

# 가시광선영역에서 shade guide에 따른 광투과도 특성 연구

전북대학교 치과대학 보철학교실 및 구강생체과학연구소

최근배 · 박찬운 · 송창용 · 고석민

## I. 서 론

인간의 생활수준이 향상되면서 치의학 분야에도 심미에 대한 요구가 증가되고 있으며, 환자들의 심미적 욕구가 점점 높아짐과 함께 다양한 재료를 이용한 심미보철 수복에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다.

현재 주로 이용되고 있는 심미수복재료로서 도재 수복물의 심미성에 영향을 미치는 요소로는 치아의 외형, 표면상태, 투명도, 색조등이 있으며 이 가운데 특히 투명도는 성공적인 수복물 제작을 위한 중요한 요소라고 할 수 있다<sup>1)</sup>.

이러한 심미보철을 위한 도재의 기계적, 물리적 특성에 대해서는 많은 연구와 발전이 있어왔지만 색조의 조화에 대해서는 아직도 많은 문제를 내포하고 있으며, 임상적, 기술적인 면에서 수복물의 색조선택, 특히 투명도에 관해서는 많은 어려움이 있다<sup>2)</sup>.

심미보철학에서 치아수복시 심미성에 영향을 주는 요인으로는 색조(Color), 치아의 형태와 크기, 치아의 배열상태와 비율관계, 광선, 투과성, 수복물의 Design 등이 있으며, 실제로 우리눈에 민감하게 나타나는 것은 색과 형태라고 할 수 있다. 색의 학문은 매우 복잡하고 과학과 예술 전반의 지식을 필요로 하며 이성과 감성에 동시에 의존하는데 특히, 도재 색조의 조화에 대해서는 아직도 임상적, 이론적인 면에서 치아색조의 선택과 재현에는 많은 진전을 보여주고 있지 못하고 있다.

또한, 전치부 심미성과 관련되어 수복물의 형태,

배열상태, Design, 물리적 성질등은 비교적 가치 기준이 설정되어 있으나 색채를 과학적으로 추구하려는 오랜 시도에도 불구하고 자연치와 가장 유사한 수복물을 만들기 위한 색에 대한 지식이 불충분함을 인정할 수 밖에 없다. 치의학에서 전통적인 색채결정의 방법은 shade guide이며, 색채는 세가지 차원인 색상, 명도, 채도를 가지고 있다. 여기에 치아와 치과 도재 재료는 네번째 차원인 반투명성에 대한 영역까지 색채심미학을 발전시켰다<sup>3)</sup>.

특히, 도재수복물의 색조에 영향을 미치는 요소로서 Barghi<sup>3,4)</sup>는 사용하고 있는 shade guide 자체의 색조범위의 제한성, 색조선택시 주관성 및 조건동색효과 등의 임상적인 요소와 기공적인 요소, 진료실과 기공실에서 색조의 전달체계와 색조선택시 불일치에 따른 요소들이 있다고 하였다.

색이란, 빛의 물리적 변화로서 물체의 물리적 특성에 따라 그 물체에서 반사되는 빛이 시각을 통해서 전달된 후 중추신경에서 해석되는 색소(colorant)로 정의할 수 있으며, 또한 빛의 분광조성의 차에 의하여 물체의 성질차가 인정되는 시각각의 특성이라 할 수도 있겠다. 또한, 특정 물체의 색에 영향을 미치는 요소로는 물체에 비추지는 빛(광원)의 성질, 물체의 물리적 성질, 관찰자의 시각능력 및 주관적 판단, 주변색과의 상호관계등이 있으며 이중 빛(광원)의 성질이 가장 중요하게 작용한다.

비교적 고른 색상분포를 보이는 자연광도 시간에 따라 많은 차이를 나타내며 진료실에서 사용되는 대부분의 광원은 일정한 빛의 분포를 갖는 경우가 많

지 않다. 우리가 볼 수 있는 가시광선의 파장은 약 380~780nm 로서 보라(violet) 380~440nm, 청색(blue) 440~510nm, 녹색(green) 510~565nm, 노랑(yellow) 565~590nm, 주황(orange) 590~620nm, 적색(red) 620~780nm로 physical range 를 분류해 볼수 있으며 이러한 빛은 물체에 부딪칠 때에 광에너지를 흡수(absorbing), 반사(reflecting), 통과(transmitting), 굴절(reflecting) 시킴에 따라 눈에 감지되는 투명도의 질을 결정하게 된다.

이처럼 색을 인지하고 판단하는 방법에 있어서 주관적인, 개인적 평가가 가장 쉬운 방법이나 색을 구별하는 능력이 개인마다 다르고 빛의 상태에 따라 색의 인식에 변화를 가져오는 등의 많은 오차를 초래할수 있다<sup>5)</sup>. 치아의 색조선택은 주로 광원을 포함한 주위환경에 의해 영향을 받으며 여기에는 관찰자의 주관적인 요소가 포함된다<sup>6,7)</sup>. 따라서 색을 객관적으로 평가, 분류하기 위해서 색차를 양적으로 분류할 수 있는 체계가 필요하게 되었고, 잘 알려진 방법 중의 하나가 색상, 명도, 채도를 기본으로 각각 번호나 기호로 분류시킨 색표를 이용한 먼셀 색체계이다. 연구 목적으로 더 자주 사용되는 색체계가 1978년 국제 조명 위원회 (Commission Internationale de J' Eclairage)에 의해 개발되었는데 이는 CIE색체계라고 불리며 La \* b \*의 세가지 빛의 속성을 사용하여 나타내는 방법이다<sup>8)</sup>.

이와같이 색을 표시하고 양적으로 구분하고, 평가할 수 있는 여러가지 방법이 사용되었으나, 빛의 종류나 개인적인 인식의 차이 등에 의하여 평가에 어려움을 경험해 왔다<sup>9-12)</sup>. 이러한 개인의 시각적 오차를 제거할수 있는 객관적인 방법으로 자극치 직독방법(tristimulus)과 분광 측색 방법적 분석(spectrophotometric analysis)이 발전되었다<sup>5,13,14,17,19)</sup>.

투과도는 물체를 통과하는 빛의 상대적인 양을 의미하는 것으로 빛(광원)은 부딪치는 치아의 투명성에 의하여 반사되거나 또는 투과되며 반사시에는 치아면의 특성과 입사각에 의하여 반사되는 빛의 양이

좌우되며, 투과시에는 치아의 굴절이 투과율에 영향을 준다.

