

# 육안과 분광 측정기를 이용한 자연 치아의 색조비교분석

김범석<sup>1</sup> · 신수연<sup>2</sup> · 이종혁<sup>2</sup>

단국대학교 치과대학 치과보철학교실 <sup>1</sup>대학원생, <sup>2</sup>조교수

도재 수복물 제작을 위해 자연치아의 색조를 분석하는 방법으로는 색견본 (shade guide)을 이용하는 시각적인 방법과 기계를 이용하는 방법이 있다. 그 중 통상적인 육안 관찰을 통해 색조를 선택하는 것은 임상에서 가장 많이 이용되고 있는 방법이지만 주관적이며 일관되지 않은 결과로 신뢰성의 문제가 제기되었으며 자연치의 색조는 매우 다양하여 같은 치아라 할지라도 부위별로 다양한 색조를 가지기 때문에 단순히 shade tab을 이용한 색조 비교만으로는 정확한 치아의 색조 특성을 나타내는 것이 불가능한 것으로 알려져 있다. 한편 지속적인 기술발달로 computer color matching system, 치과용 비색계, 분광 측정기 등의 기계를 이용한 치아 색조 측정 방법이 이의 대안으로 제시되고 있다. 기계를 이용한 방법은 색조 선택에 있어 객관적이며, 재현성이 있는 정확한 정보를 술자에게 제공한다. 이에 본 연구에서는 광원, 개인, 술자의 숙련도에 따라 육안과 기계를 통한 관찰 시 치아 색조 선택의 정확성을 확인하기 위한 실험을 시행하였다. 첫 번째 실험에서는 치과대학병원 전공의인 1명의 검사자가 10명의 피검자를 오전, 정오, 오후 각 3번의 측정을 통해 시간대별 자연광하에 육안, 기계 측정의 색조 선택 정확성을 분석하였다. 두 번째 실험에서는 5명의 치과대학병원 전공의와 5명의 치과대학생, 총 10명의 검사자가 10명의 피검자를 정오에 육안, 기계 관찰을 통해 개인차에 따른 정확성을 실험하였다. 세 번째 실험에서는 두 번째 실험의 결과를 5명의 치과대학 전공의, 5명의 치과대학생 군으로 나누어 숙련도에 따른 육안, 기계 색조 선택의 정확성을 분석하였다. 실험 결과, 첫 번째 실험에서는 기계 측정 결과가 육안 측정보다 통계적으로 유의한 차이를 보이며 ( $P < .05$ ) 색조 선택의 정확성을 나타내었고, 두 번째 실험에서 역시 기계 측정 시 개개인의 육안 측정에 의한 색조 선택 값에 비해 재현성 및 정확성이 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ). 세 번째 실험에서 이전 실험의 결과를 숙련자, 비숙련자 군으로 나누어 분석한 결과 군 내 기계 측정값이 육안 관찰값보다 숙련도에 상관없이 정확도가 높으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ). 하지만 군 간 육안, 기계 측정값을 비교 시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 치아 색조를 육안, 기계 측정할 때 술자의 숙련도가 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 따라서 기계를 이용하는 치아 색조 측정 방법이 색견본을 이용하는 시각적인 방법에 비해 더 정확하기는 하지만 어느 정도의 측색 오류를 고려해야하며 수복물 제작 시 정확한 재현과 효과적인 정보 전달을 위해 시각적인 방법과의 병행이 필요할 것으로 사료된다. (대한치과보철학회지 2008;46:443-55).

**주요단어:** 육안 색조 선택, 기계 색조 선택, 분광 측정기, 색견본

## 서론

치아의 색조를 정확히 선택하여 수복물을 제작하는 것은 심미치과 영역에서 매우 중요한 과정 중의 하나이다. 최근 심미적인 안모와 치열에 대한 관심이 높아짐에 따라 수복치료에 있어 인접치아와의 조화로운 색상 선택은 필수적이다. 이는 최종 도재 수복물에서 환자와 임상가의 만족도 또한 결정짓게 한다. 그러므로 이러한 만족스러운 수복물을 제작하기 위해서는 자연치열의 형태학적, 구조학적인 색조 분석이 정확하게 수반되어야 할 뿐만 아니라 이렇게 분석된 색조는 객관적이고 입체적으

로 기공사에게 전달되어야 한다. 최근 과학 기술의 발달은 이러한 색조의 분석이나 전달에 있어 좀 더 객관적인 방법을 제시해 주는데 페인트나 플라스틱 등의 다른 산업분야에서는 이미 널리 쓰이고 있는 computer color matching (CCM) system을 그 예로 들 수 있다. Ishikawa-Nagai 등<sup>1)</sup>은 이 CCM system을 이용해 layered porcelain sample을 분석하고 이를 CCM sample로 정확히 재현한 실험을 하였다. 일반적으로 치아의 색조 선택을 위해 사용되는 방법은 크게 시각적인 방법과 기계적인 방법으로 나눌 수 있다. 시각적 색조 선택은 임상가가 직접 색견본 (shade guide)을 가지고 색상을 선택하는 것으로 간접 수

교신저자: 신수연

330-716 충청남도 천안시 신부동 산 7-1 단국대학교 치과대학 보철학교실 041-550-1971-1973: e-mail, syshin@dankook.ac.kr

