

Silorane-based 복합레진의 색안정성에 관한 연구

손유진 · 현홍근 · 김영재 · 김정옥 · 이상훈 · 김종철 · 한세현 · 장기택

서울대학교 대학원 치의학과 소아치과학교실

국문초록

본 연구의 목적은 silorane-based 복합레진의 색안정성을 기존의 methacrylate-based 복합레진과 비교하여 평가하는 것이다. Silorane-based 복합레진인 P90(3M ESPE, USA), methacrylate-based 복합레진인 Tetric Ceram(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Z250, Z350(3M ESPE, USA)을 이용하여 시편을 제작하고, 증류수, 커피, 레드 와인, 카레 용액에 담가 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일 후 색 변화를 분광광도계로 측정하고 실험 전후의 색상차이(ΔE^*_{ab})값을 산출하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순으로 레진 시편의 변색이 크게 나타났다.
2. 네 가지 종류의 레진을 비교하였을 때, Z350 > Z250 > Tetric Ceram > P90의 순으로 변색이 크게 나타났다.
3. 카레 용액의 경우 네 종류의 레진 모두에서 침지 1일 이후 수용도 역치 이상($\Delta E^*_{ab} > 3.3$)의 변색이 나타났다.
4. 레드 와인의 경우 Z350, Z250, Tetric Ceram에서 침지 1일 이후, P90에서는 침지 28일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났다.
5. 커피의 경우 Z350에서 침지 1일 이후, Z250에서 침지 3일 이후, Tetric Ceram에서 침지 7일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으나 P90에서는 침지 28일 이후에도 수용도 역치 이상의 변색이 나타나지 않았다.

주요어 : silorane, 복합레진, 변색, 분광 광도계

I. 서 론

복합레진은 1960년대 중반 Bowen에 의해 전치부 치료를 위해 치과계에 도입된 이후 강도, 내구성, 마모저항성과 같은 물성이 개선되고 다양한 색상과 색안정성으로 심미성이 개선되었으며 광중합의 도입으로 사용이 편리해지는 등 많은 발전이 이루어져 왔다. 또한 환자의 심미적 요구의 증대로 전치부 수복뿐만 아니라 구치부 수복에서도 널리 쓰이는 치과 재료의 하나가 되었다¹⁾.

복합레진은 Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA 등의 레진기질, 실란 처리된 필러, 광개시제인 camphoroquinone, 그리고 반응활성제인 3가 아민으로 이루어진다²⁾.

복합레진의 대표적 문제점인 중합수축을 극복하기 위하여 필러의 종류와 함량을 변화시키는 등의 노력이 기울여졌지만 최근에는 새로운 고분자 레진 기질의 개발로 초점이 맞추어져 그 중 하나로 silorane이 소개되었다³⁾.

Silorane은 siloxane과 oxirane 구조를 모두 포함하는 양이온 고리 열림 혼성 단량체 시스템으로 정의할 수 있다. Methacrylate의 선상 구조로 인해 일어나는 중합수축과 달리 silorane은 고리가 열리면서 중합이 되어 중합 수축을 줄이는 원리를 가지고 있다. 이러한 Silorane-based 복합레진은 중합수축 및 중합응력이 낮으며, 생물학적 용매에 대한 불용성과 안정성이 우수하다고 보고되고 있다³⁾.

또한 복합레진은 심미 수복 재료로 이용되기 때문에 임상적 사용에서 색안정성은 필수적인 요건이다. 복합레진의 변색에는 내적 인자와 외적 인자가 영향을 미칠 수 있는데, 내적 인자는 중합되지 않고 남아 있는 레진 자체의 변성, 기질 자체의 변성, 기질과 무기 충전체간의 경계면의 변성, 광중합개시제인 camphoroquinone의 영향 등을 들 수 있고, 외적 인자는 외부착색 인자의 흡착(adsorption)과 흡수(absorption)를 들 수 있다²⁾.

치과 재료의 변색 정도를 측정하는 방법에는 육안으로 표준 색상과 비교하는 방법과 색채계(colorimeter)나 분광광도계

교신저자 : 장 기 택

서울특별시 종로구 연건동 28 / 서울대학교 대학원 치의학과 소아치과학교실 / 02-2072-2682 / jangkt@snu.ac.kr

원고접수일: 2009년 08월 21일 / 원고최종수정일: 2009년 12월 08일 / 원고채택일: 2009년 12월 23일

(spectrophotometer) 같은 기계를 이용하여 색상을 CIE $L^*a^*b^*$ 값과 같은 객관적인 수치로 측정하는 방법이 있다. 이중 분광광도계는 360-750 nm의 가시광선에서 반사되는 수치를 기록하여 수학적으로 변형시켜 컴퓨터 프로그램을 통해 색 공간 좌표값인 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 구하게 된다. L^* 값은 명도, a^* 값은 적색과 녹색의 정도, b^* 값은 황색과 청색의 정도를 나타낸다⁴⁾. 그리하여 같은 시편에서 실험 전후의 변색 정도나 다른 시편간의 색상 차이(ΔE^*_{ab})는 구해진 $L^*a^*b^*$ 값을 이용하여 $\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 로 구할 수 있다. 이렇게 색상 차이를 정량적으로 평가하는 방법은 재현성, 민감도 및 객관성이 우수하다는 장점이 있다^{5,6)}.

