

초기 방습이 글래스아이오노머 시멘트의 색안정성 및 투명도 변화에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 보존학교실

정선와·김선현·오원만

Abstract

Effect of Early Waterproof on Color Stability and Translucency Change of Glass-ionomer Cement

Seon-Wa Jeong, Sun-Hun Kim, Won-Mann Oh

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chonnam National University

The shade of restorative materials is very important for successful restoration esthetically harmonized with the natural tooth. The purpose of this study was to evaluate the color stability and the opacity change of conventional chemical setting and visible light curing glass-ionomer cements for restorative esthetic filling. Specimens of each brand (GC Fuji II and Fuji II LC) were uniformly prepared and divided into three groups: In group 1(control group), the specimens received no surface treatment; in group 2, the specimens were coated with varnish and the excess gently blown off; and in group 3, the specimens were coated with light-cured bonding resin and irradiated by a visible light curing unit for 20 seconds on both sides.

All specimens were stored in distilled water at 37°C and checked after for 24 hours, 2 months, 4 months, 6 months, and 8 months.

The color characteristics(L*, a*, b*) and the opacity(Y%) of all the samples were measured by a spectrophotometer and the total color differences(ΔE^*) and opacity changes($\Delta Y\%$) were computed.

The following results were obtained :

1. The total color differences in all groups increased with time.
2. The total color differences of the LC groups after immersion for 8 months in distilled water at 37°C were lower than those of GC groups($p < 0.01$), and the total color differences of the varnish or the light-cured bonding resin coated groups were lower than those of the control group with glass-ionomer cements which had no surface treatment($p < 0.01$).
3. In all groups the translucency decreased with time.
4. In the control group and the varnish coating group, the opacity changes of the GC groups were lower than those of the LC groups($p < 0.01$) and in the light-cured bonding resin coated group, there was no significant difference between the GC group and the LC group.
5. The opacity changes of the varnish or the light-cured bonding resin coated groups were lower

than those of the control group($p < 0.01$).

These results suggest that color change and opacity of conventional chemical setting and light cured glass-ionomer cement were increased with time, and the color changes and the opacity changes of a control group after immersion for 8 months in distilled water at 37°C were greater than those of the varnish or the light-cured bonding resin coated groups.

I. 서 론

글래스아이오노머 시멘트는 1969년 개발된 이래 그 물리적 성질이 개선되어 왔으며, 최근에는 수복용, 와동의 이장용, 주조물의 합착용, 소와 열구의 충전용으로 사용되고 있다. 글래스아이오노머 시멘트는 치질에 화학적으로 결합하고 세포독성이 적으며 불소를 유리함으로써 항우식 효과를 가지고 있다. 글래스아이오노머 시멘트는 종래의 화학경화형과 조작하기가 쉽고 경화시간이 빠른 가시광선 경화형이 소개되고 있다²⁾.

글래스아이오노머 시멘트는 초기 경화시간 동안에 건조 및 습기에 민감하다. 즉 초기 경화시간 동안에 수분에 접촉된 경우 글래스(glass)로부터 시멘트를 형성하는 금속 이온(Ca^{2+} , Al^{+3})이 유리되기 때문에 백목상의 표면 상태가 되고 재료의 물리적 성질이 저하되며 산과 구강액에 대해서 쉽게 침식된다³⁾. 또한 탈수된 경우에 있어서는 경화 과정의 수분이 부족하기 때문에 경화 후 표면에 균열이 나타난다. 따라서 초기 경화된 수복물 표면에 수분 접촉이나 탈수로부터 재료를 보호하기 위해 방습과 탈수 방지용의 도포재를 도포하며^{4,5)}, 도포재로 코코아 버터(cocoa butter)나 방습 바니쉬(varnish), 가시광선 중합형 접착 레진(light-cured bonding agent) 등이 이용되고 있다. 코코아 버터나 방습 바니쉬 등은 쉽게 제거된다고 보고되고 있고³⁾, 점도가 매우 낮고 무기질 필러(filler)를 함유하지 않은 가시광선 중합형 접착 레진(unfilled light-cured bonding resin)을 초기 경화된 글래스아이오노머 시멘트 표면에 도포하는 것이 수분 접촉이나 탈수를 방지하는데 가장 효과적인 방법이라고 보고되고 있다⁶⁾.

수복 재료의 색변화에 대한 측정 방법은 Munsell system의 표준화된 색을 이용하여 육안으로 비교하는

방법과^{7,8)} 분광광도계 (spectrophotometer)나 색채계측기(colorimeter)를 이용하여 기계적으로 측정하는 방법이 있다⁹⁻¹⁴⁾. 색변화에 대한 연구는 주로 육안적 비교방법이 이용되었으나 정확한 색의 측정을 위해서 기계적 측정법이 더 많이 이용되고 있다^{15,16)}. 또한 수복재료의 색변화는 투명도에도 영향을 미치는데 투명도(translucency)는 반대 개념인 대조율(contrast ratio)이나 불투명도(opacity)를 측정함으로써 얻을 수 있다^{17,18)}. 색변화에 대한 연구로는 Clark¹⁹⁾가 최초로 발견된 치아의 색분포를 보고하였고, 박과 정²⁰⁾은 자연치의 색을 측정하였으며, 그 후로도 복합 레진의 색변화와 색안정성 등에 관하여 많은 연구자들⁹⁻¹⁴⁾이 보고한 바 있으나 글래스아이오노머 시멘트의 변색과 불투명도 변화에 대한 연구는 드물다.

