

금속하부구조물이 도재의 색조에 미치는 영향에 대한 분광측색분석

경희대학교 치과대학 보철학교실

이수옥 · 우이형 · 최대균 · 권금록

I. 서 론

지금까지 치과계에서는 자연치아를 삭제하고 수복하는 과정 중에서 가장 안정되고 심미성을 만족하는 재료를 찾기 위하여 노력하여 왔고, 그러한 노력의 일환으로 17세기 프랑스의 치과의사 Fierre Fauchard에 의하여 도재가 언급된 이후 많은 사람들에게 의하여 도재의 치과응용에 대한 연구가 이루어져 왔다.¹⁾ 1887년 Land가 백금박 기법을 사용하여 처음으로 전부 도재관을 제작하였고, 1960년대 이후로 도재 용착 주조관의 도입으로 타 수복물에 비하여 월등한 심미성과 강도의 증가를 가져왔다.^{1,2)} 금속도재 수복물은 40여 년간 치과임상에서 광범위하게 사용되어 왔으며, 발전을 지속하여, 도재-금속간의 결합력이나 파절저항 등에 있어서는 임상적으로 받아들여 질 만큼의 기계적 성질을 지니고 있다.³⁾ 그러나 금속변연의 노출, 치은조직의 착색, 투명도의 감소등이 심미적 회복의 한계로 지적되어 왔으며, 이와 함께 생체적합성과 환경친화적인면에 있어서도 문제점이 제기 되었다.⁴⁾ 이를 해결하기 위해 1980년대 이후로 전부 도재관에 대한 활발한 연구와 발전이 이루어져 왔으며, 또한 도재금속 수복물에 사용되는 금속에 있어서, 생체적합성이 있는 금속의 사용에 대한 노력이 있어왔다.⁵⁾

이의 일환으로 금속 도재 수복물에 있어서 하부 금속구조물의 제작에 있어 순금을 사용하여 전기 주형법으로 구조물을 제작하는 방법이 시도되었는데, Electroforming 또는 galvanofarming은 전극에 전류

를 흐르게 하여 전기 에너지를 이용해 금속 이온을 축적시키는 방법으로, 보석산업에 사용되던 전기도금법을 치과학 분야에 응용한 것이다. 구조한 금속으로 구조물을 제작하는 경우, 치밀한 구조물을 제작할 수 없는 반면에 전기 주형법을 통해 구조물을 제작하는 경우 치밀하고 변형이 없는 구조물의 제작이 가능하다.⁶⁾

99%의 순금은 생체친화적이며, 연한 황색의 색조를 가지게 되는데, Lecardonnel⁷⁾은 1989년 'Sunrise Gold foil jacket crown'에서 얇은 순금의 하부구조물이 수복물의 심미성을 증진시키고 조화가 잘 되는 색조를 얻어내기가 용이하다고 보고하였다. 도재의 금속하부구조물의 색조가 도재의 색조에 미치는 영향에 대해 분석한 연구는 있어왔으나,^{8,9)} Electroforming System을 이용한 순금의 금속하부구조물에 대한 연구는 미미하였다.

색조를 비교 분석하는 방법에는 직접적인 관찰법이 있으나, 이는 주관적이며 관찰하는 개인에 따라, 빛의 상태에 따라 색을 인식하는데 있어서 많은 오차가 있어 평가에 객관성을 유지하는데 있어서 어려움이 있다. 이러한 시각적 오차가 없이 객관적으로 비교 분석하기 위한 방법으로 분광측색 분석이 있는데, 이것은 서로 다른 색의 분광반사율을 측정하여 이를 숫자로 환산하는 것으로,¹⁰⁻¹²⁾ 이를 측정하는 장치로 분광측색장치(spectrophotometer)가 있다. 또한 색조에 대한 정량적 분석을 위해서는 색조를 수치로 나타내는 색체계가 필요한데, 1978년 국제 조명 위원회(Commision Intenationale de J'Éclairage)

Table 1. Classification of materials used in the study

Alloy	Talladium Tilit [®] Ceramic alloy (Ni-Cr) Degudent [®] H (Au-Pt)
Gold Electroforming System	GAMMAT [®] free
Porcelain	Vita omega 900 (paste opaque porcelain)
Measuring Device	Chroma Meter CR-200

에 의해 개발된 CIE L*a*b* 색체계는 색조를 L*, a*, b*의 3가지의 빛의 속성을 사용하여 정성적 및 정량적으로 색조를 비교 분석이 가능하며 연구 목적으로 적합한 색체계이다.

본 연구에서는 순금의 색조와 다른 합금의 색조가 도재의 색조에 어떠한 영향을 미치는 지에 대하여 객관적으로 비교해 보고자 함을 그 목적으로 하였으며, 분광측색장치를 이용하여 CIE L*a*b* 색체계로 금속하부구조물에 따른 도재의 색조 차이를 비교 분석하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 두 가지의 주조용 합금 구조물과 Gold electroforming system(GAMMAT[®] free, Gramm Technik Co.,Tiefenbronn-Muhlhausen, Germany)을 이용한 구조물로 시편을 각각 제작하였으며, 주조용 합금은 다시 귀금속과 비귀금속, 각각 두 종류의 합금을 사용하였다. 사용된 주조용 합금은 비귀금속으로 Talladium[®] tilite Ceramic Alloy(Talladium Inc., New York, U.S.A.), 귀금속으로는 금이 함유된 Degudent[®] H(Degussa-H ls AG., Germany)를 각각 사용하였으며, 순금 시편을 제작하기 위해 금전해질(Ecolyt SG 100, Gramm Technik Co.,Tiefenbronn-Muhlhausen, Germany)을 사용하여 이를 GES를 사용하여 제작하였다(Table 1). 실험에 사용된 도재는 Omega 900 opaque porcelain(Vita Co.,M chen, Germany))을 사용하였으며, 색조를 객관적으로 측정하기 위한 장치로 Chroma meter CR-200(Minolta Co.,Chuo-ku,Osaka, Japan)을 사용하였다(Fig. 1).

