

## 미백 처리된 치아의 표면처리법이 레진과의 결합에 미치는 영향

최낙준 · 방몽숙 · 박하옥

전남대학교 치과대학 보철학 교실

### I. 서 론

심미적인 관심과 요구도가 증가하면서 치아변색을 주소로 내원하는 환자가 증가하고 있다. 치아변색을 일으키는 주요 원인은 법랑질의 착색이나 손상, 치수조직의 분해, 발수 후 심한 출혈, 외상과 감염, 약제 및 충전제 등을 들 수 있다.<sup>1)</sup> 이러한 변색된 치아의 심미적인 개선을 위한 방법으로 미백 처리가 시행되고 있으며<sup>2)</sup>, 1989년 Haywood등이 10% carbamide peroxide를 이용한 자가 치아 미백법을 처음으로 소개한 이래 급속히 확산되고 있다.<sup>3)</sup> 그러나 미백 처리는 치수 자극, 치질의 변화, 수복물의 미세누출, 복합레진의 접착력 감소, 치근흡수와 다른 변화 등과 같은 부작용이 나타날 수 있다.<sup>4)</sup>

치아미백제의 효과와 안정성에 관한 연구로는, Bentley 등<sup>5)</sup>이 생체 내에서 임상적인 색조가이드를 이용하여 미백효과와 차이를 컴퓨터로 분석하였고 Zalkind 등<sup>4)</sup>과 Scherer 등<sup>6)</sup>은 생체의 실험으로 미백 처리 후 전자주사현미경을 통하여 표면 변화를, Nathoo 등<sup>7)</sup>은 경도측정기를 이용하여 치질의 경도를, Bitter<sup>8)</sup>는 다양한 정도의 표면 다공과 변화에 관하여, Tietley<sup>9)</sup>는 건전한 법랑질과 산 부식된 법랑질에 35% 과산화수소수를 처리하였을 때 표면의 형태 변화를, 이 등<sup>10)</sup>은 24시간동안 미백 처리 후 미세잔금이 소실되었음을 보고 하였다. 이와 같은 미백제의 효과 및 안전성에 관한 평가 방법으로 경도 측정, 주사전자현미경관찰, 색조변화측정 등 다양한 방법들이 이용되고 있다.

최근에는 confocal laser scanning microscopy (CLSM)를 이용하여 치아의 표면을 관찰하는 방법들이 소개되고 있다.<sup>11-16)</sup> CLSM은 기존의 현미경에서 나타나는 간섭현상을 최소화함으로써 영상의 선명도를 극대화한 현미경으로서 연속적인 절편을 XY, XZ, YZ 평면에 의해 만들어 3차원적 영상을 구성할 수 있다는 특징을 가지고 있다.<sup>11)</sup> 시료를 광학 절단하여 내부를 관찰하며 재합성하여 다중화상에 의한 3차원적 분석과 물질의 표면을 관찰할 수 있는 장점이 있어 Fontana 등<sup>17)</sup>은 microradiography와 CLSM을 이용하여 법랑질의 탈회 정도를 비교하였고, White 등<sup>18)</sup>은 치아미백제가 법랑질과 상아질, 상아법랑 경계부에 미치는 영향을 CLSM를 이용하여 평가를 하였다.

미백 처리 후 심미성을 보다 개선하기 위하여 레진이나 도재 버니어 등의 심미적인 수복이 요구될 경우에는 보통 치아표면에 인산 처리를 하여 레진과의 결합을 얻게 된다.<sup>19-23)</sup> 근래는 치의학에서 레이저의 사용이 확대되어 연조직 수술, 근관 치료, 충치 제거, 법랑질과 상아질의 부식 처리 및 과민성 상아질의 치료 등 다양하게 이용되고 있으며,<sup>24-27)</sup> Neodymium:Yttrium-Aluminum-Garnet (Nd:YAG) 레이저는 Yamamoto 등<sup>28)</sup>이 치아 우식 예방에 사용할 수 있음을 보고한 바 있고, 레이저를 치아에 조사 시 레진과의 결합강도에 대한 여러 문헌들도 보고되고 있으나<sup>29-31)</sup>, 미백 처리된 치아에서 레이저 처리가 레진과의 결합에 미치는 영향에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

또한, 미백 처리 후 법랑질과 레진 간의 결합력 저하<sup>32,33)</sup>의 원인에 대하여, Perdigo 등<sup>34)</sup>은 법랑질 표층의 단백질, 무기염의 변화를, Josey 등<sup>35)</sup>은 법랑질의 표층과 표면 하부층의 변화를 원인으로 보고하였다. 그러나 Sung 등<sup>36)</sup>, 유 등<sup>37)</sup>, 김 등<sup>38)</sup>과 McGuckin 등<sup>39)</sup>들은 법랑질에 산소와 free peroxide, oxygen radical 등이 잔류하여 레진의 중합반응을 방해함으로써 결합력을 저하시킨다고 하였으며, Ruse 등<sup>40)</sup>은 법랑질 구성요소의 변화가 레진간 결합력에 변화를 가져오지 않는다고 보고하였다. 이와 같이 학자에 따라 다른 원인을 제안하고 있어서 그에 대한 명확한 규명을 위한 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 치아미백제가 치질 표면에 미치는 영향과 미백 처리된 치아에 인산 및 레이저 처리가 레진과의 결합에 미치는 영향을 알아보기 위하여 법랑질과 상아질을 대상으로 미백 처리 후, 인산 및 레이저 처리 후, 레진 결합 후와 파절 시험 후에 각각 CLSM로 관찰하고 레진과 치질과의 전단 결합강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 실험군의 구성

실험군과 대조군의 구성 및 실험과정은 Fig. 1, 2와 같은 방식으로 이루어졌다. 법랑질(E)과 상아질(D)

각각 120개씩 총 240개 시편을 이용하였으며, 동일 치아에서 4 분획하여 얻은 치아절편을 무작위로 네 군으로 나누어 실험에 이용하였다. 먼저 미백 처리한(BL) 군과 하지 않은(NB)군으로 나누고, 이를 각각 미백 처리하지 않고 레이저 처리한(NBLA) 군, 미백 처리하고 레이저 처리한(BLLA) 군, 미백 처리하지 않고 인산 처리한(NBAC) 군과 미백 처리하고 인산 처리한(BLAC) 군으로 분류하였다. 각 처리 과정별 CLSM 관찰은 미백 처리 후에 10개 시편을 연마면에 수평적 및 수직적으로, 레이저와 인산 처리 후 각 5개 시편을 수평적으로, 레진 결합 후 각 5개 시편을 수직적으로, 전단강도 실험 후 10개의 파절된 시편을 수평적 및 수직적으로 관찰하였으며, 전단강도 측정을 위한 시편은 각 군별로 15개씩 준비하였다.

### 2. 시편처리

치아우식이나 치주질환이 없고, 발치 도중에 발치점자로 인한 치아손상이 없는 제 3대구치를 2.0% sodium azide 용액에 저장 보관하여 이용하였다.<sup>41)</sup> 각 치아는 저속절단기(Isomet low speed saw®, Buehler, USA)를 이용하여 100-300 rpm속도로 교합면과 평행하게 교합면 열구 하방에서 2회 수평절제를 한 후 다시 직각으로 2회 수직 절제하여 동일치아에서 4개의 절편을 구하였다(Fig. 3). 분할된 치아 절편을 각각 법랑질이나 상아질이 표층에 위치되도

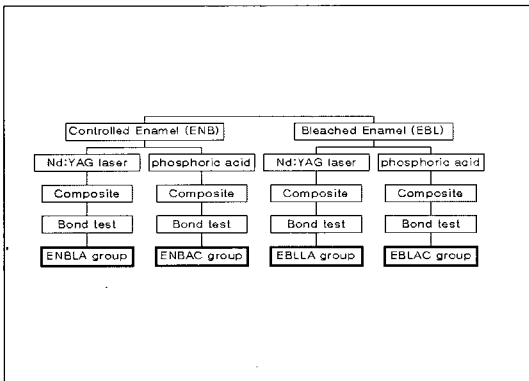


Fig. 1. Enamel specimens were divided into four groups and each step was observed by CLSM.

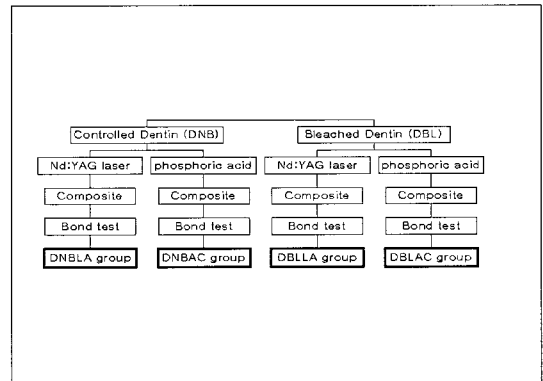
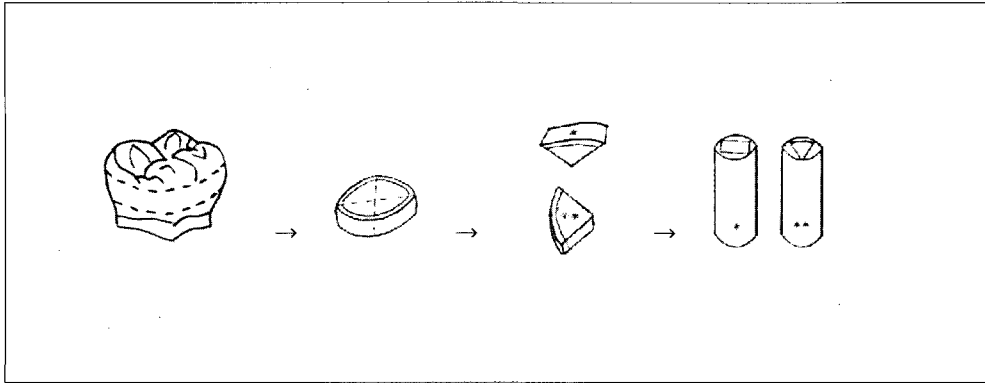


Fig. 2. Dentin specimens were divided into four groups and each step was observed by CLSM.



horizontal sectioning    vertical sectioning    specimen    mounted specimen  
 \* prepared enamel specimen, \*\* prepared dentin specimen

**Fig. 3.** Schematic representation of tooth sectioning and mounted specimen.

록 아크릴 봉에 포매하고(Fig.3), 600번 연마지(microcloth®, Buehler, USA)와 감마산화알루미나( $\gamma$ -micropolish®, Buehler, USA)를 사용하여 표면이 아크릴 봉의 장축에 대해 직각이 되게 연마하였다.

