

치과용 지르코니아 코어에서 착색농도에 따른 색조측정

배 은 정, 이 희 정, 김 혜 영, 김 응 철, 김 지 환
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

Measure of shade differences according to the concentration of dental zirconia coloring liquid

Eun-Jeong Bae, Hee-Jung Lee, Hae-young Kim, Woong-Chul Kim, Ji-Hwan Kim
Department of Dental Laboratory Science and Engineering, Korea University

[Abstract]

Purpose: In this study, in order to provide objective standard of the mixed concentration of the zirconia coloring-liquids, compare the shade differences after colored zirconia blocks from different concentrations.

Methods: After immersion for 2 minutes zirconia specimen ($1.5 \times 1.5 \times 0.6 \pm 0.01$ mm) in coloring-liquids that produced different concentrations, were sintered in furnace dedicated. Then, it was measured in spectrophotometer and Shadepilot. It has been determined mean and standard deviation of the color difference for each group, and verified by one-way ANOVA using the (version12.0) SPSS WIN Program the difference in shade according to the concentration at the significance level of 95% confidence, it conducted a Tukey's multiple range test to post-test.

Results: The mean of L^* was decreased toward LN35 group, however the mean of a^* and b^* was increased ($p < .05$). There is a statistically significant difference in the results of L^* post hoc test of each group was LN15-LN30/LN35, LN20-LN30/LN35, LN25-LN30/LN35, and LN30-LN35 group. The a^* group, it was found that there is a statistically significant difference in all groups for each ($p < .05$). The b^* group, it was found that there is a statistically significant difference in all groups except the LN25-LN30 ($p < .05$).

Conclusion: In order to make effective use of the coloring-liquids of zirconia, the device objective, accurate concentration measurement is required, from the present study, we presented evidence basic to this.

○Key words : coloring liquid, shade, zirconia

교신저자	성명	김 지 환	전화	02-940-2843	E-mail	kjh2804@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉3동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 호림관 423호					
접수일	2013. 7. 26		수정일	2013. 8. 20		확정일	2013. 9. 13

I. 서 론

최근 치과계는 Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)의 도입을 바탕으로 다양한 재료의 사용이 증가되고 있다. 그 중에서도 치과용 지르코니아는 높은 기계적 특성과 metal-ceramic의 단점인 심미성을 보완하여 치과 수복용 재료로 많은 관심을 받고 있다 (Liu et al, 2013; Seon-Mi O, Chae-Hyun Lee, 2010). 심미적인 재료를 사용하여 제작한 수복물의 심미성에 영향을 미치는 요인은 색조와 투명도, 표면질감 그리고 두께 등이 있다(Denry, Kelly, 2008; Heffernan et al, 2002). 이 중 하부구조의 색조와 투명도에 의한 요인은 지르코니아 블록의 기본적인 색상에 의한 것으로 전부도재관의 색조 재현성에 문제를 야기할 수 있는 중요한 요인이다(Bosch, Coops, 1995). 하부구조물 위에 제작하는 전부 도재 수복물에서 코어(core)의 색조와 투명도는 수복물의 심미성에 영향을 주는 일차적 요인이 되며, 재료를 선택함에 있어서 중요한 고려 대상이 된다(Kelly et al, 1996).

지르코니아로 제작된 코어(zirconia-based to ceramic)에 색조를 부과하는 방법은 크게 두 가지로 소개되고 있다. 첫 번째는 일정형태의 다공성 세라믹 하부구조를 만들고 이를 금속산화물이 첨가된 색소체(coloring liquid)에 착색시켜 원하는 색조(shade)를 얻어내는 방법이다(Oh SC et al, 2007). 두 번째는 지르코니아 분말의 조성과정에서 색상을 재현할 수 있는 성분을 혼합한 후 반 소결하여, 색조화된(self-colored) 지르코니아 블록(dental zirconia blocks)을 사용하는 방법이다(Kaya, 2013).