원고접수일: 2008년 5월 5일 / 원고최종수정일: 2008년 7월 17일 / 원고채택일: 2008년 8월 29일

※이 연구는 2008학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

복물 제작과정 중에 색조 소통을 위해 임상에서 가장 보편적으로 사용하는 방법이다.<sup>2</sup> 인간의 눈은 두 물체 사이의 작은 색조 차이를 관찰할 수 있는 매우 효과적인 방법으로 알려져 있다.<sup>3</sup> 그러나 주변 광원이나 구강 환경, 눈의 피로도, 나이 등의 조건에 따라 영향을 크게 받아 상당 부분 주관적이다. 더욱이 색조 특성의 의사소통을 위해 육안으로 평가되고 표준화된 방법은 제한적이며<sup>4</sup> 측정 시마다 변이가 크다. 또한 색견본의 제한된 shade tab 개수로 인해 자연치열에 나타나는 색조 스펙트럼을 완전히 재현하지 못하기도 한다.<sup>5</sup> 이에 비해 기계를 이용한 색조 선택은 장비가 필요하며 측정 시마다 calibration을 해야 하는 등의 단점이 있으나 여러 연구를 통해 시간적인 방법보다 정확한 것으로 알려져 있다. Paul 등<sup>23</sup>은 자연치아 색조를 육안과 분광 측정기를 이용하여 비교 분석한 연구에서 분광 측정 색조의 분석 결과가 더 정확하며 재현성이 높음을 보고하였으며, 이후의 다른 연구에서도 PFM 수복물 제작 시 육안과 분광 측정 색조 분석으로 제작 전, 제작 후에 인접치아와의 색조 조화를 비교한 결과 분광측정기를 이용해 제작한 금관이 육안 분석으로 제작한 금관보다 두 물체 사이의 색조 차이를 나타내는  $\Delta E$ 값이 작았으며 육안 평가 시에도 더 나은 색조 조화를 보인다고 보고하였다. 또한 Burgt 등<sup>6</sup>과, Tung 등<sup>7</sup>은 육안 관찰보다 치과용 비색계의 색조 재현성이 높음을 보고하였다. 이러한 기계를 이용한 색조분석은 Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) Lab 표색계에 기반하여 컴퓨터 프로그램된 비색계 또는 분광측정기로부터 얻어진 정보로 색을 숫자로 표현할 수 있어 색의 대수적인 비교가 가능하다.<sup>8</sup> L은 밝기와 흑백의 성질을 나타내는 무채색의 특성을 나타내며, a와 b는 색도좌표로 +a는 좀 더 적-자색과 -a는 좀 더 청-녹색과 가까움을 의미하고, +b는 황색에 -b는 자-청색에 가까움을 의미한다. 이 중 구형광학 (spherical optics)이라 불리는 분광 측정기는 물체를 이 안에 넣고 수많은 다른 각과 방향의 빛에 노출시킴으로 물체 반사 성질의 가장 정확하고 자세한 스펙트럼 분석을 제공하는 것으로 알려져 있다.<sup>9</sup> 하지만 치과 영역에서는 구강 내로의 제한된 접근으로 분광 측정기는 360° 빛을 노출할 수 없기 때문에 치아 표면에 조명을 45°로 하고 관찰을 0°에서 하는 방법이 사용되고 있다.

본 연구에서는 육안 관찰을 위해 The VITAPAN® classical shade guide (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)를 사용하였으며 기계적 관찰을 위해 분광 측정기의 종류인 ShadePilot™ (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany)을 사용하였다.

The VITAPAN® classical shade guide는 A, B, C, D의 기본

색조를 바탕으로 각각 4개의 다른 채도와 명도를 갖는 16개의 표본으로 구성되어 있고 각 shade tab은 경부, 몸체, 절단부 색조를 갖는다.<sup>10,11</sup> 기본이 되는 색조를 선택하기 쉽고 오래전부터 가장 일반적으로 사용되는 색견본으로 본 실험에 사용되었다.<sup>3</sup>

ShadePilot™은 complete-tooth measurement (CTM) 시스템으로 치아 전체를 측정하여 한 장의 그림으로 치아의 해부학적 색표를 제공한다. 또한 기존의 사람의 눈이나 카메라 구조를 응용한 비색계나 RGB 측정 방식과는 다른 디지털 분광 원리 방식으로 여러 방면으로 분산되는 빛의 성질상 손실되는 부분을 보충할 수 있게 만들어 오차나 미측정 범위가 발생하지 않으며 반투명도 측정도 가능하다.

이에, 본 연구에서는 통상적인 육안 색조 선택방법인 색견본을 이용하는 방법과 분광측정기를 이용한 색조 선택에 있어 1) 주변 광원 2) 사람과 기계 3) 숙련자와 비숙련자 간 색조 선택 결과의 정확성을 비교하고자 하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험 대상

검사자는 각각 실험 1에서는 임상경력 2년 이상인 치과병원 보철과 전공의 1명, 실험 2, 3에서는 임상 경력 2년 이상의 치과병원 보철과 전공의 5명과 치과대학 본과 4학년생 5명이었으며, 피검자는 치과대학 본과 4학년생 10명을 대상으로 하였다.

검사자 모두에게 실험 전 색조 선택에 관한 일반적인 원칙을 교육하였으며 이전 색맹, 색약의 병력이 없는지를 확인하였다. 또한 제조사의 지시에 따라 분광 측정기의 사용법 역시 숙지하게 하였다. 측정 대상은 피검자의 상악 우측 중절치였으며 이전 수복 치료나 변색이 없는, 자연치아의 색을 그대로 나타낼 수 있는 자연치아를 대상으로 하였다.

### 2. 측정 기구 및 방법

대상 치아의 색조 측정을 위해 VITAPAN® classical shade guide (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) (Fig. 1)와 ShadePilot™ (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany) (Fig. 2)을 이용하여 실험하였다.

VITAPAN® classical shade guide를 이용한 육안 관찰 시 각 피검자는 유니트 체어에 앉아 있는 상태로 맑은 날 햇

빛이 드는 창가에서 측정되었다. 실험의 표준화를 위해 치과용 에이프론을 착용하게 하였고, 매번 같은 위치에 각 피검자를 위치시켰다. 대상 치아들은 실험 전에 남아 있는 착색이나, 음식물 잔사 및 치태 제거를 위해 pumice와 rubber cup을 사용해 10초간 연마되었다. 검사자는 shade tab을 구강 내 치아 옆에 위치시키고 해당치아에만 집중하도록 하였는데 대조도와 잔상에서 오는 오류의 가능성을 줄이기 위해서였으며,<sup>12-14</sup> 망막 피로가 없도록 색조선택은 각각 10초 안에 끝내도록 하였다. 그리고 나서 대상 피검자의 상악 우측 중절치의 최상의 색조를 선택하여 기록하였다.

