

# 35% 과산화수소를 함유한 치아미백제가 심미수복재의 색, 미세경도 및 표면 거칠기에 미치는 영향

심연수

청주대학교 치위생학과

## The effect of tooth bleaching agent contained 35% hydrogen peroxide on the color, microhardness and surface roughness of tooth-colored restorative materials

Youn-Soo Shim

*Dept. of Dental Hygiene, Cheongju University*

---

### ABSTRACT

**Objectives :** The purpose of this study was to evaluate the effects of tooth bleaching agent contained 35% hydrogen peroxide on the color, microhardness and surface roughness of tooth-colored restorative materials.

**Methods :** Four types of tooth-colored restorative materials, including a composite resin(Filtek Z350 ; Z350), a flowable composite resin(Filtek P60 : P60), a compomer(Dyract® AP ; DY), and a glass-ionomer cement(Ketac™ Molar Easymix ; KM) were used in the study. The specimens(8mm×5mm) were made by using a customized acrylic mold. Each material was divided into two groups equally(n=40) : experimental group(35% HP) and control group(distilled water). 35% HP group was treated 30 min/5 days for 15 days. Each 30 minute treatment session consisted of two 15 minute cycles of gel application with 20 second light exposure. The authors measured the color, microhardness, and roughness of the specimens before and after bleaching. The data were analyzed with ANOVA and T-test.

**Results :** 35% HP group showed an apparent color change( $\Delta E^*$ ) than control group. In particular, DY and KM showed a noticeable color change and statistically significant differences( $p < 0.05$ ). 35% HP group showed a reduction in microhardness. Z350 and P60 does not have a statistically significant difference( $p > 0.05$ ), DY and KM showed a statistically significant difference( $p < 0.05$ ). Percentage microhardness loss(PML) of control group was 0.6 to 5.5% in the group, 35% HP group was 6.6 to 34.6%. Roughness was increased in 35% HP group after bleaching. Especially DY and KM were significantly increased( $p < 0.05$ ).

**Conclusions :** Bleaching agents may affect the surface of existing restorations; therefore, they should not be used indiscriminately when tooth-colored restorations are present.(J Korean Soc Dent Hygiene 2012;12(3):533-541)

**Keyword :** hydrogen peroxide, microhardness, surface roughness, tooth bleaching

**색인 :** 표면 거칠기, 과산화수소, 미세경도, 치아미백

---

교신저자 : 심연수 우) 380-764 충북 청주시 상당구 대성로 298 청주대학교 치위생학과  
전화 : 043-229-8351 팩스 : 043-229-8969 E-mail : shim-21@hanmail.net

접수일-2012년 4월 7일 수정일-2012년 6월 20일 게재확정일-2012년 6월 22일

▶ 본 연구는 2011-2012학년도 청주대학교가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음

## 1. 서론

현대인은 사회생활 중 대인관계에 있어서 안모는 자신의 인상에 영향을 미치는 요소로서 중요하게 인식되고 있으며, 안모를 결정하는 여러 요소 중에서 특히 치아의 형태와 색조는 많은 영향을 주므로, 이를 심미적으로 개선하고자 하는 욕구는 심미치과학의 발전을 가져왔다. 심미치료 중 치아미백은 종전의 치아를 삭제하는 도재 수복 등의 보철적인 방법보다 치질 삭제량이 없으면서 간편하고 편리한 치료방법으로 환자들에게 각광을 받고 있다<sup>1)</sup>. 치아변색을 일으키는 주요 원인은 법랑질의 착색이나 손상, 치수조직의 분해, 발수 후 심한 출혈, 외상과 감염, 약제 및 충전제 등으로 나열할 수 있다<sup>2)</sup>. 이러한 치아 변색을 심미적으로 개선하고자 하는 방법 중의 하나가 치아미백술이며, 심미치과 분야의 중요한 위치를 차지하고 있다<sup>3)</sup>. 또 다른 심미치료로는 심미수복재를 이용한 수복치료이다.

