

# 산부식과 CO<sub>2</sub> 및 Nd:YAG 레이저 조사에 따른 상아질 표면의 변화

부산대학교 치과대학 구강내과학 교실

이재학 · 박준상 · 고명연

## 목 차

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 연구방법
- III. 연구결과
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

## I. 서 론

레이저(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)는 활성매질에서 유도방출된 빛이 공명기에 의해 증폭되어 레이저 광전달계를 통해 나온 동일 파장을 지닌 단색성, 지향성, 고휘도성의 특징을 가진 빛으로서, 1917년 Albert Einstein<sup>1)</sup>이 특정 조건하의 매질에 빛을 비추면 똑같은 파장을 지닌 빛이 더 많이 방출된다는 레이저의 기본 원리를 제시한 이후, 1960년 Maiman<sup>2)</sup>이 인공 핑크루비결정체와 섬광등을 사용하여 적색빛을 내는 루비레이저를 개발한 이래 여러 매질을 이용한 다양한 종류의 레이저가 개발되었다.

그중 Nd:YAG 레이저는 활성 매질인 Yttrium-Aluminum-Garnet결정체에 Neodymium원소를 도금한 것으로서, 파장이 1,064nm로 근적외선에 속하며 광전달계로는 대개 지름이 200-320 $\mu$ m의 광섬유를 이용하고 있으며<sup>3,4)</sup>, CO<sub>2</sub>레이저는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 질소(N<sub>2</sub>), 및 헬륨(He)가스의 혼합물을 매질로 이용하

며 파장이 10,600nm로 원적외선에 속하며 광전달계는 도파관이나 접합팔 전달방식을 취하며 비접촉식으로 사용된다<sup>3)</sup>.

현재까지 개발된 다양한 종류의 레이저는 의학, 치의학, 통신,정밀과학, 기초과학 및 정밀가공 등 다양한 분야에서 이용되고 있다<sup>5)</sup>. 의료분야에서 레이저의 이용은 안과영역에서의 망막치료에 최초로 도입된 이래 각종 질환의 진단 및 치료에 널리 사용되고 있다<sup>6,7)</sup>. 치의학 분야에서는 1964년 Goldman등<sup>8)</sup>이 발겨된 치아에 루비 레이저를 조사하여 와동형성의 가능성을 최초로 보여준 이래, 치수에 열 손상을 유발하지 않는 레이저 개발로 치아 경조직에 대한 연구가 활발해졌다. 치아 경조직에 레이저를 적용시키는 것과 관련된 연구방향은 와동형성, 내산성 증가, 지각파민증의 완화, 레진 충전물의 유지력 증가에 관한 것이다.

이와 관련된 연구로 Gordon<sup>9)</sup>, Kinersly등<sup>10)</sup>은 루비 레이저를, Brune<sup>11)</sup>, Scheinin과 Kantola<sup>12)</sup>는 CO<sub>2</sub>레이저를 이용하여 와동을 형성하는 실험을 보고하였고, 1965년 Stern과 Sognnaes<sup>13)</sup>가 레이저가 조사된 부위에서 내산성이 증가되는 현상을 발견하여 처음으로 레이저에 의한 치아우식증 예방의 가능성을 시사한 이후 루비레이저<sup>14)</sup>, CO<sub>2</sub>레이저<sup>15-20)</sup>, 아르곤레이저<sup>21,22)</sup>, Nd:YAG레이저<sup>23-25)</sup>, Er:YAG레이저<sup>26)</sup>를 이용한 법랑질과 상아질의 내산성 변화가 보고된 바 있다. 또한 Dederich등<sup>27)</sup>, Cooper등<sup>28)</sup>은 레이저가 조사된 상아질 표면의 용융과 재결정화에 관한 주사전자현미경소견을, Featherstone등<sup>29)</sup>은 상아질의 구조적, 화학적인 성분변화에 관하여 보고하였다.

국내에서는 김과 이<sup>30)</sup>가 CO<sub>2</sub>레이저조사가 법랑질

의 내산성 변화에 미치는 영향에 관하여, 조등<sup>31)</sup>이 주사전자현미경을 이용해 Nd:YAG레이저 조사가 노출된 치근상아질에 미치는 물리적 변화에 관하여, 민과손<sup>32)</sup>이 Nd:YAG레이저 조사가 불화석 국소도포에 미치는 효과에 관하여, 모와 양<sup>33)</sup>은 Nd:YAG레이저 조사와 불소도포가 법랑질의 내산성 변화에 미치는 영향에 관하여, 이와 이<sup>34)</sup>는 CO<sub>2</sub>레이저를 이용한 치아 우식 억제효과에 대하여, 이와 기<sup>35)</sup>는 Nd:YAG레이저를 이용한 치아의 내산성에 대하여, 손등<sup>36)</sup>은 Nd:YAG 레이저조사에 따른 상아질의 물리적, 화학적 변화에 대하여 보고하였지만 치관 상아질의 산부식처리 전, 후에 레이저를 조사하였을 때 레이저 조사후 산부식처리를 시켰을 때 상아질의 변화에 대한 보고는 거의 없는 실정이다.

이에 저자는 발거된 건전치아를 대상으로 산부식처리와 CO<sub>2</sub>레이저 및 Nd:YAG레이저의 조사에 따른 효과를 보기 위하여, 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)과 에너지분산분광기(Energy Dispersive X-ray Spectrometer, EDS)를 이용한 상아질 표면의 형태 및 성분변화를 관찰하고 분석하여 수복과 내산성에 미치는 영향에 관하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 실험재료

육안 및 방사선 사진 검사로 우식이나 결함이 없는 20-32세 성인에서 발거된 하악제3대구치 15개를 실험재료로 하였으며, 치면에 부착된 치태와 연조직을 제거하고 정류된 물로 세척한 후 보관하였다.

### 1) 시편제작

실험치아를 표준구내방사선사진으로 법랑-상아질 경계와 치수강의 위치를 확인한 후, 고밀도의 다이아몬드 톱날을 장착한 경조직 절단기인 Minitom (Struers, Copenhagen, Denmark)을 이용하여 각 치아를 치관 상아질의 중심부위에 해당하는 치관의 중간 1/3부위에서 치아장축에 직각으로 절단하여, 상하 대칭의 쌍으로 된 2.0±0.5mm두께의 시편을 제작하였다. 한 치아당 2개씩 시편을 제작한 후 상,하 마주보는 표면을 실험에 사용하였다. 15개의 치아를 대상으로 총 30개의 시편을 제작한 후 상태가 양호한 15개의 시편을 무작위로 선택하였으며, 실험에 사용할 표면은 연마기 (RotoPol-22, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 6μm 까지 최종 연마하였다.

### 2) 산부식 처리

제작된 시편에 10weight% maleic acid (3M Scotchbond Multipurpose Etchant, Minnesota, U.S.A.)를 15초 동안 적용한 후 15초 동안 정류된 물로 세척하고 5초 동안 air syringe로 건조시켰다.

### 3) 레이저 조사

파장 10,600nm인 슈퍼펄스형 CO<sub>2</sub>레이저(UM30, Union Medical, Seoul, Korea)를 이용하여, 조사시간 0.01초, 출력범위 0.5-10W (7J/cm<sup>2</sup>-140J/cm<sup>2</sup>)로 정상 상아질에 초점크기 0.3mm로 정초점 조사하였다. 또한 조사시간 0.01초, 출력1, 3, 5, 7, 10W(14, 42, 70, 98, 140J/cm<sup>2</sup>)로 정초점 조사후 산부식을 시행하였고, 동일 조사조건으로 산부식 처리된 상아질에 레이저를 조사하였다(표 1).

파장 1,064nm인 pulsed Nd:YAG 레이저(Sunrise Technology Inc., Fremont, U.S.A.)를 10Hz에

Table 1. Numbers of the examined dentin sites according to the various conditions

Condition Laser	Normal	Etching only	Lasing only	Lasing before etching	Lasing after etching
CO <sub>2</sub> (7 - 140 J/cm <sup>2</sup> )	9	9	48	15	15
Nd:YAG (156 - 280 J/cm <sup>2</sup> )	9	9	9	9	9

### 2. 실험방법

1.25W(156J/cm<sup>2</sup>), 1.75W(218J/cm<sup>2</sup>) 및 2.25W(280J/cm<sup>2</sup>) 출력으로 직경 320 $\mu$ m 광섬유를 통하여 접촉식으로 3-4mm/sec속도로 각 펄스가 점상으로 연속되게 정상 상아질과 산부식 처리된 상아질에 레이저를 조사하였고, 레이저가 조사된 정상 상아질에 산부식을 시행하였다(표 1).

4) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope) 소견 및 에너지분산분광기(Energy Dispersive Spectrometry)분석

각 시편의 표면을 금(Au)으로 피복한 후 주사전자현미경(S-4200, Hitachi, Japan)으로 관찰하고, 에너지분산분광기(Kevex Superdry, Fisons, U.S.A.)를 이용하여 Ca와 P 원소비율의 변화를 정성분석 하였다.

III. 연구결과

1. 정상 상아질

육안소견에서 표면은 매끈하고 노란 색조를 띠고 있었다.

SEM소견에서 연마 후 정상 상아질의 표면은 smear layer로 덮여서 상아세관사이 상아질(intertubular dentin)의 표면은 거친 양상을 보였다. 대부분의 상아세관(dentinal tubule)도 smear layer에 의해 막혀 있었다(그림1, 2).

EDS분석에서 정상상아질의 Ca/P 비는 3.1 $\pm$ 1.4로 나타났다.

2. 산부식 상아질

육안소견에서 10% maleic acid로 15초간 부식된 상아질 표면은 약간 거칠고 뿌옇게 보였다.

SEM소견에서 상아질 표면의 smear layer가 완전히 제거되어 상아세관사이 상아질은 매끈하였다. 상아세관 입구는 완전히 개방되고 상아세관 주위 상아질(peritubular dentin)은 관찰되지 않았다(그림3, 4).

EDS분석에서 Ca/P 비는 2.8 $\pm$ 1.3으로 정상 상아질보다 낮았다.

3. CO<sub>2</sub> 레이저

1) 정상상아질에 레이저 조사

육안소견에서 0.5W(7J/cm<sup>2</sup>)와 1W(14J/cm<sup>2</sup>)로 조사된 조사점(spot)은 희미한 검은 등근 경계선만을 보였고, 2W(28J/cm<sup>2</sup>)와 3W(42J/cm<sup>2</sup>)에서는 뚜렷한 검은 등근 경계선과 검은 점상의 중심부가 관찰되었다. 4W(56J/cm<sup>2</sup>)와 5W(70J/cm<sup>2</sup>)에서는 조사점의 대부분이 검게 변화했으나 약간의 부위에서는 변화가 없었다. 6W(84J/cm<sup>2</sup>)이상에서는 조사점 전체가 검은색의 등근 점으로 보였고 에너지밀도가 높아질수록 검은색이 짙어졌다(그림 5).

SEM소견에서 7J/cm<sup>2</sup>와 14J/cm<sup>2</sup>로 조사된 조사점의 중심부는 정상상아질의 표면과 유사한 소견을 보였으나 상아세관의 폐쇄는 증가하였다.

주변부의 smear layer는 부분적으로 용융되어 거친 표면을 보였다(그림 6, 7). 28J/cm<sup>2</sup>와 42J/cm<sup>2</sup>에서 조

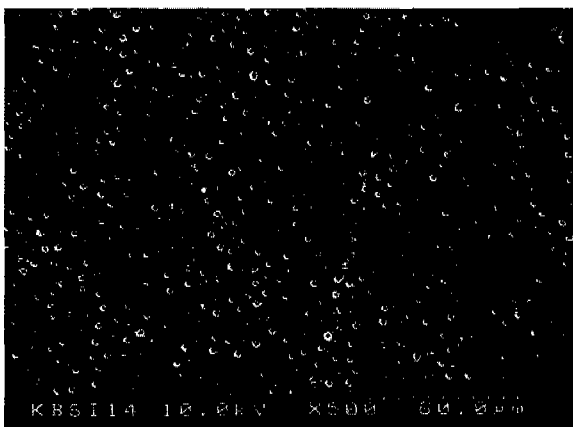


Fig. 1. Magnification  $\times$  500



Fig. 2. Magnification  $\times$  5,000

Fig. 1, 2. Dentin surface after polishing with 6 $\mu$ m polishing cloth. The smear layer occludes the dentinal tubules.

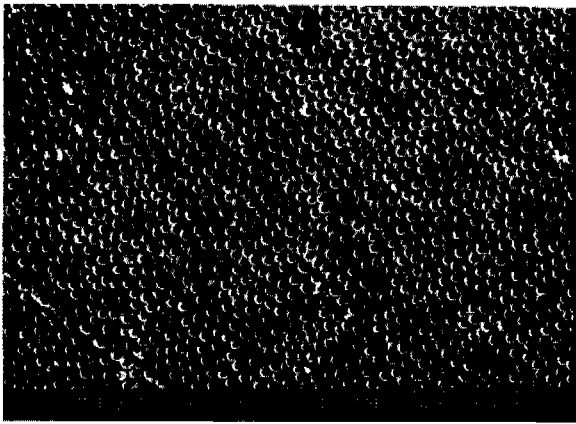


Fig. 3. Magnification  $\times 500$



Fig. 4. Magnification  $\times 5,000$

Fig. 3, 4. Dentin surfaces treated with 10% maleic acid for 15 seconds showing complete removal of smear plugs and wider tubules openings. The absence of smear layer shows relative smooth intertubular dentin. There is no superficial presence of peritubular dentin.

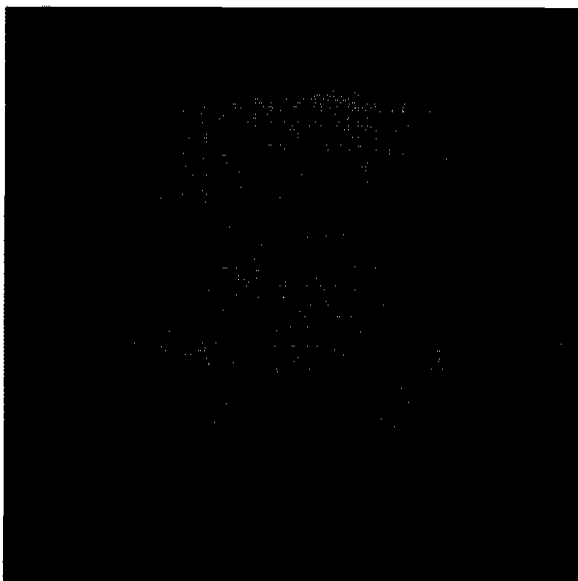


Fig. 5. Dentin disc irradiated with the various parameters of CO<sub>2</sub> laser.

- 1: 7J/cm<sup>2</sup>, 2: 14J/cm<sup>2</sup>, 3: 28J/cm<sup>2</sup>,
- 4: 42J/cm<sup>2</sup>, 5: 56J/cm<sup>2</sup>, 6: 70J/cm<sup>2</sup>,
- 7: 84J/cm<sup>2</sup>, 8: 98J/cm<sup>2</sup>, 9: 112J/cm<sup>2</sup>,
- 10: 128J/cm<sup>2</sup>, 11: 140J/cm<sup>2</sup>

사점의 중심부는 용융된 smear layer로 덮혀 있고, 중간부는 용융되지 않은 smear layer로 대부분의 상아

세관이 폐쇄되었다. 주변부에서 용융된 구상체(melted mineral globule)가 관찰되었고 특히, 42J/cm<sup>2</sup>에서는 균열(crack)이 시작되었다(그림 8, 9). 56J/cm<sup>2</sup>, 70J/cm<sup>2</sup>와 84J/cm<sup>2</sup>에서 조사점의 중심부와 주변부는 용융된 구상체로 덮여 있고, 중간부는 매우 좁아져 있고, 조사점 전체에 걸친 균열이 관찰되었다(그림 10). 98J/cm<sup>2</sup>, 112J/cm<sup>2</sup>, 126J/cm<sup>2</sup> 및 140J/cm<sup>2</sup>에서 조사점 전체에 걸쳐 용융된 구상체와 균열이 형성되어 다공성의 거친 표면이 관찰되었다(그림 11). 7J/cm<sup>2</sup>에서 140J/cm<sup>2</sup>까지의 SEM 소견에 관한 요약은 <표 2>와 같다.

Ca/P 비는 정상상아질에 비해 감소였으나, 산부식 처리된 상아질에 비해 증가하였다(표 3).

## 2) 레이저 조사 후 10% maleic acid로 부식 처리된 상아질

육안소견에서 레이저가 조사된 부위는 정상 상아질에 레이저 조사한 것 보다 전반적으로 탄화된 검은 면이 연하게 보였다.

SEM소견에서 14J/cm<sup>2</sup>의 경우 산부식 처리에 의해 smear layer는 제거되었으나 상아세관주위 상아질은 온전하게 남아 돌출되어 있었다(그림 12). 42J/cm<sup>2</sup>의 경우, 상아세관사이 상아질의 표면은 변화가 없었으나, 상아세관 입구를 막고 있는 잔류물(plug)은 제거되어 상아세관이 개방되었다(그림 13). 70J/cm<sup>2</sup>, 98J/cm<sup>2</sup> 및 140J/cm<sup>2</sup>의 경우, 산부식 처리에 대한 표면의 변화는 관찰할 수 없었다(그림 14).

