광중합형 복합레진과 콤포머의 두께와 배경색에 따른 색변화

임주환 · 한진순 · 이수종 · 임미경
원광대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

THE COLOR CHANGE OF VISIBLE LIGHT-CURED COMPOSITE RESINS AND COMPOMERS ACCORDING TO THE THICKNESS AND BACKGROUND COLOR

Ju-Hwan Im, Jin-Sun Han, Su-Jong Lee, Mi-Kyung Im
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

The color of an esthetic restorative material is controlled primarily by thickness of the material and background color. Although the effects of the two factors on the color coordinates of esthetic dental materials have been reported, the mechanism has not been clarified well enough to explain the effects quantitatively.

The purpose of this study was to evaluate the effect of thickness and background color on the color of tooth colored restorative materials quantitatively.

One hundred sixty samples were fabricated from two commercial light-cured composite resins and two commercial compomers.

The color characteristics and changes in the color coordinates were measured by a tristimulus colorimeter (Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co. Japan) using the CIELAB system.

The results were as follows:

1. As thickness increased from 1.0 to 4.0mm, values of L^* a^* b^* changed irregulary for white and dentin color background, but showed no obvious difference in color for black background.
2. The colors of composite resins and compomers were significantly influenced by background color.
3. The color difference was recognized even the same shade name in four representative kinds of composite resins and compomers.
4. As thickness changed, values of color difference for same products and same background color showed constancy, but showed difference for different background color.

Key words : Light-cured composite resins, Compomers, Color change, Background color

Ⅰ. 서 론

최근들어 보다 자연치와 유사한 수복물에 대한 욕구가 증가됨에 따라 치과의사들은 치아의 적절한 기능 뿐만 아니라 심미성까지 고려하게 되었다. 이것은 수복작업이 자연치와 주위의 구강환경내에서 조화롭게 인식될 수 있는 형태와 색의 치아를 재현해야 한다는 것을 의미한다[1]. 따라서 색, 투명도와 같은 광학적 특성들이 심미수복재료의 연구와 발전에 있어서 중요한 고려사항이 되고 있다[2]. 그 결과로 새로운 심미수복재료들이 개발되어 자연치질의 모습을 재현할 수 있는 잠재력을 증진시켰다. 전통적인 심미수복재료로는 치색의 복합레진과 글라스아이오노머 시멘트가 있었지만 글라스아이오노머는 여러 장점에도 불구하고 조작이 어렵고, 색조가 다양하지 않으며, 파절강도가 낮아 복합레진에 비해 그 사용이 제한되었다[3-4]. 그러나, 최근 들어 기존의 글라스아이오노머 시멘트의 단점을 극복하기 위한 여러 가지 시도

가 있어왔고 그 결과로 레진강화형 글라스아이오노머가 개발되었으며 최근에는 물성과 심미성이 더욱 개선된 콤포머가 소개되었다[5].

콤포머를 포함한 심미수복재를 사용한 수복시 가장 중요한 과정은 색상의 선택이지만 이용할 수 있는 불투명재와 색조의 수가 증가함에도 불구하고, 여러 가지 요인에 의해 색이 다르게 나타나거나 인지될 수 있기 때문에 적절한 색상의 선택은 매우 어렵다. 실제 색의 차이를 유발하는 빛의 흡수와 반사도는 수복재의 구성성분에 따라 서로 다르게 나타나며 현재 색상을 선택하는데 주로 사용되는 shade guide의 부정확성도 큰 역할을 차지하고 있다. Swift 등[6]은 3종의 Vita shade 복합레진간의 색차를 측정 비교하여 동일한 색조에서도 실험실조건하에서 관찰될 수 있을 정도의 색차가 나타났다고 보고하였다. Shade guide의 정확성에 있어 Yap 등[7]은 5종의 심미재료에 제공된 shade guide와 Vita shade tab의 색상이 일치하는 정도를 육안으로 관찰, 비교하였으며 Kim 등[8]은 shade guide와 중합된 복합레진의 색을 비교, 측정하여 각 재료들간의 육안적으로 식별할 수 있는 색차가 나타났다고 보고하였다. 이와 같은 사항들 외에도 수복재의 두께와 배경색이 수복물의 색에 영향을 미친다는 보고가 있어왔다[9,10].

Powers 등[9]은 5종의 복합레진의 색에 있어서 레진의 두께 및 배경색이 미치는 영향에 대해 보고하였고 Hotta 등[10]은 5종의 광중합형 복합레진을 대상으로 시편의 두께 및 배경색이 측정한 수복물의 색에 미치는 영향에 대한 연구를 시행하였다. 이들의 연구는 shade guide와 색조가 일치한다고 할지라도 재료의 적층두께와 배경색에 따라 수복물의 색이 변화한다는 것을 보여주었으며 이는 심미수복재료의 임상적 적용시 재료의 두께와 하부의 바탕색을 고려하여야 한다는 것을 의미한다. 그러나 이에 대한 연구는 그 수가 적었고 특히 최근에 개발되었거나 현재 많이 사용되는 심미수복재에 대한 연구는 미비한 상태이다.

