수종의 상아질색도재의 색차이에 대한 연구

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

김창섭 · 임장섭 · 전영찬 · 정창모

Ⅰ. 서 론

치과의사는 환자의 자연치와 심미적으로 조화될 수 있는 도재 수복물을 제작하기 위하여 오랫동안 많은 노력을 기울여 왔다. 도재 수복물의 심미성에 영향을 주는 요소로는 외형, 표면결, 반투명도, 색조를 들 수 있는데, 수복물과 자연치는 빛의 반사와 흡수 양상이 다르기 때문에 이러한 모든 요소를 자연치와 조화를 갖도록 수복물을 제작하는 데는 한계가 있다.

자연치에 나타나는 전체적인 색조효과는 법랑질 표면으로부터 반사된 빛과 법랑질과 상아질에서 확산된 빛, 그리고 다시 뒤에서 되반사된 빛의 조합의 결과로써[1], 색조는 상아질에 의해서 주로 결정되며 법랑질의 두께와 반투명도에 의해 변화된다[2].

따라서 심미적인 수복물을 제작하기 위해서는 정확한 외형복제 뿐만 아니라 자연치와 유사한 색조선택이 매우 중요한데, 일반적으로 임상에서는 색견본(shade guide)을 이용한 육안적인 색조선택방법을 많이 사용하고 있다. 오늘날 활용되고 있는 색견본은 여러 가지이지만 국내외적으로 가장 널리 보급되어 있는 것은 1960년대초 Vita VMK system과 함께 소개된 VITA Lumin Vacumn shade guide이며, 도재 뿐만 아니라 경질레진까지도 이 색견본체계에 맞추어서 제조, 판매되고 있다.

색견본을 이용한 색조선택방법이 갖고 있는 문제점으로는 색견본의 색조가 전체적으로 균질하지 않고[3], 색조선택 시 개인마다 색판단 능력이 다르고[4,5] 또한 조명이나 배경색에 따라 색조를 다르게 인지할 수 있다는 점[6,7] 등이 있으며, 이에 대한 여러 연구[8,9]가 보고되어 왔다.

그러나 이러한 여러 가지 문제점 외에도 제작된 도재 수복물의 색조 부조화를 야기할 수 있는 또 다른 원인으로 동일한 색견본을 이용하는 도재 시스템들 간의 동일한 색조용 도재분말에서 발생하는 색조차이를 들 수 있다. 도재 시스템들 간의 색조차이는 비록 임상에서 색견본을 이용하여 적절한 색조를 선택하였다 할지라도, 기공 시 어떠한 도재 시스템을 사용하느냐에 따라 선택된 색견본과 색조가 다른 도재 수복물이 제작될 수 있음을 의미한다. 현재 많은 치과의사나 기공사들이 VITA shade guide를 이용하는 다양한 도재 시스템들을 사용하고 있고 또한 그에 따른 색조차이를 임상적으로 경험하고 있다. 이러한 도재 시스템간의 색조차이에 관한 비교연구는 Jorgensen[10]에 의하면 금속층, 불투명도재, 상아질색도재로 구성된 세 가지 층, Seigh[11]와 O' Brien[12]은 불투명도재, 상아질색도재로 구성된 두 가지 층, Seigh[20]와 Peter[13]는 도재에 착색제를 첨가하여 비교하였으며, Seigh[14]와 Ishikawa[15]는 불투명색도재와 상아질색도재간의 색조차이를 비교하였는데 색차(ΔE)에 관한 연구결론은 일치하지 않는다.

