

## Er:YAG 레이저를 활용한 외동형성시 컴포짓 결합강도

원광대학교 치과대학 구강내과학교실 및 원광치의학연구소

신 민 · 지영덕 · 류성호 · 조진형

재래의 고속핸드피스 bur를 이용한 외동 형성시 레진 접착력과 레이저를 사용한 외동형성시 접착력을 비교하여 레이저의 임상적용 여부를 평가하는 것이 본 연구의 목적이다. 총 96개 치아 표본의 법랑질 헐면과 상아질 mid-coronal 부에 Er:YAG laser를 사용하여 조사하였다. 사전에 산부식을 시킨 군(48개)과 부식시키지 않은 군(48개)으로 구별하고 각각 flowable 접착 시스템(Metafil Flo)과 자가중합 시스템(Clearfil FII New Bond)를 레진에 접착시켰다. 37°C 증류수에서 24시간동안 보관한 후 미세 결합강도(micro-tensile shear strength)를 만능시험기(universal testing machine)로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질과 상아질 모두 산부식 전처리를 한 경우에 산처리를 하지 않은 경우보다 결합강도가 높았고, 레이저 처리 표본에서도 마찬가지로 레이저만으로 처리하는 것보다는 산부식 처리를 하는 것이 강도면에서 유리한 것으로 나타났다.
2. 법랑질의 경우 레이저 처리한 경우가 bur로 삭제한 경우보다 두 레진군 모두에서 결합강도가 낮았으나( $P < 0.05$ ), 상아질의 경우에는 flowable 레진군에서는 두 군 간의 차이가 없었다.
3. 레이저 처리군내에서 상아질의 경우, 광중합 flowable 레진의 결합강도가 자가중합형 레진의 강도보다 높았으나, 법랑질에서는 차이가 없었다.

따라서 레이저를 활용하여 외동을 형성하는 것은 상아질까지 확대된 외동의 경우에 법랑질에 국한된 경우보다 결합강도면에서 유리하며, flowable레진을 사용하는 것이 자가중합형 레진보다 유리한 것으로 판단되었다.

주제어 : 어둡야그 레이저, 프로버블 레진, 미세결합강도

## I. 서 론

심미적 치료와 건강한 치질을 보존하려는 요구로 인해 법랑질 및 상아질에 접착하는 재료의 큰 발전과 개선이 이루어지고 있다. 이러한 과정은 본질적으로 재래적 방법 즉, 고속 핸드피스 bur에 의해 치아에 적용되어왔으나 최근에 치아외동형성을 위한 전통적인 기계적 회전기구를 대신하여 레이저 기술의 사용이 도입되고 있다.<sup>1-4)</sup> 현재에는 여러 가지 유형의 레이저

가 다양한 치과적 용도에 유용하게 사용되고 있으며, 다양한 square pulse 기술의 Er:YAG 레이저가 “minimal intervention dentistry”<sup>5)</sup> 또는 “minimal invasive dentistry”<sup>6)</sup>라는 관점에서 미세외동을 형성하는데 특히 추천되고 있다.

이러한 Er:YAG 레이저의 파장(2.94 nm)은 최고의 수분 흡수를 나타내는 파장과 매우 근접하여 치질에 적용할 때, 비교적 우수한 삭제율을 얻을 수 있다.<sup>7)</sup> 치수조직을 보호하고 치아조직의 용융을 예방하기 위해서는 레이저 조사시 항상 물냉각 시스템과 함께 적용되어야한다<sup>8)</sup>. 이러한 냉각 시스템은 또한 법랑질과 상아질의 파절을 예방하기도 한다<sup>9)</sup>. 레이저를 이용한 치아 삭제가 치아 기질(substrate)의 미세폭발과 peritubular dentin보다 intertubular dentin의 휘발성(volatilization)이 더 크다고 하는 점<sup>10)</sup>을 활용하는 것이기 때문에 Er:YAG 레이저는 상아세관의 개방과

교신저자 : 신 민  
경기도 군포시 산본동  
원광대학교 치과대학 산본치과병원  
E-mail: odomsm@wonkwang.ac.kr

원고접수일: 2005년 4월 18일  
심사통과일: 2005년 6월 1일

\*본 연구는 2004년도 원광대학교 교비 지원에 의해 시행되었음

더불어 특징적인 비늘형태의 표면을 형성한다<sup>11)</sup>.

