

# Nd:YAG 레이저 조사시 치근면에 미치는 효과에 관한 주사전자현미경적 연구

이수정 · 김수아 · 서석란 · 김형섭

전북대학교 치과대학 치주과학교실  
전북대학교 치의학 연구소

## I. 서론

치주치료의 목적은 치주질환에 이환된 치근면에 결합조직의 신부착을 도모하여 정상적인 기능을 발휘할 수 있는 치주조직을 재생시키는 것이다<sup>1)</sup>.

치주질환에 의해 치근이 구강내나 치주낭에 노출되면 여러 병적 변화가 진행되어 더 이상 치근면은 세포 부착과 섬유 발생을 위한 적절한 기질로 작용하지 못한다. 백악질은 교원 섬유 부착 상실과 함께<sup>2)</sup> 광물질의 밀도와 구성 변화로 과석회화 양상을 보이고<sup>3)</sup> 박테리아와 내독소에 의해 치근면이 오염되며<sup>4)</sup> 치주조직을 재생시킬 수 있는 세포의 이동을 위해 필요한 화학주성 자극이 부족하게 된다<sup>5, 6)</sup>. Polson 등<sup>6)</sup>은 결합조직의 재부착을 방해하는 주요인은 치주조직 파괴보다는 치근면 자체의 병적 변화라고 하였으며, Ruben 등<sup>7)</sup>은 이러한 병적 변화는 섬유아세포의 부착을 방해하여 결합조직의 신부착을 어렵게 하므로 치근 표면 상태를 변화시켜 주는 것이 필요하다고 하였다. 따라서 치태와 치석, 그리고 병적인 백악질을 제거하여 섬유아 세포가 부착할 수 있는 건강한 치근을 형성하는 치석 제거술과 치근면 활택술을 일반적으로 시행

하고 있다. 그러나 치석 제거술과 치근면 활택술은 치태와 치태 부산물은 제거할 수 있으나<sup>8)</sup> 치근면에 대한 결합조직의 부착을 방해하는 내독소를 완전히 제거할 수 없으며<sup>9)</sup> 무정형의 도말층을 형성한다<sup>10, 11)</sup>. 도말층은 결합조직 부착에 영향을 미치는 세포 독성 및 염증성 매개체를 함유하고 있으며<sup>4, 9, 12, 13)</sup> 치주조직과 치근면 사이에 물리적인 장애물로 작용하여 치근면에 신결합조직 부착을 방해하는 것으로 알려져 있다<sup>14, 15)</sup>. 이에 치근면 활택술 후 치근표면을 탈회시킴으로써 도말층을 제거하고, 부가적으로 백악질 또는 상아질의 교원질을 노출시켜 결합조직 부착을 증진시킬 수 있는 구연산과 염산 테트라사이클린, 인산, EDTA 같은 여러 화학제가 이용되고 있다.

구연산으로 치근면을 처리했을 때, 내독소와 도말층이 제거되고 교원섬유가 노출되며 백악질의 생성이 촉진되고 동물과 인간 연구 모두에서 결합조직 신부착이 성공적으로 증진됨이 보고되었다<sup>14, 16-23)</sup>. 그러나 Ryan 등<sup>24)</sup>은 구연산으로 처리한 치아에서 해로운 치수반응과 노출된 상아세관에서 박테리아 침투를 관찰하였는데 이는 상아세관입구 확대와 도말층 제거 작용 때문이라고 하였다. 염산

테트라사이클린은 치주병인균의 조절에 효과적인 광범위한 영역의 항생제로써 치근면에 국소적으로 처치시 상아질면을 탈회시켜 도말층을 제거하고 상아세관을 노출시키며, 교원질이 노출되어 노출된 교원질에 의해 섬유아 세포의 이주 및 부착과 성장이 촉진되고 상피세포의 근단 방향으로의 이동이 차단된다고 보고되었다<sup>25-30)</sup>. 또한 Baker 등<sup>31)</sup>은 염산 테트라사이클린은 탈회 효과 외에도 상아질면에 흡수된 후 서서히 방출됨으로써 계속적으로 항세균효과를 발휘한다고 보고하였다. 따라서 이러한 잇점으로 인해 최근 염산 테트라사이클린이 선호되는 경향이 있다.

1960년 Maiman<sup>32)</sup>에 의해 Maiser(Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)라 불리는 ruby 레이저가 개발된 이래로 레이저는 치의학 및 피부과학과 안과학 분야에서 그 사용이 광범위하게 증가하고 있다. Laser(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)란 광학공동내에서 흥분된 원자집단의 유도방출에 의해 증폭된 빛으로써 이러한 과정으로 인해 시준성(collimated), 일치성(coherent), 단색성(monochromic)의 특성을 가지며 활성매질의 내용물과 그들의 부유상태에 따라서 다양한 출력과 파장을 가지는 여러종류의 레이저가 개발되었다. 치의학 분야에서는 1964년 Stern과 Sognnases<sup>33)</sup>, Goldman 등<sup>34)</sup>이 최초로 치아 경조직에 ruby 레이저 사용을 보고하였고 현재는 Nd:YAG(Neodymium:Yttrium, Aluminum, and Garnet), CO<sub>2</sub>(Carbon dioxide), Argon, Ho:YAG(Holmium:Yttrium, Aluminum, and Garnet), Er:YAG(Erbium: Yttrium, Aluminum, and Garnet) 레이저 등이 구강내 연조직과 경조직에 광범위하게 이용되고 있다. 이중 Nd:YAG 레이저는 1064nm의 파장으로 인해 수분에 잘 흡수되지 않아 조직 침투성이 양호하며 강한 조직응고와 지혈능을 가지고 있고 유연한 석영 섬유를 도광로로 사용할 수 있기 때문에

구강내에서 조작성이 우수하며, 연속형 또는 펄스형으로 전달할 수 있고, 접촉 조사법과 비접촉 조사법 모두가 가능한 장점 등을 가지고 있다. 연조직에 대한 레이저의 적용으로는 연조직제거, 지혈 및 응고, 양성 및 악성종양 제거, 치은 성형술 및 치은 절제술, 소대 제거술, 백반증과 아프타성궤양 및 포진성 병소 치료, 생검조직 절취, 치은 소파술, 육아조직 제거 등이 있으며 경조직에는 치아우식증의 검사와 예방 및 제거, 상아질 지각과민 치료, 법랑질과 상아질 제거, 치아와와 열구전색, 법랑질 부식, 브라켓 부착, 골절제술 및 골성형술, 근관형성 등이 있다<sup>35, 36)</sup>.

최근 치주학 분야에서는 결합조직이 부착하기에 적합한 건강한 치근면을 형성하기 위한 치근면 처치에 레이저 사용을 시도하고 있으며 이는 레이저의 멸균, 박리, 기화, 절제의 작용 기전을 이용하여 치근면상의 치태나 치석, 흡수된 내독소 및 오염물을 제거하거나 치근면을 변화시키는 것이다. Myer 등<sup>37)</sup>은 Nd:YAG 레이저 조사를 단독 또는 치근면 활택술과 같이 시행하여 치태와 치석을 좀더 쉽고 효과적으로 제거할 수 있다고 하였고 Tseng 등<sup>38)</sup>은 레이저가 치석을 제거하는데 필요한 기구조작 횟수를 현저히 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 반면 Morlock 등<sup>39)</sup>은 Nd:YAG laser 조사후 치근면 활택술을 시행했을 때 완전히 깨끗한 치근면을 형성할 수 없다고 하였고 레이저에 노출된 치근면 표면에서 치근면 탄화, 소와와 분화구 형성, 광물질의 용융 및 재고형화 등의 치근면 변화를 관찰하였다. 또한 치근면에 레이저를 조사했을 때 치주염과 관련된 치은연하 세균의 수는 감소하지만<sup>40-42)</sup> 단백질 대 광물질의 비율이 감소하는 치근면의 화학적 변화가 유도되어 섬유아세포 부착을 위한 생체적합성이 감소하고<sup>43)</sup> 교원질 생성과 DNA 합성이 지연되었다<sup>44)</sup>. Tani와 Kawada<sup>45)</sup>는 발치한 bovine teeth에 Nd:YAG 레이저를 조사하여 도말층

이 제거되었음을 보고하였고 Ito 등<sup>46)</sup>은 치근면 활택술 후 Nd:YAG 레이저 조사로 도말층이 제거되고 상아세관 입구가 확대되지 않으면서 상아세관이 노출되었다고 하였다. 그러나 이들은 비교적 짧은 기간 매우 고출력의 레이저를 사용하였기 때문에 임상적으로 적용하는데 문제가 있다.

