

잇솔질과 열처리가 세로머의 색안정성에 미치는 영향

강릉대학교 치과대학 치과보철학교실

이양진 · 조리라

1. 서 론

색조는 구강내에서의 심미적 조화라는 측면에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 금속-도재 수복물은 다양한 색조와 색 안정성으로 수십년간 비교적 만족스럽게 사용되어 왔으나 내부에 금속이 있는 구조적인 한계로 수복치아의 불투명성(opacity), 금속재료에 의한 도재 변색 등이 단점으로 지적되어 왔으며 하부 금속구조가 없는 수복물로 바뀌어 가고 있다.

금속도재 수복물의 심미적인 단점을 개선한 완전도재 수복물은 세라믹 자체의 장점인 색안정성 외에도 하부구조를 금속에서 세라믹으로 대체하여 투명감을 현저히 개선하였지만 잦은 파절과 제작상의 까다로움 등의 한계로 그 적용이 제한되고 있다.

금속하부구조에 전장용으로 쓰이던 레진은 기공 및 수리가 쉽고 원하는 색조를 쉽게 얻을 수 있지만 금속-도재 수복물의 약점인 색 깊이부족을 전혀 개선하지 못했을 뿐 아니라, 레진 자체의 색안정성이 도재에 비해 떨어지며, 마모에 대한 저항성이 약하고, 사용 중 광택의 소실을 보이는 단점이 있었다. 그러나 최근에 무기질 충전재의 함량을 높여 물성이 강화된 2세대 콤포지트 레진이 소개되어 관심을 끌고 있다.

60~70%에 이르는 높은 무기질 충전재의 특징으

로 세로머 (CEROMER, Ceramic Optimized Polymer)라 불리는 이 레진은 1세대 콤포지트 레진의 기계적 물성을 상당히 개선하였으며 섬유강화형 콤포지트인 FRC (Fiber Reinforced Composite)를 하부구조로 사용한 심미수복물 제작에 널리 쓰이고 있다.^{1,2)}

FRC는 우수한 인장강도 및 굴곡강도를 가지고 있으며 세로머 역시 자연치와 유사한 탄성계수와 개선된 굴곡강도를 가지고 있고, 두 재료의 레진 기질이 동일하므로 결합이 용이하여 완전도재 수복물의 기계적 한계를 극복하는 대안으로 생각되고 있다.^{3,4)} FRC와 결합된 세로머 수복물은 증가된 빛의 투과성, 다양한 색조, 기공작업의 용이성, 파절 시 구강내 수리 용이성 등의 장점을 가지고 있다.^{1,2)} 시중에 소개된 세로머 제품으로는 Artglass (Heraeus Kulzer, Germany), Belle Glass HP (Kerr/Syborn, USA), Herculite (Kerr, USA), Sculpture (Jeneric, USA), Targis (Ivoclar, Liechtenstein) 등이 있다.¹⁾

구강은 반복하중과 높은 응력집중이 일어나는 외에도 항상 타액에 젖어있고 온도변화가 심하며 음식물 성분에 따른 산도(pH) 변화가 심해, 레진의 기질 변화에 큰 영향을 끼칠 수 있는 악조건의 환경이다. 따라서 기계적 성질 외에도 흡수성, 마모도가 색의

*이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.
(KRF-99-0030F00352 F4207).

안정성과 조화에 큰 영향을 끼칠 수 있다.

색조의 안정성은 심미에 매우 큰 비중을 차지하고 있으며 시간에 따른 색의 변화, 색 부조화, 색소침착은 전치부 보철을 재제작하는 주요 원인이 된다. 색의 안정성을 방해하는 요인으로는 색소 침착, 수분 흡수, 표면 거칠기, 마모 또는 화학적 침식, 재료자체의 화학적 첨가물의 영향, 산소에 의한 중합방해 등을 들 수 있으며 상당부분이 도재보다는 레진수복물에서 자주 접하는 조건들이다.^{5,6)}

세로머는 구강내에서 일정시간 후에 광택이 소실되어 심미성이 떨어지는 단점이 지적되어 왔다. 이는 열자극, 화학자극, 빛 자극, 기계적 자극에 의해서 표면 성질이 변함을 의미한다. 또한 세로머는 흡수성이 크며 표면처리에 따른 영향이 틀리고 마모가 도재보다 쉽게 일어나는 등, 레진의 색 불안정성 유발 조건이 상당수 존재하고 있다고 여겨진다.

이제까지의 연구에서 세로머의 마모도, 기계적 성질에 대한 보고는 많았으나 열처리나 마모에 따른 색안정성에 대한 연구는 거의 없었다. 세로머가 중합 후 열순환처리에 의해 마모저항성이 변화한다는 보고가 있었으나^{7,8)} 열처리가 색조 안정성에 어떤 영향을 끼치는지, 또 잇솔질을 시행하여 구강내 환경을 재현한 후 색조가 어떻게 변하는지에 대한 연구는 없었다.

본 연구의 목적은, 심미 보철에 사용되는 재료인 세로머 중 표면처리를 달리한 Sculpture와 Targis, Artglass를 실험군으로, 콤포짓트레진인 Z100을 대조군으로 사용하여 열처리를 일정시간 거치고 잇솔질을 시행한 후 열 자극, 기계적 마모에 대한 색안정성의 효과를 살펴보는 데 있다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

3종의 세로머 (Targis, Sculpture, Artglass)를 실험군으로 하였고 콤포짓트 레진(Z100)을 대조군으로 사용하였다 (Table I). 세로머 중 Artglass와 Targis는 제작시 최종 표면처리를 위해 연마만이 추천되고 있으며 Sculpture는 글레이징 하는 것이 기본적인 표면처리방법이지만 Targis는 착색을 위한 글레이징 액이 있어 연마 후에 착색처리를 하기도 하며 Sculpture에도 연마 처리를 할 수 있으므로 Targis와 Sculpture 두 군을 연마만 한 것과 글레이징 액을 처리한 2군으로 나누어 제작하였다.

