

Er:YAG laser를 조사한 치근면의 변화에 관한 연구

이상현, 김영준, 정현주

전남대학교 치과대학 치주과학교실, 치의학 연구소

I. 서론

치의학 분야에서의 레이저는 Goldmann 등(1964)이 발치된 치아에 루비 레이저를 조사하여 와동 형성의 가능성을 최초로 보여준 이후 CO₂ laser, Argon laser, Nd:YAG laser, Er:YAG laser가 개발되어 구강내 연조직 및 경조직 처치에 사용하기 위한 많은 연구가 이루어졌다. 치주 영역에서는 치은연하치석 제거¹⁾, 치근 표면의 도말층 제거와 상아세관의 노출^{2,3)}, 치근면에 침착된 치태세균의 제거⁴⁾, 치아우식증의 예방과 치료^{5,6)} 등에 활용할 수 있는가에 관해 연구가 시도되었다.

치근면 처치와 관련하여 Polson과 Caton⁷⁾은 치주 질환에 노출된 치근면의 치근 활택술 만으로는 치근면에 내재하고 있는 내독소를 제거하지 못하며 상아질 표면의 도말층등과 같은 치근면 자체의 병적 변화가 신부착을 방해하는 요인이라고 주장하였으며 Adriaens 등⁸⁾은 치주질환에 이환된 치근면에 침투된 세균을 기계적 치주치료만으로는 제거할 수 없음을 확인하고 화학 요법이나 다른 부가적인 처치가 필요함을 지적하였다. 또한 치주 질환의 진행에 따라 치아지지 조직의 파괴와 치은조직의 퇴축을 수반하게 되고 치주치료 후 치근 노출이 초래되어 치근우식증과 같은 문제가 야기되기 쉬워짐에 따라 치근우식증에 대한 예방적 처치 수단으로 레이저의 활용가능성도 제기되고 있다. 이는 1965년 Stern과 Sognaes⁹⁾가 YAG 레이저를 이용하여 와동을 형성하는 실험을 하던 중 레이저가 조사된 부위에서 내산성이 강화됨을 보고하면서 치아우식증 예방 효과에 관한 연구에 관심이 집중되었는데 주로 법랑질 우식증의 예방과 치료효과를 평가할 목적으로 시행되었을 뿐 치근면 우식증을 대상으로 한 연구는 드문 편이다.

1990년대에는 Nd:YAG laser를 이용한 치근면 조사시 치근면에 미치는 영향에 관한 보고¹⁰⁾를 통해 치주원인균의 감소, 도말층의 제거, 상아세관의 노출 등의 긍정적 효과가 인정되었으나 조직 내로 침투가 어렵고 치근면에 용융 및 주변 부위의 crack이 관찰되며 높은 열발생에 의한 치수변성의 문제가 대두되었다. 또한 Nd:YAG laser를 조사하였을 때 치근면에 탄화 부위가 잔존하여 연조직 재부착을 방해하기 때문에 Nd:YAG laser를 치근면 처치 목적으로 활용하기에는 한계가 있다. 반면 Er:YAG laser는 물의 흡수성이 높고 물분자 기화시의 미세 폭발력에 의해 조직 파괴가 나타나기 때문에 Nd:YAG laser에 비하여 열 발생이 적고 조사면의 crack이나 유기질의 탄소화 없이 치질제거가 가능하다고 보고되어^{11~13)} 치주치료시 Er:YAG laser의 이용에 관심이 모아지고 있다. 또한 레

이저가 치과치료 영역에서 점차 활용 범위를 넓혀 가면서 치근 표면에 레이저가 직접 조사된 경우 발생한 여러 가지 문제점에 대해 연구할 필요성이 강하게 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 Er:YAG laser를 치근면에 조사시 치근면의 미세경도 및 Ca/P ratio에 미치는 영향을 알아보고 형태학적 변화를 관찰하여 치주치료시 치근면처치에 유용하게 사용할 수 있는지 평가하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

치주질환으로 예후 불량하다고 판단되어 발거된 구치 중 치경부를 포함한 치아 우식증이나 충전물이 있고 근관치료를 받은 치아를 제외한 40개의 치아를 실험 대상 치아로 하였으며 레이저 조사는 Er:YAG laser (Erwin, Hoya Co, Japan)를 이용하였다.

