

Nd : YAG 레이저를 조사한 상아질 표면변화에 관한 주사전자현미경적 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

임성삼 · 윤수한 · 박동성

Abstract

THE SEM STUDY ABOUT THE MORPHOLOGICAL CHANGES OF THE DENTINAL SURFACE IRRADIATED WITH Nd : YAG LASER

Sung-Sam Lim, Soo-Han Yoon, Dong-Sung Park

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of the Nd : YAG laser on the tooth hypersensitivity by the observation of the morphological changes of the dentinal surface irradiated with Nd : YAG laser by use of SEM.

In 40 mandibular and maxillary molars without any carious lesion or restoration, severe attrition and abrasion, Enamel was removed with fine grit diamond bur and exposed dentinal surfaces were polished with Soflex discs. In control group (10 teeth), exposed dentinal surfaces were acid-etched with 10% Maleic acid for 15 seconds. In the experimental group 1 (10 teeth), acid-etched dentinal surfaces with 10% Maleic acid were prepared by Nd : YAG laser (6 watts power, 1 psi water, 18 psi air) for 2 minutes. In the experimental group 2 (10 teeth), exposed dentinal surfaces were irradiated with Nd : YAG laser (10 watts power, 3 psi water, 10 psi air) until the painted black stains on the dentinal surfaces were completely removed. In the experimental group 3 (10 teeth). dentinal surfaces were prepared with Nd : YAG laser (6 watts power, 1 psi water, 18 psi air) until the painted black stanins on them were completely removed and then the irradiated dentinal surfaces were acid-etched with 10% Maleic acid for 15 seconds.

The specimens were routinely processed and observed with scanning electron microscope.

The results were as follows :

* 본 연구는 1995년도 서울대학병원 지정공동연구비에 의하여 이루어진 것임.

1. In the irradiated dentinal surfaces, the characteristics of the melting and recrystallization on the dentinal surfaces were observed. Compared with the results in the control group, we could observe that in the irradiated dentinal surfaces, the aperture of the dentinal tubules were reduced and there were more debris obstructing the dentinal tubules.
2. In the irradiated dentinal surfaces, crater structures were commonly present and in the crater bottoms, there were a lot of bead like melted dentin structures, which had the ruptured opening in the center of them.
3. The melted dentins and cracks in the smear layer were less frequently observed in the irradiated dentinal surfaces using copious cooling water than in the irradiated dentinal surfaces using scarce cooling water.

Keywords : Nd : YAG laser, dentinal tubules, Crater and bead structures.

I. 서 론

레이저는 기본적으로 외부 전원이 고체, 액체 또는 가스로 이루어진 레이저 매질을 활성화 시켜서 만들어지게 된다. 그 결과 나오는 광자는 자발적 방사를 하여 레이저 공동(chamber)의 양 끝에 놓이는 거울사이에서 공명을 하게 되고, 이 때 공명되는 광자는 레이저 매질에서의 다른 원자를 더욱 활성화시키게 된다. 광자의 운동량이 어느 정도에 이르게 되면 레이저매질공동의 한 쪽 끝에 있는 부분 투과거울을 통해서 고도로 집적된 광선이 나가게 된다.

레이저 광은 단색성(monochromaticity), 집중성(coherency), 그리고 비간섭 지향성(collimated directionality) 등의 특성을 지니고 있다. 레이저 에너지가 조직에 이르게 되면, 조직에 의해 에너지가 흡수되어 일부는 인접조직으로 전달되고, 일부는 안에서 산란되거나 표면에서 반사된다. 보통 흡수된 레이저 에너지는 조직을 증발시키고 탄화시키게 된다. 레이저는 조직을 자르거나, 증발시키거나 또는 조직을 응고 시키기 위해서 출력을 조절하거나, 초점 크기를 변화시켜 사용하게 된다. 레이저 광은 백분의 일초 동안 점차적으로 활성화되는 펄스형태이거나 지속적인 광선형태로 활성화시켜 사용한다.

의학 또는 치의학에서 사용되는 레이저는

출력에 의해 크게 두 가지로 나눌수 있다. 저출력 레이저(soft laser)는 낮은 에너지를 내는 것으로서 조직내에 혈류를 촉진시켜주거나 세포의 활성을 촉진시켜 준다고 믿어지며 이 레이저는 창상치유를 촉진시키고 염증, 부종과 동통을 감소시키는데 사용되어 왔다. 한편 고출력 레이저(hard laser)는 외과적 수술에 널리 사용되어 왔다.