치아와 심미수복재의 색을 측정하는 방법은 육안으로 shade guide나 color chart를 이용한 시각적 관찰과 측색색차계나 분광광도계를 이용한 기계적 측정방법 등이 있으며 이중 기계적인 측정방법은 객관적인 색의 평가가 가능하기 때문에 치과연구에 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 기계적 측정방법을 사용하여 국내에서 시판중인 광중합복합레진 2종과 콤포머수복재 2종, 모두 4종의 심미수복재를 이용하여 수복재의 두께 및 배경색이 수복물의 색에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

국내에서 시판되고 있는 2종의 광중합레진 및 2종의 콤포머를 사용하였다. 광중합레진으로는 Z-100(3M Co, U.S.A.), Palfique Estelite(Tokuyama Co, Japan), 콤포머로는 F-2000(3M Co, U.S.A.), Dyract AP(Dentsply Co, U.S.A.)로 시편을 제작하였다. Shade는 일반적으로 많이 사용되는 A3를 선택하였다(Table 1).

2. 시편의 제작

각 재료당 1, 2, 3, 4mm의 두께로 10개씩 총 160개의 시편을 제작하였다. 시편의 제작을 위해 각각 내경 3cm, 두께 1, 2, 3, 4mm인 금속주형을 제작하였다. 모든 재료는 기포가 함입되지 않도록 조심스럽게 금속주형내로 충전한 후 두께 1mm의 슬라이드글라스를 이용하여 금속주형의 양쪽에서 압착하여 과량의 재료를 제거하였다. 시편의 직경이 커서 한면을 4부위로 나누어서 각 40초씩 가시광선중합기(Visilux Ⅱ, 3M Co, U.S.A.)를 이용하여 광중합하였으며 3, 4mm의 시편은 양측으로 동일하게 광중합을 시행하였다. 가시광선중합기는 미리 광도측정기(Curing radiometer, Demetron Co, U.S.A.)를 이용하여 검사하였다. 각 제작된 시편들은 사용된 재료에 따라 다음과 같이 분류하였으며 표면이 오염되지 않도록 레진보관용기에 옮긴후 실온에 보관하였다.

1군 : Z-100
2군 : Estelite
3군 : F-2000
4군 : Dyract AP

3. 색측정

색측정에는 감지부의 직경이 3mm인 측색색차계(Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co, Japan)를 이용하였다.

Table 1. Materials used in the study

Type	Product	Shade	Batch No.	Manufacturer
Composite resin	Z-100	A3	5904A3	3M
	Estelite	A3(U)	19589	Tokuyama Corp.
Compomer	F-2000	A3	2020A3	3M
	Dyract AP	A3	106452/0	Dentsply

측색색차계는 XYZ filter방식의 CIE 표준 C광원(A, representative of incandescent electric lamp : B, representative of direct noon sunlight : C, representative of overcast whole sky illumination)을 이용하였으며, 측정방식은 2광로 교조 측광 방식에 의한 적분식 0~45법이었다[11].

색채측정을 위해 영점조정을 시행한 후 표준백색판으로 표준조정을 시행하였다. 영점조정과 표준조정이 끝난후 백색판과 흑색판, 그리고 상아질 색조의 배경으로는 Ips-Empress 를 이용하여 제작한 도재판을 배경으로 색상을 측정하였다. 1회측정시마다 3회의 색채를 측정하여 평균을 구하는 방식으로 측정하였다.

컴퓨터프로그램을 이용하여 색좌표공간인 L*, a*, b*값 및 △E*(색변화량)을 구했는데, 색공간에서 두점사이의 대수적인 거리를 의미하는 색변화량 △E*는 다음과 같은 공식으로 계산된다.

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

4. 통계처리

얻어진 자료는 통계처리 프로그램인 SPSS 9.0 for Windows 의 one-way ANOVA를 이용하여 통계처리 하였으며 사후검정을 위해 Scheffe test를 시행하였다 ($p=0.05$).

Ⅲ. 연구결과

두께 및 배경색의 종류에 따라 중합된 복합레진 및 콤포머 시편의 색좌표 L*, a*, b* 값과 색차 △E*의 수치는 Table 2, 3, 4, 5 와 같다.

