

Nd : YAG laser 조사가 치근면 상아세관의 노출에 미치는 효과에 관한 주사전자현미경적 연구

조선대학교 치과대학 치주과학교실
조종희 · 김병옥 · 한경윤

I. 서 론

결합조직의 새로운 부착을 기대하는 상실된 치주조직의 재생은 치주치료의 목표중의 하나인 바, 상실된 치주조직의 재생을 도모하기 위하여 치석제거술과 치근면활택술에 부가하여 풀이식재의 사용^{12,61)}, 치근면의 화학제 처리⁴²⁾, 산 처리후 판막의 상방이동¹⁶⁾ 및 차단막을 이용하는 조직 유도 재생술^{20,41)} 등 여러가지 치료법이 개발되어 왔다.

치근이 치주낭에 노출되면 신부착에 중요한 영향을 미치는 치근면의 병적변화가 초래되는데, Selvig 등⁴⁵⁾은 치주낭에 노출된 백악질의 경우 Ca, P, F의 함량이 높아져 과석회화 양상을 보이게 된다고 하였고, Daly 등¹⁷⁾과 Zander 등⁶³⁾은 백악상아경계부에서 세균의 존재를 발견하였으며, Aleo 등^{7,8)}은 치주낭에 노출된 백악질에서 내독소 성분을 검출하였다. 그리고 Polson 등³⁸⁾은 결합조직의 재부착을 방해하는 주요인을 치아외적인 원인보다는 치근면 자체의 병적 변화라고 주장하였고, Ruban⁴³⁾은 이러한 병적 변화는 섬유아세포의 부착을 방해하여 결합조직의 재생 및 부착이라는 목표를 달성할 수 없게 되므로 치근표면상태를 변화시켜 주는 것이 필요하다고 하였다.

치주질환에 이환된 치근면에 대한 통상적인 치료술식인 치석제거술과 치근면 활택술만 시행한 경우 치근의 과석회화 부분과 치태 및 치태 부산물을 제거할 수는 있으나, 치근면에 대한 결합조직의 부착을 방해하는 내독소를 완전히 제거할 수 없다는 것과^{27,34)}, 활택된 치근면의 상아질을 덮는 무정형의 smear layer가 형

성되어 결합조직의 신부착을 방해하는 것이 문제점으로 지적되었다⁴²⁾.

치주조직의 신부착을 증진시키기 위하여 치근면 활택술을 시행한 후 치근표면을 탈회시킨 결과 smear layer의 제거와 교원질의 노출을 부가적으로 얻을 수 있고, 치근면에 대한 결합조직세포의 부착 증진을 얻을 수 있음⁵⁷⁾이 관찰되었는데, 치근면 처리에 이용되는 화학제로는 bile salts⁵⁷⁾, detergents(sarcosine)¹¹⁾, citric acid^{13,17,25,29,39,47,50,58)}, Tetracycline HCl^{18,25,53,56)} 등이 있다.

최근에 치학 영역에서 laser이용에 대한 관심이 증가하면서 다양한 연구들이 진행되고 있는데, LASER(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)란 유도 방출에 의해 증폭된 빛으로서 일반적인 빛에 비하여 강한 에너지 집중성과 고밀도(coherence), 단색성(Monochromaticity), 지향성(Directionality), 및 고휘도성(Brightness) 등의 특징을 갖고 있고^{4,5)}, 파장은 10nm로 부터 1mm까지의 광영역으로서 자외선, 가시광선, 적외선 영역에 걸쳐 있으며, 그 출력은 수mW에서 수W에 까지 다양하다²⁷⁾.

Maiman(1960)³⁰⁾이 적색광을 내는 루비 laser의 발진에 성공함으로써 인류 역사상 최초로 새로운 빛의 출현을 보게 된 이래로 laser는 고체(Ruby, Nd:YAG, Nd:Glass, Er:YAG), 기체(He-Ne, CO₂, Ar), 액체(Dye) 및 반도체(GaAs, GaAlAs) 등의 매질에 따라 다양한 파장과 출력으로 개발되었으며, 통신, 제축, 항공 및 우주산업 등 여러분야에서 널리 이용되고 있고 특히, 의학분야에서도 이에 대한 연구를

거듭하여 재래식 치료 방법으로 불가능했던 질병에 대한 치료가 가능하게 되었다^{3,4,5}).