더욱이, 재래의 resin-based adhesives 를 사용하여 hybridize 시킬 수 있는 탈회된 미세 콜라겐 섬유 구조를 노출시키는 산부식 방법과는 대조적으로 이러한 ablation과정이 표면에 hydroxyapatite가 없는 콜라겐을 남기지 않는다<sup>12)</sup>.

결과적으로, 산부식을 동반한 레이저 조사는 콜라겐이 노출되지 않고 hybrid layer가 형성되지 않을 수 있다<sup>13)</sup>.

이와같은 기전으로 레이저를 활용한 와동형성후 레진을 적용하였을때 치질과의 결합강도가 기존의 bur에 의한 강도보다 어떠한 변화가 있는지 그리고 그러한 강도의 차이가 임상적으로 활용이 가능한 정도인지를 알아보는 것이 본 실험의 목적이다. Kameyama등<sup>11)</sup>은 상아질에서 레이저 적용시 재래 방법의 결합강도보다 낮았다고 보고하였고 Donadio-Moura 등은<sup>14)</sup> flowable 레진의 경우에는 기존 방법보다 레이저 삭제한 경우에 결합강도 차이가 없음을 보고하는 등 일치된 견해가 부족한 실정이다.

재래의 고속핸드피스 bur를 이용한 레진 접착력과 레이저 조사후 접착력을 비교하여 레이저의 임상적용 여부를 평가하기 위하여 법랑질 협면과 상아질 mid-coronal 부에 Er:YAG laser를 사용하여 조사하였다. 사전에 산부식을 시킨 것과 시키지 않은 군으로 구별하고 각각 flowable 접착시스템(Metafil Flo)과 자가중합 시스템(Clearfil FII New Bond)를 레진에 접착시켰다. 37°C 증류수에 24시간동안 보관한 후 micro-tensile bond strength를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

96개의 충치가 없는 제 1, 2소구치 및 제 3대구치를 4°C 증류수에 보관하였고 실험은 발치후 1달 이내에 시행하였다. 대상치아는 48개씩 법랑질군과 상아질군으로 분류하고 다시 각군을 무작위로 Er:YAG laser 처리 실험군(48개)과 bur로 삭제한 대조군(48개)으로 분류하였고 각 군을 다시 산부식 전처리여부에 따라 세분하였다. 모든 치아를 다루기 편리하게 하기위하여 2 × 2.5 × 5 cm resin block으로 mount하였고, 법랑질과 상아질에서의 TBS는 Pashley등<sup>15)</sup>에 의해 기술된 방법대로 시행하였다. 광중합 flowable 레진으로는 Metafil Flo(Sun Medical Co., Shiga, Japan)를 사용하였고 자가중합 레진으로는 Clearfil FII

Table 1. Composite Resin used in this study

Group	Resin	Er:YAG Laser	DB	PA
G1(6)	flowable	+	-	-
G2(6)	flowable	+	-	+
G3(6)	flowable	-	+	-
G4(6)	flowable	-	+	+
G5(6)	self-cure	+	-	-
G6(6)	self-cure	+	-	+
G7(6)	self-cure	-	+	-
G8(6)	self-cure	-	+	+

DB, diamond bur at high speed drill; PA, 37% phosphoric acid

New Bond(Kuraray, Okayama, Japan) 를 사용하였다(Table 1). 각각의 레진을 레이저 삭제 또는 bur로 법랑질과 상아질을 삭제한 후 적용하였다.

### 1. 법랑질 표본 준비

협면 또는 설면을 고속 다이아몬드 bur(842; Komet, Lemgo, Germany)로 삭제하였는데, 레진블럭에 포매한 치아 표본에 레진과의 접착을 위한 5 × 7mm의 창을 만들었다. 레이저 표본을 위해서는 600 grit 실리콘 carbide sandpaper로 60초 동안 마모시켜 smear layer를 만든 후, 전체 표면을 사파이어 팁을 (0.8mm 직경) 사용하는 Er:YAG 레이저(SDL-3300 EN, B & B system, 수원, 한국)를 지속적인 water cooling과 함께 10 Hz, 200 mJ로 일정하게 삭제하였다. 접착제는 제조회사의 사용법에 따라 엄격하게 적용하였다. 접착제 curing후 표면을 약 6 mm 높이로 3-4층으로 컴포짓을 형성하였고 치과용 가시광선 중합기 (BC700, B & B system, 수원, 한국)로 550 mW/cm<sup>2</sup>이하로 광중합시켰다.