Table 2는 백색배경에서의 색좌표 L*, a*, b* 값으로 L* 값의 경우, 1군과 2군에서는 약간 수치가 감소하였지만, 3군과 4군에서는 일정한 양상이 나타나지 않았다. a* 값의 경우 두께가 증가함에 따라 1, 2군에서는 수치가 감소하였지만, 3, 4군에서는 오히려 수치가 증가하는 경향을 보였다. b* 값의 경우, 4개군 모두 두께가 증가함에 따라 수치가

Table 2. Mean values of the L*, a*, b* of tested materials on white background

	L*				a*				b*			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
1mm	75.50	76.12	81.60	76.30	-3.09	1.57	-3.51	-1.81	3.76	5.48	6.05	1.59
	(0.40)	(0.28)	(0.12)	(0.24)	(0.29)	(0.33)	(0.14)	(0.24)	(0.26)	(0.43)	(0.28)	(0.15)
2mm	74.23	75.81	80.68	89.62	-3.08	-5.16	-3.76	-0.39	2.82	4.27	5.63	-1.65
	(0.28)	(0.24)	(0.23)	(0.32)	(0.20)	(0.23)	(0.48)	(0.27)	(0.23)	(0.24)	(0.29)	(0.15)
3mm	73.82	75.24	80.80	89.05	-3.83	-5.62	-2.86	-0.63	2.77	3.79	5.10	-2.63
	(0.52)	(0.15)	(0.15)	(0.21)	(0.22)	(0.42)	(2.82)	(0.17)	(0.18)	(0.13)	(0.16)	(0.21)
4mm	74.26	75.42	81.34	88.70	-3.73	-5.48	-1.91	-0.50	2.32	3.40	2.09	-2.73
	(0.33)	(0.21)	(0.15)	(0.20)	(0.18)	(0.21)	(0.13)	(0.52)	(0.13)	(0.11)	(0.22)	(0.21)

( ): standard deviation

Table 3. Mean values of the L*, a*, b* of tested materials on black background

	L*				a*				b*			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
1mm	74.23	75.33	80.53	89.21	-4.27	-6.00	-4.03	-0.95	2.18	3.23	4.58	-2.69
	(0.34)	(0.14)	(0.16)	(0.16)	(0.30)	(0.56)	(0.15)	(0.40)	(0.10)	(0.19)	(0.17)	(0.27)
2mm	74.25	75.28	80.58	89.62	-4.38	-6.10	-3.81	-0.90	2.32	3.60	5.08	-2.48
	(0.17)	(0.18)	(0.21)	(0.32)	(0.12)	(0.39)	(0.36)	(0.12)	(0.19)	(0.19)	(0.39)	(0.16)
3mm	74.26	75.47	80.49	89.05	-4.39	-5.96	-3.83	-0.87	2.43	3.55	4.79	-2.78
	(0.31)	(0.20)	(0.33)	(0.29)	(0.16)	(0.14)	(0.53)	(0.20)	(0.11)	(0.21)	(0.26)	(0.18)
4mm	74.45	75.65	97.00	89.11	-4.50	-6.10	0.36	-1.08	2.46	3.60	-0.38	-2.92
	(0.14)	(0.11)	(0.26)	(0.14)	(0.12)	(0.11)	(0.41)	(0.37)	(0.19)	(0.19)	(0.16)	(0.17)

( ): standard deviation

Table 4. Mean values of the L^*, a^*, b^* of tested materials on dentin color background

	L^*				a^*				b^*			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
1mm	75.09	75.30	80.98	74.81	-4.19	-5.17	-4.63	-5.13	2.83	3.96	5.29	3.30
	(0.12)	(0.14)	(0.11)	(0.26)	(0.13)	(0.19)	(0.21)	(0.12)	(0.13)	(0.15)	(0.19)	(0.16)
2mm	74.84	74.84	81.00	74.44	-4.56	-4.99	-4.79	-5.18	2.82	3.62	5.51	3.09
	(0.15)	(0.13)	(0.16)	(0.20)	(0.15)	(0.14)	(0.33)	(0.12)	(0.17)	(0.13)	(0.20)	(0.13)
3mm	74.63	74.63	81.04	74.18	-4.82	-4.98	-4.50	-5.13	2.83	3.57	5.42	2.62
	(0.21)	(0.11)	(0.14)	(0.15)	(0.25)	(0.14)	(0.33)	(0.13)	(0.15)	(0.18)	(0.17)	(0.13)
4mm	74.97	74.66	81.09	74.20	-4.97	-4.89	-4.58	-5.11	2.83	3.23	5.11	2.46
	(0.12)	(0.17)	(0.14)	(0.14)	(0.21)	(0.18)	(0.25)	(0.34)	(0.15)	(0.19)	(0.13)	(0.19)

