

## Er:YAG 레이저를 조사한 유치 상아질의 전단결합강도에 관한 연구

이진화 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

## 국문초록

본 연구는 자가 부식과 two-bottle system에 의한 레진 부착시 레이저와 일반 고속 핸드피스에 의한 치아형성 관계를 규명해보고자 하였다. 55개의 유치를 발거한 후 레진에 매몰하여 상아질을 노출시켜 시편을 준비하였고 다음과 같이 분류하였다.

I 군은 고속핸드피스로 치아 형성 후 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M Unitek, USA)을, II 군은 Er:YAG 레이저로 치아 형성 후 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M Unitek, USA)을, III 군은 레이저로 형성 후 산부식과 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를, IV 군은 레이저로 형성 후 산부식 없이 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를 적용하였고 V 군은 고속 핸드피스로 치아 형성 후 산부식과 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를 적용하였다. 레진 Filtek™ Z250(3M Unitek, USA)을 직경 1.5 mm, 길이 3 mm의 투명관에 충전 후 적용하였다.

각 그룹 시편의 전단강도를 측정하였고 레이저와 고속 핸드피스로 치아 형성 후와 각각 산부식을 한 후 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존 방법인 고속 핸드피스를 이용한 치아 형성 후 산부식과 Adper™ Single Bond를 이용한 방법이 가장 높은 결합 강도를 보였다.
2. 레이저를 이용한 치아 형성 후 산부식을 하지 않고 Adper™ Single Bond를 이용한 방법은 가장 낮은 결합 강도를 보였다.
3. 고속 핸드피스를 이용한 치아 형성 후 Prompt™ L-Pop™을 이용한 레진 부착을 한 그룹과 레이저를 이용해 치아를 형성한 이후 산부식과 Adper™ Single Bond를 이용한 방법간의 결합 강도는 유의한 차이를 나타내지 않았다.
4. 레이저를 이용한 치아 형성 후 Prompt™ L-Pop™을 이용한 II 군은 I, III, V 군에 비해서는 결합강도가 낮았으나 IV 군에 비해서는 결합강도가 유의성 있게 높았다.
5. 주사전자 현미경 관찰시 레이저로 치아 형성한 상아질 표면은 불규칙한 표면이 두드러졌으며 도말층이 제거되었음을 볼 수 있었고 산부식 후에는 불규칙한 부위가 줄어들고 상아세관이 커짐을 확인했다.

**주요어** : 전단결합강도, Er:YAG 레이저, 유치 상아질, 상아질 접착 시스템

## I. 서 론

교신저자 : 김 종 수

충남 천안시 안서동 산29

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel: 82-41-550-1931, 2 Fax: 82-41-555-2329

E-mail: jskim@dku.edu

레이저란 Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation의 약어로 유도 방출과정에 의한 빛의 증폭이라는 의미를 지녔다<sup>1)</sup>. 일반 광선은 많은 파장을 갖지만 레이저는 단색, 단파장, 단방향성으로 일반 광선과 차이를 가진다. 임상에서 사용하는 경우는 치아과민증 치료, 열구전색, 우

식제거, 와동형성, 근관치료, 치근침 폐쇄, 기구소독 그리고 구강내 계속가공의치의 용접 등이 있다<sup>2)</sup>. 경조직 뿐만 아니라 연조직 수술, 치근관의 세척 및 소독, 우식에 대한 저항성을 증가시키기 위해 치아표면을 변성하는데 이용되고 있다<sup>3)</sup>. 경조직을 삭제하여 치아와 복합 레진과의 결합력을 증가시키기 위해 사용되는 레이저로 CO<sub>2</sub> 레이저와 Nd:YAG 레이저가 주로 쓰였지만 경조직 와동 형성시에 과도한 에너지 밀도로 치수에 부가적인 열손상이 나타나게 되었다<sup>4)</sup>. 그러나 Er:YAG 레이저는 CO<sub>2</sub> 레이저보다 수분에 10배 정도의 효율로 흡수되고 치수에 비가역적인 손상없이 안전하게 치아에 사용할 수 있다고 보고되고 있다<sup>5)</sup>.

유치의 상아질이 영구치에 비교하여 레진과의 결합력이 낮은 이유를 유치는 관간 상아질이 적고 관주 상아질이 더 많으며 상아세관의 직경이 작고 밀도가 떨어진다고 하였다<sup>6-8)</sup>. Nör 등<sup>9)</sup>은 접착 과정에서 유치가 영구치보다 혼화층(hybrid layer)이 더 두꺼우나 접착레진이 이미 탈회되어 있는 상아질층을 완전히 통과하기는 부족하기 때문에 결합력이 떨어진다고 하였다.

지금까지 치과용 레이저는 소음을 줄이고 동통을 줄일 수 있다는 여러 가지 장점을 내세워 성인 진료에서는 치수 마취효과나 레이저 형광법에 의한 우식증 탐지효과 등의 여러 방면에서 연구되고 있으며<sup>10,11)</sup>, 실제 임상에서도 많이 사용되고 있다. 소아의 치료에 있어서 아이들의 행동조절이 필요한데 이를 위해서는 동통조절과 소음, 시간지연 등의 불편을 최소로 줄여야 한다. 소아치과 영역에서도 우식병소 제거와 와동형성을 위한 레이저의 사용이 많이 시도되고 연구되고 있다<sup>3,12,13)</sup>. 근래에 산부식 방법 대신에 복합 레진과 치아의 결합력을 증진시키기 위해 표면 처리 방법으로 레이저가 이용되고 있다. 이번 연구에서는 소아 치과영역에서 레이저를 이용한 치아 삭제시와 기존 방법

에 의한 치아 삭제시 레진의 결합강도의 변화를 관찰하여 레이저의 소아치과 영역에서의 사용에 있어서 가능성을 알아보고자 하였다.