본 연구는 수복용으로 사용되는 종래의 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트와 최근에 새로 개발된 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트를 대상으로 하여 초기 방습이 글래스아이오노머 시멘트의 색안정성과 투명도 변화에 미치는 영향을 평가하고자 표면 처리를 하지 않은 군과 방습제로 표면 처리를 한 군으로 분류하여 장기간 증류수에 저장한 후 분광색채계측기(spectrocolorimeter)로 색변화량을 관찰하고 불투명도 측정을 통해 투명도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 색안정성 측정

1) 시편 제작

본 실험에 사용된 글래스아이오노머 시멘트는 수복용의 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트와 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트이고, 방습을

Table 1. Glass-ionomer cements and coating agents tested

Material	Brand Name(shade)	Code	Manufacturer
Glass-ionomer cement	GC Fuji II (21)	GC	GC Corp., Japan
	Fuji II LC (A1)	LC	GC Corp., Japan
	GC Fuji Varnish		GC Corp., Japan
Coating agent	Scotchbond 2 (light-cured bonding resin)		3M, U.S.A.

위해 사용된 도포제는 바니쉬(vernish)와 가시광선 중합형 접착 레진(light-cured bonding resin)으로 Table 1과 같다.

내경 15.0mm, 고경 2.0mm의 금속주형을 제작하여 제조회사의 지시대로 혼합된 재료를 플라스틱 기구를 이용해 충전한 후, 상, 하 양측에 셀룰로이드지로 덮고나서 양측에 두께 7mm의 유리판을 위치시켰으며 주형의 고경에 맞게 C-클램프를 이용하여 유리판을 조였다. 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트는 5분 경과후 주형에서 시편을 분리하였고, 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트는 가시광선 중합기(Translux EC light curing unit, Kulzer Co., Germany)를 사용하여 시편의 양면에 각각 30초간 조사하였다.

각 재료별로 30개의 시편을 제작하여 10개씩 나누어 3군으로 각각 분류하였다.

(1) 첫번째 군(GC1, LC1)은 대조군으로 표면 처리를 하지 않았다.

(2) 두번째 군(GC2, LC2)은 바니쉬(GC Fuji Varnish)를 표면에 도포한 후 압축 공기로 건조시켰다.

(3) 세번째 군(GC3, LC3)은 가시광선 중합형 접착 레진(Scotchbond 2)을 도포한 후 가시광선 중합기로 20초간 조사하였다.

시편들은 각 군별로 37°C 증류수에 보관하였다. 24시간 경과 후 시편은 사포(Tamiya Plastic Model Co., Japan)로 주수하에 양면을 연마하여 두께 2.0 mm의 시편을 제작하였다.

각 시편들은 분광색채측지기(Color QUEST sphere spectrophotometer, Hunter Associates Laboratory Inc., USA)를 이용해 색의 특성을 측정한다. 시편을 증류수에 침적시키고 광선이 차단된 37°C의 항온조에 보관하였으며 세군의 증식을 막기

위해 3일마다 증류수를 교환하여 8개월간 보관하였다.

2) 색의 측정

시편을 2개월, 4개월, 6개월, 8개월 동안 37°C의 증류수에 보관한 후 각 시편을 소독된 거여즈 위에 올려놓고 육안으로 보아 습기가 없는 상태로 공기 중에서 건조시켰다. 건조된 각 시편의 색의 특성, 삼자극치(tristimulus) X, Y, Z와 CIELAB를 평가하였다. 색의 특성변화(ΔL^* , Δa^* , Δb^* 와 ΔE^*)는 분광색채측지기의 small area reflectance port(0.25 inch diameter)를 통해 시편의 배면에 백색표준물(white standard)을 접촉시킨 상태에서 측정하였다.

CIELAB system은 1976년 국제조명위원회(CIE)에서 채택되었으며 이는 색을 정량적으로 측정할 수 있는 방법인데, CIELAB에서 L^* , a^* , b^* 는 3차원의 색공간에서 색을 나타낼 수 있는 좌표이다.

즉 L^* =lightness-darkness(0은 black, 100은 white)

a^* =red-green((+)일 경우는 red, (-)일 경우 green)

b^* =yellow-blue((+)일 경우 yellow, (-)일 경우 blue)

색의 특성(L^* , a^* , b^*)은 삼자극치 X, Y, Z로부터 분광색채측지기에 연결된 computer system(IBM ps/2 Model 80286, IBM computer Inc., USA)에 의해서 산출되고 색의 특성 변화(ΔL^* , Δa^* , Δb^* 와 ΔE^*)는 각각 L^* , a^* , b^* 수치의 차이로 계산된다. 분광색채측지기의 방식은 Reflectance Specular Include Mode, CIE L^* , a^* , b^* scale, 10 observer, 그리고 표준광원 D65를 사용했다²¹⁾.