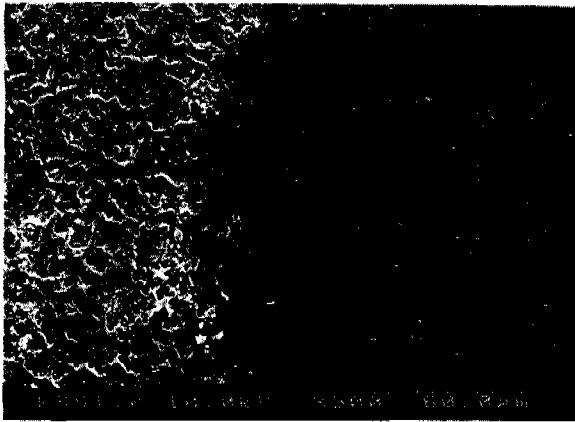


Fig. 6, Magnification × 500



Fig. 7, Magnification × 5,000

Fig. 6, 7. Dentin surface irradiated at 7J/cm<sup>2</sup> and 14J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. The appearance of the smear layer over the intertubular dentin in the central area is very similar to that found in the normal dentin surface. An initial melting of the smear layer over the intertubular dentin in the peripheral area is occurring.



Fig. 8, Magnification × 500

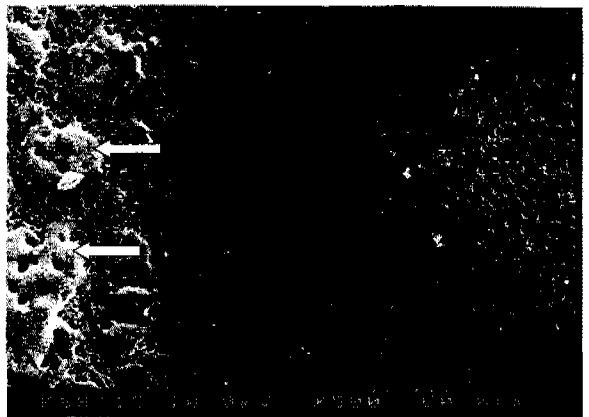


Fig. 9, Magnification × 500

Fig. 8, 9. Dentin surface irradiated at 28J/cm<sup>2</sup> and 42J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. The melting of the smear layer over the intertubular dentin in the central and peripheral area is occurring. The obstruction of dentinal tubules in the intermediate area is obvious. Note the presence of cracks (solid arrow) and melted mineral globules (empty arrows) in the peripheral areas.

Ca/P 비는 정상상아질에 비해 감소하였으나 산부식 처리된 상아질에 비해 변화가 없었다(표 3).

3) 10% maleic acid로 부식 처리된 상아질에 레이저 조사

육안소견에서 레이저 조사된 부위는 정상 상아질에 형성된 소견과 동일하였다.

SEM소견에서 14J/cm<sup>2</sup>의 경우, 모든 상아세관은 완전히 개방되어 있고 세관주위 상아질은 주변 상아질과 분리되어 잔존하며 상아세관사이 상아질의 표면은 유기질 성분의 선택적 제거로 무기질 성분만이 잔류하여 거칠어 졌다(그림 15, 16). 42J/cm<sup>2</sup>의 경우, 세관주위 상아질을 포함하여 상아세관사이 상아질의 전반적인 제거(ablation)로 상아세관은 확대되고 표면은

**Table 2.** SEM findings of the dentin surface irradiated with CO<sub>2</sub> laser

Energy density	Obstruction of dentinal tubule	Smear layer on intertubular dentin	Melting area	Presence of melted mineral globule	Crack
7J/cm <sup>2</sup>	partial	c, i : present p : melting	p	none	absent
14J/cm <sup>2</sup>	c, i : most p : partial	c, i : present p : melting	p	none	absent
28J/cm <sup>2</sup>	most	i : present c, p : melting	p, c	p	absent
42J/cm <sup>2</sup>	most	i : present c : melting p : absent	p, c	p	p
56J/cm <sup>2</sup>	most	i : present c, p : absent	p, c	p, c	entire
70J/cm <sup>2</sup>	most	i : present c, p : absent	p, c	p, c	entire
84J/cm <sup>2</sup>	most	i : present c, p : absent	p, c	p, c	entire
98J/cm <sup>2</sup>	most	absent	entire	entire	entire
112J/cm <sup>2</sup>	most	absent	entire	entire	entire
126J/cm <sup>2</sup>	most	absent	entire	entire	entire
140J/cm <sup>2</sup>	most	absent	entire	entire	entire

c : center of irradiated spot  
 i : intermediate of irradiated spot  
 p : periphery of irradiated spot

**Table 3.** Changes of Ca/P ratio of the various treated dentin by EDS analysis

Conditions	Ca/P ratio to Normal Dentin	Ca/P ratio to Etched Dentin
CO <sub>2</sub> lasing	-	+
CO <sub>2</sub> lasing, then etching	-	+/-
Etching, then CO <sub>2</sub> lasing	NA	+
Nd:YAG lasing	-	+
Nd:YAG lasing, then etching	-	+
Etching, then Nd:YAG lasing	NA	+

- : decreased Ca/P ratio  
 + : increased Ca/P ratio  
 NA: not available data

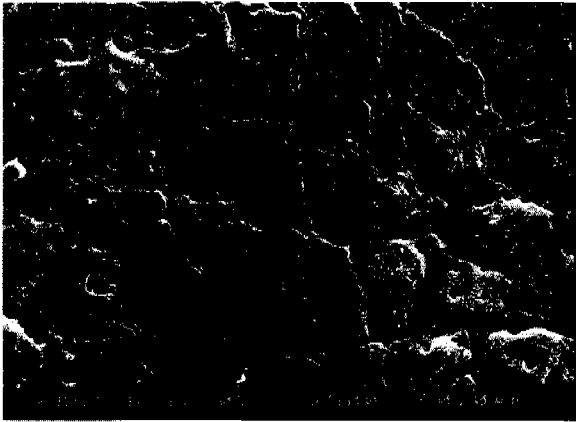


Fig. 10. Dentin surface irradiated at 70J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. There are many melted mineral globules in the central and peripheral area. Note the narrowing of the Intermediate area. Magnification × 500

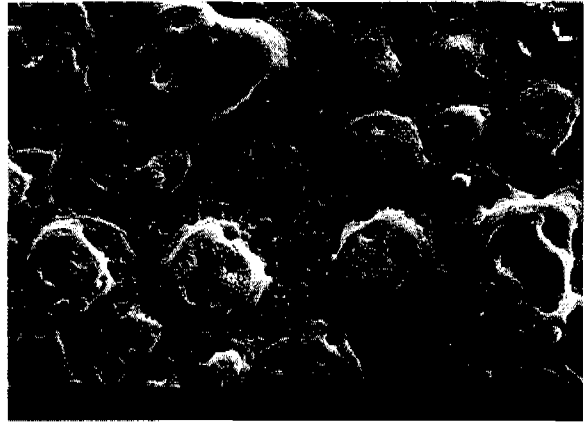


Fig. 11. Dentin surface irradiated at 98J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. There are many melted mineral globules and cracks in the entire surface. Note the rough surface with many porosities. Magnification X 500



Fig. 12. Dentin surface irradiated at 14J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser and then treated with 10% maleic acid. Smear layer over the intertubular dentin is removed. There are dentinal projections around the tubule orifices. Magnification × 5,000

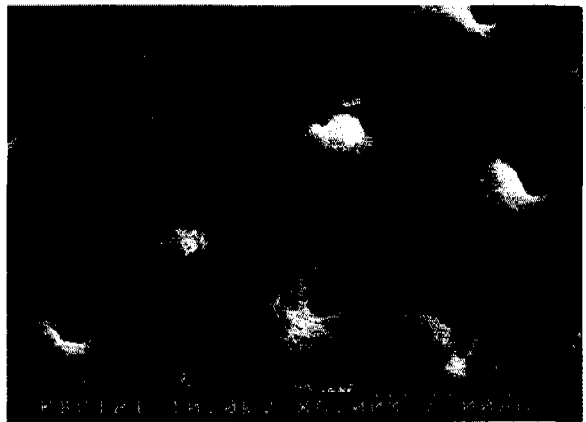


Fig. 13. Dentin surface irradiated at 42J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser and then treated with 10% maleic acid. Smear layer over the intertubular dentin remains. Note wide opened dentinal tubules without plugs. Magnification × 6,000

거칠어 졌다(그림 17, 18). 70J/cm<sup>2</sup>, 98J/cm<sup>2</sup> 및 140J/cm<sup>2</sup>의 경우, 정상 상아질에 레이저 조사된 표면과 동일한 소견이 관찰되었다(그림 19).

