

# Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı

## Color Concept in Dental Practice: Review

Işıl SARIKAYA,<sup>a</sup>  
Ahmet Umut GÜLER<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Protetik Diş Tedavisi AD,  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, Samsun

Geliş Tarihi/Received: 18.08.2008  
Kabul Tarihi/Accepted: 06.10.2008

*Bu derleme Dr. Işıl SARIKAYA'nın  
doktora tezinden üretilmiştir.*

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Işıl SARIKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi AD, Samsun  
TÜRKİYE/TURKEY  
ibicer@omu.edu.tr

**ÖZET** Rengin üç boyutlu özelliğini açıklayabilmek için birçok yaklaşım kullanılmıştır. Munsell renk sistemi ve CIE renk sistemi en çok kullanılanlarıdır. Munsell renk sistemine göre renk; hue, value ve chroma terimleri ile açıklanır. Hue; kırmızı, mavi ve yeşil gibi temel renk ailelerinin belirlenmesini ifade eder. Value; saf siyah ve saf beyaz arasındaki parlaklık derecesidir. Chroma rengin doygunluk derecesidir. "Commission International de l'Eclairage (CIE)/International Commission on Illumination" renk sisteminde ise; tüm renkler kırmızı, mavi ve yeşilin çeşitli miktarlarda karışımından elde edilir ve tristimulus eğrisinde gösterilir. 1976 yılında CIE Lab renk sistemi geliştirilmiştir. L\* rengin açıklık koyuluk koordinatlarını belirler. Mükemmel siyah rengin L\* değeri 0 iken, mükemmel beyaz rengin L\* değeri 100'dür. a\* ve b\* değerleri ise rengin yoğunluğunu açıklar. a\* eksenini kırmızılık (pozitif a\*) veya yeşillik (negatif a\*), b\* eksenini sarılık (pozitif b\*) veya mavilik (negatif b\*) olarak tanımlanır. XIX. yüzyıl başlarında üç boyutlu bir kavram olarak tanımlanmış olan renk kavramı diş hekimliğinde önemli bir role sahiptir. Doğal görünümlü restorasyonların yaratılması ancak doğru renk parametrelerinin kullanılması ile mümkün olur. Renk seçimi yapılırken dişlerin optik özelliklerinin ve renk algılamasını etkileyen faktörlerin iyi bilinmesi gereklidir. Işık şiddeti, renk reseptörlerinin yorgunluğu, cinsiyet, yaş, hafıza ve kültürel geçmiş renk algılamasında etkilidir. Renk skalaları, kolorimetre, spektrofotometre ve dijital kameralar diş hekimliğinde renk tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Bu makalede Munsell renk sistemi, CIE renk sistemi, diş hekimliğinde kullanılan renk seçim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları derlenmiştir. Skala ile renk seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurlar özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Renk; diş hekimliği

**ABSTRACT** Many approaches have been used explaining the 3-D properties of color. Munsell color system, and CIE color system are the most using color systems. The color is determined hue, value, and chroma terms in the Munsell color system. Hue determines separating of base color families as red, blue, and green. Value is the lightness variable between pure black, and pure white. Chroma is the intensity degree of the color. All colors are obtained with mixture of various amounts of the red, blue, and green, and are represent in tristimulus curve in the CIE color system. In 1976, CIE Lab color system was developed. L\* determines lightness and darkness coordinates of color. L\* value of the perfect black color is 0, while L\* value of the perfect white color is 100. a\*, and b\* values explain the density of color. a\* axis is defined as redness (positive a\*), or greenness (negative a\*), and b\* axis is defined as yellowness (positive b\*), or blueness (negative b\*). Color concept, that introduced as a 3-D concept in the early of 19<sup>th</sup> century, has been an important role in dentistry. Creating dental restorations with natural appearance is possible correctly using of color parameters. Optical attributes of teeth, and affecting factors to color perception is needed to be known well while doing shade matching. Light intensity, tiredness of the color receivers, sex, age, memory, cultural background are effective in color perception. Color scales, colorimeters, spectrophotometers, and digital cameras was used with the aim of shade matching in dentistry. In this article, Munsell color system, CIE color system, advantages, and disadvantages of shade matching techniques, which using in dentistry are reviewed. Noticeable factors in shade matching with scale are summarized.

**Key Words:** Color; general practice, dental

Güzel algılama, yani estetik, her ne kadar çağlara, şartlara ve coğrafyalara göre değişen bir algılama biçimi olsa da, eski çağlardan beri insanoğlunun ilgisini üzerinde tutmayı başarmıştır. Kompozisyon, birleştirici ve ayırıcı kuvvetler, bütünlük, simetri, oran, denge, baskınlık, çizgiler, düzlemler ve form ile birlikte renk kavramı estetiğin yapı taşlarını oluşturmaktadır. Güzel duyum, ancak tüm bu faktörlerin uyumlu bir şekilde bir araya getirilmesi sonucu alınmış olur. Renk olgusu da bu duyumu sağlayan faktörlerin başında yer alır.

Bir cismin ışık enerjisiyle fiziksel etkileşimi sonucu algılanan psikofiziksel bir yanıt olarak tanımlanan renk olgusu, subjektif kişisel gözleme bağlı olarak algılansa da, yaşamımızda olduğu gibi diş hekimliği alanında da önemli yer tutar.<sup>1</sup> Fonksiyon, fonasyon ve estetik prensipleriyle yaratılan dental restorasyonlara doğal ve canlı bir görünüm kazandırabilmek kuşkusuz renk parametrelerinin doğru kullanılması ile mümkündür.

XIX. yüzyılın başında Munsell'in rengi üç boyutlu bir kavram olarak tanımlamasından sonra bu özelliği açıklayabilmek için birçok yaklaşım kullanılmıştır.<sup>2</sup>

## MUNSELL RENK SİSTEMİ

Munsell renk sistemi tutarlılık, esneklik, kullanım kolaylığı gibi nedenlerle diş hekimliğinde renk se-

çiminde tercih edilen ve dünya çapında bilinen bir sistemdir.<sup>1,3,4</sup> Bu sistemde renkler; "hue", "value" ve "chroma" terimleri ile açıklanır.<sup>2,5-7</sup>

**Renk tonu (Hue):** Kırmızı, mavi ve yeşil gibi değişik renk ailelerinin ayrımını sağlar.

**Renk değeri (Value):** Saf siyah ve saf beyaz arasındaki parlaklık derecesidir.

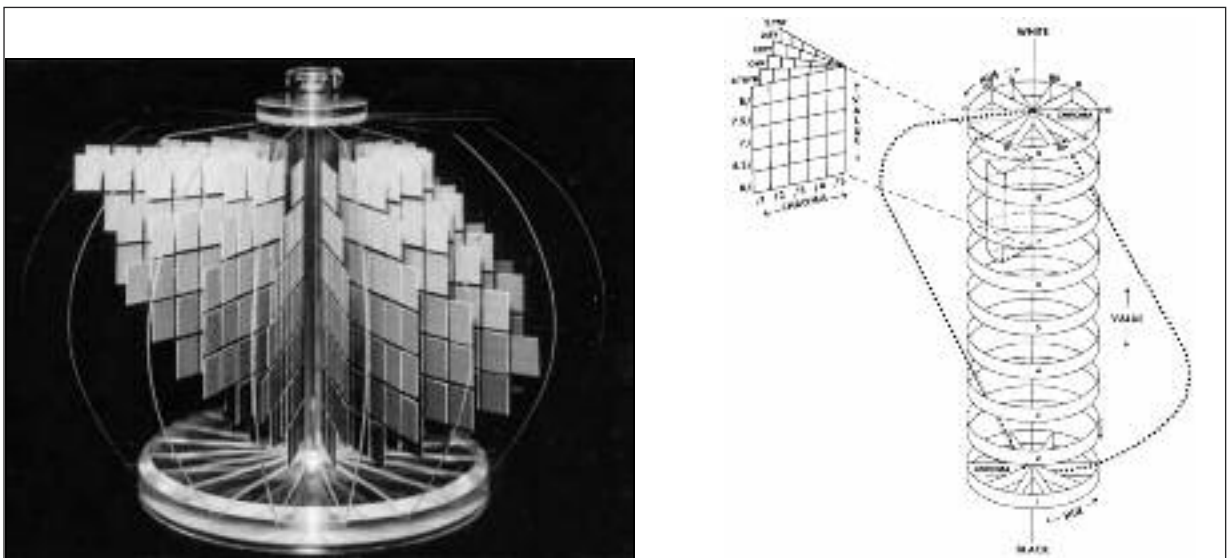
**Renk yoğunluğu (Chroma):** Rengin doygunluk derecesidir ve güç ya da berraklık olarak da tanımlanmaktadır.

