DOI : 10.5392/JKCA.2010.10.12.236

치과용 레이저 선택가공 금속체의 도재 소성단계에 따른 색조변화 관찰

Evaluation of Color Change according to Process Step of Fused Porcelain to SLM Method

김치영, 정인성
부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

Chi-Young Kim(cykim@cup.ac.kr), In-Sung Chung(ischung@cup.ac.kr)

요약

심미보철의 금속-도재관은 금속소재의 하부구조에 도재를 단계별로 소성하여 제작된다. 최근 새로운 기술인 SLM법을 이용하여 하부구조를 제작하고 있다. 본 연구에서는 금속-도재관의 하부구조를 주조법과 SLM법으로 제작하고 도재를 단계별로 소성하여 도재소성단계와 제작방법에 따른 색조변화를 측색기를 이용하여 관찰하였다. 도재의 소성단계에 따른 색조변화는 불투명도재 소성한 시편군(CN1, CC1, CT1, SC1, ST1)이 몸체도재소성 시편군(CN2, CC2, CT2, SC2, ST2)과 광택소성 시편군(CN3, CC3, CT3, SC3, ST3)과 색차(ΔE=30이상)를 나타냈다($p<0.05$). 그리고 제작방법에 따른 색조관찰은 주조법으로 제작된 하부구조(CN, CC, CT)와 SLM법을 제작된 하부구조(SC, ST)간의 색차(ΔE=1.5이하)는 없는 것으로 나타났다. 따라서 도재의 소성단계에서는 몸체도재소성에서 색조가 표현되며, SLM법으로 제작된 금속-도재관의 색조는 임상적용이 가능한 것으로 판단된다.

■ 중심어 : | 레이져 선택가공법 | 치과도재용 합금 | 색조재현성 | 색조변화 |

Abstract

The porcelain fused metal was made through the progressive fused process of porcelain on substructure of metal material. The substructure was made using novel SLM method. The objective of this study was to observe the color change of porcelain using spectrophotometer equipment according to porcelain fused step and production methods after conducting the process of casting and SLM method of the substructure. The color change by step was indicated that fused opaque porcelain groups(CN1, CC1, CT1, SC1, ST1) had color difference(ΔE=30) by comparison with fused body porcelain groups(CN2, CC2, CT2, SC2, ST2) and fused glazing porcelain groups(CN3, CC3, CT3, SC3, ST3) ($p<0.05$). and there was no color difference between the substrates(CN, CC, CT) made by the casting method and the substrates(SC, ST) made by the SLM method. so, the color change was expressed by fused change of porcelain, and this study showed that the color of porcelain fused metal made by the SLM method can be applied clinical trials.

■ keyword : | SLM | Color Change | Color Reproducibility |

접수번호 : #101007-007
접수일자 : 2010년 10월 07일
심사완료일 : 2010년 12월 22일
교신저자 : 정인성, e-mail : ischung@cup.ac.kr

I. 서 론

심미성을 위하여 사용되는 치과보철은 전부도재관과 금속-도재관이 있다. 전부도재관은 심미성과 생체적합성이 우수하여 사용이 늘고 있으나 기계적 특성의 문제로 적용범위가 한정적이다. 그래서 전부도재관에 비하여 심미성이 다소 부족하나 기계적 특성이 우수한 금속-도재관을 널리 사용하고 있다[1].

금속-도재관은 금속소재의 하부구조에 도재를 소성결합하여 제작되어지며, 금속구조에 의한 지지로 기계적 특성이 우수하다. 초기의 금속-도재관은 금속의 색조로 인하여 부자연스러운 색조를 보여 심미성이 부족하였다[2]. 하지만 금속의 색조를 차단하는 불투명도재와 자연치의 광학적 특성을 구체적으로 재현할 수 있는 상아질 및 법랑질 도재가 개발되어 금속-도재관의 심미성을 보완하였다[3]. 이러한 금속-도재관의 심미성은 불투명도재와 상부도재의 두께, 도재의 분말종류, 축성기술, 광택 등의 요인으로 색조에 영향을 미치게 된다[4]. 금속-도재관의 심미성을 영향을 미치는 요인 중 불투명도재는 금속의 고유색상을 감소시키기 위하여 사용되며 불투명도재의 정도에 따라 금속-도재관의 색조에 영향을 주게 된다[5].

