2종 측색기와 시각을 이용한 자연치아의 색조 비교 분석

[1]한림대학교 성심병원 치과보철학교실, [2]한림대학교 강동성심병원 치과보철과

안진희[1] · 최미라[2] · 심혜원[1]

육안과 기계 (ShadeEye-Ncc® dental chroma meter 와 Shadepilot™ system) 를 이용한 치아 색조 선택의 정확성을 비교하고 날씨와 개인경험에 따른 색조 측정의 정확성의 차이를 분석하고자 하였다. 수복물이 없으며 치주적으로 건강한 정상적인 치관부의 형태를 가진 상악 중절치를 가진 30명을 대상으로 육안 관찰과 ShadeEye-Ncc® dental chroma meter 와 Shadepilot™ system, 2종의 기계로 치아의 색조를 선택, 비교하였다. 먼저 3명의 검사자가 육안과 기계를 이용해 피험자의 치아 색조 선택해 일치도를 평가 후 비교하였다. 두 번째로 1인의 숙련된 검사자가 자연광 하에 육안 및 기계로 맑은 날과 흐린 날의 피험자의 광원에 따른 치아 색조 일치도를 평가, 비교하였다.

마지막으로 숙련자 2인과 비숙련자 2인간의 육안으로 색조 선택 후 피험자의 치아색조 일치도를 평가해 술자의 숙련도에 따른 색조 선택의 차이를 비교하였다. 모든 실험에서 치아 색조 일치도 외에 색조 차이(ΔE) 값을 비교해 평가하였다. 육안과 기계의 치아 색조 일치도는 3번 모두 일치한 경우는 육안(23.3%)과 ShadeEye®(16.7%)보다 Shadepilot™(60%)이 높았다. 색조 차이값(ΔE)은 ShadeEye®(3.83±1.38)과 육안(4.04±1.61)보다 Shadepilot™(2.62±0.74)이 유의하게 낮았다($p<0.001$). 날씨에 따른 색조 선택은 자연광 하에서 육안으로 보았을 때 흐린 날(4.35±1.70)보다 맑은 날(3.53±1.31)의 ΔE값이 통계적으로 유의하게 낮았다. Shadepilot™와ShadeEye® 2종의 기계로 측정 시 맑은 날과 흐린 날간 날씨에 따른 평균 ΔE 값은 유의한 차이가 없었다. 술자의 숙련도에 따른 색조 선택은 육안 관찰 시 피검자 색조가 모두 일치하는 경우가 숙련자(73.3%)인 경우 비숙련자(36.7%)보다 높았고, 평균 ΔE 값은 숙련자(3.60 ± 1.47)군이 비숙련자 (4.70 ± 1.67)보다 유의하게 낮았다($p<0.001$). 육안 관찰 시 흐린 날씨와 숙련 여부에 따라 정확도가 떨어 질 수 있으며 술자의 숙련도와 날씨와 같은 광원에 영향을 받지 않는 기계, 특히 보다 정확한 shadepilot™를 이용하는 것이 주관성과 광원 등의 요인에 따른 편차를 보이지 않는 정확한 색조 선택에 도움이 될 수 있다.

주요어: 측색기, 육안 색조 선택, ShadeEye-Ncc®, Shadepilot™ (**구강회복응용과학지** 2013:29(1):81~93)

교신저자 1: **심혜원**
한림대학교 성심병원 치과보철학교실,
경기도 안양시 동안구 평촌동 896번지 431-070, 대한민국.
Fax: +82-31-380-3872, E-mail: hyewonshim@hanmail.net

교신저자 2: **최미라**
한림대학교 강동성심병원 치과보철과
서울시 강동구 길동 445번지 134-701, 대한민국.
E-mail:cmeera@hanmail.net
원고접수일: 2012년 10월 4일, 원고수정일: 2013년 3월 4일, 원고채택일: 2013년 3월 25일

서 론

전치부 수복에 있어서 가장 중요한 사항은 심미성의 회복이라 할 수 있다. 수복물의 심미성에 영향을 미치는 요소로는 치아의 외형, 표면상태, 투명도, 색조 등이 있으며[1] 인접치아와의 조화로운 색상 선택은 성공적인 수복물 제작의 필수적인 요소이다.

색조를 결정하는 방법은 직접 눈으로 평가하는 시각적인 방법과 기계적인 방법으로 나눌 수 있다. 현재까지 대다수의 임상가들은 치아의 색을 결정하기 위해 Shade guide tap과 같은 기존의 색견본과 치아를 직접 눈으로 비교하여 색을 결정하는 비색법을 사용하고 있는데[2,3] 사람의 눈에 의해 두 물체 사이에 색조 차이를 관찰하는 효과적인 방법으로 임상에서 가장 보편적으로 사용하는 방법이다. 그러나 비색법은 광원이나 환자 메이크업 같은 주변 환경, 각 개인의 따른 색 감수성, 색조 교육 및 경험 등 영향을 받을 수 있는 단점이 있다.[4] Hasegawa[5]는 색견본이 자연치의 색조를 모두 재현하지 못한다고 하였으며 Preston과 Miller[6]는 색견본이 자연치아 색 체계로 분포되어 있지 않고 전체 범위를 포함하지 못한다고 하였다. 즉 비색법은 임상적으로 쉽고 간편하게 사용할 수 있으나 Shade guide 자체의 색조 범위의 제한성, 색조 선택 시 주관 개입 및 진료실과 기공실에서 색조 전달체계와 색조 선택의 불일치에 따른 치아 색조 선택과 재현의 어려움이 있다.