### 2. 상아질 표본준비

구치의 교합면 1/3을 Isomet 저속 diamond saw (Isomet 1000; Buehler, lake Bluff, IL, USA) 를 사용하여 삭제하였다. 상아질 표면은 현미경을 사용하여

범랑질과 치수층을 제거하였다. bur로 삭제한 표본을 위해 치아를 mount 한 후 범랑질과 같은 diamond bur로 삭제하였다. 레이저는 범랑질과 마찬가지로 조건을 부여하였고 단지 출력을 10 Hz, 100 mJ 로 삭제 하였으며 레진 사용은 범랑질에서와 동일한 방법으로 실험하였다.

### 3. 결합강도 측정

접착과정 이후, 표본을 37°C 증류수에 24시간동안 보관하였다. 준비된 96개의 표본을 만능시험기(Z020, Zwick, Germany)의 jig에 고정하고 1.0 mm/min 속도로 파절될 때까지 힘을 가해 파절강도로 기록하였는데 만능시험기와 연결된 컴퓨터를 이용하여 측정하였다(MPa). 얻어진 결과를 SPSS(Ver 10.0) for Window 를 사용하여 Student t-test로 통계처리하였다.

### III. 연구결과

범랑질에서 미세결합강도는 Metafil Flo의 경우, Er:YAG 레이저 조사시에는 산부식을 하지 않은 경우가  $10.8 \pm 3.7$  MPa, 산부식 전처리를 한 경우가  $21.3 \pm 7.8$  MPa 로 산부식을 시행한 경우에 유의하게 높게 나타났다(Table 2). Bur로 삭제한 경우에도 산으로 전처리를 한 경우에  $32.3 \pm 9.8$  MPa로 산부식

처리를 하지 않은 경우의  $19.8 \pm 9.6$  MPa 보다 높았다( $P < 0.05$ ).

한편, 레이저 조사를 한 경우와 조사 하지 않은 경우를 비교해보면 Metafil Flo에서 Bur로 삭제한 경우보다 레이저 조사를 시행한 경우에 더 낮게 조사되었는데 이러한 현상은 산부식 전처리 여부에 관계없이 공통적으로 나타났다(Table 3). 이러한 현상은 Clearfil FII new Bond의 경우에도 레이저 조사시에  $18.7 \pm 5.7$  MPa, bur 사용시  $25.4 \pm 5.8$  MPa로 조사되어 레이저 조사시에 결합강도가 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ).

상아질에서 미세결합강도는 Metafil Flo의 경우, Er:YAG 레이저 조사시에는 산부식을 하지 않은 경우가  $17.3 \pm 6.1$  MPa, 산부식 전처리를 한 경우가  $27.6 \pm 10.3$  MPa 로 산부식을 시행한 경우에 더 높게 나타났다(Table 4). Bur로 삭제한 경우에도 산으로 전처리를 한 경우에  $35.6 \pm 12.3$  MPa로 산부식 처리를 하지 않은 경우의  $25.3 \pm 7.1$  MPa 보다 높았다.

한편, 레이저 조사를 한 경우와 조사 하지 않은 경우를 비교해보면 Metafil Flo의 경우 산부식 전처리를 하지 않은 경우에는 두 군간에 다소 차이가 있었으나( $P < 0.05$ ) 산부식 처리를 한 경우에는 레이저군  $27.6 \pm 10.3$  MPa, bur 삭제군  $35.6 \pm 12.3$  MPa로 두 군간 차이를 인정할 수 없었다( $P > 0.05$ ). 자가 중합형의 경우에는 범랑질에서와 마찬가지로 두 군간에 차이가 있었다(Table 5).