치의학에서 laser의 응용은 Goldman등(1964)²³이 처음으로 발견된 치아에 루비 laser를 조사하여 건강한 치면보다 우식 치면이 laser 광의 흡수가 높아 우식병소를 제거할 수 있다는 가능성을 보고한 이후, 저출력 laser(수 mW)인 He-Ne laser나 Ga-Al-As 반도체 laser등은 상아질 지각과민증이나 치수의 동통완화, 치주수술 후 창상축진 등에 이용되고 있으며^{27,60}, 고출력 laser(수W-수십W)인 CO₂ laser와 Nd:YAG(neodymium:yttrium, aluminum, and garnet) laser는 주로 광열작용을 이용하여 치아우식 예방, 치수절단술, 소대절제술, 생검조직 절취, 치은절제술, 치은성형술, 및 이식공여 부위의 응고 등에 응용되고 있는데^{2,6,19,27,32,46,52,59}, 최근에 laser의 멸균, 기화, 박리, 절제와 같은 작용기전을 이용하여 치근면상의 치태와 치석, 흡수된 내독소 및 오염물을 제거하거나 변화시키는데 효과적으로 이용될 수 있음이 제시되면서, Nd:YAG laser를 치석제거술, 치은소파술, 치근 지각과민 치료 등에 활용되고 있는데, Nd:YAG laser의 조사효과에 관하여 Tseng등⁵⁵은 치석을 제거하는데 요구되는 기구조작 횟수를 현저히 감소시킬수 있음을 보고하였고, Morlock등³³은 백악질의 제거와 하부상아질과 상아세관의 노출을 관찰하였으며, Cobb등¹⁵은 생체실험에서 치주염과 관계있는 치은연하 세균이 현저히 감소됨을 보고하였다.

이에 치주조직의 신부착과 밀접한 관계가 있는 smear layer의 제거와 상아세관의 노출을 위한 치근면치치를 목적으로 Nd:YAG laser를 활용할 수 있는가를 평가하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

조선대학교 부속치과병원 치주과에 내원한 치주질환 환자들로 부터 과도한 치주조직 파괴로 인하여 발견된 단근치 30개를 실험재료로 이용하였는데, 치경부를 포함한 치아우식증이

나 충전물이 있거나 근관치료를 받은 경우 그리고 최근 1년 이내에 치주치료를 받은 경험이 있는 경우 등 본 연구 결과에 영향을 미칠 수 있다고 판단되는 경우는 제외하였다.

2. 실험 방법

1) 시편제작

치주낭에 노출된 치근면만을 시편으로 얻기 위하여 치은연에 해당하는 치근부위와 치조정에 해당하는 치근부위에 notch를 형성한 후 발거하였으며, 발거된 치아는 실험전까지 생리 식염수에 보관하였고, 3일 간격으로 생리 식염수를 교환하였는데, 모든 치아에 치석제거술과 치근면 활택술을 시행한 후 carborundum cutting disk를 이용하여 notch를 따라 치관부위와 근단부위를 절단하고 치근시편(6×5×3mm)을 얻었다(Fig. 1).

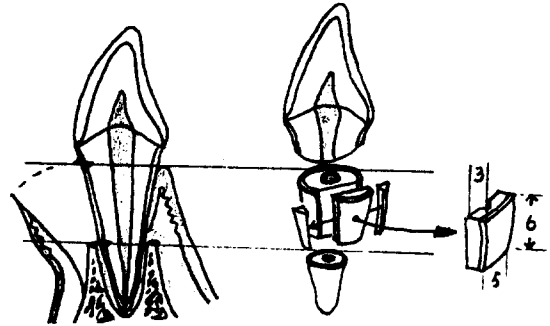


Fig. 1. Specimen preparation

2) 치근면 처리

제작된 시편을 무작위로 5개씩 선택하여 치근면 처리방법에 따라 치근면 활택술만 시행한 군 Tetracycline HCl 처치군, Laser 조사군 (3.0W, 3.5W, 4.0W, 4.5W)으로 분류하였다.

1) 치근면 활택술군 (5개 시편)

Gracey curet을 이용하여 치근면이 활택하고 단단한 느낌이 있을 때 까지 치근면 활택술만을 시행한 군

2) Tetracycline HCl 처치군 (5개 시편)

치근면 활택술 후 Tetracycline-HCl(100mg/ml)으로 5분간 처치한 군

3) Laser 조사군(4군 × 5개 시편)

치근면 활택술 후 laser가 잘 흡수되도록 시편에 iodine 용액을 도포하고, 최대출력이 25W이며 냉각장치가 내장된 Nd:YAG laser(Laser-35™, U.S.A)의 optical fiber(직경 600 μ m)를 접촉시켜 pulsed delivery(0.8msec)로 5초간 조사하였으며, 출력차이에 따른 변화를 관찰하고자 3.0W, 3.5W, 4.0W, 4.5W 조사군으로 구분하였다.

3) 주사전자현미경적 관찰

주사전자현미경적 관찰을 위해 2% glutaraldehyde(0.1 M cacodylate 완충액, pH 7.4)를 사용하여 4°C에서 2시간 동안 1차 고정하였고, 1% osmium tetroxide(0.1M cacodylate 완충액, pH 7.4)를 사용하여 다시 4°C에서 2시간 동안 2차 고정한 다음 에틸 알콜에 의한 일련의 탈수과정을 거쳐 임계적온도로 건조시킨 후 ion sputting coater를 이용하여 gold palladium을 피복시키고 주사전자현미경(JEOL, JSM-840A JAPAN)하에서 2,000배로 부터 6,000배까지 확대된 치근면을 관찰하였다.

