



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학석사학위 논문

색채계와 분광광도계를 이용한
in vivo 치아 색조의 비교 연구

2014년 2월

서울대학교 치의학대학원

치 의 학 과

강 현 주

색채계와 분광광도계를 이용한
in vivo 치아 색조의 비교 연구

지도교수 현 홍 근

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함

2013년 10월

서울대학교 치의학대학원

치 의 학 과

강 현 주

강현주의 석사학위논문을 인준함

2013년 11월

위 원 장 장 기 택 (인)

부위원장 현 홍 근 (인)

위 원 안 진 수 (인)

국문초록

1. 목 적

이번 연구에서는 분광광도계(spectrophotometer)와 구강용 분광광도계, 구강용 색채계(colorimeter)의 세 가지 측정 기계로 성인 상악 중절치의 색조측정을 실시하여 각각의 측정값을 비교하고 신뢰성을 검증하고자 하였다. 색채계에 비해 분광광도계는 장비가 고가이고 복잡하며, 치아의 색조를 측정하기 어려운 단점이 있어 *in vivo* 상에서 자연치의 색조측정에는 한계가 있었다. 이번 연구 결과를 통해 표준 분광광도계와 구강용 분광광도계, 구강용 색채계 각각의 측정값을 비교했을 때 측정신뢰성이 보장되고 기기별 측정값의 보정이 가능하다면 구강용 색채계를 임상적으로 사용하는데 있어서 과학적 근거를 제공할 수 있을 것이다.

2. 방 법

40명의 건강하고 전치부 수복이 되어 있지 않은 성인 남녀 자원자(남 22, 여 18명)에게서 상악 치열의 인상을 채득하고 경석고 모델을 완성한 후 이것을 사용하여 상악전치 색조 측정용 mouthguard를 제작하였다. Mouthguard 상의 상악 중절치 순면에 동일한 점을 중심으로 각각의 측정기계의 probe tip 직경 외연에 맞는 동심원을 그려서 그 원의 외연에 해당하는 부분을 정확히 제거하였다. 그 후 각 자원자의 구강내에 mouthguard를 장착하고 그 mouthguard 상의 외경에 맞는 측정기계를 선정하여 기계 당 각 3회씩 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 측정하였다. 측정은 동일한 광원의 같은 장소에 시행하였으며, 매 측정시마다 새로 calibration을 시행하였다. 통계 분석은 세 측정 기계의 CIE $L^*a^*b^*$ 각각에 대하여 Friedman test(dBSTAT)를 진행하였으며 이를 통해 기계별 $L^*a^*b^*$ 값의 차이가 있는지를 살펴보았다. 또, pearson 이변량 상관분석(SPSS)을 실

시하여 기계별 $L^*a^*b^*$ 값에 유의미한 상관관계가 있는지를 분석하였다.

3. 결 과

분광광도계인 CM-700d (Konica Minolta, Osaka, Japan), 구강용 분광광도계인 Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany), 구강용 색채계인 ShadeEye NCC (Shofu, Tokyo, Japan) 장치로 #11, 12 치아에 각 3회씩 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 측정하였다. CM-700d의 L^* , a^* , b^* 평균 (SD)은 각각 64.88 (5.07), 0.73 (0.71), 10.12 (2.54) 이었다. Vita Easyshade의 L^* , a^* , b^* 평균 (SD)은 각각 81.19 (4.35), -0.87(0.81), 16.86 (6.45) 였으며 ShadeEye NCC의 L^* , a^* , b^* 평균 (SD)은 각각 72.77 (2.98), -0.33 (0.70), 12.88 (6.08) 이었다. 통계추론 결과 각 측정 기계에 따른 CIE $L^*a^*b^*$ 값에는 차이가 존재하나 ($P < 0.05$) 상악 중절치 치아 색상 측정에 대해 세 가지 측정 기계가 유의미한 상호연관성이 있었다.

주요어 : 색채계, 분광광도계, 치아, 색조

학 번 : 2009-22654

목 차

- I. 서론
 - II. 연구 대상 및 방법
 - III. 연구 결과
 - IV. 총괄 및 고찰
 - V. 결론
- 참고문헌
영문초록

표 목 차

[Table 1]	8
-----------------	---

그 립 목 차

[Fig. 1]	3
[Fig. 2]	5
[Fig. 3]	5
[Fig. 4]	6
[Fig. 5]	6
[Fig. 6]	7
[Fig. 7]	9
[Fig. 8]	10
[Fig. 9]	11
[Fig. 10]	12

I. 서론

전치부의 치과 보존적 접근에 있어 치아 색조를 정확히 재현해 주는 것은 외형을 정확히 만드는 것만큼이나 중요한 의미를 지닌다. 자연치의 색상을 분석하기 위해서는 육안으로 비교하는 방법과 장비를 이용해 측정하는 방법 두 가지가 있는데 육안 비교는 재현성이 떨어지는 등 여러 단점이 있어 장비를 이용해 색조 측정 시스템을 사용하는 것이 더 추천된다.^{1,2} 이러한 과학기술에 기반을 둔 치아의 색조 측정 시스템은(measurement system)은 Spot measurement (SM) 장치와 complete-tooth measurement (CTM) 장치가 있다. SM 장치는 CTM 장치에 비해 원하는 치면의 작은 부분에 접촉하여 정확히 측정할 수 있는 장점이 있어서 유용하다.^{1,3,4}

현재 임상에서 사용할 수 있는 SM type의 치아측색기로는 색채계(colorimeter)와 분광광도계(spectrophotometer)가 있다.

