

불화나트륨 이온도포와 Nd:YAG laser 조사가 치근면 내마모성에 미치는 영향

김진덕 · 염창엽 · 김송욱 · 김병옥 · 한경윤

조선대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서론

다양한 원인을 갖는 복잡한 염증성 질환인 치주질환은 치은출혈이나 치은부종, 치은발적과 같은 증상과 더불어 하부 지지조직인 치은결합조직, 치조골과 치주인대의 파괴를 야기하여 치주낭을 형성하고 치아의 기능상실을 초래하는 질환이다. 치은퇴축은 부적절한 치솔질이나 교합성 외상, 치주조직의 염증에 의해 발생되기도 하며, 염증의 해소와 함께 더욱 빈번하게 발생된다.

치근면의 노출은 치근면활택술이나 치솔질에 의한 마모의 결과로 얇은 백악질이 쉽게 제거되면서 치근의 지각과민증이 발생될 수도 있고¹⁾, 장기간 동안 치근이 노출되면 지속적인 구강내 타액 또는 상주균과의 접촉에 의해 치근의 표면이 연화됨으로써 치근면우식증을 초래하기도 한다²⁾.

불소는 치아우식증의 예방을 위해 치과영역에서 널리 사용되고 있다. 불소의 치아우식 예방 기전은 크게 치질의 내산성을 증가시키거나 치질의 강도를 증가시킴으로써 해서 우식증을 일으키는 세균들이 치질내에서 확산되는 속도를 감소시켜 치아우식증의 진행을 느리게 하는데 있다. 즉 치아 표면에 침착되어

치아의 구조인 수산화인회석의 수산기를 불소로 치환시켜서 불화인회석의 구조로 전환시켜 치질의 격자 구조를 더욱 치밀하게 함으로서 치질의 강도를 증가시키고 내산성을 높여 우식증을 예방한다고 알려져 있다.

1958년 Schwalow와 Townes가 Einstein의 양자 방사선의 가설을 이용하여 MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)의 원리를 기술한 이후, 1960년 Maiman³⁾에 의해 최초로 개발되어 MASER로 소개된 laser란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 두문자만을 모아 합성한 단어인데, 단일 파장의 고집적 에너지의 빛을 원하는 부위에 집중시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 기체, 액체, 고체 및 반도체 등의 다양한 활성매질을 이용한 laser가 개발되어 산업 분야는 물론 의학 분야에 광범위하게 이용되고 있고, 출력에 따라서 저출력, 중출력, 고출력 laser로 분류할 수 있으며, 발진된 laser의 파형에 따라 연속파와 펄스파로 분류하는데 치과 영역에서 사용되는 laser는 대부분 중출력으로 펄스파가 사용된다⁴⁾. 치의학 분야에서도 Goldman 등 (1964)⁵⁾이 ruby laser를 치아우식증의 치료에 이용한 이후 CO₂ laser, argon laser 그리고

Nd:YAG laser가 구강내 연조직 처치에 주로 이용되고 있으며, 치아 경조직에 대한 laser의 적용으로 치은연하 치석제거⁶⁾, 치근표면의 도말층 제거와 상아세관의 노출⁷⁾, 치주질환에 이환된 치근면에 대한 섬유아세포의 부착촉진⁸⁾, 치근면에 침착된 치태 세균의 제거⁹⁾, 근관 치료¹⁰⁾, 치아우식증의 예방^{11, 12)}과 치료^{13, 14)} 및 치면열구전색^{15, 16)} 등이 있어 laser의 활용 가능성에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

치주질환에 의하거나 치주 치료의 결과로 인하여 노출된 치근면에서 마모와 치근우식증의 발생가능성이 매우 높기 때문에 노출된 치근면의 내마모성을 증강시킬 수 있는 방법의 모색이 요구되고 있다. 이에 NaF 이온도포법과 Nd:YAG laser 조사 등을 단독 또는 복합 처리하였을 때 치근 표면의 내마모성에 미치는 효과를 비교 평가하는데 목적을 두고 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

치주질환에 이환되어 발거된 50개의 상하악 전치부 치아를 연구재료로 선별하였는데, 인접면에 굴곡이 있거나 원추형의 치근을 갖는 치아는 제외하였다.

