



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2009년 8월
박사학위논문

Er:YAG 레이저로 표면처리한 상아질에 대한 단일 단계 접착시스템의 결합

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 명 구

Er:YAG 레이저로 표면처리한 상아질에 대한 단일 단계 접착시스템의 결합

Bonding of single-step adhesive systems to Er:YAG
laser-irradiated dentin

2009년 8월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 명 구

Er:YAG 레이저로 표면처리한 상아질에 대한 단일 단계 접착시스템의 결합

지도교수 조 영 곤

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함.

2009년 4월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 명 구

이명구의 박사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 윤 창 룩 인

위 원 단국대학교 교수 신 동 훈 인

위 원 전남대학교 교수 황 인 남 인

위 원 조선대학교 교수 김 수 관 인

위 원 조선대학교 교수 조 영 곤 인

2009년 6월 일

조선대학교 대학원

목 차

| | |
|---------------------|-----|
| ABSTRACT | iii |
| I. 서론 | 1 |
| II. 실험재료 및 방법 | 4 |
| III. 실험결과 | 9 |
| IV. 총괄 및 고찰 | 12 |
| V. 결론 | 16 |
| 참고문헌 | 18 |
| 사진부도 | 22 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| Table 1. Adhesive systems, pH and resin composite | 4 |
| Table 2. Group classification by adhesive systems and laser etch of dentin | 5 |
| Table 3. Microshear bond strength (MPa) to dentin and failure mode | 11 |

도 목 차

| | |
|--|----|
| Fig. 1. SEM photograph showing the close adaptation and long rod shaped resin tags with lateral branches(LB) in LP group | 22 |
| Fig. 2. SEM photograph showing the close adaptation and short resin tags in LP-L group | 22 |
| Fig. 3. SEM photograph showing the close adaptation and long rod shaped resin tags with lateral branches(LB) in GB group | 22 |
| Fig. 4. SEM photograph showing the wide gap(G) and fractured resin tags(RT) at the interface of resin-dentin in GB-L group | 22 |
| Fig. 5. SEM photograph showing the close adaptation and numerous long rod shaped resin tags with LB in AB group | 22 |
| Fig. 6. SEM photograph showing the close adaptation and no resin tags at the interface of resin-dentin in AB-L group | 22 |

ABSTRACT

Bonding of single-step adhesive systems to Er:YAG laser-irradiated dentin

Myung Goo Lee, D.D.S, M.S.D.

Advisor : Young-Gon Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the influence of Er:YAG laser irradiation on the microshear bond strength (μ SBS) to dentin of three single-step adhesive systems.

Thirty extracted human molar teeth were sectioned to expose the occlusal dentinal surfaces of crowns and ground with 600 silicon carbide papers. The samples were divided into six groups according to laser irradiation of dentin surface and types of single-step adhesive systems. LP group: Adper Prompt L-Pop (3M ESPE), LP-L group: Er:YAG laser (KEY Laser 3, KaVo) + Adper Prompt L-Pop, GB group: G-Bond (GC), GB-L group: Er:YAG laser + G-Bond, AB group: ALL-Bond SE (Bisco), AB-L group: Er:YAG laser + ALL-Bond SE.

The samples were subjected to μ SBS testing 24 hours after bonding. Statistical analysis was carried out by two-way ANOVA, t-test and Tukey post hoc test ($p=0.05$). In addition, scanning microscopic evaluation

was made on the resin-dentin interfaces of six specimens.

The results of this study were as follows;

1. There was no significant difference among the μ SBS of LP, GB, AB groups, but the μ SBS of LP-L and AB-L groups were significantly higher than that of GB-L group ($p < 0.05$).
2. Most of failure modes were mixed in all groups, but more adhesive failure was seen in the laser irradiated groups than in no laser groups.
3. Other groups except GB-L group showed close adaptation at the interface of dentin and composite resin.
4. Rod shaped-long resin tags and lateral branches of tags were observed in LP, GB, AB groups, but very short or fractured resin tags were observed in LP-L, GB-L, AB-L groups.

It was concluded that the use of Er:YAG laser would lower the bonding strength of composite resin to dentin depending on the type of single-step adhesive systems used.

I. 서 론

치질에 대한 수복재의 접착력을 향상시키기 위하여 그 동안 다양한 접착시스템이 개발되어 임상에서 사용되고 있다. 그러나 대표적 접착시스템인 단단계 접착시스템은 접착과정이 복잡하고, 술식에 대한 민감성 등으로 인하여 점차 단순화된 접착시스템을 사용하는 경향으로 전환되고 있다¹⁾. 이러한 추세에 부응하여 다수의 단일 단계 자가부식 접착시스템 또는 7세대 접착시스템이 여러 제조회사에 의해 공급되고 있다. 이는 처리과정을 위한 모든 성분이 하나의 용액에 포함되어 있어 부식처리, 프라이밍 및 접착과정 모두가 한번에 이루어지므로 사용이 매우 간편하다²⁾.

자가부식 접착시스템의 접착기전은 상아질에 포함된 유기성분의 최소 탈회와 함께 만들어지는 “nano interaction zone”에 의존한다³⁾. 자가부식 접착시스템은 도말층을 통해 확산되는 산성의 프라이머에 의해 상아질이 탈회되면서 동시에 접착성 단량체가 상아질에 침투되고⁴⁾, 이 시스템에 의해 형성된 혼화층은 전체적으로 얇고 균일한 것으로 보고되고 있다⁵⁾.

