

두께에 따른 GI Cement의 색상 변화 및 각 Shade 내의 색상 변화 추이도

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

박기연 · 신동훈

Abstract

COLOR CHANGE WITH CEMENT THICKNESS AND COLOR SHIFT PATTERN OF EACH SHADE SERIES IN GI CEMENT

Ki-Yeon Park · Dong-Hoo Shin

Dept. of Conservative Dentistry Graduate School, Donkook University

Glass ionomer cements, which had been developed in 1972, were widely used as an agent for cementation, base, pit and fissure sealant, and esthetic filling material with the advantages of excellent biocompatibility, anti-cariogenic fluoride release.

Specimens were made to evaluate the color change of Glass ionomer cement with a newly developed improved Fuji II LC. Specimens for color change study with cement thickness of 1, 2, 3mm were made and those for the study of color shift pattern were made with the assumption that new mid-shade can be made by mixing of equal amount of both shades in 2mm thickness.

After 24 hours in a 37°C incubator, CIELAB color spaces were evaluated with a spectrophotometer.

The results were as follows :

1. All specimens discolored to dark and blue with an increased thickness in all shades ($p < 0.05$).
2. There were significant a^* space (red-green direction) changes in every A, B, C, D shade series except the relationship between 1mm and 2mm thickness groups in B shade series. But the changes were irregular, i.e., each shade series has its own pattern.
3. Each shade series showed its own specific color shift pattern in all L^* , a^* , b^* spaces.
4. B shade series showed less amount of changes in $\Delta_{\pm}E$ than those of A and C shade series ($p < 0.05$), but there was no significant difference in ΔE within each shade series.

I. 서 론

치과용 심미성 수복재는 크게 도재 수복물, 복합레진 수복물, 글라스 아이오노머 시멘트 수복물로 분류할 수 있으며 이중 글라스 아이오노머 시멘트는 1972년 Wilson과 Kent¹⁾에 의해 개발된 이래 여타 심미성 수복재에 비해 비교적 낮은 물성을 갖고 있으나 우수한 생체 친화성, 항우식성 불소 유리, 용이한 취급 등의 장점²⁾을 지녀 접착용, 이장용, 치면열구 전색용, 심미성 충전용으로 널리 사용되고 있으며 근래에는 복합레진 성분을 혼합시킴으로써 새로운 형태의 치과용 수복재로서 입지를 넓혀 가며 상당히 수복분야의 한 부분을 차지하고 있다.

이처럼 이상적인 수복재를 개발하기 위해서는 기계적 물성 등을 통한 기능회복은 물론 자연감 그대로 느낄 수 있도록 심미성을 고려해줘야만 한다. 그러나 심미성 부여를 위해서는 수복물의 배열, 형태, 대칭성, 균형성, 표면의 결, 투과성, 및 색상 등 다양한 면들을 재연해줘야 하는 데³⁾ 이중 특히 색상분야는 적절한 재료의 선택을 통해 재연해주고 있지만 상당히 주관적인 면을 갖고 있어 자연감 부여가 매우 어렵다.

색상인식은 빛에 조사된 후 사물에서 반사된 부분이 눈을 통해 시신경을 자극하면 대뇌에서 인식하게 되는 것으로 색상 인식⁴⁾에는 i) 광원, ii) 물체의 크기, iii) 배경색, iv) 관찰 방향, v) 관찰자라는 다양한 인자들이 작용하여 동일 색상이라도 다르게 느껴지는 문제가 있다. 또한 인식된 색상의 정확한 전달, 표현이 어렵다는 문제도 있다. 예를 들면 수복물의 제작의뢰가 필요한 경우 단순한 shade guide의 특정 색상들과 언어표현만으로는 색상의 정확한 전달이 어려워 원하는 수복물의 색상을 얻기가 어렵다는 점이다.

치의학의 수복분야에서 색상과 관련된 치료를 열거해 보면 치료전, 후의 표백효과 및 복합레진의 변색 여부를 비교하는 경우⁵⁻⁷⁾와 술자가 수복물의 색상을 결정하여 직접 수복하는 경우 및 기공소로 이를 전달하여 제작을 의뢰해야 하는 경우 등으로 나누어 생각해 볼 수 있겠다.

이러한 경우, 색상판정에 가장 많이 사용되고

있는 방법이 상품화되어 있는 shade guide를, 수복할 치아색과 육안으로 비교하여 색상을 결정하는 것이다. 이외에도 촬영된 사진을 이용하여 색상판정 및 전달에 이용하고 있지만 객관적이지 못하다는 결점을 안고 있다⁸⁾. 이를 보완하기 위해 custom shade guide⁹⁾를 제작하여 사용할 것을 추천하기도 하지만 이 역시 육안으로 색상을 판별해야 한다는 문제점을 여전히 안고 있다. 또한 일정 shade guide에 맞추어 제작된 제품들일지라도 제품마다 색상 차이가 확연히 난다는 문제도 있다¹⁰⁾.

이와 같은 육안 판별법에 따른 제반 문제점들을 해결하고자 색상을 정량화, 기호화, 수식화하려는 시도들이 이루어져 왔으며 현재 사용되고 있는 Munsell renotation color system, RGB color system, CIELAB system 등이 이러한 노력의 산물로 알려져 있다. 이중 CIELAB system¹¹⁾은 1931년 CIE (Commission Internationale d'Eclairage) 국제기구가 개발한 것을 1976년, 보다 발전시킨 양태로 L*, a*, b*라는 color space로 색상을 수치화할 수 있도록 한 것이다. L*은 명도, a*는 녹색-적색, b*는 청색-황색의 정도를 나타내준다.

또한 이처럼 색상의 수치화에 따른 실용성을 증대시키기 위해서는 색상 측정시 비과학적인 육안 비색법보다는 기계를 이용하는 것이 보다 바람직한데 이에선 색체계(Colorimeter)와 분광측색기(Spectrophotometer)가 사용되고 있다. 이중 분광측색기를 이용한 방법은 색차계에 비해 육안측정법과의 연계성이 떨어지지만 전 범위의 가시영역 파장에 걸쳐 파장에 따른 분광 반사율(spectral reflectance)과 분광 투과율(spectral transmittance)을 측정하여 절대 색상치를 얻을 수 있는, 보다 과학적인 기기로 본 실험의 색상측정에 사용하였다¹²⁾.