이를 보완하기 위해 기계를 이용하여 색을 측정하는 방법이 제안되었다. 기계 측정 장치는 색차이를 정량화할 수 있는 3자극색체계(tristimuluscolorimeter)와 분광측색장치 (spectrophotometer)가 있다. 3자극색체계(tristimuluscolorimeter)는 수리적 조작 없이 직접적인 색상대조표를 제공하며 이것은 눈의 색 수용기를 흉내 낸 세 가지 색상 필터를 통해 물체로부터 반사된 표본 광원에 의해 색을 측정한다. 분광측색장치(spectrophotometer)는 가시 스펙트럼 이상의 파장 간격에서 빛 반사율을 측정한다. Paul[7]은 육안과 분광측색장치를 이용한 평가에서 분광측색장치의 재현성이 더 높았다고 보고하였다.

기계적 색조 방법이 주관성을 배제한 객관성과 주위 환경과 상관없는 일관된 정확성 등의 장점을 가지고 있으나 고가의 장비가 필요하고 calibration등의 문제로 아직 임상에서 많이 적용되지 않고 있으며 실제 임상에서 기존의 비색법에 비해 항상 우월한 차이를 보이는 지에 대해서는 의문이다. 또한 기계의 색조 측정 방법 또한 차이가 있어 본 연구에서는 색조 선택에 영향을 미치는 몇 가지 조건하에 전통적인 육안을 통한 색조 선택과 2종의 측색기를 이용한 색조 선택을 비교하고자 하였다.

육안 관찰을 위해 The VITAPAN® classical shade guide(vita Zahnfabrik, Babsackingen, Germany)를 사용하였으며 기계적 관찰을 위해 2종류의 측색기인 ShadeEye-Ncc® dental chroma meter(Shofu INc., Kyoto, Japan) 와 Shadepilot™ system (Degu Dent GmbH, Rodenbacher, Germany)를 사용하였다.

ShadeEye-Ncc® dental chroma meter는 3자극색체계(tristimuluscolorimeter) 방식으로 치아의 일부 작은 영역을 측색하며 guide number(vita shade), Chroma(채도), Value(명도), Hue(색상)의 정보로 산출된다. ShadepilotTM system은 complete-tooth measurement(CTM) system 으로 치아의 전면의 해부학적 색표를 표시한다. 또한 기존의 사람의 눈이나 카메라 구조를 응용한 비색계나 RGB측정 방식과는 다른 디지털 분광 원리방식으로 여러 방면으로 분산되는 빛의 성질상 손실되는 부분을 보상할 수 있게 만들어 오차나 미측정 범위가 발생하지 않으며 반투명도 측정도 가능하다. 2종류의 측색기는 측정 방식과 측정 범위가 다르지만 VITA® classic shade system에 상응하는 shade 값으로 나타나므로 측색 결과의 일치도를 평가해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

이에 본 연구에서는 통상적인 육안 색조 선택 방법인 비색법과 기계 2종(ShadeEye-Ncc® dental

chroma meter 와 Shadepilot™ system)을 이용한 치아 색조 선택의 정확성을 비교하고 날씨와 같은 광원과 술자의 숙련도에 따른 색조 선택의 정확성의 차이를 분석하고자 하였다

연구재료 및 방법

1. 연구 대상

임상경력 3년 이상 숙련자인 치과병원 보철과 전공의 2명과 비숙련자인 수련의 2인이 색조 측정 검사자로 본 연구에 참가하였다.

피검자는 총 건강한 성인 30인으로서 연령은 21~44대(평균 연령 26.5세)였고 성비는 남자 6명, 여자 24명이었다.

모든 검사자들은 실험 전 색맹 및 색약 등의 색 지각 결손 병력이 없는 것을 확인하였으며 색조 선택에 관한 일반적인 원칙을 교육하였다. 분광 측정기는 제조사의 지시에 따른 사용법으로 숙지하였다. 측정 대상은 상악 우측 중절치로 수복물이 없으며 치주적으로 건강하고 변색이 없는 자연치아를 대상으로 하였다.

2. 측정 기구

치아 색조 측정을 위해 임상에서 가장 흔하게 사용되는 shade guide로서, VITAPAN® Classical shade guide(Vita Zahnfabrik, Badsäckingen, Germany)와 시판되고 있는 측색기로서 ① ShadeEye-NCC® dental chroma meter ② Shadepilot™ system 을 사용하여 실험하였다.

VITAPAN® Classical shade guide는 4가지 색상군으로 나누어진다. A group(A1~A4)로 reddish brown, B group(B1~B4)로 reddish yellow, C group 은 (C1-C4)로 grayish yellow, D group 은 reddish grey 한 색상을 띈다. 1에서 4로 갈수록 명도가 어두워진다.

VITAPAN® Classical shade guide를 이용한 육안 관찰 시 피검자는 맑은 날 빛이 드는 유니트체어에 앉아 측정하였다. ShadeEye®의 경우는 치아의 작은 영역을 측색하는 장치로 제조사 추천에 따라 측색 위치를 치아의 중앙 1/3 부위를 측색하였다. 대상자들의 립스틱을 지우고 실험 전 칫솔질을 시행 후 대상 치아를 pumice와 rubber cup을 사용해 10초간 연마하였다.

대상 치아는 육안 관찰을 먼저 시행하였으며 검사자는 shade tab 을 구강 내 치아 옆에 위치시키고 해당 치아만 집중하였다. 눈의 피로를 줄이기 위해 색조 선택을 10초 안에 끝내도록 하였다.

ShadeEye-NCC® dental chroma meter(Shofu Inc., Koyto, Japan)는 tooth, porcelain, whitening, analyze mode 로 측색이 가능하다.(Fig. 1) Tooth mode와 porcelain mode 는 Vintage Halo NCC와 Vita classic shade system에 상응하는 값이 바로 나타나며 Shade guide number를 비롯하여 채도, 명도, 색상 값을 얻을 수 있고 analyze mode에서는 L*a*b* 표색계나 XYZ 표색계 값을 얻을 수 있다.치아의 작은 영역을 측색하는 장치이기 때문에 측정팁이 항상 동일한 부위에 위치되지 않을 수 있어 측정 부위를 치아를 수직적, 수평적으로 3등분하여 중간 1/3 부위에서 측정하였다(Fig. 2).