미백 처리는 10% carbamide peroxide를 함유한 Opalescence®(Ultradent Product, Inc., USA)를 사용하였으며, 제조자의 지시대로 1일 4시간씩 1주일간, 37°C, 94% 상대습도 상태(Imperial II incubator®, Lab/Line, U.S.A)에서 미백 처리하였다. 미백 이외의 시간은 인공타액과 사람타액을 1:1로 혼합한 혼합 타액내에 담근 후 교반하면서 37°C를 유지하도록 하여 구강내 상태와 유사하게 조건을 형성하였다. 일주일간 미백 처리가 끝난 범랑질과 상아질 군은 혼합타액(5ml/cup)에 다시 일주일간 담가서 미백제 처리에 따른 전단강도의 감소를 최소화하고자 하였다. 미백 처리와 일주일간 타액에 담근 다음 증류수로 다시 세척하고, 37°C, 94% 상대습도에 보관하여 다음 처리과정에 이용될 수 있도록 하였다. 대조군은 동일기간동안 37°C 혼합타액에 담갔다.

범랑질과 상아질에 대한 표면처리 방법은 35% 인산(Scotchbond™ Multi-purpose®, 3M, U.S.A)과 Nd:YAG 레이저(SUN lase master®, SUNRISE technologies, U.S.A)를 이용하였다. 인산 처리는 제조자의 지시대로 15초간 시행을 한 후, 15초간 물과 압축공기로 세척 후 2초간 건조시켰다. Nd:YAG 레이저를 이용한 표면처리 과정은 범랑질과 상아질 시편 표면에 검정 잉크(Pilot®, The pilot chem, korea)

를 도포한 후 2W, 20 Hz, 100 mJ/pulse에서 시행하였다. 표면처리가 끝난 시편들은 37°C, 94% 상대습도에 보관하여 다음 처리과정에 이용되도록 하였다.

표면 처리된 치질에 대한 레진접착제는 Scotchbond®(Scotchbond™ Multi-purpose®, 3M, U.S.A)를 이용하였다. 먼저 표면 처리된 치면에 primer를 도포한 후 5초간 공기로 건조시킨 후 레진 접착제를 도포하고 광중합기(Visilux™2, 3M, U.S.A)를 이용하여 10초간 광조사 하였다. Primer와 레진 접착제가 침투되는 현상을 CLSM로 관찰하기 위하여 이들에 0.1% rhodamine B isothiocyanate (Merck, Darmstadt, Germany)를 혼합하여 이용하였다<sup>12)</sup>. 레진접착제가 중합된 후 복합레진(Z-100®, 3M, U.S.A)으로 직경 1.5mm, 높이 2mm가 되도록 표면 처리된 시편에 적층 축성하고 24시간동안 100% 상대습도 상태에 보관하여 전단강도 측정에 이용하였다.

### 3. Confocal laser scanning microscopy(CLSM) 관찰

미백 처리과정이 끝난 후 BL 군과 NB 군의 관찰을 위해서, 각 군별로 10 개씩 취하여 5개 시편은 수평적 관찰을 위해 연마면의 하방 500 $\mu$ m 수평으로 절단하고, 5개 시편은 수직적 관찰을 위해 연마면에 수직방향으로 500 $\mu$ m 두께로 절단한 후 슬라이드 유리에 부착하고 0.1 mM rhodamine B(Aldrich

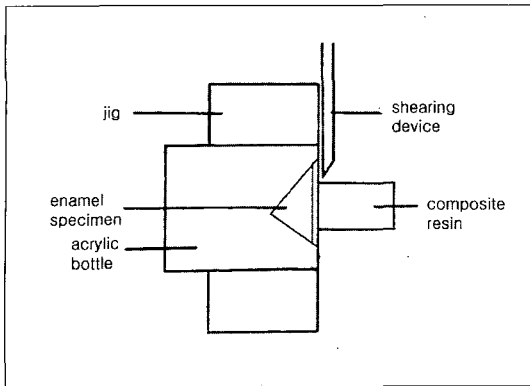


Fig. 4. Schematic drawing of specimen in testing apparatus.

Chem. Co., Milwaukee, USA) 용액에 1시간 담가서 염색한 다음,<sup>13)</sup> CLSM( Olympus fluoview 300, Olympus, Japan)에서 He-Ne 레이저원(488nm)을 이용하여 표층으로부터 약 5 $\mu$ m 하방을 400배, 800배, 1200배로 관찰하였다.

레이저와 인산 처리 후 NBLA 군, NBAC 군, BLLA 군과 BLAC 군의 수평적 관찰을 위해, 각 군별로 5개를 추출하여 연마면에서 500 $\mu$ m 하방을 수평으로 절단한 후 슬라이드 유리에 부착하고 0.1 mM rhodamine B 용액에 1시간 담가서 염색한 다음, 위와 같은 방법으로 CLSM에서 관찰하였다.

레진접착제를 광중합(Visilux™2, 3M, U.S.A)한 후 NBLA 군, NBAC 군, BLLA 군과 BLAC 군의 수직적 관찰을 위해, 0.1% rhodamine B isothiocyanate(Merck, Darmstadt, Germany)가 혼합된<sup>12)</sup> Primer와 레진접착제를 표면 처리된 각 군에 도포한 후 광중합한 각 5개 시편을 연마면에 수직방향으로 500 $\mu$ m 두께로 절단한 후 슬라이드 유리에 부착하고 CLSM에서 위와 같은 방법으로 관찰하였다.

전단강도 측정 후 NBLA 군, NBAC 군, BLLA 군과 BLAC 군의 파절된 시편을 관찰하기 위하여, 각 군별로 10 개씩 취하여, 5개 시편은 수평적 관찰을 위해 연마면의 하방 500 $\mu$ m를 수평으로 절단하고, 5개 시편은 수직적 관찰을 위해 연마면에 수직방향으로 500 $\mu$ m 두께로 절단한 후 슬라이드 유리에 부착하고 CLSM에서 위와 같은 방법으로 관찰하였다.

#### 4. 전단강도 측정

표면 처리된 각 군의 시편에 직경 1.5mm, 높이 2mm가 되도록 복합 레진을 적층 축성하여 완성된 시편을 고안된 고정장치에 레진과의 접합면이 지면과 수직되게 고정된 다음, 만능재료시험기(AGS-1000D, Shimadzu, Japan)에서 crosshead speed 3mm/min로 전단하중을 가하여, 치아로부터 레진시편이 분리될 때 전단결합강도를 기록하였다(Fig. 4).

#### 5. 통계 분석

전단강도 측정결과를 각 군별로 평균치와 표준편차를 정리하고 각 군간의 차이에 대한 통계학적인 유의성을 SAS(Statistical analysis System 8.0) 통계프로그램을 이용하여 Kruskal-Wallis test와 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. CLSM 관찰결과

가. 미백제 처리 후 법랑질과 상아질의 관찰

1) 법랑질 시편

ENB 군 및 EBL 군의 수평적 관찰에서 법랑질의 미세구조가 모두 뚜렷한 양상을 보이고 있으나, 수직적 관찰결과 ENB 군에 비하여 EBL 군에서 20 $\mu$ m 정도 더 깊게 rhodamine B에 염색이 되어있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 7).

2) 상아질 시편

수평적 관찰에서 DBL 군의 상아세관이 직경 5 $\mu$ m 정도 더 넓게 입구 쪽이 함몰되어 보였으며, DNB 군에 비해 rhodamine B의 염색이 진하게 나타남을 볼 수 있었다. 수직적 관찰결과에서 DNB 군에 비하여 DBL 군의 표층 쪽이 20 $\mu$ m 정도 진하게 염색된 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 8).