Ca/P 비는 산부식 처리된 상아질에 비해 증가하였다(표 3).

#### 4. Nd:YAG 레이저

##### 1) 정상상아질에 레이저 조사

육안소견으로 10Hz, 1.25W(156J/cm<sup>2</sup>)에서는 레이저 조사 부위가 거의 관찰되지 않았고, 1.75W(218J/cm<sup>2</sup>)에서는 약간의 탄화된 검은 점이 희미하게 보였고,

2.25W(280J/cm<sup>2</sup>)에서는 탄화된 검은 점들이 연속되어 하나의 선으로 보였다(그림 20).

SEM소견으로 156J/cm<sup>2</sup>에서 레이저 조사에 의한 변화가 뚜렷하지 않지만 전체 상아질 표면은 smear layer로 덮여 있고 대부분 상아세관의 폐쇄가 관찰되었으며(그림 21), 218J/cm<sup>2</sup>에서는 전체적으로 균열없는 균일한 용융과 재결정화 소견을 보였다(그림 22).

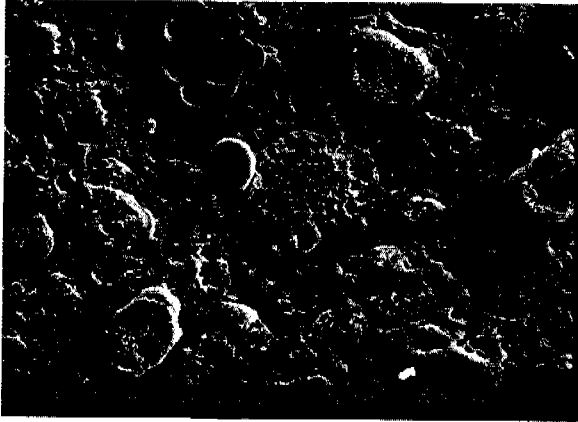


Fig. 14. Dentin surface irradiated at 98J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser and then treated with 10% maleic acid. The surface of irradiated area is not affected by acid-etching. Magnification × 500

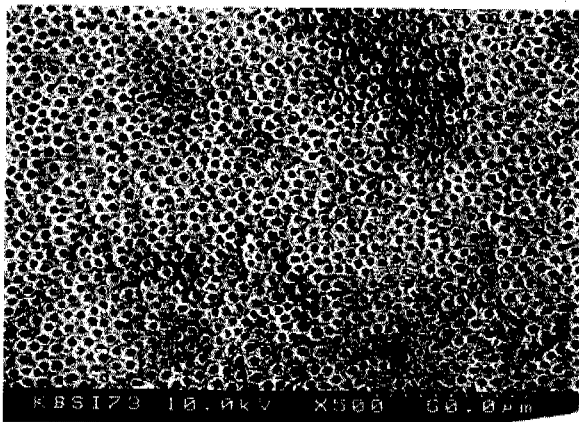


Fig. 15, Magnification ×500

280J/cm<sup>2</sup>에서 레이저 조사부위는 깊은 분화구상 박리, 용융 및 재결정화가 관찰되었으며, 변연부는 미세한 균열과 용융된 상아질이 밀려나와 형성된 물방울 모양의 용기를 관찰할 수 있었다(그림 23).

Ca/P 비는 정상상아질에 비해 감소하였으나 산부식 처리된 상아질에 비해서는 증가하였다(표 3).

2) 레이저 조사 후 10 % maleic acid로 부식 처리된 상아질

육안소견은 레이저가 조사된 부위는 정상 상아질에 레이저 조사한 것과 유사하였다.

SEM소견은 156J/cm<sup>2</sup>에서 산부식 처리에 의해 상아세관을 막고 있는 smear layer(smear plug)가 부분적으로 제거되어 개방된 상아세관을 다수 관찰할 수 있지만 상아세관사이 상아질을 덮고 있는 smear layer는 남아 있었다(그림 24, 25). 218J/cm<sup>2</sup>에서 균일하게 용융되고 재결정화된 표면이 산부식에 의해 전반적인 균열과 일부 탈락이 관찰되었다(그림 26). 280J/cm<sup>2</sup>에서 용융되고 재결정화된 표면이 산부식 처리에 의해 전반적인 균열이 존재하지만 탈락은 관찰되지 않았다(그림 27).

Ca/P 비는 정상상아질에 비해 감소하였으나 산부식 처리된 상아질에 비해서는 증가하였다(표 3).



Fig. 16, Magnification ×5,000

Fig. 15, 16. Dentin surface treated with 10% maleic acid and then irradiated at 14J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. All dentinal tubules are open with the separated peritubular dentin. The surface of intertubular dentin is rough.



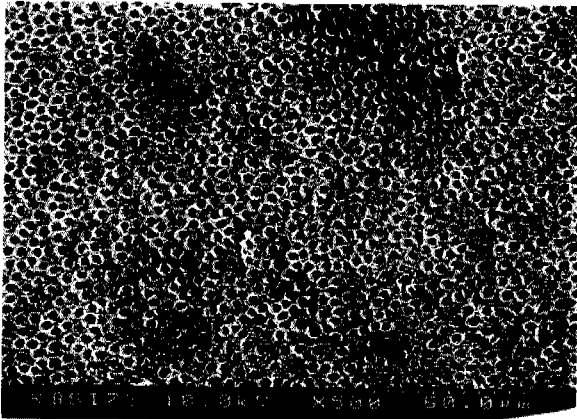


Fig. 17, Magnification ×500

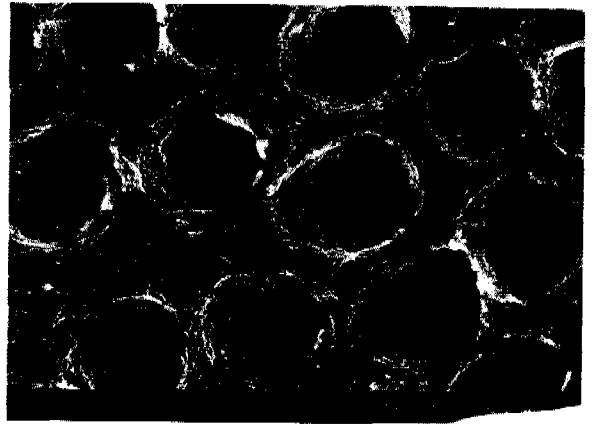


Fig. 18, Magnification ×5,000

Fig. 17, 18. Dentin surface treated with 10% maleic acid and then irradiated at 42J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. All dentinal tubule openings are enlarged without the peritubular dentin. The surface of intertubular dentin is rough.

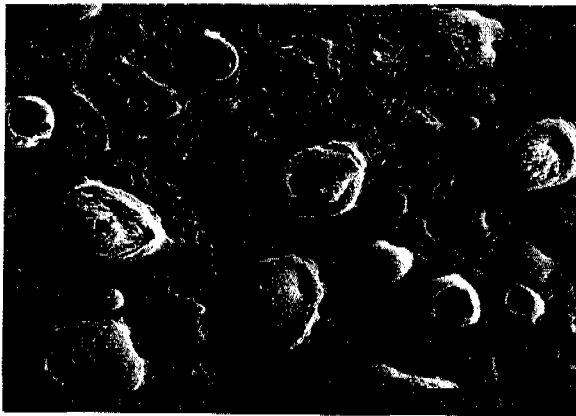


Fig. 19. Dentin surface treated with 10% maleic acid and then irradiated at 98J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser. The appearance of entire surface is very similar to the normal dentin irradiated at the same energy density. Magnification ×500

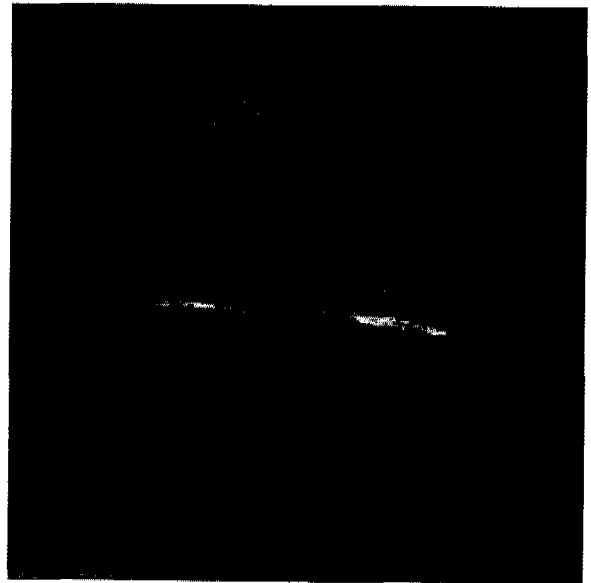


Fig. 20. Dentin disc irradiated with the various parameters of Nd:YAG laser.