많은 연구에서 사람의 눈으로 인식 가능한 색상 차이를 뜻하는 인식도(perceptibility)와 임상적으로 허용할 수 있는 색상 차이를 뜻하는 수용도(acceptability)의 다양한 역치를 보고하고 있다⁷⁾. 수용도의 역치로 미국 공중 위생국의 표준인 $\Delta E^*_{ab} \leq 3.3$ 이 널리 이용되며, 본 연구에서도 수용도의 역치로 3.3을 이용하였다.

이번 실험의 목적은 기존에 임상에서 사용되고 있는 수종의 methacrylate-based 복합레진과 새로 개발된 silorane-based 복합레진을 증류수, 커피, 레드와인, 카레 용액에 담가 각각의 복합레진의 변색 용액에 따른 변색 정도를 측정하여 색안정성을 비교하고자 하는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료 및 기구

본 연구에서는 다음과 같은 재료 및 기구를 사용하였다.

1) 수복용 복합레진

본 연구에서는 silorane-based 복합레진으로 Filtek

P90(3M ESPE, USA)을 사용하였고, methacrylate-based 복합레진으로는 Tetric Ceram(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Filtek Z250, Z350(3M ESPE, USA)을 사용하였다. 색조는 모두 A2 shade를 사용하였다.

그 조성은 Table 1과 같다.

2) 변색 재료

레진 시편을 변색시키기 위한 재료로, 커피(맥심 모카골드, 동서식품(주), 한국), 레드 와인(Montes alpha Cabernet Sauvignon, Chile), 카레 가루(오뚜기 카레, 오뚜기(주), 한국), 증류수를 사용하였다.

3) 색상 측정 기구

색상을 측정하기 위한 기구로 분광광도계(Spectrophotometer, Color Eye 7000A, Gretag Macbeth LLC, USA)를 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 시편 제작

각각의 레진으로 각 재료당 20개씩 두께 2 mm, 지름 10 mm의 원형 시편을 제작하였다.

시편은 편평한 유리판 위에 투명한 polyethylene strip을 깔고 Teflon (Polytetrafluoroethylen) 주형을 놓고 복합 레진을 채운 다음 다시 투명한 polyethylene strip과 편평한 유리판을 올려놓고 압착하여 여분의 레진을 제거한 후 conventional halogen light(3M Curing Light 2500, 3M, USA)를 이용하여 40초씩 양면을 중합하여 제작하였다.

2) 변색 시험

각 재료당 20개의 시편을 4군으로 나누어 각 군당 5개의 시

Table 1. Composite materials used in this study

Composite Resin	Organic Matrix	Filler particle	Filler size	Filler(wt%)
Filtek P90	Siloranes	Quartz filler Yttrium fluoride	0.47 μm	76
Tetric Ceram	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Barium glass, ytterbium trifluoride Ba-Al-fluorosilicate glass Highly dispersed silicon dioxide Spheroid mixed oxide	0.04-3.0 μm (average 0.7 μm)	79
Filtek Z250	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Zirconia/silica	0.01-3.5 μm (average 0.6 μm)	82
Filtek Z350	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Combination of aggregated zirconia/silica cluster filler and non-agglomerated 20nm silica filler	0.005-0.02 μm	78.5

편을 증류수, 커피, 레드 와인, 카레 용액에 담그고 37℃의 압소에 보관하였다. 커피는 실제 음료에 사용되는 농도로 인스턴트 커피 5 g을 80℃의 정수된 물 120 ml에 혼합하여 이용하였고, 카레 용액은 실제 요리에 사용되는 농도로 인스턴트 카레 가루 5 g을 상온의 물 100 ml에 혼합하였다. 증류수는 상온에 보관되어 있는 것을 이용하였고, 레드 와인은 냉장보관 되어있는 것을 이용하였다.

용액은 하루에 한번씩 교체하였다.

3) 색 측정

만들어진 시편을 24시간 동안 증류수에 담가 압소에 보관한 후 baseline을 측정하였고, 시편을 각 시료에 담근 후 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일 후에 다시 색을 측정하였다.

색 측정 전 초음파 세척기를 이용하여 30분간 시편을 세척하고, 종이 타월을 이용하여 건조 후 즉시 측정하였다.

4) 통계처리

통계분석에는 SPSS(ver 12.0) 통계 프로그램을 이용하였다. 각각의 복합레진의 시간에 따른 L^* , a^* , b^* 값 변화의 전후 차이는 independent t-test로 비교하였고, 각각의 변색 용액 별, 복합레진별로 ΔE^*_{ab} 값을 one-way ANOVA 시행 후, Tukey test로 사후 검정을 실시하였다. 사용된 모든 통계분석의 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1) 각 변색 용액에서의 변색 정도(ΔE^*_{ab})

증류수, 커피, 레드 와인 및 카레 용액에 침지 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일 후의 변색 정도(ΔE^*_{ab})의 평균과 표준편차를 Table 2에 나타내었고, 각각의 변색 용액에서의 색 변화를 Fig. 1에서 Fig. 4까지 그래프로 표시하였다.