Shadepilot™ system (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany)은 여러 가지 mode로 측정 가능



Fig. 1. Shade Eye-NCC® dental chroma meter (Shofu Inc., Koyto, Japan)

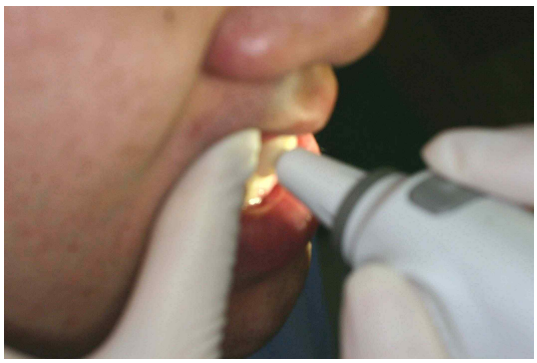

Fig. 2. Measuring process



Fig. 3. Shadepilot™ system(DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany)



Fig. 4. Measuring process

하며 ShadeEye®와 동일한 촬영을 위해 vita classic mode로 촬영하였다.(Fig. 3) Calibration 후 마우스 가드를 치아에 위치시키고 스크린 창으로 보이는 가로선이 녹색이 될 때를 맞추어 치아 전면을 촬영하였다.(Fig. 4) 촬영 후 스크린 창에는 single tone shade, triple zone shade, shade mapping, translucence를 확인 할 수 있으며 컴퓨터로 이미지를 전송하면 컴퓨터 모니터로 촬영한 치아의 촬영값을 볼 수 있다. shade에 대한 명도(value), 채도(chroma), 색상(hue) 값과 대상 치아의 L*a*b* 값과 Vita shade를 기준으로 한 ΔE 값이 산출된다.

3. 실험 방법

1) 육안 및 기계를 이용한 치아 색조 관찰 비교

맑은 날 정오 12~13시 사이 3명의 검사자가 30명의 피검자를 육안으로 그리고 2대의 다른 종류의 기계 측정을 통해 각 색조를 선택하였다. 측정기로 평가 후 각 측정값의 ΔE를 구하였다.

2) 날씨에 따른 육안과 기계를 이용한 치아 색조 관찰 비교

맑은 날 정오 12:00-13:00, 흐리면서 비오는 날 정오 12:00~13:00 사이에 1명의 검사자가 30명의 피검자를 육안, 기계 측정을 통해 색조를 선택하였다. 육안 평가는 각 3회의 측정을 통해 ?E의 평균을 구하였다.

3) 숙련도에 따른 육안 측정 시 치아 색조 관찰

맑은 날 정오 12~13시 사이 2명의 숙련자인 보철과 전공의와 2명의 비숙련자인 수련의로 구성된 검사자 4명이 30명의 피검자를 육안 측정을 통해 색조를 선택하였다. 육안평가는 각 3회 측정 후 측정값의 ΔE를 구하였다.

4. 색조차이(ΔE)의 계산

색조차이인 ΔE값을 구하는 공식은 다음과 같다.

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

ΔL*=L2-L1: L2: 자연치아의 L값-L1: vita classic shade tab의 L값; 시편의 명도를 나타냄
Δa*=a2-a1: a2: 자연치아의 a값-a1: vita classic shade tab의 a값; 시편의 적-녹의 정도를 나타냄. + 는 적방향, -는 녹방향
Δb*=b2-b1: b2: 자연치아의 a값-b1: vita classic shade tab의 b값; 시편의 황-청의 정도를 나타냄. +는 황방향, -는 청방향

육안 관찰 시 직접적으로 색조의 ΔE를 계산할 수 없으므로 분광 측정기의 소프트웨어를 사용하여 ΔE으로 나타내었다.

5. 통계처리

SPSS 17.0 version(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하였으며 두 군간의 연속비교인 경우 independent sample t-test를, 세 군간의 연속변수인 비교인 경우 One Way ANOVA test를 시행하였으며 95% 유의수준으로 검증하였다.

결 과

1. 육안 및 기계를 이용한 색조 선택의 일치도 평가

3명의 검사자가 30명의 피검자를 측정한 결과 육안 관찰 시 3번 모두 일치한 경우는 7명(23.3%), 2번 일치한 경우는 17명(56.7%), 3번 모두 불일치한 경우는 6명(20%)였다. Shadepilot™에서 3번 모두 일치한 경우는 18명 (60%)이었으며 2번이 일치한 경우는 11명(36.7%), 3번 모두 불일치한 경우는 1명(3.3%) 이었다. ShadeEye®로 측정한 결과 3번 모두 일치하는 경우 5명(16.7%), 2번이 일치하는 경우 22명(73.3%) 3번 모두 불일치하는 경우 3명(10%) 이었다(Table Ⅰ).

평균 ΔE은 Shadepilot™ (2.62±0.74)인 경우 가장 낮았으며, 육안(4.04±1.61)으로 관찰 시 가장 높았다(Table Ⅱ).

2. 날씨에 따른 육안, 기계를 이용한 색조 선택의 일치도 평가

1명의 검사자가 30명의 피검자를 흐린 날과 맑은 날로 나누어 육안으로 관찰한 결과 17명(56.6%)에서 동일한 색조를 선택하였으며 13명(43.4%)에서 다른 색조의 선택을 보였다. 기계에 따른 색조 선택의 결과 Shadepilot™의 경우 20명(66.7%)에서 동일한 색조 선택을 보였으며 10명(23.3%)에서 다른 색조 선택을 보였으며 ShadeEye® 의 경우 24명(80%)에서 동일한 색조 선택을, 6명(20%)에서 다른 색조의 선택을 보였다(Table Ⅲ).