소음과 동통을 줄이기 위해 레이저를 사용되고 있다. 또한 자가 부식 방법을 이용한 레진의 접착 방법은 술식을 최소화 하여 치료시간을 줄이고 그만큼 타액 등에 의한 오염위험을 줄이고자 함이다. 이에 레이저를 이용한 치아 삭제 후 이러한 자가 부식 접착제를 사용하는 경우와 기존 산부식 방법을 이용한 복합 레진의 접착시의 차이점을 알아보고자 하였으며 앞으로 레이저를 유치에 적용할 수 있는 전망을 제시하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### (1) 시편의 준비

충치에 이환되지 않고, 교환 시기에 발거된 유치치와 유구치를 포함한 55개의 유치를 1% thymol에 저장하여 실온에 보관하였다. 치아는 아크릴 레진에 매몰한 후 협면이 노출되도록 120 grit 실리콘 카바이드 연마지로 활택 연마하여 표본을 준비하였다.

#### (2) 치아 형성 및 상아질 접착 시스템과 복합 레진

레이저는 KaVo KEY Laser 3(KaVo Dental GmbH, Germany)를 사용하였고, 경조직 제거용 핸드피스(2060, KaVo Dental GmbH, Germany)를 사용하였다.

복합레진으로는 Filtek™ Z250(3M Unitek, USA), 상아질 치면 처리 및 접착제로는 Adper™ Single Bond Plus

**Table 1.** Adhesive systems

Material	Adper™ Single Bond Plus Adhesive	Adper™ Prompt™ L-Pop™
Component	BisGMA	Liquid 1 (red blister):
	HEMA	Methacrylated phosphoric esters
Component	Dimethacrylate	Bis-GMA
	Vitrebond copolymer	Initiators based on camphorquinone
	Ethanol/water	Stabilizers
	CPQ	Liquid 2 (yellow blister):
	+10%(wt) 5nm silica particle	Water
		2-Hydroxyethyl ethacrylate(HEMA)
Method	1. 15sec etching	1. Prep and dry
	2. 10sec rinsing	2. Adhesive, rubbing 15sec
	3. dry	3. air-dry
	4. Single Bond 2, rubbing and 2~3 coating for 15sec	4. Adhesive rubbing 15sec
	5. 5sec air dry	(two-coat technique)
	6. 10sec radiation	5. air-dry
	6. 10sec radiation	

**Table 2.** Experimental conditions applied to each group in surface treatment and bonding

Classification	Preparation	Etching	Bonding
Group I	High-speed	no etching	Prompt™ L-Pop™
Group II	Er:YAG laser	no etching	Prompt™ L-Pop™
Group III	Er:YAG laser	etching	Single bond
Group IV	Er:YAG laser	no etching	Single bond
Group V	High-speed	etching	Single bond

Adhesive(3M Unitek, USA)와 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M Unitek, USA)을 사용하였다(Table 1).

광중합기는 Q-light™ (Diadent, Korea)이며 일정한 광도를 유지하기 위하여 Radiometer™ (Dent-America, USA)를 사용하여 10회마다 한번 씩 측정하면서 반복 조사하였다.

2. 연구 방법

(1) 전단 결합 강도 측정

1) 시편의 제작

대상 치아는 120 grit 실리콘 카바이드 연마지로 치아의 협면의 법랑질을 제거하고 상아질이 바닥에 평행이 되도록 3×3 mm 크기로 노출시켰다. 그리고 240, 400과 600 grit 실리콘 카바이드 연마지로 표면을 활택 연마 하였다. 준비된 치아 표본을 다음과 같이 10개씩 5개의 군으로 나누었다(Table 2).

① 고속 핸드피스로 치아 형성을 하는 군

이 군은 고속 핸드피스에 일반적인 다이아몬드 버를 장착하고 버가 상아질 면을 평행하게 삭제할 수 있도록 핸드피스를 고정하였다. 표본을 바닥과 평행하게 움직이면서 치아의 상아질 면이 0.25 mm 정도 고르게 삭제되도록 하였다. 산부식을 하는 군은 37 %의 인산으로 15초간 적용 후 물로 세척 후에 1초간 건조시켰다. 접착제는 각각 제조사의 지시에 따라 적용하고 광중합 하였다(Table 1).

② 레이저로 치아 형성을 하는 군

이 군은 Er:YAG 레이저를 이용하여 30 Hz/140 mJ, 초점크기는 0.6 mm로 치면과 10 mm 정도 떨어져서 조사하였다. 이것은 제조사가 최적 초점거리를 광학 윈도우로부터 10에서 15 mm로 추천하였기 때문이다. 치료광선의 위치는 적색 파일릿 광선에 의해 식별되었다. 마찬가지로 산부식을 하는 군은 37 %의 인산으로 15초간 적용 후 물로 세척 후에 1초간 건조시키고 접착제는 각각 제조사의 지시에 따라 적용하였다(Table 1).