2. 연구 방법

1) 시편제작

발거된 치아를 부드러운 칫솔로 문질러 혈액을 씻어낸 후 Gracey curet을 이용하여 치근 표면이 매끈하고 우유빛을 띠며 단단한 느낌이 들 때까지 치근면 활택술을 시행한 후 백악법랑경계부 하방 치근의 치관부 1/3를 선택하여 5×5×2mm³ 크기로 시편을 제작한 후 실험 전까지 생리 식염수에 담가 보관하였다.

2) 실험군의 구분

(1) 치근면 활택술군(대조군)

Gracey curet을 이용하여 치근면이 매끈하고 단단한 느낌이 있을 때까지 최소 20회 이상의 기구 조작으로 치근면 활택술만을 시행하였다.

(2) 레이저 조사군(실험군)

치근면 활택술 후 Er:YAG 레이저를 contact mode로 1분간 레이저를 조사하였다. 이때 특정 부위가 과도하게 중첩되지 않도록 핸드피스를 치면에 수직으로 유지하고 시편의 5 mm 거리를 일정한 이동속도로 좌우, 상하, 대각선 방향으로 이동하였다. 출력 차이에 따른 변화를 관찰하고자 30mJ(실험1군), 60mJ(실험2군), 100mJ(실험3군) 조사군으로 분류하였다.

3) 미세경도의 측정

대조군과 실험군의 시편을 아크릴릭 레진으로 포매한 후 미세 경도기(Microhardness tester, Zwick, German)를 이용하여 하중 1kg, 부하시간 5초로 Vickers 압자로 측정하였다. 위치를 바꾸어 가면서 압흔의 길이를 3회 측정하고 다음의 식에 대입하여 Vickers hardness number (VHN)를 산출하였다.

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

$$F = \text{Applied load(kg)}$$

d = Long diagonal distance of indentation(mm)

4) Ca/P ratio의 측정

피검부위를 에너지 분산 방사선 분석기(Energy Dispersive X-ray spectroscopy, Jeol, Hitachi Co, Japan)를 이용하여 위치를 바꾸어 가며 한 표본당 5부위의 Ca/P ratio를 측정하여 가장 큰 수치와 가장 작은 수치를 제외한 3 부위의 평균치를 기록하였다.

5) 주사전자현미경 관찰을 위한 처리

대조군과 레이저 조사군 모두 치근면을 주사전자현미경(Jeol, Hitachi Co, Japan)으로 관찰하였다. 이들 시편은 0.1M cacodylate 완충액(pH 7.4)으로 조정된 2.5% glutaraldehyde 용액에 2시간 동안 전고정시켰다. 그 후 완충액으로 세정하고 같은 완충액으로 조정된 1% osmium tetroxide 용액에 2시간 동안 침적 고정하였다. 고정 후 완충액으로 세정하고 상승알코올로 30분씩 침적하여 탈수시켜 임계점 건조기를 이용하여 건조후 주사전자현미경 하에서 치근면 변화를 관찰하였다.

6) 통계 처리

각 군별 시편의 미세경도 및 Ca/P ratio는 SAS program 의 ANOVA를 이용하여 그 차이의 유의성을 분석하고, 각 군간의 차이는 Scheffe's test로 통계학적 유의성을 검증하였다.

III. 결 과

1) 미세경도의 변화

레이저 조사에 따른 치근면의 경도를 비교해 본 결과 치근면 활택술만을 시행한 대조군에 비해 레이저를 조사한 군의 미세경도가 높게 나타났다(Table 1). 레이저 조사 출력에 따른 치근면 미세경도의 차이는 Table 1에서와 같이 대조군에 비해 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 레이저 조사군 간에는 30mJ 에너지 레이저 조사군에 비해 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군에서 유의한 차이가 있었으나 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군 간에는 유의한 차이가 없었다.

