

Casmatch를 이용한 새로운 색상보정법의 색상 재현성에 관한 연구

단국대학교 치과대학 보존학교실

신기성 · 조경모 · 조용범 · 신동훈

ABSTRACT

COLOR REPRODUCIBILITY OF THE NEW COLOR ANALYZING TECHNIQUE USING A CORRECTION PAPER, CASMATCH

Ki-Sung Shin, Kyoung-Mo Cho, Yong-Bum Cho, Dong-Hoon Shin

Department of Conservative Dentistry Graduate School Dankook University

Use of the digital camera as a color measuring device was proposed. Digital camera can save, adjust and transmit image using computer. But it has great disadvantage that color of image possibly altered by environment of image capturing state, so the color reproducibility of digital camera can severely damage. Casmatch, the supplement for color correction, was proposed for enhance the color reproducibility of digital camera. Thus for study the efficacy of the Casmatch in enhancing the color reproducibility of digital camera, image of 78area in 39teeth was captured three times during two days and color reproducibility was evaluated and analyzed in terms of the use of Casmatch, teeth positions, and area within the tooth and comparatively analyzed.

Results were as follow :

1. ΔE the color reproducibility of digital camera was 6.90 ± 3.27 in same day and 7.43 ± 3.94 in different day, and the color reproducibility when using Casmatch correction was 6.21 ± 3.86 , 7.59 ± 4.48 , there is no enhancement in using Casmatch correction.
2. There is no difference in color reproducibility between teeth, but color reproducibility of the middle third was greater ($p < 0.05$) than the gingival third before color correction using Casmatch.

I. 서 론

치아를 수복하는 경우 정상 자연치와 동일한 형태, 배열, 대칭성, 기능, 색상을 재현하여야 하며 그 중 색상은 과거로부터 치의학 분야에서 가장 재현하기 어려운 요소로 알려져 왔다. 색상인지는 광원에서 빛이 나와 사물에 조사되고 반사되어 눈을 통해 시신경에 자극을 주게 되면 대뇌에서 색으로 인식되어 지는 여러 단계를 거쳐 인지되며 이때 각 단계별로 많은 변수가 작용하여 동일한 색상일지라도 다르게 느껴질 수 있다.

예를 들면 사물에 조사되는 광원의 종류와 밝기 및 방향, 사물의 표면 질감, 사물마다 가지는 빛의 투과 정도, 색상을 인식하는 관찰자의 주관적인 경험 및 인지능력 등이 색상을 이해하고 구분하고 표현하는데 관여하게 된다. 이렇듯 색이란 매우 주관적으로 인식되고 표현되는 객관적인 현상이다.

이런 복잡한 색을 표현하는 방법으로 Munsell system, RGB 표색계가 사용되어 왔으며 현재는 보다 과학적으로 표준화된 C.I.E L*a*b*이라는 색채계가 많이 사용되고 있다. 이 방법은 1931년 국제조명 기구인 C.I.E (Commission Internationale d'Éclairage)에서 인간의 색상 지각을 기초로 하여 색상 모형을 개발한 것으로 1976년 기존 모형을 변형시켜 L*, a*, b*라는 값으로 색상을 정의하고 있다. L*은 색의 밝기, a*의 (+)는 적색, (-)는 녹색, b*의 (+)는 황색, (-)는 청색의 정도를 나타낸다.

치아색을 측정하는 방법에는 여러 가지가 있는데 그중 가장 간단한 방법으로 기준색상과 비교하고자 하는 사물의 색상을 비교하여 색상을 가늠하는 비색법이 있다. 이는 육안으로 표준 색상과 비교하여 판정하는 방법으로 간편하지만 표준 색상 자체의 범위 제한이 있고 색상의 배열 또한 일정한 과학적인 체계를 바탕으로 동일한 비율로 제작되어 있지 못한 단점을 가지고 있다.

그 외 색상을 측정하는 방법으로 색채계 (Colorimeter), 분광광도계 (Spectrophotometer) 등의 기계를 이용할 수 있다. 색채계는 표준광원을 사물에 조사하여 반사된 빛을 적색, 녹색, 청색의 필터를 통해 분석하는 기계이며 분광광도계는 마찬가지로 반사된 빛의 spectral power distribution을

측정하여 색상을 분석하는 방법으로 두 기계 모두 CIE L*a*b*값을 이용하여 색상을 표현하며 비색법에 비해 정확하고 과학적인 색상 분석이 가능하다. 이에 Lenhard¹⁾는 Colorimeter를 사용하여 10% carbamide peroxide를 이용하여 표백 하는 동안의 치아 색상 변화를 측정하였으며 Nakamura 등²⁾은 생활치 표백술 전, 후의 색상 변화를 small-area colorimeter를 이용, 관찰하여 표백 후 L*값이 증가하고 a*값은 변화가 거의 없으며 b*값이 감소하는 것을 보고하였다. 또한 Bosch 등³⁾은 분광광도계를 이용하여 자연치의 색상 및 색상 산란을 102개 치아에서 측정하였으며 Goodkind 등⁴⁾도 발거한 100개 치아의 색상을 분광광도계를 이용하여 분석한 바 있다. 그러나 이런 색상측정 기기 들은 색상의 분석은 가능 하나 그 색상을 가시적으로 보여줄 수 없으며 색상이 수치로 표현되어 임상에서 기공실과의 정보교환을 하는 방법으로 이용하기에는 한계가 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해 최근 제안된 디지털 카메라의 이용은, 영상을 저장하여 컴퓨터에서 색상 분석이 가능하고 다시 그 영상을 전송하거나 인쇄하여 정보교환이 용이하다는 장점을 가지고 있고 색상뿐만이 아닌 사물의 형태 또한 기록이 가능하다는 장점 또한 가지고 있으며 이 등⁵⁾은 이러한 디지털 카메라를 이용하여 자연치의 색상을 분석하여 다른 기기를 이용한 방법과 유사한 결과를 얻은 바 있다. 그러나 디지털 카메라는 사물에 근접하여 색상을 측정하는 기기가 아닌 사물과 어느 정도 떨어져 영상을 채득해야 하는 기기이므로 채득된 영상이 주변 조명에 심한 영향을 받아 색상의 정확한 재현에 문제가 있다.