Table 2. Micro-tensile bond strength to enamel(MPa)

	Metafil Flo (M-Flo)				Clearfil FII New Bond	
	Er:YAG No acid etch (NAE)	Er:YAG Acid etch (AE)	Bur No acid etch (NAE)	Bur Acid etch (AE)	Er:YAG (AE)	Bur-cut (AE)
$\mu$ TBS (MPa)	$10.8 \pm 3.7$	$21.3 \pm 7.8$	$19.8 \pm 9.6$	$32.3 \pm 9.8$	$18.7 \pm 5.7$	$25.4 \pm 5.8$
P	P<0.01		P<0.05		P<0.05	

Table 3. Micro-tensile bond strength to enamel(MPa)

	Metafil Flo (M-Flo)				Clearfil FII New Bond	
	Er:YAG No acid etch (NAE)	Bur No acid etch (NAE)	Er:YAG Acid etch (AE)	Bur Acid etch (AE)	Er:YAG (AE)	Bur-cut (AE)
$\mu$ TBS (MPa)	$10.8 \pm 3.7$	$19.8 \pm 9.6$	$21.3 \pm 7.8$	$32.3 \pm 9.8$	$18.7 \pm 5.7$	$25.4 \pm 5.8$
P	P<0.05		P<0.05		P<0.05	

Table 4. Micro-tensile bond strength to dentin(MPa)

$\mu$ TBS (MPa)	Metafil Flo (M-Flo)				Clearfil FII New Bond	
	Er:YAG	Er:YAG	Bur	Bur	Er:YAG	Bur-cut
	No acid etch (NAE)	Acid etch (AE)	No acid etch (NAE)	Acid etch (AE)	(AE)	(AE)
	17.3 ± 6.1	27.6 ± 10.3	25.3 ± 7.1	35.6 ± 12.3	15.1 ± 7.0	35.5 ± 13.7
P	P<0.05		P<0.05		P<0.01	

Table 5. Micro-tensile bond strength to dentin(MPa)

$\mu$ TBS (MPa)	Metafil Flo (M-Flo)				Clearfil FII New Bond	
	Er:YAG	Bur	Er:YAG	Bur	Er:YAG	Bur-cut
	No acid etch (NAE)	No acid etch (NAE)	Acid etch (AE)	Acid etch (AE)	(AE)	(AE)
	17.3 ± 6.1	25.3 ± 7.1	27.6 ± 10.3	35.6 ± 12.3	15.1 ± 7.0	35.5 ± 13.7
P	P<0.05		P>0.05		P<0.01	

Table 6. Micro-tensile bond strength to laser-treated enamel and dentin(MPa)

	Enamel	Dentin
Metafil Flo	21.3 ± 7.8	27.6 ± 10.3
Clearfil FII New Bond	18.7 ± 5.7	15.1 ± 7.0
P	P>0.05	P<0.05

레이저로 처리한 군내에서 결합강도를 비교해보면, 법랑질에서는 flowable군과 자가중합형 군간에 차이가 없었으나, 상아질군에서는 M-Flo는 27.6 ± 10.3 MPa, Clearfil은 15.1 ± 7.0 MPa 로 flowable 레진에서 더 높았다(P<0.05).(Table 6)

IV. 총괄 및 고찰

레이저 삭제에 의한 법랑질 및 상아질에서의 접착 효과를 조사하기 위해 광중합 flowable 그리고 자가중합 레진 등 두가지 상품을 사용하였다. 두가지 모두 임상적으로 유용한 일관되게 높은 접착력(bonding strength)을 나타내었다<sup>16,17</sup>. 협측 또는 설측 법랑질은 치아장축에 평행하고 enamel prism의 주행방향을 표준화 시키도록 편평하게 삭제하였다. 상아질의 경우는 mid-coronal surface의 중심부를 사용하였는데

이것은 이 부위의 모든 세관이 표면에 수직으로 배열되어있기 때문이다. 이러한 방법으로 TBS에 영향을 줄 수 있는 국소적인 효과를 최소화 시키도록 노력하였다<sup>18-20</sup>.

