

치근단절제시 노출된 상아세관의 밀폐효과에 대한 Nd : YAG 레이저의 효과

단국대학교 치과대학 보존학교실

신광철 · 홍찬의

Abstract

THE EFFECT OF ND : YAG LASER ON DENTINAL TUBULE SEAL AFTER ROOT END RESECTION

Kwang-Chul Shin, DDS., Chan-Ui Hong, DDS, MSD, PhD.

Dept. of conservative Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

If root and resection is done during surgical endodontic treatment, newly exposed dentinal tubules form pathways between the canal and the peripheral tissue. Nd : YAG laser was used to block this phenomenon, and its effect was studied with dye penetration and SEM techniques.

40 intact single rooted teeth were divided into 4 groups(10 each) : control group and test groups, in which retrograde cavity surface, cutting surface, retrograde cavity surface & cutting surface were treated with laser(1watt 15pps) and finally retrograde filling with IRM was conducted. After that, they were stained with 2% methylene blue, sectioned and evaluated by the maximum infiltration depth.

And to observe surface change, they were prepared for SEM.

The results were as follows ;

1. All experimental groups showed microleakage with variation in amount.
2. The 2nd group which treated both the retrograde cavity and cutting surface showed significantly less microleakage than the other groups($p < 0.05$). There was no significant difference between groups treated on one side only.
3. As a result of SEM observation of dentin surface, obstruction of dentinal tubules with marble shaped granules, which were different from normal dentin could be seen. Cracks could be seen also.
4. In summary of this experiment, it is thought that effort to obstruct the exposed dentinal tubules as well as retrograde cavity after root end resection is needed.

I. 서 론

비외과적 술식에 의한 근관치료는 환자들의 치아 보존 욕구를 충족해 왔으며 그동안 비교적 높은 성공율¹⁾을 보여왔다. 그러나 여러 이유에 의해 통상적인 근관치료가 불가능할 경우 외과적인 접근이 요구되어지고 있지만 이 또한 여러가지 술식에 어려움이 있어 신중을 기해야 한다. 하지만 외과적, 비외과적 술식이든간에 근관내의 완전한 폐쇄가 주된 관건이며 이를 위한 다양한 노력이 지금까지도 행하여 지고 있다. 특히 외과적 근관치료는 치아의 근첨부를 제거하고 근관내의 여러 독성물질이 치근단 밖으로 빠져 나오지 못하게 하는 치근단 역충전을 시행하여 완전한 밀폐²⁻⁵⁾를 추구하게 되는데 역충전 와동뿐만 아니라 근첨부 제거시 상아세관이 노출되어 근단과 주위조직간의 새로운 통로가 만들어지므로써 실패 가능성이 높아지게 된다. Tidmarsh와 Arrowsmith⁶⁾는 22개 치아의 근첨부를 제거후 주사전자현미경으로 관찰한 결과 새로운 상아세관이 노출됨과 나이가 증가함에 따라 상아세관의 수가 많아짐을 관찰한 바 있고 Ichescio⁷⁾는 64개의 치아에서 근첨부를 제거한 치아가 제거하지 않은 치아보다도 변연누출이 많음을 보고한 바 있다. 이에 Aren⁸⁾은 치근단 절제술시 가급적 적은 양의 제거를 추천하였으며 1mm이상 제거시 새로운 상아세관이 노출되어 실패할 가능성이 높아짐을 주장하였고 Vertucci와 Beatty⁹⁾도 심한 각도로 치근단 절제술을 시행하면 새로운 상아세관이 노출되어 변연누출이 증가됨을 언급한 바 있다. 하지만 임상술식 과정 중 접근의 용이성과 치근단의 부근관 위험성 때문에 치근단 절제술을 시행치 않을수 없는 상황이어서 역충전과 더불어 노출된 상아세관을 밀폐시키려는 시도가 행하여지고 있다.

치의학 분야에서 레이저의 이용은 1964년 Goldman¹⁰⁾이 루비레이저를 이용하여 충치치료의 사용 가능성을 보고한 이후 구강외과¹¹⁾, 치주^{12,13)}, 구강내과, 보존 등 사용분야가 광범위해지고 사용목적도 세분화 되는 실정이다. 특히 보존영역에서 레이저의 이용목적은 충치