이러한 색상 재현에 있어서의 문제점을 개선하기 위한 방법으로 컴퓨터 프로그램 상에서 채득된 영상의 색상을 보정 할 수 있도록 색상 보정용의 기준색상이 인쇄된 스티커인 Casmatch(協和時計工業株式會社, Japan, Fig. 1)를 이용하는 방법이 제안되었다. Casmatch는 9가지 색상이 인쇄되어 있는 가로, 세로 1cm 크기의 종이로 만들어진 스티커로 영상을 채득 할 때 Casmatch를 촬영하고자 하는 부위 주변에 놓은 후 영상을 채득하고 이를 image retouching program인 Adobe Photoshop에서 level조정 tool을 이용하여 색상을 조정하면 흑색, 회

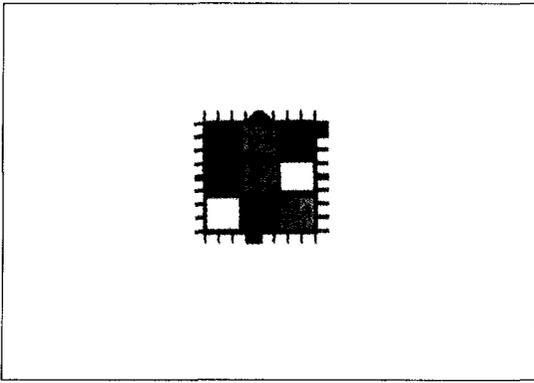


Fig. 1. 연구에 사용된 Casmatch

색, 백색에 대한 색 보정을 할 수 있다.

이에 저자는 현재 임상에서 사용이 시도되고 있는 디지털 카메라의 효용성 및 색 보정 보조 기구인 Casmatch의 사용 유무가 디지털 카메라의 색상 재현성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

II. 연구대상 및 연구방법

1. 연구대상

변색, 반점, 수복물이 없는 치아를 가진 9명의 20대 남녀와 Degree 2 정도의 테트라사이클린에 의한 변색을 가진 20대 여자 1명을 대상으로 하였다. 각 대상자의 상악 우측 중절치, 측절치, 견치를 대상치아로 하여 각 치아를 치경부와 중앙부로 나누어 색상을 비교 하였고 변색치아의 경우 상하좌우의 중절치, 측절치, 견치를 대상 치아로 하여 총 39

개 치아, 78부위의 색상을 측정, 비교 하였다.

2. 연구방법

1) 디지털 카메라를 이용한 영상 채득

치아를 pumice로 세마한 뒤 가벼운 바람으로 건조시키고 치아를 다물게 한 후 상악 우측 측절치의 절단부를 향하여 Casmatch에 인쇄된 화살표가 오도록 색상보정용의 Casmatch 스티커를 하악 치아에 부착 시켰다. 그 후 접사렌즈를 부착시킨 Kodak DC40 디지털 카메라(Kodak, USA)를 이용하여 초점 거리인 13cm거리에서 상악 측절치가 카메라의 중앙에 오도록 하여 각기 약간씩 다른 각도에서 6장의 영상을 채득하였다.(Fig. 2, 3)

2) 영상채득시점

디지털 카메라의 색상재현성을 각기 다른 영상 채득 시점간에 비교하기 위하여 영상을 채득한 첫날 오전 10시경, 첫날 오후 5시경, 다음날 오전 10시경 등 이틀에 걸쳐 3회 촬영하였다.

3) 채득된 영상의 저장

디지털 카메라를 컴퓨터에 연결시킨 후 image retouching program인 Adobe Photoshop 4.0을 이용하여 Casmatch를 처리하지 않은 영상으로 저장하였다. 채득된 영상 중 색상 측정에 방해가 될 수 있는 빛의 반사가 가장 적은 영상을 선택하여 Adobe Photoshop 4.0내의 level조정 tool을 이용하여 흑색, 회색, 백색의 순서로 색상을 보정하고 이

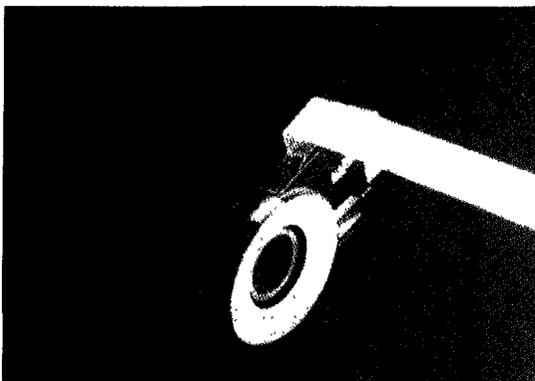


Fig. 2. 연구에 사용된 Digital camera



Fig. 3. Digital camera를 이용하여 화상을 채득하는 모습

영상을 Casmatch를 처리한 영상으로 분류하여 저장하였다.

