

도재라미네이트 접착용 레진시멘트의 색조 안정성에 관한 연구

전남대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

김영운 · 박하옥 · 방몽숙 · 양홍서 · 박상원

I. 서 론

도재라미네이트는 변색치, 치아이개, 왜소치, 파절된 치아 등에 있어서 심미적 문제를 해결하는데 널리 사용되고 있으며 강도, 마모 저항성, 변색 저항성 등이 우수하고,¹⁻⁴⁾ 최소한의 치질 삭제로 자연스러운 치아 형태의 재현이 가능하며 치은 자극이 적고 치태 조절이 용이하다. 최근에는 접착 시스템의 발달로 도재라미네이트가 더욱 성공적으로 접착된다고 평가되고 있으며, Dumfahrt와 Schaffer에 의하면 도재라미네이트의 5년 성공률은 97%, 10년 성공률은 91%로 보고되었다.⁵⁾ 그러나 도재라미네이트 접착 후 인접 치아와의 색조 부조화나 수복물의 변연 부위에서의 변색 등과 같은 심미적 결점이 있었다. 이는 도재라미네이트가 자연적인 빛의 투과가 가능해서 매우 심미적인 결과를 보이지만 최소한의 치질 삭제로 인하여 수복물의 접착시 다양한 종류의 레진시멘트가 개재됨으로써 레진시멘트의 색조에 따라 수복물의 색조에 변화가 생길 수 있기 때문이다.

레진시멘트는 레진 기질과 무기 필러와 HEMA (hydroxyethyl methacrylate), 4-META(4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride)와 같은 접착 단량체로 구성되어 있으며 다른 여러 가지 시멘트에 비해 강도가 우수하며 물에 대한 용해도가 낮고 중합 시간이 짧다⁶⁾. 또한 도재 및 치질과 화학 결합을 일으키므로 도재 수복물의 파절을 감소시키며, 레진시멘트의 색이 치질의 색과 유사하고 다양한 색조를 가지고 있어 투명한 도재 수복물의 접착에 널리 이

용되고 있다.

레진시멘트의 중합은 화학 중합이나 광중합에 의해 이루어지나 현재 여러 제품들은 두 가지 중합이 같이 일어나는 이중 중합 시스템이다. 이중 중합 반응은 개시제인 peroxide나 촉진제인 amine으로 시작되는데, 처음 광중합을 위해서는 460nm 파장의 빛이 필요하다.⁷⁾ 이후 부가적인 화학 중합이 일어나게 되며 이때 레진시멘트의 색조의 변화가 일어날 수 있다.⁸⁾

치과 수복물의 색조 안정성은 수복물의 장기간의 성공에 있어서 중요한 요소이다. 전치부 수복에 많이 사용되는 투명한 도재 수복물에 있어서 그 하방의 레진시멘트가 수복물의 색조에 중요한 영향을 미치게 된다. 만약 하방의 레진시멘트가 변색된다면, 이는 도재 수복물의 통해 보이게 될 것이다. Nathason 등은 연구에서 광중합 또는 이중 중합 레진시멘트의 시효처리 후 색조 변화를 보고하였고,⁹⁾ Hekimoglu 등의 연구에서도 이중 중합, 광중합, 자가 중합 레진 시멘트를 시효처리 한 결과 색조 변화가 있음이 보고되었다.¹⁰⁾ 그러나 이전의 연구에서 사용되었던 레진시멘트는 현재 사용하지 않는 제품이 대부분으로 현재 시판되고 있는 레진시멘트에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 도재라미네이트의 접착용으로 임상에서 널리 사용되고 있는 수종의 레진시멘트에서 시효처리 후 색조 변화에 대해 알아보하고자 본 실험을 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

도재라미네이트는 Empress 2 porcelain ingot® (Ivoclar Co., USA)을 이용하여 제작하였으며 레진시멘트는 Choice®(Bisco, USA), Variolink II®(Ivoclar Co., USA), Nexus 2®(Kerr, USA), Rely-X®(3M, USA)의 세 종류의 제품을 사용하였다. Thermocycling 기기는 자동온도 순환 조절기 MT-95®(Motortronics, USA)를 사용하였고, 색조 측정은 분광측정기(Spectrophotometer)인 Spectrolino®(GretaMacbath™, USA)를 사용하였다.

2. 연구 방법

가. 도재시편 제작

지름 12mm, 높이 15mm의 원통형 형태의 Empress 2 porcelain ingot®(A1: #100, A3: #200)을 diamond saw를 이용하여 가로로 절단하여서 지름 12mm, 두께 0.6mm의 도재시편을 두 가지 색상으로 각각 32개씩 제작하였다. 도재시편의 두께가 0.5mm가 되도록 주수 하에 150, 300, 600, 800, 1000 grit의 사포(Daesung abrasive, Korea)로 연마하였다. 시편의 두께는 0.01mm까지 측정 가능한 마이크로미터(Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

나. 도재시편의 접착

동일한 상아질 색상의 25×25×3mm 타일 64개 위에 레진시멘트의 두께가 60µm가 되도록 mylar strip

을 위치시킨 후 도재시편과 같은 색상의 레진시멘트를 사용하여 접착시켰다. 각각의 실험군에서 시편은 8개씩 제작하였다(Table I).