기계 색조 측정을 위한 ShadePilot™은 여러 가지 모드로 측정이 가능한데 육안 관찰 시 조건과 동일하게 하기 위하여 Vita classic mode로 측색을 시행하였다. 대상 치아의 분광 측정은 육안 평가 이후에 시행되었으며 각 피검자 측정에 앞서 제조사의 지시에 따라 white, green tile calibration을 시행하였다 (Fig. 3). 턱은 약간 가슴 쪽으로 당기게 한 후 마우스 가드를 치아에 위치시키고 입술로 덮게 하였다. 촬영 시 스크린 창에 가로 선이 움직이는데 녹색이 될 때로 맞추어 치아 전면을 촬영하였다 (Fig. 4). 촬영된 대상 치아의 영상으로 single tone shade (Fig. 5), triple zone shade, shade mapping, translucence를 확인할 수 있으며 single tone shade, triple zone shade 분석 후 shade 값을 클릭하면 shade에 대한 명도 (value), 채도 (chroma), 색상 (hue)값을 볼 수 있다 (Fig. 6). 장비 내부에는 The VITAPAN® classical shade guide의 기준 명도, 채도, 색상 값이 내장되어 있어 대상 치아의 ΔE값이 분석되어지며 컴퓨터 소프트웨어는 color library로부터의 스펙트럼과 반사 스펙트럼을 비교해 최소의 ΔE값을 갖는 최상의 색조를 순서대로 나열한다. 이 때 최소의 ΔE값을 갖는 색조

를 선택하였다. 본 실험에서는 대상 치아들의 영상을 채득 후 single tone shade를 분석해 ΔE값을 구하고 값의 평균치를 얻어 색조 선택의 정확성을 분석하였다.

이러한 방식으로 측정된 육안과 분광 측정값의 비교를 위해 다음과 같은 방법이 적용되었다. 육안 평가 후의 최종 색조는 최빈치의 원칙에 따라 결정하였다.<sup>23</sup> 예를 들어 시간대별로 측정된 3회의 결과 값이 A1-A1-A1 일 때 대표값은 A1이며, A1-A1-A2 일 때 대표 값 A1, A1-A2-A3 일 때는 대표값을 기계 측정 시 대표 값을 적용하였다. 실험 2, 3에서도 역시 가장 많이 선택한 색조를 대표 값으로 정하였다.

분광 측정기의 데이터는 모두 같을 것으로 기대가 되지만 그렇지 않을 때에는 육안 관찰과 마찬가지로 최빈치의 원칙을 적용하였다.

육안 관찰시 직접적으로 색조의 ΔE값을 계산할 수 없기 때문에 이를 위해 분광 측정기의 소프트웨어를 사용하여 ΔE값으로 변환시켰다.

### 3. 실험 방법

#### 1) 실험 1

광원에 따른 육안과 기계를 이용한 치아 색조 관찰 시 정확성을 비교하기 위한 실험으로 맑은 날 09:00-10:00 사이의 오전, 12:00-13:00 사이의 정오, 16:00-17:00 사이의 오후에 1명의 검사자가 10명의 피검자를 육안, 기계 측정을 통해 색조를 선택하였다. 육안 평가는 각 3회의 측정을 통하여 최빈치의 원칙을 적용해 Vita classic shade 대표



Fig. 1. The VITAPAN® classical shade guide (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany).



Fig. 2. ShadePilot™ dental spectrophotometer (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany).



Fig. 3. Calibration process.



Fig. 4. Measuring process.

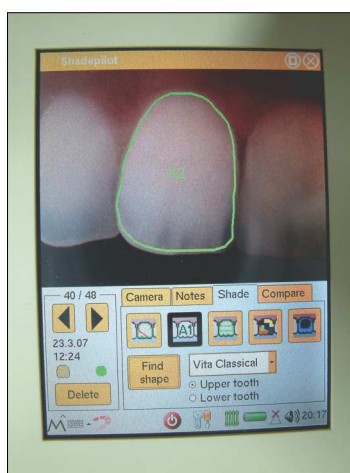


Fig. 5. Image of single tone shade on ShadePilot™.

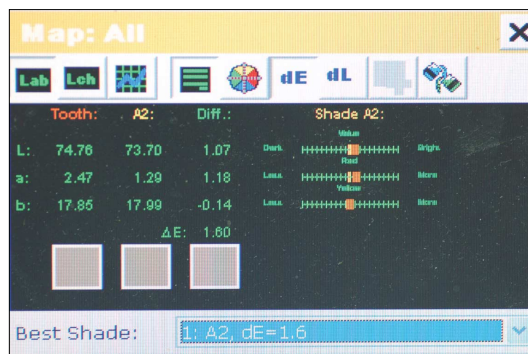


Fig. 6. Text image of value, chroma, hue on ShadePilot™.

색조 값 ( $\circ H$ )을 정하고 각 측정값과 대표값의  $\Delta E$ 값을 구하고 평균 ( $\circ \Delta EH$ )을 내었다. 분광 측정값의 평가는 측정 후 Vita classic shade 대표 색조값 ( $\circ SP$ )을 정하고 컴퓨터 소프트웨어에 의해 계산된  $\Delta E$ 값의 평균( $\circ \Delta ESP$ )을 계산하였다. 이렇게 나온 10명의  $\Delta E$ 값( $\circ \Delta EH$ ,  $\circ \Delta ESP$ )을 다시 평균해 최종적으로 육안 측정값과 기계 측정값을 비교하였다.

## 2) 실험 2

개인에 따른 육안과 기계를 이용한 치아 색조 관찰 시 정확성을 비교하기 위한 실험으로 맑은 날 12:00-13:00 사이의 정오에 10명의 검사자가 10명의 피검자를 육안, 기계 측정을 통하여 색조를 선택하였다. 육안 측정 후 최빈치의 원칙을 적용하였으며 1명의 피검자에 대한 10명 검사자의 대표 색조를 선택하여 Vita classic shade 대표 색조값 ( $\circ H$ )을 정하고 각 측정값과 대표값의  $\Delta E$ 값을 구하

고 평균 ( $\circ \Delta EH$ )을 내었다. 분광 측정기로 평가 후 역시 1명의 피검자에 대한 10명 검사자의 Vita classic shade 대표 색조값 ( $\circ SP$ )을 정하고 컴퓨터 소프트웨어에 의해 계산된  $\Delta E$ 값의 평균 ( $\circ \Delta ESP$ )을 계산하였다. 이후 각 피검자의 평균  $\Delta E$ 값 ( $\circ \Delta EH$ ,  $\circ \Delta ESP$ )을 다시 평균하여 최종 육안 측정값과 기계 측정값을 비교하였다.

## 3) 실험 3

실험 2에서 검사자 10명에 의한 측정값을 치과병원 보철과 전공의 5명으로 구성된 숙련자 그룹, 치과대학생 5명인 비숙련자 그룹으로 나누어 위와 동일한 방법으로 비교하였다.

## 4. 통계처리

SPSS V. 12.0 KO (SPSS Inc., USA)를 사용하였으며, 육

안 관찰값과 기계 관찰값의 비교를 위해 비모수적 평균치 비교인 Wilcoxon Signed Ranks Test를 시행하였으며, 숙련자, 비숙련자간의 육안끼리의 비교와 기계끼리의 비교에서는 비모수적 평균치 비교인 Mann-Whitney U test를 시행하였다.