Chroma ve value arasında ters orantı vardır. Chroma arttıkça value de azalır.<sup>2</sup>

1915 yılında yayınlanan Munsell Renk Sistemi Atlası'nda renklerin üç boyutlu sıralanması bir renk ağacında sunulmuştur.<sup>8</sup> İçi dolu bir küre veya silindir özelliklerine sahip üç boyutlu figürün merkezinde renksiz veya akromatik eksen yer alır; saf beyaz renk en üstte, saf siyah renk ise en alttadır (Şekil 1).

Hue boyutu; merkez eksen çevresinde sıralanmış 10 renk ile belirtilirken, chroma tekerlek parmağında yer alır. Renkler periferde en safken merkezdeki akromatik value eksenine yaklaştıkça soluklaşır. Value rengin açıklık ve koyuluğunu belirler ve dokuz value değeri, renk ağacındaki dokuz tekerlek ile sembolize edilmiştir.

En koyu renkler en alttaki tekerlekte iken, en açık renkler en üstteki tekerlekte yer alır. Noktalar



ŞEKİL 1: Munsell renk ağacı ve üç boyutlu şematik görünümü.<sup>9</sup>

ise, sarı ve mor-mavi hue değerlerini yansıtmak için silindirdeki değişimi gösterir.<sup>4,9</sup>

### (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE/ INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION) LAB RENK SİSTEMİ

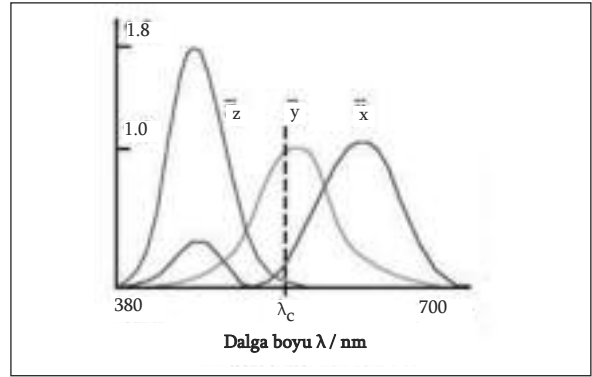
1986 yılında kurulan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission on Illumination, 1986); renk, görünüm gibi alanlarda standart bir ışık kaynağında, standart bir gözlemci ve verilen bir renge insan görme sisteminin yanıtını gösteren tristimulus değerlerinin hesaplanmasında yetkili bir organizasyondur.<sup>6</sup> Renk ölçümlerinde uluslararası bir standart olarak kabul edilen "Commission Internationale de L'eclairage (CIE)'nin tristimuluslu (üç uyaranlı) standart gözlemci eğrisi, ilk olarak 1931 yılında açıklanmıştır ve belirli bir rengin tristimulus değerleri bu eğriden elde edilmektedir (Şekil 2).<sup>1,3,10</sup> Bu tanımlamaya göre tüm renkler, başlıca üç rengin, yani kırmızı (X), yeşil (Y) ve mavinin (Z) çeşitli miktarlarda karışımı ile elde edilir. Bu, aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

$x = X/(X + Y + Z)$  veya  $x = \text{Kırmızı}/(\text{Kırmızı} + \text{Yeşil} + \text{Mavi})$

$y = Y/(X + Y + Z)$  veya  $y = \text{Yeşil}/(\text{Kırmızı} + \text{Yeşil} + \text{Mavi})$  iken

$(x + y + z) = 1$  ve üçüncü eksen,  $z = 1 - (x + y)$ 'dir.

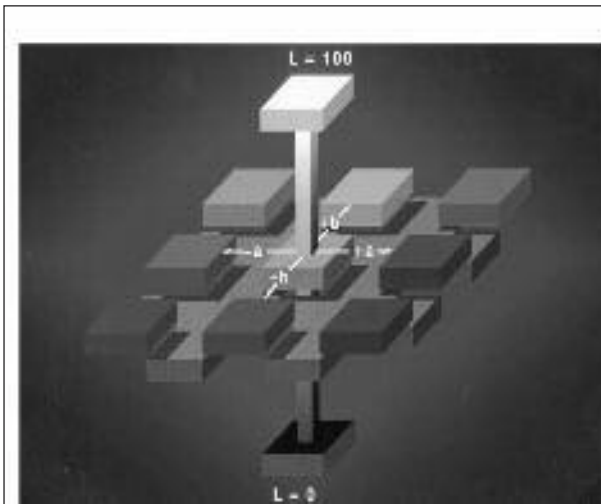
1976 yılında, CIE daha belirleyici bir renk tanımlaması yapmıştır. CIE Lab; renk algılamasının insan gözündeki üç ayrı renk reseptörüne (kırmızı,



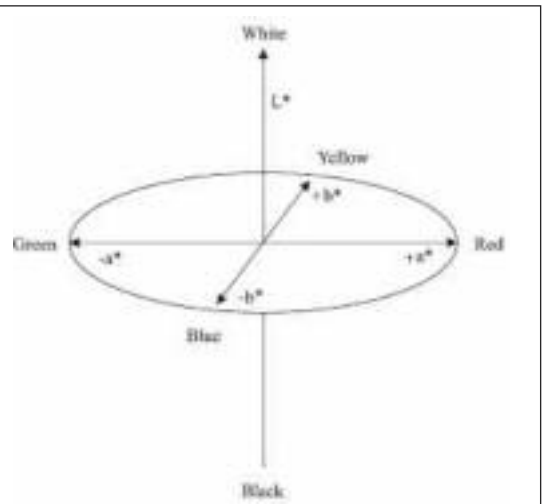
ŞEKİL 2: 1931 CIE renklerin tristimulus değerleri eğrisi.<sup>1</sup>

yeşil ve mavi) bağlı olduğunu kabul eden teoriyi destekler ve günümüzde en popüler renk sistemlerinden biridir.<sup>6,7</sup>

CIE Lab renk sisteminin avantajı, görsel renk algılaması esasına göre renk aralıklarının eşit mesafede, düzenli bir şekilde düzenlenmiş olmasıdır.<sup>7,11</sup> Bu üç boyutlu renk sisteminin üç eksenine L\*, a\* ve b\*'dir (Şekil 3). L\* eksenini, rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını belirler. Mükemmel siyah rengin L\* değeri 0, mükemmel beyaz rengin L\* değeri ise 100'dür.<sup>6</sup> Cismin parlaklığını tanımlayan L\* değeri, Munsell sistemindeki value değerine benzerdir. a\* eksenini; kırmızılık (pozitif a\*) veya yeşillik (negatif a\*), b\* eksenini ise sarılık (pozitif b\*) veya mavilik (negatif b\*) olarak rengin yoğunluk (chroma) koordinatlarını belirler.<sup>12-14</sup> a\* ve b\* değerleri, renk algısının yoğunluk kısmının belirleyicileri olsalar da,