표색계는 크게 Munsell 표색계와 CIELAB표색계로 구분할 수 있는데 CIELAB표색계는 처음 1976년[16]에 소개되었으며 색차이 평가를 위한 유용한 지침을 제공한다. 기본적 개념으로 모든 색상은 측색기기를 이용하여 X, Y, Z이라는 3자극치(tri-stimulus

values)의 상대적인 양으로 표현되고, 이러한 수치가 3가지 좌표, 즉 L*, a*, b*값으로 전환된다. 색상인지의 관점에서 색공간(color space)에서 동일한 거리에 있는 경우에는 동등한 색조차이로 인식된다. 여기서 L*은 Munsell 표색계에서의 명도(value)에 비례하는 밝기의 변수이며, a* 와 b*는 색도좌표(chromacity coordinates)로 비록 Munsell의 색조와 채도에 직접적인 상관관계는 없지만 숫자변수로 전환될 수 있다. a*는 Munsell color space에서 주로 red-purple-blue-green 축과 연관되어 있고 b*는 yellow-purple-blue 축과 대등하게 조화한다.

객관적인 색조선택을 위하여 규격화되고 표준화된 여러 가지 기계적인 측색법들이 사용되고 있는데 이러한 기계적인 측색법에 사용되는 측색기기들은 표본에 의해 반사되거나 투과되는 빛을 측정하여 표준색, 색조의 등급 혹은 특정 일차색 등을 분석하는 장치로써, 치과영역에서는 측색 색차계(color and color difference meter)나 분광색도계(spectrophotometer) 등을 주로 사용하고 있다[17].

측색 색차계는 인간의 눈에 대응하는 분광감도를 갖도록 구성된 3개의 광센서로 시료로부터 반사 또는 투과된 빛을 X, Y, Z의 3자극치로 측정하는 기기이며, 분광 색도계는 시료로부터 반사 또는 투과된 빛을 10 - 20nm속도로 분광한 후 분광된 각 파장의 반사율이나 투과율을 광센서로 측정하고 그 데이터를 기초로 컴퓨터로 적분 계산하여 역시 X, Y, Z의 3자극치를 산출하는 기기로써 최근에는 컴퓨터를 이용한 분광색도 측정법(computer color matching system)도 활용되고 있다[18,19,20].

이에 본 연구에서는 동일 색견본체계를 사용하는 도재 제품 간의 색조차이를 알아보기 위하여, 세 가지 도재 제품(Vita VMK-68, Shofu Vintage, Ceramco Ⅱ)들의 상아질색도재(dentin porcelain)간의 색조차이를 측색색차계를 이용하여 측정 비교한 결과를 보고하고자 한다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 시편제작

시편제작을 위하여 선정한 제품은 Vita VMK-68 (Vita Zahnfabrik., Germany), Shofu Vintage (Shofu Inc., Japan), Ceramco Ⅱ (Ceramco Inc., USA)이며, 각 제품의 도재분말중 VITA Lumin shade guide의 A2, B2, C2 상아질색 도재분말을 사용하였다. 직경인 25mm 측색창을 완전히 덮을 수 있는 가로 30mm, 세로 30mm, 두께 2mm의 시편을 제작하기 위하여 동일한 크기의 실리콘 주형을 만들었다. 각 도재분말을 혼합하여 주형에 상아질색 도재를 적용한 후 시편과 같은 크기로 제작한 plunger로 도재를 축성하였다.

응축된 도재는 주형과 분리되어 도재로입구에서 10분간 건조시킨 후 제조회사의 지시에 따라 소성시켰으며, 소성된 시편의 측정표면은 600번 사포와 15㎛ alumina분말을 이용하여 연마하였다.

제품과 색조에 따라 분류된 9가지 실험군에 대하여 각 실험군당 10개씩 총 90개의 시편을 제작하였다.

2. 측색 및 색차계산

측색색차계를 이용하여 각 시편의 반사색을 측정하였으며, 사용된 측색색차계에 대한 제원은 Table 1과 같다.

시편의 색조를 측정하기 전에 표준 백색판으로 X, Y, Z의 각 표시치에 대한 영점조정을 시행한 후 측정하였다. 모든 측정값은 상대적인 반사율(X, Y, Z)로 기록된 후 CIELAB색채계의 L*, a*, b*색좌표치로 전환하였다. 각 도재시편의 색조차이를 알아보기 위하여 측정된 L*, a*, b*값으로 CIELAB 색차(⊿E)를 아래와 같은 공식을 이용하여 계산하였다.