## 결과

육안 색조 선택 방법인 색견본을 이용하는 방법과 분광측정기를 이용한 색조 선택에 있어 1) 주변 광원 2) 사람과 기계 3) 숙련자와 비숙련자 간 색조 선택 결과의 정확성을 비교한 실험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 실험 1: 광원에 따른 육안, 기계 측정 시 색조 선택 정확성 비교

1명의 검사자가 10명의 피검자를 오전, 정오, 오후로 나누어 측정한 결과 육안 관찰 시 모두 같은 색조를 선택한 것은 없으며 2번 일치한 경우는 9번 (90%), 모두 다른 색조를 선택한 경우는 1번 (10%)이었다. 분광 측정 시 3번 모두 일치한 경우는 9번 (90%)이었으며 두 번 일치한 경우는 1번 (10%), 모두 다른 경우는 없었으며 각 피검자의 시간대 별 육안, 기계 측정 색조값의 일치 정도를 비교 시 오전은 피검자 F에서, 정오는 A,B,C,F, 오후는 A,B,C에서 육안, 기계 측정값이 일치한 결과를 보였다 (Table I). 육안 관찰시 평균 ΔE값은  $4.57 \pm 1.76$ , 분광 측정 시  $1.98 \pm 0.47$ 로 나타났으며 (Table II), Wilcoxon Signed Ranks Test 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ) (Table III).

### 실험 2: 개인에 따른 육안, 기계 측정 시 색조 선택 정확성 비교

10명의 서로 다른 검사자가 10명의 피검자를 측정한 결과 육안 관찰시 색조 선택 값이 모두 같은 경우는 없었으며 피검자 1명당 평균 3.8개의 shade tab이 선택되었다. 분광 관찰시 5명의 피검자 색조 값이 10명의 검사자 모두에게 동일한 값이 나왔으며 평균 1.7개의 Vita classic shade 값이 나왔다 (Table IV).

육안 관찰시 평균 ΔE값은  $3.55 \pm 1.04$ , 분광 측정 시 평균 ΔE값은  $2.05 \pm 0.32$ 로 나타났으며 (Table V), Wilcoxon Signed Ranks Test결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ) (Table VI).

### 실험 3: 숙련도에 따른 육안, 기계 측정 시 색조 선택 정확성 비교

숙련자 그룹에서 육안 관찰시 피검자 색조가 모두 일치한 경우는 없었으며 분광 관찰시 7명의 피검자 색조가 모두 일치하였다 (Table VII). 육안 관찰시 평균 ΔE값은  $3.89 \pm 0.77$ , 분광 측정 시 평균 ΔE값은  $2.07 \pm 0.46$ 로 나타났으며 (Table VIII), Wilcoxon Signed Ranks Test결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ) (Table IX).

비숙련자 그룹에서 역시 육안 관찰시 피검자 색조가 모두 일치한 경우는 없었으며 분광 관찰시 5명의 피검자 색조가 모두 일치하였다 (Table X). 육안 관찰시 평균 ΔE값은  $3.96 \pm 1.69$ , 분광 측정 시 평균 ΔE값은  $2.02 \pm 0.31$ 로 나타났으며 (Table XI), Wilcoxon Signed Ranks Test결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ) (Table XII).

숙련자, 비숙련자 그룹의 육안 관찰 결과와 분광 측정

**Table I.** Results of shade analysis evaluated with Vita classic shade guide and spectrophotometer of experiment 1

	Visual			Spectrophotometer		
	Morning	Noon	Afternoon	Morning	Noon	Afternoon
A	B3	A3	A3	A3	A3	A3
B	D3	A3	A3	A3	A3	A3
C	B2	A2	A2	A2	A2	A2
D	A3	B2	B2	A2	A2	A2
E	B2	B2	B3	A2	A2	A2
F	A3	A3	D3	A3	A3	A3
G	C2	B2	B2	A3	A3	A3
H	B2	B2	C2	A2	C1	C1
I	C2	A3	B2	A2	A2	A2
J	D3	A3	A3	A2	A2	A2

**Table II.** Mean shade and  $\Delta E$  values assessed either by human evaluator or by spectrophotometric readings of experiment 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
◊ H	A3	A3	A2	B2	B2	A3	B2	B2	A2	A3	
◊ $\Delta EH$	3.59	5.02	0.87	4.15	7.48	5.02	5.62	5.62	3.27	5.02	$4.57 \pm 1.76$
◊ SP	A3	A3	A2	A2	A2	A3	A3	C1	A2	A2	
◊ $\Delta ESP$	2.27	2.43	1.14	2.41	1.88	1.79	1.62	2.56	1.46	2.23	$1.98 \pm 0.47$
◊ $\Delta EH - \Delta ESP$	1.32	2.59	-0.27	1.74	5.6	3.23	4	2.06	1.81	2.79	

◊ H: Average of the human visual shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

◊  $\Delta EH$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the visually determined Vita Shade

◊ SP: Average of the spectrophotometric shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

◊  $\Delta ESP$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the spectrometrically determined Vita Shade◊  $\Delta EH - \Delta ESP$ : The difference in  $\Delta E$  value between visual and spectrophotometric assessment**Table III.** Results of Wilcoxon Signed Ranks Test of experiment 1

	Visual (Mean $\Delta E$ )	Spectrophotometer (Mean $\Delta E$ )	P value
Experiment 1	4.57	1.98	0.007

**Table IV.** Results of shade analysis evaluated with Vita classic shade guide and spectrophotometer of experiment 2

	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP
E1	A3	A3	A3	D3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	B2	C1	A2	A2	A2	A2
E2	A3	A3	A3	D3	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	A2	C1	A2	A2	A2	A2
E3	A2	A3	A2	D3	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A2	A3	A1	A3	A1	C1	A2	A2	A2	A2
E4	B3	A3	A3	A3	A2	A2	B2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	A2	C1	A3	A2	A3	A2
E5	A3	A3	A3	D3	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A2	A2	A2	C1	A2	A2	A2	A2
N1	A3	A3	A2	A3	A2	A2	B2	A2	B2	A1	A3	A3	A2	A3	B2	C1	B2	A2	A3	D3
N2	A3	A3	A2	D3	A1	A2	B2	A2	C1	A1	A3	A3	B2	A3	B2	C1	B2	A2	A2	A3
N3	D2	A3	A1	D3	C1	A2	B2	A2	C1	A1	A4	A3	A1	A2	A1	C1	C1	A2	B2	A2
N4	B3	A3	B2	A3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2	A3	A2	A3	A1	A2	A2	A2	B2	D3
N5	A3	A3	A3	A3	B2	A2	B2	A2	A3	A2	B3	A3	A2	A2	A2	C1	D2	A2	A3	D3