ŞEKİL 3: CIE Lab renk aralığı.<sup>6</sup>



Munsell sistemindeki hue ve chroma ile bire bir örtüşmezler.<sup>3</sup>

Nötr renklerde (beyaz, gri)  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sıfıra yaklaşır ve renk yoğunlaştıkça bu değerler artar.<sup>6</sup> Örneğin, kırmızı bir elmanın rengi A harfi ile gösterilir. Diyagramdaki koordinatları ise  $L^*=42.83$ ,  $a^*=45.04$  ve  $b^*=9.52$ 'dir. A2 renkli bir porselenin rengi ise yüksek bir  $L^*(72.99)$  değeri, düşük bir  $a^*(1)$  değeri ve yüksek bir  $b^*(14.41)$  değeri ile belirtilir.<sup>15</sup>

Bir limonun sarı renginin, mat renkli bir muzdan daha canlı görünmesi renk yoğunluğu ile orantılıdır. Chroma, rengin belirli bir hue değerindeki doygunluk derecesidir. Value, dikey ekseninde değişirken chroma merkezden ışınsal olarak değişir. Merkezdeki renkler mattır. Chroma arttıkça renk yoğunlaşır. Ancak chroma kendi başına bir değere sahip değildir, hue ve value ile ilgilidir.<sup>15</sup> CIE Lab sisteminde  $\Delta E$  değeri, iki cisim arasında algılanan renk farklılığının miktarını gösteren sayısal bir değerdir.<sup>3</sup> Bu değer, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.<sup>1,11,16-20</sup>

$$\Delta E = [(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2]^{1/2}$$

$\Delta E$  formülünde yer alan  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  ve  $b_0^*$  ilk ölçüm değerleri iken  $L_1^*$ ,  $a_1^*$  ve  $b_1^*$  ise ikinci ölçüm değerleridir.

$\Delta E$ , dikkate değer renk farklılığını göstererek bir eşik değeri olma özelliği taşır (Tablo 1).<sup>3</sup>

Renk farklılığının  $\Delta E$  değeri ile belirtilmesi oldukça kullanışlıdır ve CIE renk sistemine ideal bir renk tespit sistemi olma özelliği kazandırır.<sup>21</sup>

#### COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE'IN ÖNERDİĞİ STANDART AYDINLATMA KOŞULLARI

CIE' nin 1931 yılında önerdiği sistemde; parlak ışık (A), direkt güneş ışığı (B) ve ortalama gün ışığı (C)

şeklinde üç farklı standart aydınlatma koşulu kullanılmaktadır. Ancak B ve C aydınlatıcıları floresan materyallerin ölçümünde başarısız bulunarak 1964 yılında sisteme bir dizi D (D65) aydınlatıcı eklenmiştir.<sup>1</sup> Günümüzde halen bazı C aydınlatıcılar kullanılsa da, B aydınlatıcı tipi kullanılmamaktadır. Halen kullanılan standart A tipi aydınlatıcı, ev tipi tipik tungsten aydınlatıcılarıdır. 2856° K renk ısısına sahiptir.<sup>1</sup> En sık kullanılan D aydınlatıcıları D65 ve D50'dir.

D50 aydınlatma koşulları 5000° K renk ısısına sahiptir ve yaklaşık olarak az bulutlu, fakat açık bir günde öğle vakti doğal gün ışığına yakındır.<sup>1,10,15</sup>

Renk ısısı 6500° K olan D65 aydınlatıcı, ortalama gün ışığına karşılık gelir. Özel bir sebebi yoksa, gün ışığında yapılan kolorimetrik ölçümlerin tümünde D65 aydınlatıcı kullanılmalıdır.<sup>22</sup>

#### RENK ALGILAMASI

Renk algılamasını etkileyen faktörler; ışık kaynağı, cismin görünümü ve gözlemci olarak sınıflandırılmaktadır.<sup>6</sup>

Işık kaynağı, dalga boyu oranında radyant enerji yayar ve görülebilir dalga boyunda yayılan her bir enerji miktarı ile karakterize edilir. Görülebilir dalga boyundaki ışıkta çeşitli miktarda ışık yayan kaynaklar, cismin renginin algılanmasını sağlar.<sup>6</sup> İnsan gözünün görebildiği ışık, 400- 700 nm dalga boyları arasındaki küçük bir elektromanyetik alandır.<sup>8</sup>

Tek bir dalga boyunun ışığı karakteristik bir renge sahiptir, farklı dalga boylarındaki ışığın karışımı zengin bir renk aralığı yaratır. Örneğin; mor renk, kısa ve uzun dalga boyundaki ışık karışımından meydana gelirken, beyaz tüm dalga boylarının karışımından oluşur. Yakın dalga boylarından gelen ışık monokromatik olarak adlandırılır.

Bir cismin rengi yalnızca retinal görüntüsündeki ışığın spektral bileşimine bağlı değildir. Koşullar ve çevre önemlidir. Cismin görünümü, arka planın spektral bileşimine bağlı olarak değişebilir veya yansıyan ışık farklılıklarına rağmen aynı kalabilir. Cisimden spektral yansıma ya da iletim, o cismin rengini belirler. Cismin spektral yansıma ya da iletim eğrisi grafiksel bir eğridir ve sayısal olarak o rengi tanımlamanın bir yoludur.<sup>6</sup> Cisimlerin renk

**TABLO 1:** Klinik renk eşlemesi.<sup>7</sup>

Renk farklılığı ( $\Delta E$ )	Klinik renk eşlemesi
0	Mükemmel
0.5- 1	Çok iyi
1- 2	İyi
2- 3.5	Klinik olarak kabul edilebilir
> 3.5	Uyumsuz

farklılıkları grafikteki absorbe edilen ya da yansıyan enerji ile tanımlanır. Örneğin; kırmızı bir cisim kırmızı dalga boyunu yeşil ya da maviden daha çok yansıttığı için öncelikle kırmızı görünür. Ancak gözlemcinin görme ve beyin sistemi tüm renklerin algılanmasını etkilemektedir.<sup>6,23</sup>

#### RENK ALGILAMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER,<sup>15</sup>

- Işık şiddeti,
- Renk reseptörlerinin yorgunluğu,
- Cinsiyet,
- Yaş,
- Hafıza ve kültürel geçmiş.

Düşük ışık yoğunluklarında çubuk fotoreseptörler konilerden daha baskın olduğu için renk algısı zayıflar. Parlaklık arttıkça renk değişir (Bezold-Brucke etkisi).<sup>15</sup>

Beyaz bir zeminde kırmızı bir cisme uzun süre bakıldığında, reseptör yorgunluğuna bağlı yeşil ton görülür. Bu nedenle eğer hastaya yoğun renkli bir zeminde bakılıyorsa; seçilen hue, zemin renginin tamamlayıcı rengine kayar. Örneğin; mavi bir zemin seçimi sarıya, turuncu bir zemin ise mavi-yeşile kaydırır.