또한, 레이저는 레이저를 만들어내는 매질에 따라 명명되고 있으며 파장이 다른 레이저는 같은 조직에도 다른 효과를 만들어 낼 수 있다. 치과영역에서의 레이저는 연조직에서는 섬유종과 같은 병소와 암병소의 생검 또는 연조직의 절제, 절개 등에 사용하거나 과잉조직의 증발, 과잉 치은의 절제술, 치은 형성술, 그리고 소대절제술에 사용이 가능하고 혈관종 같은 혈관분포가 많은 병소에서 지혈을 유지하면서 병소를 절제 하는데 사용할 수 있다.

경조직영역에서는 우식병소를 증발시키거나, 노출된 치근면을 탈감각화(desensitization) 시키거나, 치면을 거칠게하여 레진의 결합을 향상시키거나 범랑질을 처리하여 탈석회화(demineralization)를 억제시켜 재석회화를 촉진시키는데 이용할 수 있으며, 근관치료분야에서는 근관내 잔사를 증발시키고, 근관내벽을 활택화(glazing)시키고, 근첨 폐쇄부를 융합시켜 변연누출을 억제시킬 목적으로 사용될 수

있다.¹⁾

치근부 민감성 (hypersensitivity)는 부분적으로는 치근면에서의 개방된 상아세관이 존재하는 것에 기인한다고 생각된다.²⁾

상아질의 노출은 외상 (급성 또는 만성), 치은 퇴축, 또는 다양한 보존술식에 의해 나타날 수 있다.

Brännström에 따르면, 노출된 상아세관의 수가 증가하면 상아세관내액의 운동이 증가되어 환자의 불편감이 커진다고 하였다.³⁾ 이러한 민감성을 감소시키기 위하여, 상아세관을 막거나 그 내용물을 변화시키려는 다양한 시도가 이루어져 왔다.³⁾ 그리고 다양한 약제와 재료가 상아세관을 막는데 추천되어지고 있다. 그러나, 대부분의 치료가 효과가 없거나 비교적 지속 시간이 짧았다.⁴⁾ Kantola⁵⁾는 이산화탄소레이저를 상아질에 조사했을 때 법랑질과 같은 결정구조를 만들어 낸다는 것을 관찰하였다. SEM연구에서는 Dederich 등⁶⁾은 치근관 상아질 벽면에 Nd : YAG 레이저를 사용했을 때 상아질 표면이 용융되어 재결정화를 일으켜서 매끄러운 면을 나타낸다고 하였다.

Hibst와 Keller⁷⁾는 발치된 치아에서 Er : YAG레이저를 사용해서 법랑질과 상아질 그리고 우식병소를 제거한 실험을 보고한 바 있다. 또한 Renton-Harper 등⁸⁾은 Nd : YAG 레이저를 이용하여 상아질 과민증을 치료하여 통계적으로 유의할 만한 효과를 얻었다는 결과를 발표하였다. 앞에서 언급한대로 고출력레이저의 보존영역 즉 경조직영역에서의 사용에 있어서의 다양한 적용이 시도되고 있으며 그 중에서 복합레진의 상아질 처치에 대한 관심과 연구가 활발하고 또한 노령층의 증가로 인한 치근부 우식병소의 증가 추세와 치주 질환으로 인한 치은 퇴축후에 발생하는 치근부 과민성이 치과 의사가 해결해야 할 문제로 자주 대두되고 있다. 이에 저자는 고출력레이저를 이용한 상아질 표면처치의 임상사용가능성을 평가하기 위해 산처리 전후와 레이저처리후의 상아질 표면변화를 관찰한 바 있기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

실험재료

우식증과 충전물이 없고 교모나 치경부 마모가 심하지 않으며 발거된지 일주일일 경과되지 않은 40개의 상하악 대구치를 선택하여 치아표면에 부착된 유기잔사와 치석을 제거한 뒤 실험대상치아로 사용하였다.

실험대상치아는 다음과 같이 분류하였다.

대조군-10개

10% Maleic acid 처리후 관찰

실험군 1-10개

10% Maleic acid 처리후 laser처리

(P ; 6 watts, water ; 1 psi, air ; 18 psi)

실험군 2-10개

노출된 상아질을 laser 처리

(P ; 10 watts, water ; 3 psi, air ; 10 psi)

실험군 3-10개

노출된 상아질을 laser처리 후 15초간 10% Maleic acid로 처리

(P ; 6 watts, water ; 1 psi, air ; 18 psi)

사용된 레이저 기기는 pulse형 (50Hz, 20 mj/w) Nd : YAG 레이저 (Laser 35, Laser Endotech Co. U.S.A.)로써 직경 800 μ m의 광섬유를 통한 에너지 전달이 되는 장비를 사용하였으며 열효과를 감소시키기 위해 공기와 물을 냉각제로 사용하였다. 노출된 상아질의 표면을 균일한 상태로 만들기 위해 법랑질의 제거를 fine grit의 diamond로 시행했으며 3M Co.의 Soflex disc를 상아질 표면의 활택에 사용하였고 역시 사용된 산부식제로 3M Co.의 10% Maleic acid를 사용하였다.

