

Er:YAG 레이저를 이용한 교합면
소와 열구 표면 처리 후 치면열구
전색재의 미세누출에 관한 평가

Effect of Er:YAG laser irradiation on enamel for pit and
fissure sealant: a comparison of microleakage

2006년 2월 24일

조선대학교대학원

치 의 학 과

이 선 숙



Er:YAG 레이저를 이용한 교합면
소와 열구 표면 처리 후 치면열구
전색재의 미세누출에 관한 평가

지도교수 이 상 호

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함.


2005년 10월 20일


조선대학교대학원


치 의 학 과

이 선 숙

이선숙의 석사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 이난영 

위 원 조선대학교 교수 이상호 

위 원 조선대학교 교수 임성준 

2005년 11월 일

조선대학교 대학원

목 차

표목차	ii
도목차	iii
ABSTRACT	iv
I. 서 론	1
II. 실험재료 및 방법	4
III. 실험 성적	8
IV. 총괄 및 고찰	11
V. 결론	14
참고문헌	15

표 목 차

Table 1. Sample distribution according to the method of enamel surface treatment	5
Table 2. Distribution of samples according to the methods of enamel treatment and degree of marginal leakage	10
Table 3. Mean microleakage score in each group	10
Table 4. Statistical comparison of the microleakage score among group	10

도 목 차

Fig. 1. Stereoscope	6
Fig. 2. Evaluation of microleakage by Övrebö & Raadal	6
Fig. 3. Er:YAG lased enamel of 60mJ, 5Hz(×3000) Incomplete etching pattern without any retentive form was found.	8
Fig. 4. Er:YAG lased enamel of 100mJ, 5Hz(×3000) Type II etching pattern of adequate retentive form was found.	8
Fig. 5. Er:YAG lased enamel of 140mJ, 5Hz(×3000) The Peripheral region of enamel rods were destructed too much, and no proper retentive form was found.	9
Fig. 6. Er:YAG lased enamel of 180mJ, 5Hz(×3000) All parts of enamel rods were destructed, and inadequate retentive form was found.	9

ABSTRACT

Effect of Er:YAG laser irradiation on enamel for pit and fissure sealant: a comparison of microleakage

Lee, Seon-Suk D.D.S

Advisor : Prof. Lee, Sang-Ho, D.D.S., Ph. D.

Department of Dentistry,

Graduate school of Chosun University

Applicating pit and fissure sealant is the most universal and effective method to prevent occlusal dental caries. During the processing of applying the pit and fissure sealant, various methods have been developed to remove organic matter, plaque microflora and debris from the pit and fissure, increasing the maintenance rates of the sealant.

Recently, the Er:YAG laser has been used as a new enamel surface treatment method. The purpose of this study is to evaluate whether enamel surface treatment with Er:YAG laser would be superior to other methods or not. The experiment was divided into four groups according to the treatment methods. : group 1, traditional acid-etching only, group 2, fissurotomy, and acid-etching, group 3, laser irradiation only, group 4, laser irradiation and acid-etching.

1. An experiment was done of a Er:YAG laser at 60mJ, 100mJ, 140mJ and 180mJ at 5Hz. Only the 100mJ laser irradiation was similar to a

acid-etched enamel in an SEM evaluation.

2. Fissurotomy and acid-etching method(group 2) and laser irradiation and acid-etching method(group 4) showed decreased microleakage when compared with acid-etching only and laser irradiation only.
3. No significant difference was found between fissurotomy and acid-etching method(group 2) versus laser irradiation and acid-etching method(group 4), and acid-etching only(group 1) versus laser irradiation only(group 3).

I. 서론

치면열구전색술은 자정 작용이 안되고, 음식물 잔사를 깨끗이 제거할 수 없는 열구에 치태나 음식물 잔사가 축적되는 것을 막고, 초기 우식 병소를 재광화시키며 산 생성균에 의해 발생한 산을 완충시키는 역할을 함으로써, 교합면 우식증을 예방하는 가장 효과적인 방법이다¹⁻³⁾. 이러한 치면열구전색술의 우식 예방 효과는 전색재 하방에서의 치아 우식증의 진행 과정을 얼마나 효율적으로 차단하느냐에 달려 있는데, 이는 치면열구전색재 자체의 소와 열구 봉쇄능력과 관련이 있다⁴⁾. 소와 열구의 적절한 봉쇄는 적절한 산 부식 형태, 치면열구전색재의 열구 침투도, 전색재의 물리적 성질 등에 영향을 받는다.

치면열구전색 후 미세누출은 소와 및 열구 내로 박테리아, 구강액 등 우식을 유발할 수 있는 여러 가지 물질이 스며들어가는 것을 허용함으로써 우식증 진행의 차단이 불가능함은 물론 오히려 우식증 진행을 가속화시킬 수 있다⁵⁻⁷⁾. 치면열구전색재가 초기 교합면 우식증을 예방하거나 억제시키기 위해서는 이러한 미세누출을 허용하지 않아야 한다⁶⁾. 열구 주위와 열구 내 법랑질에 인산을 이용한 법랑질 표면 처리 방법은 전색재의 미세누출을 감소시키기 위한 방법으로 이용되어오고 있다. 그러나 교합면 소와 열구의 좁고 깊고 불규칙한 형태학적 특징 및 산 부식제의 침투 깊이가 물성에 따라 다양함으로 인해 미세누출을 효과적으로 완벽하게 줄이지는 못하고 있다.