다. Thermocycling

자동온도 순환 조절기 MT-95(Motortronics, USA)를 사용하였으며, 5℃와 55℃의 온도에서 각각 30초 씩 유지하였고 각 수조를 옮기는 데에는 10초의 간격을 두었다. Thermocycling은 1000, 2000, 3000 cycle을 시행하였다.

라. 색조 측정

첫번째 색조 측정은 도재시편을 레진시멘트로 접착시켜 측정하였으며 그 다음에는 도재시편에 thermocycling 1000, 2000, 3000 cycle을 시행한 후 측정하였다. 색조의 측정 기기로는 분광측정기인 Spectrolino®(GretaMacbath™, USA)를 사용하였으며 각각의 시편에서 L*, a*, b* 값을 구하였다. 분광

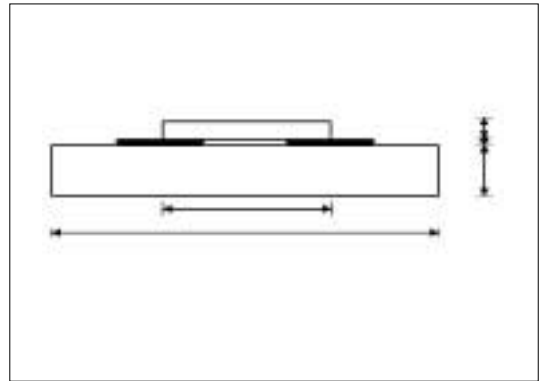


Fig. 1. Schematic representation of specimen.

Table I. Classification of experimental groups

Group	Shade of porcelain disk	Shade of resin cement	Product of resin cement	N
C1	A1 (#100)	A1	Choice	8
V1	A1 (#100)	White/A1	Variolink II	8
N1	A1 (#100)	White/A1	Nexus 2	8
R1	A1 (#100)	A1	Rely-X	8
C3	A3 (#200)	A3	Choice	8
V3	A3 (#200)	Yellow/A3	Variolink II	8
N3	A3 (#200)	Yellow/A3	Nexus 2	8
R3	A3 (#200)	A3	Rely-X	8

측정기는 D65 filter 방식의 CIE 표준 A광원을 이용했으며 45°/0° 측정 기하를 갖고 감지구 직경은 4.5 mm였다. 색조 측정을 위해 감지기를 표준 백색판에 놓고 표준조정을 시행한 후 시편에 올려놓고 색조를 측정하였다. 색조 측정은 외부 조건에 대한 영향을 없애기 위해 동일 장소와 동일 시간에 측정하였으며 모든 시편의 색조는 서로 다른 부위를 3번씩 측정하여 평균값을 구했다.

마. 색차 비교

각각의 실험군에서 thermocycling을 1000, 2000, 3000 cycle 시행한 후 각각 cycle에서 처음 thermocycling을 시행하기 전의 시편과 색차를 구하여 비교하였다. 명도지수차 ΔL^* , 적색채도차 Δa^* , 황색채도차 Δb^* 값을 구하고 다음 공식에 의해 색차를 나타내는 ΔE^* 값을 산출하였다.

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

$$\Delta L^* = L_1 - L_0$$

$$\Delta a^* = a_1 - a_0$$

$$\Delta b^* = b_1 - b_0$$

L_0, a_0, b_0 : thermocycling 시행 전 시편의 값

L_1, a_1, b_1 : thermocycling 시행 후 시편의 값

바. 통계 분석

Thermocycling의 각 cycle 후 각 레진 시멘트간의 ΔE^* 의 유의차를 검정하기 위해 Kruskal-Wallis test로 통계처리를 시행하였고, 각 레진시멘트에서 3000 cycle 후 A₁과 A₃간의 ΔE^* 에 대한 검정과 각각의 레진시멘트에서 1000 cycle과 2000 cycle간의 ΔE^* 에 대한 유의차와 1000 cycle과 3000 cycle 간의 ΔE^* 에 대한 유의차를 검정하기 위해 Mann-Whitney test를 사용하였으며 모든 통계는 95% 유의수준에서 검정되었다.

III. 연구결과

1. 색조의 측정

도재시편을 처음 레진시멘트로 접착시킨 후 thermocycling 시행 전과 thermocycling 1000, 2000, 3000 cycle 후에 분광측정기를 이용하여 각 시편당 3

회씩 색조를 측정한 후 L^* , a^* , b^* 의 평균값을 구하였다(Table II, III).

2. 레진시멘트의 색조 안정성

가. 색차

1) A1 그룹에서 thermocycling후 시편의 색차

A1 색상의 시편에서 thermocycling 후 시편의 색차를 관찰한 결과 thermocycling 횟수가 증가할수록 색차는 점차 증가하였다. 3000 cycle 후 색차는 V1, N1, C1, R1의 순서로 증가하였으나 그룹간에 유의할 만한 차이는 없었다. C1그룹에서는 3000 cycle 후의 색차가 1000 cycle 후의 색차보다 유의할 만한 증가를 보였다(P<0.05)(Table IV, Fig. 2).

2) A3 그룹에서 thermocycling후 시편의 색차

A3 색상의 시편에서 thermocycling 후 색차는 점차 증가하였다. 3000 cycle후 색차는 C3, R3, V3, N3의 순서로 증가하였으나 그룹간에 유의할 만한 차이는 없었다. N3그룹에서는 3000 cycle 후의 색차가 1000 cycle 후의 색차보다 유의할 만한 증가를 보였다(P<0.05)(Table V, Fig. 3).

