

레진 강화형 글라스아이오노머의 색 안정성에 관한 연구

원광대학교 치과대학 치과보존학교실 및 *치과재료학교실
**서울대학교 치과대학 치과보존학교실
구대회 · *이용근 · **손호현 · 임미경

Abstract

A STUDY ON THE COLOR STABILITY OF RESIN MODIFIED GLASS IONOMERS

Dae-Hoi Koo, D.D.S., *Yong-Keun Lee, D.D.S., Ph.D.,
**Ho-Hyun Son, D.D.S., Ph.D., Mi-Kyung Im, D.D.S., Ph.D.

*Departments of Conservative Dentistry & *Dental Materials,
College of Dentistry, Wonkwang University*

***Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University*

Resin modified glass ionomers were introduced in 1988 to overcome the problems of moisture sensitivity and low early mechanical strength of conventional glass ionomers and to maintain their clinical advantages.

The purpose of this study was to evaluate the color stability of four resin modified glass ionomers(Fuji II LC, Vitremer, Dyract and VariGlass), one resin composite material(Z-100), and one conventional glass ionomer(GC Fuji II) under several conditions. These conditions were as follows : 1) before curing, 2) after curing, 3) after polishing, 4) after 500 thermocycling, 5) after 1,000 thermocycling, 6) after 1,500 thermocycling and 7) after 2,000 thermocycling.

Three specimens of each material/shade combination were made. Materials were condensed into metal mold with a diameter of 10 mm and a thickness of 2.0 mm, and were pressed between glass plates. The material was polymerized using a light polymerizing unit(Visilux

* 본 연구는 '96년도 서울대학교병원 지정진료연구비 지원에 의한 결과임.

II, 3M, USA). After removal of excess, the surface was polished sequentially on wet sandpapers. A reflection spectrophotometer (Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co., Japan) was used to determine CIELAB coordinates (L^* , a^* and b^*) of each specimen. CIE standard illumination C was used as the light source.

The results were as follows :

1. In comparing different shades of same material, CIELAB color difference (ΔE^*) value was not significantly different from each other ($p > 0.05$).
2. CIELAB color difference (ΔE^*) values between after-curing and after-polishing were ranged from 5.53 to 27.08. These values were higher than those of other condition combinations.
3. CIELAB color difference (ΔE^*) values between before-thermocycling and after-thermocycling were ranged from 1.40 to 7.81. Despite the number of thermocycling increased, CIELAB color difference (ΔE^*) value was low.
4. The color stability of resin modified glass ionomers was more stable than that of conventional glass ionomers but less stable than that of Z100.

I. 서 론

Wilson과 Kent에 의하여 1972년에 치과계에 도입된 글라스아이오노머는 경화시 온도 상승이 미약하고¹⁾ 불소 방출 및 불소의 치질 침착으로 항우식 효과가 있으며²⁻⁵⁾ 치질과 물리-화학적 으로 결합한다⁶⁻¹⁰⁾. 또한, 치수 및 치은 반응이 경미하며¹¹⁻¹⁴⁾ 치아와 유사한 열팽창 계수 등¹⁵⁾의 장점으로 인하여 이장재, 치면열구전색제, 접착제, 충전재 등으로 20년 이상 사용되어 왔다. 그러나, 파절 저항성과 강도가 낮으며 작업 시간이 짧고 경화 시간이 길며 취성이 크고 조작에 민감하다. 또한 건조 과정에서 표면에 균열이 생기고 경화 과정 중에 수분에 오염되면 백색양 외관을 보이며 색조 선택에 제약이 있고 술자나 주위의 조건에 의하여 물성이 좌우되는 단점 때문에 마모가 적은 부위 정도로 그 사용이 극히 제한되었다⁶⁾.

이런 글라스아이오노머의 단점들을 극복하기 위한 많은 연구가 시행되어 왔다. Crisp와 Wilson¹⁶⁾은 주석산(tartaric acid)을 첨가하여 경화를 촉진시켰고 Crisp 등¹⁷⁾은 액체의 자연 경

화되는 문제를 극복하기 위해 아크릴 산과 이타콘 산의 공중합체를 사용하였다. 글라스아이오노머에 무기질 또는 유기질을 첨가하여 기존의 글라스아이오노머의 성질 중 강도, 파절 저항, 마모에 대한 저항성 등을 개선시키려는 시도로 Mclean 등^{18,19)}은 도재와 소결한 은입자를, Philo와 Ruyter²⁰⁾은 산화알루미늄을 첨가하였으며, 유기질로는 Mckinney와 Antonucci²¹⁾가 비닐 단량체를 첨가하여 마모 및 취성이 큰 문제를 줄이려 하였다.

1988년 레진성분을 첨가하여 광중합을 가능하게 한 레진강화형 글라스아이오노머가 등장하였는데²²⁾ 초기에는 주로 이장재나 치면열구전색제로 사용되다 1991년 말에 충전용이 개발되었고 국내에는 1992년 초에 소개되었다²³⁾. 레진강화형 글라스아이오노머는 재래형 글라스아이오노머가 갖고 있던 불소 이온을 방출하는 장점 이외에도 미세누출이 감소했으며 치아에 대한 결합강도가 증가하였고 작업시간이 연장되었으며 색조가 다양해지고 생체 적합성이 우수하며 혼합과 삽입이 용이해졌고 열팽창 계수가 상아질과 유사하여 수복물의 체적 안

lux II, 3M, USA)를 이용하여 면당 60초씩 증합했다⁴⁵⁾. 가시광선 증합기는 광도측정기(Curing radiometer, Demetron, USA)를 이용하여 증합 전에 일정한 강도를 유지하는 가를 검사했다. 시편에서 불필요한 부분을 제거하고 젖은 상태로 320-, 400-, 600-, 800-, 1000-, 1200-grit의 사포 위에서 연마했다. 제작된 시편은 열순환과 측정 때를 제외하고는 37°C, 100% 상대 습도 상태의 항온기에서 보관한 후 측정하였다.

3. 색측정

1회 측정 시마다 3회의 색채를 측정하여 평균을 구하는 방식으로 시편 각 면당 2회씩, 서로 다른 4개 부위를 측정하여 평균을 구했다.

분광광도계(Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co., Japan)는 XYZ filter 방식의 CIE 표준 C광원(A, representative of incandescent electric lamp : B, representative of direct noon sunlight : C, representative of overcast whole sky illumination)을 이용하였으며, 측정 방법은 2광로 교조 측정 방식에 의한 적분식 0 45법이었고 감지부의 직경은 3 mm였다.

색채 측정을 위하여 감지기를 흡광통에 밀착하여 0점 조정을 시행한 후 감지기에 표준 백색판(X=90.19, Y=92.16, Z=108.26)을 놓고 표준 조정을 시행했다. 기기의 0점 조정과 표준 조정이 끝나면 백색판 위에 시편을 올려

놓고 감지기를 밀착시킨 후 색조를 측정했다. 각 시편당 서로 다른 4개 부위를 색조 측정하여 XYZ 3자극치를 구했으며 얻어진 XYZ 값을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 색공간 좌표인 L*, a*, b* 값 및 ΔE*(색변화량)를 구했다²⁶⁾.

L*(luminance)은 명도(degree of lightness)를 나타내고 0부터 100까지의 값을 가지며 0은 흑색, 100은 백색을 나타낸다. a*는 적색-녹색 정도를 나타내고 -60부터 80까지의 값을 가지며 양의 값일 때는 적색, 음의 값일 때에는 녹색에 가깝다. b*는 황색-청색의 정도를 나타내고 -80부터 60까지의 값을 가지며 양의 값일 때는 황색, 음의 값일 때는 청색에 가까움을 나타낸다²⁶⁾(Fig. 1.).