2. 연구방법

1) 시편 제작

직경 12mm, 두께 2.5mm의 원형 분할 금속판에 시편을 채운 후 마일라 스트립을 덮고 압력을 가하여 잉여분을 제거하였다. 그 후 2장의 슬라이드 글라스로 덮어 중합방해층 발생을 억제한 다음 재료회사의 지시에 따라 Targis는 광중합과 열중합을 이용하고 Sculpture는 질소가스 하에서 필요한 시간동안 온성하였다. 모든 재료는 Vita A2 색조를 사용하였으며 각 군 당 12개씩 총 72개의 시편을 제작하였다.

2) 표면 처리

시편을 3일간 실온에 노출시켜 중합을 완성시킨 후 증류수 (37℃)에 침적한 채로 7일 경과 후 표면을 자동연마기 (Automat, Buhler, Germany)로 카바이드 연마용지 200, 400, 600 번 순으로 흐르는 물에서

Table I. Commercial ceromer used in this study

Species	Code	Brand name	Curing (time)	Character-istic	Manufacturer
Ceromer	Art	Artglass	Light (10min)		Kulzer, Germany
	Ta-pol	Targis	Light & Heat	polishing	Ivoclar,
	Ta-gl	Targis	(25 min)	staining	Richitenschetein
	Sc-pol	Sculpture	Light & Heat	polishing	Generic pentron,
	Sc-gl	Sculpture	under N ₂ (15 min)	glazing	USA
Composite resin	Z100	Z100	Light (2 min)		3M, USA

Table II . Instruments for polishing procedure

Materials	Instruments	Manufacturer
Z100	Shofu Supersnap polishing set	
	Medium grit	5000 rpm/ 20 s
	Fine grit	5000 rpm/ 20 s
	Super fine grit	5000 rpm/ 20 s
Artglass	Art-Glass tool kit	
	Polisher (Prepol)	5000 rpm/ 120 s
	Polisher (Mepol)	5000 rpm/ 60 s
	Polisher (Hipol)	5000 rpm/ 120 s
Targis	Big silicone point (BL-R3)	5000 rpm/ 120 s
	Robinson brush (brown)	5000 rpm/ 120 s
	Silicone wheels, white	
	Linen brush and polishing paste green	
	Linen brush and polishing paste blue	
Sculpture	Big silicone point (BL-R3)	5000 rpm/ 120 s
	Robinson brush (brown)	5000 rpm/ 120 s
	polishing buffers	

표면을 연마시켜 전체 시편의 수평과 표면 조건을 동일화했다.

각 시편을 제조회사의 지시에 따라 순서대로 연마하였으며 Targis는 연마만 한 군과 연마 후 착색액을 처리하여 다시 온성한 군으로 나누었으며 Sculpture는 연마만 한 군과 클레이징 액을 처리한 군으로 나누었다. 표면 처리한 모든 시편은 초음파세척기에 5분 이상 세척하였다. 각 시편을 처리한 방법은 Table II와 같다.

3) 열순환 처리 (thermocycling)

완성된 시편은 5℃와 55℃의 온도로 유지되는 수조(Zwick GmbH & Co., Germany)에 순환장치를 이용하여 침적시간 30초의 조건으로 10,000회 열순환 처리를 시행하였다. 수조의 물은 일정시간 간격으로 갈아주어 수조의 물에 의한 색영향을 최소화하고자 하였다.

4) 잇솔질

열순환 처리를 한 후 잇솔질을 시행하였다. 맞춤형 제작한 잇솔질 실험기로 20,000회를 전후 왕복하였다. 이 때 시편에 가해지는 부하는 평균 양치시 팔힘에 해당하는 500g중을 사용하였으며 왕복 길이는 20mm이고 왕복 속도는 평균칫솔사용속도인 150 rpm을 부여하였다. 사용한 양치액은 중마모도를

가진 치약(후레쉬, 럭키, 한국)과 물을 1 : 3의 부피비율로 전기 혼합하였으며 칫솔은 중-연성 모(Oral B, USA)를 사용하였다. 시편을 바꿀 때마다 새로운 혼합액을 사용하였으며 모든 실험 완료 후 초음파 세척기에 5분 세척하여 마모된 부분을 제거하였다.

5) 색측정

색의 측정은 분광광도계(spectrophotometer)를 사용하였다. 측정 시점은 실험의 시작순간(base-line), 열순환처리 (thermocycling) 1,000회, 3,000회, 10,000회 직후, 잇솔질 10,000회 직후 각각 시행하였다. 각 시편은 측정 전, 초음파세척을 1분간 시행한 후 증기세척기 (steam cleaner)로 처리하고 건조시킨 후 즉시 측정하였다.

사용한 분광광도계는 CM-3600d (Minolta co., Japan)이었으며 표준광선 D65하에서 d/8° 표준관찰자 방법으로 측정하였으며 mask의 직경은 4mm, 360~740nm의 파장을 10nm 간격으로 반사광 포함 SCI (Specular Component Included)방식으로 읽었다.

색안정성을 평가하기 위하여 CIE Lab, LCH 값과 ΔE 값을 얻었다. L*a*b*는 lightness, red-green, yellow-blue를 나타내며 색차이(color change) ΔE값은 다음의 식으로 계산된다.