금속-도재관의 색조에 영향을 미치는 하부구조는 Ni-Cr계 합금과 Co-Cr계 합금과 Ti계 합금 그리고 Au계 합금을 소재로 사용하고 있다. Au계 합금은 고유의 특성으로 인하여 어두운색상의 산화막이 생성되지 않아 다른 합금에 비하여 색조재현에 우수하며 Ni-Cr계 합금과 Co-Cr계 합금 그리고 Ti계 합금은 도재 소성시 어두운 색조를 가지는 산화막이 생성되어 색조재현성을 위하여 불투명도재 도포가 요구되어진다[3].

금속-도재관의 금속하부구조는 일반적으로 납형을 이용하여 주형을 만들고 금속을 주조하는 방법으로 제작되며, 일부에서는 금속체(metal block)를 삭제(milling)하여 하부구조를 제작하는 자동화 수치제어가공법으로 제작하고 있다. 그리고 최근 개발된 레이저를 이용한 선택용융법을 적용하여 하부구조를 제작하는 레이저 선택용융가공(Selective Laser Melting, SLM)법이 소개되었다. SLM법은 기존의 금속가공산업에서 사용하는 쾌속 조형기술의 하나로 금속분말에 레이저를 조사하여 적층하는 방법으로 3차원 형상의 구조를 가공하는 기술이다[6].

이상의 소재와 제작방법으로 제작된 하부구조에 도재를 단계별로 축성 후 소성하여 금속-도재관을 제작하게 된다. 이러한 금속-도재관은 측색법에 의하여 색조를 평가하게 된다. 기존의 색조 평가는 술자가 색견본을 이용하였으나 술자의 주관적인 요인과 환경에 의한 요인으로 인하여 정성적으로만 평가되었다[5].

그래서 객관적인 색조평가를 위한 방법으로 측색기를 이용한 색조평가가 제시되었다[7]. 측색기는 먼셀의 색표계의 기반으로 국제 조명 위원회가 제정한 CIE 색조계의 원리로 측색이 이루어진다. CIE 색조계는 명도(L)과 빨강과 녹색범위(a) 그리고 노랑과 파랑범위(b)의 값을 이용하여 정량적인 색조값(ΔE)으로 제시한다[8].

측색기를 이용하여 금속-도재관의 색조의 평가한 선행 연구에서 하부구조가 Ti계 합금인 금속-도재관의 표면처리에 따라 L값과 a값의 증가한다는 보고[9]와 전부도재관과 금속-도재관의 색조관찰에서 금속소재의 하부구조를 가지는 금속-도재관의 색조가 전부도재관에 비하여 L값과 a값 그리고 b값이 감소되는 것을 보고하였다. 그리고 도재 소성의 최종단계인 광택 소성의 방법에 따라 색조의 차이가 나타났다[10].

선행 연구에 의하여 금속-도재관의 색조가 하부구조의 소재특성과 도재 소성단계가 색조에 영향을 미치는 것으로 알 수 있다. 하지만 도재 소성단계에 따른 색조평가에 대한 연구가 미비하며, 새로운 기술인 SLM법으로 제작된 하부구조의 금속-도재관의 색조평가에 관한 연구가 없는 것으로 판단된다. 그래서 본 연구에서 도재의 소성 단계에 따른 색조변화와 SLM법으로 제작된 하부구조의 금속-도재관의 색조변화를 관찰하고자 한다.

본 연구에서는 금속-도재관의 하부구조를 주조법과 SLM법으로 제작하고 도재를 단계별로 소성하여 도재 소성단계와 제작방법에 따른 색조의 변화를 관찰하고자 한다. 도재소성단계에 따른 색조변화관찰로 금속-도재관 색조에 영향을 미치는 소성단계에 대하여 분석가

능하며, 새로운 기술인 SLM법으로 제작된 금속-도재관의 색조평가분석이 가능 할 것으로 판단된다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 시편

1.1 시편 소재

색조의 변화를 관찰을 위해 주조법으로 하부구조 제작한 시편의 소재는 치과용으로 상용화된 도재용 Ni-Cr합금(Bellabond-N, Bego, Germany), Co-Cr합금(Wirobond-C, Bego, Germany), Ti합금(Tritan, Dentaurum, Germany)을 사용하였다. 그리고 SLM법으로 하부구조 제작 시편의 소재는 제작특성으로 인하여 Ni-Cr합금이 제외하고 치과용 SLM법에 사용되는 Co-Cr합금(ASTM75 powder type. MTT, Germany)과 Ti합금(Ti-6Al-7Nb powder type. MTT, Germany)을 사용하였다.