평균 ΔE값은 육안 측정 시 맑은 날(3.53±1.31)이 흐린 날(4.35±1.70)이 통계적으로 유의하게 낮았다. Shadepilot™ 측정시에는 맑은 날(2.45±0.6)과 흐린 날(2.72±0.77)의 평균 ΔE 값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. ShadeEye®로 측정시에도 평균ΔE 값은 맑은 날(3.16±1.11)과 흐린 날 (3.35±1.29)간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table Ⅳ).

3. 숙련도에 따른 육안을 이용한 색조 선택의 일치도 평가

두 그룹 모두에서 색조 선택이 일치하는 경우는 6명(20%)이었다. 숙련자 그룹에서 육안 관찰 시 피검자 색조가 모두 일치하는 경우22명(73.3%)이었으며, 8명(26.7%)이 불일치하였다. 비숙련자 그룹에서 육안 관찰 시 피검자 색조가 모두 일치하는 경우는 11명(36.7%)이며 19명(63.3%)이 불일치하였다(Table Ⅴ). 숙련자 그룹의 평균ΔE 값(3.60 ± 1.47)은 비숙련자 그룹(4.70 ± 1.67) 보다 통계학적 유의하게 낮았다(Table Ⅵ).

Table Ⅰ. Result of shade analysis evaluated with human evaluator, Shadepilot™ and ShadeEye®

Method	Tester	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eye	1	B1	A1	A3	A2	A1	A2	A2	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
	2	A1	A1	A3	A2	C2	A2	A2	A2	C1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
	3	A1	B1	A3	A3	C1	A2	A2	A2	A2	C1	A2	D2	B2	A3	B1
Shadepilot™	1	B1	A1	A3	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2
	2	A1	A1	A3	A3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2
	3	A1	A1	A3	A2	A2	A2	A2	A3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A1
ShadeEye®	1	A1	D2	A3	D2	A1	A2	A2	A2	A1	A2	D2	D2	A2	A2	A2
	2	C1	D2	D3	D3	C1	D3	C1	D2	D2	A2	D2	A2	A2	A1	A2
	3	C1	D2	A3.5	D3	D2	A2	D3	A2	D2	D3	D2	D2	A2	A2	D2

Method	Tester	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Eye	1	C1	A1	B1	A2	A2	A2	A1	D2	C1	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	2	C1	A1	D2	B1	A2	A2	A2	D2	A2	A2	D2	A3.5	A2	A3	A2
	3	C1	A1	A1	D2	C1	A1	A2	A2	A1	B1	C2	A3	A3	B2	A1
Shadepilot™	1	C1	A1	A1	A1	A2	A2	A1	C1	A2	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	2	C1	A1	A1	C1	A2	A2	A2	C1	A2	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	3	A1	A1	A1	A2	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A2
ShadeEye®	1	C1	A1	A1	A1	D2	D2	A1	D2	C1	A2	D2	A3.5	A2	A3	D2
	2	C1	A1	A1	C1	C1	A2	C1	D2	D2	D2	D2	A3.5	A3	A3.5	C1
	3	D2	D2	A1	C1	D2	D2	A1	A1	D2	D2	D2	C3	A3	A3	C1

고 찰

전치부 수복 시에는 자연스러운 심미성의 회복이 중요한 사항이다. 이런 심미적인 보철물을 제작하기 위해서는 주위 치아와 자연스럽게 조화를 이루는 색조의 선택이 필수적이다. 색조 선택에 영향을 미치는 요소에 연관해 Josephine[8]은 물체가 나타내는 색은 물리적 성질, 입사광, 다른 색체와의 관계, 관찰자의 주관적 판단 등에 의해 영향을 받을 수 있으므로 관찰자와 광원 등 조건에 따라 다르게 보인다고 하였다.

색견본을 이용한 색조 선택은 전통적인 방법으로 사용의 편의성 등의 장점으로 현재 임상에서 가장 많이 사용하고 있으나 주관적 요소, 주변 광원 등에 의해 선택의 일관성이 떨어지는 등 많은 문제점으로 인하여 객관적이며 일정한 색 선택을 위한 기계가 개발되고 있다.

본 연구에서는 주관과 색조 선택에 영향을 주는 요소를 배제하고 더 정확한 색조 선택을 위해 임상에서 많이 사용되고 있는 측색기 중

Table Ⅱ. Mean ⊿E values assessed either by human evaluator by Shadepilot™ or by ShadeEye®

Method	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Eye	4.65	4.64	4.84	2.63	6.32	3.04	2.19	1.75	5.27	3.68	2.71	3.45	2.85	3.11	4.90	4.26	4.88	5.77
Shadepilot™	2.59	1.94	2.72	2.50	2.92	2.57	2.35	3.28	3.18	2.37	2.79	1.67	1.84	1.94	4.08	2.83	2.89	2.08
ShadeEye®	4.10	5.31	5.27	4.65	4.08	4.50	4.91	4.35	4.56	3.91	5.13	3.31	1.83	3.26	4.25	2.57	3.67	2.52

Method	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean±S.D	p-value
Eye	5.76	4.46	3.11	4.55	4.73	4.13	4.14	5.54	2.92	2.68	4.43	3.76	4.04±1.61	
Shadepilot™	4.09	3.32	2.26	2.93	2.47	2.22	2.82	2.99	1.92	2.98	1.83	2.36	2.62±0.74	< 0.001
ShadeEye®	3.90	6.23	3.35	3.50	3.00	2.48	4.37	3.43	3.03	3.10	2.33	3.91	3.83±1.38	

Table Ⅲ. Clinical values for the tooth color of 34 human incisors assessed either by human evaluator, Shadepilot™ or ShadeEye®, both based on a Vita Classic Shade Guide of experiment between sunny and cloudy environment.