(1) 증류수

변색 용액의 대조군으로 사용된 증류수의 경우, ΔE^*_{ab} 값의 변화는 있었으나, 침지 28일 이후에도 모든 레진군에서 ΔE^*_{ab} 값이 1~2 정도로, 육안으로는 구분하기 힘든 정도의 변색이 나타났다.

(2) 커피

커피의 경우, Z350 > Z250 > Tetric Ceram > P90의 순서로 변색이 크게 나타났다. 침지 1일 이후 Z250과 Z350의 ΔE^*_{ab} 값 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으나, Z350에서는 침지 1일 이후에 ΔE^*_{ab} 값이 3.3을 초과하여 수용도 역치 이상의 변색이 나타났고, Z250에서 침지 3일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났다. Tetric Ceram에서는 침지 7일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으나, P90에서는 침지 28일 이후에도 수용도 역치 이상의 변색이 나타나지 않았다.

Table 2. Mean ΔE^*_{ab} (SDs) of 4 resin composites

Material	Time(day)	Distilled water	Coffee	Red wine	Curry solution
P90	1	1.327(0.415)	1.595(1.030)	0.732(0.352)	6.079(2.032)
	3	1.347(0.362)	1.759(1.297)	0.840(0.308)	5.018(1.443)
	7	1.337(0.446)	1.824(1.347)	2.586(0.472)	5.234(2.703)
	14	1.466(0.473)	1.328(1.094)	2.110(0.307)	3.954(0.762)
	21	1.038(0.492)	0.970(0.344)	2.334(0.332)	4.272(1.128)
	28	1.670(0.459)	1.518(0.737)	7.328(0.766)	3.847(1.634)
Tetric Ceram	1	1.528(0.924)	2.498(1.032)	6.116(1.869)	43.020(5.776)
	3	1.494(0.870)	3.005(0.951)	10.151(2.778)	31.074(12.621)
	7	1.630(0.815)	4.687(1.143)	13.029(3.218)	37.106(4.219)
	14	1.868(0.837)	5.085(1.033)	21.756(2.979)	36.024(9.460)
	21	2.061(0.814)	6.448(1.158)	18.553(4.248)	32.602(7.385)
	28	2.091(0.866)	7.329(1.053)	17.105(3.404)	35.409(3.557)
Z250	1	1.184(0.697)	3.279(0.689)	8.368(1.639)	41.675(3.545)
	3	1.122(0.656)	4.152(0.807)	13.220(2.990)	41.220(8.539)
	7	1.199(0.665)	6.124(0.988)	17.661(1.229)	42.171(6.091)
	14	1.037(0.491)	6.809(1.599)	21.606(2.967)	40.036(4.987)
	21	1.300(0.405)	8.145(1.526)	24.316(2.280)	39.857(4.585)
	28	1.169(0.444)	9.140(1.760)	24.339(3.251)	39.313(7.024)
Z350	1	0.870(0.241)	3.495(0.545)	10.421(1.329)	42.749(2.807)
	3	1.071(0.296)	5.169(1.561)	19.775(4.805)	50.192(11.329)
	7	1.415(0.308)	8.509(1.376)	28.067(4.297)	48.646(5.717)
	14	1.909(0.283)	8.522(1.113)	34.911(3.466)	57.777(6.878)
	21	1.724(0.230)	10.926(1.319)	35.884(3.321)	52.213(7.866)
	28	2.152(0.356)	11.779(1.448)	39.378(3.043)	65.086(1.607)

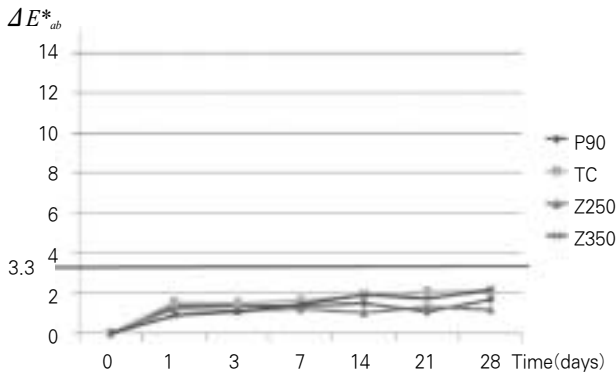


Fig. 1. Mean color change (ΔE^*_{ab}) after immersion in distilled water.

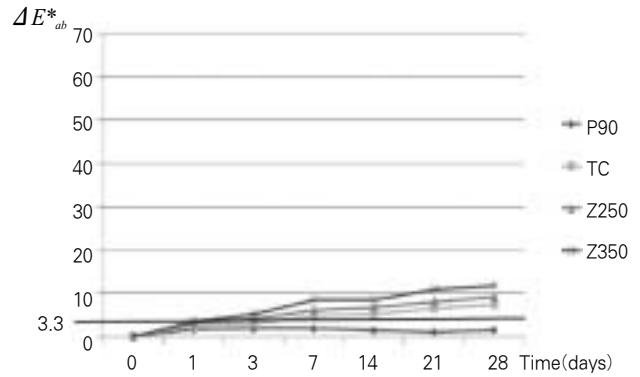


Fig. 2. Mean color change (ΔE^*_{ab}) after immersion in coffee.