E: Expert V: Visual shade determination N: Novice SP: Spectrophotometric shade determination

**Table V.** Mean shade and  $\Delta E$  values assessed either by human evaluator or by spectrophotometric readings of experiment 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
◊ H	A3	A3	A2	B2	A2	A3	A2	A2	A2	A2	
◊ $\Delta EH$	4.6	4.76	3.99	1.68	3.65	4.77	3.6	2.89	3.03	2.56	$3.55 \pm 1.04$
◊ SP	A3	D3	A2	A2	A2	A3	A3	C1	A2	A2	
◊ $\Delta ESP$	1.97	2.58	1.67	1.58	2.4	2.11	2.27	2.17	1.78	1.93	$2.05 \pm 0.32$
◊ $\Delta EH - \Delta ESP$	2.09	2.18	2.32	0.1	1.25	2.66	1.33	0.72	1.25	0.63	

◊ H: Average of the human visual shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

◊  $\Delta EH$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the visually determined Vita Shade

◊ SP: Average of the spectrophotometric shade determination based on the Vita Classic Shade

◊  $\Delta ESP$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the spectrometrically determined Vita Shade◊  $\Delta EH - \Delta ESP$ : The difference in  $\Delta E$  value between visual and spectrophotometric assessment

**Table VI.** Results of Wilcoxon Signed Ranks Test of experiment 2

	Visual (Mean $\Delta E$ )	Spectrophotometer (Mean $\Delta E$ )	<i>P</i> value
Experiment 2	3.55	2.05	0.005

**Table VII.** Results of shade analysis of expert group evaluated with Vita classic shade guide and spectrophotometer of experiment 3

	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP
<b>E1</b>	A3	A3	A3	D3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	B2	C1	A2	A2	A2	A2
<b>E2</b>	A3	A3	A3	D3	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	A2	C1	A2	A2	A2	A2
<b>E3</b>	A2	A3	A2	D3	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A2	A3	A1	A3	A1	C1	A2	A2	A2	A2
<b>E4</b>	B3	A3	A3	A3	A2	A2	B2	A2	A2	A2	A3	A3	A2	A3	A2	C1	A3	A2	A3	A2
<b>E5</b>	A3	A3	A3	D3	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A2	A2	A2	C1	A2	A2	A2	A2

**Table VIII.** Mean shade and  $\Delta E$  values assessed either by expert group or by spectrophotometric readings

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
ø H	A3	A3	A2	A2	A2	A3	A2	A2	A2	A2	
ø $\Delta EH$	3.64	3.69	4.91	2.89	4.91	3.69	4.91	2.89	3.69	3.69	$3.89 \pm 0.77$
ø SP	A3	D3	A2	A2	A2	A3	A3	C1	A2	A2	
ø $\Delta ESP$	1.7	2.83	1.58	1.27	2.46	2.15	2.36	2.15	2.22	1.98	$2.07 \pm 0.46$
ø $\Delta EH - \Delta ESP$	1.94	0.86	3.33	1.62	2.45	1.54	2.55	0.74	1.47	1.71	

ø H: Average of the human visual shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

ø  $\Delta EH$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the visually determined Vita Shade

ø SP: Average of the spectrophotometric shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

ø  $\Delta ESP$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the spectrometrically determined Vita Shade

ø  $\Delta EH - \Delta ESP$ : The difference in  $\Delta E$  value between visual and spectrophotometric assessment

**Table IX.** Results of Wilcoxon Signed Ranks Test for expert group of experiment 3

	Visual (Mean $\Delta E$ )	Spectrophotometer (Mean $\Delta E$ )	<i>P</i> value
Experiment 3 (Expert)	3.89	2.07	0.005

**Table X.** Results of shade analysis of novice group evaluated with Vita classic shade guide and spectrophotometer of experiment 3

	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP	V	SP
<b>N1</b>	A3	A3	A2	A3	A2	A2	B2	A2	B2	A1	A3	A3	A2	A3	B2	C1	B2	A2	A3	D3
<b>N2</b>	A3	A3	A2	D3	A1	A2	B2	A2	C1	A1	A3	A3	B2	A3	B2	C1	B2	A2	A2	A3
<b>N3</b>	D2	A3	A1	D3	C1	A2	B2	A2	C1	A1	A4	A3	A1	A2	A1	C1	C1	A2	B2	A2
<b>N4</b>	B3	A3	B2	A3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2	A3	A2	A3	A1	A2	A2	A2	B2	D3
<b>N5</b>	A3	A3	A3	A3	B2	A2	B2	A2	A3	A2	B3	A3	A2	A2	A2	C1	D2	A2	A3	D3

**Table XI.** Mean shade and  $\Delta E$  values assessed either by novice group or by spectrophotometric readings

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
◊ H	A3	A2	A2	B2	C1	A3	A2	B2	B2	B2	
◊ $\Delta EH$	5.57	6.37	3.38	0.87	3.33	5.13	2.89	4.61	4.85	2.28	$3.96 \pm 1.69$
◊ SP	A3	A3	A2	A2	A1	A3	A3	C1	A2	D3	
◊ $\Delta ESP$	2.25	2.34	1.76	1.88	2.34	2.06	2.18	2.19	1.33	1.88	$2.02 \pm 0.31$
◊ $\Delta EH - \Delta ESP$	3.32	4.03	1.62	-1.01	0.99	3.07	0.71	2.42	3.52	0.4	

◊ H: Average of the human visual shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

◊  $\Delta EH$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the visually determined Vita Shade

◊ SP: Average of the spectrophotometric shade determination based on the Vita Classic Shade Guide

◊  $\Delta ESP$ : Average of the numeric  $\Delta E$  values related to the spectrometrically determined Vita Shade◊  $\Delta EH - \Delta ESP$ : The difference in  $\Delta E$  value between visual and spectrophotometric assessment**Table XII.** Results of Wilcoxon Signed Ranks Test for novice group of experiment 3

	Visual (Mean $\Delta E$ )	Spectrophotometer (Mean $\Delta E$ )	P value
Experiment 3 (Novice)	3.96	2.02	0.017

**Table XIII.** Results of Mann-Whitney U test of experiment 3

	Expert	Novice	P value
Visual (Mean $\Delta E$ )	3.89	3.96	0.939
Spectrophotometer (Mean $\Delta E$ )	2.07	2.02	0.821

결과를 각각 비교 시 Mann-Whitney U test결과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table XIII).