치과용 버를 대신하여 치질을 삭제하기 위한 장비로 레이저가 소개되었다⁶⁾. 여러 종류의 레이저 중 Er:YAG (Erbium doped, Yttrium-Aluminum-Garnet) 레이저는 물의 최대 흡수과장과 일치하는 2.94 μm 를 제공하고 치질을 냉각시키는 물분사로 인하여, 치아에 최소의 온도변화를 일으키면서 삭제하므로 다른 레이저보다 훨씬 안전하고 효과적이다^{7,8)}. 이 레이저는 보존영역에서 경조직의 삭제효과로 인한 우식제거, 와동형성 및 효과적인 세정과 살균효과로 인해 근관치료에 사용되고 있다^{9,10)}. 또한 Er:YAG 레이저를 이용한 상아질의 표면처리는 도말층이 없고 굴곡이 많은 표면과 개방된 상아세관을 제공하므로 산부식 처리의 대용으로 사용할 수 있다¹¹⁾. 이와 같이 레이저를 이용한 상아질의 표면처리는 치질에 포함된 칼슘과 인산염의 비율을 변형시켜 산에 저항하도록 함으로써 우식에 대한 민감성을 감소시키는 것으로 보고되고 있

다¹²⁾. 그 외에 Er:YAG 레이저는 외과적 수술과 비외과적인 치주치료 등의 다양한 치료에 이용되고 있으며¹³⁾, 레이저 사용 시 진동이나 소음이 적고 통증이 없으므로 환자에게 편안한 치료를 제공 한다¹⁴⁾.

레이저로 표면처리한 상아질에 대한 복합레진의 접착기전은 정확히 알려져 있지 않지만, Er:YAG 레이저에 의한 미세삭제 (microablation)로 인해 형성된 불규칙한 상아질 표면과 노출된 상아세관으로 접착성 레진이 침투되고 레진 테그가 형성됨으로써 미세기계적인 유지를 이루는 것으로 추측하고 있다¹⁵⁾.

그 동안 Er:YAG 레이저로 표면처리한 상아질과 복합레진의 접착에 관한 다수의 연구가 보고되었다. Visuri 등¹¹⁾은 Er:YAG 레이저로 처리한 상아질과 바로 삭제한 후 산부식 처리한 상아질의 전단결합강도를 비교한 결과, 레이저 조사한 상아질에서 더 높은 결합강도를 나타내었다고 하였다. 또한 Celik 등¹⁵⁾도 Er:YAG 레이저로 처리한 상아질에 접착한 단일 단계 접착제 (Clearfil tri-Bond S)의 전단결합강도는 바로 삭제한 상아질에 비해 뚜렷이 높게 나타났다고 보고하였다. 그러나 Kameyama 등¹⁶⁾은 Er:YAG 레이저로 처리한 상아질과 레이저로 처리하지 않는 상아질에 대한 3종의 단일 단계 접착제 (AQ Bond Plus, G-Bond, Clearfil Tri-S Bond)의 결합강도는 접착제의 종류에 따라 높거나 낮게 나타났다고 하였다.

한편 Ramos 등¹⁷⁾은 자가부식 접착제와 전부식 접착제의 Er:YAG 레이저 조사된 상아질에 대한 결합강도를 비교한 연구에서 상아질의 레이저 조사는 뚜렷한 결합강도의 감소를 나타냈다고 보고하였다. 또한 다수의 주사전자 현미경적인 연구에서는 Er:YAG 레이저를 조사한 상아질 표면에 미세한 균열, 표면 하방의 광범위한 열구 및 얇고 불규칙한 혼화층 등의 소견이 관찰되었다고 보고되고 있으며^{18,19)}, 이러한 소견들은 Er:YAG 레이저의 조사가 상아질 접착에 부정적인 결과를 나타냄을 의미하고 있다.

이처럼 접착시스템을 상아질에 적용하기 전, 산부식 처리 대신에 Er:YAG 레이저를 이용한 상아질의 표면처리 방법이 이용되고 있다. 이러한 방법에 의한 상아질 접착은 대부분 2단계나 3단계 접착시스템을 대상으로 한 연구가

이루어졌으며, 단일 단계 접착시스템을 적용하여 비교한 연구는 아직까지 부족한 상태에 있다. 따라서 본 연구에서는 Er:YAG 레이저로 표면 처리한 상아질과 처리하지 않은 상아질에 3종의 단일 단계 접착시스템을 적용하여 결합강도와 계면형태를 비교함으로써 Er:YAG 레이저가 이러한 접착제의 결합에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치관부에 우식, 파절 및 수복물이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 30개를 실험치아로 사용하였다.

실험에 사용된 재료는 3종류의 단일 단계 자가부식 접착시스템 Adper Prompt L-Pop (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.), G-Bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) 및 ALL-Bond SE (Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A.)를 사용하였고, 복합레진은 각각의 접착시스템과 동일 회사 제품인 Z 250 (3M ESPE Dental Products), Gradia direct P (GC Corporation)와 Aelite LS (Bisco Inc.)를 사용하였다 (Table 1).

접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사기는 Spectrum 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, U.S.A.)을 사용하였고 500 mW/cm²의 광 강도를 이용하였다.

Table 1. Adhesive systems, pH and resin composite

| Adhesive systems | pH | Resin composites | Manufacturers |
|--------------------|-----|------------------|---|
| Adper Prompt L-Pop | 0.8 | Z 250 | 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A. |
| G-Bond | 2.0 | Gradia direct P | GC Corporation, Tokyo, Japan |
| ALL-Bond SE | 2.4 | Aelite LS | Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A. |

2. 실험방법

가. 미세전단 결합강도 측정을 위한 시편제작

1) 상아질 표면의 노출

발거된 상·하악 대구치 24개를 선택하여 치아표면에 있는 연조직과 치석

등을 스켈러로 깨끗이 제거하였다. 혼합한 경석고를 내경 20 mm, 높이 45 mm의 투명한 CBC 병에 채운 후, 각 대구치의 교합면이 지면에 수평이 되도록 치근을 매몰하였다.