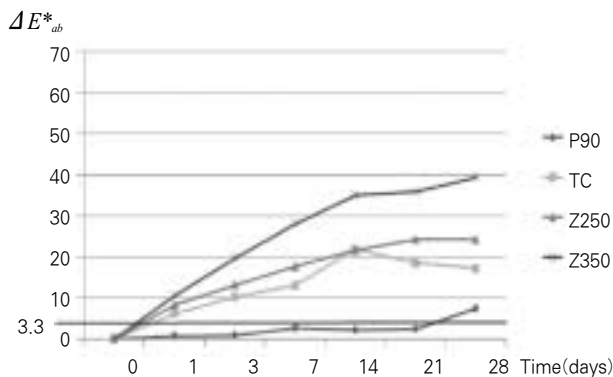


Fig. 3. Mean color change (ΔE^*_{ab}) after immersion in red wine.

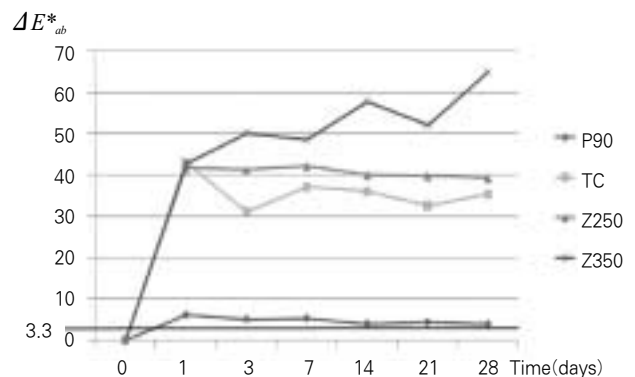


Fig. 4. Mean color change (ΔE^*_{ab}) after immersion in curry solution.

(3) 레드 와인

레드 와인의 경우, Z350 > Z250 > Tetric Ceram > P90의 순서로 변색이 크게 나타났다. Z350, Z250, Tetric Ceram에서 침지 1일 이후 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며 그 이후에도 점차 ΔE^*_{ab} 값이 증가하였고, 그 정도는 Z350, Z250, Tetric Ceram의 순서로 크게 나타났다. 그러나 P90에서는 침지 21일까지는 ΔE^*_{ab} 가 2.6 이하로 매우 낮은 값을 보이다가, 28일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났다.

(4) 카레 용액

카레 용액의 경우에도, Z350 > Z250 > Tetric Ceram > P90의 순서로 변색이 크게 나타났다. 침지 1일 이후에 모든 레진군에서 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며 그 이후에는 불규칙적인 변색 양상을 보였다. Tetric Ceram, Z250, Z350에서는 1일 이후 ΔE^*_{ab} 값이 41~43 정도로 매우 큰 변색이 나타났으며, 세 가지 레진군 간에 변색 정도가 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, P90에서는 1일 이후 ΔE^*_{ab} 값이 6.079 ± 2.032 로 다른 세 가지 레진에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 변색을 나타냈다. 그 이후에는 네 가지 레진군 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

2) 각 재료군의 변색 정도 (ΔE^*_{ab})

P90, Tetric Ceram, Z250, Z350의 각 변색 용액에서의 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일 후 색 변화량(ΔE^*_{ab})을 각각의 레진군별로 Fig. 5에서 Fig. 8까지 그래프로 표시하였다.

(1) P90

P90의 경우, 침지 후 21일까지는 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순으로 ΔE^*_{ab} 값이 크게 나타났으나 28일에는 레드 와인에서 카레 용액보다 ΔE^*_{ab} 값이 더 크게 나타났다. 카레 용액에서, 침지 1일 후 수용도 역치보다 큰 변색이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 그 이후의 ΔE^*_{ab} 값에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 레드 와인에서는 초기값과 비교시 침지 7일 이후부터 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 3일 후와 7일 후, 21일 후와 28일 후 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 또한, 침지 28일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났다. 커피에서는 ΔE^*_{ab} 값이 7일까지는 증가하다가 그 이후에 조금 감소하는 추세를 보였으나 1, 3, 7일을 제외하고는 통계적으로는 유의한 차이가 없었다.

증류수에서는 ΔE^*_{ab} 값에 통계적으로 차이가 없었다.

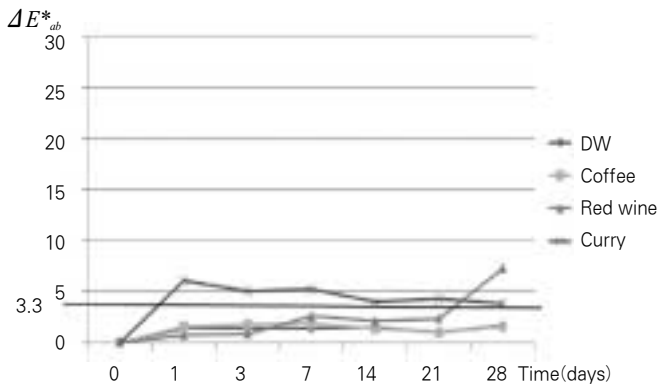


Fig. 5. Mean color change (ΔE^*_{ab}) of P90.