분광광도계는 전체 가시광선 스펙트럼에서 나오는 명암, 채도, 색상을 각각 한 번에 하나의 과정으로, 물체에 반사되거나 투과되는 가시광선 에너지의 양을 측정하고 기록하는 것으로 광범위한 자료가 얻어지므로 자료를 축소해서 스펙트럼 곡선으로 전환하는 과정이 필요하다.⁵ 그러나 장비가 비싸고 복잡하며, 치아의 색조를 측정하기 어려운 단점이 있어 *in vivo* 상에서 자연치의 색조측정에는 색채계가 사용되는 경우가 많았다.⁶

색채계는 사람의 눈이 인지하듯 직접적으로 색을 측정하도록 설계된 것으로 가시광선 스펙트럼의 세 가지 혹은 네 가지 영역을 여과하여 물체의 색을 결정한다. 잘 설계된 색채계는 분광광도계보다 훨씬 나은 자료의 효율을 제공할 수 있다고 여겨진다.⁷

장치를 이용한 자연치 색조 측정을 할 때 색상 평가를 위해 CIE $L^*a^*b^*$ color system을 많이 사용한다. CIE (International Commission on Illumination) color system에서 L^* 값은 명도를 나타내며 0-100 범위 안에서 높을수록 밝고 하얗고 낮을수록 어둡고 검은색에 가깝다. a^* 값

은 red/green scale의 채도를 나타내며 양의 값일수록 붉고 음의 값일수록 녹색이다. b^* 값은 yellow/blue scale의 채도로서 양의 값일수록 노랗고 음의 값일수록 파랗다. 이번 실험에서 사용된 분광광도계, 구강용 분광광도계, 색채계 모두 CIE $L^*a^*b^*$ color system으로 측정치를 나타내었다.⁸

지금까지 이들 각각의 장치들 측정치의 신뢰성에 대해 구체적으로 비교 연구된 바가 없다. 따라서 본 연구의 목적은 이들 구강용 SM type의 색채계와 분광광도계를 *in vivo* 상의 자연치 색조측정을 통해 측정값의 비교 및 신뢰성을 검증하고자 하는 것이다. 이번 연구 결과를 통해 표준 분광광도계와 구강용 분광광도계, 구강용 색채계 각각의 측정값을 비교했을 때 측정신뢰성이 보장되고 기기별 측정값의 보정이 가능하다면 구강용 색채계를 임상적으로 사용하는데 있어서 과학적 근거를 제공할 수 있을 것이다.

II. 연구 대상 및 방법

연구 대상

1. 20-30대의 전신 상태 건강한 성인 남녀
2. 전치부 수복이 되어 있지 않은 상태로 구강 환경이 건강한 경우

연구 제외 대상

1. 전치부에 근관치료를 받은 경우
2. 치아 외상 또는 우식 등으로 변색된 경우
3. 선천적 전치부 기형이 있는 경우
4. 교정치료 브라켓 때문에 색상 측정이 어려운 경우
5. 치주 상태가 좋지 않거나 치아 흔들림이 있는 경우

본 연구 실험에 참여한 대상자는 40명(남 22명, 여 18명)으로 평균나이는 28.68세(남 29.05세(SD=2.72), 여 28.22세(SD=2.73))였다.(Fig. 1)

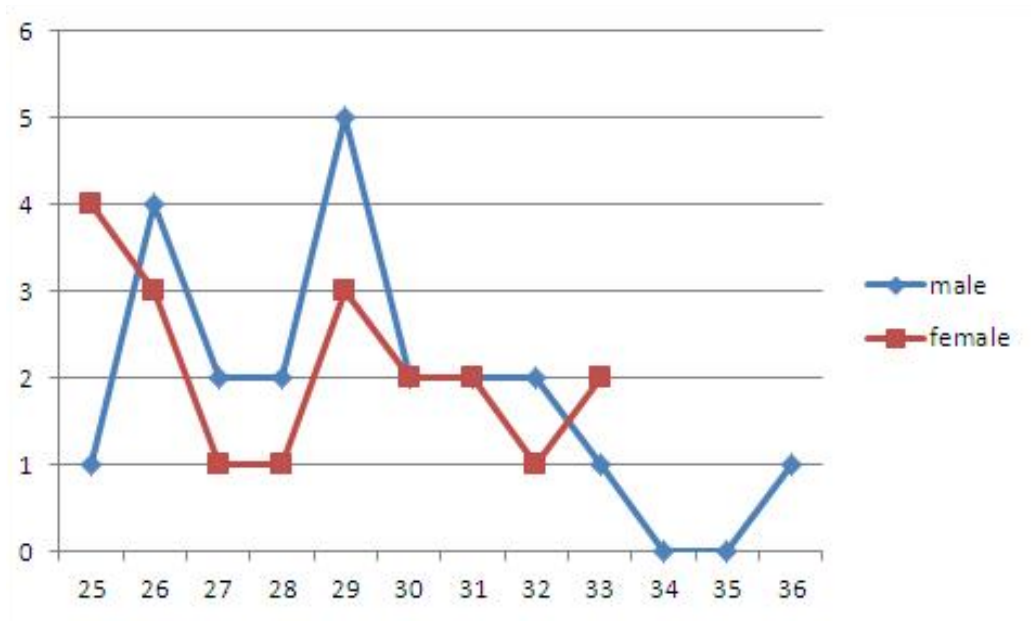


Fig. 1. The number of the subjects of an experiment and the composition of the ages (yr).

실험을 시작하기에 앞서 서울대학교 치의학대학원 윤리위원회에서 IRB심사 및 승인(IRB No.S-D20130008)을 받았으며 실험에 참여한 인원 모두에게 연구 설명을 해 주고 서면 동의서를 받았다.