③ 수복재의 적용

복합레진은 Filtek™ Z 250을 사용하여 충전하였으며 복합레진을 적용할 때에는 미리 준비한 1.5 mm 직경에 3 mm 길이의 투명한 플라스틱 관을 이용하여 그 안에 복합레진을 채운 뒤

상아질 면에 위치시킨 후 광조사 하였다. 충분히 중합되도록 60초간 모든 방향으로 광조사기를 이동하면서 광조사 하였다. 완전히 중합한 뒤 플라스틱 관을 제거하고 모든 표본들은 37 ℃ 증류수에 24시간 보관 후 전단 강도를 측정하였다.

④ 전단 결합 강도 측정

전단 강도는 상아질 면과 수복재 사이의 접착 계면이 기구의 장축과 평행이 되도록 레진 블록을 고정시킨 다음, 만능 시험기(경성, 한국)을 이용하여 100 KgF load scale로 5 mm/min의 cross-head speed로 측정하였다.

⑤ 통계 처리

측정된 전단 강도의 데이터를 대상으로 각 군 간의 측정치 차이는 분산분석법(ANOVA)을 통하여 검정하였다. One-Way ANOVA 분석 결과 군 간에 유의차가 있음을 확인하였고 Scheffe test로 사후 검정한 유의 수준은 0.05 % 미만으로 하였다.

⑥ 주사전자 현미경 관찰

다이아몬드 버로 치아 형성을 한 군, 레이저로 치아 형성을 한 군 각각을 산부식한 경우를 표본을 형성하여 관찰하였다. 36 % 염산 용액에 10초간 부식시킨 후, 2 % 차염소산나트륨 용액으로 30초간 수세하고 탈이온수에 세척하고 24시간 동안 완전 건조시켰다.

준비된 시편을 금 피막기(E-1010, Hitachi, Japan)를 이용하여 20 nm 두께의 금 피복을 시행한 후 주사전자 현미경(S-3000, Hitachi, Japan)을 사용하여 가속전압 15 kV하에서 1000배, 3000배의 배율로 관찰하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단 결합 강도 측정 결과

각 군의 전단 결합 강도 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. 전단 결합 강도는 I 군에서 24.95 ± 5.64 MPa, II 군에서 12.74 ± 1.27 MPa, III 군에서 21.54 ± 4.22 MPa, IV 군에서 7.76 ± 3.83 MPa 그리고 V 군에서 36.49 ± 7.86 MPa 으로 나타났다.

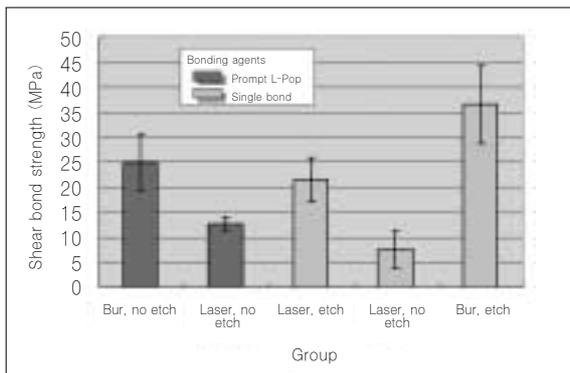
**Table 3.** Shear bond strength, mean and standard deviation obtained from each group (Unit : MPa)

Group	Shear bond strength (Mean ± S.D.)
Group I (High speed + Prompt™ L-Pop™)	24.95 ± 5.64
Group II (Laser + Prompt™ L-Pop™)	12.74 ± 1.27
Group III (Laser + Etching + Single bond)	21.54 ± 4.22
Group IV (Laser + Single bond)	7.76 ± 3.83
Group V (High speed + Etching + Single bond)	36.49 ± 7.86

**Table 4.** Statistical analysis of shear bond strength of in each group

Group	I	II	III	IV	V
I					
II	*				
III	-	*			
IV	*	*	*		
V	*	*	*	*	

(\* : p<0.05, from Scheffe Test)



**Fig. 1.** Bar graph representing the mean shear bond strength of each group.

각 군의 전단결합강도를 Fig. 1에 막대그래프로 나타내었다. 전단결합강도는 ANOVA 분석 결과 군 간에 유의차가 있음을 확인하였고 기존 방법인 다이아몬드 버를 이용한 치아 형성 이후 산부식과 Adper™ Single Bond 를 이용한 방법이 다른 방법들과 비교해 유의성 있게 가장 높은 결합 강도를 보였다.

레이저를 이용한 치아 형성 후 산부식을 하지 않고 Adper™ Single Bond를 이용한 방법은 다른 방법들에 비해 유의성 있게 낮은 결합 강도를 보였다.

다이아몬드 버를 이용한 치아 형성 후 Prompt™ L-Pop™을 이용한 복합레진 접착을 한 군과 레이저를 이용해 치아를 형성한 후 산부식과 Adper™ Single Bond를 이용한 방법 간의 결합 강도의 차이는 유의성이 없었다.

레이저를 이용한 치아 형성 후 Prompt™ L-Pop™을 이용한 복합레진 접착시에는 I, III, V군에 비해서는 결합강도가 낮았

으나, IV군에 비해서는 결합강도가 유의성 있게 높았다.

## 2. 주사전자 현미경 관찰 결과

일반적인 다이아몬드 버로 치아 삭제를 한 군(Fig. 2, 3)에는 상아질 면에 다이아몬드 버 자국이 보이고 도말층이 상아세관을 덮고 있었다. 또한 균열(crack)이 관찰되기도 하였으며, 레이저로 삭제한 것보다는 표면이 덜 불규칙하고 상아세관이 덜 관찰되었다. 산부식을 한 군(Fig. 4, 5)에는 도말층이 제거되었고 상아세관이 노출되었다.