이에 본 연구는 Nd:YAG 레이저를 치주조직의 신부착에 밀접한 관련이 있는 도말층을 제거하고 상아세관을 노출시키는 치근면 처치를 목적으로 이용할 수 있는가를 평가하고자 Nd:YAG 레이저를 치근면에 조사한 후 치근면 형태 변화를 주사전자현미경으로 관찰하고 치수내 온도 변화를 측정하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

전북대학교 치과병원 치주과에 내원한 치주 질환 환자들로 부터 과도한 치주조직 파괴로 인하여 발거된 단근치 60개를 이용하였으며, 최근 6개월 이내에 치주치료를 받은 경험이 있거나 치경부를 포함한 치아우식증이나 충전물이 있고 근관치료를 받은 경우 등 연구결과에 영향을 미칠 수 있는 경우는 제외하였다.

### 2. 실험방법

#### (1) 시편제작

발치한 직후 치아를 부드러운 칫솔로 문질러 혈액을 씻어낸 후 실험전까지 생리 식염수에 보관하였고 3일 간격으로 생리 식염수를 교환하였다. 모든 치아의 치근면에서 치석을 제거하고 Gracey curet을 이용하여 치근표면이 매끈하고 단단한 느낌이 있을때까지 최소 20회 이상의 기구조작으로 치근면 활택술을 시행하였다. 60개의 치아중 30개는 열에 의한 치아 손상을 막기 위해 air/water

system하에서 diamond cutting disk를 이용하여 치근의 치관부위와 근단부위를 잘라내고 5×5×2mm 크기로 치근 시편을 얻었다.

#### (2) 치근면 처리

제작된 시편을 무작위로 5개씩 선택하여 치근면 처리방법에 따라 치근면 활택술만 시행한 군, 염산 테트라사이클린 처치군, 레이저 조사군(1W, 1.5W, 2W, 3W)으로 분류하였다.

##### ① 치근면 활택술군

Gracey curet을 이용하여 치근면이 매끈하고 단단한 느낌이 있을때까지 최소 20회 이상의 기구조작으로 치근면 활택술을 시행한다.

##### ② 염산 테트라사이클린 처치군

치근면 활택술 후 염산 테트라사이클린 500mg capsule을 5ml 증류수에 넣어 10분간 지속적으로 뒤섞어 용액을 형성한다. cotton pellet을 염산 테트라사이클린 용액에 담근후 pellet을 치근면에 5분간 문질러 처리한다.

##### ③ 레이저 조사군

치근면 활택술 후 Nd:YAG 레이저 (German Dental Laser, Fotona Twinlight)의 optical fiber(직경 320 $\mu$ m)를 치면에 직각으로 5mm 떨어져 유지하고 펄스형 전달방식(10pps)과 쓸어내는 동작(sweeping motion)으로 30초간 레이저를 조사하였다. 이때 특정부위가 과도하게 증첩조사 되지 않도록 핸드피스 를 치면에 수직으로 유지하고 1초에 시편의 5mm 수직거리를 일정한 이동속도로 1회 왕복하였다. 출력차이에 따른 변화를 관찰하고자 1W(100mJ/pulse), 1.5W(150mJ/pulse), 2W(200mJ/pulse), 3W(300mJ /pulse) 조사군으로 분류하였다.

#### (3) 주사전자현미경적 관찰

주사전자현미경적 관찰을 위해 2% glutaraldehyde(0.1 M cacodylate 완충액, pH 7.4)를 사용하여 4℃에서 24시간 동안 고정한 후 에틸 알콜을 단계적으로 사용하여(50%,

60%, 70%, 80%, 90%, 100%) 탈수하고 임계점 건조기를 이용하여 건조시킨 후 ion sputting coater를 이용하여 gold palladium으로 피복시키고 주사전자현미경하에서 치근면 변화를 관찰하였다. 시편당 무작위로 2부위를 5000배율로 촬영하고 주사전자현미경 사진상에서 단위면적 100 $\mu\text{m}^2$ 당 노출된 상아세관의 수를 구하였다.

(4) 치수내 온도 측정

나머지 30개의 치아에 H-file을 이용하여 근관을 형성한 후 copper-constantan thermocouples를 치근관에 삽입하고 36~37°C로 조정된 water bath내에 치아를 고정시키는데 이때 치근면이 물위에서 레이저 에너지에 노출되도록 치아를 수평으로 위치시킨다. thermocouples을 thermometer에 연결하고 6개씩 각각 1W(100mJ/pulse), 1.5W(150mJ /pulse), 2W(200mJ/pulse), 3W(300mJ/pulse), 4W(400mJ/pulse) 출력의 레이저를 30초간 조사한 후 가장 높은 온도 변화를 기록하였다.

III. 실험결과

1. 치근면 활택술만 시행한 군(그림 1, 2)

큐렛에 의한 기구조작 흔적과 scale like texture 및 도말층이 존재하는 비교적 평탄하

지 않고 불규칙한 무정형의 표면을 관찰할 수 있었다(그림 1). 대부분 상아세관의 노출은 관찰되지 않았고 상아세관 입구에 해당하는 부위에 함몰부가 존재하였으며 그위에 debris가 국소적으로 침착되어 있었다(그림 2).

2. 염산 테트라사이클린으로 처치한 군 (그림 3~그림 6)

대체적으로 부드럽고 평탄한 표면을 가지며 상아질 표면에 다양한 크기와 형태로 노출된 상아세관이 관찰되었다(그림 3, 4). 상아세관 내에 collagen fibrils을 닮은 구조물이 관찰되었고 어떤 부위에서는 관주 상아질이 탈회되어 확대된 형태의 세관이 관찰되기도 하였다(그림 5, 6). 단위 면적당(100 $\mu\text{m}^2$ ) 노출된 상아세관의 수는 Table 1에서 처럼  $3.1\pm0.88$ 개로 1W, 1.5W 레이저 조사군에 비해서 많았지만 1.5W 레이저 조사군과는 유의한 차이를 보이지 않았고 2W, 3W 레이저 조사군에 비해서는 현저히 적었다( $P<0.001$ ).

3. 레이저 조사군(그림 7~그림 24)

레이저 조사후 육안적으로 검게 탄 부위가 관찰되었는데 1W 조사군에서는 탄부위가 없었고 1.5W 조사군에서는 육안적으로 거의 식별할 수 없었으며 2W 이상의 조사군에서는 한 시편당 2-5개 정도 존재하였다.

표 1 Number of exposed dentinal tubules per unit area(100 $\mu\text{m}^2$ )

Group	Number of dentinal tubules
T. C	$3.1\pm0.88$
Laser Irradiation(1W, 100mJ/pulse)	$2.2\pm0.92^*$
Laser Irradiation(1.5W, 150mJ/pulse)	$2.9\pm0.57$
Laser Irradiation(2W, 200mJ/pulse)	$4.7\pm0.67^{**}$
Laser Irradiation(3W, 300mJ/pulse)	$5.7\pm1.06^{**}$

N=10 (Mean $\pm$ S.D)

\* : Significantly different when compared with T. C group( $P<0.05$ ).

\*\* : Significantly different when compared with T. C group( $P<0.001$ ).

