

색 온도 및 술자의 숙련도에 따른 비색 능력 평가 원저

김지현¹ · 김선재¹ · 이근우¹ · 심준성¹ · 윤준호^{1,2*}

¹연세대학교 치과대학 보철과학교실, ²Eastman Institute for Oral Health, University of Rochester

연구 목적: 4,000 K와 5,500 K의 색 온도를 가진 광원 하에서 치과 보철과 의사 및 치과대학 학생의 색조 비교 및 선택 능력을 평가하여 술자의 경험이 색조 선택에 영향을 주는지를 알아보고자 한다.

연구 대상 및 방법: 분광 광도계를 사용하여 색 견본을 측색한 후, 명도 값이 비슷하고 채도 값이 차이 나는 5개 탭을 선택하여 3개의 세트(a, b, c)를, 채도 값이 유사하고 명도 값이 차이가 나는 5개 탭을 선택하여 3개의 세트(d, e, f)를 만들었다. 각각 4,000 K, 5,500 K 색 온도의 광원 하에서 무작위로 선택된 한 개의 색 견본을 치과 보철과 의사 10명과 치과대학 학생 10명에게 제시하고 동일한 색 견본을 동일한 세트 내에서 고르게 한 다음, 제시된 색조 탭과 피험자가 선택한 색조 탭 간의 색차(ΔE) 값을 계산하여 비색 능력의 차이를 비교하였다. 광원의 색 온도 및 술자의 숙련도에 따른, 각각의 색 견본에서의 색차 값을 계산하고 95%의 신뢰 수준에서 t-test를 시행하여 결과의 유의성을 검증하였다.

결과: 4,000 K와 5,500 K 광원 하에서 색차 값은 각각 1.62 ± 2.0 , 1.33 ± 1.7 로 색 온도 조건에 따른 색조 선택의 차이는 나타나지 않았다($P=398$). 숙련자군과 비 숙련자군 간의 색차 값은 각각 1.34 ± 1.7 , 1.61 ± 2.0 으로 각 군 간 색조 선택의 차이 또한 나타나지 않았다($P=221$).

결론: 동일한 색 견본을 동일한 광원 조건 하에서 비색하는 경우, 술자의 숙련도에 따른 색조 선택 능력에 차이가 없다. (대한치과보철학회지 2012;50:299-304)

주요단어: 색온도; 숙련도; 비색; 분광광도계; 색견본

서론

치과 보철 치료에 있어 인접 치아와 조화를 이루는 심미적인 수복물을 만들어 내기 위해서 치아의 형태, 배열을 고려하는 것도 중요하지만 정확한 색조를 선택하는 것이 무엇보다 중요하다. 사람이 인지하는 물체의 색은 그 물체가 가지고 있는 고유 반사영역과 그것을 비추는 광원의 파장영역이 합쳐진 것이다.¹ 물체를 비추고 있는 광원이 어떠한 파장영역을 가지고 있는가에 따라 색이 달라 보인다. 그러므로 색조 선택 시 치아와 색 견본을 맞추어보는 환경에서 광원의 특성이 중요하다. 광원의 성질을 나타내는 용어로는 조도, 색 온도 등이 있다. Barna 등²은 치과 진료실에서 조명의 강도가 800 - 2,500 lux 사이에 있으면 조도에 따른 색조 선택에 유의차가 없다고 하였다. 색 온도는 완전 복사체인 흑체를 고온으로 가열하여 색을 띤 빛을 방사할 때의 온도에 따라 광색을 절대 온도로 나타낸 것으로 단위로는 켈빈(K)을 사용한다. 색 온도는 수치가 낮을수록 붉은색의 정도가 강하고 수치가 높아질수록 백색을 띄는데 15,000 K 이상의 높은 온도에서는 푸른색으로 보인다. 5,000 - 5,500 K의 색 온도를 갖는 광원은 가시대역(약 380 - 780 nm)에서 균형있는 스펙트럼을 이루고 있으며 이는 색조 조화에 이상적이다.³

