- 대한치과턱관절기능교합학회지 23권 3호, 2007 -

Shadepilot^{TM}을 이용한 색조 선택

단국대학교 치과대학 보철학 교실

신 수 연

Ⅰ. 서 론

색상은 심미적인 수복에 있어 중요한 결정인자이다. 그러나 색의 특징들을 시각적으로 평가하여 의사소통을 위한 언어 수단으로 표준화하는 것은 제한적이며,[1] 치아의 색조 선택은 복잡한 과정으로 그 과정 중에 수복물과 자연치아와의 구조적인 차이, 도재의 가능한 색상 범위의 한계, 적절하지 못한 색조 견본(shade guide), 그리고 도재 재료들의 성분 차이 등에 의해 색조 선택과 연관된 문제들이 발생될 수 있다.[2,3]

그 중 상업적으로 사용가능한 색조 견본과 환자의 치아를 비교하여 시각적으로 색상을 결정하는 것은 간접 수복물을 제작할 때에 색상에 대한 정보 교환을 위한 가장 흔한 방법이다.[3] 그러나 이러한 방법은 매우 주관적이며,[4] 현재 통용되는 대부분의 색조 견본들은 치아 색조의 전체 스펙트럼을 나타내지 못하고 있을 뿐 아니라,[5,6] 색조에 대한 정량화된 순서가 없어 색조를 결정하는 방법들이 일관성이 없게 된다. 또한, 색조 선택 방법은 임상가의 지각, 경험, 주위 광원의 상태, 나이, 눈의 피로도 그리고 비교하는 치아에 대한 배경 등에 따라 좌우 되며 이러한 모든 것들로 인해 달라질 수 밖에 없게 된다.[3]

이러한 한계들에도 불구하고 지난 수십 년 동안 치의학에 있어서의 색조 선택 기술은 거의 바뀐 것이 없다. 산업분야에서는 색상 이론에 바탕을 두고 분광 반사율과 분광 투과율을 측정, 이용하는 분광측정기(Spectrophotometer), 컴퓨터 계측 등으로 색조를 선택하는 방법들이 페인트, 플라스틱, 프린팅 잉크 그리고 섬유 산업 등에 수십 년 동안 널리 이용되어 왔으며 가장 효율적인 방법으로 계속 사용되고 있는 반면에, 치의학에서는 시각적인 색조 선택이 여전히 주된 방법이며 만족스럽지 못한 결과를 낳고 있다.[4]

그러나 최근 들어 색상에 대한 보다 쉽고 정확한 전달과 의사 교환을 위해 색상 과학과 색상 이론 등을 이용하여 마치 길이와 중량을 나타내는 것과 마찬가지로 색조를 산술적으로 표현할 수 있는 기준들을 고안하려는 시도들이 있어 왔다.[7~10]

치의학에서 색조 결정방법은 크게 기계적인 것과 시각적인 것으로 나눌 수 있다. 시각적인 방법은 인간의 눈에 의한 색조 지각에 달려 있어, 사람마다 다르고 여러 요소 즉, 주위 광원 상태, 대상의 크기, 배경, 그리고 눈의 피로도 등에 영향을 받는다. 반대로 기계적인 색조 측정은 객관적인 평가라는 장점이 있고,[4] 특히 컴퓨터화된 기기의 발전으로 색조를 정량화하여 시각적으로 색조를 인지할 때에 내재되어 있는 주관적인 판단을 감소시킬 수 있어 많은 분야에서 이용되고 있다.[11~13]

이에 과거 오랜 기간 익숙하게 사용해 오던 색조 견본을 이용하는 방법과 최근 개발된 기계들을 이용하는 방법간에, 그리고 색조 선택 기계들 간에 어떤 차이점이 있는지를 비교하고자 본 연구를 계획하였다.