치아미백술은 초기에는 무수치 표면에 백색물질을 도포하거나 내면을 채우는 것에서부터 기원하여 1870년 생활치 미백술이 처음으로 소개되었고<sup>4)</sup>, 초기에는 Oxalic acid를 사용하다가 Harlan에 의해 과산화수소(Hydrogen peroxide)가 널리 사용되기 시작하였다. 과산화수소에 의한 치아미백 기전은 아직 정확히 밝혀지지는 않았으나 통상적으로 과산화수소에서 발생된 자유기(Free radical)가 치아의 법랑질과 상아질을 통해 이동하여 치아 내부에 존재하는 색소를 산화시킴으로써 이루어진다고 알려져 있다<sup>5)</sup>. 치아 미백은 크게 실활치 미백(Walking bleaching), 자가 미백(Home bleaching), 전문가 미백(Office bleaching) 등 세 가지 술식으로 분류할 수 있다. 실활치 미백은 외상의 결과로 생긴 내부 변색을 근관치료가 완료된 후 미백제를 치수강 내에 직접 위치시켜 제거하는 방법이다<sup>6)</sup>. 자가 미백은 1989년 Haywood 등<sup>7)</sup>에 의해 10% 과산화요소(Carbamide peroxide)를 가정에서 개인 트레이에 이용하여 하루 6~8시간씩 2~6주간 적용하는 술식으로 치과 영역의 한 술식으로 급속히 확산되었고, 전문가 미백은 25~35% 정도의 고농도 과산화수소가 포함된 미백제를 사용하고 있으며, 연조직 보호 후 치아에 미백제를 적용하고 미백제의 활성을 증가시키기 위해 열이나

빛으로 화학반응을 촉진하며, 현재는 진료실에서 자가 미백술과 전문가 미백술을 병행하면서 임상에서 활용하고 있다<sup>1)</sup>.

심미수복 치료에 사용되는 심미수복재는 인공재료를 이용하여 자연치아와 유사한 색조로 수복하거나 충전하는 재료이며, 종류로는 컴포지트 레진(composite resin), 글라스 아이오노머(glass ionomer), 레진 강화형 글라스 아이오노머(resin-modified glass ionomer, RMGI), 컴포머(compomer) 등이 있다<sup>8)</sup>.

치아미백술이 보편화 및 대중화되고 치아착색 및 변색 등을 제거하는 데 효과적인 방법으로 알려지면서 그에 따른 효과성에 대한 많은 임상증례가 발표되고 있다<sup>7,9-11)</sup>. 하지만 치아미백제의 주성분인 과산화소스가 분해되면서 생성된 활성산소(Oxygen radical)는 상아세관을 통하여 주위의 치수조직으로 침투하여 국소적인 염증반응으로 인한 치경부 및 치근 외흡수<sup>12)</sup>, 법랑질의 형태 및 경도 변화<sup>13-15)</sup>, 지각과민증<sup>7)</sup> 등을 야기할 수 있다고 보고되고 있다. 수복재에 미치는 영향으로는 명도 증가<sup>16-18)</sup>, 표면 경도 감소<sup>19-23)</sup>, 표면 거칠기 증가<sup>16,22,24)</sup>, 수복물과의 접착강도 저하<sup>25,26)</sup> 등 많은 논쟁이 되고 있다.

현재 치아미백과 심미수복 기술이 많이 이루어지고 있지만 치아미백 후에 심미수복재인 복합 레진, 글라스 아이오노머, 그리고 컴포머에 어떤 영향이 있는지에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 임상에서 시술되고 있는 35% 과산화수소를 함유하고 있는 치아미백제를 이용하여 현재 시판되어 사용되는 심미수복재의 색과 미세경도 및 거칠기에 미치는 영향에 대해 연구하고자 한다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1. 연구재료

본 연구에서 사용한 심미수복재는 Nanohybrid 복합 레진인 Filtek Z350(3M ESPE, MN, USA)과 Packable 형태의 복합 레진은 Filtek P60(3M ESPE, MN, USA), 컴포머는 Dyract<sup>®</sup> AP(Dentsply, Konstanz, Germany), 그리고 글라스 아이오노머는 Ketac<sup>™</sup> Molar Easymix

(3M ESPE, Seefeld, Germany)로서 모든 재료의 Shade는 A2로 선택하였다. 치아미백제는 35% 과산화수소를 함유한 미백제는 Oratech TM(Oratech, Utah, USA)을 사용하였다(Table 1).

## 2.2. 연구방법

### 2.2.1. 시편제작

시편제작은 직경이 8mm, 높이는 5mm의 아크릴 몰드를 사용하였다. 편평한 유리판 위에 Polyester film을 올리고 그 위에 몰드를 위치시킨 후 내부에 각각의 수복재를 2~3mm 주입한 후 기포가 생기지 않도록 레진 충전용 기구로 충전하였다. 충전 후 광중합기(ESPE Elipar Trilight, 3M ESPE, MN, USA)로 40초 동안 중합한 후, 나머지 부위에 다시 수복재를 주입하고 윗면은 slide glass로 눌러 여분의 레진을 제거한 후 글라스 아이오노머는 15분 후에, 복합 레진과 킴포머는 광중합기로 시편 상하면을 각각 40초간 광중합하고 시편을 몰드에서 제거하였다.