치아의 색조를 선택하는 데 사용되는 방법은 기계적인 방법과 시각적인 방법으로 나눌 수 있다. 기계적인 방법은 색을 인지하는 과정에서 발생할 수 있는 관찰자 간의 차이를 줄이고 주관적 경향을 배제할 수 있다는 장점이 있는데, 현재 상용되는 기기들은 한 부위를 측정하는 측색계(colorimeter)와 이차원 측정이 가능한 분광광도계(spectrophotometer)가 대표적이다. 측색계는 광원으로부터 물체에 반사되는 빛을 계측기의 삼원색 파장으로 나누어 분석하고, 이를 각각의 값으로 표시해 주는 기계이다. 이에 반해 분광광도계는 광원의 빛을 단색광으로 필터링한 후 이 빛으로부터 분광반사율과 분광투과율을 측정하고, 그 값을 기초로 색공간 좌표인 CIE L*, a*, b* 값을 산출하는 기계이다.⁴ 어떤 광원에서도 다양한 범위의 색 영역을 읽을 수 있기 때문에 다양한 파장의 빛을 한 번에 계측하여 측색계보다 더 체계적이고 정확하다.⁵

색조를 기술할 수 있는 체계로는 임상적인 해석이 가능하다는 장점이 있는 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) 표색계(color system)가 대표적이다. CIE Lab는 명도와 색도 좌표 a*, b*로 이루어진 공간으로, 측색 시스템에 근거하여 개발된 균등 색 공간이다. 따라서 색 정보의 표준화된 전달 수단 뿐 아니라 색차 관리에도 그 효용성이 높다.

색조의 판단이 매우 주관적이고, 광원 조건과 경험, 나이, 그

*교신저자: 윤준호

Division of Prosthodontics, Eastman Institute for Oral Health, University of Rochester, 601 Elmwood Ave, Rochester, NY 14642, USA
1-585-275-5042; e-mail, joonho_yoon@urmc.rochester.edu

원고접수일: 2012년 10월 5일 / 원고최종수정일: 2012년 10월 12일 / 원고채택일: 2012년 10월 13일

© 2012 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

리고 눈의 피로도도 따라 다르다는 많은 단점에도 불구하고, 사람의 눈은 두 물체 사이의 작은 색조 차이를 인지할 수 있는 매우 효과적인 수단으로 알려져 있으며,⁶ 이런 이유 때문에 현재까지도 대다수의 임상가들은 치아의 색을 결정하기 위하여 Vitapan® classical shade guide나 Vitapan® 3D-master shade guide와 같은 색 견본을 이용하여 시각적으로 색을 결정하는 비색법을 보편적으로 사용하고 있다.⁷ Preston⁸과 Miller⁹는 색 견본을 이용한 비색 시, 색 견본이 자연치아 색의 전체 범위를 포함하지 않고, 대상의 색이 어떤 광원에서는 동일하나 다른 광원에서는 다르게 보이는 현상이 일어날 수 있는 조건등색현상(metamerism) 등의 오류를 지적하였다.

광원의 색 온도가 달라지면 물체에 입사하는 파장의 비율이 달라져서 색 인지에 가장 큰 영향을 미친다. 이 등¹⁰은 색 온도가 각각 6,500 K, 2,856 K, 4,150 K인 세 가지 광원 D65, A, F9 하에서 분광복사계(spectroradiometer)가 인지하는 Vitapan® 3D-master shade guide의 색 공간 좌표 값을 산출하고 분석하였다. 각각의 광원에서 동일한 색조 탭이 나타내는 L*, a*, b* 좌표 값은 다르게 나타났고, 광원에 따라 좌표 값이 변화하는 패턴을 그래프로 그려보았을 때 색조 탭마다 일정한 방향성을 가지고 있었다.