실험방법

구치의 협측 법랑질을 diamond bur를 사용하여 제거해 상아질을 노출시켰다. 그 다음 Soflex disc를 사용하여 rough한 것에서부터 fine한 순서대로 노출된 상아질이 평활함이 되도록 연마하였다. 준비된 치아는 각 10개씩 4군으로 나누어 아래와 같이 처리하였다.

대조군은 10% Maleic acid로 노출된 상아질을 15초간 산부식시켰다.

실험군 1은 노출된 상아질 부위를 10% Maleic acid로 15초간 산부식 시킨 뒤 출력 6 watts, 수압 1 psi, 공기압 18 psi로 설정된 레이저를 상아질 부위에 2분간 적용하였다.

실험군 2는 출력 10 watts, 수압 3 psi, 공기압 10 psi로 조정된 레이저를 검정색 유성펜으로 칠한 노출된 상아질 면에 색소가 전부 제거될 때까지 적용하였다.

실험군 3은 출력 6 watts, 수압 1 psi, 공기압 18 psi로 조정된 레이저를 역시 검정색 유성펜으로 칠한 노출 상아질에 색소가 전부 제거 될 때까지 적용하고 다시 10% Maleic acid로 15초간 산부식하였다.

상기한 처리과정을 거친 시편들은 0.1 M Calcium chloride (pH 7.4) 완충용액이 함유된 2.5% glutaraldehyde 용액에 4°C에서 12시간 전고정한 후 800°C dry oven에서 건조시키고, high resolution sputter coater (E5400, Biorad, U.S.A.)에서 0.03-0.04 Torr의 진공상태로 10-15nm 두께로 금피복한 다음 주사전자현미경 (JEOL, JSM-840A, Japan)으로 관찰하였다.

III. 실험결과

1. 대조군

대조군에서 10% Maleic acid로 산처리한 상아질 모두에서는 전형적인 상아세관이 완전히 열려있는 형태로 관찰되었으며 상아질표면에 잔사도 매우 적었다. 특히, 도말층 (smear layer)은 거의 제거된 상태로 관찰되었다. (그림 1, 2×1000) 레이저가 조사된 모든 시편에서는 상아질 표면의 변성이 관찰되었는데 그 레이저의 출력과 냉각제의 조건에 따라 약간 다른 형태를 보여주었다.

2. 실험군

1) 실험군 1

실험군 1에서는 부분적으로 열린 상아세관들이 발견되었는데 대조군과 비교해서는 많은 수의 상아세관들이 잔사로 보이는 것들에 의해

막힌 형태를 보여주었다. (그림 4×1000)

레이저를 방사하는 optic fiber가 직접 상아질 표면에 닿은 부위에서는 그림 (그림 3×200)과 같은 분화구 모양의 것이 관찰되었다. 내면에는 상아질이 녹은 것들이 염주알 같이 관찰되며 어떤 것은 염주알 형태의 가운데가 파열된 형태로 나타났다.

2) 실험군 2

실험군 2에서는 실험군 1에서와 유사한 형태의 분화구 모양이 관찰되었는데 염주알 모양의 상아질이 녹은 형태는 상대적으로 적게 나타났으며, 염주알 형태의 가운데가 파열된 것도 매우 드물었다. (그림 5×100) 또한, 레이저로 glazing한 부위의 여러 곳에서는 도말층이 상아질 표면에 아주 눌러 붙은 듯한 모습을 보여주고 있다. (그림 6×200) 그리고 전 상아질 표면에서 상아세관은 도말층과 도말층의 열변성층 그리고 상아질이 녹은 분화구 형태의 것들로 거의 완전히 폐쇄된 모습이 관찰되었다. (그림 7×1000)

3) 실험군 3

실험군 3에서는 실험군 2에서와 유사한 분화구 형태의 모양이 관찰되었는데 실험군 2와는 좀 다르게 분화구 내에는 염주알 형태나 버섯 형태의 상아질이 녹은 것이 많이 발견되었으며 그 염주알의 형태 가운데가 파열된 모습의 것도 실험군 2에서 보다는 많이 발견되었다. (그림 8×200) 전반적인 산처리 후의 모습은 대조군에서 보다는 잔사가 더 많이 관찰되었으며 그 잔사들에 의해서 상아세관이 부분적으로 또는 완전히 폐쇄된 것을 관찰할 수 있었다. (그림 9×1000)