1.2 하부구조 시편 제작

색조의 변화를 관찰하기 위한 시편의 하부구조는 주조법과 SLM법으로 분류하여 제작하였다. 주조법을 이용하여 제작한 하부구조 시편은 가로 10㎜, 세로 10㎜, 두께 2㎜ 정사각판형태의 납형을 제작하고 Ni-Cr계 합금(CN군), Co-Cr계 합금(CC군), Ti계 합금(CT군)을 통법의 주조과정으로 주조체를 제작하였다. 그리고 주조체를 경면연마 후 직경 50㎛의 산화알루미늄을 사용하여 샌드블라스팅 후 10분간 초음파 세척을 실시하였다. SLM법을 이용하여 제작한 하부구조 시편은 가로 10㎜, 세로 10㎜, 두께 2㎜ 정사각판형태의 3차원 형상을 CAD를 이용하여 이미지를 구성하고 SLM장비(SLM-250, MTT, Germany)에서 Co-Cr계 합금(SC군) 분말과 Ti계 합금(ST군)분말을 이용하여 SLM가공 하였다. 그리고 가공체를 경면연마 후 직경 50㎛의 산화알루미늄을 사용하여 샌드블라스팅 후 10분간 초음파 세척을 실시하였다[표 1].

표 1. 시편 분류

시편	소성단계	소재	n
CN1	1단계	Ni-Cr계	각 5
CN2	2단계		
CN3	3단계		
CC1	1단계	Co-Cr계	각 5
CC2	2단계		
CC3	3단계		
CT1	1단계	Ti계	각 5
CT2	2단계		
CT3	3단계		
SC1	1단계	Co-Cr계	각 5
SC2	2단계		
SC3	3단계		
ST1	1단계	Ti계	각 5
ST2	2단계		
ST3	3단계		

1.3 도재의 단계별 소성

도재의 소성단계에 따른 색조의 변화를 관찰하기 위하여 주조법과 SLM법으로 제작된 하부구조시편을 도재소성을 위하여 전처리를 실시하였다. 하부구조시편들을 도재로(porcelain furnace)에서 650~960℃까지 진동상태로 3분간 상승시켜 1분간 계류하는 방법으로 실시하였다. 전처리를 실시한 하부구조시편에 상용되는 불투명도재(opaque), 몸체도재(body), 광택도재(glazing)를 단계별로 소성을 실시하였다.

표 2. 도재 소성 단계

조건 / 도재	Dry Time (min)	Start Temp. (℃)	Heat Rate (℃/min)	Firing Temp. (℃)	Hold Time. (min)	Vacuum
opaque (1단계)	5	700	60	960	1	○
body (2단계)	6	600	60	900	1	○
glazing (3단계)	1	600	60	830	1	×

도재소성 1단계는 paste상의 불투명도재를 전용 붓을 이용하여 도포하고 5분간 건조 후 700~960℃까지 진공상태로 분당 60℃로 온도를 상승시키고 1분간 계류하였다. 소성 후 불투명도재의 두께는 0.2㎜로 가공하였다. 2단계는 몸체도재 분말 150㎎를 증류수와 교반하여 전용 붓으로 시편에 축성하고 6분간 건조 후 600~900℃까지 진공상태로 분당 60℃로 온도를 상승시키고

1분간 계류 하였다. 3단계는 광택액을 전용 붓으로 도포하고 1분간 건조 후 600~830℃까지 분당 60℃로 온도를 상승시키고 1분간 계류 하였다[표 2].