경석고가 경화된 후 Isomet Low Speed Saw (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, U.S.A.)를 이용하여 교합면의 법랑상아경계 직 하방의 상아질을 절단한 다음, 1.2 mm 하방부에서 다시 절단하여 디스크 모양의 절편을 제작하였다. 각 절편에서 교합면측에 해당하는 상아질 표면을 물이 공급된 상태에서 600 grit silicone carbide (SiC) paper (R&B Inc., DaeJeon, Korea)로 약 0.2 mm 정도 연마하였다.

2) 상아질 표면처리에 따른 군 분류

24개의 절편을 무작위로 선택하여 접착시스템의 종류와 레이저를 이용한 상아질 표면처리 유무에 따라 다음과 같이 6개의 군으로 분류하였으며, 각 군당 4개의 절편을 배정하였다 (Table 2).

Table 2. Group classification by adhesive systems and laser etch of dentin

| Groups | Adhesive systems | Laser etch | No. of samples | No. of measurements |
|--------|--------------------|------------|----------------|---------------------|
| LP | Adper Prompt L-Pop | No | 4 | 20 |
| LP-L | Adper Prompt L-Pop | Yes | 4 | 20 |
| GB | G-Bond | No | 4 | 20 |
| GB-L | G-Bond | Yes | 4 | 20 |
| AB | ALL-Bond SE | No | 4 | 20 |
| AB-L | ALL-Bond SE | Yes | 4 | 20 |

(1) LP 군과 LP-L 군

LP 군은 제조사의 설명에 따라 Adper Prompt L-Pop을 적용한 군이다.

Reservoir에 들어 있는 용액을 혼합하여 applicator에 접착제를 묻혀 상아질 표면에 15초간 압력을 가하면서 문지렀다. Air 시린지로 접착제의 표면을 붙여 얇은 막이 되도록 한 다음, 표면에 반짝거림을 확인하고 Spectrum 800 광조사기로 10초간 조사하였다.

LP-L 군은 Er:YAG 레이저인 KaVo KEY Laser 3 (Kaltenbach & Voight GmbH Biberach, Germany)의 에칭모드를 이용하여 상아질 표면을 처리하고, LP 군과 동일한 방법으로 Adper Prompt L-Pop을 적용하고 광조사하였다.

상아질 표면에 대한 Er:YAG의 조사는 KaVo KEY Laser 3의 에칭모드(에너지 100 mJ, 주파수 6 Hz)를 선택한 후, 레이저 핸드피스 2060을 이용하여 spot 크기는 0.6 mm, focal distance는 1.0 mm, 물 스프레이를 분당 15 ml의 주입속도로 하여 시편의 모든 방향으로 한번씩 scanning하면서 전 표면을 균일하게 처리하였다.

(2) GB 군과 GB-L 군

GB 군은 제조사의 설명에 따라 G-Bond를 적용한 군이다. 상아질 표면에 G-Bond를 적용하고 10초간 기다린 다음, air 시린지로 강하게 건조하고 Spectrum 800 광조사기로 10초간 조사하였다.

GB-L 군은 LP-L 군과 동일한 방법으로 Er:YAG 레이저로 상아질 표면을 처리한 후, GB 군과 마찬가지로 상아질 표면에 G-Bond를 적용하고 10초간 광조사하였다.

(3) AB 군과 AB-L 군

AB 군은 제조사의 설명에 따라 ALL-Bond SE를 적용한 군이다. 2개의 병에서 각각 1방울의 용액을 용기에 분배한 후 10초간 브러쉬로 혼합하여 균일한 분홍빛이 되도록 하였다. 상아질 표면에 ALL-Bond SE를 10초간 문지르면서 적용한 후, air 시린지로 가볍게 건조하고 Spectrum 800 광조사기로

10초간 조사하였다.

AB-L 군은 LP-L 군과 동일한 방법으로 Er:YAG 레이저로 상아질 표면을 처리한 후, AB 군과 마찬가지로 상아질 표면에 ALL-Bond SE를 적용하고 10초간 광조사하였다.

3) 복합레진의 접착

접착제가 적용된 각 군의 상아질 표면에 내경 0.7 mm, 높이 1 mm의 Tygon tube (Saint-Gobain Performance Plastic Co., U.S.A.)를 위치시킨 다음, LP 군과 LP-L 군은 Z 250 (색조 A2), GB 군과 GB-L 군은 Gradia direct P (색조 A2), AB 군과 AB-L 군은 Aelite LS (색조 A2)를 각각 충전하고 20초간 광조사하였다. 각각의 절단된 시편의 교합면측 상아질 표면에 모두 5개의 복합레진을 접착하여 한 군당 모두 20개의 복합레진을 접착하였다 (Table 2). 제작된 시편은 미세전단 결합강도를 측정하기 직전까지 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

4) 미세전단 결합강도의 측정과 파절양상 관찰

결합강도를 측정하기 전, 복합레진에 부착된 Tygon tube를 #15 blade로 제거하였다. 각 시편을 공업용 접착제로 시험장치 (testing apparatus)에 부착시킨 후, 시험 장치를 universal testing machine (EZ test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)의 jig에 고정시켰다. 상부의 복합레진과 하부의 고정부위에 0.3 mm 두께의 교정용 철사 (Tomy International Inc., Tokyo, Japan)를 평행하게 걸고, 상아질 표면에 밀착시킨 후 복합레진이 파절될 까지 분당 0.5 mm의 crosshead speed로 전단하중을 가하였다.