레이저로 조사한 군(Fig. 6, 7)에는 레이저로 인해 발생된 미세 용기와 상아질 표면이 불규칙하게 보였고 도말층이 없고 상아세관이 노출되었다. 일반적인 다이아몬드 버로 삭제한 경우보다 표면이 거칠며 이러한 불규칙한 구조를 scaly structure 라고 하는데, 이는 레이저에 의한 수분의 폭발로 인한 결과다. 레이저 조사 표면에 산부식을 한 이후(Fig. 8, 9)에는 세관의 크기가 커졌고 표면이 균질한 모양이 되었다.

## IV. 총괄 및 고안

Erbium:Yttrium:aluminum:garnet(Er:YAG) 레이저는 물과 수산화 인회석에 대한 흡수율이 높아서 치수의 손상을 줄이면서 치아 경조직을 효과적으로 제거할 수 있다<sup>14,15</sup>. 이와 같은 치과치료에서 레이저의 사용은 상당한 관심을 끌고 있으며 소아치과에는 더 많은 적응증이 있을 것으로 보고 있다. 대부분의 레이저들은 오직 하나의 파장 에너지를 발생하여 태워 증발(vaporizing)시키거나 특정 파장에 흡수율이 높은 특정한 조직을 파괴하는데 유용하다<sup>16</sup>. Takamori<sup>17</sup>에 의하면 Er:YAG 레

이저는 일반적인 외동 형성보다 치수의 회복이 더 빨리 일어난다고 하며, 근관치료학 연구에 의하면 세척과 항균 효과 및 비가열 감균효과로 부작용을 줄일 수 있다고 한다<sup>17)</sup>. Er:YAG 레이저는 2.94-micrometer(적외선)의 파장을 지니며 효과적으로 법랑질과 상아질을 삭제할 수 있다. 발생하는 에너지는 물로 상아질에 있는 물을 함유한 결정 구조와 유기물질에 의해 흡수되어 열이 발생되고 물을 증발시킨다<sup>1)</sup>. Er:YAG 레이저로 조사된 상아질은 도말층이 없이 상아세관이 열려있는 상태로 불규칙한 표면이 형성된다고 보고되었다<sup>14)</sup>. 이런 결과는 산 부식을 한 상아질의 표면처럼 수복접착 과정에 좋은 영향을 미칠 수 있음을 추정하였다<sup>18)</sup>. 레이저의 삭제력은 우식 상아질은 250 mJ, 2 Hz, 건전한 상아질은 300 mJ, 2 Hz, 법랑질은 350 mJ, 3 Hz의 에너지가 필요하다<sup>19)</sup>. 이것은 우식 상아질을 선택적으로 제거할 수 있음을 시사한다. 임상적으로 접착과정에서 수분의 조절은 매우 중요한 요소이다. 탈회된 상아질을 과잉으로 건조시키면 교원질 망을 붕괴시키기 때문에 레진 모노머들이 관간 상아질로 침투할 수 있는 경로가 막히게 된다<sup>20)</sup>. 또한 자가 부식

접착 시스템이나 윈스텝 접착 시스템 등과 같이 접착과정을 단순화시키면서 산 부식, 세척과 건조 등의 과정을 줄여 치료시간을 단축시킬 수 있었다.

상아질을 레이저로 조사할 때 관간 상아질이 관주 상아질보다 더 잘 제거되며 도말층도 함께 제거되었다. 이것은 관간 상아질이 물을 더 많이 함유하고 있기 때문이다<sup>21)</sup>. 보통 외동을 형성할 때에는 정초점으로 대상과의 거리를 12 mm 정도 두는데 산부식으로 사용할 때에는 탈초점으로 17 mm 간격을 유지한다<sup>20)</sup>. 탈초점으로 레이저 조사시에 상아질 표면은 더 단조로운 상태가 된다. 레이저 조사 후 산 부식을 하면 표면의 불규칙성은 줄어들고 상아세관은 커지고 부분적으로 노출이 된다. 레이저 조사간격이 가까울수록 더 많은 조직이 제거되며 불규칙성이 증가하고 균질한 모양이 감소한다<sup>22-24)</sup>. 레이저가 도말층을 제거하고 상아세관을 차단하지 않으며 유지 구조를 증가시킨다고 하는 주장도 있지만<sup>21)</sup>, 한편으로 대부분 정초점으로 조사시 과도한 불규칙한 표면은 미세기계적 유지력을 감소시켜 결합력을 떨어뜨린다고 하였다<sup>22,23)</sup>. Visuri 등<sup>20)</sup>은 정초점으로 레이저

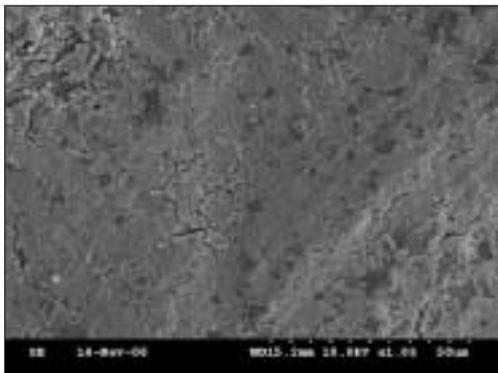


Fig. 2. SEM photographs of primary teeth dentin. Conventional diamond bur preparation (1000×).