금속산화물에 착색하는 방법은 각 원소에 의하여 여러 가지 색상을 얻을 수 있다는 장점을 갖는다(Cales, 1998). 그러나 지르코니아 분말에 금속산화물을 섞어서 블록을 만드는 방법은 지르코니아 분말의 조성과정에서 균일하게 분포하도록 혼합하기 어렵다. 이로 인해 최종 소성 후 균일한 색상을 얻기가 어려우며, 물리적 성질에 영향을 주어 강도가 저하될 수 있다(Shah et al, 2008). 따라서 다공성의 지르코니아 하부구조에 금속산화물의 색소체 용액에 담가 원하는 색조를 얻어내는 착색법(coloring

method)의 지르코니아 유색화 과정은 처음부터 색조화된 지르코니아의 단점을 보완할 수 있는 방법이라고 할 수 있다(Kwi-Dug Yun et al, 2010).

한편, 지르코니아 소재의 발달로 색조를 재현할 수 있는 색소체도 다양하게 출시되고 있다. 그러나 현재 시판되고 있는 지르코니아 코어 전용의 용액은 얻어낼 수 있는 발색범위가 넓지 않아 필요에 따라 희석 또는 혼합하여 사용하도록 권장되고 있다(Denry, Kelly, 2008). 하지만 그 사용방법에 정확한 기준이 없어 사용자에 따라 혼합하는 양이나 방법이 다르고, 혼합된 용액이 원하는 색조를 나타내는지 확인하는 방법도 제시되어 있지 않다. 이렇게 혼합된 용액에 코어를 착색하고, 소성시킨 후의 색조는 대부분 비색법을 통해 확인되고 있다. 비색법은 육안으로 비교하는 방법이므로 정확한 측정이 아닌 주관적인 판단에 의해 결정된다(Seghi et al, 1989). 그 결과 사용자마다 색조의 농도가 달라질 수 있어 정확한 색조재현이 어려우므로 착색법의 정확도에 의문을 제기하지 않을 수 없다.

현재까지 착색시간(Sung-Min Choi, Sang-Yong Nam, 2011), 착색액의 성분(Kwi-Dug Yun et al, 2010) 등에 관한 연구는 진행되고 있으나 아직 착색액의 농도에 따른 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지르코니아 전용 색소체의 혼합농도에 대한 객관적인 기준을 제시하기 위하여, 농도를 다르게 제작한 색소체에 지르코니아 블록을 일정한 시간동안 착색시킨 후의 색조 변화를 비교해보고자 한다.

II. 연구 방법

실험을 위하여 VITA In-Ceram[®] YZ Coloring liquid 에서 A1, B1, C1 계열의 색조를 타나낼 수 있는 light 용액과 색의 강도를 조절할 수 있는 용액인 neutral을 사용하였다. Light 원액의 농도를 먼저 측정된 후 neutral을 사용하여 혼합액을 제작하였다. 혼합액의 농도는 액상 성분의 진함과 묽음의 정도를 측정하는 기기인 농도계(densitometer)를 통해 측정하였다(Table 1). 농도계로부터 brix가 35, 30, 25, 20, 15가 되도록 light에 neutral을 첨가하여 혼합된 착색액을 제작하였다.

농도계는 농도 단위 brix의 측정범위가 0.0~33.0%인 MASTER-M (Atago Co., Tokyo, Japan)과 28.0~62.0%인 MASTER-2M (Atago Co., Tokyo, Japan)을 사용하였다(Fig. 1).

Table 1. The concentrations of mixed coloring liquids (light and neutral) (n=30)

Color liquid	Group	Concentration (brix %)
Light original	LO54	54
	LN35	35
	LN30	30
Light+Neutral	LN25	25
	LN20	20
	LN15	15



Fig. 1. Densitometer

한편, 반 소결된 zirconia block (D-max, Seoul, Korea)을 최종 소성 시 수축률을 고려하여 직경 15mm, 두께 2mm의 disk 형태로 총 30개의 시편을 제작하였다. 각 군당 5개의 시편을 제조회사에서 제시하는 방법에 따라 각각의 혼합된 착색액에 2분간 담근 후 꺼내어 과잉의 액은 티슈로 제거하였다. 착색이 완료된 지르코니아 시편을 전용의 소결로(zirkonofen 600/V2, Zirkozahn GmbH, Italy)에 넣은 후 소성 스케줄에 따라 소결을 시행하였다. 소결



Fig. 2. Spectrophotometer (CM-3600A, Konica Minolta, Tokyo, Japan)

된 지르코니아의 착색 농도에 따른 색조 차이를 알아보기 위하여 분광측색장치(Spectrophotometer)로 측정하였다(Fig. 2).