Table 1. Summary of instrument information

Inst. ID	Instrument Type	Instrument Name	Manufacturer	Illum. and View Geometry
C 0/d	Tristimulus colorimeter	No. 600-UC-1-R Digital colorimeter	Yasuda seiki seisakusho, Ltd. Japan	0°/diffuse (filtered detectors)

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

Ⅲ. 연구 성적

측정된 L*, a*, b*값 각각에 대한 2원 변량분석을 시행하여 측정값에 대한 제품과 색조의 주효과를 통계학적으로 검증한 후 Table 2에서 L*, a*, b*값에 대한 제품, 색조에 대한 유의한 차이가 있었으므로 L*, a*, b*값에 대한 제품, 색조에 대한 다중비교(Duncan's multiple range test)를 을 이용하여 각 실험군간 측정값의 유의차를 사후 개별비교 하였다(Table 3).

L*, a*, b*값 모두에서 제품의 주효과, 색조의 주효과, 그리고 제품과 색조간의 교호작용이 유의수준α =0.05에서 유의한 모형을 가지므로 제품과 색조에 따라 측정값에 차이가 있음을 알 수 있다. Table 3에 굵은 실선으로 연결된 평균값들은 다중비교 결과 95%신뢰구간에서 동일한 색상에 있어 제품간에 유의한 차이가 없음을 의미한다.

L*값에 대해서 Shade A2에서는 Vita(V)와 Ceramco(C) 사이에는 유의한 차이가 없었으며, Vita와 Shofu(S), Ceramco와 Shofu 사이에는 각각 유의한 차이를 보였다. Shade B2에서는 V와 C, V와 S 사이에는 유의한 차이가 없었고, C와 S 사이에서

Table 2. Two way analysis of variance for L*, a*, b* color coordinator

	Source	df	MS	F	p-value
L*	Model	8	53.072	120.15	0.0001
	B(Brand)	2	180.455	408.52	0.0001
	S(Shade)	2	1.64	3.72	0.0285
	BS	4	15.098	34.18	0.0001
	Error	81	0.442		
a*	Model	8	13.387	242.75	0.0001
	B(Brand)	2	21.83	395.86	0.0001
	S(Shade)	2	21.185	384.16	0.0001
	BS	4	5.265	95.49	0.0001
	Error	81	0.055		
b*	Model	8	22.193	146.66	0.0001
	B(Brand)	2	5.08	33.59	0.0001
	S(shade)	2	76.67	506.66	0.0001
	BS	4	3.51	23.20	0.0001
	Error	81	2.343		

Table 3. L*, a*, b* values and results of Duncan's multiple comparison test

	Brand	Shade		
		A2	B2	C2
L*	Vita VMK 68	65.54±0.84	67.27±0.86	62.19±0.39
	Ceramco Ⅱ	65.43±0.83	66.68±0.70	64.08±0.98
	Shofu Vintage	66.66±0.25	67.40±0.32	60.89±0.20
a*	Vita VMK 68	-1.23±0.14	-4.34±0.05	-1.69±0.21
	Ceramco Ⅱ	-3.44±0.24	-4.06±0.26	-3.56±0.27
	Shofu Vintage	-1.78±0.19	-2.74±0.36	-1.77±0.21
b*	Vita VMK 68	16.70±0.43	16.50±0.30	16.70±0.43
	Ceramco Ⅱ	13.79±0.37	13.97±0.47	15.70±0.44
	Shofu Vintage	17.30±0.31	17.82±0.19	17.70±0.43

]: No significant differences

Table 4. Two way analysis of variance for color difference values(⊿E)

	Source	df	MS	F	p-value
⊿E	Model	8	10.67	39.53	0.0001
	B(Brand)	2	39.71	147.15	0.0001
	S(Shade)	2	0.17	0.62	0.5394
	BS	4	1.40	5.18	0.0009
	Error	81	0.27		