4) 통계처리

각 시편당 2 부위를 6000배율로 촬영한 주사전자현미경 사진상을 단위면적(192 μ m²) 으로 하여 직경 0.9 μ m이상 노출된 상아세관의 수와 노출면적비율을 구한 후 Microstat program을 이용하여 paired Student t-test로 각 군간의 차이에 대한 통계학적 유의성을 P값 0.05수준

에서 검증하였다.

III. 실험 성적

1. 치근면 활택술만 시행한 군(Fig. 2, 3)

노출된 상아세관은 관찰되지 않았으며, 치주용 curet에 의한 기구조작 흔적 smear layer 및 scale like texture가 관찰되었다.

2. Tetracycline-HCl로 처리한 군(Fig. 4, 5)

상아질 표면에서 길게 벌어진 형태로 노출된 상아세관이 관찰되었는데, 단위면적(192 μ m²) 당 노출된 상아세관의 수는 3.80 \pm 0.79개로 Table 1. 에서와 같이 3.5W이상의 laser 조사군에 비하여 현저히 적었고(P<0.001), 노출면적비율은 0.68 0.19%로 Table 2와 같이 모든 laser조사군에 비해 유의성 있게 낮았다(P<0.001).

3. Laser 조사군 (Fig. 6-13)

치근면상의 smear layer의 제거와 원형과 타원형의 상아세관이 직경 0.5-1.5 μ m의 다양한 크기로 관찰되었으며, laser 조사시 에너지 동요가 있었거나 중첩조사된 부위에서는 용융과 재고형화현상이 관찰되었다.

단위면적(192 μ m²)당 노출된 상아세관의 수는 Table 1 과 같이 각 군간에 유의성 있는 차이를 보였으며, 4.5W laser 조사군에서 10.60 \pm 0.97개로 가장 많았고 (P<0.001), 노출면적비율 또한 Table 2 와 같이 각 군간에 유의성 있는

Table 1. Statistical analysis of the number(Mean \pm S.D.) of exposed dentinal tubules per unit area (192 μ m², \times 6,000)

	T. C. group (3.80 \pm 0.79)	laser irradiated groups			
		3.0W (4.60 \pm 1.43)	3.5W (6.80 \pm 0.92)	4.0W (8.70 \pm 1.25)	4.5W (10.60 \pm .97)
T.C					
3.0W	P>0.05				
3.5W	P<0.001	P<0.001			
4.0W	P<0.001	P<0.001	P<0.001		
4.5W	P<P.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	

Table 2. Statistical analysis of percentage(Mean±S.D.) of area occupied by dentinal tubule orifices per unit area (192 μ m², ×6,000)

	T. C. group (0.68±0.19)	laser irradiated groups			
		3.0W (1.58±0.75)	3.5W (2.49±0.87)	4.0W (3.53±0.79)	4.5W (3.750±0.55)
T.C					
3.0W	P<0.001				
3.5W	P<0.001	P<0.05			
4.0W	P<0.001	P<0.001	P<0.01		
4.5W	P<P.001	P<0.001	P<0.001	P>0.05	

차이를 보이며 4.5W laser 조사군에서 3.75±0.55%로 가장 높았으나(P<0.001), 4.0W laser 조사군과의 차이는 유의성이 없었다(P>0.05).

IV. 총괄 및 고안

치주치료의 목적은 질환의 원인을 제거하여 병의 진행을 중지시키고 파괴된 조직을 회복하며, 나아가서는 질환의 재발을 예방하는데 있는 바, 이 중 파괴된 조직의 회복을 위해서는 치근면에서 결합조직 세포인 섬유아세포가 치근에 부착, 증식하고 교원질을 생산하여 조직 재생이 이루어져야 한다.

치주조직의 재생을 위한 치료술식은 이환된 치아주위의 육아조직이나 염증조직을 제거하고 치근면 활택술을 시행하는 것이 가장 기본적인 술식이며, 치주조직의 신부착을 증진시키기 위하여 치근면 활택술을 시행한 후 치근표면을 탈회시키면 결합조직의 부착이 증진된다는 것에 대한 많은 연구가 있었는데, 노출된 치근면에 구연산^{25, 29, 39, 47, 50, 58)}이나 Tetracycline HCl^{18, 25, 53, 56)} 국소적으로 도포하여 치근표면을 변화시키는 방법이 주로 이용되고 있다.

구연산이나 Tetracycline HCl등의 화학제를 이용하여 치근면 처치를 하였을때의 문제점 또한 많은 연구에서 지적되었는데, Garrett 등²²⁾과 Hanes 등²⁵⁾은 치주질환에 이환된 치근면에 대한 부적절한 탈회효과를 관찰하였으며, Melcher³¹⁾, Nyman 등³⁶⁾, 그리고 Gottlow 등²⁴⁾은 치주 재생에 바람직하지 않은 세포집단의 이주를 보

고하였고, Parodi 등³⁷⁾은 치조골 재생과 신부착에 크게 도움이 되지 않는다고 하였고, Stahl 등⁵¹⁾은 백악질 재생의 촉진효과를 관찰할 수 없었다고 하였으며, Aukhil 등⁵²⁾은 비가역적인 치근 흡수와 유착의 예를 보고하였고, Ryan 등⁴⁴⁾은 확장된 상아세관을 통한 치수에 대한 역작용과 세균침투에 대해 보고하였다.