IV. 총괄 및 고안

Nd : YAG 레이저는 파장이 1,060 nm로 비교적 짧고 탄산가스레이저 (10,600 nm)와는 달리 자유롭게 구부릴 수 있는 유연한 광섬유를 통해 방사될 수 있어 구강내의 어느 부위든지 쉽게 접근하여 사용할 수 있으며, 필요한 부위를

선택적으로 조사할 수 있으므로 치과분야의 응용이 용이하다. 그러나 Nd : YAG 레이저는 근적외선 영역으로 눈에 보이지 않고 색소가 없는 조직에는 잘 흡수되지 않는 점⁹⁾과 탄산가스레이저나 알곤레이저에 비해 범랑질과 상아질을 통과하여 치수로 전달이 잘되므로 열작용이 더 크다는 단점이 있다.¹⁰⁾

본 실험에서 사용된 Nd : YAG 레이저는 붉은 빛의 He : Ne 레이저를 지시광으로 사용하고 있으며 열작용을 적게하기 위해 압축공기와 물을 냉각제로 사용하고 있다. 또한 경조직에서의 흡수를 촉진시키기위해 흑색유성펜을 이용하기로 하였다. Diamond bur로 삭제된 상아질은 분해된 collagen으로 구성된 외층과 disordered crystalline structure로 구성되는 내층의 1-2 μ m의 2층으로 구성되어 있으며¹¹⁾ 이러한 도말층 (smear layer)의 제거여부에 관한 논란이 많으나 레이저 조사에 의하여 이 층이 기존의 상아세관과 함께 용융되어 상아세관을 봉쇄할 수 있으리라 생각되었고 더욱이 도말층의 세균도 동시에 처리될 수 있으나, 레이저조사시의 도말층의 영향을 알 수 없으므로 실험군 1에서는 산부식시켜 도말층을 제거하고 레이저를 조사하였고 실험군 2에서는 도말층이 존재하는 상태에서 레이저를 조사하여 그 표면의 변화를 관찰하였으며 실험군 3에서는 레이저처리된 도말층이 산부식후 어떻게 변화하는지를 관찰해 보고자 하였다.

레이저 조사에 따른 상아질의 변화에 대한 연구들은 다수가 보고되고 있는데 Raija 등¹²⁾은 매우 높은 출력의 레이저를 상아질에 조사한 경우에도 결정구조의 그물망을 형성하는 모습을 보여준다고 하였다. 본 실험에서는 실험군 1, 2, 3 모두에서 분화구 (crater) 형태의 레이저 조사부위가 관찰되었는데 이는 초점을 맞춘 상태에서 광섬유가 상아질에 접촉된 경우 나타난 것으로 사료되며 초점을 맞추지 않은 상태에서 조사된 부위에서는 이런 형태는 발견되지 않았고 오히려 실험군 2에서는 Raija¹²⁾가 언급한 형태의 재결정구조가 이루어져 있는 상태가 관찰되었다. (그림 6)

