

근관치료시 Nd:YAG Laser 사용과 세척액에 따른 치근단 폐쇄효과의 비교

김진운 · 이희주 · 허 복

부산대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

THE EFFECTS OF ND:YAG LASER AND IRRIGANTS ON CANAL SEALING ABILITY

Jin-Woon Kim, Hee-Ju Lee, Bock Hur

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

The application of Nd:YAG laser and irrigants to the root surface can change its surface configurations. The purpose of this study was to investigate the effects of Nd:YAG laser and irrigants on the apical seal of obturated canals.

In this study, 66 single rooted teeth were randomly assigned to 4 group of 14 teeth each.

8 teeth were served us positive and negative controls.

The teeth were divided into 6 groups as follows.

Group A: Nd:YAG laser, 5% NaOCl + Rc-prep

Group B: Nd:YAG laser, Saline

Group C: 5% NaOCl + Rc-prep

Group D: Saline

Group E: Positive control

Group F: Negative control

66 teeth were instrumented using Maillefer ProFile® (Orifice Shapers, .04 taper, .06 taper, Dentsply, Switzerland). Two of each group were selected at random, and the canal wall surfaces were examined under a SEM. 12 teeth of each group were obturated using by lateral condensation technique.

Specimens were immersed in india ink for 7days, decalcified by 10% nitric acid, dehydrated by 75, 80, 85, 90, 95 and 100% alcohol in order, cleared by methyl salicylate and then measured of dye penetration with stereomicroscope($\times 15$ magnification) and Image Pro plus. The data were analyzed statistically by one-way ANOVA test and Duncan's Multiple Range test.

The results were as follows:

1. The mean leakage was 0.128 ± 0.376 for group A, 0.237 ± 0.325 for group B, 0.297 ± 0.468 for group C, 0.586 ± 0.402 for group D, and there were statistically significant differences between group A and group D, group B and group D. ($p < 0.05$)
2. Group A had better sealing ability than Group C, but there was statistically no significant differences. ($p > 0.05$)
3. Group B had better sealing ability than Group D, and there was statistically significant difference. ($p < 0.05$)
4. Group A had better sealing ability than Group B, but there was statistically no significant difference. ($p > 0.05$)
5. Group C had better sealing ability than Group D, but there was statistically no significant difference. ($p > 0.05$)

6. As a result of observation under SEM, Smear layers were removed in Group A, B, but Smear layers were partially removed and smear plugs were remained in Group C. Smear layers were not removed in Group D. To be specially, Melting of smear layer were showed in Group C
7. These results suggests that the laser has a potential in reducing the apical microleakage of obturated canals.

I. 서 론

근관치료에서 세정과 성형과정은 중요한 단계이며 이 과정 동안에 근관계 내의 모든 내용물을 제거하고 근관충전이 용이한 형태로 만든다¹⁾. 대부분의 근관충전에 따른 문제의 원인은 부적절한 근관 세정 및 성형에 의한 것이므로 근관 세정 및 성형과 근관충전은 분리해서 생각할 수 없는 밀접한 관계를 가지고 있다.

근관 세정과 성형과정은 다양한 기구 조작에 의해 이루어지며 기구 조작 전, 후에 근관세척을 시행하게 된다. 근관세척은 근관 내 피사되고 오염된 물질을 씻어내고 유헬작용을 위해 중요한 역할을 한다. 차이염소산나트륨용액은 흔히 사용되는 세척액으로 잔사조직을 제거하고 유헬작용, 미생물의 파괴, 조직용해²⁾와 같은 작용을 한다. 생리적 식염수는 조직자극과 염증을 최소화하며 근관 내 잔사를 부유시키고³⁾ 유헬작용을 하지만 조직용해작용은 없다. 그 외에 과산화수소수와 EDTA와 같은 칼슘 치환제, 그리고 Rc-prep, Glyoxide와 같은 유헬제가 사용되어진다.

McComb와 Smith⁴⁾는 기구 조작후 근관 내 도말층의 존재를 처음으로 보고하였다. 도말층은 무기질과 유기질 입자들을 가진 상아질 삭편과 근관 내의 연조직으로 구성되어 있으며 이러한 도말층의 제거 유무에 대한 의견은 다양하다. 도말층이 미생물과 조직이 들어있는 상아세관을 막음으로써 치료 후 상아세관으로부터 미생물이 근관 내로 나오는 것을 방지한다고 주장하는 의견도 있으나, William과 Goldman⁵⁾의 연구에 의하면 도말층이 세균의 운동속도를 느리게는 하나 완전한 방어벽으로서의 역할을 수행하지는 못한다고 보고되었다. Kennedy 등⁶⁾은 근관벽의 도말층이 제거되면 가타퍼차에 의한 근관벽 폐쇄가 더 완벽해진다고 보고하였고, Saunders와 Saunders⁷⁾도 도말층을 제거하면 미세누출이 적어진다고 하였다. 따라서 도말층이 근관벽과 충전재료들 사이에 미세누출을 유발할 수 있으므로⁸⁾ 충전하기 전에 도말층을 제거하는 것이 유리하다고 보고되고 있다⁹⁾.