색변화량 ΔE*는 다음의 공식으로 계산하였다²⁶⁾.

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

ΔL*, Δa*, Δb*는 L*, a*, b* 값의 차이를 의미한다.

4. 열순환과정(thermocycling)

시편의 열순환은 5°C와 55°C의 증류수를 시편이 들어있는 용기에서 일정 시간 동안 계류하다가 순환하는 방식의 열순환기(thermocycling machine)를 이용하였다. 계류 시간은 30 초로 하였으며 500 번, 1,000 번, 1,500 번, 2,000 번 순환 후 각각의 색을 측정하였다.

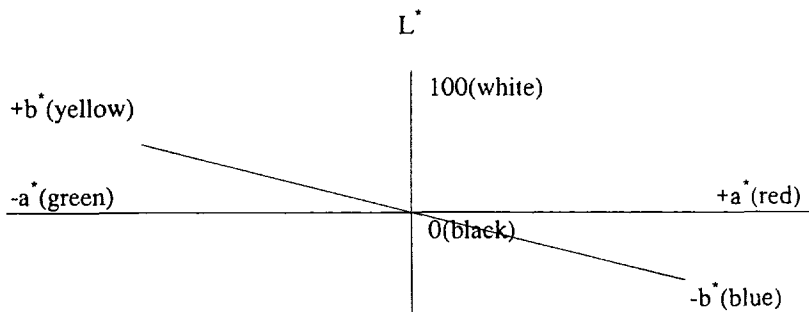


Fig. 1. Diagram of the CIELAB color space.

+b*(yellow) L* 100(white) -a*(green) +a*(red)
0(black) -b*(blue)

정성이 향상되었다²⁴⁻²⁹).

레진강화형 글라스아이오노머는 빠른 중합 과정이 이루어지게 하기 위하여 반응기를 첨가하여 느린 산-염기 반응으로 인하여 발생하는 수분 민감성과 초기 강도가 낮은 단점을 극복했고 산-염기 반응이 완전하게 일어날 수 있도록 하였다³⁰.

오늘날의 심미수복재료는 여러 가지 특성중 색조가 중요한 요소가 되고 있다. 환자들의 심미적인 치료에 대한 욕구가 증가하면서 환자의 자연치열과 유사한 색조를 가지는 재료의 개발이 계속적으로 진행되어 왔으며 레진 계통의 수복재료가 가장 우수한 재료로 사용되고 있다. 이런 이유로 레진 계통의 재료에 대한 색채 연구³¹⁻³⁸는 다양하게 이루어져 왔으나 레진강화형 글라스아이오노머에 대한 색채연구로는 Davis³⁹ 등, Adrian⁴⁰ 등의 연구 등이 보고 되었다.

색에 대한 연구는 Munsell 색체계(color system) 등을 이용하여 직접 눈으로 그 차이를 확인하는 방법과 분광광도계(spectrophotometer)를 이용하는 방법이 있다^{30,41,42}. 시각적 측정방법은 정확성이 떨어지며 관찰자의 주관이 개입될 수 있다는 단점을 가지고 있으므로⁴² 분광광도계를 이용한 과학적 측정방법을 주로 사용한다^{31,35,36,43,44}.

이에 본 연구에서는 점차 사용이 증가하고 있는 4종의 레진강화형(광중합형) 글라스아이오노머(Fuji II LC, Vitremer, Dyract, VariGlass)와 1종의 자가중합형 글라스아이오노머(GC Fuji II) 및 1종의 레진 계통의 수복재료중 색 안정성이 우수하다고 알려진 Z-100을 이용하여 중합 전, 중합 직후, 연마 후, 열순환 500

회, 1,000회, 1,500회, 2,000회 후의 색의 변화를 분광광도계를 이용하여 관찰한 결과 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

Vita shade guide를 기초로 만들어진 플라 스틱 shade guide를 가지고 있는 4 종의 레진 강화형 글라스아이오노머(Fuji II LC, Vitremer, Dyract, VariGlass), 1 종의 자가중합 글라스아이오노머(GC Fuji II)와 1 종의 homogeneous microfilled resin composite(Z-100)를 이 연구에서 사용하였다. 레진강화형 글라스아이오노머인 DRT는 A2, A3, A4, B1, B3, C2 및 C3 색상을, FLC는 A2, A3, B2, B3 및 C2 색상을, VGL은 A2, B1, C2, C3 및 DY 색상을, VTM은 A3, A3.5, A4, B2, B3, C2 및 C4 색상을, 화학중합형인 GC Fuji II는 21, 22 및 23 번 색상을, 광중합형 콤포 지트 레진인 Z100은 A2, A3, A3.5, A4, B2, B3, C2 및 D3 색상을 실험대상으로 하였다(Table 1.)

2. 시편 제작

각 재료/색조 조합당 3개의 시편(FLC : 15 개, VTM : 21개, VGL : 15개, DRT : 21개, Z10 : 24개, GI : 6개), 총 102개의 시편을 제작하였다. 모든 재료는 제조자의 지시에 따라 조작한 후 폭 10 mm, 두께 2mm인 금속 주형에 충전하고 슬라이드 글라스를 이용하여 금속주형의 양쪽에서 압착한 후 가시광선 중합기(Visi-

Table 1. Materials studied in this experiment.

Code	Brand name	Batch No.	manufacturer
FLC	Fuji II LC	090934	GC Co., Japan
VTM	Vitremer	19960807	3M Co., USA
VGL	VariGlass	19950702	De Trey/Dentsply,Germany
DRT	Dyract	19960425	De Trey/Dentsply,Germany
Z100	Z-100	19950329	3M Co., USA
GI	GC Fuji II	950830A	GC Co., Japan

5. 자료처리

얻어진 자료는 통계처리 프로그램인 SPSS/PC+를 이용하여 통계분석을 시행하였다.

III. 실험성적

1. 동일 색조를 가지고 있는 각 재료간의 L*, a*, b*, ΔE* 값의 비교(Table2, 3)

(1) A2 색조의 경우 : A2 색조를 가지고 있는 4종의 재료(DRT, FLC, VGL, Z100)를 비교한 결과 L* 값의 경우 DRT가 다른 재료에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다(p<0.05). a* 값의 경우 모든 조건에서 Z100이 다른 재료에 비해 유의하게 낮은 값을 보였고(P<0.05) DRT가 대부분의 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(p<0.05). b* 값의 경우에는 FLC가 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(p<0.05).

(2) A3 색조의 경우 : A3 색조를 가지고 있는 4종의 재료(DRT, FLC, VTM, Z100)를 비교한 결과 L* 값의 경우 VTM이 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(p<0.05). a* 값의 경우 각 재료간에 약간의 차이는 있었으나 통계적 유의성은 없었다(p>0.05). b* 값의 경우에는 FLC가 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(p<0.05).

(3) B2 색조의 경우 : B2 색조를 가지고 있는 3종의 재료(FLC, VTM, Z100)를 비교한 결과 L* 값, a* 값의 경우 VTM이 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(p<0.05). b* 값의 경우, Z100이 모든 조건에서 유의하게 낮은 값을 보였다(p<0.05).