자연치가 나타내는 색조와의 연관성을 보기 위하여 치아 색조 측정을 목적으로 고안된 장비인 shadepilot으로 색조측정을 하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Shadepilot (ShadepilotTM, Dentsply Degudent GmbH, Germany)

측정된 값으로부터 각 그룹의 색조변화에 대한 평균과 표준편차를 구하였고, 통계적 검증을 위하여 SPSS WIN Program (version 12.0)을 사용하였다. 신뢰도 95% 유의수준에서 각 그룹의 농도에 따른 색조차이를 one-way ANOVA로 검증하였으며, 사후검정으로 Tukey's multiple range test를 실시하였다.

III. 결 과

혼합된 착색액의 농도를 측정한 결과를 <Fig. 4와 5>에 나타냈다.

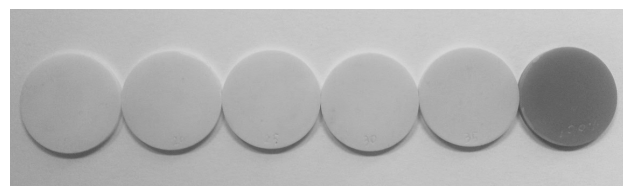


Fig. 4. The colored zirconia specimens

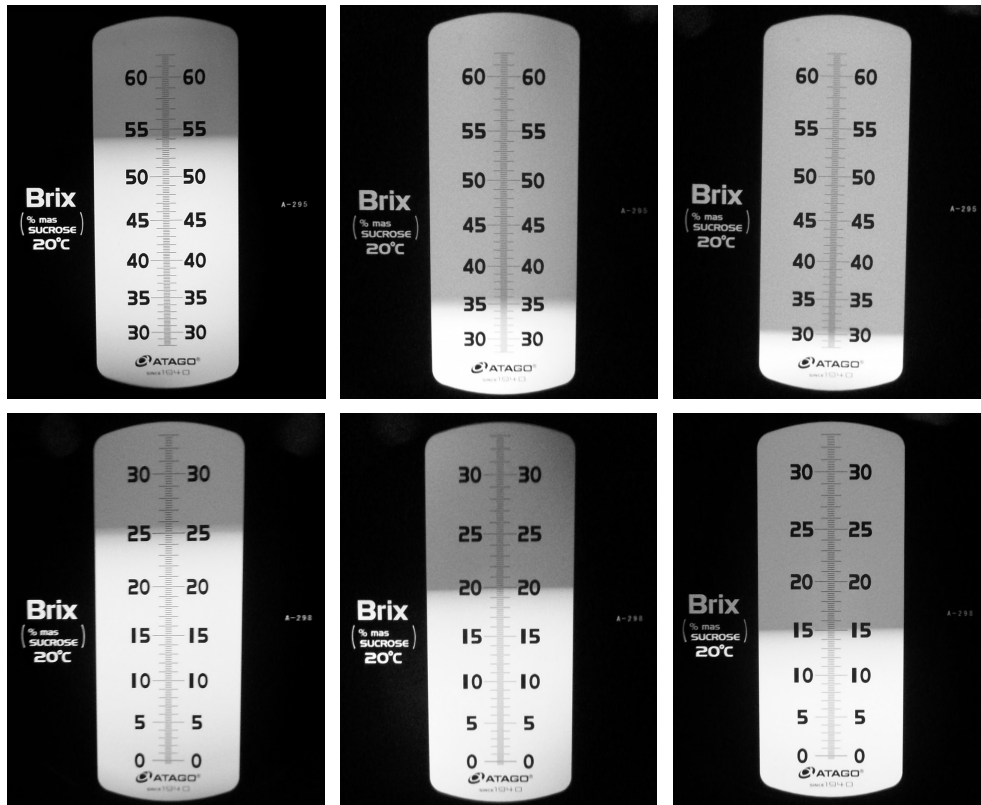


Fig. 5. The concentration of the mixed coloring liquids by Densitometer

Light 원액의 농도는 54 brix였으며, 각 그룹의 농도도 실험방법에 제시한 것과 마찬가지로 35, 30, 25, 20 그리고 15 brix로 측정된 것을 확인할 수 있었다. 혼합액으로 착색된 지르코니아 시편의 색조를 측정한 결과의 평균값

은 다음과 같다(Table 2). LN15그룹에서 LN35그룹으로 갈수록 L*값의 평균은 감소하였으며, a*와 b*값의 평균은 증가하였다.

Table 2. CIE L*, a* and b* value of the colored zirconia specimens (mean±SD)

	LN15	LN20	LN25	LN30	LN35
L*	85.38±0.42	85.37±0.40	85.27	84.59±0.22	82.83±0.22
a*	-1.03±0.06	-0.71±0.07	-0.37±0.01	0.06±0.01	0.39±0.07
b*	1.70±0.27	3.34±0.14	4.66±0.59	5.20±0.76	7.38±0.31

CIE L*, a* 그리고 b* 값에 대한 통계분석 결과는 <table 3>과 같다.

Table 3. Result of one-way ANOVA Groups L*, a* and b*

		Sum of squares	df	Mean square	F
L*	Between groups	23,724	4	5,931	62.797*
	within groups	1,889	20	0.094	
	Total	25,613	24		
a*	Between groups	6,582	4	1,646	601.431*
	within groups	0,055	20	0.003	