여러 연구들^{9,10)}에서는 근관 내에 형성된 유기물 및 무기물 잔사를 제거하기 위해서는 기계적 기구 조작과 함께 잔사를 용해시키는 화학적 세척제를 병행해서 사용하기를 추천하고 있다. 그러나 이러한 병행요법을 사용하여도 도말층을

완전하게 제거하지 못할 수 있는데, Aktener와 Bilkay¹¹⁾, 그리고 Matsuoka 등¹²⁾의 연구들에서 화학적 세척액을 사용한 화학-기계적 근관형성으로도 근관벽 내에 있는 도말층을 완전히 제거하지 못한다는 것을 관찰하였다.

한편, 도말층을 제거하기 위해 레이저의 도입 등 다양한 시도가 있어왔다. 여러 가지 레이저 중, Nd : YAG 레이저는 소량의 neodymium(Nd) 성분이 균일하게 도포된 yttriumaluminum-garnet(YAG) 결정체를 활성 매질로 사용하며 파장이 1,064nm로 적외선 영역에 놓여있다. 광섬유를 통해 전달되는 접촉형이므로 구강내 접근이 용이하고 환자가 편안함을 느끼는 장점을 가지고 있다. Nd : YAG 레이저는 경조직에 사용할 수 있는데 Yamamoto와 Oya¹³⁾는 우식예방에 효과적인 것으로 발견하였고, Lenz와 Gilde¹⁴⁾는 원숭이의 치아 법랑질에서 열구를 융합(fusing)하고 용융(melting)하는데 성공하였다. 또한 Nd:YAG 레이저는 우식제거에도 효과적이라고 보고되었다¹⁵⁾.

최근에는 상아질에 대한 레이저의 영향과 근관치료 분야에서의 레이저의 적용에 대한 관심이 높아지고 있다.

Dederich 등은 Nd : YAG 레이저를 조사하였을 때, 근관벽 상아질에서 용융(melting) 및 재결정화(recrystallization)가 나타나며¹⁶⁾, CO₂ 레이저를 이용하면 상아질 벽이 광택이 나는 양상(glazing)을 나타낸다고 하였으며¹⁷⁾, 다른 연구자들은 엑시머 레이저를 이용하면 무기질 성분의 재결정화에 의해 상아세관이 봉쇄된다고 보고하였다^{18,19)}. Tani와 Kawada²⁰⁾는 CO₂ 레이저와 Nd : YAG 레이저가 상아세관내의 도말층을 융합(fusion)시킴으로 상아질의 투과성을 감소시킨다고 주장했다.

Levy²¹⁾는 레이저의 열에 의한 조직 손상을 막기 위해 공기-물 냉각제를 사용할 것을 권장하면서 Nd : YAG 레이저로 근관 세정 및 성형한 경우, 근관 벽이 보다 더 깨끗하고 근관벽 상아질이 용융되고 실리카(silica)가 침착됨으로 상아세관이 봉쇄(sealing)된다고 보고하였다.

그러나 근관 세정과 성형과정 중에 사용하는 세척액의 종류와 레이저 사용유무에 따른 근관벽 상아질의 양상을 비교하고 이러한 근관 벽의 상태가 근관 폐쇄효과에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 미흡한 상태이다.

이에 본 실험에서는 발거된 치아에서 근관 세정 및 성형과

정에 두 가지의 세척액을 사용하고 각각의 경우에서 Nd : YAG 레이저가 근관벽 상아질의 양상에 미치는 영향을 평가하기 위해 주사전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)을 사용하여 상아질 표면을 관찰하고 그것이 근관 충전시 치근단 미세누출에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

인간의 발치된 치아 중 근단공이 완성된 단근치, 단근관 치아를 64개 선택해서 14개의 치아를 한 군으로 하여 4개의 군으로 나누고 4개의 치아는 양성 대조군, 4개의 치아는 음성 대조군으로 하였다(Table 1).

2. 실험방법

1) 근관형성

10번 K-file로 근침이 천공되는 길이에서 1mm를 줄인 곳까지를 작업장으로 정하고 근관형성을 하였다. 모든 군은 TR-ZX (Tri Auto ZX, Morita, Japan)와 ProFile® Orifice Shapers, .04, .06 taper (Maillefer, Dentsply, Switzerland)를 이용하여 #40까지 근관형성하였다. 각 단계마다 A군과 C군은 5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep을 사용하였고 B군과 D군은 생리 식염수를 근관세척제로 사용하였다. 이후 Gates-glidden drill 2, 3, 4번을 사용하여 치관부 확대를 하고 10번 K-file로 patency를 확인하였다.

A군과 B군은 치아들의 근관내로 320 μ m fiber optic을 작업장 길이보다 1mm 짧게 넣고 근관 벽에 최대한 접촉시켜 치관쪽으로 천천히 긁어주면서 Nd:YAG 레이저(10Hz, 100mJ, 1W)를 조사하였다.

2) 근관충전

각 군에서 12개 치아를 통상의 측방가압법을 이용하여 근관충전하였다. Sealer인 Sealapex(Kerr, USA)를 근관에 도포하고 master cone과 fine-medium, medium accessory cones을 이용하여 spreader가 근관입구에서 3~4mm만 들어갈 때까지 충전한 후 가열된 plugger로 상부 gutta percha를 제거하고 수직가압을 하였다. E, F군은 양성, 음성 대조군으로 근관충전은 시행하지 않았으며 양성 대조군은 치근단공을 개방시켰고 음성 대조군은 치근단공을 sticky wax로 밀봉하였다.

