

# BÖLÜM 17

## DİŞ HEKİMLİĞİNDE RENK KAVRAMI

Deniz AYKAM<sup>1</sup>

Ebru HAZAR BODRUMLU<sup>2</sup>

### 1. GİRİŞ

Günümüzde dental tedaviler estetik açıdan değerlendirildiğinde, restoratif işlemlerden beklenen, doğal dişlerde bulunan yapı, translüsensi ve renk gibi kavramların sağlanmasıdır. Doğal dişlere maksimum oranda yakın restorasyonlar yapılabilmesi için mutlaka renk konusundaki temel noktalar da düşünülmelidir (1). Toplumsal bilinç oranının günden güne artış göstermesi ve estetiğe olan alanın gittikçe artıyor olmasının diş hekimliği alanına yansımaları olarak hastaların daha estetik restorasyonlar istediği görülmektedir. Bu nedenle estetik restoratif dolgu malzemeleri, doğal diş görüntüsünü taklit edebilmelidir. İdeal bir estetik restorasyon için materyalin renk stabilizasyonu ve uyumu önem kazanmaktadır. Özellikle ön bölgedeki estetik dolguların yenilenmesinin en büyük sebepleri arasında, rezin içerikli dental restoratif materyalin renk stabilitesinin ve uyumunun yetersiz olması yer almaktadır (2). Tüm bu nedenlerden ötürü diş hekimliğinde uzun ömürlü ve başarılı bir estetik restorasyon yapılabilmesi için renk kavramının iyi değerlendirilip uygun rengin tespit edilmesi gerekmektedir.

Renk, gözlemci tarafından sübjektif olarak algılanmakta olup bir madde ile ışık enerjisinin fiziksel olarak etkileşimi sonucunda oluşan görsel algılama ve psiko-fiziksel cevap olarak ifade edilir. Dental restorasyonların estetik özellikleri şeffaflık, renk, floresanslık (ışılama) ve parlaklık gibi nüanslara bağlıdır. Bu kavramların hepsi gözlemcinin yorumu, illuminant (ışık kaynağı) ve içsel optik değerler gibi sübjektif faktörlerden etkilenmektedir. Estetik dental restorasyonlar oluşturulabilmesinde bu faktörlerin bilinmesi önemli rol oynar (1).

Renk; cisim, ışık kaynağı ve gözlemci olmak üzere üç ana faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden herhangi bir tanesinin değişmesi durumunda algılanan renk de de-

<sup>1</sup> Uzm. Dr., T.C. Sağlık Bakanlığı, denizaykam95@gmail.com

<sup>2</sup> Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti AD., hazarebru@yahoo.com

ğişir. Görünen bir elektromanyetik enerji olan ışığın dalga boyu nanometrelerle (nm) ifade edilmektedir (3). Işık spektrumunda bulunan üç ana rengi mavi, kırmızı ve yeşil meydana getirirken, opak pigmentlerin ana renkleri ise mavi, kırmızı ve sarı renkleri tarafından oluşur (4). Görünür ışığın farklı dalga boylarının emilmesi ve yansması sonucunda renk oluşur. Bir maddenin renginin tespit edilmesinde önemli olan faktörlerden biri de o cismin ışığı soğurma veya yansıtma oranıdır. Eğer görünür ışığın bütün dalga boyları yansıtılıyor ise cisim beyaz renkli, görünür ışığın bütün dalga boyları emiliyor ise cisim siyah renkli olarak algılanmaktadır. Kırmızı renkli bir madde ise yeşil, çivit, mavi, mor ve sarı dalga boylarını emerken kırmızı dalga boyunu yansıttığı için bu şekilde görünür (5).