O' keefe 등<sup>15)</sup>은 porcelain veneer의 두께와 파장에 따른 투과율 연구에서 투과율은 주로 두께에 영향을 받으며 파장이 길고 시편의 두께가 얇을수록 높은 투과율을 보인다고 하였으며, D.C Watts와 A.J. Cash<sup>16)</sup>는 각각 동일한 두께의 ceramic, resin, G-I cement등의 시편을 이용하여 녹색 파장하에서 흡수율과 투과율을 비교하였다.

또한, Brodbelt 등<sup>30)</sup> 1mm두께의 A2 body porcelain 시편을 이용하여 가시광원 영역에서 파장이 길어질수록 투과율이 증가한다고 하였으며, 평균적인 투과율을 0.13%로 산출하였다.

지금까지 임상적으로 시판된 shade guide를 사용함에 있어서 색조에 관한 많은 연구들이 있었으나, 투명도에 대한 연구는 미비했으므로 본 연구에서는 spectrophotometer를 이용하여 같은 조건의 입사각을 가지고 각각의 파장분포를 가지는 가시광원하에서 시판된 3 종류의 shade guide간의 상대적인 파장별 투과도를 알아보고, 각각의 shade tab의 절단부 1/3에서 파장에 따른 투과율 차이와 색상, 명도, 채도에 따른 유의성을 분석하고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

본 실험에서는 색조가이드의 각 shade tab 의 투명도를 측정하기 위해 Table 1에 정리한 것과 같이 현재 시판중인 3가지 색조 가이드를 이용하였다.

### 2. 연구방법

#### (1) 시편제작

Shade guide의 표면특성에 부정확성을 가져올수 있는 잠재적인 요소를 제거하기 위해 새로 개봉된

Table 1. Shade guides in this study

Shade guide	Manufacturer
Vita lumin vacuum shade guide	VITA Zahnfabrik, Germany
Vintage and unibond shade guide	SHOFU INC, Japan
Vitapan 3D-master tooth guide	VITA Zahnfabrik, Germany

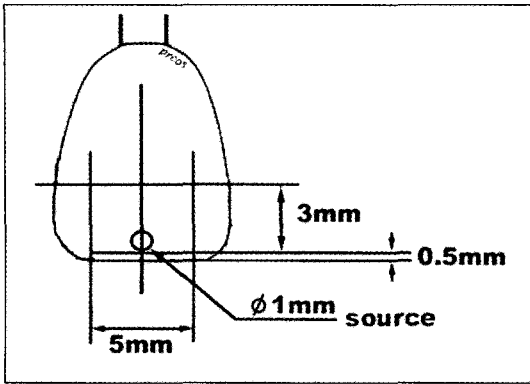


Fig. 1. Diagram of the shade tab passing through light source.

각각의 shade tab을 steam cleaner로 세척한후 10초간 oil free compressed air syringe로 건조시켰다<sup>20)</sup>.

3mm×5mm의 넓이를 가지고 4mm의 높이를 가지는 pattern resin block를 제작하여 각 shade tab의 절단면 중앙으로부터 0.5mm 떨어지도록 하고, 근원심면으로 중앙에 위치시키도록 하여 shade tab에 부착 시켰다(Fig. 1).

Pattern resin block 이 부착된 shade tab을 73mm×43mm의 넓이를 가지고 12mm의 높이를 가지는 plastic box의 중앙에 오도록 고정후 Dubilsil-sp (Dreve-dentamid, Germany) 복제용 silicone material를 혼합하여 silicone mold가 shade tab의 절단면쪽 순면의 0.5mm를 덮도록 하고, 3mm×5mm×4mm의 window가 만들어지도록 하였다(Fig. 1). 각각 plastic box에 고정된 silicone mold를 3종류의 shade guide별로 제작하였고, 고정된 silicone mold가 제작된 plastic box의 뒷면에 20mm×25mm 넓이의 opening을 형성하여 통과된 광원을 계측하도록 하였다.

## (2) 광투과도 측정

광원은 자연광과 가장 유사한 파장 형태를 가지는 600 watt, heat-filter type의 할로겐 램프(Oriel corp. General catalogue, Stratford, Conn. 06497 USA)를 사용하였고<sup>27,28)</sup>, 3종류의 shade guide 별로 각각의 shade tab을 plastic box에 맞도록 제작된 silicone mold를 고정하고, spectrophotometer (Jovin-Yvon corp, USA)내에 위치시킨후 지름 1mm의 원형 slit을 통하여 광원을 통과시켰다(Fig. 2).

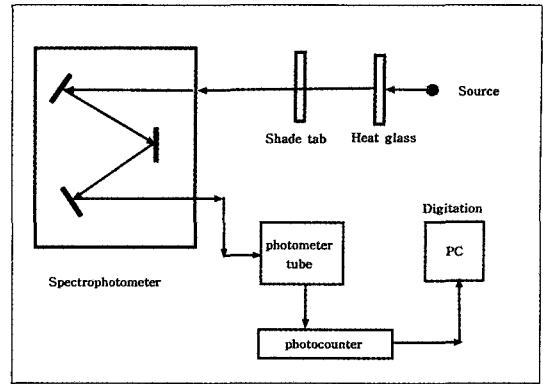


Fig. 2. Schematic diagram of spectrophotometer.

각 shade tab의 순면에 근원심으로 중앙을 지나고, 절단면으로부터 0.5mm 떨어진 부위에 광원의 초점이 수직으로 입사되도록 한후 가시광선 영역인 400nm~700nm에서 각 shade tab을 통과한 direct transmittance<sup>30)</sup>를 5회 측정후 최고치와 최저치를 제외한 3개의 투과율의 평균을 산정하여 shade tab의 투과율을 산정하였다.

본 연구에서는 spectrophotometer와 연결된 컴퓨터를 이용하여 측정하였으며, 측정치는 Microcal origin 프로그램을 이용하여 그래프와 투과율을 산출하였다.

## Ⅲ. 연구 성적

각 shade tab을 400nm~700nm 영역에서 투과율 그래프와 총 투과량, 총 투과율의 평균값을 산출하고, 파장에 따른 투과율의 분포를 비교하기 위해 400nm~500nm, 500nm~600nm, 600nm~700nm의 영역에서 투과율의 분포 양상을 산출하였다.

### 1. 400nm~700nm에서 각 shade guide의 투과율 양상 그래프 비교

Vita-lumin shade guide에서는 거의 모든 shade tab 에서 단파장 에서 장파장 쪽으로 갈수록 투과율이 완만히 증가하는 그래프를 보여주고 있었고, A4, C2, D4 shade tab에서는 550nm 이하의 영역에서 비교적 급격하게 투과율이 증가하는 그래프의 양상을 나타냈다(Fig. 3, 4, 5, 6).