총 80개의 시편은 증류수를 이용한 대조군과 실험군인 35% 과산화수소군으로 분류하고, 각 군당 다시 4개의 하위그룹으로 나누어 각 재료당 시편은 모두 10개씩 하였다. 모든 시편은 24시간 동안 37℃ 증류수에 보관하였다. 24시간 후 각 시편을 Silicone carbide paper(1200, 2400grit)를 이용하여 주수하에 표면연마한 후 초음파로 세척 후 24시간 동안 증류수에 보관하였다.

### 2.2.2. 치아 미백

35% 과산화수소군은 제조사의 지시에 따라 시편 표면에 균일하게 미백제를 도포하였고, 총 미백 시간은 15일 동안 5일 간격으로 총 3회 30분간 시행하였다. 이때 젤 도포는 30분을 15분 간격으로 2회 나누어 실시했고, 20초간 미백 보조광조사기(FlipoWhite2, Lokki, France)로 조사하였다. 미백 후 표면은 증류수와 부드러운 브러시를 이용하여 제거한 후 37℃ Incubator에 증류수가 담긴 상태로 보관하였고, 증류수는 매일 교환하였다. 증류수군은 15일간 매일 증류수로 교환하였다.

### 2.2.3. 색 측정

변색을 관찰하는 방법에는 재료의 색상을 표준색상표, 육안으로 비교하는 방법, 그리고 분광광도계(spectrophotometer)나 색계측기(colorimeter)를 이용하여 기계적으로 측정하는 방법이 있다. 이 연구에서는 색계측 분광분석기(Color-Eye 7000A, GretagMacbeth, USA)를 이용하였고 미백 처리 전과 미백 후에 측정하였다. 치아 표면을 증류수로 세척한 후 건조한 다음 SCI (Specular component included) Mode와 표준광원 D65 조건에서 측정부의 지름 4mm에 가능한 시편의 중앙을 향하도록 하여 시편에 긴밀히 접촉시켜 각 5회 측정하였고, 평균값을 그 치아의 CIE L\*a\*b\* 값으로 선택하였다. 본 연구에서 적용한 CIE L\*a\*b\* 표색계는 측색으로 얻어진 값을 표시하는 방법으로 CIE(국제조명연구회)에서 1976년 규정한 것이다. 이 측정값은 각 시편의

Table 1. Materials used in this study

Materials	Code	Type	Main composition	Manufacturer
Filtek Z350	Z350	Nanohybrid composite resin	Combination of aggregated zirconia/silica cluster filler, Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA	3M ESPE, MN, USA
Filtek P60	P60	Packable composite resin	Zirconia/silica filler, bis-GMA, UDMA and bis-EMA resins	3M ESPE, MN, USA
Dyract® AP	DY	Polyacid-modified composite (Compomer)	Alkanoyl-poly-methacrylate, Strontium-fluoro-silicate glass, UDMA, TCB resin, Strontium fluoride, Photo initiators, Butyl hydroxy toluene, Iron oxide pigments	Densply Detrey GmbH, Konstanz, Germany
Ketac Molar Easymix	KM	Glass-ionomer cement	Aluminium-calcium-lanthanum fluorosilicate glass, polycarboxylic acid	3M ESPE, Seefeld, Germany
Oratech TM	35% HP	Bleaching agent	35% Hydrogen peroxide	Oratech, Utah, USA

인지가능한 색 변화량을 평가할 수 있게 해주는 것으로 밝기, 즉 흰색-검은색(L), 적색-녹색(a), 황색-청색(b)의 요소를 가진 일정한 색공간이다. 색 변화를 알아보기 위하여 색 변화량(ΔE\*)을 아래의 공식을 이용하여 환산하였다.

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

### 2.2.4. 표면 미세경도 측정

미백 처리 전과 미백 후에 미세 경도기(Microhardness tester type M, Schimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정부위 표면에 수직이 되게 9.087N의 하중을 10초간 가하고 형성된 다이아몬드형 압흔을 만든 후 압흔의 장축길이를 측정하였다. 측정 현미경의 배율을 400배로 하여 한 시편당 5회씩 측정하여 평균치를 산출하였다. 미세경도 감소율(Percentage Microhardness Loss, PML)은 미백 전 미세경도 값으로 VHN(B), 미백 후 미세경도 값은 VHN(A)로 나타내어 PML을 구했다. 식은 다음과 같다.

$$PML(\%) = \frac{VHN(B) - VHN(A)}{VHN(B)} \times 100$$

### 2.2.5. 표면 거칠기 측정

제작된 시편의 미백 전과 후의 평균 표면 조도값(Ra)을 조도 측정기(Surface Roughness Tester SV-3000, Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. Cut off 치 0.25mm 조건에서 해당 면을 5회 측정 후 평균값을 구하였다. Ra 값은 측정 길이 내의 중심선으로부터 표면 윤곽까지의 모든 절대값의 평균치로 정의되는 평균 조도값을 나타낸다.