Table 1. Microhardness of root surface following Er:YAG laser irradiation

Group (n)	energy	VHN(kg/mm ²)	Sheffe's Grouping
Control (4)	0 mJ	24.0±5.00	a
Experimental Group 1 (12)	30 mJ	28.4±5.16	a
Experimental Group 2 (12)	60 mJ	30.2±5.87	b
Experimental Group 3 (12)	100 mJ	33.3±7.24	b

2) Ca/P Ratio 변화

레이저 조사에 따른 치근면의 Ca/P ratio를 측정하여 Table 2와 같은 결과를 얻었다. 레이저를 조사하지 않은 대조군에 비해 레이저를 조사한 군에서 Ca/P ratio가 높게 나타났으며 레이저 조사 출력 차이에 따른 치근면의 Ca/P ratio는 대조군에 비해 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군에서 유의한 차이가 있었으며, 레이저 조사군 간에는 30mJ 에너지 레이저 조사군에 비해 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군에서 유의한 차이가 있었으나 60mJ 에너지 레이저 조사군과 100mJ 에너지 레이저 조사군 간에는 유의한 차이가 없었다(p<0.05).

Table 2. Ca/P ratio of root surface following Er:YAG laser irradiation

group (n)	Ca	P	Ca/P	Sheffe's Grouping
Control (4)	60.8±2.5	39.2±2.6	1.56±0.16	a
Experimental Group 1 (12)	61.3±2.7	37.8±2.9	1.64±0.17	a
Experimental Group 2 (12)	64.9±6.8	36.5±6.4	1.82±0.65	b
Experimental Group 3 (12)	65.8±7.3	36.3±5.4	1.87±0.46	b

3) 주사전자현미경 소견

치근면 활택술만을 시행한 대조군에서는 큐렛에 의한 기구 조작의 흔적과 비늘형 표면 및 도말층이 존재하는 비교적 평탄하지만 불규칙한 무정형의 표면을 관찰할 수 있었다. 대부분 상아세관의 노출은 관찰되지 않았고 국소적으로 침착된 잔사가 관찰되었다(Fig 1). 30mJ 에너지군에서는 도말층이 제거되었고 대조군에 비해 상아세관의 개구가 빈번히 확인되었으며 상아세관의 주위에 함요상을 보이는 부분에는 도말층이 제거된 듯한 모양을 보였다(Fig 2). 치근면의 갈라지는 균열이 조사 부위의 평탄한 표면을 경계지었으며 탄화나 분화구 형태는 관찰되지 않았다. 60mJ 에너지 군에서는 30mJ 에너지 레이저 조사군에 비해 치질의 결손 부위가 증가되었으며 소와나 분화구 형태를 띠며 울퉁불퉁한 형상이 불규칙적으로 관찰되었다. 대부분의 표면은 거칠어져 있었고 커다란 비늘 조각상의 결손이 관찰되기도 하였다(Fig 3). 100mJ 에너지 레이저 조사군에서는 더욱 거칠고 불규칙적인 함요상을 나타내었고 용융상, 함요상, 가시와 같은 결정성의 형태가 많은 범위에서 관찰되었다(Fig 4). 레이저 조사군 간에는 조사된 에너지 양이 커질수록 더욱 거칠고 불규칙적인 함요상을 나타내었고 인편상보다는 분화구상이나 용융상, 가시모양의 표면이 많이 관찰됨을 알 수 있었다(Table 3).

Table 3. Comparison of structural change on root surface following Er:YAG laser irradiation

	Control	30mJ	60mJ	100mJ
Smear layer	+	-	-	-
D.tubule opening	-	+	ND	ND
Crack	-	+	+	+
Crater	-	-	+	++
Carbonization	-	-	-	-
Melting	-	-	+	+++
Crystalization	-	-	+	+++

IV. 총괄 및 고찰

1960년 Maiman이 루비 레이저를 소개한 이후 레이저는 짧은 시간동안 발전하여 치의학 분야에서도 레이저의 이용이 가능하게 되었다. 치과영역에서 사용 가능한 레이저로는 CO₂ laser, argon laser, Nd:YAG laser, Er:YAG laser, 반도체 laser 등이 있는데 이중 Er:YAG laser는 파장이 2.94 μ m이고 이것은 물의 흡수 파장의 peak¹⁵⁾와 유사하여 물 흡수 능력이 높다. Paghdiwala¹⁶⁾에 의하면 Er:YAG laser의 물 흡수 능력이 CO₂ laser의