3) 시편제작

근관충전 전 상태의 치아를 각 군(A, B, C, D)에서 임의로 2개씩 골라내어 근관을 중심으로 치아장축 방향을 따라 반으로 잘라서 근단공 상부 1~2mm를 중심으로 SEM으로 관찰하였다.

근관충전이 완료된 치아는 근관입구를 IRM으로 밀봉하고 sealer가 완전히 경화되도록 실온의 100% 습도 하에 24시간동안 저장하였다.

완전히 건조시킨 후, nail varnish를 치근단공 2mm를 제외한 치근 전면에 2회씩 바르고 건조시켰다. India ink에 7일간 침수시켜서 보관하고 4시간동안 흐르는 물로 씻어낸 후 10% nitric acid를 이용하여 치아가 고무처럼 될때까지 탈회를 시킨 후 75, 80, 85, 90, 95, 100% alcohol로 탈수시키고 methyl salicylate에 48시간동안 보관시켜서 투명표본을 제작하였다.

이후 stereomicroscope(Olympus, Japan)를 이용하여 15배 확대한 후 관찰하여서 색소 침투가 가장 큰 부위의 거리를 computer monitor상에 capture하여 Image Pro plus(Media Cybernetics, USA)를 이용하여 거리 측정을 mm 단위로 소수점 7째 자리까지 측정한 후 소수점 4째 자리에서 반올림하였다. 이후 각 실험군의 통계처리는 one-way ANOVA와 Duncan's Multiple Range test를 이용하였다.

III. 연구결과

1. 치근단 미세누출

실험결과 각 표본의 누출길이와 각 군의 최소, 최대, 평균 미세누출의 정도는 Table 2~4와 같다.

실험결과 치근단부 평균 미세누출량은 A군에서는 0.128 \pm 0.376, B군에서는 0.237 \pm 0.325, C군에서는 0.297 \pm 0.468, D군에서는 0.586 \pm 0.402로 나타났으며, 음성 대조군에서는 누출이 일어나지 않았고 양성 대조군에서는 근관장 전체에 걸친 누출이 보였다. 각 실험군을 비교하면

Table 1. Classification of groups

Group	Numbers of teeth	Method & Irrigant
A	14	5% NaOCl+Rc-prep, Nd : YAG laser
B	14	Saline, Nd : YAG laser
C	14	5% NaOCl+Rc-prep
D	14	Saline
E	14	Positive control
F	14	Negative control

Table 2. Distribution of leakage length (mm)

	Group A	Group B	Group C	Group D
1	1.303	0.899	1.174	1.127
2	0.229	0.636	1.050	1.034
3	0	0.563	0.887	0.866
4	0	0.513	0.447	0.856
5	0	0.243	0	0.787
6	0	0	0	0.748
7	0	0	0	0.649
8	0	0	0	0.567
9	0	0	0	0.399
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep을 근관 세척제로 사용하고 Nd : YAG 레이저를 조사한 A군에서는 2개의 치아를 제외한 근관에서 미세누출이 일어나지 않아 가장 양호한 결과를 보였으며, 레이저 사용 없이 생리식염수로 근관세척한 D군에서는 3개의 근관에서만 미세누출이 없어 가장 많은 누출을 보였다(Table 3).

한편, 각 군간의 치근단 미세누출 차이를 통계학적으로 검정하였을 때 A군과 D군, B군과 D군간의 치근단 미세누출 차이만 유의성이 있었고(p<0.05), 그 외에는 유의성 있는 차이가 없었다(Table 4). Nd : YAG 레이저를 사용한 군에서 세척제의 비교(A군과 B군)는 유의성이 없었고 Nd : YAG 레이저를 사용하지 않은 군에서 세척제의 비교(C군과 D군)에서도 유의성이 없었다(Table 4). 그리고 근관 세척제로 5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep을 사용한 군에서 레이저 사용 유무에 대한 비교(A군과 C군)는 유의성이

Table 3. Number, minimum & maximal leakage score, Mean & standard deviation of leakage length (mm)

Group	No.	Min.	Max.	Mean	S.D.
A	12	0	1.303	0.128	0.376
B	12	0	0.889	0.237	0.325
C	12	0	1.174	0.297	0.468
D	12	0	1.127	0.586	0.402

Table 4. Results of one-way ANOVA & Duncan's Multiple Range test

	A	B	C	D
A				
B			F Value	2.93**
C				
D	**	**		

[** p-value<0.05]

없었으나 근관 세척제로 생리식염수를 사용한 군에서 레이저 사용 유무에 대한 비교(B와 D군)는 유의성이 있었다(p<0.05)(Table 4).