## 총괄 및 고안

시각적인 색조 선택은 노화, 피로도, 광원의 상태, 조건 등색 (metamerism), 그리고 대조도 등의 조절할 수 없는 요소들에 의해 일관성이 떨어질 수 있으며 평가자간에 또는 동일한 평가자 내에서도 일관적이지 못하고 다양하다.<sup>12,15</sup>

그러나 최근까지도 임상가가 도재 수복물을 제작할 때 색견본을 이용하여 선택된 간단한 코드를 사용함으로써 기공사에게 전달하는 것이 일반적이다.<sup>16</sup> 이상적인 색조 선택을 위한 가이드라인이 오래전부터 알려져 왔지만 자연 치아의 색조를 구성하는데 명도, 채도, 색상의 다양한 조합이 필요하며 일반적인 색견본은 이러한 자연 치아에 나타나는 색조의 충분한 스펙트럼 범위를 제공하

지 못한다고 알려져 있다.<sup>6,17-19</sup>

치아의 색조 스펙트럼을 재현하지 못하는 이러한 한계는 술자의 실수, 이상적이지 못한 측정 환경과 더불어 수복물과 치아색조의 현저한 불일치의 결과를 낳을 수 있다.<sup>20</sup>

그래서 이러한 문제들을 해결하기 위한 다양한 시도들이 있어 왔는데, 특히 실제 여러 특정 집단을 대상으로 직접 나타나는 색조들을 연구하여 이상적인 색조 견본을 제작하는 방법도 있었다.<sup>17</sup> 그러나 너무 복잡해져 tab의 수가 늘어나고 그만큼 임상에서의 선택에 더 오랜 시간이 걸리게 된다. 그리하여 이보다 자연치아의 색조를 객관적으로 평가하고, 술자의 경험, 환경 의존도가 낮은 기계를 이용한 측정방법이 시도되었으며 computer color matching system, 분광 측정기, 치과용 비색계 등이 있다.

최초의 비색계는 이미 1870년대에 개발되었으나 1990년대까지도 화학분야에만 이용되어 오다가, 최근에 들어서 치의학 분야에도 Shade Eye® (Shofu Dental CO., San



Marcos, CA, USA), ShadeVision® (X-Rite Inc., Grandville, MI, USA) 같은 여러 특수화된 비색계들이 사용되어 오고 있다. Douglas와 Brewer<sup>21</sup>에 의하면 구강 내 상태 하에서는 디지털비색계의 해상도가 인간의 눈을 능가한다고 하였고, Dancy 등<sup>22</sup>은 이러한 방법들이 기존의 시각적인 색조 선택법에 대한 대안이 될 수 있다고 이미 보고하였다. 특히 분광 측정기의 일종인 Shadepilot™은 주변 광원에 의해 빛이 치아에 도달했다가 반사되는 부분을 분석하여 색을 측정하는 다른 장비에 비해, 양쪽에서 나오는 빛이 치아에 도달하였다가 반사, 투과, 굴절, 분산, 형광, 유백광(opal) 등의 빛의 성질을 분석하여 색조를 측정하는 방식으로 비색계가 측정할 수 없는 투명도와 형광빛, 유백광 효과까지도 고려하여 측정할 수 있다. Paul 등<sup>3</sup>은 사람 간의 색조 재현성은 27%인 반면에 분광 측정 간에는 83%의 재현성을 보고하였고, 더 최근의 연구에서는 분광 측정 분석이 시각적인 색조 선택보다 정확성과 재현성에서 우수한 것으로 보고하였다.<sup>2</sup>

본 연구에서 역시 통상적인 시각적 방법과 기계를 이용한 방법 간에 유의할 만한 차이가 관찰되었는데, 본 실험에서 시각적인 방법과 기계적인 방법의 색조 선택의 정확성을 비교하기 위해 사용한  $\Delta E$ 값은

$$\Delta E = [(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$$

$L_1$  = Vita classic shade tab의 L값

$a_1$  = Vita classic shade tab의 a값

$b_1$  = Vita classic shade tab의 b값

$L_2$  = 원래 자연치아의 L값 (기계 측정 시) 또는 대표값의 L값 (육안 관찰시)

$a_2$  = 원래 자연치아의 a값 (기계 측정 시) 또는 대표값의 a값 (육안 관찰시)

$b_2$  = 원래 자연치아의 b값 (기계 측정 시) 또는 대표값의 b값 (육안 관찰시)

으로 계산되어지며 색의 차이를 확인할 수 있는 정량적인 수치이다.

$\Delta E$ 값이 1보다 작은 경우 최상의 색조 조화를 이루며 1-2사이는 임상적으로 받아들일만하며 2이상은 부조화를 나타낸다고 알려져 있다.<sup>23,24</sup>

첫 번째 실험에서 1명의 검사자가 10명의 피검자를 오전, 정오, 오후로 나누어 색조를 측정한 결과 시각적인 방법으로 선택한 경우 모두 일치한 경우는 없었으며 기계적인 측정 결과 피검자 9명에서 광원에 상관없이 3회 모

두 일치한 결과를 보였다. 평균  $\Delta E$ 값 비교 시 시각적인 방법으로 측정한 결과가 더 높은 값을 보이며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ).

각 피검자의 시간대 별 육안, 기계 측정 색조값의 일치 정도를 비교 시 오전은 피검자 1명에서, 정오는 4명, 오후는 3명에서 육안, 기계 측정값이 일치한 결과를 보여 본 실험의 한계 내에서는 오전보다는 정오나 오후의 육안 색조 선택이 추천된다. 하지만 색조가 정해진 도재 수복물이 아닌 자연 치아를 대상으로 한 것으로 기계 측정값의 오류를 고려한다면 객관적인 기준값으로의 비교가 어려워 참고적인 지침으로만 사용되어야 할 것으로 생각된다.