Tüm ışık kaynakları, spektrum içindeki ışığın farklı oranlardaki dalga boylarını barındırması kaynaklı, renk algılanışını ışık kaynağı da etkilemektedir. Görünür ışık spektrumu olarak adlandırılan elektronik spektrumun yalnızca 380 nm – 770 nm aralığı, insan gözünün algılayabildiği dalga boylarıdır. Bu spektrumdaki ışığın farklı dalga boylarıyla eşleşmesiyle renkler oluşur (uzun-kırmızı, orta-yeşil, kısa dalga boyu-mavi). Mavi-menekşe, kırmızı ve yeşil, ışık spektrumundaki üç temel renk iken, ışık geçirmeyen yani opak pigmentlerin temel renkleri ise mavi, kırmızı ve sarıdır (4). Dış hekimliği klinik ve laboratuvarlarındaki aydınlatma koşullarının standartlaştırılması sayesinde yapılan restorasyonlar farklı aydınlatma ortamlarında dahi doğal dişle uyum içerisinde olabilir. İdeal bir ışık kaynağından beklenen özellikler, nicelik ve niteliğinin sabit ve standart olması, oda ışığının etkisini önemsiz kılacak kadar yoğun olması, tüm renkleri barındırması ve dişteki baskın renkleri gösterebilecek kadar soluk olması ve detayları da gösterebilmesidir (6).

Renk konusunda çevresel etmenler ve aydınlatma da önemli bir konudur. Belirli bir ışık kaynağında rengi hep aynı olan maddelerin; değişik ışık kaynaklarında ise renginin farklı algılanması durumuna metamerizm denmektedir. Metamerizmin etkilerini azaltabilmek için laboratuvar ve klinik koşulları arasında belli bir standart sağlanmalıdır. Farklı mevsimler, hava koşulları ve gün içerisindeki zaman dilimi gün ışığının rengi üzerinde etkili faktörlerdir. Gün ışığı, sabahın erken saatlerinde ve akşamları daha kırmızıdır. Cisimlerin birbirlerine en yakın ve en uygun renk değerlerine sahip olabilmeleri için renk seçiminde en uygun zaman aralığının saat 12:00 – 15:00 arası olduğu bildirilmektedir. İdeal ışık kaynağının 5500°K renk sıcaklığındaki gün ışığı olduğu kabul edilmektedir. Bunun sebebi ise beyaz ışığı oluşturabilmek için istenen tüm ana renkler olan mavi, kırmızı ve yeşilin böyle bir ışıkta bulunuyor olmasıdır (6). Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE – International Commission on Illumination), parlak ışık (A), doğrudan gün ışığı (B) ve ortalama güneş ışığı (C) olmak üzere üç ayrı aydınlatıcıyı standart

olarak kabul etmektedir. 1964 senesinde bu üç sisteme D65 (D) tipi aydınlatıcılar da B ve C tipi aydınlatıcıların floresan cisimlerin renk tespitinde yetersiz olmaları nedeniyle ilave edilmiştir. Artık günümüzde B tipi aydınlatıcılar tercih edilmemekle beraber bazı C tipi aydınlatıcılar halen kullanılmaya devam etmektedir (7). Günümüzde halen kullanılmaya devam eden standart A tipi aydınlatıcılar 2856°K renk sıcaklığında tungsten ev tipi aydınlatıcılardır. D50 ve D65 ise çoğunlukla kullanımı tercih edilen D tipi aydınlatıcılardandır. 5000°K renk sıcaklığına sahip olan D tipi aydınlatıcılar hemen hemen az bulutlu ama açık bir öğlen vaktindeki doğal güneş ışığına benzerdir (8). Güneş ışığında uygulanan kolorimetrik tespitlerin tamamında kullanılması gereken aydınlatma koşulları D65 tipidir (7).