이러한 기계를 사용한 색상 측정법은 의학계^{13, 14)}에서는 피부과 등에서 많이 이용하고 있으며 치과학분야에서도 상기된 문제점들을 해결하고 객관적으로 색상을 판정하기 위해 다양한 연구¹⁵⁻¹⁸⁾가 이루어져 왔으며 임상 사용이 가능한 기기들^{19, 20)}도 최근 소개되고 있는 실정이다.

한편 수복물의 두께 변화에 따라 어느 정도

색상의 변화가 초래될 것¹⁰⁾이라는 사실은 확인하지만 이에 관한 연구가 태부족한 상태이며 인종 또는 사람마다 가지고 있는 색상을 기존 제품만으로 충족시키기에는 상당한 무리가 따를 것으로 보인다. 이에 기존 제품의 일부를 섞어 새로운 색상을 만들 경우 이들의 변화 양태가 일관성을 갖고 있는지도 의문시되고 있다.

이에 심미성 수복재인 글라스아이오노머 시멘트의 색상변화를 측정하고자 최근 개발된 개량형 Fuji II LC (GC사, Japan)를 이용하여 i) 각 색상마다 1mm, 2mm, 3mm의 두께에 따른 색상변화 측정용 시편과 ii) 각 색상을 동량으로 혼합한 것을 중간색으로 가정한 후 2mm 두께의 일정 shade내 색상변화 추이도 측정용 시편을 제작하였다. 이후 24시간 이상 37°C 배양기에 보관한 후 분광 광도계를 이용한 CIELAB 색상 측정을 통해 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

최근 개발된 광중합형 글라스아이오노머 시멘트인 GC사의 개량형 Fuji II LC로 색상은 A1, A2, A3, A4, B2, B3, B4, C2, C4, D2의 총 10가지를 사용하였다 (표 1).

표 1. 본 실험에 사용된 실험 재료

GI Cement (Manufacturer)	Shade	Batch No.
GC Fuji II LC (Improved type)	A1	271261
	A2	241061
	A3	241061
	A4	180271
	B2	170761
	B3	180761
	B4	251061
	C2	180861
	C4	251061
	D2	241061

* Powder was mixed with liquid(300861)

2. 실험 방법

1) 시편 제작

가) 두께에 따른 색상변화 측정용 시편제작

직경 10mm, 각기 두께 1mm, 2mm, 3mm의 mold를 제작하여 두텁고 편평한 유리판 위에 얽은 다음 각 색상의 글라스 아이오노머를 분액비 1 scoop : 1.5 drop으로 하여(제조사에서는 1 : 1의 비율을 추천하였으나 혼합 및 충전이 어려움) 2차에 나누어 30초간 혼합하였다. 이후 이를 mold내에 충전시키고 slide glass로 압박한 후 광조사기로 상부만을 30초간 광중합시킨 다음 분리하여 생리 식염수에 1 시간 보관하였다.

나) 각 shade내 색상변화 추이도 측정용 시편제작

보다 세밀한 추이도를 얻기 위해 각 색상의 사이색(중간색)을 임의로 정했으며, 이는 두가지 색상을 동량 혼합하여 얻었다. 예를 들면 A1과 A2를 동량으로 섞어 액체와 혼합한 것을 A1.5라 칭하였다. 가) 실험의 시편제작과 동일 방법으로 2mm 두께의 원통형 시편을 제작하고 생리 식염수에 1 시간 보관하였다.

2) 시편 처리 및 색상 측정

가) 시편 처리

생리 식염수에 보관되었던 시편을 꺼내어 사포(600, 800, 1,000번)로 상부면을 연마하였으며 이후 37°C 배양기에 24 시간 보관하였다.

나) 색상 측정

Paper towel를 이용하여 시편에 묻어 있는 수분을 제거하고 30분간 공기중에 노출시켜 건조시켰다. X : 90.19 Y : 92.16 Z : 108.26의 3 자극치를 가진 표준 백색판을 이용하여 분광측색기(Color and color difference meter, Model TC-6FX, TOKYO, DENSHOKU Co., LTD, Japan)를 교정한 다음 시편당 3회씩 CIELAB 색상을 측정하여 평균치를 측정 색상으로 정하였다.

3) 통계처리

두께에 따른 색상변화 실험의 각 구간 통계적 유의성은 ANOVA와 Post-Hoc test로는 95% 유의수준의 Scheffe test를 이용하였다. 각 shade내의 색상변화량간의 유의성은 Student t-test를 이용하였다.

III. 실험 성적

1. 두께에 따른 색상변화

각 시편의 측정 색상치는 표 2와 같으며 두께가 증가할수록 명도는 낮아지고 청색방향으로의 색상변화를 보였다(예를 들면 shade A2의 경우 명도가 59.1633 ± 1.3396 에서 52.5825 ± 1.7498 , 48.8622 ± 1.1588 로 어두워졌으며 b^* space는 3.0539 ± 1.3396 에서 1.6963 ± 1.7498 , 0.5378 ± 1.1588 로 변해 청색조가 짙어감을 볼 수 있다).

그러나 색상변화중 a^* space(녹색-적색)는 shade마다 일정치 않은 양태를 보였다. 즉 shade A 계열(그림 1, 2)과 B2(그림 4, 5)는 1mm 두께에서 2mm 두께로 증가함에 따라 녹색이 증가하다 3mm 시편에서는 적색조가 우월한 양

상을 보였다(예를 들면 shade A2의 경우 -0.1783 ± 0.1786 에서 -0.7650 ± 0.7113 , 0.7211 ± 0.5152 로 변하였으며 선형 그래프 그림 3에서 볼 수 있듯이 중간이 꺾인 모양을 보였다). 그러나 B3, B4(그림 6)와 shade C 계열, D2(그림 7, 8, 9)는 점진적으로 적색이 증가하는 양상을 보였다(예를 들면 shade C4의 경우 -0.5167 ± 0.3649 에서 0.4625 ± 0.3311 , 3.4310 ± 0.5520 로 변하였으며 선형 그래프에서 직선상의 변화를 보였다).

