

## 수중 도재 색조 선택 시스템의 spectrophotometer를 이용한 색조 재현성 평가

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

김이경 · 조인호 · 신수연

### I. 서 론

상실되었거나 손상된 치아의 수복시에 저작 및 기능의 수복뿐만 아니라 심미성의 회복 역시 중요하다. 특히, 전치부의 수복시에는 구조적인 심미성과 함께 보철물의 색조가 주위 치아와 자연스럽게 조화를 이루는 것이 필요하다.<sup>1,2)</sup> 그러므로 술자는 자연치의 표면과 내부에서 반사되는 빛에 의해서 이루어지는 치아 색조의 분포와 치아의 형태 및 내부 구조에 대한 지식을 가지고 있어야 한다.<sup>3)</sup> 또한 만족스러운 보철물을 위해서는 파악된 정보를 입체적, 객관적으로 치과 기공사에게 전달하여야 하며, 전달된 정보가 정확히 표현될 수 있도록 색채 조형에 대한 과학적 인식 및 상호 협조가 필요하다.<sup>4,6)</sup>

일반적으로 색(color)은 두 가지 의미를 지닌다. 첫째는 안료(pigment)로서의 색이며, 둘째는 어떤 특정 빛의 파장이 수용기관에 자극을 주어 대뇌에서 느끼는 빛으로서의 색이다. 후자는 광원으로부터 나오는 광선이 물체에 비추어 반사, 분해, 투과, 굴절, 흡수될 때 안구의 망막과 여기에 이르는 시신경이 자극됨으로써 나타나는 시지각의 일종이다.<sup>7,8)</sup> Clark<sup>1,6,9)</sup>은 치과분야에서 색에 대한 과학적 인식을 중요하게 여겨 자연치아의 색을 부위별로 면밀히 분석하였고 색의 삼차원적인 개념에 대한 이해가 필요함을 강조하였다. 이러한 연구의 일환으로 색을 객관적으로 표현할 수 있는 다양한 표색계가 소개되었다.

Munsell<sup>10)</sup>은 삼차원적으로 색을 배열하여 불규칙

적인 구(sphere)의 구조로 분류한 먼셀 표색계(Munsell color order system)를 제안하였으며, 색의 세 가지 속성-색상(hue), 명도(value), 채도(chroma)-에 대하여 언급하였다. 구의 수직축은 명도를 나타내며, 1(흑색)부터 9(백색)까지 9단계로 나누어지며 중립적인 회색이 제 5단계에 위치한다. 이 축의 주위로 색상이 연속적으로 배열되고, 각 색상의 채도는 중심부로부터 외측으로 갈수록 증가한다. 색상은 다른 색과 구분되는 일반적인 유채색의 이름으로,<sup>10)</sup> 반사되거나 투과되어 관찰되는 빛의 주 파장으로부터 결정된다. 자연치아는 먼셀 표색계에서 황색과 황적색 사이에 존재한다.<sup>6,11)</sup> 명도는 물체에 의해 반사되거나 흡수된 빛의 양의 정도를 의미하며, 밝은 색과 어두운 색을 구분 짓는 특성이다.<sup>10)</sup> 자연치아의 명도는 채도, 범광질 두께와 특성, 표면성상 그리고 표면광택에 의해서 영향을 받으며, 먼셀 체계에서 4~8사이에 존재한다. 채도는 특정 색상의 진함과 열음, 즉 농도를 나타내는 것으로,<sup>10)</sup> 색을 주 파장의 혼합비율로 나눌 때의 순도 또는 포화도에 의해서 느끼는 색의 강도이다. 명도가 독립적으로 표현될 수 있는 것과는 달리 이는 특정 색상 속에서만 의미가 존재한다. 채도변화는 명도와 관련을 보이는데 채도가 높아짐에 따라 명도는 낮아진다. 자연치아는 먼셀 체계에서 0~7까지의 채도 범위를 갖는다.<sup>12)</sup> Clark<sup>2)</sup>과 Hayashi<sup>13)</sup>는 치아의 색을 선택할 때에 색상, 명도, 채도 등을 함께 고려해야 한다고 하였다.

또 다른 객관적 표색계로 CIE colorimetric system 이 주로 사용되는데 이는 3가지 좌표, 즉  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 의 색공간으로 정의된다.  $L^*$ 은 먼셀계의 명도와 비례관계에 있어 밝기와 흑백의 성질을 나타내는 무채색의 특성을 나타내며,  $a^*$ 와  $b^*$ 는 색도좌표로  $+a^*$ 는 좀더 적-자색과  $-a^*$ 는 좀더 청-녹색과 가까움을 의미하고,  $+b^*$ 는 황색에  $-b^*$ 는 자-청색에 가까움을 의미한다.<sup>11)</sup>

한편 치의학에서 치아의 색조를 선택하는 방법은 크게 시각적인 방법(비색법)과 기계적인 방법(측색법)의 두 범주로 나뉜다. 환자의 치아와 색도표준 간의 비교에 의한 시각적인 색의 결정은 임상 치의학에서 가장 많이 이용되고 있는 방법이다.<sup>14,15)</sup> 그러나 색조선택시의 시각적인 결정은 주관적이며 결과가 일정하지 않아서 신뢰성이 문제가 되어왔다.<sup>16)</sup> 또, 자연치의 색조는 매우 다양하며 같은 치아라 할지라도 부위별로 다양한 색조를 가지기 때문에 단순히 색도표준 상의 색조 비교만으로는 정확한 치아 색조의 특성을 나타내는 것은 불가능하다.