4) 색상의 측정

저장된 영상을 다시 색상 측정 프로그램인 Human eye 1.0(PSI Co., Korea) 에서 부른 뒤 각 치아를 아홉 부분으로 나누어 가상선을 설정하고 좌, 우측으로 가운데 부분 중에서 치경부와 중앙부의 색상을 측정하였다. 중앙부와 치경부를 각기 Z자 형태로 움직이며 중앙부와 치경부 각각 5부위의 색상을 측정하였고 한 부위의 크기는 3×3 pixel 크기로 고정하였으며 색상은 9 pixel의 평균이 나타나도록 하였다. 5회 측정된 색상의 평균을 중앙부와 치경부 각 부위의 색상으로 정하였으며 이러한 색상 측정을 Casmatch보정 전, 후의 모든 치아에서 치경부와 중앙부를 분리하여 시행하였다.

5) 재현성의 산출

CIE L*a*b* 색 좌표 공간 내에서 두 지점 사이의 거리이며 두 색상 사이의 차이를 의미하는 ΔE를 산출했다. Casmatch 보정전, 후의 첫날 오전과 첫날 오후사이의 ΔE, 첫날 오전과 다음날 오전사이의 ΔE를 산출해 냈으며 산출하는 공식은

$$[(L^*1-L^*2)^2+(a^*1-a^*2)^2+(b^*1-a^*2)^2]^{1/2} \text{ 이다.}$$

6) 통계처리

Casmatch 보정 전후의 색상 재현성, 치아별 색상 재현성, 치아내 부위별 색상 재현성에 대하여 Multiple ANOVA test를 시행하였고 각 군간의 유의성 검증은 Newman-Keuls test를 시행하였다.

III. 연구결과

1. 각 치아의 부위별 촬영 시점에 따른 색상 재현성

각 치아의 부위별 촬영 시점에 따른 디지털 카메라의 색상 재현성에 대한 평균 및 표준편차는 Table 1과 같으며 최소 5.34에서 최고 9.18의 ΔE 값을 나타내었다.

2. Casmatch 보정 전, 후의 색상 재현성

Table 2는 Casmatch 보정 전, 후의 색상 재현성의 평균 및 표준편차이며 Table 3은 이에 대한 Newman-Keuls test결과로 Casmatch 보정후의 색상 재현성이 좋았으나 통계적 유의성은 없었다.

Table 1. 각 치아의 부위별 색상 재현성의 평균 및 표준편차 (ΔE, (표준편차))

		Casmatch 보정전		Casmatch 보정후	
		같은날	다른날	같은날	다른날
중절치	치경부	7.73 (3.64)	9.18 (5.06)	6.39 (2.33)	8.77 (5.73)
	중앙부	7.38 (3.03)	6.96 (3.50)	5.70 (3.66)	7.04 (4.76)
측절치	치경부	7.47 (3.39)	8.69 (3.97)	6.31 (3.93)	8.57 (4.27)
	중앙부	5.94 (2.62)	5.88 (2.56)	5.77 (5.13)	6.67 (5.10)
전 치	치경부	7.53 (4.12)	8.00 (4.52)	6.86 (4.80)	7.49 (3.62)
	중앙부	5.34 (2.36)	5.87 (2.82)	6.21 (3.29)	6.97 (3.43)

Table 2. Casmatch 보정 전, 후의 색상 재현성의 평균 및 표준편차(ΔE)

	평균	표준편차
Casmatch 보정전	7.16	3.62
Casmatch 보정후	6.90	4.22

3. 치아별 색상재현성

Table 4는 치아별 색상재현성의 평균 및 표준편차이며 Table 5는 이에 대한 Newman-Keuls test 결과로 치아간에는 색상재현성에 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4. 치아별 색상재현성의 평균 및 표준편차(ΔE)

		평균	표준편차
Casmatch 보정전	중 절 치	7.81	3.86
	측 절 치	6.99	3.31
	견 치	6.68	3.64
Casmatch 보정후	중 절 치	6.98	4.34
	측 절 치	6.83	4.62
	견 치	6.88	3.75

Table 5. 치아별 색상재현성에 대한 Newman-Keuls test결과

		Casmatch 보정전			Casmatch 보정후		
		중절치	측절치	견 치	중절치	측절치	견 치
Casmatch 보정전	중절치		0.31	0.68	0.52	0.70	0.62
	측절치	0.31		0.99	0.94	0.99	0.98
	견 치	0.68	0.99		0.98	0.85	0.96
Casmatch 보정후	중절치	0.52	0.94	0.98		0.98	0.90
	측절치	0.70	0.99	0.85	0.98		0.95
	견 치	0.62	0.98	0.96	0.90	0.95	

Table 6. 치아내 부위별 색상 재현성의 평균 및 표준편차(ΔE)

		평균	표준편차
Casmatch 보정전	치경부	8.10	4.07
	중양부	6.23	2.84
Casmatch 보정후	치경부	7.40	4.22
	중양부	6.39	4.19

Table 3. Casmatch 보정 전, 후의 색상 재현성에 대한 Newman-Keuls test 결과

	Casmatch 보정전	Casmatch 보정후
Casmatch 보정전		0.53
Casmatch 보정후	0.53	

4. 치아내 부위별 색상 재현성

Table 6은 치아내 부위별 색상 재현성의 평균 및 표준편차이며 표 7은 이에 대한 Newman-Keuls test결과로 Casmatch 보정전에는 치경부에 비해 중앙부위의 색상 재현성이 우수한 것으로 나타났으나 Casmatch 보정후에는 치경부와 중앙부 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 7. 치아내 부위별 색상 재현성에 대한 Newman-Keuls test결과