치료^{14,15)}, 근관치료¹⁶⁻¹⁸⁾, 지각과민치료, 콤포짓 레진 중합¹⁹⁾과 치근단 수술²⁰⁾ 등에 사용되고 있으며 이중 근관치료, 지각과민 치료, 치근단 수술 등에 사용되는 레이저의 이용목적은 여러 목적이 있으나 주로 상아세관 밀폐를 위한 것으로 요약 되어진다. 레이저의 상아질에 대한 효과는 Kantola²¹⁾가 탄산가스 레이저를 상아질에 조사한 결과 상아질의 재결정화와 결정구조의 크기가 증가하며 칼슘과 인이온의 증가등을 관찰하였으며 정상 법랑질의 수산화 인 회석과 닮은 구조를 가지게 된다고 보고한 바 있으며 Dederich와 Zakariasen¹⁷⁾은 근관내 상아질층에 Nd:YAG레이저를 사용한 결과 상아세관이 밀폐되며 칩과 비슷한 결정구조가 형성되어 상아세관을 막아 액체의 투과성을 감소시킨다고 하였다. 1992년 Stabholz²²⁾은 치근단 절제술을 시행한 치아를 Nd:YAG레이저를 사용하여 색소 투과성을 절제술을 시행치 않은 치아와 비교하였을때 레이저를 사용한 치아가 투과성이 훨씬 줄었다고 보고 하였으며 1993년 1995년 Stabholz^{23,24)}는 Eximer 레이저를 이용하여 상아질에 조사한 결과 상아세관의 밀폐로 색소의 침투가 현저히 줄었으며 그 효과는 영구적이라고 보고한 바 있다. 또한 Wrong²⁵⁾은 발거한 치아에서 치근단 절제술 후 아말감으로 역행충전한 군과 치근단 절제를 시행치 않고 Nd:YAG 레이저만으로 근단공을 처리한 군사이에서 변연누출의 정도가 통계학적으로 별다른 유의성이 없다고 발표하였다.

하지만 Pashley²⁶⁾은 탄산가스 레이저를 이용해 상아질의 투과성을 실험한 보고서에서 각각의 레이저 에너지에 따른 투과성이 다르며 오히려 낮은 에너지(11.3J/cm²)와 중간정도의 에너지(113.2J/cm²)에서는 투과성이 증가됨을 보고하였고 주사전자현미경으로 관찰한 결과 도말층이 부분적으로 상실되었음을 관찰하였고 레이저를 조사한 부위에 따라 상아세관의 밀폐성이 다름을 보고하였다. 또한 friedman²⁷⁾도 통상적인 역충전을 한 군과 레이저를 처리하여 상아세관 밀폐성을 관찰한 군간에 성공율이 별다른 차이가 나지 않는다고 하여 레이

저의 사용에 의문점을 제시하였다.

이에 저자는 레이저의 상아세관 밀폐성을 관찰하고자 건전한 치아에 통상적인 근관치료를 시행하고 치근단 부위를 절단한 뒤 각 부위를 레이저로 처리한 다음 역충전을 시행하고 methylene blue를 이용하여 최대 침투깊이를 분석하고 평가하였고 레이저가 상아질 표면에 미치는 영향을 알아보고자 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

단근관을 가진 건전한 상하악 전치, 소구치 43개를 사용하였으며 치근표면에 부착된 유기 잔사와 치석을 초음파 치석제거기로 제거하고 근관치료 과정을 원활히 하기 위하여 고속용 핸드피스에 #701 fissure bur로 치경부 부위에서 치관부를 제거하였다. #10 K-flexo file을 근관내 삽입하여 근침공의 폐쇄유무를 확인하였으며 근침공에서 1mm 짧게 근관장을 정하여 통법에 따라 근침부에서는 MAF 40번까지 Step-back technique으로, 근관부에서는 Gates-Glidden bur로 근관확대하였다. Gutta-percha와 AH-26 sealer를 사용하여 측방가압법으로 근관충전 하였고 와동형성 부위는 ZOE로 밀봉하였다. 이를 뒤 모든 치아를 고속용 핸드피스 #701 fissure bur로 근침에서 약 3mm 정도 떨어진 부위를 수평으로 제거하였으며 Ultrasonic retrograde tip을 Suprasson(Satelec, France)에 장착하여 약 3mm 깊이로 역충전 와동을 형성하였다.

무작위로 10개씩 4군으로 나누어 1군을 레이저로 처리하지 않은 대조군으로 하고 나머지 3개군은 표1에서와 같이 각기 다른 부위를 Nd : YAG레이저 (Excel Duopulse 2000, Huppage U.S.A.)로 처리하였다. 나머지 3개의 치아는 주사전자현미경으로 관찰하기 위해 준비하였다.