전체적인 색변화 ΔE^* 는 다음 식으로 구할 수 있다.

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

2. 불투명도의 측정

색안정성 측정에 사용한 글래스아이오노머 시멘트와 동일한 글래스아이오노머 시멘트로 내경 15.0 mm, 고경 1.0mm의 금속주형을 이용해 시편을 제작했다. 시편의 제작과 처리 및 방습재 도포는 색안정성 실험에서와 동일한 방법에 의하여 시행했다.

완성된 시편은 24시간 동안 37°C 증류수에 보관한 후 분광색채계측기를 이용해 각 시편의 삼자극치 X, Y, Z 값을 측정하고 연결된 computer system(IBM ps/2)에서 불투명도(Y%)를 환산했다. 그리고 증류수에 담겨 37°C 항온조에 8개월간 보관하였다. 증류수는 3일마다 교환하였으며, 2개월 간격으로 분광색채계측기를 이용해 불투명도를 측정했다.

불투명도의 측정은 대조율(contrast ratio)의 측정에 의하여 결정된다. 분광색채계측기의 small area reflectance port를 통해 배면에 흑색표준물(black standard)을 접촉시킨 시편의 Y값을 배면에 백색표준물(white standard)을 접촉시킨 동일한 시편의 Y값으로 나누어 불투명도(Y%)를 얻는다.

$$\text{Opacity}(Y\%) = \frac{Y \text{ black backing}}{Y \text{ white backing}}$$

3. 통계학적 분석 방법

각 군간의 전체적인 색변화량과 불투명도 변화량을 비교하기 위해 분산분석(ANOVA with repeated measurements)을 시행하였다.

III. 실험 성적

1. 색안정성 측정 결과

화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 표면 처리에 따른 색변화 특성(ΔL^* , Δa^* , Δb^* 와 E^*)은 Table 2, 3, 4, 5에 기록된 바와 같다.

2개월후의 전체 색변화량(ΔE^*)은 GC2군에서 4.51±1.58로 가장 큰 값을 보였고 LC3군에서 2.93±0.93으로 가장 적었다. 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 GC1, GC2, GC3군 상호간에 유의한 차이가 없었고, 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 LC1군보다 LC3군에서 전체 색변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$, Table 2).

4개월후의 전체 색변화량은 GC1군에서 9.70±1.16로 가장 컸으며 LC3군에서 4.47±1.33으로 가장 적었다. 화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트 모두 GC1, LC1군보다 GC2, LC2군에서, GC2, LC2군보다 GC3, LC3군에서 각각 전체 색변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$, Table 3).

6개월후의 전체 색변화량은 GC1군에서 13.76±1.31로 가장 컸으며 LC3군에서 7.02±1.20으로 가장 적었다. 화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트 모두 GC2, LC2군과 GC3, LC3군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 GC1, LC1군보다 GC2, LC2군과 GC3, LC3군에서 각각 전체 색변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$, Table 4).

8개월후의 전체 색변화량은 역시 GC1군에서 17.93±1.24으로 가장 컸으며 LC3군에서 9.85±1.12로 가

Table 2. Color change after immersion for 2 months in distilled water expressed as means

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	
GC 1	2.33(0.71)	1.85(1.59)	0.39(2.97)	3.19(1.34)	
GC 2	2.62(0.77)	3.57(1.44)	1.58(0.77)	4.51(1.58)	**
GC 3	1.42(0.82)	3.49(1.74)	0.75(0.39)	3.90(1.83)	
LC 1	2.13(1.30)	3.66(0.76)	0.45(0.22)	4.39(1.03)	**
LC 2	1.82(1.01)	3.21(0.86)	0.71(0.32)	3.83(1.09)	
LC 3	1.17(0.50)	2.23(0.75)	1.39(0.49)	2.93(0.93)	

Standard deviations are in parentheses.

ΔL^* , Δa^* , Δb^* : color difference.

ΔE^* : total color difference.

** : $p < 0.01$.

Table 3. Color change after immersion for 4 months in distilled water expressed as means

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	
GC 1	4.53(0.91)	7.61(0.79)	3.89(0.74)	9.70(1.16)	
GC 2	4.60(0.60)	5.91(1.01)	2.89(0.81)	8.07(1.29)] NS
GC 3	3.66(1.56)	4.67(1.97)	2.30(0.97)	6.48(2.38)	
LC 1	4.08(0.72)	6.15(1.22)	2.99(1.74)	8.32(0.66)] NS
LC 2	4.64(1.32)	3.52(0.72)	1.65(0.49)	6.16(1.41)	
LC 3	2.91(1.16)	2.77(0.82)	1.85(0.47)	4.47(1.33)	

Standard deviations are in parentheses.

ΔL^* , Δa^* , Δb^* : color difference.

ΔE^* : total color difference.

NS: no significance.