Bjorvatn¹⁰⁾은 tetracycline HCl용액이 법랑질과 상아질면을 탈회시키는 효과가 있으며, 항균효과를 유지하면서 치질에 결합되었다가 점차 배출되는 특성과 함께 골 흡수 억제 및 교원섬유분해효소억제작용 등의 잇점이 있다고 보고하였고, Wikesjo 등⁵⁶⁾은 50mg/ml and 100mg/ml의 tetracycline을 사용하여 표면의 smear layer를 제거하고 치근의 상아질면을 부분적으로 탈회시켜 상아세관을 부분적으로 노출시킬 수 있으며 tetracyclines에 의한 탈회정도는 구연산을 이용한 탈회정도와 비슷하였다고 보고하였으며, 정 등¹⁾도 구연산과 유사한 탈회효과를 나타내었다고 보고하였으나, Terranova⁵³⁾는 bovine teeth를 이용하여 tetracycline과 구연산으로 처리한 후 섬유아세포가 부착되는 정도를 관찰한 실험에서 tetracycline이 구연산보다 더 좋은 효과가 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 100mg/ml 농도의 Tetracycline HCl을 치근면에 5분간 처리하여 치근면 탈회효과를 비교 관찰하였다.

laser의 생체에 대한 자극작용은 비열효과와 열효과로 나뉘는데, He-Ne laser나 반도체 laser의 근간이 되는 비열효과는 압력효과, 광

작용 및 전자계의 영향으로 부터 나타나며, CO₂ laser와 Nd:YAG laser의 작용 근간은 열 효과인데^{27,60}, 그 중 Nd:YAG laser는 continuous 또는 pulsed delivery(1,064nm의 파장)가 가능하고, 수분에 잘 흡수되지 않아 조직 침투성이 양호하며, 강한 조직응고와 지혈능을 가지고 있고, 유연한 석영 섬유를 도광로로 사용할 수 있기 때문에 구강내에 있어서 조작성이 양호하며, 접촉조사법과 비접촉조사법의 모두가 가능하고, 접촉조사법의 경우 probe는 그 목적에 따라 여러가지 형태가 고안되어 있어 미세한 조작도 가능하게 하며, 비접촉조사법에 비해 더 낮은 에너지로 동일한 효과를 얻을 수 있는 장점이 보고되어^{18,28,60} 본 연구에서는 치면에 대한 물리화학적 변화와 치수의 온도 상승을 유발하는 요인을 최소로 하기위하여 냉각장치가 내장되어 있으며 최대출력이 25W인 Nd:YAG laser (Laser-35™, U.S.A)를 이용하였고, laser 흡수가 잘되도록 치근면 표면에 iodine용액을 도포하여 직경 600 μ m의 optical fiber를 접촉시켜 pulsed delivery(0.8msec)로 5초간 조사하였다.

법랑상아경계부나 백악상아경계부 근처에 노출된 상아세관의 직경이 0.9 μ m정도된다라고 한 Garberoglio등²¹의 보고에 의거하여 본 연구에서는 직경이 0.9 μ m이상된 것만을 노출된 상아세관으로 판정하여 단위면적당 노출된 상아세관의 수와 노출면적비율을 구하였다.

치근면 활택술만 시행한 군에서는 노출된 상아세관이 관찰되지 않았고 scale like texture를 갖는 smear layer가 관찰된 본 연구 결과는 Nishimire등³⁴의 관찰소견과 일치하였고, Tetracycline HCl 처치군에서는 smear layer가 제거되어 길게 벌어진 형태의 상아세관의 노출을 관찰할 수 있었는데, 이는 Wikesjo등⁵⁶, Terranova⁵³ 및 정등¹의 관찰소견과 동일하였으며, laser 조사군에서는 치근면상의 smear layer가 완전히 제거되어 구형의 상아세관이 다양한 크기로 관찰되었는데, 이는 Nd:YAG laser가 상아세관의 노출과 smear layer의 제거에 효과적이었다는 Ito등²⁶의 보고를 지지하는 결과로 사료된다.

그러나 본 연구에서는 600 μ m의 작은 직경의 optical fiber를 이용하였기 때문에 laser를 조사하는 동안에 에너지 동요와 중첩조사된 부위가 부분적으로 있었는데 그 결과로 Morlock등³이 보고한 관찰소견과 동일하게 치근 표면에 용융과 lava-like texture를 갖는 재고형화 현상이 나타났다. 이러한 결과는 조사된 laser의 출력과 조사시간 및 조사 방법이 치근면 처치효과에 크게 영향을 미침을 시사하였다.