본 연구에 이용되고 임상에서 가장 널리 이용되고 있는 Vita Lumin vacuum shade guide는 A, B, C, D 등의 기본 색조를 바탕으로 각각 4개의 다른 채도와 명도를 갖는 16개의 표본으로 구성되어 있다.<sup>12,17)</sup> A그룹은 reddish brown으로 젊은 사람들에게서 주로 관찰되며 자연치의 색공간 중 가운데에 위치한다. B 그룹은 reddish yellow의 노란색 계열로, A그룹에 비해 순수한 노란색에 가까우며 자연치에서는 상대적으로 드물다. C그룹은 gray의 무채색 계열로 중장년층이나 테트라사이클린 변색치에서 주로 관찰되며, D그룹의 색조는 reddish gray로 거의 발견되지 않으나 명도가 낮은 A그룹의 하부 계열의 색상에 속한다. Hasegawa 등<sup>18)</sup>은 이러한 Vita Lumin vacuum shade guide가 자연치의 색조를 모두 재현하지는 못한다고 하였다. Preston<sup>9)</sup>과 Miller<sup>19)</sup>는 색의 선택시 많은 오류들이 시판되는 색도표준의 사용과도 연관되어 있다고 언급하며, 그 이유로 색도표준이 자연치 색의 전체범위를 포함하지 못하고 체계적으로 분포되어 있지도 않으며,<sup>11)</sup> 색의 선택시에 대상의 색이 어떤 광원에서는 동일하나 다른 광원에서는 다르게 보이는 현상이 일어날 수 있는 것을 지적하였다.<sup>13)</sup> 이러한 비색법에 의한 색의 선택은 여러 관찰자

들 내에서도 그 결과가 다를 수 있으며, 한 사람의 반복적인 색에 대한 인지의 결과조차도 일치되지 않을 때가 있다.<sup>16)</sup> 또, 시각적인 색의 선택은 빛의 자극에 대한 관찰자의 생리적 및 정신적인 반응에 의존하므로,<sup>20)</sup> 색 선택 결과의 불일치가 피로, 노화, 감정, 조명조건, 이전의 눈의 노출, 사물과 조명의 위치 및 조건등색현상(metamerism)과 같은 조절되지 않은 요인들에 의해 야기될 수 있다.<sup>21-24)</sup> 따라서 임상 치의학에서는 색조 선택을 위한 과학적이며 일정한 결과가 얻어질 수 있는 방법이 요구되고 있으며,<sup>25)</sup> 이에 다양한 연구들과 방법들이 소개되었다.<sup>4-6,26)</sup>

소개된 방법들은 기존보다 더 많은 shade tap으로 구성된 색도표준을 이용한 시측색 방법 및 더 객관적인, 기계적 장치들을 이용한 기계 측색 방법이다. 측색을 위한 기계 장치들은 초기에는 부피가 상당히 크고, 치아의 색조 선택시 치아의 투명도에 관련된 차이를 구별하는 능력 등이 부족하여 임상적으로 쉽게 적용되기 어려웠으나, 최근에는 이러한 단점들이 보완된 많은 장치가 개발되고 있다.<sup>5,26)</sup>

본 연구에서는 심미적인 보철물 제작을 위해 필수적인 단계인 정확한 색조 선택에 대한 비교 평가를 위해 시각적 측색 방법과 기계적 측색 방법에 의한 측색을 각각 시행하고 연구하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 대상

2개월~6개월 전 발거된 상악 전치 10개를 증류수에 보관 후 사용하였다.

### 2. 실험 재료 및 측정 기구

시측색을 위해 Vita Lumin Vacuum shade guide(Vident Inc., California, U.S.A.)와 Vitapan 3D Master shade guide(Vident Inc., California, U.S.A.)를, 기계측색에는 ShadeEye-EX® Chroma Meter(Shofu, Portland, Oregon, U.S.A.)와 ShadeScan™ System(CYNOVAC, Canada)을 이용하여 치아의 색조를 선택하였다. 각각의 측색 결과들은 제조자의 지시에 따라서 호환되는 도재 측정

시스템인, Vita VMK 68 Porcelain system(Vident Inc., California, U.S.A.), Vita Omega 900 Porcelain system(Vident Inc., California, U.S.A.), Vintage Halo Porcelain system(Shofu, Portland, Oregon, U.S.A.)을 이용하였다. 다만 ShadeScan™ System(CYNOVAC, Canada)은 모든 도재 측정 시스템을 다 지원하는 장치인 관계로 임의로 Noritake(Noritake Co., Ltd, Nagoya, Japan)을 도재 측정 시스템으로 선택하였다. 시편 제작은 Individual shade guide kit(Vident Inc., California, U.S.A.)와 Digital caliper(Model CD-6 BS, Mitutuyo Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 규격화하였다. 제작된 결과를 분석하는 데 Spectrophotometer(CM 503i, Minolta Co., Japan)를 이용하였다.

### 3. 실험 방법

#### (1) 치면 세마

증류수에 보관된 상악 전치 10개의 순면을 pumice와 rubber cup을 이용하여 치면 세마를 시행하였다.

#### (2) 실험 전 치아 측정 시행

Spectrophotometer를 이용하여 실험 시작 시점에서 치아의 색조를 측정하였다.

#### (3) 시측색 시행

치아의 색상을 선택하는 데 있어 시각적인 문제가 전혀 없는 임상 경력 3년 이상의 보철의사가 실험에 참가하였다. 3명의 평가자가 Vita Lumin Vacuum shade guide와 Vitapan 3D Master shade guide로 각각 3회씩 치아의 색조를 선택하였다.

##### 1) Vita Lumin Vacuum shade guide

3명의 평가자가 각 3회씩 시행한 시측색의 결과를 평가하여 최종 색조를 결정하였다. 2명 이상의 평가자가 선택한 색조로 결정하였고, 3명의 평가자가 모두 다른 결과를 보인 경우, 재시행 후 3명의 평가자가 협의하여 최종 색조를 결정하였다.