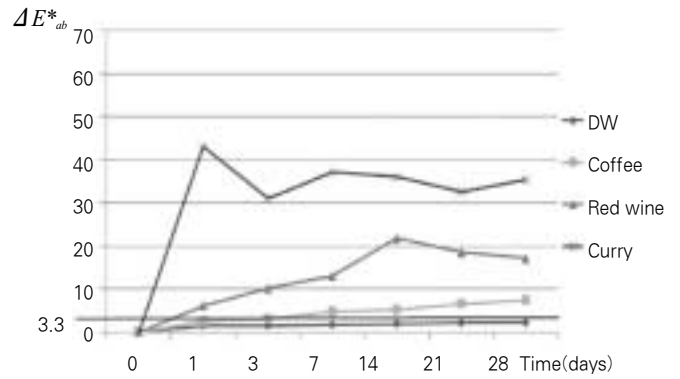


Fig. 6. Mean color change (ΔE^*_{ab}) of Tetric Ceram.

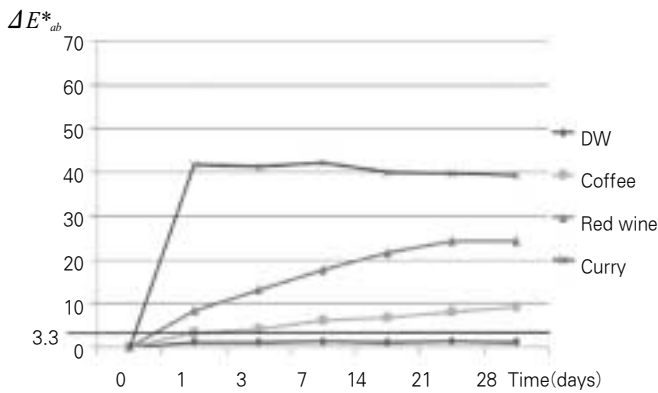


Fig. 7. Mean color change (ΔE^*_{ab}) of Z250.

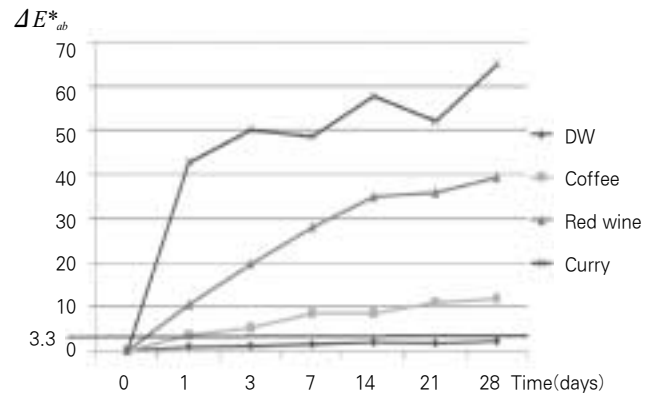


Fig. 8. Mean color change (ΔE^*_{ab}) of Z350.

(2) Tetric Ceram

Tetric Ceram의 경우, 모든 낱짜에서 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순으로 변색이 크게 나타났다.

카레 용액에서는 ΔE^*_{ab} 값이 침지 1일 이후 43.020 ± 5.776 로 매우 큰 변색이 일어났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 그 이후에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

레드 와인에서는 침지 1일 이후 ΔE^*_{ab} 값이 6.116 ± 1.869 로 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며 그 이후에도 점차 증가하다가 침지 21일부터 약간 감소하였으나, 21일 이후부터는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

커피에서는 ΔE^*_{ab} 값이 점차 증가하다가, 침지 7일 이후에 수용도 역치 이상의 변화가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

(3) Z250

Z250의 경우, 모든 낱짜에서 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순서로 변색이 크게 나타났다.

카레 용액에서는 침지 1일 이후에 ΔE^*_{ab} 값이 41.675 ± 3.545 로 매우 큰 변색이 나타났으며, 그 이후에는 불규칙적인

변화 양상을 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

레드 와인에서는 침지 1일 이후에 ΔE^*_{ab} 값이 8.368 ± 1.639 로 수용도 역치 이상의 변색을 나타냈으며 그 이후에도 ΔE^*_{ab} 값이 계속 증가하였다.

커피에서는 침지 3일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며, 그 이후에도 ΔE^*_{ab} 값이 계속 증가하였다.

(4) Z350

Z350의 경우에도, 모든 낱짜에서 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순서로 변색이 크게 나타났다.

카레에서는 침지 1일 이후에 ΔE^*_{ab} 값이 42.749 ± 2.807 로 매우 큰 변색을 나타냈으며 그 이후에는 불규칙적인 변화양상을 보이면서 점차 증가하여 침지 28일 이후에는 ΔE^*_{ab} 값이 65.086 ± 1.607 로 모든 실험군 중 가장 큰 값을 나타내었다.

레드 와인에서는 침지 1일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며 그 이후에도 ΔE^*_{ab} 값이 계속 증가하였다.

커피에서도 침지 1일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으며 그 이후에도 ΔE^*_{ab} 값이 계속 증가하였다.