각 군간에 상아세관의 노출수를 비교한 결과 Tetracycline HCl치치군은 단위면적(192 μ m²)당 3.80 \pm 0.79개로 3.5W이상의 laser 조사군에 비하여 현저히 적게 나타났는데(P<0.001), 이는 0.5%의 Tetracycline HCl을 처치한 치근면에서 단위면적당(100 μ m²) 1.79 \pm 0.25개의 노출된 상아세관이 관찰되었다고 한 Hanes등²⁵의 보고와 유사하였으며, laser 조사군의 경우 각 군간에 유의성 있는 차이를 보였고, 4.5W laser 조사군에서 10.60 \pm 0.97개로 가장 많았다(P<0.001).

상아세관의 노출면적비율을 비교했을때 Tetracycline HCl치치군은 단위면적당 0.68 \pm 0.19%로 모든 laser조사군에 비해 유의성 있게 낮았으며(P<0.001), Hanes등이 보고한 5.25 \pm 2.16보다 적게 나타났는데, 이는 건강한 치근의 백악질을 파절시켜 Tetracycline HCl을 처치한 결과로 본연구와 실험조건이 다른점에서 기인된 차이로 사료되며, laser조사군의 경우 각 군간에 유의성 있는 차이를 보였고, 4.5W laser 조사군에서 3.75 \pm 0.55%로 가장 높았으나(P<0.001), 4.0W laser조사군과의 차이는 통계학적 유의성이 없었다.(P>0.05).

노출된 상아세관의 수와 노출면적비율을 근거로 할때 모두 4.5W laser 조사군에서 가장 양호한 치근면 처치효과를 나타낸 본 연구결과는 치근면처치에 Nd:YAG laser를 활용할 수 있음을 제시하고 있으나, Nd:YAG laser의 1회조사면적이 좁은점은 개선되어야 할 문제점으로 지적되었고, 향후 치근면 처치에 가장 효율적인 laser의 조사출력과 시간을 규명할 수 있는 보다 다양하고 세분된 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

치근면 처치에 있어서 Nd:YAG laser가 치근면 상아세관의 노출에 미치는 효과를 평가하기 위하여 조선대학교 부속 치과병원 치주과에 내원한 치주질환 환자들로부터 발거한 단근치 30개를 실험재료로 하여 치근면 활택술만 시행한 군, 치근면 활택술을 시행한 후 Tetracycline HCl(100mg/ml)을 5분간 처리한 군, 그리고 치근면 활택술 후 Nd:YAG laser (Laser-35™, U.S.A)를 3.0W, 3.5W, 4.0W, 및 4.5W 출력에서 각각 5초간 조사한 laser조사군으로 분류한 후, 주사전자현미경(JEOL, JSM-840A JAPAN)으로 치근면 변화를 비교 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치근면 활택술만 시행한 군에서는 노출된 상아세관이 관찰되지 않았으며, 치주용 curet에 의한 기구조작 흔적, smear layer 및 scale like texture가 관찰되었다.
2. Tetracycline-HCl로 처리한 군의 경우 치근면 상아질 표면에서 부분적으로 노출되면서 길게 벌어진 형태의 상아세관이 관찰되었는데, 노출된 상아세관의 수(3.80 ± 0.79)는 3.5W 이상 laser 조사군에 비하여 현저히 적었고($P < 0.001$), 노출면적비율(0.68 ± 0.19)은 모든 laser 조사군에 비해 낮았다($P < 0.001$).
3. 단위면적($192 \mu\text{m}^2$)당 노출된 상아세관의 수는 4.5W laser 조사군(10.50 ± 0.97)에서 가장 많았고, 노출면적비율 또한 4.5W laser 조사군($3.75 \pm 0.55\%$)에서 가장 높았다.
4. laser 조사시 에너지 동요가 있었거나 중첩 조사된 부위에서는 용융과 재고형화현상이 관찰되었다.

참 고 문 헌

1. 김기병, 정현주 : Tetracycline-HCl이 치근면에 미치는 효과에 관한 연구, 「대한치주과 학회지」, 18:113, 1988.