Vintage and unibond shade guide 에서는 모든 shade tab 에서 단파장 에서 장파장 쪽으로 갈수록 투과율이 완만히 증가하는 그래프를 보여주고 있으며, 550nm 이상의 파장 영역에서는 투과율의 증가

가 거의 직선에 가까운 형태를 보였다. A, B, C, D 각 군의 군내 shade tab의 배열순서에 따라 그래프의 위치가 순차적으로 낮아졌고, shade tab간의 그래프는 평행하게 진행되는 양상을 나타내었다(Fig. 7,

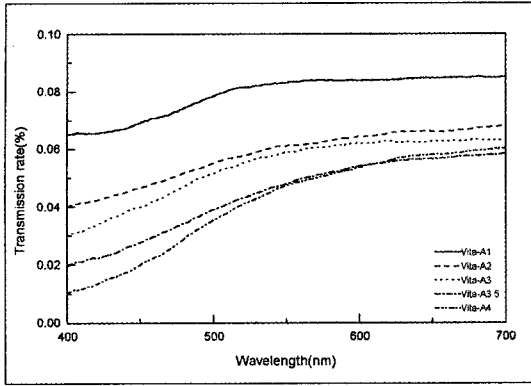


Fig. 3. Graph of Vita "A" group transmission rate.

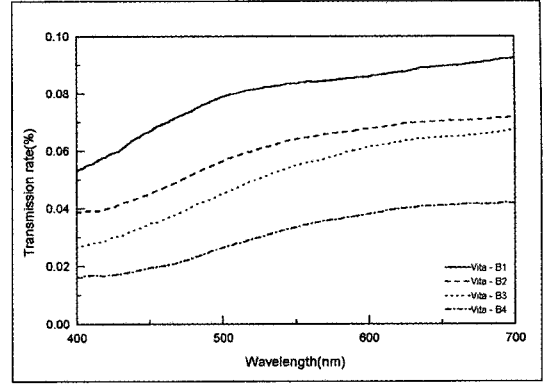


Fig. 4. Graph of Vita "B" group transmission rate.

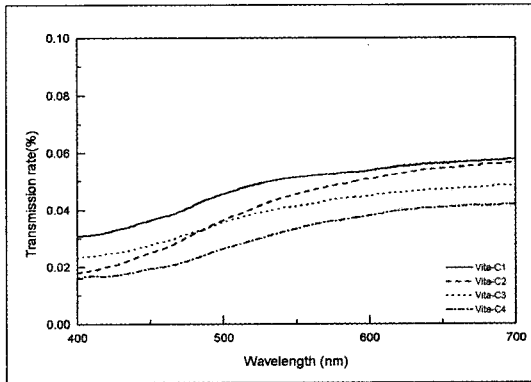


Fig. 5. Graph of Vita "C" group transmission rate.

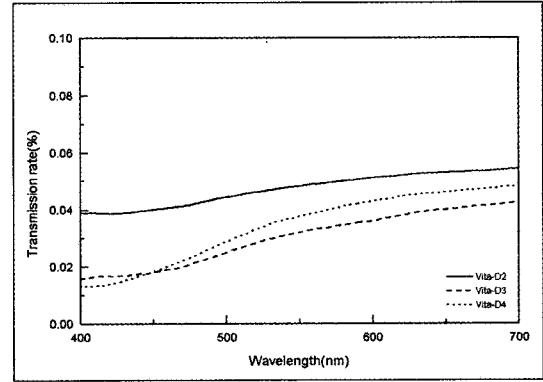


Fig. 6. Graph of Vita "D" group transmission rate.

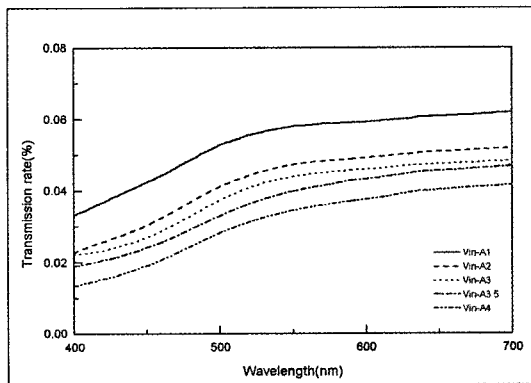


Fig. 7. Graph of Vintage "A" group transmission rate.

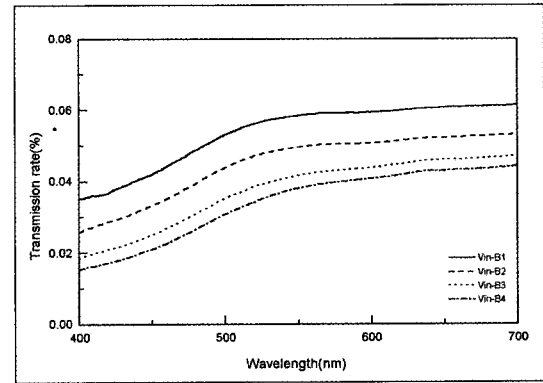


Fig. 8. Graph of Vintage "B" group transmission rate.

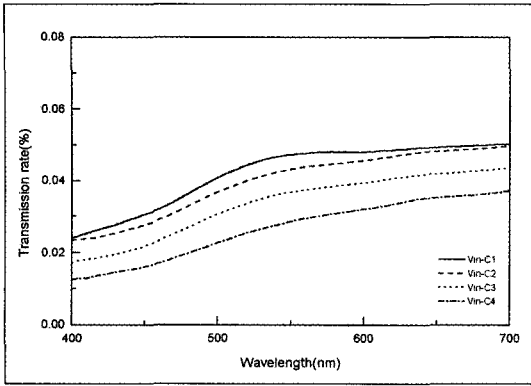


Fig. 9. Graph of Vintage "C" group transmission rate.

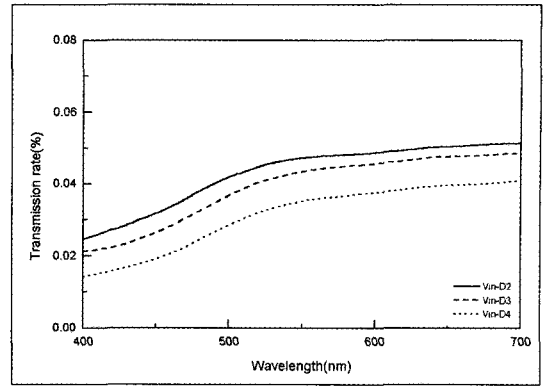


Fig. 10. Graph of Vintage "D" group transmission rate.