##### 2) Vitapan 3D Master shade guide

3명의 평가자가 각 3회씩 시행한 시측색의 결과를 평가하여 최종 색조를 결정하였다. 제조

사에 의하면 색공간에서의 위치가 정확하여 중간색 형성이 가능하므로 3명의 평가자가 선택한 색조의 중간색으로 최종 색조를 결정하였다.

#### (4) 기계 측정 시행

ShadeEye-EX® Chroma Meter와 ShadeScan™ System을 이용하여 치아의 색조를 선택하였다.

1) ShadeEye-EX® Chroma Meter를 이용하여 제조사가 지시한 방법대로 calibrating cap을 측정팁에 위치시켜 0점 조정을 시행하고, 백악법 광경계부 상방 1.0~2.0 mm 부위, 근원심으로 중앙부에 측정팁을 치면에 균등하게 접촉시킨 후 측색을 시행하였다.

2) ShadeScan™ System의 handpiece를 이용하여 실험 대상 치아의 영상을 채득하였다. 영상 채득 전 handpiece를 Base Unit에 장착하여 calibration이 완료되면 handpiece에 ShadeGuard™를 장착하였다. 영상 채득시에는 ShadeGuard™를 대상 치아의 순면에 직각으로 접촉한 상태로 영상을 채득하였다. 채득된 영상 정보는 compact flash memory card인 ShadeDisk™에 저장하였다.

#### (5) 시편 제작

측색 결과에 따라 각각 호환되는 porcelain system을 이용하여 shade guide tap 형태의 시편을 제작하였다(Table I).

#### (6) 시편 측정 시행

치아 및 제작된 시편들을 spectrophotometer를 이용하여 색조를 측정하였다. 색조 측정을 위해 spectrophotometer의 광학부에 흡광통을 넣고 영점 조정을 한 후, 표준 백색판(standard white reflector plate)을 사용하여 표준 조정을 하였고 영점 조정과 표준 조정이 끝난 후 시편을 광학부로 밀착시키고 색조를 측정하였다. 이 때 한 개 시편 당 서로 다른 3부위를 무작위 선택하여 한 부위를 3회씩 측정한 후 그 평균값을 이용하여 CIE 표색계의 L\*, a\*, b\* 값을 산출하였다.

**Table I.** Classification of the experimental groups

Groups & code		Shade selecting system	Porcelain system	Sample number
Visual method	VL	Vita Lumin Vaccum Shade guide	Vita VMK 68 Porcelain system	10
	V3	Vitapan 3-D Master shade guide	Vita Omega 900 Porcelain system	10
Mechanical method	SE	ShadeEye-EX® Chroma Meter	Vintage Halo Porcelain system	10
	SS	ShadeScan™ System	Noritake system	10

VL : Experimental group using Vita Lumin Vacuum Shade guide  
 V3 : Experimental group using Vitapan 3D Master Shade guide  
 SE : Experimental group using ShadeEye-EX® Chroma Meter  
 SS : Experimental group using ShadeScan™ System

(7) ΔE\*값의 계산

한 시편 당 서로 다른 3부위를 3회씩 L\*, a\*, b\*값을 측정하여 평균값을 구하고 이로부터 ΔE\*값을 계산하였다.

색조 차이인 ΔE\*값의 산출 공식은 다음과 같다.

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

$$\Delta L^* = L_2 - L_1$$

L<sub>2</sub> = 실험 후 시편의 L\*값

L<sub>1</sub> = 실험 전 치아의 L\*값

$$\Delta a^* = a_2 - a_1$$

a<sub>2</sub> = 실험 후 시편의 a\*값

a<sub>1</sub> = 실험 전 치아의 a\*값

$$\Delta b^* = b_2 - b_1$$

b<sub>2</sub> = 실험 후 시편의 b\*값

b<sub>1</sub> = 실험 전 치아의 b\*값

ΔE\* : 시편의 색조 차이값

ΔL\* : 시편의 명도를 나타내는 값으로 실험 전, 후의 차이값

Δa\* : 시편의 적색과 녹색의 정도를 실험 전, 후의 차이값

Δb\* : 시편의 황색과 청색의 정도를 실험 전, 후의 차이값

(8) 통계 처리

본 논문의 통계처리에는 SPSS V10.0 for Win.(SPSS Inc., U.S.A)을 사용하여 one-way

ANOVA test, Scheffe multiple range test를 시행하였으며 95% 유의수준으로 검증하였다.

Ⅲ. 실험 결과

1. 제작된 shade tap 시편의 색상 차이도(ΔE\*)

각각의 방법으로 측색을 시행하고 호환되는 도재 시스템으로 제작한 시편들을 spectrophotometer를 이용하여 3회씩 측정 후 그 평균값을 이용하여 CIE 표색계의 L\*, a\*, b\*값을 산출하였다. 이로부터 계산된 색상의 차이도(ΔE\*)는 Table II와 같다. VL군이 전반적으로 높은 ΔE\*값을, SS군이 낮은 ΔE\*값을 보였다.

2. Shade tap 시편의 ΔE\*값의 평균과 표준 편차

각 군의 ΔE\*값 및 ΔE\*값의 평균과 표준 편차는 Table III과 같으며, VL군, SE군, V3군, SS군 순으로 감소하였다(Fig. 1). 각 군의 ΔE\*값 평균에 대한 one-way ANOVA test 결과, 군간 유의성이 있었으며 (Table IV), Table V는 scheffe multiple range test 결과로, VL군과 SS군의 ΔE\*값 사이에 유의성이 있었다 (p<0.05).