색상 측정 위치는 지원자 40명의 #11, #21 상악 중절치 치아의 순면 중앙 1/3 으로 하였으며 실험한 자연치 총 개수는 80개이었다.

표준이 되는 값을 얻기 위해 분광광도계인 CM-700d (Konica Minolta, Osaka, Japan)(이하 CM)를 SCI+SCE mode를 이용하여 측정하였다. 측정 직경은 6mm이었다.

구강용 분광광도계는 Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)(이하 VE)로 base unit, handpiece로 이루어져 있으며 3가지 종류의 측정 mode가 있다. 자연치, 색상 tab, 수복물 mode 중에서 본 실험에서는 자연치 mode로 측정하였다. 측정 광구의 직경은 5mm이었다.

구강용 색채계는 ShadeEye NCC (Shofu, Tokyo, Japan)(이하 SE)을 사용하였으며 측정 단위는 일회용 elastic tip으로 이루어져 있고 이 tip의 바깥 부분의 직경은 5mm, 안쪽 직경은 3mm이었다.

각 자원자에게서 상악 치열의 인상채득을 시행하였다. 이를 통해 경석고 모델을 완성한 후 모델의 상악 중절치(#11, #21) 순면 중앙에 펜을 이용해 점을 표시하였다. 이 모델을 사용해 2 mm 두께의 EVA sheet와 Drufomat Pressure Moulding Machine (Dreve Dentamid, Uhna, Germany) 으로 상악용 mouthguard를 제작하였다. 제작된 mouthguard를 모델에 다시 장착하여 모델에 그린 순면 중앙의 점에 맞추어 동일하게 표시한 점을 중심으로 각각의 측정기계의 probe tip 직경 외연에 맞는 원을 그렸다. SE와 VE로 측정하기 위해서는 직경 5mm의 원 외연을 그렸고 CM을 이용하기 위해서는 직경 6mm의 원 외연을 그렸다.(Fig.2) 그 후 mouthguard 상에서 먼저 SE와 VE 측정을 위한 원의 외연에 해당하는 부분을 날카로운 칼로 정확히 제거한 다음, 해당 자원자에게 장착하고 그 구멍에 맞추어 SE의 관구를 고정하고 #11과 #21 치아 순면 중앙 1/3을 측정하였다. VE에 대해서도 SE와 동일한 방법으로 측정하였

다. CM 측정을 위해서 mouthguard 상에 직경이 1mm 더 늘어난 원의 외형에 맞추어 EVA를 제거하고 마찬가지로 방법으로 #11, #21 치아 순면 중앙 1/3을 측정하였다. 각 자원자의 측정 시 자세는 supine position이었으며 각각의 측정기계로 각 3회씩 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 측정하였다. 측정은 외부 환경 요인의 영향을 최소화하기 위해서 동일한 광원의 같은 장소에서 시행하였으며, 매 측정시마다 새로 calibration을 시행하였다. 실험 수행자는 총 3 명이였다.

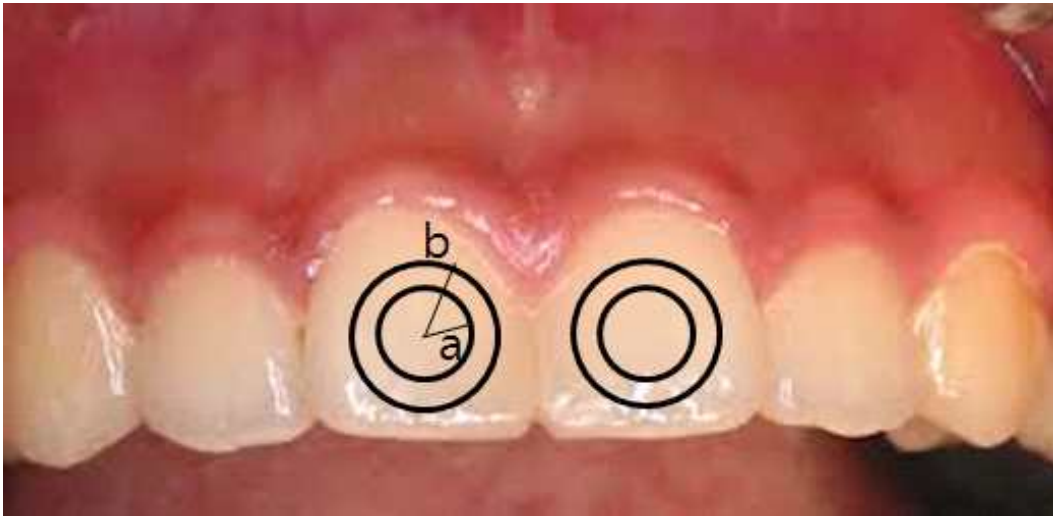


Fig. 2. a) 2.5 mm radius circle for ShadeEye NCC and Vita Easyshade Compact.

b) 3 mm radius circle for CM-700d.



Fig. 3. Installation of individual mouthguard.



Fig. 4. Measurement of tooth shade with ShadeEye NCC.



Fig. 5. Measurement of tooth shade with Vita Easyshade Compact.



Fig. 6. Measurement of tooth shade with CM-700d.

