

# 브라켓 부착을 위한 변형된 레이저 부식법

윤민성<sup>a</sup> · 이상민<sup>b</sup> · 양병호<sup>c</sup>

전단결합강도를 강화하기 위해 레이저를 이용한 부식과 산을 이용한 부식의 비교 연구가 많이 진행되어왔다. 본 연구에서는 Er,Cr:YSGG laser와 전통적인 산부식법을 혼합한 방법의 전단결합강도의 변화에 대한 평가를 하고자 한다. 교정적인 목적으로 발치된 64개의 건전한 소구치를 이용하여 16개씩 4개의 군으로 나누었다. 첫 번째 군은 37% 인산을 15초 적용시키는 전통적인 부식 방법을 택하였고, 두 번째 군은 물방울레이저로 1.5 W로 10초간 부식시킨 후 전통적인 산부식 방법을 시행하였다. 세 번째 군은 두 번째 군과 같지만 산부식을 먼저 시행한 후 물방울레이저로 부식시켰다. 네 번째 군은 물방울레이저를 이용하여 1.5 W로 15초간 부식시켰다. 이후 전단결합강도의 측정 및 치아 표면의 특징 관찰, 그리고 접착제잔류지수를 평가하였다. 두 번째, 세 번째 군은 첫 번째, 네 번째 군에 대하여 전단결합강도가 높게 측정되었다. 하지만 두 가지 기법의 복합사용 순서를 달리한 두 번째, 세 번째 군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았다. 기존 산부식을 이용한 브라켓 접착법보다 산부식과 Er,Cr:YSGG laser를 복합적으로 사용 시, 향상된 전단결합강도를 얻을 수 있다. (대치교정지 2010;40(2):87-94)

**주요 단어:** 레이저, 부식, 산부식, 전단결합강도

## 서론

1964년 레이저가 처음으로 치과 영역에 사용됨이 보고되면서,<sup>1</sup> 레이저 치료에 있어서 환자의 불편감 감소와 술자의 편리함 때문에 급속히 치과영역으로의 응용이 확장되었다. 다양한 종류의 레이저를 통해서 교정과에서는 매복치아의 노출 시 치은절개, 치은절제술 및 섬유절제술 등의 연조직 수술뿐 아니라 피질골 절제술 등에서도, 그 외에 제거가 까다로운 세라믹 브라켓의 접착 해제 시에도 그 효율성을 인정받았다.<sup>2,3</sup>

특히 ‘물방울레이저’라고도 불리는 erbium, chromium doped: yttrium-scandium-gallium-garnet 레이저 (‘Er,Cr:YSGG laser’)는 그 출력과 파장에 따라 브라켓의 접착 시에 법랑질 표면을 산부식의 수준으로

불규칙적이고 거친 표면을 만들어 줄 수 있고,<sup>4</sup> 이러한 Er,Cr:YSGG laser의 간편한 사용법 때문에 산부식의 대체로써 Er,Cr:YSGG laser를 이용하려는 연구가 진행되어졌다. 하지만 결합제의 결합력에 있어 임상적으로 산부식을 대체할 만하다<sup>5</sup>라는 의견과 그렇지 않다<sup>6</sup>라는 의견이 분분하다.

Er,Cr:YSGG laser를 이용한 부식은 전통적인 산부식법과 그 부식되는 기전에 있어서 다소 차이가 있다. 산부식은 법랑질 표면을 탈회시키며, Er,Cr:YSGG laser는 물분자의 운동에너지에 의한 기계적인 힘으로 표면을 거칠게 하여 부식을 한다. 이는 서로 다른 부식 패턴을 만들게 되고, 결과적으로 그것이 임상적으로 유의하든 유의하지 않든 간에 결합양상에 있어 다소간의 차이를 보이게 된다.

브라켓의 법랑질 표면에 대한 결합력은 교정의들이 안심하고 교정력을 가할 수 있을 만큼의 충분한 결합력을 지녀야 한다.<sup>7</sup> 현존하는 4세대 5세대의 레진계 접착제는 주어진 조건만 잘 지킨다면 임상적으로 사용하는 데 있어서 적당한 결합력을 제공한다. 하지만 대구치처럼 보다 많은 응력이 가해지고, 피로가 쉽게 누적되는 부위의 경우, 보다 강력한 결합력이 필요한 경우가 있다. 본 연구에서는 산부식과 Er,Cr:YSGG laser의 혼합사용을 통한 결합력의

<sup>a</sup>대학원생, <sup>b</sup>조교수, <sup>c</sup>부교수, 한림대학교성심병원 치과진료센터 치과교정과.  
교신저자: 이상민.