또한 두께에 따른 shade별 색상변화량의 통계적 유의성을 보면(표 4, 5, 6, 7) shade B 계열의 1mm와 2mm 두께간 a^* space(녹색-적색) 관계를 제외한 모든 색상의 두께 구간에 유의성이 있었다($p < 0.05$).

2. 각 shade내의 색상변화 추이도

측정 색상치는 표 3과 같으며 그림 10의 선형 그래프로 표시하였다. 모든 색상의 color spaces가 비례적인 관계를 보이지 않았다. A 계열의 명도변화 추이도를 보면 혼합된 중간색이 기본색에 비해 밝음을 보였고(A1.5 : 55.8740 ± 1.1052 , A2 : 52.8740 ± 1.7498 , A2.5 : 57.3935 ± 1.7113 , A3 : 52.9756 ± 1.6459 , A3.5 : 57.2486 ± 0.5781 , A4 : 51.0300 ± 1.6865) a^* space는 특별한 규칙없이 -2.1367 에서 -0.2502 까지 다양하게 나타났다. b^* space는 번호 증가에 따라 점차 황색방향으로 옮겨 감을 보였다. B 계열은 거의 균일한 밝기를 보였으며($56.3711 \rightarrow 55.0995 \rightarrow 56.0478 \rightarrow 55.1533 \rightarrow 53.4200$) a^* space는 A 계열과 같이 특별한 규칙없이 -3.1144 에서 -1.1578 까지 다양하게 나타났다. b^* space는 B2를 제외한 나머지 색상에서 번호 증가에 따라 점차 황색방향으로 옮겨 감을 보였다. C 계열에서는 C2(54.0190)와 C3(54.2460)가 거의 같은 정도의 밝기를 보였고 C4(50.5750)에서 어두워지는 양상을 보였다. a^* space는 번호 증가에 따라 녹색이 증가하다 적색이 많아지는 경향을 보였으며($-0.1180 \rightarrow -2.6525 \rightarrow 0.4625$) b^* space는 번호 증가에 따라 점차 청색방향으로 옮겨 감을 보였다(2.

표 2. 두께에 따른 색상변화: 각 군의 평균 색상 (CIELAB)

색상	두께	L*		a*		b*	
		평균	편차	평균	편차	평균	편차
A2	1mm	59.1633	1.3396	-0.1783	0.1786	3.0539	1.3396
	2mm	52.5825	1.7498	-0.7650	0.7113	1.6963	1.7498
	3mm	48.8622	1.1588	0.7211	0.5152	0.5378	1.1588
A3	1mm	60.0030	1.7349	-0.2245	0.3653	6.3250	1.7349
	2mm	52.9756	1.6459	-2.1367	0.6339	4.0833	1.6459
	3mm	49.0100	0.7114	1.7033	0.4141	2.8144	0.7114
A4	1mm	58.7933	1.7348	0.1822	0.4559	6.1528	1.7348
	2mm	51.0300	1.6865	-1.0020	0.5374	4.7620	1.6865
	3mm	48.6650	0.8039	2.700	0.5616	2.0510	0.8039
B2	1mm	60.1155	1.6109	-1.7430	0.2849	4.0175	1.6109
	2mm	56.9957	0.8345	-3.1243	0.6129	4.1014	0.8345
	3mm	54.3222	1.4875	2.1422	0.2407	0.7556	1.4875
B3	1mm	57.9378	0.9192	-1.7556	0.2709	5.6911	0.9192
	2mm	56.0478	1.3769	-1.6822	0.6063	3.8256	1.3769
	3mm	52.1940	1.0632	3.4180	0.2940	0.9030	1.6032
B4	1mm	57.7489	2.8699	-1.7589	0.7999	8.0550	2.8699
	2mm	53.4200	1.1415	-1.1578	0.5877	5.2244	1.1415
	3mm	51.0156	1.1880	-0.9567	0.4581	3.0678	1.1880
C2	1mm	59.8170	1.3899	-1.4085	0.3363	4.6470	1.3899
	2mm	54.0190	2.0047	-0.1180	0.2784	2.7400	2.0047
	3mm	48.9167	1.59633	2.3189	0.6704	0.3078	1.5993
C4	1mm	55.3739	1.1044	-0.5167	0.3649	3.6044	1.1044
	2mm	50.5750	3.0942	0.4625	0.3311	1.1713	3.0942
	3mm	47.3200	0.9015	3.4310	0.5520	-0.9440	0.9015
D2	1mm	59.9667	0.7509	-0.6217	0.2587	-0.3322	0.7509
	2mm	55.4238	2.4091	0.0550	0.3355	-1.6288	2.4091
	3mm	52.6370	1.4235	3.0030	0.6606	-3.5290	1.4235

7400 -> 2.5700 -> 1.1713).

각 색상사이의 변화량(ΔE)을 분석한 결과 모든 색상간의 차이가 2 이상의 수치를 보여 육안으로 판별 가능한 변화를 보였다 (그림 11). A4와 A3.5 사이의 변화량이 6.3262 ± 1.7955 로 가장 컸으며 B3와 B2.5 사이가 2.3832 ± 1.0164 ,

B3.5와 B3 사이가 2.9033 ± 1.3030 , B4와 B3.5 사이가 2.8792 ± 0.6785 로 적은 변화를 보여 통계적으로 유의한 차를 보였으며 B계열이 A, C계열에 비해 적은 변화량을 보였지만 ($p < 0.05$, 표 9) 각 색상계열내에서의 변화량간에는 유의한 차가 없었다 (표 8).