( ): standard deviation

Table 5. Mean values of the ΔE^* of tested materials

	White				Black				Dentin			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
1mm	20.89	21.50	16.51	21.04	6.01	5.69	12.38	5.36	1.27	1.67	7.17	0.81
	(0.38)	(0.20)	(0.11)	(0.23)	(0.33)	(0.16)	(0.18)	(0.14)	(0.35)	(0.13)	(0.24)	(0.11)
2mm	22.03	22.79	16.84	24.27	6.03	5.71	12.61	5.46	0.76	1.16	7.12	0.52
	(0.27)	(0.26)	(0.22)	(0.28)	(0.16)	(0.15)	(0.19)	(0.17)	(0.12)	(0.19)	(0.19)	(0.10)
3mm	22.90	22.87	15.48	24.02	5.96	5.72	12.23	5.28	0.64	1.03	7.12	0.28
	(0.51)	(0.16)	(0.17)	(0.19)	(0.30)	(0.17)	(0.34)	(0.17)	(0.12)	(0.11)	(0.11)	(0.12)
4mm	23.03	22.68	23.28	24.17	6.14	5.91	13.63	5.29	0.73	0.76	7.01	0.56
	(0.32)	(0.21)	(0.17)	(0.14)	(0.14)	(0.11)	(0.20)	(0.13)	(0.10)	(0.17)	(0.11)	(0.11)

Vertical bar represents no significant difference between values ($p>0.05$). ( ): standard deviation

감소되었다.

Table 3은 흑색배경에서의 색좌표 L^*, a^*, b^* 값으로 L^* 값과 a^* 값의 경우, 1군, 2군, 4군에서는 두께증가에 따른 유의성 있는 차이가 나타나지 않았고, 3군에서도 4mm를 제외하고는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다. b^* 값의 경우에는, 모든 군에서 부분적인 차이가 나타났다.

Table 4는 상아질배경에서의 색좌표 L^*, a^*, b^* 값으로 L^* 값의 경우 3군에서는 두께변화에 따라 유의성 있는 차이가 나타났지만, 나머지 군들에서는 부분적인 차이가 나타났다. a^*값의 경우, 1군을 제외하고는 유의성있는 차이가 나타나지 않았다. b^* 값의 경우에는, 1군에서는 유의성있는 차이가 나타나지 않았지만, 나머지 군들에서는 부분적인 차이가 나타났다.

Table 2, 3, 4에 나타난 것처럼 색좌표 L^*, a^*, b^* 값은 재료의 종류에 따라 그리고 배경색에 따라 변화를 보였지만 동일재료에서 두께가 증가함에 따라 일정하게 변화되는 양상은 관찰되지 않았다. 배경색이 백색 또는 상아질색인 경우, L^* 값이 약간 감소되는 경향이 있었지만 흑색배경하에서는 백색이나 상아질색에 비해 일정하게 유지되는 양상이 나타났다. 재료의 종류에 있어서 복합레진과 콤포머간의 유의성있는 차이는 없었다. 배경색이 백색과 상아질색인 경우 a^*, b^* 값에서, 시편의 두께증가에 따른 변화는 일정한 유형이 없었고, 배경색이 흑색인 경우에는 a^*, b^* 값에서 유의성있는 변화가 관찰되지 않았다. 이처럼 배경색이 흑색인 경우에는 L^*, a^*, b^* 값의 큰 변화가 관찰되지 않아서, 배경색이 흑색인 경우 명도와 채도는 두께의 증가에 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

두께와 배경색에 따른 색차 ΔE^*의 변화를 관찰하였을 때 배경색과 두께를 일치시키고 군간비교를 시행한 경우에는 각 군간의 유의성있는 차이가 발견되었다($p<0.05$). 각 군에서 동일한 배경색에서는 두께변화에 따른 차이가 크지 않았지만 서로 다른 배경색간에는 통계학적으로 유의성있는 색차가 나타났는데, 흑색배경에서 1군과 4군, 그리고 상아질배경에서의 3군을 제외한 나머지 군들에서 유의성 있는 차이가 나타났다. 3군에서는 다른군들과 비교시 배경색에 따른 차이가 상대적으로 적었다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

심미적 치과수복재는 오늘날 치과학에서 가장 많이 연구되는 분야이다[7]. 1962년 Bowen[12]에 의해 소개된 복합레진은 조작하기 쉽고, 강도가 우수하며, 경화시간이 짧고, 자연적인 색상 때문에 어떤 다른 재료들보다 심미수복분야에서 많은 부분들을 담당해왔고 치료에 성공적으로 사용되어왔다.