경기도 안양시 동안구 평안동 896 한림대학교성심병원 치과진료센터 치과교정과.

031-380-5976; e-mail, smlee0624@gmail.com.

원고접수일: 2009년 11월 18일 / 원고최종수정일: 2010년 2월 5일 /  
원고채택일: 2010년 2월 8일.

DOI:10.4041/kjod.2010.40.2.87

향상 정도를, 전통적인 방법에 의한 부식과 Er,Cr:YSGG laser의 단독 사용한 부식과 비교해 볼 것이다.

연구방법

교정적인 목적으로 발치된 64개의 소구치가 이용되었다. 실험에 사용된 치아들은 bracket이 부착될 부위의 법랑질에 충치 및 파절이 없고, 기존 수복치료 및 장치의 부착이 없었던 건전한 치아를 이용하였다. 이 치아들은 발치된 후 상온에서 식염수에 담가 보관하였고, 식염수는 5일에 한 번씩 갈아주었다. 이 중 60개의 치아는 전단결합강도를 측정하기 위해 주문제작된 알루미늄주형에 교정용 투명 레진을 이용하여 치아 법랑질의 협측 표면이 약 3 × 3 mm 정도 노출되도록 고정하고, 노출된 법랑질 표면은 15초간 Pumice하고, 15초간 수세 후 15초간 dry air spray로 건조시켜 전처리하였다. 나머지 4개의 치아는 표면관찰을 위해 레진고정을 하지 않고 보관하였다.

각각의 치아들은 무작위로 4개의 군으로 나누었고 각각의 군은 서로 다른 방법으로 연구하였다. 첫 번째 군은 37%인산(3M ESPE Scotchbond etchant, 3M, St. Paul, MN, USA)을 15초간 적용시키는 전통적인 산부식 방법을 사용하였고 이를 대조군으로

설정하였다. 두 번째 군은 먼저 전통적인 방법대로 37%인산을 15초간 적용시킨 후 Er,Cr:YSGG laser (YSGG waterlaseMD, Biolase Technology, Irvine, CA, USA)을 이용하여 1.5 W에서 10초간 적용하였다. 세 번째 군은 두 번째 군에서 시행했던 실험의 반대 순서로, 즉 Er,Cr: YSGG laser를 적용한 후 전통적인 산부식 방법을 시행하였다. 네 번째 군은 오직 Er,Cr:YSGG laser만을 이용하여 1.5 W로 15초간 부식을 시행하였다. 산부식과 laser를 이용한 부식의 복합적인 사용시에는 지나친 법랑질의 손상을 방지하기 위해 laser etching의 시간을 10초로 단축하여 사용하였다. 이 때 사용된 laser는 50 Hz, hard tissue mode, 80% water level, 80% air level 조건으로 시행되었다. 이렇게 부식된 법랑질 표면에 3M Transbond XT (light curing type primer and paste, 3M Unitek, St Paul, MN, USA)를 이용하여 bracket (Gemini Metal Brackets, 3M Unitek)을 부착하였고 상하좌우 접착면에 비스듬히 고르게 5초씩 도합 20초간 광중합을 시행하였다. 이후 상온의 100%상대습도 상태에서 약 24시간 보관 후 모든 그룹에서 전단결합강도, 표면특징 및 접착제 잔류지수(the adhesive remnant index, ARI)<sup>8</sup>를 측정하였다. 전단결합강도 측정에는 만능시험기(Zwick Z020P, Zwick, Ulm, Germany)가 이용되었고, Fig 1과 같이 장착하여 cross head speed를 1 mm/min으로 시행하였다. 부식

