실험에서는 laser 조사각도를 치면에 대해 직각으로 시행하였으나 실제 임상에서는 치면에 대해 경사지게 laser가 조사될 가능성이 많으므로 같은 에너지수준에서도 그 손상은 적어지리라 기대되나 같은 양의 치석을 제거하기 위해서는 보다 더 높은 에너지가 요구될 것으로 기대된다. 그리고 laser의 문제점인 열에 의한 치수손상에 대해서는 다각적인 연구가 되어야 하며 또한 치은연하치석 제거를 위한 임상적용시 laser의 접촉방식과 전도체계의 개발 및 냉각수의 주수장치에 있어서 특별한 고안이 이루어져야 할 것이다. 아울러 laser로 치석제거 후 치은 결합조직의 재부착에 대한 연구가 필요한데 불규칙하고 거친 표면이 세균의 재집락을 위한 서식지가 될지 또는 치주인대의 재부착을 증가시킬지는 확실치 않다. 치근면의 거친 정도와 경도가 어느 정도의 에너지수준에서 재부착에 적합하며 치근우식증을 예방할 수 있는지에 대해 향후 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 치주질환의 원인이 되는 치태와 치석제거시 Er:YAG laser를 조사하여 다양한 출력의 에너지 수준에서 치석제거의 효율성과 표면형태의 변화를 주사전자현미경으로 관찰하고 표면 경도변화를 측정하여 치석제거술에 이 laser의 유용성을 알아보기 위하여 실험하였다. 여러 단계의 에너지 수준에서 비교한 결과는 다음과 같다.

1. Laser 조사에너지가 증가함에 따라 치석 제거의 효율은 증가하였다.
2. 조사량의 크기에 따른 표면형태의 변화는 조사량이 증가함에 따라 표면의 탄화와 분화구양, 커다란 비늘 조각상의 결손 등이 증가하였다.
3. 표면의 미세경도는 대조군에 비하여 60mJ 이상 에너지 조사군에서 높았다.

이상과 같이 Er:YAG laser를 이용하여 치석제거시 효율과 표면 형태변화, 경도를 비교한 결과 적절한 에너지의 사용이 Er:YAG laser의 임상적 적용시 중요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Jones WA, O'Leary TJ. The effectiveness of in vivo root planing in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved tooth. *J Periodontol* 1978;49:337-342.
2. Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry :New possibilities with advancing laser technology. *Int Dent J* 1990;40:323-332.
3. Miserendino LJ, Robert MP. *Lasers in Dentistry*. Quintessence publishing Co, Inc 1995:57-58.
4. Keller U, Hibst R. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med* 1989;9:345-351.
5. Theilade E, Wright WH, Jensen SB, Loe H. Experimental gingivitis in man. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. *J Periodont Res* 1966;1:1-13.
6. Loe H. Experimental gingivitis in man. *J Periodontol* 1965;36:177-187.
7. Schageter L, Rateitschak-Pluss EM, Schwarz JP. Root surface smoothness or roughness following open debridement an in vivo study. *J Clin Periodontol* 1996;23:460-464.
8. Corbet EF, Vaughan AJ, Kieser JB. The periodontally involved root surface. *J Clin Periodontol* 1993;20:402-410.
9. Rabbani GM, Ash MM, Caffesse RG. The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal. *J Periodontol* 1981;52:119-123.
10. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: in vitro study. *J Periodontol* 1992;63:637-641.
11. Maiman TH. Stimulated Optical radiation in ruby. *Nature* 1960;187:493-494.
12. Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. *Nature* 1964;203:417.
13. Stern RH, Sognaes RF. Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res* 1964;43 (spec. Issue):873 (Abstr. 307).
14. Morioka T, Morita E, Suzuki K. Effect on dental deposits and intrinsic stains of irradiation with a Nd:YAG laser (in Japanese). *Jpn J Dent Hlth* 1982;31:39-43.
15. Frentzen M, Koort H, Thiensiri. Excimer lasers in dentistry: Future possibilities with advanced technology. *Quintessence Int* 1992;23:117-133.
16. Adrian JC. Pulpal effects of Nd:YAG laser . *Oral Surg* 1977;44:301-305.
17. Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa. I. In vitro studies on laser scaling