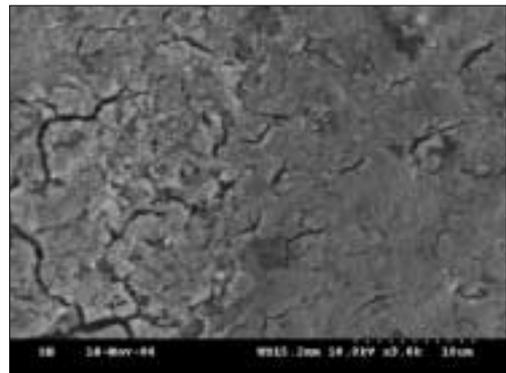


Fig. 3. SEM photographs of primary teeth dentin. Conventional diamond bur preparation (3000×).

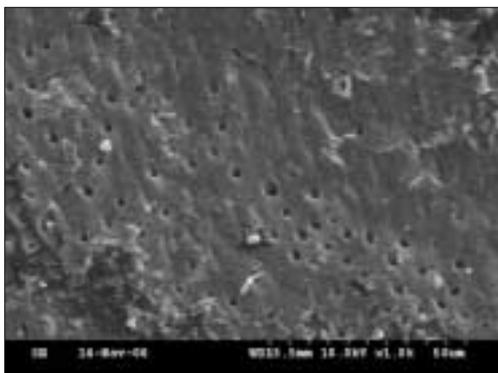


Fig. 4. SEM photographs of primary teeth dentin. Conventional diamond bur preparation and acid etching (1000×).

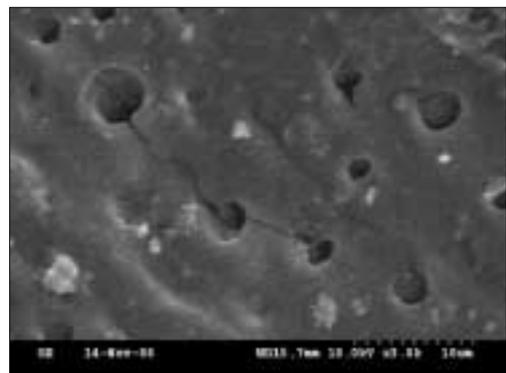
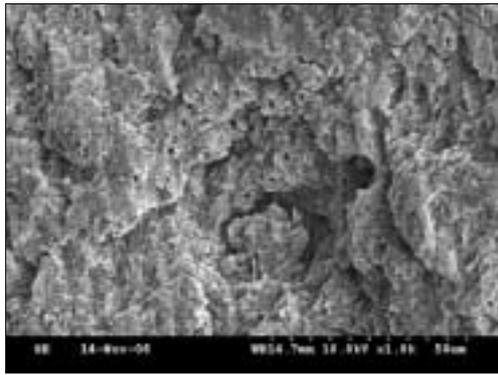
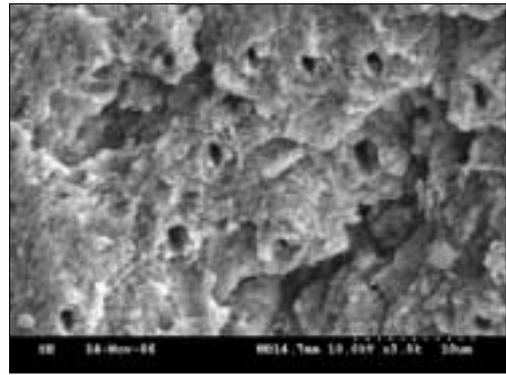


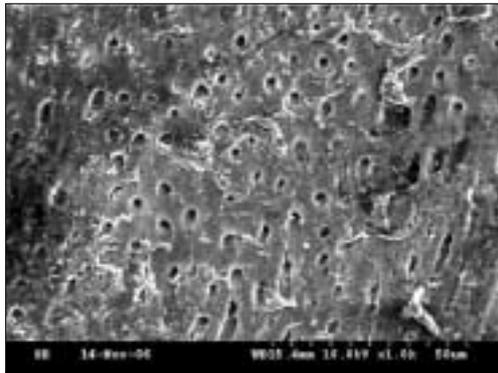
Fig. 5. SEM photographs of primary teeth dentin. Conventional diamond bur preparation and acid etching (3000×).



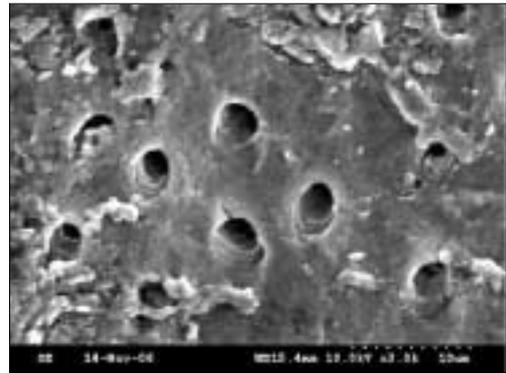
**Fig. 6.** SEM photographs of primary teeth dentin. Laser treatment (1000×).