본 연구의 목적은 통상적인 색조 선택 방법인 색 견본을 이용하는 방법에 있어 광원의 색 온도차에 따른 숙련자와 비숙련자 간 비색 능력의 차이를 알아보는 데 있다. 검증하고자 하는 귀무가설은 다음과 같다. 광원의 색 온도와 술자의 숙련도에 따른 비색 능력은 차이가 없을 것이다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

2개 군으로 구성된 20명(경력 1년 이상의 치과 보철과 의사 10명, 치과대학 본과 2학년 학생 10명)이 본 실험에 참여하였다. 피험자들의 연령은 25-31세, 남성이 12명, 여성이 8명이었다. 연구 대상 선정을 위하여 모든 피험자는 Ishihara color test를 통해 색맹 및 색약 등의 색 지각 결손 여부를 검사하였다.

2. 연구 방법

1) 색 견본의 기계 측색 시행 및 색차 값의 계산

색 견본 Vitapan® 3D-master shade guide (제조번호: B360AE; VITA Zahnfabrik, BadSäckingen, Germany)의 측색을 위해 분광광도계인 VITA Easyshade® (VITA Zahnfabrik, BadSäckingen, Germany)를 사용하였다. 색조 탭을 회색 배경 위에 올려 놓고 측정 팁을 탭 순면 가운데에 수직으로 위치시켜 매 번 표준 조정을 한 다음 single tooth mode로 한 탭 당 명도(L*), 채도(C*ab), 색상(hue degree) 지수를 10회 반복 측정하였다. 평균값을 구하고 이로부터 모든 색조 탭 간의 색차 값을 계산하였다. 색차 값의 산출 공식"은 다음과 같다.

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

2) 색 온도

실내 조명이 4,000 K (± 25), 5,500 K (± 25)인 두 개의 밀폐된 독립된 공간에서 실험하였다. 두 공간 모두 조도는 900 - 1,000 lux로 유지되었고, 매 피험자 마다 실험 전에 Chroma meter CL-200 (Minolta Corporation, Osaka, Japan)을 이용해 색 온도를 측정하여 조건이 유지되는 것을 확인하였다.

3) 각 군의 색조 선택 능력 평가

본 연구에서는 동일한 제조번호인 2 세트의 Vitapan® 3D-master shade guide를 사용하였고 배경색으로는 중간 명도의 광택이 없는 회색 색지를 이용하였다. 색조 선택 시 10초 이상 주시하는 경우 망막의 피로로 인한 대조도와 잔상의 오류 가능성을 피험자에게 미리 설명하였다.^{8,12,13} 또한 피험자의 위치에 따라 색이 다르게 인지될 수 있으므로 색 견본에서 30 - 50 cm 정도 떨어진 거리에서 색조를 선택하도록 하였다.^{8,12}

(1) 채도 차에 따른 비색 능력 실험

명도 값은 유사하고($1.02 < \Delta L^* < 1.46$), 채도 값에 차이가 나는 5개의 탭을 선택하여 3개의 세트 a, b, c (Table 1)를 만들고, 5개의 탭 중에 무작위로 한 개의 색조를 제시하고 제시된 것과 동일한 색조 탭을 피험자에게 선택하도록 하였다.

(2) 명도 차에 따른 비색 능력 실험

채도 값은 유사하고($1.10 < \Delta C^*ab < 1.73$), 명도 값이 차이가 나는 5개의 탭을 선택하여 3개의 세트 d, e, f (Table 2)를 만들고, 5개의 탭 중에 무작위로 한 개의 색조를 제시하고 제시된 것과 동일한 색조 탭을 피험자에게 선택하도록 하였다.