	Total	6,637	24		
b*	Between groups	90,019	4	22,505	100,608*
	within groups	4,474	20	0,224	
	Total	94,493	24		

위의 결과로부터 L*, a* 그리고 b*값에서 모두 통계적 test를 실시하였다(Table 4).
 으로 유의한 결과가 나타나 사후검정인 Tukey's HSD

Table 4. The results of tukey's HSD test of each groups

(I) gr	(J) gr	b*		a*		L*	
		mean difference (I-J)	standard error	mean difference (I-J)	standard error	mean difference (I-J)	standard error
LN15	LN20	0.010	0.19	-0.322*	0.03	-1.646*	0.03
	LN25	0.102	0.19	-0.662*	0.03	-2.958*	0.03
	LN30	0.782*	0.19	-1.090*	0.03	-3.498*	0.03
	LN35	2.548*	0.19	-1.428*	0.03	-5.686*	0.03
LN20	LN25	0.092	0.19	-0.340*	0.03	-1.312*	0.03
	LN30	0.772*	0.19	-0.768*	0.03	-1.852*	0.03
	LN35	2.538*	0.19	-1.106*	0.03	-4.040*	0.03
LN25	LN30	0.680*	0.19	-0.428*	0.03	-0.540	0.03
	LN35	2.446*	0.19	-0.766*	0.03	-2.728*	0.03
LN30	LN35	1.766*	0.19	-0.338*	0.03	-2.188*	0.03

*: The mean difference is significant at the 0.05 level.

위 결과로부터 L*에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 그룹은 LN15-LN30/LN35, LN20-LN30/LN35, LN25-LN30/LN35, LN30-LN35 그룹으로 나타났다(p<.05). a* 그룹에서는 각각의 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). b* 그룹에서는 LN25-LN30을 제외한 모든 그룹에서 통계적으

로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05).

Shadepilot으로 시편의 색조를 측정된 결과 LN15는 A1과 B1의 색조가 혼합되어 나타났고, LN20과 LN25 그리고 LN30에서는 A1, B1, B2의 색조가 혼합되어 나타났다. LN35의 시편에서는 A1, B1, B2 그리고 미세하게 A2의 색조가 혼합되어 나타났다(Table 5, Fig. 5).