레이저는 제조회사의 지시대로 1watt 15pps (pulse/sec)로 처리하였으며 완전한 치료를 위하여 첫번째 단계는 처리한 부위가 완전히 검

Table 1. Classification of experimental groups

group	Laser Treatment	Tooth No.
1	No laser treatment	10
2	Cavity wall+Cutting surface	10
3	Cutting surface only	10
4	Cavity wall only	10

은색으로 변할때까지 조사하였으며 두번째 단계는 물과 압축공기하에 검은색의 그을린 부위가 완전히 없어질 때까지 처리하였다. 레이저 조사가 완료된 직후 역충전 와동은 IRM으로 역충전 하였고 모든 시편을 37도 100% 습도하에 이틀동안 보관한 다음 2% methylene blue 용액에 48시간 보관하여 염색 시켰다. 흐르는 물에 15분씩 세척하여 묻어 있는 색소를 제거하였으며 그늘진 곳에 하루동안 건조시킨 후 Ortho-Jet acrylic resin(Lang Dental MFG Co., INC, U.S.A.)으로 치아를 매몰하였으며 둥근 diamond saw(두께 0.3mm Buehler Co., U.S.A.)와 microtome을 이용하여 0.5mm 간격으로 수직전달 하였다. 최대 색소 침투 정도를 알기 위해 실물확대 현미경(SZ Serise, Olympus, Japan)을 이용하여 40배 확대하여 치근단 부위에서 가장 많이 침투한 지점까지 거리를 계산 하였고 계산된 침투 깊이를 ANOVA를 이용하여 평가하였다. 주사전자현미경 관찰을 위해 레이저를 처리하지 않은 것과 전단면만 처리한 것, 역충전 와동면만 처리한 것으로 나누어 각 부위를 100배 확대하여 관찰하였다.

III. 실험 성적

1. 염색액 침투정도

Methylene blue 색소는 치근단 절단부, 근관충전부와 상아질벽 사이에서 침투하여 치근의 외벽쪽으로 확산 되었다. 레이저를 전혀 처리하지 않은 1군(Fig. 1)과 한쪽면만을 레이저를 처리한 3, 4군(Fig. 3, 4)에서는 많은 염색액 침투정도를 보였고 역충전 와동면과 절단면 모두를 레이저로 처리한 2군(Fig. 2)에서는 다

Table 2. Mean & S. D. of total dye penetration(um)

	Mean	S D
1군	6374.400	2533.667
2군	3360.000	1633.120
3군	6926.628	2341.985
4군	6805.333	1379.595

Table 3. Statistical analysis(ANOVA test)

group	1	2	3	4
1		*		
2			*	*
3				
4				

* Significance at 95% level($P < 0.05$)

른군에 비해 현저히 적은 침투정도를 보였다. 각 군의 염색액 침투길이를 측정한 결과 표2에서와 같이 절단부와 역충전 와동내에 레이저를 처리한 군이 변연누출이 가장 적게 나타났으며 통계학적으로 다른 군에 비해 유의성 있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 대조군과 절단부, 와동부위에만 레이저 처리한 군들은 색소 침투길이가 비슷하였으며 통계학적 유의성은 없었다. 모든 군에서 색소침투가 관찰되었으며 어느 표본도 완전히 색소침투를 막지는 못했다.

2. 주사전자현미경 관찰

상아질에 레이저를 처리한 면의 변화양상을 알고자 주사전자현미경($\times 1000$)으로 관찰하였다.

Fig. 5는 레이저를 처리하지 않은 대조군의 절단면으로 절단시 생긴 bur의 자국과 이때 생긴 도말층의 모습이 보여지고 있으며 Fig. 6은 레이저를 첫번째 처리한 단계의 절단면 모습으로 상아질이 녹아터진 불규칙한 형태가 관찰되며 정상 상아질과는 다른 변형된 약한 층이 상아질위를 덮고 있는 모습이 관찰되었으며 Fig. 7은 레이저를 두번째 처리한 절단면의 주사전자현미경 사진으로 Fig. 6에서와 같은 약한 층이 떨어져 나가고 작은 구슬모양의 알맹이들이

형성되어 상아세관을 막고 있는 모습이 보여지고 있다. Fig. 8은 Fig. 7과 같은 표본으로 부분적으로 상아세관이 노출되어 있으며 미세 잔금 또한 관찰되고 있으며 Fig. 9는 레이저를 역충전 와동면에 두번 처리한 표본으로 레이저를 절단면에 처리한 모습과 비슷한 형태이며 이 또한 변형된 상아질층에 의해 상아세관이 막혀있는 모습이 보여지고 있다.

IV. 총괄 및 고안

레이저는 강도에 따라 연성 레이저와 경성 레이저로 나누어지며 매체에 따라 고체, 액체, 가스, 반도체 레이저 등으로 나눌 수 있다. 연성 레이저는 혈액순환과 세포활성을 촉진시켜 염증과 부종을 줄여주고 치유를 촉진시킨다고 알려져 있으며 경성 레이저는 주로 수술시에 사용되어 왔으나 현재는 사용범위가 늘고 있는 실정이다. 의료계 뿐만 아니라 레이저가 가지고 있는 독특한 특성(단일과정, 응집, 시준)을 이용하여 통신, 우주산업, 정밀측정, 핵융합 등 첨단 산업기기에 혁신적인 발전을 가져왔다.