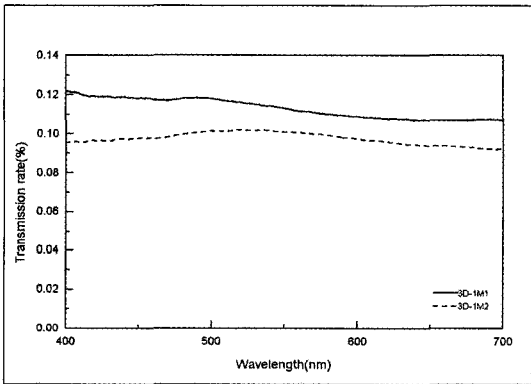


Fig. 11. Graph of 3D-Vitapan "1" group transmission rate.

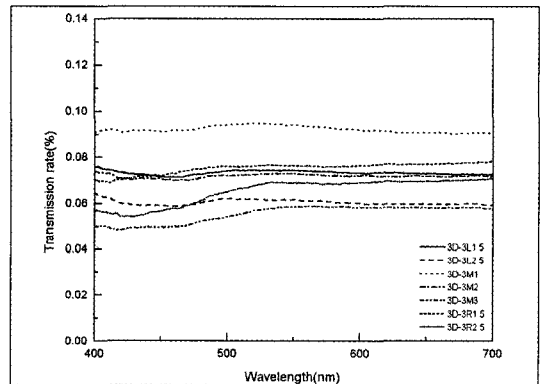


Fig. 12. Graph of 3D-Vitapan "2" group transmission rate.

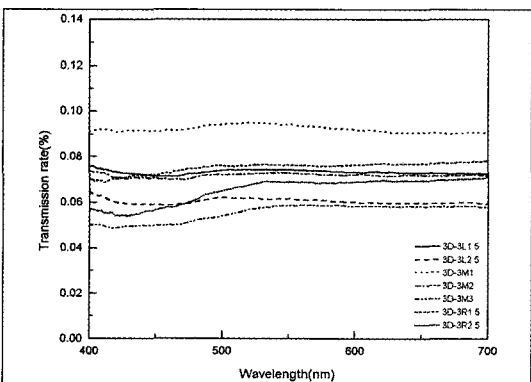


Fig. 13. Graph of 3D-Vitapan "3" group transmission rate.

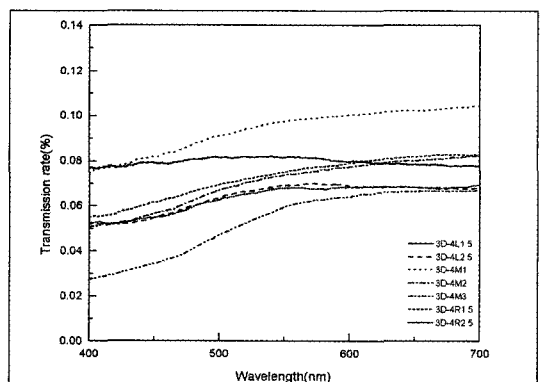


Fig. 14. Graph of 3D-Vitapan "4" group transmission rate.

8, 9, 10).

Vitapan 3D-master shade guide에서는 shade tab의 명도순으로 "1", "2", "3" 군과 4M1, 4M2,

4M3, 4R1.5의 shade tab에서는 단파장 영역과 장파장 영역에서 서로 비슷한 투과율을 나타내어 경사도가 없는 그래프 형태를 보여주고 있으며, 4L1.5,

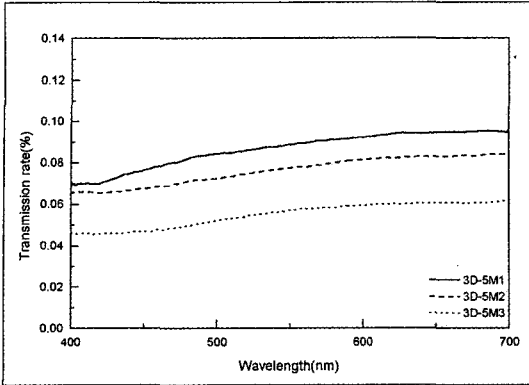


Fig. 15. Graph of 3D-Vitapan "5" group transmission rate.

4L2.5, 4R2.5 shade tab과 명도순으로 "5" 군에서는 장파장쪽으로 갈수록 완만히 증가하는 그래프의 양상을 나타냈다(Fig. 11, 12, 13, 14, 15).

## 2. 400nm-700nm에서 shade guide의 총 투과량 비교

Vita-lumin shade guide에서는 400nm-700nm 영역에서 A1 shade tab 에서 가장 많은 총 투과량을 보였고, C4 shade tab에서 가장 적은 투과량을 보였다. A, B, C 군의 shade tab들 에서는 각 군 내에서 배열이 뒤로 갈수록 총 투과량이 낮아졌으며, D 군 에서는 D2, D4, D3 순으로 투과량이 낮아졌다 (Table 2, Fig. 16).

Vintage and unibond shade guide에서는 B1 shade tab 에서 가장 많은 총 투과량을 나타냈으며, C4 tab 에서 가장 적은 투과량을 나타냈다. D4 tab 을 제외한다면 총 투과량의 순서는 명도별로 shade tab을 배열했을때와 동일한 순서를 나타내었다. A, B, C, D 군의 모든 tab들에서 군 내의 배열 순서가 뒤로 갈수록 총 투과량이 감소되는 양상을 보였다 (Table 3, Fig. 17).

Vitapan 3D-master shade guide에서는 1M1 shade tab이 가장 큰 총 투과량을 나타냈고, 2M1, 3M1순으로 총 투과량이 감소하였으며, 5M3이 가장 적은 총 투과량을 나타내었다. 각각의 shade tab은 같은 채도에서는 명도별 순서에 따라 명도가 낮을수록 총 투과량이 같은 순서로 감소하였으며, 같은 명도에서는 채도가 높을수록 총 투과량이 순차적으로

감소하였다(Table 4, Fig. 18).

## 3. 400nm-700nm에서 shade guide의 투과율의 평균값 비교

Vita-lumin shade guide에서 총 투과율의 평균값은 A1 shade tab에서 0.07685%로 가장 컸으며, D3 tab 에서 0.02726%로 가장 낮은값을 나타내었다. D3 tab을 제외한 A, B, C 각 군 내에서 배열순서가 뒤로 갈수록 총 투과율의 평균값도 낮아지는 것으로 나타났다(Table 2).