*이 연구는 2006학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

The present research was conducted by the research fund of Dankook University in 2006

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

실험에 참가한 피검자는 단국대학교 치과대학 학생 총 20명으로 나이는 25~30세였다. 각 피검자의 상악 우측 중절치를 피검치아로 선택하였으며, 이들은 수복물이나 치아 우식증 등이 없고 자연치아의 색을 그대로 나타낼 수 있는 건강한 생활치였다. 대상 치아들은 실험 전에 남아 있는 착색이나, 음식물 잔사 및 치태를 제거, 연마하였다.

실험의 표준화를 위해 실험 장소는 벽이 중등도의 회색이며 치과용 에이프런과 진료실 의자 역시 같은 색으로 통일하였다. 광원은 창문을 통해 들어오는 자연광과 치과용 조명에 의한 인공광원이었으며 피검자의 개인적인 의복은 흰 천으로 가리고 동일한 시간대인 오전 10시에서 오후 2시 사이에 측정하였다.

색조 선택은 각각 Vita classic shade guide(Vita Zahnfabrik, Badsäckingen, Germany), Shadepilot™ (DeguDent GmbH, Rodenbacher, Germany)과 ShadeEye NCC®(Shofu Dental Co., San Marcos, CA, USA)를 이용하였으며(Fig. 1), 추가적인 변수가 개입되는 것을 피하기 위해 각 방법은 1인의 동일 검사자가 시행하였고, Shadepilot™과 ShadeEye NCC®는 제조사의 지시에 따라 매번 calibration하였다.

또한 색조 견본을 이용하는 경우 색조 견본 탭을 구강내 치아 옆에 위치시키고 해당 치아에만 집중하도록 하였는데 contrast와 잔상에서 오는 오류의 가능성을 줄이기 위해서였고,[3,14,15] 망막피로가 없도록 색조 선택은 각각 10초안에 끝내도록 하였다. 색조를 기억해 내어 선택할 가능성을 줄이기 위해 색조 견본의 인식 코드를 테이프를 붙여 가렸으나, 탭의 순서를 색조 견본내에서 바꾸지는 않고, 색조 평가 후에 테이프를 제거하여 선택한 코드를 기록하였다.

Ⅲ. 연구 성적

20개 치아들의 색조를 각각의 세 가지 방법으로 선택한 값은 다음과 같다(Table 1).

Table 2에서는 얻어진 자료들로부터 각 색조 선택 방법간에 일치하는 비율을 구하였다. Vita classic shade guide를 이용하여 측정한 값과 Shadepilot™ 및 ShadeEye NCC®로 측정한 값간에는 각각 20명중 6명(30%)과, 20명중 5명(25%)이 일치하였으며, Shadepilot™ 과 ShadeEye NCC®간에는 20명중 11명(55%)의 일치를 보였다. 또한 20명중 5명(25%)에서는 세 가지 방법의 측정값 모두가 일치하였으며 20명중 9명(45%)에서는 측정값이 모두 달랐다. 실험 결과 시각적인 방법인 Vita classic 색조 견본을 이용하는 방법은 그 결



Fig. 1. 실험에 사용된 Shadepilot™과 ShadeEye NCC®

Table 1. 색조 선택 방법에 따른 측정값

	Vita classic shade guide	Shadepilot™	ShadeEye NCC®
1	B3	A3	A3
2	D3	A3	A2
3	B2	A2	A1
4	A2	A2	A2
5	B2	C1	A1
6	A3	A3	A3
7	B2	A2	C1
8	C2	A2	A2
9	D3	A2	A2
10	C1	A2	A2
11	A3	A3.5	A4
12	A2	A2	A2
13	C1	A1	A1
14	A3	A3	A3
15	D2	A2	A2
16	A3	C1	A1
17	A2	A2	A2
18	A2	A2	A1
19	C2	A3	A2
20	A3	D3	A2

Table 2. 각 색조 선택 방법간에 일치하는 비율(%)