표 3. 각 shade내의 색상변화 추이도 : 각 군의 평균 색상 (CIELAB)

색상	L*		a*		b*	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차
A1.5	55.8740	1.1052	-0.4810	0.4123	0.2320	0.5182
A2	52.5825	1.7498	-1.7650	0.7113	1.6963	0.4169
A2.5	57.3935	1.7113	-1.0015	0.6248	3.1665	0.4867
A3	52.9756	1.6459	-2.1367	0.6339	4.0833	1.1434
A3.5	57.2486	0.5781	-0.2502	0.3114	3.8582	0.2231
A4	51.0300	1.6865	-1.0020	0.5374	4.7620	0.4481
B2	56.3711	1.7705	-3.1144	0.5364	4.3589	0.7453
B2.5	55.0995	1.3137	-1.6765	0.3806	2.6795	0.5733
B3	56.0478	1.3769	-1.6822	0.6063	3.8256	0.5842
B3.5	55.1533	0.8276	-2.4989	0.9122	5.0294	0.9157
B4	53.4200	1.1415	-1.1578	0.5877	5.2244	0.3117
C2	54.0190	2.0047	-0.1180	0.2784	2.7400	0.3792
C3	54.2460	2.9836	-2.6525	0.6448	2.5700	0.7492
C4	50.5750	3.0942	0.4625	0.3311	1.1713	0.3270

표 4. 두께에 따른 색상변화에 대한 통계분석; shade A

Groups	1mm	2mm	3mm	
1mm				* L* o a* x b*
2mm	* o x			
3mm	* o x	* o x		

*, o, x: significance at 95% level

표 5. 두께에 따른 색상변화에 대한 통계분석; shade B

Groups	1mm	2mm	3mm	
1mm				* L* o a* x b*
2mm	* x			
3mm	* o x	* o x		

*, o, x: significance at 95% level

표 6. 두께에 따른 색상변화에 대한 통계분석; shade C

Groups	1mm	2mm	3mm	* L* o a* x b*
1mm				
2mm	* o x			
3mm	* o x	* o x		

*, o, x: significance at 95% level

표 7. 두께에 따른 색상변화에 대한 통계분석; shade D

Groups	1mm	2mm	3mm	* L* o a* x b*
1mm				
2mm	* o x			
3mm	* o x	* o x		

*, o, x: significance at 95% level

표 8. 각 색상간 변화량 (ΔE) 및 통계분석

색 상	색상변화량(ΔE)		시 편 수
	평 균	편 차	
A2 - A1.5	3.9578	± 1.5746	10
A2.5 - A2	5.5598	± 1.8878	10
A3 - A2.5	4.8802	± 1.9931	10
A3.5 - A3	4.8642	± 1.4211	10
A4 - A3.5	6.3262	± 1.7955	10
B2.5 - B2	3.2311	± 1.3920	10
B3 - B2.5	2.3832	± 1.0164	10
B3.5 - B3	2.9033	± 1.3030	10
B4 - B3.5	2.8792	± 0.6785	10
C3 - C2	4.3696	± 1.7151	10
C4 - C3	5.3261	± 2.5587	10

—, =, — : no significance

* : Scheffe test with significance level .05

표 9. 색상계열간의 변화량에 대한 ANOVA test 결과

Groups	A	B	C
A : 5.1176			
B : 2.8492	*		
C : 4.8478		*	

IV. 총괄 및 고안

우수한 생체 친화성과 불소 유리에 의한 항우식성, 임상적으로 만족할만한 심미성등으로 널리 사용되고 있는 글라스 아이오노머를 비롯하여 복합레진 및 도재 수복물이 심미성 수복재로 사용되고 있다. 이중 글라스 아이오노머 시멘트는 1970년대초 개발¹⁾된 이래 많은 발전을 거듭해 왔으며 본 실험에 사용된 개량형 Fuji II LC는 기존 제품에 비해 분말 입자를 더욱 작게 만들어 마모 저항성을 높였으며 평활한 광택면을 얻을 수 있게 강화시킨 광중합형으로, 방사선 불투과성이 우수하여 술후 검색이 용이한 것으로 알려져 있다. 또한 색상이 Vita shade를 기준으로 A1, A2, A3, A3.5, A4, B2, B3, B4, C2, C4, D2의 총 11가지 형태로 개발되어 다양한 색상 선택이 가능하게 되었다는 측면도 있다.

이러한 심미성 수복치료의 성공여부는 자연감을 얼마나 잘 재연해 줄 수 있는가에 달려 있다. 즉 수복된 치아의 배열, 형태, 대칭성, 균형성, 표면의 결, 투과성, 및 색상 등 다양한 면들을 재연해주므로써 자연스럽게 보이도록 해야 하는 것이다³⁾. 그러나 이중 투과성과 색상분야는 심미성 재연에 가장 큰 영향을 미치지만 술자의 경험에 의거한 재료선택에 의해 좌우되어 매우 주관적으로 결정된다는 문제점이 있다.

또한 색상에 대한 정확한 평가와 전달이 어렵다는 것도 사실이다. 즉 평가시에는 주변여건에 따라, 관찰시의 광원, 물체의 크기, 배경색, 관찰 방향, 관찰자라는 다양한 인자들⁴⁾에 의해 동일 색상이라도 다르게 느껴지는 복잡한 양상을 띄고 있다. 예를 들면 같은 색상이라도 작은 물체에 비해 큰 물체가 더 밝고 생동감이 있게

보인다는 것이다. 또한 평가된 색상을 표현, 전달하는 데 있어 수식어를 이용한 언어표현만으로는 의미전달이 어렵다는 문제가 있다. 즉 같은 색상을 표현하더라도 사람에 따라 붉다, 빨강다, 선홍색이다 등의 다양한 표현이 가능하지만 이러한 표현만으로는 과연 어떠한 색상인지 정확한 의미 전달이 어렵다는 것이다.