(4) B3 색조의 경우 : B3 색조를 가지고 있는 4종의 재료(DRT, FLC, VTM, Z100)를 비교

Table 2. Mean L*, a*, b* values of "same" shade of different materials.

SHADE	CODE	L*	a*	b*
A2	DRT	50.59(2.08)**	0.13(0.60)	1.88(3.42)
	FLC	53.52(1.96)	0.01(0.56)	5.45(3.20)
	VGL	54.93(2.10)	-0.39(1.02)	4.24(2.62)
	Z100	51.60(1.21)	-1.58(0.54)	3.35(1.41)
A3	DRT	49.82(1.27)	-0.19(0.46)	4.10(2.45)
	FLC	52.71(2.24)	-0.68(0.54)	9.37(2.53)
	VTM	61.18(5.38)	-1.03(0.89)	8.36(2.67)
	Z100	51.59(1.12)	-1.26(0.80)	4.68(1.48)
B2	FLC	52.84(0.46)	-1.85(0.46)	7.91(3.10)
	VTM	60.58(7.58)	-1.22(0.71)	8.40(4.52)
	Z100	52.04(1.61)	-1.40(0.67)	3.38(1.24)
B3	DRT	48.37(2.06)	-0.19(0.71)	6.29(2.23)
	FLC	51.66(2.52)	-1.73(0.57)	10.01(2.95)
	VTM	62.00(6.94)	-1.16(0.40)	11.34(3.87)
	Z100	50.53(2.57)	-1.83(0.70)	6.44(1.56)
C2	DRT	46.81(2.56)	0.26(1.05)	2.39(2.37)
	FLC	49.66(2.14)	-0.74(0.61)	6.93(2.86)
	VGL	52.81(5.04)	-2.21(0.77)	5.33(2.22)
	VTM	53.83(6.29)	-1.66(0.34)	8.63(0.79)
	Z100	48.01(1.40)	-1.10(0.51)	5.15(1.50)

** : standard deviations are in parentheses.

Table 3. Mean color difference(ΔE^*) of "same" shade of different materials.

	A2	A3	B2	B3	C2
DRT-FLC	4.62	6.03		5.20	5.44
DRT-VGL	4.97				7.12
DRT-Z100	2.47	2.15		2.72	3.30
DRT-VTM		2.15		14.57	9.58
FLC-VGL	1.90				3.83
FLC-Z100	3.26	4.86	4.17	3.75	2.45
FLC-VTM		8.55	7.78	10.45	4.60
VTM-VGL					3.50
VTM-Z100		10.28	9.91	12.49	6.80
VGL-Z100	3.65				4.93

한 결과 L^* 값의 경우 VTM이 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우에는 각 재료간에 약간의 차이는 있었으나 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$). b^* 값의 경우에는 VTM이 대부분의 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$).

(5) C2 색조의 경우: C2 색조를 가지고 있는 5종의 재료 (DRT, FLC, VGL, VTM, Z100)를 비교한 결과 L^* 값의 경우 VTM이 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우 DRT가 대부분의 조건에서 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). b^* 값의 경우 중합 전을 제외한 모든 조건에서 VTM이 다른 재료에 비해 유의하게 높은 값을 보였으며, DRT가 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$).

(6) ΔE^* 값의 경우 재료간에 큰 차이는 없었으나, VTM의 경우에는 다른 재료와의 색차가 컸으며, DRT가 Z100과의 색차가 가장 작았다.

2. 동일 재료 내에서 각 색조의 조건에 따른 L^* , a^* , b^* , ΔE^* 값의 비교

(1) DRT의 경우: L^* 값의 경우 B1 색조가 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 색조에 비해 유의하게 높은 값을 보였고 A4 색조, C3 색조가 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 색조에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$).

a^* 값의 경우 B1 색조가 대부분의 조건에서 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). b^* 값의 경우 A4 색조가 모든 조건에서 다른 색조에 비해 유의하게 높은 값을 보였고 B3 색조가 A4 색조 다음으로 높은 값을 보였으며 B1 색조가 중합 전을 제외한 모든 조건에서 다른 색조에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). ΔE^* 값의 경우 모든 조건에서 색조간의 ΔE^* 값에 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$) (Table 4).

(2) FLC의 경우: L^* 값의 경우 열순환 이전에는 각 색조간에 유의한 차이를 보이지 않았으나($P > 0.05$) 열순환 이후에는 C2 색조가 다른 군에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우 A2 색조가 모든 조건에서 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). b^* 값의 경우 A3 색조, B3 색조가 모든 조건에서 유의하게 높은 값을 보였으며, A2 색조는 유의하게 낮은 값을 보였다 ($p < 0.05$). ΔE^* 값의 경우 모든 조건에서 색조간의 ΔE^* 값에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 5).

(3) GI의 경우: L^* 값의 경우 22 색조가 모든 조건에서 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우 모든 조건에서 각 색조간에 유의한 차이가 존재하였다($p < 0.05$). b^* 값의 경우 21 색조와 22 색조, 23 색조 사이에는 유의한 차이가 있었으나 22 색조와 23 색조 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). ΔE^* 값의 경우 모든 조건에서 색조간의

Table 4. Mean ΔE^* Values of each shade of DRT under different conditions.

DRT	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP	TC15-AFP	TC20-AFP
A2	10.25(0.68)*	5.34(1.15)	1.51(0.54)	3.07(1.58)	2.81(1.43)	1.55(0.85)
A3	7.35(0.98)	4.39(1.23)	1.58(0.66)	1.56(0.41)	2.14(0.84)	1.27(0.99)
A4	7.59(0.50)	5.89(0.66)	1.84(0.72)	2.46(0.73)	2.51(0.58)	1.90(0.67)
B1	12.09(2.67)	5.18(1.57)	2.61(0.87)	2.80(0.81)	2.98(0.88)	2.60(0.83)
B3	8.53(0.69)	5.70(1.85)	1.40(0.72)	1.87(0.55)	1.90(0.63)	1.86(0.64)
C2	10.62(2.15)	6.48(1.29)	1.86(0.65)	2.84(0.64)	3.22(0.80)	3.00(1.0456)
C4	7.43(1.55)	7.38(7.38)	1.94(0.82)	2.71(1.03)	2.74(0.80)	2.55(0.52)

BEC-AFP : color differences between before curing and after polishing

AFC-AFP : color differences between after curing and after polishing

TC 5-AFP : color differences between after 500 thermocycling and after polishing

TC10-AFP : color differences between after 1000 thermocycling and after polishing

TC15-AFP : color differences between after 1500 thermocycling and after polishing

TC20-AFP : color differences between after 2000 thermocycling and after polishing

* : standard deviations are in parentheses

Table 5. Mean ΔE^* values of each shade of FLC under different conditions.

FLC	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP0	TC15-AFP	TC20-AFP
A2	9.56(1.25)*	4.70(2.19)	5.23(1.87)	4.55(2.58)	3.26(1.36)	4.07(1.91)
A3	7.28(0.78)	4.39(1.23)	6.50(1.33)	6.60(1.09)	2.66(1.67)	3.70(1.43)
B2	8.81(0.63)	3.58(1.26)	6.14(0.71)	5.77(0.94)	2.41(0.74)	3.37(1.36)
B3	6.95(0.62)	3.98(2.11)	5.11(1.26)	5.107(1.40)	2.130(0.75)	3.74(0.97)
C2	8.67(1.09)	4.48(2.75)	6.22(1.01)	6.28(1.15)	2.65(1.37)	4.57(1.65)

* : standard deviations are in parentheses

Table 6. Mean ΔE^* values of each shade of GI under different conditions.