Method		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eye	Sunny	B1	A1	A3	A2	A1	A2	A2	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
	Cloudy	B1	A1	B3	A2	A1	A3	A2	A2	A1	A2	A2	B2	A3	A2	B1
Shadepilot™	Sunny	B1	A1	A3	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2
	Cloudy	A1	A1	A3	A3	A2	A2	A2	A2	D3	D3	A2	D2	A2	A2	B2
ShadeEye®	Sunny	A1	D2	A3	D2	A1	A2	A2	A2	A1	A2	D2	D2	A2	A2	A2
	Cloudy	C1	D2	A3	D2	A1	D2	A2	A2	A1	A2	D2	C2	A2	A2	A2

Method		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Eye	Sunny	C1	A1	B1	A2	A2	A2	A1	D2	C1	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	Cloudy	C1	A1	B1	A1	A2	A2	B1	B1	A2	A1	B1	A3	A2	A3	D2
Shadepilot™	Sunny	C1	A1	A1	A1	A2	A2	A1	C1	A2	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	Cloudy	C1	A1	A1	C1	A2	A2	A2	C1	A2	A2	D2	A3.5	A3	A3	A2
ShadeEye®	Sunny	C1	A1	A1	A1	D2	D2	A1	D2	C1	A2	D2	A3.5	A2	A3	D2
	Cloudy	C1	A1	A1	A1	D2	D2	A1	D2	A2	A2	D2	A3.5	A2	D3	A1

Table Ⅳ. Mean ΔE for the tooth color of 34 human incisors assessed either by human evaluator, Shadepilot™ or ShadeEye®, both based on a Vita Classic Shade Guide of experiment between sunny and cloudy environment.

Method		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Eye	Sunny	5.04	4.05	4.84	2.36	4.65	3.04	2.19	1.75	5.85	2.60	2.71	2.13	2.27	2.16	3.67	4.26	4.88	5.59
	Cloudy	5.04	4.05	6.15	2.36	4.65	5.1	2.19	1.75	5.65	2.60	2.71	3.84	4.98	2.16	7.36	4.26	4.63	5.34
Shadepilot™	Sunny	2.28	1.94	2.72	1.89	2.81	2.57	2.35	2.82	3.18	2.37	2.79	1.67	1.84	1.94	4.06	2.75	2.89	2.08
	Cloudy	2.73	1.94	2.72	2.80	2.98	2.57	2.35	2.82	7.68	7.27	2.79	4.18	1.84	1.94	4.06	2.75	2.89	2.08
ShadeEye®	Sunny	2.75	5.31	3.44	4.28	2.81	3.89	2.35	2.82	3.72	2.36	5.13	3.96	1.83	1.94	4.25	2.59	2.80	2.52
	Cloudy	4.64	5.31	3.44	4.28	2.81	3.89	2.35	2.82	3.72	2.36	5.13	6.44	1.83	1.94	4.25	2.59	2.80	2.52

Method		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean±S.D	p-value
Eye	Sunny	5.94	2.83	2.04	5.21	5.02	3.96	2.63	3.61	2.51	1.86	3.34	2.74	3.55±1.31	0.041
	Cloudy	5.94	2.83	2.04	6.62	7.01	3.71	5.26	7.01	3.75	1.86	3.34	6.16	4.35±1.70	
Shadepilot™	Sunny	1.83	3.32	1.43	3.35	2.60	2.22	2.81	2.99	1.66	2.13	1.83	2.36	2.45±0.6	0.112
	Cloudy	4.97	3.32	1.43	3.35	2.60	2.22	2.81	3.66	1.66	3.41	1.83	2.36	2.72±0.77	
ShadeEye®	Sunny	1.82	6.16	4.01	3.35	2.30	2.22	2.81	3.43	2.33	2.13	1.68	3.66	3.16±1.11	0.540
	Cloudy	1.82	6.16	4.01	3.35	2.30	1.31	2.81	3.43	2.33	2.13	3.58	4.04	3.35±1.29	

Table Ⅴ. Result of shade analysis evaluated by human evaluator with expert group and novice group

	Tester	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Expert	1	B1	A1	A3	A2	A1	A2	A2	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
	2	A1	A1	A3	A2	C2	A2	A2	A2	C1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
Novice	1	A1	B1	A3	A3	C1	A2	A2	A2	A2	C1	A2	D2	B2	A3	B1
	2	B1	A1	A3	A2	C1	A2	A2	A2	A2	A2	D2	C2	A2	A1	A2

	Tester	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Expert	1	C1	A1	B1	A2	A2	A2	A1	D2	C1	A2	A2	A3.5	A2	A3	A2
	2	C1	A1	D2	B1	A2	A2	A2	D2	A2	A2	D2	A3.5	A2	A3	A2
Novice	1	C1	A1	A1	D2	C1	A1	A2	A2	A1	B1	C2	A3	A3	B2	A1
	2	C1	A1	A1	B1	A1	B1	A1	C1	A1	A2	B1	A3.5	A3	A3	B1

Table Ⅵ. Comparisons of mean ΔE values assessed either by expert group or by novice group

	Tester	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Expert	1	5.04	4.05	4.84	2.36	4.65	3.04	2.19	1.75	5.85	2.60	2.71	2.13	2.27	2.16	3.67	4.26	4.88	5.59
	2	4.46	4.05	4.84	2.36	8.36	3.04	2.19	1.75	6.66	2.60	2.71	2.13	2.27	2.16	3.67	4.26	4.88	6.12
Novice	1	4.75	4.94	4.84	2.77	5.99	5.60	2.19	1.75	3.29	4.22	2.92	6.47	3.13	5.38	5.52	4.26	4.88	5.59
	2	5.07	4.05	4.84	2.36	5.99	8.17	2.19	1.75	3.29	2.60	7.18	6.84	2.27	5.75	3.67	4.26	4.88	5.59