측정한 CIE $L^*a^*b^*$ 값 각각에 대해서 Friedman test (dBSTAT for Windows, dBSTAT, Korea)를 진행하여 기계별 $L^*a^*b^*$ 값의 차이가 있는지를 살펴보았다. 또한 세 가지 측정 기기의 $L^*a^*b^*$ 값 각각에 대해 Pearson 이변량 상관 분석(SPSS version 12, SPSS, Chicago, IL, USA)을 통해 통계 분석을 시행하였고 그 후 유의미한 상호관계가 있는 변수들 간에는 회귀분석을 다시 한 번 시행하여 기계별 측정값의 보정이 가능한지 살펴보았다.

그리고 자원자 중 임의로 1명을 선택하여 처음 측정한 일주일 뒤 다시 한 번 동일한 실험을 처음과 같은 순서로 진행하고, 또한 실험 수행자 3명 사이의 일치성을 검증하기 위해 임의로 실험 참가자 1명에게 3명이 동일 실험을 반복해서 순차적으로 수행한 후 각각에 대해 Intraclass correlation (ICC)를 구해 측정 신뢰성을 검사하였다.

Ⅲ. 연구 결과

SE, VE, 그리고 CM으로 측정된 #11, #21 치아의 L^* , a^* , b^* 평균 (SD)을 table 1에 나타내었다.

세 가지 장치 SE, VE, CM 으로 #11, 12 치아에 각 3회씩 측정된 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 그 각각에 대하여 통계 분석을 진행한 결과 모든 값에서 장치에 따른 $L^*a^*b^*$ 값 간에는 통계적으로 유의한 차이가 존재하였다 ($P<0.0001$).

Pearson 이변량 상관분석 결과 CIE $L^*a^*b^*$ 값 중에 L^* 값은 SE와 CM ($r=0.187$, $P<0.0001$), SE와 VE ($r=0.265$, $P<0.0001$), VE와 CM ($r=0.125$, $P=0.001$)이 유의한 관계에 있는 것으로 나타났고, a^* 값은 SE와 CM ($r=0.157$, $P<0.0001$), SE와 VE ($r=0.252$, $P<0.0001$), VE와 CM ($r=0.287$, $P<0.0001$)가 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다. b^* 값은 SE와 CM ($r=0.091$, $P=0.007$), CM과 VE ($r=0.073$, $P=0.015$)가 유의한 관계에 있었다.

즉, 통계추론 결과 각 측정 기구에 따른 CIE $L^*a^*b^*$ 값에는 유의한 차이가 존재하나 상악 중절치 치아 색상 측정에 대해 b^* 값의 SE와 VE간의 관계를 제외하고 세 가지 측정 기구가 통계적으로 유의한 상호 연관성이 있었다($P<0.05$).

Table 1. Mean CIE L^*, a^*, b^* values (SD) of the natural maxillary central incisors (n=80)

	L^*	a^*	b^*
SE	72.77(2.98)	-0.33(0.70)	12.88(6.08)
VE	81.19(4.35)	-0.87(0.81)	16.86(6.45)
CM	64.88(5.07)	0.73(0.71)	10.12(2.54)

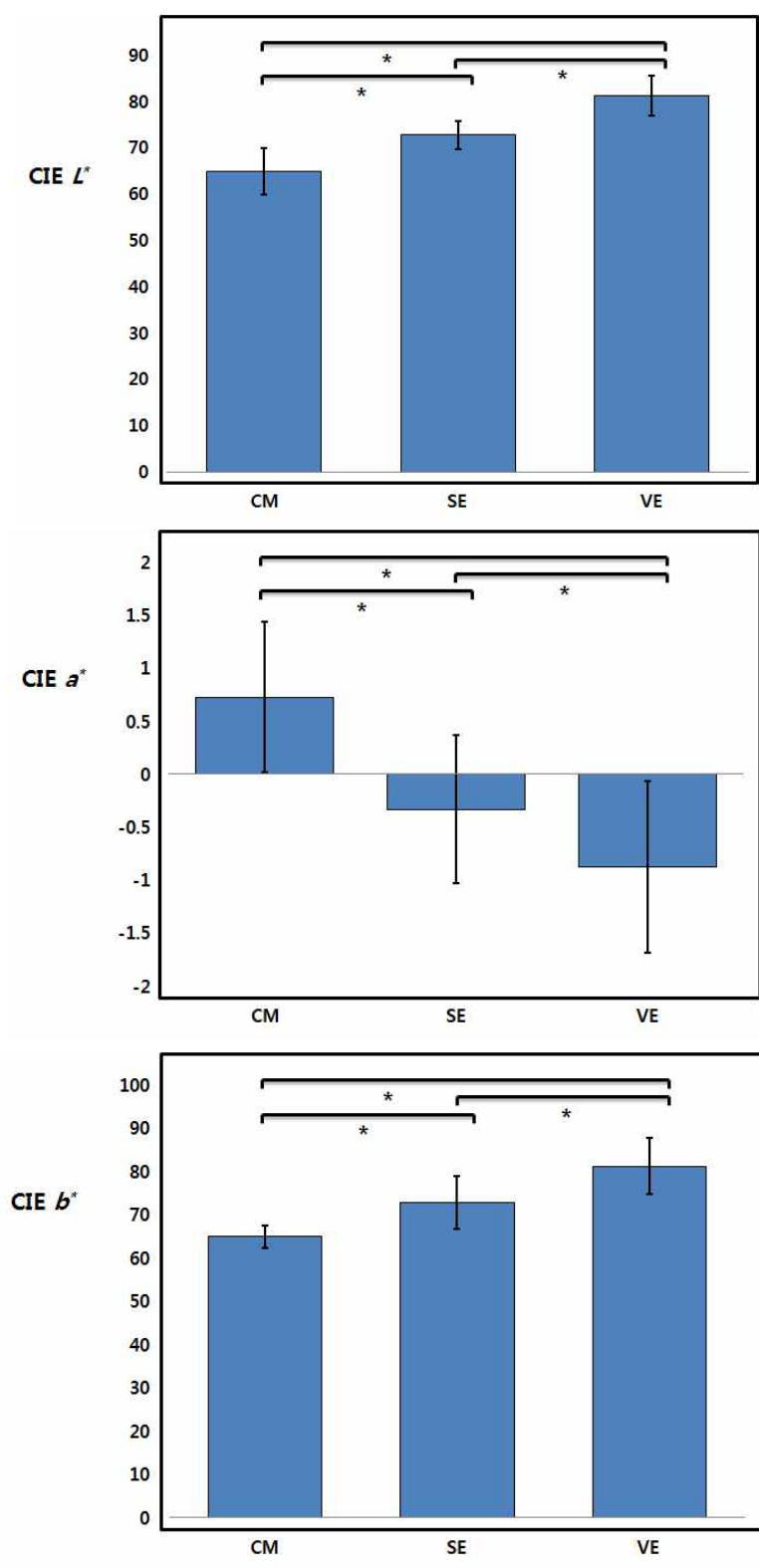
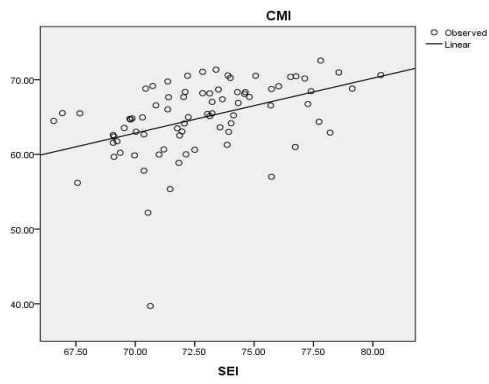
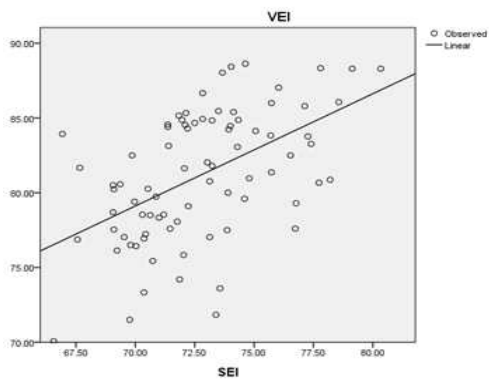


