

반복 소성이 지르코니아 전부도재관의 색조에 미치는 영향

장정은 · 김무현 · 윤미정 · 정창모 · 전영찬*

부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

연구 목적: 각각 다른 방법으로 색조를 부여한 세 가지 지르코니아 전부도재관에서 반복소성이 전부도재관의 색조에 미치는 영향을 비교, 관찰하였다.

연구 재료 및 방법: 지르코니아 코어를 세가지 방법으로 착색 (KW군: Masking liner를 사용하여 하부 코어색 차단, KI군: 지르코니아 코어를 금속 산화물 용액에 침전시켜 착색, NM군: 지르코니아 코어를 고온에서 소결하기 전에 금속산화물과 혼합하여 착색)하여 원반형 시편을 제작하였다. 지르코니아 코어 상방에 A3 색조의 상아질 도재를 소성하고 3, 5, 7회 반복소성 후 $L^*a^*b^*$ 값을 측정하여 비교하고 다른 두 가지 색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 색차방정식을 이용하여 분석하였다. 측정된 결과는 반복 측정 (repeated-measures ANOVA) 분석법과 Tukey 다중범위 검증법을 사용하여 소성횟수에 따른 색조변화를 유의수준 5%에서 검정하였다.

결과: 1. 모든 실험군에서 반복소성에 따른 $L^*a^*b^*$ 값의 변화가 관찰되었다 ($P < .001$). 2. 반복소성으로 L^* 값과 a^* 값 (KI군 제외)은 감소하고 b^* 값은 증가하는 경향을 보였다. 3. ΔE 값이 1이상 나타난 반복소성횟수는 KW군과 KI군은 3회 그리고 NM군은 7회였다. 4. 7회 반복소성 후 ΔE 값은 KI군 ($\Delta E = 2.26$), KW군 ($\Delta E = 1.47$) 그리고 NM군 ($\Delta E = 1.08$) 순으로 높게 나타났다 ($P < .001$).

결론: 반복소성이 지르코니아 코어 색조를 부여방법에 따라 전부도재관의 색조에 미치는 영향을 끼쳤다. (대한치과보철학회지 2011;49:73-9)

주요단어: 지르코니아, 착색, 반복소성, 색조

서론

심미에 대한 환자의 요구도가 커지면서 치아 수복시 물리적 기능회복 뿐 아니라 심미에 많은 비중을 두게 되었다. 보다 높은 심미성을 획득하기 위해 전부도재관의 사용이 확대되고 있으며 다양한 재료와 술식이 개발되어 전부도재관의 취약한 물리적 성질이 개선되고 있다.¹

전부도재관의 물성을 개선하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘는데 도재 자체의 강도를 높이거나 고강도 세라믹으로 코어를 제작 후 상부도재를 축성하는 것이다. 전자의 경우에는 코어가 없기 때문에 심미성은 우수하나 충분하지 않은 강도로 인하여 사용범위는 제한적이며 후자의 경우는 코어로 인하여 심미적인 면에서는 전자에 비하여 불리하나 높은 인장강도를 가지고 있어서 적응증이 보다 다양하다.²

최근 임상에서 많이 사용되는 치과용 지르코니아는 기존의 도재들에 비해 굴곡강도와 파절강도가 우수하며 마모저항성이 높고 생체 적합성이 뛰어나다.³ 지르코니아의 우수한 기계적 성질은 정방정상에서 단사정상으로의 상전이로부터 기인하는데, 이는 압축응력을 발생시켜 균열의 전파를 차단하고 파절 및 굴곡강도를 증가시킨다.⁴

지르코니아를 이용한 전부도재관은 구조에 따라 크게 두 가지로 구분된다. 지르코니아 단일 구조로 이루어진 단일 구조 전부도재관과 하부의 지르코니아 코어와 상부도재로 이루어

지는 이중구조 전부도재관이다.⁵ 대부분의 지르코니아 전부도재관 제작에 사용되고 있는 후자의 방법은 전자의 방법에 비해 심미성이 뛰어나지만 상부도재 축성을 위한 부가적인 소성 과정이 필요하다.