각 군의 시편에서 파절된 양상은 20배율의 광학입체현미경 (Olympus LG-PS2, Tokyo, Japan)하에서 관찰하여 접착성 (adhesive), 응집성 (cohesive) 및 혼합성 (mixed) 파절로 분류하여 기록하였다.

5) 통계분석

각 군의 미세전단 결합강도는 통계 package SPSS (ver. 14.0)에서 two-way ANOVA와 t-test를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검정은 Tukey post-hoc 검정을 이용하여 $p=0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

나. 계면형태 관찰을 위한 시편제작

발거된 6개의 상·하악 대구치는 주사전자현미경 평가를 위해 사용되었다. 각 대구치를 결합강도 측정을 위한 시편제작 방법과 동일하게 석고가 채워진 CBC 병에 매몰한 후 Isomet Low Speed Saw를 이용하여 교합면의 법랑상아경계 직 하방을 편평하게 절단하였다. 각각의 절편에서 교합면측의 상아질 표면을 물이 공급된 상태에서 600 grit SiC paper로 연마하였다.

각 군당 1개의 치아를 배정하고 Table 2와 같은 방법에 따라 각 군의 상아질을 표면처리하고 접착제를 적용한 다음, 각 군에 해당하는 복합레진을 각각 2 mm 두께로 축조하고 20초간 광조사 하였다. 그 후 다시 2 mm의 복합레진을 추가적으로 축조하여 광조사하였다.

각 군의 치아는 실온의 증류수에 24시간 동안 보관한 후 CBC 병의 상방에 있는 치관부를 Isomet Low Speed Saw를 이용하여 절단하였다. Acrylate 접착제 (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)와 레진블록을 이용하여 시편을 접착하고, Isomet Low Speed Saw를 이용하여 시편의 중앙에서 근, 원심 방향으로 절단하여 한 군당 2개의 절편을 제작하였다. 각 시편의 절단된 표면을 600 grit SiC paper로 연마하고 초음파 세척기 (JAC-Ultrasonic 1505, Kodo Technical Research Co., LTD, Whasung, Korea)에서 30초간 세척하였다.

6N HCl에서 각 시편을 5분간 탈회하고 5분간 물로 세척한 다음, 2.5% 차아염소산 나트륨용액에서 15분간 탈단백 하였다. 각 시편은 stub에 부착하여 12 KV 전압 하에서 1분 동안 백금을 700 Å 두께로 도금하였다. FE-SEM (S-4800: Hitachi High Technologies Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 각 군의 상아질과 복합레진 계면의 결합양상을 고배율로 관찰하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 미세전단 결합강도와 파절양상

Er:YAG 레이저로 상아질을 표면처리한 유무에 따른 Adper Prompt L-Pop, G-Bond 및 ALL-Bond SE의 미세전단 결합강도의 평균치와 표준편차는 Table 3에 나타냈다.

레이저로 표면처리를 하지 않는 군 (LP 군, GB 군, AB 군) 그리고 레이저로 표면처리한 군 (LP-L 군, GB-L 군, AB-L 군) 간의 결합강도 비교는 two-way ANOVA를 이용하였고, 사후 검정은 Tukey post-hoc 방법을 이용하였다. LP 군, GB 군 및 AB 군의 결합강도 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, LP-L 군과 AB-L 군의 결합강도는 GB-L군에 비해 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 3).

각 접착시스템에서 레이저 표면처리 유무에 따른 결합강도의 비교는 t-test를 이용하였다. LP 군과 LP-L 군 및 AB 군과 AB-L 군의 결합강도 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, GB 군은 GB-L 군보다 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$, Table 3).

미세전단 결합강도를 측정한 후 광학입체현미경을 통하여 관찰한 각 군의 접착성, 응집성 및 혼합성 파절은 Table 3에 표시하였다. 레이저 표면처리를 하지 않는 LP 군, GB 군, AB 군 모두에서는 대부분 혼합성 파절 (65-70%) 이 관찰되었다. 또한 레이저로 표면처리한 LP-L 군, GB-L 군, AB-L 군 모두에서도 대부분 혼합성 파절 (60-70%)를 관찰되었지만, LP 군, GB 군, AB 군보다 더 많은 접착성 파절 (25-40 %)로 관찰되었다 (Table 3).

2. 주사전자현미경적 소견

각 군의 복합레진과 상아질 계면에서 다음과 같은 현미경적 소견을 나타내

었다.

(1) LP 군과 LP-L 군

LP 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었다. 복합레진에서 상아질 측으로 막대모양의 레진테그가 관찰되었고, 레진테그의 측방에서 짧은 측지 (lateral branches)가 관찰되었다 (Fig. 1).

LP-L 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었다. 그러나 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 레진테그는 LP 군에서보다 아주 짧게 관찰되었고, 레진테그의 측방에서 측지가 관찰되지 않았다 (Fig. 2).

(2) GB 군과 GB-L 군

GB 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었다. 복합레진에서 상아질 측으로 막대모양의 긴 레진테그가 관찰되었고, 레진테그의 측방에서 짧은 측지 관찰되었다 (Fig. 3).

GB-L 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 큰 간극이 관찰되었고, 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 레진테그는 모두 파절된 양상을 나타내었다 (Fig. 4).

(3) AB 군과 AB-L 군

AB 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었다. 복합레진에서 상아질 측으로 막대모양의 긴 레진테그가 다수 관찰되었고, 레진테그의 측방에서 짧은 측지가 관찰되었다 (Fig. 5).

AB-L 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었으나 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 레진테그는 관찰되지 않았다 (Fig. 6).