### 2.2.6. 통계분석

이 모든 분석은 SPSS program(SPSS 12.0 for windows, Chicago, USA)을 이용하여 각 군의 ΔE\* 값의 변화, 미세경도값, 그리고 거칠기 값의 차이는 ANOVA와 t-test를 사용하여 검증하였다. 군 간 유의한 차이가 있을 경우 Tukey multiple comparisons test(p=0.05)로 검증하였다.

## 3. 연구성적

### 3.1. 색 측정

모든 심미수복재의 색 측정 결과 35% 과산화수소군이 대조군에 비해서 ΔE\* 값이 증가하였다(Table 2). 대조군의 ΔE\* 값은 Z350은 1.2, P60은 1.0, DY는 1.7, KM은 2.0이었고, 35% 과산화수소군에서는 각각 1.8, 2.5, 5.8, 6.0으로 나타났다. 특히 컴포머인 DY와 글라스 아이오노머인 KM에서 ΔE\* 값은 다른 심미수복재에 비해 컸고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

Table 2. Color changes(ΔE\*) of the restorative materials before and after tooth bleaching

Material	Control	35% HP	p
Z350	1.2±0.2	1.8±0.5	0.62
P60	1.0±0.8	2.5±1.4	0.54
DY	1.7±1.1	5.8±1.8	0.03*
KM	2.0±0.7	6.0±0.8	0.05*

Values are reported as the Mean±Standard deviation  
\*Denoted significance between control and 35% HP group by ANOVA

### 3.2. 표면 미세경도 측정

35% 과산화수소를 이용하여 심미수복재의 미백 처리 전과 15일간 미백 처리 후의 표면 미세경도값은 Table 3)과 같다. 미백 전 강도는 대조군에서는 Z350은 89.0,

Table 3. Microhardness values of the restorative materials before and after tooth bleaching

Material	Bleaching	Control	35% HP	p
Z350	Before	89.0±0.3	89.8±0.6	>0.05
	After	88.4±0.7	84.2±1.1	
P60	Before	65.1±1.2	65.0±1.5	>0.05
	After	63.8±0.9	58.1±1.2	
DY	Before	58.3±2.1	57.4±1.7	<0.05 <sup>1</sup>
	After	55.6±1.6	45.5±0.9*	
KM	Before	53.7±0.8	54.8±0.5	<0.05 <sup>1</sup>
	After	50.9±1.5	40.7±0.9*	

Values are reported as the Mean±Standard deviation  
\*Denoted significance between before and after bleaching by t-test  
<sup>1</sup>Denoted significance between control and 35% HP group by ANOVA

P60은 65.1, DY는 58.3, 그리고 KM은 53.7로 나타났다. 15일 후에는 각각에서 88.4, 63.8, 55.6, 50.9로서 조금 감소하였으나 통계적인 차이는 없었다. 35% 과산화수소군의 미백 전 정도값은 Z350은 89.8, P60은 65.0, DY는 57.4, 그리고 KM은 54.8로 나타났다. 미백 후에는 각각에서 84.2, 58.1, 45.5, 40.7로서 전체적으로 미백 전에 비해 미백 후 정도가 감소하였다. Z350과 P60은 통계적인 차이가 없으나( $p>0.05$ ), DY와 KM에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 미세경도 감소율을 보면 대조군에서는 0.6~5.5%이며, 35% 과산화수소군에서는 6.6~34.6%를 보였고 KM에서 가장 높게 나타났다(Table 4).

Table 4. Mean values of the percentage of microhardness loss

Material	Control	35% HP	$p$
Z350	0.6±1.6	6.6±2.1	>0.05
P60	2.0±1.1	11.8±2.0	>0.05
DY	4.8±2.3	26.1±1.4	<0.05*
KM	5.5±2.1	34.6±1.5	<0.05*

Values are reported as the Mean±Standard deviation  
\*Denoted significance between control and 35% HP group by ANOVA