실험군 1과 실험군 3의 결과에서 레이저를

조사하기전에 산부식한 경우 (그림 4)보다는 레이저 조사후 산부식을 한 경우에 있어서(그림 9) 상아세관이 더 많이 막혀 있고 도말층으로 보이는 것이 상아질 표면에 많이 잔존됨을 알 수 있었다. 이는 Miserendino 등¹³⁾의 실험에서 보여준 것과 유사한 상아질 표면양상이었다. 또한 상아세관의 열려진 입구가 대조군에서와 비교할 때 상당히 줄어들어 진 것을 관찰할 수 있었다. (그림 9) 위의 결과는 최 등¹⁴⁾의 연구에서의 결과와 부합되는 면이 많다하겠다. 하지만 최 등¹⁴⁾의 연구에서는 상아질 표면의 용융 및 융합상이나 분화구상 등의 형태를 보고하지 않고 있는데 이는 사용된 레이저의 종류와 그 에너지 양이 다르고 냉각장치를 사용하지 않았다는 점 등의 본 실험과의 차이에서 기인한다고 생각된다. 레이저 조사에 의한 상아질의 용융, 융합에서 생긴 재결정층에 대한 해석에 대해 Brune¹⁵⁾은 탄산가스레이저를 조사한 상아질의 경도가 범랑질과 유사하였다고 하였으며, 전술했던 최 등¹⁴⁾의 연구에서는 적은 에너지양의 탄산가스레이저를 상아질에 조사하여 내산성증가와 상아세관의 폐쇄를 보고하였고, Weihing 등¹⁶⁾은 Nd : YAG 레이저를 사용한 실험에서 산침투력의 감소를 보고하였다. 한편 Zakariasen 등¹⁷⁾과 Burns 등¹⁸⁾은 레이저 조사가 치아우식 유발 박테리아 (*S. mutans*, *S. sobrius*, *L. casei*, *Actinomyces*)에 대한 살균효과가 있음을 밝혔다. 레이저 조사면의 내산성 증가와 상아세관의 폐쇄 및 인접상아질의 멸균효과는 상아질 과민증에서의 치료에 유리한 조건으로 작용할 것으로 생각된다. 그러나, 레이저 치료와 레진충전을 동시에 시행하는 경우에는 레진충전물의 결합력에 관해서 증가된다고 주장하는 측과^{19, 20)} 감소된다고 주장하는 측²¹⁾의 논란이 계속되고 있어 그에 대한 심도있는 연구가 필요하다고 생각된다. 안 등²²⁾의 보고에 따르면 냉각장치를 사용하지 않고 상아질에 레이저를 조사한 경우 상아질 표면층의 용융 및 융합으로 생긴 표면층의 심한 균열이 관찰되었다고 하였다. 본 실험에서도 레이저가 광섬유에 의해 상아질에 직접 접촉되어 나타난 분화구상에서는 염주상의 입자에

소공이 나있으며 표면층이 용합되어 있는 모습이 관찰되었으나 심한 균열은 나타나지 않았다. Stabholz 등²³⁾은 XeCl 308nm excimer laser를 상아질 표면에 조사하였을 때 낮은 에너지 밀도에서는 낱알형태의 용융된 상아질이 표면에 균일하게 퍼져 나타났고 점차 에너지 밀도가 커질수록 염주알 형태의 용융체가 나타났다가 버섯형태가 되고 원래의 상아세관입구에 해당되는 곳에 용융체의 염주형태 구조가 위치하였다가 에너지 밀도가 점차 커지게 되면 그 가운데가 파열되는 것을 보여주었다. 그림 3, 8에서 나타나는 염주알 형태의 용융체는 광섬유가 상아질 표면에 닿으면서 높은 에너지가 좁은 면에 집중되어 나타난 것으로 사료되며 Ani 등²⁴⁾의 결과와도 일치되는 형태를 보여주고 있다. 그리고 광섬유가 직접 접촉되지 않은 상아질표면에서는 이러한 균열이나 표면층의 용합 등의 형태는 거의 관찰되지 않았다. 이것은 냉각장치 사용여부에 따라 나타나는 결과로 생각되는데 이는 Miserendino 등¹²⁾의 관찰결과와도 부분적으로 일치된다. 실험군 2에서는 실험군 1과 실험군 3에서보다 상아질 표면이 더 잘 용융되어 있고 재결정화 되어 있는 양상이 많이 발견되었으나 실험군 1과 실험군 3에서는 관찰되지 않았다. (그림 6) 오히려 실험군 3에서는 균열이 일부 나타나고 염주상의 입자에 소공이 관찰되고 있었다. (그림 9) 이것은 레이저의 출력에 의한 차이에서 비롯된 것이 아니고 냉각장치의 사용방법의 차이에서 기인하는 것으로 사료된다. 즉, 실험군 2에서 출력은 높으나 냉각수의 사용이 많았던 것이 오히려 출력은 낮지만 냉각수의 사용이 적었던 실험군 1, 3에서 보다 더 바람직한 형태로 보이는 상아질 표면의 변화를 만들었다고 생각된다.

상아질 지각과민증의 기전에 대하여서는 몇 가지 가설이 있고 이중 Brännström의 hydrodynamic theory가 가장 신빙성이 있으나, Dowell과 Addy²⁵⁾는 기전이 무엇이든 간에 상아세관의 붕쇄가 가장 필수적인 치료방법이라 주장했으며, 이와 연관되어 Pashley²⁶⁾, Tarbet²⁷⁾, Greenhill과 Pashley 등³⁾이 국소도포제를 이용하여 상아세관의 붕쇄효과를 관찰하였다고