Fig. 7. CIE L^* , a^* , b^* values for maxillary central incisors with each device. Standard deviations indicated with vertical line (*: $P < 0.0001$).



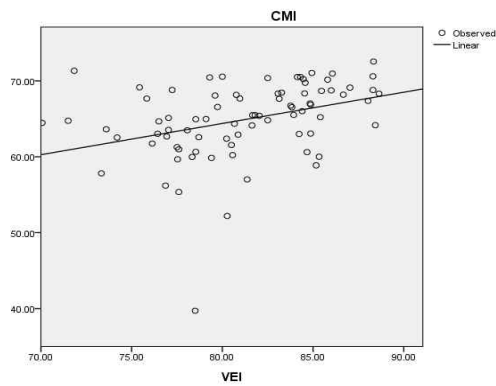
$$CM=0.735*SE+11.417$$

$$r=0.187^*$$



$$VE=0.751*SE+26.518$$

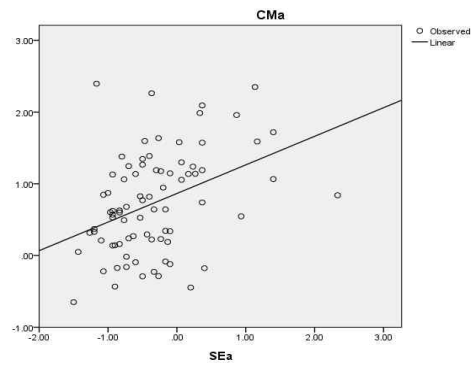
$$r=0.265^*$$



$$CM=0.412*VE+31.442$$

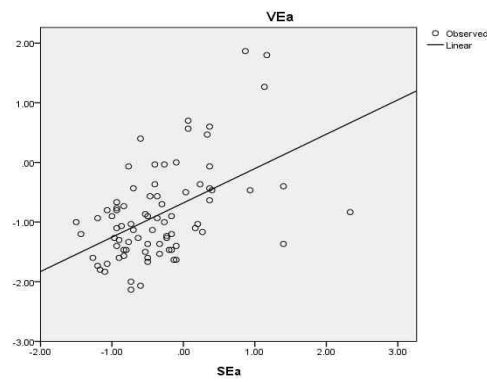
$$r=0.125, P=0.001$$

Fig. 8. Statistical relationships between CIE L^* values (*: $P<0.0001$).