(3) 색차 값 계산

각각의 세트에서 무작위로 선택된 탭은 다음과 같다. 세트 a: 2R2.5; 세트 b: 3M1; 세트 c: 4L1.5; 세트 d: 2L1.5; 세트 e: 4R1.5; 세트 f: 5M2. 제시된 색조 탭과 피험자가 선택한 색조 탭 간의 색차 값을 계산하여 점수화하였다. 예를 들어 세트 a에서 피험자가 2R2.5 색조 탭을 선택하여 정답을 맞힌 경우 색차 값이 0으로 0점, 피험자가 2M2를 선택한 경우는 색차 값이 2.8이므로 (Table 2) 2.8점으로 계산하였다. 결과 값을 정리하여 색 온도, 숙련도 그룹에 따라 유의한 차이가 있는지 알아보았다.

4) 통계학적 분석

SPSS V.12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 광원의 색 온도 및 술자의 숙련도에 따른, 각각의 색 견본에서의 비색 능력 점수를 계산하였다. 색 온도에 따른 결과의 유의성을 검정하기 위해 paired t-test를, 숙련도에 따른 결과의 유의성을 검정하기 위해 independent t-test를, 마지막으로 각 세트별로 색 온도와 숙련도에 따른 결과의 유의성을 검정하기 위해

Table 1. Chroma (C*ab) variable sets

Set	Shade	C*ab	L*	ΔE
a	2M1	13.57	78.68	9.3
	2R1.5	16.95	78.20	6.3
	2M2	20.29	78.90	2.8
	2R2.5§	23.32	78.52	0
	2M3	25.75	79.22	3.0
b	3M1§	14.88	72.28	0
	3R1.5	17.45	72.47	3.1
	3M2	21.59	73.74	6.9
	3R2.5	26.05	72.28	11.1
	3M3	27.99	73.09	13.2
c	1M2	79.96	16.97	2.5
	2R1.5	78.20	16.95	1.6
	2L1.5§	76.96	16.44	0
	3R1.5	72.47	17.45	5.7
	4M1	67.61	17.26	9.1

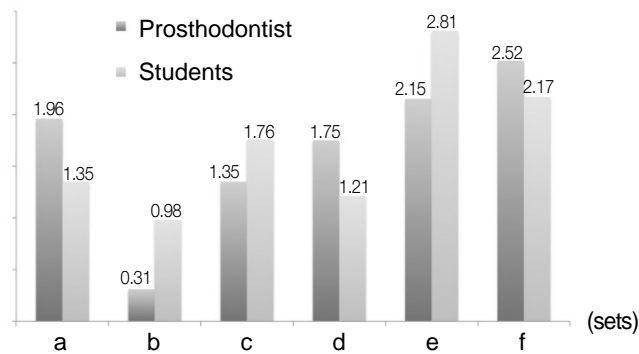
§ : Random selected shade tabs out of each set

Table 2. Lightness (L*) variable sets

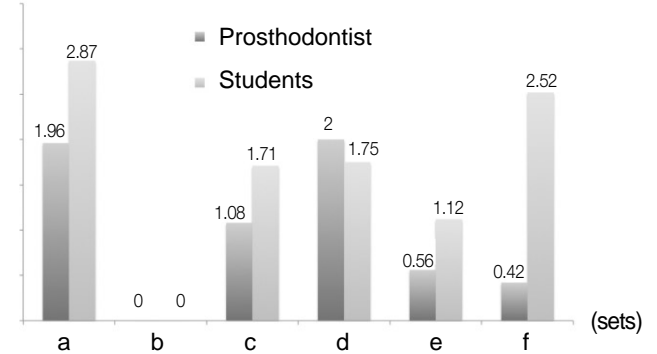
Set	Shade	C*ab	L*	ΔE
d	1M2	79.96	16.97	2.5
	2R1.5	78.20	16.95	1.6
	2L1.5§	76.96	16.44	0
	3R1.5	72.47	17.45	5.7
	3M1	67.61	17.26	9.1
e	2M2	79.36	20.29	11.4
	3M2	73.74	21.59	5.8
	3L1.5	71.71	19.76	4.3
	4R1.5§	68.37	20.78	0
	5M1	63.96	20.46	5.6
F	2M3	78.80	25.91	16.3
	3M3	74.07	27.06	10.9
	3R2.5	72.28	26.05	9.1
	4R2.5	67.53	26.81	4.2
	5M2§	64.46	27.58	0