Table 4. Color change after immersion for 6 months in distilled water expressed as means

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	
GC 1	7.70(0.94)	10.35(1.71)	4.54(0.79)	13.76(1.31)	
GC 2	6.40(1.00)	8.11(1.43)	4.37(1.34)	11.27(1.85)] NS
GC 3	6.01(1.31)	6.85(2.48)	3.32(0.94)	9.86(2.30)	
LC 1	6.14(1.28)	7.42(0.73)	4.00(1.48)	10.78(1.09)] NS
LC 2	5.13(1.12)	5.61(2.18)	2.84(0.50)	8.18(2.25)	
LC 3	4.28(0.77)	4.43(1.35)	3.19(0.52)	7.02(1.19)	

Standard deviations are in parentheses.

ΔL^* , Δa^* , Δb^* : color difference.

ΔE^* : total color difference.

NS: no significance.

Table 5. Color change after immersion for 8 months in distilled water expressed as means

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	
GC 1	10.32(1.01)	13.32(1.60)	5.95(0.66)	17.93(1.24)	
GC 2	7.74(0.67)	9.22(1.07)	6.66(0.67)	13.78(1.28)] NS
GC 3	8.32(0.88)	10.03(1.90)	5.59(0.69)	14.25(1.76)	
LC 1	7.85(0.54)	9.64(0.71)	5.61(1.38)	13.67(1.21)] NS
LC 2	7.19(0.74)	8.26(1.18)	4.91(1.26)	12.08(1.15)	
LC 3	5.93(1.10)	6.64(0.82)	4.34(0.38)	9.85(1.12)	

Standard deviations are in parentheses.

ΔL^* , Δa^* , Δb^* : color difference.

ΔE^* : total color difference.

NS: no significance.

Table 6. Comparison of total color difference(ΔE^*) after immersion for 8 months in distilled water among the groups

	GC1	GC2	GC3	LC1	LC2	LC3
GC1		**	**	**	**	**
GC2			-	-	**	**
GC3				-	**	**
LC1					**	**
LC2						**
LC3						**

** : $p < 0.01$.

- : no significance.

장 적었다. 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 GC2군과 GC3군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 GC1군보다 GC2군과 GC3군에서 전체 색변화량이 유의하게 적었고($p < 0.01$), 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 LC1군보다 LC2군에서, LC2군보다 LC3군에서 전체 색변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$, Table 5, 6).

2개월후를 제외하고 4개월, 6개월, 8개월후의 전체 색변화량은 표면 처리를 하지 않은 경우, 바니쉬를 도포한 경우 및 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우 모두 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 유의하게 적었다($p < 0.01$).

상기 결과를 종합하여 ΔE^* 값을 도표화 하면 Fig. 1과 같고 모든 군에서 시간의 경과에 따라 전체 색변화량은 증가하였다.

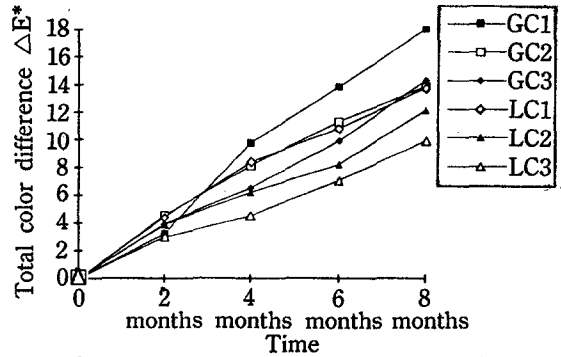


Fig. 1. Total color difference(ΔE^*) of each group of glass-ionomer cements with increasing time after immersion in distilled water at 37°C

2. 불투명도의 측정 결과

화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 24시간, 2개월, 4개월, 6개월, 8개월후의 불투명도(Y%)와 불투명도 변화량($\Delta Y\%$)은 Table 7, 8에 기록된 바와 같다.

2개월후의 불투명도 변화량은 LC1군에서 12.65 ± 1.05 로 가장 컸으며 GC2군에서 5.98 ± 0.77 로 가장 적었다. 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 GC1군보다 GC2군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었고($p < 0.01$), 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 LC1군과 LC2군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 LC1군과 LC2군에 비해 LC3군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$).

4개월후의 불투명도 변화량은 LC1군에서 14.6 ± 0.75 로 가장 컸으며 GC2군에서 7.87 ± 1.19 로 가장 적

Table 7. Opacity(Y%) after immersion for 24 hours, 2 months, 4 months, 6 months, 8 months in distilled water expressed as means

	24 hours	2 months	4 months	6 months	8 months
GC 1	72.50(1.01)	79.62(3.05)	83.72(2.34)	86.22(3.43)	91.19(3.21)
GC 2	71.49(2.68)	77.47(2.99)	82.39(1.99)	86.95(3.16)	88.21(3.15)
GC 3	72.76(2.45)	77.09(3.28)	81.71(1.83)	83.16(2.26)	88.46(3.90)
LC 1	60.95(1.27)	73.60(2.13)	75.55(1.94)	76.90(2.07)	81.56(1.60)
LC 2	61.93(1.66)	74.24(1.91)	75.87(2.27)	77.62(1.99)	78.86(1.80)
LC 3	63.81(2.41)	74.31(1.99)	75.99(1.90)	77.44(1.90)	81.61(2.61)

Standard deviations are in parentheses.