2. 김순주 : 탄산가스 레이저 조사가 법랑질의 내산성 변화에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 「대한소아치과학회지」, 12(1): 9, 1985.
3. 김재호, 허원 : 안과영역에서의 레이저광의 응용, 「대한의학협회지」, 27:103, 1984.
4. 박경남 : 내과영역에서의 레이저광의 응용, 「대한의학협회지」, 27:143, 1984.
5. 이태권 : 성형외과영역에서의 레이저광의 응용, 「대한의학협회지」, 27:125, 1984.
6. 이상호, 이종갑 : 레이저 조사시 치아우식 억제효과에 관한 실험적 연구. 「대한소아치과학회지」, 18(2):2, 1991.
7. Aleo, J.J., Derenzis, F.A., and Faber, D.A.: "In Vitro attachment of human fibroblast to root surface", J. Periodontol., 46:639, 1975.
8. Aleo, J. J., Derezis, F.A., and Varboncoeur, A.P.: "The presence and biologic activity of cementum bound endotoxin", J. Periodontol., 45:672, 1974.
9. Aukil, T., Simpson, D.M., and Schaberg, J.V.: "An experimental study of new attachment procedures in beagle dog", J. Periodontol. Res., 18:643, 1983.
10. Bjorvatn, K. and Oisen, H.C.: "The effect of penicillin and tetracycline containing medicaments on the microhardness of human dental enamel", Acta. Odontol. Scand., 40:299, 1982.
11. Blomlof, L., Friskopp, J., Appelgren, R., Lindskog, S., and Hammarstrom, L.: "Influence of granular tissue, dental calculus and contaminated root cementum on periodontal wound healing. An experimental study in monkeys", J. Clin. Periodontol., 16:27, 1989.
12. Blumenthal, N., Sabet, T., and Barrington, E. : "Healing responses to grafting of combined collagen", J. Periodontol., 57:84, 1986.
13. Bogle, G., Adams, D., Crigger, M., Linge, B., and Egelberg, T.: "New attachment

- after surgical treatment and acid conditions of roots in naturally occurring periodontal disease in dog", J. Periodont. Res., 16:130, 1981.
14. Boyko, G. A., Brunette, D.M., and Melcher, Q. H. : "Cell attachment to demineralized root surface in vitro", J. Periodontol. Res., 15:297, 1980.
 15. Cobb, C.M., McCawley, T. K., and Killoy, W.J.: "A Preliminary Study on the Effects of the Nd:YAG Laser on Root Surfaces and Subgingival Microflora In Vivo", J. Periodontol., 63:701, 1992.
 16. Crigger, M., Boyle, G., Nilveus, D.M., and Schaberg, J.V. : "An experimental study of new attachment procedure in beagle dog", J. Periodontol. Res., 18:643, 1983.
 17. Daly, C.C. : "Antibacterial effect of citric acid treatment of periodontally diseased root surfaces in vitro", J. Periodont. Res., 9:386, 1992.
 18. Franz, B.J. and Polson, A.M. : "Tissue interaction with dentin specimens after demineralization using tetracycline", J. Periodontol., 59:714, 1988.
 19. Fukaya, M and Kagami, K : "Clinical application of Nd:YAG laser in oral field (1)", 「齒界展望」 73:853, 1989.
 20. Gantes, B., Martin, M., Garrett, S., and Egelberg, J. : "Treatment of periodontal furcation defects. (II) Bone regeneration in mandibular class II defects". J. Clin. Periodontol., 15:232, 1988.
 21. Garberoglio, R., and Brannstrom, M. : "Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules", Arch. Oral. Biol., 21:355, 1976
 22. Garret, S., Criger, M., and Egelberg, J. : "Effect of citric acid on diseased root surface", J. Periodontol. Res., 13:155, 1978.
 23. Goldman, L., Hornby, P., Meyer, R., and Goldman, B. : "Impact of the laser on dental caries", Nature., 203:417, 1964.
 24. Gottlow, J., Nyman, S., and Karring, T. : "Healing following citric acid conditioning of roots implanted into bone and gingival connective tissue", J. Dent. Res., 63:189, 1984.
 25. Hanes, P.J., O'Brien, N.J., and Garnick, J.J. : "A morphological comparison of radicular dentin following root planing and treatment with citric acid or tetracycline HCl", J. Clin. Periodontol., 18:660, 1991.
 26. Ito, M., Nishikata, J., and Murai, 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., 64:547, 1993.
 27. Jones, W.A. and O'Leary, T.J. : "The effectiveness of in vivo root planning in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved tooth", J. Periodontol., 49:337, 1978.
 28. Kakami, K., Yoshida and Fukaya, M. : "Clinical application of Nd:YAG laser in oral field(1)", 「齒界展望」 73:853, 1989.
 29. Larjava, H., Salonen, J., Hakkinen, L., and Narhi, T. : "Effect of citric acid treatment on the migration of epithelium on root surface in vitro", J. Periodontol., 59:95, 1988.
 30. Maiman, T. H. : "Stimulated optical radiation in ruby", Nature., 187:493, 1960.
 31. Melcher, A.J. : "On the repair potential of perodontal tissues", J. Periodontol., 47:256, 1976.
 32. Morika, T. and Matsumoto, M. : "레이저와 범랑질·치과에서의 임상응용과 그 기초", Tokyo, Quintessence, pp.152, 1989.
 33. Morlock, B.J., Pippin, D.J., Cobb, C.M., Killoy, W.J., and Rapley, J.W. : "The effect of Nd:YAG Laser Exposure on Root Surfaces When Used as an Adjunct