	Tester	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean±S.D*	p-value
Expert	1	5.94	2.83	2.04	5.21	5.02	3.96	2.63	3.61	2.51	1.86	3.34	2.74	3.60± 1.47	< 0.001
	2	5.21	2.83	2.04	4.23	5.02	3.71	2.63	5.87	2.51	1.86	3.34	2.74		
Novice	1	6.04	6.15	3.64	4.72	4.45	4.70	4.89	7.07	3.13	4.31	4.98	6.61	4.71± 1.67	
	2	5.94	4.57	2.04	5.21	4.76	4.70	2.63	7.01	2.51	4.34	3.34	7.41		

ShadeEye-Ncc® dental chroma meter(Shofu INc., Kyoto, Japan)와 Shadepilot™ system (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany) 를 선택하여 비색법과 기계간의 색 선택의 일치도를 비교 평가해 보고자 하였다.

ShadeEye-Ncc® dental chroma meter(Shofu INc., Kyoto, Japan)는 치과용 측색기로 편리한 무선형에 다기능 LCD 창을 가지고 있는 기구로 치아의 일부 작은 영역을 측색하는 장치이다. 펄스키세논 램프가 표준광 D65를 조사하면 광섬유를 통하여 자연 치아에 조사되고, 반사 및 흡수 과정을 거쳐 자연치아 고유의 반사광이 된다. 반사광은 측정팀의 중앙부위에서 수광되고, 투광 시와는 다른 광섬유를 통하여 두 개의 수광 감지기에 감지된다. 수광된 반사광의 세 자극치는 내장된 컴퓨터 프로그램에서 연산되어 guide number (VITA shade), Chroma, Value, Hue 정보로 산출된다. 동일 부위를 3-5회 반복 측색하여 평균치가 산정되어 얻어진다. 자연치 mode, 포세린 mode, 미백 전후 측정, analyze mode 가 있어 상태에 따라 측색이 가능하다. 측정한 데이터는 바로 출력하거나 PC에 전송할 수 있다. analyzed mode는 L*a*b*표색계나 XYZ 표색계 수치로 표시된다[9].

이에 반해 Shadepilot™ system은 자연치아의 전체 범위를 측정하여 한 장의 그림으로 치아의 해부학적 색표를 표시한다. 디지털 분광 원리 방식을 통해 여러 방향으로 분산되는 빛의 성질상 손실되는 부분을 보상할 수 있게 제작되어 오차나 미측정 범위가 발생하지 않으며, 반투명도의 측정도 가능하다. 측정 방식은 양쪽에서 나오는 빛이 치아에 도달하였다가 반사, 투과, 굴절, 분산, 형광, 유백광 등의 빛의 성질을 분석하여 색조를 측정하는 방식이다. 측정 후 LCD 창을 통해 기본 shade 분석, 세 부분 영역 분석, shade mapping 기능과 translucence를 보여준다. 이는 연결된 컴퓨터를 통해서도 볼 수 있으며, value, chroma, hue 값들을 보여주며 ΔE, ΔL 값이 계산되어 나온다.[10]

두 기기의 측색 원리가 다르며 이를 표현하는 방식도 다르다. 그러나 Vita classical shade 를 기본으로 한 측정이 가능하고 CIE 표색계의 L*a*b* 값을 산출 할 수 있으므로 이로부터 계산된 색상의 차이(ΔE)를 분석하여 색조 선택의 정확성을 평가할 수 있다. Josephine 등[8]은 CIE 표색계와 시

각적 인지가 일치함을 보고하였으며, Seghi 등[11]은 spectrophotometer를 통해 시편 색좌표의 절대치를 얻을 수 있는 기기라고 보고하였다.

본 연구에서 조건하에 색조 측정 방법에 따른 색조 선택 결과는 색조 일치도와 색조 차이 ΔE로 평가하였다. 색조 선택값이 모두 같으면 모두 동일한 색조를 선택한 것으로 일관된 색조를 선택해 신뢰할만한 것으로 생각 할 수 있다.

색조 차이 ΔE는 낮을수록 색조 차이가 없는 것으로 1보다 작은 경우 최상의 색조 조화를 이루며 1-2사이는 임상적으로 받아들일 만 하며 2 이상은 부조화를 나타낸다고 알려져 있다. 인간의 눈은 1ΔE 값까지 색조 차이를 구분할 수 있으나 광원 등 외부 요소를 표준화 할 수 없는 구강 내에서는 비교치아와 3.7ΔE값의 차이가 보고 되었다. 7이와 연관된 연구에서 Kuehni 등[12]은 사람의 눈은 ΔE값이 1까지 색조를 구분할 수 있다고 하였으며, Johnston 등[13]은 3.7 이하이면 치과 수복재료로 임상에서 허용 가능하다고 하였다. O'Brien 등[14]도 ΔE값이 1이하 일 경우 색의 일치가 우수하고 2이하일 경우 임상적으로 허용 가능하여 3.7 이상일 경우 임상적으로 확연히 구별된다고 하였다. 미국 치과의사 협회는 ΔE값이 2일 때 색 차이를 인지할 수 있는 기준 값으로 정하였다.