TBS 시험을 위한 표본을 준비하는데 Micro-specimen Former를 사용하였다. 손으로 조작함으로써 발생할 수 있는 technique sensitivity를 상당부분 줄일 수 있기 때문이다.<sup>21</sup> 이것은 또한 적절한 내부 스트레스 분포형태를 지닌 실린더 형태의 TBS 표본뿐 아니라 표준화된 bur 삭제 smear layer 준비에도 도움이 된다. bur-cut specimen 준비를 위해 adhesive cavity preparation에 임상적으로 많이 사용되는 regular grit diamond bur를 사용하였다. 일정하게 삭제하였음에도 많은 양의 smear layer가 발생하였고 표면의 거칠기를 완화하기 위해 60-grit sand paper를 사용할 때에도 smear layer가 발생하였다<sup>22</sup>. 하지만 인산 gel을 사용하여 쉽게 제거할 수 있었다<sup>23</sup>.

치과용 레이저를 사용하여 편평한 표면을 만드는 것은 거의 불가능하다. 따라서, 편평한 미리 diamond saw를 사용하여 법랑질과 상아질을 편평하게 한다. 이어서 small layer만을 Er:YAG 레이저로 제거하여야 불규칙한 표면이 많이 생기지 않고 결합강도의 위양성 증가가 많이 생기지 않는다. 레이저 삭제시 smear layer를 만들지 않기 때문에 adhesive 과정을 방해하지 않는다. 하지만 레이저 조사는 또다른 표면 변화를 유발하는 것으로 보고되고 있는데, 예를

들면, Nd:YAG 레이저 조사는 법랑질과 상아질에 산에 저항하는 층을 생성하여 치아 우식 예방에 유용한 수단으로 알려져 있다<sup>24,25</sup>. 이러한 과정의 자세한 기전은 잘 알려져 있지 않은데, 레이저의 열효과에 의해 apatite crystallite의 grain growth(미세성장) 때문으로 해석되고 있다. 또한, 삭제가 되지 않을 정도의 에너지 밀도에서 Er:YAG 레이저는 상아질에서 수분함량을 줄이는데, 후에 수분흡수로 부분적으로 재보충될 수 있다. 상아질내 유기조직도 감소되는데 이것은 Er:YAG 레이저가 선택적으로 유기조직을 제거하는 것을 나타낸다. 마침내 Kataumi 등은<sup>13</sup> hybrid layer 하방에 미세균열을 발견하였고 이것은 Er:YAG 레이저에 의해 표면하 손상을 의미한다. 이러한 소견은 전자현미경 사진에서 레이저 조사된 상아질 표면에서 보다 많은 미세균열이 발견되어 증명되었다.

이 실험의 결과 레이저 치아삭제의 경우에 산부식의 경우보다 덜 효과적으로 나타나서 처음에 세웠던 가정을 부정할 수 있었다. 이와는 반대로 산부식과 동시에 레이저로 삭제한 법랑질과 상아질은 flowable adhesive의 bonding effectiveness를 확실하게 개선시켰다. 그러나 레이저를 사용한 경우가 bur로 삭제한 경우보다는 덜 효율적이었다.

Kameyama 등<sup>11</sup>의 연구에서도 결합강도의 감소가 유사하게 보고되었는데 그들은 10% citric acid와 3% ferric chloride conditioning agent 와 함께 4-META-based adhesive (Super Bond C&B, Sun Medical, Moriyama, Japan)을 사용하였다. 레이저 처리된 상아질에 가장 약한 지점은 상아질층 직하의 레진이 침투한 부위였다고 결론지었다. 같은 방법을 사용하여 그들은 또한 glutaraldehyde로 10분간 전처리 하였을 때 레이저 처리를 하지않은 상아질에서의 결합강도 수준으로 회복됨도 보고하였다<sup>26</sup>. 파절된 표본을 조사해보면 bonding resin 내에서 주로 cohesive failure가 나타난 것으로 조사되어 레이저 조사층이 weak link가 아님을 증명하였다.

Er:YAG laser는 치아경조직과 우수한 상호작용을 나타내는데, 도말층없는 치아면을 형성하고 개방된 상아세관으로 인한 미세유지형태를 보여준다. 이러한 특징으로 인해 법랑질과는 달리 상아질에서 레진의 결합강도를 증가시키는 것으로 판단된다<sup>27,28</sup>. 그러나 몇몇 연구에서는 레이저 치료후 치아의 산부식 저항성이 증가됨을 보고하여 결과적으로 콜라겐 기질이 37% 인산에 완전히 노출되지 않아 탈회된 상아질에 레진이 침투하지 못해 컴포짓 레진 접착을 방해한다

고 하였다<sup>29,30</sup>.

flowable 레진으로 충전한 레이저 처치 상아질의 결합강도는 bur로 형성한 경우와 유사한 정도로 높게 나타났는데, flowable 레진이 레이저 조사된 상아질의 높은 결합강도를 나타내는데 도움이 되는 결과를 보였다.