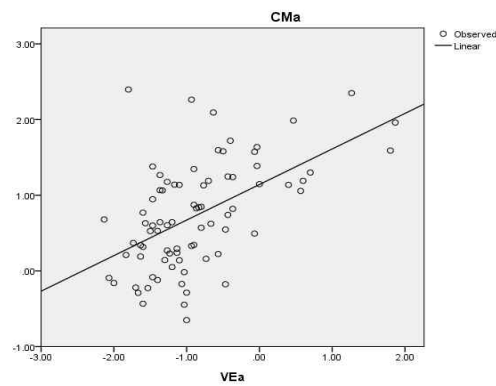
$$CM = 0.399 * SE + 0.865$$

$$r = 0.157^*$$



$$VE = 0.576 * SE - 0.679$$

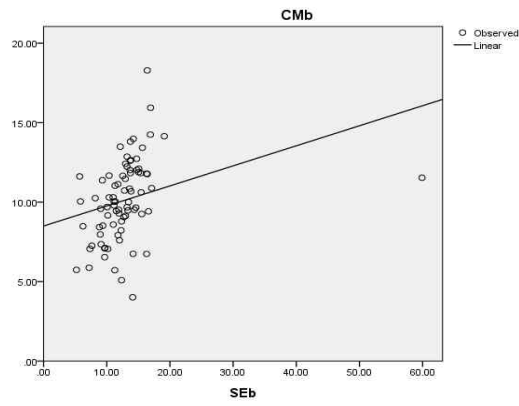
$$r = 0.252^*$$



$$CM = 0.470 * VE + 1.141$$

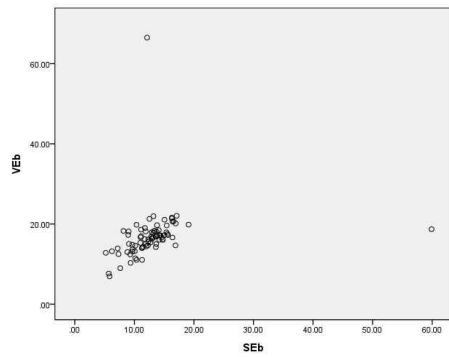
$$r = 0.287^*$$

Fig. 9. Relationships between CIE a^* values (*: $P < 0.0001$).

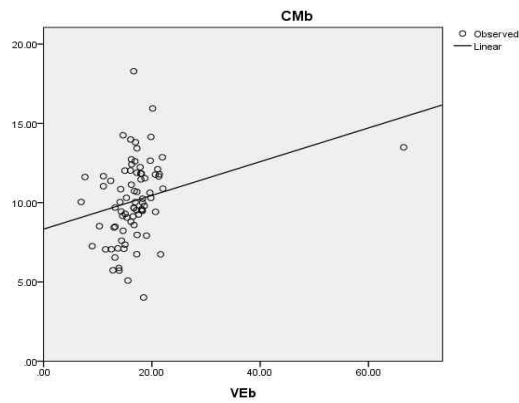


$$CM=0.126*SE+8.499$$

$$r=0.091, P=0.007$$



$$r=0.191^{NS}$$



$$CM=0.106*VE+8.332$$

$$r=0.073, P=0.015$$

Fig. 10. Relationships between CIE b^* values (NS:Not significant).

자원자 중 임의로 1명을 선택하여 처음 측정한 일주일 뒤 다시 한 번 동일한 실험을 처음과 같은 순서로 진행하여 측정한 ICC 값은 L^* , a^* , b^* 에서 각각 0.963, 0.966, 0.949 이었으며, 임의 실험 참가자 1명에게 실험 수행자 3명이 동일 실험을 반복해서 순차적으로 수행한 ICC 값은 L^* , a^* , b^* 에서 각각 0.971, 0.986, 0.991이었다.

IV. 총괄 및 고찰

이번 연구에서는 자연치 색조 측정의 대상 치아로 상악 중절치 #11, #21을 선택했다. 상악 중절치가 전체 치아 중에서 가장 앞에, 그리고 중앙에 위치하고 있고 보이는 면적도 가장 넓어서 심미적인 부분이 매우 중요하기 때문이다.⁹ 따라서 세 가지 종류의 각기 다른 측정 기기로 상악 중절치의 색조를 측정한 것이 다른 치아에서 시행한 것보다 더 의미를 가질 수 있다. 또 다른 이유는 측정기기를 이용한 상악 중절치 색조 측정이 다른 치아에서보다 훨씬 더 수월하다는 데 있다. 중절치가 아닌 다른 치아, 예를 들어 견치 같은 경우는 치아 표면의 굴곡 정도가 커서 색조 측정을 하려면 기기의 직경만큼 일정한 평면 공간이 있어야 하는데 일정한 부분을 찾기 어려워 실험의 재현성을 떨어뜨릴 수 있다. 또, 소구치나 대구치의 경우에는 너무 안쪽에 있어 표준 분광광도계 같은 큰 크기의 기기로 색조를 측정하기에 어려운 경우가 많다.^{9,10}

본 실험에서 상악 중절치 순면 중에서도 치관-치은의 중간 1/3, 근심-원심의 중간 1/3 지점의 색조를 측정하였다. 다른 다수의 논문에서도 전체 치아 구조의 색조를 기술할 때 중앙 1/3 부위를 측정한 것을 볼 수 있는데 이는 치아의 절단면 쪽으로 갈수록 투명성이 높아져 치아 본연의 색조가 아닌 주위 구조물의 색조가 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 마찬가지로 치아의 치경부 쪽으로 갈수록 치근 쪽이나 인접 치은으로부터 산란되는 빛의 영향을 받아 치아 색조가 다르게 측정될 수 있으므로 중앙 1/3 지점이 가장 적절하다.^{9,11}

이번 실험을 분석한 결과 #11 치아와 #21 치아에서 세 가지 종류의 각각 다른 기기로 색상을 측정했을 때 CM, SE, VE의 $L^*a^*b^*$ 값 각각의 항목에서 모두 유의미한 차이가 존재하는 것으로 밝혀졌다. 하지만 이러한 결과에서 한 가지 놓치지 말아야 할 것은 절대적인 측정값의 차이가 실험 방법 설계상 어느 정도 극대화된 측면이 있을 것이라는 생각이다. 표준으로 삼기 위한 CM과 비교해서 SE와 VE 모두 L^* 값이 높게 나오는 것을 볼 수 있는데 이는 CM이 SE와 VE보다 더 넓은 치아 면적을 측정