	Vita classic shade guide	Shadepilot™	ShadeEye NCC®
Vita classic shade guide		30	25
Shadepilot™	30		55
ShadeEye NCC®	25	55	

과가 다른 방법과 일치하는 비율이 낮은 반면에 기계를 이용한 두 방법간에는 일치도가 높았다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

시각적인 색조 선택은 신뢰할 수 없고 일관성도 없다.[14] 노화, 피로도, 광원의 상태, 조건등색(metamerism) 그리고 contrast 같은 조절할 수 없는 요소들에 의해서도 일관성이 떨어질 수 있다.[14] 심지어는 색조의 결정이 평가자간에 또는 동일한 평가자내에서도 일관적이지 못하고 다양하기도 하다.[16] 또한 많은 연구를 통해 일반적인 색조 견본은 치아 색조 범위 전체를 나타내거나 반영하지 못하며,[17] 자연치아 색조를 균일하게 분포시키지도 못하여 어떤 색조에는 가까우나 다른 치아와는 큰 차이를 나타내기도 한다. 이러한 한계는 술자의 오류, 이상적이지 못한 주위 환경 등과 맞물려 치아와 수복물 색조 간에 심각한 차이를 만들어 내기도 한다.[18]

그러나 아직까지도 치과 임상에서는 치아의 색조 선택을 주로 제조회사에 의해 미리 제작된 색조 견본으로 술자의 시각에 의존하여 비교 선택하는 방법이 가장 널리 사용되고 있으며, 여전히 수복물 제작에 필요한 원하는 색조나 색조의 혼합에 대한 정보들을 색조 견본에서 선택한 단순한 코드로 전달하는 것이 일반적이다.[19] 비록 이러한 색조 선택에 대한 지침이나 기술적인 방법들이 오랫동안 알려져 왔으나 여전히 심미적인 결과를 얻는데 장애가 되고 있다.[20] 또한 이러한 색조 견본의 탭들은 일반적으로 수복물과는 다른 도재로 더 두껍게 제작되기 때문에 실제로 적절하게 조화되는 도재 수복물을 제작하는 것은 거의 불가능하다.[21]

그래서 이러한 문제들을 해결하기 위해 다양한 시도들이 있어 왔는데, 특히 실제 여러 특정 집단을 대상으로 직접 나타나는 색조들을 연구하여 이상적인 색조 견본을 제작하는 방법도 있었다, 그러나 너무 복잡해져 탭의 수가 늘어나게 되고 그만큼 임상에서의 선택에 더 오랜 시간이 걸리게 된다.[18]

이보다 적극적인 방법으로는 기계를 이용하여

색을 측정하고자 하는 시도였다. 물론 치과 이외의 분야에서 최초의 colorimeter는 이미 1870년대에 개발되었으나 1990년대까지도 화학분야에만 이용되어 오다가, 최근에 들어서 치의학 분야에서도 Shade Eye®(Shofu Dental Co., San Marcos, CA, USA), ShadeScan®(Cynovad Inc., Montreal, Quebec, Canada), ShdaeVision®(X-Rite Inc., Grandville, MI, USA)같은 여러 특수화된 colorimeter들이 사용되어 오고 있다. 특히 Shadepilot™등의 기계적인 방법은 시각적으로 인식할 수 있는 다양한 색조들의 정도를 결정할 수 있으며,[22] 대개 3~5초안에 디지털 영상을 쉽게 얻을 수 있어 치아 건조로 인해 색조 결정이 복잡해지는 일도 없다. 또한 주변 광원에 의해 빛이 치아에 도달했다가 반사되는 부분을 분석하여 색을 측정하는 다른 장비에 비해, Shadepilot™은 양쪽에서 나오는 빛이 치아에 도달하였다가 반사, 투과, 굴절, 분산, 형광, 유백광(opal) 등의 빛의 성질을 분석하여 색조를 측정하는 방식이다. 즉, 반사되는 빛 이외에도 측정기에 도달하지 않는 흡수 혹은 투과, 굴절, 분산된 빛까지 계산하여 분석한다.