지르코니아 코어는 금속에 비해 심미적이기는 하나 너무 희고 불투명하여 기존에는 하부 구조물의 색을 차폐하기 위해 불투명 도재인 masking liner를 사용하였으나 최근에는 착색 지르코니아가 개발되었다.⁶ 지르코니아 코어를 착색시키는 방법은 두 가지로 나뉘는데, 하나는 지르코니아 분말을 고온에서 소결하기 전에 금속 산화물과 혼합하여 착색시키는 것이다.⁷ 다른 하나는 전소결된 지르코니아 블록을 금속 산화물 용액에 침전시킨 후 소결하는 방법이다.⁷

지르코니아 코어를 이용하여 전부도재관을 제작할 경우 상부도재를 제작하는 과정에서 부가적인 소성이 필요한데 소성 횟수가 금속도재관 또는 전부도재관의 색조에 영향을 미칠 수 있다.⁸⁻¹⁰ Yilmaz 등⁸은 여러 가지 귀금속과 비귀금속을 이용한 연구에서 반복 소성이 불투명도재의 색조에 영향을 준다고 하였다. Ozurk 등⁹과 Celik 등¹⁰은 반복 소성으로 $L^*a^*b^*$ 값이 영향을 받았으며 변화를 인지할 수 있는 색차가 전부도재관에서 나타났음을 보고하였다. 그러나 이 연구들은 주로 백색 지르코니아 코어에 한정되어 있으며 색조를 부여한 지르코니아 코어에서 반복 소성이 색조변화에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 미흡한 편이다.

*교신저자: 전영찬

626-870 경상남도 양산시 물금읍 범어리 부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실 055-360-5130; e-mail, jeonyc@paran.com

원고접수일: 2010년 12월 29일 / 원고최종수정일: 2011년 1월 12일 / 원고채택일: 2011년 1월 14일

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

대한치과보철학회지 2011년 49권 1호

이 연구는 각각 다른 방법으로 색조를 부여한 세 가지 지르코니아 전부도재관에서 반복 소성이 전부도재관의 색조에 미치는 영향을 객관적으로 비교해 보고자 함을 그 목적으로 하였다. CIE L*a*b* 색체계를 이용하여 특정 색의 L*a*b 값을 측정하여 비교하고 다른 두 가지 색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 색차방정식을 이용하여 분석하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 지르코니아 코어로 KaVo Everest (KaVo Dental GmbH, Biberach, Germany)와 Katana Zirconia (Noritake, Aichi, Japan)를 사용했다. KaVo Everest를 소결 후 masking liner를 사용한 군을 KW군, KaVo Everest를 착색 용액에 담귀 색조를 부여한 군을 KI군 그리고 블록 자체에 색조가 부여된 Katana Zirconia를 NM군으로 분류하였다 (Table 1).

2. 시편제작

1) 코어 제작

각 재료를 두께 1.0 mm, 직경 16 mm의 디스크 형태로 각 제조사의 지시에 따라 밀링하여, KaVo Everest (KW군과 KI군) 20개, Katana Zirconia (NM군) 10개로 총 30개의 시편을 제작하였다. KaVo Everest의 경우 10개 코어는 색조를 침투하지 않고 소결한 후 A3 색조에 해당하는 masking liner를 2회 도포하였고 나머지 10개는 제조사의 지시에 따라 A3 색조에 해당하는 착색용액에 담귀 색조를 침투시킨 후 소결하였다. Katana Zirconia의 경우 미리 A3색조가 부여된 블록을 사용하여 밀링 후 소결하였다.

2) 도재 축성

A3 색조에 해당하는 지르코니아 전용 상아질 도재 (Cerabien ZR, Noritake, Aichi, Japan)를 각 코어 (KW군, KI군 그리고 NM군) 위에 실리콘 몰드를 이용하여 평균 1.0 mm의 두께가 되도록 소성하였다 (temperature increase, 45°C/min; holding time temperature, 960°C; holding time, 1 min).