Table 8. Opacity change($\Delta Y\%$) after immersion for 2 months, 4 months, 6 months, 8 months in distilled water expressed as means

	2 months	4 months	6 months	8 months
GC 1	7.02(2.22)**	11.22(1.45)**	14.72(2.74)**	18.69(2.42)**
GC 2	5.98(0.77)	7.87(1.19)	12.46(0.82)	13.72(0.90)**
GC 3	6.33(1.25)	8.95(0.68)**	13.40(0.72)	16.70(1.96)**
LC 1	12.65(1.05)**	14.60(0.75)**	15.95(0.92)**	20.61(0.72)**
LC 2	12.41(0.60)**	13.95(0.97)**	15.69(0.71)**	16.93(0.64)**
LC 3	10.10(1.71)	12.19(1.06)	18.63(1.13)**	17.75(0.91)**

Standard deviations are in parentheses.

** : $p < 0.01$.

었다. 화학경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 GC2군과 GC3군 사이에 유의한 차이가 없었으나 GC1군에 비해 GC2군과 GC3군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$). 가시광선 경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 LC1군과 LC2군 사이에는 유의한 차이가 없었고 LC1군과 LC2군보다 LC3군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$).

6개월후의 불투명도 변화량은 LC1군에서 15.95 ± 0.92 로 가장 컸으며 GC2군에서 12.46 ± 0.82 로 가장 적었다. 화학경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 GC1군보다 GC2군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었고($p < 0.01$), 가시광선 경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 LC1군과 LC2군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 LC1군과 LC2군보다 LC3군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$).

8개월후의 불투명도 변화량은 LC1군에서 20.61 ± 0.72 로 가장 컸으며 GC2군에서 13.72 ± 0.90 로 가장 적었다. 화학경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 GC1군보다 GC3군에서, GC3군보다 GC2군에서 불투명도 변화량이 유의하게 적었고($p < 0.01$), 가시광선 경화형 글래스이오노머 시멘트의 경우 LC2군과 LC3군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 LC1군보다 LC2군과 LC3군에서 전체 색변화량이 유의하게 적었다($p < 0.01$, Table 9).

2개월후와 4개월후의 불투명도 변화량은 표면 처리를 하지 않은 경우, 바니쉬를 도포한 경우 및 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우 모두 가시광선 경화형 글래스이오노머 시멘트보다 화학경화형 글래스이오노머 시멘트에서 유의하게 적었고

Table 9. Comparison of opacity change($\Delta Y\%$) after immersion for 8months in distilled water among the groups

	GC1	GC2	GC3	LC1	LC2	LC3
GC1		**	**	**	-	-
GC2			**	**	**	**
GC3				**	-	-
LC1					**	**
LC2						-
LC3						

** : $p < 0.01$.

- : no significance.

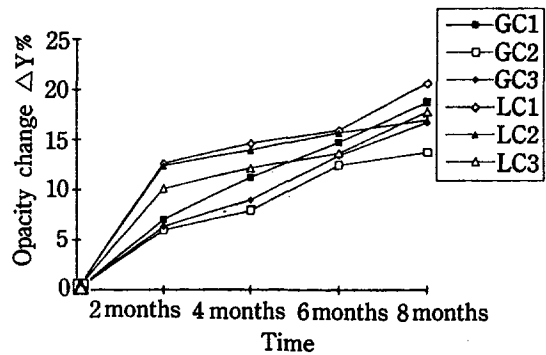


Fig. 2. Opacity change($\Delta Y\%$) of each group of glass-ionomer cements with increasing time after immersion in distilled water at 37°C

($p < 0.01$), 6개월과 8개월후의 불투명도 변화량은 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우 화학경

화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트 사이에 유의한 차이가 없었으나 표면 처리를 하지 않은 경우와 바니쉬를 도포한 경우 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 유의하게 적었다($p < 0.01$).

상기 결과를 종합하여 보면 불투명도와 불투명도 변화량은 모든 군에서 시간의 경과에 따라 증가하였다(Fig. 2).

IV. 총괄 및 고찰

치과용 수복 재료는 자연치와 유사한 색상과 투명도를 가져야 함은 주지의 사실이다. 실제 임상에서 처음 선택된 색상과 투명도를 장기간 계속 유지한다는 것은 어렵고 기술적으로 해결해야 하는 문제중의 하나이다²²⁾.

현재까지 보존영역에서 널리 사용하고 있는 심미성 수복 재료로 복합 레진과 글래스 아이오노머 시멘트가 있다. 글래스아이오노머 시멘트는 1972년 Wilson과 Kent^{23,24)}에 의해 소개되었으며, 규산염 시멘트(silicate cement)와 중합탄산염 시멘트(polycarboxylate cement)의 장점을 합쳐 놓은 시멘트로써²⁵⁾ 현재는 치정부 수복, 소와 열구의 충전, 치관부 축조, 와동의 이장, 구조물의 합착 등에 널리 사용되고 있다²⁶⁾. 최근 종래의 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경화 초기에 습기와 건조에 민감한 문제점을 극복하고 경화시간을 단축시키며 인성 및 마모저항성을 증진할 목적으로 광중합 레진을 혼합시킨 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트가 개발되어 이장용 및 수복용으로 이용되고 있는데²⁷⁾, 심미적인 수복을 위해 사용되는 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 물성에 대해서는 보고된 바가 적다.