### 3.3. 표면거칠기 측정

미백 전과 미백 후의 표면 거칠기를 측정한 결과는 (Table 5)와 같다. 미백 전 거칠기 값은 대조군에서는

Table 5. Surface roughness values(Ra) of the restorative materials

Material	Bleaching	Control	35% HP	$p$
Z350	Before	0.04±0.02	0.05±0.03	>0.05
	After	0.04±0.05	0.17±0.04	
P60	Before	0.05±0.03	0.05±0.01	>0.05
	After	0.06±0.02	0.19±0.07	
DY	Before	0.10±0.08	0.10±0.04	<0.05 <sup>1</sup>
	After	0.12±0.01	0.47±0.02*	
KM	Before	0.11±0.04	0.12±0.01	<0.05 <sup>1</sup>
	After	0.13±0.06	0.51±0.06*	

Values are reported as the Mean±Standard deviation  
\*Denoted significance between before and after bleaching by t-test

<sup>1</sup>Denoted significance between control and 35% HP group by ANOVA

Z350은 0.04, P60은 0.05, DY는 0.10, KM은 0.11, 35% 과산화수소군에서는 각각 0.05, 0.05, 0.10, 0.12로 측정되었다. 15일 후 대조군은 각각 0.04±, 0.06, 0.12, 0.13으로 미백 전 값과 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 하지만 35% 과산화수소군에서는 각각 0.17, 0.19, 0.47, 0.51로 나타나 미백 전에 비해 미백 후에 거칠기 값이 증가하였다. 특히, DY와 KM은 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ).

## 4. 총괄 및 고안

현재 심미수복에 대한 욕구의 증가와 새로운 심미수복재의 출현은 실제 임상에서 기존에 시술되었던 금속성 수복물을 대체하는 데 혁신적인 역할을 해왔다. 이와 더불어 자연치를 하얗고 깨끗하게 하고자 하는 치아미백에 대한 관심이 커지면서 많은 치료가 이루어지는데, 진료실에서 시행되는 전문가 미백은 환자가 여러 번 내원하지 않아도 즉시 치료효과를 볼 수 있는 장점이 있다. 하지만 치아미백은 구강조직에 미백제의 접촉과 일정한 시간이 필수적으로 이뤄져야 하는 치료이기 때문에 구강 내에 존재하는 심미수복재에도 미치는 영향이 있을 것으로 사료된다. 기존의 연구가 치아미백제에 의한 치아의 특성을 알아본 것이라면, 이 연구는 치아미백이 심미수복재의 색과 경도 및 거칠기에 영향이 있는지를 알아보았다.

치아미백 후 색 변화에서 30% 이상의 과산화수소를 이용한 연구는 많지 않다. 그 중에서 Hubbezoglu 등<sup>16)</sup>은 35% 과산화수소 미백에서 Admira나 Durafill VS와 같은 복합 레진에서 색 변화가 컸기 때문에 미백 후 수복재를 다시 교체해야 한다고 하였고, Monaghan 등<sup>27)</sup>은 30% 과산화수소를 이용한 연구에서 컴포머에서 3 이상의  $\Delta E^*$  값을 보이는 색변화가 나타났다고 하였다. Yalcin 등<sup>17)</sup>의 연구에서는 10% 과산화요소와 6.5% 과산화수소에서 DY가 가장 큰 색 변화를 보였고, 복합 레진에서는 작은 변화가 보였으며 10% 과산화요소보다는 과산화수소 농도가 높은 6.5% 과산화수소에서 수복재의 색 변화가 컸다. 본 연구에서는 복합 레진에서는 뚜렷한 색 변화를 보이지 않았으나 DY와 KM에서 가장 많은 색

변화를 보였다. 물론 다른 색상, 중합 방법, 레진의 두께, 측정 기계, 담그는 용액 등 여러 차이가 있을 수 있다<sup>28)</sup>. 따라서 본 연구에서는 수복재 색상과 측정방법을 동일하게 하였고 모든 수복재는 증류수에 보관하였다. Ruyter 등<sup>29)</sup>은 연구에서 인간의 눈으로 인지 가능한 변색은  $\Delta E^*$ 가 3.3 정도라고 하였는데, 본 연구의 DY군과 KM군은  $\Delta E^*$  값이 미백 후 5.8과 6.0으로 인지 가능한 수치를 보였다고 할 수 있다. SEM을 이용하여 심미수복재의 표면을 분석한 결과 미백제로 인하여 수복재 표면이 용해(Dissolution)되는데 용해된 표면에 미세한 구멍들이 생성되고 이 구멍에 물과 타액이 들어가면서 표면 반사되어 L\* 값이 증가하였고, 치아미백제에 의한 표면 용해는 수복재 안으로 미백제가 얼마만큼 침투되느냐에 달려 있다는 보고도 있다<sup>30)</sup>. 심미수복재 중에 교차결합된 고분자로 이뤄진 복합 레진은 미백제가 결합을 분산시킬 만큼의 많은 시간이 필요하기 때문에 단시간의 미백으로 색 변화가 적었고, 이런 색 변화는 수복재의 종류나 접촉시간에 따라 차이가 있을 것이다. Yap 등<sup>31)</sup>은 컴포머는 물을 흡수하고 팽창하는 성질이 있어 필러간의 파괴로 이어지며 표면 반사가 커져 명도가 증가되었고, 글라스 아이오노머 역시 물 흡수력이 커서 컴포머와 비슷한 결과가 나온 것으로 보인다. Satou 등<sup>32)</sup>은 복합 레진의 변색에 수분 흡수율이 중요한 역할을 한다고 보고했고, Z350과 P60은 소수성의 Bis-EMA로 인한 낮은 수분흡수율로 인해 미백제가 수복물의 표면에 침투하는 것에 덜 영향을 미쳐 다른 수복재에 비해 명도 변화가 적은 것으로 생각된다.