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

채도의 변화(change in chroma) ΔC 는 다음의 식으로 계산된다.

$$\Delta C = ((a^2 + b^2) - (a^2 + b^2)_{\text{baseline}})^{1/2}$$

색상의 변화(change in hue) ΔH 는 다음의 식으로 계산된다.

$$\Delta H = ((\Delta E)^2 - (\Delta L)^2 - (\Delta C)^2)^{1/2}$$

6) 통계

각 시편의 열순환처리 단계에서와 잇솔질후의 변화와, 각 단계에서의 재료간 색변화를 알아보기 위하여 ΔL , a , b , E , C , H 에 대한 one-way ANOVA test를 시행하여 각 군간의 유의성과 각 군의 열순환처리, 잇솔질단계별 유의성을 살펴보고, Scheffe법으로 사후검증하였다.

III. 연구성적

단계에 따른 재료별 ΔL , a , b , E , C , H 의 평균값은 Fig. 1에서 6 및 Table III에서 VIII에 나타났다.

명도변화를 나타내는 ΔL 값은 열순환 3,000회까지 재료간 유의성이 없었으나 10,000회에서 Sculpture 군에서 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였다($P < 0.05$, Fig. 1). Δa 값은 Sculpture 연마군이 열순환처리 초기에, Sculpture 글레이징군과 Targis 글레이징군이 후기와 잇솔질시 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였다($P < 0.05$, Fig. 2). Δb 값은 열순환처리 3,000회에서 Sculpture 연마군과 Targis 연마군이 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였으며 열순환처리 10,000회에서는 Targis 연마군이, 잇솔질 후엔 Artglass와 Z100이 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였다($P < 0.05$, Fig. 3).

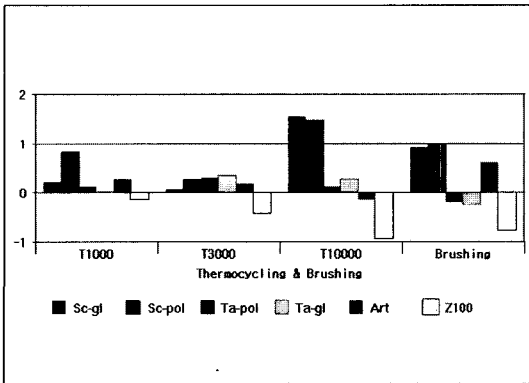


Fig. 1. Changes in lightness (ΔL).

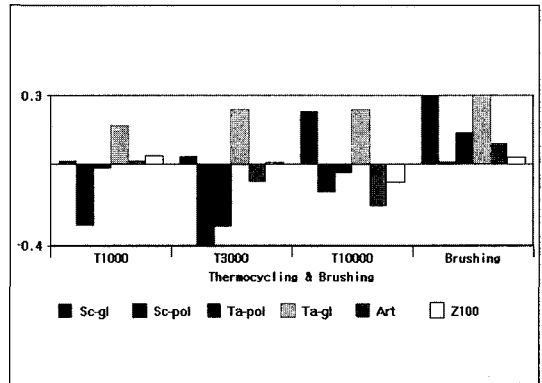


Fig. 2. Changes in Δa .

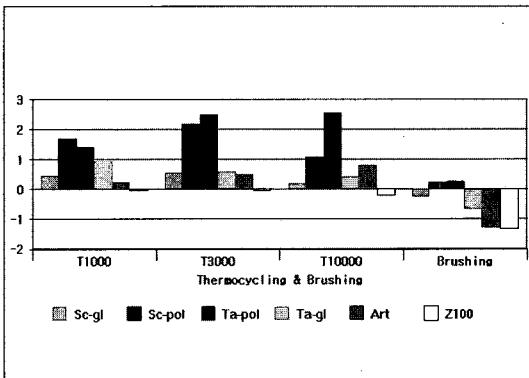


Fig. 3. Changes in Δb .

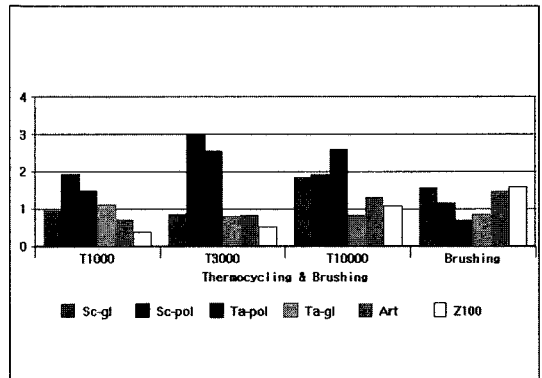


Fig. 4. Changes in overall color difference (ΔE).

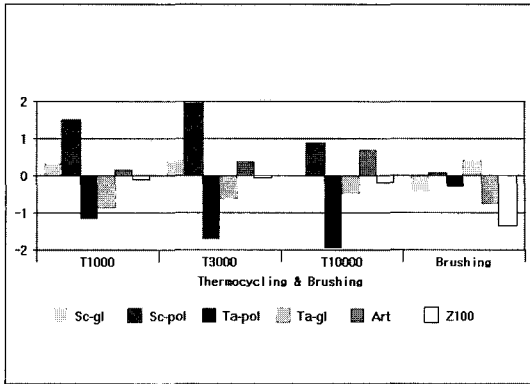


Fig. 5. Changes in chroma (ΔC).

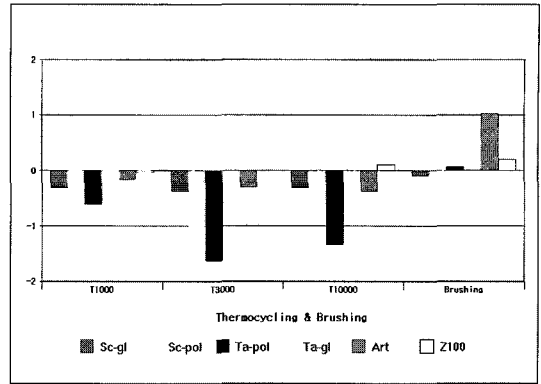


Fig. 6. Changes in hue (ΔH).