Table 5. Color difference values(⊿E) between porcelain brands

Material	Shade	⊿E	⊿L*	⊿a*	⊿b*
VMK 68 vs Ceramco Ⅱ		3.72±0.35	0.67	2.21	2.88
VMK 68 vs Vintage	A2	1.65±0.49	1.30	0.55	0.63
Vintage vs Ceramco Ⅱ		4.18±0.55	1.23	1.66	3.51
VMK 68 vs Ceramco Ⅱ		2.96±0.58	1.31	0.30	2.55
VMK 68 vs Vintage	B2	2.33±0.36	0.77	1.60	1.30
Vintage vs Ceramco Ⅱ		4.21±0.58	0.96	1.32	3.85
VMK 68 vs Ceramco Ⅱ		3.09±0.65	2.01	1.87	1.08
VMK 68 vs Vintage	C2	1.79±0.49	1.30	0.24	1.07
Vintage vs Ceramco Ⅱ		4.26±0.55	3.19	1.79	2.03

는 유의한 차이를 보였다. Shade C2에서는 3개의 모든 제품 간에 유의한 차이를 보였다.

a*값에 있어서는 Shade A2, B2에 대하여 3개의 모든 제품간에 유의한 차이를 보였다. Shade C2에서는 V와 S 사이에는 유의한 차이가 없었고, V와 C, C와 S 사이에는 각각 유의한 차이를 보였다.

b*값에 있어서는 3가지 색조 모두에 대하여 3개의 모든 제품간에 유의한 차이를 보였다. 또한 각 제품간의 b*값의 유의한 차이가 a*와 L*값에 비하여 더 크게 나타났다. 각 색조간의 L*, a*, b*값들에 대한 통계학적 유의차에 대한 검증결과는 본 연구목적에 부합하지 않으므로 생략하였다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

1930년에 Clark[21]은 색견본과 색조선택에 관하여 연구에서 색조선택시 Munsell 표색계를 사용할 것을 추천하였다. Hayashi[22] 와 Sproull[23,24] 또한 Clark의 개념을 지지하였으며 색상선택시의 문제점에 대하여 언급하고 이에 대한 대책을 제시하고 있다.

CIE(국제조명위원회)에서 결정된 CIE 표색계는 균일한 3차원 색공간의 배열이 중요한 특징중의 하나이다. 이 색공간은 측색기기로부터 계측된 3자극치 X, Y, Z의 3개 값으로부터 산출된 L*, a*, b*값에 의한 3차원 직교좌표를 이용하는데 이 색공간을 이용한 표색계를 CIELAB 표색계라 한다. 3자극치 X는 적색파장을 나타내며, Y는 녹색파장을, Z는 청색파장을 나타낸다. CIELAB 표색계는 Munsell 표색계와 유사한 방법으로 배열되어 있다. L*은 Munsell 표색계의 명도와 유사하게 관련되어 있으며 a* 와 b*는 채도를 나타내지만 잘 알려진 색의 특성인 색조와 채도와는 직접적인 상관관계는 없다. a*는 Munsell 색공간에서 red-purple-blue-green 축과 연관되며, +a*는 주로 red-purple color와 관계 있고, -a*는 좀 더 blue-green색을 나타낸다. 이와 유사하게 b*는 yellow-purple-blue축과 연관된다. L*값의 차이는 밝기나 명도에서의 차이를 나타내며 일반적으로 A1, B1, B2, A2,순으로 나타난다[3]. a*와 b* 색상짝(color pairs)은 보색으로 알려져 있으며, 이러한 보색쌍을 구성하는 네 가지색은 단일색상으로 알려져 있다. 채도변화는 L*축으로부터 방사상으로 증가하며, 색상과 채도와 관련된 수치는 a*와 b*값으로 결정할 수 있다[25].