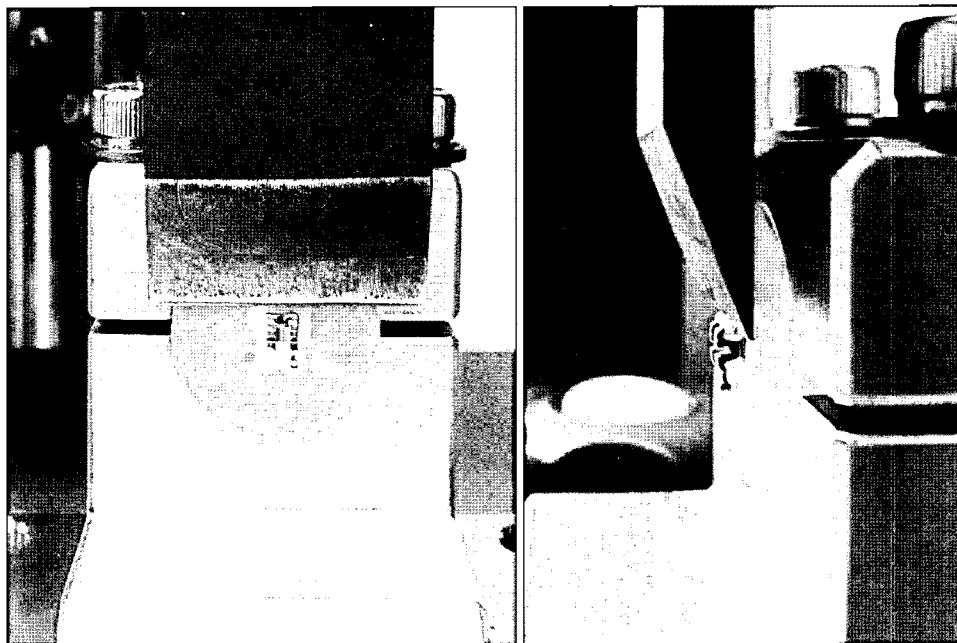
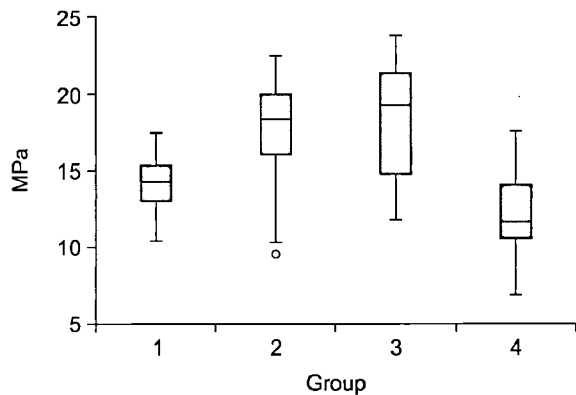


Fig 1. Mounting state on universal testing machine (UTM) and Force direction.

된 법랑질 표면의 관찰은 Scanning Electron Microscope (JEOL JSM6360, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하였으며 1,500배에서 2,200배까지 관찰하였다. 전단결합강도를 측정된 이후 10배 배율의 광학현미경 (Axiotech microscope, Carl Zeiss, Jena, Germany)을 통해 접착제 잔류지수를 측정하였다. 접착제 잔류지수는 한 사람에 의해 평가되었으며, 각각의 점수는 다음을 의미한다. 1. 법랑질의 접착 표면이 접착제로 완전히 덮여있다. 2. 법랑질의 90% 이상의 접착표면이 접착제로 덮여있다. 3. 법랑질의 10 - 90%의 접착표면이 접착제로 덮여있다. 4. 법랑질의 10% 이하의 접착표면이 접착제로 덮여있다. 5. 법랑질 접착표면에 접착제가 전혀 남아 있지 않다.



**Fig 2.** Means and standard deviations of the bond strengths for each group. 1, 37% phosphoric acid; 2, laser etching + phosphoric acid; 3, phosphoric acid + laser etching; 4, laser etching.

**통계처리**

부식 방법의 차이에 따른 전단 결합 강도를 평가하기 위하여 평균과 표준편차를 구하였고, 정규성 검정을 만족하였으므로 one-way ANOVA 및 사후검정(Tukey HSD, Duncan's multiple range test)으로 각 군 간의 비교하였다. 또한 접착제 잔류지수는 정규성을 만족하지 않았으므로 비교하기 위해 Kruskal-Wallis test를 시행하여 각 군 간 비교를 시행하였다.

**연구성적**

전단결합강도 실험에서 37% phosphoric acid로 부식한 첫 번째 군과 Er,Cr:YSGG laser로만 부식시킨 네 번째 군보다 두 방법을 복합적으로 이용하되 순서만 달리한 두 번째, 세 번째 군이 유의하게 보다 높은 강도를 보였다 (Fig 2) (Table 1) ( $p < 0.05$ ). 하지만 두 번째와 세 번째 군 사이에는 통계적으로 유의할 만한 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 1) ( $p < 0.05$ ).