GI	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP	TC15-AFP	TC20-AFP
21	6.81(1.42)*	3.29(1.11)	6.56(1.93)	7.09(2.58)	2.26(0.83)	6.42(1.57)
22	5.53(1.45)	3.24(1.58)	5.11(0.95)	6.59(0.95)	3.21(1.04)	4.65(0.87)
23	10.18(3.20)	4.31(1.30)	7.81(0.95)	6.74(2.37)	4.34(1.34)	5.48(1.62)

* : standard deviations are in parentheses

ΔE^* 값에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 6).

(4) VGL의 경우 : L^* 값의 경우 중합 전을 제외한 모든 조건에서 DY 색조가 유의하게 낮은 값을 보였으며, B1 색조가 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우 각 색조간에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). b^* 값의 경우 모든 조건에서 B1 색조가 유의하게 낮은 값을 보였으며, DY 색조가 대부분의 조건에서 가장

높은 값을 보였다($p < 0.05$). ΔE^* 값의 경우 모든 조건에서 색조간의 ΔE^* 값에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 7).

(5) VTM의 경우 : L^* 값의 경우 A3 색조, A3.5 색조, B2 색조, B3 색조와 A4 색조, C2 색조, C4 색조 사이에 유의한 차이를 보였으며, 전자가 후자보다 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a^* 값의 경우 색조간의 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). b^* 값의 경우 모든 조건에서 색조

Table 7. Mean ΔE^* values of each shade of VGL under different conditions.

VGL	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP	TC15-AFP	TC20-AFP
A2	9.21(1.52)*	2.62(1.61)	2.61(1.06)	2.83(1.54)	3.61(2.35)	3.43(1.86)
B1	12.77(1.47)	2.03(1.13)	3.37(1.05)	2.73(1.65)	3.65(2.24)	2.45(1.55)
DY	14.11(1.23)	2.51(1.24)	2.19(1.17)	1.44(0.99)	3.78(1.67)	2.13(0.95)
C2	14.27(1.89)	3.48(1.79)	3.03(1.42)	2.30(1.47)	3.06(2.15)	2.76(1.25)
C3	9.38(1.09)	2.81(1.27)	2.54(1.29)	2.04(1.10)	3.03(1.40)	2.46(1.11)

* : standard deviations are in parentheses

Table 8. Mean ΔE^* values of each shade of VTM under different conditions.

VTM	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP	TC15-AFP	TC20-AFP
A3	18.05(2.51)*	4.60(2.87)	2.48(0.57)	2.90(1.09)	2.32(0.83)	2.10(0.84)
A3.5	25.21(2.92)	5.49(2.78)	2.42(0.71)	2.26(0.76)	2.79(1.02)	2.51(1.22)
A4	16.35(1.52)	4.48(1.94)	2.75(1.65)	3.89(2.08)	3.08(1.96)	2.95(1.08)
B2	27.08(4.76)	8.90(4.95)	4.58(3.63)	5.38(4.12)	5.28(3.06)	3.88(1.78)
B3	24.02(3.31)	5.12(1.60)	4.35(4.49)	6.09(4.20)	3.50(1.27)	2.61(1.05)
C2	20.14(0.79)	6.36(1.74)	2.26(1.00)	3.71(1.03)	3.78(1.19)	2.81(0.87)
C4	18.63(1.19)	6.21(1.90)	2.68(1.11)	4.15(0.88)	5.12(0.92)	2.97(1.51)

* : standard deviations are in parentheses

Table 9. Mean ΔE^* values of each shade of Z100 under different conditions.

Z100	BEC-AFP	AFC-AFP	TC5-AFP	TC10-AFP	TC15-AFP	TC20-AFP
A2	6.02(0.89)*	3.22(0.68)	3.02(0.86)	2.78(0.80)	1.63(0.53)	1.41(0.38)
A3	5.67(0.73)	2.47(1.05)	2.20(0.96)	2.10(1.00)	3.26(1.04)	3.09(1.17)
A3.5	6.74(0.40)	3.03(0.55)	2.86(0.96)	2.31(0.61)	2.66(0.81)	2.27(0.79)
A4	6.29(0.67)	3.03(1.31)	3.06(1.03)	2.30(0.73)	1.41(0.55)	1.89(0.48)
B2	6.42(0.46)	3.02(0.73)	3.02(1.37)	2.54(0.66)	5.06(1.26)	4.23(1.19)
B3	6.99(0.69)	3.00(0.81)	2.55(0.66)	2.44(0.42)	6.91(2.02)	6.42(0.99)
C2	6.39(1.34)	3.46(1.10)	2.62(0.48)	2.67(0.52)	4.64(0.56)	3.15(0.72)
D3	6.32(1.02)	3.63(1.06)	2.92(0.87)	2.91(0.64)	4.63(0.51)	3.96(0.66)

* : standard deviations are in parentheses

간에 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). ΔE^* 값의 경우 모든 조건에서 색조간의 ΔE^* 값에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 8).

(6) Z100의 경우 : L* 값의 경우 A2 색조, A3 색조, B2 색조, B3 색조와 A3.5 색조, A4 색조, C2 색조 사이에 유의한 차이를 보였으며, 전자가 후자보다 높은 값을 보였고, B3 색조가 열순환 1,500회부터 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). a* 값의 경우 색조간의 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). b*값의 경우 열순환 2,

000회를 제외한 모든 조건에서 B3 색조가 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). ΔE^* 값의 경우 색조간의 ΔE^* 값에 유의한 차이는 없었으나 B3 색조의 ΔE^* 값이 열순환 1,500회 이후부터 유의하게 큰 값을 보였다($p < 0.05$)(Table 9).

3. 동일재료 내에서 조건에 따른 L*, a*, b*, ΔE^* 값의 비교(색조 무시한 경우)

(1) DRT의 경우 : L* 값의 경우 중합 직후에

다른 조건보다 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). a* 값의 경우 중합 직후에 다른 조건보다 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). b* 값의 경우 중합 전에 다른 조건보다 유의하게 높은 값($P < 0.05$)을 보였을 뿐 조건에 따른 차이는 없었다($p > 0.05$). ΔE^* 값의 경우 중합전과 연마후의 색차가 다른 조건보다 유의하게 큰 값을 보였으며, 열순환 횟수가 증가해도 ΔE^* 값의 변화는 거의 없었다($p > 0.05$)(Table 10, 16).

(2) FLC의 경우 : L* 값의 경우 연마 후에 가장 높은 값을 보였으나, 유의할 만한 차이는 없었다($p > 0.05$). a* 값의 경우 중합 전, 중합 직후, 연마 후에 유의하게 높은 값을 보였으나, 열순환 이후에는 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). b* 값의 경우 중합 전에 유의하게 높은 값을 보였으나 중합 직후부터 열순환 이후까지는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). ΔE^* 값의 경우 중합 전과 연마 후의 색차는 유의하게 큰 값을 보였으나($P < 0.05$) 다른 조

건에서는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 11, 16).

(3) GI의 경우 : L* 값의 경우 연마 후에 다른 조건보다 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). a* 값의 경우 열순환 전후에 유의한 차이를 보였으며 열순환을 시행한 후 그 값이 감소하였다($p < 0.05$). b* 값의 경우 모든 조건에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). ΔE^* 값의 경우 중합 전과 연마 후의 색차가 유의하게 높았을 뿐($P < 0.05$) 다른 조건에서는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 12, 16).