3) 표면 연마

도재 축성 후 두께 측정은 시편의 중앙부와 상하좌우 4부위, 총 5부위를 측정하고 상아질 도재층의 두께를 1.0 mm로 조정 한 후 400-, 800- 그리고 1000-grit SiC paper를 이용하여 최종 연마하였다 (Fig. 1).

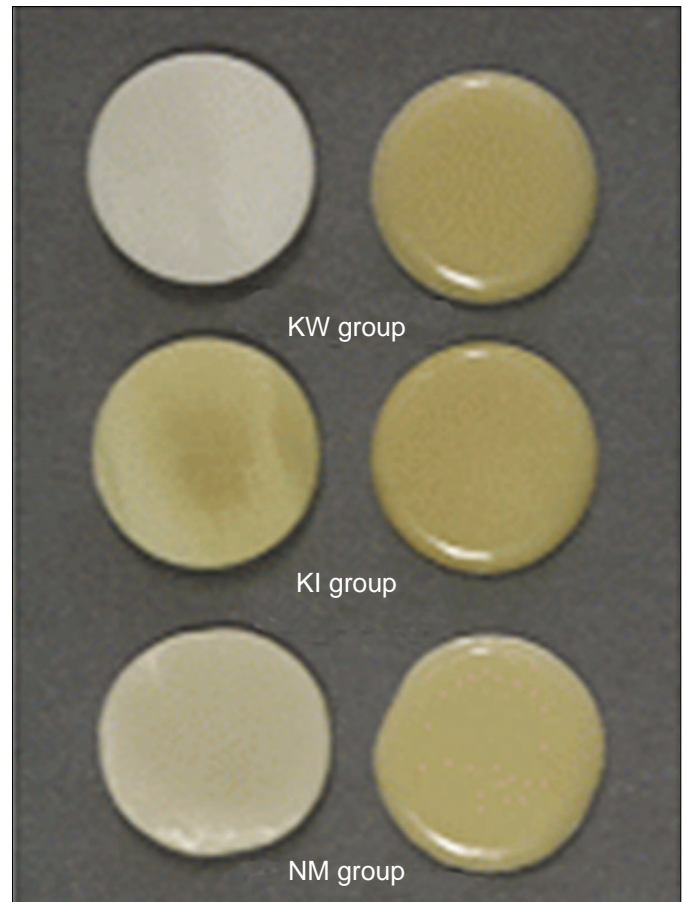


Fig. 1. Samples of all groups: Left, After sintering zirconia. Right, After veneering porcelain.

3. 색조측정 및 분석

1회 소성 후 연마한 시편은 ShadeEye-NCC® dental chroma meter (Shofu Dental, Kyoto, Japan) (Fig. 2)를 이용하여 시편의 중앙부와 상하좌우 4부위, 총 5부위의 색조를 측정하여 평균값을 구하였다. 그 후, 진공 도재로에서 3, 5 그리고 7회 반복 소성 후 다시 L*a*b* 표색계 값을 측정하였다.

측정된 L*a*b*값으로부터 두 가지 색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 색차방정식을 이용하여 ΔE값으로 정량화하여 나타낸다.

색차방정식 ΔE (color change) = $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$
 $(\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2, \Delta a^* = a^*_1 - a^*_2, \Delta b^* = b^*_1 - b^*_2)$ 로 값을 구하였다.

Table 1. Zirconia core material used in this study

Group	Coloring method	Zirconia material	Manufacture
KW	Masking liner	KaVo Everest	KaVo Dental GmbH, Germany
KI	Infiltration with solution		
NM	Mixed with metal oxides	Katana Zirconia	Noritake Dental Supply Co. Ltd, Japan



Fig. 2. ShadeEye-NCC® dental chroma meter (Shofu Dental, Kyoto, Japan).

4. 통계 분석

측정된 결과는 SPSS Version 14.0 for Win (SPSS Inc, IL, USA)에서 일반 선형 모형 (general linear model) 중 반복측정 (repeated-measures ANOVA) 분석법과 Tukey 다중범위 검증법을 사용하여 소성 횟수에 따른 색조변화를 유의수준 5%에서 검정하였다.