Table III. CIELAB system values (Δ , stage values-base values) for Sculpture at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Sculpture-glazing	12				
ΔE		0.96(0.38)	0.84(0.44)	1.83(1.40)	1.56(1.20)
ΔL		0.21(0.83)	0.07(0.68)	1.55(1.61)	0.91(1.61)
Δa		0.02(0.06)	0.04(0.09)	0.26(0.16)	0.34(0.21)
Δb		0.45(0.44)	0.55(0.40)	0.19(0.50)	-0.26(0.58)
ΔC		0.32(0.37)	0.39(0.33)	-0.01(0.43)	-0.43(0.54)
ΔH		-0.32(0.25)	-0.39(0.22)	-0.32(0.32)	-0.10(0.29)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

Table IV. CIELAB system values (Δ , stage values-base values) for Sculpture at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Sculpture-polishing	12				
ΔE		2.66(1.92)	2.98(1.82)	1.90(0.85)	1.14(0.75)
ΔL		0.81(0.42)	0.26(2.57)	1.47(0.97)	0.98(0.89)
Δa		-0.29(0.14)	-0.39(0.29)	-0.13(0.13)	0.01(0.09)
Δb		1.68(0.68)	2.15(1.02)	1.05(0.36)	0.20(0.35)
ΔC		1.48(0.62)	1.93(1.01)	0.86(0.27)	0.07(0.30)
ΔH		-0.85(0.33)	-1.02(0.38)	-0.62(0.26)	-0.08(0.26)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

색차이를 나타내는 ΔE 값은 열순환처리 1,000회와 잇솔질 후 측정값에서는 서로 유의성이 없었으며 열순환처리 3,000회에선 Sculpture 연마군과 Targis 연마군에서 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였고 10,000회에서 Targis 연마군은 Targis 글레이징군, Artglass군, Z100군과 유의성 있는 차이를 보였다. Sculpture 글레이징군과 Targis 글레이징군은 각

처리단계별 유의성이 없었다. Sculpture 연마군은 열순환처리 3,000회와 잇솔질 후의 값이 서로 유의성이 있었다. Targis 연마군은 열순환처리 3,000회와 10,000회의 값과 잇솔질후의 값이 각각 유의성이 있었다. Artglass는 열순환처리 1,000회와 3,000회의 값과 잇솔질후의 값이 각각 유의성이 있었다. Z100은 열처리 3,000회, 10,000회, brushing후의 측

Table V. CIELAB system values(Δ , stage values-base values) for Targis at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Targis-polishing	12				
ΔE		1.49(0.74)	2.54(1.19)	2.58(0.93)	0.68(0.47)
ΔL		0.12(0.44)	0.30(0.41)	0.12(0.45)	-0.19(0.65)
Δa		-0.02(0.20)	-0.30(0.33)	-0.04(0.19)	0.16(0.10)
Δb		1.41(0.73)	2.47(1.15)	2.53(0.94)	0.26(0.39)
ΔC		-1.16(0.66)	-1.70(0.72)	-1.94(0.88)	-0.29(0.40)
ΔH		-0.61(0.56)	-1.63(1.17)	-1.34(0.86)	0.07(0.07)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

Table VI. CIELAB system values(Δ , stage values-base values) for Targis at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Targis-glazing	12				
ΔE		1.10(0.31)	0.77(0.30)	0.80(0.31)	0.82(0.40)
ΔL		0.01(0.51)	0.33(0.35)	0.27(0.31)	-0.24(0.28)
Δa		0.19(0.11)	0.27(0.08)	0.27(0.07)	0.33(0.06)
Δb		0.91(0.44)	0.57(0.39)	0.40(0.59)	-0.65(0.40)
ΔC		-0.84(0.34)	-0.61(0.31)	-0.48(0.48)	0.41(0.34)
ΔH		-0.40(0.31)	-0.12(0.28)	0.01(0.36)	0.60(0.22)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

Table VII. CIELAB system values(Δ , stage values-base values) for Artglass at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Artglass	12				
ΔE		0.71(0.53)	0.82(0.56)	1.30(0.60)	1.47(0.40)
ΔL		0.27(0.35)	0.17(0.25)	-0.15(0.82)	0.60(0.25)
Δa		0.02(0.04)	-0.08(0.05)	-0.20(0.10)	0.11(0.04)
Δb		0.25(0.75)	0.47(0.83)	0.77(0.89)	-1.29(0.46)
ΔC		0.17(0.61)	0.37(0.58)	0.69(0.59)	-0.77(0.38)
ΔH		-0.17(0.44)	-0.31(0.59)	-0.39(0.67)	1.03(0.32)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

정값이 서로 유의성 있게 단계별로 증가하였다($P < 0.05$, Fig. 4).

채도변화를 나타내는 ΔC 는 열순환처리 3,000회에서 Sculpture 연마군과 Targis 연마군이 다른 군과 유의성있는 차이를 보였고 10,000회에선 Targis 연마군이 다른 군에 비해 유의성 있는 차이를 나타내었다. 잇솔질 후에 Z100은 다른 군과 유의성있는 차

이를 나타내었다($P < 0.05$, Fig. 5). 색상변화를 나타내는 ΔH 값은 열순환처리 중엔 Sculpture와 Targis 연마군에서 다른 군에 비해 유의성 있는 음(-)의 값을 보였으나, 잇솔질 후에는 Targis 글레이징군과 Artglass의 값이 다른 군에 비해 유의성 있는 값을 보였다($P < 0.05$, Fig. 6).