Table 3. Microshear bond strength (MPa) to dentin and failure mode

| Group | μ SBS(mean \pm SD) | | Failure mode | | | No. of measurements |
|-------|--------------------------|--------------------|--------------|---------|----------|---------------------|
| | | | adhesive | mixed | cohesive | |
| LP | 18.69 \pm | 5.57 ^a | 3(15%) | 14(70%) | 3(15%) | 20 |
| LP-L | 15.69 \pm | 5.18 ^a | 6(30%) | 13(65%) | 1(5%) | 20 |
| GB | 16.73 \pm | 10.09 ^a | 4(20%) | 14(70%) | 2(10%) | 20 |
| GB-L | 10.32 \pm | 2.04 ^b | 8(40%) | 12(60%) | 0(0%) | 20 |
| AB | 19.63 \pm | 8.57 ^a | 2(10%) | 13(65%) | 5(25%) | 20 |
| AB-L | 16.52 \pm | 6.10 ^a | 5(25%) | 14(70%) | 1(5%) | 20 |

Superscripts of the same letter indicate values of no statistically significant difference by two-way ANOVA, t-test and Tukey HSD statistics.

IV. 총괄 및 고찰

Er:YAG 레이저를 이용한 범랑질과 상아질 표면처리는 산부식 처리의 대용으로 사용되고 있다²⁰⁾. 산과 비교하여 Er:YAG 레이저는 치질에 포함된 물의 증발과 함께 미세폭발을 일으키면서 치질을 삭제하며, 삭제효과는 치질에 함유된 수분에 따라 다양하다²¹⁾. 레이저를 이용한 삭제는 치질의 표면에 도말층을 형성하지 않고 개방된 상아세관과 유지를 위한 미세기계적인 양상을 나타낸다²²⁾. 이러한 특성들은 치질에 대한 복합레진의 결합에 좋은 결과를 나타낼 것으로 추측된다.

상아질에 대한 접착시스템의 결합은 실험실에서 시행하는 여러 가지 검사 방법에 의해 평가되고 있지만 일반적으로 결합강도를 측정하는 방법이 가장 흔히 이용되고 있으며²³⁻²⁵⁾, 본 연구에서는 미세전단 결합강도를 측정하여 상아질과 접착시스템의 결합관계를 평가하였다.

Er:YAG 레이저를 조사한 상아질에 대한 결합은 레이저의 출력 에너지²⁶⁾, 사용된 접착시스템의 종류 및 부가적인 프라이밍²⁷⁾과 같은 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받는다. 몇몇 실험적인 연구에서는 레이저를 균일하게 조사하기 위하여 레이저 핸드피스를 특수한 장치에 고정하여 레이저를 상아질 시편에 조사하는 방법을 이용하였다^{28,29)}. 그러나 Aizawa 등²⁸⁾은 레이저 핸드피스를 고정하여 조사하는 방법과 손으로 잡고 조사하는 방법 간에 실험결과 치가 통계학적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 레이저로 표면처리를 하기위한 시편에서는 KaVo KEY Laser 3의 핸드피스 2060을 손으로 잡고 시편의 모든 방향으로 한번씩 scanning하면서 상아질 표면을 균일하게 표면처리 하였다.

현재 단일 단계 접착제는 높은 친수성으로 인해 접착층을 따라 물이 투과되어 water tree가 형성되고³⁰⁾ 또한 접착층 내에 기포가 형성됨으로써 다단계 접착제보다 낮은 결합강도를 나타내고 있다³¹⁾. 단일 단계 접착시스템의

치질에 대한 접착은 산성의 methacrylate 단량체의 농도를 증가시킴으로써 얻어 진다³²⁾. 이러한 단량체는 하나 또는 그 이상의 산성 기능성 군을 포함하고 비교적 낮은 해리계수를 갖는다. 또한 물은 이러한 약산이 도말층이나 삭제된 치질을 탈회할 수 있도록 하기 위해 단일 단계 접착제에 필수적으로 포함되어 있다³³⁾.

본 연구에서 레이저를 조사하지 않은 LP 군, GB 군 및 AB 군의 결합강도 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 3). 또한 주사전자 현미경적인 소견에서도 레이저를 조사하지 않은 군 모두에서 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착과 막대모양의 레진테그와 레진테그의 측방에서 짧은 측지가 관찰되었다 (Figs. 1, 3, 5). 본 연구에서 사용된 3종의 단일 단계 접착제 중 Adper Prompt L-Pop는 pH가 0.8로서 침식성이 강한 자가부식 접착제에 해당되고, G-Bond와 ALL-Bond SE는 pH가 2 이상으로 침식성이 미약한 자가부식 접착제에 해당 된다 (Table 1). 따라서 본 연구의 레이저를 조사하지 않은 군에서 단일 단계 접착시스템의 pH는 상아질의 결합강도에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서 Adper Prompt L-Pop과 ALL-Bond SE를 사용한 상아질에서 레이저로 표면 처리한 군과 처리하지 않은 군 간의 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 3). 이러한 결과는 본 연구의 주사전자현미경적인 소견에서 Adper Prompt L-Pop과 ALL-Bond SE를 사용한 상아질에서 레이저로 표면 처리한 군과 처리하지 않은 군 모두에서 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착이 관찰됨을 통하여 확인할 수 있었다 (Figs. 1, 2, 5, 6). Wanessa 등³⁴⁾은 Er:YAG 레이저와 카바이드 버로 삭제한 상아질에 대한 Adper Prompt L-Pop의 결합강도를 평가한 결과, 레이저로 삭제한 군과 버로 삭제한 군의 결합강도 간에 통계학적인 차이가 없다고 하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

본 연구에서 레이저로 표면처리한 LP-L 군과 AB-L 군의 결합강도는 GB-L군에 비해 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 3). 단일 단계

접착시스템에 포함된 산성 단량체의 대부분은 수용성이 미약하므로 친수성 단량체인 HEMA가 종종 용매로서 포함된다¹⁶⁾. 따라서 HEMA가 포함되지 않는 단일단계 접착제는 상 분리(phase separation)가 나타나는 것으로 보고되고 있다²⁷⁾. 본 연구에 사용된 G-Bond는 HEMA를 포함하지 않는 단일 단계 접착시스템으로서 이는 HEMA를 포함한 Adper Prompt L-Pop과 ALL-Bond SE에서 보다 낮은 결합강도를 나타내는 이유가 될 수 있다¹⁶⁾.