결과

1. 반복 소성이 $L^*a^*b^*$ 에 미치는 영향

각 제조회사에서 정의한 A3의 코어를 제작 후 상아질 도재를 측정하였으나 각 군별로 $L^*a^*b^*$ 값이 차이를 보였다. 소성 횟수에 상관없이 L^* 값은 NM군이 가장 높고, KW와 KI군은 비슷한 값을 보였다. a^* 값은 KW, KI, NM군 순서로, b^* 값은 전반적으로 KI, KW, NM군 순서로 높은 값을 보였다.

소성 횟수가 증가함에 따라 세 군 모두 L^* 값이 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 3). KW군과 NM군에서 a^* 값이 감소하는 경향

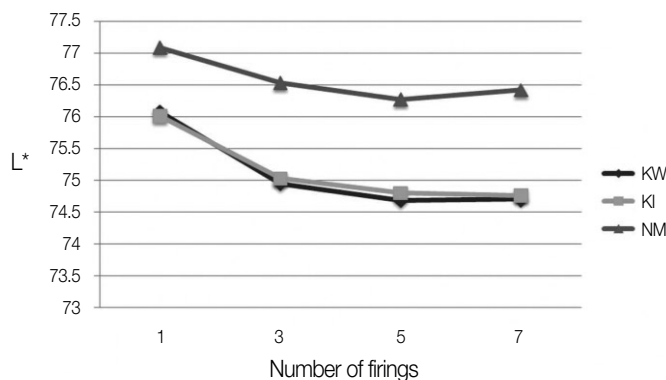


Fig. 3. Means of L^* for different number of firings.

을 보였으나 KI군에서는 a^* 값이 소성 횟수에 따라 차이를 보이지 않았으며 ($P > .05$) (Fig. 4), b^* 값은 세 군 모두 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 5).

1회와 7회 소성 후 측정된 값을 이용하여 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값을 통계학적으로 비교해 보았을 때, ΔL^* 값은 KW군과 KI군이 NM군보다 더 크게 나타났으며 ($P < .001$), Δa^* 값은 KW군, NM군, KI군 순서로 크게 나타났으며 ($P < .001$). Δb^* 값은 KI, NM, KW군 순서로 컸으며 ($P < .001$), 다른 군에 비해 KI의 b^* 값의 변화가 크게 나타났다 (Table 2).

2. 반복 소성이 ΔE 에 미치는 영향

재료별 반복 소성 후 색차 (ΔE)에 관한 Table 3에 의하면, 각 군의 1회와 7회 반복 소성 후 ΔE 값들을 보면 KW군은 1.47, KI군은 2.26, NM군은 1.08로 나타났으며 ($P < .05$), 모든 소성 횟수에서 KI군이 큰 ΔE 값을 보였다 ($P < .05$). KW군과 NM군은 1회와 3회 소성 후와 1회와 5회 소성 후의 ΔE 값, KI군은 1회와 5회 소성 후와 1회와 7회 소성 후의 ΔE 값 간에 유의한 변화를 보였다 ($P < .05$). 지각할 수 있는 변화인 ΔE 값이 1 이상 나타난 소성 횟수는 KW군과 KI군은 3회, NM군은 7회이었다.

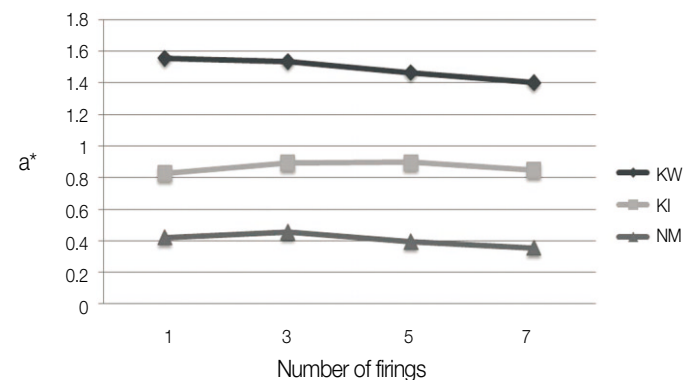


Fig. 4. Means of a^* for different number of firings.