Vintage and unibond shade guide에서 총 투과율의 평균값은 B1 shade tab에서 0.05098%로 가장 컸으며, C4 tab 에서 0.02402%로 가장 낮은 값을 나타내었다. A, B, C, D, 각 군 내에서 배열순서가 뒤로 갈수록 총 투과율의 평균값도 낮아지는 것으로 나타났다(Table 3).

Vitapan 3D-master shade guide에서 총 투과율의 평균값은 1M1 shade tab에서 0.11443%, 2M1 tab 에서 0.11126%로 가장 컸으며, 5M3 tab 에서 0.04301%로 가장 낮은값을 나타내었다(Table 4).

## 4. 400-700nm에서 파장 영역별 투과율 점유도 분석

400nm-500nm, 500nm-600nm, 600nm-700nm까지의 각 영역별로 파장에 따른 shade tab의 투과율의 상대적인 비율을 산출하여 보라와 청색, 녹색과 노랑, 주황과 적색에 대한 투과율 관계를 계산하였다.

Vita-lumin shade guide에서는 청색 영역인 400-500nm에서 C2 tab을 제외하면 각 군의 배열순서에 따라 투과율의 점유도가 감소하였고, 녹색과 노랑 영역인 500-600nm에서는 모든 shade tab의 상대적인 투과율이 비슷하였다. 600nm-700nm에서는 각 군의 tab 배열순서에 따라 점유율이 순차적으로 증가하였다(Fig. 19).

Vintage and unibond shade guide에서 400nm-500nm 에서는 A, B, C, D 각 군의 군내 배열 순서에 따라 상대적인 투과율이 순차적으로 감소하였으며, 500nm-600nm 에서는 모든 shade tab에서 비슷한 상대적인 투과율을 나타냈고, 600nm-700nm 에서는

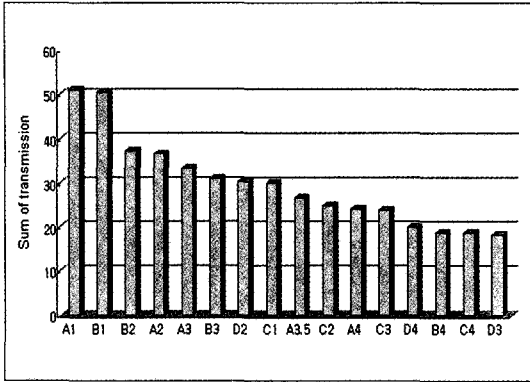


Fig. 16. Sum of transmission rate of Vita shade guide at 400-700nm.

Table 2. Mean and sum of transmission rate of Vita shade guide at 400-700nm

Vita shade tabs	Mean of transmission rate%	sum of transmission rate
A1	0.07685	51.02804
A2	0.05511	36.59196
A3	0.05039	33.46081
A3.5	0.04009	26.61737
A4	0.03636	24.14031
B1	0.07621	50.60363
B2	0.05632	37.39328
B3	0.04702	31.21937
B4	0.02832	18.8025
C1	0.04525	30.04418
C2	0.03759	24.96282
C3	0.03614	23.99988
C4	0.02832	18.8025
D2	0.04556	30.25145
D3	0.02726	18.10265
D4	0.03027	20.09953

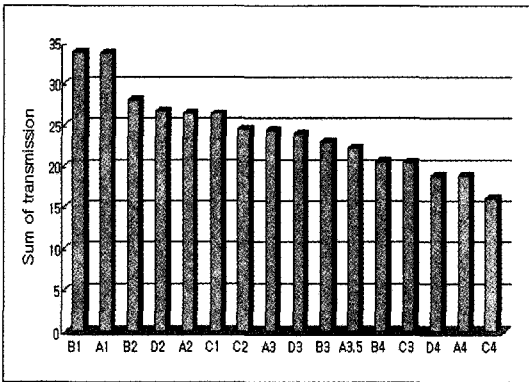


Fig. 17. Sum of transmission rate of Vintage shade guide at 400-700nm.

Table 3. Mean and sum of transmission rate of Vintage shade guide at 400-700nm

Vita shade tabs	Mean of transmission rate%	sum of transmission rate
A1	0.05081	33.73928
A2	0.03986	26.46419
A3	0.03667	24.34681
A3.5	0.03351	22.2502
A4	0.0283	18.79392
B1	0.05098	33.85104
B2	0.04221	28.02892
B3	0.03454	22.93401
B4	0.03089	20.51087
C1	0.03959	26.28641
C2	0.03685	24.47144
C3	0.03978	20.4412
C4	0.02402	15.95242
D2	0.04036	26.79682
D3	0.03614	24.00027
D4	0.02841	18.8624

A, B, C, D 각 군의 군내 배열 순서에 따라 상대적인 투과율이 순차적으로 증가하였다(Fig. 20).

Vitapan 3D-master shade guide 에서는 모든 shade tab에서 400nm-500nm, 500nm-600nm,

600nm-700nm 영역별로 비슷한 비율로 상대적인 투과율이 측정되었다(Fig. 21).

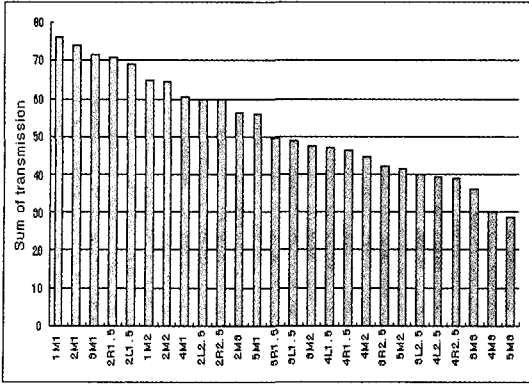


Fig. 18. Sum of transmission rate of Vitapan 3D-master shade guide at 400-700nm.

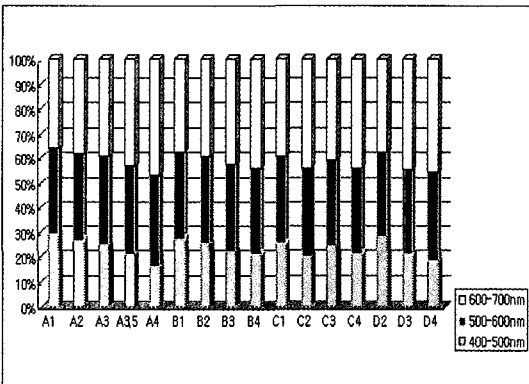


Fig. 19. Relative transmission of Vita shade guide at 400-500, 500-600, 600-700nm.