각 상아질색도재의 L*, a*, b*측정치가 제품과 색조에서 모두 유의한 차이를 보였다. 세 가지 색중 두 가지(A2, B2)색에서 Shofu Vintage가 다른 도재제

품보다 L*값이 높았는데 이 측정치는 그것의 색조가 더 밝다는 것을 의미한다. 또한, 세 가지색 모두에서 Shofu Vintage가 +b*값이 가장 높았으며 그 다음으로 Vita VMK-68, Ceramco Ⅱ순이었다. 다시 말해서 Shofu Vintage, Vita VMK-68, Ceramco Ⅱ순으로 황색채도가 높음을 나타낸다. Ceramco Ⅱ가 세 가지 색중 두 가지(A2, C2)색에서 가장 높은 -a*값을 나타내었는데 이는 다른 제품에 비해서 적색채도가 낮다고 할 수 있다. 모든 재품에서 B2 색조의 L*값이 가장 높았으며 A2, C2순으로 감소하였다. Ceramco Ⅱ는 동일한 C2 색조에서 가장 높은 L*값을 나타냈지만 shade A2, B2에서는 가장 낮은 L*값을 나타냈다. 가장 높은 b*값은 Shofu Vintage가 B2 색조에서 나타났으며 세 가지색 모두에서 제품간에 가장 높은 b*값을 나타내었다.

동일 색조에서의 각 제품간 색차(⊿E)는 1.65(A2 색조에서 Vita VMK-68 vs Shofu Vintage)에서 4.26(C2 색조에서 Shofu Vintage vs Ceramco Ⅱ) 까지의 범위를 나타내었다(Table 5). 제품간 색차는 Ceramco Ⅱ와 Shofu Vintage사이에 가장 크게 나타났으며, 다음으로는 Vita VMK-68과 Ceramco Ⅱ, Vita VMK-68과 Shofu Vintage 순으로 나타났다. 색차는 서로 다른 도재시편간의 L*, a*, b*값에서의 차이나 동일한 도재시편에서의 시간이 지남에 따른 색차변화를 나타낸다. Seghi[26]등에 의하면 이상적인 관찰조건하에서 색차가 2보다 큰 경우 대부분 관찰자들에 의해 쉽게 인지되는 반면에 1과 2사이의 색차는 덜 인지된다고 보고하였다. A2, C2 색조에서의 Vita VMK-68과 Shofu Vintage의 색차값을 제외한 나머지 색차값이 2보다 크게 나타났는데 이는 Seghi의 연구결과에 의하면 두 제품간의 색차를 육안적으로 관찰할 수 있음을 의미한다. 또한 제품간 색차는 C2 색조에서는 ⊿L*값이 주로 영향을 미쳤으나, A2, B2 색조에서는 ⊿L*, ⊿a*, ⊿b*값의 영향이 유사하였다(Table 5). 도재 제품간의 호환성을 볼 때 Ceramco Ⅱ와 Shofu Vintage, Vita VMK-68과 Ceramco Ⅱ보다는 Vita VMK-68과 Shofu Vintage간이 호환된다고 할 수 있으나 심미성에는 한계가 있다. 따라서, 심미성 높은 수복물 제작을 위해서 개별색견본 제작이 필요할 것으로 생각된다.

Yamamoto[27]는 인간의 눈과 Computer Color Search System(CCS)의 비교에서 동일색상의 다양한 제품간의 색차가 실험실적 경우에서는 이미 시각적으로 인지될 수 있는 반면 구강내에서는 많은 관찰자들에 의해 잘 인지되지 못 할 것이다. 현재는 이런 CCS을 이용하여 더욱 더 정확한 자료를 기공소에 보냄으로써 색 차이를 줄일 수 있다.

임상에서는 보편적으로 색견본을 이용하여 눈으로 평가하는 방법을 주로 사용하는데 이는 신뢰성이 매우 부족한 편으로 이의 문제점은 우리가 흔히 사용하는 색견본인 VITA Lumin shade guide는 치경부가 진하고 상아질색 부분에서 절단부에 걸쳐 에나멜색 포셀린에 의한 색차이가 있는 등 전체적으로 균질하지 않다. 예를 들면 같은 A2에서도 치경부와 절단부가 아주 다른 색조이지만 모두 A2이다. 이런 점에서 자연치의 어느 부분에 맞추어 비교하는 것이 좋을지 명확치 않다. 또한 구강내라는 한정된 조건에서 배경색 차이에 의한 명암대비나 색상대비 효과가 생겨 색조를 보는 방법에 영향을 미친다. 이런 치과의 색평가는 적당한 평가기준을 설정할 수 없는 상황이며 각각의 술자가 경험적으로 색을 평가해서 임상에 대응하고 있는 경우가 대부분일 것이다.