Table VIII. CIELAB system values(Δ , stage values-base values) Z100 at various stages

Material	n	Thermocycling			Brushing
		T1000	T3000	T10000	20000
Z100	12				
ΔE		0.36(0.21)	0.53(0.23)	1.08(0.46)	1.56(0.48)
ΔL		-0.13(0.22)	-0.41(0.22)	-0.93(0.39)	-0.74(0.36)
Δa		0.04(0.07)	0.00(0.06)	-0.08(0.08)	0.03(0.07)
Δb		-0.08(0.32)	-0.06(0.34)	-0.20(0.58)	-1.35(0.39)
ΔC		-0.09(0.33)	-0.05(0.33)	-0.19(0.57)	-1.34(0.38)
ΔH		-0.03(0.05)	0.01(0.08)	0.11(0.13)	0.19(0.12)

Means of values on 12 specimens with associated standard deviations in parentheses

IV. 총괄 및 고안

미에 대한 환자의 관심과 참여욕구가 증가하고 있는 만큼 수복물의 색안정성(color stability)에 대한 고려와 요구도 커져가고 있다. 그러나 색안정성을 유지하는 것 자체가 조화를 이루는 색조의 완성만큼이나 어려운 일이며, 불가피하게 색조의 변화가 있을 경우 원인규명은 물론 구강환경에서의 색변화의 측정도 다른 요소 못지 않게 어려움이 큰 것이 사실이다.

우선 구강내는 항상 타액에 젖어 있는 상태이며 각종 색소를 포함한 음식물이 불규칙적으로 투여되며 산도(pH)가 변하고 온도변화도 심하다. 또, 일단 변색이 일어나면 그 변색 정도를 객관적으로 측정하는 데에 오차가 크며 치아의 표면질감, 굴곡, 반투명도, 착색의 영향으로 부위에 따라, 개인에 따라 상대적인 요소가 많이 관여한다.⁹⁾

실제로 in vivo 실험에서 Goldstein은 측색계(col-
orimeter) 측정시 약간의 재위치 오류가 32 ΔE
unit만큼의 반복측정차이를 보였다고 했으며¹⁰⁾,
Douglas는 신뢰성 있는 측정값 획득을 위한 재위치
장치에 대한 연구를 수행하기도 하였다.¹⁰⁾ 따라서,
색안정성 실험은 대부분 in vitro 양식을 취하고 있
다. In vitro 실험에서는 in vivo에서 얻을 수 있는 환
경의 객관적 재현이 가능하며 조건을 조절할 수 있
는 장점이 있지만 그 실험결과가 in vivo의 결과와 일
치하는지에 대한 의문은 여전히 남아 있다.

변색 조건을 객관적으로 재현하는 방법에는 가시
광 및 자외선 노출, heat chamber, stain solution에
의 노출이나 physicochemical condition을 달리하는

방법들이 있으나 현재에는 이런 조건을 거의 모두
재현할 수 있는 weathering machine을 사용한 시효
처리법이 선호되고 있다.¹¹⁻¹⁷⁾

그러나 이런 시효처리 방법은 결국 수분과 광선을
온도와 시간을 달리하여 반복 노출한다는 점에서 열
순환처리(thermocycling)와 원리가 비슷하며, 자외선
보다는 수분이 더 큰 영향을 미친다는 결과와¹⁸⁾ 열순
환처리에 의해서 레진의 내부 색변화, 표면 미세균
열의 발생, 확산계수영향이 발생한다는 보고⁶⁾를 고
려하면 열순환처리는 수분과 온도변화에 따른 표면
변화와 색변화를 알아볼 수 있는 저렴한 방법이라
사료된다.

도재와 관련된 색안정성에 관한 연구를 살펴보면,
주로 도재의 염색저항성이나 소성 전후의 색비교,
두께에 따른 색조차이, 불투명성(opacity)과 관련된
연구이며 도재-금속관의 경우 하부금속에 의한 도재
색조의 영향을 살펴보는 것이 주요 관심사였다. 이
것은 도재를 일단 소성시키면 표면저칠기가 심한 경
우의 외부착색 외에는 시간에 따른 재료자체의 색변
화는 거의 없다는 것을 의미한다.

반면 레진은 도재와 달리 높은 흡수성, 마모도와
아울러 충전재와 기질이 결합되어 있는 구조와 기질
의 화학첨가제가 시간에 따라 변하는 특성이 더해져
도재보다 상대적으로 더 큰 색 불안정성을 보인다.

Um과 Ruyter⁵⁾는 레진의 색변화를 외부요인과 내
부요인으로 나누었다. 내부요인으로는 레진기질 자체
의 변화나 기질과 충전재 계면의 변화와 amine
accelerator와 레진 기질의 산화, 미반응 methacry-
late group의 산화같은 화학적 변색요인을 들었으며
여러 가지 광원에의 노출과 수중에서의 오랜 침적도

색변화의 원인이 될 수 있다고 하였다. 외부 요인으로는 커피나 차, 담배, 음료같은 외부 착색요소의 부착이나 흡수를 들었다. Dietschi⁶⁾는 색소 흡착, 표면하부 착색, 내부 변색을 변색요인으로 들었다.