한 것과 무관하지 않을 것이다. 오차를 줄여주기 위해 치아의 같은 위치를 측정할 수 있도록 mouthguard를 제작해서 실험을 진행하였지만 CM의 측정 광구가 1mm 더 컸기 때문에 세 가지 기기 모두 똑같은 면적의 색상을 측정할 수는 없었다. 앞에서 언급했듯이 치아 순면에서 절단면 쪽으로 갈수록 투명성이 높아져서 인접 구조물 색상의 영향이 더 커지는데, 그렇다면 CM이 다른 두 기기보다 인접 구조물이나 의복 등의 어두운 색상에 더 큰 영향을 받을 수밖에 없을 것이다¹. 마찬가지로 치경부 쪽으로 갈수록 법랑질 두께가 얇아져서 치근쪽 색상이나 인접 치에서 산란되는 빛으로 인해 색상 측정값이 달라질 수 있다.¹² 이 영향 또한 CM이 다른 두 기기에 비해 불리할 것으로 생각된다. 이렇듯 CM이 SE, VE보다 L^* 값이 낮을 뿐 아니라 a^* 값도 좀 더 높게 나온 것은 넓은 치아 측정 면적과 연관이 있을 것이라 추정할 수 있다. 또한, 치면의 미세한 굴곡에 의한 빛의 소실에도 광구가 더 넓은 CM이 많은 영향을 받았을 것이며 치면에 정확히 맞닿는 것도 다른 두 기기에 비해 CM 기계 자체의 크기가 컸기 때문에 어려웠을 것이다.¹ 이렇듯 실험 방법에서의 차이가 CM, SE, VE 세 가지 기기의 측정값의 차이를 더 심화시켰을 것이라고 추정된다.

세 가지 기기의 측정값의 유의미한 차이에도 불구하고 각 기기의 CIE $L^*a^*b^*$ 값은 유의한 상관관계가 있다는 결론이 나왔다. 더 자세히 들여다 보면 CIE $L^*a^*b^*$ 값 중에 L^* 값은 SE와 CM, SE와 VE, VE와 CM이 유의한 상관관계에 있는 것으로 나왔고, a^* 값은 SE와 CM, SE와 VE, VE와 CM이 유의한 상관관계에 있는 것으로 나타났다. b^* 값은 SE와 CM, CM과 VE가 유의한 상관관계에 있었다. 이는 SE와 VE의 측정값을 보정을 통하여 standard device로 인정받는 CM값을 산출할 수 있다는 가능성을 보여주는 것이어서 의미가 있지만 상관계수를 살폈을 때 모든 항목이 0.073 (b^* 값 CM-VE)에서 0.287 (a^* 값 CM-VE) 사이에 속하는 값으로 아주 높은 상관관계로는 결론 내리기가 어려웠으며 SE와 VE 중 어떤 기기가 더 두드러지게 CM과 높은 상관관계를 가진다고 말할 수는 없었다. 하지만 이러한 CM, SE, VE 세 가지 측정 기기의 상호 연관관계는

추후 연구의 필요성과 가능성을 열어줬다는 의미에서는 충분한 가치가 있다고 평가할 수 있다.

물론 이번 연구의 결과에 영향을 미칠 수 있는 여러 한계점들도 존재한다. 실험을 하는 술자의 기술 부족으로, 또는 치아 순면의 미세한 굴곡으로 인해 측정 기기에서 나오는 빛이 새어 나가서 측정값에 영향을 주었을 수 있다.⁹ 또 피험자 측면에서 피험자가 실험 전 치아를 착색시킬 수 있는 음식, 예를 들어 커피나 콜라, 홍차 등을 먹고 실험에 참여했을 가능성이 있으며 입안 세척을 했어도 음식에 의한 착색 효과가 남아 치아 색상 측정값에 영향을 미쳤을 수 있다.⁵ 그리고 circadian rhythms에 따라 안정 시 타액 분비율에 차이가 있는데 이로 인한 구강 내 수화 정도가 색상 측정에 영향을 주었을 가능성도 생각해볼 수 있다.^{5,13} 기계적 측면에서 색상 평가에 있어 임의 오류와 시스템적 오류가 있을 수 있다는 것은 다른 연구에서 밝혀진 바 있다. 측정 과정에 있어서의 어떤 불확정성은 임의오류와 연관되고, 시스템적 오류는 실험 환경의 조절 정도와 상관없이 fluorescence, metamerism, calibration 등에 의해 기계의 정확성에 부정적인 영향을 줄 수 있으며 이러한 오류는 다루기가 매우 어렵다.⁵

임상적으로 색채계에 비해 분광광도계는 장비가 고가이고 복잡하며, 치아의 색조를 측정하기 어려운 단점이 있어 그 동안 자연치의 색조측정에는 한계가 있었다. 그에 반해 색채계는 사용하기에 편리하며, 비교적 경제적이며 잘 설계된 경우 분광광도계와 유사한 색조 데이터를 더 효율적으로 제시해줄 수 있다. 게다가 이번 연구에서 쓰인 색채계인 SE의 경우 측정 부분이 elastic tip으로 이루어져 있어 관리가 쉬울 뿐 아니라 색조 측정 시 오차 원인이 될 수 있는 edge loss error를 줄여 주어 정확성을 높일 수 있다.¹⁴ 즉, 치아 표면의 굴곡진 부분으로 인해 치아로 들어온 빛이 상당 부분 사라져서 색조 측정을 부정확하게 만들 수 있는 edge loss error를 elastic tip의 특성이 빛의 소실을 방지해 정확성을 높여줄 수 있는 것이다.⁹ 이번 연구에서 구강용 색채계인 SE의 측정 정확성이나 standard인 CM과의 상호 연관성이 뛰어나게 높게 나오지는 않

았지만 구강용 분광광도계인 VE와 비교해 보았을 때 충분히 치아 색상 측정 기기로서 SE의 가치가 있다고 여겨진다. 추후 대규모의 임상 시험을 통해 인종별, 나이별, 성별, 그리고 유치와 영구치에서는 어떤 결과가 나오는지 계속 논의될 필요가 있다.