**Table II.** Results of  $\Delta E^*$  of shade tap specimens

	1st	2nd	3rd		1st	2nd	3rd
1	0.0	0.0	0.0	6	0.0	0.0	0.0
VL	5.4	3.3	5.7	VL	3.8	2.3	5.3
V3	4.4	2.8	4.2	V3	5.7	1.8	3.2
SE	3.2	2.3	3.4	SE	3.5	1.9	4.3
SS	1.6	1.3	2.5	SS	4.3	2.4	4.7
2	0.0	0.0	0.0	7	0.0	0.0	0.0
VL	4.6	3.3	6.1	VL	6.0	2.8	6.4
V3	2.6	1.8	2.8	V3	3.3	1.3	3.0
SE	3.8	2.4	4.4	SE	3.7	1.6	4.3
SS	1.4	0.8	1.6	SS	1.9	1.4	2.1
3	0.0	0.0	0.0	8	0.0	0.0	0.0
VL	2.7	1.3	1.6	VL	2.4	1.3	3.4
V3	2.6	0.7	0.8	V3	2.9	1.7	2.6
SE	2.4	1.1	1.4	SE	4.1	1.9	4.1
SS	3.1	0.7	1.0	SS	1.9	1.1	1.8
4	0.0	0.0	0.0	9	0.0	0.0	0.0
VL	5.5	2.6	5.2	VL	6.1	3.4	7.1
V3	3.4	2.2	3.7	V3	5.7	1.9	4.2
SE	5.1	2.2	4.6	SE	4.8	2.7	5.3
SS	3.7	1.9	2.8	SS	3.0	0.7	1.8
5	0.0	0.0	0.0	10	0.0	0.0	0.0
VL	2.3	0.5	4.6	VL	4.2	2.3	5.2
V3	2.5	0.3	1.1	V3	3.4	1.6	3.2
SE	1.5	0.6	2.4	SE	3.9	2.1	4.0
SS	1.6	0.7	1.1	SS	3.9	1.2	2.0

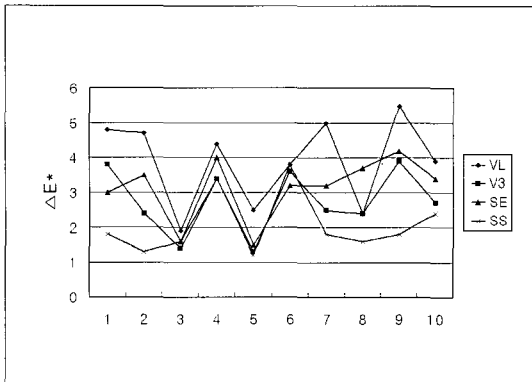
**Table III.** Mean of  $\Delta E^*$  of each experimental group

Specimen Groups	No.											Mean	SD
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
VL		4.8	4.7	1.9	4.4	2.5	3.8	5.0	2.4	5.5	3.9	3.84	1.25
V3		3.8	2.4	1.4	3.4	1.3	3.6	2.5	2.4	3.9	2.7	2.70	0.91
SE		3.0	3.5	1.6	4.0	1.5	3.2	3.2	3.7	4.2	3.4	3.13	0.91
SS		1.8	1.3	1.6	3.4	1.2	3.8	1.8	1.6	1.8	2.8	2.11	0.89

**Table IV.** Results of one-way ANOVA test

Source	Sum of squares	df	Mean of square	F	Sig.
Between groups	15.925	3	5.308	5.283	0.004**
Within groups	36.174	36	1.005		

\*\* significantly different at the level of  $p < 0.01$  level

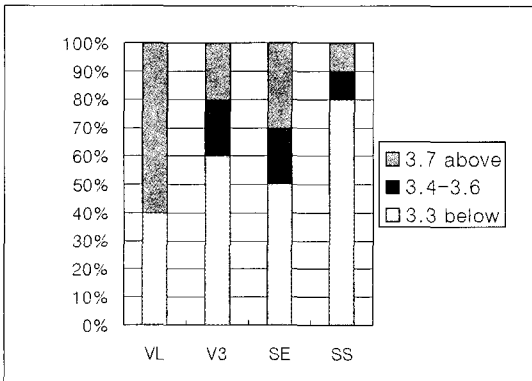


**Fig. 1.** Graph of mean  $\Delta E^*$  of each experimental group.

**Table V.** Results of multiple range test

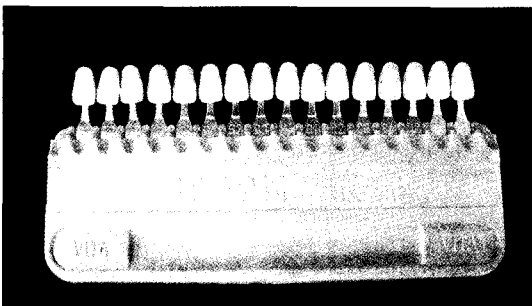
group	VL	V3	SE	SS
VL				
V3				
SE				
SS	*			

\* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

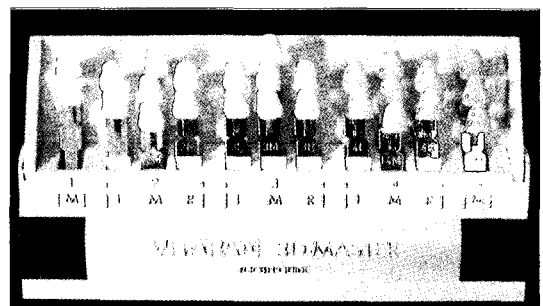


**Fig. 2.** Analysis of specimens according to  $\Delta E^*$  level.

- VL : Experimental group using Vita Lumin Vacuum Shade guide
- V3 : Experimental group using Vitapan 3D Master Shade guide
- SE : Experimental group using ShadeEye-EX® Chroma Meter
- SS : Experimental group using ShadeScan™ System



**Fig. 3.** Vita Lumin Vacuum guide.



**Fig. 4.** Vitapan 3D Master shade guide.

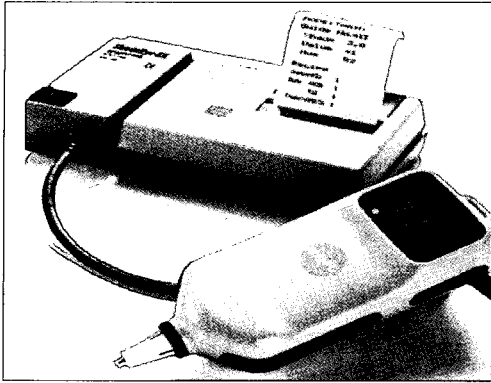


Fig. 5. ShadeEye-EX<sup>®</sup> Chroma Meter.