### 3) 10% maleic acid로 부식 처리된 상아질에 레이저 조사

육안소견은 레이저가 조사된 부위는 정상 상아질에 레이저 조사한 것과 유사하였다.

SEM소견은 156J/cm<sup>2</sup>에서 산부식 처리에 의해 매끈해진 세판사이 상아질의 표면이 레이저 조사후 미세하게 거칠어졌다(그림 28, 29). 218J/cm<sup>2</sup>과 280J/cm<sup>2</sup>에서

전체적으로 균열없는 균일한 용융과 재결정화 소견을 보이며, 깊은 분화구상의 박리가 관찰되었다. 에너지 밀도가 높으면 변화 부위가 확대되고 표면 공극(porosity)의 크기가 증가하였다(그림 30, 31).

Ca/P 비는 산부식 처리된 상아질에 비해 증가하였다(표 3).

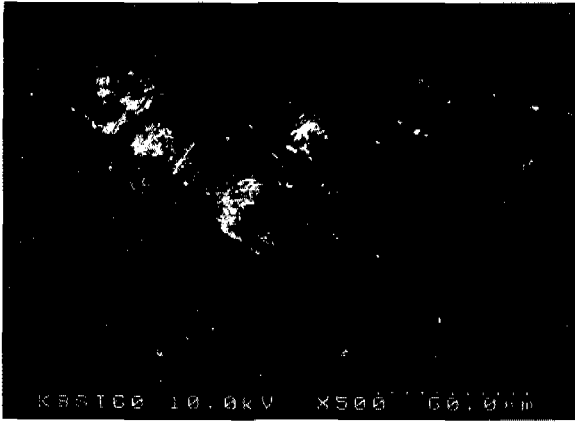


Fig. 21. Dentin surface irradiated at 156J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser. The entire dentin surface is covered with smear layer. Most of dentinal tubules are occluded. Magnification ×500

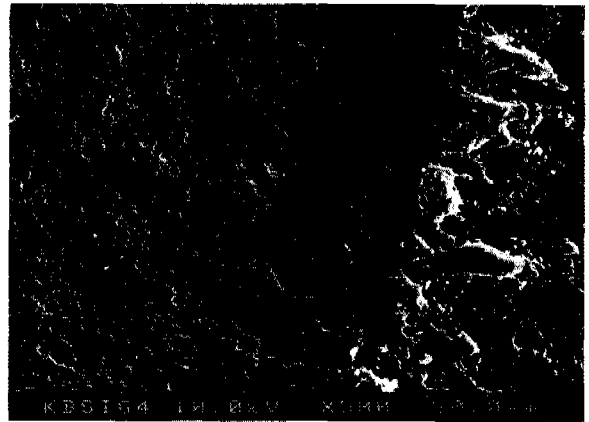


Fig. 23. Dentin surface irradiated at 280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser. Deep crater-like ablation, melting and recrystallizing surfaces are found in the irradiated area. Note minute crack and exploded dentinal globules in the peripheral area. Magnification ×500

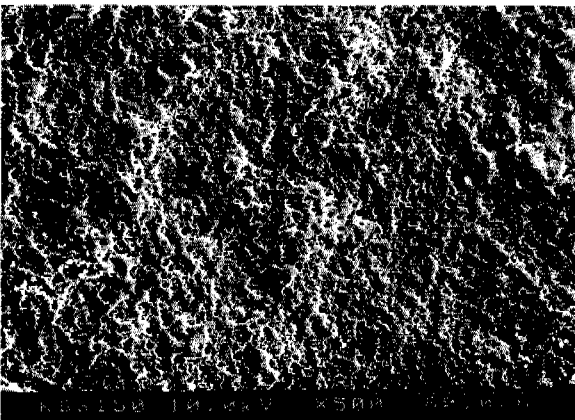


Fig. 22. Dentin surface irradiated at 218J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser. Note uniformed melting and recrystallizing surface without crack. Magnification ×500

#### IV. 고 찰

레이저를 이용한 안전하고 효과적인 치료를 위해서는 레이저와 조직과의 광학적 상호작용에 대한 충분한 지식이 있어야 한다. 레이저의 조사조건(parameters)이나 조직 고유의 광학적 특성에 따라 나타나는 조직반응이나 치료결과는 달라진다. 레이저의 조사조건에는 파장, 펄스 반복율, 펄스당 에너지 및 시간적 특성이 있고, 조직의 광학적 특성에는 빛에 대한 굴절지수, 산란계수, 흡수계수 등이 있다. 레이

저를 조직에 조사하면 해당 부위 및 인근 부위는 조직의 형태 및 화학적 구조가 변하게 되는데, 변화정도는 온도상승의 정도에 의하며, 온도상승은 조직내부로 축적된 에너지와 열전도에 의한 결과이다<sup>37,38</sup>).

상아질(dentin)은 70%의 무기질과 30%의 유기질, 그리고 물로 구성되어 있으며 열전도율( $k=5.69 \times 10^3 \text{W/cm}^\circ\text{C}$ )이 법랑질( $k=9.34 \times 10^3 \text{W/cm}^\circ\text{C}$ )에 비해 매우 낮다. 내부에는 치수면, 백악질, 법랑질과 통하는 상아세관(dentinal tubules)이 있다<sup>39</sup>. 가시광선영역에서 상아질은 파장에 관계없이 일정한 강도의 흡수계수를 보인다. 그러나 산란계수는 매우 다양한데 이는 상아세관의 배열이나 분포에 따라 변한다. 법랑질이나 상아질과 같은 치아경조직은 carbonated hydroxyapatite라는 무기광물질을 함유하고 있으며 구성성분중 phosphate, carbonate, hydroxyl 이온은 적외선 영역내에 강한 흡수영역을 가지고 있다. CO<sub>2</sub> 레이저(파장 9.3, 9.6, 10.3, 10.6 $\mu\text{m}$ ) 파장은 phosphate의 흡수영역을 포함하므로 법랑질 표면에서 강하게 흡수된다. 특히 9.6 $\mu\text{m}$ 은 다른 파장보다 강한 흡수를 보이며 더 높은 표면온도를 보인다<sup>40</sup>. 본 연구에서는 성인(20-32세)에서 발거된 건전한 하악 제3대구치의 상아질 표층과 심층의 중간부위를 이용하였다. 이는 상아질의 조상아세포돌기가 상아세관을 통해 상아질 내부까지 침투해 있어 맹출후에도 계속 무기질이 증가하기 때문이다. 무기질성분도 부위에 따라서는 차

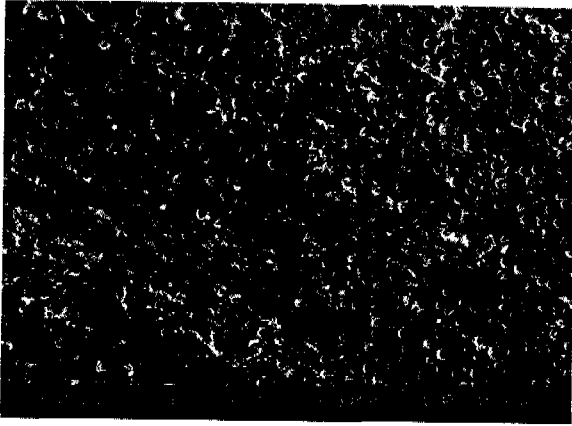


Fig. 24. Magnification ×500

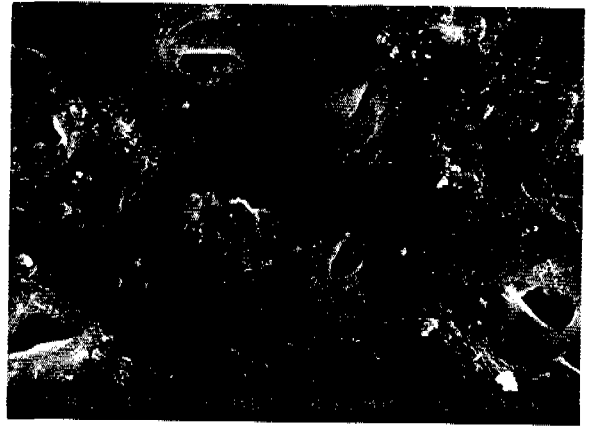


Fig. 25. Magnification ×5,000

Fig. 24, 25. Dentin surface irradiated at 156J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser and then treated with 10% maleic acid. The smear plugs occluding the dentinal tubules are partially removed, but the smear layers over the intertubular dentin are still remained after acid-etching.