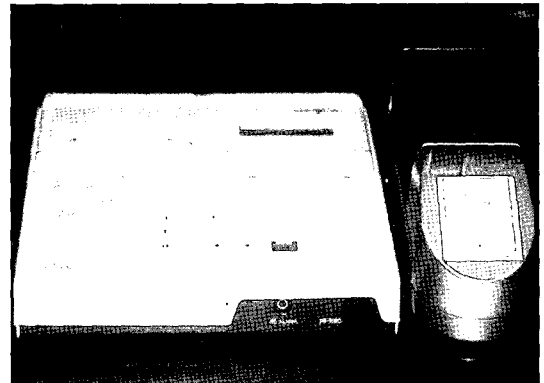


Fig. 1. Chroma Meter CR-200 used in this study (Minolta Co, Chuo-ku, Osaka, Japan)

2. 시편제작

가. 주조금속 시편의 제작

주조 금속시편은 직경 1cm의 주형을 제작한 후 (Fig. 2) 두께 0.4mm의 판형왁스(sheet wax)를 사용하여, 원형(pattern)을 제작한 후(Fig. 3), 이를 각각 비귀금속군의 경우 매몰재(fujivest II, GC Co., Japan)에 제조사의 지시에 따라 분말 대 용액 비가 90:10이 되도록 하여 매몰하였으며, 귀금속군의 경우 같은 매몰재를 사용하여 분말대 용액비가 50:50이 되게 하여 매몰 하여, 각각 800도에서 소환, 주조하였다.

주조된 금속은 125 μ m 입자 크기의 산화 알루미늄(aluminium oxide)으로 2기압하에서, 시편의 중앙에서 약 2cm의 거리에서 20초간 시행하여 마무리하였다.

나. 순금 시편 (Gold electroforming system)의 제작 시편제작을 위해 제작한 주형을 폴리비닐실록산(polyvinylsiloxane - GC Co., Japan) 인상재를



Fig. 2. Metal mold used in making wax pattern in this study

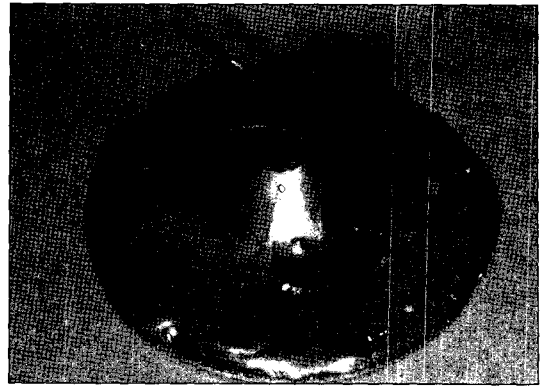


Fig. 3. Completed wax pattern before it is cast.

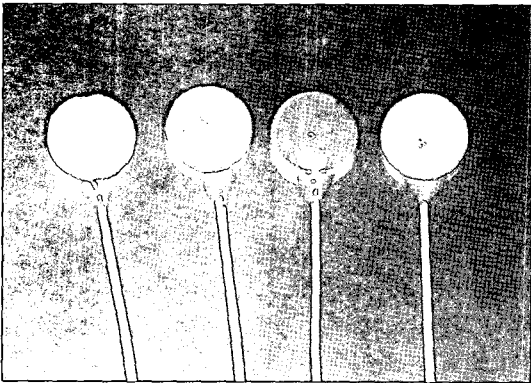


Fig. 4. Duplicated stone model connected with copper wire and painted with silver lacquer.

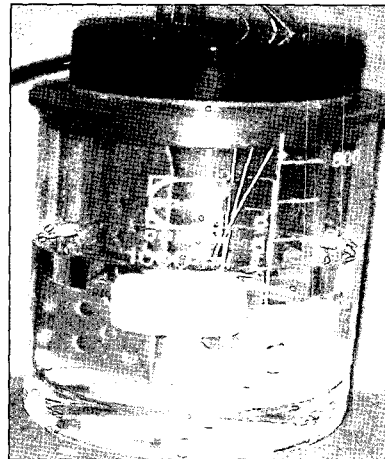


Fig. 5. Electrolyte and activator are added for electroforming.

이용하여 복제를 한 후, 여기에 제조사의 혼수비 지시에 따라 강화석고(GC Co., Japan) 모형을 제작하였다. 동선(Copper wire white, Gramm Co., Germany)을 모형에서 금이 침착 될 면의 1mm 하방에 tapered fissure bur를 이용하여 구멍을 형성한 후 여기에 동선을 연결하였다(Fig. 4).

금의 침착을 위해서 모형의 금이 침착될 면에 전도 은(Silver lacquer, Gramm Co., Tiefenbronn-Muhlhausen, Germany)을 도포하고, 시편 당 전해질(Ecolyt SG 100, Gramm Co., Tiefenbronn-

Muhlhausen, Germany) 40ml와 제조사의 지시에 따라 촉진제(Activator SG 100, Gramm Co., Tiefenbronn-Muhlhausen, Germany)를 첨가한 후, Gold electroforming system을 이용하여 전기주형(electroforming)을 시행하였다(Fig. 5).