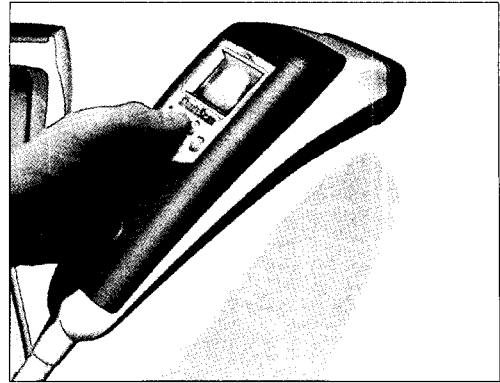


Fig. 6. ShadeScan<sup>™</sup> System.

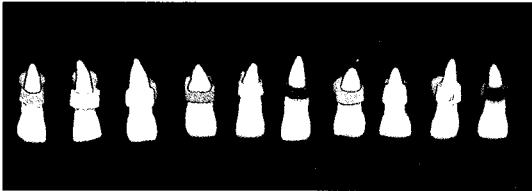


Fig. 7. Extracted maxillary anterior teeth.

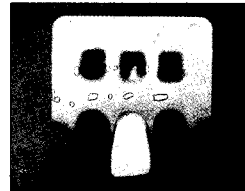


Fig. 8. Status before shade matching.

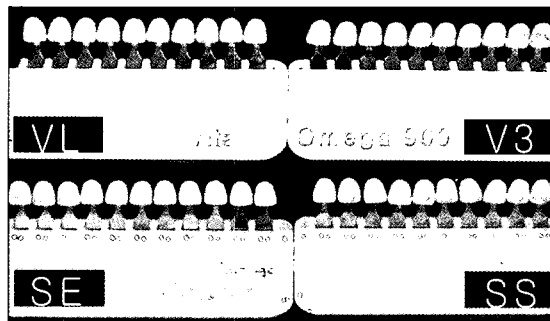


Fig. 9. Fabricated shade tap specimens.

### 3. Analysis of $\Delta E^*$ of shade tap specimens

$\Delta E^*$ 값 분석에서 임상적으로 수용 가능한 한계 수치인 3.3이하인 shade tap 시편은 VL군에서 40%, V3군과 SE군이 각각 60%, 50%, SS군이 80%로 나타났다 (Fig. 2).

### IV. 총괄 및 고안

성공적인 보철물은 치아의 형태나 기능을 회복하는 동시에 환자와 임상 의 모두가 만족할 수 있는 심미성을 획득해야만 한다. 최대의 심미성을 얻기 위한 치과의사들의 목표는 인접 치아와 완벽히 조화되어 인공적인 질감이 나타나지 않는 자연스러운 수복물을 제작하는 것이다. 이러한 상황에서 자연치와 같은 색조를 선택하고 재현하는 것은 매우 중요하

다. Preston과 Bergen<sup>25)</sup>은 구강내에서 수복물의 색이 인접 자연치아와 자연스럽게 조화되도록 재현하는 것은 심미적인 수복을 위해 매우 중요하다고 하였다. 그러나 자연치아 색조의 선택은 과정이 본질적으로 복잡하며, 색 과학에 대한 이해, 색의 판단, 그리고 기공사에게 정보를 전달하기 위한 의사 소통 단계를 필요로 한다는 점과 색의 선택이 인지와 주관적 해석의 문제라는 점에서 현재까지도 해결되지 않는 문제점으로 남아 있다.<sup>20)</sup>

Billmeyer와 Saltzman<sup>27)</sup>에 의하면, 물체의 색이란 광원으로부터 나오는 광선이 물체에 비추어 반사, 분해, 투과, 굴절, 흡수될 때 안구의 망막과 여기에 따른 시지각기가 자극됨으로써 나타나는 시지각의 일종이라고 하였다. 또한 Preston<sup>3)</sup>은 물체가 나타내는 색에 영향을 미치는 요소는 관찰자, 물체 그리고 광원이라고 하였으며, Josephine 등<sup>28)</sup>은 한 물체가 나타내는 색은 물체의 물리적 성질, 물체에 비추어지는 입사광의 본질, 다른 색채와의 상호관계, 그리고 관찰자의 주관적 판단 등에 의해 영향을 받을 수 있으므로 관찰 대상이 되는 치아나 수복물의 색조는 광원의 조건과 관찰자에 따라 다르게 보인다고 하였다. Clark<sup>16)</sup>은 색도 형태와 마찬가지로 삼차원적인 구성을 갖는다고 하였으며, 이러한 색의 삼차원적인 개념에 대한 이해가 필요함을 언급하였다. 색조를 선택하는 방법으로는 비색법과 측색법이 있는데 비색법은 주관적인 시각적 색 측정법이고,<sup>16)</sup> 측색법은 객관적인 기계적 색 측정법이다.<sup>29-32)</sup> 임상에서 흔히 사용되는 Vita Lumin Vacuum shade guide를 기준으로 비교 대조하여 색조를 선택하는 방법은 관찰자의 주관적 판단과 주변 환경이 측색 결과에 지배적인 영향력을 미치고 색상, 명도, 채도의 범위가 부족하다는 한계점으로 인해 자연 치아의 색을 재현하는데 부적합하다. 이러한 시각적인 색의 선택은 빛의 자극에 대한 관찰자의 생리적 및 정신적인 반응에 의존하므로,<sup>20)</sup> 색 선택 결과의 불일치가 피로, 노화, 감정, 조명조건, 이전의 눈의 노출, 사물과 조명의 위치, 조건등색현상(metamerism)과 같은 조절되지 않은 요인들에 의해 야기될 수 있다.<sup>21-24)</sup> 따라서 임상 치의학에서는 색의 정확한 선택을 위한 과학적이며 일정한 결과가 얻어질 수 있는 방법이 요구되고 있다.<sup>25)</sup>