		Casmatch 보정전		Casmatch 보정후	
		치경부	중양부	치경부	중양부
Casmatch 보정전	치경부		0.02	0.26	0.02
	중양부	0.02		0.16	0.82
Casmatch 보정후	치경부	0.26	0.16		0.11
	중양부	0.02	0.82	0.11	

IV. 총괄 및 고안

심미성 치료를 하는 경우 궁극적인 목표는 치아의 비심미적 요소를 제거한 후 치아를 다시 자연스러운 정상의 심미적 상태로 만드는 것이라 볼 수 있다. 이 때, 자연스러운 심미성 수복물은 수복된 치아의 배열, 형태, 대칭성, 균형성, 표면의 결, 투과성 및 색상과 같은 다양한 면이 일반적인 정상 치아와 동일하게 차이 없이 형성되어야 할 것이다⁶⁾. 치의학 분야에서 이를 위한 노력은 자연치를 분석하는 것으로부터 시작하여 끊임없이 이루어져 치과 교정학과 수복학 분야에서는 놀랄만한 업적들이 달성되었다. 자연치의 형태, 배열은 더 이상 치의학 분야에서 재현하기 어려운 요소가 아니나 치아의 색상은 아직도 수복학 분야에서 가장 큰 난점으로 남아있으며 그 중요성 또한 과할 수 없다. 수복학 분야에서 특히 심미성 수복을 요하는 부분에서 치아의 색상은 심미성을 결정하는 가장 큰 요소이고⁷⁾ 빛의 물리적인 면과 생리적인 면, 그리고 색에 대한 지각과 표현, 색상을 선택하는 기술을 완전히 이해할 때 성공적인 심미성 수복을 이룰 수 있으며⁸⁾ 심미성이 특히 요구되는 수복 치의학에서 치과의사는 형태, 대칭성, 비례, 위치, 배열, 표면질감, 색상을 완전히 이해하는 예술가이자 과학자가 되어야 한다⁹⁾.

색상인지는 주관적으로 인식되어지고 표현되는 현상으로 색상을 평가할 때 광원, 물체의 크기, 배경색, 관찰방향 등의 인자¹⁰⁾들에 의해 동일 색상 일지라도 다르게 느껴질 수 있으며 같은 색상이라도 표현 및 전달하는데 있어 언어만으로는 정확하고 자세한 전달이 불가능하다. 물체의 색이란 주어진 광원이 물체에 조사될 때 반사, 투과, 산란, 흡수되어 다시 관찰하는 사람의 눈이나 기계의 감각기에 반사되면서 느껴지고 측정되는 것으로¹¹⁾ 상기한 여

러 인자에 의해 영향을 받게 된다.

변수로서 작용하는 여러 다양한 인자중 광원은 그 종류에 따라 색온도가 다르며 이것으로 인해 다른 색감을 유발하게 되는데 예를 들면 촛불은 1,000°K, 평균적인 태양광은 5,000°K, 매우 맑은날의 태양광은 10,000°K의 색온도를 가지게 되어 색상에 영향을 미치게 된다⁵⁾. 이에 광원에 의한 문제를 해결하고 색상 측정시에 기준이 되는 환경을 공통적으로 설정할 수 있도록 CIE는 4가지의 표준광원을 정하였는데 A는 백열등(2,854°K), B는 오후의 태양광(2,870°K), C는 맑은날의 평균적 태양광(6,770°K), D는 평균적인 태양광(6,500°K)을 의미한다¹²⁾.

또한 사물의 표면질감에 따라 다른 색감이 나타날 수 있는데 특히 치이는 형태학적으로 맹출 초기에 가지고 있는 여러 구조물인 발육구나 법랑질릉 등이 연령증가에 의해 소실 또는 마모가 일어나며 동일 치아이면서도 다른 색상을 띠 수 있다.

색을 관찰하는 사람의 지각 능력 또한 색상의 측정, 평가에 영향을 미치는데 Wasson과 Schman¹³⁾의 연구에 의하면, 여자과 남자간에 색 지각 정도 위 차이가 있으며 이것이 나이와는 무관하다는 것을 보고한 바 있다. 색 지각은 사람 신체의 이상 즉, 시력이나 색맹과 같은 요인 이외에도 측정자가 색상을 측정 할 때의 심리적 상황, 색상 지각에 대한 훈련, 성장 동안의 주변환경에 의해서도 영향을 받을 수 있다.

이렇듯 여러 요인에 의해 변화가 많은 색에 대해 표준화를 하기 위한 노력이 고대의 아리스토텔레스로부터 이루어져 왔다. 과거부터 사용되어진 색체계는 대부분 주관적으로 색을 구성하는 요소를 정하고 각 구성 색의 밝기를 이용하여 색을 구분하였다. 17세기에 Franciscus Aguilonius는 백색, 황색, 적색, 청색, 흑색을 이용하여 자신의 색체계