부식된 표면의 주사전자현미경 소견으로는 전통적인 산 부식만 시행한 경우 비교적 고른 법랑소주의 양상이 확인되었고, 2형 부식패턴이 관찰되었다 (Fig 3A). Er,Cr:YSGG laser로 부식을 시행한 후에 산부식을 시행한 군은 산부식에 의한 패턴이 Er,Cr:YSGG laser에 의해 생성된 불규칙적인 침식부위에도 보인다 (Fig 3B). 순서를 달리한 세 번째 군의 경우 평활한 면은 첫 번째 그룹에서 보여준 산부식 패턴이 보이는 반면 Er,Cr:YSGG laser에 의해 파괴된

**Table 1.** Descriptive statistics for the phosphoric acid, laser and combination etching groups

Group*	N	Mean (MPa)	Std. deviation	Std. error	95% confidence interval for mean (MPa)				F	Sig
					Lower bound	Upper bound	Minimum (MPa)	Maximum (MPa)		
1	15	14.16 <sup>a</sup>	2.124	0.548	12.98	15.34	10.35	17.57		
2	15	17.57 <sup>b</sup>	3.734	0.964	15.50	19.64	9.67	22.54		
3	15	18.29 <sup>b</sup>	4.065	1.049	16.03	20.54	11.74	23.74	11.905	0.000
4	15	12.06 <sup>a</sup>	2.859	0.738	10.47	13.64	6.87	17.54		
Total	60	15.52	4.095	0.528	14.46	16.58	6.87	23.74		

\*Group 1, 37% phosphoric acid; 2, laser etching + phosphoric acid; 3, phosphoric acid + laser etching; 4, laser etching ( $p < 0.05$ ). Different alphabets, <sup>a</sup> and <sup>b</sup>, mean significantly different at 0.05 significance level; Sig: signification.