글라스 아이오노머 시멘트는 여러 가지 장점들을 가지고 있지만 시술시 조작에 민감하고, 복합레진에 비해 상대적으로 심미성 및 물성이 낮은 점 때문에 심미수복치료시 사용이 제한적이었다. 이러한 글라스 아이오노머 시멘트의 단점을 개선하기 위해 혼성재료들이 개발되었는데, 이러한 재료로는 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트와 콤포머가 있다[13,14]. 이중 콤포머는 전통적인 산-염기 반응에 광중합형 중합체의 형성을 추가한 재료로서 McLean 등[15]은 콤포머가 복합레진의 기본구조를 가지면서 기존의 글라스아이오노머 시멘트와는 다른 경화기전을 갖기 때문에 이를 가리켜 polyacid-modified resin composite라 명명하였으며, Burgess[16], Uno[17], Gladys[18]는 콤포머의 특성이 레진 첨가형 글라스아이오노머 시멘트보다는 복합레진에 훨씬 더 가깝다고 보고하였다.

심미수복의 목적은 형태학적, 광학적, 생물학적 수용성을 획득하는 것이다. 이중 광학적 요소는 심미수복 분야에서 가장 중요하게 고려되어야 하지만 이해도는 낮은 분야이다[19]. 자연치의 색은 광파장의 흡수와 굴절, 반사과정시 빛과 법랑질, 상아질간의 상호작용에 의해 결정된다. 수복물의 채도적 효과조차도 우발적인 빛과 수복재료 사이에서 발생하는 흡수와 반사현상에 의해 영향받는다[20]. 광원, 물체와 주위환경, 그리고 관찰자는 색의 인지에 있어서 필수적인 요소이다. 광원은 다양한 파장과 강도로 물체를 밝게 하고 물체는 광원에서 나온 빛의 파장을 파장의 주파수에 따라 다른 방향으로 흡수하고 반사시킨다. 물체에 의해 변형된 빛은 결국 관찰자의 눈에 도달하게된다[1]. 이상과 같은 색의 인지과정을 고려해볼 때, 치과의사는 색 선택시 영향을 미칠 수 있는 일련의 요인들을 검토해야한다. 이러한 요인들에는 수복재의 구성성분, shade guide의 정확성, 조명의 종류, 표면의 형태, 재료의 두께, 배경색등이 포함된다[21]. 복합레진의 광원에 대한 흡수성과 반사성이 충전재의 종류와 크기에 따라 다르기 때문에 어둡거나 밝은 배경하에서 수복물에 대한 색의 인상은 다르게 인식된다. 색조선택의 문제점은 shade guide에 의해서 더 복잡해진다. 치과학에서는 전통적으로 색을 규명하고 선택할 때 shade guide 또는 color chart를 이용한 비색법을 사용해왔다[22]. Sproull[23]은 적절한 색표준을 위한 기본적인 요구사항은 논리적인 배열과 표본들의 적절한 분포라고 주장하였지만, 이러한 요구사항을 만족시키는 shade guide는 아직 개발되지 않았다. 일반적으로 널리 사용되는 Vita lumin shade guide는 원래 치과용도재를 위해 고안된 것이기 때문에 이러한 도재용 shade guide에 어울리는 복합레진을 개발하는 것은 많은 기술적인 문제점을 내포하고 있다[6]. 색조선택시의 주위환경도 중요한 요소이다. 이상적인 색조선택시의 광원은 빛 온도가 평균 6,500°K인 대낮의 상태이다. 따라서 색조의 선택과 동일한 수복물의 제작이 동일한 조건하에서 이루어질 수 있도록 진료실에서는 모두 색조가 조정된 형광등을 사용하여야한다[24]. 현재 광중합형 복합레진이나 콤포머와 같은 레진 계통의 혼성수복재를 사용하여 치아를 수복할 때는 치아와 유사한 색을 재현하기 위해서 적층충전이 권장되고 있는데 이때 최종수복물의 색과 심미성은 각각의 수복재의 심미특성에 의해 영향을 받게된다[25].