Table 5. The measured shade of zirconia specimens by Shadepilot

group	LN15	LN20	LN25	LN30	LN35
shade	A1+B1	A1+B1+B2	A1+B1+B2	A1+B1+B2	A1+B1+B2+A2

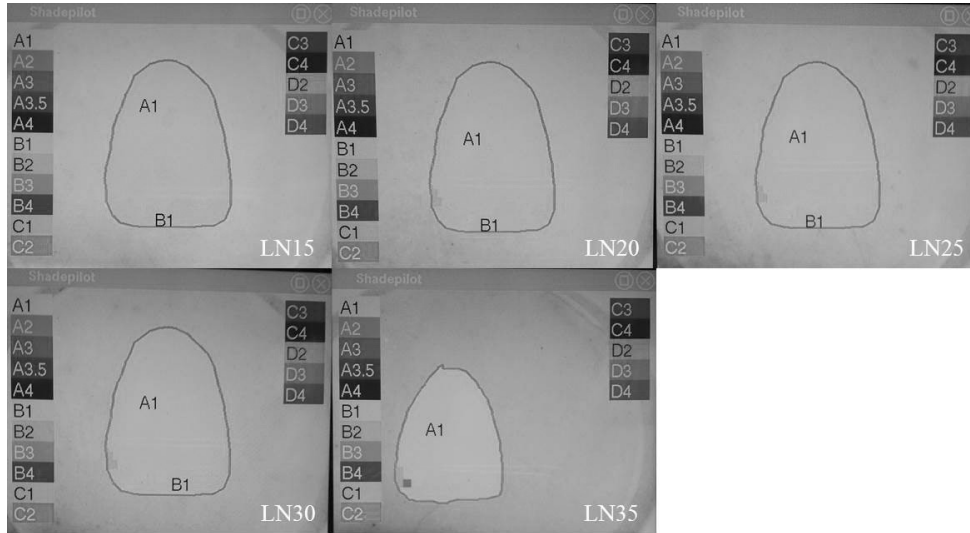


Fig. 6. The measured shade of zirconia specimens by Shadepilot

IV. 고 찰

정확한 색조의 재현은 재 제작물을 낮추고 환자의 만족도를 높인다는 점에서 심미 보철물에서 중요시 하는 부분 중 하나이다(Vichi et al, 2011). 지르코니아는 강도 및 생체적합성 그리고 재료가 가지는 빛 투과성도 우수하여 최근 사용 빈도가 증가되고 있는 재료이다. 그러나 최종 수복물의 색조 재현을 위한 방법이 일관되지 않아 지르코니아 수복물을 제작해야 하는 사용자들의 혼란이 많은 실정이다. 이러한 혼란을 줄이기 위하여, 본 연구에서는 사용자가 직접 농도를 조절하여 제작하는 색소체의 농도에 따라 나타내고자 하는 색조를 정확하게 재현 할 수 있는지를 비교하고자 하였다.

제조회사에서 제공하는 이 색소체는 VITA classical A1 부터 D4를 기준으로 그 중에서 A1, B1, C1계열의 색조를 나타낼 수 있다고 명시되어 있었으며, shadepilot의 실험 결과 혼합된 착색액은 A1과 B1 혹은 B2와 A2의 색조가 혼합되어 나타났다. 이는 제조회사에서 제시했던 기준과는 차이가 있었다.

본 실험에서 사용된 neutral은 chroma의 양이 적어 색조의 강도를 줄이는 역할을 한다. Light에 neutral이 혼합된 양에 따라서 색조의 강도가 달라지는 것이다. 즉, 첨가되는 neutral의 양이 많을수록 색조의 강도가 약해지고, 반대로 적게 첨가되면 강한(어두운) 색조가 나타난다. 실험에서는 농도에 일정한 간격을 주기 위하여 임의로 15 부터 35 까지 5 brix 단위로 실험을 진행하였으나, 이 범위를 다르게 설정하여 실험을 진행하는 방법도 의의가 있다고 생각된다.