하고 있으나, 이러한 방법들은 물리적인 붕쇄가 표면에서만 이루어지므로 곧 탈락되어 재발하는 문제점이 있다. 1935년 Grossman²⁸⁾은 상아질 과민증 치료에 대한 몇가지 조건을 제시하였다. 첫째, 치수에 위해하지 않으며 둘째, 적용시 비교적 통증이 없어야 하고 셋째, 쉽게 적용할 수 있을 것이며 넷째, 효가가 즉시 나타나고 다섯째, 그 효과가 장시간 지속되며 여섯째, 치근면의 색소침착을 나타내서는 안된다고 하였다. 최근에는 Kumaski 등²⁹⁾은 만성 치경부 상아질 지각과민증에서 GaAlAs 반도체 레이저를 사용하여 조사직후 거의 모든 증례에서 효과가 나타났다고 보고하고 있으나 기전을 명확히 입증할 수 없었으며 앞으로의 연구가 더 필요하다고 보고하고 있다. 현재 전술한 모든 조건을 만족시키는 치료법은 개발되어 있지 않으며 앞으로 그 개발이 현재 노령층의 증가로 인한 치근 노출에 따른 치근과민증의 처치의 요구가 많아질 것을 생각할 때 시급하다고 생각된다.

현재 치과용으로 사용되는 레이저는 아직 그 적용범주가 제한되어 있으나 열효과의 조절, 경조직, 연조직 모두에 대한 사용가능한 레이저의 개발 등의 몇몇 문제점을 보완한다면 치과의 모든 영역에서 널리 사용될 것으로 사료된다. 앞에서 기술한 실험결과에서 보듯이 레이저는 상아질에 작용하여 상아세관을 막는 효과를 보이는 것으로 관찰되며 도말층과 상아질표면도 재결정화되어 산부식에 저항성을 나타내는 것으로 보이는 바 이것은 상아질 과민증 치료에 도움을 줄 수 있는 측면이 있을 것으로 생각된다. 그러나, 그 지속성에 대해서는 특히, 기계적 마모나 지속적인 산부식에 따른 변화는 좀 더 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 생각되며 다른 상아질 과민증 처치와 같이 사용했을 때 그 효과가 어떻게 달라질 지에 대한 연구도 꼭 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

상아질과민증치치에 Nd : YAG 레이저를 사용하여 효과를 가질수 있는 지를 평가할 목적

으로 Nd : YAG 레이저로 상아질을 처리한 경우 형태적 변화를 주사전자현미경으로 관찰하기 위하여 40개의 상하악 대구치를 이용해 각군 10개씩으로 나누어, 대조군에서는 노출된 상아질을 산부식하였으며, 실험군 1에서는 산부식시킨 상아질표면을 레이저로 처리하였고, 실험군 2에서는 노출된 상아질표면에 레이저를 조사하였으며, 실험군 3에서는 레이저를 조사한 상아질표면을 산부식시킨 뒤 모든 표면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레이저를 조사한 상아질 표면에서는 상아질 표면의 용융과 재결정화의 양상을 관찰할 수 있었으며, 대조군과 비교하였을때 상아세관의 구경도 감소되었고 상아세관을 폐쇄하는 잔사가 더 많이 잔존되어 있음이 관찰되었다.
2. 레이저가 조사된 상아질 표면에는 공통적으로 상아질 표면에 분화구 형태의 구조가 나타났으며 분화구 내면은 염주모양의 용융된 상아질이 다수 나타났고 그 염주형태의 가운데가 파열된 형태로 관찰되었다.
3. 냉각수를 많이 사용하여 레이저를 적용한 상아질 표면은 냉각수를 적게 사용하여 레이저를 조사한 경우보다 용융된 상아질의 형태와 잔존 도말층에서의 균열이 드물게 관찰되었다.