IV. 총괄 및 고찰

복합레진의 변색은 수복물 교체의 주된 이유 중 하나이며, 변색으로 인해 수복물을 교체할 때에 환자와 치과의사 모두 시간과 비용이 들게 된다.^{8,9)}

변색의 정도를 평가하는 방법에는 육안으로 표준 색상과 비교하는 방법과 분광광도계 또는 색채계와 같은 기계를 이용하여 색상을 CIE $L^*a^*b^*$ 수치로 측정하는 방법이 있다. 기계를 이용한 색 측정 방법은 주관적인 해석 없이 객관적인 수치로 색 변화를 측정할 수 있기 때문에 많이 사용되고 있다. 반사성 표면을 측정할 때, 측정되는 색은 실제 표면의 색 뿐만 아니라 광원에 따라서도 영향을 받는다¹⁰⁾. 본 연구에서는 백색을 배경으로 하였고, 표준 광원으로 D65를 사용하였다. 이는 자외선을 포함하여 평균 일광을 가장 잘 표현해주는 광원이기 때문이다¹¹⁾.

분광광도계를 이용하여 측정하는 방법은 해석하는 방식에 따라 다양한 차이를 보이는데 1978년 국제조명위원회(CIE: Commission Internationale del Eclairage)에서 제시한 방법이 현재 널리 사용되고 있다. CIE에서 1978년에 제시한 CIE $L^*a^*b^*$ 색도계는 Adams-Nickerson 색공간을 간단한 형태로 재현한 것으로 X, Y, Z값으로부터 수식을 이용하여, L^*, a^*, b^* 값을 계산할 수 있다. ΔE^*_{ab} 값은 상대적인 색 변화를 수치로 표현해주며 개별의 L^*, a^*, b^* 값보다 더 의미있는 수치라고 볼 수 있다¹⁰⁾. 이런 이유로 본 연구에서는 실험 전후의 색 변화를 평가하는 수치로써 ΔE^*_{ab} 값을 사용하였다.

복합레진의 색안정성은 레진 기질, 필러 입자의 크기, 중합의 깊이 및 염색 용액과 관련되어 있다^{10,12,13)}. 복합레진의 변색을 일으키는 외적 요인은 외부착색인자의 흡착(adsorption)과 흡수(absorption)를 들 수 있다²⁾. 본 연구에서는 외부 변색 인자의 불규칙적인 흡착에 의한 오차를 줄이기 위하여 변색 용액에 침지 후 색 측정 전에 30분간 초음파 세척기를 이용하여 세척함으로써 표면에 흡착된 물질을 제거한 후 색을 측정하였다.

복합레진이 변색용액에 노출되면 기질 내부의 친수성 부분과 기질-필러 사이에 수분이 흡수되어 기질-필러를 분리시키고 복합레진의 변색을 일으킨다^{14,15)}. 실란 또한 수분을 많이 흡수함으로써 변색에 큰 역할을 한다고 보고되고 있다⁸⁾.

복합레진 변색에 silorane-based의 영향을 알아보는 데 영향을 줄 수 있는 요인으로 레진 기질을 들 수 있는데 이는 기질이 복합레진 변색의 주된 부분이기 때문에 기질의 함량이 클수록 변색이 많이 될 것이라 예상할 수 있다¹⁶⁾. 그러나 본 연구에서 사용된 복합레진들의 필러 함량에는 큰 차이가 있지 않으며, Dietschi 등¹⁷⁾에 따르면 필러-기질 비율의 작은 차이는 수분 흡수에 큰 차이를 일으키지 않는다고 하였으므로 본 연구에 필러-기질 비율의 차이가 변색 정도에 미치는 영향은 매우 작을 것이다.

Silorane-based 복합레진은 이전의 methacrylate-based 복합레진에 비해 중합수축이 적고, 소수성이 크며, 생체적합성이 더 좋다고 보고되고 있다^{18,19)}. 또한 Palin 등¹⁸⁾의 연구에 따르면, methacrylate-based 복합레진인 Z100, Z250에 비해

silorane resin이 더 낮은 수분흡수율과 확산계수를 갖는다고 보고하고 있다. 이것은 siloxane group을 포함하는 silorane 분자의 소수성 구조에 기인한 것이다. 또한 이 복합레진은 필러 입자 실란 처리제의 점도를 감소시키고 젖음성을 증가시켜서, 실란층 두께를 얇게 하였다. 결과적으로 실란층의 수분흡수가 감소하고 필러 입자와 레진 기질간의 결합강도가 증가하여 용해도가 감소했다고 생각할 수 있다.

따라서 이번 실험에서 silorane-based 복합레진인 P90이 다른 methacrylate-based 복합레진이 비해 색안정성이 높게 나타난 것은 Palin 등¹⁸⁾의 연구와 마찬가지로 silorane의 소수성, 낮은 용해도 및 실란층의 얇은 두께에 의해 수분흡수가 감소한 것에 기인한 것으로 생각된다.

Methacrylate-based 복합레진에서 주로 사용되는 레진의 기질은 Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA 등이 있다. Sideridou 등²⁰⁾에 의하면 이들 dimethacrylate의 흡수성은 TEGDMA(6.33wt%), Bis-GMA(2.93wt%), UDMA(2.59wt%), Bis-EMA(1.79wt%) 순으로 높았다. 그러므로, 희석제로 사용되는 TEGDMA의 첨가 여부 및 첨가 비율에 따라 흡수성에 차이가 생기고 이로 인하여 변색에 많은 영향을 미칠 수 있다⁷⁾. 본 연구에서도 Z250보다 Z350에서 더 큰 변색이 일어난 것은 희석제로 포함된 TEGDMA의 영향인 것으로 생각된다.