Erkeklerde %8, kadınlarda %0.5 oranında görülen renk körlüğü de renk algısında hataya neden olur. Bu kişiler yeşil ve kırmızıya hassas koni fotoreseptörlerinin olmamasına bağlı kırmızıyı yeşilden ayırt edemezler.<sup>7,15</sup>

#### METAMERİZM

Bir ışık kaynağında belirlenmiş bir cismin renginin diğer bir ışık kaynağı altında farklı görünmesidir.<sup>15,23-25</sup>

Parlak ışıkta kırmızı-sarı tayf ön plana çıkarırken tayfin mavi ucu zayıflar. Aksine floresan ışık kaynağında güç mavi-yeşil uca kayar ve bu yüzden mavi-yeşil renk baskın olarak algılanır.

Doğal güneş ışığı da rengini değiştirir. Öğle vakti, gökyüzü içine aldığı az miktarda hava ile mavi görünür. Sabaha karşı ve akşamüstü güneş ışığı daha kısa dalga boylu mavi ışık atmosfer tarafından dağıtıldığı için yalnızca kırmızı-turuncu ışığı içine alır ve kırmızı-turuncu görünür.<sup>25</sup>

#### FLORESAN ÖZELLİK

Materyal tarafından ışığın emilimi ve daha uzun dalga boyundaki ışığın kendiliğinden yayılmasıdır. Geleneksel olarak materyal tarafından emilen morötesi ışığın mavimsi tayfta görünür ışık olarak yayıldığı varsayılır. Materyaller aynı zamanda daha kısa dalga boyunda görünür ışığı absorbe ederek daha uzun dalga boylu bir görünür ışık olarak yansıtabilirler.<sup>1</sup>

Floresan özellik dişin canlı görünümüne ve parlaklığına belirli bir katkı sağlamaktadır.<sup>2</sup> Floresan bir ajanın olmadığı seramik kron ya da kompozit restorasyona sahip bir kişinin dişleri bir gece kulübünde, koyu renk aydınlatmada eksikmiş gibi görünür.<sup>15</sup>

#### OPALESAN ÖZELLİK

Materyallerin optik özelliklerinden biridir. Görülebilir ışık aralığındaki kısa dalga boylarında ışığın materyal tarafından yansıtılması olarak tanımlanır.<sup>1,2</sup> Materyale yansıyan ışık altında mavimsi, materyalden geçirilen ışık altında ise turuncu-kahverengi bir görünüm verir.

Mine; opaller gibi kırmızı tonları geçirir, ancak mavi tonları gövdelerinde yansıtır. Dolayısıyla aynı diş yansıyan ışık altında mavimsi görülürken, yayılan bir ışık altında amber renginde algılanabilir.

Opalesan özellik; dişe derinlik kazandırır. Mine, dentin dokusundan daha opalesanstır. Ayrıca insizal porselenleri mine opalesansını taklit edebilir.

#### OPAKLIK

Bir materyali maskeleyebilme gücünün ölçüsüdür. İdeal boya maddesinin altındaki rengi saklayabilir özellikte olması gerekliliğinden doğmuş bir kavramdır.<sup>1</sup>

#### YARI SAYDAMLIK (TRANSLUSENTLİK)

Materyalin ışık geçirgenliği özelliğidir. Şeffaflık ve opaklık arasındaki eğilim olarak da tanımlanabilir.<sup>2,23</sup>

#### SAYDAMLIK

Işığın hiç eksilme olmadan tamamen materyal içinden geçmesidir.<sup>1</sup>

Yüzey yapısı ve yüzeyin bitirilmesi rengin davranışını etkiler. Parlak yüzeyin yansıtıcı özelliği fazladır. Bunun yanında, mat yüzey ışığı daha çok emer.<sup>24</sup> Çeşitli elmaslar, aşındırıcı lastik uçlar ve polisaj patlarını kullanarak, diş hekimi restorasyonun parlaklığını ve dolayısıyla value değerini kontrol edebilir.<sup>26</sup> Sistemli bir polisaj uygulaması ile daha estetik yüzeyler elde edilmiş olur.<sup>27</sup>

### DIŞLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ

Dişlerin rengi, optik özelliklerinin birleşimi ile açıklanır. Işık dişe ulaştığında, diş ile etkileşiminde dört farklı olay meydana gelir:

1. Işığın diş üzerinden speküler geçişi
2. Yüzeyden speküler yansıma
3. Yüzeyden yaygın ışık yansıması
4. Diş dokularında ışığın emilimi ve saçılması.<sup>5</sup>

Işık, diş yüzeyine çarpınca bir kısmı yansıtılır, geri kalanı mineye yayılır. Dentine gelen ışık ise ya emilir ya da tekrar minede yayılmak üzere yansıtılır. Keser dişlerin kesici kenarında olduğu gibi, dentinin bulunmadığı durumlarda ışığın bir kısmı karanlık ağız boşluğunda emilir. Dolayısıyla, bu bölge diş etine yakın bölgeden daha translusent olarak görülür. Ayrıca, yansıma ve kırılmanın yanı sıra farklı dişlerde renk ve ton değişiklikleri oluşturan saçılma da söz konusudur. Bu saçılma, ışığın dalga boyuna göre değişir. Dolayısıyla dişlerin görünüşü gün ışığında, yansımış ışıkta veya normal ve floresan ışığı altında farklıdır (metamerizm).

Değişik hastalardan alınan minesini uzaklaştırılmış 28 diş üzerinde yapılan bir in vitro çalışmada görülen renk, tam bir dişin rengi ile korelasyon göstermiştir.<sup>6</sup> Böylece, diş renginin temelde dentine bağlı olduğu; minenin, mavi dalga boyunda yansımada minör bir rolü olduğu bildirilmiştir.

Diş rengi; iç ve dış renklemelerin kombine etkisiyle belirlenir.<sup>25</sup> İç diş rengi; ışık saçılması ve mine ve dentinin emilim özellikleriyle ilgilidir. Dış renk ise çay, kırmızı şarap, klorheksidin, demir tuzları gibi materyallerin mine yüzeyi ve pelikül kaplı bölgelere emilimi sonucu oluşur.<sup>6</sup> Dış renklemelerde diyet, sigara kullanımı, kserostomia ve restorasyonların üzerinde durulurken; iç renklemelerde amelogenesis ve dentinogenesis imperfekta gibi konjenital

defektler, tetrasiklin renklemeleri, travmatik yaralanmalar, çürük ve aşınma üzerinde durulur.<sup>5</sup>

Dişlerin değişik bölgelerindeki renk oranı ve dağılımı çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Genelde üst kesici dişler, alt kesici dişlerden biraz daha sarıdır ve üst ön kesiciler, üst yan kesici ve köpek dişlerinden daha yüksek value değerine sahiptir.<sup>6</sup>

Doğal dişlerle yapılmış pek çok çalışmada, kadınlar ve erkekler arasında diş rengi açısından önemli fark bulunmamakla birlikte, yapılan bir çalışmada erkeklerle karşılaştırıldığında kadınların daha parlak ve daha az sarı dişlere sahip olduğu tespit edilmiştir.<sup>5,6</sup> Amerika'da 180 kişilik bir hasta grubunda yapılan bir araştırmada üst ön kesici dişler incelenmiş ve L\* değeri yaklaşık 3.7 ortalama ile erkeklerde daha düşük bulunmuştur. Aynı çalışmada, diş renginde etnik faktörlerin rolü olmadığı bildirilmiştir.<sup>6</sup>

Genelde yaş artışıyla birlikte doğal diş rengi daha koyu ve sarı olur.<sup>5,6</sup> İleri yaşla birlikte keserler bölgesinde oklüzal aşınmaya bağlı, kesici kenarda kırmızılığın arttığı bildirilmiştir. Yaşın renge etkisi pek çok faktöre bağlıdır. Pulpa yaşlandıkça çekilir ve sekonder dentin oluşur. Çevre dentin daha sert ve daha az geçirgendir. Aynı zamanda amorf organik pigment ve iyonların mineye geçişi ile mine-dentin birleşiminde ve dentinde birikimleri tespit edilmiştir.<sup>6</sup>