3) 시멘트 종류별 색상에 따른 색차

각 레진시멘트에서 3000t thermocycling 후 색차를 A1과 A3에서 비교하였을 때, Choice와 Rely-X에서는 A1이 A3보다 더 큰 색차를 보였으며 Variolink II와 Nexus 2에서는 A3에서 A1보다 더 큰 색차를 보였다. 그리고 Nexus 2에서만 A1과 A3의 색차가 통계적으로 유의할 만한 차이를 보였다(P<0.05)(Table VI, Fig. 4).

나. 명도지수 L^* , 적색채도 a^* , 황색채도 b^*

1) A1 그룹에서 thermocycling전과 후 시편의 L^* , a^* , b^*

A1 색상의 시편에서 thermocycling전과 후 시편의 명도지수 L^* , 적색채도 a^* , 황색채도 b^* 의 값을 구하

Table II. Mean values of the L*, a*, b* in A1 shade group

	L*		a*		b*	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
<i>Laminate was bonded with resin cement</i>						
C1	78.66	0.30	-0.48	0.16	13.87	0.24
V1	78.02	0.35	-0.68	0.23	13.36	0.49
N1	78.24	0.62	-0.58	0.21	13.50	0.28
R1	77.39	0.41	-0.71	0.14	13.52	0.51
<i>Thermocycling 1000 cycle</i>						
C1	78.50	0.24	-0.74	0.25	13.33	0.69
V1	77.89	0.43	-0.90	0.33	12.63	0.85
N1	78.13	0.55	-0.71	0.17	13.35	0.72
R1	77.99	0.47	-1.10	0.38	13.12	1.39
<i>Thermocycling 2000 cycle</i>						
C1	78.22	0.20	-0.91	0.38	13.28	0.73
V1	77.70	0.37	-0.83	0.16	12.81	0.73
N1	77.85	0.38	-0.80	0.14	13.37	0.49
R1	78.21	0.11	-1.29	0.53	12.71	0.90
<i>Thermocycling 3000 cycle</i>						
C1	78.47	0.61	-1.24	0.49	12.83	1.30
V1	77.92	0.38	-1.01	1.21	12.60	0.81
N1	78.06	0.39	-1.12	0.22	12.82	0.87
R1	78.39	0.68	-1.48	0.69	12.05	0.77

L*: lightness, a*: red-green, b*: yellow-blue

Table III. Mean values of the L*, a*, b* in A3 shade group

	L*		a*		b*	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
<i>Laminate was bonded with resin cement</i>						
C3	76.68	0.90	1.20	0.13	16.28	0.37
V3	76.66	1.04	0.97	0.51	16.10	0.72
N3	76.81	0.29	0.75	0.22	15.72	0.69
R3	77.41	0.66	0.93	0.29	16.96	0.19
<i>Thermocycling 1000 cycle</i>						
C3	77.36	0.59	0.83	0.38	15.57	0.72
V3	76.36	1.03	0.84	0.35	15.95	0.32
N3	77.32	1.16	0.52	0.36	15.32	0.98
R3	77.77	0.40	0.35	0.60	16.52	0.34
<i>Thermocycling 2000 cycle</i>						
C3	77.10	0.61	0.56	0.72	15.47	1.24
V3	77.19	0.69	0.19	0.55	15.24	1.25
N3	78.07	0.66	-0.07	0.19	14.52	0.27
R3	77.98	0.37	0.06	0.57	16.64	0.30
<i>Thermocycling 3000 cycle</i>						
C3	76.84	0.65	0.83	0.26	16.06	0.37
V3	77.40	1.00	0.02	0.66	15.03	0.92
N3	78.29	0.39	-0.43	0.20	14.40	0.60
R3	78.18	0.56	-0.03	0.67	16.53	0.37

L*: lightness, a*: red-green, b*: yellow-blue

Table IV. Mean values of the ΔE^* of specimen after thermocycling in A1 shade group

	C1	V1	N1	R1	P value
1000 cycle	0.53±0.29 ^a	0.60±0.27	0.34±0.13	1.00±0.66	0.412
2000 cycle	1.02±0.69	0.92±0.66	0.67±0.43	1.31±0.75	0.230
3000 cycle	1.47±0.85 ^b	1.02±0.87	1.14±0.77	1.96±1.42	0.588

a,b: statistical grouping for E^* value between 1000cycle and 3000cycle thermocycling

Table V. Mean values of the ΔE^* of specimen after thermocycling in A3 shade group

	C3	V3	N3	R3	P value
1000 cycle	0.86±0.75	1.20±0.61	1.30±0.55 ^a	1.19±0.33	0.353
2000 cycle	0.86±0.27	1.86±1.18	1.72±0.87	1.22±0.26	0.141
3000 cycle	1.00±0.63	1.95±1.19	2.06±0.51 ^b	1.51±0.31	0.143

a,b: statistical grouping for E^* value between 1000cycle and 3000cycle thermocycling

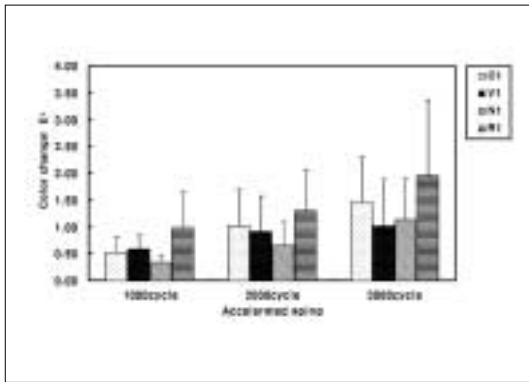


Fig. 2. Mean values of the ΔE^* of specimen after thermocycling in A1 shade group.