- to Root Planing: An In Vitro Study", J. Periodontol., 63:637, 1992.
34. Nishimire, D. and O'Leary, T.J. : "Hand instrumentation versus ultrasonics in the removal of endotoxin from root surface", J. Periodontol., 50:345, 1979.
 35. Nightingale, S.H., and Sheridan, P.J. : "Root Surface demineralization in periodontal therapy. Subject review", J. Periodontol., 53:611, 1982.
 36. Nyman, S., Lindhe, J., and Karring, T. : "Healing following surgical treatment and root demineralization in monkeys with periodontal disease", J. Clin. Periodontol., 8:249, 1981.
 37. Parodi, R.J. and Esper, M.E. : "Effect of topical application of citric acid in the treatment of furcation involvement in human lower molar", J. Clin. Periodontol., 11:644, 1984.
 38. Polson, A.M. and Caton, J. : "Factors influencing periodontal repair and regeneration", J. Periodontol., 53:617, 1982.
 39. Polson, A.M., Frederick, G.T., Ladeheim, S., and Hanes, P. J. : "The production of a root surface smear layer by instrumentation and its removal by citric acid", J. Periodontol., 55:443, 1984.
 40. Polson, A. M. and Hanes, P. J. : "Cell and fiber responses to cementum from Periodontitis affected root surfaces following citric acid treatment", J. Clin. Periodontol., 16:489, 1989.
 41. Pontoriero, R., Lindhe, J., Nyamn, S., Karring, T., Rosenberg, E., and Sanavi, F. : "Guided tissue regeneration in degree II furcation-involved mandibular molars. A clinical study", J. Clin. Periodontol., 15: 247, 1988.
 42. Register, A. : "Bone and cementum induction by demineralized in situ", J. Periodontol., 44:49, 1973.
 43. Ruban, M.P. and O'Leary, J.J. : "The attachment of in vivo root planing in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involvement teeth", J. Periodontol., 49:331, 1978.
 44. Ryan, PC., Newcomb, GM., Seymour, GJ., and Powell R.N. : "The pulpal response to citric acid in cats", J. Clin. Periodontol., 16:98, 1989.
 45. Selvig, K.A. and Hals, E.: "Periodontally diseased cementum studied by correlated microradiography, electron probe analysis and electron microscopy", J. Periodont. Res., 12:419, 1977.
 46. Shoji, S., Nakatamura, M., and Horichi, H. : "Histopathological change by CO₂ laser : A preliminary report on laser pulpotomy", J. Endodentol., 11:379, 1985.
 47. Smith, B.A., Smith, J.S., Caffesse, R.G., Nasjleti, C.E., Lopatin, D.E., and Kowalske, C.J. : "Effect of citric acid and various concentrations of fibronectin on healing following periodontal flap surgery in dogs", J. Periodontol., 58:667, 1987.
 48. Spencer, P., Trylovich, D., and Cobb, C. M.: "Chemical characterization of Lased root surfaces Using Fourier Transform Infrared Photoacoustic Spectroscopy", J. Periodontol., 63:633, 1992.
 49. Stahl, S.S. and Froum, S.J. : "Human clinical and histologic repair responses following the use of citric acid in periodontal therapy", J. Periodontol., 48:261, 1977.
 50. Stahl, S.S., Froum, S.J., and Kushner, L. : "Healing responses of human intraosseous lesions following the use of debridement, grafting and citric acid root treatment. II. Clinical and histological observations: one year postsurgery", J. Periodontol., 54:325, 1983.
 51. Stahl, S.S. and Froum, S. : "Histologic

- and clinical responses to porous hydroxyapatite implants in human periodontal defects", J. Periodontol., 58:639, 1987.
52. Stern, R.H., Sognnaes, R.F., and Goodman, F. : "Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility", J. Am. Dent. Assoc., 73:883, 1966.
 53. Terranova, V.P., Franzetti, L.C., Hic,S., and Lyall, R.M. : "A biomechanical approach to periodontal regeneration:Tetracycline treatment conditions dentin surface", J. Periodont. Res., 21:322, 1986.
 54. Trylovich,D.J., Cobb, C.M., Pippin, D.J., Spencer, P., and Killoy, W.J. : "The Effects of thd Nd:YAG Laser on in Vitro Fibroblast Attachment to Endotoxin-Treated Root Surfaces", J. Periodontol., 63:626, 1992.
 55. Tseng, P., Gilkeson, C. F., and Liew,V. : "The effect of Nd:YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro", J. Dent. Res., 70(Spec.Issue):657(Abstr.62), 1991.
 56. Wikesjo, U.M.E., Claffey, N., Christersson, L.A., Franzetti, L.C., Genco, R.J., Terranova,V.P., and Egelberg, J.: "Repair of periodontal furcation defects in beagle dogs following reconstructive surgery including root surface demineralization with tetracycline hydrochloride and topical fibronectin application", J. Clin. Periodontol., 15:73, 1988.
 57. Wirthlin, M.R. : "The current status of new attachment therapy", J. Periodontol., 52:529, 1981.
 58. Woodyard, S.G. et al. : "A histometric evaluation of the effect of citric acid preparation upon healing of coronally positioned flaps in non human primates", J. Periodontol., 55:203, 1984.
 59. Yamamoto, H. and Ooya, K. : "Potential of yttrium-aluminum-garnet laser in caries prevention", J. Oral. Path., 3:7, 1974.
 60. Yoshida, K., Kakami, K., and Fukaya, M. : "Clinical application of Nd:YAG laser in oral field(1)", 「齒界展望」 73:1551, 1989.
 61. Yukna, R.A. : "Osseous defect responses to hydroxylapatite grafting versus open flap debridement", J. Clin. Periodontol., 16:398, 1989.
 62. Zanzer, D.J., Yukna, R.A., and Malinin, T.I. : "Human freeze!dried dura mater allograft as a periodontal biological bandage", J. Periodontol., 60:617, 1989.