2. 주사 전자 현미경 소견

근관 세척제로 5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep을 사용하여 근관 세정과 성형한 C군에서는 근관벽에 도말층의 일부는 제거되었고 도말층 plug가 남아 있는 것을 관찰할 수 있었으며(Fig. 1), 5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep을 근관 세척제로 사용하여 근관 세정과 성형한 후 근

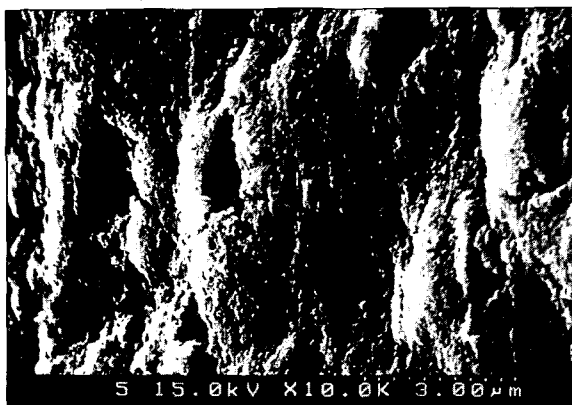


Fig. 1

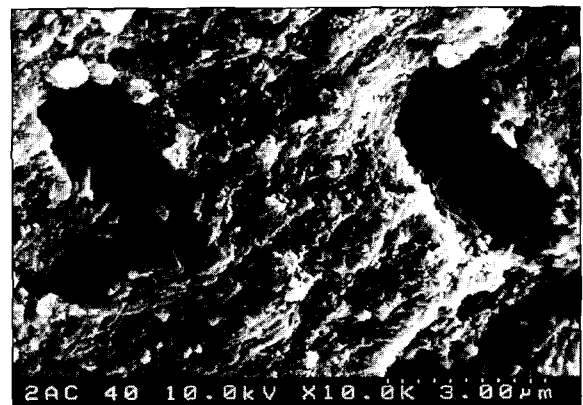


Fig. 2

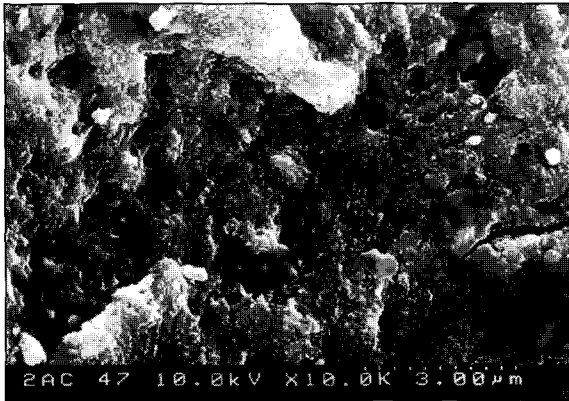


Fig. 3

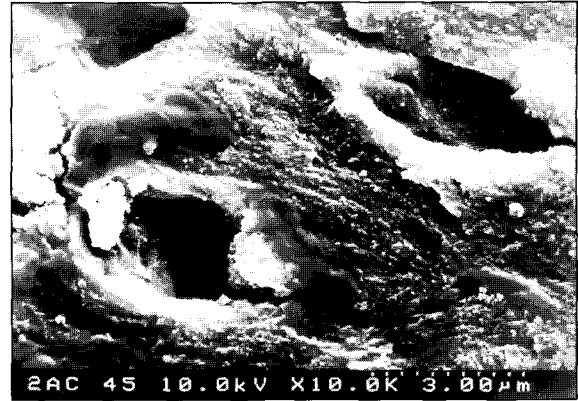


Fig. 4

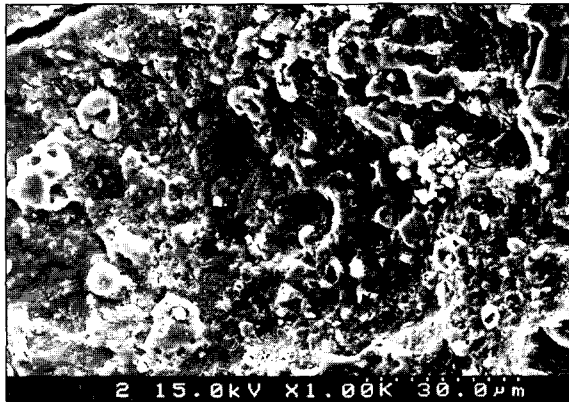


Fig. 5

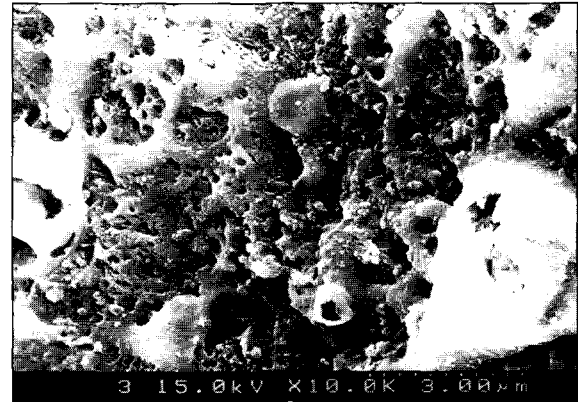


Fig. 6

관벽을 레이저로 조사한 A군에서는 도말층이 제거되어 상아세관이 노출된 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2).