주사전자현미경상에서 탄화 부위는 육안적으로 식별 가능한 수보다 더 많이 존재하였고 직경 50~450 $\mu$ m 정도의 크기와 다양한 깊이를 가진 소와나 분화구 형태를 띠었다. 분화구내에는 다공성의 비교적 평탄한 표면에 원형과 타원형의 상아세관이 0.5~3 $\mu$ m의 다양한 직경으로 노출되어 있었다(그림 10, 13, 17, 21, 22). 또한 분화구내에서 용융과 재고형화에 의한 무정형의 판상, 구상 구조물(그림 14, 18)이나 lava-like texture(그림 23)가 국소적으로 관찰되기도 하였다. 분화구 이외의 조사부위는 평탄한 표면에서부터 불규칙한 판

상구조물이 박리되거나 과립상의 변화를 보이는 거친표면까지 다양한 표면형태를 띠며 분화구내보다는 비교적 적은 수의 원형, 타원형 및 길게 벌어진 형태의 상아세관이 관찰되었다(그림 7, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 19, 20). 레이저 조사된 표면은 금이 가거나 균열이 관찰되기도 하였는데(그림 24) 출력이 증가할수록 차지하는 면적과 수가 증가하는 경향을 보였다.

단위면적당 노출된 상아세관의 수는 Table 1에서 처럼 1W에서는 2.2 $\pm$ 0.92, 1.5W에서는 2.9 $\pm$ 0.57, 2W에서는 4.7 $\pm$ 0.67, 3W에서는 5.7

표 2 Intra-pulpal temperature rise(°C) during laser irradiation. (mJ/pulse=energy per pulse)

Watt	mJ/pulse	Time(s)	Temp Rise(°C $\pm$ S.D)
1	100	30	2.23 $\pm$ 0.71
1.5	150	30	3.05 $\pm$ 0.48
2	200	30	4.35 $\pm$ 0.61
3	300	30	7.03 $\pm$ 1.39
4	400	30	9.75 $\pm$ 0.84

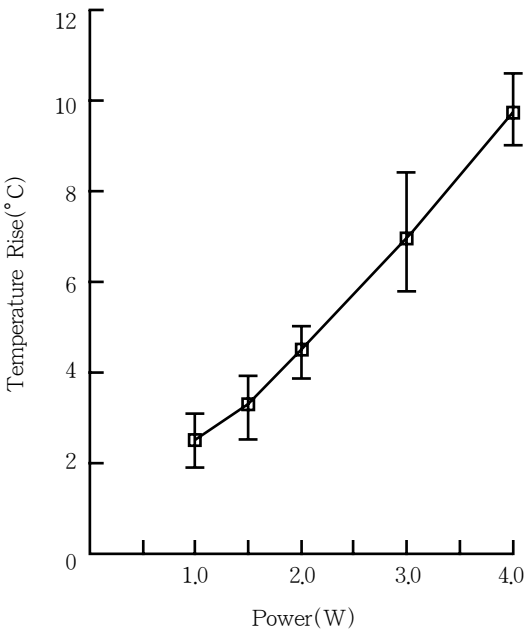


그림 25 Intra-pulpal temperature rise increases as a function of power during laser irradiation(W=watts)

$\pm 1.06$ 개였으며 1W와 1.5W 그리고 2W, 3W 간에는 유의한 차이를 보였고( $P<0.05$ ), 나머지 군 간에는 현저한 차이가 나타났다( $P<0.001$ ).

#### 4. 치수내 온도 변화

표 2에서 처럼 1W에서  $2.23 \pm 0.71$ , 1.5W에서  $3.05 \pm 0.48$ , 2W에서  $4.35 \pm 0.61$ , 3W에서  $7.03 \pm 1.39$ , 4W에서  $9.75 \pm 0.84^\circ\text{C}$ 가 증가하였으며 그림 25에서 처럼 출력이 증가할수록 선형으로 증가하는 경향을 보였다.

### IV. 총괄 및 고찰

세균성 치태는 치주염의 일차적인 원인인자이고<sup>9)</sup> 치석은 치태형성과 부착을 촉진함으로써 이차적인 원인인자로 작용하며, 치주질환에 이환된 치근면은 골과 부착상실을 유도하는 세균독성물질의 저장고로써 작용한다<sup>4, 12, 13, 47)</sup>. 따라서 치주질환에 이환된 치근면에서 치석, 세균성 치태, 그리고 독성 물질을 제거하는 것이 치근표면에 결합조직의 신부착을 위해 필요하며, 이러한 목적을 위해서 치석 제거술과 치근면 활택술이 가장 보편적으로 시행되고 있다. 그러나 치석제거술과 치근면 활택술은 치근면에 무정형의 도말층을 형성하며<sup>10, 11)</sup>, 이러한 도말층은 미생물, 백악질 파편, 치태, 치석, 그리고 백악질 기질 성분등으로 구성되어 있고<sup>48)</sup> 신부착을 방해하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 치근활택술만을 시행한 치근면에서 상아질 표면을 덮는 scale like texture의 도말층이 관찰되었으며 이로 인해 상아세관의 노출이 없었는데 이는 Jones 등<sup>10)</sup>과 Wilkinson 등<sup>49)</sup>의 관찰소견과 일치하였다. 이러한 문제점을 해결하여 치주조직의 신부착을 증진시키기 위해, 치근면 활택술을 시행한 후 치근표면을 탈회시켜 도말층을 제거하고 부가적으로 교원질을 노출시켜

결합조직의 부착 증진을 얻으려는 목적으로 구연산과 염산 테트라사이클린과 같은 화학제가 사용되고 있다. Bjorvatn 등<sup>25)</sup>은 염산 테트라사이클린 용액이 범랑질과 상아질면을 탈회시키는 효과가 있다고 하였고 Baker 등<sup>50)</sup>은 염산 테트라사이클린이 항균효과를 유지하면서 치질에 결합되었다고 점차 배출되는 특성이 있다고 하였고 Gomes 등<sup>51)</sup>은 in vitro에서 골흡수 억제 효과, Golub 등<sup>52)</sup>은 조직내 교원섬유 분해 효소 억제 작용등을 보고하였다. 또한 Wikesjö 등<sup>30)</sup>은 동물실험에서 상아질을 염산 테트라사이클린으로 처리시 재생형 치주술식에서 효과가 있다고 하였고 Terranova 등<sup>26)</sup>은 bovine teeth를 사용하여 염산 테트라사이클린과 구연산을 처리한 후 섬유아세포가 부착되는 정도를 관찰한 실험에서 염산 테트라사이클린이 구연산보다 더 좋은 효과가 있다고 하였다. 치근면에 대한 염산테트라사이클린의 처리방법 및 시간과의 연관성에 대해서 류 등<sup>53)</sup>은 “burnished” application이 “placed application” 보다 많은 변화가 나타나며 적용시간은 표면 형태에 커다란 영향을 미치지 않는다고 하였다. 이에 본 연구는 100mg/ml 농도의 염산 테트라사이클린 용액을 이용하여 치근면에 5분간 문지른 후 치근면 탈회효과를 관찰하였다. 염산 테트라사이클린 처리군에서 도말층이 제거되고 상아세관과 교원질 섬유질의 노출이 관찰되었는데 단위면적당( $100\mu\text{m}^2$ ) 노출된 상아세관의 수는  $3.1 \pm 0.88$ 개로 같은 단위면적당  $1.79 \pm 0.25$ 개를 보고한 Hanes 등<sup>29)</sup>의 연구결과와는 차이가 있다. 이는 Hanes 등의 연구는 시편을 염산 테트라사이클린 용액에 담가 둔 것에 비해 본 연구는 치근면을 문질러 처리함으로써 burnishing에 의한 물리적 작용과 염산 테트라사이클린 용액 자체의 화학적 작용의 혼합효과에 의해 더 많은 상아세관이 노출된 것이라고 사료된다.