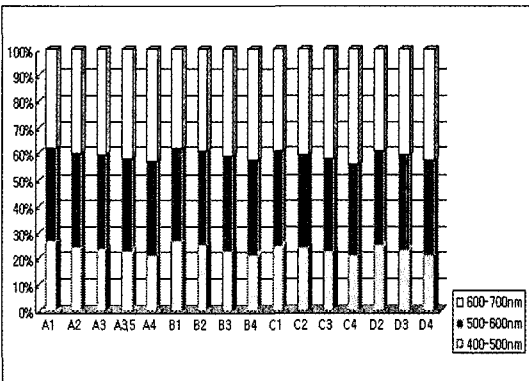


Fig. 20. Relative transmission of Vintage shade guide at 400-500, 500-600, 600-700nm.

Table 4. Mean and sum of transmission rate of Vitapan 3D-master shade guide at 400-700nm

3D Master	Mean of transmission rate%	sum of transmission rate
1M1	0.11443	75.97842
1M2	0.09773	64.89315
2L1.5	0.10389	68.98182
2L2.5	0.08995	59.72977
2M1	0.11126	73.87893
2M2	0.09674	64.23478
2M3	0.08503	56.45799
2R1.5	0.10626	70.55819
2R2.5	0.08977	59.60405
3L1.5	0.07236	48.64272
3L2.5	0.06045	40.14067
3M1	0.09199	71.38687
3M2	0.07168	47.59443
3M3	0.05431	36.06303
2R1.5	0.07455	49.50173
3R2.5	0.0635	42.1643
4L1.5	0.07078	46.99984
4L2.5	0.05913	39.26547
4M1	0.09093	60.37778
4M2	0.0669	44.42224
4M3	0.04526	30.05044
4R1.5	0.06979	46.34197
4R2.5	0.05883	39.06292
5M1	0.08385	55.67796
5M2	0.06209	41.22975
5M3	0.04301	28.55658

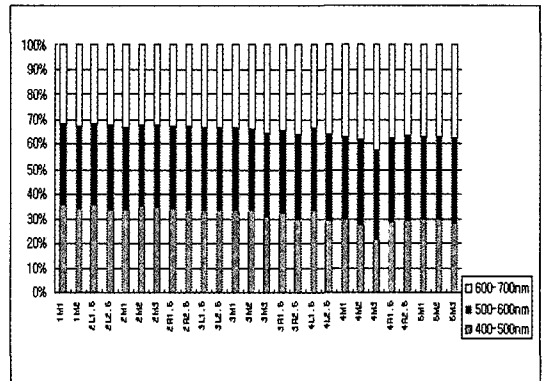


Fig. 21. Relative transmission of Vitapan 3D-master shade guide at 400-500, 500-600, 600-700nm.



#### IV. 총괄 및 고찰

현재 치과용 도재의 투과도를 측정하기 위한 많은 노력과 방법들이 시행되고 있으나, 시각적 측정방법의 주관성이나 spectrophotometer 등의 측정기기의 임상적용의 문제점으로 인하여 많은 어려움이 있으며<sup>19,24,35)</sup>, 투과도 측정시 영향을 주는 요소로는 광원<sup>25,27,28,32)</sup>, 표면의 광택<sup>23)</sup>, 광원 입사면의 형태<sup>23)</sup>, 시편의 두께<sup>15,16)</sup> 등이 있다.

치과용 도재의 투명도를 연구하는 방법으로는 도재를 완전히 통과하여 계측점에 도달한 광원만을 기록하는 direct transmission 과 재료를 순수하게 통과한 광원뿐만 아니라 반사, 굴절된 빛까지 합하여 투과광을 계측하는 total transmission 이 있고, 재료표면의 반사도를 투과율과 관련하여 계측하는 spectral reflectance<sup>29,37)</sup>가 있다<sup>30)</sup>.

자연치와 shade guide의 투과율을 비교해 보았을 때, Brodbelt<sup>30)</sup> 등에 의하면 A2 shade tab의 body porcelain 의 1mm 두께에서 0.13%의 투과율을 나타내어 도재에 비해 자연치가 상대적으로 많은 투과율을 보인다고 하였으며<sup>20)</sup>, 이것은 shade guide가 자연치나 치관 주조용 도재와 비교해 보았을 때 기본적으로 tab의 두께가 두껍고, 제작되는 도재의 조성 성분이 차이가 있으며, 측정되는 적층구조가 다르기 때문이다<sup>29)</sup>.

파장이 클수록 투과율이 증가하는 것<sup>20,21)</sup>은 파장이 클수록 빛의 산란이 감소하여 투과율이 커진다는 Rayleigh scattering 방정식<sup>25,26)</sup>과도 일치한다고 볼 수 있으며 장파장 영역에서 투과율 경사도가 커지거나 투과율이 큰 것은 황색, 적색 계열의 빛을 더 많이 투과한다는 것을 의미할 수 있다.

자연치의 색상과 명도, 채도를 분석한 여러 연구들을 보면<sup>19,22)</sup>, shade guide<sup>33-35)</sup>는 상대적으로 자연치보다 색상은 노랑색 계열로 편위되어 있고, 명도는 낮으며, 채도는 비슷한 것으로 분석되었으나 조사자<sup>21)</sup>마다 다소의 차이가 있다.

본 실험에서 3개 사의 shade guide 별로 서로 비교할 수 없는 점은 제조회사 별로 측정부위에서 tab의 두께차이, 반사율 차이, porcelain 성분과 적층구조의 차이, 순면의 곡면도와 입사형태 등의 차이점으로 인하여 동일한 shade guide 내 tab들끼리 상대적 인 비교만이 가능하다고 할수있다<sup>29)</sup>.

이에 저자는 각 제조회사별로 shade tab의 상대적 인 투과율을 분석하여 색상, 명도, 채도와의 상관관계를 조사하고 배열순서와의 어떠한 연관성을 가지는지 알아보려고 하였다.

각 shade guide의 투과율 그래프에서 Vita-lumin shade guide, Vintage shade guide는 단파장에서 장파장으로 갈수록 기울기의 차이는 있으나 투과율이 증가하는 것은 파장이 길수록 빛의 산란이 감소하여 투과율이 커지기 때문으로 해석되며<sup>25,26)</sup>, 각 그래프에서 투과 곡선에 투과율이 일정한 부분(shoulder)가 나타나는 것은 재료내에 색소가 첨가 되었다는 것을 시사<sup>23)</sup>하고, 이것은 주로 황색과 적색 계열의 착색 분말이 사용된 것으로 평가해 볼수 있으며<sup>31)</sup>, tab들 간 투과율 기울기의 차이는 tab별 사용된 도재분말의 불투과도 차이에 따를것이라고 생각된다. 600nm 이상에서 투과율 shoulder가 나타나 투과율이 증가하지 않는 것은 적색영역에서 최고의 투과율을 가지고, 투과율이 그 이상의 한계치를 가지지 못한다는 것을 의미하며<sup>26)</sup>, 또한, 투과율 그래프들이 비교적 평행하게 진행되는 tab들에서는 가시광원하에서 유사한 투과패턴 양상을 가진다고 볼수있다.