다만, 다양하게 출시된 제품 중 한 가지 제품만을 선택하여 실험을 진행하였으므로 본 실험이 색소체 전체에 영향을 미친다고 할 수는 없으나, 임상에서 사용되는 방법이 대부분 유사하므로 그 추세에는 적용할 수 있다고 생각된다.

CIE(2004) #Lab색 공간에서 L* 값은 밝기를 나타낸다. L*이 0 이면 검은색이며, L*이 100 이면 흰색을 나타낸다. a*의 값은 빨간색과 초록색 중 어느 쪽으로 치우쳤는지를 나타내는데, 음수이면 초록색에 치우친 색깔이며, 양수이면 빨강/보라색 쪽으로 치우친 색깔이다. b*값은

노란색과 파란색을 나타내며, 음수이면 파란색에 가깝고 양수이면 노란색에 가깝다.

실험결과에서 L* 값의 평균은 LN15가 가장 컸으나, 농도가 진해질수록 값이 작아져 점차 검은색에 가까워지는 것을 알 수 있었다. 그러나 a*는 농도가 진해질수록 값이 커져 빨간색에 가까워지는 것으로 나타났다. b* 역시 농도가 진해질수록 값이 커져 점차 노란색에 가까워지는 것으로 나타났다. 이를 통계적인 검정 방법을 통해 확인한 결과 각 그룹 간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 좀 더 세부적인 유의성을 확인하기 위하여 사후검정을 실시한 결과 a*에서는 모든 그룹 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 L* 그룹에서는 LN15와 가까운 그룹인 LN20, LN25와 LN20과 가까운 그룹인 LN25에서 통계적인 유의차가 없는 것으로 나타났다. b* 그룹에서는 LN25와 LN30그룹을 제외한 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

본 연구와 유사한 다른 연구결과를 비교하였을 때, 백등(2008)은 지르코니아 코어에 A3에 해당하는 색소체로 착색시킨 결과 Lava frame의 L*이 77.34, a*가 0.97, b*가 10.00 이라고 하였다. 이는 본 연구결과와 비교하여 L*값은 작고, a*값과 b*값은 크게 나타나 결과적으로 더 어두운 색조를 띤다고 할 수 있다. 이를 바탕으로 어두운 색조일수록 L*값은 작아지고 a*와 b*값은 점차 커지는 경향이 있는 것을 알 수 있었다.

한편, 치아의 색은 색상, 명도, 채도로 구성이 되는데 Vita shade guide를 기준으로 색상은 A, B, C, D로 표현하며 A는 orange, B는 yellow, C는 yellow/grey, D는 orange/grey 계열을 의미한다. A, B, C, D는 각각 1부터 4까지의 순서로 구분되는데, 숫자가 커질수록 lightness는 감소하고 chroma는 증가한다(Paravina, 2009). 본 연구에서는 농도가 진해질수록 A1에서 A2에 가까운 색조가 나타났으며, 실제로 neutral에 첨가된 성분에 크롬(chrome)이 포함되어 있어 색조에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

금속염화물로 제작한 색소체 용액의 선행 연구에서 색소체가 지르코니아에 색조를 부여하는 것을 확인하였고, 특히 크롬의 금속원소가 함유된 색소체 용액이 치아와 유사한 색을 띠는 것을 확인하였다(Gye-Jeong Oh et al,

2011). 색소체 용액 내에 착색하여 색조 지르코니아를 제작하는 방법은 임상에서 적용하기 편리하고 침지 시간과 용액의 종류, 농도 등에 따라 손쉽게 다양한 색조를 부여할 수 있어 환자의 요구와 치아의 색조와도 조화를 이룰 수 있다는 장점이 있다. 이러한 장점과 더불어 정확한 농도로부터 완벽한 색조재현이 가능하도록 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다. 단, 사용자가 색소체의 정확한 농도를 재현하기 위해서는 농도지시계 등의 장비가 필수적으로 필요하다.