2. 연구방법

(1) 치아의 전준비

발거된 치아의 치근면에 Gracey curette과 periojet®(intensive bur)를 이용하여 치석제거술과 치근면활택술을 철저하게 시행한 후에 tetracycline HCl(100mg/ml)로 5분간 치근면을 문지르는 방법으로 치근면 처치를 시행하였다.

(2) 실험전 질량의 측정

치아를 48시간 동안 실온에 방치하여 건조시킨 후에 질량측정기(SHIMADEU Co., LIBROR EB-220HU, capacity 220,000g, Japan)를 이용하여 각 치아의 질량을 측정하였다.

(3) 실험군의 구분

본 연구를 위하여 실험군은 10개씩의 치아로 구성된 5 집단으로 표 1과 같이 구분하였는데 각 군간의 실험전 총질량이 비슷하도록 구분하였다.

표 1 실험군의 구분

Group	처치 방법
실험 1군	Nd:YAG laser 조사
실험 2군	NaF 이온도포
실험 3군	NaF 이온도포 후 Nd:YAG laser 조사
실험 4군	Nd:YAG laser 조사 후 NaF 이온도포
대조군	아무 처치도 시행하지 않은 군

(4) NaF 이온도포

치근 인접면부의 내마모성을 증진시키기 위한 방법으로 2% NaF 용액을 NaF 이온도포기(F-ion, 덕수시스템, 한국)로 150 μ A에서 4분간 이온도포하였다.

(5) Nd:YAG laser 조사

laser의 조사는 pulsed Nd:YAG laser(표 2)를 직경 300 μ m의 fiberoptic을 장착하고 1W(100 mJ, 10Hz) 하에서 치근면활택술을

표 2 pulsed Nd:YAG laser(EL.EN.EN060, Italy)의 특성

Wave length	1,064nm
Output power	0.03-6.0W
Energy per pulse	30-150mJ
Frequency	1-40Hz
Cooling	Air cooled

시행한 인접면의 치근면에 직각을 이루면서 치근면으로부터 5 mm의 거리가 되도록 고정 한 후에 1분간(10초씩 6회 반복) 조사되었다.

(6) 치근면 마모 유도

각각의 치아를 48시간 동안 0.9%의 생리식 염수에 저장하여 습한 상태를 유지한 다음 치근면에 마모를 유도하기 위하여 전동치술 (Oral-B®, Brown Co., Germany)과 치근면 인 접면부가 접촉하도록 고정한 후에 60분(10분 간 6회 반복) 동안 전동치술질을 시행하였다. 마모도를 부여할 때 하나의 대조군 치아와 각각의 실험 1, 2, 3, 4군의 치아를 순서대로 반복하여 2회 시행한 후에(10개의 치아), 다 시 치술모를 교환하여 실험을 계속 진행함으 로써 치술모 자체의 마모에 의한 마모도의 감소가능성을 배제하고자 하였다.

(7) 실험후 질량의 측정

실험후 질량측정은 48시간 동안 실온에 방 치하여 건조시킨 후 실험전 질량측정과 동일 한 방법으로 시행하였다.

(8) 마모율 평가

각 치아의 마모정도는 전동치술질에 의한 마모유도 전, 후의 질량변화율을 다음과 같은 공식에 따라 산출하여 마모율로써 평가하였 으며, 각 군의 평균과 표준편차를 구하였다.

$$\text{질량변화율} = \frac{\text{전동치술질 시행전 질량} - \text{전동치술질 시행후 질량}}{\text{전동치술질 시행전 질량}} \times 100(\%)$$

(9) 통계학적 분석

질량의 감소율에 대한 각군간의 차이는 SAS(statistical analysis system) program에서 ANOVA를 이용하여 통계적인 유의성을 검 사하였으며, Duncan's multiple range test로 사후 검정하였다.

III. 연구 성적

각 군에서 치아별 실험전 질량(표 3)과 전 동치술질에 의한 마모유도 후 각 군의 치아 별 질량(표 4)의 차이를 구하여 각 군의 치아 별 질량변화율을 산출한 결과 표 5와 같이 대 조군은 1.833(± 0.086)%, 실험 1군은 1.386(± 0.120)%, 실험 2군은 1.570(± 0.065)%, 실험 3 군은 1.112(± 0.150), 그리고 실험 4군은 1.058 (± 0.115)로 나타났다.