Rengin tespit edilmesindeki son nüans ise gözlemciye ait faktörlerdir. İnsan vücudunda rengin algılanabilmesi için gözün renk-ışık dalgalarındaki titreşimleri retina üzerinde bulunan görme reseptörleriyle tespit edebilmesi ve daha sonra reseptörlerce alınan bu uyarıların sinir hücreleri aracılığıyla beyinde bulunan görme merkezine aktarılması gerekmektedir (5). Dalga boyları geçme, yansıma ve yayılma ile göze ulaşmış retinada bulunan kon ve rod reseptör hücreleriyle algılanır. Rod hücrelerinin görevi, rengin parlaklığını yani ışığın yoğunluğunu tespit eder, bu hücrelerin rengi belirleyebilme yetenekleri yoktur (7). Karanlıkta çalışmayan kon hücreleri ise rengin algılanmasından sorumludur (7). İnsan gözünde hemen hemen mavi, kırmızı ve yeşil renklerindeki dalga boyuna denk gelen üç ayrı çeşitte kon hücreleri vardır. Beyinde renkli bir görüntünün ifade edilebilmesi için kon ve rod isimli bu iki hücrenin getirdiği uyarıların birlikte değerlendirilmesi gerekir (8). Belirlenen rengin doğru olup olmadığı bilgisi ise ışık ile uyarılan retinal bölgenin büyüklüğüyle ilişkilidir. Retinanın ışıkla karşılaşan alanı, ışık miktarının gözbebeğinin genişleme ve daralma derecesini kontrol edebilmesiyle değişmektedir. Rengin tespit edilmesi hastalıklar, yaşlanma ve ilaç kullanımı gibi nedenlerden dolayı göz bebeğinin bu yeteneğinde azalmalara sebep olduğu için farklılık gösterebilir. Eğer göz tek bir renk tarafından durmaksızın uyarılırsa bu durum göz yanıtının azalmasına ve/veya göz yorulmasına sebep olabilir. Bazı belirli renklerin körlüğü ise renk tespit edici alanların herhangi bir kısmında meydana gelen bozukluklar neticesinde ortaya çıkar. Renk körlüğü genetik ise kon hücrelerinin bir kısmının eksik olması ve bu yüzden renk farklılık uyarılarının kaybolmasından söz edilebilir. Renk körlüğü edinsel olarak mevcutsa sigara içilen ve/veya lazer kullanılan alanlarda uzun süre bulunma, uzun süre güneş ışığına maruziyet, emosyonel değişimler gibi olasılıklar sebep olarak akla gelmelidir (5).

Renk kavramının bağlı olduğu tüm bu sübjektif faktörlere rağmen cismin sahip olduğu ışığı soğurma veya yansıtma oranının değeri grafiksel olarak ifade

edilebildiği takdirde; rengi de sayısal olarak belirtebilmek mümkündür (5). Cisimlerin renk değerlerini sayısal olarak ifade edebilmek amacıyla renk sistemleri geliştirilmiştir (9).

## **2. RENK SİSTEMLERİ**

Tercih edilen renk sistemine göre renk tanımı ve objelerin matematiksel olarak renk değerleri de değişmektedir (3). Rengin değerlendirilmesinde genellikle Munsell ve CIE Lab renk sistemleri kullanılmaktadır (9).

### **2.1. Munsell Renk Sistemi**

Albert H. Munsell tarafından 1905 senesinde ifade edilen bu renk sistemi, yapılmış olan en eski sistem olup, renkler silindiriksel olarak uzaysal düzlemde koordinatlar ile ifade edilir (7). Munsell Renk Sistemi, kolay, tutarlı ve çoğunlukla kabul gören bir sistem olup rengin yoğunluğunu (chroma), tonunu (hue) ve değerini (value) temel alan 3 boyutu vardır (10).

Renk tonu (hue); rengin çeşidini, tonunu ve karakterini ifade etmektedir. Bir rengin kırmızı mı sarı mı yeşil mi mavi mi olduğu gibi, diğer renkler ile ayrımı renk tonu özelliği sayesinde gerçekleşir. Algılanan ışığın dalga boyu ile ilgili bir kavramdır. Mor, mavi, sarı, kırmızı ve yeşil hue'nun 5 ana rengini, kırmızı-mor, kırmızı-sarı, yeşil-sarı, mor-mavi, mavi-yeşil ise 5 ara rengini oluşturur. Munsell renk sisteminde hueyu ifade için birtakım basit harfler kullanılır. Yani bu 10 farklı renk; kırmızı=R, sarı=Y, sarı-kırmızı=RY, yeşil=G, mavi=B, yeşil-sarı=GY, mor=P, mavi-yeşil=BG, mor-mavi=PB, kırmızı-mor=RP olarak isimlendirilir (7). Dış hekimliği pratiğinde çoğunlukla kullanımı tercih edilen Vita renk skalasında (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) hue değeri A,B,C,D şeklinde gösterilir (4).