시편 두께는 0.2mm에서 0.4mm의 범위로 제작되었으며, 시편을 모형에서 분리하고, 50 μ m의 산화 알루미늄을 2기압 하에서 시편 중앙에서 약 2cm 떨어진 거리에서 20초간 모래분사(sandblast)를 시행하여 시편을 마무리하였다.

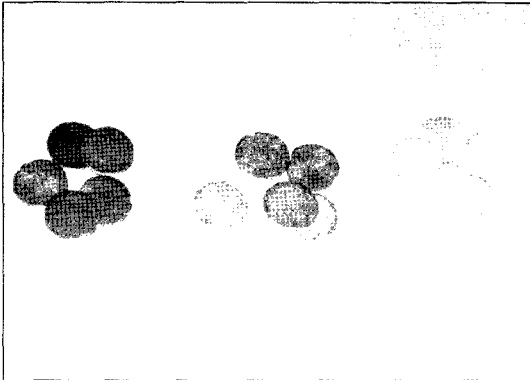


Fig. 6. Finished specimens- from left group 1, group 2, group 3 in turn.

3. 실험군의 설정

비귀금속군(base metal alloy)을 제1군, 금합금(high gold alloy) 군을 제2군, Gold electroforming system을 이용한 순금 군을 제 3군으로 설정하였으며, 시편 수는 군 당 10개로 설정하였다(Fig. 6).

4. 불투명 도재의 도포

불투명 도재(opaque porcelain)는 두 번에 나누어 측정하였으며, 모든 시편의 불투명 도재를 동일한 기술자가 도포하였으며, 군 간의 불투명 도재의 동일성을 검증하기 위해, 불투명 도재를 측정 후 1/100mm단위까지 측정이 가능한 전자캘리퍼(digital caliper)를 사용하여 시편 당 3회 측정하였으며(Fig. 7), 분산분석(one way ANOVA test)을 시행하여 군 간의 유의차가 없음을 검증하였다.

불투명 도재를 한 번 도포하였을 때 평균적인 두께는 0.08mm였으며, 두 번 도포한 평균적인 두께는 0.15mm였다($p < 0.01$).

5. 분광측색장치를 이용한 색측정

본 연구에 사용된 측색 색체계는 Chroma Meter CR-200(Minolta Co,Chuo-ku,Osaka, Japan)으로 동남아 지역에서 밝은날 오전 11시를 기준으로 하는 광원인 C광원(6774K)를 사용하였다. 색조측정을 위하여 표준백색판으로 영점을 조정한 후, 5mm의

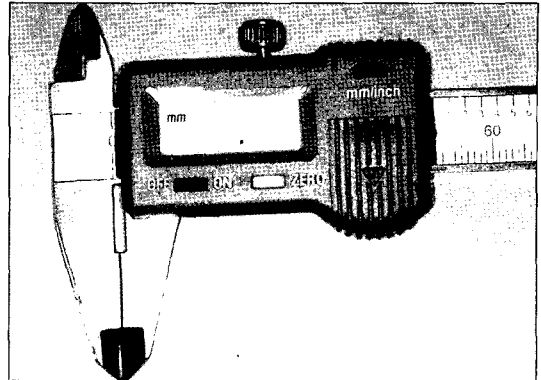


Fig. 7. Digital caliper used for measuring the thickness of opaque porcelain.

측정경에 시편을 밀착시킨 후, 시편마다 각 각 다른 3개 부위를 측정하여 색공간 좌표인 L^*, a^*, b^* 값을 구하였다.

6. 단계별 색측정

시편은 군마다 실제적인 도재 측정의 과정에 따랐으며, 군 별로 거기에 해당되는 과정에 따라 총 4회의 색을 측정하였으며, 단계별로 군간의 색조 차이를 비교 분석하였다. 1차 색측정은 시편 마무리 직후의 색조를 측정하였고, 2차 색측정은 도재를 측정하기전의 전처리 과정 후 측정하였다. 비귀금속의 경우 도재 측성을 위한 전처리 과정이 없어 1차 색측정과 2차 색측정 값을 동일하게 사용하였다. 금합금군의 경우 도재 측정 전에 디개싱(degassing)을 시행한 후, Gold electroforming system을 이용한 시편군의 경우, gold bonder를 도포한 후, 2차 색측정을 시행하였다.

3차 색측정은 평균 0.08mm로 불투명 도재를 한 번 도포한 후 시행하였고, 4차 색측정은 평균 0.15mm 두께로 불투명 도재를 두 번 도포한 후 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 군별 L^* 수치 분석