최근 레이저 치의학의 발전으로 다양한 치

료 분야에 레이저를 적용하고 있지만 도말층을 제거하고 상아세관을 노출시키는 치근면 처치를 목적으로 레이저 사용을 보고한 경우는 매우 드물다. Tani와 Kawada<sup>45)</sup>는 Nd:YAG 레이저를 시편으로 부터 3cm 떨어진 비접촉방식으로 20W를 1~3초간 조사하여 도말층이 효과적으로 제거되었음을 보고하였고 Ito 등<sup>46)</sup>도 20W의 Nd:YAG 레이저를 0.5~3초간 조사하여 구연산과 달리 상아세관 입구를 확대하지 않으면서 다양한 정도로 도말층을 제거하여 상아세관을 노출시킬 수 있다고 하였다. 그러나 위의 연구들은 고출력의 비펄스형 레이저를 짧은 기간 조사하였는데 이 조건들은 임상적으로 적용하기에는 적절하지 못하다. 즉 경조직에 손상을 가하거나 치수와 치주 생활력에 해로운 열 효과를 초래할 수 있으며 전체 조사시간이 너무 짧고 임상에 이용되는 레이저의 대부분은 20W 출력을 제공하지 못한다. 그래서 본 연구에서는 펄스형 전달 방식의 Nd:YAG 레이저를 치수나 치주조직의 손상이 적도록 비교적 저출력(1-3W)과 비접촉 방식을 이용하여 실제 임상에서 응용할 수 있는 적절한 조사시간(30초)과 조사방법(sweeping motion)으로 적용하였다.

단위 면적당 노출된 상아세관의 수는 레이저 조사군 간에 유의한 차이를 보였고 3W(300mJ/pulse) 조사군에서  $5.7 \pm 1.06$ 으로 가장 많았다. 염산 테트라사이클린과 비교했을 때 1.0W(100mJ/pulse) 조사군은 유의성 있게 적었고( $P < 0.05$ ) 1.5W(150mJ/pulse) 조사군은 수는 적었지만 유의성이 없었으며 2W(200mJ/pulse) 이상의 조사군은 현저히 많았다( $P < 0.001$ ). 레이저 조사에 의한 다공성 표면과 노출된 상아세관을 구분하기 위해, 법랑 상아경계부나 백악상아경계부 근처에 노출된 상아세관의 직경이  $0.9\mu\text{m}$ 라고 한 Garberoglio 등<sup>54)</sup>의 보고에 근거하여 직경이  $0.9\mu\text{m}$  이상된 것만을 노출된 상아세관으로 판정하였다. 본 연구는 단지 상아세관 수 관찰에만 한정되었

고 단위면적당 상아세관이 차지하고 있는 면적과 상아세관의 직경은 측정하지 않았다. 단위면적당 노출된 상아세관의 수만을 근거로 할때 2W 이상의 레이저 조사군이 염산 테트라사이클린 처리군보다 우수한 것으로 나타났다지만, 레이저 조사군은 대부분 시편에서 탄화부위가 탄화되지 않는 부위보다 상아세관의 수가 더 많게 나타나는 등 부위마다 그 분포차이가 심했고  $1 \sim 7\mu\text{m}$  정도의 상아세관 직경을 보인 염산 테트라사이클린 처리군보다 상아세관 직경이 더 작아 실제로 상아세관이 차지하는 면적은 두 군간에 큰 차이가 없으리라 생각된다.

Nd:YAG 레이저 조사에 의한 표면 변화에 대해 Myer 등<sup>37)</sup>은 법랑질과 상아질표면에서  $40 \sim 60\mu\text{m}$  깊이의 균열을 관찰하였고 Hess 등<sup>55)</sup>은 법랑질표면에서 저출력으로도 불분명한 균열이 형성되고 에너지 수준이 증가할수록 균열의 심도가 증가하며 재고형화, 다공성의 lava-like appearance를 보인다고 보고하였으며 Morlock 등<sup>39)</sup>이 보고한 레이저에 노출된 치근면의 변화는 1) 검게 타거나 탄화 2) 소와나 분화구 형성 3) 광물질의 용융과 고형화 등이 있다. 레이저 광속이 표면에 조사되면 흡수되거나 반사되는데, 흡수된 에너지의 대부분은 열로 전환되어 레이저 조사된 표면에 열적 변화를 유도하고 이러한 열적 변화로 표면의 물성분이 증발하고 유기물질이 기화하며 단백질 대 광물질의 비율이 감소한다. 결국 이러한 증기와 기화로 인해 표면 균열, 소와, 탄화, 분화구 등이 초래된다. 또한 유기물질의 기화시에 가스가 빠져나가면서 전반적인 다공성의 표면이 나타나고 광물질의 용융과 재고형화로 인해 구상이나 판상의 구조물이 형성된다. 본 연구에서도 Morlock 등<sup>39)</sup>이 보고한 모든 치근면 변화가 관찰되었는데 특히 치근면 탄화는 출력이 증가할수록 그 수와 직경이 증가하였고 일단 탄화된 부위는 레이저 흡수가 더 많아 레이저가 조사될수록

그 크기가 증가하는 현상을 보여 석영 섬유  
의 직경보다 더 큰 탄화부위가 형성되었으며  
동일 실험군간에도 변화에 차이를 보였다. 경  
조직의 색상, 질감, 물함량 및 다른 숙주요인  
등이 에너지 흡수정도에 영향을 미치기 때문  
에 단일출력에 대해 탄화 정도가 다르게 나  
타났으며, 반면 동일 실험군간에 표면 형태의  
차이는 경조직의 성분 차이에 기인할 수도  
있지만 치근면 활택술시에 불완전한 백악질  
제거나 과무기질화된 표면층 제거 실패등의  
실험적인 요인이 작용했다고도 할 수 있다.  
따라서 이런 예견할 수 없는 변수들이 레이  
저의 임상적인 사용을 부분적으로 제한한다  
고 할 수 있다. 게다가 Gopin과 Cobb<sup>56)</sup>의 조  
조직학적 연구에 의하면 레이저 조사후 치근면  
에 탄화부위가 잔존하여 연조직 재부착이 방  
해된다고 하였으므로 레이저 조사후 부가적  
으로 치근면활택술을 재시행해야만 하는 단  
점이 있다.

위에서 언급했듯이 표적조직에 전달된 레이  
저 에너지는 열형태로 방출되며 이러한 열효  
과는 레이저 침투 깊이와 밀접한 관련이 있  
다. 특히 1064nm의 Nd:YAG 레이저는 수산  
화인회석 뿐만 아니라 물에서 낮게 흡수되어  
그 결과 법랑질과 상아질을 더 깊숙히 확산  
해 들어가 결국 치수에 열을 가하기 때문에  
치근면 처치에 있어 레이저 조사에 의한 치  
수내온도 변화를 고려하는 것이 중요하다. 본  
연구에서는 1W, 1.5W, 2W, 3W, 4W 출력의  
레이저를 조사했을 때 각각  $2.23 \pm 0.71$ ,  $3.05 \pm$   
 $0.48$ ,  $4.35 \pm 0.61$ ,  $7.03 \pm 1.39$ ,  $9.75 \pm 0.84^\circ\text{C}$  증가  
하였으며 출력이 증가할수록 선형으로 증가  
하는 경향을 보였다. 이는 출력, 펄스 반복율  
및 노출시간이 증가할수록 치수온도 또한 증  
가한다는 White등<sup>57)</sup>의 연구결과와 일치하기  
는 하나 사용한 치아의 상아질 두께 차이 때  
문에 본 연구에서 다소 낮게 측정되었다.  
Zach와 Cohen<sup>58)</sup>에 의하면  $3.3^\circ\text{C}$ 의 온도 증가  
로 가역적인 조직학적 치수 변화가 야기되고

$5.5^\circ\text{C}$  증가로 검사치아의 15%에서 치수 생활  
력을 상실했다고 하였으므로 본 연구의 조건  
에서 2W 이상의 레이저 조사는 치수에 손상  
을 가할 수 있다고 추정할 수 있고 이는 도말  
층을 제거할 수 있는 출력이 임상적으로 적  
용했을때 치수와 치주조직에 손상을 야기할  
수 있다고 한 Smith<sup>59)</sup>등의 결과와 유사하다.  
더구나 비교적 작은 직경의 thermocouple을  
사용한 실험상의 한계와 근관을 형성한 실험  
상태와는 달리 임상 상태에서는 치아 주위  
조직이 열 분산을 막기 때문에 임상에서의  
치수내 온도 증가는 본 실험에서 측정된 온  
도보다 더 초과될 수 있으므로 열손상은 더  
욱 증가할 것이다.