Douglas와 Brewer에 의하면 구강내 상태하에서는 digital colorimeter의 해상도가 인간의 눈을 능가한다고 하였고,[23] Dancy 등[21]은 이러한 방법들이 기존의 시각적인 색조 선택법에 대한 대안이 될 수 있다고 이미 보고하였다.

물론 숙련된 전문가와 colorimeter에 의한 색조 선택간에 유의한 차이가 없다는 보고가 일찍이 있었다.[20,24] 그러나 Paul 등[25]은 사람간의 재현성은 27%인 반면에 spectrophotometer 평가간에는 83%의 재현성을 보고하였고, 더 최근의 연구에서는 spectrophotometric 색조 분석이 시각적인 색조 선택보다 우수한 것으로 보고하였다.[26]

본 연구에서 역시 색조 선택에 있어 통상적인 시각적 방법과 기계를 이용한 방법들 간에는 상당한 차이가 관찰되었다. 즉, 시각적인 방법과 기계적인 방법은 각각 25%, 30%의 일치도를 보인 반면, 기계적이 방법간에는 일치할 확률이 55%였다. 세 값이 모두 상이한 경우도 45%에 이르렀는데, 이것은 아마도 이러한 치아들이 다른 치아에 비해 gradation이 더 심해서일 것이다. 이러한 결과는 Dancy 등[21]의 실험과도 비교가 가능하다. 2명의 관찰자들의 통합된 의견과 컴퓨터 값간에는 39명중 16명(41%)이 완벽히 일치하였고, 39명 중 4명(10.2%)에서는 수용할 정도의 일치를 보였으며, 39명 중 19명(48.7%)에서는 일치하지 않았다. 그러나, 이 연구에서는 관찰자간에도 주로 더 선호하거나 자주 선택하는 shade가 있는 것이 확인되었으며, 이를 관찰자간의 의견 교환을 통해 값의 일치를 얻도록 한 반면에, 본 실험에서는 1인의 관찰자가 측정한 값만을 비교하여 값의 객관성에서 다소 부족하였다고 보여진다.

그러나 이러한 기계적인 방법 역시 단점이 없지는 않은데 임상적으로는 그 정확성에도 불구하고 어떤 상황에서는 임상가들로 하여금 혼란스럽게 할 수도 있다.[27] 심지어 아주 숙련되고 지식이 풍부한 임상가들조차도 동일한 치아내 1~2mm 거리간에 다른 값이 읽혀질 수 있기도 하다.

구강내 colorimeter는 edge loss 효과와 치아에 대한 위치 재현 등이 불가능하여 결국 자연치아와 같은 여러 색상을 내포하고 투명한 표본들에는 부정확해지거나 재현성이 떨어질 수도 있다.[14] 즉 빛의 다양한 흡수와 산란에 의해 투명한 표본상에서는 빛이 표본의 말단부를 통해 달아나게 되어 센서로 되돌아가지 못한다. 이러한 빛의 소실은 색조 결정에 고려되지 않게 되고 결국 부정확한 결과를 낳게 되며,[28] Seghi 등[29]은 colorimeter에서 얻어진 자료는 투명도에 의해 상당히 달라질 수 있다고 하였다.

색조를 읽어내는데 영향을 주는 또 다른 중요한 요소로는 광원이 있다. 광원이 수복물의 표면을 비추게 되면 여러 요소들이 도재 색조를 바꿀 수 있는데, 표면의 texture 및 해부학적 형태가 가장 중요하다. 게다가, 표면의 glare(글레이즈의 양)와 형광물질 또한 치아 색상을 바꿀 수 있다.[30] 즉, 동일한 색조로 제작된 수복물도 치은절단 또는 근원심 형태에 따라 다르게 보일 수 있듯이 광원에 대한 반사 변화 때문에 색상에 대한 지각 역시 바뀔 수 있다. 밝은 광원에 의해 직접적으로 또는 광택이 있는 표면으로부터 반사된 빛에 의해 생길 수 있는 glare는 색조 차이를 크