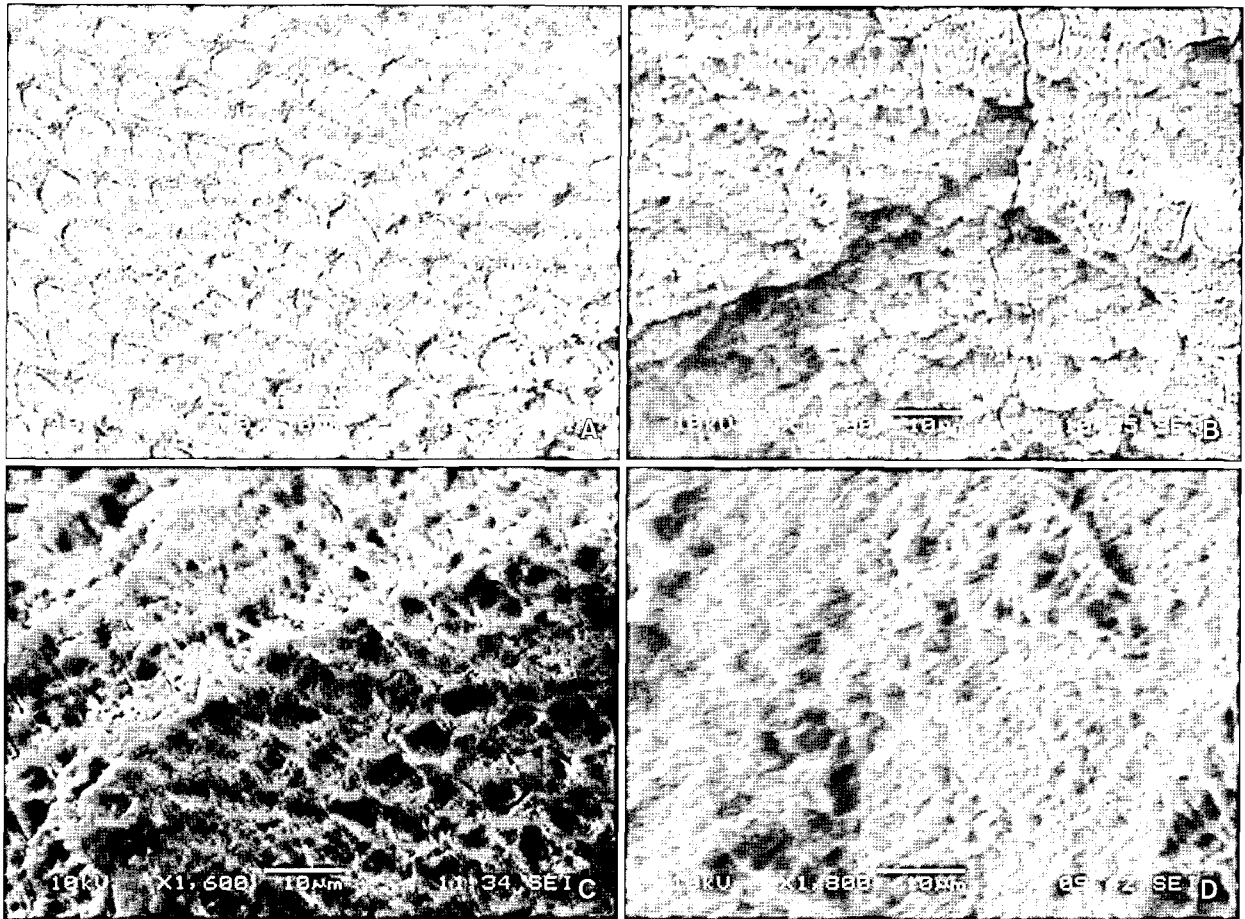


Fig 3. SEM images of enamel surface. A, 37% phosphoric acid ( $\times 1,500$ ); B, Laser etching + phosphoric acid ( $\times 1,700$ ); C, Phosphoric acid + laser etching ( $\times 1,600$ ); D, Laser etching ( $\times 1,800$ ).

Table 2. The adhesive remnant index (ARI) of each group and Kruskal-Wallis test

		ARI score*					Total	
		1	2	3	4	5		
Group	1	7	5	2	1	0	15	$X^2 = 5.954$ Df = 3 $p = 0.114$
	2	9	4	1	1	0	15	
	3	10	2	2	1	0	15	
	4	4	5	3	1	2	15	
Total		30	16	8	4	2	60	

\*Adhesive remnant index scores were: 1, All adhesive remaining on the tooth; 2, more than 90% of the adhesive remaining on the tooth; 3, more than 10% but less than 90% of the adhesive remaining on the tooth; 4, less than 10% of the adhesive remaining on the tooth; 5, no adhesive remaining on the tooth ( $p < 0.05$ ).

불규칙적인 침식부위에는 보이지 않는다 (Fig 3C). 네 번째 군은 규칙적인 부식 패턴이 보이기보다는 매우 불규칙하며 거친 침식 양상을 확인할 수 있다

(Fig 3D).

The adhesive remnant index (ARI)는 Kruskal-Wallis test 결과, 군 간 차이가 없는 것으로 나타났다

(Table 2) ( $p < 0.05$ ).

## 고찰

레이저는 보통 레이저 시스템의 내부에서 에너지로 레이저 빛을 만들기 위해 채워진 “활성매질”로 이름 지어지며, 이들 매질에 따라 서로 다른 파장의 빛을 만들어낸다. 각 파장대에 따라서 각 파장이 갖는 “absorption 계수”에 따라 레이저 빛은 표적조직에 특이적으로 상호작용하고 흡수되는 성질을 갖는다.

물방울레이저는 Er,Cr:YSGG (Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium, Garnet)를 매질로 하여 발생하는 레이저로 2,780 나노미터의 파장이 갖고 있는 가장 이상적인 수분흡수성을 바탕으로 하여 물 분자를 팽창 폭발시켜 물방울 자체에서 발생하는 물리적 힘과 레이저를 결합하여 조직의 절개 및 절삭을 한다. 이 현상을 ‘Hydrokinetic’이라 부르며 이러한 ‘Hydrokinetic’ 현상이 Er,Cr:YSGG laser를 다른 laser와 구별 짓게 하는 근본 원리가 된다.

기타 다른 종류의 레이저와의 가장 큰 차이점은 Er,Cr:YSGG laser는 레이저에너지를 받은 물방울의 운동에너지로 조직을 절개 절삭하는 것이고 타 레이저는 먼저 레이저를 조직에 쏘인 후 물을 뿌려 식히는 것으로 이미 조직에 열에 의한 손상을 입힌 후 물로 식히는 효과를 가져다 주는 것이다. 실제로 Rizoiu 등의 연구에 의하면 hydrokinetic laser는 치아 표면 등의 경조직에 사용되었을 때 실제로 치수온도를 2°C만큼 줄일 수 있다고 하였으며, 또한 삭제하는 동안에 도말층의 제거가 된다는 장점이 있다고 하였다.<sup>9</sup> 이는 Er,Cr:YSGG laser의 사용이 치수에 위해되지 않는다는 것을 증명해 주었다.