Mount와 Makinson²⁸⁾은 글래스아이오노머 시멘트의 경화 반응은 분말과 용액을 혼합한 후 약 4분후에 초기 경화가 일어나며, 40-60분간 경화 과정이 진행되어 적어도 24시간 또는 그 이후에 이온의 교환이 일어나서 완전하게 시멘트가 경화된다고 보고하였다. 글래스아이오노머 시멘트는 완전히 경화가 되면 수분이 스며들지 않지만 경화되는 동안 수분에 노출되는 경우, 시멘트를 형성하는 이온인 calcium과 aluminum이 상실되어 시멘트의 표면에 착색이 쉽게 발생하고, 마모저항성이 낮아지며, 치태 형성이 용

이해지고, 투명도를 상실하는 등의 좋지 못한 결과를 초래한다^{28,29)}. 따라서 초기 경화가 일어나는 24시간 동안은 수분의 접촉을 막는 것이 중요하다고 하여 방습 바니쉬(vernish)가 가장 간단하고 효과적인 보호제 역할을 한다고 보고되어 있다²⁸⁾. 또한 Earl³⁰⁾은 일반적으로 임상에서 많이 사용되고 있는 De Tray, Ketac, Fuji 등의 바니쉬를 통법에 따라 도포한 후, 약 15초간 압축 공기로 건조시킨 경우에 만족스러운 수분 차단 효과를 나타낸다고 보고하였고, 점도가 매우 낮으며 무기질 필러를 함유하지 않은 가시광선 중합형 접착 레진을 시멘트 표면에 즉시 도포하는 것이 글래스아이오노머 시멘트의 표면을 보호하는데 가장 효과적이라고 보고하였다⁶⁾.

치과 수복재료의 색변화를 육안으로 평가(visual evaluation)할 때 ΔE^* 1.0과 3.3 수치는 매우 중요한 의미를 갖는다. Ruyter³⁰⁾은 ΔE^* 3.3은 허용 상한선(upper limit of acceptability)이며 ΔE^* 값이 1보다 크면 색의 변화를 인식할 수 있다고 보고했다. 또한 Gross와 Moser¹¹⁾은 ΔE^* 값이 0내지 2이면 색차이를 육안으로 인지할 수 없으나 2내지 3이면 겨우 인지할 수 있는 정도이고 3내지 8이면 보통 인지할 수 있으며 8이상이면 현저하게 인지할 수 있다고 보고했다. 본 실험에서는 처음 24시간후와 비교해 2개월후의 전체 색변화량(ΔE^*)이 GC1군과 LC3군을 제외한 나머지 모든 군에서 3.3이상을 나타냈으며 시간이 경과할수록 육안으로 인지할 수 있을 정도의 큰 색변화를 보였다. 또한 GC1군의 경우 2개월후에는 색변화가 적은 편이었으나 시간이 지남에 따라 GC2군과 GC3군보다 더욱 현저하게 변화하였다. 본 실험에서 모든 군의 Δa^* 와 Δb^* 값은 시간이 경과할수록 증가하여 적색과 황색 변화를 보였으며 전체 색변화량(ΔE^*) 역시 시간이 경과할수록 증가하여 변색 정도가 시간의 경과에 따라 심해짐을 알 수 있었다. 또한 처음 24시간후에 비해 8개월후의 전체 색변화량은 대조군(GC1, LC1)보다 바니쉬를 도포한 군(GC2, LC2)과 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군(GC3, LC3)에서 더 적었다($p < 0.01$). 이러한 변화는 초기 경화시간 동안 수분의 오염을 방지하는데 바니쉬나 가시광선 중합형 접착 레진이 어느 정도 효과를 나타냈음을 시사한다. 바니쉬로 도포한 군과 가시광선 중합형 접착 레진으로 도포한 군을 비교하면, 화학경화형 글래스아이오노

머 시멘트의 경우 4개월후에만 GC2군보다 GC3군에서 전체 색변화량이 적었고($p < 0.01$) 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 4개월후와 8개월후의 전체 색변화량이 LC2군보다 LC3군에서 적었다($p < 0.01$). 따라서 본 실험에 사용된 접착 레진이 바니쉬보다 색안정성에 더 효과적이라 할 수 없을 것으로 생각되는데, 이는 가시광선 중합형 접착 레진이나 glazing agent가 바니쉬보다 색안정성에 더 효과적이라는 Hotta등³⁾의 보고와는 상반된 결과이다. 그러나 Scotchbond 2의 접착 레진이 수분의 이동을 제한하는데 바니쉬와 유의한 차이가 없었 다는 Earl등⁶⁾의 보고에 비추어 볼 때 본 실험에 사용된 가시광선 중합형 접착 레진(Scotchbond 2)은 색변화에 있어서 바니쉬와 유의한 차이가 없을 것으로 사료된다. 또한 8개월후의 전체 색변화량은 대조군, 바니쉬로 도포한 군 및 가시광선 중합형 접착 레진으로 도포한 군 모두 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더 적었다($p < 0.01$). 따라서 임상적으로 색변화 측면에서 볼때 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트보다는 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트가 유리할 것으로 사료된다.