Vitapan 3D-master shade guide에서 명도별 1, 2, 3 군에서 단파장 영역과 장파장 영역의 투과율이 비슷한 것은 tab들의 절단부에 청색계열의 착색제 분말을 상대적 많이 사용한 것으로 생각되며, 적색 계열의 착색제도 동량으로 혼재되어 있는 것으로 비교적 고른 파장별 투과율을 나타내고<sup>23)</sup>, 4 군과 5 군에서부터 장파장으로 갈수록 투과율이 증가하는 tab이 나타난 것은 명도를 감소시키기 위해 적색을 가지는 착색제의 양을 증가시켰기 때문으로 사료된다.

투과율의 총량을 비교해 보았을 때 Vita-lumin shade guide와 Vintage shade guide에서는 각 색상 group 내에서 배열순서에 따라<sup>29,33)</sup> 채도가 높아짐에 따라<sup>36)</sup> 투과도가 순차적으로 떨어지며, 색상에 따른 투과율 차이는 보이지 않았다. 위 2개의 shade guide에서 A, B 군이 C, D 군 보다 투과율이 높는데, 이것은 색공간내에서 A, B 군이 채도가 높은 위치에 있는것과 관련이 있을 것으로 생각되며<sup>19,22,36)</sup>, A1, B1 tab이 비교적 다른 tab 보다 투과율이 높은 것은 절단부 porcelain 성분중 투과도가 큰 분말을 사용했을 것이라는 것을 시사한다<sup>29)</sup>. Vita-lumin shade guide에서 총 투과량이 D2, D4, D3 tab순으로 차례

가 정해진 것은 Peregrina<sup>36)</sup> 등에 의한 조사에서 채도가 D2, D4, D3 tab순으로 계속됐다는 것과 관련이 있다. 특히, Vintage shade guide에서 D4 tab을 제외하면 총 투과량의 순서를 정했을 때 이는 명도별로 tab을 배열했을때와 배열순서가<sup>29)</sup> 일치되는 것을 알 수 있으며, Vintage shade guide tab에서 명도의 작은 변화는 shade tab의 투과율 변화에 민감하게 나타났다. D4 tab에서 차이가 있는 것은 실험상의 tab 위치가 변위되었거나 명도가 낮은 도재분말이 사용되었을것이라 생각된다.

Vitapan 3D-master shade guide는 같은 명도와 색상을 가지는 tab들에서 채도가 증가할수록 총 투과량이 감소하였고, 같은 채도와 색상을 가지는 tab들에서는 명도가 커질수록 총 투과량이 증가하였다 (Table 4).

Vita-lumin shade guide와 Vintage shade guide의 영역별 투과율의 상대적인 분석을 보았을 때 청색 영역인 400nm에서 500nm 까지의 파장에서는 각 색상 군의 첫 번째 tab 들이 점유도가 상대적으로 가장 크고, 배열순서에 따라 점유도가 감소하는 것을 볼수 있는데 이는 배열순서에 따라 청색의 착색제 분말의 사용을 감소시켰거나 청색영역의 투과율이 순차적으로 감소했다는 것을 알 수 있다(Fig. 19, 20). 녹색영역인 500nm에서 600nm 까지의 파장에서는 모든 tab 들이 큰 차이없이 유사한 투과율의 점유도를 보여 녹색 계통의 착색제가 동량으로 포함된 것을 알 수 있고, 적색 영역인 600nm부터 700nm에서는 각 색상 군의 배열순서에 따라 채도를 높이기 위해 적색 착색제 분말의 사용을 증가시켜 적색 영역의 투과가 점차로 커진 것을 알 수 있다. Vitapan 3D-master shade guide에서는 모든 영역에서 착색제 분포가 고른 경향을 나타내어 tab 들의 투과율의 점유도가 영역별로 유사한 것으로 나타났다.

자연치의 투과율을 조사한 결과를 보면<sup>20,21)</sup>, 통계적으로 유의한 차이는 없으나 젖은 상태의 표면이 건조된 표면에서 보다 높은 투과계수를<sup>20)</sup> 나타내는데, 이는 임상적으로 오랜 시술로 인해 치아가 건조해 있을시 선택한 투과도는 약간 낮은 투과도를 선택할 수 있음을 시사한다.

본 실험에서 결과에 대해 변수로 작용할수 있는 요인으로는 표면의 건조도<sup>20,21)</sup>, tab들간 순연의 만족도<sup>23)</sup>, 표면의 연마상태<sup>23,37)</sup>, shade tab의 도재분말의 조

성차이, mold 내에 위치시킬 때 변이의 가능성과 그 래프 해석 결과의 차이 등을 열거할 수 있다.

색조에 관한 여러 선학들의 spectrophotometer 연구에서 shade guide의 색상, 명도, 채도에 관계가 정량적으로 같은 간격( $\Delta E$ ) 차이로 되어 있는지 조사자마다 다양하므로<sup>22,34)</sup> 색조에 따른 투과율의 관계도 정량적인 같은 간격으로 조사될지는 어려움이 많을 것으로 사료되나, 본 실험을 통해 각 shade guide의 tab들에서 색조에 따른 투과율의 경향을 살펴볼 수는 있었다.

임상적으로 색조나 투명도의 선택에 있어 Vitapan 3D-master shade guide의 경우는 tab들이 3차원 색 공간내에 색상, 명도, 채도별로 체계적으로 배열되어 있으므로 색조선택에 새로운 합리적인 방법을 제시하였고, 투과율도 같은 양상을 나타냈으나 더욱 많은 연구와 정량적인 평가방법이 고안되어야 할것으로 생각된다.

## V. 결 론

치과용 도재의 투과도를 알아보기위해 현재 사용되고 있는 shade guide를 이용하여 가시광선 영역인 400nm에서 700nm까지의 파장영역에서 광투과도를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Vita-lumin shade guide는 D4 shade tab을 제외하면 A, B, C, D 각 group내에서 shade tab의 배열순서와 일치하여 광 투과율이 감소하였고, 명도 순서에 따른 투과율의 차이도 발견할수 없었다.
2. Vintage and unibond shade guide도 A, B, C, D 각 group내에서 shade tab의 배열순서와 일치하여 광 투과율이 감소하였고, D4 shade tab을 제외하면, 명도에 따른 모든 shade tab의 배열과 투과율의 순서가 일치하였다.
3. Vitapan 3D-master shade guide는 같은 명도와 색상에서는 채도가 높을수록 투과율이 감소하였고, 같은 색상과 채도를 가질 때에는 명도가 높을수록 투과율이 증가하였다. 같은 명도와 채도를 가질 때 색상에 따른 투과율의 차이는 보이지 않았으나, 적색의 색상을 가지는 "R" 계열의 tab에서는 장파장 영역으로 갈수록 투과율이 증가하였

다.