그밖에 치근면에 대한 레이저 조사 효과에  
대한 다수의 보고가 발표되었는데 Cobb등<sup>40)</sup>  
은 레이저가 *A. actinomycetemcomitans*, *P.*  
*gingivalis*, *P. intermedia*의 수를 감소시키는  
장점이 있다고 하였고 Lin등<sup>41)</sup>과 Midda와  
Rendon-Harper<sup>42)</sup>도 유사한 결과를 보고하였  
다. 반면에 Trylovich등<sup>43)</sup>과 Tewfik등<sup>60)</sup> 및  
Thomas등<sup>61)</sup>은 레이저 조사된 치근면에서 섬  
유아세포 부착이 감소되고 Spencer등<sup>62)</sup>은 레  
이저가 단백질 대 광물질의 비를 감소시켜  
표면 단백질 파괴에 의한 부산물이 치면을  
오염시켜 세포 부착이 제한된다고 하였으며  
Abergel등<sup>44)</sup>은 교원질 합성, DNA 합성이 감  
소한다고 하였다. 그러나 이러한 표면변화가  
가역적인가 비가역적인가 아니면 결합조직  
신부착에 해로운가 잇점이 있는가는 여전히  
불분명하다.

이상의 연구결과에서 도말층 제거와 치근면  
처치를 목적으로 Nd:YAG 레이저를 활용할  
수 있는가를 노출된 상아세관의 수를 근거로  
하여 평가할 때 2W 이상의 레이저 조사가  
염산 테트라사이클린 보다 효과가 있음이 제  
시되었지만, 레이저에 의한 치근면 변화가 관  
찰되었고 이러한 치근면 변화가 연조직 재부  
착을 방해하며 평탄하고 부드러운 치근을 형



성하는 것이 치주치료의 목적이므로 치근면 활택술을 재시행해야 하는 단점이 있다. 또한 이 조건에서의 치수내 온도증가는 치수손상을 야기할 수 있고 비교적 작은 직경의 석영 섬유를 사용하는 Nd:YAG 레이저의 특성상 임상에서는 전 치면을 조사하기 위해 조사기간과 빈도수를 증가시켜야 하며 이로 인해 손상이 더 가중될 수가 있으므로 Nd:YAG 레이저를 임상적으로 활용하기에는 부적절하다고 할 수 있다. 향후에는 위에서 언급한 치근면 변화가 생체에서 가역적인가 비가역적인가 혹은 결합조직 신부착에 어떠한 효과를 미치는가에 대한 부가적인 연구와, 치근 표면과 치수에 대한 열손상을 감소시킬 수 있는 공기-물-분산 방식의 핸드피스를 사용하여 치근면 처치에 가장 효율적인 레이저 조사 출력과 펄스 빈도수, 노출시간 등을 규명할 수 있는 좀더 세분화된 연구가 필요하다고 사료된다.

## V. 결론

Nd:YAG 레이저가 치근면 처치에 있어서 도말층의 제거와 상아세관의 노출에 미치는 효과를 평가하기 위하여 과도한 치주염에 의해 발거된 단근치를 치근면 활택술만 시행한 군, 염산 테트라사이클린 처리군, 그리고 Nd:YAG 레이저 조사군으로 분류한 후, 주사전자현미경으로 치근면 변화를 비교 관찰하고 레이저 조사시에 치수 온도 변화를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치근면활택술만 시행한군에서는 큐렛에 의한 기구조작 흔적과 불규칙한 무정형의 도말층이 관찰되었고 상아세관의 노출은 없었다.
2. 염산 테트라사이클린 처리군에서는 비교적 부드러운 표면에 다양한 크기와 형태의 상아세관 입구와 collagen fibril 노출을

관찰할 수 있었다.

3. 레이저조사군에서는 편평한 표면에서부터 판상 구조물이 박리되는 변화상을 보이는 거친표면까지 다양한 표면형태를 가지면서 다수의 노출된 상아세관이 관찰되었고 일부에서는 치근면 탄화, 분화구 형성, 용융 및 재고형화 등의 치근면 변화가 관찰되었다.
4. 단위면적당( $100\mu\text{m}^2$ ) 노출된 상아세관의 수는 염산 테트라사이클린 처리군이 1.5W 이하 레이저 조사군에 비해 많았으나 1.5W와는 유의성이 없었고 2W 이상 레이저 조사군에 비해 현저히 적었다 ( $P<0.001$ ). 레이저 조사군간에는 유의성 있는 차이를 보였고 3W 조사군에서 가장 많았다.
5. 레이저 조사에 대한 치수내 온도 증가는 1W에서  $2.2^\circ\text{C}$ , 4W에서  $9.8^\circ\text{C}$ 로써 레이저 출력이 증가할수록 선형으로 증가하는 경향을 보였다.

이상의 연구결과로 치근면 처치를 목적으로 Nd:YAG 레이저를 활용할 수 있는가를 노출된 상아세관의 수를 근거로 하여 평가할 때 2W 이상의 레이저조사가 염산 테트라사이클린 보다 효과가 우수하였지만 치수손상을 야기할 정도의 치수내 온도증가가 나타나고 연조직의 부착을 방해할 수 있는 여러 치근면 변화로 인해 치근면 활택술을 재시행해야 하는 단점이 있어 임상적으로 활용하기에는 부적절하다고 사료된다.

## VI. 참고문헌

1. Stahl, S. S. : Repair potential of the soft tissue-root interface. J. Periodontol., 48 : 545-552, 1977.
2. Selvig, K. A. : Biological changes at the tooth saliva interface in periodontal disease. J. Dent. Res., 48 : 846-855,

- 1969.
3. Selvig, K. A., and Hals, E. : Periodontally diseased cementum studied by correlated microradiography, electron probe analysis and electron microscopy. *J. Periodont. Res.*, 12 : 419-429, 1977.
4. Aleo, J. J., DeRenzi, F. A., Faber, P. A., and Varboncoeur, A. P. : The presence and biologic activity of cementum bound endotoxin. *J. Periodontol.*, 45 : 672-675, 1974.
5. Fardal, O., and Lowenberg, B. : A quantitative analysis of the migration, attachment and orientation of human gingival fibroblasts to human dental root surfaces in vitro. *J. Periodontol.*, 61 : 529-535, 1990.
6. Polson, A. M., and Caton, J. : Factors influencing periodontal repair and regeneration. *J. periodontol.*, 53 : 617-625, 1982.
7. Ruben, M. P., and O'Leary, T. J. : The attachment of in vivo root planning in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved teeth. *J. Periodontol.*, 49 : 331-336, 1978.
8. Listgarten, M. A., Lindhe, J., and Hellden, L. : The effect of tetracycline and/or scaling in human periodontal disease - clinical, microbiological and histological observation. *J. Clin. Periodontol.*, 5 : 246-271, 1978.
9. 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 : 337-342, 1978.
10. Jones, W. A., Lozdan, J., and Boyde, A. : Tooth surfaces treated in situ with periodontal instruments. SEM studies. *British Dent. J.*, 132 : 337-342, 1972.
11. Pashely, D. H. : Smear layer : physiological considerations. *Operative Dent.*, Supplement, 3 : 13 -29, 1984.
12. Nishimire, D., and O'Leary, T. J. : Hand instrumentation versus ultrasonics in the removal of endotoxin from the root surface. *J. Periodontol.*, 50 : 345-349, 1979.
13. Hatfield, C. G., and Baumhammers, A. : Cytotoxic effects of periodontally involved surfaces of human teeth. *Arch. Oral. Biol.*, 16 : 456-468, 1971.
14. Polson, A. M., Frederick, G. T., Ladenheim, S., and Hanes, P. J. : The production of a root surface smear layer by instrumentation and its removal by citric acid. *J. Periodontol.*, 11 : 443-446, 1984.
15. Hanes, P. J., Polson, A. M., and Frederick, G. T. : Initial wound healing attachment to demineralized dentin. *J. Periodontol.*, 59 : 176-183, 1988.
16. Lasho, D. J., O'Leary, T. J., and Kafrawy, A. H. : A scanning electron microscopic study of the effects of various agent on instrumented periodontally involved root surface. *J. Periodontol.*, 54 : 210-220, 1983.
17. Sarbinoff, J. A., O' Leary, T. J., and Miller, C. H. : The comparative effectiveness of various agent in detoxifying diseased root surfaces. *J. Periodontol.*, 54 : 77-80, 1983.
18. Register, A., and Burdick, F. : Accelerated reattachment with cementogenesis to dentin demineralized in situ II, Defect repair. *J Periodontol.*,