또한 Tetric Ceram의 색안정성이 Z250과 Z350보다 우수하게 나타난 것은 Vichi 등²¹⁾의 연구결과와도 일치하는데, 실란처리 등의 차이에 기인하는 것으로 보인다.

복합레진의 색안정성 실험은 주로, 커피, 차, 레드 와인을 이용하여 이루어져 왔고²²⁻²⁴⁾, 이들 음료는 많은 사람들이 자주 이용하는 음료들이며, 복합레진의 변색을 일으킨다고 흔히 알려진 음료이다. 또한 카레 용액은 Imamura 등²⁵⁾, Stober 등²⁶⁾의 연구에서 다른 종류의 음식물에 비해 훨씬 더 큰 변색을 일으키므로 복합레진의 변색 실험에 적절한 용액이라고 보고하고 있다. 본 연구에서도 마찬가지로 다른 변색용액과 비교하여 훨씬 더 큰 변색을 일으켰으나 그 성상이 균일하지 않아 변화 양상이 불규칙적으로 나타났다고 생각된다.

본 연구에서도 카레 용액에서 침지 1일 이후부터 매우 큰 변색이 나타났으며, 다른 연구에서와 마찬가지로 레드 와인, 커피의 순서로 복합레진의 변색이 많이 일어났다. 이 중 레드 와인은 14% 정도의 알코올을 포함하고 있고, 변색 용액에서 알코올은 레진 기질을 연화시켜 변색을 더 가속화한다고 알려져 있다²⁷⁾.

본 연구에서는 표면 연마에 따른 오차를 배제하고자 시편의 표면 연마를 시행하지 않았다²⁸⁾. 그러나 연구에 따르면 Mylar strip을 이용하여 표면을 마무리한 경우 표면에 레진 기질이 많이 남게 되어 변색에 취약하다는 것을 고려해볼 때^{14,23,27)}, 본 연구에서의 변색 정도는 통상적으로 표면 연마를 시행하는 임상에서의 변색보다 더 크게 나타났을 것이다.

Silorane-based 복합레진의 가장 큰 장점으로 중합수축의 감소와 기존의 methacrylate-based 복합레진에 견줄 만한 물

리적 성질들이 보고되어 왔다^{29,30)}. 하지만 복합레진은 물리적 성질 뿐만 아니라 광학적 성질에서도 장기간 동안의 색안정성 유지가 임상적 성공에 필수적이다. Furuse 등³⁾은 silorane-based 복합레진 및 methacrylate-based 복합레진의 가속시효 처리(accelerated aging) 후의 색안정성을 평가하는 연구에서 silorane-based 복합레진이 다른 methacrylate-based 복합레진에 비해 가장 우수한 색안정성을 보였다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 변색 용액에 대한 색안정성 또한 silorane-based 복합레진이 가장 우수한 결과를 보였다. 이러한 silorane-based 복합레진의 임상적 사용을 위해서는, 전치부 사용을 위한 점도의 개선 및 다양한 색조의 개발 등 물성의 개선에 관련된 연구가 추가로 필요할 것이다.

V. 결 론

Silorane-based 복합레진의 색안정성을 기존의 methacrylate-based 복합레진과 비교하기 위하여, silorane-based 복합레진인 P90(3M ESPE, USA), methacrylate-based 복합레진인 Tetric Ceram(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Z250, Z350(3M ESPE, USA)을 이용하였다. 각각의 레진을 이용하여 증류수, 커피, 레드 와인, 카레 용액에 담가 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일 후 색 변화를 분광광도계(Color Eye 7000A, GretagMacbeth LLC, USA)를 이용하여 CIE L*a*b* system에 따라 측정하고 구해진 L*a*b*값을 이용하여 $\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 식을 이용하여 ΔE^*_{ab} 값을 산출하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 카레 용액 > 레드 와인 > 커피 > 증류수의 순으로 레진 시편의 변색이 크게 나타났다.
2. 네 가지 종류의 레진을 비교하였을 때, Z350 > Z250 > Tetric Ceram > P90의 순으로 변색이 크게 나타났다.
3. 카레 용액의 경우 네 종류의 레진 모두에서 침지 1일 이후 수용도 역치 이상($\Delta E^*_{ab} > 3.3$)의 변색이 나타났다.
4. 레드 와인의 경우 Z350, Z250, Tetric Ceram에서 침지 1일 이후, P90에서는 침지 28일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났다.
5. 커피의 경우 Z350에서 침지 1일 이후, Z250에서 침지 3일 이후, Tetric Ceram에서 침지 7일 이후에 수용도 역치 이상의 변색이 나타났으나 P90에서는 침지 28일 이후에도 수용도 역치 이상의 변색이 나타나지 않았다.