3. 시험 방법

3.1 색조 측정

금속-도재관의 하부구조를 주조법과 SLM법으로 제작하고 도재를 단계별로 소성하여 단계에 따른 색조의 변화를 관찰하기 위하여 측색기(Easyshade compact, VITA, Germany)를 이용하였다. 측색기는 측색 전 색조기준조정(calibration)을 실시하였다. 색조측정은 각 5개 시편들의 중앙부를 중심으로 2회씩 측정하여 시편군당 10개의 결과를 취득하였다. 측색결과는 CIE표색계 기준으로 산출되어 제시되는 △E, L, a, b 수치를 취득하였다.

3.2 통계 분석

실험결과 자료는 통계프로그램(PASW, SPSS Inc., ver 18.0k)을 이용하여 분석하였다. 결과는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시 후 사후검정분석(Scheff)을 이용하여 통계분석 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 색조 측정 결과

1.1 도재소성 단계에 따른 색조 측정 결과

금속-도재관의 하부구조를 2종의 제작방법으로 제작하고 도재의 소성 단계에 따른 색조를 측정한 결과다음과 같다. 색조측정 결과 각 시편별로 CN군에서는 소성단계에 따른 ΔE값이 1단계에서 50.3(±2.8), 2단계에서 14.1(±0.1) 3단계에서 13.3(±0.1)의 수치가 측정 되었으며, CC군에서는 단계별로 51.9(±2.8), 13.2(±0.4), 13.5(±0.4)의 수치가 측정되었다. 그리고 CT군에서는 46.8(±2.7), 13.3(±0.4), 13.5(±0.4)의 수치가 측정되었다. SC군에서는 44.4(±2.6), 14.1(±0.8), 14.5(±0.8)의 수치가 측정되었으며, ST군에서는 52.7(±2.3), 14.6(±0.4), 14.9(±0.4)의 수치가 측정되었다[표 3].

표 3. 소성단계에 따른 색조 결과

	ΔE	L	a	b
CN1	50.3(±2.8)	12.9(±2.7)	1.9(±0.1)	12.3(±0.7)
CN2	14.1(±0.1)	77.4(±0.2)	8.7(±0.0)	39.7(±0.0)
CN3	13.3(±0.1)	78.6(±0.2)	7.4(±0.0)	39.1(±0.0)
CC1	51.9(±2.8)	11.3(±2.7)	2.5(±0.1)	11.9(±0.8)
CC2	13.2(±0.4)	76.3(±0.7)	8.7(±0.1)	38.5(±0.1)
CC3	13.5(±0.4)	77.3(±0.7)	7.6(±0.1)	38.0(±0.1)
CT1	46.8(±2.7)	16.2(±2.6)	2.4(±0.1)	13.1(±0.8)
CT2	13.3(±0.4)	77.6(±0.3)	8.4(±0.1)	38.9(±0.4)
CT3	13.5(±0.4)	78.3(±0.3)	7.5(±0.1)	38.3(±0.4)
SC1	44.4(±2.6)	18.4(±2.5)	2.7(±0.0)	14.2(±0.7)
SC2	14.1(±0.8)	78.2(±0.4)	8.6(±0.2)	39.5(±0.8)
SC3	14.5(±0.8)	79.5(±0.4)	7.9(±0.2)	39.1(±0.8)
ST1	52.7(±2.3)	10.7(±2.2)	2.3(±0.1)	11.4(±0.6)
ST2	14.6(±0.4)	74.7(±0.8)	9.0(±0.2)	40.6(±0.5)
ST3	14.9(±0.4)	75.4(±0.8)	8.2(±0.2)	40.0(±0.5)

도재의 소성단계에 따른 색조변화(ΔE값)를 통계분석을 실시한 결과 NC군에서 1단계의 NC1시편이 2단계의 NC2시편과 3단계의 NC3시편 간에 유의차($p<0.05$)가 있으며, CC군에서 CC1시편이 CC2시편과 CC3시편 간에 유의차($p<0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 그리고 CT군에서 CT1시편이 CT2시편과 CT3시편 간에 유의차($p<0.05$)가 나타났다[그림1-3].