- 47 : 497-505, 1967.
19. 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 : 95-99, 1988.
  20. Ririe, C. M., Crigger, M., and Selvig, K. A. : Healing of periodontal connective tissues following surgical wounding and application of citric acid in dogs. *J. Periodont. Res.*, 15 : 314-327, 1980.
  21. Garret, S., Criger, M., and Egelberg, J. : Effect of citric acid on diseased root surface. *J. Periodont. Res.*, 13 : 155-163, 1978.
  22. Sterett, J. and Merphy, H. : Citric acid burnishing of dentinal root surfaces. A scanning electron microscopy report. *J. Clin. Periodontol.*, 16 : 98-104, 1989.
  23. Smith, B. A., Mason, W. E., Morrison, E. C., and Caffesse, R. G. : The effectiveness of citric acid as an adjunct to surgical reattachment procedures in humans. *J. Clin. Periodontol.*, 13 : 701-708, 1986.
  24. Ryan, P. C., Newcomb, G. M., Seymour, G. J., and Powell, R. N. : The pulpal response to citric acid in cats. *J. Clin. Periodontol.*, 11 : 633-643, 1984.
  25. Bjorvatn, K., and Olsen, H. C. : The effect of penicillin and tetracycline containing medicaments on the microhardness of human dental enamel. *Acta Odontol. Scand.*, 10 : 299-305, 1982.
  26. Terranova, V. P., Fanzetti, L. C., Hic, S., and Lyall, R. M. : A biochemical approach to periodontal regeneration : Tetracycline treatment of dentin promotes fibroblast adhesion and growth. *J. Periodont. Res.*, 21 : 330-337, 1986.
  27. Wikesjo, U. M. E., Baker, P. J., Christersson, L. A., Genco, R. J., Lyall, R. M., Hic, S., Difilroi, R. M., and Terranova, V. P. : A biochemical approach to periodontal regeneration : Tetracycline treatment conditions dentin surface. *J. Periodont. Res.*, 21 : 322-329, 1986.
  28. Franz, B. J., and Polson, A. M. : Tissue interaction with dentin specimens after demineralization using tetracycline. *J. Periodontol.*, 59 : 714-721, 1988.
  29. Hans, 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 : 660-668, 1991.
  30. Wikesjo, U. M. E., Claffey, N., Christersson, L. A., Franzetti, L. C., Genco, R. J., Terranova, V. P., and Egelber, J. : Repair of periodontal furcation defects in beagle dogs following reconstructive surgery including root surface demineralization with tetracycline HCl and topical fibronectin application. *J. Clin. Periodontol.*, 15 : 73-80, 1988.
  31. Baker, P. J., Evans, R. T., Slots, J., and Genco, R. J. : Susceptibility of human oral anaerobic bacteria to antibiotics suitable for topical use. *J. Clin. Periodontol.*, 12 : 201-208, 1985.
  32. Maiman, T. H. : Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 187 : 493-494, 1960.

33. Stern, R. H., and Sognnaes, R. F. : Laser beam effect on dental hard tissue. *J. Dent. Res.*, 43 : 873-876, 1964.
34. Goldman, I., Gray, J., Goldman, J., Goldman, B., and Meyer, R. : Effect of laser beam impacts on teeth. *J. Am. Dent. Assoc.*, 70 : 601-606, 1965.
35. Miller, M., and Truhe, T., : Lasers in dentistry : an overview. *J. Am. Dent. Assoc.*, 124 : 32-35, 1993.
36. Wigdor, H., Abt, E., Ashrafi, S., and Walsh, J. T. Jr. : The effect of lasers on dental hard tissues. *J. Am. Dent. Assoc.*, 124 : 65-70, 1993.
37. Myer, T. D. : Lasers in Dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.*, 122 : 47-50, 1991.
38. Tseng, P., Gilkeson, C. F., Pearman, B., and Liew, V. : The effect of Nd:YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro. *J. Dent. Res.*, 70 : 657(Abstract), 1991.
39. Morlock, B. J., Pipping, D. J., Cobb, C. M., Killoy, W. J., and Rapley, J. W. : The effects of Nd:YAG laser exposure on root surface when used as an adjunct to root planing : An in vitro study. *J. Periodontol.*, 63 : 637-641, 1992.
40. 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 : 701-707, 1992.
41. Lin, P. P., Rosen, S., Beck, F. M., Matsue, M., and Horton, J. E. : A comparative effect of the Nd:YAG laser with root planing on subgingival anaerobes in periodontal pockets. *J. Dent. Res.*, 71 : 1547(Abstract), 1992.
42. Midda, M., and Renton-Harper, P. : Lasers in dentistry. *Br. Dent. J.*, 170 : 343-346, 1991.
43. Trylovich, D. J., Cobb, C. M., Pippin, D. J., Spencer, P., and Killoy, W. J. : The effects of the Nd:YAG laser on in vitro fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces. *J. Periodontol.*, 63 : 626-632, 1992.
44. Abergel, R. P., Meeker, C. A., Dwyer, R. M., Lesavoy, M. A., and Uitto, J. : Non-thermal effects of Nd:YAG laser on biological functions of human skin fibroblasts in culture. *Laser Surg. Med.*, 4 : 279-284, 1984.
45. Tani, Y., and Kawada, H. : Effects of laser irradiation on dentin. I. Effect on smear layer. *Dent. Mater. J.*, 6 : 127-134, 1987.
46. Ito, K., 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 : 547-552, 1993.
47. Albair, W. B., Cobb, C. M., and Killoy, W. J. : Connective tissue attachment to periodontally diseased roots after citric acid demineralization. *J. Periodontol.*, 53 : 518-526, 1982.
48. Eick, J. D., Wildo, R. A., Anderson, C. H., and Sorensen, S. E. : Scanning electron microscopy of cut for tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J. Dent. Res.*, 49 : 1359-1368, 1970.
49. Wilkinson, R. F., and Maybury, J. E. : Scanning electron microscopy of the root

- surface following instrumentation. J. Periodontol., 44 : 559-563, 1973.
50. Baker, P. J., Evans, R. T., Coburn, R. A., and Genco, R. J. : Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from the tooth surface in active form. J. Periodontol., 54 : 580-585, 1983.
51. Gomes, B. C., Golub, L. M., and Ramamurthy, N. S. : Tetracyclines inhibit parathyroid hormone-induced bone resorption in organ culture. Experientia, 40 : 1273-1275, 1984.
52. Golub, L. M., and Ramamurthy, N. S. : Tetracyclines inhibit tissue collagenase activity. A new mechanism in the treatment of periodontal disease. J. Periodontol. Res., 19 : 651-655, 1984.
53. 류성훈, 문진균, 김 형섭 : Tetracycline Hydrochloride 적용 방법에 따른 치근면 표면 형태 변화의 연구. 대한치주과학회지, 25 : 76-88, 1995.
54. Garberoglio, R., and Brannstrom, M. : Scanning electron microscopic investigation of human dental tubules. Arch. Oral. Biol., 21 : 355-362, 1976.
55. Hess, J. A. : Scanning electron microscopic study of laser-induced morphologic changes of a coated enamel surface. Lasers Surg. Med., 10 : 458-463, 1990.
56. Gopin, B. W., Cobb, L. M., Rapley, J. W., and Killoy, W. J. : Histologic evaluation of surgical flap attachment to roots of teeth following CO<sub>2</sub> laser irradiation(unpublished results)
57. White, J. M., Fangan, M. C., and Goodis, H. E. : Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, In Vitro. J. Periodontol., 65 : 255-259, 1994.
58. Zach, L., and Cohen, G. : Pulp response to externally applied heat. Oral Surg. Oral. Med. Oral. Pathol., 19 : 515-528, 1965.
59. Smith, P. W., Arrastia, A. A., Schell, M. J., Liaw, L., Grill, G., and Berns, M. W. : Effect of Nd:YAG laser irradiation and root planing on the root surface : Structural and thermal effects. J. Periodontol., 66 : 1032-1039, 1995.
60. Tewfik, H. M., Garnick, J. J., Schuster, G. S., and Sharawy, M. M. : Structural and functional changes of cementum surface following exposure to a modified Nd:YAG laser. J. Periodontol., 65 : 297-302, 1994.
61. Thomas, D., Rapley, J., Cobb, C., Spencer P., and Killoy, W. : Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on in vitro fibroblast attachment to root surfaces. J. Clin. Periodontol., 21 : 38-44, 1994.
62. Spencer, P., Trylovich, D. J., and Cobb, C. M. : Chemical characterization of lased root surfaces using fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. J. Periodontol., 63 : 633-636, 1992.