치의학 분야에서 경성 레이저의 이용목적은 크게 연조직과 경조직으로 나누어서 사용할 수 있는데, 연조직에서는^{3,21)} 수술시 무균적인 환경을 주로 치아에 사용하게 되는데 레이저가 치아에 미치는 영향을 아직 뚜렷이 밝혀진 것은 없으나 범랑질층^{14,15,28)}, 상아질층, 치수에 따라 레이저의 이용목적과 방법을 다르게 구별할 수 있다. 여러 연구에서 레이저가 치아 경조직에 미치는 영향을 연구²⁸⁻³¹⁾해 왔으나 특히 상아질층 내에는 여러 복잡한 구성물질과 근관으로 통하는 상아세관이 있어 수복치료나 근관치료시 문제점으로 작용하게 된다. 특히 치근단 절제술시 어쩔수 없이 노출되는 상아세관은 또 다른 근관과 통하는 새로운 통로를 만들게 되는데 이를 막기 위해서는 역충전 물질을 최소화, 경사를 준 부분까지는 충전하여야 하며 치근단부의 제거를 최소화해야 하며 상아질 접착제의 사용^{32,33)} 등으로 노출된 상아세관의 위험성을 줄이려 노력해 왔으나 완전한 밀폐효과와

영구성의 문제점이 있을 수 있다.

하지만 레이저의 의료용 발전으로 레이저의 특성을 이용하여 상아질의 표면변화와 밀폐효과가 관심이 집중되고 있다. 따라서 본 실험에서는 최근 많이 사용되고 있는 Nd : YAG laser(Excel Duopulse 2000, Hauppauge, U.S.A)를 사용하였다. Nd : YAG 레이저는 초기 위장관 지혈에 이용되었으며 착색된 조직에 친화력이 있고 정확한 부위를 높은 에너지로 조사할 수 있는 Fiber optic technique을 이용할 수 있어 탄산가스 레이저보다 여러 장점이 있는 것으로 알려져 있다. YAG laser가 치의학 분야에 처음으로 이용된 것은 1974년 Yamamoto, Ooya³⁴⁾가 실험한 보고서에서 초기 충치를 막을 수 있는 훌륭한 도구라고 언급한 이래 Myers¹⁵⁾이 pulsed Nd : YAG 레이저로 초기 소와열구 충치와 착색을 제거하였으며 Levy¹⁸⁾은 Nd : YAG 레이저를 이용하여 근관치료를 한 결과 근관내의 상아질이 녹아 상아세관을 밀폐 시킴으로써 충전효과의 증대를 가져올 수 있는 가능성을 보고하였다. 하지만 아직은 레이저의 효과에 대한 충분한 검증이 없는 실정이다.

레이저를 상아질에 사용하는 원리는 상아질에 직접 조사하면 높은 열작용으로 인하여 Plasma라고 하는 층이 형성되어지며 이 Plasma의 효과에 의해 치아 격자구조의 변화를 가져와 정상 상아질과는 다른 구조의 표면이 형성되어 진다고 하였다. Kantola^{21, 35)}는 탄산가스 레이저를 사용하여(50W/0.2sec) 상아질에 조사하여 본 결과 상아질의 재결정화와 결정구조의 크기증가, 법랑질층과 비슷한 수산화인회석의 경질구조, 칼슘과 인의 증가를 보고하였으며 Brun³⁶⁾도 탄산가스 레이저를 사용하여(10,100.200Jm²) Pinhole 형성을 실시하였는데 레이저를 처리한 상아질의 경도가 법랑질층과 비슷하다고 보고하였다. 또한 Paghdiwala³⁷⁾는 Er : YAG laser로 근관치료된 치아의 절단면 치근단 부위를 처리하여 주사전자현미경으로 관찰한 결과 표면이 균일하며 미세균열이나 파절이 관찰되지 않는다고 보고 하였으며 또한 레이저를 조사한 상아질층의 유기질 성분이 증발 소실되어 무기질 성분이 상대적으로 많아지고 액체의 이

동을 막을 수 있으며 오염된 치근단의 멸균과 치근흡수 저항성을 높일수 있다고 주장하였다.

하지만 어느 실험에서도 미세누출을 완전히 막을 수는 없었는데 Pashley²⁶⁾은 너무 낮은 에너지는(11J/cm²) 보호막으로 작용하는 도말층을 없애는 결과로 오히려 미세누출을 증가시키며 높은 에너지(115J/cm²)에서는 double zone이 형성되어지며 그중 바깥부분의 상아세관이 더 밀폐되어 있음을 보고하여 상아세관을 밀폐하려면 특정한 에너지를 조사해야 함을 시사하고 있으며, Stabholz²³⁾은 너무 높은 에너지로 처리하였을 때 밀폐시킨 구조물이 녹아 터져서 오히려 상아세관을 노출시키게 됨을 주사전자 현미경으로 관찰한 바 있다.