모든 심미수복재는 미백 후가 미백 전에 비해 경도가 감소하였다. 미세경도 감소율(PML)을 보면 모든 군에서 6~34% 정도의 감소율을 보였다. 증류수군은 미백 전과 미백 후에 거의 차이가 없었다. 35% 과산화수소군에서는 미백 전에 Z350은 89.8, P60은 65.0, DY는 57.4, KM은 54.8이었으나, 미백 후에는 각각 84.2, 58.1, 45.5, 40.7로서 전체적으로 미백 후 경도가 감소하였다. DY와 KM에서는 통계적으로 유의한 경도 감소 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). Hannig 등<sup>21)</sup>과 Rosentritt 등<sup>22)</sup>의 연구에서는 10% 과산화요소와 38% 과산화수소를 이용한 미백 후 연구에 사용된 복합 레진과 컴포머 모두에서 강

도 저하를 보였는데 수복재의 표면뿐만이 아니라 수복재의 내부 2mm 깊이까지 수복재가 연화되어 있었다고 했다. 본 연구도 Rosentritt 등<sup>22)</sup>의 결과와 같이 컴포머가 미백 후 유의하게 경도 감소가 있었다. 치아미백제가 복합 레진의 미세경도에 미치는 영향에 대해서도 저농도에서 많은 연구들이 보고되고 있는데 복합 레진에서는 강도 변화가 적었고, 컴포머에서는 유의하게 경도 감소를 보였다<sup>19,20,33)</sup>. Taher<sup>23)</sup>의 연구에서는 15% 과산화요소를 이용하여 글라스 아이오노머를 15일간 미백한 결과, 미백 후가 미백 전에 비해 경도가 감소하였다. 수복재의 경도 감소는 분해산물인 자유 라디칼이 중합체 결합의 분해를 유발해서 가장 취약한 부분의 미반응 이중결합을 공격하여 분해시키고 이로 인해 감소된 물질량이 표면 미세경도 감소로 나타났다<sup>34)</sup>.

심미수복재료의 표면 거칠기는 임상적으로 가치가 있는 중요한 물리적 성질로서, 이는 심미와 구강건강에 많은 영향을 준다. 거친 표면은 치면세균막과 세균의 침착이 쉽고, 치은 손상으로 염증을 야기하며, 환자가 수복 후 불편감을 느낄 수 있다<sup>35)</sup>. Yap 등<sup>36)</sup>은 구강 내 수복물에 대한 세균 부착의 역치에 해당하는 평균 표면 거칠기는  $0.2\mu\text{m}$ 이며, 그 이하의 경우에는 더 이상 세균의 축적이 증가하지 않고 그 이상에서는 거칠기가 증가할수록 치태 축적도 증가했다. 또한 거친 복합 레진의 표면은 색소 침착에 따른 착색과 변색 등으로 색조의 안정성을 저하시킴으로써 수복물을 재수복해야 하는 결과를 초래한다고 하였다. 몇몇 연구에 의하면 저농도의 10~16% 과산화요소로 미백 후 심미수복재의 표면거칠기가 증가하고 다공성(surface porosity)이 생기며 SEM 측정 결과 갈라짐(crack)이 발견되었다<sup>20,24)</sup>. 이 연구에서는 미백 후 표면 거칠기가 모든 수복재에서 증가했다. 하지만 Z350과 P60은  $0.2\mu\text{m}$  이하 값으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, DY는  $0.47\mu\text{m}$ , KM은  $0.51\mu\text{m}$ 의 거칠기 증가를 보여 미백 전에 비해 미백 후 유의한 차이를 보였다. 선행 연구에서 DY는 물을 흡수하여 팽창이 되는 재료로서 물 흡수는 응력 부식(Stress corrosion)을 유발시켜 전체 또는 일부의 필러가 탈락이 되고 갈라져서 표면 거칠기가 증가했다<sup>37)</sup>. 컴포머의 레진 기질을 보면 CDMA와 GDMA는 가수분해와 산화작용이 잘 된