## 사진부도 설명

1. Surface of root planed specimen( $\times 2000$ ).  
The instrumented surface appeared even, irregular, amorphous and had parallel scratches produced by the curette stroke. 그림 1.
2. Surface of root planed specimen( $\times 2000$ ).  
Large amount debris were present, obscuring the tubule openings and constituting a smear layer due to instrumentation. 그림 2.
3. Surface of Tetracycline HCl(burnished for 5 minutes) treated specimen after root planing( $\times 500$ ).  
The specimen shows relatively smooth surface with mat-like texture and numerous dentinal tubule orifices. 그림 3.
4. Surface of Tetracycline HCl(burnished for 5 minutes) treated specimen after root planing( $\times 2000$ ).  
Dentinal tubules of various shapes and sizes were observed in exposed dentin surface. 그림 4.
5. Surface of Tetracycline HCl(burnished for 5 minutes) treated specimen after root planing( $\times 2000$ ).  
Structure resembling collagen fibrills were occasionally observed within the dentinal tubules. 그림 5, 6.
6. Surface of laser-irradiated specimen with 1W of power(100mJ/pulse) after root planing( $\times 5000$ ).  
A layer of debris, presumably the remains of smear layer and a few dentinal tubules were observed in exposed dentinal surfaces. 그림 7, 8.
7. Surface of laser-irradiated specimen with 1W of power(100mJ/pulse) after root planing( $\times 5000$ ).  
Microfracturing around dentinal tubules were observed in some specimen. 그림 9.
8. Surface of laser-irradiated specimen with 1W of power(100mJ/pulse) after root planing( $\times 5000$ ).  
A Few dentinal tubules of oval shapes were observed in crater surface. 그림 10.
9. Surface of laser-irradiated specimen with 1.5W of power(150mJ/pulse) after root planing( $\times 5000$ ).  
The specimen exhibited irregular surface with peeling of remaining cementum and dentin as amorphic sheets and orifice of dentinal tubules. 그림 11, 12.
10. Surface of laser-irradiated specimen with 1.5W of power(150mJ/pulse) after root planing( $\times 7500$ ).  
The patent dentinal tubules were observed in crater surface. 그림 13.
11. Surface of laser-irradiated specimen with 1.5W of power(150mJ/pulse) after root planing( $\times 3500$ ).  
The globules of melted and resolidified root mineral were observed in crater surface. 그림 14.
12. Surface of laser-irradiated specimen with 2W of power(200mJ/pulse) after root planing( $\times 2000$ ,  $\times 5000$ ).  
The specimens displays a relatively flat surface with many exposed dentinal tubules. 그림 15, 16.
13. Surface of laser-irradiated specimen with 2W of power(200mJ/pulse) after root planing( $\times 10000$ ).  
Numerous patent dentinal tubules of round shapes were observed in crater surface. 그림 17.

14. Surface of laser-irradiated specimen with 2W of power (200mJ/pulse) after root planing( $\times 1000$ ).  
Numerous scattered globules of resolidified root mineral were observed in porous crater surface, 그림 18.
15. Surface of laser-irradiated specimen with 3W of power(300mJ/pulse) after root planing( $\times 2000$ ,  $\times 5000$ ).  
Many exposed dentinal tubules with long orifice were visible. 그림 19, 20.
16. Surface of laser-irradiated specimen with 3W of power(300mJ/pulse) after root planing( $\times 7500$ ).  
Many exposed dentinal tubules of various sizes were observed in crater surface. 그림 21, 22.
17. Surface of laser-irradiated specimen with 3W of power (300mJ/pulse) after root planing( $\times 3500$ ).  
The typical lava-like texture by melt-down and resolidification of root mineral were observed in crater surface. 그림 23.
18. Surface of laser-irradiated specimen with 3W of power (300mJ/pulse) after root planing( $\times 1000$ ).  
The surface shows cracking and fissuring in extensive area. 그림 24.