이에 본 실험에서는 레이저 제조회사의 지시대로 1watt 15pps로 처리하였으며 레이저의 완전한 처리를 위해 Stabholz²²⁾ 실험대로 2단계로 나누어서 각기 처리하였다.

미세누출실험결과 절단면과 와동만 처리한 군에 비해 모두 처리한 군이 현저히 미세누출이 적었는데 이는 각각 하나씩만 처리를 해서는 미세누출을 막을 수 없었다는 것을 시사하고 있으며 두 군 모두 미세누출이 상당량 있었다는 것은 치근단 절제술 후 역충전 뿐만 아니라 노출된 상아세관을 밀폐시키는 노력을 병행해야 함을 시사하고 있다. 본 실험에 사용된 역충전 재료인 IRM은 원래 임시충전재로 사용하여 왔으나 최근에는 치근단 역충전재로 추천되고 있다. Inoue³⁾, Smee⁴⁾, Bondra²⁾은 발거한 치아에서 치근단 역충전재로 사용한 결과 아말감보다 우수한 치근단 폐쇄효과를 나타냈다고 보고하였고 Crook³⁸⁾ 역시 IRM을 치근단 역충전재로 사용한 결과 만족할 만한 치근단 폐쇄효과를 보고한 바 있어 임상에서 쉽게 이용할 수 있고 간편히 사용할 수 있는 IRM을 역충전 재료로 사용하였다. IRM과 와동벽 사이의 미세누출이 본 실험에 어느 정도 영향을 미쳤는지는 알 수 없으나 절단면과 와동면 모두 레이저를 처리한 군에서 미세누출이 가장 적었다는 것으로 보아 IRM 자체로 만의 근관 밀폐효과는 본 실험 결과 만족스럽지 않은 것으로 추측된다. 또한 절단면과 와동에서만 처

리한 군은 레이저를 처리하지 않은 군과 미세 누출이 차이가 나지 않았지만 현미경으로 관찰시 레이저를 처리한 부분으로는 적게 색소 침투가 이루어진 경향이 나타났다.

주사전자현미경으로 관찰한 결과 레이저를 처리한 부분에서는 상아질이 녹아서 생성된 물질이 상아세관을 밀폐시키고 있음이 관찰되었고 이로 인해 투과성이 감소되어 염색액의 침투가 줄었다고 사료되어진다. 하지만 완전히 상아세관을 막지는 못하고 있었고 미세잔금 또한 관찰되어 이부분을 통해서 미세누출이 이루어진 것이 아닌가 하고 추측된다.

미세누출의 중요성뿐만 아니라 또 다른 고려해야할 점 중의 하나는 레이저를 처리한 표면의 생체적합성이라 할 수 있겠다. 상아질에 대한 레이저 처리시의 생체적합성은 아직 보고된 바 없으나 Trylovich등³⁹⁾이 백악질에 Nd-YAG 레이저를 처리하여(80mJ/10pps) 조섬유세포가 정착되는 실험에서는 레이저를 처리한 군이 처리하지 않은 군보다 조섬유세포의 정착율이 적어 생체적합성이 좋지 않다고 보고한 바 있고 Douglas와 Dederich⁴⁰⁾도 Nd : YAG laser를 치근면에 처리하면 단백질이 파괴되면서 발생하는 ammonium에 의해 치주조직의 재부착이 방해받는다 고 하였다. 따라서 상아질을 레이저로 처리한 이후에 대한 생체적합성 연구도 이루어져야 한다고 사료된다.

앞으로 역충전 물질의 발달과 더불어 정립된 레이저를 이용한 상아세관 밀폐효과를 임상에서 활용할 수 있으면 치근단 수술시 성공률을 높일 수 있다고 생각되며 이에 대한 충분한 검증이 이루어져야 한다고 사료된다.

V. 결 론

외과적 근관치료시 치근단 절제술을 시행하게 되면 새로운 상아세관이 근관내와 주위조직간의 통로를 형성하게 되므로 이를 차단하고자 Nd : YAG 레이저를 이용하여 밀폐효과와 SEM을 이용한 표면변화를 연구하였다.

건전한 단근치 40개를 무작위로 10개씩 4군으로 분류하여 대조군, 와동면, 절단면, 와동

면과 절단면에 각기 레이저로 처리하고(1 Watt 15pps) IRM으로 역충전을 실시한 다음 2% Methylene blue로 염색하고 종단하여 최대 침투길이를 평가하였다. 또한 표면변화를 알아 보기 위해 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 정도의 차이는 있었지만 모두 미세누출을 보였다.
2. 역충전 와동과 절단면 모두를 레이저로 처리한 2군이 다른 군에 비해 현저히 적은 누출을 보였으며($p < 0.05$), 한쪽만 레이저 처리한 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.
3. 상아질면에 대한 주사전자현미경 관찰 결과, 정상 상아질과는 다른 구슬모양의 알맹이들이 생성되어 상아세관을 밀폐시키고 있는 양상을 보였으며 미세잔금도 관찰되었다.
4. 본 실험의 결과를 종합해 볼 때 치근단 절제시 역충전뿐만 아니라 노출된 상아세관을 차단시키려는 노력을 방해하여야 한다고 사료된다.