나. 레이저 및 인산 처리 후와 레진 결합 후 법랑질과 상아질 관찰

1) 법랑질 시편

ENBLA 군과 EBLLA 군에서는 법랑질 표면이

**Table I.** Shear bond strengths for the enamel groups(MPa)

Groups	Mean	SD	Pr < W	DISCRIM Procedure	
				Chi-Square	Pr > ChiSq
ENBAC	37.83	11.59	0.0030	9.362180	0.0248
EBLAC	24.50	7.82	0.2645		
EBLLA	21.94	5.23	0.3022		
ENBLA	21.96	5.36	0.0287		

E:enamel, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat

**Table II.** Duncan's Multiple range test and Kruskal-Wallis test for bond strength variation

Groups	Duncan grouping*	Mean	N	GLM	
				F Value	Pr > F
ENBAC	A	40.000	12	11.60	0.0001
EBLAC	B	22.833	12		
EBLLA	B	17.958	12		
ENBLA	B	17.208	12		
Kruskal-Wallis test		Chi-Square		Pr > ChiSq	
		20.7578		0.0001	

\* Means with the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

E:enamel, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat

**Table III.** Shear bond strengths for the dentin groups(MPa)

Groups	Mean	SD	Pr < W	DISCRIM Procedure	
				Chi-Square	Pr > ChiSq
DNBAC	43.75	11.94	0.4616	32.913931	<.0001
DBLAC	23.20	3.45	0.0211		
DNBLA	5.60	3.52	0.2759		
DBLLA	3.79	2.77	0.0400		

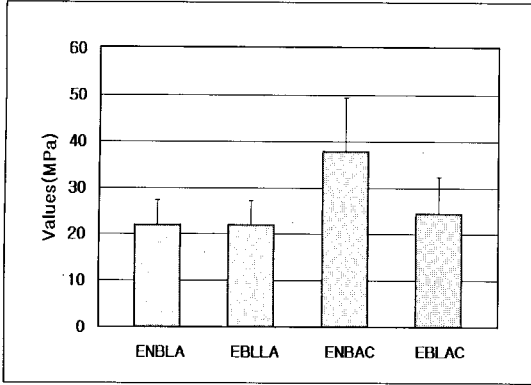
D:dentin, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat

**Table IV.** Duncan's Multiple range test and Kruskal-Wallis test for bond strength variation

Groups	Duncan grouping*	Mean	N	GLM	
				F Value	Pr > F
DNBAC	A	42.333	12	80.99	0.0001
DBLAC	B	30.667	12		
DNBLA	C	14.208	12		
DBLLA	C	10.792	12		
Kruskal-Wallis test		Chi-Square		Pr > ChiSq	
		39.7936		<.0001	

\* Means with the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

D:dentin, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat



E:enamel, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat

**Fig. 5.** Graph showing mean bond strengths & SD of the enamel groups

불규칙한 격자모양으로 균열이 발생하였으며, 수직면에서는 레진과의 결합이 불규칙하게 이루어진 것을 볼 수 있으나, 두 군간의 차이는 관찰되지 않았다. 이에 비해 ENBAC 군과 EBLAC 군에서는 균일한 부식면을 볼 수 있으며, 수직면에서 보면 ENBAC 군이 EBLAC 군보다 레진과의 결합이 더 균일하게 되었음을 관찰할 수 있었다(Fig. 9, 10, 14).

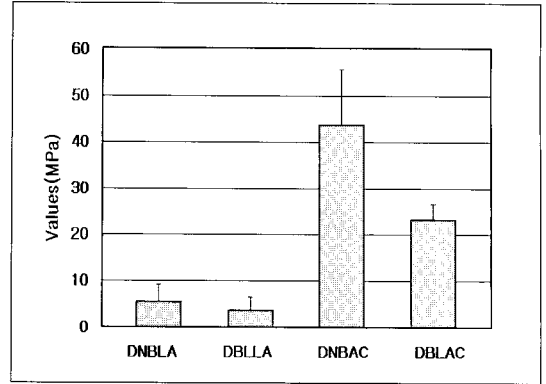
#### 2) 상아질 시편

DNBLA 군과 DBLLA 군에서 분화구모양의 양상과 표면이 거칠어짐을 관찰할 수 있었으며, 수직면에서는 두텁고 불규칙하게 레진과 결합되는 양상을 보였으나, 두 군간의 차이는 관찰되지 않았다. 반면, DNBAC 군의 상아세관 주위는 탈회되어 염색이 진하게 나타났고, DBLAC 군에서는 상아세관이 더 넓어지고 그 주위도 DNBAC 군에 비해 직경 3 $\mu$ m 정도 넓게 염색되었음을 관찰할 수 있었다. 수직면에서는 두 군 모두 비교적 균일한 형태로 레진과 결합됨을 관찰할 수 있었으나, 레진의 상아질내로 침투는 DNBAC 군이 DBLAC 군보다 50 $\mu$ m 정도 더 깊게 관찰되었다(Fig. 11, 12, 16).

### 다. 진단강도 측정 후 법랑질과 상아질 관찰

#### 1) 법랑질 시편

ENBLA 군과 EBLLA 군은 레진내 파절과 법랑질-레진간 계면에서 파절이 많이 관찰되었으며, ENBAC 군과 EBLAC 군은 치질내 파절과 레진내 파절이 주로 관찰되었다. 그러나 각각에서 미백 처리에 따른



D:dentin, NB:non-bleach, BL:bleach, LA:laser-treat, AC:acid-treat

**Fig. 6.** Graph showing mean bond strengths & S.D. of the dentin groups

차이는 관찰되지 않았다(Fig. 13).

#### 2) 상아질 시편

DNBLA 군과 DBLLA 군은 레진내 파절과 상아질-레진간 계면에서 파절이 주로 관찰되었고 DNBAC 군과 DBLAC 군에서는 상아질내 파절이나 레진내 파절이 주로 나타났으나, 각각에서 미백 처리에 따른 차이는 관찰되지 않았다(Fig. 15).

### 2. 진단강도

#### 가. 법랑질시편

ENBAC 군의 진단강도 평균치는 37.83 $\pm$ 11.59 MPa, EBLAC 군은 24.50 $\pm$ 7.82 MPa, ENBLA 군은 21.96 $\pm$ 5.36 MPa, EBLLA 군은 21.94 $\pm$ 5.36 MPa로 측정되었으며, 이를 통계처리한 결과 EBLAC 군이 ENBAC 군보다 통계학적으로 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈으며( $p < 0.05$ ) EBLLA 군과 ENBLA 군간의 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ )(Table I, II, Fig. 5).

#### 나. 상아질 시편

DNBAC 군의 진단강도 평균치는 43.75 $\pm$ 11.94 MPa, DBLAC 군은 23.20 $\pm$ 3.45 MPa, DNBLA 군은 5.60 $\pm$ 3.52 MPa, DBLLA 군은 3.79 $\pm$ 2.77 MPa로 측정되었으며, 이를 통계처리한 결과 DBLAC 군이 DNBAC 군보다 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈고( $p < 0.05$ ). DNBLA 군과 DBLLA 군간의 통

계학적인 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p>0.05$ ) (Table III, IV, Fig. 6).

#### IV. 총괄 및 고찰

자가 치아미백법은 변색된 치아의 심미적인 개선을 위한 방법의 하나로 소개되었다.<sup>3)</sup> 미백 처리 후 복합레진, 도재 버니어 등의 보철적 수복이 수반될 수 있으므로, 수복물과 미백 처리된 치면 간의 결합력은 반드시 고려되어야 한다. 미백 처리 직후 법랑질과 레진 간의 결합력은 일반적으로 감소하는 것으로 보고되고 있는데, 유 등<sup>37)</sup>과 McGuckin 등<sup>39)</sup>은 미백 처리 후 결합강도의 감소는 7일 경과 후에, Josey 등<sup>35)</sup>과 Dishman 등<sup>32)</sup>은 1일 경과 후에 정상적인 강도로 회복되었음을 보고하였다. 이러한 연구결과에 따라서 본 실험에서는 1주일간 미백 처리를 한 후 인공타액과 사람타액을 혼합한 혼합타액에 다시 1주일간 담가서 통상 미백 처리를 한 후 수복시 이루어지는 과정과 유사하게 실험을 하였다.

미백 처리가 치아표면에 미치는 영향에 관한 평가 중 형태학적인 연구로, 이 등<sup>10)</sup>은 24시간동안 미백 처리 후 법랑질 표면의 미세잔균이 소실되었으며 전반적으로 평활한 표면이 나타났다고 보고하였고, Bitter 등<sup>8)</sup>은 일정하지 않지만 표면 기공과 변화를, Perdigao 등<sup>30)</sup>은 법랑질의 최외층에서 단백질과 무기질 함량의 변화를, Josey 등<sup>35)</sup>도 법랑질 표면에서 균일성이 상실됨을 보고하였다. Rotstein 등<sup>42)</sup>은 미백 처리된 법랑질과 상아질에서 Ca/P 변화를 조직화학적 분석을 한 결과 Opalescence<sup>®</sup>가 법랑질에서는 변화가 없지만 상아질에서는 낮게 나타났음을 보고하였고, Zalkind 등<sup>4)</sup>은 10% carbamide peroxide로 미백 처리하였을 경우 주사전자현미경을 통해 관찰한 결과, 법랑질 표면이 처리하지 않은 대조군과 비교하여 매끈함이 유사하게 나타났으며, 상아질에서는 거칠고 산 부식된 양상을 나타내었다고 보고하였다.

본 연구에서는 confocal laser scanning microscopy (CLSM)을 이용하였는데, 최근에는 소개되고 있는 confocal scanning optical microscopy는 기존의 광학현미경에서 나타나는 간섭현상을 최소화함으로써 영상의 선명도를 극대화한 현미경으로 전자현미경과 광학현미경의 중간단계이며, 이는 크게 laser

scanning type (CLSM)과 tandem scanning microscopy (TSM)으로 이용되고 있다.<sup>14)</sup> CLSM을 이용할 경우 장점으로서는 시편을 얇게 절단할 필요가 없고, 관찰할 때 특별한 준비 작업이 요구되지 않기 때문에 주사전자 현미경 관찰시 일어날 수 있는 탈수에 의한 시편의 변형 위험이 없으며, 표면에 불규칙성이나 불순물이 있어도 표본의 표면 하부층을 관찰할 수 있고, 3차원적 영상을 구성할 수 있다는 점이다.<sup>13)</sup> 이러한 이유로 해부, 조직학 분야에서 연조직 관찰에 많이 사용하고 있으나 최근에는 특히 경조직의 표면에 관한 연구에도 이용되어, 레진이 치질에 침투되는 양상 및 치면과 수복물 간의 접합형태 등에 관한 분야에서 연구가 진행되고 있다.<sup>15,16)</sup> 본 실험에서는 미백 처리 후 법랑질 및 상아질의 미세구조의 변화를 관찰하기 위해 rhodamine B 염색을 이용하였으며, 법랑질과 상아질에 침투되는 결합제의 양상을 관찰하기 위해서 결합제 내에 rhodamine B isothiocyanate를 혼합하여 관찰하는 방법을 선택하였는데<sup>12,13)</sup>, 인산과 미백제 등에 의해 탈회된 부위 및 거칠어진 표면들은 rhodamine B에 염색되어 CLSM로 관찰할 수 있다.