§ : Random selected shade tab out of each set

(ΔE)

**Fig. 1.** Mean color difference (ΔE) value of prosthodontist group and student group under 4,000 K light source. Vertical axis means color difference value; horizontal axis reveals set of selected shade tabs (a, b, c: sets of selected shade tabs with similar value but have different chroma; d, e, f: sets selected shade tabs with similar chroma but have different value).

(ΔE)

**Fig. 2.** Mean color difference (ΔE) value of prosthodontist group and student group under 5,500 K light source. Vertical axis means color difference value; horizontal axis reveals set of selected shade tabs (a, b, c: sets of selected shade tabs with similar value but have different chroma; d, e, f: sets selected shade tabs with similar chroma but have different value).

repeated-measures analysis of variance (ANOVA)를 이용하였으며 Bonferroni 사후검정을 실시하였다. 모든 통계 검정은 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 시행하였다.

결과

1. 색 건본의 기계 측색 결과

VITA Easyshade® (VITA Zahnfabrik, BadSäckingen, Germany)를 사용하여 동일한 제조번호인 2 세트의 Vitapan® 3D-master shade guide를 기계 측색한 결과 0.41 - 2.76 사이의 색차 값을 나타냈고 이들 값의 평균은 1.16이었다.

2. 색조 선택 능력

숙련자와 비숙련자가 색 건본을 이용하여 비색하는 데 있어 광원의 색 온도에 따른 색조 선택 결과는 다음과 같다(Figs. 1, 2). 95%의 신뢰수준에서 4,000 K와 5,500 K의 색 온도 조건에 따른 색조 선택 능력에 통계적 유의차를 보이지 않았다($P=.398$) (Table 3). 또한 95% 신뢰수준에서 치과 보철과 의사 군과 치과대학 학생 군 간 색조 선택 능력에 통계적 유의차를 나타내지 않았다($P=.221$) (Table 3). 마지막으로 각 세트별로 색조 선택 능력이 차이가 있는지 검정한 결과 명도 3인 세트 b에서 다른 모든 세트에 대해 유의한 차이를 나타냈다($P<.01$) (Table 4).

Table 3. Analysis of t-test between the different light sources and between the different levels of experiences of participants

Light Source	4,000 K (Mean ΔE)	5,500 K (Mean ΔE)	P value
	1.62 ± 2.0	1.33 ± 1.7	.398
Level of Experience	Prosthodontist (Mean ΔE)	Dental Students (Mean ΔE)	P value
	1.34 ± 1.7	1.61 ± 2.0	.221

Table 4. Analysis of repeated-measures ANOVA showing impact and interactions of variables (*Significant difference $\alpha=0.05$)

Source	df	Sum of square	F	P value
Color temperature	1	4.874	1.485	.239
Group	1	4.483	0.667	.425
Shade	5	113.607	9.440	<.01*
Color temperature x group	1	8.894	1.324	.265