참고문헌

1. Wein FS : Endodontic therapy. 4th edition 1989 : 1.
2. Bondra DL, Hartwell GR, MacPherson MG, Portell FR : Leakage in vitro with IRM, High copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. J Endodon 1989 : 15 : 157-60.
3. Inoue S, Yoshimura M, Tinkle JS, Marshall FJ : A 24-week study of the microleakage of four retrofilling materials using a fluid filtration method. J Endodon 1991 : 17 : 369-75.
4. Smeets G, Bolanos OR, Morse DR, Furst ML, Yesilsoy C : A comparative leakage study of P-30 resin-bonded ceramic, teflon, amalgam, and IRM as retrofilling

- seals. *J Endodon* 1987 : 13 : 117-21.
5. Thirawat J, Edmunds DH : The sealing ability of materials used as retrograde root fillings in endodontic surgery. *Int Endod J* 1989 : 22 : 295-8.
 6. Tidmarsh BG, Arrowsmith MG : Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth : a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1989 : 22 : 184-9.
 7. Ichesco WR, Ellison RL, Corcoran JF, Krause DC : A spectrophotometric analysis of dentinal leakage in the resected root. *J Endodon* 1986 : 12 : 129.
 8. Arens DE, Adams WR, Decastro RA : Endodontic surgery, Philadelphia. Harper and Row, 1981 : 129.
 9. Vertucci FJ, Beatty RG : Apical leakage associated with retrofilling techniques : a dye study. *J Endodon* 1986 : 12 : 331-6.
 10. Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman : Impact of the laser on the dental caries. *Nature* 1964 : 203 : 417.
 11. Pecaro BC, Garehime WJ : The CO₂ laser in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1983 : 41 : 725-28.
 12. Cobb CM, McCawley TK, Killoy WJ : A preliminary study on the effects of the Nd : YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo. *J Periodontol* 1992 : 63 : 8 701-707.
 13. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW : The effect of Nd : YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing : An in vitro study. *J Periodontal* 1992 : 63 : 637-41.
 14. 이상호, 이종갑 : 레이저 조사의 치아우식 억제효과에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지*. 1991 : 18 : 1-19.
 15. Myers TD, Myers WD : The use of a laser for debridement of incipient caries. *J Prosthet Dent* 1985 : 53 : 776-79.
 16. Bahcall J, Howard P, Miserendino ML, Walia H : Preliminary investigation of the histological effects of laser endodontic treatment on the periradicular tissues in dogs. *J Endodon* 1992 : 18 : 47-51.
 17. Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J : Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following Neodymium-Yttrium-Aluminum-Garnet laser irradiation. *J Endodon* 1984 : 10 : 428-431.
 18. Levy G : Cleaning & shaping the root canal with a Nd : YAG laser beam : A comparative study. *J Endodon* 1992 : 18 : 123-27.
 19. Kelsey WP, Blankenau RJ, Powell GL, Barkmrier WW, Cavel WT, Whisenant BK : Enhancement of physical properties of resin restorative materials by laser polymerization. *Laser Surg Med*. 1989 : 9 : 623-27.
 20. Miserendino LJ : The laser apicoectomy : Endodontic application of the CO₂ laser for periapical surgery. *Oral Surg Oral med Oral Pathol* 1988 : 66 : 615-19.
 21. Kantola S : Laser-induced effects on tooth structure. IV A study of changes in the calcium and phosphorus contents in dentin by electron probe microanalysis. *Acta Odont Scand* 1972 : 30 : 463-74.
 22. Stabholz A, Khayat A, Ravanshad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M : Effects of Nd : YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J Endodon* 1992 : 18 : 371-75.
 23. Stabholz A, Neev J, Lih LL, Stabholz A, Khayat A, Torabinejad M : Sealing of human dentinal tubules by XeCl 308-nm Eximer laser. *J Endodon* 1993 : 19 : 267-71.
 24. Stabholz A, Rotstein I, Neev J, Moshonov J, Stabholz A : Efficacy of XcCl 308-nm Eximer laser reducing dye penetration through coronal dentinal tubules. *J Endo-*