1차 및 2차 측정 시에는, 1군(base metal)이 가장 낮고, 3군(pure gold)에서 가장 높게 나타났으며,

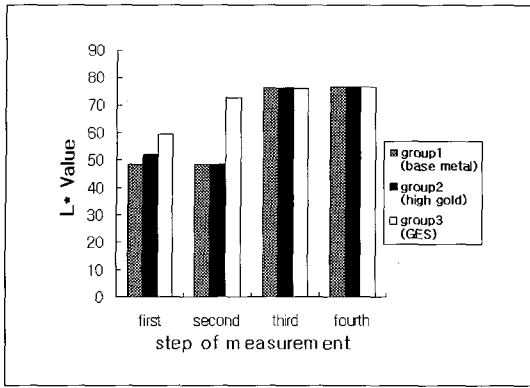


Fig. 8. Comparison of L* value of each measurement

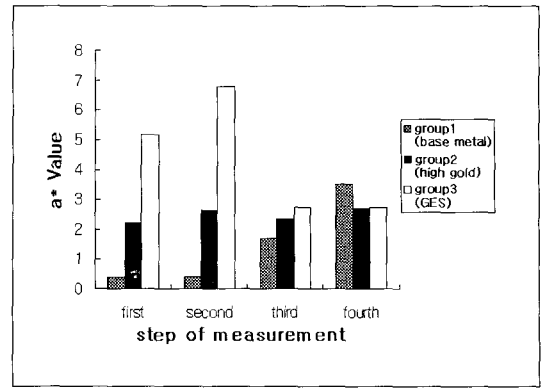


Fig. 9. Comparison of a* value of each measurement

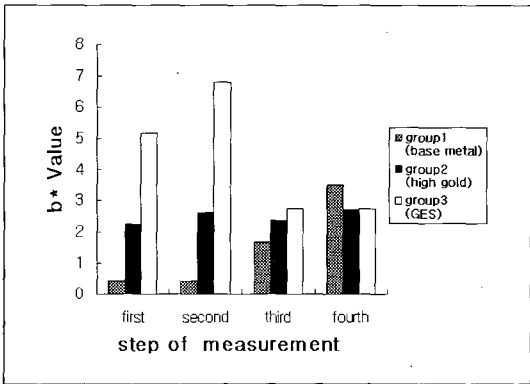


Fig. 10. Comparison of b* value of each measurement

gold bonder를 도포한 후 더욱 높게 나타났다. 1군은 전처리 과정이 없이 1차 측정과 2차 측정값이 동일하였다. 불투명 도재 도포 후, 1군과 2군이 3군보다 높아졌으며, 4차 측정시의 값은 유사하였다.

즉, 색조의 밝기는 순금을 사용한 3군이 불투명 도재를 도포하기 전에는 가장 밝았으나, 0.08mm의 불투명 도재를 도포한 후에는 3개의 군의 밝기는 유사했다(Fig. 8).

2. 군별 a*, b*수치 분석

1차 및 2차 측정 시에는, 3군-2군-1군의 순서로 높은 수치를 나타내었으며, 이것은 높은 순서대로 적

색과 황색의 경향을 나타냄을 보여 주며, 이것은 3군의 가장 채도가 높음을 의미한다. 불투명 도재를 도포한, 3차 측정 시에는 a* 수치가 3군이 가장 높게 나타났으며, 이것은 3군이 적색의 경향을 나타냄을 의미한다(Fig. 9).

b*수치는 3차 측정 시에, 유사한 수치를 나타냈으며, 4차 측정 시에는 a*, b*값이 모두 유사한 수치를 나타내었다(Fig. 10).

즉, 3군-2군-1군의 순서로 채도가 높았으나, 불투명 도재의 두께가 증가하면서 채도의 차이는 감소하였다.

3. 통계분석

통계분석을 위해서 윈도우즈용 통계처리 프로그램 SPSSWIN Version 8.0을 사용하였다. 계측 시기별로 군 간의 L*, a*, b*값을 각각 분산 분석으로 군 간의 유의차가 있는 지 검정하였으며, 군 간의 유의차가 있는 경우, 사후검정으로 Sheffe 검정을 시행하여, 어느 군에서 유의차가 있는 지를 검정하였으며, 신뢰도는 95% (P < 0.05)로 설정하였다. 1차 측정 시에는 모든 항목에서 군 간의 유의차가 있었으며, 2차 측정 시에는 L* 수치에 있어서 1군과 2군이 유의차가 없고 나머지 모든 항목에서 유의차가 있었으며, 3차 측정 시에는 a* 값에 있어서 1군과 2군 및 1군과 3군에서 유의차가 있고, 나머지 모든 항목에서는 유의차가 없었다.

3차 측정 시에 a*값에 있어서 2군과 3군의 경우 유

Table II. Comparison of mean value of L*, a*, b* in each steps

step of color measurement	group	L*	a*	b*
first color measurement (finished)	1	48.54	0.40	3.82
	2	51.99	2.23	7.75
	3	59.35	5.17	27.70
second color measurement (pre-conditioned)	1	48.54	0.40	3.82
	2	48.52	2.63	7.81
	3	72.70	6.80	39.7
third color measurement (0.08mm opaque porcelain)	1	76.51	1.68	17.11
	2	76.40	2.35	16.85
	3	76.18	2.73	17.21
fourth color measurement (0.15mm opaque porcelain)	1	76.76	3.51	17.64
	2	76.90	2.71	17.65
	3	76.68	2.74	17.60

- * : significantly different (P < 0.05)

Table III. Comparison of ΔE value between third and fourth measurement

group	ΔE
1	1.92
2	1.01
3	0.63

의차가 없었으나 유의수준 P값을 0.01로 설정하여 점정한 경우 유의차가 있게 나타났다.

4차 측정 시에는 a*값에 있어서 1군, 2군 및 1군, 3군에서 유의차가 있었으며, 나머지 모든 항목에서는 유의차가 없었다. 3차 측정시의 a*값은 3군에서 평균치가 가장 높아 적색의 경향을 가졌으며, 4차 측정 시에는 1군이 평균치가 가장 높게 나타났다(Table 2).