질량감소율에 대한 각 군간의 차이를 통계 학적으로 분석한 결과 표 6과 같이 실험 3군 과 실험 4군 간의 차이를 제외하고, 그 외의 각 군간의 차이에 통계학적 유의성이 있었다 ($p > 0.001$).

표 3 각 치아의 실험전 질량(mg)

치아	대조군	실험 1군	실험 2군	실험 3군	실험 4군
1	124.1	104.3	139.1	107.2	123.1
2	104.4	102.2	126.5	91.7	111.0
3	94.4	95.9	118.1	83.1	107.9
4	85.7	83.2	83.5	62.7	85.7
5	67.9	72.9	60.6	51.2	79.4
6	57.7	67.9	60.6	51.2	79.4
7	47.8	62.5	58.8	49.3	58.1
8	42.0	54.5	51.5	46.6	55.3
9	37.5	42.0	42.0	44.5	49.1
10	35.3	38.0	39.4	35.3	38.9

표 4 각 치아의 실험후 질량(mg)

치아	대조군	실험 1군	실험 2군	실험 3군	실험 4군
1	121.9	102.9	136.9	106.0	121.9
2	102.6	100.6	124.6	90.6	109.8
3	92.6	94.7	116.2	82.2	106.6
4	84.2	82.0	82.1	61.9	84.6
5	66.6	71.5	81.5	54.1	80.1
6	56.6	67.0	59.7	50.7	78.7
7	46.9	61.6	57.9	48.9	57.5
8	41.2	53.3	50.7	46.1	54.7
9	36.8	41.5	41.3	43.9	48.6
10	34.7	37.5	38.8	34.9	38.5

표 5 각군의 질량감소율(%), 평균, 표준편차

치아	대조군	실험 1군	실험 2군	실험 3군	실험 4군
1	1.773	1.342	1.582	1.119	0.975
2	1.724	1.566	1.502	1.200	1.081
3	1.907	1.251	1.609	1.083	1.205
4	1.750	1.442	1.676	1.276	1.284
5	1.916	1.515	1.570	1.097	0.989
6	1.906	1.326	1.485	0.980	0.882
7	1.883	1.440	1.531	0.811	1.033
8	1.905	1.471	1.553	1.073	1.085
9	1.867	1.190	1.667	1.348	1.018
10	1.700	1.316	1.523	1.133	1.028
평균	1.833	1.386	1.570	1.112	1.058
표준편차	$\pm 0.086 \pm 0.120$		± 0.065	± 0.150	± 0.115

표 6 각 군간의 질량 감소율 차이에 대한 통계학적 분석

	대조군	실험 1군	실험 2군	실험 3군	실험 4군
대조군	-	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
실험 1군		-	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
실험 2군			-	$p < 0.001$	$p < 0.001$
실험 3군				-	$p > 0.05$
실험 4군					-

IV. 총괄 및 고안

치주질환의 원인은 국소적 원인과 전신적 원인으로 분류할 수 있는데 이중 국소적 원인 중의 하나인 세균성 치태가 치주질환의 주원인으로 알려져 왔다. 그러므로 치주질환을 예방하거나 치주 치료 후의 재발을 막기 위해서 치아면에 형성된 치태를 적절히 조절하는 것이 요구된다. 치태조절법으로는 기계적 치태조절법과 화학적 치태조절법으로 구분되는데, 이중 기계적 치태조절법인 치솔질이 가장 일반적인 방법으로 널리 이용되고 있다. 협설면의 치태는 치솔을 사용하여 제거할 수 있으나, 염증이 가장 먼저 발생하는 치간부의 경우에는 치솔질만으로는 부족하여 보조적인 방법들이 사용되었다. 일반적인 치

솔질과 함께 사용되는 보조적 방법으로서의 치간치솔은 일반치솔 단독으로 사용하는 경우보다 치간 부위의 치태를 훨씬 잘 제거할 수 있으나, 오랜 기간의 치간치솔질은 치아 인접면부의 마모를 일으킬 수도 있기 때문에 올바른 치간치솔질법의 시행과 적절한 강도의 치간치솔의 선택, 그리고 노출된 치근면의 내마모성을 증가시키는 것이 요구되고 있다.