색상이란 이와 같은 주관성을 띄고 있기 때문에 수복 치료시 수복물의 색상을 결정하는 과정에서 공통적인 색상개념을 얻고자 Vita Lumin shade guide (VitaZahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)와 같은 도구의 이용이 추천되고 있다. 그러나 이러한 guide를 이용하는 것도 다음과 같은 여러 가지 문제점을 안고 있다. 첫째, guide의 색상이 다양하지 못하며 비논리적으로 배열되어 있다^{15,21)}. 둘째, guide가 플라스틱으로 제작되어 있어 실제 수복물의 색상과 차이가 난다^{9,10,22,23)}. 셋째, 일반적으로 수복물의 두께인 2mm 미만보다 두터운 양태(4-5mm)로 되어 있어 수복물의 정확한 색상을 예측하기 어렵다¹⁰⁾. 넷째, 방법 자체가 다양한 요인들, 즉 치아의 형태, 구조, 및 광택 등에 따라 다른 결과를 보일 정도로 술자간/술자내에서도 일관성이 없다는 문제점을 갖고 있다는 것이다²⁴⁾. 이에 Wieder²⁵⁾는 상품화된 guide보다 실제 수복재를 이용하여 만든 custom shade guide가 보다 우수하다 하였으나 이 역시 육안판별에 따른 신뢰도가 낮다는 단점이 있다.

이와 같은 여러 문제들을 해결하기 위해서는 색상을 보다 과학적으로 수량화, 수식화 및 정량화해야 할 필요성을 갖게 된 것이다. 즉 길이를 자로 재고 무게를 저울로 달아 수치화하는 것과 같은 것이다. 이러한 노력 결과 Munsell renotation color system, RGB color system, CIELAB system 등이 색상표현에 이용되고 있다. 이중

CIELAB system¹¹⁾은 1931년 CIE (Commission Internationale d'Eclairage) 국제기구가 개발한 것을 1976년, 보다 발전시켜 L*, a*, b*라는 color space로 색상을 수치화한 것으로 치과학에서 가장 널리 사용되고 있다. L*은 밝기의 정도를 0에서 100까지 나누어 표시한 명도이며, 색상과 채도를 나타내는 색도인 a*는 녹색-적색, b*는 청색-황색의 정도를 의미하는 것으로 각기 -60에서 60까지의 범위로 나타난다. 즉 a*가 +면 적색, -면 녹색, b*가 +면 황색, -면 청색이 강한 것을 의미하며 이러한 색상표현 방법은 삼차원 좌표계에서의 상호관계를 사람의 색감각에 가까운 균등지각 색공간으로 나타낼 수 있다.

한편 색상 측정법으로는 육안 비색법과 기계적 측색법이 있다. 육안 비색법은 조명이나 배경 등의 환경조건이나 인적 조건에 좌우되어 신뢰성이 낮은 것에 비해, 기계적 측색법은 수치화된 인간의 색감각인 적[x(λ)], 녹[y(λ)], 청[z(λ)]의 3개 분광감각에 대응하는 X, Y, Z의 삼자극치를 계측하여 사물의 색상을 평가하는 방법이다. 이러한 계측에는 색채계(Colorimeter)와 분광측색기(Spectrophotometer)가 사용되고 있다. 이중 색채계는 사물에서 반사된 빛을 적색, 녹색, 청색의 3개 필터를 통해 색상을 분석하므로 육안측정과 유사하고 장비가 작아 이동이 간편하고 측정이 용이하며 비교적 경제적이란 장점이 있지만 측정치의 적절한 보정이 필요하다는 문제를 안고 있다. 반면 분광계측기는 전범위의 가시영역 파장에 걸쳐 파장에 따른 분광 반사율(spectral reflectance), 분광투과율(spectral transmittance)을 측정하여 절대 색상치를 얻을 수 있는 보다 과학적인 기기로서 조건동색(metamerism)을 검증할 수 있다는 잇점이 있다. 이와 같은 기기를 이용한 색상 측정의 정확도는 그림 1, 4, 7의 box plot에서 보여주는 것처럼 측정치의 분포도가 매우 좁은 범위내에서만 이루어짐을 봄으로써 추론할 수 있다. 그러나 장비가 대형이고 값이 매우 비싸다는 단점이 있으며⁶⁾ 색상이 수치로 표현되므로 쉽게 이해되기 어렵다는 문제가 있다. 이와 관련하여 Van der Burgt 등¹⁵⁾은 기계측색법을 이용한 치아색상 측정시, 측정된

결과가 임상적으로 관련이 깊어야 한다는 사실을 지적하였다. 즉 임상적으로 사용하고 있는 육안비색법과 관계가 깊어야 한다는 것이다.

이러한 기계적 측색법은 의학계^{13, 14)}에서도 피부과 등에서 많이 이용하고 있으며 치과학 분야에서도 상기된 문제점들을 해결하고 객관적인 색상판정을 위해 많은 연구가 이루어져 왔으며 특히 표백술과 수복물의 색상변화에 관한 연구가 많았다. 즉 이러한 L*, a*, b*수치를 이용하여 두 색상간의 변화량 또는 판별역치(ΔE)를 산출해낼 수 있는데 이를 이용하여 수복물의 변색여부 및 표백효과 등의 판별에 사용하고 있는 것이다. Monaghan 등은 30% 과산화수소수를 이용한 생활치 표백술²⁶⁾에 의해서는 복합레진의 색상이 밝아지지만 home bleaching²⁷⁾에 의해서는 ΔE가 2 이하로 큰 차이가 없다 한 바 있으며 Rosentiel 등⁵⁾은 산부식후 35% 과산화수소로 생활치 표백술을 시행한 결과 ΔE가 3.82로 가시적인 변화를 보였다고 하였다. Hosoya와 Goto²⁷⁾는 인공타액에 의한 1년후 복합레진의 색상변화량이 2.5 이상이라 하였다. 한편 치아 및 수복물의 색상을 임상적으로 측정하기 위한 기기들^{19, 20)}도 최근 소개되고 있다.