열구내 유기물질을 제거하고 법랑질의 표면처리를 통해 전색재의 침투도와 전색재와 치면 간 접촉을 증가시키기 위한 여러 가지 시도가 이루어지고 있다. 열구내의 법랑질의 전색재의 접착력을 높이기 위한 법랑질 표면 처리 방법으로 air-polishing, air-abrasion, 고속 핸드피스를 이용한 열구성형술(fissurotomy) 등이 소개된 바 있다.

Air-polishing은 sodium bicarbonate, tricalcium phosphate를 공기와 물과 함께 분사시켜 치아 표면의 잔사 및 착색을 제거하는 방법이다. Air-polishing을 시행한 후 산 부식을 시행한 실험군에서 산 부식만 시행한 실험군보다 전색재의 결합력이 높다는 보고^{8,9)}가 있지만 모두 평활면에서의 연구 결과로 교합면 열구 내에

서도 이와 같을 것이라고 결론내리기는 힘들다.

Air-abrasion은 air-polishing과 유사한 방법으로 aluminum oxide 입자를 고속으로 치아 표면에 분사하는 방법으로 Goldstein과 Parkins¹⁰⁾는 이 방법으로 열구 내 잔사와 초기 우식증이 제거되므로 산 부식 처리를 하지 않아도 된다고 했다. 그러나 여러 연구들^{11,12)}에서는 air-abrasion만 시행한 경우 충분한 결합 강도를 얻지 못하였다고 하여 air-abrasion 후 산 부식 과정이 필요하다고 하는 등 상반된 견해들을 제시하였다. 또한 air-abrasion을 시행함에 있어 마모 입자가 과도하게 날려서 지저분해지며 초기 구입 비용이 높고, 적절한 증례 선정 및 최소 마모제만으로도 빠르게 행할 수 있는 숙련도를 요구하는 등의 단점이 거론되고 있다.

이를 위한 대안으로 소와 열구를 효과적으로 세척하기 위한 기계적인 삭제 방법이 추천되었다. 기계적인 삭제 방법은 열구의 입구를 확대시켜주고, 초기 우식증을 진단할 수 있으며, 우식증이 상아법랑경계부까지 확장되어있는지의 여부를 확인할 수 있다¹³⁻¹⁵⁾. 그러나 Pope 등¹⁶⁾은 여러 가지 열구 세척 방법을 비교한 실험에서 기계적인 삭제 방법을 사용했을 때 산 부식 방법을 사용했을 때보다 전색재의 침투율이 높고 임상 실험에서 다소 높은 유지율을 보이는 경향이 있다고 하였으나 논리적 근거를 제시하지는 못하였다. 또한 임상에서 소아를 치료함에 있어 고속 핸드피스를 이용한 교합면 소와 열구의 표면 처리는 소음, 진동 등이 발생하여 치과 치료에 대한 거부 반응을 야기해 행동 조절의 문제를 일으킬 수 있다.

최근 몇몇 연구에서 레이저를 이용한 법랑질 표면 처리 방법이 소개되고 있는데, Goldman 등¹⁷⁾이 1964년 ruby laser를 처음 치아 경조직에 사용한 이래로 여러 분야에서 사용되고 있다. 이러한 목적으로 사용되는 레이저로는 CO₂, Nd:YAG, Ho:YAG, ArF, Nd:YLF 레이저 등이 있다. 그러나 대부분의 레이저가 삭제 효과가 좋지 않고 와동 주변에 탄화 현상, 균열, 용융 현상 등이 발생되어 임상적으로 적용하기 어려운 것으로 알려져 있다¹⁸⁻²²⁾. 그러나 최근 삭제 효과 및 치질 손상이 적은 Er:YAG 레이저가 소개되면서 치질 삭제 효과 및 법랑질 산 부식 효과에 대한 다양한 시도들이 이루어지고 있다²²⁾. Er:YAG 레이저는 고체 매질을 이용하는 2.94 μ m의 파장을 갖고, 치아 표면에 용융, 균열, 탄화 등의 부작용 없이 법랑질과 상아질을 효과적으로 삭제할 수 있고 법랑질 표면을 변화시키며 다른 레이저와 달리

치수에 비가역적인 손상 없이 안전하게 사용할 수 있다고 보고 되고 있다^{23,24)}. 이는 레이저 에너지가 치질 내 수분의 온도를 상승시켜 폭발하게 함으로써 (microexplosion) 경조직을 분해시킴으로써 일어난다. 짧은 고에너지의 pulse는 주위 조직에 온도 상승을 일으키지 않고 조직을 효과적으로 제거한다. 치과 경조직 처치에 Er:YAG 레이저의 사용에 대한 많은 연구들^{22,23,24)}에서 안전하게 우식을 제거하고 와동 형성이 가능하며, 결합력을 증진시키기 위한 산 부식 전 범랑질 및 상아질의 구조를 변형시킴으로써 범랑질 표면 부식에 효과적이라고 보고하였다. 또한 동통과 소음, 진동이 없으며 치료 부위의 살균 효과가 있어 고속 핸드피스에 공포감이 있는 어린이에서 활용 가능성이 높다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 치면열구전색술을 시행함에 있어 미세누출을 줄이기 위한 교합면 소와 열구의 표면 처리 방법으로 레이저의 사용이 미세누출을 줄이는 데 있어 효과적인지를 알아보려고 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