심미성 높은 수복물을 제작하기 위해서는 신뢰성 높은 색상정보와 이에 대한 전달이 필요하며 신뢰성 있는 색상정보를 얻기 위해서는 조명이나 배경 등의 환경조건이나 인적조건에 좌우되지 않는 객관적이고 재현성 높은 방법이 필요하다. 그래서 기계적 측색법이 적당하다고 생각한다. 기계적 측색법은 치과에서는 아직 초기단계지만 공업계에서는 널리 응용되고 있다. 기계측색은 측색방법의 차이에 따라 자극치 직독법, 분광 측색법으로 분류되며, 측색기와 측색시료의 위치관계에 따라 비접촉식(non-contact type) 측색법, 접촉식 (contact type)측색법으로 분류된다. Hardy는 분광측색색차계의 초기 모델로 0°/45° Polychromatic angle geometry에서 d/0° (diffuse/0°), 6°/d(6°/diffuse)[28]monochromatic geometry로 발전시켰으며 1988년에는 Danny[18]가 CCM(Computer color matching)을 이용한 bi-directional geometry가 더욱 우수하다고 보고하였으며 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 동일한 VITA Lumin shade를 갖고

있는 세 가지 도재제품의 상아질색도재(body porcelain) 간의 색차이를 측색색차계를 이용하여 평가하고자 하였다. 실험에 사용된 세 가지 도재제품은 Vita VMK-68 (Vita Zahnfabrik., Germany), Shofu Vintage (Shofu Inc., Japan), Ceramco Ⅱ (Ceramco Inc., USA)을 이용하였으며, 색상비교는 VITA Lumin shade의 A2, B2, C2를 대상으로 하였다. 색차는 각 상아질색도재가 갖고 있는 색상을 표현하는 CIELAB 색채계의 3개의 변수 L*, a*, b*와 각 상아질색도재의 색상간의 차이를 크기로 나타내는 색차(⊿E)를 이용하여 상호 비교하였다.

실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일한 색조번호의 세 가지 도재제품에서 L*, a*, b*값은 모두 유의한 차가 있었다.
2. 동일색조번호에서 제품간의 색차(⊿E)는 Shofu Vintage 와 Ceramco Ⅱ 사이에 가장 크게 나타났으며, 다음으로는 Vita VMK-68과 Ceramco Ⅱ, Vita VMK-68과 Shofu Vintage 순이었다.
3. 제품간 색차는 shade C2에서는 ⊿L*값이 주로 영향을 미쳤으나, shade A2, B2에서는 ⊿L*, ⊿a*, ⊿b*값의 영향이 유사하였다.
4. 황색채도는 Shofu Vintage에서 가장 높게 나타났으며, Vita VMK-68, Ceramco Ⅱ 순으로 낮았다.