## 사진부도( 1 )



그림 1

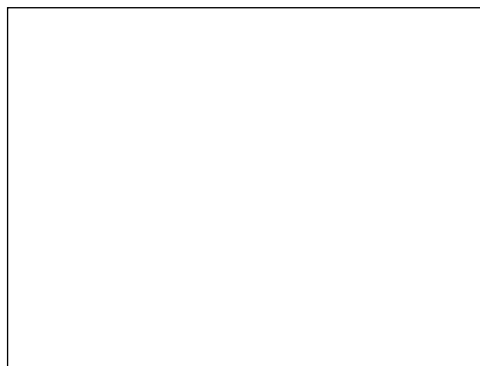


그림 2

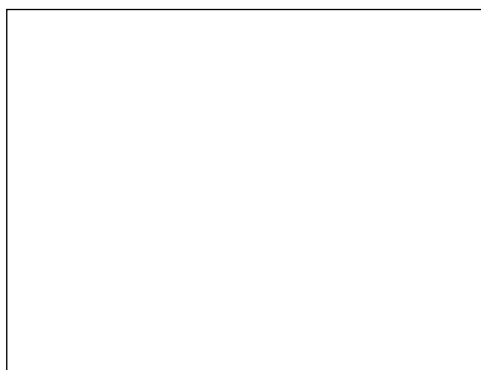


그림 3

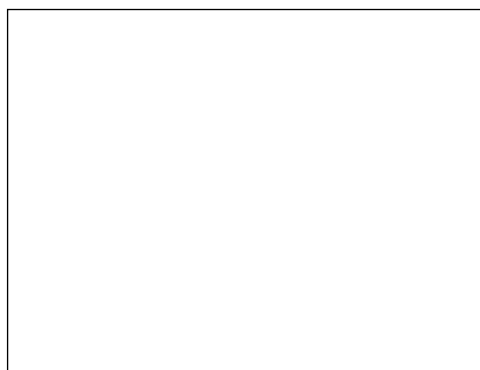


그림 4



그림 5

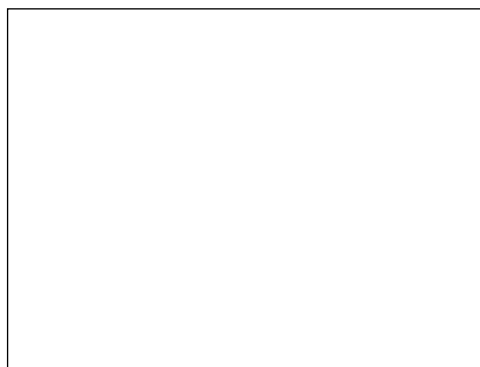


그림 6



## 사진부도( Ⅱ )

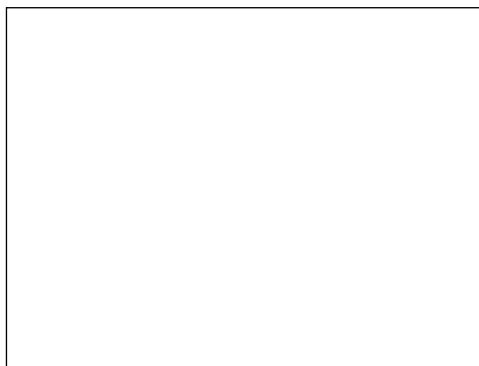


그림 7

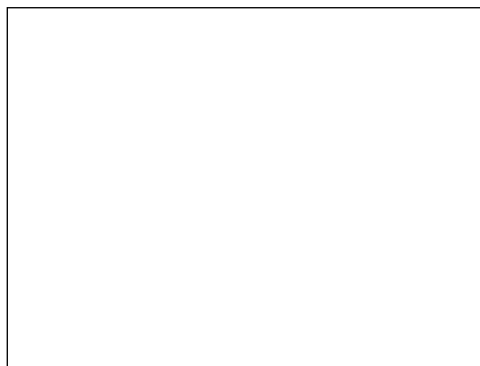


그림 8

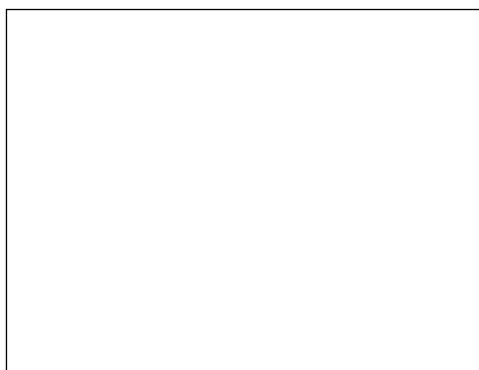


그림 9



그림 10

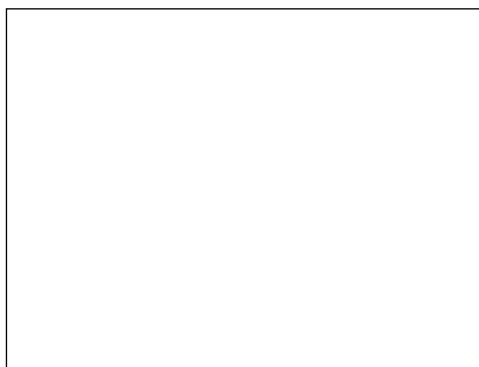


그림 11



그림 12

### 사진부도( Ⅲ )

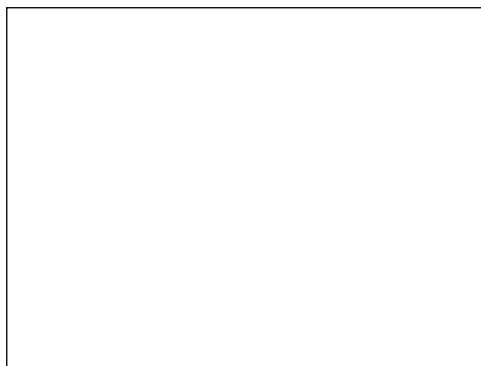


그림 13

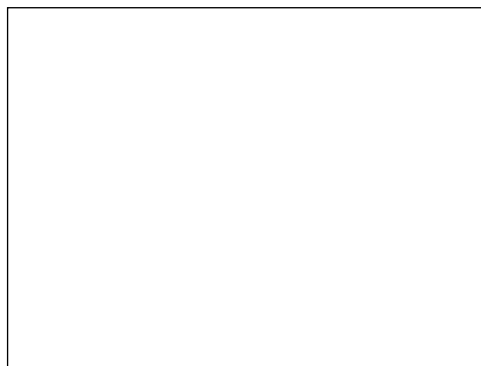


그림 14

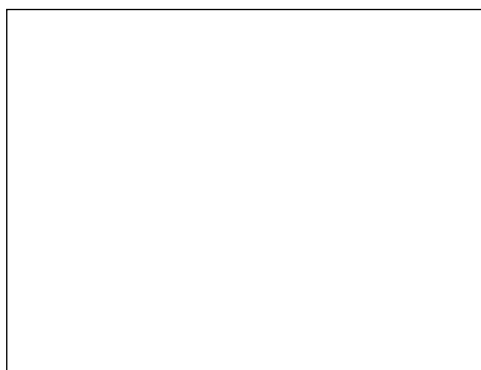


그림 15



그림 16



그림 17

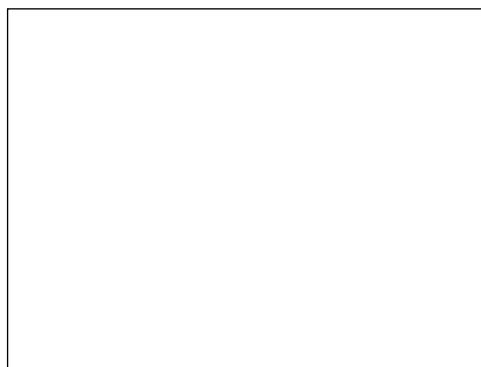


그림 18

## 사진부도(Ⅳ)



그림 19

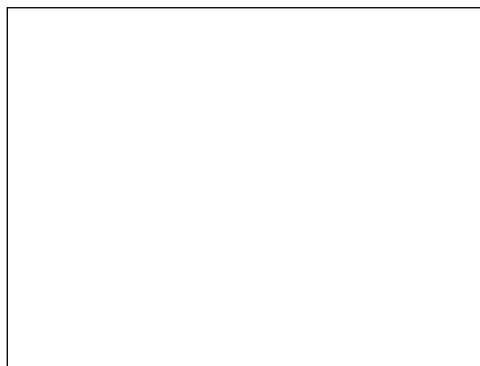


그림 20

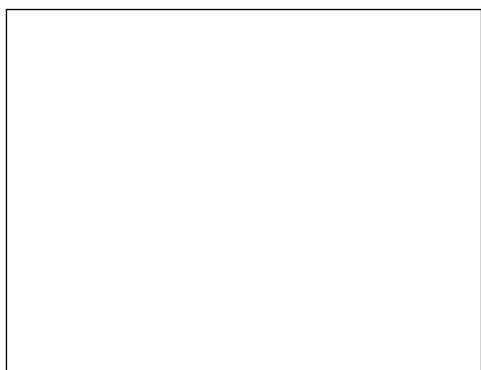


그림 21



그림 22



그림 23



그림 24

## **The Effects of Nd:YAG Laser Irradiation on the Root Surface : A Scanning Electron Microscopic Study**

Su-Jeong Lee, Soo-Ah Kim, Seok-Ran Seo, Hyung-Seop Kim

Department of Periodontology, College of Dentistry, Chon-buk National University

The purpose of this study was to evaluate the in vitro effects of Nd:YAG laser irradiation on removal of a root surface smear layer after root planing in comparison with Tetracycline HCl.

The 60 extracted human teeth due to severe periodontal disease were vigorously scaled and root planed with Gracey curet. Thirty specimen( $5 \times 5 \times 2$ mm) were obtained from root planed surface of 30 human teeth and assigned randomly to one of three groups : root planed group(5 specimen), Tetracycline HCl group(5 specimen, burnished for 5 minutes), and Nd:YAG laser group(25 specimen, German Dental Laser, Fotona Twinlight). Nd:YAG laser group was divided into 4 subgroups according to power of 1W, 1.5W, 2W, 3W at frequency to 10Hz. The specimen were then fixed, and examd by Scanning electron microscopic study. 30 of 60 human teeth used to measurement of the intrapulpal temperature rise during laser irradiation.

Laser-irradiated surface exhibited various surface texture from relative flat surface to irregular surface with patent dentinal tubules of various shape and size. In some area, the root surface alteration which are carbonization, pit and crater formation and melting and resolidification were observed. The number of exposed dentinal tubules per unit( $100\mu\text{m}^2$ ) on tetracycline HCl group was more than that in the laser group below 1.5W of power(150mJ/pulse) and was significantly less than that in laser group above 2W of power(200mJ/pulse)( $P < 0.001$ ). As power increased the intrapulpal temperature rise also increased.

The result suggested that the parameter which effectively remove root surface smear layer than tetracycline HCl may cause thermal damage to pulp and root surface alteration result from laser exposure would indicate need for additional instrumentation. Thus, Nd:YAG laser irradiation in these parameter may not be appropriate for clinical use as adjunct to conventional periodontal therapy