Renk değeri (value); bir rengin beyazlık siyahlık oranı olarak da düşünülebilir yani rengin parlaklığını belirtir. Value değeri fazla ise açık renk, az ise koyu renk ifade ediliyor demektir. Bir nesnenin parlaklığı o nesnenin geçirdiği ya da yansıttığı ışık enerjisi oranının bir sonucudur. Siyahtan beyaza doğru ilerleyen gri tonları 0-10 arasındaki farklı value değerleri ile ifade edilir (11). Renk değeri yani value dış rengi eşleştirme ve kıyaslamada en önemli belirteçtir (10). Estetik restorasyonların genellikle sorunu yüksek value değerlerine sahip olmalarıdır. Çünkü bu durum insan gözü tarafından kolaylıkla fark edilir ve value değeri fazla olan bir restorasyon ilk bakışta dikkat çeken tebeşirimsi ve açık renkli yapay bir görüntü oluşturur. Aydınlık değeri düşük olan bir restorasyon ise gri renkli ve cansızdır (7).

Renk yoğunluğu (chroma) ise rengin kuvvetinin ve yoğunluğunun tanımıdır (12). Parlaklık ile yoğunluk ters orantılıdır. Parlaklık arttığı zaman yoğunluk azal-

maktadır. Chroma değeri Vita renk skalasında numaralarla ifade edilir (4). Value değeri siyahtan beyaza doğru 0-10 arasındaki 11 derece ile ifade edilirken, yoğunluk yani chromanın ise ifadesi 15 farklı derece ile yapılır (7).

Bir rengin belirlenmesinde ilk olarak value ve chroma değerleri tespit edilip en son olarak hue değeri belirlenir (13). Munsell renk sistemine göre herhangi bir renk ifade edilirken hue, value ve chroma (H V/C) sıralamasında olacak şekilde “Munsell Notasyonu” olarak isimlendirilen sayısal bir kodlama kullanılır: (5 6/8 gibi) (14).

Diş hekimliği pratiğinde estetik restorasyonlar yapılabilmesi için translüsens kavramı da çok önemli olmasına rağmen Munsell Renk Sisteminde bu özellik yer almamaktadır. Munsell’ın renk sisteminin oldukça kısıtlı bir kısmında insan dişleri renklerinin sahip olduğu doygunluk, parlaklık ve renk tonu özellikleri bulunur. Az sayıda renk tonu içeren bu renk skalası kullanılarak dental materyaller ile dişler arasında birbirlerine renk açısından uyumlu istenen estetik restorasyonlar sağlanamayacağı için Munsell Renk Sistemi yetersiz kabul edilmektedir (15).

## **2.2. CIE (Commision on Illumination) Lab Renk Sistemi**

1931 yılında renk ve ışık kavramlarına dair çalışmalar yapmakta olan CIE, uluslararası bir kuruluş olup, XYZ üçlü koordinat birimlerini ortaya koymuştur. Bu sistem 3 ana renge hassas (X=kırmızı, Y=yeşil, Z=mavi) sensörlerle işleyen bir sistem olmakla birlikte bu renk sensörleri aynı zamanda insan gözü retinasında da bulunmaktadır. Üç temel rengin kavranabilmesini sağlayan nöronların beyne ilettikleri uyarıların toplamını bu X, Y ve Z değerleri ifade etmektedir. Her bir sinyalin ayrı ayrı toplam sinyal miktarına olan oranlaması rengi ifade eder. İnsan beyni bu üç uyarının bileşimini gerçekleştirirken, renk algılanmasını ise oranlamalar aracılığıyla sağlar. Bu tanıma istinaden tüm renkler esas olarak 3 ana rengin yani kırmızı (X), yeşil (Y) ve mavinin (Z) farklı oranlarda bileşimi sonucunda oluşmaktadır.