(4) VGL의 경우 : L* 값의 경우 중합 전에 다른 조건에 비해 유의하게 높은 값을 보였으나($P < 0.05$) 중합 직후부터는 값의 변화가 거의 없었다. a* 값의 경우 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). b* 값의 경우 중합 전에 다른 조건에 비해 유의하게 높은 값을 보였으나($P < 0.05$) 중합 직후부터는 값의 변화가 거의 없었다. ΔE^* 값의 경우 중합 전과 연마 후의 색차는 유의하게 큰 값을 보였으나($P < 0.05$) 다른 조

Table 10. Mean L*, a*, b* values of DRT under different conditions.

DRT	L*	a*	b*
BEC	47.49	0.20	10.19
AFC	45.54	1.22	2.11
AFP	50.75	-0.10	2.61
TC5	49.96	-0.27	2.80
TC10	48.90	-0.59	3.31
TC15	48.73	-0.82	2.94
TC20	49.20	0.37	2.19

Table 12. Mean L*, a*, b* values of GI under different conditions.

GI	L*	a*1	b*
BEC	601.60	0.107	11.74
AF1C	641.29	0.11	121.13
AF1P	67.85	0.117	11.29
TC5	61.60	-0.74	12.15
TC10	60.89	-1.42	12.70
TC15	65.43	-1.28	11.95
TC20	62.71	-0.77	12.41

Table 11. Mean L*, a*, b* values of FLC under different conditions.

FLC	L*	a*	b*
BEC	5.38	-0.48	141.64
AF1C	511.49	-01.84	7.152
AFP	551.30	-01.12	7.08
TC15	491.72	-1.54	5.187
TC110	491.68	-11.45	6.35
TC115	531.62	-11.29	6.167
TC120	51.80	-11.22	6.150

Table 13. Mean L*, a*, b* values of VGL under different conditions.

VGL	L*	a*	b*
BEC	62.91	-1.61	12.31
AFC	52.36	-1.03	5.64
AFP	53.94	-1.54	5.18
TC5	52.53	-0.50	5.18
TC10	52.46	-2.22	5.71
TC15	51.09	-1.33	5.63
TC20	51.96	-0.84	5.50

Table 14. Mean L*, a*, b* values of VTM under different conditions.

VTM	L*	a*	b*
BEC	43.25	-1.53	18.17
AFC	57.65	-0.50	10.48
AFP	61.86	-1.21	9.147
TC5	60.18	-1.72	9.63
TC10	58.94	-1.62	10.48
TC15	59.87	-1.57	10.50
TC20	61.01	-1.42	10.13

Table 15. Mean L*, a*, b* values of Z100 under different conditions.

Z10	L*	a*	b*
BEC	48.24	-1.80	7.86
AFC	49.97	-0.77	4.75
AFP	52.36	-1.29	3.43
TC5	50.13	-1.91	3.97
TC10	50.90	-2.00	4.87
TC15	49.46	-1.41	4.60
TC20	50.23	-0.85	4.54

Table 16. Mean ΔE^* values of each material under different conditions.

	DRT	FLC	GI	VGL	VTM	Z10
BEC-AFP	9.12	8.25	7.51	11.95	21.35	6.36
AFC-AFP	5.77	4.39	3.89	2.69	5.88	3.11
TC5-AFP	1.82	6.01	6.49	2.75	3.08	2.79
TC10-AFP	2.47	5.99	7.36	2.27	4.05	2.51
TC15-AFP	2.61	2.66	3.27	3.32	3.70	3.88
TC20-AFP	2.11	4.72	5.52	2.65	2.84	3.61

전에서는 값의 변화가 거의 없었다(Table 13, 16).

(5) VTM의 경우 : L* 값의 경우 중합 전에 다른 군에 비해 유의하게 낮은 값을 보였으나 ($P < 0.05$) 중합 직후부터 열순환 이후까지 색의 변화는 거의 없었다. a* 값의 경우 중합 직후에 다른 군에 비해 유의하게 높은 값을 보였으나 ($p < 0.05$) 그 이후부터 색의 변화는 거의 없었다. b* 값의 경우 중합 전에 다른 군에 비해 유의하게 높은 값을 보였으나 ($p < 0.05$) 중합 직후부터 열순환 이후까지 색의 변화는 거의 없었다. ΔE^* 값의 경우 중합 전과 연마 후, 중합 직후와 연마 후의 색차가 다른 조건에 비해 유의하게 높은 값을 보였으나 ($p < 0.05$) 열순환 후의 색의 변화는 거의 없었다(Table 14, 16).

(6) Z100의 경우 : L* 값의 경우 연마 후에 유의하게 높은 값을 보였으며, 중합 전에 유의하게 낮은 값을 보였다 ($p < 0.05$). a* 값의 경우 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$). b* 값의 경우 연마 후에 유의하게 낮은 값을 보였으며, 중합 전에 유의하게 높은 값을 보였다 ($p < 0.$

05). ΔE^* 값의 경우 중합 전과 연마 후의 색차는 유의하게 큰 값을 보였으나 다른 조건에서는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$) (Table 15, 16).

IV. 총괄 및 고안

Wilson 등에 의하여 소개된 글라스아이오노머는 작업 시간이 짧고 경화가 느린 문제 등으로 실용화에 어려움을 보였으며 이에 Crisp와 Wilson¹⁶⁾은 주석산을 이용하여 경화를 촉진시켜 ASPA II를 개발하였는데 이것이 실질적인 최초의 치과용 글라스아이오노머였다. 또한 시간이 경과함에 따라 액체가 자연 경화되는 단점을 극복하기 위해 Crisp 등¹⁷⁾은 아크릴 산과 이타콘 산의 공중합체를 사용하였다.

폴리아크릴 산의 단점을 보완하기 위해 Mclean 등¹⁹⁾은 산 용액을 동결건조시켜 분말에 첨가함으로써 고분자량 및 고농도의 산용액의 사용을 가능하게 하였다. 또한 글라스아이오노머에 무기질 또는 유기질을 첨가하여 물성을 좋게 하려는 시도로 Mclean 등^{14, 15)}은 도재와

소결한 은입자를, Φ ilo 등²⁰⁾은 산화알루미늄을 첨가하였으며 유기질로는 Mckinney 등²¹⁾이 비닐 단량체를 첨가하여 내마모성을 향상시키고 취성이 큰 문제를 줄이려 하였다. 그러나 여전히 파절이 쉽게 일어나며 초기강도가 낮고 연마가 어려우며 경화 초기에 습기 및 건조에 민감하다는 단점 등으로 인하여 사용 범위에 제한을 받고 있으며 특히 조각사의 상황과 술자의 숙련도 등에 따라 물성이 변하는 문제가 있다.