위와 같이 다양한 요인들에 의해 변화되는 색을 평가하고 표준화하기 위한 많은 시도가 있어왔고 이러한 시도의 결과로서 현재는 객관적으로 색을 관찰하고 평가하기위한 몇 가지의 색체계가 이용되고 있다. 전통적으로 치과학에서는 Munsell 색체계의 색상, 명도, 채도를 이용하여 색을 평가해왔다. 그러나, 보다 정량적이고 객관적인 평가를 위해서는 CIELAB 색체계가 주로 이용된다. 이 색체계는 Commission Internationale de l'Eclairage (International commission Illumination)에 의해 1931년에 개발되었다가 1978년에 보다 발전시킨 색체계로 색차의 평가에 유용한 표준화방법을 제공한다[6]. 이 색체계에서 색공간에서의 동일한 거리는 대략적으로 동일하게 인지되는 단계를 나타낸다[26]. CIELAB 색체계의 3가지 색좌표는 L*, a*, b*인데, 여기서 L*은 Munsell 색체계에서의 명도와 상응하는 밝기의 변수로 0에서 100의 범위로 나누어 표시하고, a*와 b*는 채도의 좌표이다. a*와 b*의 좌표는 각각 적색/녹색과 황색/청색의 축상에 위치하도록 고안되어 있고 (+a*=적색, -a*=녹색; +b*=황색, -b*=청색) Munsell 색체계의 색조와 채도와는 직접적인 상관관계가 없다. 이 색체계에서 색차 △E*는 방향과 크기가 존재하는 색공간에서의 벡터로 정의될 수 있다[2]. 색차 △E*의 수치는 L*, a*, b*좌표에서 시간에 따른 변화를 고려한다면, 전체적인 색의 차이를 나타낸다. 실제 임상에서 주로 연관되는 것은 색차 △E*의 크기로서 Ruyter 등[27]은 임상적 조건하에서 인간의 눈은 3.3 또는 그 이상의 △E*을 감지할 수 있다고 보고하였고, Seghi 등[2]은 치과용도재를 이용한 연구에서 2보다 큰 △E*는 대부분의 관찰자에 의해 쉽게 인지될 수 있는 반면에 1 이하의 수치는 인지하기 어렵다고 보고하였다.

치과학에서는, 다른 산업에서와 마찬가지로, 색의 관찰과 평가에 있어서 3자극 측색색차계(tristimulus colorimeter) 또는 분광광도계(spectrophotometer)와 같은 보다 과학적인 측정기구를 이용한다. 이러한 색측정기구는 색의 물

리적 특성을 평가하는 것이다. 3자극 측색색차계(tristimulus colorimeter)는 눈의 수용기와 동일한 특성을 가진 3가지의 color filter를 사용하여 빛의 반사된 파장의 청색, 황색, 적색부에 대한 수치들을 분석한다[1]. 본 연구에서는 직경 3mm의 소영역의 측색색차계(colorimeter)를 사용하였는데 이것은 구내측정이 가능하고, 측정영역이 비교적 작은 크기의 시편을 만들 수 있어서 경제적이지만 측정치의 보상이 필요하고 투명도와 같은 차이에 대해서는 분석하지 못하는 단점이 있다.

기존의 치과색채학 관련문헌에서는 색상의 기본적인 성질 및 색조절제등을 첨가하여 색상을 조정하는 방법 등에 관해서는 자세히 언급되어 있지만 수복재의 두께와 배경색의 종류에 의한 중합후 수복물의 색변화에 관한 연구는 그 기전을 명확하게 설명할 만큼 충분히 언급되지는 않았다. 이와 관련된 연구들을 살펴보면 Kubelka와 Munk[28]는 단순화된 모형에서 투명한 재료의 반사도와 두께와의 관계를 이론적으로 연구하였고, Powers 등[29]은 직접수복용 레진에서 레진의 두께와 배경색등에 따른 색조의 변화에 대한 연구에서 수복재의 두께가 증가됨에 따라 불투명도가 증가하고 이러한 증가된 두께의 색에 대한 영향은 배경색에 의존한다고 보고하였다. 즉 백색의 배경하에서 레진은 두께가 증가하면서 보다 어두워지고 채도가 감소하였으며, 흑색의 배경하에서는 두께가 증가할수록 밝아지고 채도가 증가하였다. 본 연구에서 복합레진과 콤포머는 백색과 상아질 배경하에서는 두께가 증가하면서 어두워지고 채도가 감소하였지만 흑색 배경하에서는 변화가 작았다. Miyagawa 등[30]은 Kubelka와 Munk[28]의 이론을 이용하여 심미수복재의 색을 예측하고 예측한 색과 색 측정기구로 측정한 색을 서로 비교하는 연구를 시행하였는데 시편의 두께가 증가함에 따라 재료의 반사도가 증가한다고 보고하였다. 또한 배경색의 영향에서는 백색배경의 시편이 흑색배경의 동일 시편보다 채도가 크고 보다 포화된 것으로 보인다고 보고하였다. Hotta 등[10]은 5종의 복합레진을 이용하여 재료의 두께와 배경색이 색조에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구에서 시편의 두께는 1~4mm 이었는데, 두께가 증가함에 따라 백색판과 상아질판에서는 L*, a*, b*수치가 감소하였으나 흑색의 배경하에서는 변동이 적었으며 시편두께가 4mm인 경우에는 배경색의 영향을 받지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 백색판과 상아질판에서의 L*, a*, b*수치의 두께에 따른 감소양상은 비슷하였지만 그 차이가 미미하였고 흑색에서는 변동이 적었다. Hotta 등[10]의 연구에서는 색의 변화가 적은 4mm의 시편을 기준으로 하여 각 레진의 두께와 배경색의 관계에 대해 색차를 측정하였을 때 흑색의 배경하에서는 육안으로 구별하기 어려운 정도의 색차를 보였으나 백색의 배경하에서는 각 재료의 종류간에 육안으로 관찰될 수 있을 정도의 색차를 보였다고 보고하였다. 본 연구에서 동일배경색의 동일두께에서 군간비교를 시행하였을 때는 각 군간의 유의성있는 차이가 관찰되었고, 동일재료의 동일배경색에서 두께변화에 따른 색차의 변화를 관찰했을 때는 흑색배경에서의 1군, 상아질배경에서의 3군, 흑색배경에서의 4군을 제외한 나머지 조합들에서 통계학적으로 유의성 있는 차이가 관찰되었다.