근관 세척제로 생리식염수를 사용하여 근관 세정과 성형한 D군에서 전체 근관벽에 걸쳐 도말층이 상아세관을 덮고 있는 것을 관찰할 수 있었으며(Fig. 3), 생리식염수를 사용하여 근관 세정과 성형한 후 근관벽을 레이저로 조사한 B군에서는 도말층이 제거되어 상아세관이 노출되거나(Fig. 4), 도말층이 용융된 양상이 나타났으며(Fig. 5), 고배율로 확대시 용융된 불규칙한 표면이 더 잘 관찰되었다(Fig. 6).

IV. 총괄 및 고찰

근관 세정과 성형과정은 근관계 내의 괴사조직을 제거(debridement)하고 삼차원적 밀폐를 위한 적절한 공간을 만들기 위해 근관 확대를 포함한다²²⁾. 이때 수동 파일, 엔진 구동형 파일 또는 초음파 기구 등 여러 가지 기구들이 사용된다. 이러한 기구 조작에 의해 근관벽에는 도말층이 형성되게 되는데 이것은 기구 조작후에 근관벽에 존재하는 유기

물과 무기물 잔사이며⁴⁾ 전자현미경으로 관찰시 무정형의 불규칙한 과립상²³⁾, 상아질 잔사, 조직 잔사, 조상아세포돌기도 보이며, 감염된 근관의 경우 미생물의 성분도 나타난다⁴⁾. 이 층은 상아질 표면에 위치하거나 상아세관 안으로 밀려들어가 smear plug를 형성하기도 한다.

근관충전시 도말층을 제거할 것인지에 대한 의견은 다양하다²⁴⁾. 생물학적으로 볼 때 도말층은 미세누출의 통로가 될 수 있고 미생물의 침입과 성장을 위한 배지가 될 수 있다고 주장하는 의견²⁵⁾도 있고 도말층이 차단막으로 작용하여 세균의 침입을 방지한다는 의견⁵⁾도 있다. 근관충전시 열가소성 가타파차와 호제로 충전할 경우, 도말층이 제거되지 않으면 제거한 군에 비해 세균침투의 빈도가 높았으며²⁶⁾ 도말층이 가타파차와 호제의 세관 내로의 유입을 방해하므로 도말층을 제거하고 충전하면 미세누출이 감소된다고 보고되고 있다^{27,28)}. 따라서 충전 전에 도말층을 제거하는 것이 유리하다고 생각되어진다.

충전 전에 도말층을 제거하기 위해서는 기계적 기구 조작과 함께 잔사를 용해시키는 화학적 세척제를 병행해서 사용

하기를 추천하고 있다^{9,10)}.

생리 식염수는 조직 자극이 적으며 근관내 잔사를 부유시키고 윤활제의 역할을 하므로 근관세척제로 사용되고 있으나 미생물의 화학적인 파괴나 부근관내의 조직이나 근관사이의 연결부와 같은 기계적으로 도달되지 않는 조직부위의 용해를 일으킬 수는 없으므로 생리 식염수만으로는 근관을 깨끗하기에는 부족하다는 것이 일반적인 견해이다¹⁾.

본 실험에서도 생리적 식염수로 근관세척한 경우에는 도말층이 많이 잔존해 있었고 미세누출량도 가장 많이 나타나 도말층의 존재가 근관충전에 미치는 영향이 좋지 않음을 확인할 수 있었다.

차아염소산나트륨용액은 강한 산화제이며 가수분해제이므로²⁹⁾ titanium과 stainless steel을 제외한 대부분의 금속을 부식시킨다^{30,31)}. 살균제의 역할을 하며 단백질을 분해하므로 창상 소독제³²⁾와 근관 세척제로 사용되고 있다³³⁾. 따라서 차아염소산나트륨용액은 근관치료시 조직용해에 유용하긴 하나 도말층이 효과적으로 제거되지는 않으므로³⁴⁾ 도말층의 제거를 위해서는 Rc-prep 또는 EDTA와 병용하는 것이 효과적이라고 보고되었다³⁵⁾. Rc-prep은 EDTA에 urea peroxide를 섞은 것으로 경조직 치환효과와 윤활제의 역할을 겸비하며 거품현상에 의해 조직잔사가 제거되고 도말층을 제거하는데 도움이 된다³⁾ 하였다. 그러나 본 실험에서는 위의 두 가지를 병용한 경우에도 도말층이 효과적으로 제거되지 않고 상아세관 내에 남아있는 양상을 나타내 Aktener와 Bilkay¹¹⁾ 그리고 Matsuoka 등¹²⁾의 연구에서와 유사한 결과를 나타내었다. 생리적 식염수를 사용한 군에 비해서 미세누출량이 적게 나타났는데 이는 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep에 의해 도말층의 유기질과 무기질 잔사가 어느 정도 용해되어³⁶⁾ 나타난 결과라고 생각된다. 그러나 평균값의 큰 차이에도 불구하고 유의성이 없었던 이유는 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관 세척하면서 기구 조작만 한 군의 표준 편차가 다른 군에 비해 높았기 때문이다. 이것은 군내에 표본의 수가 적고, 근관충전의 미숙, 투명표본제작시의 오류 등에 의한 계측의 문제점 때문인 것으로 사료된다.