첫 번째 실험에서 육안을 통한 색조 선택과 두 기계의 개인에 따른 일치도를 평가하였는데 Shadepilot™이 일치도가 가장 높았고 육안으로 색조 선택 시 2종의 측색 기계보다 일치도가 낮고 세 번 모두 불일치한 경우가 가장 많았다. ΔE값 역시 측색 기계 사용시 육안 색조 선택시 보다 낮은 값을 보여 색조 차이가 적었는데 2종의 기계 간에도 Shadepilot™은 ShadeEye®와 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이는 측정 방법의 차이로 ShadeEye®는 측정 범위가 작아 일치도가 낮았을 것으로 생각되며 Shadepilot™은 치아의 일부분이 아닌 전면을 측정해 대체로 일관성 있는 결과를 보여 좀 더 신뢰할 만한 것으로 평가할 수 있다. 하지만 ShadeEye®와 비교시 기계가 무겁고 측정 시 치아와의 수직 각도를 알려주는 수평선이 녹색이 되는 지점에서 촬영을 해야 하는 단점이 있고, 환자의 입술 위치나 치아의 각도에 따라 촬영이 어려운 경우가 있어 임상에서 사용의 편의성 에서는 ShadeEye®가 장점을 가지고 있다.

본 연구의 모든 실험은 정오에 시행되었다. 광원은 색조에 가장 큰 영향을 주는 요소로 일반적으로 맑은 날 북쪽하늘의 간접적 자연광으로 12시~15시 사이가 가장 좋은 광원이라고 하였다.[15] 이른 아침이나 늦은 오후는 좀 더 빨간 빛을 띄므로 색조 선택을 피해야 하는 시간이다.[16] 빛의 상태가 좋지 않으면 눈의 피로를 겪게 되고 색조 선택 시 방해를 주는 요인이 된다.[17]

날씨에 따른 색조 선택 시 특색기계는 차이가 없었으나 육안의 경우 흐린 날의 ΔE값이 가장 높아 선택한 색조 차이가 컸으며 육안으로 측정 시에만 날씨에 따라서 ΔE값의 차이가 커 통계학적으로 유의한 차이를 보였다.

이와 연관된 연구에서 Culpepper등[18]은 치아 선택 시 다른 날 선택하면 다른 결과를 보인다고 하였으며 Bergen 등[19]은 다른 광원 하에서 색의 상태가 변한다는 결과와 일치한다. 이런 결과로 볼 때 실험의 한계 내에서 육안으로 치아색조 선택 시 흐린 날 측정보다는 맑은 날 측정이 추천되며 기계의 경우 날씨와 무관하게 일관된 색조 선택이 가능하다. 일치도는 ShadeEye®보다 Shadepilot™이 일치도가 높았는데 앞선 실험과 마찬가지로 측정 방식에 따른 차이에 기인한 것으로 추정된다.

술자의 숙련도에 따른 육안 색조 선택은 숙련자 그룹에서 색조선택이 일치하는 경우가 더 많았으며 ΔE값 역시 숙련자와 비숙련자 간에는 유의한 차이를 보였다.

비색법은 관찰자의 주관적 판단과 주변 환경이 측색 결과에 영향을 미친다. 또 shade guide의 색상, 명도, 채도의 범위가 부족하다는 한계점과 조사자 개개의 치아 색이 1개의 shade guide tap으로 표현하기 부적합하다고 설명할 수 있다. O'Brien 과 Hemmendinger[14]은 발거된 전치부의

색조를 분석한 결과 절단연 중앙부 치은연 부위의 색조가 차이를 보임을 보고하였다. 또 비숙련자의 경우 색 선택의 방법에서 오랫동안 탭을 응시하여 노란색에 대한 눈의 피로가 생겨 색 구별 능력이 떨어졌을 것으로 생각된다. 이는 Davison 등[21]에 따른 결과 와 일치하는데 치아 색조 선택과 관련된 임상경험과 색조 선택에 관심이 많은 그룹일수록 더 정확한 색조 선택 능력을 보인다고 하였다.

실제 색조 선택 시 광원이나 주변 환경, 각 개인에 따른 색 감수성, 색조 교육 및 경험 등이 영향을 줄 수 있는데[22], 광원의 상태는 색조 선택에 영향을 주는 중요한 요소이며 술자의 경험 역시 영향을 주는 요인으로 고려된다.

이상의 실험에서 총 4명의 술자가 다양한 조건하에 동일한 피검자를 대상으로 한 평균 ΔE를 비교해 보면 육안의 경우 날씨와 광원에 대한 변수에 따라 차이가 컸지만, 측색 기계는 상대적으로 일정한 값을 보였고 특히 Shadepilot™은 0.2-0.3정도로 거의 변화가 없었다. Paul등[7]의 실험에서는 분광 측정기의 실험실 오차는 0.48ΔE 값으로 현저히 낮다고 하였는데 이는 본 실험과 일치하는 결과이다.

이러한 것으로 미루어 보아 색조 선택 시 육안으로 관찰은 맑은 날 시행하는 것을 추천하며 기계 측정은 광원이나 개인에 따른 차이 없이 받아들여 질 것으로 생각된다.

색조 측색기의 사용은 정확한 색조 선택 및 색조의 분포를 알 수 있어서 도재 보철물 제작 시 치과 기공소와 의사 전달에 많은 도움이 된다. 하지만 기계 사용 시 광원에 따른 색 측정 변화와 치아 부위에 따른 색 변화를 측정하는 능력, 측정 시 수평, 수직 각도에 의한 오차는 해결해야 하는 문제로 사료된다.

결 론

본 연구는 비색법과 기계적 방법을 이용한 자연 치아의 색조 선택 시 일치도를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 3명의 검사자가 맑은 날 육안과 ShadeEye®와 Shadepilot™을 이용해 30명의 상악 중절치를 측정한 결과 Shadepilot™이 일치율이 높고 ΔE값이 유의하게 낮았다.
2. 1명의 검사자가 맑은 날과 흐린 날과 자연광하에서 30명의 상악 중절치를 측정한 결과 육안으로 보았을 때 흐린 날의 ΔE값이 가장 컸으며 두 기계의 경우 맑은 날과 흐린 날간 ΔE값의 유의한 차이는 없었다.
3. 숙련자 2명과 비숙련자 2명을 나누어 육안으로 색조 측정을 한 결과 숙련자간의 일치도가 더 높았으며 숙련자의 ΔE값이 유의하게 낮았다.