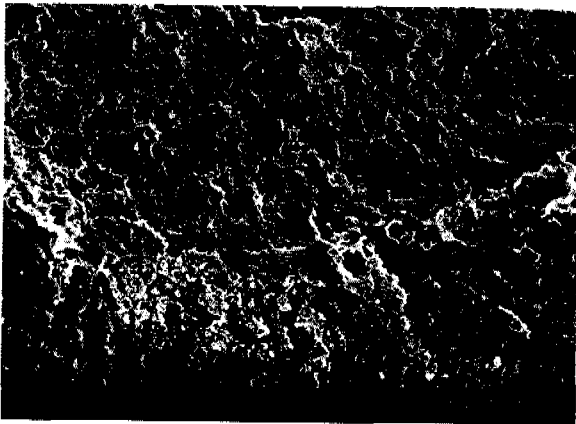


Fig. 26. Dentin surface irradiated at 218J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser and then treated with 10% maleic acid. There are generalized cracks and partial shedding in the uniformed melting and recrystallizing surface. Magnification × 500

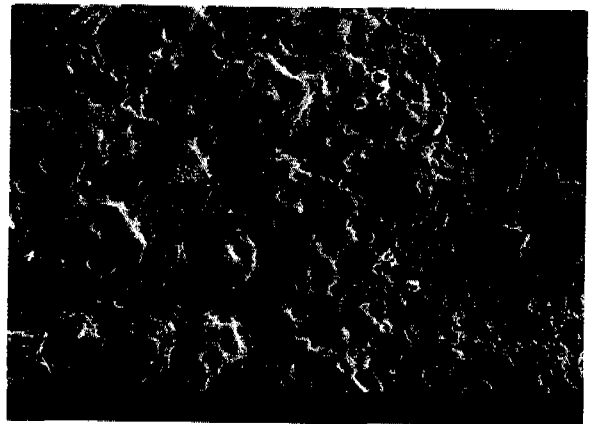


Fig. 27. Dentin surface irradiated at 280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser and then treated with 10% maleic acid. There are generalized cracks in the melting and recrystallizing surface. Magnification ×500

이가 있는데 법랑질과 상아질의 경계부와 치수와 인접해 있는 상아질은 서로 다르며, 영구치와 유치, 우식치아와 정상치아 사이에서도 성분차이가 있다. 이는 상아질에서 이온교환이나 재결정형성과 같은 단순한 화학적 과정에 의해 생긴다<sup>41,42</sup>.

레이저를 이용한 치아우식예방법은 산(acid) 침투에 저항할 수 있도록 레이저로 치아표면을 변화시키

는 것이다. Stern과 Sognaes<sup>13,14</sup>는 루비레이저(693.4nm)로 치아 법랑질을 가열하면 표면하 탈회에 대한 저항력을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. Yamamoto와 Ooya<sup>23</sup>는 Nd:YAG레이저(1,064nm)를 매우 강한 출력(약 1GW/cm<sup>2</sup>)으로 사용하면 법랑질을 용융시킬 수 있고 이는 용해에 저항력이 매우 강하다고 보고하였다. 하지만 초기 연구에서 사용한 근적외선이나 가시광선 영역은 치아 경조직에 미약하게

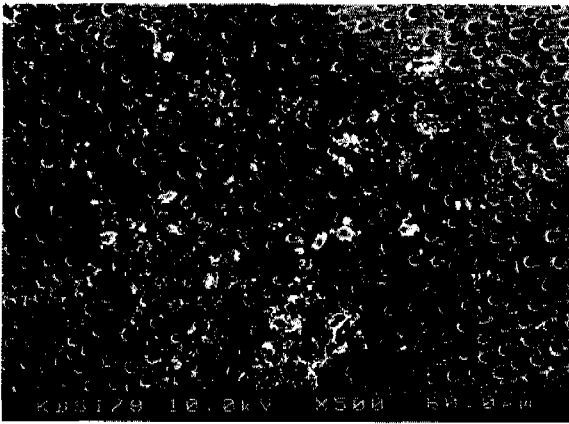


Fig. 28, Magnification ×500



Fig. 29, Magnification ×5,000

Fig. 28, 29. Dentin surface treated with 10% maleic acid and then irradiated at 156J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser. The irradiation changes the smooth acid-etched intertubular dentin surface into the minute rough one.

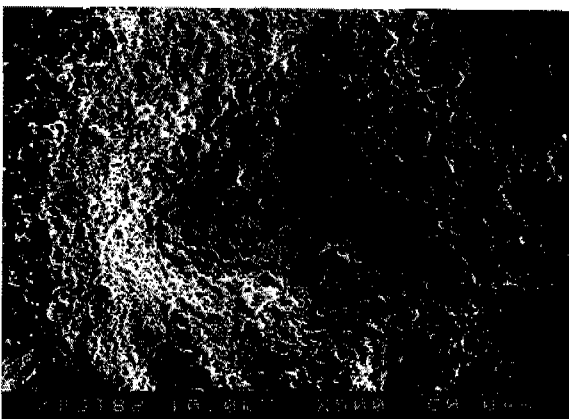


Fig. 30, Magnification ×500

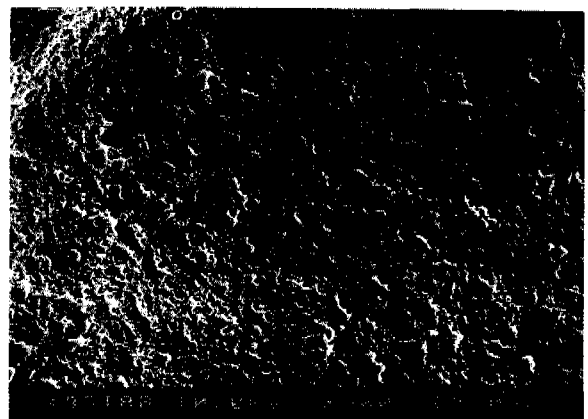


Fig. 31, Magnification ×500

Fig. 30, 31. Dentin surface treated with 10% maleic acid and then irradiated at 218J/cm<sup>2</sup> and 280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser. Deep crater-like ablation, uniformed melting and recrystallizing surface are found in the irradiated area. Higher energy density causes wider affected area and porosities of the surface.

흡수되므로 원하는 효과를 얻기 위해서 매우 강한 출력(10<sup>7</sup>W/cm<sup>2</sup>이상)을 적용하였고 따라서 플라즈마(plasma) 형성과 치수(pulp) 손상을 초래하였다. 이후 CO<sub>2</sub>를 이용한 연구에서 빛에서 열로 효과적으로 변환이 가능해지므로 보다 낮은 에너지 수준을 채택하게 되었다. 법랑질, 백악질, 상아질을 구성하는 무기광물질은 carbonated apatite이며 이 성분은 9.0-11.0μm 적외선 영역에서 강한 흡수대를 지니므로 CO<sub>2</sub> 레이저의 적외선 영역이 가시광선 영역에 비해

효과적으로 이용될 수 있게 되었다. Launay등<sup>43)</sup>은 pulsed Nd:YAG (200-2,000J/cm<sup>2</sup>)는 법랑질의 표면을 녹이지 못하였고, argon (300-10,000J/cm<sup>2</sup>)은 표면에 형성된 유기물 때문에 일관된 결과를 얻지 못하였으며, 연속파 CO<sub>2</sub> (250-1,000J/cm<sup>2</sup>)는 표면을 녹이지만 치수의 과열을 동반하였다고 보고하였다. 최근 Featherstone과 Nelson<sup>29)</sup>은 파장 9.3μm과 9.6μm이고 펄스지속시간이 100μs인 pulsed CO<sub>2</sub> 레이저가 낮은 에너지 강도(25kW/cm<sup>2</sup> 이하)에서 법랑질 표면을 가

열하는 데 매우 효과적이라고 보고하였다. Stabholz 등<sup>44)</sup>은 5J/cm<sup>2</sup>의 엑시머레이저를 이용한 연구에서 상아질 표면의 smear layer가 용융되고 재응결되어 소실되었다고 주장했다. 본 연구에서도 7J/cm<sup>2</sup>의 CO<sub>2</sub> 레이저를 조사시 상아질 표면은 탈수되고, smear layer는 bur로 삭제된 정상상아질과 유사하게 남아 있었다. 에너지 밀도 14J/cm<sup>2</sup>에서 smear layer는 여전히 존재하였으나 일부 표면의 무기질은 초기 용융변화를 보였다.