비록 Er:YAG laser가 상아질의 산저항성을 증가시키고 상아세관주위 상아질의 demineralization 없이 상아질 표면을 형성할 수 있더라도, FCR은 고유의 flowability 로 레이저 처치된 거친 표면에 잘 부착하게 되는 점이 더 강점이 되는 것으로 판단된다.

상아질의 경우 레이저로 삭제시 얻어지는 미세한 불규칙한 면과 도말층의 잔존없는 열린 상아세관 등이 수복물과의 접촉력을 향상시킨다고 하였으나, 김 등은<sup>31</sup> 상아질 삭제시 발견되었던 느슨하게 붙어있는 불규칙한 미세파편들은 오히려 수복물과의 접촉력을 떨어뜨릴 것으로 판단하였다.

레이저 사용시 안전성에 대해 Glockner 등<sup>32</sup>은 고속 핸드피스 사용으로 60°C이상 온도가 올라갈 수 있지만 water cooling과 같이 적용한 레이저의 경우에는 오히려 온도증가가 없었다고 보고하였고, Gouw-Soares 등<sup>33</sup>은 108.28 J/cm<sup>2</sup> energy density에서 온도 상승이 3°C 이내로 임상적으로 사용하기에 안전하고 효과적인 방법이라고 하였다.

레이저 치료의 또다른 중요한 특징은 평균성이다<sup>34-36</sup>. 결합강도면에서 레이저 처치한 것과 그렇지 않은 방법 사이에 큰 차이가 없다면 레이저로 와동을 형성하는 것이 세균을 줄이는 좋은 방법이다. 따라서 장차 레이저로 치료하는 임상술식이 널리 활용될 수 있을 것이며 추후 많은 연구가 뒤따라야 할 것이다.

## V. 결 론

재래의 고속핸드피스 bur를 이용한 레진 접착력과 레이저 조사후 접착력을 비교하여 레이저의 임상적용 여부를 평가하기 위하여 총 96개 치아 표본의 법랑질 협면과 상아질 mid-coronal 부에 Er:YAG laser를 사용하여 조사하였다. 사전에 산부식을 시킨 것(48개)과 시키지 않은 군(48개)으로 구별하고 각각 flowable 접착시스템(Metafil Flo)과 자가중합 시스템(Clearfil FII New Bond)를 레진에 접착시켰다. 37°C 증류수에서 24시간동안 보관한 후 micro-tensile bond strength를 universal testing machine으로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질과 상아질 모두 산부식 전처리를 한 경우에 산처리를 하지 않은 경우보다 높았고, 레이저 처리 표본에서도 마찬가지로 레이저만으로 처리하는 것보다는 산부식 처리를 하는 것이 강도면에서 유리한 것으로 나타났다.
2. 법랑질의 경우 레이저 처치한 경우가 bur로 삭제한 경우보다 두 레진군 모두에서 결합강도가 낮았으나( $P < 0.05$ ), 상아질의 경우에는 flowable 레진군에서는 두 군 간의 차이가 없었다.
3. 레이저 처치군내에서 상아질의 경우, 광중합 flowable 레진의 결합강도가 자가중합형 레진의 강도보다 높았으나, 법랑질에서는 차이가 없었다.

따라서 레이저를 활용하여 와동을 형성하는 것은 상아질까지 확대된 와동의 경우에 법랑질에 국한된 경우보다 결합강도면에서 유리하며, flowable 레진을 사용하는 것이 자가중합형 레진보다 유리한 것으로 판단되었다.