V. 결 론

농도지시계를 통한 brix 값이 증가될수록 L*값은 감소하였고, a*와 b*값은 증가하였다. 이 결과로부터 농도가 진해질수록 점차 어두운 색조가 나타나는 것을 알 수 있었다. 각 그룹별로 비교한 결과 L*, a* 그리고 b*값 모두 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 농도에 따라 색조에 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 각 그룹에서 측정된 색조를 보면 LN15에서 L*값이 85.37 보다 크고, a*값이 -0.71 보다 작으며, b*값이 3.34 보다 작을 때 A1과 B1의 색조가 나타난 것을 알 수 있었다. L*값이 감소하고, a*와 b*값이 증가할수록 B2와 A2의 색조가 추가로 측정되었다. 즉, 한 가지 색소체로부터 농도조절을 통해 다양한 색조를 나타낼 수 있으며, 농도지시계로부터 정확한 농도조절이 가능하였다. 또한 분광측색장치와 Shadepilot으로부터 객관적인 색조 측정이 이루어졌다. 이를 종합하였을 때 지르코니아 착색을 위한 색소체를 효과적으로 사용하기 위해서는 객관적인 장비를 통한 정확한 농도 측정이 필요하며, 본 연구로부터 이에 대한 기본적인 근거를 제시하였다.

REFERENCES

- Alessandro Vichi, Chris Louca, Gabriele Corciolani, Marco Ferrari. Color related to ceramic and zirconia restorations: A review. Dental

- Materials, 27(1), 97-108, 2011.
- Cales B. Colored zirconia ceramics for dental applications. *Bioceramics* 11, 591-4, 1998.
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Colorimetry-technical report. Vienna: Bureau Central de la CIE. CIE Publication 15 (3), 18, 2004.
- Guray Kaya. Production and characterization of self-colored dental zirconia blocks. *Ceramics International*, 39(1), 511-517, 2013.
- Gye-Jeong Oh, Yoon-Jeong Seo, Kwi-Dug Yun, Hyun-Pil Lim, Sang-Won Park, Kyung-Ku Lee, Tae-Kwan Lim, Doh-Jae Lee. Effects of chromium chloride addition on coloration and mechanical properties of 3Y-TZP. *J Kor Acad Prosthodont* 49(2), 120-126, 2011.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic system. Part I: core materials. *J Prosthet Dent*, 88(1), 4-9, 2002.
- Isabelle Denry, J. Robert Kelly. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental Materials*, 24(3), 299-307, 2008.
- Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 75, 18-32, 1996.
- Ki-hyun Baek, Yi-Hyung Woo, Kung-Rock Kwon, Hyeong-Seob Kim. Spectrophotometric analysis of the influence to shade of zirconia core on the color of ceramic. *J Kor Acad Prosthodont* 46(4), 409-419, 2008.
- Kwi-Dug Yun, Su-Kyoung Ryu, Mong-Sook Vang, Hong-So Yang, Hyun-Seung Kim, Sang-Won Park. Shear bond strength of veneer ceramic and colored zirconia by using aqueous metal chloride solutions. *J Kor Acad Prosthodont*, 48(2), 151-157, 2010.
- Min-Chieh Liu, Steven A. Aquilino, David G. Gratton, Keng-Liang Ou, Chia-Cheng Lin. Relative Translucency and Surface Roughness of Four Yttrium-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystalline-based Dental Restorations. *Journal of Experimental & Clinical Medicine*, 5(1), 22-24, 2013.
- Oh SC, Lee HH, Lee IK, Shin MR. Flexure strength of various restoration. *J Kor Acad Stomato Func Occlu* 23, 119-30, 2007.
- Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 37(1), 15-20, 2009.
- Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res*, 68, 1760-4, 1989.
- Seon-Mi O, Chae-Hyun Lee. Effect of Zirconia Core Thickness on the Tone Blocking of Discolored Tooth and Metal Post. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology* 33(4), 335-343, 2010.
- 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* 87, 329-37, 2008.
- Sung-Min Choi, Sang-Yong Nam. Evaluation of Color Change According to Coloring Time of Dental Zirconia Block. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology* 33(3), 219-224, 2011.
- ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res* 74, 374-80, 1995.