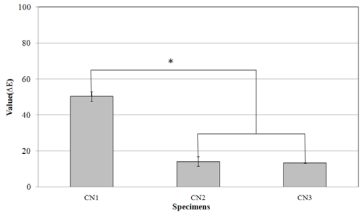

그림 1. CN군의 소성단계에 따른 색조 결과

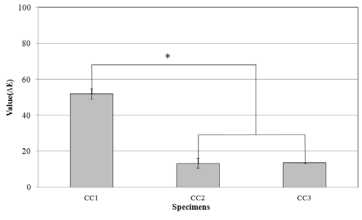

그림 2. CC군의 소성단계에 따른 색조 결과

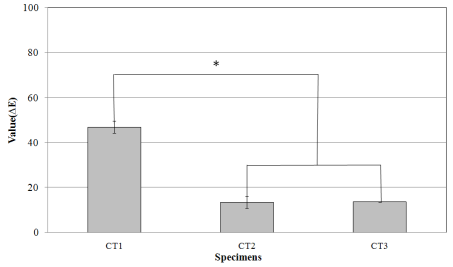

그림 3. CT군의 소성단계에 따른 색조 결과

SC군에서는 SC1시편이 SC2시편과 SC3시편 간에 유의차($p<0.05$)가 있으며, ST군에서는 ST1시편이 ST2시편과 ST3시편 간에 유의차($p<0.05$)가 있는 것으로 나타났다[그림 4][그림 5].

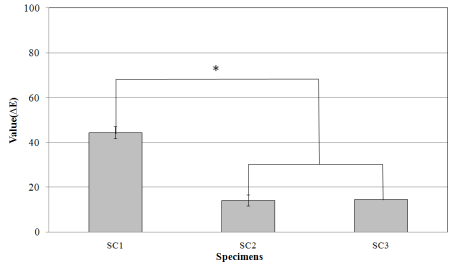

그림 4. SC군의 소성단계에 따른 색조 결과

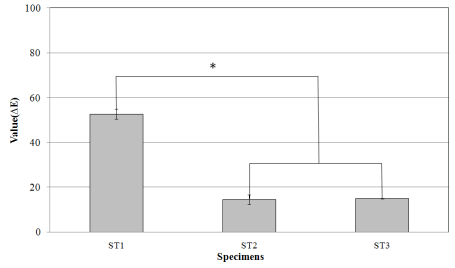

그림 5. ST군의 소성단계에 따른 색조 결과

1.2 제작방법에 따른 색조 측정 결과

금속-도재관의 하부구조를 주조법과 SLM법으로 제작하고 도재를 소성하여 제작방법에 따른 색조를 측정결과 다음과 같다. 제작방법에 따른 색조의 변화를 관찰하기 위하여 도재소성의 최종단계인 광택 소성한 3단계의 시편들의 측정결과이다[표 4].

표 4. 제작방법에 따른 색조 결과

	ΔE	L	a	b
CN3	13.3(±0.1)	78.6(±0.2)	7.4(±0.0)	39.1(±0.0)
CC3	13.5(±0.4)	77.3(±0.7)	7.6(±0.1)	38.0(±0.1)
CT3	13.5(±0.4)	78.3(±0.3)	7.5(±0.1)	38.3(±0.4)
SC3	14.5(±0.8)	79.5(±0.4)	7.9(±0.2)	39.1(±0.8)
ST3	14.9(±0.4)	75.4(±0.8)	8.2(±0.2)	40.0(±0.5)

일반적인 주조법으로 제작한 시편은 CN3시편과 CC3시편 그리고 CT3시편이며, SLM법으로 제작한 시편은 SC3시편과 ST3시편이다. 색조측정 결과 CN3시편의 ΔE값은 13.3(±0.1), CC3시편은 13.5(±0.4), CT3시편은 13.5(±0.4)의 수치가 측정되었고, SC3시편은 14.5(±0.8), ST3시편은 14.9(±0.4)의 수치가 측정되었다. 제작방법에 따른 색조변화(ΔE값)를 통계분석을 실시한 결과 SC3시편이 NC3시편과 유의차($p<0.05$)가 있으며, CT3시편이 NC3시편, CC3시편, CT3시편과 유의차($p<0.05$)가 있는 것으로 나타났다[그림 6].