**Fig. 7.** SEM photographs of primary teeth dentin. Laser treatment (3000×)



**Fig. 8.** SEM photographs of primary teeth dentin. Laser treatment and acid aching (1000×).



**Fig. 9.** SEM photographs of primary teeth dentin. Laser treatment and acid aching (3000×).

조사 후 산 부식하는 것은 결합력을 떨어뜨린다고 하였는데 이것은 산에 대한 저항성이 높아졌기 때문이라고 하였다. 레이저로 조사한 경우 레진과의 결합력이 떨어지는 이유로 상아질의 교원질 섬유가 부분적 변성, 융합 및 용융되어 교차되는 부분이 적어지기 때문이라고 하였다<sup>23)</sup>. 이런 이유로 레진이 침투하는 것을 방해하여 혼화층(hybrid layer)의 형성을 감소시킨다<sup>24)</sup>. 레이저로 인해 생긴 미세 불규칙성과 미세 융기로 접착제가 침투하며 개방된 상아세관에 레진 테그를 형성하여 치아와 레진 간의 기계적 결합력이 생긴다<sup>20,23)</sup>. 유치와 영구치는 물리학적이나 형태학적으로 다르다. 유치는 법랑질이 얇고 Sumikawa에 의하면 유치의 상아세관의 밀도는 영구치보다 크다<sup>25,26)</sup>. 유치의 상아세관 직경은 더 크고 관주 상아질의 두께는 영구치와 비슷하다. 산부식에 영향을 받는 solid dentin이 적어 레진과의 결합력이 영구치보다 떨어진다<sup>25)</sup>. 또한 무기물의 양도 적기 때문에 산부식의 효과가 줄어들어 레진과의 결합력이 떨어지게 된다<sup>27)</sup>. 상아세관이 많고 직경이 크면 산이 더 깊이 스며들고 탈회가 더 잘 될 수 있다<sup>28)</sup>.

이전 연구에 의하면 레이저를 조사한 상아질은 산부식을 한 상아질보다 레진과의 결합력이 더 좋다고 발표하였다. Keller와 Hibst<sup>32)</sup>, Visuri 등<sup>33)</sup> 그리고 Stiesch-Scholz와 Hanning<sup>24)</sup>은 레이저를 조사하여 생긴 비늘모양의 표면이 결합력을 증가시킨다고 하였다. 이런 레이저를 조사하여 생긴 특이한 모양은 본 연구에서도 관찰되었으며 Li 등<sup>35)</sup>은 이를 레이저에 의한 치아 내 무기질 구조의 미세한 폭발에 의해 생긴 것으로 설명하고 있다. 본 연구에서는 레이저를 조사한 상아질의 결합력이 유의성 있게 낮은 결과를 얻었다. 본 연구와 같은 결과의 연구는 Ceballos 등<sup>23)</sup>, Kameyama 등<sup>29)</sup>, Martinez-Insua 등<sup>30)</sup> 그리고 Aoki 등<sup>31)</sup>이 있다.

서로 상반된 결과의 논문들이 있으나 대부분 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 레진의 접착이 기존의 방법에 비해서 결합력이 월등히 좋아진다는 보고는 없었다. 이번 실험에서도 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 레진의 접착이 레진의 결합력을 증가시키지 못하였으며 오히려 결합력이 떨어지는 결과를 얻을 수 있었다. 레이저를 이용한 치아의 삭제가 레진의 결합력을 높이

지 못하는 이유에 대해서는 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 치아 표면의 변화에 대해서 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Keller 등<sup>19)</sup>에 의하면 레이저는 같은 와동을 형성하는데 금속 버 보다 2.5배의 시간이 걸린다고 하였다. 또한 레이저는 우식 치아에 적용시에 우식부위가 완전히 제거되지 못했다고 하였다<sup>36,37)</sup>. 그러나 버를 이용한 와동형성은 시간은 적게 걸리지만 술자의 기술에 따라 치질의 과도한 삭제가 있을 수 있다. 따라서 적절한 와동형성을 위해서는 두 가지를 혼용해서 사용해야 할 것이다. 또한 본 연구에서 레이저로 치아 형성시에 한 곳에 집중적인 조사는 치아조직이 변색되는 결과를 초래하였다. 이는 그 부분에 온도가 높아졌기 때문이었고 이를 방지하기 위해서는 한곳에 집중적인 조사보다는 움직이면서 반복하는 조사가 안전성 면에서 바람직할 것이다<sup>38)</sup>. Hibst와 Keller<sup>39)</sup>에 의하면 Er:YAG 레이저 조사시 200 mJ, 2 Hz 조건하에서 2 ml/min, 200 mJ, 10 Hz 조건하에서 5 ml/min의 분사량을 설정하였을 때 치수에 손상을 가하지 않는다고 하였다.

Cozean<sup>40)</sup> 등은 치아 경조직 삭제시에 고속용 삭제기구와 Er:YAG 레이저의 삭제 효능 및 치수의 조직학적 반응을 비교 평가하였는데 유의한 차이가 없으며, Er:YAG 레이저에 의한 우식 제거 및 와동 형성은 효과적이고 안전하다고 결론지었다. 하지만 레이저에 의한 치아 삭제는 고속 핸드피스처럼 매끄러운 와동 표면을 형성 할 수 없고, 많은 양의 건전 범랑질의 제거가 필요한 경우는 고속 핸드피스 사용시 보다 더 많은 삭제 시간이 소요된다고 언급했다. 본 연구에서는 레이저를 이용하여 와동을 형성하지 않고 표면을 변화시키는 정도만 삭제하였기 때문에 고속 핸드피스와의 삭제력을 비교해 보지는 못하였다. 또한 와동을 형성하지 않았기 때문에 노출된 상아질 표면을 얼마나 고르게 삭제하였는지 여부가 실험 결과에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 연구에서 나타난 결과로 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 레진의 접착시 기존의 방법보다 결합강도가 떨어지는 것을 관찰할 수 있었으며 레이저를 이용한 삭제와 기존 치아 삭제 방법 모두에서 자가 부식 보다는 기존의 산부식 방법에 의한 레진의 접착이 더 좋은 결과를 보여주는 것을 확인할 수 있었다.