- don 1995 : 21 : 266-8.
25. Wong WS, Rosenberg PA, Boylan RJ, Schulman A : A comparison of the apical seals achieved using retrograde amalgam fillings & the Nd : YAG laser. *J Endodon* 1994 : 20 : 595-97.
 26. Pashley EI, Horner JA, Kim S, Pashley DH : Effects of CO₂ laser energy on dentin permeability. *J Endodon* 1992 : 18 : 257-62.
 27. Friedman S, Rotstein I, Mahamid A : In vivo efficacy of various retrofills and of CO₂ laser in apical surgery 1991 : 7 : 19-25.
 28. Stern RH, Vahl J, Sognnaes RF : Lased enamel : Ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J Dent Res* 1972 : 61 : 455-60.
 29. Miller M, Truhe T : Lasers in dentistry. *JADA* 1993 : 124 : 32-70.
 30. Keller U, Hibst R : Experimental studies of the application of the Er : YAG laser on dental hard substance : II. Light microscopic and SEM investigation. *Laser in Surgery and Medicine* 1989 : 9 : 345-51.
 31. Goldman L, Goldman J, Goldman B, Meyer R : Effect of laser beam impacts on teeth. *Amer Dent Assn* 1965 : 70 : 601-606.
 32. Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE : Dentine tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol* 1991 : 62 : 421-28.
 33. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Asmussen E : Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. 1. *Endodont Dent Traumatol* 1991 : 7 : 118-25.
 34. Yamamoto H, Ooya K : Potential of yttrium aluminum garnet laser in caries prevention. *J Oral Pathol* 1974 : 3 : 7-15.
 35. Kantola S : Laser-induced effects on tooth structure. VII. X-ray diffraction study of dentin exposed to a CO₂ laser. *Acta Odont Scand* 1973 : 31 : 381-86.
 36. Brune D : Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth in vitro. *Scand J Dent Res* 1980 : 88 : 301-305.
 37. Paghdiwala AF : Root resection of endodontically treated teeth by Erbium : YAG laser radiation *J Endodon* 1993 : 19 : 91-4.
 38. Cooks WG, Anderson RW, Powell BJ, Kimbough WF : Longitudinal evaluation of the seal of IRM root and fillings. *J Endodon* 1994 : 20 : 250-2.
 39. Trylovich DJ, Cobb CM, Pippin DJ, Spencer P, Killoy WJ : The effects of the Nd : YAG laser on in vitro Fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces. *J Periodontol* 1992 : 63 : 626-32.
 40. Douglas N, Dederich BSEE : Laser/tissue interaction. *JADA* 1993 : 124 : 57-61.