교정 목적으로 발거된 영구 소구치를 대상으로 시진과 탐침으로 우식 검사를 시행하여 교합면에 치아 우식증이나 충전물, 파절, 표면 결함이 없어 임상적으로 치면 열구 전색의 적응증이 되는 건전한 40개의 치아를 선택하여, 연조직과 치석을 제거하고, 실온의 생리식염수에 보관한 후 사용하였다. 산 부식은 35% 인산을 함유하고 있는 산 부식액(Ultra-Etch[®], Ultradent Products, Inc. U.S.A.)을 사용하였으며 기계적 삭제는 FG H134 014번 resin finishing bur와 고속 핸드피스를 사용하였고, 레이저는 Er:YAG 레이저(FIDELIS PLUS[™], Model 21-1AF, Fotona, Slovenia)를 사용하였다. 치면열구전색재는 unfilled type인 Clinpro[™](3M, ESPE, U.S.A.)를 사용하였으며 전색재의 광증합을 위해 플라즈마 광을 사용하는 Flipo[®](LOKKI, France)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 실험 1: 법랑질 산 부식 형태와 유사한 레이저의 조사 조건 설정

산 부식과 유사한 법랑질의 부식 형태를 보이는 레이저의 조사 조건을 설정하고자 다음과 같은 조건으로 물 분사 하에 Er:YAG 레이저를 조사한 후 주사전자현미경으로 관찰하였다. 제조사의 지시 및 이전의 보고들²⁵⁻²⁸⁾을 기초로 하여 60mJ, 100mJ, 140mJ, 180mJ로 5Hz, 7mm 초점 거리로, 준비된 치아의 교합면 소와 열구에 Er:YAG 레이저를 조사하였다. 각 치아 표본들은 열구 부위가 손상되지 않도록 교합면 열구와 평행하게 열구를 종단하여 파절시키고 파절된 면을 24시간 동안 건조시켰다. 각 표본들은 gold-carbon ion coater(PS-1200, Para One. Inc. Korea)를 이용해 scattered gold ion coating 후 주사전자현미경(JSM 840-A, JEOL. Japan)으로 3000배의 배율로 이미지를 촬영, 관찰하였다.

2) 실험 2: 소와 열구의 법랑질 표면 처리 방법에 따른 미세누출 평가

발거된 40개의 영구 소구치를 실험 전까지 생리 식염수에 보관한 후 퍼미스와

솔을 사용하여 치면 세마를 시행하였다. 법랑질 표면 처리 방법에 따라 각 10개씩 4개의 그룹으로 나누었다. 제1군은 교합면 소와 열구 부위에 35%의 인산을 사용하여 30초간 산 부식을 시행하고 15초간 air-water spray를 이용하여 제거한 후 15초간 air-spray로 건조하였다. 제2군은 각 치아의 교합면 소와 열구 부위에 열구성형술(fissurotomy)을 시행한 후, 제1군과 동일한 과정을 시행하였다. 제3군은 교합면 소와 열구 부위에 실험 1의 결과를 기초로 하여 설정된 조사 조건인 100mJ, 5Hz로 Er:YAG 레이저를 조사한 후 15초간 air-water spray를 이용하여 세척하고 15초간 air-spray로 건조하였다. 제4군은 제3군과 동일한 조건의 Er:YAG 레이저를 조사한 후 제1군과 동일한 과정을 시행하였다(Table 1). 각 군의 치아들은 법랑질 표면 처리 후 전색재를 도포하고 플라즈마 광증합기로 9초간 광증합하였다.

Table 1. Sample distribution according to the method of enamel surface treatment

Group	Treatment method	No. of Teeth
1	Etchant only(30 sec)	10
2	Fissurotomy + Etchant(30 sec)	10
3	Laser irradiation only	10
4	Laser irradiation + Etchant(30 sec)	10

치면열구전색재를 도포한 각 군의 치아들을 멸균 증류수에 24시간 보관한 후 5℃와 55℃에서 1분씩 thermocycling을 500회 시행한 후 치근단공을 봉쇄하였다. 각각의 치아들을 치면열구전색재와 그 주변 1 mm를 제외한 나머지 면을 nail barnish로 2회 피개하였다. 2% methylene blue 용액에 치관만 잠기도록 시험관에 담근 후 24시간 동안 보관하였다. 염색 용액에서 치아들을 꺼내 흐르는 물에 씻고 여분의 색소를 제거한 후 치근을 잘라내었다. 인접면을 소와가 손상되지 않도록 근심 소와와 원심 소와를 협설 방향으로 low-speed diamond wheel saw(Model 650, South Bay Technology, USA)를 이용하여 절단하여 절단된 양 면을 관찰하