- of subgingival calculus with an Er:YAG laser. *J Periodontol* 1994;65:1097-1106.
18. Ito K, Fukuda M, Minoura S. Effects of Nd:YAG laser radiation on removal of a root surface smear layer after root planing: A scanning electron microscopic study. *J Periodontol* 1993;64:547-552.
 19. Paghidiwala AF. Er:YAG laser hard tissue effects. In Moretti M. *Lasers in Dentistry*. Penn Well Publishing Co. 1991:63-75.
 20. Paghidiwala AF. Root resection of endodontically treated teeth by Er:YAG laser radiation. In *Proceedings of Lasers in Orthopedic, Dental and Veterinary Medicine*. SPIE 1991;1424:150-159.
 21. Tseng p, Liew V. The potential application of a Nd:YAG laser in periodontal treatment. *J Periodontol* 1990;11:20-22.
 22. Ishikawa K, Fukuda M, Minoura S. Preliminary study for the removal of subgingival calculus using Nd:YAG laser. *J Jpn Assoc Periodont* 1993;36:902-909.
 23. Radvar M, Creanor SL, Gilmour WH, Payne AP. An evaluation of the effects of an Nd:YAG laser on subgingival calculus, dentine and cementum :An in vitro study. *J Clin Periodontol* 1995;22:71-77.
 24. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG lasers exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing : an in vitro study. *J Periodontol* 1992;63:637-641.
 25. Koort HJ, Frentzen M. Pulsed lasers in dentistry---sense or nonsense? In *Proceedings of Lasers in Orthopedic, Dental and Veterinary Medicine*. SPIE 1991;1424:87-98.

- Abstract -

Effects of Er:YAG Laser Irradiation on Removal of Subgingival Calculus.

In-Gu Cho, Young-Jun Kim, Hyun-Ju Chung

Dept. of Periodontology, College of Dentistry.
Dental Science Research Institute, Chonnam National University

The purpose of this *in vitro* study was to evaluate the efficiency of Er:YAG laser on calculus removal and the morphologic changes and hardness of the irradiated surface at different power settings.

This experiment used human teeth which were extracted due to periodontal disease and had a band of calculus. Forty root slabs (5×5mm) were made and divided into control group and irradiated groups. Experimental groups were as follows; Control group (root planing), Group1 (irradiated with laser at 30mJ), Group2 (irradiated with laser at 60mJ), Group3 (irradiated with laser at 100mJ). Twelve root slab embedded in resin block were used in each group. Er:YAG laser was applied under water irrigation with the tip held perpendicular to the root surface in contact mode. The treatment time was measured until the calculus was removed completely under naked eyes. The efficiency of calculus removal was evaluated by the time for removal. Morphological changes of laser irradiated site were observed under SEM and the surface hardness was measured using a VH tester.

The results were as follows;

1. The efficiency of laser scaling was increased with increasing the energy level of irradiation($p<0.05$).
2. The morphological changes such as carbonization, crater and scale-like defects in the irradiated root surface were frequently observed with increasing the energy level.
3. The surface hardness tended to increase at 60mJ and 100mJ irradiated groups than that of control group.

From the results evaluating on the efficiency, morphological change and surface hardness, lower energy level was suggested for the clinical application of the Er:YAG laser in scaling.