치과 수복 재료는 자연스러운 생활력을 지니기 위해서 적절한 투명도를 가져야 한다. 투명성은 치과 수복 재료의 깊이 에 대한 느낌을 부여하며 따라서 투명도가 낮아지면 재료가 탁하고 생기가 없어 보인다. 이러한 투명도는 반대의 개념인 불투명도를 측정함으로써 얻을 수 있다. 불투명도는 대조율(C)인데 얇은 disc 모양의 시편이 백색 배경판에 놓였을 때 반사된 빛(R_r)과 흑색 배경판에 놓였을 때 반사된 빛(R_0)의 비율($C_r = R_0/R_r$)로 정의된다^{8, 17, 18)}. 치과용 시멘트에서 불투명도 또는 대조율은 ADA 규격에 의해 1mm 두께의 원판 모양의 시편과 magnesium oxide 표면 반사율의 70%에 해당하는 백색 배경판을 사용하여 측정하고 이 값은 $C_{0.7}$ value로 표현된다. 이 때 0.7은 백색 배경판의 반사율이 70%임을 의미한다. 최적의 심미성을 위한 $C_{0.7}$ value는 0.35-0.55 사이이어야 한다고 보고되어 있다¹⁸⁾. 본 연구에서는 불투명도 변화 정도를 관찰하는데 목적을 두었으므로 1mm 두께의 시편과 88.51% 표면 반사율을 가진 백색 배경판을 사용하여 불투명도($Y\%$)를 산출하였다. 본 연구에서 불투명도는 시간이 경과할수록 증가하였고

따라서 투명도는 감소하였음을 의미한다. 처음 24 시간후와 비교했을 때 8개월후의 불투명도 변화량은 대조군(GC1, LC1)보다 바니쉬를 도포한 군(GC2, LC2)과 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군(GC3, LC3)에서 더 적었으며($p < 0.01$) 이는 바니쉬와 가시광선 중합형 접착 레진에 의한 방습 효과의 결과로 사료된다. 또한 글래스아이오노머 시멘트 표면으로 초기에 수분이 접촉되는 경우 불투명도가 증가하므로 이를 방지하기 위해 바니쉬의 도포가 필요할 것이라는 Asmussen⁴⁾의 연구와 유사한 결과이다. 바니쉬로 도포한 군과 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군을 비교하면, 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 2, 4, 6개월후의 불투명도 변화량은 GC2군과 GC3군 사이에 유의한 차이가 없었으나 8개월후에만 GC3군보다 GC2군에서 더 적었고 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우 2, 4, 6개월후의 불투명도 변화량은 LC2군보다 LC3군에서 더 적었으나 8개월후에는 LC2군과 LC3군 사이에 유의한 차이가 없었던 것으로 보아 더 오랜 시간이 경과시 어떤 결과를 초래할 지는 의문이다. 그러나 색안정성의 경우와 마찬가지로 본 실험에 사용된 가시광선 중합형 접착 레진과 바니쉬는 글래스아이오노머 시멘트의 불투명도 변화에 있어서 유의한 차이를 보이지 않을 것으로 생각된다. 또한 8개월후의 불투명도 변화량은 표면 처리를 하지 않은 경우와 바니쉬를 도포한 경우 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더 적었고($p < 0.01$), 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우 둘 사이에 유의한 차이가 없었다. 따라서 임상적으로 표면 처리를 하지 않은 경우와 바니쉬를 도포한 경우 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트가 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 투명도의 측면에서 유리할 것으로 사료된다. 불투명도의 변화 결과는 색안정성의 결과와 상이하게, 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더 크게 변화한 것으로 나타났는데 이는 성분과 조성의 차이 및 굴절률의 차이를 생각해 볼 수 있으며 이에 대한 원인 규명이 필요할 것으로 생각된다.

본 실험은 외부 요소를 배제한 채 단지 증류수에 저장시 내적요소에 의한 글래스아이오노머 시멘트의

변색과 투명도 변화를 관찰한 것이므로 실제 임상에서는 복합적인 여러 요소들에 의해 더욱 큰 변색과 투명도 변화가 초래될 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 구강내와 유사한 환경상태에서 여러가지 외부원인에 의해 발생하는 색변화 와 각 제품의 구성성분의 차이가 색안정성에 어떤 영향을 미치는가에 대한 연구가 시행되어 변색요인을 규명해야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

화학경화형 글래스아이오노머 시멘트와 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트를 각각 방습재를 도포하지 않은 대조군과 완전히 경화되기 전에 방습을 위해 바니쉬를 도포한 군 및 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군으로 분류하여, 37°C 증류수에 24시간, 2개월, 4개월, 6개월, 8개월간 보관한 후 분광색채측정기를 사용해 색의 특성 변화를 측정하고 전체 색변화량과 불투명도 변화량을 산출하여 변색과 투명도 변화를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 전체 색변화량(ΔE^*)은 시간이 경과할수록 증가하였다.
2. 8개월후의 전체 색변화량은 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더 적었고($p < 0.01$), 수분과 바로 접촉한 대조군보다 방습을 위해 바니쉬나 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군에서 더 적었다($p < 0.01$).
3. 모든 군에서 투명도는 시간의 경과에 따라 감소하였다.
4. 8개월후 불투명도 변화량($\Delta Y\%$)은 표면 처리를 하지 않은 경우와 바니쉬를 도포한 경우 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트보다 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더 적었으나($p < 0.01$) 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우에는 화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트 사이에 유의한 차이가 없었다.
5. 8개월후의 불투명도 변화량은 화학경화형과 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트 모두 대조군보다 바니쉬나 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 군에서 더 적었다($p < 0.01$).