치주질환의 예방을 위해서는 적절한 구강 위생이 가장 중요하다. 그러나 규칙적이며 과도한 치솔질 때문에 환자들에게서는 때때로 변연치은의 궤양 또는 퇴축, 치근면의 노출로 인한 치경부 마모와 지각과민증, 그리고 심미적인 문제점들을 일으킨다. 양호한 구강 위생을 유지하는 환자들은 불량한 구강 위생을 유지하는 환자들보다 더 많은 치은 퇴축과 치경부 마모를 보인다. 그러므로 구강위생용품을 적절히 사용하는 것과 더불어 치근면의 강도를 증진시키는 것은 치주질환의 재발을 예방할 뿐만 아니라 치근면을 장기간 유지시키는 데 매우 중요하다.

내마모도는 강도의 개념과 유사하나 다양한 변수를 포함하고 있기 때문에 강도를 측정하는 것보다 훨씬 복잡하다. 그러므로 내마모도를 정확하게 평가하기 위해서는 실제 상황을 정확하게 재현하는 것이 중요하다¹⁷⁾. 내마모도를 평가하는 방법으로 마모가 형성된 부위의 깊이를 측정하여 처치 전후를 비교하는 방법과 질량을 측정하는 방법이 있는데 본 연구에서는 질량의 차이를 이용하는 방법으로 실험을 진행하였다. 본 연구에서 전기충전의 문제 때문에 전동치솔은 10분 간격으로 6회에 걸쳐 반복되었는데 이 때 이전에 치솔모가 사용되었던 부위에 정확하게 위치시킴을 고정하였다.

치주염 환자에게는 일반적으로 Bass 법의 치솔질과 더불어서 퇴축된 치간부의 청소를 위하여 1일 2회, 1회당 10번 정도의 부드러운 치간치솔질을 권한다. 본 연구에서 사용된 전

동치술은 일반적으로 1분에 약 3,800 회 정도의 진동을 통하여 치술질 효과를 얻기 때문에 60분 정도의 치간 전동치술질은 치술모의 강도에 있어서 약간의 차이가 있기는 하지만 부드러운 치간치술을 약 25년 정도 사용했을 때의 회수와 유사하다 하겠다.

본 실험에서 사용된 상하악 전치부의 치아 중에서 인접면 치근부가 편평한 치아를 선택하고 만곡이 존재하거나 원추형의 치근을 갖는 경우에는 전동치술을 이용한 치술질 시행시에 치술모의 일부분만이 치근면에 접촉하므로 마모량이 적기 때문에 본 실험에서는 제외되었다. 한편 치근면활택술을 시행한 후에 보다 더 편평한 치근면을 형성하기 위해 Periojet을 이용하였다. 인접면이 본 실험에서 사용된 이유는 원래 치주질환은 인접면 부위에서 먼저 발생하고 또, 인접면부의 치근면이 보다 더 편평하며, 순측의 경우 치경부마모 등이 이미 존재하여 실험 과정에 변수로 작용할 가능성이 존재하기 때문에 이를 고려하여 선택하였다.

본 연구에서는 대조군과 실험군을 충질량이 유사하도록 분류하였고, 마모도를 부여할 때 하나의 대조군 치아와 각각의 실험 1, 2, 3, 4군의 치아를 순서대로 반복하여 2회 시행한 후에(10개의 치아) 다시 치술모를 교환하여 실험을 계속 진행하므로써 치술모 자체의 마모에 의한 마모도의 감소가능성을 줄이고자 하였다. 본 실험의 경우 치근을 정확한 규격으로 절단하여 표준화시키는 작업을 시행하지 않았고 또한 전동치술이 가해지는 힘을 규격화시키지 않은 문제점이 지적될 수 있으나 오차를 최소화하기 위하여 표본의 질량을 군간에 비슷하게 분류하였고, 전동치술을 대조군에서 실험 1, 2, 3, 4군 순서로 적용함으로써 이를 보완하였다.