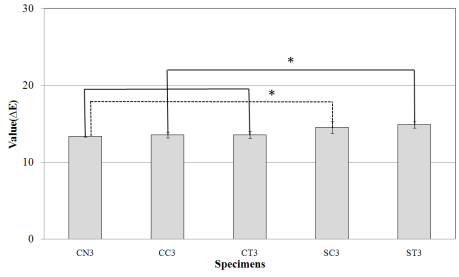

그림 6. 제작방법에 따른 색조 결과

Ⅳ. 논의 및 결론

금속-도재관의 도재소성 단계에 따른 색조변화와 SLM법으로 제작된 하부구조의 금속-도재관의 색조를 평가하고자 하였다. 시험을 위해 하부구조를 주조법과 SLM법으로 제작하고 도재를 단계별로 소성을 실시하여 도재소성단계와 제작방법에 따른 색조의 변화를 관찰하였다.

도재소성 단계에 따른 색조측정결과는 측색기를 이용하여 ΔE수치를 측정하여 비교하였다. ΔE수치는 색

조차이를 색차방정식으로 산출한 값으로 ΔE수치가 3.7 이상의 차이일 때 육안으로 판별이 가능하며[11], 치과 임상적 범위는 ΔE수치가 3.3이상 일 때 색조차이가 있는 것으로 보고되었다[12]. 그리고 색조의 숙련도에 따라 ΔE수치가 1이하의 차이일 때 육안으로 색조변화를 감지할 수 있다고 보고되었다[13]. 이러한 연구들을 통하여 미국치과의사협회에서는 ΔE수치가 2 이상의 차이를 가질 때 색조차이가 나타나는 것으로 규정하였다[14].

도재의 소성 단계에 따른 색조측정결과에서 1단계인 불투명도재 소성한 시편군의 색조가 2단계 몸체도재 소성한 시편군의 색조와 3단계 광택 소성한 시편군의 색조에 비하여 ΔE수치가 약 30이상 높게 나타나 미국치과의사협회의 색차 규정을 넘어 도재소성 1단계시편군과 2단계 시편군, 3단계 시편군은 색조의 차이가 있는 것으로 판단된다. 반면 2단계 몸체도재 소성 시편군과 3단계 광택 소성한 시편군 간에 ΔE수치가 1이하의 차이로 도재소성 2단계 시편군과 3단계 시편군 간에는 색조의 차이가 없는 것으로 판단된다.

색조의 차이를 색차방정식의 요소에서 명도를 나타내는 L수치와 빨강색-녹색을 나타내는 a수치 그리고 노랑색-파랑색을 나타내는 b수치로 분석하였을 때 1단계인 불투명도재 소성한 시편군의 L값은 아주 낮게 나타났으며, a값과 b값은 2단계와 3단계의 시편군에 비하여 낮게 나타났다. 그래서 1단계 도재를 소성한 시편군은 명도가 낮고 녹색과 파랑색에 가까운 색조를 가지는 어두운색조인 것으로 판단된다. 그리고 2단계 몸체도재 소성 시편군과 3단계 광택 소성한 시편군의 L값은 1단계 시편군들에 비하여 아주 높으며, a값과 b값 또한 높게 나타났다. 그래서 2단계와 3단계 시편군은 명도가 높고 녹색과 노랑색에 가까운 밝은색조를 가지는 것으로 판단된다.

도재소성 단계에 따른 색조측정결과를 분석하였을 때 금속하부구조의 색조를 감소시키는 불투명도재 소성 다음 단계인 2단계 몸체도재 소성단계에서 표현하고자 하는 색조에 가까운 색조를 가지는 것으로 판단되며, 3단계 광택 소성단계에서는 몸체도재의 색조와 차이를 나타나지 않는 것을 관찰할 수 있었다.

금속-도재관의 하부구조 제작방법에 따른 색조변화를 관찰하기 위하여 주조법으로 CN3시편과 CC3시편 그리고 CT3시편을 제작하였으며, SLM법으로 SC3시편과 ST3시편을 제작하였다. 제작방법에 따른 색조측정 결과 SC3시편과 CN3시편 간에 유의차를 보이나 ΔE값의 색차는 1.1이며, CT3시편과 CN3시편, CC3시편, CT3시편 간에도 유의차를 보이나 약 1.5 이하의 차이를 가진다. 이러한 ΔE수치의 차이는 색차규정의 허용범위에 해당되는 색차이다.