이상의 결과는 본 연구에 사용된 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트와 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트에서 색변화와 불투명도는 시간의 경과에 따라 증가하였고, 8개월후 전체 색변화량과 불투명도 변화량은 표면 처리를 하지 않은 경우보다 방습을 위해 표면에 바니쉬나 가시광선 중합형 접착 레진을 도포한 경우에 더 적었음을 시사한다.

참고문헌

1. Smith DC : Composition and characteristics of glass ionomer cements. J Am Dent Assoc 120 : 20-22, 1990.
2. Knibbs PJ, Plant CG : An evaluation of a rapid setting glass ionomer cement in general dental practice. Aust Dent J 34 : 459-465, 1989.
3. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K : Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. Oper Dent 17 : 57-61, 1992.
4. Asmussen E : Opacity of glass-ionomer cements. Acta Odontol Scand 41 : 155-157, 1983.
5. Earl MSA, Hume WR, Mount GJ : Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass-ionomer cement surface. Aust Dent J 30 : 298-301, 1985.
6. Earl MSA, Mount GJ, Hume WR : The effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass ionomer cement surface. II Aust Dent J 34 : 326-329, 1989.
7. Ameye C, Lambrechts P, Vanherle G : Conventional and microfilled composite resins. Part I : Color stability and marginal adaptation. J Prosthet Dent 46 : 623-630, 1981.
8. Dennison JB, Powers JM, Koran A : Color of dental restorative resins. J Dent Res 57 : 557-562, 1978.
9. Um CM, Ruyter IE : Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence Int 22 : 377-386, 1991.
10. Hayashi H, Maejima K, Kezuka K, Ogushi K, Kono A, Fusayama T : In vitro study of discoloration.

- ration of composite resins. *J Prosthet Dent* 32 : 66-69, 1974.
11. Gross MD, Moser JB : A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J Oral Rehab* 4 : 311-322, 1977.
 12. Wozniak, Muller TP, Silverman R, Moser JB : Photographic assessment of colour changes in cold and heat-cure resins. *J Oral Rehab* 8 : 333-339, 1981.
 13. Caul HJ, Schoonover IC : The color stability of direct filling resins. *J Am Dent Assoc* 47 : 448-452, 1953.
 14. Seghi RR, Gritz MD, Kim J : Colorimetric changes in composites resulting from visible light initiated polymerization. *Dent Mater* 6(2) : 133-137, 1990.
 15. 김공주 : 색채과학. 제2판, 대광서림 : pp 18-103, 1986.
 16. 박도양 : 실용색채학, 서울, 반도출판사, pp 100-120, 1992.
 17. Crips S, Abel G, Wilson AD : The quantitative measurement of the opacity of aesthetic dental filling materials. *J Dent Res* 58(6) : 1585-1589, 1979.
 18. Wilson AD, McLean JW : Glass-ionomer cement. 1st ed., Chicago, Quintessence Co., pp 59, 73-76, 1988.
 19. Clark EB : Tooth color selection. *J Am Dent Assoc* 20 : 1065, 1933.
 20. 박해균, 정재현 : 한국인 자연치의 색에 대한 연구. *대한치과보철학회지* 26 : 185-196, 1988.
 21. Introduction Manual of HunterLab color-QUEST Sphere spectrophotometer. Hunter Associates laboratory Inc, Reston, 1989.
 22. 황인남, 오원만, 류선열 : 광중합 복합레진의 색안정성 및 투명도 변화에 관한 가속시험. *대한치과보존학회지* 18(1) : 215-226, 1993.
 23. Wilson AD, Kent BE : The glass ionomer cement. a new translucent dental filling material. *J Appl Chem Biotechnol* 21 : 313, 1971.
 24. Wilson AD, Kent BE : A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J* 132 : 133-135, 1972.
 25. Edward JS Jr : An update on glass ionomer cements. *Quintessence Int* 19 : 125-130, 1988.
 26. McLean JW : Status report on glass ionomer cements. *J Am Dent Assoc* 99 : 222-226, 1979.
 27. Mathis RS, Ferracane JL : Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent Mater* 5 : 355-358, 1989.
 28. Mount GJ, Makinson OF : Glass ionomer restorative cements : Clinical implications of the setting reaction. *Oper Dent* 7 : 134-141, 1982.
 29. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD : Glass ionomer cements. Chemistry of erosion. *J Dent Res* 55 : 1032-1041, 1976.
 30. Ruyter IE, Nilner K, Moller B : Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 3 : 246-251, 1987.