피검자 C와 E의 육안 관찰시  $\Delta E$ 값의 차이가 큰 것은 A2, B2의 Lab값 차이보다 B2, B3의 Lab값 차이가 더 크기 때문이다. 또한 피검자 C의 시각적, 기계적 관찰시  $\Delta E$ 값의 차이를 살펴볼 때 모두 일치한 기계적 관찰시보다 두 번만 일치한 육안 관찰시  $\Delta E$ 이 작은 것은 기계측정은 치아에 위치되는 기계의 각도에 따라 Lab값이 다르게 나오므로 다양한  $\Delta E$ 값이 모두 실험 결과에 직접 반영되나, 육안 관찰 시는 대표값을 정해 그것을 최상의 색조 조화로 가정하고  $\Delta E$ 값을 계산했기 때문에 대표값과 다른 색조만의  $\Delta E$ 값이 결과에 이용되었다. 이것은 임상에서 일반적인 육안 관찰시 Lab값 비교를 위해 자연치 또는 수복물과 shade tab을 수치화 할 수 있는 데이터 방식이 없기 때문이며 동시에 실험의 한계점으로 인식된다. 또한 본 실험은 Paul 등<sup>23</sup>의 실험과 비교될 수 있는데 3명의 관찰자가 각각 측정한 색조에서 일치되는 값을 구하는 과정을 통해 측정치의 객관화를 모색한 반면 본 실험에서는 1인의 관찰자에 의해 측정된 값만을 비교해 값의 객관성이 다소 부족했을 것으로 생각된다.

한편, 실험 2와 3은 모두 정오에 시행되었는데 이는 정확한 색조 비교를 위해 이상적인 색조는 정오에서 오후 3시 사이 자연광하에 가장 이상적인 색조를 측정할 수 있다는 보고에 기반하였다.<sup>25</sup>

실험 2에서 10명의 검사자가 10명의 피검자를 육안 및 기계 관찰한 결과, 육안 관찰 시보다 기계 관찰 시 색조 선택이 더 정확한 것으로 나타났으며  $\Delta E$ 값 역시 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ).

다만 피검자 D에서는 최종 육안, 기계 선택 색조가 다름에도 불구하고 같은 색조가 나온 다른 피검자의  $\Delta E$ 값과의 비교 시 육안, 기계  $\Delta E$ 값의 차이가 매우 적은 것을 알 수 있다. 이는 최종 색조값으로 선택된 B2가 A2와의 Lab값 차이가 매우 작기 때문이었다. 또한 피검자 E와 J

의 경우 기계 측정 시 색조가 3가지로 측정이 되었는데 다른 치아들에 비해 gradation이 심하며 외형이 곡면으로 이루어진 일반적인 치아의 형태학적 특성으로 인해 촬영 시마다 검사자의 촬영 각도 변화가 컸던 것으로 생각된다.

실험 2의 결과를 실험 1과 비교해 볼 때 육안 관찰시  $\Delta E$  값이 실험 1이 더 높은 것으로 미루어 보아 색조 선택에 미치는 영향이 개인의 색조 선택 경험보다 광원이 더 크다고 생각된다.

실제로 이러한 광원은 색조를 읽어내는데 영향을 주는 중요한 요소이다. 광원이 수복물의 표면을 비추게 되면 여러 요소들이 도재 색조를 바꿀 수 있는데, 표면의 질감 및 해부학적 형태가 가장 중요한 것으로 알려져 있다. 게다가, 표면의 글레이즈의 양과 형광물질 또한 치아 색상을 바꿀 수 있는데 동일한 색조로 제작된 수복물도 치은 절단 또는 근원심 형태에 따라 다르게 보일 수 있듯이 광원에 대한 반사 변화 때문에 색상에 대한 지각 역시 바뀔 수 있다.<sup>26</sup> Dagg 등<sup>25</sup>은 색조 선택의 정확성에 영향을 미치는 요소로 사용된 도재, 광원, 도재 두께, 관찰자의 경험 등을 비교하여 정확한 색조를 선택하는데 광원이 가장 중요한 요소라는 결론을 얻어냈다. 본 실험에서 사용된 자연광은 이러한 영향으로 육안 관찰시 큰 변수로 작용하였을 것으로 생각된다.

실험 3에서 숙련자와 비숙련자간의 각각 육안, 기계 측정 결과를 비교 시 유의한 차이는 나타나지 않았지만 각 그룹 내 육안과 기계 측정 간에는 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ). Dagg 등<sup>25</sup>은 이상적인 광원 하 (Duro-test Vitalite)에서는 숙련자와 비숙련자 사이에 육안 관찰시 유의한 차이를 관찰하였지만 진료실의 형광등과 창문을 통해 들어오는 자연광하에서는 유의한 차이가 없음을 보고하였고 본 실험 결과와도 일치하였다. 실험 1, 2, 3의 기계 측정 시 평균  $\Delta E$  값은 거의 일정하게 유지되며 정확성에 대한 변화가 낮음을 알 수 있었다.

하지만 기계적인 방법에도 단점이 있는데 기계 자체 내에서 유발되는 “노이즈”, 수평, 수직적인 위치이상, 수평, 수직적인 각도이상, 치아와의 측정 거리 등은 측정에 오차를 유발할 수 있는 요소들이다. 또한 분광 측정기는 빛의 3차원적 정보가 2차원의 맵으로 분석되어지므로 절단 1/3의 투명도는 수복물상에서 정확한 재현이 어렵다.<sup>23,16</sup>

인간의 눈은 표준화된 실험실 환경에서 1 $\Delta E$  값까지의 색조 차이를 구분할 수 있을 만큼 효과적이다. 하지만 광원을 표준화할 수 없는 구강 내에서는 비교 치아와의 3.7  $\Delta E$  값의 차이가 보고되고 있다.<sup>23</sup> Paul 등<sup>23</sup>의 실험에서는

분광 측정기의 실험실 오차는 0.48  $\Delta E$  값으로 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 것으로 미루어 보아 기계 측정시의 오차는 육안 평가시의 오차에 비해 받아들여질 만한 것으로 생각된다.