Hydrokinetic laser는 경조직에 대한 절삭효과 및 절삭과 동시에 부식을 시행할 수 있고, bur를 이용한 치질 삭제에 따른 도말층의 생성을 레이저를 이용한 치료에서는 최소화할 수 있어서<sup>9</sup> 컴포지트 레진을 이용한 우식 치료에 많은 장점이 있다. 이러한 장점 때문에 예전부터 레이저를 통해 산부식을 대체하려는 시도가 있었지만 레이저를 이용한 부식의 결합강도의 유효성에는 다양한 의견들이 있다. Ariyaratnam 등<sup>10</sup>은 산부식과 Nd:YAG laser를 이용한 etching의 비교에서 Nd:YAG laser etching의 경우 산부식에 비해 유용하지 않다고 하였고, 다른 연구에서 Nd:YAG laser를 조사한 후에 짧은 시간 산부식을 병행하면 결합강도에서 보다 향상된 결과를

얻을 수 있다고 하였다. Hydrokinetic laser (Er,Cr:YSGG laser)에 관해서 Ozer 등<sup>5</sup>은 임상적으로 산부식을 대체할 만하다라고 하였고, Uşümez 등은 임상적으로 대체할 만하지 않다고 하였다. 다시 말하면 레이저를 이용한 산부식의 대체는 아직 그 효과에 있어 변이가 심하고, 아직 뚜렷이 정립된 절차가 없기에 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 범랑질 표면에 대한 산부식과 Er,Cr:YSGG laser를 이용한 산부식의 효과 차이를 알아보고, 이들의 혼합 사용이 그 결합력에 있어서 어떠한 작용을 하는지, 그리고 혼합사용 시의 순서를 달리 했을 때 전단결합강도의 차이를 알아보고자 했다. 그 결과 Er,Cr:YSGG laser만을 이용한 네 번째 군의 전단결합강도는 평균 12.06 MPa, 전통적인 산부식만 시행한 첫 번째 군은 평균 14.16 MPa, Er,Cr:YSGG laser를 이용한 부식 후 산부식을 시행한 두 번째 군은 평균 17.57 MPa, 산부식을 한 이후 Er,Cr:YSGG laser 부식을 한 세 번째 군은 평균 18.29 MPa를 나타내었다. 이들은 유의성 있는 차이를 보였으며 다중비교에서 두 가지 방법의 혼합사용을 한 두 번째, 세 번째 군 사이와 단독 사용한 첫 번째, 네 번째 군 사이에서 상관관계를 보였다 (Table 1) ( $p < 0.05$ ). 두 가지 방법을 혼합 사용한 군에서 단독 사용한 군보다 통계적으로 유의할 만큼 월등히 높은 결합 강도를 보여주고 있었다. 산부식과 Er,Cr:YSGG laser 부식의 혼합 사용 시 그 순서에 의한 차이는 즉, 두 번째, 세 번째 군의 차이는 그 전단 결합 강도에 있어서 평균값의 절대치는 세 번째 군이 높았으나 통계적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다. 첫 번째 군과 네 번째 군 사이에도 통계적으로 유의할 만한 차이는 없는 것으로 나왔다 ( $p < 0.05$ ). 다만 laser만 단독 사용한 경우 절대적인 전단결합강도는 평균 2 MPa 정도 낮았고, 편차 또한 크게 나왔다. 하지만 Reynolds는 적절한 교정력에 견디기 위한 접착 강도는 최소 6 - 8 MPa 정도라고 보고한 바 있으며,<sup>11</sup> 이는 네 번째 군에서도 이에 만족하는 충분한 강도를 보여주므로 laser만 단독 사용하는 부식 방법도 브라켓 접착에 사용할 수 있을 것으로 여겨진다.