기 위하여 160개의 절단면을 얻었다. 절단면을 광학현미경(Olympus SZ61[®], Japan)으로 관찰하고(Fig. 1), Övrebö와 Raadal²⁹⁾이 제시한 기준에 따라 염색액의 침투가 전혀 없는 경우를 0, 염색액이 전색제의 외측 1/2까지 침투한 경우를 1, 염색액이 전색제의 내측 1/2까지 침투한 경우를 2, 염색액이 하방의 열구까지 침투한 경우를 3으로 하여 각 절단면에서 관찰된 최고점을 그 치아의 색소 침투도로 기록하여 미세누출을 평가하였다(Fig 2).

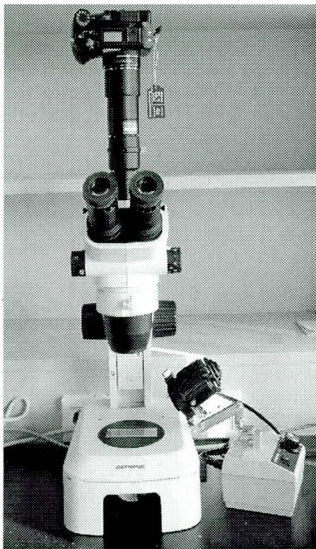


Fig. 1. Stereoscope(Olympus SZ61[®], Japan)

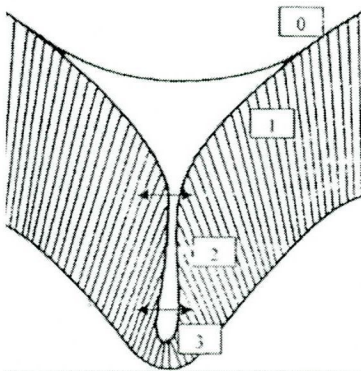


Fig. 2. Evaluation of microleakage by Övrebö와 Raadal

전색재의 변연 미세누출에 대한 전체 실험군의 유의성은 통계 프로그램인 SPSS version 10.1에서 Kruskal-Wallis Test로 평가한 후 각 실험군 간 전색재의 미세누출 차이의 유의성은 비모수 검정인 Mann-Whitney test를 사용하여 조사하였다.

III. 실험 성적

1. 법랑질 산부식 형태와 유사한 레이저의 조사 조건 설정

각 절단면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과(Fig. 3~6) 물 분사 하에 시행한 모든 실험군에서 탄화와 용융이 관찰되지 않았고 깨끗한 경계를 보이며 분화구양 함몰이 전반적으로 존재하였다. 그 중 100mJ, 5Hz로 조사했을 때가 Silverstone³⁰⁾에 의해 분류된 제2형 산 부식과 가장 유사한 양상임을 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

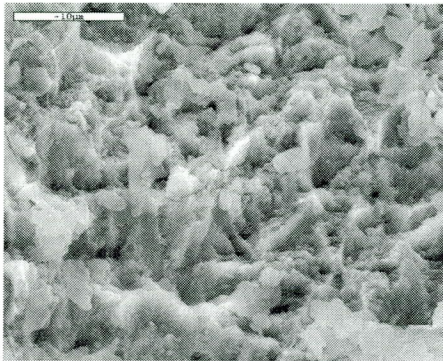


Fig. 3. Er:YAG lased enamel of 60mJ, 5Hz($\times 3000$). Incomplete etching pattern without any retentive form was found.

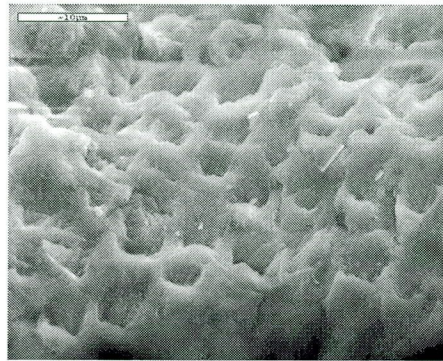


Fig. 4. Er:YAG lased enamel of 100mJ, 5Hz($\times 3000$). Type II etching pattern of adequate retentive form was found.

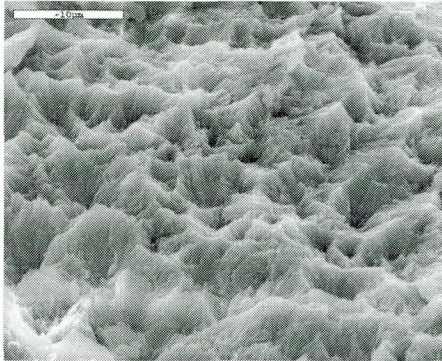


Fig. 5. Er:YAG lased enamel of 140mJ, 5Hz($\times 3000$). The peripheral region of enamel rods were destructed too much, and no proper retentive form was found.