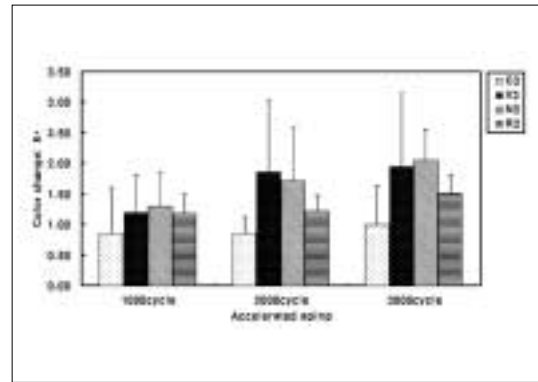


Fig. 3. Mean values of the ΔE^* of specimen after thermocycling in A3 shade group.

Table VI. Mean values of the ΔE^* of specimen after 3000 cycle thermocycling in A1 and A3 shade group

	A1	A3	P value
Choice	1.47±0.85	1.00±0.63	0.391
Variolink II	1.02±0.87	1.95±1.19	0.116
Nexus 2	1.14±0.77	2.06±0.51	0.038**
Rely-X	1.96±1.42	1.51±0.31	0.624

** : statistically significant at $P < .05$

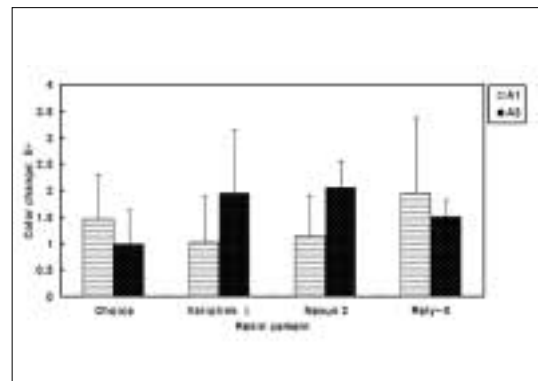


Fig. 4. Mean values of the ΔE^* of specimen after 3000cycle thermocycling in A1 and A3 shade group.

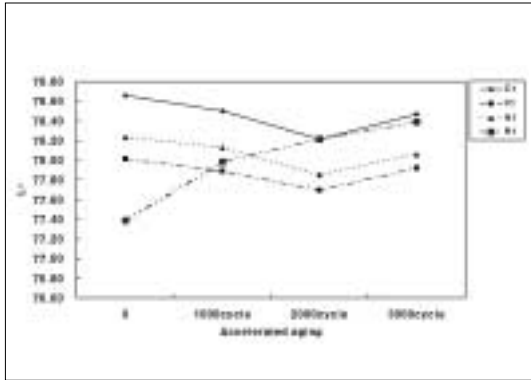


Fig. 5. Mean of L* value of A1 shade resin cement after accelerated aging.

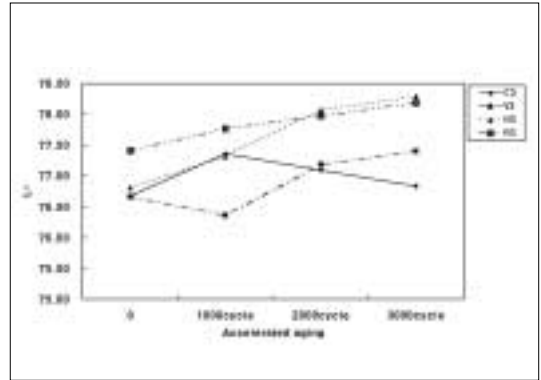


Fig. 6. Mean of L* value of A3 shade resin cement after accelerated aging.

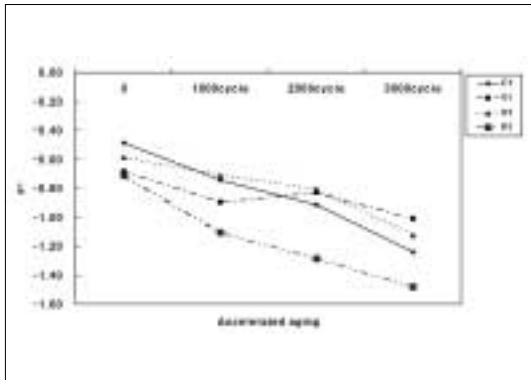


Fig. 7. Mean of a* value of A1 shade resin cement after accelerated aging.

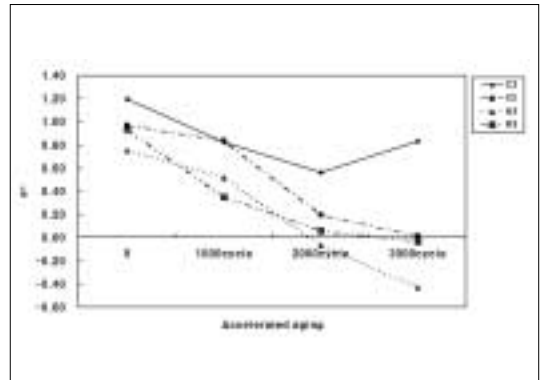


Fig. 8. Mean of a* value of A3 shade resin cement after accelerated aging.