참고문헌

1. Kenneth L. Zakariasen. Shedding new light on lasers. JADA 1993, vol.124. Feb. : 30-35.
2. Brännström, M. The hydrodynamic theory of dental pain : sensation in preparation, caries, and the dentinal crack syndrome. J.Endodon., 1986, 12 : 453-7.
3. Greenhill, J.D., Pashley, D.H. The effects of desensitizing agents of hydraulic conductance of human dentin in vitro. J. Dent. Res., 1981, 60 : 686-98.
4. Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner AJ, Strong SL, Van Dyke TE Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. J. Periodontol., 1991, 62 : 421-8.
5. Kantola S. Laser induced defects on the tooth structure. V. Electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel. Acta Odontol. Scand., 1972, 30 : 475-84.
6. Dederich D. Zakariasen K. Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. J. Endodon. ,1984, 10 : 428-31.
7. Hibst R., Keller U. Experimental studies of the application of the Er : YAG laser on dental hard substances : I. Measurement of the ablation rate. Lasers Surg. Med., 1989, 9 : 338-44.
8. P. Renton-Harper and M. Midda Nd : YAG laser treatment of dentinal hyperse-nsitivity. Br. Dent. J., 1992, 172 : 13.
9. Morioka, T. et al Effect of beam absorptive mediators on an acid resistance of surface enamel by Nd : YAG laser irradiation. J. Dent. Health, 1984, 34 : 40-44.
10. Launay Y., Mordon S., Cornil A., Bruetaud J. M., Soschetto Y. Thermal effects of lasers on dental tissues. Lasers Surg. Med., 1987, 7 : 473-477.
11. Erick J.D., Bowen R.L., Erickson R., and Cobb E.N. TEM of the smear layer and the dentin adhesive interface. J. Dent. Res. (IADR abst.), 1987, 66 : 268.
12. Raija Rauhamaa-Makinen, Jukka H. Meurman, Marita Luomanen, Heini Torkko, Esa Viherko, and Ilkka Paunio Irradiation of human dental tissues with CO2, Nd : YAG and CO2-Nd : YAG combination laser. Scand. J. Dent. Res. , 1991, 99 : 470-5.
13. Leo J. Miserendino, Guy C. Levy and Ioanl M. Rizoii Effects of Nd : YAG laser on

- the permeability of root canal wall dentin. *J. Endodon.*, 1995, 21 : 83-87.
14. 최동훈 CO₂ 레이저 조사후 상아질 조직변화에 대한 주사전자현미 경적 연구. *한치과보존학회지*, 1991, vol.16, no.1, 106-120.
 15. Brune, D. Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth in vitro. *Scand. J. Dent. Res.*, 1980, 88, 301-305.
 16. Weihing, T., Schaller, H.G., Swalfart, S., Strub, J.R. Permeability of dentin after different Nd : YAG laser treatment. *J. Dent. Res.*(IADR abst.), 1993, 72 : 125.
 17. Zakariasen, K.L., Dederich, D.N., Tulip, J., Decosite, S., Jensen, S.E., Pickard, M.A. Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can. J. Microbiol.*, 1986, 32 : 942-946.
 18. Burns, T., Wilson, M., Pearson, G.J. Sensitization of cariogenic bacteria to killing by light from He : Ne laser. *J. Med. Microbiol.*, 1993, 38 : 401-405.
 19. Cooper, L.F. Shear bond strength of composite bonded to laser treated dentin. *J. Prosth. Dent.*, 1988, 60 : 45-49.
 20. Myers, M.L. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J. Prosth. Dent.*, 1991, 66 : 395-397.
 21. Shaw, P.R., Dummett, C.O., Sakar, N.K., Lancaster, D.M. Effect of a Nd : YAG laser treatment on dentin-resin shear bond. *J. Dent. Res.* (IADR abst.), 1993, 72 : 131.
 22. 안종경 Nd : YAG 레이저 조사가 치아 상아질 및 치수에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *서울치대논문집*, 1994, 18, 1 : 33-52.
 23. Stabholz, A., Neev, J., Liaw, L., Stabholz, A., Khayat, A. and Torabinejad, M. Sealing of human dentinal tubules by XeCl 308 nm Excimer laser. *J. Endodon.*, 1993, vol. 19, no. 6, 267-271.
 24. Ani, I. et al Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd : YAG, CO₂ and argon laser. *Int. End. J.*, 1996, 29, 13-22.
 25. Dowell, P. and Addy, M. Dentin hypersensitivity - A review. *J. Periodontol.*, 1983, 10 : 341.
 26. Parshley, D.H, Michelich, N. and Kehl, T. Dentin permeability : Effects of smear layer removal. *J. Prosthet. Dent.*, 1981, 40 : 531.
 27. Tarbert, W.J., Silverman, G. and Fratarcangelo, P.A. Clinical observation of a new treatment for dental hypersensitivity. *J. Periodontol.*, 1980, 51 : 535.
 28. Grossman, L.E. The treatment of hypersensitive dentin. *JADA*, 1935, 22 : 592-602.
 29. Kumasaki, M. et al Clinical evaluation of GaAlAs-semiconductor laser in the treatment of hypersensitive teeth. *Jap. J. Conservative Dent.*, 1990, 33(4) : 911.