Adriaens¹⁸⁾ 등은 치주질환에 이환된 치근면의 처치를 위해 철저한 치근면활택술과 더불어 tetracycline-HCl 같은 보조적인 화학 요법

제의 사용으로 치근면에서 치주병인균 및 도말층을 제거함으로써 치주질환의 재발 가능성을 감소시키면서 치근면의 강도를 증가시킬 수 있다고 하였다.

지금까지 치아우식증의 예방에는 불소를 이용하는 방법이 주로 사용되어 왔으나^{19, 20)}, 이는 주로 법랑질우식증의 예방과 치료 효과를 평가할 목적으로 시행되었을 뿐 치근면우식증을 대상으로한 연구는 극히 미미하다. 원래, 불소의 전신적인 투여는 치태에 의해 형성된 산에 저항하는 불소가 함유된 법랑질을 형성한다고 여겨졌다. 그러나 실제로 이러한 전신적인 투여로는 극히 소량의 불소만이 흡수되어 법랑질의 표층에만 국한되어 있어 수년이 지나면 소실된다. 반대로, 불소도포법은 산에 더 잘 견디도록 법랑질과 치근의 표면에 불화인회석을 형성하도록 한다. 치근의 표면과 치근상아질은 유기질, 상아세관이 많고 무기질이 법랑질에 비해 적기 때문에 더 많은 다공성을 보인다. 따라서 더 넓은 면적 때문에 법랑질보다 상아질과 백악질에서 더 많은 calcium fluoride가 형성되고 이 불소가 무기질의 함량을 증가시켜 치근면에서 우식의 발생을 억제한다²¹⁾. 이온도포법은 다른 불소이용법보다 더 많은 양의 불소이온을 치아에 도포할 수 있으며, 나트륨이온과 불소이온이 주로 이온 결합으로 이루어져 있어 전기자극에도 쉽게 이온분리가 잘 되므로 이온도입법으로 적용하는 것이 일반화되어 있다¹⁾. 이러한 이유로 본 연구에서 불소이온도포군의 마모율이 대조군에 비해 유의성있게 낮게 나타났다.

laser 매 질 로 Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet을 사용하며 1,064 nm 파장의 적외선인 Nd:YAG laser는 육안으로 관찰되지 않으므로 대부분은 조준을 위해 적색의 Helium-Neon laser를 이용한다^{22, 23)}. 또한 Nd:YAG laser는 특성상 비이온화광선이고 돌연변이를 일으키지 않으며, 착색된 조직에 친화성이 있고, 조직내에서 다양한 광학적 산

란 및 침투와 최소의 흡수를 보이며 반사되지 않는다²⁴⁾. Nd:YAG laser는 파장의 연속성에 따라 파동형과 연속형이 있는데 치과용으로는 주로 파동형이 사용되고 있다. 파동형 Nd:YAG laser는 CO₂ laser와 동일한 점이 있고 조사된 조직의 세포괴사와 조직 부종의 최소화, 지혈 효과 등이 있으며, 극히 짧은 시간에 조사되기 때문에 치수내에 부정적인 열효과를 주지 않아 구강내 경조직에 사용될 수 있다²⁵⁾.

안 등²⁶⁾은 치근면에 강도를 부여하는데 laser를 조사함으로써 치근면의 미세강도를 증강시킬 수 있으나 조사된 W의 차이에 대해서는 커다란 변화가 없음을 보고하였다. Cobb 등⁹⁾은 3.0 W 이상의 고출력 사용할 때 치근면의 용융 현상과 탄화를 초래한다고 보고하였다. 이러한 보고들을 고려할 때 저출력으로 치근면 조사를 시행하는 것이 바람직하다고 판단되어 본 연구에서는 1 W 출력으로 laser를 조사하였다. 치주학 분야에서 laser의 잠재력은 미생물의 수를 감소시키고, 치근표면을 처리하는데 있다. 치근면활택술로 치료를 받은 치주질환에 이환된 치근면은 groove와 세균잔사, 도말층이 발견되지만, laser가 조사된 치근면은 세균잔사 같은 유기물질이 사라지고 도말층이 제거되어 무기질 성분을 강화시킨다²⁷⁾. 또, laser의 열작용을 이용하여 laser의 빛에너지를 순간적으로 열에너지로 전환시켜 치면의 온도를 순간적으로 상승시켜 치근면의 물리화학적 변화를 유도하여 치근면우식증을 제거하고 우식에 저항성이 있는 상아질의 형성을 촉진시킬 수 있다^{13, 28)}.