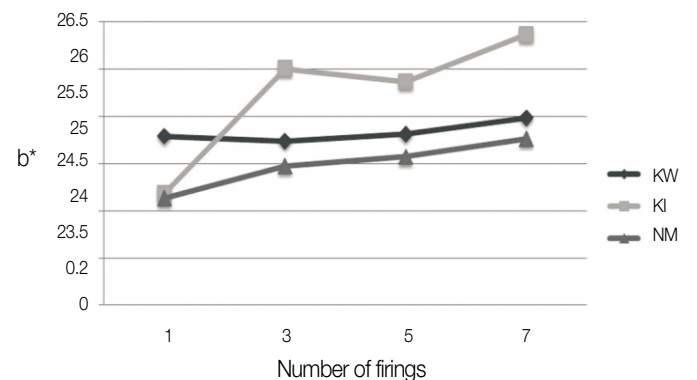


Fig. 5. Means of b^* for different number of firings.

Table 2. Multivariate test results based on 2-factor repeated measures ANOVA for change in color coordinates after repeated firings

	Group	Mean (SD)	Numerator <i>df</i>	Denominator <i>df</i>	F	P
ΔL^*_{1-7}	KW	-1.37 (0.35) ^a	2	147	14.687	< .001
	KI	-1.25 (1.10) ^a				
	NM	-0.67 (0.30) ^b				
Δa^*_{1-7}	KW	-0.15 (0.12) ^a	2	147	8.725	< .001
	KI	0.02 (0.32) ^b				
	NM	-0.07 (0.11) ^c				
Δb^*_{1-7}	KW	0.19 (0.44) ^a	2	147	51.003	< .001
	KI	1.68 (1.19) ^b				
	NM	0.63 (0.36) ^c				

Within same column, means with same lowercase letters do not significantly differ ($P > .05$).

Table 3. Mean ΔE_{ab} values of all-ceramic specimens after repeated firings

Comparison Number of firings	ΔE		
	KW	KI	NM
1, 3	1.21 (0.34) ^{aA}	1.89 (1.50) ^{aB}	0.80 (0.34) ^{aA}
1, 5	1.45 (0.33) ^{bcA}	2.04 (1.47) ^{abB}	0.99 (0.30) ^{bcA}
1, 7	1.47 (0.34) ^{caA}	2.26 (1.42) ^{abB}	1.08 (0.39) ^{cc}
3, 5	0.54 (0.25) ^A	0.86 (0.53) ^B	0.55 (0.28) ^A
3, 7	0.61 (0.26) ^A	0.82 (0.52) ^B	0.48 (0.24) ^A
5, 7	0.55 (0.24) ^A	0.92 (0.55) ^B	0.49 (0.37) ^A

Values followed with same lowercase letters in column do not significantly differ ($P > .05$).

Values followed with same uppercase letters in row do not significantly differ ($P > .05$).

고찰

지르코니아 코어의 기본 색조 범위는 흰색에서 상아색이어서 자연치의 색조에 비하여 채도가 낮은 점이 문제시되어 지르코니아에 금속 산화물을 첨가시킨 지르코니아 코어가 개발되었다.⁶ 모든 금속산화물이 착색에 적합한 것은 아니며 의도하지 않은 재료의 약화를 초래할 수 있지만, 세 가지 색조 첨가물인 iron oxide (FeO₃), bismuth oxide (BiO₃) 그리고 cerium oxide (CeO₃)는 지르코니아의 강도를 과도하게 약화시키지 않으면서 황색에서 갈색의 색조를 얻기에 적합하다고 알려져 있다.¹¹

전부도재관의 색조에 영향을 미치는 요인에는 코어 자체의 색조와 투명도¹²가 있으며, 그 외에도 코어와 상부 도재의 두께 비율^{13,14} 그리고 소성 횟수^{9,10,15,16} 등이 있다. 본 연구는 색조를 부여한 지르코니아 코어 상에 상아질 도재를 축성한 후 반복 소성이 색조에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 백색 지르코니아에 masking liner를 사용한 군은 KW군, 백색 지르코니아를 착색 용액에 담구어 색조 효과를 부여한 군은 KI군 그리고 지르코니아 분말을 금속산화물과 혼합하여 색조를 부여한 NM군으로 나누어 실험하였다.