본 연구에서 미백 처리 후 CLSM 관찰 결과, ENB 군과 EBL 군의 수평면에서 법랑질의 미세구조가 모두 뚜렷한 양상을 보이고 있으나, 수직적 관찰결과 ENB 군에 비하여 EBL 군에서 rhodamine B의 염색이 20 $\mu$ m 정도 더 깊은 부위까지 염색되는 것을 관찰할 수 있었으며 (Fig. 7), 이는 Perdigao 등<sup>30)</sup>의 미백 처리된 법랑질에서 연구와 유사하였다. 또한, DBL 군의 상아세관이 직경 5 $\mu$ m 정도 더 넓고 입구 쪽이 함몰되면서 DNB 군에 비해 rhodamine B의 염색이 진하게 나타남을 볼 수 있었으며, 수직적 관찰결과에서 보면 DNB 군에 비하여 DBL 군에서 표층 쪽이 20 $\mu$ m 정도 더 두터운 염색상이 관찰되어 (Fig. 8), Rotstein 등<sup>31)</sup>의 미백 처리된 상아질에서의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 이와 같이 미백 처리는 법랑질과 상아질 모두에서 표면 변화를 초래하였다고 생각된다. 그러나 White 등<sup>18)</sup>은 미백 처리 후 치질에서 변화가 발견되지 않았다고 보고하여 본 실험의 결과와는 상이하였다.

한편, 치의학 분야에서 레이저의 사용은 확대되고 있으며<sup>24)</sup>, 조 등<sup>25)</sup>은 레이저 조사 후 상아질의 주사현미경 소견으로 상아세관의 폐쇄와 직경의 감소 및

사용되는 레이저의 종류에 따라 결합강도의 차이를 보인다고 하였다. Nd:YAG 레이저는 연조직에 대하여 치은 절제술, 치은 성형술 등에 사용되며 경조직에 대해서도 우식 치질제거, 법랑질과 상아질의 부식, 과민성 치아치료 등 다양하게 이용되고 있다<sup>31)</sup>. Hess<sup>26)</sup>는 레이저를 치아에 조사시 열에 의해 치면이 용융되면서 작은 분화구 모양과 많은 소공, 그리고 거품 모양의 함입이 발생되며 이러한 거칠고 불규칙한 치면은 치과 수복물에 기계적인 유지를 제공한다 고 하였으며, Arcoria<sup>25)</sup>는 레이저를 이용하여 표면처리를 한 경우 산부식과 유사한 표면 거칠기가 이루어졌다고 하였다.

인산 처리는 1955년에 Buonocore<sup>43)</sup>가 85% 인산을 처음 소개한 이래 다양한 종류의 부식 방법들이 연구되어 왔으며, 통상적인 방법은 30-40%의 농도를 60초간 적용하는 것을 추천하고 있고, 이러한 적용 시간도 점점 단축되어 가는 과정에 있다. 인산으로 표면처리를 하는 경우 레진이 접합할 수 있는 충분한 결합강도를 제공할 뿐만 아니라 수복물과 법랑질 간의 미세누출도 감소시킨다.<sup>22)</sup> 상아질은 법랑질에 비하여 무기질의 함량이 다를 뿐만 아니라 도말층이 레진 결합에 장벽역할을 하여 결합강도를 감소시키나 최근의 3세대 상아질 결합제는 이러한 도말층을 완전히 제거하여 레진이 하부의 상아질에 침투되어 들어갈 수 있도록 하였다.<sup>23)</sup> Triol 등<sup>20)</sup>의 연구에 의하면 35% 인산을 이용하였을 경우 15초간 법랑질을 부식 한 경우에서 가장 높은 결합력을 보인다고 하였고, Perdigo 등<sup>21)</sup>은 35% 인산을 사용하여 상아질 부식을 한 경우 상아세관 사이에 미세기공과 관 주위 콜라겐 섬유 노출이 관찰되었다고 보고하였다. 그러므로 본 실험에서는 미백 처리된 치면에 레이저 처리와 인산 처리를 하였을 때의 법랑질과 상아질 표면의 차이를 알아보려 하였다.

본 실험의 CLSM 관찰에서 레이저 처리된 ENBLA 군과 EBLLA 군은 레이저의 열에 의해 법랑질 표면이 불규칙한 격자모양으로 균열이 발생하였으며, DNBLA 군과 DBLLA 군은 상아질 표면에 분화구 모양의 양상이 관찰되어 선헤<sup>26,27)</sup>의 연구와 유사하였으나, 비교되는 각 군간의 차이는 관찰되지 않았다. 한편 인산 처리된 ENBAC 군과 EBLAC 군에서는 균일한 부식면을 볼 수 있으나 수직면에서 보면 ENBAC 군이 EBLAC 군보다 레진과의 결합이 더

균일하게 되었음을 관찰할 수 있어서 Watson<sup>15)</sup>의 연구와 유사하였다. 또한 DNBAC 군의 상아세관 주위는 탈회되어 염색이 진하게 되었고, DBLAC 군에서는 상아세관이 직경 3 $\mu$ m 정도 넓게 염색되고 그 주위도 DNBAC 군에 비해 더 진하게 염색되었음을 관찰할 수 있었으나, 레진의 상아질내로 침투는 DNBAC 군이 DBLAC 군 보다 50 $\mu$ m 정도 더 깊게 관찰되었다. 이는 인산 처리 전에 이루어지는 미백 처리가 치질에 영향을 미쳐서 인산 처리 효과를 약화시킨다고 생각된다.

미백 처리된 법랑질과 레진간의 결합력에 관한 연구는 많은 선헤들에 의해 이루어졌다<sup>8-10,19,33,34,36-40)</sup>. 그러나 그 원인에 대하여는 아직 논란의 여지가 있는 것으로 생각된다. Perdigo 등<sup>34)</sup>은 10% carbamide peroxide를 처리하였을 경우 법랑질의 산소농도에는 영향을 주지 않았으나 상대적으로 칼슘, 인산 등이 감소하며 법랑질에 대한 레진의 전단강도 저하가 법랑질 표층의 단백질, 무기염의 변화 때문이라고 보고하였다. 반면, Sung 등<sup>36)</sup>은 carbamide peroxide를 이용한 미백 처리 후 법랑질의 잔류 산소 때문에 레진의 중합이 영향을 받아 접착력이 감소한다고 보고 하였으며, 유 등<sup>37)</sup>과 김 등<sup>38)</sup>도 잔존 산소의 영향으로 미백 처리된 법랑질에서 복합레진의 결합강도 감소를 보고한 바 있다.

본 실험의 전단강도 측정결과에서, 레이저로 표면 처리된 시편들의 전단 결합강도 평균치는 법랑질 시편에서 ENBLA 군이 21.96 $\pm$ 5.36 MPa, EBLLA 군이 21.94 $\pm$ 5.36 MPa로 측정되었으며, 상아질 시편에서 DNBLA 군은 5.60 $\pm$ 3.52 MPa, DBLLA 군은 3.79 $\pm$ 2.77 MPa로 측정되어 각 군간의 통계학적인 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05). 이는 레이저 처리가 미백 처리에 의해 영향받는 범위 보다 더 깊은 부위까지 레이저의 열로 치면을 부식시켜서 미백 처리 후 레진의 접착력 감소에는 영향을 덜 받는다고 생각되나, 그 이유에 대해서는 더 많은 연구가 있어야 할 것이다.

그러나 인산 처리된 시편들은 레이저 처리된 경우와는 다른 점이 관찰되었다. 법랑질 시편에서 ENBAC 군의 전단강도 평균치는 37.83 $\pm$ 11.59 MPa, EBLAC 군은 24.50 $\pm$ 7.82 MPa, 상아질 시편에서 DNBAC 군은 43.75 $\pm$ 11.94 MPa, DBLAC 군은 23.20 $\pm$ 3.45 MPa로 측정되어, 이를 통계 처리한 결



과 EBLAC 군과 DBLAC 군이 각각 ENBAC 군과 DNBAC 군 보다 통계학적으로 유의하게 낮은 결합강도를 나타내었다( $p<0.05$ ). 즉, 범랑질 뿐만 아니라 상아질에서도 미백 처리 후 인산 처리한 경우가 미백 처리하지 않고 인산 처리한 경우에 비해 복합레진의 결합강도가 감소되어 선행들<sup>32-35,37,39)</sup>의 연구와 같이 미백 처리 후 결합력이 감소한다는 점에서는 일치하였으나, 본 연구에서는 일주일 후에도 결합력 감소가 나타났으므로 결합력 회복 시기에 대해서는 다소 차이점이 관찰되었다. 또한 Sung 등<sup>36)</sup>은 미백 처리된 치면에서 에탄올이 함유된 레진접착제는 잔존 산소에 의해 중합반응이 영향을 받지 않는 반면 아세톤이 함유된 레진접착제는 잔존 산소 때문에 중합반응이 방해를 받아 복합레진의 결합력 감소를 초래한다고 보고한 바 있다. 본 실험에 사용한 Scotch-bond<sup>®</sup>는 에탄올이 함유되어 있으므로 이들의 제안에 비추어보면 결합력이 감소되지 않아야 하나, 본 실험의 결과는 결합력의 감소가 나타나서 잔존 산소의 원인설을 뒷받침하지 못하였다. 그러므로 결합력 감소의 원인은 본 실험의 결과인 범랑질 및 상아질의 미세구조의 변화 때문이라고 생각된다. 정확한 원인 분석을 위해서는 다른 종류의 아세톤 및 에탄올 함유의 레진 결합제에 대해서도 연구가 필요하리라 생각된다.