를 만들었고 Athanasius Kircher는 부호를 이용하여 Aguilonius와 유사한 방법의 색표현과 분광 스펙트럼형식의 적색, 주황색, 황색, 녹색, 청색을 바탕으로 한 두 가지 방식의 색체계를 제시하였다. 이 색체계에서는 아직까지 자주색이 빠져 있어 환상형의 색상환을 생각해내지 못하였다. Isaac Newton은 이러한 분광 스펙트럼에 자주색을 추가하여 스펙트럼의 끝이 만나는 색상환을 만날 수 있었다. 이렇게 함으로써 물리적인 근거를 가지며 각각의 보색을 가지는 색체계가 만들어 지게 되었다¹⁴⁾. 근대에 와서 가장 체계적으로 색상체계를 확립하고 아직까지도 사용이 많이 되고 있는 것으로 Munsell 색체계(Munsell color order system)을 들 수 있다. 이는 Munsell에 의해 1905년에 발표된 것으로 색을 색상, 명도, 채도를 이용하여 표현한 색 표현법으로 색상은 서로 다른 여러 색 중에서 한 가지 색을 구별할 수 있게 해주는 성질로 Munsell의 색상환에서는 각각의 색상의 첫글자를 따 R은 빨강, YR은 노랑-빨강, Y는 노랑으로 표현하며 이것을 바퀴 모양으로 배열하였다. 명도는 밝음의 정도를 나타내는 것으로 검은색을 "0", 흰색을 "10"으로 표현 하였다. 채도는 색의 진함을 의미하며 이것은 색상의 강함의 정도로 1 부터 10의 숫자로 표현 하였다. Ibusuki¹⁵⁾는 이러한 Munsell color order system 이용하여 각 부위별 정상 치은의 색상을 standard color chip을 이용한 visual color matching법을 이용하여 측정, 표현 하였다.

또한 많이 사용되는 색체계는 RGB system이 있는데 이는 빛의 가산혼합 원리를 바탕으로 색상을 표현하는 방법으로 빛의 삼원색을 바탕으로 각 색을 256단계의 명도값으로 나누어 삼원색의 혼합으로 색상을 표현한다.

최근 널리 이용되어 지고 있는 CIELAB system은 1931년 C.I.E (Commission Internationale d' Eclairage)가 개발한 것을 1976년 보다 발전시켜 L*a*b*라는 color space로 색상을 수치화한 것으로 치의학 분야에서 뿐만이 아니라 산업 분야에서도 널리 이용되어 지고 있다. L*은 밝기의 정도를 0에서 100까지 나누어 표시한 명도이며, 색상과 채도를 나타내는 a*는 녹색-적색, b*는 청색-황색의 정도를 의미하는 것으로 a*의 (+)는 적색, (-)는 녹색, b*의 (+)는 황색, (-)는 청색의 강한 정도를

보이게 되며 이러한 색상 표현 방법은 삼차원 좌표계에서의 상호관계를 사람의 색감각에 가까운 균등지각 색공간으로 나타낼 수 있다¹⁶⁾. Macentee와 Lakowsky¹⁷⁾는 이처럼 복잡한 색을 측정하는 방법으로 관찰자의 시각에 의존하여 결정되는 정성적인 분석방법과 기계를 이용한 정량적인 분석방법이 있다고 하였다.

치의학 분야에서 관찰자의 시각을 이용한 색상 측정법으로는 색도표준(Shade guide)를 이용한 비색법^{18,19,20)}이 가장 널리 사용되어 지고 있다. 이러한 색도표준은 모든 색상관찰자가 색도표준을 공유한다면 색상의 표준화가 가능할 것으로 보이나 실상 여러 문제점을 가지고 있다. 색도표준 자체의 색상이 다양하지 못하고 비논리적으로 배열되어 있으며 그 범위 또한 제한되어 있고 실제 수복물과는 다른 재질에 다른 두께로 제작되어 있다는 문제점이 있다^{21,22,23,24)}. 또한 색도표준을 이용하여 색상을 측정하는 경우 치아의 형태, 질감, 표면의 청결 여부, 환자의 식습관, 비쳐지는 광원 등의 요인에 따른 색상의 변화와 술자간 또는 술자내부에 있어서의 인식 차이에 의해 일관성이 없이 매우 주관적으로 결과가 나올 수 있다^{25,26)}. 그러므로 치아의 색상 측정시 이런 결점을 해결해 줄 수 있는 보다 정량적이며 객관적이고 일관성을 가지는 측정방법이 요구되어 진다²⁷⁾.

그에따라 3자극 색체계(Tristimulus Colorimeter)와 분광광도계(Spectro-photometer)와 같은 보다 과학적인 기계를 이용한 방법이 색상 분석에 이용되어지고 있다. 이 중 색체계는 사물에 C.I.E에서 규정한 표준광원을 조사시켜 반사된 빛을 3개의 적색, 녹색, 청색 여과기를 통과시켜 적색, 녹색, 청색의 RGB value로 분석하기 때문에 육안 측정과 유사한 결과를 얻을 수 있고 장비가 작아 이동과 측정이 용이하며 비교적 경제적이라는 장점을 가지고 있지만 측정치의 보상이 필요하다는 문제를 안고 있다.

Lenhard²⁸⁾는 색체계를 이용하여 표백 동안의 치아 색상 변화를 측정하였으며 Millstein 등²⁹⁾은 Hunter LAB colorimeter를 이용한 denture base materials과 denture tooth acrylics에 대한 연구를 하였으며 Nakamura 등²⁾은 생활치표백술(Vital bleaching) 전, 후의 색상 변화를 small-area col-

orimeter를 이용하여 관찰하여 L^* 값이 증가하고 a^* 값은 변화가 거의 없으며 b^* 값이 감소 하는 것을 보였음을 보고하였다. Nathoo 등³⁰⁾, Rustogi와 Curtis는³¹⁾ 또한 색채계를 이용하여 생활치표백술 동안의 색상 변화를 관찰하였으며 Seghi 등³²⁾은 photo-electric tristimulus colorimeter를 이용하여 광중합 레진의 중합 전후의 색을 비교하였으며 결과 황색의 감소, 청색의 증가를 보고 하였다. 한편 Bolt 등³³⁾은 작은 측정부를 이용하는 색채계를 이용하여 색상을 측정하는 경우 실제 색상에 비해 약간 녹색과 청색으로 측정된다고 하였으며 Douglas³⁴⁾는 tristimulus photoelectric colorimeter를 구강내에 위치시키는 기구의 재현성을 조사하고자 7명의 상악 중절치를 이용하여 3일에 걸쳐 조사자간, 조사자내의 유의성을 검사한 결과 높은 유의성이 나타나 맞춤형을 이용하여 색상 측정기기를 이용해 색상을 측정하는 것은 지속적인 색상 변화를 관찰하는데 유용하다고 하였다.