그러나 육안판별이 가능한 수치에 대해서는 다양한 보고가 있다. Kuehni와 Marcus²⁸⁾는 ΔE가 1보다 작으면 육안으로 차이가 나지 않는다고 하였으며 Johnston과 Kao²⁹⁾는 ΔE가 1보다 작으면 수복물의 색상이 치아와 뛰어난 조화를 이루며 2보다 작으면 약간의 색차이는 있지만 임상적으로 별반 문제가 되지 않는 반면, 3.7 이상인 경우에는 육안판별이 가능할 정도여서 문제가 된다고 하였고 실제 구강내에서 복합레진과 치질과의 색상 차이가 나는 경우의 ΔE 평균을 측정한 결과 6.8±2.7로 높은 수치를 보고한 바 있다. 또 Seghi 등³⁰⁾은 도재 수복체에 대해 이상적인 조건하에서 측정된 ΔE가 2보다 크면 대부분의 관찰자에 의해 쉽게 판별되지만 1보다 작은 경우에는 식별이 어렵다 하였고 실제 임상에서는 색상에 대한 분별력이 더욱 부정확해진다고 한 바 있다. 이외에도 Monaghan 등⁷⁾은 1 내지 2 수치의 색상변화는 육안판별시

차이가 나지 않는다 하였고 Ruyter 등³¹⁾은 수복물로서의 의미를 가질 수 있는 ΔE 의 상한선이 3.3이라 하였다. 이에 반해 Goldstein과 Schmitt¹⁶⁾는 고도로 혼란된 경우 매우 낮은 수치에서 즉 DE가 0.4 이상이면 색변화를 식별할 수 있다고 보고한 바 있다.

이처럼 다양하게 보고된 수치중 많이 언급된 수치인 2를 기준으로 판단해보면 본 실험의 각 shade 계열내의 색상변화량의 경우 2.3832 ± 1.0164 에서 6.3262 ± 1.7955 로서 모든 색변화가 2 이상의 수치를 보여 육안판별이 가능함을 알 수 있었다 (그림 11). 또한 통계적 유의성 검정 결과 B계열이 A, C계열에 비해 적은 변화량을 보였다 ($p < 0.05$, 표 9). 즉 분말을 혼합하여 중간색을 만들 경우 색변화가 B계열이 가장 적었다는 것을 의미한다. 그러나 동일 색상 계열내에서의 변화량간에는 유의한 차가 없어 양적인 면만을 보면 비슷하다고 할 수 있다 (표 8).

한편 수복물의 두께 변화에 따라 색상이 변한다는¹⁰⁾ 보고도 있지만 이에 관한 연구가 매우 부족한 상태이다. 본 실험 결과 예상했던 대로 수복물의 두께가 증가할수록 표면으로의 반사광량이 줄어 들어 명도가 감소한 양태를 볼 수 있었다. 또한 황색이 줄고 청색이 늘어나는 일관된 경향을 보였다. 반면 적색-녹색 방향의 색변화는 각 색상마다 일정치 않은 양태를 보였다. 즉 A 계열 (그림 1, 2)과 B2 (그림 4, 5)는 녹색이 증가하다 적색이 많아지는 양상을 보였으며 B3, B4 (그림 6)와 C, D 계열은 점진적으로 적색이 증가하는 양상을 보였다. 이는 제품 제조시 체계적인 색상개념의 부족에서 비롯된 결과가 아닌가 사료된다.

이와 같은 체계적인 색상개념의 부족에 대한 예로서 제조회사들에서는 Vita shade에 준하여 수복재를 제조했다 하지만 O'Brien 등³²⁾은 복합레진의 색상이 실제 shade guide에 비해 채도가 낮으며 황색이 덜하다고 한 바 있으며 더군다나 같은 색상의 수복재일지라도 제조회사에 따라 ΔE 가 2.07에서 7.64까지 크게 차이가 난다는 보고¹⁰⁾도 있다. 본 실험에서도 이와 같은 불규칙 변화를 볼 수 있었는데 이는 앞서 언급한

두께에 따른 색상변화중 a^* (적색-녹색방향)의 변화가 불규칙했다는 것과 각 shade내의 색상 변화 추이도로 알 수 있다(표 3, 그림 10). 즉 명도변화 추이도의 경우 A 계열에서는 혼합된 중간색이 기본색에 비해 밝았으나 B 계열은 거의 균일한 밝기를 보였고 C 계열에서는 C2와 C3가 거의 같은 밝기를 보였으나 C4에서 어두워졌다. a^* space는 A, B 계열의 경우 불규칙하게 변했으나 C 계열은 번호 증가에 따라 녹색이 증가하다 적색이 많아지는 경향을 보였다. 이에 비해 b^* space는 B2를 제외한 나머지 계열 및 색상에서 번호 증가에 따라 점차 황색방향으로 옮겨 감을 보여 전반적인 색상 변화가 매우 불규칙했음을 알 수 있었다.

본 실험의 목적은 현재 임상에서 사용하고 있는 일부 심미성 수복재의 색상 변화가 규칙성을 갖고 있는지의 여부를 판별하여 기존 제품이 안고 있는 색상의 한계를 극복하여 인종, 사람마다 다른 색상을 정확하게 재현해 주므로써 보다 증진된 심미성을 부여해 주기 위해 시행하였으나 색상변화가 불규칙한 면을 관찰함으로써 현 상황의 한계를 인식할 수 있었다. 이에 보다 체계적인 색상변화가 가능하도록 색상에 대한 지속적인 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

1972년 Wilson과 Kent에 의해 개발된 글라스아이오노머 시멘트는 우수한 생체 친화성, 항우식성 불소 유리 등의 장점으로 접착용, 이장용, 치면열구 전색용, 심미성 충전용으로 널리 사용되고 있다.

심미성 수복재인 글라스아이오노머 시멘트의 색상변화를 측정하고자 최근 개발된 개량형 Fuji II LC를 이용하여 i) 각 색상마다 1mm, 2mm, 3mm의 두께에 따른 색상변화 측정용 시편과 ii) 각 색상을 동량으로 혼합한 것을 중간색으로 가정한 후 2mm 두께의 일정 shade내 색상변화 추이도 측정용 시편을 제작하여 24시간 이상 37°C 배양기에 보관한 후 분광측색계를 이용한 CIELAB 색상 측정을 통해 다음과 같은 결론을

얻었다.