다. 과산화수소는 산화와 환원 능력이 높고 자유 라디칼을 촉진시킨다. 이런 자유 라디칼은 필러와 기질의 탈락을 유발시키고 이는 갈라져 거칠기를 증가시킨다고 하였다<sup>31,37)</sup>. 따라서 미백 후 표면 거칠기의 증가는 구강 내에 야기되는 문제로 인해서 DY와 KM은 표면을 연마하거나 다시 수복물을 교환해야 할 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 임상에서 시술되고 있는 35% 과산화수소를 함유한 치아미백제를 이용하여 현재 시판되어 사용되는 심미수복재의 색과 미세경도 및 거칠기에 미치는 영향을 연구하였다. 연구에 사용한 심미수복재는 Nanohybrid 복합 레진(Filtek Z350, Z350)과 Packable 형태의 복합 레진(Filtek P60, P60), 컴포머(Dyract® AP, DY), 그리고 글라스 아이오노머(Ketac™ Molar Easymix, KM)와 35% 과산화수소를 함유한 치아미백제(Oratech TM)를 사용하였다. 시편제작은 직경이 8mm, 높이는 5mm의 아크릴 몰드를 이용하여 증류수를 이용한 대조군과 35% 과산화수소를 이용한 실험군으로 나누고 다시 각각 군을 4개의 하위그룹으로 분류하였다. 치아미백은 15일 동안 5일 간격으로 총 3회 30분간 시행하였고, 이 때 30분을 15분 간격으로 2회 나누어 실시했으며 20초간 미백 보조광조사기로 조사하였다. 치아미백 후 심미수복재의 색과 경도 및 거칠기에 대해 조사하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

모든 심미수복재는 35% 과산화수소군이 증류수군에 비해서  $\Delta E^*$  값이 증가하였다. 특히 DY와 KM에서  $\Delta E^*$  값은 다른 심미수복재에 비해 컸으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

대조군에서의 표면미세경도는 미백 전과 후의 경도 차이가 없으나, 35% 과산화수소군은 모든 군에서 경도 감소를 보였으나 Z350과 P60은 통계적인 차이가 없었고 ( $p>0.05$ ), DY와 KM은 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $p<0.05$ ). 미세경도 감소율을 보면 증류수군에서는 0.6~5.5%이며, 35% 과산화수소군에서는 6.6~34.6%를 보였다.

표면 거칠기에서 대조군은 미백 전과 후에 차이가 없으나, 35% 과산화수소군에서는 모든 군에서 미백 전에 비해 미백 후에 거칠기 값이 증가하였다. 그 중에서도 DY와 KM은 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ).

치아미백은 현재 많은 사람들이 관심을 갖고 즐겨하고 있으며, 또한 병원에서도 여러 번 내원하지 않고 단기간에 치아미백이 가능하다. 하지만 무분별한 처치로 인해 과산화수소라는 주성분이 미치는 영향을 간과해서는 안 될 것이다. 전문가를 통한 정확한 검사와 진단을 통해 적정 농도의 치아미백제를 선택하고, 사용빈도를 조절하여 치아뿐만 아니라 구강 내 수복재에 미칠 수 있는 영향을 최소화해야겠다. 이 연구의 한계로는 구강 내 환경을 모두 재현할 수 없었다는 점이며, 치아미백제가 여러 형태의 심미수복재에 미치는 영향에 대해서는 앞으로 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Woo HS, Shim YS. Effect of 15% carbamide peroxide agents with and without potassium nitrate and fluoride(PF) on the tooth color and surface microhardness of human enamel. Journal of the Korea Contents Association 2012;12(1) 353-360.
2. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. Periodontol 2008;48:148-169.
3. Lee HJ, Jeon ES. A research on the questionnaires about Busan citizens understanding of the Tooth Bleaching. Journal of Korea Society of Dental Hygiene 2006;6(1):79-91.
4. Fasanaro TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. J Esthet Dent 1992;4(3):71-78.
5. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. J Am Dent Assoc 1997;128:Suppl:6S-10S.