Buna göre;

Kırmızının belirlenme seviyesi:  $X=X/(X+Y+Z)$

Yeşilin belirlenme seviyesi:  $Y=Y/(X+Y+Z)$

Mavinin belirlenme seviyesi:  $Z=Z/(X+Y+Z)$  şeklindedir (15).

CIE Lab renk sistemi ise 1976 senesinde yine CIE tarafından ifade edilmiştir. Günümüzde en yaygın kabul gören renk sistemi olmakla beraber bu renk sisteminde renk algısının insan gözündeki kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç çeşit renk reseptörüyle ilişkili olduğu kabul edilir (16). Bu renk sisteminde algılanan renk değişiklikleriyle uyum gösteren eşit bölmeler olan düzenli bir renk sistemidir (16).

CIE Lab renk sistemi L, a ve b olacak şekilde eksenlere sahip olup üç boyuttan oluşmaktadır. Rengin koyuluk ve açıklık durumunu L eksen koordinatları ifade eder. L değeri 100 ise mutlak beyaz renk, L değeri 0 ise mutlak siyah renk söz konusudur. Kırmızı – yeşil ekseninin koordinatlarını a sayısal değeri ifade ederken, sarı – mavi ekseninin koordinatlarını ise b sayısal değeri belirtir. Kırmızı rengine yakın olma durumu a değerinin pozitifleşmesiyle, yeşil rengine yakın olma durumu ise a değerinin negatifleşmesiyle meydana gelir. Aynı şekilde sarıya yaklaşıldığını pozitif b değeri, maviye yaklaşıldığını ise negatif b sayısı ortaya koyar (13,16-19). a ve b koordinatlarının sayısal değeri 0'a doğru geldikçe nötr renkler oluşur, a ve b değerleri yükseldikçe de renk yoğunlaşıyor demektir (16).

Aynı örneğin farklı bölgelerinin ya da farklı örneklerin L, a, b sayıları arasındaki farkın sayısal yönden belirtilmesi sonucunda renk değişiklikleri ( $\Delta E$ ) oluşur. Açığa çıkan renk değişikliklerini CIE Lab sisteminde sayısal olarak hesaplayabilmek için rengin parlaklık değeri ve koyuluk açıklık ölçeği olan (L), yeşil – kırmızı rengin ifadesi olan (a) ve mavi – sarı özelliğini gösteren (b) değerleri temel alınarak bir formül belirlenmiştir:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

Şayet bir cismin rengi değişmiyor ve stabil kalabiliyorsa yapılan testler neticesinde teorik olarak o cismin renginde hiçbir değişiklik tespit edilemez ( $\Delta E = 0$ ) (20).

$\Delta E$  değeri 1 ise gözlemcilerin yarısı bu durumu tespit edebilirken,  $\Delta E$  3,3 değerinin üzerindeyse klinik olarak tüm gözlemciler tarafından bu renk değişikliği tespit edilebilmektedir (21,22).

### **3. DIŞ HEKİMLİĞİNDE RENGİN BELİRLENMESİ**

Diş hekimliğinde, renk belirlenmesinde güvenilir ve doğru bir yöntemin kullanılmasının amacı estetik olarak başarılı kabul edilen restoratif işler yapabilmektir. Dental uygulamalarda renk tercihi birçok yol ile yapılır. Bunlar; geleneksel yöntem olan çıplak göz ile rengin belirlenmesinin yanı sıra dijital yöntem olarak da kolorimetre ve spektrofotometre gibi farklı cihazların kullanımı ile renk tespittir (23).