본 연구에서 다른 접착시스템과 달리 G-Bond는 Er:YAG 레이저로 상아질을 표면처리한 군 (GB-L 군)은 레이저로 표면처리하지 않은 군 (GB 군)보다 통계학적으로 낮은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$, Table 3). 또한 주사전 자현미경적인 소견에서도 GB-L 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 큰 간극이 관찰되었고 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 레진테그는 모두 파절된 양상을 보였지만 (Fig. 4), GB 군은 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착과 막대모양의 긴 레진테그와 레진테그의 측방에서 짧은 측지가 관찰되었다 (Fig. 3). 이러한 결과는 Kameyama 등¹⁶⁾의 연구결과와 일치하였다. Kameyama 등¹⁶⁾은 Er:YAG 레이저를 조사한 상아질에 대한 G-Bond의 결합강도는 레이저를 조사하지 않은 경우보다 통계학적으로 낮게 나타났다고 하였고, 이러한 이유는 Er:YAG 레이저는 상아질 표면 아래에 형성된 깊은 균열에 의해 접착성 단량체가 충분히 침투할 수 없기 때문이라고 하였다.

본 연구에서 미세전단 결합강도를 측정된 후 광학입체현미경을 통하여 파절양상을 관찰한 결과, 레이저로 표면처리를 하지 않은 군과 표면처리한 군 모두에서 대부분 혼합성 파절 (65-70%)이 관찰되었고, 레이저로 표면처리한 군에서는 표면처리하지 않은 군에 비해 더 많은 접착성 파절 (25-40%)이 관찰되었다 (Table 3).

Brulat 등³⁵⁾은 Er:YAG 레이저와 카바이드 버로 삭제한 상아질에 대한 단일 단계 접착 시스템 (iBond, Xeno III)의 파절양상은 대부분 혼합성 파절 (65-80%)을 나타냈지만, 접착성 파절은 Er:YAG 레이저 조사된 시편 (20-30%)이 버로 삭제한 시편 (10-20%)에서 보다 더 증가되었다고 하였다.

또한 Kameyama 등¹⁶⁾도 G-Bond를 사용한 경우 레이저를 조사한 상아질과 조사하지 않는 상아질 모두에서 대부분 혼합성 파절이 나타났고 하여 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다.

본 연구를 종합하면, Adper Prompt L-Pop과 ALL-Bond SE를 사용한 상아질에서 레이저로 표면처리한 군과 표면처리하지 않은 군의 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만, G-Bond를 사용한 군에서는 레이저를 이용한 상아질의 표면처리는 결합강도를 저하시키는 것으로 나타났다. 또한 현미경적인 소견에서 레이저에 의한 상아질의 표면처리는 비교적 짧거나 파절된 레진테그가 관찰되었고 레진테그의 측지가 관찰되지 않았다. 따라서 Er:YAG 레이저를 이용한 표면 처리는 단일 단계 접착제의 종류에 따라 상아질과 복합레진의 결합강도와 계면에 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

V. 결 론

이 연구는 Er:YAG 레이저로 표면 처리한 상아질과 처리하지 않은 상아질에 3종류의 단일 단계 접착시스템을 적용하여 결합강도와 계면형태를 비교함으로써 Er:YAG 레이저가 이러한 접착시스템의 결합에 미치는 영향을 평가하였다.

24개의 발거된 대구치의 상아질을 노출시킨 후, 1.2 mm의 두께의 디스크 모양의 절편을 제작하여 무작위로 6개의 군에 배정하였다. 시편은 상아질 표면에 Adper Prompt L-Pop (LP 군), G-Bond (GB 군) 및 ALL-Bond SE (AB 군)를 직접 적용한 군과 레이저로 표면처리한 후 접착제를 각각 적용한 LP-L 군, GB-L 군 및 AB 군으로 분류하였다. LP 군과 LP-L군은 Z 250을, GB 군과 GB-L 군은 Gradia direct P를, AB 군과 AB-L 군은 Aelite LS를 Tygon tube에 충전하여 상아질면에 접착하였다. 제작된 각 군의 시편은 미세전단 결합강도를 측정하기 직전까지 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

각 군의 시편을 universal testing machine을 이용하여 전단결합강도를 측정한 후 각 시편에서 파절된 양상은 광학입체현미경하에서 관찰하였다. 각 군의 미세전단 결합강도는 two-way ANOVA와 t-test 및 Tukey post-hoc검정을 이용하여 분석하여 비교하였다.

복합레진과 상아질 계면을 관찰하기 위해 6개의 발거된 대구치를 이용하였다. 6개의 군으로 분류하고 복합레진을 축조한 다음, 주사전자현미경 관찰을 위한 시편을 제작하였다.

각 군의 결합강도와 현미경적인 소견을 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. LP 군, GB 군 및 AB 군의 결합강도 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, LP-L 군과 AB-L 군의 결합강도는 GB-L군에 비해 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$).