10배, Nd:YAG laser의 20000배로 보고하였다. 이처럼 물에 대한 흡수율이 매우 높기 때문에 경조직에 조사된 레이저는 경조직 내 물분자에 주로 흡수되어 물분자를 기화시켜 조직의 내압이 증가하여 미세 폭발이 일어나 이로 인하여 경조직이 물리적으로 파괴되어 증산이 일어난다고 알려졌다. Nelson 등¹⁷⁾은 Er:YAG laser를 이용하여 동물에서 골절제 실험을 실행하고 그 레이저의 증산 기전에 대하여 조사 에너지가 골에 흡수되면 골 내의 수분이 기화점에 도달하고 내부의 증기압이 증가하여 미세폭발을 일으켜 증산효과에 의해 골이 제거된다고 추정하였다. 즉 레이저 광을 조사할 때 조직과의 사이에 광열효과(photo thermal effect), 광분열(photo disruption), 광증산(photo ablation), 생자극(biostimulation)의 상호작용이 일어나는데 Er:YAG laser는 이들 작용 중에서 광증산과 광열효과가 작용이 있다¹⁸⁻²⁰⁾. Er:YAG laser의 조사시 치질의 온도 상승에 관한 연구에서는 Burkes, Hibst 등^{21,22)}이 치수강 내의 온도 변화를 측정하였을 때 최대 3.4℃의 온도 상승을 보였다고 보고하였다. 또한 Aoki 등²³⁾에 의하면 Er:YAG laser 조사후 열 손상에 관한 연구에서 치근면의 평균 온도는 2.4℃ 증가하고 치수 온도는 0.8℃ 증가한다고 보고하였고 Nuss 등²⁴⁾은 치근면의 손상 범위는 5-10 μ m에 불과함을 보고하면서 이는 CO₂ laser나 Nd:YAG laser의 90-300 μ m에 비해 미미함을 강조하였다. 즉, 물에 흡수가 잘 되기 때문에 주위에 존재하는 물과 주수기에 의하여 제공되는 물이 레이저 에너지를 흡수하여 조사에 의한 주위로의 광열효과가 억제되었기 때문으로 사료된다. 따라서 치수의 조직변화에 대해서는 동물 실험에서 치주조직에 해를 주지 않으면서 치질을 증산시키는 것이 가능하며 임상적으로 사용해도 문제가 없을 것으로 추정된다.

본 연구에서 실험 시편 제작시 주로 치아의 치근 치경부 1/3부위를 이용하였는데 이는 치아의 수분 함량이 치아의 종류, 치관측, 치경부측 등 부위에 따라 다르기 때문에 그 차이를 가능한 줄이기 위한 것이었다. Radvar 등²⁵⁾의 연구에서도 치아에 따라 레이저에 대한 감수성 정도가 다를 것을 지적하였는데 치아 표본의 색깔이나 조성, 물의 함량 비율, 그리고 고유한 요소들에 따라 에너지 흡수 정도가 영향을 받기 때문이라고 언급한 바 있다.

조사 에너지양에 대해서는 Hibst 와 Keller^{11,12)} 가 보고하였듯이 그 조사에너지가 증가함과 동시에 증산 효과도 증가한다고 하였다. 따라서 임상 응용시에 피조사 치아에 대하여 적절한 에너지량을 선택할 필요가 있다. Aoki 등²³⁾의 vitro 연구에 의하면 10mJ/pulse에서 120mJ/pulse까지의 에너지양을 선택하여 1분에서 3분 동안 Er:YAG laser를 치근면에 조사한 결과 30mJ 에너지 수준이 초음파 치석제거기 사용 효과보다 다소 낮거나 비슷함을 언급하였고 모든 에너지 수준에서 열손상이 적으면서 치근면의 치석제거에 활용 가능성을 제시하였다. 또한 Israel 등²⁶⁾의 연구에서도 20~60mJ 에너지 조사시 치근면의 산부식 후의 효과와 비슷함을 보고하여 본 연구에서와 같은 레이저 조사 에너지를 선택하게 되었다.

본 연구에서 레이저 조사에 따른 치근면의 미세 정도의 차이를 비교한 결과 치근면 활택술만을 시행한 대조군에 비해 레이저를 조사한 실험군에서 치근면의 미세 정도가 더 높게 나타나 치주치료후 노출된 치근면에 Er:YAG laser를 조사함으로써 치근 표면의 미세 정도를 증가시킬 수 있음을 나타냈다. 이 결과는 Er:YAG laser 조사가 치근면에 부착된 세균과 교원섬유 잔사 같은 유기질을 기화시키면서 석회화 구조에 분화구상의 변형과 재고형화를 초래하게 되어 단백질에 대한 광물질의 비율이 높아짐²⁷⁾에 기인한 것으로 보인다.