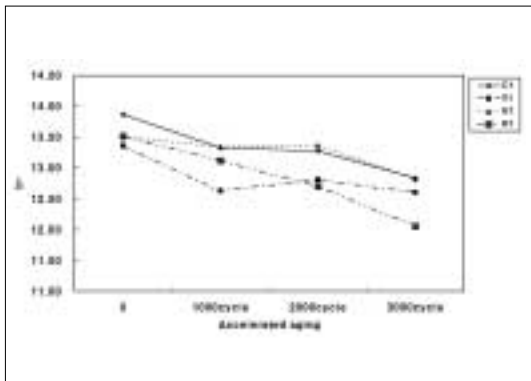


Fig. 9. Mean of b* value of A1 shade resin cement after accelerated aging.

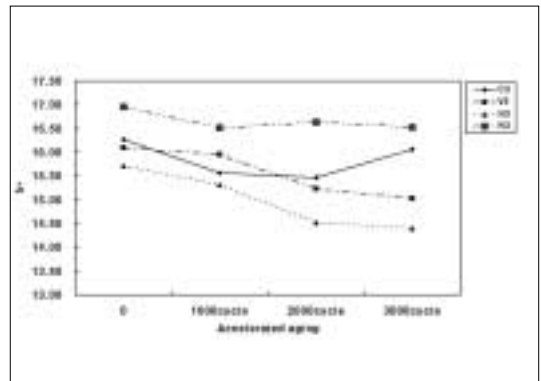


Fig. 10. Mean of b* value of A3 shade resin cement after accelerated aging.

였다(Table II, Fig. 5, 7, 9).

명도지수 L^* 은 R1에서 3000 cycle 이후까지 계속 수치가 증가하여 점차 밝아지는 경향을 나타냈었고, 나머지 세 그룹에서는 2000 cycle 까지는 점차 수치가 감소하여 어두워지는 경향을 나타냈으나 3000 cycle 이후 좀 더 밝아지는 경향을 나타냈다.

적색 채도 a^* 는 thermocycling 후 네 그룹 모두에서 점차 수치가 감소하여 녹색 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. R1을 제외한 나머지 세 그룹에서는 3000 cycle 후 처음 시편보다 유의할 만한 수치의 감소를 보였다($p < 0.05$).

황색 채도 b^* 또한 thermocycling 후 네 그룹 모두에서 점차 수치가 감소하여 점차 청색 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. R1에서만 3000 cycle 후 처음 시편보다 유의할 만한 감소를 보였다($p < 0.05$).

2) A3 그룹에서 thermocycling 전과 후 시편의 L^* , a^* , b^*

A1 색상의 시편에서 thermocycling 전과 후 시편의 명도지수 L^* , 적색채도 a^* , 황색채도 b^* 의 값을 구하였다(Table III, Fig. 6, 8, 10).

명도지수 L^* 은 N3와 R3에서 3000 cycle 이후까지 계속 수치가 증가하여 점차 밝아지는 경향을 나타냈었고, C3에서는 1000 cycle 이후 수치가 증가하였으나 2000, 3000 cycle 이후에는 수치가 점차 감소하여 점차 어두워지는 경향을 나타내었다. 반면 V3에서는 1000 cycle 이후 수치가 감소하였으나 2000, 3000 cycle 이후에는 점차 수치가 증가하여 시편이 점점 밝아지는 것을 알 수 있었다.

적색 채도 a^* 는 C3를 제외한 세 그룹에서 thermocycling 후 점차 수치가 감소하여 점차 녹색 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다.

황색 채도 b^* 또한 C3를 제외한 세 그룹에서 thermocycling 후 점차 수치가 감소하여 점차 청색 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

Buonocore에 의한 법랑질 산부식이 개발되고,¹¹⁾ Bowen에 의해 Bis-GMA 레진이 소개된 이후 레진을 이용한 치질과의 접착에 대한 연구가 꾸준히 진행되

었다.¹²⁾ 이후 Bis-GMA를 함유한 얇은 피막도를 가진 레진이 개발되면서 레진시멘트의 사용이 가속화 되었고, 1973년 Rochette에 의한 세라믹 표면처리와 접착의 발달¹³⁾로 현대적인 도재라미네이트의 개념이 확립되었다. 이와 더불어 Greggs에 의해 백금박 위에 도재라미네이트를 축성하는 방법¹⁴⁾이 소개된 이후 기계적, 광학적, 심미적 특성이 크게 개선된 새로운 세라믹이 개발되는 등 기공 술식에 있어서도 계속적인 발전이 이루어 졌으며 세라믹에 사용되는 acid gel 발달에 의한 세라믹 표면 처리가 개선되고 법랑질, 상아질 접착 시스템의 발달로 치질 접착이 개선되었다. Calamia와 Simonsen은 porcelain을 7.5% 불산으로 산 부식 한 후 결합력의 향상을 보고하였고,¹⁵⁾ 또한 도재의 산부식 뿐만 아니라 silane agent의 도포로 부가적인 결합력의 향상을 보고하였다.¹⁶⁾ Schneider 등은 초기에 도재라미네이트를 화학 중합 레진으로 접착시켰을 때 짧은 작업 시간으로 인하여 부가적인 마무리가 필요하다고 하였으나, 광 중합 레진을 사용함으로써 도재라미네이트의 높은 성공률을 보고하였다.¹⁷⁾