현재 사용의 편리성과 익숙함으로 색조 견본을 이용한 색조 선택을 많이 사용하고 있으나 육안 관찰 시 흐린 날씨와 술자의 색조 선택 숙련 여부에 따라 정확도가 떨어 질 수 있으며 이러한 요인에 영향을 받지 않는 기계, 특히 치아 전면을 측색해 보다 정확한 shadepilot™을 이용하는 것이 주관성과 광원 등의 요인에 따른 편차를 보이지 않는 정확한 색조 선택에 도움이 될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Sim CPC, Yap AUJ, Teo J. Color perception among different dental personal. oper dent, 2001:26:435-439
2. 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
3. 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
4. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. J Prosthet Dent, 2003:89:50-53

5. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. J Prosthet Dent, 2000:83:418-423
6. Preston JD. Current status of shade selection and color matching. Quintessence Int, 1985:16:47-58
7. Paul s, Peter A, Pietrobon N, Hammerle Ch. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res 2002:81: 578-582
8. Josephine FE, John Chai, Wayne Tw. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont, 1995:8:479-485
9. Lee ST, Lee JH, Shin SY. Evaluation od shade guide using digital shade analysis system. J Korean Academy of Prosthodontics, 2009:47:1-11
10. Lee TI, Ahn JS, Kim YS Shin SW. Comparison on accuracy of porcelain color reproducibility using two colorimeters. J Korean Academy of Prosthodontics, 2009:47:348-355
11. Seghi RR, Johnson WM, O'Brien WJ . Spectphoto-metetric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosthet Dent, 1986:56:35-40
12. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scailing of small color difference. Color Res appl, 1979:4: 83-91
13. Johnston WM, Kao EC Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent res, 1989: 68:819-822
14. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small color difference equation for dental shades. J Dent Res 1990:69:1762-1764
15. Knispel G. Factors affecting the process of color and shade matching restorative materials to natural teeth. Quintessence Int, 1991:22:525-531
16. Miller LL. Esthetic dentistry development program. J Esthe Dent, 1992:6:47-60
17. H. Dagg, B. O'connell, N. claffey. The influence of some different factors on the accuracy od shade selection. J Oral Reh, 2004: 31: 900-904
18. Culpepper WD. A comparative study of Shade Matching Procedure. J Prosthet Dent. 1970:24:166-173
19. Bergen SF, McCasland J. Dental operatory lighting and tooth colour discrimination. J Am Dent Assoc. 1977: 94:130-134
20. Davison SP, Myslinski NR. Shade selection by color vision-defective dental personnel. J Prosthet Dent, 1990:63:97-101
21. O'Keefe KL, Strickler ER, Kerrin Hk. Color and shade matching; The Weak link in esthetic dentistry. Compend Contin Educ dent, 1990:11:116-20

Shade Comparative Analysis of Natural tooth Measured by Visual and Two Colorimeters(ShadeEye®, Shadepilot®)

Jin- Hee An[1], Mee-Ra Choi[2], Hye-Won Shim[1]

[1]Department of Prosthodontics, Sacred Heart Hospital, Hallym University
[2]Department of Prosthodontics, College of Medicine, Hallym University

The objectives were to evaluate the accuracy of shade selection by human visual system(VS) and 2 different colorimeters (ShadeEye®(SE) and Shadepilot (SP)). Maxillary anterior teeth of 30 volunteers which had no caries or restorations were included in the study. Firstly, the accordance in shade selection by 3 dentists and 2 colorimeters was investigated. Secondly, the color of the teeth were measured by 1 observer's naked eye and 2 colorimeters under different illumination conditions (Sunny versus cloudy day). Additionally testing of inter-observer variability selected colors by 2 novice and 2 experienced dentists were compared. For comparing visual and 2 different colorimeters, SP(60%) showed significantly highest rate of accordance than the visual (23.3%) or SE (16.7%) and lowest mean ΔE (2.62±0.74 versus 3.83±1.38;SE or 4.04±1.61;VS)($p<0.001$). If accuracy of shade selection were measured using VS, the mean ΔE value of cloudy day was higher than that of sunny day (4.35±1.70 versus 3.53±1.31; $p<0.001$). There were no significant difference of the mean ΔE value between sunny and cloudy day in both SE and SP. Inter- observer repeatability was higher in 2 experienced group (73.3%) than novice group (36.7%). The mean ΔE of experienced group was lower than that of novice group (3.60 ± 1.47 versus 4.70 ± 1.67; $p<0.001$). Colorimeters (SE or SP) is more accurate and more reproducible compared with human shade assessment. Using visual system may be limited by cloudy and inexperience of tester, then more experience and using colorimeters may be helpful of raising the accurate repeatability of shade selection

Key words: Shade selection, Colorimeter, ShadeEye-Ncc®, Shadepilot™

Correspondence to (1) : Hye-won Shim DDS,MSD
Department of Prosthodontics, Sacred Heart Hospital, Hallym University, Anyang, Korea
Tel: +82-31-380-5974, Fax: +82-31-380-3872, E-mail: hyewonshim@hanmail.net

Correspondence to (2) : Mee-Ra Choi DDS,MSD
Department of Prosthodontics, College of Medicine, Hallym University,
Gildong 445, Gangdongfu, Seoul, 134-701, E-mail:cmeera@hanmail.net
Received: October 4, 2012, Last Revision: March 4, 2013, Accepted: March 25, 2013