전단강도 측정 후 파절 시편의 CLSM 관찰결과는 범랑질 및 상아질 각각에서 레이저 처리(NBLA & BLLA)군은 레진내 파절과 치질-레진간 계면에서 파절이 많이 관찰되었으며, 인산처리(NBAC & BLAC)군은 치질내 파절과 레진내 파절이 주로 관찰되어 선행<sup>44)</sup>의 연구와 유사하게 나타났으나, 비교되는 각 군에서 미백 처리에 따른 차이는 관찰되지 않아서 유 등<sup>37)</sup>의 보고와는 상이하게 나타났다.

미백 후 레이저 조사나 인산 처리된 시편의 표면 관찰은 CLSM을 이용하여 그 차이를 충분히 알 수 있었고 전단강도를 측정하고 이에 대한 양상을 관찰하는 과정에서는 치질내의 파절, 치질과 결합제 간의 파절, 결합제의 파절 등에 대해서는 충분히 관찰이 가능하였으나, 레진 간의 파절이 일어난 경우 시편의 두께가 증가하기 때문에 표면 관찰이 불가능하였다. 본 실험의 결과에서와 같이 CLSM은 특히 치아의 무기질 탈회나 기타 시편의 표면 거칠기와 표면 처리에 따른 영향 및 레진 수복시 치질간의 접합양

상 관찰에 많은 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각되며, 추후 이러한 연구결과를 기초로 범랑질과 상아질의 표면처리에 따른 미세구조의 변화 관찰과, 레진 결합제와 치면간의 결합양상 및 미세출동에 관한 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 치아미백제가 치질 표면에 미치는 영향과 미백 처리된 치아에 인산 및 레이저 처리가 레진과의 결합에 미치는 영향을 알아보기 위하여 범랑질(E)과 상아질(D)을 대상으로 미백 처리한(BL) 군과 하지 않은(NB) 군으로 나누고, 이를 각각 미백 처리하지 않고 레이저 처리한(NBLA) 군, 미백 처리하고 레이저 처리한(BLLA) 군, 미백 처리하지 않고 인산 처리한(NBAC) 군과 미백 처리하고 인산 처리한(BLAC) 군으로 분류하여, 미백 처리 후, 인산 및 레이저 처리 후, 레진 결합 후와 파절 시험 후에 각각 confocal laser scanning microscopy로 관찰하고 레진과 치질간의 전단 결합강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. EBL 군은 ENB 군 보다 20 $\mu$ m 정도 더 깊게 rhodamine B에 염색되었고, DBL 군도 DNB 군에 비해 상아세관의 입구 쪽이 함몰되어 보이고, 직경은 5 $\mu$ m 정도 넓게, 수직적으로는 20 $\mu$ m 정도 깊게 rhodamine B에 염색됨을 관찰할 수 있었다.
2. ENBAC 군은 EBLAC 군에 비해 레진과 균일하게 결합된 양상을 관찰할 수 있었고, DNBAC 군은 DBLAC 군 보다 50 $\mu$ m 정도 깊게 레진이 침투되었음을 관찰할 수 있었다. 그러나 ENBLA 군과 EBLLA 군 간, DNBLA 군과 DBLLA 군 간의 차이점은 관찰되지 않았다.
3. 범랑질 시편의 전단강도 측정결과 EBLAC 군이 ENBAC 군 보다 통계학적으로 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈다( $p<0.05$ ). 그러나 EBLLA 군과 ENBLA 군 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p>0.05$ ).
4. 상아질 시편의 전단강도 측정결과 DBLAC 군이 DNBAC 군에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 강도를 나타냈으나( $p<0.05$ ), DBLLA 군과 DNBLA 군 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p>0.05$ ).

이상의 결과로 치아미백제 처리가 법랑질 및 상아질의 표면 변화와 인산 처리 후 레진과의 결합력 감소를 초래함을 시사하였다.

### 참고문헌

1. Grossman LI : Endodontic Practice, 11th, Philadelphia, Lea & Febiger, 271-277, 1988.
2. Suk-Kun Kim : Esthetic reconstruction by bleaching of stained teeth, 88-95, 1992.
3. Haywood VB : Overview and status of mouthguard bleaching. J Esthetic Dentistry 3:157-61, 1991.
4. Zalkind M. Arwaz JR. Goldman A. Rotstein I : Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study. Endodontics & Dental Traumatology 12:82-8, 1996.
5. Bentley C. Leonard RH. Nelson CF. Bentley SA : Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. JADA 130:809-16, 1999.
6. Scherer W. Penugonda B. Styner D. Georgescu M : At-home vital bleaching: effects on stained enamel and dentin. Practical Periodontics & Aesthetic Dentistry 4:11-5, 1992.
7. Nathoo SA. Chmielewski MB. Kirkup RE : Effects of Colgate Platinum Professional Toothwhitening System on microhardness of enamel, dentin, and composite resins. Compendium. Suppl 17:S627-30, 1994.
8. Bitter NC : A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report. J Prosthet Dent 67:852-5, 1992.
9. Titley K. Torneck CD. Smith D : The effect of concentrated hydrogen peroxide solutions on the surface morphology of human tooth enamel. J Endodontics 14:69-74, 1988.
10. Jae-Yoon Lee, Dong-Hoon Shin, Chan-hui Hong : Bleaching effect and surface change induced by 3 bleaching agents on the extrinsically stained teeth, The journal of Korean academy of conservative dentistry 20:802-811, 1995.
11. Zucker RM. Price OT : Practical confocal microscopy and the evaluation of system performance. Methods 18:447-58, 1999.
12. Pioch T. Stotz S. Staehle HJ. Duschner H : Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. Advances in Dental Research 11:453-61, 1997.
13. Gonzalez-Cabezas C. Fontana M. Dunipace AJ. Li Y. Fischer GM. Proskin HM. Stookey GK : Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study. Caries Research 32:385-92, 1998.
14. Watson TF : Application of confocal scanning optical microscopy to dentistry. British dental journal 9:287-290, 1991.
15. Watson TF : A confocal microscopy study of the morphology of the tooth/restoration interface using Scotchbond 2 dentin adhesive. J Dent Res 68:1124-1131, 1989.
16. Byung-Chul Park, Young-Gon Cho, Joo-Hoon Moon : A confocal laser scanning microscopic study on the interface between tooth colored restorative materials and dentin. The journal of Korean academy of conservative dentistry 25:313-320, 2000.
17. Fontana M, Li Y, Dunipace AJ, Noblitt TW, Fischer G, Katz BP, Stookey GK : Measurement of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. Caries Res 30:317-325, 1996.
18. White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner HJ, Gotz H : Effects of Tooth-whitening gels on enamel and dentin ultrastructure-A con-

- focal laser scanning microscopy pilot study. *Compendium. Suppl* 29:S29-34, 2000.
19. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ Jr, Pires JAF : Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. *J Esthetic Dentistry* 3:100-2, 1991.
  20. Triol PT Jr, Swift EJ Jr, Mudgil A, Levine A : Effect of etching time on enamel bond strength. *American J of Dentistry* 6:302-304, 1993.
  21. Perdigao J, Lambrechts P, Meerbeek BV, Tome AR, Vanherle G, Lopes AB : Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater* 12:262-271, 1996.
  22. Crim GA, Shay JS : Effect of etchant time on microleakage. *J Dent Child* 54:339-340, 1987.
  23. Swift EJ Jr, Perdigao J, Heymann HO : Bonding to enamel and dentin : A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 26:95-110, 1995.
  24. Hyun-Chul Kim : Case by dental laser. *Jisung*. 1994.
  25. Ju-On Cho, Kwang-Yeob Song, Chan-Woon Park : An-experimental study on the effect of laser to bond strength between composite resin and bovine teeth. *The journal of korean academy of prosthodontics* 27:155-165, 1989.
  26. Hess JA : Scanning electron microscopy study of laser-induced morphologic changes of a coated enamel surface. *Laser in surgery and medicine* 10:458-462, 1990.
  27. Arcoria CJ, Lippas MG, Vitasek BA : Enamel surface roughness analysis after laser ablation and acid-etching. *J Oral Rehabil* 20:213-224, 1993.
  28. Yamamoto H, Ooya K : Potential of Neodymium:Yttrium-Aluminum-Garnet laser in caries prevention. *J Oral Pathology* 3:7-15, 1974.
  29. Roberts-Harry DP : Laser etching of teeth for orthodontic bracket placement: a preliminary clinical study. *Lasers in Surgery & Medicine* 12:467-70, 1992.
  30. von Fraunhofer JA, Allen DJ, Orbell GM : Laser etching of enamel for direct bonding. *Angle Orthodontist* 63:73-6, 1993.
  31. Myers TD, McDaniel JD : The pulsed Nd:YAG dental laser: review of clinical applications. *J of the California Dental Association* 19:25-30, 1991.
  32. Dishman MV, Covey DA, Baughan LW : The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dental Materials* 10:33-6, 1994.
  33. Titley KC, Torneck CD, Smith DC, Adibfar A : Adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel. *J Dent Res* 67:1523-8, 1988.
  34. Perdigao J, Francci C, Swift EJ Jr, Ambrose WW, Lopes M : Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel. *American J of Dentistry* 11:291-301, 1998.
  35. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL : The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil* 23:244-50, 1996.
  36. Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA : Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel. *J Prosthet Dent* 82:595-599, 1999.
  37. Mi-Kyung Yu, Kwang-Won Lee, Kwang-Yeob Song, Ho-Hyun Son : An experimental study on bond strength of composite resin to bleached enamel. *The journal of korean academy of conservative dentistry* 19:114-123, 1994.