2. 6개의 군 모두에서 대부분 혼합성 파절 (65-70%)이 관찰되지만, 레이저로 표면처리한 군이 처리하지 않는 군보다 더 많은 접착성 파절 (25-40%)이 관찰되었다.
3. GB-L 군을 제외한 다른 모든 군은 상아질과 복합레진 계면에서 긴밀한 접착을 나타내었고, 레이저로 표면처리하지 않은 군은 막대모양의 긴 레진테그와 짧은 측지가 관찰되었지만, 레이저로 표면처리한 군에서는 짧거나 파절된 레진테그가 관찰되었다.

이 연구를 종합하면, 단일 단계 접착시스템을 사용할 경우 레이저를 이용한 상아질의 표면처리는 접착시스템의 종류에 따라 결합강도가 현저히 저하될 수 있다.

참고문헌

1. Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 13:101-104, 2000.
2. Nunez R. Competitive analysis of self-etch adhesives. *Dent Research & Appl* 1:12-14, 2007.
3. Clerfil tri-S Bond. Technical product profile, Kuraray, Osaka, Japan, 2005.
4. Oliveira DC, Manhaes LA, Marques MM, Matos AB, Microtensile bond strength analysis of different adhesive systems and dentin prepared with high-speed and Er:YAG laser: A comparative study. *Photomed Laser Surg* 23:219-224, 2005.
5. Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent* 2:99-116, 2000.
6. Hibst R. Lasers for caries removal and cavity preparation: status of the art and future directions. *J Oral Laser Appl* 2:203-212, 2002.
7. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Nakamura G, Matsumoto K. Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation with or without water mist. *J Dent Laser Med Surg* 17:105-109, 1999.
8. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh Jr JT. The effects of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc* 124:65-70, 1993.
9. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, Hickel R. Bactericidal effects of 2.94 μ g Er:YAG-laser radiation on dental root canals. *J Endod* 25:490-493, 1999.

10. Bitter K, Volk C, Neumann K, Kielbassa AM. Bond strength of fiber posts after application of Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod* 34:306-309, 2008.
11. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, Wigdor HA, Walsh Jr. JT Shear bond strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. *J Dent Res* 75:599-605, 1996.
12. Oho T, Morioka T. A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res* 24:86-92, 1994.
13. Schwartz F, Sculean JA, Georg T, Reich E. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planning. A controlled clinical study. *J Periodontol* 72:361-367, 2001.
14. Barceleiro MO, Mello JB, Mello GPS, Dias KRHC, Miranda MS, Filho HRS. Hybrid layer thickness and morphology: The influence of cavity preparation with Er:YAG laser. *Oper Dent* 30:304-310, 2005.
15. Celik EU, Ergucu Z, Turkun S, Turkun M. Shear bond strength of different adhesives to Er:YAG laser-prepared dentin. *J Adhes Dent* 8:319-325, 2006.
16. Kameyama A, Aizawa K, Kato J, Hirai Y. Tensile bond strength of single-step self-etch adhesives to Er:YAG laser-irradiated dentin. *Photomed Laser Surg* 27:3-10, 2009.
17. Ramos RP, Chinelatti MA, Chimello DT, Borsatto MC, Pecora 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 Spec No.* 19-20, 2004.
18. Van Meerbeek B, De Munk J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strength of an etch & rinse and self-etch

- adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent* 28:647-660, 2003.
19. Martinez-Insua A, Domingues L S, Rivera FG, Santana-Penin UA. Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG-laser-treated enamel and dentin. *J Proshet Dent* 84:280-288, 2000.
 20. Bertrand MF, Semez G, Leforestier E, Mulla-Bolla M, Nammour S, Rocca JP. Er:YAG laser cavity preparation and composite resin bonding with a single component adhesive system: relationship between shear bond strength and microleakage. *Laser in Surg Med* 38:615-623, 2006.
 21. 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.
 22. Bertrand MF, Rocca JP. Er:YAG laser and conservative dentistry. *EMS-Stomatologie* 1:104-115, 2005.
 23. Han SH, Kim ES, Cho YG. Enamel adhesion of light- and chemical-cured composites coupled by two step self-etch adhesives. *J KACD* 32:169-179, 2007.
 24. Moon YH, Kim JR, Choi KK, Park SJ. The Effect of thermocycling on the durability of dentin adhesive systems. *J KACD* 32:222-235, 2007.
 25. Seon EM, Kim HC, Hur B, Park JK. The effect of different bonding systems on shear bond strength of repaired composite resin. *J KACD* 33:125-132, 2008.
 26. Monghini, EM, Wanderley RL, Pecora JD, Palma Dibb RG, Corona SAM, Borsatto MC. Bond strength to dentin of primary teeth irradiation with varying Er:YAG laser energies and SEM examination of the surface morphology. *Laser in Surg Med* 34:397-401, 2004.

27. Kameyama A, Kawada E, Amagai T, Takizawa M, Oda Y, Hirai Y. Effect of HEMA on bonding of Er:YAG laser-irradiated bovine dentine and 4-META/MMA-TBB resin. *J Oral Rehabil* 29:749-755, 2002.
28. Aizawa K, Kameyama A, Kato J Oda Y, Hirai Y. Influence of free hand vs. uniform irradiation on tesile bond strength in Er:YAG-lased dentin. *J Adhes Dent* 10:295-299, 2008.
29. Mine A. Effect of Er:YAG laser irradiation on bonding, structural and mechanical properties of dental hard tissues. *J Okayama Dent Assoc* 22:123-137, 2003.
30. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Cavalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent Res* 30:371-382, 2002.
31. Yoshida E, Uno S. Void formation along the bonding interface between a smeared dentin surface and all-in-one adhesives. *Dent Mater* 23:643-649, 2004.
32. Hayakawa T, Kikutake K, Nemoto K. Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dent Mater* 14:99-105, 1998.
33. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17:296-308, 2001.
34. Wanessa C, Michelle SZ, Delfino CCS, Pecora JD, Palma-Dibb RG, Corona SAM. Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er:YAG laser or air abrasion. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 86B: 321-329, 2008.
35. Brulat N, Rocca JP, Leforestier E, Fiorucci G, Nammour S, Bertrand MF. Shear bond strength of self-etching adhesive systems to Er:YAG-laser-prepared dentin. *Lasers Med Sci* 24:53-57, 2009.