고찰

이번 연구는 색 견본을 이용해 색조 선택을 할 때, 광원의 색 온도와 술자의 숙련도가 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 고안되었다. 이번 실험에서는 색조 탭의 객관적인 색의 측정과 그 기준을 위해 분광 광도계인 Easysshade®를 사용하였는데, 분광 광도계는 시편 색 좌표의 절대치를 얻을 수 있는 가장 정확한 기기 중 하나로서,¹⁴ 여러 개의 상품화 된 측색 기계들을 비교한 결과 분광 광도계인 Easysshade®가 가장 신뢰성 있는 결과를 나타낸다고 보고되었다.¹⁵ 또한 실험에서 색 견본으로는 Vitapan® 3D-master shade guide를 사용하였다. 이 색 견본은 색조 탭들이 3차원 공간 내에 색상, 명도, 채도 별로 체계적으로 배열되어 있어 임상적으로 색조나 투명도를 선택하는 데 합리적인 도구이며,¹⁶ Vitapan® classical shade guide와 비교한 실험에서, 일반 치과의사의 경우 Vitapan® 3D-master shade guide의 사용이 반복 재현성을 높일 수 있다고 보고하였다.¹³ 실제 실험에서 측색 오차로 인한 영향을 줄이고 측색치의 신뢰성 확보를 위해 동일 부위를 10회 반복 측정하여 Vitapan 3D-master shade guide의 L*, a*, b*, hue 값을 측정하고 색조 탭 간의 색차값을 계산하였다.¹⁷

2 세트의 Vitapan® 3D-master shade guide를 본 연구에서 사용하였는데, 이는 동일 제조사의 색 견본 간에도 색상의 차이가 있을 수 있기 때문이다. Hassel 등¹⁸은 같은 제조 회사의 색 견본 탭도 다른 색차 값을 보인다고 하였고, Schwabacher와 Goodkind¹⁹는 두 가지 다른 묶음에 있는 같은 색조의 탭이 정확히 같은 색조라고 말하기 어렵다고 하였다. 실험 시 색 견본 간의 차이를 최소화 하기 위해 같은 제조번호의 색 견본을 사용하였지만 VITA Easysshade®의 측색 결과 동일한 색조 탭 간의 색차 값이 0.41 - 2.76의 범위를 나타냈다. 분광 광도계를 이용하여 연구한 바에 의하면 치과 수복물 평가 시에 색차값이 1 이상일 때 눈으로 색 변화를 감지할 수 있다고 하였다. 색차 값이 1보다 작은 경우 최상의 색조 조화를 이루며 1 - 2 사이는 임상적으로 받아들일 만하고, 2 이상은 부조화를 나타낸다고 알려져 있다.^{14,20} 이

에 근거하여 동일한 색조 탭 간의 색차 값이 1 이하인 탭 만을 실험에 사용하였다.

실험 대상의 선택에서 남, 녀 비율은 크게 고려하지 않았다. 색 지각 능력은 개인에 차이를 보이지만, 색조 선택에 있어 남성과 여성의 능력에는 큰 차이가 없다고 보고되고 있다.^{21,23} 다만, 치과 보철과 의사 군과 치과대학 학생 군 간의 남, 녀 비율은 같게 선택하였다. 또한 피험자의 연령을 25 - 31세로 비슷한 젊은 연령대로 선택하여 색 인지에 영향을 줄 수 있는 전신질환의 영향을 최소로 하였고, 실험 전 색 지각 결손 여부를 확인하기 위한 검사를 시행하였다.

실험 결과 피험자들 중 제시된 색조 탭과 다른 색조 탭을 고른 경우는 주로 5개 중에 정답과 색차 값이 크지 않은 경우가 대부분이었다. 세트 b에서 정답률이 유의차 있게 높았는데 ($P < .01$) 명도가 중간 정도이고 선택된 탭이 채도가 가장 낮은 것이었기 때문에 다른 세트보다 구별이 쉬웠던 것으로 사료된다.

광원의 색 온도 조건에 따른 통계적 유의차는 없었다. 이번 연구에서 색 온도 조건을 4,000 K와 5,500 K의 두 개로 구분하였다. 이는 일반 상점이나 사무실에서 흔히 사용되는 백색 형광등(CIE F9, F11)의 색온도가 4,100 - 4,150 K이므로 이와 유사한 색 온도인 4,000 K 광원을 선택했고, 색조 선택 시 이상적인 광원으로 추천되는 5,500 K의 광원²⁴과 비교하였다. 치과 보철과 의사 그룹은 5,500 K의 광원에서 4,000 K보다 높은 색조 선택 능력을 나타냈다. 이는 치과 보철과 의사 군이 평소 생활하는 진료실 환경이 실험에서 사용한 5,500 K 광원과 비슷하여 실험시에 익숙한 환경에서 색조 선택 능력이 더 잘 발휘된 것으로 볼 수 있다. 반대로 치과대학 학생들은 평소 가정이나 학교 조명으로 많이 사용되는 형광등에 익숙했기 때문에 4,000 K의 광원 하에서 더 높은 색조 선택능력을 나타냈다.