한편 분광광도계는 전범위의 가시영역 파장에 걸쳐 파장에 따른 분광반사율, 분광투과율을 측정하여 color coordinance의 절대치를 얻을 수 있는 보다 과학적인 기계로서 조건동색(Metamerism)을 검증할 수 있는 잇점이 있다. Miller³⁵⁾는 자연치의 색공간에 대한 분광분석적인 연구를 함으로써 우수한 색상을 가지는 수복물을 만드는 기초가 된다고 하였으며 Ten Bosch 등³⁶⁾은 분광광도계를 이용하여 102개 자연치의 색상 및 색상산란을 분석한바 있고 조 등³⁷⁾도 구내용으로 개량한 분광광도계를 이용하여 자연치의 색상을 분석한바 있다.

O'Brien 등³⁸⁾은 분광광도계가 color coordinance의 절대치를 얻을 수 있는 가장 정확한 기기라고 하였으며 분광광도계를 이용하여 자연치의 색상을 비교 분석한 바 있다. 그러나 분광광도계는 기기가 대형이고 값이 매우 비싸다는 단점이 있고 색상이 수치로 표현되므로 쉽게 이해하기 어렵다는 문제가 있다. 또한 측정부의 크기나 모양이 임상에 있어 치아에 적용하기에는 어려운 문제가 있다.

또한 이러한 색상 측정기기의 문제점은 색상이 수치로 표현되므로 일반적으로 색을 빨강, 파랑으로 말하는 것보다 쉽게 느낄 수 없으며 색상을 정확히 측정하였다 하더라도 그것을 다시 기공실에서 도재나 복합레진을 이용하여 재현할 수 없다는

것이다. 최근 개인용 컴퓨터의 보편화와 통신체계의 확산, 그리고 컴퓨터 관련 치과용 기기의 발전으로 구강용 CCD 카메라, Radiovisigraphy등의 사용이 급증하며 치의학 분야에서 관련 정보의 저장 및 송신, 정보교환이 컴퓨터를 통해 널리 이루어지고 있다³⁹⁾. 이러한 견지에서 임상관련의 정보 저장과 정보교환이 가능한 디지털 카메라의 사용이 제안되고 있다⁴⁰⁾. 디지털 카메라는 기기간에 차이는 있지만 색채계, 분광광도계등의 색상측정 기기에 비하여 가격이 저렴하고 채득한 영상을 저장하여 컴퓨터에서 색상 측정이 가능하며 색상이외에도 형태, 배열에 관한 정보가 동시에 수록되고 그러한 정보를 가시적으로 치료 전, 후에 비교가 가능하며 영상을 통신상에서 교환할 수 있고 일반 촬영용으로도 사용할 수 있는 여러 장점을 가지고 있어 임상에서의 사용이 용이하다.

본 연구에서 사용한 Kodak DC-40은 35만 화소(756×504)를 가진 CCD array를 채택한 디지털 카메라로 24bit의 색을 표현 할 수 있다. 촬영속도는 flash를 사용할 경우 매 8초마다, flash를 사용하지 않은 경우 매 5초마다 1장씩 촬영할 수 있으며 4MB의 메모리를 가지고 있어 48장까지 저장할 수 있다. 또한 접사 촬영을 위하여 13cm의 초점거리를 가지는 접사렌즈(Macro scan Lens MS-100, Raynox, Japan)를 부착하였으며 flash는 자체 내장된 것을 사용하였으나 접사촬영을 위해 Ring flash converter(Kaidan CFK-1, USA)를 부착하였다. 색채계와 분광광도계는 일반적으로 색상을 측정하고자 하는 사물에 근접하여 색상을 측정하지만 디지털 카메라는 어느 정도 사물과 거리를 두고 촬영을 하게 되므로 일반적인 사진 촬영을 할 때와 마찬가지로 촬영 할 때의 환경 즉, 조사되는 광원의 종류 및 강도에 따라 촬영되는 화상의 색상은 크게 변화한다. 이러한 현상은 색상을 연구하는 경우 크게 어려움을 느끼게 한다. 이러한 광원에 의한 색상의 변질을 막기 위한 방법으로 최근 디지털 카메라로 채득된 영상에서 색상을 보정하기 위해 Casmatch라는 보조 기구를 사용하는 방법이 제안되었다.

Casmatch는 의학분야에서 색소가 침착 된 피부 병소에 치료를 시행하고 그 결과를 평가하고자 할 때 측정된 색상의 보정용으로 사용이 시도 된 것

으로 가로, 세로 1cm 크기의 종이에 9구획으로 나누어진 9가지 색상이 인쇄된 스티커로 이를 병소 부위와 같이 촬영한 후 컴퓨터 상에서 색상을 보정 하는데 이용한다. 본 연구에서도 색상을 측정하고자 하는 부위 바로 하방에 Casmatch를 부착하고 디지털 카메라로 그 부위를 촬영한 후 컴퓨터 상에서 색상을 보정 하였다. 색상의 보정은 image retouching program인 Adobe Photoshop 4.0을 이용하였으며 이를 사용하는 방법은 Adobe Photoshop의 메뉴 중 image를 선택하고 adjust를 선택하면 level조정 tool이 선택되며 이곳에서 영상의 가장 어두운 부분, 중간 어두운 부분, 가장 밝은 부분을 지정하여 영상의 색상을 조정하게 된다.