세로머는 무기질충전재의 함량이 높아졌다고는 하지만 충전재와 기질 혼합의 콤포짓트 레진의 구조가 여전히 존재하며 개선된 물성에도 불구하고 광택이 쉽게 소실되는 단점이 지적되고 있다. 이는 표면이 거칠어지기가 쉽다는 것을 의미한다. 레진의 색안정성의 측면에서 표면거칠기의 변화는 많은 의미를 가지고 있다. 표면거칠기가 변하면 외부 착색요소의 흡착이 증가되는 것은 물론 빛의 반사도가 변하여 색의 판정에 영향을 끼칠 수 있으며 충전재와 기질간의 분리가 생기는 경우 수분의 침투에도 영향을 받는다.⁶⁾

구강내 수복물은 온도 차이에 따른 영향 외에도 잇솔질에 따른 영향을 받을 수 있다. 특히 레진같이 마모저항성이 약한 재료에 있어서 그 영향은 더욱 클 수밖에 없다. 잇솔질에 의한 레진 재료/치아의 마모에 대해서는 이미 많은 연구가 있었으며 때로는 글레이징층이 심하게 탈락하는 양상을 보이기도 한다.¹⁹⁾

따라서 본 실험에 쓰인 열순환처리법은 세로머 성분 중 레진의 기질변화와 표면층 변화를 유도하며, 잇솔질은 열순환처리 후의 표면층에 기계적인 힘이 가해졌을 때 표면변화가 색안정성에 작용하는 바를 밝혀주었다고 할 수 있다.

색변화를 측정하는 방법으로는 시각적 색측정법과 기계적 색측정법이 있다. 시각적 측정법은 검사자의 상태에 따라 변화가 크며 오류가 크다는 것이 단점으로 지적된다. 기계를 이용하는 방법으로는 분광광도계(spectrophotometer)를 이용하여 분광 반사율(투과율) 스펙트럼 곡선을 얻고 이를 색체계 표시로 전환하여 측정하는 방법과 측색계(colorimeter)를 이용하여 반사된 빛을 인간의 눈과 유사한 3개의 필터를 사용하여 3자극치를 얻는 방법이 있다. 이번 실험에서는 분광광도계를 사용하여 ΔL , a , b 값에 의한 색차 ΔE 뿐 아니라 채도를 나타내는 ΔC 와 색상을 나타내는 ΔH 값도 얻을 수 있었으며 반사광을 포함한 SCI 방식의 측정으로 표면변화에 따른 측정오류를 줄이고자 하였다.

색을 표시하는 표색계인 CIE Lab system은 가시

광선 영역에서 3자극치를 구해 3차원의 색공간에 좌표화하여 색을 규정하는 방법이다. L 은 명도, a 와 b 는 각각 빨강-녹색, 노랑-파랑을 나타내는 지표로 색차(color difference) ΔE 는 이 세 요소의 각각의 값을 계산하여 얻는다.

연구에 따르면 색변화를 알아차릴 수 있는 인지색차(perceptibility) ΔE 와 눈으로 보아 인접치아와 구강 내에서 어울린다고 생각할 수 있는 허용색차 ΔE 사이엔 약간의 차이가 있다고 한다. Seghi 등²⁰⁾은 ΔE 1unit이 평균 관찰자가 찾아낼 수 있는 역치가되며 Kuehni와 Marcus²¹⁾은 50%의 대상자가 찾아낼 수 있는 한계라고 한 바 있다. 반면 Gross와 Moser²²⁾은 2~3사이의 범위가 되어야 색차이를 인지할 수 있다고 하였다. 한편 Seghi 등²⁰⁾은 허용색차(acceptability)의 한계는 acceptable level의 2~3배 더 크다고 하였다. Ruyter 등²³⁾과 Eldiwan 등²⁴⁾은 ΔE 3.3을 허용색차라고 하였으며 Johnston과 Kao²⁵⁾, Polyzois²⁶⁾는 ΔE 3.7을 허용색차의 한계라고 하였다.

본 연구에서는 열순환처리와 잇솔질을 차례로 시행한 후 생긴 색변화가 모두 ΔE 2.98이하였으며 이는 허용색차 기준인 ΔE 3.3, 3.7보다 아래인 수치이다.

수분과 온도, 광선, 표면처리방법, 표면처리 시기는 모두 세로머의 색에 영향을 끼치는 영향요소라고 생각된다. 또한 잇솔질도 표면 마모를 일으키기 때문에 색에 영향을 끼칠 수 있다.

수분은 외부색소의 침투 매개체로 작용하며 충전재와 기질사이 또는 기질 자체로 침투하여 계면을 분리하거나 충전재를 용해하는 역할을 한다고 한다. Asmussen²⁷⁾은 물의 온도가 높아지면 더 오랜 기간 침적시키는 효과를 가져오며 Gross와 Moser²²⁾은 55℃의 온도는 수분의 흡수를 촉진한다고 하였다. Wozniak 등²⁸⁾은 자외선 노출 후 레진의 표면을 SEM으로 검사하여 충전재가 노출되어 있고 미세균열이 생겨난 것을 보고하였다.

충전재는 기질과의 결합력외에도 크기에 따라 색조변화 영향이 큰 것이 보고된 바 있다.^{6,14,15)} 충전재의 크기는 연마와 잇솔질등의 기계적 자극에 따른 레진 기질 제거에도 영향을 미친다. Dietschi⁶⁾는 콤포짓트 표면연마 후 광택도는 감소하나 표면의 resin-rich layer를 제거함으로써 외부 착색을 감소시켰지만 hybrid type에선 충전재의 영향으로 이런 효과가

없다고 하였다. 따라서 앞서의 조건에 따른 변화를 고려해보면 세로머를 열순환처리할 경우 수분과 온도에 의한 확대계수 변화, 미세균열 발생현상이 생길 것을 예상할 수 있다.

Powers^{14,15)}는 weathering machine을 이용한 시효처리실험에서 microfilled 레진과 conventional 레진은 초기엔 모두 colored degradation product의 생성으로 채도가 증가하였으나, 시간이 지날수록 conventional 레진은 표면변화로 빛이 산란되어 명도가 증가한 결과 상대적으로 채도가 낮아졌으나 micro-filled 레진에서는 표면침식이 적어 표면 산란 효과가 없이 계속 내부 착색 효과가 나타났다고 하였다. 표면에서의 이런 변화는 큰 색변화를 일으키게 된다. 결과에서 열순환처리 과정 동안 Sculpture는 매우 심한 ΔL 값 변화를 보였는데 이는 이런 표면 균열(crack / craze)에 의한 것이라 생각된다.