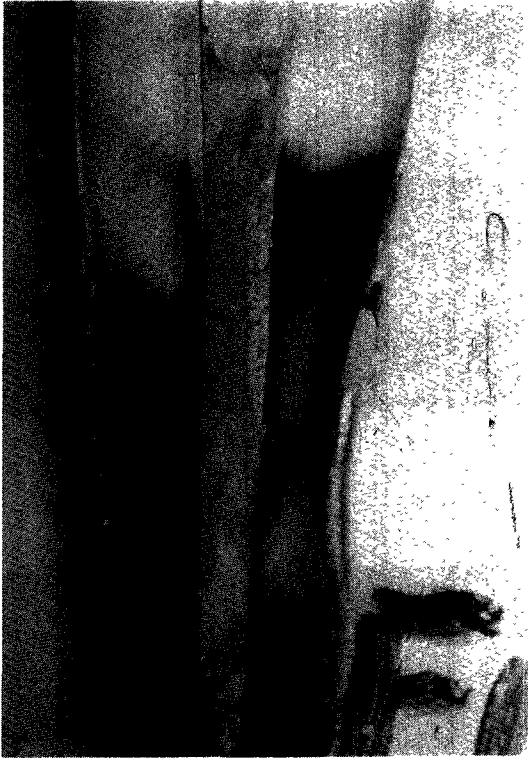


Fig. 1

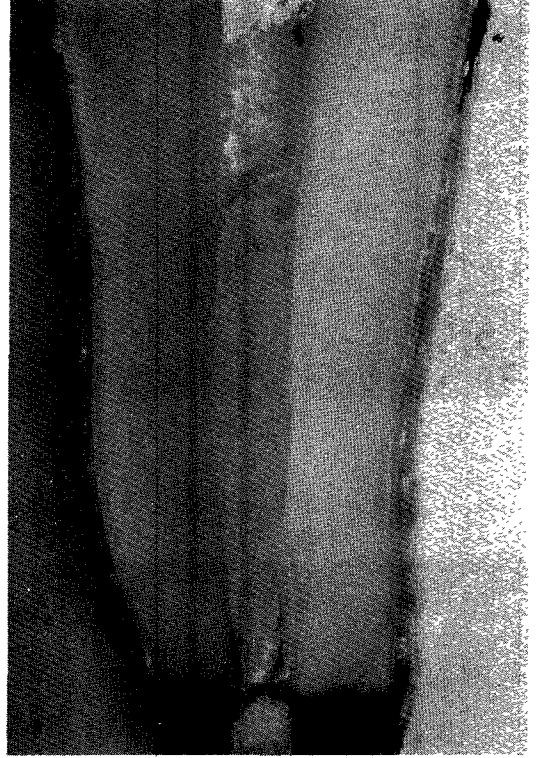


Fig. 2



Fig. 3

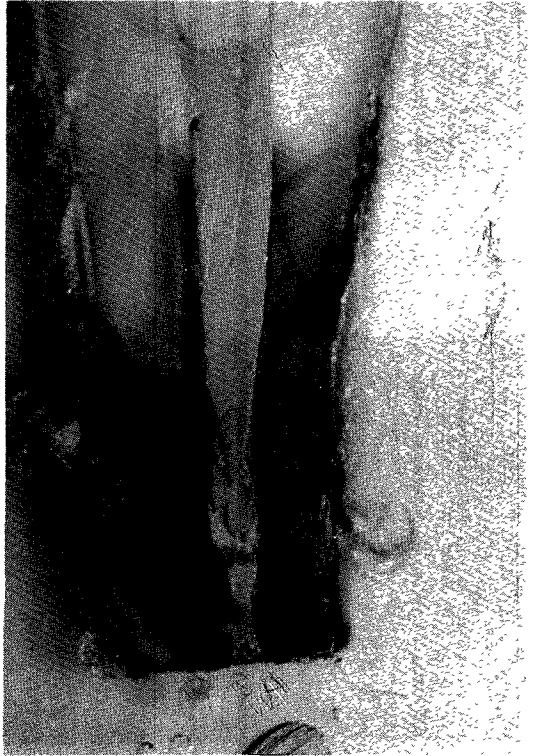


Fig. 4



Fig. 5

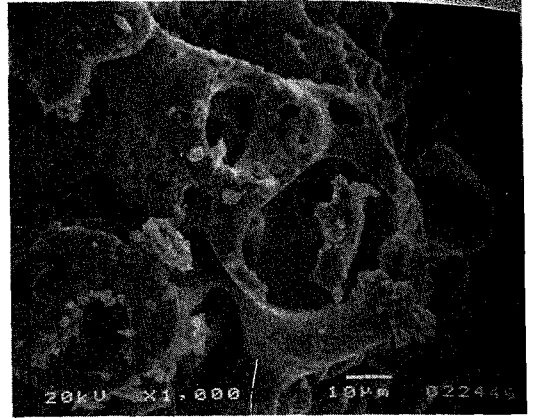


Fig. 6

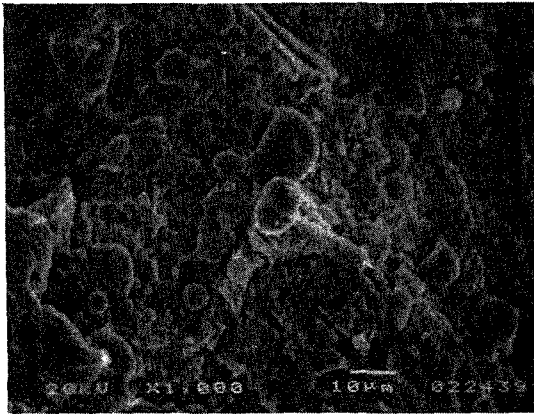


Fig. 7

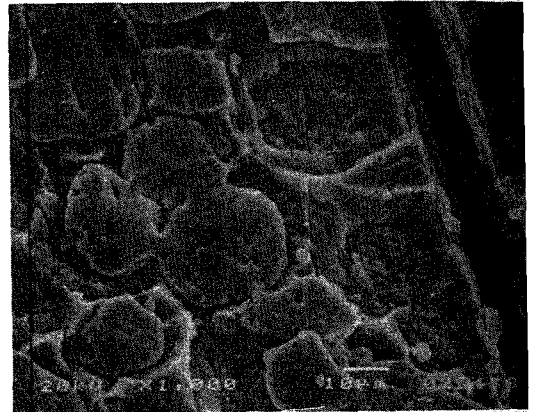


Fig. 8

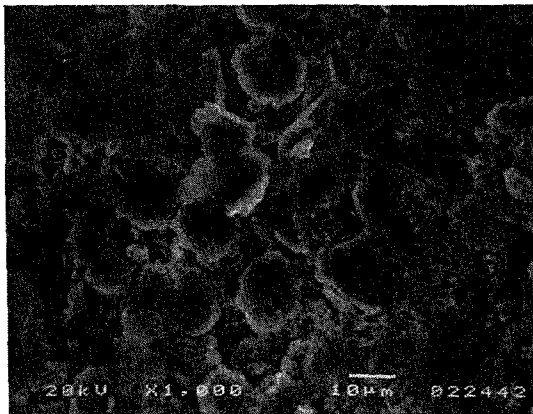


Fig. 9