38. Eun-Hee Kim, Young-Gon Cho, Ho-Keel Hwang : A study on the shear bond strength of the composite resin according to the surface treatment of the bleached enamel. *The journal of korean academy of conservative dentistry* 20:351-361, 1995.
39. McGuckin RS. Thurmond BA. Osovitz S : Enamel shear bond strengths after vital bleaching. *American J of Dentistry* 5:216-22, 1992.
40. Ruse ND. Smith DC. Torneck CD. Titley KC : Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel. *J Dent Res* 69:1610-3, 1990.
41. DeWald JP. Arcoria CJ. Ferracane JL : Evaluation of glass-cermet cores under cast crowns. *Dental Materials* 6:129-32, 1990.
42. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissue following bleaching. *J Endodontics* 22:23-26, 1996.
43. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34:849-853, 1955.
44. Woo GJ, Yang Hong-So : An effect of Nd:YAG laser on the bonding strength of composite resin to dentin and porcelain. *J Kor Academy of Prosthodontics* 35:385-399, 1997.

---

**Reprint request to:**

**Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D.**

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University  
hak-1-dong, Dong-gu, Gwang-ju, 501-757, Korea

Tel. 82-62-220-4430

E-mail : msvang@hanmail.net

## 사진부도 설명

- Fig. 7. CLSM image showing enamel specimens.  
 7a : ENB group, horizontal view(Scale bar, 20 $\mu$ m)  
 7b : EBL group, horizontal view(Scale bar, 20 $\mu$ m)  
 7c : ENB group, vertical view(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 7d : EBL group, vertical view(Scale bar, 50 $\mu$ m)
- Fig. 8. CLSM image showing dentin specimens.(Scale bar, 20 $\mu$ m)  
 8a : DNB group, horizontal view                      8b : DBL group, horizontal view  
 8c : DNB group, vertical view                      8d : DBL group, vertical view
- Fig. 9. CLSM image showing enamel specimens treated with laser or phosphoric acid, horizontal views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 9a : ENBLA group                      9b : ENBAC group  
 9c : EBLLA group                      9d : EBLAC group
- Fig. 10. CLSM image showing enamel specimens treated with adhesive resin, vertical views.  
 10a : ENBLA group (Scale bar, 50 $\mu$ m)                      10b : ENBAC group (Scale bar, 20 $\mu$ m)  
 10c : EBLLA group (Scale bar, 50 $\mu$ m)                      10d : EBLAC group (Scale bar, 20 $\mu$ m)
- Fig. 11. CLSM image showing dentin specimens treated with laser or phosphoric acid, horizontal views.  
 11a : DNBLA group (Scale bar, 50 $\mu$ m)                      11b : DNBAC group (Scale bar, 20 $\mu$ m)  
 11c : DBLLA group (Scale bar, 50 $\mu$ m)                      11d : DBLAC group (Scale bar, 20 $\mu$ m)
- Fig. 12. CLSM image showing dentin specimens treated with adhesive resin, vertical views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 12a : DNBLA group                      12b : DNBAC group  
 12c : DBLLA group                      12d : DBLAC group
- Fig. 13. CLSM image showing fractured enamel specimens after shear bond testing, horizontal views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 13a : ENBLA group                      13b : ENBAC group  
 13c : EBLLA group                      13d : EBLAC group
- Fig. 14. CLSM image showing fractured enamel specimens after shear bond testing, vertical views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 14a : ENBLA group                      14b : ENBAC group  
 14c : EBLLA group                      14d : EBLAC group
- Fig. 15. CLSM image showing fractured dentin specimens after shear bond testing, horizontal views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 15a : DNBLA group                      15b : DNBAC group  
 15c : DBLLA group                      15d : DBLAC group
- Fig. 16. CLSM image showing fractured dentin specimens after shear bond testing, vertical views.(Scale bar, 50 $\mu$ m)  
 16a : DNBLA group                      16b : DNBAC group  
 16c : DBLLA group                      16d : DBLAC group

\* Abbreviation explanation of Fig. 7-16.

E : enamel, D : dentin, NB : non-bleach, BL : bleach LA : laser-treat, AC : acid-treat