레이저 조사에 따른 치근면의 Ca/P ratio의 변화를 비교한 결과 레이저를 조사하지 않

은 대조군에 비해 레이저를 조사한 실험군에서 Ca/P ratio가 높게 나타남에 따라 항우식 효과 및 내산성 증가의 가능성을 확인할 수 있었다. 레이저 조사 에너지량에 따른 치질 내산성의 변화는 치아 경조직 내 Ca이나 P 등 무기물의 용출량을 측정하였으며, Goldman과 Kaufman²⁸⁾, Boehm 등²⁹⁾, 민과 손³⁰⁾은 불화물 도포 후 레이저 조사시 조사에너지 증가에 따라 무기질의 용출량이 적어 내산성이 우수하였다고 보고하였다.

Er:YAG laser 조사 후의 형태 변화에 대해서는 Aoki 등²³⁾은 분화구상, 가시모양, 비늘 모양이라고 표현하였는데 모두 Nd:YAG laser 조사에 의한 용해, 재응고, 탄화된 상과는 다르다고 보고하고 있다. 본 연구에서도 치근면 변화를 주사전자현미경으로 관찰하였는데 증산된 부분의 상아질에서는 상아세관의 개구가 관찰되었다. 일반적으로 상아질에 포함된 수분이 약 15% 정도인데 상아세관의 개구 정도가 다른 것은 Er:YAG laser가 미량의 수분 변화에도 반응하기 때문으로 생각되며, 즉 상아질은 수분을 많이 함유하고 있기 때문에 강한 에너지로 조사된 군들은 함요상을 보이고 약한 에너지로 조사된 군들은 도말층만 영향을 받았기 때문으로 추정된다.

주사전자현미경 소견에서 용암상, 분화구상, 가시 모양 등의 형태 변화가 관찰되었는데, 이는 상아질 내 수분함량의 점차적인 감소와 레이저에 부착된 물주수기에 의하여 영향을 받은 것으로 추정된다. 즉, 평활한 표면에 조사된 최초의 레이저 광선들은 상아질 내에 수분이 존재하기 때문에 광증산 작용이 주로 일어나 미세폭발을 일으켜 상아질을 증산시키고 치질의 HA구조를 파괴한다. 그러나 그 후 조사되는 치근면은 수분의 함량이 감소되어있고 표면형태의 변화가 생겨 광열 효과의 작용이 강하게 되고 그 에너지에 따라서 변화된 가시모양 등의 변화가 일어나는 것으로 추측할 수 있을 것이다. 한편 레이저 이용시 치근면에 수직으로 상하 좌우 대각선 방향으로 겹치게 지나가도록 하였는데 치근면 변화와 관련하여 레이저 끝의 직경 및 움직이는 속도의 일관성과 관련하여 보다 정확한 실험이 필요하리라 생각된다. 또한 레이저를 수직으로 조사하였을 때 60mJ 이상 에너지에서 분화구상의 결손을 발견할 수 있었는데 임상에서 사용시 사선 방향으로 조사하여야 함을 고려한다면 치근면 변화는 수직으로 조사한 경우보다 적게 나타날 것으로 추측할 수 있으며 적절한 에너지 양에 대한 연구는 임상 적용에 앞서 보다 섬세하게 연구되어야 할 것으로 사료된다. 아울러 Aoki 등²³⁾의 물 주수 여부에 따른 열 손상에 관한 연구에서 물 주수하에 조사한 경우 뚜렷하게 열 손상이 줄어들음을 알 수 있었고 따라서 치주낭 내 적용시 적절한 물 분사 방식에 대한 검토도 충분히 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 치주질환에 이환된 치근면에 Er:YAG laser를 조사한 후 생기는 미세 정도, Ca/P ratio, 치근면의 형태학적 변화를 평가한 결과 레이저 조사가 도말층을 제거할 수 있으며, 30mJ 수준의 에너지양을 선택하여 사용한 경우 과도한 치근면 변화를 줄이면서 재부착에 유용한 치근면의 형태를 얻을 수 있었고 60mJ 이상의 에너지조사시 치근면의 미세정도 및 Ca/P ratio를 증가시켜 노출된 치근면의 내산성 증가에도 기여할 수 있을 것으로 보인다. 향후 치주치료의 임상적 사용에 앞서 레이저 조사 후의 표면 양상이 세균 및 치유에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구도 필요하다.