도말층을 제거하기 위해 초음파와 레이저의 도입 등 다양한 시도가 있어왔다. 초음파의 사용이 도말층 제거에 상당히 효과적일 것이라고 생각했으나 Ahmad 등³⁷⁾은 초음파로 기구 조작한 군과 손으로 기구 조작한 군에서 남은 잔사의 양에는 뚜렷한 차이가 없었다는 것을 보고하였다.

한편, 근관치료시에 레이저를 사용하는 것에 대한 관심이 높아지면서 그 영향에 대한 연구가 진행되고 있다. 여러 연구들^{17,38,39)}에 의하면 레이저 조사에 의해 근관벽에 남아있는 연조직이 기화되고 도말층이 제거되면서 근관벽 상아질면이 용융되며, 연조직과 도말층이 제거됨으로 근관벽의 청결상태가 우수해지고 근관내 살균효과를 얻으며 상아세관

이 개방되면서 실러(sealer)의 침투가 용이해져 근관충전에 양호한 영향을 미친다고 하였다.

Dederich 등¹⁷⁾은 Nd : YAG 레이저 조사에 의해 상아질 표면의 변화 양상을 주사 전자현미경으로 평가하였는데 조사된 근관벽 면이 비다공성 양상을 나타내는 것으로 보아 상아질의 액체에 대한 투과성이 감소될 것이라고 하였다. Lan 등⁴⁰⁾은 다양한 조건의 Nd : YAG 레이저를 근관벽에 조사한 결과 100mJ, 10~20pps의 조건을 근관 벽면 청결 시 사용할 것을 제안하였으며 150mJ에서는 도말층이 갈라지거나 용융된다고 하였다.

한편, Pecora 등⁴¹⁾은 Er : YAG 레이저 조사와 기구 조작 그리고 증류수 또는 차아염소산나트륨용액을 사용한 근관내 세척이 상아질 투과성에 미치는 영향을 연구하였는데 이 연구에서 증류수로 세척하면서 기구 조작 후 Er : YAG 레이저 적용한 군에서 상아질 침투성이 가장 높았으며 증류수로 세척하면서 기구 조작한 군에서 상아질 침투성이 가장 낮았다. 그리고 이들은 증류수가 1% 차아염소산나트륨용액보다 레이저 조사에 더 잘 상호작용한다는 것을 발견하였으며 이것은 1% 차아염소산나트륨용액이 Er : YAG 레이저와 상호작용하는데 중요한 인자일 수 있는 자유 이온기가 많기 때문이라고 설명하였으며 증류수로 세척하면서 기구 조작 후 Er : YAG 레이저 적용하면 상아질 투과성을 증가시키는데 효과적이라고 결론지었다.

본 실험에서는 Nd : YAG 레이저를 조사했을 때, 사용한 근관세척제에 관계없이 도말층이 제거되어 근관 충전 후 미세누출의 양이 감소되는 것이 관찰되어 Pecora 등⁴¹⁾의 결과와 유사하였으나 차아염소산나트륨용액을 사용한 경우에 미세누출량이 더 적은 것은 상기 연구자와 다른 결과를 나타내었다.

Dederich 등¹⁶⁾은 근관벽 상아질에 Nd : YAG 레이저를 조사하였을 때, 근관벽 상아질에서 용융(melting) 및 재결정화(recrystallization)가 나타남을 보고하면서 상아질 표면의 용융과 노출된 상아세관의 폐쇄가 근관의 밀폐에 유용하다고 하였으나 본 실험에서는 도말층의 제거만 나타나 다른 결과를 보였으며 이는 사용한 레이저의 조건이 달랐기 때문이라고 사료된다. 한편, 레이저 조사시 발생하는 열이 치근면에 전달되어 인접 치근단 주위 조직에 손상을 가할 가능성이 있는데, Eriksson과 Albertsson⁴²⁾은 생체온도보다 10℃ 상승한 47℃에서 치주인대 내의 fiber의 파괴와 괴사 및 골 손상이 일어난다고 보고하였다. Goodis 등의 보고⁴³⁾에 의하면 probe size가 320 μ m이면 100 또는 200 μ m의 크기에 비해 유의성 있게 열 증가가 없으며 3W, 20Hz, 10초 조사시에도 열 증가는 3.2(\pm 2.2)정도이므로 수직가압 충전법 시에 적용하는 열기구에 의한 열 증가보다 더 안전하다고 하였다. 다른 보고⁴⁴⁾에는 근관내 Nd : YAG 레이저의 에너지 출력을 100mJ/pulse 이하와 20pulse/s 하에

서 적용한다면 치근표면의 온도 상승은 10℃를 넘지 않으므로 안전하다고 하였다.

본 실험에서는 100mJ/pulse와 10pulse/s를 사용하였는데 10pulse/s에 1.25W로 레이저 조사하였을 때 상아질의 용융과 재결정화가 관찰되지 않는다고 보고한 이 등⁴⁵⁾의 결과처럼 상아질면의 변화는 관찰되지 않았다. Takeda 등⁴⁶⁾도 1W, 100mJ의 pulse energy 그리고 10Hz의 주파수를 사용한 Er : YAG 레이저에서 도말층은 제거되었지만 상아질의 용융과 재결정화는 일어나지 않았다고 보고하였다.