참고문헌

1. 배지현, 김영균, 윤필영 : 새로운 레진 단량체가 복합레진 수복물의 미세변연누출에 미치는 영향. 대한치과보존학회지, 32:469-475, 2007.
2. 김혜진, 김관중, 조혜원 : 수중 복합레진의 색안정성에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 40:79-86, 2002.
3. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, et al. :

Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. J Dent, 36:945-952, 2008.

4. 백병주, 오경선, 김재곤, 양철희 : 유치의 치아색과 수복재의 색조선택에 관한 비교연구. 대한소아치과학회지, 29:376-381, 2002.
5. Ikeda T, Murata Y, Sano H : Translucency of opaque-shade resin composites. Am J Dent, 17:127-130, 2004.
6. 현홍근 : 유치레진치의 전치부 색조 연구. 대한소아치과학회지, 34:639-645, 2007.
7. 김미니 : 변색된 치과용 수복 레진의 색조 회복 방법에 따른 효과 비교: 분광광도계를 이용한 측정. 2009년 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
8. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, et al. : Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. Eur J Dent, 3:50-56, 2009.
9. Mjör IA : The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. Acta Odontol Scand, 55:58-63, 1997.
10. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, et al. : Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. J Prosthet Dent, 94:118-124, 2005.
11. Hintz JK, Bradley TG, Eliades T : Enamel colour changes following whitening with 10 percent carbamide peroxide : a comparison of orthodontically-bonded/debonded and untreated theeth. Eur J Ortho, 23:411-415, 2001.
12. Yazici AR, Çelik c, Dayangaç B, et al. : The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. Oper Dent, 32:616-622, 2007.
13. Villata P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, et al. : Effects of staining and bleaching on color change of dental composites resins. J Prosthet Dent, 95:137-142, 2006.
14. 이성이, 김현철, 허복 : 수종의 복합 레진의 표면 거칠기와 색 안정성. 대한치과보존학회지, 32:542-548, 2007.
15. Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G : Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. Oper Dent, 32:406-411, 2007.
16. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, et al. : Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. Eur J Oral Sci, 112:280-285, 2004.
17. Dietschi D, Campanile G, Holz J, et al. :

- Comparison of the colour stability of ten new-generation composites: An in vitro study. *Dent Mater*, 10:353-362, 1994.
18. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, et al. : The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dent Mater*, 21:852-863, 2005.
 19. Duarte S Jr, Phark JH, Varjão FM, Sadan A : Nanoleakage, ultramorphological characteristics, and microtensile bond strengths of a new low-shrinkage composite to dentin after artificial aging. *Dent Mater*, 25:589-600, 2009.
 20. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G : Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24:655-665, 2003.
 21. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL : Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater*, 20:530-534, 2004.
 22. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G : Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater*, 22:63-68, 2006.
 23. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM : Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent*, 17:102-109, 2005.
 24. Lee YK, Powers JM : Combined effect of staining substances on the discoloration of esthetic Class V dental restorative materials. *J Mater Sci Mater Med*, 18:165-170, 2007.
 25. Imamura S, Takahashi H, Hayakawa I, et al. : Effect of filler type and polishing on the discoloration of composite resin artificial teeth. *Dent Mater J*, 27:802-808, 2008.
 26. Stober T, Gilde H, Lenz P : Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater*, 17:87-94, 2001.
 27. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C : The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc*, 135:587-594, 2004.
 28. Lee YK, Powers JM : Discoloration of dental resin composites after immersion in a series of organic and chemical solutions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 73:361-367, 2005.
 29. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R : Siloranes in dental composites. *Dent Mater*, 21:68-74, 2005.
 30. Ilie N, Hickel R : Silorane-based dental composites: behavior and abilities. *Dent Mater J*, 25:445-454, 2006.

Abstract

COLOR STABILITY OF NEW SILORANE-BASED COMPOSITE RESIN:
AN *IN VITRO* SPECTROPHOTOMETRIC STUDY

Yu-Jin Son, Hong-Keun Hyun, Young-Jae Kim, Jung-Wook Kim,
Sang-Hoon Lee, Chong-Chul Kim, Se-Hyun Hahn, Ki-Taeg Jang

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University

The objective of this study was to evaluate the color stability of new silorane-based composite resin compared with methacrylate-based composite resins after immersion in 3 staining solutions.

One silorane-based composite(Filtek P90) and 3 methacrylate -based composites(Filtek Z250, Filtek Z350, Tetric Ceram) were evaluated. Twenty disk-shaped specimens(10×2mm) of each of 4 composite resins were prepared. The specimens were then divided into 4 groups of 5 specimens each and immersed in 3 staining solutions(coffee, red wine, curry solution) or distilled water(control) for 28-day test period. Color of the specimens was measured with a spectrophotometer(Color Eye 7000A) using CIE $L^*a^*b^*$ color space relative to CIE standard illuminant D65 at baseline, 1day, 3days, 7days, 14days, 21days and 28days after staining. The color differences(ΔE_{ab}^*) were calculated.

The results were obtained as follows :

1. The mean color changes(ΔE_{ab}^*) of the composites were greatest in curry solution, then red wine, coffee and distilled water, in decreasing order.
2. The mean color changes(ΔE_{ab}^*) of the composites were greatest in Z350, Z250, Tetric Ceram and P90, in decreasing order.

Key words : Silorane, Composite resin, Discoloration, Spectrophotometer