사진부도 ①

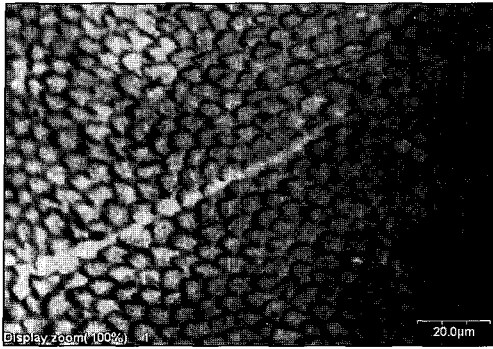


Fig. 7a

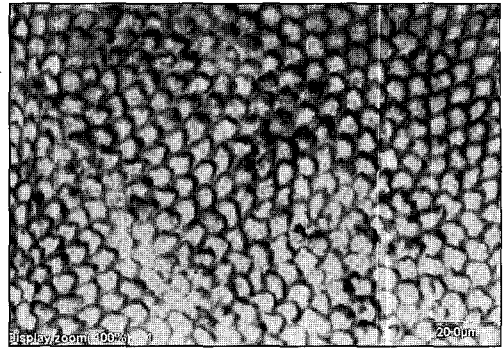


Fig. 7b

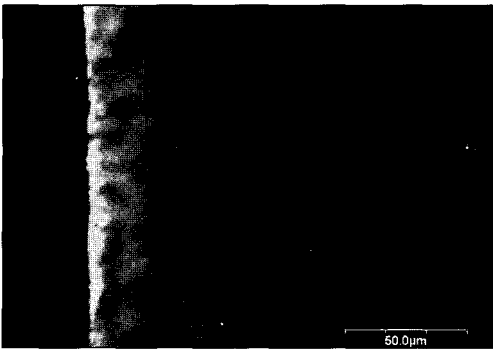


Fig. 7c

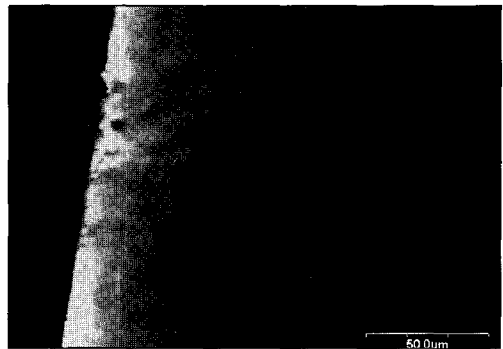


Fig. 7d

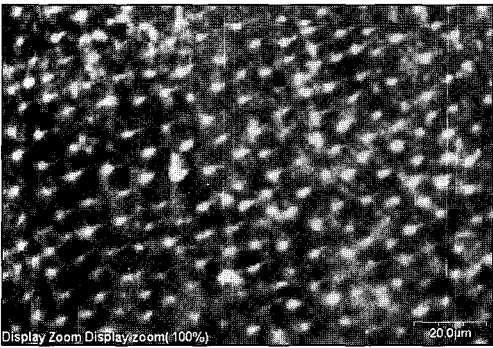


Fig. 8a

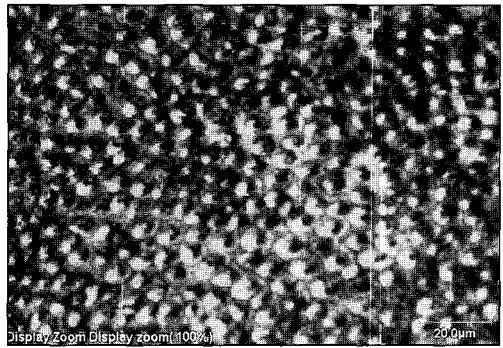


Fig. 8b

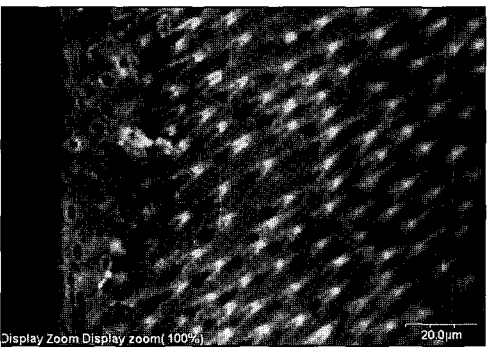


Fig. 8c

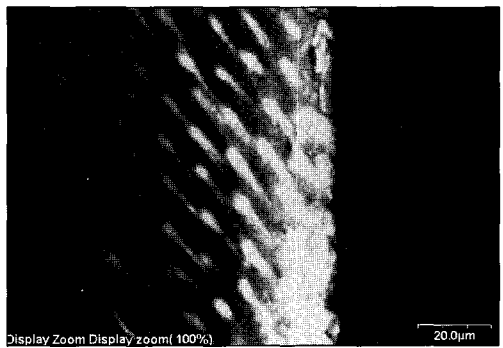


Fig. 8d

사진부도 ②

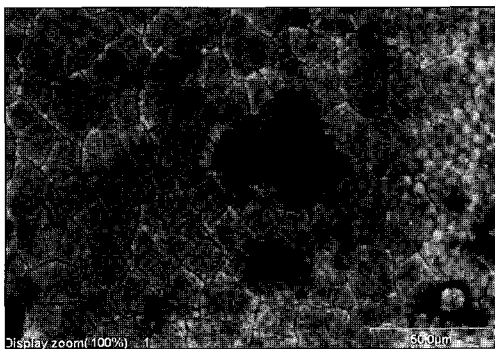


Fig. 9a

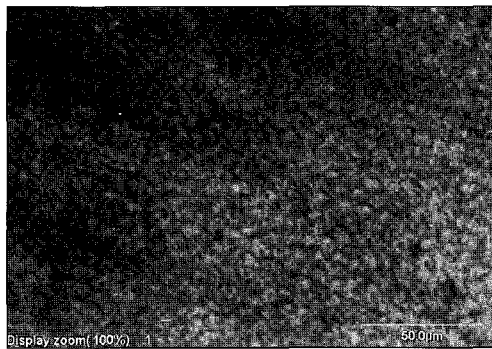


Fig. 9b

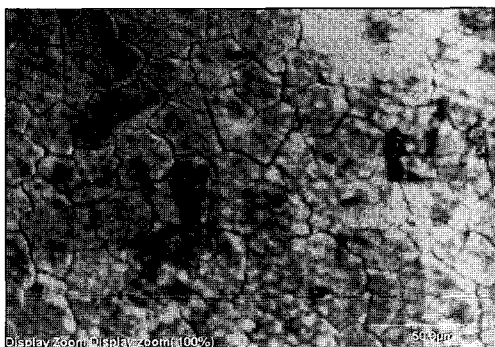


Fig. 9c

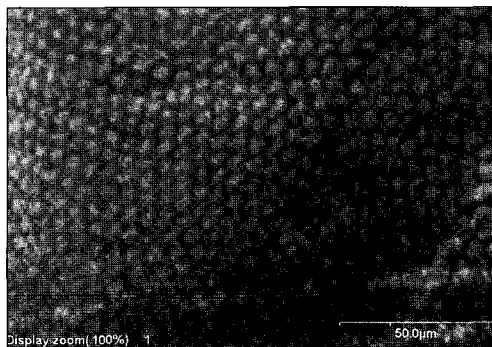


Fig. 9d

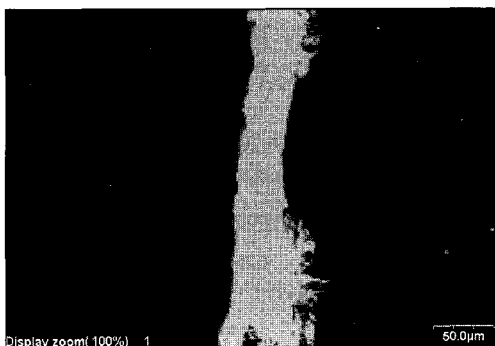


Fig. 10a

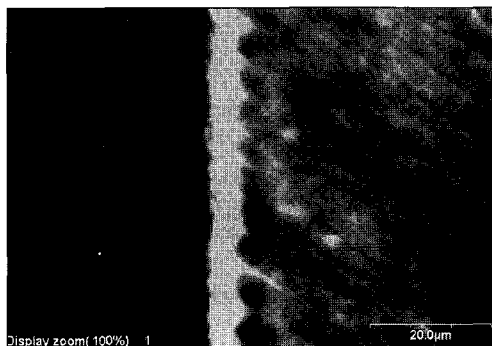


Fig. 10b

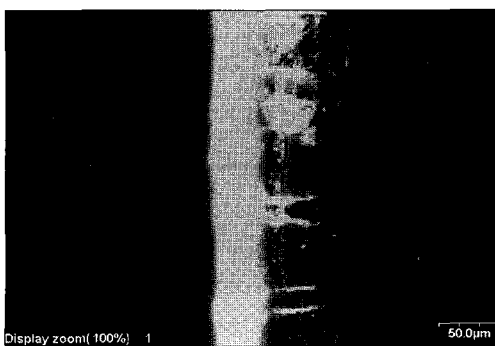


Fig. 10c



Fig. 10d

사진부도 ③

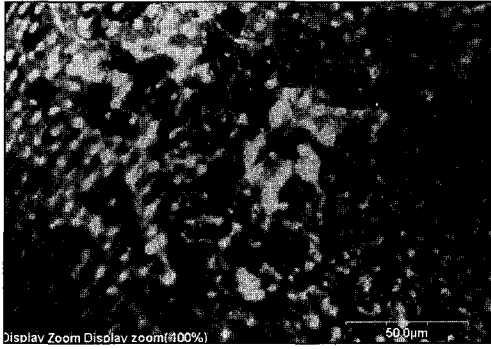


Fig. 11a

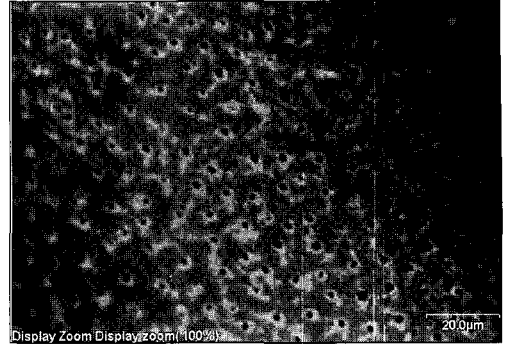


Fig. 11b

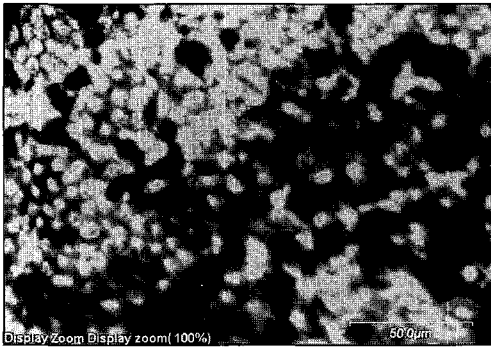


Fig. 11c



Fig. 11d

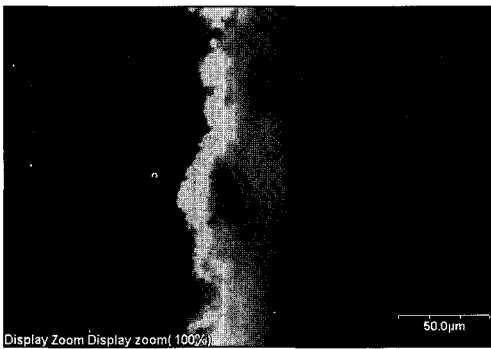


Fig. 12a

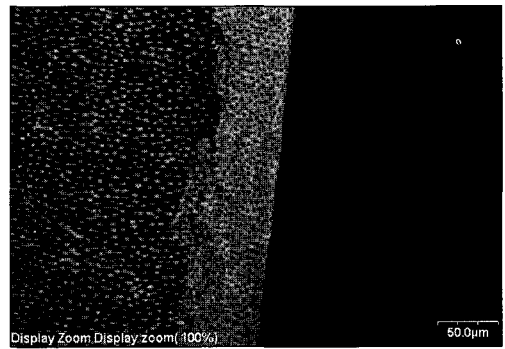


Fig. 12b

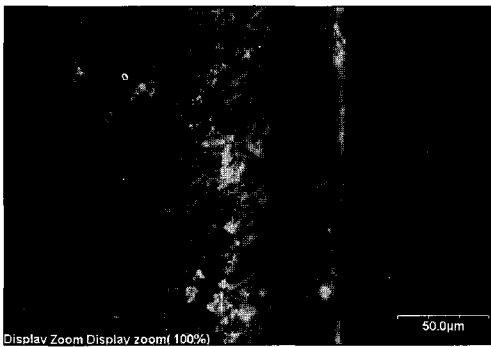


Fig. 12c

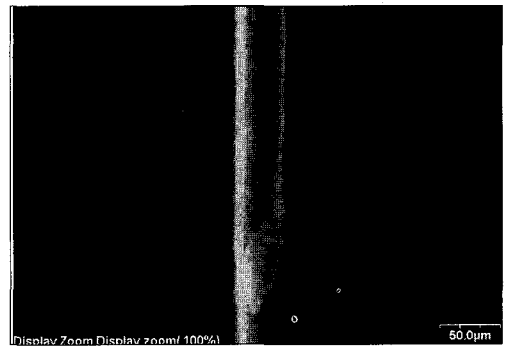


Fig. 12d



사진부도 ④

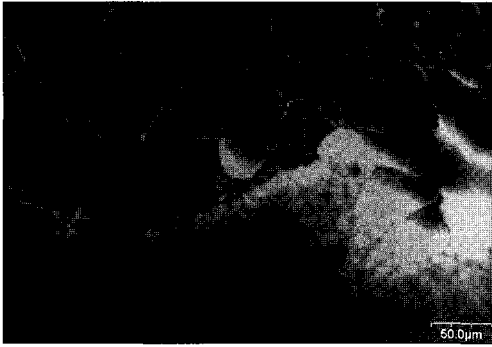


Fig. 13a

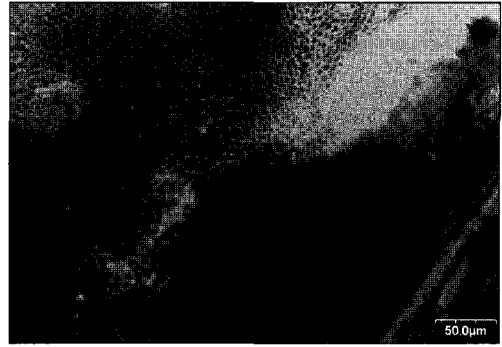


Fig. 13b



Fig. 13c

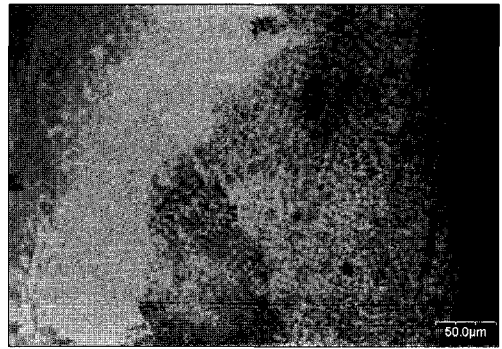


Fig. 13d

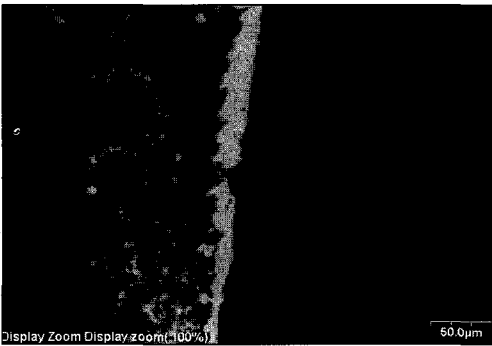


Fig. 14a

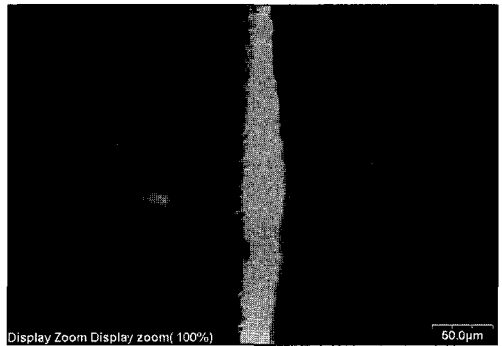


Fig. 14b



Fig. 14c

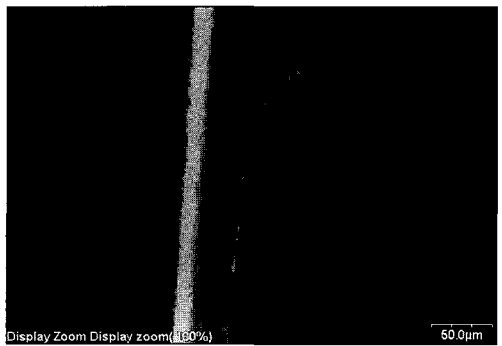


Fig. 14d

사진부도 ④

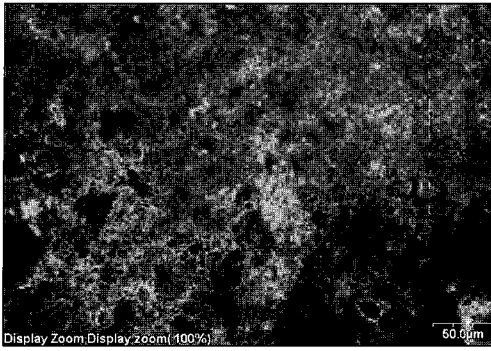


Fig. 15a

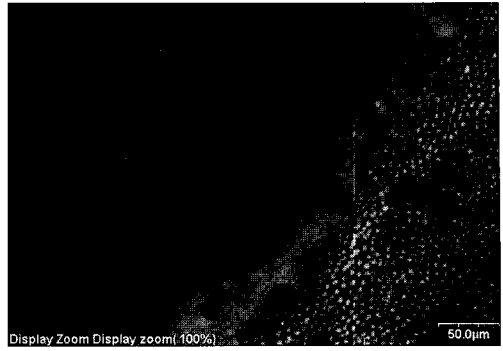


Fig. 15b

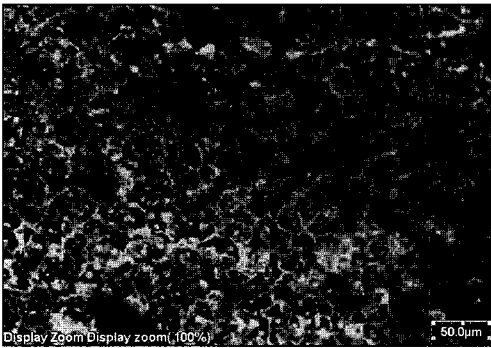


Fig. 15c

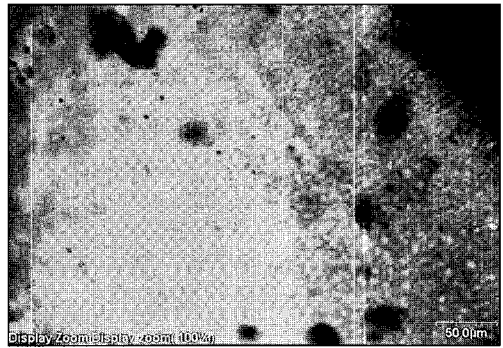


Fig. 15d

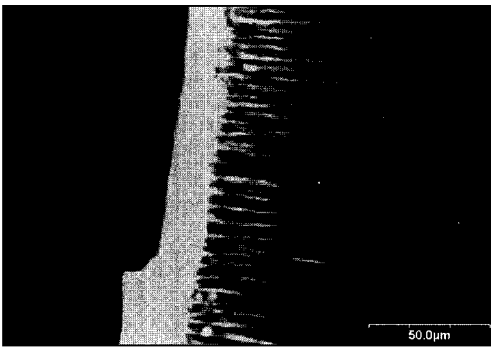


Fig. 16a



Fig. 16b

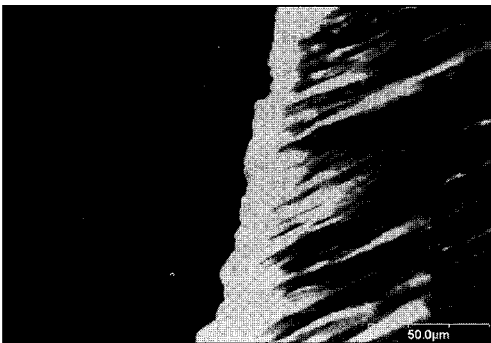


Fig. 16c

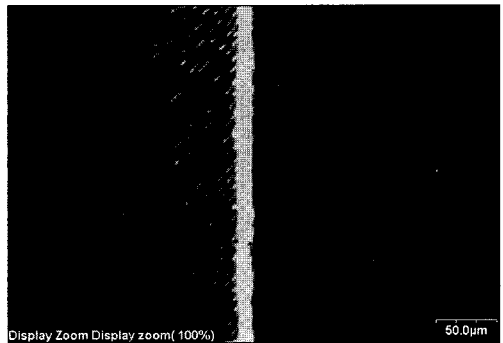


Fig. 16d

## ABSTRACT

# EFFECTS OF TOOTH-WHITENING AGENT ON ENAMEL AND DENTIN - A CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPY STUDY

Nak-Joon Choi, D.D.S., Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D., Ha-Ok Park, D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University*