1. 모든 shade에서 두께가 증가할수록 명도가 낮아지고 청색이 증가하는 양상을 보였다 ($p < 0.05$).
2. Shade B 계열의 1mm와 2mm 두께간의 관계를 제외한 A, B, C, D계열에서 모든 두께간 유의성있는 ($p < 0.05$) a^* space (적색-녹색방향)의 변화를 보였으나 색상에 따라 불규칙한 양상을 보였다.
3. 각 색상계열마다 L^* , a^* , b^* 모두 다른 양상의, 불규칙한 색상변화 추이도를 보였다.
4. 색상간 변화량(ΔE)의 경우 B계열이 A, C 계열에 비해 적은 변화를 보였으나 ($p < 0.05$), 각 색상계열내에서의 변화량간에는 유의한 차가 없었다.

이상의 결과로 볼 때 보다 규칙적인 색상변화가 예측가능하도록 제조회사측에서 새로운 색상개념을 갖고 이에 대한 지속적인 연구, 개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. *Br Dent J.* 1972 ; 132 : 133-135.
2. McCabe JF, Jones PA, Wilson HJ. Some properties of a glass ionomer cement. *Br Dent J.* 1979 ; 146 : 279-281.
3. Heymann HO, Sockwell CL, Haywood VB. Additional conservative esthetic procedures in the Art and Science of operative dentistry. ed 3, Mosby. 1995 : 628-633.
4. Swepston JH. Esthetic matching. *J Prosthet Dent.* 1985 ; 54 : 623-625.
5. Rosenstiel SF, Gegauff AG, Johnston WM. Duration of tooth color change after bleaching. *J Am Dent Assoc.* 1991 Apr ; 122 (4) : 54-59.
6. Nakamura T, Nakajima H, Salimee P, Hino T, Maruyama T. Effect of bleaching on vital discoloured teeth-a colorimetric evaluation in three patients. *Asian J Aesthet Dent.* 1993 Jan ; 1(1) : 25-28.
7. Monaghan P, Lim E, Lautenschlager E. Effects of home bleaching preparations on composite resin color. *J Prosthet Dent.* 1992 ; 68(4) : 575-578.
8. Groh CL, O'Brien WJ, Boenke-KM. Differences in color between fired porcelain and shade guides. *Int J Prosthodont.* 1992 Nov-Dec ; 5(6) : 510-514.
9. Hosoya Y, Goto G. Color differences between light-cured composite resin made shade guides and manufactured shade guides. *Shikwa-Gakuho.* 1990 Aug ; 90(8) : 1077-1087.
10. Swift EJ Jr, Hammel SA, Lund PS. Colorimetric evaluation of vita shade resin composites. *Int J Prosthodont.* 1994 Jul-Aug ; 7(4) : 356-361.
11. CIE. Recommendations on uniform color spaces. Color difference equations. Psychometric color terms. supplement No. 2 to CIE publication No. 15 (E-13.1)1971/(TC-1.3), Paris : Bureau Central de la CIE. 1978.
12. 池田光男. 色彩計, 色彩工學の基礎. 1980 : 92-109.
13. Trujillo O, Vanezis P, Cermignani M. Photometric assessment of skin colour and lightness using a tristimulus colorimeter : reliability of inter and intra-investigator observations in healthy adult volunteers. *Forensic Sci Int.* 1996 Jul 31 ; 81(1) : 1-10.
14. Andreassi L, Flori L. Practical applications of cutaneous colorimetry. *Clin Dermatol.* 1995 Jul-Aug ; 13(4) : 369-373.
15. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent.* 1990

Feb ; 63(2) : 155-162.

16. Ishikawa Nagai S, Sato R, Furukawa K, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 1 : Application of CCM to the opaque layer. *Int J Prosthodont*. 1992 Nov-Dec ; 5(6) : 495-502.
17. Ishikawa Nagai S, Sato RR, Shiraishi A, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3 : A newly developed spectrophotometer designed for clinical application. *Int J Prosthodont*. 1994 Jan-Feb ; 7(1) : 50-55.
18. Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *J Prosthet Dent*. 1993 Jun ; 69(6) : 616-619.
19. Dondi dall'Orologio G, Lorenzi R, Monaco C. Analysis of color differences between composite resins with a new spectrophotometer. *personal communication*. 1997.
20. Yamamoto M. Proposition of the new shade taking system and computer color search system using colorimeter and new porcelain. *J for Dental Technicians and Prosthodontists*. 1997 ; 22(2) : 30-56.
21. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II : practical applications for the organization of color. *J Prosthet Dent*. 1973 ; 29 : 556-566.
22. Barghi N, Pedrero JAF, Bosch RR. Effects of batch variation on shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*. 1985 ; 54 : 625-627.
23. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*. 1986 ; 56 : 35-40.
24. O'Neal SJ, Powell WD. Color discrimination and shade matching ability of third year dental students. [Abstract] *J-Dent-Res* 1984 ; 63 : 174.
25. Wieder S. Custom shade guide system for composite resins. *J Esthet Dent*. 1990 Jan-Feb ; 2(1) : 10-12.
26. Monaghan P, Trowbridge T, Lautenschlager E. Composite resin color change after vital tooth bleaching. *J Prosthet Dent*. 1992 Jun ; 67(6) : 778-781.
27. Hosoya Y, Goto G. Color changes of light-cured composite resins. *J Clin Pediatr Dent*. 1992 Summer ; 16(4) : 247-252.
28. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color* 1979 ; 4 : 83-91.
29. Johnston WN, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*. 1989 ; 68 : 819-822.
30. 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.
31. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater*. 1987 ; 3 : 246-251.
32. O'Brien WJ, Boenke KM, Groh CL. Coverage errors of shade guides. *J Prosthet Dent*. 1990 ; 64 : 425-431.