Normal aşınma sonucu mine kalınlığının azalmasıyla ön dişlerin rengine, dentin rengi hakim olmaya başlar. İn vitro çalışmalarda dentindeki bu incelenen spektrofotometrik ölçümlerde sarı renk artışına neden olduğu bildirilmiştir.<sup>6</sup> Yaşla birlikte diş renginin koyulaşması kaçınılmazdır. Bununla birlikte çay-kahve tüketimi ve ağız bakım alışkanlığına bağlı L\* ve b\* değerleri, gerileme modeline göre önemli etkileşim göstermiştir. Çay ve kahve tüketenlerde b\* değeri günlük ortalama 1.2; L\* değeri ise 1.5 azalma göstermiştir.<sup>6</sup>

Dişlerin kesici kenarları translusenttir ve renk olarak alt tabakalardan etkilenir. Benzer şekilde diş etine yakın kısımları ise diş etinden yansıyan ışıktan etkilendiği için diş rengini en iyi yansıtan kısmın, dişin orta üçlüsü olduğu kabul edilmektedir.<sup>6,28,29</sup>

## DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN RENK TESPİT YÖNTEMLERİ

Diş hekimliğinde renk ölçümü amaçlı kullanılan cihazlar; tristimulus kolorimetre, spektrofotometre ve dijital kameralardır (Tablo 2).<sup>16,30,31</sup>

Kullanılan cihazın tipine ve ölçülecek cisme göre optik elementlerin düzenlenmesi farklılık göstermektedir. Optik elementler; ışık kaynağı, entegre edilmiş küre, dalga boyu seçme cihazı ve fotoreseptörden oluşur. Tercih edilen ışık kaynakları titreşimli ksenon ve halojen lambalardır.<sup>31</sup> Cihaz içinde ışığı dar bir spektral banda bölmek için prizmalar, ızgaralar ve engelleyici filtreler kullanılır. Fotodiyot ve fototüp gibi fotodedektörler ışık enerjisini elektrik akımına çevirirler.

### KOLORİMETRE

Kolorimetre, ışığın dalga boyu ve yoğunluğuna göre renk ölçümü yapan bir cihazdır.<sup>15</sup>

Tristimulus kolorimetre, gözdeki algılayıcılarla aynı özellikteki üç renk filtresi yardımıyla yansıyan ışık ışınlarını kırmızı, yeşil ve mavi renk oranında çözümlenerek CIE'nin belirlediği standart gözlemci ile standart aydınlatma koşullarında tristimulus değerleri ile hesaplama yapmaktadır.<sup>7,23</sup>

Cihazın hassasiyeti ve tekrarlanabilirliği filtrelerinin eskimesine bağlı zayıftır. Filtrelerin CIE renk tespit sistemi ile uyumluluğu iyi değildir. Bunun yanında kolorimetreler metamerizm miktarını da belirleyemezler.<sup>31</sup>

Diş hekimliğinde renk tespiti için tasarlanmış ilk enstrüman (Chromascan, Sterngold, Stamford,

Conn) 1980'li yılların başında tanıtılmıştır.<sup>31</sup> Ara yüzlerde kullanımı zor olduğundan yetersiz sonuç verdiği için başarılı olamamıştır.

**Shade Eye NCC (Natural Color Concept) Chroma Meter** (Shofu Dental); ikinci kuşak modern tristimulus kolorimetredir.<sup>31</sup> Cihaz dairesel ölçüm geometrisine sahiptir. Titreşimli ksenon flaş ile aydınlatma yaparak probu vasıtasıyla yüzeye temas ederek çalışır.

Cihaz kalibre edildikten sonra ölçülen diş ait numara el aletinin arkasındaki menüden seçilerek ölçüme başlanır. Ortalama rengin tespiti için üç-beş ölçüm yapılır. Veri kızılötesi ile cihaza aktarılır. Cihaz, ölçüm sonucunda dişin numarasıyla birlikte Vitapan klasik renk skalasına göre en uygun rengi tespit eder.

Çalışmalarda kolorimetre ile elde edilen sonuçların yüksek derecede tekrarlanabilir olduğu bildirilmiştir.<sup>4,32</sup>

### Kolorimetrelerin Avantajları<sup>31</sup>

1. Kullanımı kolaydır.
2. Spektrofotometrelere göre ekonomiktir.

### Kolorimetrelerin Dezavantajları<sup>7,15,21,33</sup>

1. Maliyeti fazladır.
2. Düz ve eğimli yüzeylerde uyumsuz sonuçlar verebilir.
3. Ölçülecek materyalin yarı saydam olması ve kullanılan yönteme göre

ölçümler materyalden ışık saçılmasından etkilenirler. Örneğin; metal seramik bir kron doğal diş-

**TABLO 2:** Diş hekimliğinde renk seçiminde kullanılan cihazlar.<sup>31</sup>

Ürün	Cihaz tipi	Donanım	Ölçüm alanı	Kullanımı
ClearMatch (Smart Technology, Ore)	Yazılım, dijital renk analizi	Dijital kamera	Görüntü boyutu büyütmeyle bağlı	Bireysel ve farklı skalalarla uyumlu seçim
Shade Eye NCC (Shofu Dental, Calif)	Kolorimetre	Kablosuz küçük el aleti	3 mm prob çapı	Shofu ve vita klasik porselen renk seçimi
ShadeScan (Cynovad, Canada)	Dijital renk analizi	Fiber optik kablolu LCD ekranlı el aleti	Tüm diş görüntüsü	Vita klasik porselen renk seçimi
ShadeVision (X-Rite, Mich)	Dijital kolorimetrik analiz ile dijital görüntü	Kablosuz, LCD ekranlı el aleti	Tüm diş görüntüsü	Farklı skalalarla uyumlu seçim
Vita Easysshade (Vident, Calif)	Spektrofotometre	Kablolu küçük el aleti	5 mm prob çapı	Vita porselenleri, Vita klasik ve 3D Master renk skalası

le aynı renkte görülebilir, fakat ölçüm sonucu farklı olabilir (edge loss, kenar kaybı, ışık demeti yarı saydam bir materyale ulaştığında lateral saçılması).

## SPEKTROFOTOMETRE

Örnekten yansıyan ışık miktarının referans alınan 5, 10, 20 nm aralıklarla görünebilir spektrumdaki beyaz geçişine oranını ölçmek için tasarlanmıştır.<sup>7,31</sup> Spektral yansıtma fonksiyonu ile cismin renk parametreleri hesaplanmaktadır.<sup>23</sup>

Yüzey rengini ölçmede en çok kullanılan yöntemdir. Kalite kontrolü amaçlı sık kullanılır. Porselenler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarındaki renk değişiminin tespitinde kullanılmaktadır.<sup>7</sup>

Dental araştırmalar ve klinik çalışmalarda spektrofotometrenin in vivo diş rengi ölçümünün güçlüğü ve maliyetinin fazla olması gerekçeleriyle yaygın kullanımının zor olduğu bildirilmiştir.<sup>4</sup> Paul ve ark., spektrofotometrelerin toplam 0.48  $\Delta E$  hata payı ile yüksek derecede tekrarlanabilir sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, doğal diş renginin belirlenmesinde sonuçların görsel değerlendirme ile uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.<sup>34</sup>

### Spektrofotometrelerin Avantajları

1. Objektiftir.
2. Standart koşullarda hatasız sonuç verir.
3. Tutarlı sonuçlar verir.
4. Metamerizm değerlendirilebilir.<sup>31,35,36</sup>

### Spektrofotometrelerin Dezavantajları

1. Pahalıdır.
2. Klinik kullanımı pratik değildir.
3. Standardizasyonu güçtür.<sup>36,37</sup>

## DİJİTAL KAMERA

Dijital kameraların renk ölçümünde kullanılması giderek popüler hale gelmiştir. Avantajı tüm cismin renk görünümünün görüntüler halinde izlenebilmesidir. Kolorimetrik ve multispektral olarak iki farklı yaklaşım kullanılır.