The purpose of this study was to estimate the effect of a bleaching agent on tooth surfaces and to evaluate the resin bond strength according to different surface treatments on bleached teeth. To prepare for the experimental samples, first, extracted human third molars were used and the body portions of the crowns were cut into four equal-sized specimens. Next, each specimen was mounted in a plastic bottle with self-cured resin and highly polished to have them reveal the enamel or dentin surfaces. Then, the enamel(E) and dentin(D) specimens were divided into four ; 1) non-bleached, laser-treated(NBLA) group 2) bleached, laser-treated(BLLA) group 3) non-bleached, acid-treated(NBAC) group and 4) bleached, acid-treated(BLAC) group. Here, opalescence<sup>®</sup>(10% carbamide peroxide) was used for bleaching agent. The treated specimens were observed by confocal laser scanning microscopy and bonded with composite resin for shear bond test.

The following results were obtained from this experiment :

1. Compared with the ENB group, the EBL group was shown to be dyed about 20 $\mu$ m deeper with rhodamine B. The DBL group appeared to be caved in at the entry part of the dentinal tubules, was dyed about 20 $\mu$ m deeper and 5 $\mu$ m wider in diameter, compared with the DNB group.
2. In comparison with the EBLAC group, the ENBAC group looked evenly bonded with the resin, while the DNBAC group, compared to DBLAC group, was observed to have its resin tags penetrated about 50 $\mu$ m deeper. Other than those, however, no observable differences between ENBLA and EBLLA group or between DNBLA and DBLLA group were found.
3. At the shear bond test, the ENBAC group was shown to have statistically significant higher shear bond strength than the EBLAC group( $p < 0.05$ ). No statistically significant differences between the ENBLA and the EBLLA groups were observed( $p > 0.05$ ).
4. At the shear bond test, the DNBAC group was shown to have statistically significant higher shear bond strength than the DBLAC group( $p < 0.05$ ). No statistically significant differences between the DNBLA and the DBLLA groups were observed( $p > 0.05$ ).

The in vitro observations above suggest that tooth-bleaching procedure brings a certain change on enamel and dentin surfaces and it weakens the shear bond strength with composite resin when the bleached tooth was acid-treated.

---

**Key words** : Bleaching agent, Confocal laser scanning microscopy, Shear bond