본 연구에서는 수복물의 색상에 적층두께 및 배경색이 미치는 효과에 정량적 분석을 시도하였지만 각 재료간, 그리고 두께간의 일관성있는 변화는 관찰하기 어려웠다. 본 실험에서는 같은 shade를 선택했음에도 불구하고 재료의 종류에 따라 색차의 유의성있는 차이가 있었다. 두께의 증가나 재료의 종류보다는 배경색이 수복물의 색조에 큰 영향을 미쳐 모든 측정값에서 유의성있는 차이를 나타내었다. 두께가 변화되면서 a*와 △E*에서는 유의성있는 차이가 관찰되지 않았지만 L*과 b*에서는 부분적으로 유의성있는 차이가 나타났다. L*의 차이는 밝기 또는 명도의 차이를 나타내는데 자연치에서처럼, 복합레진의 채도는 비교적 낮으므로 명도의 차이는 복합레진이나 콤포머의 전체적인 색의 차이에 있어서 큰 영향을 미친다. 실제로 모든 복합레진들은 a*, b* 좌표의 좁은 범위 내에서 이동한다. 또한 치아의 주된 색상이 회색 또는 황색인 점을 감안할 때 b*값은 치아 및 수복재의 색상과 밀접한 관계가 있을 것으로 보이며 치아수복시 색상조화와 주로 관계가 있는 색좌표로 보인다. 본 연구에서 재료의 두께가 증가되면서 L*과 b*값에서 부분적으로 유의성있는 차이가 생겼는데 b*값은 심미수복재 제조자가 색상을 맞추기 위해 주로 조절한 부위이기 때문에 각 재료간의 차이가 발생된 것으로 생각되며 L* 값에서의 차이는 투명도나 반투명성 조절물질의 첨가에 영향을 받았을 것으로 생각된다. 또한 배경색의 종류에 따라 중합후 수복재의 색상에서 유의성있는 차이를 보였는데 실제 임상에서는 이러한 배경색의 효과를 차단하기 위한 불투명재등의 사용 등을 고려해야할 것이다. 복합레진이나 콤포머같은 반 투명성 물체들은 입사광이 물체내부를 통과하면서 내부의 미립자에 의해 확산되어, 그 일부가 물체표면에 나오기 위해 두께 및 배경색의 영향을 받아 변화한다고 보고되고 있기 때문에[10], 복합레진 및 콤포머 구성성분중의 충전재의 조성, 형상 및 크기등이 색조변화에 미치는 영향에 대해서도 추가적인 검토가 있어야한다. 이전의 연구와 비교했을 때 수복재의 조성은 계속해서 변화하기 때문에, 최신심미수복재를 종래의 심미수복재와 비교하면 색과 투명도에 있어서 보다 안정적일 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

수복물의 색에 수복재의 적층두께와 배경색이 미치는 영향을 알아보기 위해 2종의 광중합형 복합레진과 2종의 콤

포머로 두께 각 1, 2, 3, 4mm인 시편을 제작하였고, 배경색으로는 각각 제조자에 의해 공급된 백색판, 흑색판, 그리고 치과용 도재로 제작한 상아질판을 사용하여 측색색차계를 이용한 색측정을 시행한 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 배경색에서의 두께변화에 따른 L*, a*, b*수치의 변화를 관찰했을 때, 백색배경과 상아질색배경에서는 약간 감소하는 경향을 보였지만, 흑색배경에서는 변화가 적었다.
2. 재료의 종류 및 재료의 적층두께에 비해 배경색이 수복물의 색에 유의성있는 차이를 초래했다.
3. 선택된 색조가 동일한 것이었음에도 불구하고 각 제품들 간의 유의성있는 색차를 보였다($p<0.05$).
4. 색차 △E*의 값은 동일배경색과 동일종류에서는 두께의 변화에 안정적인 값을 보였지만 각 배경색에 따라서는 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다($p<0.05$).