이러한 재래형 글라스아이오노머의 단점들을 극복하기 위하여 1988년 재래형 글라스아이오노머에 HEMA(hydroxyethyl methacrylate) 또는 Bis-GMA와 같은 레진 성분을 첨가하여 광중합을 가능하게 한 레진강화형 글라스아이오노머가 등장하였다. 실제 조성은 제조회사에 따라 다르지만 최종 수복물의 레진의 양은 4.5%~6%이다. 레진강화형 글라스아이오노머의 전형적인 성분은 폴리아크릴 산 또는 광중합 측쇄(side chain)를 가지고 있는 변형된 폴리아크릴 산, HEMA와 같은 광중합 단량체, 이온방출 글라스와, 물이다²⁷⁾. 레진강화형 글라스아이오노머는 초기에 이장재로 사용되었으며 곧이어 충전재로 사용되었다. 제조자들이 이 계통의 재료라고 주장하는 것에는 Fuji II LC, Vitremer, Photac-Fil, VariGlass, Geristore, Dyract등이 있다. 그러나 VariGlass, Geristore, Dyract등은 GI에 대한 2차 국제 심포지움에서 레진강화형 글라스아이오노머 계열에 포함되지 않는다고 결정하였다. 이 재료들은 광중합 없이는 자가 중합 산-염기 반응이 일어나지 않으며, 글라스아이오노머의 전형적인 특성도 보이지 않기 때문이다²⁸⁾. 레진강화형 글라스아이오노머는 불소 이온의 방출, 미세누출의 감소, 치아에 대한 결합강도의 증가, 작업시간의 연장, 색조의 다양성, 우수한 생체 적합성, 혼합과 삽입의 용이, 상아질과 유사한 열팽창 계수로 인한 수복물의 우수한 체적 안정성 등의 장점들을 지니고 있다고 보고하고 있다³⁶⁾. 그러나 미세누출에 대해서는 의견이 일치하는 것은 아니다. 미세누출이 감소되었다는 보고도 있으나^{22, 46, 47)} Hallen과 Garcia⁴⁸⁾는 반대의 결과를 보고하였다. 이는 치질과 재료

와의 열팽창이 일치하지 않음에 그 원인이 있는 것으로 추정하고 있으며 레진강화형 글라스아이오노머의 열팽창 계수는 레진 콤포짓트보다 작기는 하지만 재래형 글라스아이오노머보다는 높은 값을 보였다⁴⁹⁾.

이런 종류의 재료들은 광중합 글라스아이오노머, 2중 중합 글라스아이오노머(광중합과 산-염기 반응), 3중 중합 글라스아이오노머(2중중합과 화학중합), 레진 아이오노머, 콤포머, 하이브리드 아이오노머등의 다양한 이름으로 불리고 있으나 어느 것도 이런 종류의 재료를 정확히 표현하지는 못하고 있으며 레진강화형 글라스아이오노머가 일반적으로 인정되는 명명이다. 레진강화형 글라스아이오노머에 대해 기존의 글라스아이오노머는 재래형 글라스아이오노머라고 표현한다²⁸⁾.

변색은 시각적 방법과 기계적 방법을 이용하여 비교 평가할 수 있다. 시각적 색측정 방법은 표준색채(color standard)와 물체를 눈으로 비교하는 것이다. 이 방법은 실제적으로 치과계에서 널리 사용되고 있는 방법이다. 치아와 어울리는 색조를 선택하는데는 shade guide가 표준색채로 사용되고 있으나 색조의 비논리적 배열과 치과의사들간의 색조 선택에 대한 일관성의 결여와 얻어진 결과를 CIE 색차계 결과로 전환할 수 없다는 단점 등을 지니고 있다⁴²⁾. 그러나, 색측정 기구의 사용으로 색평가시의 기본적인 문제의 해결이 가능하게 되었다. 치과계에서는 색을 비교하고 분석하는데에 3자극치 색채분석기(tristimulus colorimeter)와 분광광도계(spectrophotometer)를 이용하고 있다⁵⁰⁾. 3자극치 색채분석기는 인간의 눈에 있는 수용기와 똑같은 특징을 지니고 있는 3색 여광기(filter)를 이용하여 반사된 빛의 적, 녹, 청색에 대한 값을 분석하는 기계이다. 분광광도계는 반사된 빛 중 가시광 에너지의 양을 측정하여 CIE 3자극치 X, Y, Z를 얻은 후 수학적 변형에 의하여 CIE L* a* b* 값으로 표현한다³²⁾. 그러므로, 분광광도계를 이용해 얻은 자료가 보다 가치가 있다. ΔE^* 값은 전체적인 색차를 표현하는 것이며, 서로 다른 재료간의 L*a*b* 값의 차이나 동일 재료내에서 시간의

경과에 따른 L*, a*, b* 값의 차이를 설명한다. 치과분야에서는, 인간의 눈으로 인지가능한 변색을 $\Delta E^* = 3.3$ 까지 인정하고 있고, 주관적인 시각적 측정에서 인정하는 상한선으로 간주되고 있으며 이 수치보다 큰 변색은 인정하지 않고 있다³⁴⁾. Seghi 등³⁰⁾의 치과용 도재에 대한 연구에 의하면 실험실에서 준비된 이상적인 조명 하에서 2보다 큰 ΔE^* 값은 대부분의 관찰자들이 쉽게 인지하였으나 ΔE^* 값이 1보다 작은 경우에는 인지하지 못하였다. Johnston과 Kao⁴¹⁾는 레진과 구강내 치아와의 시각적 부조화는 6.8 ± 2.7 이라고 보고하여 색차에 대한 임상적 접근은 부정확하다고 하였다. Seghi 등³⁰⁾은 분광광도계가 물체간의 색차를 정확하게 평가하는 데 유용함을 보고하였다. 치과수복재료들의 색은 주로 기계 또는 시각적 방법을 이용해 반사광을 측정한다. 1%³ 이내에서 색을 정의하는 기계는 사람의 눈이나 두뇌에 비해 월등하다는 장점을 고려해야만 한다.

본 실험에서는 연마 후를 기준으로 삼아 다른 조건과의 색차를 비교하였다. 임상에서 시술이 완료된 상태를 연마 후로 간주하기 때문이다. 동일 재료에서 조건을 달리하였을 경우, DRT는 중합 전과 연마 후, 중합 직후와 연마 후와의 색차가 큰 변화를 보였으나 열순환 이후에 연마 후와의 색차는 작은 변화를 보였다. VGL과 VTM의 경우, 중합전과 연마 후와의 색차가 큰 값을 보이기는 했으나 그 이외의 조건에서는 작은 변화를 보여 변색의 정도가 인정할 만 하였으며 비교적 안정적인 색조를 띠고 있었다. FLC와 GI의 경우, 다른 조건들과 연마 후와의 색차가 큰 변화를 보여 조건에 따른 색의 변화가 다른 재료보다 크게 나타났다. 동일 재료에서 색조간의 색차는 큰 차이를 보이지 않았다. 동일 색조를 가지고 있는 재료간의 색차는 A2 색조와 C2 색조의 경우 재료간에 큰 차이를 보이지 않았으며, A3, B2, B3 색조에서는 VTM과 다른 재료간에 큰 색차를 보였다. Z100은 다른 재료보다 작은 색차를 보였으며, 레진강화형 글라스아이오노머나 재래형 글라스아이오노머보다 우수한 색 안정성을 보였다. 재래형 글라스아이오노머의 경우 레진강화형 글라스아이

오노머보다 큰 색차를 보여 색 안정성이 떨어지는 것으로 나타났다.