이번 연구 결과를 통해 표준 분광광도계와 구강용 분광광도계, 구강용 색채계 각각의 측정값을 비교했을 때 측정신뢰성이 보장되고 기기별 상관관계가 있어 측정값의 보정이 가능하므로 구강용 색채계를 임상적으로 사용하는데 있어서 과학적 근거를 제공하는데 도움을 줄 수 있을 것이라 사료된다.

V. 결론

표준 분광광도계, 구강용 분광광도계, 구강용 색채계로 성인 40명의 #11, #21 치아 순면의 색상을 측정하여 각각의 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 비교 분석하였다. 이번 연구의 여러 제약에도 불구하고 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 상악 중절치 순면 중앙 1/3 부위에서 세 가지 종류의 기기로 색상을 측정했을 때 CM, SE, VE의 CIE $L^*a^*b^*$ 값 각각의 항목에서 모두 통계학적인 유의차가 존재하는 것으로 밝혀졌다.
2. b^* 값에서의 SE와 VE의 관계를 제외한 나머지에서 CM, SE, VE 각 기기의 CIE $L^*a^*b^*$ 값은 유의한 상관관계가 있었다.

CM, SE, VE 세 가지 측정 기기의 상호 연관관계는 추후 연구의 필요성과 가능성을 열어 주었다. 이번 연구는 기기별 상관관계가 있어 측정값의 보정이 가능하므로 구강용 색채계를 임상적으로 사용하는데 있어서 과학적 근거를 제공하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S : Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent* 83(4):418-423, 2000.
2. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH : Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 81(8):578-582, 2002.
3. Preston JD : Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int* 16(1):47-58, 1985.
4. Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA Jr, Davis EL : Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent* 98(2):110-119, 2007.
5. Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE : Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 34(8):613-621, 2007.
6. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E : The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 88(6):585-590, 2002.
7. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko A : Fundamentals of color : shade matching and communication in esthetic dentistry. Quintessence publishing, IL, 77-100, 2004.
8. Berns RS, Billmeyer FW Jr, Saltzman M : Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York. 31-105, 2000.
9. Hyun HK, Lee YK, Kim YJ, Kim JW, Jang KT, Kim CC, Hahn SH, Lee SH : Color distribution of maxillary primary incisors in Korean children. *Col Res Appl* 35(2):153-158, 2010.
10. Schwabacher WB, Goodkind RJ : Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 64(4):425-431, 1990.

11. Hasegawa A, Motonomi A, Ikeda I, Kawaguchi S : Color of natural tooth crown in Japanese people. *Col Res Appl* 25(1):43-48, 2000.
12. Hugo B, Witzel T, Klaiber B : Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig* 9(4):244-250, 2005.
13. Russell MD, Gulfraz M, Moss BW : In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *J Oral Rehabil* 27(9):786-792, 2000.
14. Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM : Optimization of tooth color and shade guide design. *J Prosthodont* 16(4):269-276, 2007.

Abstract

Comparison of in vivo
colorimetric and
spectrophotometric tooth color
analysis

HyunJoo Kang

Department of Dentistry

The Graduate School

Seoul National University

The aim of this study was to compare the performance of tooth shade-determining devices, oral colorimeter ShadeEye NCC (SE), oral spectrophotometer Vitashade Easyshade Compact (VE), and standard spectrophotometer CM-700d (CM) on maxillary central incisors. The subjects were 40 Korean adults with total number of 80 teeth. Individual maxillary mouthguards were used to determine the color of

maxillary central incisors at labial central area. The CIE L^* , a^* , b^* values were measured with three devices and results were analyzed.

The mean value (SD) of L^* , a^* and b^* measured with SE was 72.77 (2.98), -0.33 (0.70), and 12.88 (6.08), respectively. The mean value (SD) of L^* , a^* and b^* measured with VE was 81.19 (4.35), -0.87(0.81), 16.86 (6.45) and that measured with CM was 64.88 (5.07), 0.73 (0.71), and 10.12 (2.54), respectively.

Within the limitation of this study, the following results were drawn. There were differences among the value of L^* , a^* and b^* measured with SE, VE, and CM ($P<0.05$), while there were significant relationships between them although the correlation coefficients were not high (L^* : SE-CM ($r=0.187$, $P<0.0001$); SE-VE ($r=0.265$, $P<0.0001$); VE-CM ($r=0.125$, $P=0.001$), a^* : SE-CM ($r=0.157$, $P<0.0001$); SE-VE ($r=0.252$, $P<0.0001$); VE-CM ($r=0.287$, $P<0.0001$), b^* : SE-CM ($r=0.091$, $P=0.007$), CM-VE ($r=0.073$, $P=0.015$)).

The results of this study could be useful for the effective tooth color shade analysis with shade-determining devices. It would be clinically advantageous to make a selection of shade-determining devices closed matched to the color value of natural tooth with standard spectrophotometer.

Keywords : colorimeter, spectrophotometer, tooth, shade, CIE L^* , a^* , b^*

Student Number : 2009-22654