Explanation of Photographs

- Photo 1. A scanning electron microscopic photograph of calculus untreated and unlased. ($\times 2000$)
- Photo 2. A scanning electron microscopic photograph of root surface after scaling and root planing with Gracey currete. ($\times 5000$)
- Photo 3. A scanning electron microscopic photograph of root surface after laser irradiation at 30mJ/pulse. ($\times 2000$)
- Photo 4. A scanning electron microscopic photograph of root surface after laser irradiation at 60mJ/pulse. ($\times 2000$)
- Photo 5. A scanning electron microscopic photograph of root surface after laser irradiation at 100mJ/pulse. ($\times 2000$)

논문 사진 부도

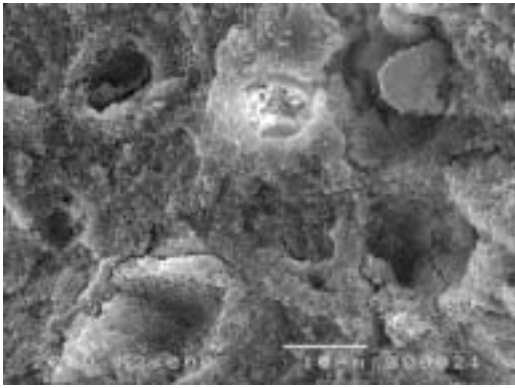


Photo 1

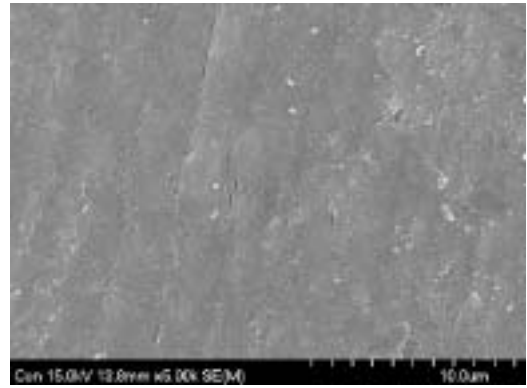


Photo 2.

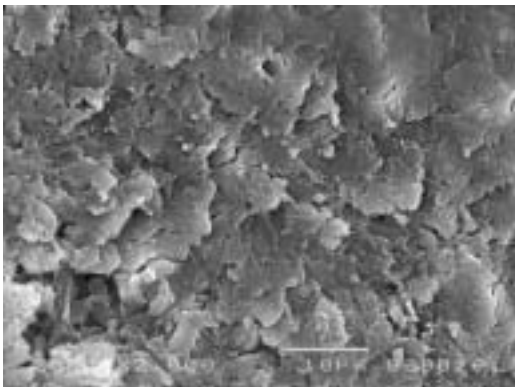


Photo 3.

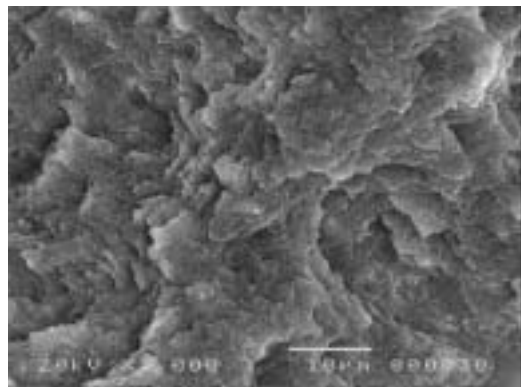


Photo 4.

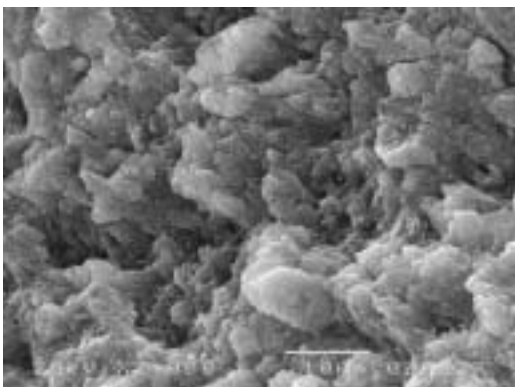


Photo 5.