결국 기계적인 방법은 육안 평가에 비해 환경이나 개인의 선호도, 숙련도에 관계없이 치아 색조의 정량적 평가가 가능하다. 이는 육안 평가를 통한 치과의사와 기공사 간의 소통에서 오는 오류를 줄여줄 수 있으며 환자와 치과의사 모두의 만족도도 높이며, 그에 따른 수복물의 재제작 가능성도 줄어든 것으로 생각된다. 하지만 기계 사용시 사용자마다 그리고 측정 시마다 각도의 차이에서 오는 오차의 극복은 여전히 해결해야 하는 문제이며 심미적인 도재 제작을 위해 필요한 투명도에 대한 좀 더 정확한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구는 통상적인 시각적인 방법과 기계적인 방법을 사용하여 자연 치아 색조 선택의 정확성을 비교하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1명의 검사자가 하루 중 시간대 별로 자연광하에 10명의 피검자의 상악 중절치를 시각적인 방법과 기계적인 방법으로 측정한 결과, 기계를 이용하여 측정한 방법이 정확성 및 재현성이 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ).
2. 10명의 검사자가 10명 피검자의 상악 중절치를 정오에 관찰한 결과 통상적인 시각적 색조 선택보다 기계를 사용한 색조 선택의 정확성이 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ).
3. 검사자를 숙련자 5명, 비숙련자 5명의 두 군으로 나누어 비교한 결과 숙련자/비숙련자 군 내 시각적, 기계적 측정 결과는 기계를 사용해 측정한 색조의 정확성이 더 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ).

통상적인 색견본을 이용한 시각적인 색조 선택 방법은 사용의 편리함과 익숙함으로 인해 이의 사용은 계속될 것으로 보인다. 하지만 위의 결론으로 미루어 볼 때 시각적인 색조 선택은 광원에 의해, 개인의 색조 선택 선호도와 경험 등에 따라 부정확하며 변화가 많으므로 기계를 이용한 정확한 색조 선택이 요구된다.

다만 기계를 이용한 색조 선택 시 측색 오류를 줄일 수 있는 방법에 대해서는 좀 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Ishikawa-Nagai S, Sawafuji F, Tsuchitani H, Sato RR, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. part 2: color reproduction of stratiform-layered porcelain samples. *Int J Prosthodont* 1993;6:522-7.
2. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:222-31.
3. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578-82.
4. Seghi RR, Johnston WM, O' Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1755-9.
5. Yorty JS, Richard MW, Kanawati A, Davis S, House RC, Okubo SR. A simple screening test for color matching in dentistry. *Gen Dent* 2000;48:272-6.
6. Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, F. Borsboom PC, P. M. Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-62.
7. Tung FF, Goldstein GR, Jang SK, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002;88:585-90.
8. Ishigawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O, Weber HP. Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2005;93:129-37.
9. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. Fundamentals of color. Quintessence Publishing Co, Inc 2004;78-100.
10. Miller, LL. Shade selection. *J Esthet Dent* 1994;6:47-60.
11. Kim HE, Cho IH, Lim JH, Lim HS. Shade analysis of anterior teeth using digital shade analysis system. *J Kor Acad Prosthodont* 2003;41:565-81.
12. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent* 2003;89:50-3.
13. Sproull RC. Color matching in dentistry. II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:556-66.
14. Preston JD. Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int* 1985;47-58.
15. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970;24:166-73.
16. Klemetti E, Matela AM, Haag P, Kononen M. Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. *J Oral Rehabil* 2006;33:31-5.
17. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *J Prosthet Dent* 2004;92:371-6.
18. Schwabacher WB, Goodkind RJ, Luah MJ. Interdependence of the hue, value, and chroma in the middle site of anterior human teeth. *J Prosthodont* 1994;3:188-92.
19. Okubo SR, Alikanawati A, Richard MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-8.
20. Chu SJ, Tamow DP. Digital shade analysis and verification : A case report and discussion. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13:129-36.
21. Douglas RD, Brewer JD. Variability of porcelain color reproduction by commercial laboratories. *J Prosthet Dent* 2003;90:339-46.
22. Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O' Brien WJ, Razoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent* 2003;15:114-21.
23. Barrett AA, Grimaudo NJ, Anusavice KJ, K. Yang MC. Influence of tab and disk design on shade matching of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;88:591-7.
24. Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2003;90:563-70.
25. Dagg H, O' connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil* 2004;31:900-4.
26. Obregon A, Goodkind RJ, Schwabacher WB. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J Prosthet Dent* 1981;46:330-40.

## Shade comparative analysis of natural tooth measured by visual and spectrophotometric methods

Bum-Suk Kim<sup>1</sup>, DDS, Soo-Yeon Shin<sup>2</sup>, DDS, MSD, PhD,

Jong-Hyuk Lee<sup>2</sup>, DDS, MSD, PhD

<sup>1</sup>Graduate student, <sup>2</sup>Assistant professor,

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, Korea

**Statement of problem:** A clinically successful color match is one of the important factor to get an esthetic dental restoration. Dental shade guides are commonly used to evaluate tooth color in restorative procedure. But numerous reports have indicated that common shade guides do not provide sufficient spectral coverage of the natural tooth colors. To address issues associated with the shade guide, distinct avenues have been pursued objective spectrophotometric / colorimetric assessment. **Purpose:** This study compared the accuracy of tooth color selection of spectrophotometer with that of human visual determination. Three main factors were investigated, namely, the effect of light, the individual variation and the experience of the observer. **Material and methods:** At the first experiment, on ten patients, one operator independently selected the best matching shade to the unrestored maxillary central incisor, using a Vita Classical Shade Guide in the morning, at noon and in the afternoon. The same teeth were measured by means of a reflectance spectrophotometer. At the second experiment, on ten patients, ten operators (5 experts, 5 novices) selected and measured by the same method above at noon. At the third experiment, the results of the second experiment were divided into two groups, expert and novice, and analyzed. **Results:** 1. There was significant difference between visual and spectrophotometric assessment (mean  $\Delta E$  values) in experiment 1, 2, 3 ( $P < .05$ ). 2. There was no significant difference between experts and novices group, when comparing with each visual and spectrophotometric assessment (mean  $\Delta E$  values). **Conclusion:** Spectrophotometer could be used to analyze the shade of natural tooth objectively. Thereby, this method offers the potential to minimize considerably the need for corrections or even remakes after intraoral try-in of restoration. Furthermore, to achieve its advantage, both the shade-matching environment and communication between dentist and technician should be optimized with use of visual and instrumental shade-matching systems. (*J Kor Acad Prosthodont* 2008;46:443-55).

**Key words:** Visual shade selection, Instrumental shade selection, Spectrophotometer, Shade guide, Shadepilot™

Corresponding Author: **Soo-Yeon Shin**

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, San 7-1, Shinboo-Dong, Cheonan, Choongnam, 330-716, Korea

Tel.: +82 41 550 1971

E-mail: syshin@dankook.ac.kr

Article history

Revised May 5, 2008 / Last Revision July 17, 2008 / Accepted August 29, 2008.