한편 Fig 2의 그래프에서 보면, Er,Cr:YSGG laser를 사용한 군(Group 2, 3, 4)과 그렇지 않은 군(Group 1)의 편차에서 Er,Cr:YSGG laser를 사용한 군의 편차가 큰 것을 알 수 있다. 각 군 간의 표면을 주사전자현미경을 통해 관찰해 보면 첫 번째 군에서는 기

존 산부식 연구결과와 마찬가지로 규칙적이고 미세한 부식 패턴이 나타났고, 네 번째 군에서는 산부식에 의해 생긴 패턴보다 규모가 매우 크고 불규칙하게 되어 있다. 이는 레이저의 pulse 빈도와 초점의 크기가 술자가 정해진 시간 동안 일정부위를 부식시키는데 있어서 불규칙적인 부식을 할 수밖에 없는 상황을 만들기 때문이라 생각된다. 그리고 이러한 불규칙성은 결합력을 더욱 강하게 할 수도, 약하게 할 수도 있다. 다시 말하면 술자의 기술에 따라 결합강도의 차이가 발생하는 것으로 보인다. 이전의 Uşümez 등<sup>6</sup>의 실험에서도 역시 Er,Cr:YSGG laser를 이용한 법랑질의 부식은 그 결합강도의 범위가 매우 넓다라고 밝혔으며 본 실험과 같은 결과를 보여주고 있다.

산을 이용한 부식은 치아 법랑질 및 상아질의 탈회를 동반하는 침습적인 작용이기 때문에 부식 이후 적절한 후처치 및 환자의 관리가 동반되지 않는다면 우식에 취약할 수밖에 없다. 더욱이 브라켓을 이용한 교정치료는 그 구조상 치태관리에 불리하며, 브라켓을 붙이기 위해 산부식이 된 치질은 우식에 더욱 위험할 수 있다. Hydrokinetic laser (Er,Cr:YSGG laser)를 이용한 실험실 측정에서 골조직을 삭제할 때 골조직이 녹거나, 타거나, 칼슘포스페이트의 비율이 변하거나 하는 변성이 없음을 밝혔다.<sup>12,13</sup> 이는 Er,Cr:YSGG laser를 이용한 법랑질의 부식이 산을 이용한 부식보다 우식에 취약한 브라켓 주위 부분을 최소화 할 수 있음을 의미한다. 산부식과 hydrokinetic laser의 복합적 사용은 그 순서에 있어서 산부식을 먼저 시행한 후 레이저를 사용하게 되면 탈회된 법랑질 표면을 최소화시키면서도 결합강도를 증진시킬 수 있는 좋은 방법이라 생각된다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

산부식과 Er,Cr:YSGG laser를 복합 사용하는 것은 분명 결합강도에 있어서는 어느 정도 효용을 보인다. 하지만 한 단계의 절차가 추가되는 만큼 복잡해지고 환자와 술자에게 불편감을 야기할 수 있다. 단순히 브라켓을 접착하는 데에 있어서 일반적인 상황이라면 굳이 복잡한 절차를 통해 결합력을 향상시킬 필요는 없는 것으로 여겨진다. 하지만, 협측구가 존재하는 제1, 2대구치들은 pumice를 통해 충분히 치태가 제거가 되지 않을뿐더러, 우식에도 매우 취약한 부위이다. 게다가 교정용 철사에 의한 응력이 크게 작용하는 부위이며, 교합력의 대부분이 집중되므로 그 피로도 또한 상당한 부위이다. 이러한 이유로 많은 교정의들은 제1, 2대구치의 브라켓 탈

락을 많이 경험한다. 강한 브라켓 접착을 위한 대안으로 제1대구치 브라켓은 밴드를 이용하여 접착을 하기도 하지만 이는 치주적 부작용이 있을 수 있고, Johnston 등<sup>14</sup>은 대구치의 경우 약 60초간 산부식을 하는 것이 강한 접착에 유리하다고 밝혔지만 보드긴 시간의 산부식은 법랑질의 탈회라는 측면에서 치명적인 단점이 있다. 이러한 부분에 있어서 본 연구에서 실시한 Er,Cr:YSGG laser와 산부식의 복합적 사용은 협측구 치태제거, 결합강도의 향상, 법랑질 탈회를 줄인다는 측면에서도 매우 이로울 것으로 생각된다.

## 결론

이상을 종합해 볼 때 Er,Cr:YSGG laser를 이용한 법랑질의 부식은 산부식과 더불어 단독으로 사용한 경우보다 이 둘을 복합적으로 사용하였을 때 보다 높은 결합강도를 갖으며, 이는 브라켓 접착 시 보다 강한 결합력이 필요한 부위에 선택적으로 사용될 수 있다.