본 연구에서는 이러한 Casmatch 보정법을 이용하는 경우 디지털 카메라의 색상 재현성이 증가하는가를 알아보기 위해 이틀간 3회에 걸쳐 동일 치아에 대해 영상을 채득하고 그 재현성을 ΔE 라는 값으로 표현하였다. ΔE 는 CIE 색공간 내에서 두 지점 사이의 직선거리를 나타내는 것으로 $[(L^*1-L^*2)^2+(a^*1-a^*2)^2+(b^*1-a^*2)^2]^{1/2}$ 의 공식을 이용하여 산출하며 두 색의 차이를 수치적으로 보여준다. 이러한 ΔE 에 대해 Gross등³⁹⁾은 ΔE 값이 0에서 2이면 색 차이를 육안으로 인지할 수 없으나 2에서 3인 경우에는 미약하게 인지할 수 있고 3에서 8정도이면 인지할 수 있고 8이상이면 현저하게 인지할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 이러한 ΔE 값을 산출하기 위하여 각 부위의 정확한 색상을 측정하고자 각 부위의 5부분에서 색상을 측정하였으며 각 부분의 색상 측정 또한 9개의 pixel에 포함된 색상의 평균을 산출할 수 있는 program인 Human Eye program을 이용하였다.

연구결과 디지털 카메라의 Casmatch 보정전의 재현성은 평균 7.16의 ΔE 값을 보여 매 촬영 때마다 다른 색상으로 촬영됨을 보였다. 그러나 Casmatch 보정후에도 평균 6.90의 ΔE 값을 보여 보정전 보다는 좋은 재현성을 보였으나 통계적으로 유의하게 차이가 있지는 못하였다. Photoshop program내에서 이러한 Level 조정을 하는 경우 그 변화가 영상의 명도와 대비 부분에서 일어나며 영상의 한 부분을 지정하여 그 부분의 색상을 기준으로 색상을 보정하기 때문에 모니터에서 가장 어두운 부분이라고 생각되어지는 부분 즉 본 연구에

서는 Casmatch의 흑색 부분을 지정하더라도 그 부분을 확대하여 보는 경우 그 부분은 결국 하나의 pixel이며 그 pixel이 가장 어두운 부분일 가능성이 떨어지기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 사료된다. 차후 이러한 문제점은 보다 해상력이 우수한 디지털 카메라의 사용과 일정 부분의 색상의 평균을 산출하여 그것을 기준으로 색상을 보정 할 수 있고 명도와 대비뿐만이 아닌 고유의 색상과 채도 또한 보정이 가능한 프로그램을 개발하여 해결해야 할 것으로 사료된다.

치아별 색상 재현성에서는 치아간에 유의한 차이가 보이지 않았는데 이것은 디지털 카메라의 중앙을 측절치에 놓고 촬영을 하였으므로 중앙에서 벗어난 다른 부위의 색상 재현성에 차이가 있는가를 본 것으로 차이를 보이지 않아 디지털 카메라의 가시영역 전 부분에서 유사한 조건의 촬영이 이루어짐을 알 수 있으며 Casmatch를 사용하더라도 전 영역에서 동일한 색상 변화가 일어남을 유추 할 수 있다.

치아내 부위별 색상 재현성에서 보정전에는 중앙부의 색상 재현성이 높은 것으로 나타났는데 이는 중앙부가 치경부에 비해 보다 평면이므로 광선의 산란이나 반사가 비교적 치경부에 비해 균일하게 일어나 재현성이 높게 나타난 것으로 유추 할 수 있으나 보정후에는 이러한 결과가 다르게 나타났으므로 과연 이러한 결과가 발생한 이유가 실제로 부위에 따른 곡면의 차이 때문인지 Casmatch 보정의 부정확성 때문인지는 앞으로 더욱 많은 연구가 필요 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

치아를 수복하는 경우 수복물의 자연성과 심미성에 가장 크게 영향을 미치는 색상을 측정하는 기구의 하나로 디지털 카메라의 사용이 제안되고 있다. 디지털 카메라는 다른 색상 측정 기기에 비해 저렴하고 영상을 저장, 변형, 송신 할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 주변환경에 의한 색상의 재현성의 차이가 심하다. 본 연구에서는 이러한 디지털 카메라의 단점을 개선하기 위해 고안된 색상 보정 기구인 Casmatch를 이용해 자연치의 색상을 측정하여 디지털 카메라의 색상 재현성을 연구한 결

과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 디지털 카메라를 사용한 색상 측정법의 ΔE가 같은날 6.90±3.27, 다른날 7.43±3.94를 보였으며 Casmatch를 사용하여 보정한 경우에도 6.21±3.86, 7.59±4.48을 보여 재현성이 향상되지 않음을 나타내었다.
2. 치아별 색상 재현성의 경우 차이가 없었지만 치아내 부위별 재현성의 경우에는 Casmatch 보정전에서 중앙 1/3부위(6.23±2.84)가 치경 1/3부위(8.10±4.07)에 비해 우수한(p<0.05)재현성을 보였으나 Casmatch 보정후에는 차이를 보이지 않았다.