참 고 문 헌

1. Knispel G : Factors affecting the process of color matching of restorative materials to natural teeth, Quintessence International 22: 525-531, 1991.
2. Seghi RR, Gritz MD, and Kim J : Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization, Dental Materials 6: 133-137, 1990.
3. Mckinney JE, Antonucci JM, and Rupple NW : Wear and microhardness of glass ionomer cement, Journal of Dental Research 66: 1134-1139, 1988.
4. Croll TP : Glass ionomers for infants, Journal of American Dental Association 120: 65-68, 1990.
5. Attin T, Vataschki M, and Hellwig E : Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two poly-acid-modified resin composite materials, Quintessence International 27: 203-209, 1996.
6. Swift EJ, Hammel SA, and Lund PS : Colorimetric evaluation of Vita shade resin composites, The International Journal of Prosthodontics 7: 356-361, 1994.
7. Yap AUJ : Color attributes and accuracy of Vita-based manufacturer's shade guides, Operative Dentistry 23: 266-271, 1998.
8. Kim HS, and Um CM : Color differences between resin composites and shade guides, Quintessence International 27: 559-567, 1996.
9. Powers JM, Dennison JB, and Lepeak PJ : Parameters that affect the color of direct restorative resins, J Dent Res 57: 876-880, 1978.
10. Hotta M, Yamamoto K, Hirukawa H, Hashimoto K, Kondo K, Kondo M, and Kimura K : Color change by thickness and background color on visible light-cured composite resins, J Gifu Dent Soc 16: 464-469, 1989.
11. 구대회, 이용근, 손호현, 임미경 : 레진강화형 글라스아이오노머의 색 안정성에 관한 연구, 대한치과보존학회지 22: 358-373, 1997.
12. Bowen RC : Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of reaction product of bisphenol and glycidyl methacrylate, US Patent 3, 006, 112, 1962.
13. Wilson AD : Resin modified glass-ionomer cements, Int J Prosthodont 3: 425-429, 1990.
14. Sidhu SK, and Watson TF : Resin-modified glass ionomer materials - A status report for the American Journal of Dentistry, Am J Dent 8: 59-67, 1995.
15. McLean JW, Nicholson JW, and Wilson AD : Proposed nomenclature for glass ionomer dental cements and related materials, Quintessence International 25: 587-589, 1994.
16. Burgess J, Norling B, and Summit J : Resin ionomer restorative materials - The new generation, J Esthet Dent 6: 207-215, 1994.
17. Uno S, and Komats H : Newly developed restorative materials: "Compomers" DE No. 124 : 7-14, 1998.
18. Gladys S, Van Meerbeck B, Braem M, Cambrechts P, and Vanherle G : Comparative physicomechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass ionomer and resin composite restorative materials, J Dent Res 76: 883-894, 1997.
19. Preston JD : Current status of shade selection and color matching, Quintessence International 1: 47-58, 1985.
20. Vanini L : Light and color in anterior composite restorations, The International Aesthetic Chronicle 8: 673-682, 1996.
21. O'Brien WJ : Dental Materials, Properties and selection. Chicago. Quintessence Publishing Co. 51-69. 1989.
22. 신기성, 조경모, 조용범, 신동훈 : Casmatch를 이용한 새로운 색상보정법의 색상재현성에 관한 연구, 대한치과보존학회지 23: 575-585, 1998.
23. Sproull R : Color matching in dentistry, J Prosthet Ⅰ. 29: 416, 1973 Ⅱ. 29: 556, Ⅲ. 31: 146, 1974.
24. Preston JD, and Bergen SF : Color Science and Dental Art: A self teaching program. St. Louis. Mosby. 1980.
25. 이용근, 이성재 : 심미충전재의 적층에 따른 색좌표에 관한 연구, 대한치과기재학회지 24: 259-269, 1997.
26. Recommendations on uniform color space, color ddifference equations, psychometric color terms, CIE Publications No. 15, Suppl No.2. Paris, Bureau de la CIE, pp 9-12, 1978.
27. Ruyter IE, Nilner K, and Moller B : Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers, Dental Materials 3: 246-251, 1987.
28. Magawa Y, Powers JM, and Obrien WJ : Optical properties of direct restorative materials, J Dent Res 60: 890-894, 1981.
29. Powers JM, Dennison JB, and Lepeak PJ : Parameters that affect the color of direct restorative resins, J Dent Res 57: 876-880, 1978.
30. Miyagawa Y, and Powers JM : Prediction of Color of Esthetic Restorative Material, J Dent Res 62: 581-584, 1983.