본 연구에서는 더 정확한 색조 선택과 자연스러운

수복물을 제작하기 위해 새로이 소개된 색도표준에 의한 비색법과 기계 측색법을 비교 연구하였다.

Vitapan 3D Master shade guide를 이용한 시각적인 측색 방법은 26개의 shade tap을 이용하여 측색을 시행하였다. 새로운 색도표준은 5단계의 명도와 3단계의 채도, 3종류의 색상군을 가지며, 자연 치아에서 발견 가능한 모든 색조를 포함하고 있으며 색 공간에서의 위치가 정확하여 중간색을 만들 수 있는 장점을 가진다. 또 치아의 색을 3차원적으로 표현할 수 있는 기공지시서로 인해 치과의사와 기공사간의 의사 전달을 용이하게 한다. 그러나 비색법의 단점인 주관성 및 일관성, 신뢰성의 결여 등의 측면에 대하여서는 해결방안을 제시하지는 못하였다.

Macentee과 Lakowski<sup>33)</sup>는 색 측정 방법에는 술자의 시각에 의존하는 정성적 분석과 기계를 이용하는 정량적 분석 방법이 있는데 정성적 방법은 미세한 색 변화량을 인지하기 어려운 단점이 있다고 지적하였다. 이러한 문제점의 대안으로 객관적이며 미세한 색 변화의 인지가 가능한, 빠르게 측색할 수 있는 정량적 분석 방법인 기계 측색이 소개되었다.

본 연구에 사용된 ShadeEye-EX<sup>®</sup> Chroma Meter는 작은 영역을 측색하도록 고안된 장치로, 펄스키세는 램프가 표준광 D65를 비추면 광섬유를 통하여 자연 치아에 조사되고 반사 및 흡수 과정을 거쳐 그 자연 치아 고유의 반사광이 된다. 반사광은 측정팁 중앙부분에서 수광되어 투광시와는 다른 광섬유를 통하여 두개의 수광 감지기에 감지된다. 수광된 반사광의 세 자극치는 내장된 마이크로 컴퓨터에서 연산되어 Guide number(Vita shade), Chroma(채도), Value(명도), Hue(색상)의 정보로 산출된다. 측색 정보는 측색 오차로 인한 영향을 줄이고, 측색치의 신뢰성을 확보하기 위해 동일부위를 3-5회 측색하여 오류치를 제외한 다음, 평균치가 산정 되어 얻어진다. 측색 정보에서 Guide number는 Vita shade에 해당한다. Chroma는 색의 농도를 나타내고 A계통을 기준으로 설정하여 0.5~5.0 범위를 갖는다. Value는 A계통의 명도와 같은 것을 0으로, C계통과 같은 명도를 -2로 하여 -2~+2의 범위를 갖는다. Hue는 A계통의 색상을 0(standard)으로 하여, 황색과 붉은색 사이를 5단계로 설정하여 Y2, Y1, STD, R1, R2로 표시한다.

본 실험에서는 또 다른 기계 측색 방법으로 shade



의 객관적 분석과 부위별 분석이 가능한 디지털 색조 분석기구인 ShadeScan™ System을 이용하였다. ShadeScan™ System은 대상 치아나 보철물의 디지털 영상을 채득하여 이를 컴퓨터상의 전용 소프트웨어로 분석하여 shade map과 translucency map 등을 얻을 수 있으며 추가적으로 깊이에 따른 색상, 명도, 채도의 분포를 알 수 있는 장치이다.<sup>4)</sup> 채득된 치아의 영상 및 shade map 등은 디지털 정보로 저장 또는 출력되어 치과의사와 기공사간의 원활한 정보 전달의 수단으로 사용될 수 있어 각자의 주관적 견해차에서 오는 실수를 최소화할 수 있으며 shade 정보에 따라 제작된 보철물의 제작 후 검증에도 이용될 수 있다. Chu와 Tamow<sup>9)</sup>는 ShadeScan™ System을 이용한 색조 분석을 통해 심미적인 전부 도재 수복물을 제작하여 성공적인 결과를 얻었음을 보고하였다.