소성횟수가 증가함에 따라 L*값은 모든 군에서 감소하고 a*값은 KW군과 NM군에서 감소하고 b*값은 모든 군에서 증가하는 경향을 보였다. 이것은 반복 소성 후 시편이 처음보다 더 어두워지면서 더 녹색과 황색으로 변해감을 의미한다. Celik 등¹⁰은 지르코니아 전부도재시스템을 반복 소성하여 색조변화를

관찰한 연구에서, 상부도재가 A3 일 때 반복 소성 후 L*값과 b*값은 증가하고 a*값이 감소했다고 하였다. 본 연구에서는 a*와 b*값은 위의 연구와 같은 경향을 보였으나 L*값은 모든 군에서 감소하는 경향을 보였다. 이러한 다른 결과는 도재 축성시 깨끗한 휴지로 과잉의 수분만 제거하고 진동은 주지 않은 축성 방법의 차이 때문이라고 생각되는데 표면 거칠기와 기포율의 증가로 인해 빛 투과도가 영향을 받아 L*값이 감소한 것으로 생각된다.

전부도재관 제작시 소성횟수가 증가됨에 따른 전부도재관의 변색 혹은 색조 불안정성은 반복 소성시 색조 첨가물인 금속산화물의 소성 후 색 불안정성이 도재 색조에 영향을 미치는 것으로 생각된다.^{17,18} Crispin 등¹⁷과 Lund와 Piotrowski¹⁸는 황색과 오렌지색 등이 제조사의 추천 소성온도에서 가장 불안정적이라고 하였다. Celik 등¹⁰의 연구에서 A1 색조보다 A3 색조에서 반복 소성 후 ΔE 값이 더 큰 차이를 보였으며 이는 금속산화물이 더 많이 함유되어 있기 때문으로 생각된다. 본 연구에서도 적색 및 녹색을 나타내는 지표인 a*값보다 황색과 청색의 정도를 나타내는 b*값의 변화가 더 크게 나타남을 알 수 있다 (Table 2).

3차원 상에서 색차의 정도를 거리로 나타내는 ΔE 값에 대한 해석에 많은 연구가 있어왔다. O'Brien 등¹⁹은 ΔE 값이 1 이하이면 색의 일치가 우수하고, 2 이하이면 임상적으로 허용 가능한 색차이며, 3.7 이상이면 변색을 쉽게 인지할 수 있다고 하였다. 미국 치과의사 협회 (ADA)는 색상차를 구별할 수 있는 기준으로 ΔE 값이 2 일 때를 규정하였고,²⁰ Johnston 등²¹은 ΔE 값이 3.7

이하이면 치과 수복 재료로 임상에서 허용 가능한 색차라고 하였다.

반복 소성 후 각 군의 ΔE 값은 여러 소성횟수별로 비교해 보았을 때 KW군과 NM군은 유의한 차이를 거의 보이지 않았는데 KI군은 나머지 두 군에 비해 큰 값을 보였다 (Table 3). KW군과 NM군은 1회와 3회 소성 후와 1와 5회 소성 후의 ΔE 값이 차이를 보였으나, KI군은 1회와 3회 소성 후와 1와 5회 소성 후의 ΔE 값이 차이를 보이지 않았다. 그러나 KI군은 1회와 3회 소성 후와 1회와 5회 소성 후의 ΔE 값이 다른 두 군에 비해 크게 나타나므로 반복 소성을 가능한 줄이는 것이 색조 안정성에 유리하다고 생각된다. 본 실험에서는 채도가 높은 A3 색조를 사용하였으나, 채도가 낮은 코어 색조와 상아질 도재 색조를 사용한 비교 연구가 필요하다고 생각된다. 지각할 수 있는 변화 ($\Delta E=1$)를 보인 것은 KW군과 KI군은 3회 소성 이후부터였고, NM군은 7회 소성 이후부터였다. 5회 소성 이후 KI군은 2 이상의 ΔE 값을 보여 ADA에서 규정한 색상차를 구별할 수 있는 기준값 ($\Delta E=2$)보다 큰 값을 가졌다. 그러나 세 군 모두 3.7 이하의 ΔE 값을 가지므로 임상적으로 허용 가능한 값으로 생각할 수 있다.