논문 그림 부도 설명

- 그림 1. 두께에 따른 색상변화: shade A의 box plot
- 그림 2. 두께에 따른 색상변화: shade A의 평균 색상 막대 그래프
- 그림 3. 두께에 따른 색상변화: shade A의 평균 색상 선형 그래프
- 그림 4. 두께에 따른 색상변화: shade B의 box plot
- 그림 5. 두께에 따른 색상변화: shade B의 평균 색상 막대 그래프
- 그림 6. 두께에 따른 색상변화: shade B의 평균 색상 선형 그래프
- 그림 7. 두께에 따른 색상변화: shade C, D의 box plot
- 그림 8. 두께에 따른 색상변화: shade C, D의 평균 색상 막대 그래프
- 그림 9. 두께에 따른 색상변화: shade C, D의 평균 색상 선형 그래프
- 그림 10. 각 shade내의 색상변화 추이도, 선형 그래프
- 그림 11. 각 색상간 변화량 (ΔE), 막대 그래프

논문그림부도

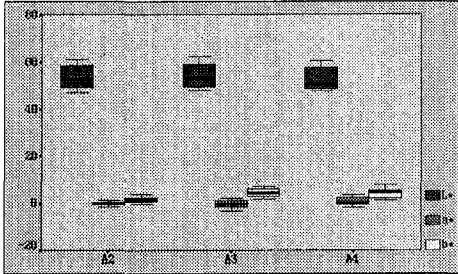


그림 1.

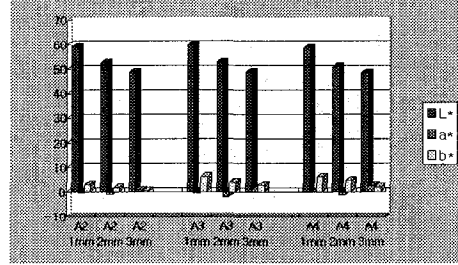


그림 2

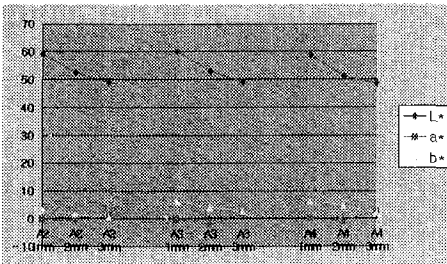


그림 3

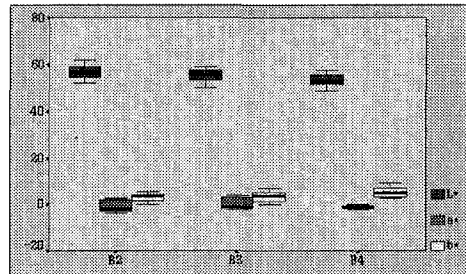


그림 4

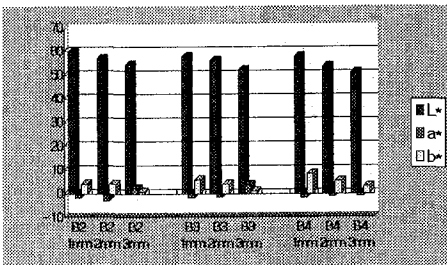


그림 5

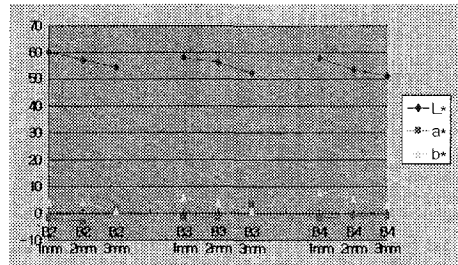


그림 6

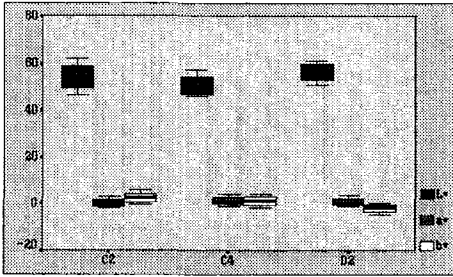


그림 7

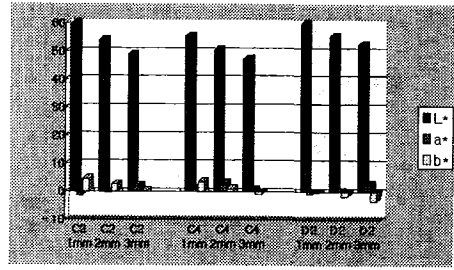


그림 8

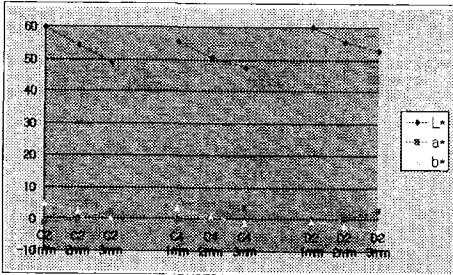


그림 9

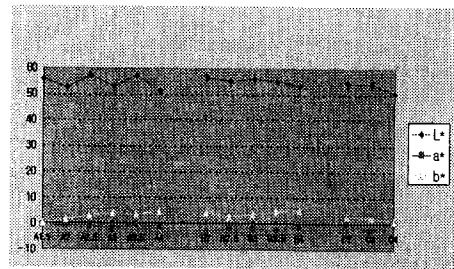


그림 10

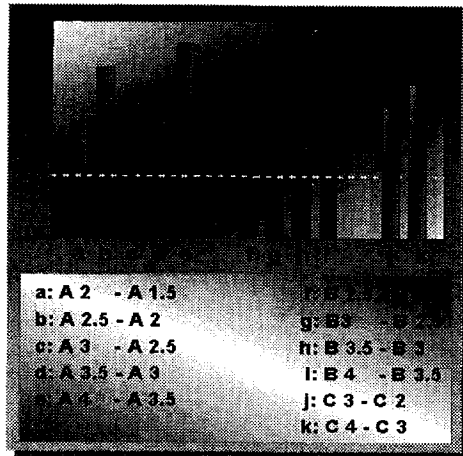


그림 11