본 연구에서는 심미 보철을 위한 여러 과정 중 자연치의 색조 선택시의 정확성 및 객관성의 기준을 확립하기 위해서 기존의 색도표준을 이용한 시각적인 측색 방법에 대하여, 최근에 소개된 비색법 및 기계 측색법을 이용하여 발거된 상악 전치의 측색을 시행하고, 그 측색 결과에 따른 도재를 제작하여 비교 분석하였다. 제작된 도재의 shade tap 시편은 spectrophotometer를 이용하여 CIE 표색계의 L\*, a\*, b\*값을 산출하고 이로부터 계산된 색상의 차이도( $\Delta E^*$ )를 분석하여 색조 선택의 정확성에 대해 평가하였다. Josephine 등<sup>28)</sup>은 CIE 표색계와 시각적 인지가 일치함을 보고하였고 Seghi 등<sup>34)</sup>은 spectrophotometer가 시편 색좌표의 절대치를 얻을 수 있는 가장 정확한 기기라고 하였다. Spectrophotometer를 이용하여 연구한 바에 의하면 치과 수복재 평가시에  $\Delta E^*$ 값이 1 이상일 때는 눈으로 색변화를 감지할 수 있고,<sup>37)</sup> Ruyter와 Nilner,<sup>35)</sup> Eldiwany와 Fridel<sup>36)</sup>은  $\Delta E^*$ 값이 3.3일 때 임상적 허용 색차의 한계라고 하였다. 또한 Shortwell과 Razzog<sup>37)</sup>는  $\Delta E^*$ 값이 3.7 이상일 때는 육안으로 판별이 가능할 정도로 색변화가 커서 임상 적용시에 문제가 된다고 보고하였다. 그러나 이런 많은 연구에도<sup>35-39)</sup> 불구하고, 임상적 지침으로 확립된  $\Delta E^*$ 값에 대해 언급하기는 어려운 실정이다.<sup>28)</sup>

연구 결과, 제작된 각 군의 shade tap 시편들의  $\Delta E^*$ 값(색상의 차이도)의 평균은 VL, SE, V3, SS군 순

으로 감소하였는데, 이는 SS군이 치아와 가장 유사한 색조를 선택하였다고 할 수 있다. 이러한 결과에 관하여서는 치아의 색조가 부위별로 큰 차이를 나타내는 것에 그 원인이 있는 것으로 추정된다. 즉, 시각적인 측색은 부위별로 나타나는 미세한 변화량을 감지하기 어려울 뿐만 아니라 측색 결과를 표현하고 전달하는 데에도 문제점이 존재하는 데 반하여 ShadeScan™ System과 같은 디지털 색조 분석기는 전체적인 색조 측정과 더불어 미세한 변화량을 감지하고 그 결과를 출력지로 정확하게 전달함으로써, 좀 더 유사한 색조의 도재 보철물의 제작을 가능하게 하였다. VL, V3, SE, SS군의  $\Delta E^*$ 값의 비교시 VL군, V3군, SE군 사이와 V3군, SE군, SS군 사이에는 유의한 차이가 없었고, VL군과 SS군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ). 이는 기존의 좁은 스펙트럼의 색도표준이 자연 치아 색의 전체범위를 포함하지 못하고 체계적으로 분포되어 있지 않기 때문에,<sup>11)</sup> 그 사용이 지양되어야 함을 의미한다.  $\Delta E^*$ 값(색상의 차이도) 분석에서 임상적으로 수용 가능한 한계 수치인 3.3이하인 shade tap 시편은 VL군에서 40%, V3군과 SE군이 각각 60%, 50%, SS군이 80%로 나타났으며, 기존의 여러 연구들과 비교할 때 VL군, V3군, SE군의 수치는 유사하였고 SS군의 수치는 우수한 양상을 나타내었다.

본 연구의 결과를 종합하여 볼 때 기존의 Vita Lumin Vacuum Shade guide를 이용한 색조 선택은 큰 한계성을 나타내며, 더 넓은 스펙트럼을 갖는 색도표준 또는 기계를 사용한 측색이 색조 선택에 유리할 것으로 사료된다. 특히 ShadeScan™ System과 같은 디지털 분석기의 사용은 정확한 색조 선택 및 색조의 부위별 분포를 알 수 있어 시술에 도움이 될 뿐 아니라, 기공실과의 의사 전달에 큰 도움이 될 것으로 사료되며, 향후 더 다양한 porcelain system에 대한 분석 및 자연치상의 색조 선택에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

1. Vita Lumin Vacuum Shade guide(VL), Vitapan 3D Master Shade guide(V3), ShadeEye-EX® Chroma Meter(SE), ShadeScan™ System(SS)을 이용하여 측색 후 제작된 각 군의 shade tap

시편들의  $\Delta E^*$ 값(색상의 차이도)의 평균은 VL, SE, V3, SS군 순으로 감소하였고 이는 SS군이 측정된 치아와 가장 유사한 색조를 나타내는 것을 의미한다.

2. VL, V3, SE, SS군의  $\Delta E^*$ 값 비교시 VL군, V3군, SE군 사이와 V3군, SE군, SS군 사이에는 유의한 차이가 없었고, VL군과 SS군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ).
3.  $\Delta E^*$ 값(색상의 차이도) 분석에서 임상적으로 수용 가능한 한계 수치인 3.3 이하인 shade tap 시편은 VL군에서 40%, V3군과 SE군이 각각 60%, 50%, SS군이 80%로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 기존의 Vita Lumin Vacuum Shade guide를 이용한 색조 선택은 큰 한계성을 나타내며, 더 넓은 spectrum을 갖는 shade guide 또는 기계를 사용한 측색이 색조 선택에 유리한 것으로 나타났으며, 특히 ShadeScan™ System과 같은 디지털 분석기의 사용은 정확한 색조 선택 및 색조의 부위별 분포를 알 수 있어 시술에 도움이 될 뿐 아니라 기공실과의 협조도에 큰 도움이 될 것으로 사료되며 향후 자연치상의 색조 선택에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