X, Y, Z tristimulus değerleri bir formül ile hesaplanarak Red (R), Green (G), Blue (B) olarak ifade edilir.<sup>31</sup>

Kamera algılayıcıları CIE'nin standart gözlemcisi ile aynı spektral hassasiyete sahip olmadığı için kameradaki RGB değerleri CIE'nin XYZ değerleri ile eşleşmez. Bu nedenle ölçüm yapılırken kameranın RGB değerleri CIE'nin XYZ değerleri ile uyumlu hale getirilmelidir. Bu işleme "kamera kalibrasyonu" adı verilir. Bu amaçla en çok tercih edilen yöntem, bilinen XYZ değerlerinin bulunduğu bir referans tablo yardımıyla kameranın ayarlanması ve her parça için ortalama RGB değerlerinin bu şekilde kaydedilmesidir.

Multispektral yaklaşımda ise her bir piksel (görüntüye özgü), spektral yansıtma eğrisi ile elde edilir.

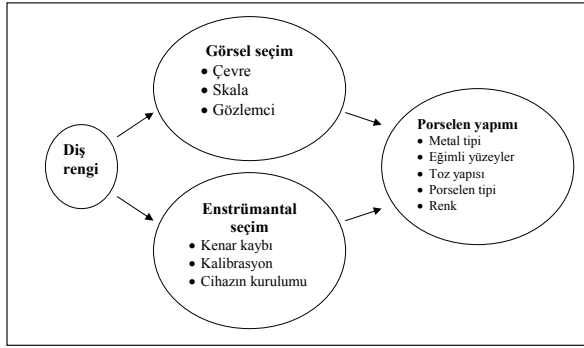
CIE'nin standart aydınlatıcı simülatörü (örneğin; D65) ile aydınlatma yapan aydınlatıcı kutunun üzerine yerleştirilmiş cismin görüntüsü kameraya aktarılır. Sistem bilgisayar ile kontrol edilir. Aydınlatıcı kutu, sabit ve tek tip bir ortam sağlaması açısından tutarlı sonuç alınabilmesi için önemlidir. Örneğe 45°'lik açı ile yerleştirilmiş iki lamba ile aydınlatma sağlanır. Renk ölçümü için iki lamba da kullanılır. Fakat örnek yüzeyi ölçülecekse, daha yüksek kontrast sağlamak için örneğin sadece bir yüzeyi aydınlatılır.<sup>31</sup> Dijital fotoğraf ve spektrofotometrenin birlikte kullanımı renk tespitinde kullanılan yeni bir yöntemdir.<sup>7,31</sup> Bu yöntemde hastanın dişlerine yakın üç-dört farklı renk tespit edilerek 35 mm kamera ile önceden ayarlanmış bir ışık kaynağında fotoğraf alınır. Ölçü ve fotoğraf laboratuvara gönderildikten sonra teknisyen hastanın diş rengini ve skaladaki rengi fotoğraftan tespit eder. En yakın seçim için bir bilgisayar programından yararlanır.

Bazı gözlemciler enstrümantal ölçümler ve insan gözlemleri arasında önemli bir korelasyon bulmuşken, diğerleri önemli bir uyuma bulmamıştır (Şekil 4).<sup>38</sup> Yapılan bir çalışmada metal destekli ve tam seramik porselenlerin görsel renk tespiti ile kolorimetrik yöntem ve kamera kullanımı arasında fark olmadığı sonucuna varılırken, metal destekli porselenler ile yapılmış bir diğer çalışmada,  $\Delta E$  değerinin spektrofotometrik yöntemle göre görsel yöntemde daha yüksek tespit edildiği bildirilmiştir.<sup>16,39</sup>

## RENK SKALALARI

Diş hekimliğinde porselenin kullanılmaya başlaması ile keşfedilen standart renk skalalarının dişle





ŞEKİL 4: Porselende renk seçimi ve üretim esnasında karşılaşılabilecek hatalar.<sup>38</sup>

karşılaştırılması yöntemi 200 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Halen renk seçimi için en çok başvuru metottur.<sup>4,6,31,36,40-42</sup> Dental, jinjival ve fasiyal renk skalaları olarak farklı tipleri vardır. Jinjival ve fasiyal skalalar pek fazla kullanılmaz. Dental skalalar ile renk seçimi yapılırken komşu dişlere en yakın renkler ayrılarak bunların arasından en uygun olanlar tercih edilir.

Aynı aydınlatma koşullarında olsa dahi, bu yöntem objektif değildir.<sup>32</sup> Ortamın aydınlatma koşulları, deneyim, yaş ve gözdeki yorgunluk, fizyolojik değişikliklere bağlı renk körlüğü gibi nedenler hataya neden olabilir. Standardizasyon sınırlıdır.<sup>36</sup> Tüm bu sınırlamalara rağmen insan gözü, iki cismin rengindeki çok küçük farklılıkları dahi tespit edebilecek yeterliliktedir.<sup>34,39</sup>

Karamouzos ve ark.nın spektrofotometre ile doğal dişlerin renklerini inceledikleri in vivo çalışmada en doğru kayıtlar dişlerin labial yüzlerinin orta üçlüsünden alınırken, en farklı değerler dişlerin mezial ve distal kısımlarından elde edilmiştir.<sup>11</sup> Ancak, çalışmada dişlerin farklı bölgelerindeki renk farklılığı algılanabilir  $\Delta E$ 'nin ( $\Delta E < 1$ ) altında bulunmuştur.

Materyal ve üretim teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda renk tespiti amacıyla kullanılmak üzere farklı materyaller için farklı renk skalaları diş hekimlerinin kullanımına sunulmuştur. Değişik tasarımları ile Vita (Vident) renk skalası, Chromaskop (Ivoclar Vivadent) renk skalası, Biodent (Dentsply) renk skalası, Vintage Halo (Shofu Dental) renk skalası bunlara örnek verilebilir.<sup>1</sup> Bu derlemede kullanımı en eskiye dayanan ve

günümüzde de en fazla tercih edilen Vita renk skalalarına yer verilmiştir.

Klinikte renk tespiti yapılırken, restorasyonun hazırlanacağı materyale ait renk skalasının kullanılması ve laboratuvar işlemlerine de aynı skala ile devam edilmesi gereklidir. Farklı skalalardaki renkler birbirine dönüştürülmeye çalışılırsa renk kayıplarının meydana gelmesi kaçınılmazdır.

#### VİTA RENK SKALASI (VİTAPAN KLASİK)

1956 yılında üretilmiştir. Dört temel renk grubuna sahiptir (Şekil 5):

- A= Turuncu
- B= Kırmızımsı sarı
- C= Sarımsı gri
- D= Kırmızımsı gri

#### Renk Seçimi

İlk hue seçilir. Bu skalaya göre bu değer; %70 A, %20 D, %10 B veya C olacaktır. Seçilen hue grubundan chroma belirlenir (örn: A1, A2, A3). Son olarak seçilen renk tekrar kontrol edilir.