L*, a*, b*수치는 3차원 색공간의 좌표를 의미하는데 E는 두가지 다른색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 수치이며, 색차방정식

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

($\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$, $\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$, $\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$)로 값을 구하였다.

본 연구에서는 3차 측정값과 4차 측정값의 ΔE 수치를 비교하였다(Table 3).

비교치는 3군에서 가장 낮은 수치를 나타내었다.

IV. 총괄 및 고안

금속도재수복물은 40여 년간 치과의학에 광범위하게 사용되어온 심미수복 재료이다. 그러나 최근에 와서 금속도재수복물에 사용되는 도재의 심미성과 생체적합성에 대한 문제점이 제기되고 있다⁴⁾ 심미적이고 생체적합성이 있는 수복물 제작하려는 노력의 일환으로 순금을 금속도재수복물의 하부 구조물로 사용하려는 노력이 있어왔다.⁷⁾ Gold electroforming system은 전기분해의 원리를 이용하여 순금을 작업 모형에 적층시켜 주조 금속보다 치밀한 분자구조를 가지는 금속하부구조물로 사용하는 것으로 1990년에 치과산업에 처음으로 소개되었다. GES는 99%의 순금을 사용하며 매우 정밀한 적합성을 가지는 고정성 보철물 및 텔레스코픽(telescopic) 의치를 제작할 수 있다. 이 시스템은 0.2mm의 균일한 두께를 가지며, 평균 19μm의 marginal gap을 가지는 하부구조물(coping)을 제작할 수 있으며, 순금을 사용하므로

알려지 반응이나, 지난 몇 년간 당면해 온 니켈, 베릴륨, 팔라듐과 같은 금속을 포함한 금속과 관련된 인체 유해작용을 가져오는 잠재성을 감소시켰다. GES 수복물은 삭제량이 최소한이라도 심미적인 수복물을 제작할 수 있는 잠재성을 가지고 있으며, 하부구조물의 순금의 색상은 불투명 도재에 의해 좀 더 쉽게 차단되며, 더 나은 색의 깊이를 가지게 된다.⁶⁾

그러나 순금의 색조가 도재에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 객관적인 연구는 없었다. 치아의 색조는 색상 이외에 투명도, 유백성, 형광성등의 여러 가지 요소가 관여되어 있어 실제로 정확하게 색조를 재현하는 것은 매우 어려운 일이며 객관적인 평가 또한 어렵다.^{13,14)} Douglas¹⁵⁾ 등은 색조지침(shade guide)과 도재의 색조가 일치하기 위해서는 1-2mm의 도재의 두께가 필요하다고 하였으며, Barghi¹⁶⁾은 금속의 색을 완전히 차단하기 위해서는 0.3mm의 불투명 도재가 필요하며, 색을 완전히 차단하는 것은 명도를 증가시키고 투명도를 감소시켜 원하는 색조를 얻어내는데 도움을 주지 않는다고 하였다. 또한 Peter¹⁷⁾ 등은 불투명 도재의 표면질감도 색조에 영향을 미친다고 하였다. 이렇게 색조에 관여하는 요소는 다양하지만 가장 크게 영향을 미치는 것은 금속의 색을 차단하는 것과 두꺼운 두께의 도재를 축성하는 것이다. 그러므로 하부구조물을 얇게 제작할 수 있는 GES의 경우 도재를 두껍게 축성하는 것이 가능하므로 색조의 깊이를 부여하고 정확한 색조의 재현을 가능하게 할 수 있을 것이다. 또한 불투명 도재를 최소한으로 사용하여 금속의 색을 균일하게 차단할 수 있다면 도재의 색조에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

물체의 색이란 주어진 광원이 물체에 조사될 때, 반사, 투과, 산란, 흡수될 때 반사되는 빛을 관측자의 눈이나 측정기의 감각소자가 감지하는 것이다. 색의 측정에는 시각적 색 측정법, 물체의 삼자극치를 측정하는 자극치직독방법과 분광학적 특성을 측정하는 분광측색방법 등이 있다.¹⁸⁾

광범위하게 이용되는 표색계(color order system)에는 CIEL*a*b* 시스템과 Munsell 시스템이 있는데 Munsell 시스템은 색상, 명도, 채도의 3가지 변수에 의해 3차원 좌표로 표현해 색을 정의하는 것이다.^{10,19-21)} 이는 표준화된 색을 이용하여 육안적으로 색을 규명하는 것이다. CIEL*a*b* 시스템은 가시영

역의 스펙트럼에서 X, Y, Z의 3 자극치를 구해 색조 분석기에 의해 3차원의 색공간에서 좌표화하여 색을 규정하는 것으로 1976년 국제조명위원회(Commission Internationale de J'Eclairage)에 의해 채택되었으며, 색조는 CIE-LAB색 측도를 이용해서, 가시스펙트럼의 수개의 파장에서 3자극치를 측정하여 구하는 것이다.

이 시스템은 Lightness(L*), Red-Green(a*), Yellow-Blue(b*)의 요소를 지닌 3차원적 색공간을 나타낸다. L*(Luminance)은 명도를 나타내고 0부터 100까지이며 a*는 적색, 녹색의 정도를 나타내는 지표로서 -60부터 80까지로서 값이 양의 값일 때 적색, 음의 값일 때 녹색에 가까우며 b*는 황색, 청색의 정도를 나타내는 지표로서 범위는 -80부터 60까지이며 값이 양의 값이면, 황색, 음의 값이면 청색에 가까움을 나타낸다(Fig. 11).