하부구조의 제작방법에 따른 색조관찰 결과 현재 널리 사용되는 주조법으로 제작된 하부구조와 SLM법으로 제작된 하부구조의 금속-도재관의 색조 차이는 없는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 새로운 기술인 SLM법으로 제작된 금속-도재관의 색조는 임상에 적용이 가능한 색조를 가지는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 금속-도재관의 도재소성 단계에 따른 색조 변화와 제작방법에 따른 색조변화를 분석하였다. 도재의 소성 단계에 따른 색조를 분석한 결과 금속의 색조를 감소하는 1단계 불투명도재를 기반으로 2단계 몸체도재에서 금속-도재관의 색조가 표현하고자 하는 색조에 가까운 색조를 나타내는 것으로 분석된다. 그리고 새로운 기술의 SLM법으로 제작된 금속-도재관의 색조는 임상적용이 가능한 것으로 평가된다.

본 연구를 통하여 도재의 소성 단계에 따른 색조 변화와 새로운 기술의 SLM법으로 제작된 금속-도재관의 색조의 평가를 하였으나, 금속-도재관의 색조변화는 여러 요인으로 인하여 발생하므로 정량적인 색조 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단되다. 그리고 SLM법으로 제작된 금속-도재관의 임상적용을 위해서는 색조 평가뿐만 아니라 물리적, 생물학적 평가를 통한 평가에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 류소영, 임주환, 조인호, “도재전장주조관에 사용되는 도재의 색안정성에 관한 연구”, 대한치과보철학회지, Vol.38, No.1, pp.73-84, 2000.

[2] S. F. Rosentil, M. F. Land, and J. Fujimoto,

"Contemporary fixed prosthodontics," Mosby Co., p.392, 1988.

[3] 이명호, 전영찬, "내부금속관 형태에 따른 도재전장금관의 파절강도와 도재색조에 관한 연구", 대한치과보철학회지, Vol.30, No.1, pp.103-124, 1992.

[4] M. E. Razzoog, B. R. Lang, M. M. Russell, K. B. May, "A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain," J Prosthet Dent, Vol.72, No.5, pp.453-456, 1994.

[5] 김웅철, 이병기, 이태정, 김치영, 치과도재기공학, 신흥인터내셔날, 1997.

[6] 송용억, "레이저를 이용한 금속 시제품의 쾌속조형 기술현황" 대한용접접합학회, Vol.17, No.3, pp.8-12, 1999.

[7] S. J. Chu, and D. P. Tarnow, "Digital Shade analysis and verification," Pract Proced Aesthet Dent, Vol.13, No.2, pp.129-136, 2001.

[8] 김이경, *"수종 도재 색조 선택 시스템의 spectrophotometer를 이용한 색조 재현성 평가"*, 단국대학교대학원, 치의학석사학위논문, 2003.

[9] 이승희, *티타늄 표면 코팅 후 색상이 도재의 색조에 미치는 영향*, 전남대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 2005.

[10] 백은주, 배태성, 송광엽, 박찬운, "도재수복물의 온도에 따른 색조안정성과 표면조도의 평가", 대한치과보철학회지, Vol.29, No.3, pp.87-99, 1991.

[11] J. L. Shotwell, and M. E. A. Razzog, "Color stability of long-term soft denture liners," J prosthet Dent, Vol.68, pp.836-383, 1992.

[12] M. Eldiwany and K. H. Fridel, "Color stability of light-cured and post-cured composites," Am J Dent, Vol.8, pp.179-181, 1995.

[13] W. J. O'Brien, C. L. Groh, and K. M. Boenke, "A new, small-color-difference equation for dental shades," J Dent Res, Vol.69, pp.1762-1764, 1990.

[14] W. T. Wozniak, "Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides," American dental association, Chicago, pp.1-2, 1987.

저 자 소 개

김 치 영(Chi-Young Kim) 정회원

- 2005년 2월 인제대학교 대학원 의용공학과(공학박사)
- 1985년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 교수

<관심분야> : 의용생체재료, 치과금속재료

정 인 성(In-Sung Chung) 정회원

- 1999년 2월 : 부산대학교 대학원 무기재료공학과(공학박사)
- 1981년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 교수

<관심분야> : 치과재료, 의용재료, 생체재료, 무기재료