#### Sınırlamaları

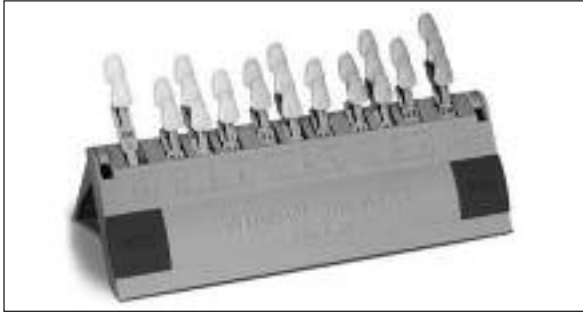
- Diş renk aralığını baştan sona üniform bir şekilde yansıtamaz.<sup>40</sup>
- Bitişik renkler arasında artış farklılıkları standart değildir.
- Renk tonları içinde veya arasında hatalar vardır (örneğin; A2.5)

#### VİTA 3-D MASTER RENK SKALASI

1998 yılında üretilmiştir. Doğal diş renklerinin dengeli ve sistematik dağılımını skalaya yansıtır<sup>15</sup> (Şekil 6).



ŞEKİL 5: Vitapan klasik renk skalası.



ŞEKİL 6: Vita 3-D master renk skalası.

### Tasarım

Diş şeklindeki tabletler azalan value sırasına göre soldan sağa gruplanmış hue değerlerine (A1-D4) göre dizilmiştir (1-5) (Şekil 7).<sup>37</sup>

Her value grubu için üç chroma değeri (1,2,3) yukarıdan aşağıya dizilmiştir (Şekil 8).

Her chroma değeri için üç hue değeri soldan sağa yer almaktadır (Şekil 9).

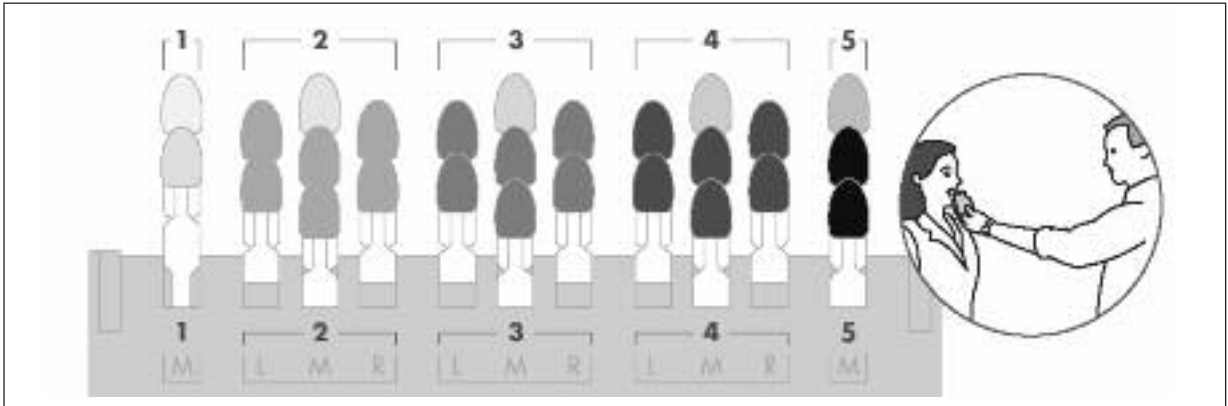
### Renk Seçimi

Value değerine göre yapılmış bu dizim renk seçiminde algılamayı kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle ilk önce value seçilmeli ve istenen renkler açıktan koyuya doğru seçim rehberinde tekrar dizilmeli, daha sonra temel hue ve chroma varyasyonları belirlenmelidir.<sup>2,41</sup>

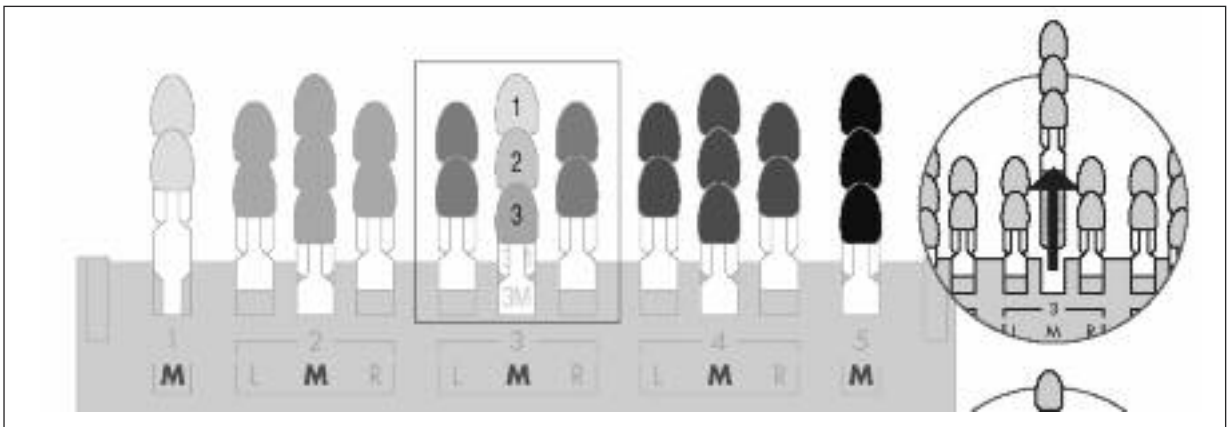
Aynı skalanın içinde beyazlatılmış 0M1, 0M2 ve 0M3 renklerini içeren bir set de yer almaktadır.

### SKALALARIN DEZAVANTAJLARI

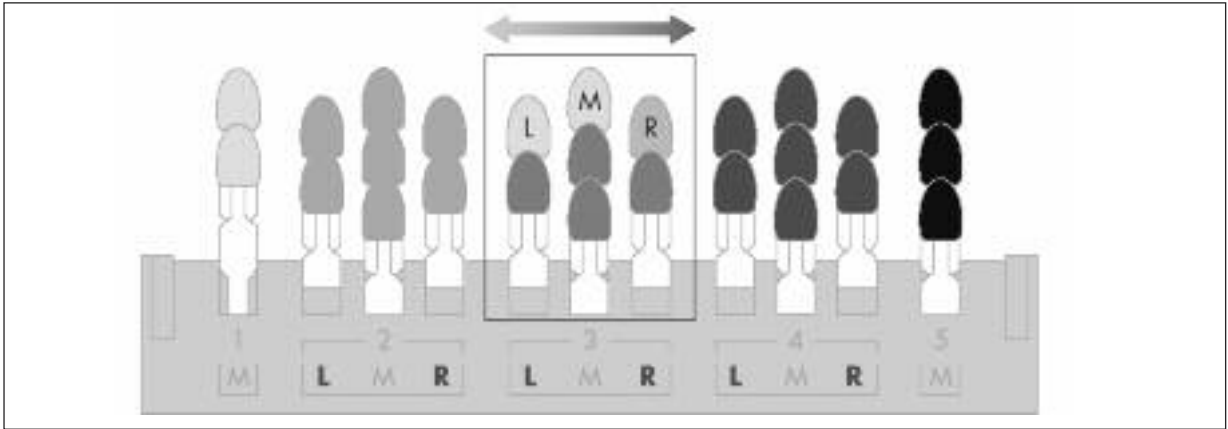
- Renk miktarı yetersizdir ve var olan renkler doğal diş rengini tam olarak yansıtamaz.<sup>7,39,42</sup>
- Renkler renk aralığında sistematik değildir.<sup>7,37,42,43</sup>



ŞEKİL 7: Hue değerlerine göre azalan value sırasında dizilmiş tabletler.



ŞEKİL 8: Chroma değerlerine göre tabletlerin dizilimi.