물체의 색을 결정하는 방법은 육안으로 물체와 표준 색상 tap을 비교하는 비색법과 기기를 사용하여 물체의 색을 측정하는 방법이 있다.^{18,19)} 비색법의 대표적인 방법인 Munsell system은 표준화된 색을 이용하여 육안적인 비교 후 색상, 명도, 채도를 평가하는 방법으로 측정자의 상태, 광원을 비롯한 주변 환경, 관찰 각도 및 측정할 물체의 상태 등 다양한 인지에 의해 측정 오류가 발생할 수 있다. 여러 연구에 의해 이러한 비색법의 문제점 들이 발견되고 있다.²⁰⁻²⁴⁾

기계를 이용하는 방법에는 3자극 색체계(tristimulus colorimeter)와 분광측정기가 있다. 3자극 색체계는 인간의 눈에 있는 수용기와 똑같은 특징을 지니고 있는 3색 여과기를 이용하여 반사된 빛의 적, 녹, 청색에 대한 값을 분석하는 기계이고 분광측정기는 빛을 사물에 조사하여 전가시영역에 걸쳐서 각각의 파장에 따른 분광반사율, 분광투과율을 측정하여 CIE자극치를 얻은 후 수학적 변형에 의하여 CIE L^* , a^* , b^* 값으로 시편 색좌표의 절대치를 얻을 수 있는 신뢰성 높은 기계이다.²⁵⁻²⁹⁾

CIE system은 1976년 국제조명위원회(CIE)에

서 채택된 시스템으로 측정의 결과를 L^* , a^* , b^* 로 나타낸다. L^* 값은 색의 밝기를 나타내는 명도 지수로서 0부터 100까지이며 a^* , b^* 는 채도를 나타내는 지수로서 a^* 는 적색, 녹색을 나타내며 -60부터 80까지로서 (+)이면 적색, (-)이면 녹색을 나타내고, b^* 는 황색, 청색을 나타내며 -80부터 60까지로서 (+)이면 황색, (-)이면 청색을 나타낸다. 두 색 간의 색차인 ΔE^* 값은 $E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 라는 공식을 이용하여 산출된다.

본 실험에서는 분광측정기를 이용하여 표준 A광원을 조사한 후 시편들의 색상을 측정했으며 색차의 정량적 평가를 위해 CIE 표색계를 사용하였다.

도재라미네이트의 색조에 영향을 미치는 요소는 하부 치질의 색, 도재라미네이트의 두께와, 레진시멘트의 색 등이 있다. 본 연구에서 도재라미네이트의 하부에는 기성 제품의 타일을 사용하였는데, 실제 치질에 도재라미네이트를 부착하는 임상적 상황과 일치하지는 않지만 한가지 색상의 타일을 사용함으로써 기본적인 실험조건을 비교적 동일하게 만들었으며 실제 상아질 색과 유사한 색상을 사용하였다. 도재라미네이트를 위한 치질 삭제는 법랑질내에 국한되어야 하므로 치질 삭제량이 0.3-1.0mm인 것을 고려하여서 도재라미네이트를 0.5mm로 제작하여 비교적 임상적 상황과 유사하게 실험을 시행하였다.

최근 수복물의 접착제로 사용되는 레진시멘트는 크게 Bis-GMA 시멘트, 인산에스테르계 시멘트 그리고 4-META함유 시멘트 등 세 종류로 나눌 수 있다. 본 실험에 사용된 네 종류의 레진시멘트는 모두 Bis-GAM계 레진시멘트로서 이중 중합 형태의 레진시멘트이다. 레진 시멘트의 색조 변화는 중합의 개시 반응에 필요한 아민에서 산화가 일어나기 때문인데, 광중합 레진시멘트에서 사용되는 아민은 지방족 아민(aliphatic amine)이고 자가 중합 레진시멘트에서 사용되는 아민은 방향족의 3차 아민(aromatic tertiary amine)이며 이중 중합 레진시멘트는 두가지 아민을 모두 포함한다.³⁰⁾ 방향족의 3차 아민이 지방족 아민보다 더 산화가 잘 일어나므로 자가 중합 레진시멘트가 광중합 레진시멘트 보다 색조 변화가 더 많이 일어나며 이중 중합 레진시멘트에서도 색조 변화가 일어난다.

본 실험에서는 4가지 종류의 레진시멘트에서 색조

안정성에 관하여 비교 연구하였다. A1과 A3 모두에서 시간이 지남에 따라 시편의 색차 ΔE^* 는 증가하였고, 3000 thermocycling 후 ΔE^* 는 A1에서 Rely-X가 1.96 ± 1.42 , A3에서 Nelus 2가 2.06 ± 0.51 로 가장 높은 ΔE^* 값을 보였다. 색차 ΔE^* 가 증가하면 색안정성은 감소된다는 의미이고 색차가 1이상이면 눈으로 색변화를 인지할 수 있다. 색차가 3.3 이하이면 치과수복재로 사용할 수 있는 허용 가능한 수치이며 값의 변화가 1일 때 우수하며, 2일 때 임상적으로 수용가능하다. 그러나 3.7이상이면 육안판별이 가능할 정도여서 임상적으로 사용하기에는 부적절하다.³¹⁻³³⁾ 본 실험에서 4그룹 모두 3.7이하의 수치를 보여 3000 thermocycling 후의 색차는 임상적으로 수용 가능하였다.