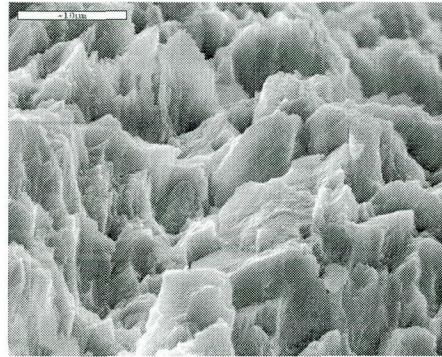


Fig. 6. Er:YAG lased enamel of 180mJ, 5Hz($\times 3000$). All parts of enamel rods were destructed, and inadequate retentive form was found.

2. 소와 열구 범랑질 표면 처리 방법에 따른 미세누출 평가

광학현미경으로 색소 침투도를 관찰하여 그 이미지를 촬영하였으며 각 실험군에 따른 색소 침투도를 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 산 부식만을 단독으로 시행한 제1군과 레이저만을 단독으로 조사한 제3군에서는 색소 침투도가 0인 치아 표본은 없었으며, 열구성형술(fissurotomy)을 시행한 후 산 부식을 시행한 제2군과 레이저 조사 후 산 부식을 시행한 제4군에서 색소 침투도가 3인 치아 표본은 관찰되지 않았다.

Table 2. Distribution of samples according to the methods of enamel treatment and degree of marginal leakage

Group	Score			
	0	1	2	3
1	0	3	3	4
2	2	3	5	0
3	0	2	5	3
4	2	4	4	0

Table 3은 각 실험군에 따른 평균 색소 침투도의 최소값, 최대값, 최빈값, 평균 및 표준 편차값을 나타낸 것으로 열구성형술(fissurotomy)을 시행한 후 산 부식을 시행한 제2군과 레이저를 조사한 후 산 부식을 시행한 제4군이 산 부식만을 단독으로 시행한 제1군과 레이저만을 단독으로 조사한 제3군에서보다 더 낮은 미세누출을 보였다. 제1군과 제3군 사이 및 제2군과 제4군 사이의 미세누출에 있어서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

Table 3. Microleakage score in each group

Group	1	2	3	4
Number	10	10	10	10
Min	1	0	1	0
Max	3	2	3	2
Mode	3	2	2	1,2
Mean±SD	2.1±0.88	1.3±0.82	2.1±0.74	1.2±0.79

Table 4. Statistical comparison of the microleakage score among group

Comparison	Group1	Group2	Group3	Group4
Group1		S	NS	S
Group2			S	NS
Group3				S
Group4				

*S: significant difference ($p < 0.05$)

*NS: no significant difference ($p > 0.05$)

IV. 총괄 및 고찰

레이저 조사는 치과 영역의 여러 분야에서 사용될 수 있는 잠재성을 가지고 있다. 본 연구의 목적은 와동 형성을 위한 법랑질의 삭제가 목적이 아니라 레진 전색재 결합을 위한 표면 전처리 방법으로서의 레이저를 평가하기 위한 것으로 더 낮은 출력 밀도로 치아 표면의 변성에 유용한 탈착점 방식을 사용하였다. 현재 치과 영역에서 많이 사용되고 있는 연속파 CO₂ 레이저나 Nd:YAG 레이저는 경조직에 조사시 조사 부위의 산화와 피사가 나타나는 부작용이 있다. 레이저 조사 후 나타나는 균열과 용해, 부드러운 표면은 증발 과정에 의해 유도된 고열에 의해 발생된다^{31,32}. 이러한 균열이나 부드러운 표면은 레진과의 접착력을 감소시킨다. 1988년 Hibst 등³³이 Er:YAG 레이저가 우식 치아뿐만 아니라 건강한 치아의 삭제시에도 다른 레이저에서 나타나는 열손상 없이 치질 삭제가 가능했다는 보고를 한 이래로 Er:YAG 레이저의 임상적 적용에 대한 연구가 계속되고 있다. Toconabe 등²²의 연구에 의하면 Er:YAG 레이저를 법랑질에 조사한 후 형태 변화를 관찰한 결과, 광학현미경상에서 탄화와 용융이 관찰되지 않았고 주사전자현미경 관찰 결과 깨끗한 경계를 나타내었으며 분화구양 함몰이 전반적으로 존재하고 3차원 입체영상에서 패인 깊이가 일정하지 않고 표면은 거칠었다고 보고하였다.

몇몇 연구자들^{25,27,34,35}은 레이저를 이용한 부식과 산을 이용한 법랑질 부식 후 전색재를 도포하여 그 결과를 비교하였다. 치면열구전색재 도포 전 소와 열구의 세척 및 표면 처리에 있어 이러한 레이저의 사용은 미세 결합을 위한 표면 구조를 강화시킴으로써 건전한 치아 구조의 소실을 최소화하는데, 여기에 35% 인산을 이용한 산 부식을 추가로 시행할 수도 있고 시행하지 않을 수도 있다고 하였다. 불행히도 이러한 전색재 도포 전 법랑질 표면 처리 방법에 따른 치면열구전색재의 접착 상태를 비교하는 논문은 미진한 실정이다.