레이저를 이용한 유치의 삭제 후 레진의 접착은 아직 임상적으로 많이 적용되고 있지 않다. 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 치아의 표면적이 늘어나는 것을 임상적으로 이용할 수 있는 방법을 연구해야 할 것이며 레이저를 이용한 치아의 삭제 후 치아 표면의 변화에 대해서 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

레이저는 치과 영역에서 많이 이용되고 있으며 이를 소아치과에 적용시켜 보고자 본 연구에서 자가 부식 방법과 two-bottle system에 의한 레진 접착을 하는 경우 레이저와 일반 다이

아몬드 버를 이용한 치아 형성시 레진의 접착 강도를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 기존 방법인 고속 핸드피스를 이용한 치아 형성 이후 산부식과 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를 이용한 방법이 가장 높은 결합 강도를 보였다.
2. 레이저를 이용한 치아 형성 후 산부식을 하지 않고 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를 이용한 방법이 가장 낮은 결합 강도를 보였다.
3. 고속 핸드피스를 이용한 치아 형성 후 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M Unitek, USA)을 이용하여 레진 부착을 한 그룹과 레이저를 이용해 치아를 형성한 후 산부식 하고 Adper™ Single Bond Plus Adhesive(3M Unitek, USA)를 이용한 방법간의 결합 강도는 유의한 차이를 나타내지 않았다.
4. 레이저를 이용한 치아 형성 후 Adper™ Prompt™ L-Pop™(3M Unitek, USA)을 이용한 레진 부착시에는 I, III, V군에 비해서는 결합강도가 낮았으나 IV군에 비해서는 결합강도가 유의성 있게 높았다.
5. 주사전자 현미경 관찰시 레이저로 치아 형성한 상아질 표면은 불규칙한 표면이 두드러졌으며 도말층이 제거되었음을 볼 수 있었고 산부식 후에는 불규칙한 부위가 줄어들고 상아세관이 커짐을 확인했다.

많은 장점에도 불구하고 레이저에 의한 치아 형성은 기존 방식의 레진 접착에 비해 결합력이 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

임상적으로 레이저를 치아와 복합레진의 접착에 이용하기 위해서는 레이저를 이용한 삭제후의 치아 표면에 대한 자세한 연구와 현재 사용하고 있는 레진 접착 방법이 낮은 결합강도를 보이는 원인에 대한 연구가 필요하며 레이저로 치아 형성 후의 치아표면은 일반적인 치아형성 결과와는 다르기 때문에 그에 적합한 접착 시스템이 개발되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. van As G : Erbium lasers in dentistry. Dent Clin North Am, 48:1017-59, 2004.
2. Sung EC, Chenard T, Caputo AA, et al. : Composite resin bond strength to primary dentin prepared with Er, Cr:YSSG laser. J Clin Pediatr Dent, 30:45-49, 2005.
3. 임형수, 이창섭, 이상호 : SEM evaluation and shear bond strength of Er:YAG laser irradiation on enamel surface. 대한소아치과학회지, 28:374-382, 2001.
4. Wiqdor H, Abt E, Ashrafi S, et al. : The effect of lasers on dental hard tissues. J Am Dent Assoc, 124:65-70, 1993.
5. Keller U, Hibst R : Ultrastructural changes of enamel and dentin following Erbium:YAG laser radiation