Munsell 표색계는 치아색조지침에서 색을 표현하는 방법으로 표준이 되고 있다. 그러나, ADA표준에서 채택되는 치아색조지침은 ΔE^*ab 로 표현된다. O'Brien 등은 Munsell 표색계로부터 ΔE^*ab 를 구하는 공식을 개발했는데 이런 전환은 미세한 색차를 평가하는데 효과적이고, 시각적으로 볼 때 명백한 조화나 부조화를 객관적으로 입증하는데 도움을 줄 수 있다.²²⁾

Macentee²³⁾에 의하면 색측정 방법에는 술자의 시각에 의존하는 정성적인 분석방법과 기계를 사용하는 정량적인 방법이 있다. 여기에는 분광측정기를 이용해 분광반사율(Spectral Reflectance)이나 분

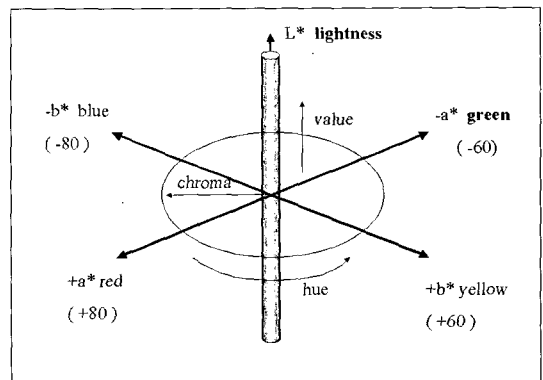


Fig. 11. Relationship between CIEL*a*b* and hue, chroma, value

광투과율(Spectral Transmittance)을 측정하여 색체계 표시로 전환시켜 색측정을 하거나 3차원 색체측정계를 이용하여 CIE에서 규정한 표준광원을 조사시켜 반사광을 3개의 여과기로 분석하여 수치로 표현할 수 있다.¹¹⁾

Seghi등⁵⁾은 두 개의 분광측색장치(Spectrophotometer)와 두 개의 삼자극치 측색체계를 사용해 도재의 색조를 측정하여 서로 비슷한 결과를 보였다고 연구한 바 있다.²⁴⁾

ΔE 값의 해석에 대하여 Crispin등¹²⁾은 ΔE 값이 2일 때를 육안으로 식별 가능한 기준점으로 삼아, 2 이상인 경우는 식별 가능한 상당한 색의 변화가 존재한다고 주장했고, Seghi는 인간의 색 감각은 피로도, 나이, 감정상태 등에 의하여 제한 받지만 2개의 물체의 색 차이를 인지하는 능력은 매우 높아서 아주 작은 색 차이도 감지할 수 있다고 하였다. 하지만 이 색 차이의 양과 정도를 구분하는 능력은 전문가와 비전문가 사이의 차이가 크다고 하였고,²⁵⁾ 23명의 치과의사와 4명의 기공사의 시각적 측정과 색체계(colorimeter)에 의한 측정을 비교해 보는 실험에서 E 값이 2이상인 경우 모든 관찰자들이 색 차이가 난다고 올바르게 판정했으며, 2이하일 경우에는 판정에 오차가 존재했다고 발표하였다. 즉 숙련가에 있어서 색 차이를 인식할 수 있는 ΔE 판정값은 2라고 해석하였다.²⁶⁾ O'Brien등²⁷⁾은 ΔE 의 값이 1이하일 경우 우수하고(excellent), 2이하일 경우 임상적으로 받아들여질 만 하며, 3.7 이상일 경우에는 임상적으로 눈에 의해 확연히 구별될 수 있다고 하였고, Goldstein등²⁸⁾은 ΔE 의 차이가 0.4이상만 돼도 고도로 숙련된 인간의 눈에 의하여 색차를 구별할 수 있다고 말하였다. 미국 치과의사 협회(ADA)는 E 값이 2일 때를 색차를 구별할 수 있는 기준값으로 규정하고 있다.²⁹⁾

본 실험에서 불투명 도재를 0.08mm의 두께로 측정 후 측정된 3차 측정 시의 L^* 수치와 불투명 도재를 0.15mm의 두께로 측정 후 측정된 4차 측정 시의 L^* 수치를 비교해 보았을 때 모든 군에서 수치가 증가하였음을 볼 때, 불투명 도재가 두꺼워 질수록 명도는 증가함을 알 수 있어, Barghi등¹⁶⁾의 연구결과와 동일하게 나타났음을 알 수 있었다. 불투명 도재의 색조 자체는 투명도를 가지고 있지 않으므로 두껍게 도포할 수록 불투명도는 증가하며, 이것은 최종 도재의 색조에 투명도를 감소시킴을 알 수 있

었다. 또한 금합금 군과 비귀금속 군에 있어서 불투명 도재의 측정 후에 색조의 차이가 나는 것은 Brewer등⁸⁾의 연구결과와 일치 하였으며, 금합금 군과 순금 군에 있어서는 유의한 차이가 없게 나타났으나, 유의수준 0.01%로 검정하였을 경우에는 유의 차이가 나타나 금합금과 순금에 있어서도 색조의 차이가 있음을 알 수 있었다.