V. 결 론

치근면 상아질에 대한 Er:YAG laser의 영향을 평가하기 위한 일련의 실험을 위하여 치주질환에 이환되어 발거한 치아를 치근면 활택술을 시행한 후 4개의 군으로 나누어 1개의 군은 레이저를 조사하지 않은 대조군으로 하고 나머지 3개의 군은 각각 30mJ, 60mJ, 100mJ로 치근의 치경부 1/3 부위 상아질에 Er:YAG laser를 조사후 치근 상아질의 표면 미세경도와 Ca/P ratio를 측정하고 주사전자현미경 소견을 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 레이저를 조사한 군의 표면 미세 경도는 대조군에 비해 높게 나타났고 레이저 조사에너지 출력이 커질수록 표면 미세경도가 높게 나타났다.
2. 레이저 조사에 다른 Ca/P ratio는 에너지 출력이 커질수록 높게 나타났으며 대조군과 30mJ군에 비해 60mJ군과 100mJ군에서 유의성 있게 높았다.
3. 주사전자현미경 관찰시 치근면 활택술만을 시행한 군에서는 큐렛조작에 의한 방향성이 보이고 도말층이 관찰 되었으며 상아세관의 노출은 없었다. 레이저를 조사한 군에서는 상아질의 증산과 미세 폭발에 의한 거친면과 함요를 가진 다양한 표면구조가 관찰되었고 도말층의 제거로 인해 상아세관이 노출되었다.

이상과 같이 치주질환에 이환된 치근면에서 Er:YAG laser 조사가 도말층을 제거할 수 있었으며, 30mJ 수준의 에너지양을 선택하여 사용한 경우 과도한 치근면 변화를 줄이면서 재부착에 유용한 치근면의 형태를 얻을 수 있고, 60mJ 이상의 에너지조사시 치근면의 미세경도 및 Ca/P ratio를 증가시킴으로써 노출된 치근면의 내산성 증가에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 조종희, 김병옥, 한경윤. Nd:YAG laser 조사가 치근면 상아세관의 노출에 미치는 효과에 관한 주사전자현미경적 연구. 대한치주과학회지 1993;23:564-576.
2. Ito K, Nishikata J, Murai S. Effects of Nd:YAG laser irradiation on removal of a root surface smear layer after root planing : A scanning electron microscopic study. *J Periodontol* 1993;64:547-552.
3. Morlock BJ, Pippin BJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing : an *in vitro* study. *J Periodontol* 1992;63:637-641.
4. Cobb CM, McCawley TK, Killoy WJ. A preliminary study on the effects of the Nd:YAG laser on root surfaces and subgingival microflora *in vivo*. *J Periodontol* 1992;63:701-707.
5. Nelson DGA, Wefel JS, Jongebloed WL, Featherstone JDB. Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low energy infrared laser irradiation. *Caries Res* 1987;21:411-426
6. Oho T, Morioka T. Argon laser irradiation increases the acid resistance of human