#### **3.1. Diş Renginin Göz ile Tespit Edilmesi (Geleneksel Yöntem)**

Kullanımı yaygın olarak tercih edilen geleneksel teknik, teste tabi tutulan örneğin standartlaştırılmış örnekler ile karşılaştırılması olup aynı zamanda en eski tekniktir. Ancak bu yöntemde yanlış renk tercihleri olabilir çünkü gözün daha önceki deneyimleri, yorgunluk, yaşlanma, hisler, aydınlatma imkanları, metamerizm ve

madde ile aydınlatıcının birbirlerine göre pozisyonu gibi faktörler söz konusudur. Yani cismi izleyen gözün ışık enerjisi ile uyarılması sonucunda açığa çıkan fizyolojik ve psikolojik yanıt söz konusudur (24). Renk değişikliklerinin analizinde gözle yapılan değerlendirmelerin sonuçları gözlem koşullarına, gözlemciye bağlı olarak farklılık göstereceği için hassas bir teknik olmayıp tutarsız ve sübjektif özellik gösterir (25,26).

E. Bruce Clark tarafından 1930lu senelerin başlarında ilk renk skalası geliştirilmiştir (24). Günümüz diş hekimliğinde kullanılan birçok renk skalası vardır. Vitapan Classical (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) skalası 1956 yılında yapılmış olup; A, B, C, D olmak üzere birbirlerinden farklı renk tonlarını ifade eden dört grup ve her bir grubun altında da renk yoğunlukları olarak farklılık gösteren on altı adet renk vardır (27). Bu skala günümüzde halen sıklıkla kullanılıyor olmasına karşın, mevcut renklerin doğal dişlerle uyumunun eksik kalması ve renklerin gruplandırılmasının sistematik olmaması gibi dezavantajları nedeniyle yeni renk skalaları uygulamaya konmuştur (28).

Schwabacher ve Goodkind isimli araştırmacılar 1990 yılında var olan renk skalalarındaki ton, parlaklık ve doygunluk belirteçlerindeki limitleri elimine edecek ve daha net veriler ortaya koyabilecek renk skalalarının gerekliliğini vurgulamışlardır (29). Bunun üzerine 1998 senesinde Toothguide 3D-Master (Vita Zahnfabrik) skalasının kullanılmaya başlanması sayesinde renk skalaları alanında büyük bir gelişme olmuştur (27). Bu renk skalasında beş gruba bölünmüş olan 26 tane renk bulunur. Her bir grubun içinde bulunan renkler yoğunluk derecelerine göre vertikal hatta, tonlarına göre ise horizontal hatta dizilirler. Bu skalada bulunan harflerin yanındaki "1, 2, 3, 4, 5" şeklindeki rakamlar hangi grup ve renk olduğunu ifade etmektedir. Daha koyu rengi ifade etmek için rakam değeri yükselirken, daha açık rengi belirtmek için ise rakam değeri sayısal olarak düşüş gösterir. Rengin tonunu ifade etme konusunda M', R' ve L' harflerinden yararlanır. Daha sarı renk tonunu ifade eden harf L' iken, R' harfi ise daha kırmızı renk tonunu ifade eder. Kırmızı veya sarı tonlarının ortasında bulunan renkler için de M' harfi kodlanır. Rengin yoğunluğunu göstermek için de harften sonra yine rakamlar kullanılır (1, 1,5, 2, 2,5, 3). Sayısal değer artması renk yoğunluğunun da arttığının göstergesidir (7).

Vitapan Toothguide 3D-Master renk skalasının, Classical renk rehberine göre daha düzgün renk dağılımının mevcut olması, doğal diş ile daha paralel renk uyumu göstermesi ve renk aralığının daha çeşitli olması gibi avantajları vardır (30-32).



### 3.2. Diş Renginin Dijital Olarak Belirlenmesi

Renk seçiminin çıplak gözle yapılması ister istemez subjektif sonuçlar açığa çıkarır. Çünkü başarılı bir renk tespiti için rengin tonu, translüsentliği, parlaklığı ve doygunluğu hakkında doğru ve objektif veriler elde edilmelidir. Dijital renk tespit yöntemlerinin tercih edilmesi ile renk seçiminde faydalanılan skalaların sebep olduğu subjektif sonuçlar ve renk uyumsuzluklarının önüne geçilmiş olunur (33).