연구실험의 결과에서 순금을 사용한 3군의 경우 불투명 도재를 1회 도포한 색조와 2회도포한 색조의 차이가 가장 적게 나타났으며, 색차 방정식을 이용한 색조의 차이 ΔE 값은 0.63으로 미국치과의사 협회에서 기준값으로 규정하는²⁹⁾ 수치인 2 보다는 작은 색의 차이가 존재하였지만, Goldstein등²⁸⁾은 ΔE 의 차이가 0.4이상만 되어도 색의 구별이 가능하다고 하였으므로 다른 군에 비하여 색차가 적다고 할 수 있었으며, 1회 도포만으로도 임상적으로는 무시할 만큼의 색차를 가짐을 알 수 있어, 적은 두께의 불투명 도재로도 금속의 색을 차단할 수 있다고 말할 수 있을 것이다.

실제적으로 순금의 색상 자체는 a^* 와 b^* 수치가 합금을 사용한 군보다 높게 나타났는데, 즉 이것은 채도가 높다는 것이며, 또한 Munsell 시스템의 YR의 색조에 해당하는 적색과 황색의 성분을 가지고 있으므로 자연치의 색조공간에 해당되는 색상을 지니며, 자연치의 색상 보다는 채도가 강하다는 것을 알 수 있었다. Lloyd Miller¹⁹⁾는 색상, 명도, 채도중 가장 조절이 용이한 것은 채도라고 하였으며, 특히 도재 측성을 함에 따라 채도를 떨어뜨리는 것이 더욱 용이하다고 하였다.

그러므로, 얇고, 순금의 색조를 지니는 순금의 하부구조물은 도재를 측정함에 있어서 심미성을 달성하기에 용이하다고 말할 수 있는데, 그 이유는 첫째, 얇은 두께로 금속하부구조물의 제작이 가능하므로 도재를 측정할 수 있는 두께를 많이 부여할 수 있으며, 도재의 두께가 두터울수록 색조지침의 색조와 유사한 색조를 표현할 수 있다. 둘째, 치경부는 식체를 많이 하기가 힘든 경우가 많으며, 특히 치경부에서 얇은 불투명 도재의 측정으로 적색의 성분을 다른 합금에 비해 더욱 많이 지닐 수 있으므로 치경부의 색조 재현이 용이하며, 셋째, 순금의 색조 자체가 치아의 색조계열이며, 적은 두께의 불투명 도재로 금속의 색조를 차단 할 수 있으므로 치아의 색조 재

현이 용이하다고 할 수 있을 것이다.

심미적인 도재 수복물을 제작하는 것은 기술적인 요소와 예술적인 요소를 포함하고 있어서 객관적으로 심미성을 평가하기는 어렵다. 불투명 도재가 금속의 색을 어느 정도 차단하며, 최종도재의 심미성에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 객관적 연구뿐만 아니라 동일한 조건 하에서 최종도재의 색조가 심미성에 있어서 어떻게 영향을 받는지에 대한 주관적인 연구 또한 필요하며, 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다고 생각되었다.

V. 결 론

1. 불투명 도재를 도포하기 전, 각 군의 색조를 측정 한 결과, 순금인 3군에서 명도와 채도가 가장 높게 나타났으며 비귀금속인 1군이 가장 낮게 나타났다
2. 순금을 사용한 3군의 경우, 0.08mm의 두께로 불투명 도재를 축성한 3차 측정 시, 높은 채도가 효과적으로 감소되었으며, 다른 군과 비교해 볼 때, a*값이 다른 군보다 높게 나타나 4차 측정 시의 값과 가장 유사하였다($\Delta E=0.63$).
3. 불투명 도재를 0.08mm 축성하여 색조를 측정 한 결과, L*값과 b*값은 유사하였으나, 적색-녹색의 정도를 의미하는 a* 값은 모두 양의 값을 가져 적색의 경향을 나타냈으며, 순금을 사용한 3군이 가장 높게 나타났다.
4. 0.15mm 두께의 불투명 도재를 도포한 경우, a*수치를 제외한 모든 수치는 통계적으로 유의성을 가지는 차이를 나타내지 않았다. a* 수치는 비귀 금속군인 1군이 가장 높게 나타났다.

이상과 같이, 순금을 사용할 경우 얇은 두께의 불투명 도재로 금속의 색을 차단할 수 있었으며, 이것은 최종 도재 수복물의 색조에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

참고문헌

1. Campbell, S.D. A comparative study of metal ceramic and all ceramic esthetic materials : Modulus of rupture. J Prosthet Dent 1989;62:476.
2. Crispin, B.J., Jo, Y.H., and Hobo, S.

Esthetic ceramic restorative materials and techniques In Contemporary esthetic dentistry : practice fundamentals (Crispin,B.J. eds.). Quintessence Publishing Co., Chicago 1994:155-188.

3. Karl F. Leinfelder. Porcelain esthetics for the 21st century. J American dental association 2000;131:47s-51s.
4. Chae YA. A Study of Ni-resistant bacteria isolated from gingival crevicular fluid on the patients wearing Ni-Cr alloy prosthesis (In terms of molecular biological aspects) : Article, Dept. of Dentistry, Kyung-Hee Univ. 1999.
5. Rogers O.W., and Armstrong B.W. Electroforming a Gold Matrix for Indirect Inlays. J Prosthet Dent 1961;11:959-966.
6. Flemming Behrend. Gold Electroforming System : GES Restorations. J. Dent. Tech 1997;Mar:31-37.
7. Lecardonnell A. Sunrise Gold Foil Jacket Crown. Cashiers de Prothese 1989;67:62-68.
8. J.D Brewer., J.S.Glennon. and D.A.Garlapo. Spectrophotometric analysis of a non-greening, metal-fusing porcelain. J Prosthet Dent, 1991;65(5):634-641.
9. S.H. Jacobs., C.J. Goodcre., B.K. Moore. and R.W. Dykema. Effect of porcelain thickness and type of metal-ceramic alloy on color. J Prosthet Dent 1987;57:138-145.
10. Seghi R. R., Johnston W. M. and O'Brien W.J. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosthet Dent 1986;56(1):35-40.
11. Park HK and Chung CH. A study on the color of Korean natural teeth. J Korean Acad prosthodont 1988;26:185-195.
12. Crispin, B.J., Hewlett, E., and Seghi, R. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. J Prosthet