#### 참 고 문 헌

1. Hibst R, Keller U, Stainer R. The effect of pulsed Er:YAG laser radiation on dental hard tissues. *Laser Med Surg* 1988; 4: 163-165.
2. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on the dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Laser Surg Med* 1989;9:338-344
3. Paghdiwala AF, Vaidyanathan TK. Evaluation of Er:YAG laser radiation of hard dental tissue: analysis of temperature change, depth of cuts and structural effects. *Scanning Microsc.* 1993;7:989-997.
4. Hibst R, Keller U. Effect of water spray and repetition rate on the temperature elevation during Er:YAG laser ablation of dentin. *SPIE* 1995;2623:139-144.
5. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE. Minimal intervention dentistry a review. *Int Dent J* 2000; 50: 1-12.
6. Degrange H, Roulet JF. *Minimally Invasive Dentistry with Bonding*. Chicago: Quintessence Publishing, 1997.
7. Keller U, Hibst R. Er:YAG laser effects on oral hard and soft tissues. In: Miserendino LJ, Pick RM, eds. *Lasers in dentistry*. Chicago: Quintessence Publishing, 1995; 161-172.
8. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, Wigdor HA, Walsh JT. Shear strength of composite bonded to Er:YAG

- laser-prepared dentin. *J Dent Res* 1996; 75: 599-605.
9. Attrill DC, Farrar SR, King TA, Dickinson MR, Davies RM, Blinkhorn AS. Er: YAG ( = 2.94  $\mu$ m) laser etching of dental enamel as an alternative to acid etching. *Lasers Med Sci* 2000; 15: 154-161.
10. Armengol V, Jean A, Rohanzadeh R, Hamel H. Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. *J Endodont* 1999; 25: 543-546.
11. Kameyama A, Kawada E, Takizawa M, Oda Y, Hirai Y. Influence of different acid conditioners on the tensile bond strength of 4-META/MMA-TBB resin to Er:YAG laser-irradiated bovine dentin. *J Adhesive Dent* 2000; 2: 297-304.
12. van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent* 2001; 26: 119-144.
13. Kataumi M, Nakajima M, Yamada T, Tagami J. Tensile bond strength and SEM evaluation of Er:YAG laser irradiated dentin using dentin adhesive. *Dent Mat J* 1998; 17: 125-138.
14. Donadio-Moura J, Gouw-Soares S, Freitas PM, Navarro RS, Powell LG, Edurado CP. Tensile bond strength of a flowable composite resin to Er:YAG-laser-treated dentin. *Laser Surg Med* 2005; 9999:1-5.
15. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. The microtensile bond test: a review. *J Adhesive Dent* 1999; 1: 299-309.
16. Inoue S, Vargas MA, van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H. Micro-tensile bond strength of eleven modern adhesives to dentin. *J Adhesive Dent* 2001; 3: 237-246.
17. Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhesive Dent* 2000; 2: 99-116.
18. Carvalho RM, Santiago SL, Fernandes CAO, Suh BI, Pashley DH. Effects of prism orientation on tensile strength of enamel. *J Adhesive Dent* 2000; 2: 251-257.
19. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 1998; 26: 609-616.
20. Shono Y, Terashita M, Pashley EL, Brewer PD, Pashley DH. Effects of cross-sectional area on resin-enamel tensile bond strength. *Dent Mater* 1997; 13: 290-296.
21. de Munck J, van Meerbeek B, Inoue S, Vargas M,