이상의 연구결과 임상적으로 Vitapan 3D-master shade guide는 3차원 색공간 내에 shade tab이 색상, 명도, 채도 별로 비교적 체계적으로 배열되어 있고, 가시광원에서의 광 투과율도 이에 일치하는 경향을 보이기 때문에 상당히 유리한점이 있다고 생각된다. 정확한 색조와 투명도선택을 위해서는 표준화된 기계적인 측정방법이 필요하며, 이런 면에서 Vitapan 3D-master shade guide는 의미가 있을 것이라 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Davison SP, Myslinski NR. Shade selection by color vision-defective dental personnel. *J Prosthet Dent* 1990;63:97-101.
2. Miller LL, Preston JD. A scientific approach to shade matching; Perspective in Dental Ceramics (Proceedings of the Fourth International Symposium on Ceramics). Chicago:Quintessence Pub Co, 1988:193-208.
3. Barghi N, Richardson JT. A study of various factors influencing shade of bonded porcelain. *J Prosthet Dent* 1978;39:282-4.
4. Barghi N, Pedrero JA, Bosch RR. Effects of batch variation on shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1985;54:625-7.
5. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1755-9.
6. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int* 1991;22:525-31.
7. Sorensen JA, Torres TJ. Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I. A systematic method for shade determination. *J Prosthet Dent* 1986;58:133-9.
8. International standard ISO 7491: Dental materials-Determination of color stability of dental polymeric materials(1st ed), ISO 7491, 1985.
9. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedure. *J Prosthet Dent* 1970;24:166-73.
10. Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pelleu GB. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. *J Prosthet Dent* 1981;46:450-3.
11. Sproull RC. Color matching in dentistry. part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:416-24.
12. McMaugh DR. A comparative analysis of the color matching ability of dentists, dental students, and ceramic technicians. *Austral Dent J* 1977;22:165-7.
13. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain system. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
14. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.
15. O'Keefe KL, Pease PL, Herrin HK. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. *J Prosthet Dent* 1991;66:434-8.
16. Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent* 1994;22:112-7.
17. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relatives to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42:96-105.
18. Miller LL. Organizing color in dentistry. *J A D A* 1987;26-40.
19. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of chromascan and spec-

- trophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 1985;53:105-9.
20. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res* 1981;60:1749-53.
  21. Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990;64:425-31.
  22. Sproull RC. Color matching in dentistry. part II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:556-66.
  23. Grajower R, Revah A, Sorin S. Reflectance spectra of natural and acrylic resin teeth. *J Prosthet Dent* 1976;36:570-9.
  24. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997;13:179-85.
  25. Frank L, Pedrotti, Leno S. Pedrotti. *Introduction to Optics*(2nd ed). Prentice-Hall International Inc, 1996:501-21.
  26. *General Physics*. Assoc. of Physic. Prof. Tamgudang, 1990.
  27. Martin A Green. *Solar cells*(Operating principles, technology, and system application). Prentice-Hall International Inc, 1982.
  28. Frank L, Pedrotti, Leno S. Pedrotti. *Introduction to Optics*(2nd ed). Prentice-Hall International Inc, 1996:13-23.
  29. Kwak DJ et al. *Laboratory manuals for Dental Ceramics*. Chongmunkak, 1996.
  30. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res* 1980;59:70-5.
  31. Naylor WP. *Introduction to Metal Ceramic Technology*. Quintessence Publishing Co, 1992.
  32. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58:535-41.
  33. Chiche GJ, Pinault A. *Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics*. Quintessence Publishing Co, 1994.
  34. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A one-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater* 1989;5:371-4.
  35. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-8.
  36. Rosenstiel SF. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. CV Mosby, 1988.
  37. 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.

---

**Reprint request to:**

**Charn-Woon Park**

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonbuk National University  
 Chonju 561-756, Korea  
 cwpark@moak.chonbuk.ac.kr

## ABSTRACT

# ANALYSIS OF OPTICAL TRANSMISSION CHARACTERISTICS BY VISIBLE LIGHT INTO SHADE GUIDES

Keun-Bae Choi, Charn-Woon Park, Chang-Yong Song, Sok-Min Ko

*Department of Prosthodontics and Institute of Oral Bio Science,  
College of Dentistry, Chonbuk National University*

The purpose of this study was the evaluation of spectral transmission of the commercial three shade guides and the relationship of hue, value, and chroma according to the transmission rate. The spectral transmittance of three shade guides - Vita Lumin Shade Guide, Vintage and Unibond Shade Guide, and Vitapan 3D-Master Shade Guide - were measured.

For direct transmission measurements, each shade tabs were placed at the entrance port of the 1mm diameter intergrating sphere. The intensity of the light source passing through the shade tabs to the right angle was continuously recorded for wavelength from 400 to 700 nm. A transmission spectrum and digital data were obtained for each measurement and they were evaluated using Microcal Origin program.

The obtained results of this study were as follows :

1. In Vita Lumin Shade Guide, sum of the transmission rate of the shade tabs at the wavelength 400-700nm was decreased in agreement with the arrangement order at each A, B, C, D group, except D4 shade tab. However, there were no relationships between the transmission rate of the shade tabs and the value-oriented.
2. In Vintage and Unibond Shade Guide, sum of the total transmission rate of the shade tabs was decreased in agreement with the arrangement order at each A, B, C, D group. When all shade tabs arranged in value-oriented, transmission rate was accord with the order, except D4 shade tab.
3. When shade tabs of the Vitapan 3D-Master Shade Guide have the same value and hue, sum of their total transmission rate decreased in accordance with the chroma-oriented. When the shade tabs have the same value and chroma, there were no differences from the order of the transmission rate to the various hue type. However, in the "R" tabs of reddish hue type, the transmission rate increased at the long wavelength range area.

In conclusion, we need the quantitative analyzing instruments in transmission determination. Vitapan 3D-Master Shade Guide covers the tooth color space taking into account the parameters of the systematic value, chroma, hue oriented, and the transmission rate relatively accorded with that sequence.