게 하는 데 중추적인 역할을 한다. 만곡된 표면의 견치나 소구치 같은 치아들은 glare의 가능성이 더 커지나, 편평한 중절치나 측절치들은 광원이 더 균일해지고 glare가 생길 가능성도 줄어든다. 특히 치경부 쪽은 출현윤곽이나 치아의 폭이 좁아지는 등의 해부학적 특징들을 가지고 있어 치경부 색조 선택시 전체적으로 고려하기 보다는 더 좁은 부위별로 검사해야 할 것이다.

Haywood 등[31]은 colorimeter들이 곡면보다는 편평한 표면에 알맞게 고안되었다고 하였다. 그러나, 자연치아는 다양한 색을 지니고 있고 투명하며 표면이 굴곡되어 있기 때문에 기계적인 색조 평가는 오류가 없을 수가 없다.[1] 게다가 자연치아의 색조는 단순하지 않고 치아의 부위 즉 절단부에서 치경부에 따라 다양하다고 보고되어 왔고,[19] 자연치아는 gradation이 약하기도 하고, 심하기도 함에도 불구하고 사실상 자연치아 색조의 gradation에 대한 과학적인 자료는 없다.

결국 기계적인 방법은 의심의 여지없이 정량적인 평가가 가능하나, 이들은 한번에 한 부분만 국한하여 읽어 내게 되는 한계가 있고 또한 투명한 전부 도재 수복물의 사용이 증가하고 있으나, 이러한 수복물들은 대개 하부 치아와 합착재에 따라 색조가 결정되므로, 기공실에서는 이러한 점을 읽어낼 수가 없기 때문에 기계적으로 측정된 값을 반영하기가 어려워진다. 그러므로 이러한 기술이 임상적으로 널리 쓰이기 위해서는 몇 가지 실질적인 문제점에 대한 해결이 필요한데, 표준화 작업이나 비용 그리고 임상적인 상황에서의 사용의 간편함 등이 해결되어야 하며, 각 치아의 색조에 대한 체계적인 자료 분석이 필수적이며, 자연치아 색조의 gradation에 대해 분석하는 것 역시 중요하다.

치의학에서의 기술적인 발전 덕분에, 컴퓨터 영상화나 사진 영상화 등을 이용하여 관찰자의 주관성을 제거하려는 시도들은 무한한 가능성을 가지고 있다. 즉, 기계적인 색측으로 오류나 재제작의 가능성을 줄이면서, 분석이나 의사소통, 그리고 색조의 확인 까지 보다 효과적으로 할 수 있는 방법들에 대한 더 많은 연구가 함께 진행되어야 할 것이다.

Ⅴ. 결 론

20명의 피검자를 대상으로 우측 상악 중절치의 색조 선택 결과 Vita classic shade guide와 Shadepilot™ 및 ShadeEye NCC® 측정값은 각각 20명중 6명(30%)과, 20명중 5명(25%)이 일치하였으며, Shadepilot™ 과 ShadeEye NCC®간에는 20명중 11명(55%)의 일치를 보였다. 또한 20명중 5명(25%)에서는 세 가지 방법의 측정값 모두가 일치하였으며 20명중 9명(45%)에서는 측정값이 모두 달랐다. 실험 결과 시각적인 방법인 Vita classic 색조 견본을 이용하는 방법은 그 결과가 다른 방법과 일치하는 비율이 낮은 반면에 기계를 이용한 두 방법간에는 일치도가 높게 나타난 것으로 보아 심미적인 보철물 제작에 기계적인 색조 선택법이 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. J Dent Res 1990;69:1180-3.
2. Sproull RC. Color matching in dentisty. Part Ⅲ. color control. J Prosthet Dent 1974;31:146-54.
3. Preston JD. Current status of shade selection and color matching. Quintessence Int 1985:47-58.
4. 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.
5. Sproull RC. Color matching in dentistry. 1. The three-dimensional nature color. J Prosthet Dent 1973;29:416-24.
6. Lund TW, Schwabacher WB, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of the relationship between body color porcelain and applied metallic oxide pigments. J Prosthet Dent 1985;53:790-6.
7. O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F. Double-layer color effects in porcelain systems. J Dent Res 1985;64:940-3.
8. Ma T, Johnston WM, Koran A 3rd. The color accuracy of the Kubelka-Munk theory for various colorants in maxillofacial prosthetic material. J Dent Res 1987;66:1438-44.