참 고 문 헌

1. Lenhard M: Assessing tooth color change after repeated bleaching in vitro with a 10 percent carbamide peroxide gel. *Journal of the American Dental Association*, 1996, 127(11): 1618-24
2. Nakamura T: Effect of bleaching on vital discoloured teeth-- a colorimetric evaluation in three patients. *Asian Journal of Aesthetic Dentistry*, 1993, 1(1): 25-8
3. Ten Bosch JJ, Coops JC: Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of Dental Research*, 1995, 74(1): 374-80
4. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB: A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent*, 1985, 53: 105-109
5. 이 문영, 신 동훈: 디지털 카메라를 이용한 치아색상 측정. *대한치과보존학회지*, 1997, Vol 22, No. 1: 325-333
6. Clifford MS: *The Art and Science of Operative Dentistry* 3rd edition, Mosby-Year book, 1995
7. Dunn WJ, Murchison DF, Broome JC: Esthetics: patients' perceptions of dental attractiveness. *Journal of Prosthodontics*, 1996, 5(3): 166-71
8. Glick KL: Color management of cosmetic

- restorations. *Current Opinion in Cosmetic Dentistry*, 1995: 36-40
9. Heymann HO: The artistry of conservative esthetic dentistry. *Journal of the American Dental Association*, 1987, Spec(No):14E-23E
10. Swepston JH: Esthetic Matching. *J Prosthet Dent*, 1985, 54: 623-625
11. 한 상훈, 동 진근, 진 태호: 커피에 의한 의치상 레진의 색 변화에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 1993, 31: 523-531
12. Goodkind RJ, Bangtson LK: The conversion of chromascan designations to CIE tristimulus. *J Prosthet Dent*, 1982, 48: 610-617
13. Wasson W, Schman N: Color vision and dentistry. *Quintessence Int*, 1992, 23: 349-353
14. Jaeger, W: Principles of order in the color systems of the 17th century. (Franciscus Aguilonius--Athanasius Kircher--Isaac Newton). *Klinische Monatsblätter fur Augenheilkunde*, 1984, 184(4): 321-5
15. Ibusuki M: The color of gingiva studied by visual color matching. Part II. Kind, location, and personal difference in color of gingiva. *Bulletin of Tokyo Medical & Dental University*, 1975, 22(4): 281-92
16. C I E : Recommendations on uniform color spaces, Color difference equations, Psychometric Color Terms, CIE publication, 1978, No. 15
17. Macentee M, Lakowski R: Instrumental color measurement of vital and extracted teeth. *J. Oral Rehab* 1981, 8: 203-208
18. Bazola FN, Malone WF: A customized shade guide for vacuum fired Porcelain-gold combination crowns. *J Amer Dent Ass*, 1967, 74: 114-118
19. Korson DL: The simulation of natural tooth colors in the ceramometal system with highly chromatinized dentin powders. *Quint Dent Tech*, 1984, 9: 453-456
20. McLean JW: *The science and art of dental ceramics*. Chicago, Quint Publishing Co, Vol. 1: 1979 & Vol. II: 1980
21. Hosoya Y, Goto G: Color differences between

- light cured composite resin made shade guides and manufactured shade guides. *Shikwa-Gakuho*, 1990, Vol. 8: 1077-1087
22. Swift EJ Jr., Hammel SA, Lund PS : Colorimetric evaluation of Vita shade resin composites. *Int J Prosthodont*, 1994, 7(4): 356-361
 23. Barghi N, Pedrero JAF, Bosch RR: Effects of batch variation on shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*, 1985, 54: 625-627
 24. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ: Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*, 56: 35-40
 25. Preston JD: Current status of shade selection and color matching. *Quint Inter*, 1985, 16: 47-58
 26. Shotwell JL, Johnston WM, Swartz RGI: Color comparisons of denture teeth and shade guides. *J Prosthet Dent*, 1986, 56: 31-40
 27. Kerosuo E, Kolehmainen L: The relationship between past caries experience and tooth color determined by an Optoelectronic method. *Acta Odontol Scand*, 1982, 40: 451-457
 28. Lenhard M: Assessing tooth color change after repeated bleaching in vitro with a 10 percent carbamide peroxide gel. *Journal of the American Dental Association*, 1996, 127(11): 1618-24
 29. Millstein PL, Harlan J, Nathanson D: Colour effect of denture base on denture tooth materials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 1988, 15(2): 173-9
 30. Nathoo SA, Chmielewski MB, Rustogi KN: Clinical evaluation of Colgate Platinum Professional Tooth whitening system and Rembrandt Lighten Bleaching Gel. *Compendium*, 1994, Suppl(17): 640-5
 31. Rustogi KN, Curtis J: Development of a quantitative measurement to assess the whitening effects of two different oxygenating agents on teeth in vivo. *Compendium*, 1994, Suppl(17): 631-4
 32. Seghi RR, Gritz MD, Kim J: Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dental Materials*, 1990, 6(2): 133-7
 33. Bolt, RA, ten Bosch JJ, Coops JC: Influence of window size in small colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol*, 1994, 39: 1133-1142
 34. Douglas RD: Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1997, 77(5): 464-70
 35. Miller L: Organizing color in dentistry. *Journal of the American Dental Association*, 1987, Spec(No): 26E-40E
 36. 조 경모, 신 동훈: 구내용 분광광도계를 이용한 자연치의 색상분석. *대한치과보존 학회지*, 1998, Vol 23, No. 1: 223-235
 37. O'Brien WJ, Boenke KM, Groh CL: Coverage errors of shade guides. *J Prosthet Dent*, 1990, 64: 425-431
 38. Farr C: The creation and integration of the high tech operator. *J Can Dent Assoc*, 1996, 62(9): 716-722
 39. Gross MD, Moser JB : A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J. Oral Rehabil*, 1977, 4: 311-322