- Dent 1991;66:20-23.
13. Lloyd Miller. Organizing color in dentistry, J. American Dental Association 1987;Dec:26E-40E.
 14. C.Gale Alderma and Helen scammon. A new approach to an old problem : metal ceramic shading. Dent Survey 1978;Jan:28-34.
 15. R. Duane Douglas and Malgorzata Przybylska. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. J Prosthet Dent 1999;82:143-149.
 16. Nasser Barghi and Rafael E. Lorenzana. Optimum thickness of opaque and body porcelain. J Prosthet Dent 1982;48:429-431.
 17. Peter. S. Lund., Steven. A. Aquilino., and Donna. L. Dixon. Evaluation of the color and appearance of a new textured opaque porcelain. Int J Prosthodontics 1991;4:548-554.
 18. Youn SS, Lee SH, Yang JH, Chung HY. A study on the color change of ceramic by Pd-Ag alloy and mechanism. J Korean Acad prosthodont 1989;27:1.
 19. Bangtson L.K. and Goodkind R.J. The conversion of chromascan designation to CIE tristimulus values. J Prosthet Dent 1982;47:610-617.
 20. Kim YH. Study on the color staility of veneer resin. J Korean Acad Conservative Dentistry 1991;16:1-5.
 21. Jin TH, Cho HW and Jung IY. The influence of contamination on the porcelain color . WonKwang Dentistry 1991;2:161-170.
 22. Vander Burgt, et al. Report of the committee on scientic investigation of the American academy of restorative dentistry. J Prosthet Dent 1991;66:84-122.
 23. Macentee M. and Lakowski R. Instrumental color measurement of vital and extracted human teeth. J Oral Rehabil 1981;8:203-208.
 24. Seghi R. R. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessment of dental porcelains. J Dent Res 1990;69(5): 1180-1183.
 25. Seghi, R. R., Johnston W.M., and O'Brien, W.J. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. J Dent Res 1989;68(12):1755-1759.
 26. Seghi, R. R., Hewlett, E.R., and Kim, J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. J Dent Res 1989;68(12):1760-1764.
 27. O'Brien, W.J., Groh, C.L., and Boenke, K. M. A new, small-color-difference equation for dental shades. J Dent Res 1990; 69(11):1762-1764.
 28. Goldstein, G.R., and Schmitt, G.W. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 1993;69: 616-619.
 29. Wozniak, W.T. Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides. American dental association, Chicago. 1987:1-2.

Reprint request to:

Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University
#1, Hoigi-Dong, Dongdaimun-Gu, Seoul, 130-701, Korea
yhwoo123@daum.net

ABSTRACT

SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF METAL SUBSTRATE ON THE COLOR OF CERAMIC

Su-Ok Lee, D.M.D., Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.,
Dae-Gyun Choi, D.M.D., D.D.Sc., Keung-Rok Kwon, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University

Statement of problem

Metal-ceramic restorations have been used extensively by dental clinicians for nearly 40 years. Strength and functional ability of metal-ceramic restorations are proved to be satisfying. However esthetics and biocompatibility of metal alloy which is used in metal-ceramic restoration is not ideal. Using pure gold as an alternative, have advantage of esthetics, biocompatibility over conventional metal alloy. But there had been little article which studied on the color effect of pure gold on final porcelain color.

Purpose

The purpose of this study was to spectrophotometrically evaluate the difference between color of metal alloy(Au-Pt, Ni-Cr) and pure gold, during color masking procedure with opaque porcelain and to analyze the differences.

Material and Methods

Three types of metal - base metal(Ni-Cr), high gold alloy(Au-Pt), pure gold(GES) - specimen were fabricated 1cm in diameter. Four steps were established - after finishing, after pre-conditioning, after application of first opaque porcelain(0.08mm in thickness), after application of second opaque porcelain(0.15mm in thickness)- and tested color with spectrophotometer every each steps and analyzed with CIEL*a*b* color order system. One-Way ANOVA test was used to find out if there were significant differences between groups tested and Shaffe multiple comparison was used to identify where the differences were.

Results

1. After finishing and pre-conditioning, pure gold(GES) group showed most high values in L*,a*,b*.
2. After application of first opaque porcelain(0.08mm in thickness), after application of second opaque porcelain(0.15mm in thickness), pure gold(GES) group showed the least difference in L*,a*,b* values and the lowest ΔE value($\Delta E=0.63$).

3. After application of first opaque porcelain and after application of second opaque porcelain differences that were significant ($P < 0.05$) between groups were found only in a^* values.
4. Base metal alloy group showed the lowest a^* value in test after application of first opaque porcelain and the highest value in test after application of first opaque porcelain

Conclusion

Pure gold group and high gold group showed higher a^* values than base metal group when tested after 0.08mm thickness of opaque porcelain was applied and pure gold group showed much similar L^* , a^* , b^* values between 0.08mm thickness and 0.15mm thickness of opaque porcelain. This meant that pure gold was more easily masked by opaque porcelain than the other two groups.