본 실험에서 사용된 레이저는 도말층의 제거는 가능하지만 상아질 표면을 용융시키고 재결정화 시키기에는 낮은 출력과 주파수였던 것으로 사료되나 도말층의 제거가 근관충전시 미세누출 감소의 결과를 보여주어 근관치료의 결과에 효과적이라고 생각된다.

이상에서와 같이 고찰해 본 결과, 근관치료시 사용하는 기구 조작에 의해 형성된 도말층이 근관충전 후 치근단 미세누출에 영향을 미치며 이를 제거하는 것이 양호한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 세척액으로 생리식염수만 사용하는 것보다는 5% 차아염소산나트륨용액과 Rcprep으로 근관세척하는 것이 더 나은 결과를 얻을 수 있으나 각 세척제의 사용 후 레이저를 조사한 경우에는 미세누출의 차이가 없으므로 개방 근관공을 가진 경우 등과 같이 화학적 세척제를 사용할 수 없을 때에는 근관형성 후 근관벽에 레이저를 조사하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

레이저 조사에 의해 근관 내에 남아있는 괴사된 연조직과 도말층이 제거되고 근관 내 살균효과를 얻을 수 있으므로 즉일근관충전시 레이저를 사용한다면 보다 나은 결과를 얻을 수 있지 않을까 생각된다. 만약 근관에 레이저를 조사하는 것이 어렵고 전 근관벽에 균일하게 조사하는 것이 쉽지 않다는 점을 극복할 수 있다면 근관치료에서 레이저의 사용이 더욱 증가될 것이라고 생각된다.

이상과 같이 근관치료시 Nd : YAG 레이저를 사용하면 치근단 미세누출이 감소하는 것을 알 수 있지만 향후 레이저 조사가 근관벽 상아질에 미치는 영향에 대해 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 근관치료시 Nd : YAG 레이저 사용과 세척액에 따른 치근단 폐쇄효과를 평가하기 위해 64개의 발거된 단근관 치아를 4개의 실험군으로 나누었다. 실험군을 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군, 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군, 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군, 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군으로 나누었

고 각 실험군에서 임의로 12개의 치아들을 선택하여 통상의 측방가압 충전법으로 충전하였다. 나머지 2개의 치아들은 근관을 중심으로 치아장축을 따라 반으로 절단하고 치근단 부위를 중심으로 SEM 관찰하였다.

근관충전된 각 실험군을 india ink에 7일간 담구어 둔 후 투명표본을 제작하고 stereomicroscope (Olympus, Japan)와 Image Pro plus(Media Cybernetics, USA)를 이용하여 색소 침투량을 측정하여 미세누출의 정도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치근단부 평균 미세누출량은 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군에서는 0.128 ± 0.376 , 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군에서는 0.237 ± 0.325 , 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군에서는 0.297 ± 0.468 , 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군에서는 0.586 ± 0.402 로 나타났으며, 통계적으로 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군과 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군, 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군과 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군이 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
2. 근관형성 시 근관 세척제로 5% 차아염소산나트륨용액을 사용한 군에서 Nd : YAG 레이저의 사용 유무에 대한 비교(5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군과 5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군)는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
3. 근관형성시 근관 세척제로 생리식염수를 사용한 군에서 근관면에 Nd : YAG 레이저의 사용 유무에 대한 비교(생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군과 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
4. Nd : YAG 레이저를 사용한 군에서 근관세척제에 대한 비교(5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군과 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작 후 Nd : YAG 레이저 조사한 군)는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
5. Nd : YAG 레이저를 사용하지 않은 군에서 근관세척제에 대한 비교(5% 차아염소산나트륨용액으로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군과 생리 식염수로 근관세척하면서 기구 조작만 한 군)는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
6. 주사전자현미경 관찰에서 생리 식염수로 근관세척만 한 군에서는 도말층이 거의 제거되지 않은 양상을 보였으며

5% 차아염소산나트륨용액과 Rc-prep으로 근관세척만 한 군은 도말층이 제거되었지만 도말층 plug는 남아 있는 양상을 보였으며 근관세척제로 완전히 제거되지 않은 도말층이 레이저 조사후 완전히 제거된 양상을 보였다.