Nelson 등<sup>45)</sup>은 정상 상아질에 CO<sub>2</sub> 레이저 조사시 무기질의 높은 에너지 흡수로 인한 온도 상승은 물을 기화시킨 후, 유기질의 폭발과 수산화인회석의 용해를 유발한다고 보고하였다. Kantola<sup>16)</sup>는 CO<sub>2</sub> 레이저로 조사된 상아질 표면에서 무기질은 증가하고 유기질은 감소해서 법랑질과 유사한 구성성분을 보였고 재결정화 과정을 겪게되어 결정의 크기가 증가하였다고 보고하였다. Nelson 등<sup>46)</sup>은 치근상아질에 10-50J/cm<sup>2</sup>로 레이저 조사시 깊이 5 $\mu$ m 이하의 용합 및 용융된 표면물질이 형성되었고, 이는 50%정도의 내산성을 보인다고 보고하였다. Nammour 등<sup>18)</sup>은 13J/cm<sup>2</sup> 에너지 이하로 CO<sub>2</sub> 레이저 조사된 상아질 표면에서 균열 없이 재결정화를 관찰하였으며, 용합된 상아질(sealed dentin) 층은 무기질 함량이 증가했으며 인공 우식병소 형성에서 내산성을 보였다고 보고했다. 이런 내산성은 sealed layer가 하방 정상 상아질로 산이 확산되는 것을 차단함으로써 우식진행을 억제하는 것으로 보고했다. 본 연구에서도 42J/cm<sup>2</sup>이하로 CO<sub>2</sub> 레이저 조사된 정상 상아질과 218-280J/cm<sup>2</sup>의 Nd:YAG 레이저 조사된 상아질 표면에서 균열없이 균일한 용합 및 용융된 표면을 관찰할 수 있었다.

레이저 조사에 따른 우식병소형성억제에 대한 기전으로 법랑질 표면의 폐쇄나 투과도의 변화를 들 수 있다. Ruby 레이저는 법랑질의 표면을 폐쇄시켜 이온 확산을 위한 투과도를 감소시키는 반면, argon 레이저는 경조직내 유기물, 물, carbonate를 제거하여 미세한 기공(microspace)을 형성하므로 투과도를 증가시킨다<sup>14,21,22)</sup>. 다른 기전으로는 표면의 구성성분의 변화로 인한 것이다. Pulsed CO<sub>2</sub> 레이저는 경조직 표면의 온도를 1,000 $^{\circ}$ C 이상 상승시켜 carbonated apatite로 구성된 법랑질을 녹여 5 $\mu$ m 이하의 용융 지역을 형성하고 그 아래 10-40 $\mu$ m에는 구성성분의 변화를 겪는 지역을 형성하여 carbonate 성분이 현저히 감소하고 표면은 hydroxyapatite와 Ca<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>O가 형성된다<sup>19)</sup>. Kuroda와 Fowler<sup>47)</sup>에 의하면 650 $^{\circ}$ C 이하로 레이

저처치를 한다면 acid phosphate HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>가 탈회를 억제시키는 P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>로 전환되게 된다고 한다. 이 P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>은 hydroxyapatite의 용해율을 영(zero)으로 만들어 준다. 반면 1,200 $^{\circ}$ C 이상으로 열처리를 한다면  $\alpha$ 와  $\beta$ -Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>와 Ca<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>O가 형성되므로 산 용해에 감수성이 증가한다. Kantola<sup>15)</sup>는 레이저가 조사되어 재결정화된 상아질은 유기질의 연소 때문에 상대적으로 무기질의 함량이 증가되며 특히 Ca와 P의 함량이 높았다고 하였다. 본 연구에서도 EDS 분석결과 Ca/P 비율이 증가하는 경향을 보였다.

레진 수복물의 접착력은 상아질 표면의 smear layer 제거, 상아세관사이 상아질의 탈회 및 상아세관의 개방에 좌우되며 레진시스템 제조회사에서 공급하는 phosphoric acid와 maleic acid가 주로 사용된다<sup>48)</sup>. 접착력의 2/3 이상은 상아세관사이 상아질과 접착레진(adhesive resin)과의 미세기계적 결합(micromechanical bonding)에 의하며, 나머지 1/3은 개방된 상아세관으로 침투된 레진과의 결합에 의한다<sup>49)</sup>. Silverman 등<sup>50)</sup>은 10% maleic acid로 부식시킨 후 레이저 조사된 상아질 표면에서 유지력이 증가된 형태를 보였다고 하였으며, 이는 본 연구의 10% maleic acid로 산부식시킨 상아질에 42J/cm<sup>2</sup>이하로 CO<sub>2</sub> 레이저 조사된 표면에서 관찰된 소결과 동일하였다. 그러나 높은 CO<sub>2</sub> 레이저 에너지 조사에 의한 유기질의 기화로 형성된 탄화조직이 미세 기계적 접착부위인 내산성 smear layer와 용융된 상아질 표면을 부분적 혹은 전체적으로 차단시킴으로써 hybrid layer 형성을 최소화시켜 접착력의 감소를 초래할 수 있다. White 등<sup>51)</sup>은 pulsed Nd:YAG 레이저로 변형된 상아질과 복합레진간의 전단결합강도(shear bond strength)는 조사되지 않은 상아질에 비해 증가되었다고 보고하였다. 본 연구에서 Nd:YAG 레이저를 218-280J/cm<sup>2</sup>로 조사한 정상 상아질 표면에는 레진충전물 유지력 증가에 적합한 많은 미세 기공이 있는 용융된 층을 형성하였고 탄화는 거의 보이지 않았다.

본 연구는 전자현미경을 사용하여 다양한 레이저 조사조건으로 형성된 상아질 표면의 구조적 특성을 제시하였는 바, 향후 레이저에 의해 형성된 용융층에 대한 정량분석과 결정구조분석과 같은 화학적 특성을 밝힌다면, 치아우식 예방 및 치료에 레이저의 활용을 극대화할 수 있을 것으로 여겨진다. 균열없이 균일하게 용융된 상아질 표면은 내산성과 레진 수복물의 이상적인 유지형태를 보이지만 실제 임상적인 레진 수복물의 예후는 용융된 층과 하부 정상 상아질과의

결합정도에 좌우될 것으로 사료되므로 이에 대한 향후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### V. 결 론

산부식 및 레이저 조사에 따른 상아질 표면의 변화를 보기 위하여 발거된 건전한 하악 제 3 대구치의 치관 상아질 절편에 10% maleic acid를 사용한 산부식 처리, 7-140J/cm<sup>2</sup>의 CO<sub>2</sub> 레이저조사 및 156-280J/cm<sup>2</sup>의 Nd:YAG 레이저 조사 후, 주사전자현미경으로 관찰하고 에너지분산분광기로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 42J/cm<sup>2</sup> 이하로 CO<sub>2</sub> 레이저를 조사한 산부식 처리된 상아질 표면은 레진수복물의 유지에 적합한 형태를 보였다.
2. 42J/cm<sup>2</sup> 이하로 CO<sub>2</sub> 레이저를 조사한 정상 상아질 표면은 내산성을 나타내었다.
3. 218-280J/cm<sup>2</sup>로 Nd:YAG 레이저를 조사한 정상 상아질 표면은 레진수복물의 유지에 적합한 형태를 보였다.
4. 218-280J/cm<sup>2</sup>로 Nd:YAG 레이저를 조사한 상아질 표면은 내산성을 나타내었다.

### 참 고 문 헌

1. Einstein, A. : Verk Deutch Phys. Ges., 18: 318, 1616. cited from Stern, R.H. and Sognaes, R.F.: Laser beam effect on dental hard tissue. J. Dent Res., 43: 873, 1964.
2. Mainman, T.H. : Stimulated optical radiation in ruby. Nature, 187: 493, 1960.
3. 박준상, 김기석 : 레이저 치의학. 서울, 1984, 덴탈기획, pp32-74.
4. Pulsed Nd:YAG laser system operator manual. Sunlase Master, Sunrise Technologies, 1995.
5. Rochkind, S., Rousso, M., Nissam, M., et al. : Systemic effects of low-power laser irradiation on the peripheral and central nervous system, cutaneous wounds and burns. Laser in Surgery and Medicine, 9: 174-182, 1989.
6. Kapany, N.S., Peppers, N.A., Zweng, H.C. and Floks, M. : Retinal photocoagulation by lasers. Nature, 199: 146-149, 1963.
7. 김재호, 허원 : 안과영역에서의 레이저광의 응용. 대한 의학 협 회지, 27: 103-112, 1984.