시편의 thermocycling 후의 명도지수 L^* 은 A1 색상에서 R1을 제외한 나머지 세 그룹에서는 수치가 점차 감소하다가 증가하였으나 처음 시편보다 더 어두워졌음을 알 수 있었고, A3 색상에서는 네 그룹 모두 처음 시편보다 더 밝아졌음을 알 수 있었다.

시편의 thermocycling 후의 적색채도 Δa^* 는 A1, A3 색상 모두에서 시간이 지남에 따라 처음 시편보다 녹색 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 황색채도 Δb^* 또한 A1과 A3 색상 모두에서 시간이 지남에 따라 처음 시편보다 청색 경향을 나타냈다.

Nathanson과 Banasr 등의 연구에 의하면 도재시편으로 덮힌 레진시멘트에서 60°C에서 14주 동안 보관하였을 때 1.9-4.8정도의 색차를 보인 반면, 도재시편으로 덮지 않은 레진시멘트에서는 4.4-8.9정도의 색차를 보여 큰 차이가 남을 알 수 있었다.⁹⁾ 그러나 실제 임상에서는 도재라미네이트를 레진시멘트로 접착하는 상태이므로 본 실험을 임상 상황과 유사하게 시행하였고 이전의 실험 결과와도 유사함을 알 수 있었다.

본 실험에서 3000 cycle 이상으로 thermocycling을 시행하였을 때에는 도재시편과 타일의 계면에서 미세누출로 인한 도재시편의 탈락이 발생하였다. 실제 치아에서는 법랑질의 산부식 후 생기는 법랑질 태그에 의해 레진시멘트가 강력한 결합을 하지만 본 실험에서 사용한 타일에서는 레진시멘트와 강한 결합을 이루지 못한 것으로 생각된다.

레진시멘트의 평균 피막도는 15-40 μ m까지 다양한

수치를 나타내고, 도재라미네이트의 변연 적합도 또한 10-150 μ m 범위의 수치를 나타낸다.^{6,30)}

그러나 레진시멘트의 피막도가 15-40 μ m 정도이더라도 실제 임상 상황에서 삭제된 치아에 대한 보철물의 적합도가 일정하지 않으므로 본 연구에서 시행한 60 μ m의 레진 피막도는 임상적 상황과 완전히 일치한다고 볼 수 없다.

그러나 이상의 결과로 보아 0.5mm 도재시편에 레진시멘트로 접착한 후와 thermocycling 후의 색차가 임상적으로 수용할 만한 수치를 나타내므로 현재 널리 사용되고 있는 여러 종류의 레진시멘트의 색조 안정성은 비교적 우수하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 도재시편으로 덮이지 않은 레진시멘트의 색조 안정성의 여부에 대해서는 규명하지 않았으므로 수복물의 변연 부위에서 레진시멘트의 변색 가능성에 대해서는 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 도재라미네이트의 접착에 사용되는 레진시멘트의 색조 안정성에 대해 알아보기 위해 0.5mm 도재시편을 제작한 후 상아질 색상의 타일위에 도재시편과 같은 색상의 레진시멘트를 사용하여 60 μ m의 두께로 접착하였다. 분광측정기로 처음 도재라미네이트를 접착하였을 때와 thermocycling을 1000, 2000, 3000 cycle 시행한 후 색을 측정하였다. 실험성적을 통계 처리하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

1. Thermocycling 1000, 2000, 3000 cycle 후 모든 시편의 색차 ΔE^* 는 증가하였으며 그룹간에 통계적으로 유의할 만한 차이는 없었다.
2. A1색상의 Choice와 A3색상의 Nexus 2에서는 3000 thermocycling 후의 색차가 1000 cycle 후 보다 통계적으로 유의할 만한 증가를 보였으나 다른 그룹은 유의한 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$).
3. 3000 thermocycling 후 색차 ΔE^* 는 Nexus 2의 A1색상과 A3색상에서 유의할 만한 차이를 보였으나 다른 그룹에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$).
4. 3000 thermocycling 후 색차의 평균은 1.00-

2.06이었고, A1색상에서는 Variolink II, Nexus 2, Choice, Rely-X의 순서로 증가하였으나 A3색상에서는 Choice, Rely-X, Variolink II, Nexus 2의 순서로 증가하였다.

이상의 결과로 3000 thermocycling 후 레진시멘트의 색차는 임상적으로 수용가능한 범위내에 있으므로 4종류 레진 시멘트의 색조 안정성은 비교적 우수하다고 사료된다.