- Yoshida Y, Armstrong S, Lambrechts P, Vanherle G. Micro-tensile bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Am J Dent* 2002; 15: in press.
22. Wahle JJ, Wendt SL Jr. Dentinal surface roughness: a comparison of tooth preparation techniques. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 160-164.
23. van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998; 26: 1-20.
24. Kinney JH, Haupt DL, Balooch M, White JM, Bell WL, Marshall SJ, Marshall GW. The threshold effects of Nd and Ho:YAG laser-induced surface modification on demineralisation of dentin surfaces. *J Dent Res* 1996; 75: 1388-1395.
25. Yamamoto H, Sato K. Prevention of dental caries by Nd:YAG laser irradiation. *J Dent Res* 1980; 59: 2171-2177.
26. Kameyama A, Oda Y, Hirai Y, Kawada E, Takizawa M. Resin bonding to Er:YAG laser-irradiated dentin: combined effects of pre-treatments with citric acid and glutaraldehyde. *Eur J Oral Sci* 2001; 109: 354-360.
27. Goncalves M, Corona SAM, Borsatto MC, Silva PCG, Pecora JD. Tensile bond strength of dentin-resinous system interfaces conditioned with Er:YAG laser irradiation. *J Clin Laser Surg Med* 2002; 20: 89-93.
28. Souza AE, Corona SAM, Palma-Dibb RG, Borsatto MC, Pécora JD. Influence of Er:YAG laser on tensile bond strength of a self-etching system and a flowable resin in different dentin depths. *J Dent* 2004; 32: 269-275.
29. Ramos RP, Chinelatti MA, Chimello DT, Borsatto MC, Pécora JD, Palma-Dibb RG. Bonding of self-etching and total-etch systems to Er:YAG laser-irradiated dentin. Tensile bond strength and scanning electron microscopy. *Braz Dent J* 2004; 15: SI9-SI20.
30. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-273.
31. 김근아, 안용우, 고명연, 박준상. Er:YAG 레이저를 이용한 범랑질과 상아질의 절삭율 연구. *대한구강내과학회지*. 2005;30:131-140
32. Glockner K, Rumpfer J, Ebeleseder K, Stadler P. Intrapulpal temperature during preparation with the Er:YAG laser compared to the conventional bur: An in vitro study. *J Clin Laser Med Surg* 1998; 16: 153-157.
33. Gouw-Soares S, Pelino JEP, haypek P, Bachmann L, Eduardo CP. Temperature rise in cavities prepared in vitro by Er:YAG Laser. *J Oral Laser Appl* 2001; 1: 119-123.
34. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, Hickel R. Bactericidal effects of 2.94 microns Er:YAG-laser irradiation in dental root canals. *J Endod* 1999; 25: 490-493.
35. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, Wernisch J, Gattringer R, Mrass P, Georgopoulos A. The Er:YAG laser in endodontics: Results of an in vitro study. *Lasers Surg Med* 2002; 30: 360-364.
36. Perin FM, Franca SC, Silva-Souza YT, Alfredo E, Saquy PC, Estrela C, Souza-Neto MD. Evaluation of Er:YAG laser irradiation versus 1% sodium hypochlorite irrigation for root canal disinfection. *Aust Endod J* 2004; 30: 20-22.

---

-ABSTRACT-

### Tensile Bond Strength of Composite Resin Treated with Er:YAG Laser

Min Shin, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D., Young-Duk Ji, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.,  
Sung-Ho Rhu, D.D.S.,M.S.D., Jin-Hyoung Cho, D.D.S.,M.S.D.

*Department of Oral Medicine and Wonkwang Dental Research Center, School of Dentistry, Wonkwang University*

This in vitro study evaluated the influence of a flowable composite resin on the tensile bond strength of resin to enamel

and dentin treated with Er:YAG laser and diamond bur. 96 Buccal enamel and mid-coronal dentin were laser-irradiated using an Er:YAG laser and treated with diamond bur. Each groups(48) were divided two small groups depends on acid-etching procedure. Light-cure flowable resin(Metafil Flo) and self-cure resin(Clearfil FII New Bond) were used in this study. After surface etching with 37% phosphoric acid and the application of an adhesive system, specimens were prepared with a hybrid composite resin. After 24hours storage in distilled water at 37°C, all samples were submitted to the tensile bond strength evaluation, using a universal testing machine(Z020, Zwick, Germany).

The obtained results were as follows:

1. TBS of acid-etching group were higher than those of non-etching group in both enamel and dentin treated with Er:YAG laser and diamond bur. Laser 'conditioning' was clearly less effective than acid-etching. Moreover, acid etching lased enamel and dentin significantly improved the microTBS of M-Flo.
2. In enamel, TBS of laser-irradiated group were lower than those of bur-prepared group. However, in flowable resin subgroup, there were not differed those between two groups in dentin.
3. In laser-treated group, TBS of flowable composite resin were higher than those of self-curing resin in dentin, however, there was no difference in enamel.

From this study, we can conclude that the self- and light-cure composite resin bonded significantly less effective to lased than to bur-cut enamel and dentin, and that acid-etch procedure remains mandatory even after laser ablation. We suggest that Er:YAG laser was useful for preparing dentin cavity with flowable resin filling.

Key words : tensile bond strength, Er:YAG laser, flowable composite resin

---