사진부도

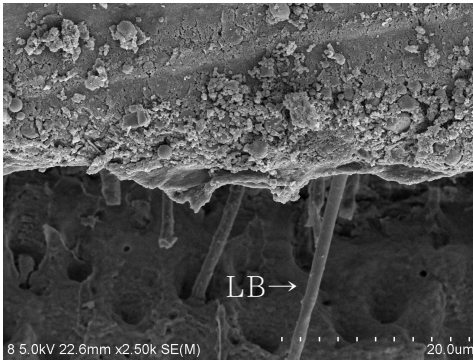


Fig. 1. SEM photograph showing the close adaptation and long rod shaped resin tags with lateral branches(LB) in LP group.

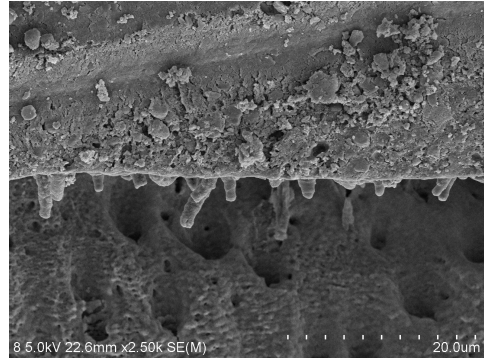


Fig. 2. SEM photograph showing the close adaptation and short resin tags in LP-L group.

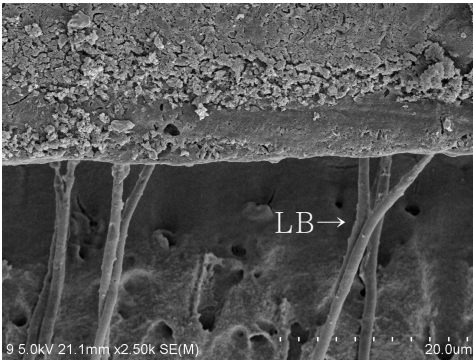


Fig. 3. SEM photograph showing the close adaptation and long rod shaped resin tags with lateral branches(LB) in GB group.

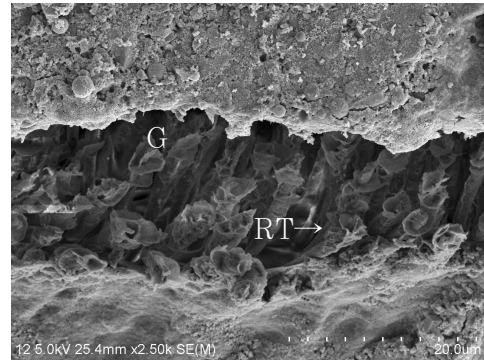


Fig. 4. SEM photograph showing the wide gap and fractured resin tags(RT) at the interface of resin-dentin in GB-L group.

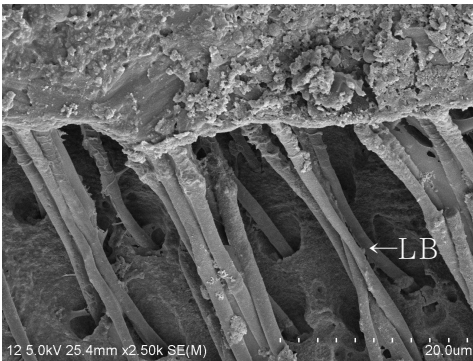


Fig. 5. SEM photograph showing the close adaptation and numerous long rod shaped resin tags with LB in AB group.

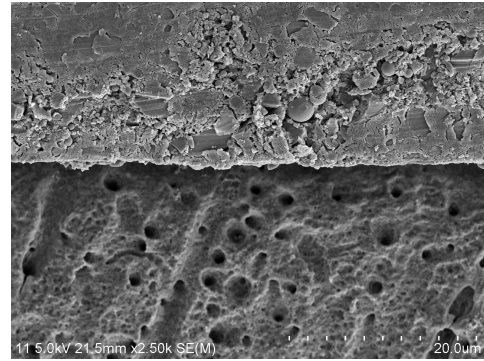


Fig. 6. SEM photograph showing the close adaptation and no resin tags at the interface of resin-dentin in AB-L group.

| 저작물 이용 허락서 | | | | | |
|---|--|-----|----------|-----|----|
| 학 과 | 치의학과 | 학 번 | 20077382 | 과 정 | 박사 |
| 성 명 | 한글: 이 명 구 한문 : 李明求 영문 : Lee Myung Goo | | | | |
| 주 소 | 광주광역시 남구 백운동 213 | | | | |
| 연락처 | E-MAIL : 062)675-2822 | | | | |
| 논문제목 | 한글 : Er:YAG 레이저로 표면처리한 상아질에 대한 단일 단계 접착시스템의 결합 | | | | |
| | 영문 : Bonding of single-step adhesive systems to Er:YAG laser-irradiated dentin | | | | |
| <p>본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.</p> <p style="text-align: center;">- 다 음 -</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함 2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함. 3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함. 4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함. 5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함. 6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음 7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함. <p style="text-align: center;">동의여부 : 동의(○) 반대()</p> <p style="text-align: center;">2009 년 8 월 일</p> <p style="text-align: center;">저작자: 이 명 구 (서명 또는 인)</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">조선대학교 총장 귀하</p> | | | | | |