ŞEKİL 9: Her chroma değeri için tabletlerin hue değerleri.

■ Aynı üretici tarafından üretilmiş olsalar da porselenin her yığılması arasında renk farkı görülebilir.<sup>15</sup>

■ Renk farklılıklarının algılanması bireysel değişiklik gösterdiği için diş hekimleri arasında tam bir uyum yoktur.<sup>2,32,44,45</sup>

■ Sonuçlar CIE Lab skalasına nakledilemez ve ticari olarak kullanılan skalaların hiçbiri aynı değildir.<sup>33,35</sup>

Bütün bu sınırlamalara rağmen maliyeti düşüktür ve hızlı bir metottur.<sup>6,32</sup> Otuz bir gözlemci Vita Lumin porselen renk skalası üzerinde yaptıkları çalışmada görsel (%48 tutarlılık) ve kolorimetrik ölçüm (%50 tutarlılık) arasında fark olmadığını bildirmişlerdir.

#### SKALA İLE RENK SEÇİMİNDE ANAHTARLAR<sup>2,7,8,15,32</sup>

■ Renk seçimi hekimin gözleri yorulmadan önce klinik işlemlerin başında yapılmalıdır.

■ Dişlerde diş lekelenmeler varsa, öncelikle lekelenmeler uzaklaştırılmalıdır.

■ İşleme başlamadan önce skala seçilmelidir.

■ Işık kaynağı olarak; soğuk, rengi belirli floresan ışık ya da bir pencere yakınındaki gün ışığı tercih edilmelidir. İdeal olarak renk seçimi mavi bir gökyüzünde kuzey ışığında yapılmalıdır (5500° K). Bu ışık, dalga boylarının en uniform dengeli kısmını içerir. Eğer gökyüzü bulutluya, gün ışığı yüzeyden yansıdığına daha gri bir renk görülebilir. Eğer kırmızı bir gökyüzü veya ışık kırmızı tuğla bir du-

vardan yansiyorsa, renk pembe bir ton alır. Reflektör ışığı kullanılmamalıdır.

■ Hasta doğru konumda oturtulmalıdır.

■ Hasta varsa makyajını ve büyük takılarını çıkarmalıdır.

■ Dişlere yaklaşık 35-40 cm uzaklıktan bakılmalıdır.

■ Hastanın dişleri ile hekimin gözleri aynı hizada olmalıdır.

■ Özel karakteristikler not edilmelidir.

■ Renk tespitini dişin orta üçlüsünden yaparken insizal ve jinjival üçlülerdeki farklılıklar incelenmelidir.

■ Skala ve diş su ile nemlendirilmelidir.

■ Seçilen tonun, dudak ve yüz tonuna uyumu değerlendirilmelidir.

■ Eğer göz sarıdan yorulmuşsa, gözü dinlendirmek için mavi veya gri bir duvar ya da kumaş parçasına bakılmalıdır.

■ Eğer mevcut renk tespit edilemiyorsa, seçim yapılan dişten daha yüksek value değerine sahip (daha koyu) bir renk seçilmelidir. Çok az koyu bir renk daha açık bir renkten daha az dikkat çeker.

■ Çoğunlukla kanin; ağızdaki en kromatik diş olduğu için, dişlerin temel hue değeri için renk seçiminde kanin dişi rehber alınabilir.

■ Hastanın görüşü ve onayı alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Paravina RD, Powers JM. Color, other appearance attributes. In: Rudolph P, ed. *Esthetic Color Training in Dentistry*. 1<sup>st</sup> ed. China: Elsevier-Mosby; 2004. p. 3- 47.
2. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23(5):467-79.
3. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56(1):35-40.
4. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002;88(6):585-90.
5. Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV, Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *J Prosthet Dent* 2002;87(2):149-52.
6. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004;32 Suppl 1:3-12.
7. O'Brien WJ. Color and appearance. In: Dickson A, ed. *Dental Materials and Their Selection*. 3<sup>rd</sup> ed. Canada: Quintessence Publishing; 2002. p.24-36.
8. Ubassy G. Basic terms of the phenomenon of color. *Shape and Color: The Key to Successful Ceramic Restorations*. 1<sup>st</sup> ed. Chicago: Quintessence Publishing; 1993. p.17-23.
9. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001;86(5):453-7.
10. Stockman A, Sharpe LT. Human cone spectral sensitivities: a progress report. *Vision Res* 1998;38(21):3193-206.
11. Karamouzou A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):613-21.
12. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005;93(5):453-8.
13. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005;94(2):118-24.
14. Mulla FA, Weiner S. Effects of temperature on color stability of porcelain stains. *J Prosthet Dent* 1991;65(4):507-12.
15. Anusavice KJ, Phillips RW, Skinner EW. Physical properties of dental materials. In: Anusavice KJ, ed. *Phillips' Science of Dental Materials*. 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p. 37-44.
16. Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(2):114-22.
17. Ertan AA, Sahin E. Colour stability of low fusing porcelains: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2005;32(5):358-61.
18. International Commission on Illumination. *Colorimetry: official recommendations of the international commission on illumination*. 2<sup>nd</sup> ed. Vienna, 1986: Bureau Central de la CIE; 15.
19. Razzoog ME, Lang BE, Russell ME, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1994;72(5):453-56.
20. Rosenstiel SF, Porter SS, Johnston WM. Colour measurements of all ceramic crown systems. *J Oral Rehabil* 1989;16(5):491-501.
21. Hindle JP, Harrison A. Tooth colour analysis by a new optoelectronic system. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2000;8(2):57-61.
22. ISO/ CIE. *CIE Standard Illuminants for Colorimetry: ISO 10526: 1999/ CIE S005/ E- 1998*.
23. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int* 1991;22(7):525-31.
24. Mayekar SM. Shades of a color. Illusion or reality? *Dent Clin North Am* 2001;45(1):155-72, vii.
25. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J* 2001;190(6):309-16.
26. Ancowitz S, Torres T, Rostami H. Texturing and polishing. The final attempt at value control. *Dent Clin North Am* 1998;42(4):607-12, viii.
27. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996;75(1):18-32.
28. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997;13(3):179-85.
29. Schwabacher WB, Goodkind RJ, Lua MJ. Interdependence of the hue, value, and chroma in the middle site of anterior human teeth. *J Prosthodont* 1994;3(4):188-92.
30. Keskin Y, Eskitaşçıoğlu G, Hasanreisioğlu U, Köse K, Özkan Y. [An alternative approach to the evaluation of color stability]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 1997;3(2):112-5.
31. Powers JM, Sakaguchi RL. Optical, thermal, and electrical properties. *Craig's Restorative Dental Materials*. 12<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2006. p.27-35.
32. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80(6):642-8.
33. Cho BH, Lim YK, Lee YK. Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and Shade Vision System. *Dent Mater* 2007;23(10):1307-12.
34. Paul S, Peter A, Pietroban N, Hammerle CHF: Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81(8):578-82.
35. Cal E, Güneri P, Köse T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *J Oral Rehabil* 2006; 33(3):221-8.
36. Ishikawa-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(2):129-37.
37. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *J Prosthet Dent* 2004;92(4):371-6.
38. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;87(6):657-66.
39. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietroban N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24(3):222-31.
40. Vanini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13(1):19-26.
41. Berksun S. [Esthetic principles in prosthodontics]. *TDBD* 2004;83:61-7.
42. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001;86(5):458-64.
43. Park JH, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent* 2006;96(6):402-11.
44. Donahue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB, Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent* 1991;65(5):699-703.
45. Klemetti E, Matela AM, Haag P, Kononen M. Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. *J Oral Rehabil* 2006;33(1):31-5.