9. Rugh EH, Johnston WM, Hesse NS. The relationship between elastomer opacity, colorimeter beam size, and measured colorimetric response. Int J Prosthodont 1991;4:569-76.
10. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989;68:819-22.
11. Brewer JD, Glennon JS, Garlapo DA. Spectrophotometric analysis of a nongreening, metal-fusing porcelain. J Prosthet Dent 1991;65:634-41.
12. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830anterior teeth. J Prosthet Dent 1987;58:535-42.
13. Ishikawa-Nagai S, Sato RR, Shiraishi A, 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;7:50-5.
14. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. J Prosthet Dent 2003;89:50-3.
15. Sproull RC. Color matching in dentistry. II. Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973;29:556-66.
16. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. J Prosthet Dent 1970;24: 166-73.
17. Yap AU, Bhole S, Tan KB. Shade match of tooth-colored restorative materials based on a commercial shade guide. Quintessence Int 1995;26:697-702.
18. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. J Prosthet Dent 2004;92:371-6.
19. Klemetti E, Matela AM, Haag P, Kononen M. Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. J Oral Rehabil 2006;33:31-5.
20. Chu SJ. Precision shade technology: contemporary strategies in shade selection. Pract Proced Aesthet Dent 2002;14:79-83.
21. 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.
22. Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. J Prosthet Dent 1998;79:254-60.
23. Douglas RD, Brewer JD. Variability of porcelain color reproduction by commercial laboratories. J Prosthet Dent 2003;90:339-346.
24. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessment of teeth. J Prosthet Dent 1997;77:464-470.
25. Paul SJ, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res. 2002;81:578-82.
26. 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.
27. Hammad IA, Stein RS. A qualitative study for the bond and color of ceramometals. Part II. J Prosthet Dent 1991;65:169-79.
28. Kourtis SG, Tripodakis AP, Doukoudakis AA. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of different metal alloys and porcelains in the metal-ceramic complex. J Prosthet Dent 2004;92:477-85.
29. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. J Dent Res 1989;68:1755-9.
30. 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.
31. Haywood VB, Leonard R H, Nelson CF, Brunson WD. Effectiveness, side effects and long-term status of night guard vital bleaching. J Am Dent Assoc 1994;125:1219-26.

Corresponding author : Sooyeon Shin
Dept. of Prosthodontics, School of Dentistry, Dankook University.
San 7-1, Shinbu-dong, Cheonan, Choongnam, Korea. 330-180.
Email : syshin@dankook.ac.kr

- ABSTRACT -

Clinical Color Match using Shadepilot™

Soo-yeon Shin

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Dankook University

The ability of a dentist to select and communicate an acceptable shade match to a dental laboratory may be the most important factor in esthetic restorative dentistry. However, shade matching is a very complex situation. In this study, an attempt was made to compare and evaluate the conventional visual assessment and colorimetric analysis in clinical shade matching. 20 patients were selected and their maxillary central incisors shade were measured by Vita classic shade guide, using Shadepilot™ and ShadeEye NCC®. The results indicate that there is much variation in the shade selection by visual and instrumental methods.

Key words: Color matching, Shadepilot, Shade guide