본 실험에서 사용한 세 가지 지르코니아 코어 위에 A3의 같은 상아질 도재를 소성하였을 때 지르코니아의 색조 부여 방법에 따라 $L^*a^*b^*$ 값이 서로 차이를 보였다 (Table 2). 따라서 shade guide에서 선정한 색조에 일치하는 전부도재관 색조를 얻기 위해서는 코어 제품에 따른 색조 고려가 필요하다. 또한 색조 부여 방법에 따라 반복 소성에 의한 색조 변화의 크기가 다르므로 색조 안정성이 높은 코어를 사용하거나 가능하면 소성 횟수를 적게 하여 전부도재관을 제작하는 것이 반복 소성 후 색조안정성 측면에서 유리하다고 판단된다.

이상의 실험을 통하여 지르코니아 전부 도재관의 심미적 효과를 부여하기 위하여 지르코니아 코어에 색조를 부여하는 방법에 따라 초기 소성과 반복 소성 후의 ΔE 값이 차이가 있음을 알 수 있었다 (Table 3). 본 실험에서 측정한 ΔE 값은 지르코니아 코어와 상아질 도재의 색조 변화가 누적되어 나타난 결과이므로 제조사별 상아질 도재의 반복 소성에 의한 변색여부는 아직 확인 할 수가 없었다. 그리고 지르코니아 코어의 착색용 금속 산화물을 첨가하는 방법에 따른 코어 재료의 중요한 물성에는 어떤 영향이 있는지 향후 연구가 필요한 것으로 생각된다. 따라서 도재의 반복소성은 상아질 도재의 실패 현상 및 물성 측면에서도 불리한 영향을 준다는 것이 이미 밝혀진 이상 도재 수복물 제작시 최소한의 소성횟수로서 제작을 마칠 수 있도록 치기공학적 숙련도가 중요함을 재차 확인하였다.

결론

이 연구에서는 지르코니아 코어에 색조를 부여하는 방법을 다르게 하였을 때 반복소성이 전부도재관의 색조에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. Masking liner를 사용한 군 (KW군), 백색

지르코니아 블록을 착색용액에 담구어 색조를 침투시킨 군 (KI군) 그리고 백색 지르코니아 분말에 금속산화물을 섞어 블록은 만든 군 (NM군)으로 나누어 코어를 제작하고 상부 도재 (A3)를 축성하여 시편을 완성하였다. 시편을 반복 소성 (3, 5, 7회) 후 CIE $L^*a^*b^*$ 색체계를 이용하여 각각의 색조를 측색계로 측정하고 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 반복소성에 따른 $L^*a^*b^*$ 값의 변화가 관찰되었다 ($P<.001$).
2. 모든 실험군에서 반복 소성으로 L^* 값과 a^* 값 (KI군 제외)은 감소하고 b^* 값은 증가하는 경향을 보였다.
3. ΔE 값이 1이상 나타난 반복 소성 횟수는 KI군과 KW군은 3회 그리고 NM군은 7회이었다.
4. 7회 반복소성 후 ΔE 값은 KI군 ($\Delta E=2.26$), KW군 ($\Delta E=1.47$) 그리고 NM군 ($\Delta E=1.08$) 순으로 높게 나타났다 ($P<.001$).