- enamel. *J Dent Health* 1987;37:283-289.
7. Polson AM, Caton J. Factors influencing periodontal repair and regeneration. *J Periodontol* 1982;53:617-625.
 8. Adriaens PA, Edwards CA, DeBoever JA, Loesche WJ. Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. *J Periodontol* 1983;59:493-503.
 9. Stern TH, Sognnaes RF. Laser effect on dental hard tissue. *Calif Dent Assoc* 1965;33:17-19.
 10. Wilder-Smith P, Arrastria AM, Schell MJ, Liaw LH, Grill G, Berns Mw. Effect of Nd:YAG laser irradiation and root planing on the root surface: structural and thermal effects. *J Periodontol* 1995;66:1032-1039.
 11. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard tissue: I. Measurement of the ablation rate. *Laser Surg Med* 1989;9:338-344.
 12. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard tissue: II. Light Microscopic and SEM investigation. *Laser Surg Med* 1989;9:345-351.
 13. Keller U, Hibst R. Laser surgery, advanced characterization: Therapeutics and systems II: Ultrastructural changes of enamel and dentin following Er:YAG laser radiation on teeth. *Proc SPIE* 1200, 408-415, 1990.
 14. Goldman L, Blanney DJ. The biomedical aspects of laser. *J Am Med Assoc* 1964;18:302.
 15. Zolotarev VM, Mikhailov BA, Alperovich LI, Popov SI. Dispersion and absorption of liquid water in the infrared and radio regions of the spectrum. *Opt Spectrosc* 1969;27:430-432.
 16. Paghdwala AF. Does the laser work on hard dental tissue? *J Am Dent Assoc* 1991;12:79-80.
 17. Nelson JS, Yow L, Liaw LH, Berns MW. Mid-infrared Erbium:YAG laser ablation on bone : The effect of laser osteotomy on bone healing. *Laser Surg Med* 1989;9:362-374.
 18. Kayano T, Ochi S, Kiyono K, Yamamoto H, Nakajima S, Mochizuki T. Effect of Er:YAG laser irradiation on human extracted teeth. *J Clin Laser Med Surg* 1991;9:147-150.
 19. Li ZZ, Code JE, Van De Merwe WP. Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth : Determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. *Lasers Surg Med* 1992;12:625-630.
 20. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh Jr JT. The effect of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc* 1993;124:65-70.
 21. Burkes EJ, Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *J Prosthet Dent* 1992;67:847-851.
 22. Hibst R. Mechanical effects of Er:YAG laser bone ablation. *Lasers Surg Med* 1992;12:125-130.

23. Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. Invitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an Erbium:YAG laser. *J Periodontol* 1994;65:1097-1106.
24. Nuss RC, Fabian RL, Sarkar R and Puliafito CA. Infrared laser bone ablation. *Lasers Surg Med* 1988;8:381-391.
25. Radvar M, Creanor SL, Gilmour WH, and 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.
26. Israel M, Cobb CM, Rossman JA, Spencer P. The effect of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surface. *J Clin Periodontol* 1997;24:595-602.
27. Lin PP, Ladner JR, Mitchell JC, Little LA, Horton JE. The effect of a pulsed Nd:YAG laser on periodontally diseased root surfaces : A SEM study. *J Dent Res* 1992;71(Spec, Issue):299.
28. Goldman BD, Kaufman JW. Effects of and argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of teeth enamel in presence of sodium fluoride. *J Dent Res* 1977;56:120-127.
29. Boehm R, Baechler T, Webster J, Janke S. Laser processes in preventive dentistry. *Opt Eng* 1977;16:493-496.
30. 민신흥, 손동수 Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet(Nd:YAG) 레이저 조사가 불화석 국소도포에 미치는 효과에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지 1986;13:109-117.

-Abstract-

A study on the change of root surface irradiated by Er:YAG laser

Sang-Hyun Lee, Young-Jun Kim, Hyun-Ju Chung

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

This study was performed to evaluate the usability of Er:YAG laser for periodontal therapy.

Forty dental root slabs ($5 \times 5 \times 2 \text{mm}^3$) were prepared from human periodontally diseased extracted teeth and grouped into 4 groups: 1) control (root planing only), 2) root planing and irradiated with laser at 30mJ, 3) root planing and irradiated with laser at 60mJ, and 4) root planing and irradiated with laser at 100mJ. The root slabs were embedded in resin block before laser treatment. Er:YAG laser was irradiated under water irrigation with the tip held perpendicular to the root surface in contact mode. After Er:YAG laser irradiation or planing on the root surface, morphological changes have been observed under SEM, and the micro-hardness and Ca/P ratio were compared.

1. In the Control group, the root surface showed the directional change caused by root planing instrumentation, and the presence of smear layer, and no exposure of dentinal tubule was observed. Laser irradiated group showed surface changes with rough dentin surface of niche and depression and dentinal tubule exposure by the elimination of smear layer.
2. The micro-hardness of root surface in the laser irradiated group was higher than the control group. The higher energy output was applied, the higher micro-hardness on root surface was resulted.
3. The higher energy output was applied, the higher Ca/P ratio was observed. The higher Ca/P ratio in 60mJ group and 100mJ group was statistically significantly compared to the control group and the 30mJ group.

These results suggest that Er:YAG laser irradiation on the periodontally diseased root surface could remove smear layer and increase the micro-hardness on root surface and Ca/P ratio which contribute to enhance the acid resistance of periodontally treated root surface.