수중의 세로머를 사용하여 weathering machine으로 300시간 시효처리한 후의 색변화 보고에 의하면 대부분의 세로머는 큰 ΔL 값 변화 없이 주로 Δb 값의 변화에 의해 색변화가 일어났다고 했다.¹⁷⁾ 이번 실험에서도 ΔL , a 에 비해 훨씬 큰 Δb 값에 의해 대부분의 색차이 ΔE 가 결정되었다. 특히 Sculpture와 Targis 중 연마처리한 시편에서는 3,000회의 열순환시점에서 글레이징 시편보다 유의성 있게 큰 색변화를 보였다. 이는 레진의 기질이 글레이징에 의해 보호되지 못한 채 수분과 열에 의한 자체 변화를 일으켜 변색이 커진 것이라고 해석할 수 있다. 잇솔질 후 ΔE 값이 유의성 있게 감소한 사실이 이를 뒷받침한다. 즉 연마 처리된 Sculpture와 Targis는 글레이징 처리군보다 상대적으로 큰 수분확산이 일어나고 레진 기질의 변색과 기질과 충전제 사이의 미세균열이 유발된다. 이에 따라 Δb 값이 유의성 있게 변하게 되고 ΔE 는 증가한다. 변색의 원인이 된 기질 층은 이미 발생하여 있던 균열과 수분의 영향으로 잇솔질에 의해 떨어져 나가 색차이는 감소한다. 레진의 기질과 충전제의 관계에 대해서는 기질의 함유량이 많을수록 변색이 크고 염색저항성이 떨어진다고 보고된 바 있으며 기질의 침식과 충전제 노출이 잘 일어날수록 색안정성은 떨어진다고 하였다.^{6,23)}

그러나 Targis 글레이징 처리시편과는 달리 Sculpture 글레이징처리 시편에서는 비록 열순환처리단계에 따른 유의성 있는 변화는 없었지만 색차이

가 꾸준히 증가하여 열순환처리 10,000회에서는 Sculpture 연마처리 시편, Targis 연마처리 시편과 유의성 있는 차이를 보이지 않았는데, 이는 조 등¹⁹⁾의 연구에서 보고된 바와 같이 글레이징층이 크게 떨어져 나가 ΔL 이 유의성 있게 증가하고 충전제의 노출로 표면이 침식한 탓으로 보인다. 조 등은, 열순환처리와 잇솔질 후 모든 시편에서 초기에 비해 표면거칠기가 증가하고 충전제는 노출된 양상을 보였다고 한 바 있다.

Artglass는 역시 표면거칠기가 증가하였고 충전제가 일부 노출되었다고 보고되었으나 대조군인 Z100에서 보이는 양상과 같은, 시간에 따른 꾸준한 색차이 증가가 특징적이었다. 이것은 Sculpture나 Targis와는 달리 Artglass에서는 열순환처리에 의한 표면 변화, 기질 변화가 거의 없었기 때문이라고 할 수 있다.

대조군인 Z100의 색변화 ΔE 는 열처리와 잇솔질 단계에 따라 순서대로, 각 단계에서의 값이 서로 유의성 있게 증가하였는데, 이것은 표면 변화보다는 전체적인 내부 변색 탓으로 생각된다.

비록 열순환처리 과정 중의 Artglass의 색은 매우 안정적이었으나, 유의성은 없지만 Douglas¹⁷⁾의 연구와는 달리 본 실험의 결과에서는 잇솔질 후 측정에서 Artglass의 변색이 Targis보다 컸다. 그러나 잇솔질과 수분 흡수, 온도변화는 실험처럼 순서대로 일어나는 것이 아니라 반복적으로 불규칙하게 일어난다는 점을 감안하면 어느 한 순간에서의 색차이 평가는 의미가 없을 것으로 사료된다.

세로머의 in vitro 실험에 열순환처리와 잇솔질을 적용한 결과 weathering machine에서는 볼 수 없었던 새로운 양상의 색변화가 일어났다. 제작시 충분한 시간을 가시광선 아래 노출시킨 후 실험을 시작하였으므로, 결과를 종합해 볼 때 세로머의 표면 균열과 기질 변화는 열과 수분에 의한 영향으로 생각되며 잇솔질도 세로머 색변화 해석에 중요한 역할을 하였다고 할 수 있다. Sculpture 글레이징군, Targis 글레이징군, Artglass는 잇솔질 후 유의성 있는 색변화 ΔE 를 보이지 않아, 잇솔질에 의한 영향이 가장 적은 시편이었다.

이번 실험에서는 4종류의 제품을 사용하였으며 모두 동일한 Vita shade A2를 사용하였으나 제품간의 색차이로 부득이 기준점과 각 측정시점간의 ΔL , a,

b. C, H, E 값을 비교하였다. 이상의 실험에서 살펴본 바에 의하면, 모든 세로머 제품의 색안정성은 임상적으로 허용할만한 범위 내에 있었으며 색변화는 제품에 따라, 표면처리 방법에 따라 영향을 받았고 변화의 시기도 달랐다. 색차이는 표면 변화와 기질의 색변화의 원인으로 일어난다고 여겨진다.