참고문헌

1. Highton R, Caputo AA, Matayas ASD. A photoelastic study of stresses on porcelain laminate preparations. J Prosthet Dent 1987;58:157-161.
2. Quinn F, McCornell RJ. Porcelain laminates: A review. Br Dent J 1986;161:61-65.
3. Calamia JR. Etched porcelain veneers: The current state of the art. Quintessence Int 1985;1:5-12.
4. McCornell RJ, Boksmann L, Jones G. Esthetic restoration of a primary canine on the adult dentition by means of an etched porcelain veneer. Report of a case. Quintessence Int 1987;18:121-124.
5. Dumfahrt H, Schaffer H. Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service: Part II -clinical results. Int J Prosthodont 2000;13:9-18.
6. Anusavice KJ. Philips' Science of Dental Materials. 11th ed., Saunders, Missouri, USA, 2003;443-494.
7. Craig RG. Restorative Dental Materials. St Louis: Mosby-Year Book, 1993;200-201.
8. Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. Int J Prosthodont 1995;8:51-55.
9. Nathanson D, Banasr F. Color stability of resin cements-an in vitro study. Pract

- Proced Aesthet Dent 2002;14:449-455.
10. Hekimoglu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *Int J Prosthodont* 2000;13:29-33.
 11. Buonocore MGA. Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-53.
 12. Bowen RL. Synthesis of a silica-resin direct filling material. *J Dent Res* 1958; 37:90.
 13. Rochette A. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1973;30:418-23.
 14. Greggs TS. Method for cosmetic restoration of anterior teeth. United states patent No. 4,473,353. Filed 15 April 1983; Date of patent 12 September 1984.
 15. Calamia JR, Simonsen RJ. The tensile bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 1983; Abstract 1154.
 16. Calamia JR, Simonsen RJ. The effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 1984;63:162.
 17. Schneider PM, Messer LB, Douglas WH. The effect of enamel surface reduction in vitro on bonding composite resin to permanent human enamel. *J Dent Res* 1981; 60:895-900.
 18. Davis BK, Auilino SA, Lund PS, Diaz-Arnold AM, Denehy GE. Colorimetric evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 1992;5:130-136.
 19. Terada Y, Macyama S, Hirayasu R. The influence of different thicknesses of dentin porcelain on the color reflected from thin opaque porcelain fused to metal. *Int J Prosthodont* 1989;2:352-356.
 20. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II : Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973; 29:556-566.
 21. Goodkind RJ, Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. *J Prosthet Dent* 1992; 67:713-717.
 22. Culpepper WD. A comparative study of shade matching procedure. *J Prosthet Dent* 1970;24:166-173.
 23. O'Neal SJ, Powell WD. A comparative study of shade matching procedures. *J Prosthet Dent* 1984;63:174.
 24. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standard. *J Dent Res* 1985;64:837-841.
 25. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42:96-105.
 26. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
 27. 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.
 28. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990; 69:1180-1183.
 29. Lund TW, Schwabacher WB, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of the relationship between body porcelain color and applied metallic oxide pigments. *J Prosthet Dent* 1985;53:790-796.

30. Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials. 11th ed. St, Louis: Mosby, 2002:191.
31. Chon YJ, Cho SS. Color differences between resin composites before-and after-polymerization, and shade guides. J Korean Acad Conservatives 1999;24:299-309.
32. Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont 1995;8:479-85.
33. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. J Prosthet Dent 1999;82:143-149.

Reprint request to:

Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University
8, Hak-Dong, Dong-Gu, Gwangju, 501-757, Korea
msvang@chonnam.ac.kr

ABSTRACT

A STUDY ON THE COLOR STABILITY OF RESIN CEMENTS LUTED FOR PORCELAIN LAMINATE VENEER

Young-Woon Kim, D.D.S, Ha-Ok Park, D.D.S., Ph.D., Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D.,
Hong-So Yang, D.D.S., Ph.D., Sang-Won Park, D.D.S, Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam University

Statement of problems: Long-term success of esthetic restorations, depends on various factors, especially on color stability of the restorations. The color stability is affected by resin cements beneath the porcelain laminate veneers.

Purpose: The purpose of this study was to comprehend the color stability of resin cements by comparing with 4 different kinds of resin cements (Choice, Variolink II, Nexus 2, Rely-X).

Material and methods: Porcelain laminate disk samples were luted with resin cements. After thermocycling of each 1000, 2000 and 3000 cycle, specimens were measured by spectrophotometers and the color differences were.

Results:

1. After thermocycling of 1000, 2000 and 3000cycle, color difference, (ΔE^*) of all specimens were increased, but were not statistically significant differences.
2. In the Choice of A1 shade and the Nexus 2 of A3 shade, color difference(ΔE^*) after thermocycling of 3000cycle was increased significantly than after thermocycling of 1000cycle. However, other groups did not show any statistically significant differences ($P < 0.05$).
3. After thermocycling of 3000cycle, color difference(ΔE^*) between A1 shade and A3 shade of Nexus 2 showed statistically significant difference. However no statistically significant differences were observed in other groups ($P < 0.05$).
4. The mean of color difference(ΔE^*) is 1.0-2.06 after 3000 thermocycling and the data were ranked in the ascending order of Variolink II, Nexus 2, Choice and Rely-X in A1 shade group and Choice, Rely-X, Variolink II and Nexus 2 in A3 shade group.

Conclusion: Above results revealed that, after 3000thermocycling, the color difference (ΔE^*) of experimental resin cements was within clinically acceptable ranges. Color stability of 4 different resin cements was comparatively excellent.

Key words : Color stability, Resin cement, Porcelain laminate veneer, Thermocycling