EXPLANATION OF PHOTOMICROGRAPH

Scanning Electron Microscopic Study

- Fig 2. Surface of root planed specimen(x2,000)
: Instrumented dentin surfaces had parallel tracks produced the curette strokes.
- Fig 3. Surface of root planed specimen(x6,000)
: Dentinal tubule orifices were not due to the presence of an amorphous, granular surface smear layer.
- Fig 4. Surface of tetracycline HCl treated specimen after root planing(x2,000)
: Opening dentinal tubules were observed in exposed dentin surface.
- Fig 5. Surface of tetracycline HCl treated specimen after root planing(x6,000)
: Specimens exhibited partially exposed dentinal tubules with long orifices.
- Fig 6. Surface of laser irradiated specimen with 3.0W of power after root planing(x6,000)
: Specimens exhibited areas of exposed dentinal tubules.
- Fig 7. Surface of laser irradiated specimen with 3.5W of power after root planing(x2,000)
: The irradiated area shows clear dentinal tubule orifices, while the non-irradiated area is covered with smear layer
- Fig 8. Surface of laser irradiated specimen with 3.5W of power after root planing(x6,000)
: Specimens shows area of exposed dentinal tubules.
- Fig 9. Surface of laser irradiated specimen with 4.0W of power after root planing(x4,000)
: The irradiated area shows clear dentinal tubule orifices, while the non-irradiated area is covered with smear layer
- Fig 10. Surface of laser irradiated specimen with 4.0W of power after root planing(x6,000)
: The specimen displays a relatively flat surface with many exposed dentinal tubules.
- Fig 11. Surface of laser irradiated specimen with 4.5W of power after root planing(x2,000)
: The irradiated area shows clear dentinal tubule orifices, while the non-irradiated area displays an uneven morphology and is covered with smear layer.
- Fig 12. Surface of laser irradiated specimen with 4.5W of power after root planing(x6,000)
: The specimen displays a smear layer-free with exposed dentinal tubules.
- Fig 13. Surface alteration resulted from energy surges and overlapping passes of the fiber(x6,000)
: surfacd alterations shows melted and resolidified surface textures with lava-like appearance.

사진부도 ①

사진부도 ②

THE EFFECT OF ND : YAG LASER IRRADIATION ON EXPOSURE OF THE
DENTINAL TUBULES ON ROOT SURFACE IN EXTRACTED HUMAN TEETH
: A SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC STUDY

Jong-Hee Cho, Byung-Ok Kim, Kyung-Yoon Han
Dept. of Periodontology, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the effects of Nd:YAG laser treatment on removal of smear layer and exposure of dentinal tubules.

The experimental specimens were obtained from root planed surface of 30 human teeth which were extracted due to severe periodontal disease. The specimens were assigned randomly of three groups: root planed group, Tetracycline HCl(100mg/ml, 5min) group, and Nd:YAG laser (Laser-35™, U.S.A. 5 seconds) group. Nd:YAG laser group was divided into 4 subgroups according to 3.0W, 3.5W, 4.0W, 4.5W of power. The surface change of specimens were evaluated by scanning electron microscopy. The number of exposed dentinal tubules and percentage of area occupied by dentinal tubule orifices per unit area between each group was statistically analyzed by paired Student t-test.

The results were as follows:

1. By root planing only, dentinal tubule was not exposed, but scale-like smear layer and parallel instrument tracks were resulted.
2. Tetracycline HCl treated surfaces exhibited the small number of partially exposed dentinal tubules with long orifices. The number(3.80 ± 0.79) of exposed dentinal tubules on Tetracycline HCl group was significantly less than that in laser groups above 3.5W of power($P < 0.001$), and the percentage (0.68 ± 0.19) of area occupied by dentinal tubule orifices per unit area($192 \mu\text{m}^2$) was significantly lower than that of any laser group($P < 0.001$).
3. The laser group irradiated with 4.5W of power showed both the most number(10.60 ± 0.97) of exposed dentinal tubules among the experimental groups, and the highest percentage(3.75 ± 0.55 %) of area occupied by dentinal tubule orifices.
4. Energy Surge during laser pulsing and overlapping passes of the fiber resulted in melted and resolidified surface textures with lava-like appearance.