- on teeth. SPIE, 9:408-415, 1990.
6. Kielbassa AM, Attin T, Wrbas K-T, et al. : Untersuchung zur zeitabhängigen Haftung moderner Füllungswerkstoffe auf perfundiertem Milchzahndentin. Dtsch Zahnärztl Z, 52:119-123, 1997.
  7. Salama FS, Tao L : Comparison of Gluma bond strength to primary vs. permanent teeth. Pediatr Dent, 13:163-166, 1991.
  8. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, et al. : The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. Pediatr Dent, 16:29-35, 1994.
  9. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, et al. : Dentin Bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. J Dent Res, 75:1396-1403, 1996.
  10. 이상호, 이창섭, 정연화 : Caries prediction model using laser fluorescence. 대한소아치과학회지, 28:16-24, 2001.
  11. 이상호, 이창섭, 김도형 : A study of analgesic effect on pulp induced by pulsed Nd:YAG laser. 대한소아치과학회지, 24:301-312, 1997.
  12. 장은영, 이상호, 이창섭 : Treatment of dental caries by Er: YAG laser in children. 대한소아치과학회지, 27:558-563, 2000.
  13. 임광호, 이창섭, 이상호 : Analysis of Er:YAG laser irradiation on cutting efficacy and temperature changes of dentin. 대한소아치과학회지, 28:32-44, 2001.
  14. Dunn WJ, Davis JT, Bush AC : Shear bond strength and SEM evaluation of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin and enamel. Dent Mater, 21:616-624, 2005.
  15. Wilkerson MK, Hill SD, Arcoria CJ : Effects of the argon laser on primary tooth pulpotomies in swine. J clin laser Med surg, 14:37-42, 1996.
  16. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, et al. : Bactericidal effects of 2.94g Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. J periodont, 72(3):138-41, 2001.
  17. Takamori K : A histopathological and immunohistochemical study of dental pulp and pulpal nerve fibers in rats after cavity preparation using Er: YAG laser irradiation : in vitro study. J Endod, 26:95-9, 2000.
  18. Armengol V, Jean A, Rohanizad R, et al. : Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. J Endod, 25:543-6, 1999.
  19. Keller U, Hibst R, GEurtsen W, et al. : Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. J Dent, 26:649-656, 1998.
  20. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, et al. : Shear strength of composite bonded to ER:YAG laser irradiation with and without water mist. J Clin Laser Med Surg, 17:105-109, 1999.
  21. Shigetani Y, Okamoto A, Abu-Bakr N, et al. : A study of cavity preparation by Er:YAG laser—observation of hard tooth structures by laser scanning microscope and examination of the time necessary to remove caries. Dent Mater, 21:20-31, 2002.
  22. Schein MT, Bocangel JS, Nogueira GEC, et al. : SEM evaluation of the interaction pattern between dentin and resin after cavity preparation using ER:YAG laser. J Dent, 31:127-135, 2003.
  23. Ceballos L, Toledano M, Osorio R, et al. : Bonding to Er:YAG laser teated dentin. J Dent Res, 81:119-122, 2001.
  24. Arimoto N, Suzaki A, Sakuma K, et al. : Micro structural changes in dentin irradiated Er:YAG laser. J Dent Res, 78:316, 1999.
  25. Sumikawa DA, Maeshall GW, Gee L, et al. : Microstructure of primary tooth dentin. Pediatr Dent, 21:439-44, 1999.
  26. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH : In vitro bond strengths of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. Dent Mater, 8:74-8, 1992.
  27. Agostini FG, Kaaden C, Powers JM : Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. Pediatr Dent, 23:481-6, 2001.
  28. Selvig KA : Ultrastructural changes in human dentin exposed to weak acid. Arch Oral Biol, 13:719-34, 1968.
  29. Kameyama A, Kawada E, Tkizawa M, et al. : Influence of different acid conditioners on the tensile bond strength of 4-META/MMA-TBB resin to Er:YAG laser-irradiated bovine dentin. J Adhes Dent, 2:297-304, 2000.
  30. Martinez-Insua A, da Silva Dominguez L, Guitian Rivera F, et al. : Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG laser-treated enamel and dentin surfaces. J Prosthet Dent, 84:280-8, 2000.

31. Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, et al : Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res*, 77:1404-14, 1998.
32. Keller U, Hibst R : Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med*, 9:345-51, 1989.
33. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, et al. : Shear strength of composite bonded to Er:YAG Laser- prepared dentin. *J Dent Res*, 75:599-605, 1996.
34. Stiesch-Scholz M, Hanning M : In vitro study of enamel and dentin marginal integrity of composite and compomer restorations placed in primary teeth after diamond or Er:YAG laser cavity preparation. *J Adhes Dent*, 2:213-22, 2000.
35. Li ZZ, Code JE, Van de Merwe WP : Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. *Lasers Surg Med*, 12:625-30, 1992.
36. Munther Sulieman : An overview of the use of lasers in general dental practice: 2. Laser wavelengths, soft and hard tissue clinical applications. *Dent Updates*, 32:286-8, 291-4, 296, 2005.
37. Celiberti P, Francescut P, Lussi A : Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Res*, 40:117-123, 2006.
38. German Cecilia C, Garcia Ballesta C, Cortes Lillo O, et al. : Shear bond strength of a self-etching adhesive in primary and permanent dentition. *Am J Dent*, 18:331-4, 2005.
39. Hibst R, Keller U : Effects of water spray and repetition rate on the temperature elevation during Er:YAG laser ablation of dentin. *SPIE*, 2623:139-144, 1995.
40. Cozean C, Arcoria CJ, Pelagalli J, et al. : Dentistry for the 21st century? : Er:YAG laser for teeth. *JADA*, 128:1080-7, 1997.

## Abstract

### A STUDY OF SHEAR BOND STRENGTH OF ER:YAG LASER-IRRADIATED PRIMARY DENTIN

Jin-Hwa Lee, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

*Dept. of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

This study was performed to compare the shear bond strength of self etching system and two bottle bonding system with or without laser preparation. Group I was prepared with high speed rotary instrument and Prompt™ L-Pop™, group II with Er:YAG laser and Prompt™ L-Pop™, group III with Er:YAG laser, 37% phosphoric acid and Single bond, group IV with Er:YAG laser and Single bond and group V with high speed, etching and Single bond. And also observation of the prepared and etched dentin surface were performed under scanning electro-microscope. The possibility of clinical application of laser preparation which might have an advantage to reduce pain for children with less unfavorable noise were evaluated. The results obtained are as follows:

1. Group V showed significantly higher bond strength than other groups. And group IV showed significantly lower bond strength than other groups.
2. There was no significant difference between group I and group III.
3. Group II showed significantly lower bond strength than group I, III, V, but showed significantly higher bond strength than group IV.
4. Under scanning electro-microscope, laser-prepared dentin surface showed high irregularity and no smear layer. The surface showed less irregularities and more exposed dentinal tubules with etching.

Laser preparation has many advantages over conventional tooth preparation. But this method showed lower resin bonding strength. Laser prepared tooth surface differed from the conventionally prepared tooth surface. More researches are needed on suitable methods for laser prepared dentin surface.

**Key words** : Shear bond strength, Er:YAG laser, Primary teeth dentin, Dentin bonding system