참고문헌

- Cohen S, Burns PC: Pathway of the pulp. 3rd ed. St. Louis: CV Mosby 181-4, 1984.
- Grossman LI, Melman B: Solution of pulp tissue by chemical agents, J Am Dent Assoc 28:223, 1941.
- Baumgartner JC, Mader CL: A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens, J Endod 13:147-57, 1987.
- McComb D, Smith DC: A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures, J Endod 1:238-42, 1975.
- Williams S, Goldman M: Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*, J Endod 11:385-8, 1985.
- Kennedy WA, Walker WA III, Gough RW: Smear layer removal effects on apical leakage, J Endod 12:21-7, 1986.
- Sanders WP, Sanders EM: The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer, J Endod 25:245-9, 1992.
- Golberg F, Spieberg C: The effect of EDTA and the variation time analyzed with scanning electron microscopy, Oral Surg 53:74-6, 1982.
- Moodnick R, Dorn S, Feldman M, Borden B: Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study, J Endod 9:261-6, 1976.
- Fairbourn K, McWalter G, Montgomery S: The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris, J Endod 13:102-7, 1987.
- Akten BO, Bilkay U: Smear layer removal with different concentrations of EDTA, J Endod 19:228-231, 1993.
- Matsuoka E, Kimura Y, Matsumoto K: Studies on the removal of debris near the apical seats by Er:YAG laser and assessment with a fiberscope, J Clin Laser Med Surg 16:117-122, 1998.
- Yamamoto H, Oya K: Potential of yttrium aluminum garnet laser in caries prevention, J Oral Pathol 3:7-15, 1974.
- Lenz P, Gilde H: Schmelversiegelung und Kavitaeten preparation mit laser strahlen: eine neue technologie zur Karie porphilazie, ZVR 89:60-6, 1988.
- Myers TD, Myers WD: In vivo caries removal utilizing the Yag laser, J Mich Dent Assoc 67:66-9, 1985.
- Dederich D, Zakariasen K, Tulip J: Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentin follow Neodymium Yttrium garnet laser irradiation, J Endod 10:428-31, 1984.
- Dederich D, Zakariasen K, Tulip J: Effects of continuous wave CO2 laser on canal wall dentin[Abstract], J Dent Res 65:253, 1986.
- Pini R, Salimneni R, Vannin M, Barone R, Clauser C: Laser dentistry: a new application of excimer laser in root canal therapy, Laser Surg Med 9: 352-7, 1989.
- Stabholz A, Neev J, Liaw LL, Stabholz A, Khayat A, Torabinejad M: Effect of ArF-193 nm excimer laser on human dentinal tubules, Oral Surg 75:90-4, 1993.
- Tani Y, Kawada H: Effects of laser irradiation on dentin. 1. Effect on smear layer, J Dent Mater 6:127-34, 1987.
- Levy G: Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study, J Endod 18:123-7, 1992.
- Walton RE: Current concepts of canal preparation, Dent Clin North Am 36:309-26, 1992.
- Brannstrom M: Smear layer: pathological and treatment considerations, Oper Dent Suppl 3:35-42, 1984.
- Czonstokowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA: Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes, 11:71-4, 1985.
- Pashley DH: Smear layer: physiological considerations, Oper Dent Suppl 3:13-29, 1984.
- Orstavik D, Haapasalo M: Disinfection by endodontic irrigants and dressings or experimentally infected dentinal tubules, Endod Dent Traumatol 6:142-9, 1990.
- Gencoglu N, Samani S, Gunday M: Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer, J Endod 19:599-603, 1993.
- Karagoz-Kucukay I, Bayirli G: An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer, Int Endod J 27:87-93, 1994.
- Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH: Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissues, J Endod 11:525-8, 1985.
- Mark HF, McKetta JJ, Othmer DF: Encyclopedia of chemical technology. 2nd edn. New York: Interscience 5:10-15, 1964.
- Selinger B: Chemistry in the marketplace 4th edn. Sydney: Harcourt Brace Jovanich, 55-6, 1989.
- Dakin HD: On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds, Br Med J 2:318-320, 1915.
- Crane AB: A practicable root canal technic. Philadelphia: Lea & Febiger, 69, 1920.
- Garberoglio R, Becce C: Smear layer removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study, Oral Surg Oral Med Oral Pathol 78:359-67, 1994.
- Bystrom A, Sunqvist G: The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 case of endodontic therapy, Int Endod J 18:35-40, 1985.
- Goldman M et al: The efficacy of several endodontic irrigating solutions: part 2, J Endod 8:487-492, 1982.
- Ahmad M, Pittford T, Crum L: Ultrasonic debridment of root canals: an insight into the mechanisms involved, J Endod 13:93-100, 1987.
- Marques JLL, Eduardo CP, Matsumoto K: A study on morphological changes of the root canal walls lased by pulsed Nd:YAG laser, J Jpn Endod Assoc 16:64-9, 1995.
- Miserendino LJ, Levy GC, Rizoiu IM: Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin, J Endod 21:83-7, 1995.
- Lan WH, Tsai MC, Lin CP: Efficacy of Nd:YAG laser irradiation in removing smear layer, AAE 1:OR(67), 2000.
- Pecoram JD, Brugnera-Junior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R: Evaluation of dentin root canal permeability

- after instrumentation and Er:YAG Laser Application, *Lasers in Surgery and Medicine* 26:277-281, 2000.
42. Eriksson AR, Albrertsson T: Temperature threshold levels for heat induced bone tissue injury : a vital microscopic study in the rabbit, *J Prosthet Dent* 50:101-7, 1983.
43. Goodis H, White J, Neev J: Thermal measurement of root surface temperatures during application of intracanal laser energy, in vivo, *SPIE* 1880:226-34, 1993.
44. Lan WH: Temperature elevation on the root surface during Nd:YAG laser irradiation in the root canal, *J Endod* 25:155-6, 1999.
45. 이재학 : 산부식과 CO2 및 Nd:YAG 레이저조사에 따른 상아질 표면의 변화. 부산치대논문집, 2000.
46. Takeda F, Haraxhima T, Kimura Y, Matsumoto K: A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser, *Int Endod J* 32:32-39, 1999.