V. 결 론

저자는 세로머의 색안정성을 알아보기 위하여, 세로머 제품 Sculpture, Targis, Artglass를 표면 처리를 달리하여 대조군 Z100과 열순환처리 10,000회, 잇솔질 20,000회를 차례로 시행한 후 색을 측정, 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 실험 중 모든 세로머 제품의 ΔE 는 2.98이하였으며 허용색차의 한계 내에 있었다.
2. 제품에 따라 열순환처리 단계와 잇솔질단계에 따른 색변화 양상이 달랐다. Artglass와 Z100은 열순환처리에 의한 영향이 뚜렷하지 않고 시간의 흐름에 따른 색변화 양상을 보인 반면 Sculpture와 Targis는 열순환처리에 매우 큰 반응을 보였다.
3. 열순환처리 중 Sculpture와 Targis의 연마처리군에서 클레이징처리군에 비해 색변화가 유의성 있게 크게 나타났다($P < 0.05$).

Targis 제품은 제조자가 권하는 연마방법보다는 클레이징방법을 쓰는 것이 색안정성 측면에서 유리할 것이라고 생각된다.

REFERENCES

1. Armstrong DJ, Kimball DK. Fiber-reinforced polymer ceramic fixed partial dentures in the esthetic zone: A clinical and laboratory case perspective. In: Quintessence Dent Technol. Chicago: Quintessence, 1999:95-106.
2. Krejci I, Boretti R, Lutz F, Giezendanner P. Adhesive crowns and fixed partial dentures of optimized composite resin with glass fiber-bonded framework. In: Quintessence Dent Technol. Chicago: Quintessence, 1999:107-127.
3. Freilich MA, Karmarker SC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Flexure strength of fiber-reinforced composites designed for prosthodontic application [abstract] J Dent Res 1997;76(special issue):138.
4. Freilich MA, Karmarker SC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Flexure strength and handling characteristics of fiber-reinforced composites use in prosthodontics [abstract] J Dent Res 1997;76(special issue):184.
5. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quint Int 1991;22:377-386.
6. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer J-M. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: An in vitro study. Dent Mater 1994;10:353-362.
7. Shinkai K, Suzuki S, Leinfelder KF, Katoh Y. How heat treatment and thermal cycling affect wear of composite resin inlays. J Am Dent Assoc 1994;125:1467-1472.
8. Montes-G GM, Draugn RA. In vitro surface degradation of composites by water and thermal cycling. Dent Mater 1986;2:193-7.
9. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. J Prosthet Dent 1997;77:464-470.
10. Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 1993;69:616-619.
11. Powers JM, Dennison JB, Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. J Dent Res 1978;57:964-970.
12. Hekimoglu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminated veneer. Int J Prosthodont 2000;13:29-33.
13. Noie F, O'keefe KL, Powers JM. Color sta-

- bility of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont* 1995;8:51-55.
14. Powers JM, Fan PL, Raptis CN. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. *J Dent Res* 1980;59:2071-2074.
 15. Powers JM, Bakus ER, Goldberg AJ. In vitro color changes of posterior composites. *Dent Mater* 1988;4:151-154.
 16. Frutis TJ, Duncanson MG, Miranda FJ. In vitro weathering of selected direct esthetic restorative materials. *Quint Int* 1997;28:409-414.
 17. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000;83:166-170.
 18. Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand* 1983;41:11-18.
 19. Cho LR, Yi YJ. The effect of tooth brushing and thermal cycling on a luster change of ceromers finished with different methods. *J Korean Academy of Prosthodontics* 2000;38:336-347.
 20. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and Instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-1764.
 21. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color* 1979;4:83-91.
 22. Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J Oral Rehab* 1977;4:311-322.
 23. Ruyter IE, Nilner K, M ller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-251.
 24. Eldiwany M, Fridel K-H, Powers JM. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent* 1995;8:179-181.
 25. Johnston WM, Kao EC. Assesment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-822.
 26. Polyzois GL, Yannikakis SA, Zissis AJ. Color stability of visible light-cured, hard direct denture reliners: An in vitro investigation. *Int J Prosthodont* 1999;12:140-146.
 27. Asmussen E. An accelerated test for color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand* 1981;39:329-332.
 28. Wozniak WT, Morser JB et al. Ultraviolet light stability of composite resins. *J Prosthet Dent* 1985;53:204-209.

Reprint request to:

Yang-Jin Yi, D.D.S., M.S.D.

Department of prosthodontics, Collage of Dentistry, Kangnung National Univ.

123, JiByun-Dong, Kangnung, Kangwon-Do 210-702, Korea

navydent@knusun.kangnung.ac.kr

ABSTRACT

COLOR STABILITY OF CEROMERS AFTER THERMOCYCLING AND BRUSHING

Yang-Jin Yi, D.D.S., M.S.D., Lee-Ra Cho, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Kangnung National University

Ceromers, new indirect resin system, are now being adopted for esthetic restorations. Despite of its translucency and good color matching, color stability after long-term use was unknown till now. This in vitro study was designed to evaluate color stability of some ceromers when subjected to brushing after thermocycling. Three types of ceromers: Sculpture, Targis, Artglass and a direct resin system, Z100 were prepared to disks 12 mm in diameter, 2.5 mm in thickness. All specimens were polished, and Sculpture and Targis specimens were divided to two groups, respectively. Then, half of them were glazed according to manufacturer's instructions. All specimens were brushed 20,000 times after 10,000 cycle thermocycling. Color was measured with spectrophotometer after 1,000, 3,000, 10,000 times thermocycling and 20,000 time brushing, respectively. Color difference (ΔE) was calculated according to CIE LAB system. During thermocycling, Sculpture & Targis system with polished surface showed greater color change than any other groups. After brushing, color difference was reduced significantly. Mean values of ΔE ranged 0.98 to 2.98. All Ceromers were considered clinically acceptable after thermocycling and brushing, and color change mechanism was affected by the brands and finishing methods. It might be concluded that color change of ceromer is due to surface alteration.

Key words : Brushing, Ceromer, Color, Glazing, Polishing, Stability, Thermocycling