L* 값의 차이(즉, ΔL^*)는 명도(lightness 또는 value)의 차이를 의미한다. 일반적으로 a* 값과 b* 값의 변화는 크지 않으므로 L* 값의 차이가 전체적인 색차에 가장 큰 영향을 미친다. 전반적으로 VTM의 색조가 동일한 색조를 가진 다른 재료들 보다 C2 색조를 제외한 모든 색조에서 보다 높은 L* 값을 보였다. Vita shade guide 상에서 A2 색조가 가장 밝은 색이다^{33,51)}. 본 실험에서 Z100 만이 A2 색조가 가장 높은 L* 값을 보였을 뿐 DRT와 VGL에서는 B1 색조가 가장 높은 L* 값을 보였고 A2 색조가 다음으로 높은 값을 보였다. VTM의 경우에는 B3 색조가 가장 큰 값을 보여 대부분의 제품이 제조자의 주장과는 다르게 Vita shade guide를 따르지 않고 있는 것으로 나타났다. 거의 모든 재료에서 각 색조의 L* 값은 연마 후에 가장 높은 값을 보였으며 중합 전과 중합 직후에는 약간 증가하고 열순환 후에 점차 감소하는 경향을 보였다.

a* 값은 (-)일 경우 녹색에, (+)일 경우 적색에 가까움을 나타내며, b* 값은 (-)일 경우 청색에, (+)일 경우 노란 색에 가까움을 나타낸다. 예를 들어, 보다 높은 b* 값을 가진 재료는 보다 황색에 가깝다는 의미이다. 본 실험에서는, 재래형 글라스아이오노머를 제외한 모든 재료에서 중합전의 b* 값이 다른 조건에서의 값보다 2배 이상 큰 값을 보였으나 중합 후에는 현저하게 그 값이 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다. A2, A3, B2 색조에서는 FLC가 다른 재료보다 높은 b* 값을 보였고 B3, C2 색조에서는 VTM이 보다 높은 값을 보여 동일 색조 상에서 FLC와 VTM이 보다 황색을 띠고 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 B3 색조에서의 b* 값이 다른 색조에서의 b* 값보다 높은 값을 보여 전반적으로 B3 색조가 가장 황색을 띠고 있음을 알 수 있었다. 이것은 기존의 연구에서 B 색조가 다른 색조보다 황색에 가깝다는 결과와 일치하는 것이다^{33,51)}. 글라스아이오노머를 제외한 모든 재료에서 조건에 관계없이 중합전의 b* 값은 그 이후의 값보다

2배 이상 큰 값을 보여 광중합 과정이 b*값의 변화에 큰 영향을 미치는 것으로 추정된다.

본 실험에서는 실험에 사용한 재료의 색조와 Vita shade guide 를 비교하지는 않았다. 이는 편평한 시편과 표면에 굴곡이 있는 색조 tab과의 색차 비교시의 기술적인 문제가 색차 측정의 정확성을 제한하기 때문이었다. 또한, 색조 tab은 치경부부터 절치부까지 조금씩 색조의 변화를 주고 있다. 이런 문제점에도 불구하고, Vita shade guide에 관한 연구가 이루어졌다^{33, 51)}. O'Brien 등³³⁾은 A2, B3, C2, D3 색조에 관한 실험에서, L* 값은 70보다 큰 값을 보였고, a* 값은 -0.22(C2) 부터 0.62(D3)까지의 값을 보였고, b* 값은 16 또는 그보다 큰 값을 가진다고 보고하였다. 본 실험에서 사용한 재료들은 모두 Vita shade guide 보다 L*, a*, b* 값이 낮음을 알 수 있었다.

이 실험에서 사용한 분광광도계 또는 이와 유사한 기구들은 “small area spectrophotometer”라고 한다. 이 기구는 측정 범위가 작기 때문에 상대적으로 작은 시편의 제작이 가능하다. 이 실험에서 사용한 재료와 같이 균일하게 제작된 시편의 경우에 측정 범위 그 자체는 중요하지 않다. 만약 치아와 같이 두께도 일정하지 않고 균일한 성분으로 제작되지 않은 재료의 경우 3 mm의 측정 범위는 문제의 소지가 있는 것으로 간주된다. 본 실험에서 시편 측정시 측정 기구가 고정된 상태가 아니므로 손으로 잡고 측정을 시행하였으며, 그것으로 인한 측정의 오차가 있었으리라 사료되나 그것이 실험 결과에 큰 영향을 미치지 않았다.

본 실험에서 사용된 모든 재료들은 표면이 건조되어 균열이 생기는 것을 방지하기 위해 37°C, 100% 상대 습도에서 보관하였다. 그러나 VGL과 재래형 글라스아이오노머는 시간이 지남에 따라 표면의 균열이 더 선명해지는 양상을 보여 다른 재료에 비해 수분에 민감함을 알 수 있었다.

대부분의 제조자들이 색조의 다양성 및 안정성을 주장하지만 레진강화형 글라스아이오노머의 색 안정성은 재래형 글라스아이오노머보다 우수하였으나 콤포짓트 레진에는 미치지

못하였다. 1994년 Davis 등³⁰⁾은 레진강화형 글라스아이오노머의 단기가속(accelerated aging) 실험에서 색 안정성이 불량하다고 하였다. 또한 통상의 글라스아이오노머에서 경화시의 건조로 나타나던 백묵양 외관은 일부의 레진강화형 글라스아이오노머에서도 나타나는 것을 볼 수 있었으며 VGL은 표면 균열이 많이 나타남을 관찰할 수 있었다.

레진강화형 글라스아이오노머의 발전은 수복재료의 범위를 넓히고 기존의 글라스아이오노머가 가지고 있던 우수한 성질을 지속시킬 수 있다는 점에서 큰 의의가 있다 할 수 있다. 그러나 색조에 대한 연구는 더욱 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

레진강화형 글라스아이오노머의 색 안정성을 연구하기 위해 첨차 사용이 증가하고 있는 4종의 레진강화형 글라스아이오노머(FLC, VTM, DRT, VGL) 1종의 자가중합형 글라스아이오노머와 1종의 homogeneous microfilled resin composite(Z100)를 분광광도계를 이용하여 중합 전, 중합 직후, 연마 후, 열순환 500회, 1000회, 1500회, 2000회 후의 L*, a*, b*, ΔE^* 값을 측정하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일한 재료 내에서 색조가 다른 경우에도 열순환에 따른 색상의 변화정도(CIELAB ΔE^*)는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
2. 동일한 재료 내에서 중합전과 중합후 연마한 시편의 색차는 (5.53)~(27.08)의 범위로 크게 나타났으며, 다른 조건에서 변화한 색차보다 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$).
3. 열순환 전후의 색차는 (1.40)~(7.81)의 범위를 보였으나 열순환 횟수가 증가하여도 색상의 변화량(CIELAB ΔE^*)은 작았다.
4. 레진강화형 글라스아이오노머는 재래형 글라스아이오노머보다 색 안정성이 우수하였으나 Z100보다는 색 안정성이 떨어졌다.