본 실험에서 pulsed Nd:YAG laser 조사나 NaF 이온도포시에 치근면의 마모율이 대조군에 비해 낮게 나타났다. 김 등²⁹⁾은 laser의 광화학 반응으로 치아결정구조의 변화로 불소도포의 효과를 증대시킨다고 보고한 바 있다. laser를 조사할 경우 치면에 침착되는 불소의 양이 증가되는 물리화학적 기전은 불분명하

나 laser의 열작용으로 치면이 융합되면서 불소의 침투가 많아진 것으로 생각할 수 있다. 1965년 Stern과 Sognnaes³⁰⁾가 루비 laser를 조사한 치면의 내산성이 증가함에 따라 치아우식증을 예방할 수 있다는 가능성을 시사한 이래, Yamamoto 등³¹⁾은 Nd:YAG laser를 조사하여 법랑질 융합에 의한 치아우식증 예방 효과를 관찰하고 laser를 조사한 치면의 내산성의 증가와 우식예방효과를 보고하였다. Scheinin 등³²⁾은 laser가 조사된 법랑질과 상아질에서 방사선불투과성이 증가되었고 치아구조의 융합이 일어났다고 보고하였다. 이와 같은 laser 조사에 의한 법랑질 내산성 증가기전에 대해 Nelson³³⁾ 등은 법랑질 표면의 융합에 의한 미세소공들의 폐쇄, 법랑 소주의 구조변화에 의한 용해도 감소, 그리고 법랑질 내 무기물질의 변화에 의한 투과도 감소 등의 복합 요인에 의한 것이라고 발표하였다. 본 연구에서, laser 조사와 NaF 이온도포를 병용한 실험 3군과 4군의 경우에서 laser 조사와 NaF 이온도포의 적용 순서에 상관없이 내마모성이 더 우수한 결과를 보였는데 이는 이 등²⁸⁾, Tagomori 등³⁴⁾의 결과와 일치하였다. 본 연구에서는 불소이온도포군의 경우 불화나트륨만을 이용한 점, 표본 수가 적은 점, 마모유도 과정이 다소의 문제점으로 지적될 수 있다. 따라서 향후 보다 다양한 방법과 많은 치아 표본을 포함하는 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결론

노출된 치근면에 내마모성을 증진시킬수 있는 방법을 모색하기 위하여 치주질환으로 인하여 발거된 치아들의 치근면에 NaF 이온도포와 Nd:YAG laser를 조사한 후에 마모를 유도하여 실험전후의 질량변화율을 비교함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Nd:YAG laser 조사군(실험 1군)의 질량 감소율이 NaF 이온도포군(실험 2군)과 비교했을 때 통계학적으로 유의성 있게 낮았다($p < 0.001$).
2. Nd:YAG laser 조사와 NaF 이온도포를 병용한 군(실험 3, 4군)의 질량감소율이 Nd:YAG laser만을 조사한 군(실험 1군)이나 NaF 이온도포법 만을 시행한 군(실험 2군)과 비교했을 때 통계학적으로 유의성 있게 낮았다($p < 0.001$).
3. NaF 이온도포법을 먼저 시행한 후에 Nd:YAG laser를 조사한 군(실험 3군)과 Nd:YAG laser를 먼저 조사하고 NaF 이온도포법을 시행한 군(실험 4군)간의 질량감소율의 차이에는 통계학적 유의성이 없었다($p > 0.05$).
4. 대조군과 비교했을 때 모든 실험군의 질량감소율이 통계학적으로 유의성 있게 낮았다($p < 0.001$).

이상과 같은 결과는 치주질환에 이환되었거나 치주 치료 후에 노출된 치근면에 대한 Nd:YAG laser의 조사와 NaF 이온도포의 병용은 치근면의 내마모성을 증강시킬 수 있음을 나타냈다.