또한 숙련자와 비 숙련자 군 간에 통계적 유의차를 보이지 않았는데, 이는 개인의 경험이 색조 선택에 영향을 주지 않는다는 Barna 등의 결과와 일치한다. 하지만 이번 연구에서 비 숙련자 군을 치과대학 2학년 학생에서 선정하였고, 숙련자 군을

치과 보철과 의사 중에서 선정하였는데, 숙련자 군인 치과 보철과 의사의 피험자 선정 요건이 임상 1년 이상으로 비교적 짧은 임상 경험을 가졌다는 한계가 있었다. 비색 능력에 영향을 줄 수 있는 나이의 변수를 최소화 하기 위해 치과대학 학생 군과 비교적 나이 차이가 적은 젊은 치과 보철과 의사를 피험자로 선정 한 것인데, 임상 경험이 더 많은 피험자를 숙련자 군으로 선택했다면 이번 실험과 다른 결과가 나올 수도 있을 것이다. 실제로 Capa 등²³이 120명의 각 분야의 치과 의사, 치과 기공사, 치과 직원, 치과대학 학생, 및 일반인들을 상대로 한 연구에 의하면 일상적으로 수복 치료를 담당하는 군의 경우 다른 모든 군에 비해 색조 선택 능력이 높았다는 결론을 밝힌 바 있다. 따라서, 향후 임상 경험이 더 많은 피험자를 선택하여 숙련도를 구분하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이번 실험의 결과로 각기 다른 색 온도를 갖는 광원에서 각기 다른 숙련도에 따른 색조 선택 능력은 통계적으로 유의하지 않았으므로 귀무 가설은 기각되지 않았다. 실험에서 색조 선택을 위해 5개의 색조 탭을 무작위로 배열해 놓았지만, 제시된 색조 탭이 한 개였기 때문에 각각의 탭과 비교해서 정답을 선택할 수 있어 전체의 색 견본을 이용해 체계적으로 색조를 선택하는 경험이 중요하지 않게 작용한 약점이 있다. 실제 임상에서 치아 색조 선택 과정은 본 실험 방법과 다르고, 단순히 비색 능력이 높은 것이 임상에서 올바른 색조 선택을 의미하는 것은 아니다. 따라서 이번 실험의 결과를 확대 해석하는 것은 바람직하지 않으며 실제 임상에서 올바른 색조 선택을 위해 정확한 술자의 판단과 시각적인 오차를 줄이기 위한 이상적인 진료실 광원 구축은 필수적인 요소라고 할 수 있다.

결론

색 견본을 이용해 색조 선택을 할 때 광원의 색 온도와 술자의 숙련도가 비색 능력에 어떤 영향을 미치는지를 비교한 결과, 동일한 색 견본을 비색하는 경우 서로 다른 광원에서의 색조 선택 능력에 차이가 없었으며, 술자의 숙련도에 따른 색조 선택 능력에도 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

- Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am* 2004;48:v, 341-58.
- Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pelleu GB Jr. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. *J Prosthet Dent* 1981;46:450-3.
- Wozniak WT, Moser JB. How to improve shade matching in the dental operatory. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. *J Am Dent Assoc* 1981;102:209-10.
- Berns RS, Billmeyer FW, Saltzman M. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3rd ed. New York; Chichester: Wiley, 2000.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent* 2009;101:193-9.
- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578-82.
- van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-62.
- Preston JD. Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int* 1985;16:47-58.
- Miller L. Organizing color in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1987;26E:40E.
- Lee YK, Yu B, Lim JI, Lim HN. Perceived color shift of a shade guide according to the change of illuminant. *J Prosthet Dent* 2011;105:91-9.
- CIE 15:2004, CIE Technical Report: Colorimetry, 3rd edition, International Commission on Illumination (Commission Internationale de l'Eclairage), Vienna, Austria, ISBN: 3-901-906-33-9, www.cie-usnc.org.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:556-66.
- Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent* 2003;89:50-3.
- Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
- Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont* 2007;16:93-100.
- Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont* 2002;15:73-8.
- Ahn JS, Lee YK. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *J Prosthet Dent* 2008;100:18-28.
- Hassel AJ, Koke U, Schmitter M, Beck J, Rammelsberg P. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *Int J Prosthodont* 2005;18:422-6.
- Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990;64:425-31.
- O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-4.
- Barrett AA, Grimaudo NJ, Anusavice KJ, Yang MC. Influence of tab and disk design on shade matching of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;88:591-7.
- Donahue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB, Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent* 1991;65:699-703.
- Capa N, Malkondu O, Kazazoglu E, Calikkocaoglu S. Evaluating factors that affect the shade-matching ability of dentists, dental staff members and laypeople. *J Am Dent Assoc* 2010;141:71-6.
- Gokce HS, Piskin B, Ceyhan D, Gokce SM, Arisan V. Shade matching performance of normal and color vision-deficient dental professionals with standard daylight and tungsten illuminants. *J Prosthet Dent* 2010;103:139-47.

Evaluation of color matching ability according to the color temperature and the experience of practitioner

Ji-Hyun Kim¹, DDS, MS, Sun-Jai Kim¹, DDS, PhD, Keun-Woo Lee¹, PhD, June-Sung Shim¹, DDS, PhD,
Joonho Yoon^{1,2*}, DDS, PhD

¹Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

²Division of Prosthodontics, Eastman Institute for Oral Health, University of Rochester, Rochester, New York, USA

Purpose: The aim of this study is to investigate the effect of different experience level and different light source on shade selection ability comparing prosthodontist group and dental student group under 4,000 K and 5,500 K light. **Materials and methods:** After color difference of Vitapan 3D-master shade guides was measured, 3 sets of 5 shade tabs were selected with similar value but have different chroma (set a, b, c). Also 3 sets of 5 shade tabs were selected with similar chroma but have different values (set d, e, f). Under 4,000 K and 5,500 K light sources, ten prosthodontists and ten dental students were allowed to match in one set of 5 tabs the same shade tab with the tab which was originally selected in the other set of 5 tabs. Color differences of original tab and matched tab were measured by spectrophotometer and the shade selection ability was evaluated with those data. Evaluation of color difference value was performed in regard to different light conditions and different level of experience, followed by t-test with 95% confidence interval. **Results:** Color difference values under 4,000 K and 5,500 K light source were 1.62 ± 2.0 , and 1.33 ± 1.7 respectively. In addition, color difference values of prosthodontist group and dental student group were 1.34 ± 1.7 , and 1.61 ± 2.0 respectively. Difference of shade selection ability was not found under either different light sources ($P=.398$), or different experience level ($P=.221$). **Conclusion:** Level of experience did not affect on the shade selection ability when prosthodontists and dental students matched the shades with the same shade tab under the same light source. (*J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:299-304)

Key words: Dental prosthesis coloring; Spectrophotometry; Shadematte; Dental porcelain

*Corresponding Author: Joonho Yoon

Division of Prosthodontics, Eastman Institute for Oral Health, University of Rochester, 601 Elmwood Ave, Rochester, NY 14642, USA

+1 585 275 5042; e-mail, joonho_yoon@urmc.rochester.edu

Article history

Received October 5, 2012 / Last Revision October 12, 2012 / Accepted October 13, 2012