참 고 문 헌

1. Crisp, S., Jennings, M.A. and Wilson, A.D. : A study of temperature changes occurring in setting dental cements. *J Oral Rehabil.* 5 : 139-144, 1978.
2. Hattab, F.N., El-mowafy, O.M., Salem, N.S. and El-Badrawy, W.A.G. : An in vivo study on the release of fluoride from glass-ionomer cement. *Quintessence Int.* 22 : 221-224, 1991.
3. Komatsu, H., Cole, J.S., Nakajima, H. and Okabe, T. : Fluoride release from various types of glass-ionomers. *J Dent Res.* 71 : 135(abstract no. 234), 1992.
4. Retief, D.H., Bradley, J.C., Denton, J.C. and Switzer, P. : Enamel and cementum fluoride uptake from a glass-ionomer cement. *Caries Res.* 18 : 250-257, 1984.
5. Swartz, M.L., Phillips, R.W. and Clark, H.E. : Long-term F release from Glass Ionomer Cements. *J Dent Res.* 63 : 158-160, 1984.
6. Aboush, Y.E.Y. and Jennkins, C.B.G. : An evaluation of the bonding of glass ionomer restoratives to dentin and enamel. *Br Dent J.* 161 : 171-184, 1986.
7. Maldonado, A., Swartz, M.L. and Phillips, R.W. : An in vitro study of certain properties of a glass-ionomer. *J Am Dent Assoc.* 96 : 785-791, 1978.
8. Mitra, S.B. : Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res.* 70 : 72-74, 1991.
9. Mount, G.J. : Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent.* 16 : 141-148, 1991.
10. Wilson, A.D., Prosser, H.J. and Powis, D.M. : Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res.* 62 : 590-592, 1983.
11. Garcia, R., Caffesse, R.G. and Charbeneau, G.T. : Gingival tissue response to restoration of a deficient cervical contours using a glass-ionomer material. A 12 month report. *J Prosthet Dent.* 46 : 393-398, 1981.
12. Kawahara, H., Imanish, Y. and Oshima, H. : Biologic evaluation on glass-ionomer cement. *J Dent Res.* 58 : 1080-1086, 1979.
13. Pameijer, C.H., Segal, E. and Richadson, J. : Pulpal response to a glass-ionomer cement in primates. *J Prosthet Dent.* 46 : 36-40, 1981.
14. Wilson, A.D. and Mclean, J.W. : Biocompatibility. In : Glass Ionomer Cement, Chicago, IL : Quintessence Publishing Co. Inc. , pp.125-130, 1988.
15. Wilson A.D. and Mclean, J.W. : Glass-ionomer cement. Quintessence Publishing Co. Inc., p.68, 1988.
16. Crisp, S. and Wilson, A.D. : Reactions in glass-ionomer cements : V. effect of incorporating tartaric acid in the cement liquid. *J Dent Res.* 55 : 1023-1031, 1976.
17. Crisp, S., Kent, B.E., Lewis, B.G., Ferner, A.J. and Wilson, A.D. : Glass-ionomer cement formulation II, the synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res.* 59 : 1055-1063, 1980.
18. Mclean, J.W. and Gasser, O. : Glass-cermet cements. *Quintessence Int.* 16 : 333-343, 1985.
19. Mclean, J.W., Wilson, A.D. and Prosser, H.J. : Development and use of water-hardening glass-ionomer luting cement. *J Prosthet Dent.* 52 : 175-181, 1984.
20. Φilo,G. and Ruyter,I.E. : The influence of various admixes on the physical properties of a polycarboxylate cement. *J Dent Res.* 62 : 937-939, 1983.
21. Mckinney, J.E. and Antonucci, J.M. : Wear and microhardness of two experimental dental composites. *J Dent Res.* 65 : 848

- (abstract No.1101), 1986.
22. Tajan, A.H. and Dunn, J.R. : Microleakage at gingival dentin margins of class V composite restorations lined with light-cured glass-ionomer cement. *J Am Dent Assoc.* 121 : 706-710, 1990.
 23. 신동훈, 권혁춘. : 가시광선 중합에 따른 충전용 Glass Ionomer Cement의 물리적 성질에 관한 연구. 대한치과보존학회지. 17(2) : 307-330, 1992.
 24. Mathis, R.S. and Ferracane, J.L. : Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent Mater.* 5 : 355-358, 1989.
 25. Phillips' science of dental materials. (10th edition) Phillips, pp 541-543, 1996.
 26. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms, CIE Publications No.15, suppl No.2. Paris, Bureau de la CIE, pp 9-12, 1978.
 27. Sidhu, S.K. and Watson, T.F. : Resin-modified glass-ionomer materials-a status report for the American journal of dentistry. *Am J Dent.* 8 : 59-67, 1995.
 28. Thomas, A., Michael, V. and Elmar, H. : Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quintessence Int.* 27 : 203-209, 1996.
 29. Wilson, A.D. : Resin-Modified Glass-Ionomer Cements. *Int J Prosthodont.* 3 : 425-429, 1990.
 30. Seghi, R.R., Hewlett, E.R. and Kim, J. : Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences of translucent dental porcelain. *J Dent Res.* 68 : 1760-1764, 1989.
 31. Kim, H.S. and Um, C.M. : Color differences between resin composites and shade guides. *Quintessence Int.* 27 : 559-567, 1996.
 32. Noie F., O'keefe, K.L. and Powers J.M. : Color stability of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont.* 8 : 51-55, 1995.
 33. O'Brien, W.J., Boenke, K.M. and Groh, C.L. : Coverage error of two shade guides. *Int J Prosthodont.* 4 : 45-50, 1991.
 34. Ruyter, I.E., Nilner, K and M ller, B. : Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 3 : 246-251, 1987.
 35. Ryther, J.S., Lund, P.S. and Aguilino, S.A. : Colorimetric evaluation of shade guide variability(abstract 890). *J Dent Res.* 72 : 215, 1993.
 36. Swift, E.J. Jr, Hammel, S.A. and Lund, P.S. : Colorimetric evaluation of vita shade resin composites. *Int J Prosthodont.* 7 : 356-361, 1994.
 37. Um, C.M. and Ruyter, I.E. : Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea . *Quintessence Int.* 22 : 377-386, 1991.
 38. Wozniak, W.T., Fan, P.L., McGill, S., Moser, J.B. and Stanford, J.W. : Color comparisons composite resins of various shade designations. *Dent Mater.* 1 : 121-123, 1985.
 39. Davis, B.A., Friel, K.H. and Powers, J.M. : Color stability of hybrid monomers after accelerating aging. *J Dent Res.* 73 : 220 (Abstract950), 1994.
 40. Yap, A.U.J., Bhole, S. and Tan, K.B.C. : Shade match of tooth-colored restorative materials based on a commercial shade guide. *Quintessence Int.* 26 : 697-702, 1995.
 41. Johnston, W.M. and Kao, E.C. : Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 68 : 819-822, 1989.
 42. Van der Bergt, Ten Bosch J.J., Borsboom

- P.C.F. and Plasschaert A.J.M. : A new method for matching tooth colors with color standards. *J Dent Res.* 64 : 837–841, 1985.
43. Goodkind, R.J., Keenan, K.M. and Schwabacher, W.B. : A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent.* 53 : 105–109, 1985.
 44. Jorgensen, M.W. and Goodkind, R.J. : Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness and repeated firings. *J Prosthet Dent.* 42 : 96–105, 1979.
 45. M. Burke, P.D. Hamlin and E.J. Lynch. : Depth of cure of light cured glass-ionomer cements. *Quintessence Int.* 21 : 977–981, 1990.
 46. Crim, G.A. : Marginal leakage of visible light-cured glass-ionomer restoratives. *J Prosthet Dent.* 69 : 561–563, 1993.
 47. Davis, E.L., Yu X. and Joynt, R.B. : Shear strength and microleakage of light-cured glass-ionomers. *Am J Dent.* 6 : 127–129, 1993.
 48. Hallen, K.B. and Garcia-Godoy, F. : Microleakage of resin-modified glass-ionomer cement restorations : An in vitro study. *Dent Mater.* 9 : 306–311, 1993.
 49. Mitra, S.B. and Conway, W.T. : Coefficient of thermal expansion of some methacrylate-modified glass-ionomers. *J Dent Res.* 73 : 219(Abstract944), 1994.
 50. Knispel, G. : Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int.* 22 : 525–531, 1991.
 51. Schwabacher, W.B. and Goodkind, R.J. : Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent.* 64 : 425–431, 1990.