## 참고문헌

1. Stern RH, Sogmaes RF. Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res* 1964;43:873.
2. Suh CH, Chang NY, Chae JM, Cho JH, Kim SC, Kang KH. Efficiency of ceramic bracket debonding with the Er:YAG laser. *Korean J Orthod* 2009;39:213-24.
3. An KM, Sohn DS. The effect of using laser for ceramic bracket bonding of porcelain surfaces. *Korean J Orthod* 2008;38:275-82.
4. von Fraunhofer JA, Allen DJ, Orbell GM. Laser etching enamel for direct bonding. *Angle Orthod* 1993;63:73-6.
5. Ozer T, Başaran G, Berk N. Laser etching of enamel for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:193-7.
6. Uşümez S, Orhan M, Uşümez A. Laser etching of enamel for direct bonding with an Er,Cr:YSGG hydrokinetic laser system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:649-56.
7. Öztürk F, Babacan H, Nalçacı R, Kuştarç A. Effects of direct and indirect bonding techniques on bond strength and microleakage after thermocycling. *Korean J Orthod* 2009;39:393-401.
8. Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in-vitro study. Part 1. Background and methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:145-53.
9. Rizoju I, Kohanghadosh F, Kimmel AI, Eversole LR. Pulpal thermal responses to an erbium, chromium:YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;86:220-3.

10. Ariyaratnam MT, Wilson MA, Mackie IC, Blinkhorn AS. A comparison of surface roughness and composite/enamel bond strength of human enamel following the application of the Nd:YAG laser and etching with phosphoric acid. *Dent Mater* 1997;13:51-5.
11. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-8.
12. Wang X, Ishizaki NT, Suzuki N, Kimura Y, Matsumoto K. Morphological changes of bovine mandibular bone irradiated by Er,Cr:YSGG laser: an in vitro study. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20:245-50.
13. Kimura Y, Yu DG, Fujita A, Yamashita A, Murakami Y, Matsumoto K. Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on canine mandibular bone. *J Periodontol* 2001;72:1178-82.
14. Johnston CD, Hussey DL, Burden DJ. The effect of etch duration on the microstructure of molar enamel: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:531-4.

## Modified laser etching technique of enamel for bracket bonding

Min-Sung Yun, DDS,<sup>a</sup> Sang-Min Lee, DDS, MSD,<sup>b</sup> Byung-Ho Yang, DDS, MSD, PhD<sup>c</sup>

**Objective:** Many studies have carried out research on comparisons between laser etching and conventional etching systems to investigate methods of reinforcing shear bond strength. The purposes of this study were to assess the efficiency of bonding with erbium, chromium doped: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) laser etching combined with the conventional etching technique. **Methods:** Sixty-four sound premolars, extracted for orthodontic purposes, were randomly divided into 4 groups and treated in the following manner. First group, conventional etching of 37% phosphoric acid for 15 seconds (control); second group, 1.5 W laser etching for 10 seconds followed by conventional etching; third group, conventional etching followed by 1.5 W laser etching; fourth group, 1.5 W laser etching for 15 seconds only. We assessed the shear bond strength, the surface characteristics, and the adhesive remnant index scores between all groups. **Results:** Experimental groups showed higher shear bond strength than the control group. But no statistically significant differences were found between the second and third groups. Adhesive remnant scores were compared with the Kruskal-Wallis test, and no statistically significant differences were found between all groups. **Conclusions:** To obtain maximum shear bonding strength, a combined technique of Er,Cr:YSGG and 37% phosphoric acid is useful even though it may be inconvenient. (**Korean J Orthod** 2010;40(2):87-94)

**Key words:** Laser, Etching, Acid etching, Shear bond strength

<sup>a</sup>Graduate Student, <sup>b</sup>Assistant Professor, <sup>c</sup>Associate Professor, Department of Orthodontics, Hallym University Sacred Heart Hospital.

Corresponding author: Sang-Min Lee.

Department of Orthodontics, Hallym University Sacred Heart Hospital, 896, Pyeongan-dong, Dongan-gu, Anyang 431-070, Korea.

+82 31 380 5976; e-mail, smlee0624@gmail.com.

Received November 18, 2009; Last Revision February 5, 2010; Accepted February 8, 2010.