### 참고 문헌

1. Clark EB. An analysis of tooth color. J Am Dent Ass 1931;18:2093-2103.
2. Clark EB. Tooth color selection. J Am Dent Ass 1933;20:1065-1073.
3. Preston JD. Current status of shade selection and color matching. Quintessence Int 1985;16:47-58.
4. Kim HE, Cho IH, Lim JH. Shade analysis of anterior teeth using digital shade analysis system. J Korean Academy of Prosthodontics 2003;41:565-581.
5. Lim JH. 심미 보철을 위한 기공사와의 대화. 치과임상. 2002;22:8 p.1005-1012.
6. Chu SJ, Tarnow DP. Digital Shade analysis and verification. Pract Proced Aesthet Dent 2001;13(2):129-136.
7. Sproull RC. Color matching in dentistry Part I : The three dimensional name of color. J Prosthet Dent 1973;29:416-424.
8. Yeh CL. The color and optical properties of shade composites. Thesis, Univ. of Michigan, 1975.
9. Clark EB. The color problem in dentistry. Part I. Dent Digest 1931;37:499-509.
10. Munsell AH. A color notation, ed 11, Baltimore. Munsell Color Co., Inc.; 1961. p.15-16.
11. Sproull RC. Color matching in dentistry Part II : Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973;29:556.
12. Kang DW Fixed Prosthodontics. Jsbook. 2002. p.365-381.
13. Hayashi T. Medical color standard. V. tooth crown. Tokyo: Japan color Institute. 1967.
14. Ryu SY, Lim JH, Cho IH. A study on the color stability of porcelain for porcelain fused to metal crown. J Korean Academy of Prosthodontics 2000;38:73-84.
15. 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;63:155-162.
16. McPhee ER. Light and color in dentistry. Part I-nature and perception. J Mich Dental Assc 1978;60:565-572.
17. Swift EI, Hammel SA, Lund PS. Colorimetric evaluation of vita shade resin composites. Int J Prosthodont 1994;7:356-361.
18. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. J Prosthet Dent 2000;83:418-423.
19. Miller L. Organizing color in dentistry. J Am Dent Assoc 1987;26E-40E.
20. Judd DB, Wyszecki G. Color in business science and industry. 3rd ed. New York. John Wiley;1975. p.5-90.

21. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res* 1981;53:1749-1753.
22. Hunter RS. The measurement of appearance. New York. John Wiley:1975. p.3-74.
23. John WM, O'Brien SJ. Color analysis of dental modifying porcelains. *J Dent Res* 1982;61:484-488.
24. Wyszecki G, Stiles WS. Color science : concepts and methods, quantitative data and formulae. New York. John Wiley; 1975. p.83-173.
25. Preston JD, Bergen SF. Color science and dental art, St. Louis. Mosby:1980. p.3.
26. LimJH. 심미 보철의 이론과 임상응용. 치과계. 1998;13:133 p.36-41.
27. Billmeyer F, Saltzman J. Principles of color technology. 2nd ed. New York John Wiley & Sons Inc. 1981. p.20.
28. Josephine FE, John Chai, Wayne TW. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. *Int J Prosthodont* 1995;8:479-485.
29. Goodkind RJ, Schwabacher WB: Use of fiberoptic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58:535-542.
30. Goodkind RJ, Keenam KM, Schwabacher WB. A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 1985;53:105-109.
31. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42:96-105.
32. Seghi RR, Johnson WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1775-1779.
33. Macentee M, Lakowski R. Instrumental color measurement of vital and extracted teeth. *J Oral Rehab* 1981;8:203-208.
34. Seghi RR, Johnson WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
35. Ruyter IE, Nilner K : Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-251.
36. Eldiwany M, Fridel KH. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent* 1995;8:179-181.
37. Shotwell JL, Razzog ME. A. Color stability of long-term soft denture liners. *J Prosthet Dent* 1992;68:836-838.
38. Wendt SL. The effect of heat used as secondary card upon the physical properties of three composite resins. *Quintessence Int* 1987;18:351-355
39. ChoiBB, WooYH. Contemporary Fixed Prosthodontics. Jsbook. 1995. p.492-500.

---

**Reprint request to:**

In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry,

Dankook University 7-1, Shinbu-dong, Chunan, Chungnam, 330-716, Korea

cho8511@dku.edu

ABSTRACT

## THE REPRODUCIBILITY OF VARIOUS PORCELAIN COLOR SELECTION SYSTEMS USING SPECTROPHOTOMETRY

Lee-Kyoung Kim, D.D.S., In-Ho Cho, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.,  
Soo-Yeon Shin, D.D.S.,M.S.D.

*Department of Prosthodontics, Graduate School, Dankook University*

**Statement of problem:** Shade selection has traditionally been accomplished by visual examination, which is particularly relevant to the shade selection of anterior teeth, but the subjective nature of visual analysis can lead to errors in shade matching. Recently shade selection systems have been developed to provide a more objective and scientific approach to understanding and clarifying shade selection.

**Purpose:** The purpose of this study was analysis of various shade analyzing equipment with the goal of providing a more objective shade selection.

**Materials and method:** Visual shade matching system selection(Vita Lumin Vacuum shade guide, Vitapan 3D Master shade guide) and mechanical shade matching method(ShadeEye<sup>®</sup>-EX Chroma Meter, ShadeScan<sup>™</sup> System) used for this study. The shade guide tap specimens for 10 extracted maxillary anterior teeth were produced by selecting shades using each shade matching system. The accuracy of the selection of shades for the teeth and fabricated specimens were evaluated by analyzing the calculated shade difference( $\Delta E^*$ ), using a spectrophotometer and calculating the output of value  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .

**Results and conclusion:** The results show that the average  $\Delta E^*$  value (difference of shade) of the shade tap specimens to the actual specimen decreased in the following order: Vita Lumin Vacuum Shade Guide(VL), ShadeEye<sup>®</sup>-EX Chroma Meter(SE), Vitapan 3D Master Shade guide(V3), and ShadeScan<sup>™</sup> System(SS); and that there are significant statistical differences between the VL and SS ( $p < 0.05$ ).

In the analysis of the  $\Delta E^*$  (difference of shade) value, 40% of the VL group was found to be less than 3.3 (limit value of shade tap specimens clinically acceptable), 60% in the V3 group, 50% in the SE group, and 80% in the SS group.

---

**Key words :** Visual shade matching, Mechanical shade matching