Legend of Photographs

- Fig1. Photograph of root surface after root planing with curette ($\times 2000$). Root surface showed directional change caused by root planing instrumentation, and the presence of smear layer, and no exposure of dentinal tubule was observed.
- Fig2. Photograph of root surface after laser irradiation of 30mJ ($\times 5000$). Dentinal tubules were observed in exposed dentin surface. Crater formation and resolidification were not observed.
- Fig3. Photograph of root surface after laser irradiation of 60mJ ($\times 2000$). Surface pitting, crater formation and resolidification features resulting from melting down of root surface were observed.
- Fig4. Photograph of root surface after laser irradiation of 100mJ ($\times 2000$). Larger crater formation and resolidification were observed. Many scattered globules of resolidified root surface were observed in porous crater surface in extensive area.

논문 사진부도

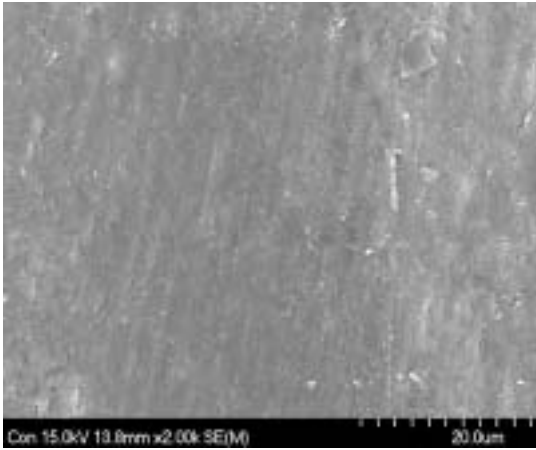


Fig 1

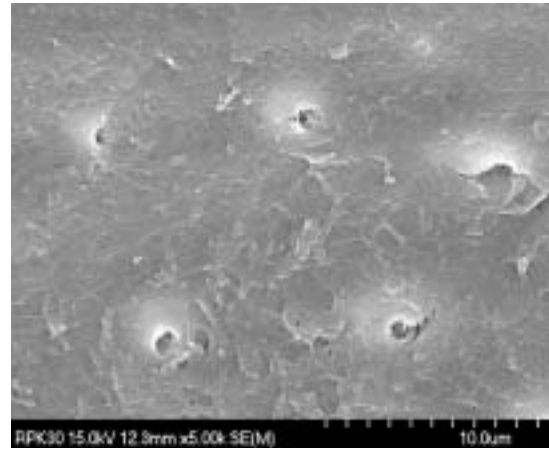


Fig 2

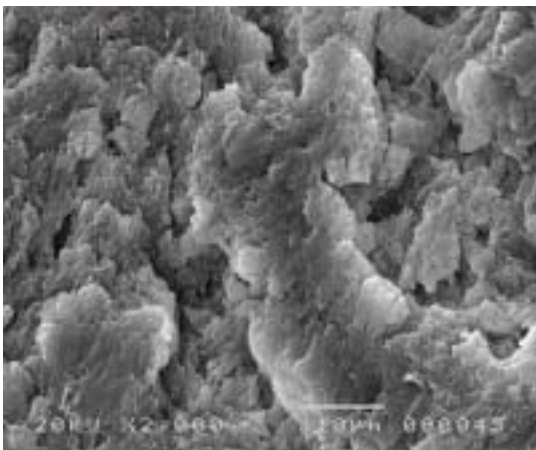


Fig 3

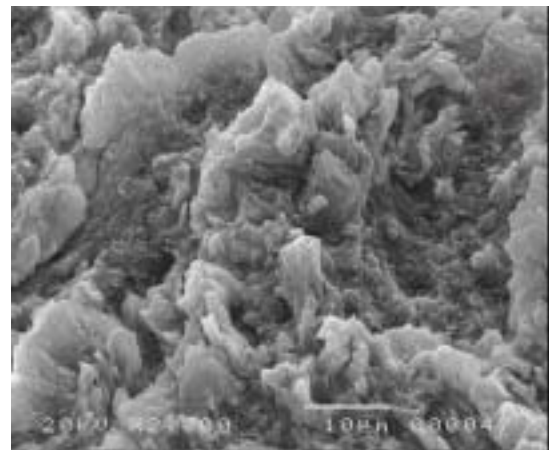


Fig 4