Keller와 Hibst²³ 그리고 Fried 등³⁶에 따르면 Er:YAG 레이저의 치아 삭제 기전은 2가지 과정으로 이루어지는데 첫 번째 단계는 증발 단계이고 두 번째 단계는 미세 폭발 과정이다. 법랑질의 삭제는 급속한 가열과 법랑질의 결정격자 안에 있는

수분의 폭발성 팽창으로 일어난다. 또한 레이저 조사 시 물 분사를 동시에 시행하면 열손상을 줄일 수 있고 Er:YAG 레이저의 삭제 효과가 우수해지는 장점이 있다.

여러 논문들에서는 산 부식과 레이저 조사에 의한 법랑질 표면 처리 후 전색재를 도포했을 때 전색재의 변연 부위에 염료를 침투시켜 미세누출을 평가하였는데, do Rego와 de Araujo³⁷⁾는 레이저 조사군과 산 부식군 모두에서 염료의 침투가 관찰되었으며 전통적인 산 부식군과 레이저 조사군 간에 미세누출의 차이를 보이지 않았다고 하였다. 그러나 Borsatto 등²⁷⁾은 이와 상반되는 연구 결과를 발표하였는데 이러한 결과의 차이는 사용된 레이저와 전색재 재료의 특성 차이로 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

Roebuck 등³⁸⁾은 bur를 이용한 기계적인 와동을 형성할 경우 smear layer가 형성되어 충전 재료의 접착을 방해하는 요인으로 작용할 수 있다고 하여 기계적 삭제 방법에 대한 부정적인 견해를 보고하였다. Cozean 등¹⁹⁾은 기계적인 삭제와 비교할 때 법랑질의 Er:YAG 레이저 삭제는 2배 정도의 시간이 걸리나 와동 형성이 크지 않을 경우 짧은 시간이 소요된다고 하여 치면열구전색술을 위한 법랑질 표면 전처리 방법으로서의 가능성을 제시하였다.

Manhart 등³⁵⁾은 산 부식 방법이 Er:YAG 레이저에 비해 더 낮은 미세누출을 보였다고 한 반면 Niu 등³⁹⁾은 고속 핸드피스와 비교하여 Er:YAG 레이저를 사용한 경우 미세누출의 정도에 차이가 없었다고 보고하였다.

본 실험에서는 물 분사 하에 100mJ의 탈춧점 방식으로도 법랑질 표면 처리 효과를 얻을 수 있었기 때문에 치수에 비가역적인 손상을 가하지 않았을 것으로 생각된다. 레이저의 단독 사용이 산 부식만을 시행했을 때와 유사한 미세누출을 보인 것은 산부식과 유사한 형태를 보이는 레이저의 조사 조건을 미리 설정하기 위한 실험을 시행함으로써 그 조건하에서 교합면 열구의 표면처리가 이루어졌기 때문으로 산 부식 과정을 줄여줄 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 어떠한 법랑질의 표면 처리도 시행하지 않은 경우보다 열구성형술(fissurotomy)이나 레이저를 이용한 기계적인 교합면 소와 열구의 표면 처리 후 산 부식을 시행하는 것이 미세누출에 있어 더 좋은 결과를 보였다. 이는 교합면 소와 및 열구주변에 보다 많이 산재되는 '무소주 법랑질'이 법랑질 표면을 덮고 있어 기계적인 표면 처리 방법을 통해 삭제

되지 않은 열구내벽이 상대적으로 불완전하게 산 부식되었기 때문에 사료된다. 본 실험에 사용된 resin finishing bur를 사용한 열구성형술(fissurotomy)는 이러한 ‘무소주 법랑질’을 어느 정도 제거하여 보다 완전한 산 부식 형태, 소위 ‘keyhole’ 또는 ‘fish scales’ 형태의 산 부식을 유도함으로써 미세누출을 줄이는데 있어 효과적이라고 기대되나 법랑질 표면의 잔존 부유물을 완전 제거하고 거친 표면을 제공하는데 있어서는 불완전하다고 생각된다. 이에 반해 Er:YAG 레이저의 사용은 전색재와 치면 간 접촉에 유리한 거친 표면을 제공하며 ‘무소주 법랑질’을 제거하고 산 부식제 도포 전 소와 및 열구 내 잔존 부유물을 태워서 제거함으로써 보다 효과적으로 산 부식제가 침투할 수 있게 하여 전형적인 산 부식 형태를 얻을 수 있는 장점을 갖는다. 따라서 Er: YAG 레이저를 조사 후 산 부식을 시행하는 것은 임상에서 소아를 치료할 때 행동조절 등의 문제로 열구성형술(fissurotomy)을 시행하기 어려울 때 이를 대체할 수 있는 방법이라고 사료된다.