VI. 참고문헌

1. 김중배, 최유진, 백대일, 신승철, 김동기, 홍석진 : 임상예방치학, 이우문화사, 1993.
2. Weyrich, T., Donly, K.J., Wefel, J.S. and Dederich, D. : An evaluation of the combined effects of laser and fluoride on tooth root surfaces. J. Dent. Res. 73(IADR abst #353), 1994.
3. Maiman, T.H. : Stimulated optical radiation in ruby. Nature 187, 493~494, 1960.

4. 이영순, 손흥규 : 펄스형 Nd:YAG 레이저 조사에 의한 법랑질 내산성 증가에 관한 연구. 대한소아치과학회지. 23, 640~658, 1996.
5. Goldman, L., Hornby, P., Meyer, R. and Goldman, B. : Impact of the laser on dental caries. Nature 203, 417~425, 1964.
6. Teeng, P., Gilkeson, C.F. and Liew, V. : The effect of the Nd:YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro. J. Dent. Res. 70(Spec. Issue), 657(Abst #62), 1991.
7. Ito, K., Nishikata, J. and Murai, S. : Effects of Nd:YAG laser irradiation on removal of a root surface smear layer after root planing: A scanning electron microscopic study. J. Periodontol. 64, 547~552, 1993.
8. Morlock, B.J., Pippin, D.J., Cobb, C.M., Killoy, W.J. and Rapley, J.W. : The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: An in vitro study. J. Periodontol. 63, 637~641, 1992.
9. Cobb, C.M., McCawley, T.K. and Killoy, W.J. : A preliminary study on the effects of the Nd:YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo. J. Periodontol. 63, 701~707, 1992.
10. Dederich, D.N., Zakariasen, K.L. and Tulip, J. : Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentine following neodymium-yttrium-aluminumgarnet laser irradiation. J. Endodontics 10, 428~431, 1984.
11. Oho, T. and Morioka, T. : Argon laser irradiation increases the acid resistance of human enamel. J. Dent. Health 37,

- 283~289, 1987.
12. Spencer, P., Trylovich, D.J. and Cobb, C.M. : Chemical characterization of lased root surfaces using Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. J. Periodontol. 63, 633~636, 1992.
13. Myers, T.D. and Myers W.D. : The use of a laser for debridement of incipient caries. J. Prosthet. Dent. 53, 776~779, 1985.
14. Westerman, G.H., Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Blankenau, R.J., Powell, G.L. and Berg, J.H. : Argon laser irradiation in root surface caries: an in vitro study. J. Am. Dent. Assoc. 125, 401~407, 1994.
15. Stewart, L., Powell, G.L. and Wright, S. : Hydroxyapatite attached by laser: a potential sealant for pit and fissures. Oper. Dent., 10, 2~5, 1985.
16. Westerman, G.H., Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Blankenau, R.J. and Powell, G.L. : Argon laser cured sealant and caries-like lesion formation. J. Dent. Res. 70, 493(Abst. #1817), 1991.
17. Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials. 8th Ed. W.B. Saunders Co., pp44~45, 1982.
18. Adriaens, P.A., Edwards, C.A., De Boever, J.A. and Loesche, W.J. : Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. J. Periodontol. 59, 493~503, 1988.
19. Jensen, M.E. and Kohout, F. : The effect of a fluoridated dentifrice on root and coronal caries in older population. J. Am. Dent. Assoc. 17, 829~832, 1988.
20. Øgaard, B. : Effects of fluoride in caries development and progression in vivo. J. Dent. Res. 69(Spec. Iss.), 813~819, 1990.
21. RØlla, G., Øgaard, B. and De Almeida Cruz, R. : Topical application of fluorides on teeth. New concepts of mechanism of interaction. J. Clin. Periodontol. 20, 105~108, 1993.
22. Kutsch, V.K. : Lasers in dentistry-comparing wavelengths. J. Am. Dent. Assoc. 124(2), 49~54, 1993.
23. Pick, R.M. and Colvard, M.D. : Current status of lasers in soft tissue dental surgery. J. Periodontol. 64, 589~602, 1993.
24. Pick, R.M. : Using lasers in clinical dental practice. J. Am. Dent. Assoc. 124(2), 37~47, 1993.
25. Myers, T.D. and McDaniel, J.D. : The pulsed Nd:YAG laser-Review of clinical applications. CDA Journal 19(11), 25~29, 1991.
26. 안재현, 김병옥, 한경윤 : Nd:YAG laser 조사가 치근면의 미세경도에 미치는 영향. 대한치주과학회지. 25(3), 614~622, 1995.
27. Lin, P.P., Lander, J.R., Mitchell, J.C., Little, L.A. and Horton, J.E. : The effect of a pulses Nd:YAG laser on periodontally-diseased root surface: A SEM study. J. Dent. Res. 71(AADR abst. #1546), 1992.
28. 이상호, 이종갑 : 레이저 조사의 치아우식억제효과에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지. 18(2), 1~15, 1991.
29. 김중배, 백대일, 신승철 : 불소도포 범광질 결정 구조에 관한 아르곤레이저의 조사의 영향에 관한 연구. 서울치대논문집, 8, 53~59, 1980.