Explanations of photographs

- Fig. 1. Note the typically opened dentinal tubules in the control group. SEM $\times 1000$.
- Fig. 2. Scanning electron micrograph of the dentinal surface with opened dentinal tubules and some remaining debris of smear layer in the control group. $\times 1000$.
- Fig. 3. Note bead-like melted structures at the center of the crater in the experimental group 1. SEM $\times 200$.
- Fig. 4. Note partially occluded dentinal tubules by the smear layer in the experimental group 1. SEM $\times 1000$.
- Fig. 5. Note the crater with little bead-like structures in the experimental group 2. SEM $\times 1000$.
- Fig. 6. Scanning electron micrograph of the dentinal surface with almost the occluded dentinal tubules by the smear layer and recrystallized smear layer in the experimental group 2. $\times 200$.
- Fig. 7. Scanning electron micrograph of the dentinal surface with the completely occluded dentinal tubules by the smear layer in the experimental group 2. $\times 1000$.
- Fig. 8. Note the crater with bead or mushroom-like structure as the same in the experimental group 2 on the experimental group 3. SEM $\times 200$.
- Fig. 9. Note the partially or completely occluded dentinal tubules by the smear layer in the experimental group 3. SEM $\times 1000$.



Fig.1.

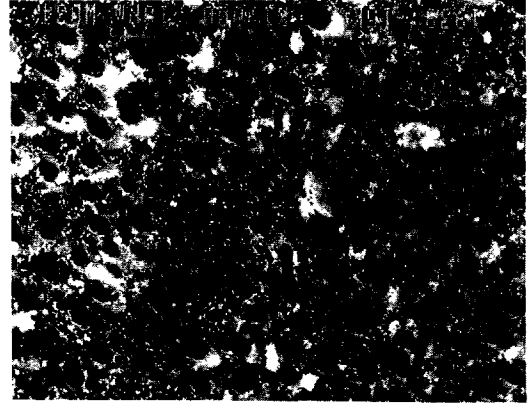


Fig.2.

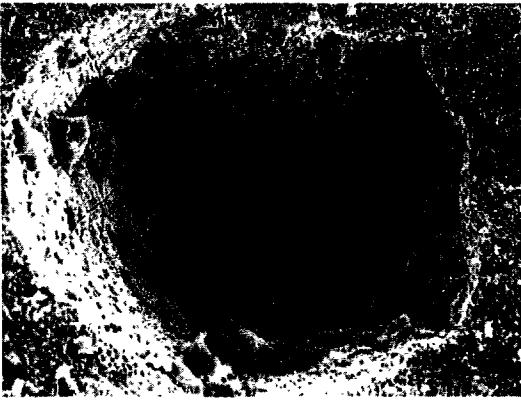


Fig.3.

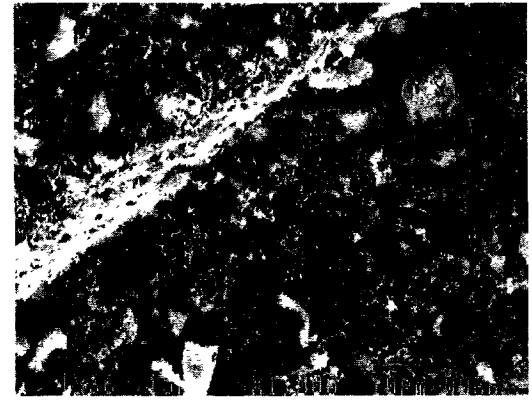


Fig.4.



Fig.5.



Fig.6.

논문사진부도 2



Fig.7.

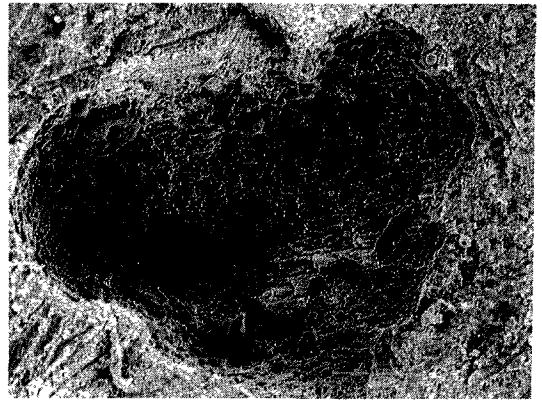


Fig.8.

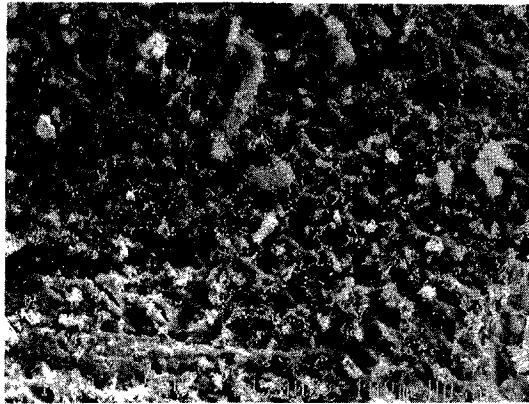


Fig.9.