그러나 본 연구에서는 몇 가지 한계점이 존재한다. 본 연구의 실험에 사용된 염색 용액은 2% methylene blue 용액으로, 0.2% rhodamine, 0.5% solution of basic fuchsin, 50% silver nitrate 등과 같은 입자가 더 작은 염색액을 사용했을 때는 다른 결과가 나타날 수 있을 것으로 생각된다. 또한 여러 가지 교합면 소와 열구의 표면 처리 방법에 따른 미세누출만을 평가한 것으로 구강 내 상태에 따라 전색재의 미세누출이 달라질 수 있기 때문에 장기간의 유지율, 전색재의 전단결합 강도나 보존 상태 등에 대한 비교 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한 이전의 논문 및 제조사의 지시에 따라 제한된 범위 및 적은 수의 표본으로 연구가 이루어져 향후 좀더 다양한 조건에서 많은 수의 표본을 이용하여 각 술식에 따른 레이저 조사 조건을 설정하는 연구 및 접촉 조사 방식의 Er:YAG 레이저를 사용한 연구 및 충전재의 양의 차에 따른 미세누출의 비교 연구, 유치에서의 연구 등 더 많은 연구가 이루어져야 하리라고 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 교합면 소와 열구에 Er:YAG 레이저를 조사하여 법랑질 산 부식 형태와 유사한 레이저의 조사 조건 설정하고, 이를 기초로 하여 발거된 소구치 40 개를 법랑질 표면 처리 방법에 따라 산 부식만 단독으로 시행한 경우를 제1군, 열구성형술(fissurotomy)을 시행한 후 산 부식을 시행한 경우를 제2군, 레이저만 단독으로 조사한 경우를 제3군, 레이저 조사 후 산 부식을 시행한 경우를 제4군으로 하여 전색재를 도포한 후 미세누출을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Er:YAG 레이저를 물 분사 하에 100mJ, 5Hz로 조사한 군이 60mJ, 140mJ, 180mJ, 5Hz로 조사한 군에 비해 전형적인 산 부식 방법과 유사한 형태를 보였다.
2. 열구성형술(fissurotomy)을 이용한 기계적 삭제 후 산 부식을 시행한 제2군과 100mJ, 5Hz로 Er:YAG 레이저를 조사 후 산 부식을 시행한 제4군이 산 부식을 단독으로 시행한 제1군과 레이저를 단독으로 조사한 제3군에 비해 더 낮은 미세누출을 보였다.
3. 열구성형술(fissurotomy)을 이용한 기계적 삭제 후 산 부식을 시행한 제2군과 레이저를 조사한 후 산 부식을 시행한 제4군 사이에 미세누출의 차이가 없었으며, 산 부식을 단독으로 시행한 제1군과 레이저를 단독으로 시행한 제3군 사이에는 미세누출의 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해 보면 치면열구전색재의 도포를 위한 법랑질 표면 처리 방법으로 산 부식이나 레이저를 단독으로 사용하여 교합면 소와 열구의 표면 처리를 시행한 경우보다 레이저나 고속 핸드피스 사용 후 보조적으로 산 부식을 시행하는 것이 미세누출을 줄여 치면열구전색재의 유지에 더 좋을 것으로 사료된다. 또한 고속 핸드피스에 대한 두려움이 있는 어린이에 있어 치면열구전색술과 같이 와동 형성이 크지 않은 경우 레이저의 사용은 고속 핸드피스를 대체할 만한 법랑질 표면 처리 방법으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Weintraub JA : The effectiveness of pit and fissure sealant. J Public Health Dent, 49:317-330, 1989.
2. Hicks MJ, Flaitz C : The acid-etch technique in caries prevention: pit and fissure sealants and preventive restoration. In: Pinkham JR. Pediatric Dentistry Infancy Through Adolescence, 3rd. Philadelphia: W.B. Saunders, 481-512, 1999.
3. Koch G, Poulsen S, Twetman S : Caries prevention in child dental caries. In: Pediatric Dentistry: A Clinical Approach. Copenhagen: Munksgaard, 119-145, 2001.
4. Jensen OE, Handelaman SL : Effect of an autopolymerization sealant on viability of microflora in occlusal dental caries. Scand J Dent Res, 88: 382-388, 1980.
5. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restoration: a review. Oper Dent, 22:173-185, 1997.
6. Hatibovic-Kofman S, Wright GZ, Braverman I : Microleakage of sealants after conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. Pediatr Dent, 20:173-176, 1998.
7. Taylor MJ, Lynch E : Microleakage. J Dent, 20:3-10, 1992.
8. Brockmann SL, Scott RL, Eick JD : The effect of an air-polishing device on tensile bond strength of a dental sealant. Quintessence Int, 20: 211-217, 1989.
9. Brown JR, Barkmiere WW : A comparison of six enamel treatment procedures for sealant bonding. Pediatr Dent, 18:29-31, 1996.
10. Goldstein RE, Parkins FM : Air-abrasive Technology : Its new role in restorative dentistry. J Am Dent Assoc, 125:551-557, 1994.