6. Goldberg M, Claisse-Crinquette A, Bourd-Boittin. Tooth bleaching treatment. Paris: Association Dentaire Française;2005:10-46.
7. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 1989;20(3):173-176.
8. Kim IG, Kim YS, Kim YJ, et al. Clinical aspects of dental materials. 3rd ed. Seoul: Koonja Co; 2009:49-68.
9. Liebenberg W. Another white lie? *J Esthet Restor Dent* 2006;18(3):155-160.
10. de Freitas PM, Basting RT, Rodrigues JA, Serra MC. Effects of two 10% peroxide carbamide bleaching gels on dentin microhardness at different time intervals. *Quintessence Int* 2002;33(5):370-375.
11. Leonard RH Jr, Van Haywood B, Caplan DJ, Tart ND. Nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth: 90 months post treatment. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(3):142-152.
12. Montgomery S. External cervical resorption after bleaching a pulpless tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;57(2):203-206.
13. Akal N, Over H, Olmez A. Effect of carbamide peroxide containing bleaching agents on the morphology and subsurface hardness of enamel. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2001; 25(4):293-296.
14. Leonard RH Jr, Bentley CD, Haywood VB. Salivary pH change during 10% carbamide peroxide bleaching. *Quintessence Int* 1994;25(8):547-550.
15. Shim YS, Choi WY. The effect of fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) application on the color and microhardness of bleached enamel. *Journal of Korea Society of Dental Hygiene* 2010;10(3): 473-481.
16. Hubbezoglu I, Akaoğlu B, Dogan A, et al. Effect of bleaching on color change and refractive index of dental composite resins. *Dent Mater J* 2008;27(1):105-116.
17. Yalcin F, Gurgan S. Bleaching-induced colour change in plastic filling materials. *J Biomater Appl* 2005;19(3):187-195.
18. Li Q, Yu H, Wang Y. Colour and surface analysis of carbamide peroxide bleaching effects on the dental restorative materials in situ. *J Dent* 2009;37(5):348-356.
19. Yu H, Li Q, Cheng H, Wang Y. The effects of temperature and bleaching gels on the properties of tooth-colored restorative materials. *J Prosthet Dent* 2011;105(2):100-107.
20. Tucker SB, Bisikin T. The effect of bleaching agents on the microhardness of dental aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil* 2002;29(7): 657-661.
21. Hannig C, Duong S, Becker K, et al. Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite. *Dent Mater* 2007;23(2):198-203.
22. Rosentritt M, Lang R, Plein T, Behr M, Handel G. Discoloration of restorative materials after bleaching application. *Quintessence Int* 2005; 36(1):33-39.
23. Taher NM. The effect of bleaching agents on the surface hardness of tooth colored restorative materials. *J Contemp Dent Pract* 2005;15(2): 18-26.
24. Gurgan S, Kiremitci A, Yalcin F, Alpaslan T, Yazici E. Effect of carbamide peroxide treatments on the metal-ion release and microstructure of different dental amalgams. *Oper Dent* 2007; 32(5):476-481.
25. Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, et al. Clinical evaluation of 15% carbamide peroxide on the surface microhardness and shear bond strength of human enamel. *Oper Dent* 2007;32(5):

- 427-436.
26. Yu H, Li Q, Lin Y, Buchalla W, Wang Y. Influence of carbamide peroxide on the flexural strength of tooth-colored restorative materials: an in vitro study at different environmental temperatures. *Oper Dent* 2010;35(3):300-307.
27. Monaghan P, Trowbridge T, Lautenschlager E. Composite resin color change after vital tooth bleaching. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):778-781.
28. Hosoya Y. Five-year color changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. *Dent Mater* 1999;15(4):268-274.
29. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3(5):246-251.
30. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod* 2008;34(4):394-407.
31. Yap AU, Wang HB, Siow KS, Gan LM. Polymerization shrinkage of visible-light-cured composites. *Oper Dent* 2000;25(2):98-103.
32. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater* 1989;5(6):384-387.
33. Polydorou O, M nting JS, Hellwig E, Auschill TM. Effect of in-office tooth bleaching on the microhardness of six dental esthetic restorative materials. *Dent Mater* 2007;23(2):153-158.
34. Yu H, Li Q, Hussain M, Wang Y. Effects of bleaching gels on the surface microhardness of tooth-colored restorative materials in situ. *J Dent* 2008;36(4):261-267.
35. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. *J Clin Periodontol* 1995;22(1):1-14.
36. Yap AU, Wu SS, Chelvan S, Tan ES. Effect of hygiene maintenance procedures on surface roughness of composite restoratives. *Oper Dent* 2005;30(1):99-104.
37. Roulet JF, W lti C. Influence of oral fluid on composite resin and glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1984;52(2):182-189.