참고문헌

1. Daniel C, Drummond J, Giordano RA. Improving Flexural Strength of Dental Restorative Ceramics Using Laser Interference Direct Structuring. J Am Ceram Soc 2008;91:3455-7.
2. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc 1997;128:297-307.
3. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. Dent Mater 2004; 20:449-56.
4. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. Int J Prosthodont 2002;15:339-46.
5. Jeong HC. Fracture strength of zirconia monolithic crowns. J Korean Acad Prosthodont 2006;44:157-64.
6. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. J Prosthodont 2008;17:401-8.
7. Shah K, Holloway JA, Denry IL. Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3Y-TZP. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2008;87:329-37.
8. Yilmaz B, Ozcelik TB, Wee AG. Effect of repeated firings on the color of opaque porcelain applied on different dental alloys. J Prosthet Dent 2009;101:395-404.
9. Ozturk O, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Celik G. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. J Prosthet Dent 2008;100:99-106.
10. Celik G, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Ozturk O, Goktug G. The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades. J Prosthet Dent 2008;99: 203-8.
11. Devigus A, Lombardi G. Shading Vita YZ substructures: influence on value and chroma, part I. Int J Comput Dent 2004;7:293-301.
12. Heffeman MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems.

- Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:4-9.
13. Antonson SA, Anusavice KJ. Contrast ratio of veneering and core ceramics as a function of thickness. *Int J Prosthodont* 2001;14:316-20.
 14. Lee YK, Cha HS, Ahn JS. Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. *J Prosthet Dent* 2007;97:279-86.
 15. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater* 1991;7:170-3.
 16. Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2007;97:25-31.
 17. Crispin BJ, Hewlett E, Seghi R. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. *J Prosthet Dent* 1991;66:20-3.
 18. Lund PS, Piotrowski TJ. Color changes of porcelain surface colorants resulting from firing. *Int J Prosthodont* 1992;5:22-7.
 19. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-4.
 20. American Dental Association Council on Scientific Affairs. Dental shade guides-acceptance program guidelines. Chicago; American Dental Association; 2001. pp. 4.
 21. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-22.

The effect of repeated firings on the color of zirconia-based all-ceramic system

Jung-Eun Jang, DDS, MSD, Mu-Hyon Kim, DDS, MSD,

Mi-Jung Yun, DDS, MSD, Chang-Mo Jeong, DDS, MSD, PhD, Young-Chan Jeon*, DDS, MSD, PhD

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Purpose: The aim of this study was to evaluate the effect of repeated firings on the color of zirconia restoration with different shading method. **Materials and methods:** Three different types of zirconia frameworks (adding metallic pigments to the initial zirconia powder before sintering (Group NM), dipping the milled frameworks in dissolved coloring agents (Group KI), or application of liner material to the sintered white frameworks (Group KW) were used to support A3 shade dentin porcelain. Repeated firings (3, 5, or 7) were performed, color differences among ceramic specimens were measured using a colorimeter. Repeated measurements analysis of variance (ANOVA) was used to analyze the data for significant difference. The Tukey Honestly Significant Different (HSD) test was used to perform multiple comparisons ($\alpha = .05$). **Results:** 1. $L^*a^*b^*$ values of the ceramic systems were affected by the number of firings (1, 3, 5 or 7 firings) ($P < .001$) and shading methods ($P < .001$). 2. As the number of firings increased, the L^* (for all groups) and a^* value (for KW and NM groups) decreased and the b^* value (for all groups) increased. 3. The mean color differences caused by repeated firings were perceptible ($\Delta E > 1$) for group KW and KI fired after 3 times, except for group NM fired after 7 times. 4. In order of decreasing ΔE value fired after 7 times, the values were group KI ($\Delta E = 2.26$) > group KW ($\Delta E = 1.47$) > group NM ($\Delta E = 1.08$) ($P < .001$). **Conclusion:** Repeated firings influenced the color of the zirconium-oxide all-ceramic specimens with different shading methods.

Keywords: Zirconia, Shading, Repeated firings, Color

*Corresponding Author: Young-Chan Jeon

Department of Prosthodontics, School of dentistry, Pusan National University, Beomeo-ri, Mulgeum-eup, Yangsan, 626-870, Korea
+82 55 360 5130: e-mail, jeonyc@paran.com

Article history

Received December 29, 2010 / Last Revision January 12, 2011 / Accepted January 14, 2011