11. Ellis RW, Latta MA, Westerman GH : Effect of air abrasion and acid etching on sealant retention: an in vitro study. *Pediatr Dent*, 21:316-319, 1999.
12. Kanellis MJ, Warren JJ, Levy SM : Comparison of air abrasion versus acid etch sealant techniques: six-month retention. *Pediatr Dent*, 19: 258-261, 1997.
13. Waggoner WF, Siegal M : Pit and fissure sealant application: Updating the technique. *J Am Dent Assoc*, 127:351-361, 1996.
14. Shapira J, Eidelman E : Fissure topography After Combined 20- and 60-seconds Etching and Mechanical Preparation Viewed by SEM. *Clin Prev Dent*, 7:27-30, 1985.
15. Decrane GP, Martens C, Dermaut R : The invasive pit-and-fissure sealing technique in pediatric dentistry: an SEM study of a preventive restoration. *J Dent Child*, 55:34-42, 1988.
16. Pope BD Jr, Garcia-Godoy F, Summitt JB, et al. : Effectiveness of occlusal fissure cleansing methods and sealant micromorphology. *J Dent Child*, 63:175-180, 1995.
17. Goldman L, Hornly P, Meyer R, et al. : Impact of the laser on dental caries. *Nature*, 203:417, 1964.
18. Arcoria CJ, Lippas MG, Vitasek BA : Enamel surface roughness analysis after laser ablation and acid-etching. *J Oral Rehabil*, 20:213-224, 1993.
19. Cozean C, Arcoria CJ, Pelagalli J, et al. : Dentistry for the 21st century? : Er:YAG laser for teeth. *J Am Dent Assoc*, 128:1080-1087, 1997.
20. Lin S, Caputo AA, Eversole LR, et al. : Topographical characteristics and shear bond strength of tooth surface cut with a laser powered hydrokinetic system. *J Prosthet Dent*, 82:451-455, 1999.
21. Obata A, Tsumura T, Niwa K, et al. : Super pulse CO₂ laser for

- bracket bonding and debonding. *Eur J Orthod*, 21:193-198, 1999.
22. Tokonabe H, Kougi R, Watanabe H, et al. : Morphological changes of human teeth with Er:YAG laser irradiation. *J Clin Laser Med Surg*, 17:7-12, 1999.
 23. Keller U, Hibst R : Ultrastructural changes of enamel and dentine following Erbium:YAG laser radiation on teeth. *SPIE*, 9:408-415, 1990.
 24. Paghdwala AF, Vaidyanathan TK, Paghdwala MF : Evaluation of Er:YAG laser radiation of hard dental tissues : analysis of temperature change, depth of cuts and structural effects. *Scanning Micros*, 7:989-997, 1993.
 25. Tengrungsun T, Smithrithee S, Vongsavan N, et al. : Investigation of Er:YAG laser etching on enamel-sealant interface in vitro SEM study. *Int Congress Series*, 1248:201-208, 2003.
 26. Ramos RP, Liporaci JL, Pecora JD, et al. : Microleakage at sealant/enamel interface of primary teeth:effect of Er:YAG laser ablation of pits and fissures. *J Dent Child*, 71:143-147, 2004.
 27. Borsatto MC, Corona SA, Dibb RG, et al. : Microleakage of a resin sealant after acid-etching, Er:YAG laser irradiation and air-abrasion of pits and fissures. *J Clin Laser Med Surg*, 19:83-87, 2001.
 28. 임형수, 이창섭, 이상호 : Er:YAG 레이저 조사가 범랑질 표면 변화와 전단강도에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 28:374-382, 2001.
 29. Övrebö RC, Raadal M : Microleakage in fissures sealed with resin or glass ionomer cement. *Scand. J Dent Res*, 98:66-69, 1990.
 30. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon LL, et al. : Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res*, 9:373-387, 1975.
 31. Stern RH, Vahl J, Sognaes R : Lased enamel: Ultrastructural

- observation of pulsed carbon dioxide laser effects. *J Dent Res*, 51: 455-460, 1972.
32. Stern RH : The laser in dental study: A review of the literature. *J Am Dent Assoc*, 29:173-179, 1974.
 33. Hibst R, Keller U, Steiner R : Die wirkung gepulster Erbium:YAG laser strahlung unf zahngewebe. *Laser Med Surg*, 4:163-165, 1988.
 34. Moshonov J, Stabholz A, Zyskind D, et al. : Acid-etched and Erbium: Yttrium Aluminium Garnet laser-treated enamel for fissure sealants: a comparison of microleakage, *Int J Pediatr Dent*, 15:205-209, 2005
 35. Manhart J, Huth KC, Chen HY, et al. : Influence of the pretreatment of occlusal pits and fissures on the retention of a fissure sealant. *Am J Dent*, 17:12-18, 2004.
 36. Fride D, Visuri SR, Featherstone JDB, et al. : Infrared radiometry of dental enamel during Er:YAG and Er:YSGG laser irradiation. *J Biomed Optics*, 1:455-465, 1996.
 37. do Rego MA, de Araujo MA : Microleakage evaluation of pit and fissure sealants done with different procedures, materials and laser after invasive technique. *J Clin Pediatr Dent*, 24:63-68, 1999.
 38. Roebuck EM, Whitters CJ, Saunders WP : The influence of three Er: YAG laser energies on the in vitro microleakage of Class V compo resin restoration. *Int J Pediatr Dent*, 11:49-56, 2001.
 39. Niu W, Noriko Eto J, Kimura Y, et al. : A study on microleakage after resin filling of Class V cavities prepared by Er:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg*, 16:227-231, 1998.