참 고 문 헌

1. Seghi RR, Johnston WM, O' Brien WJ. Spectrophotometric Analysis of Color difference between Porcelain systems. J Prosthet Dent 1986;56:35-40.
2. McLean JW. The Science and Art of Dental Ceramics. Chicago : Quintessence Publishing Co Inc ; 1979. p333.
3. Willians JO. Coverage errors of two shade guides. Int J Prosthodont 1991;4:45-50.
4. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. J Prosthet Dent 1970;24:166.
5. Pavidson HR, Frieide E. The size of acceptable color difference. J Opt Soc Am 1953; 43:581.
6. Judd DB, Wyszecki G. Color in business, science and industry, ed 3. New York, 1975, John Wiley & Sons, Inc; p553.
7. Hunter RS. The measurement of apperance. New York, 1975, John Wiley & Sons, Inc; p348.
8. Preston JD. Current status of shade selection and clor matching. Quintessence Int 1985;16:47-58.
9. Miller L. Organizing color in dentistry. J Am Dent Assoc 1987;(special issue):26E-40E.
10. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness and repeated firing. J Prosthet Dent 1979;42:96-105.
11. Seghi RR, Johnston WM, O' Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. J Dent Res 1985;68(12):1755-1759.
12. O' Brien WJ, Fan PL, Groh CL. Color difference coefficients of body opaque douvle layers. Int J Prosthodont 1994;7:56-61.
13. Lund PS, Piotrowski TJ. Color changes of porcelain surface colorants resulting from firing . Int J Prosthodont 1992;5:22-27.
14. Seghi RR. Effects of instrument measuring geometry on colorimetric assessnents of dental porcelains. J Prosthet Dent 1990;69:1180-1183.
15. Ishikawa-Nagai S, Sato R, Ishibashi K. Using a computer color matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3. A newly developed Spectrophotometer designed for clinical application. Int J Prosthodont 1994;7:50-55.
16. CIE: Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-difference Equations, Psychometric Color Terms. Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 (E-13.1), 1971 (TC-1.3). Paris, Bureau Central de la CIE, 1978.
17. Johnston WM, Kao EC. Assessment of

apperance match by visual obervation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989 ;68(5):819-822.
18. Danny CR. The effect of measuring geometry on computer color matching. Color Res Appl 1988;13:113-118.
19. Ishikawa NS, Sato R, Ishibashi K. Using a computer color matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 1. Application of CCM to the opaque layer. Int J Prosthodont 1992;6:495-502.
20. Ishikawa NS, Sato R, Ishibashi K. Using a computer color matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 2. Color reproduction of stratiform layer porcelain samples using CCM system. Int J Prosthodont 1993;6:522-527.
21. Clark EB. Tooth color selection. J Am Dent Assoc 1993;20:1065.
22. Hayashi T. Medical color standard. V. Tooth Crown. Tokyo, 1967, Japan Color Research Institute
23. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part Ⅰ.The three-dimensional nature of color. J Prosth Dent 1973;29:416.
24. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part Ⅱ. Practical applications of the organization of color. J Prosth Dent 1973;29:556.
25. Wyszecki G, Stiles WS. Color science concepts and methods : Quantitative data and formulae, ed 2. New York, 1982, John Wiley & Sons, p950.
26. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. J Dent Res 1989;68:1760-1764.
27. Yamamoto M. Development of the Vintage Halo Computer Color System. QDT 1998;3:9-26.
28. Hardy AC. Illuminating and viewing conditions for spectrophotometry and colorimetry. J Opt Soc Am 1945;35:289-292.

ABSTRACT

COLORIMETRIC ANALYSIS OF COLOR DIFFERENCES BETWEEN DENTIN PORCELAINS

Chang-Seop Kim, Jang-Seop Lim, Chang-Mo Jeong, Young-Chan Jeon

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University.

The purpose of this study is to evaluate the color differences that can exist between differnet brands of dentin porcelain having identical shade designations. The instrumental colorimetric technique was used to determine these differneces.

The three brands of dentin porcelain used were Vita VMK-68, Shofu Vintage, and Ceramco Ⅱ. The three shades selected were the Vita Lumin shades A2, B2, and C2.

The color difference values were compared with each other using L^*, a^*, b^*, three variables of the CIELAB color system, and ΔE.

The results of this study were as follows:

1. Corresponding shades of different brands of dentin porcelain produced different L^*, a^*, b^* values.
2. The greatest ΔE value in corresponding shade was found to exist between Ceramco Ⅱ and Shofu Vintage, followed by between Vita VMK-68 and Ceramco Ⅱ, and then between Vita VMK-68 and Shofu Vintage.
3. The ΔE values in shade C2 were mainly influenced by ΔL^* value ; however none of ΔL^*, Δa^*, Δb^* values had greater influence on ΔE values than the others in shade A2, B2.
4. Shofu Vintage had the highest b^* value, followed by Vita VMK-68, and then Ceramco Ⅱ.