8. Goldman, L., Hornby, P., Meyer, R. and Goldman, B. : Impact of the laser on dental caries. Nature, 203: 417, 1964.
9. Gordon, T.E. : Some effect of laser impacts on extracted teeth. J. Dent. Res., 45: 372, 1966.
10. Kinersly, T., Jarabak, J.P. and Phatak, N.M. : Laser and teeth. New York Dent. J., 32(Fed) :56, 1966.
11. Brune, E.N. : Histopathology of dental caries. Cariology, 2nd edition, Baltimore/London, 1985, William&Williams Co..
12. Scheinin, A. and Kantola, S. : Laser-induced effects on teeth structure. I. Crater production with a CO<sub>2</sub> laser. Acta. Odont. Scand., 27: 173-179, 1969.
13. Stern, R.J. and Sognaes, R.F. : Laser effect on dental hard tissue. J.S. Calif. Dent. Assoc., 33: 17-19, 1965.
14. Stern, R.J. and Sognaes, R.F. : Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility, J. Am. Dent. Assoc. 73: 838-848, 1966.
15. Kantola, S. : Laser-induced effects on tooth structure V, Electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel. Acta. Odont. Scana., 30: 475-484, 1972.
16. Kantola, S., Laine, E. and Tarna, T. : Laser-induced effects on tooth structure. Acta. Odont. Scand., 31: 369-379, 1973.
17. Stern, R.H., Eastgate, H., Moutner, W.L. and Morgan, C. : The Laser in dentistry: Potential clinical applications. Optics and laser technology, 22-24, 1975.
18. Nammour, S., Renneboog-Squilbin, C. and Nyssen-Behets, C. : Increased resistance to artificial caries-like lesions in dentin treated with CO<sub>2</sub> laser. Caries Res., 26: 170-175, 1992.
19. Nelson, D.G.A., Wefel, J.S., Jongeblood, W.L. and Fetherstone, J.D.B. : Morphology, histology enamel treated with pulsed low-energy infrared laser radiation. Caries Res., 28: 411-426, 1987.
20. Fox, J.L., Yu, D., Otsuka, M., et al ; Initial dissolution rate studies or dental enamel after CO<sub>2</sub> laser irradiation. J. Dent. Res., 71: 1389-1398, 1992.
21. Goodman, B.D. and Kaufman, J.W. : Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of teeth enamel in presence of sodium fluoride. J. Dent. Res., 56: 120-127, 1977.
22. Oho, T. and Morioka, T. : Argon laser irradiation increases the acid resistance of human enamel. J. Dent. Health, 37: 283-288, 1987.
23. Yamamoto, H. and Ooya, K.: Potential of Yttrium-aluminum-garnet laser in caries prevention. J. Oral Path., 3: 7-15, 1974.

24. Yamamoto, H. and Sato, K : Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd: YAG laser irradiation. *J. Dent. Res.*, 59: 137, 1980.
25. White, J.M., Fagan, M.C. and Goodies, H.E. : Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin. *In Vitro. J. Periodont.*, 65: 255-259, 1994.
26. Cozean, C.D. and Powell, L. : Er:YAG clinical results on hard tissue : phaseII. *SPIE*, 3248: 33-39, 1998.
27. Dederich, D.N., Zakariasen, K.L. and Tulip, J. : Scanning electron microscope analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium- aluminum-garnet laser radiation. *J. Endodontics*, 10: 428-431, 1984.
28. Cooper, L.F., Myers, M.L., Nelson, D.G. and Mowery, A.S. : Shear strength of composite bonded to laser-pre-treated dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 60: 45-49, 1988.
29. Featherstone, J.D.B. and Nelson, D.G.A. : Laser effects on dental hard tissues. *Adv. Dent. Res.*, 1: 21-26, 1987.
30. 김순주, 이종갑 : 탄산가스 레이저 조사가 법랑질의 내산성 변화에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지*, 12: 9-20, 1985.
31. 조종희, 김병옥, 한경윤 : Nd:YAG Laser 조사가 치근면 상아 세관의 노출에 미치는 효과에 관한 주사전자현미경적 연구. *대한치주과학회지*, 186- 192, 1993.
32. 민신홍, 손동수 : Nd:YAG레이저 조사가 불화석 국소도 포에 미치는 효과에 관한 실험적연구. *대한소아치과학회지*, 13: 109-117, 1986.
33. 모현철, 양규호 : Nd:YAG레이저 조사와 불소도포가 법랑질 의 내산성 변화에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한소 아치과학회지*, 19: 141-150, 1992.
34. 이상호, 이종갑 : 레이저 조사의 치아우식 억제효과에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지*, 18: 1-19, 1991.
35. 이안희, 기우천 : Pulsed Nd:YAG레이저 조사와 불소화합물 도포가 치아 내산성에 미치는 영향. *대한 구강내과학회지*, 20: 429-447, 1995.
36. 손인, 고명연, 박준상 : Nd:YAG레이저 조사에 따른 상아질의 EPMA분석. *대한 레이저치의학회지*, 1: 75-102, 1997.
37. Dederich, D.N. : Laser tissue interaction. *Alpha Omega*, 84: 33-36, 1991.
38. Frentzen, M. and Koort, H.J. : Lasers in dentistry. New possibilities with advancing laser technology? *Int. Dent. J.*, 40: 323-332, 1990.
39. Copenhagen, W.M., Kelly, D.E., Wood, R.L. and Bailey : *Text book of Histology*. Baltimore, 1978, Williams & Wilkins, 461-465.
40. Wigdor, H., Rizoiu, I. and Levy, G. : Light interaction with dental hard tissues spectrophotometry. Presented at the American Society for Laser Medicine and Surgery, New Orleans, April, 18-20, 1994.
41. Jenkins, G. N. : *The physiology and biochemistry of the mouth*. Oxford, 1978, Blackwell scientific Publications, 4.
42. Lazzari, E.P. : *Dental biochemistry*. Philadelphia, 1976, Lea and Febiger, 2.
43. Launay, Y., Mordan, S., Cornil, A., Brunetaud, J.M. and Moschetto, Y. : Thermal effects of lasers on dental tissues. *Lasers Surg. Med.*, 7: 473-477, 1987.
44. Stabholz, A., Neev, J., Liaw, L.L., Khayat, A. and Torabinejad, M. : Effect of ArF-193nm excimer laser on human dentnal tubules. *Oral Surg.*, 75: 90-94, 1993.
45. Nelson, D.G.A., Sharianth, M., Glena, R., Shields, C.P., and Featherstone, J.D.B. : Effect of pulsed low-energy infrared laser irradiation on artificial caries-like lesion formation. *Caries Res.*, 20: 289-299,1986.
46. Nelson, D.G.A., Jongebloed, W.L. and Featherstone, J.D.B. : Laser irradiation of human dental enamel and dentine. *N.E. Dent. J.*, 82: 74-77, 1986.
47. Kuroda, S. and Fowler, B.O. : Compositional, structural and phase changes in vitro laser-irradiated human tooth enamel. *Calcif. Tissue Int.*, 36: 361-369, 1984.
48. Smith, D.L., Vanherle, G., Degrange, M. and Willems, G. : State of the art on direct posterior filling materials and dentine bonding. *Proceeding of the International Symposium Euro Disney, Paris, March 24-25, 251-269, 1993.*
49. Reticf, D.H., Mandras, R.S., Russell, C.M., et al. : Phosphoric acid as a dentin etchant. *Am. J. Dent.*, 5: 24-28, 1992.
50. Silverman, J.J., Dederich, D.N., Vargas, M. and Denehy, G.E. : SEM Comparison of Acid- Etched, CO<sub>2</sub> Laser-irradiated and Combined Treatment on Dentin Surfaces. *Lasers in Surgery and Medicine*, 15: 269-276,1994.
51. White, J.M., Goodis, H.E., Rose C.M., Khosrovi, P.M. and Hornberger, B. : Shear bond strength of Nd:YAG laser treated dentin. *J. Dent. Res. Abstract no. 1048, 70:397, 1992.*

- ABSTRACT -

## Effects of Acid-etching, CO<sub>2</sub> and Nd:YAG Lasing on the Dentin Surface

Jae-Hak Lee D.D.S., M.S.D., Ph.D., June-Sang Park D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Myung-Yun Ko D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Oral Medicine, College of Dentistry, Pusan National University*

The purpose of this study was to examine dentin surface changes of extracted sound third molar specimens which were etched with 10% maleic acid and irradiated at 7-140 J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> and at 156-280 J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser.

The results were as follows.

1. Dentin surfaces etched with 10% maleic acid and then irradiated at below of 42J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser showed the retentive morphology for resin restoration.
2. Dentin surfaces irradiated at below of 42J/cm<sup>2</sup> with CO<sub>2</sub> laser showed the increased acid-resistance.
3. Dentin surfaces irradiated at 218-280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser showed the retentive morphology.
4. Dentin surfaces irradiated at 218-280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser and etched 10% maleic acid and then 218-280J/cm<sup>2</sup> with Nd:YAG laser showed the increased acid-resistance.