30. Stern, R.H., Sognnaes, R.F. and Goodman, F : Laser effect on vitro enamel permeability and solubility. J. Am .Dent. Assoc. 73, 838~845, 1966.
31. Yamamoto, H. and Sato, K. : Prevention of dental caries by Acousto-optically Q-switched Nd:YAG laser irradiation, J. Dent. Res. 59(2), 137~144, 1980.
32. Scheinin, A. and Kantola, S : Laser-induced effects on tooth structure. 1. crater production with a Co₂ laser. Acta. odont. scand. 27, 173., 1968.
33. Nelson, D.G.A., Shariati, M., Glena, R., Shields, C.P. and Featherstone, J.D.B. : Effects of pulsed low energy infrared laser irradiation on artificial caries like lesion formation, Caries Res. 20, 289~299, 1986.
34. Tagomori, S. and Morioka, T. : Combined effects of laser on acid resistance of human dental enamel. Caries Res. 23, 225~233, 1989.

Effect of NaF iontophoresis and Nd:YAG laser irradiation on the abrasion-resistance of root surface

Chin-Dok Kim, Chang-Yup Yum, Song-Uk Kim, Byung-Ock Kim, Kyung-Yoon Han
Department of Periodontology, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the abrasion-resistance of root surface after NaF iontophoresis, Nd:YAG laser irradiation and combined treatment

50 anterior teeth with flat interproximal root surface that had been extracted due to periodontal destruction were selected. All teeth were treated by the same procedure as conventional periodontal root treatment, such as scaling and root planing, root conditioning with tetracycline HCl(100mg/ml, 5min). The pre-treatment weight of each tooth was measured by a dial scale(SHIMADEU Co., LIBROR EB-220HU, capacity 220,000 g, Japan). All teeth were divided into 5 groups as follows: Nd:YAG laser irradiation(group 1, 1 W, 100 mJ, 10Hz, fiberoptic-root surface distance=5mm, 10 sec,×6times, EL,EN,EN060, Italy); NaF iontophoresis(group 2, 150 μ A, 4 min.); Nd:YAG laser irradiation following NaF iontophoresis(group 3); NaF iontophoresis following Nd:YAG laser irradiation(group 4); No treatment(control group). Electric toothbrushing (Oral-B, Brown Co., Germany) was conducted during 1 hour(10 min.×6 times). Subsequently post-treatment weight was re-measured by the same method as pre-treatment weight measurement.

The difference of abrasion rate among all groups was statistically analyzed by ANOVA(SAS program).

Following results were obtained:

1. The abrasion rate was significantly lower in Nd:YAG laser irradiation group than NaF iontophoresis group($p < 0.001$).
2. The abrasion rate was significantly lower in combined groups of Nd:YAG laser irradiation and NaF iontophoresis than either Nd:YAG laser irradiation group or NaF iontophoresis group($p < 0.001$).
3. There was no significant difference in abrasion rate according to application order in the combined groups($p > 0.05$).
4. The abrasion rate was significantly lower in all experimental groups than control group($p < 0.001$).

The results suggest that combined treatment of Nd:YAG laser irradiation and NaF iontophoresis on exposed root surface after periodontal therapy can enhance the abrasion-resistance of root surface and may inhibit the root caries development.