Diş hekimliğinde renk analizi amacıyla yapılan ilk cihaz Cromascan (Stern-gold, Stamford, Conn) ismiyle 1980li senelerin başlarında piyasaya sunulmuştur. Fakat kullanımının güç, duyarlılığının ise düşük olması sebebiyle ilgi görmemiştir (7). Bunun önüne geçebilmek için kolorimetreler, dijital kameralar ve spektrofotometreler gibi cihazlar dental restoratif materyallerin renk tespiti alanında kullanılmaya başlamıştır (34). Bu cihazlar x, y, z ifadeleri ya da CIE L, a, b ifadeleri olmak üzere üç koordinatlı değerleri gösterirler. Bu değerler sayısal olarak tespit edilip yorumlanabilir ve farklı cisimlerin renk değerleri birbirlerine göre kıyaslanabilir.

#### 3.2.1. RGB (Kırmızı Yeşil Mavi) Renk Sistemi

Bu sistemde doğada yer alan bütün renkleri oluşturabilmek için kırmızı, yeşil, mavi renkleri karıştırılır. Tüm renklerin tamamı %100 karıştırılırsa beyaz, %0 miktarında karıştırılırsa siyah rengi elde edilir. Bilgisayar ekranlarından direkt olarak emilim ile çalışan cihazlarda çoğunlukla bu sistem tercih edilmektedir (35).

#### 3.2.2. Dijital Kameralar

Bilgisayar analizlerinden yararlanılarak fotoğraflardan renk tespit edilmesi işlemdir. Günümüzde diş hekimleri ve teknisyenler tarafından sıklıkla kullanılmasının sebepleri arasında dijital kameraların daha çabuk, etkin ve basit renk seçimini sağlayabiliyor olması gösterilebilir. Ama dijital kameraların kullanımı tek başına tercih edildiği takdirde renk tespiti için güvenilir bir seçenek değildir (35). Kameranın rengi belirleyebilmesini fotografik görüntülerin kaydı sırasında kullanılan aç ve aydınlatma koşulları etkiler (36). Wee ve ark (37), uygun kalibrasyon sağlanarak tek lens refleksi (SLR) kameralarının kullanımının renk analizinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

#### 3.2.3. Kolorimetre

Kolorimetre cihazları standartlaştırılmış bir renk kalibrasyonundan faydalanarak rengi belirlenmek istenen maddenin renk verilerini analiz eder (15). Bu cihazların sahip olduğu renk filtreleri insan gözünü taklit edebilmektedir. Aynı zamanda CIE Lab sistemine göre de renk tespiti yapabilirler (38). Diş rengi ile ilgili yapı-



lan in vitro ya da in vivo çalışmaların birçoğunda kullanımı tercih edilmektedir. Spektrofotometre ile karşılaştırıldığında olumlu sonuçlar alındığı kolorimetre cihazlarında da görülmüştür (38). İn vivo olarak yapılan renk deneylerinde pozisyonlandırıcı kullanımı ile kolorimetrenin yaptığı ölçümün hassasiyeti arttırılabilir (39). Bu cihazın dezavantajları sadece düz alanlarda ölçüm yeteneği olması ve dar açıklığı olan modellerinde ölçüm yapılabilen maddeden kolorimetreye ışığın yansımalarının tam olarak gelememesi (edge-loss) olarak sayılabilir (38).

### **3.2.4. Spektrofotometre**

Sproull tarafından 1973 senesinde doğal dişin sahip olduğu renk aralığının değerlendirilmesi için bu cihazlar ortaya çıkmıştır (40). Spektrofotometre cihazları renk tespitinde en sık tercih edilen alet olup, görünen ışık spektrumu aralığında, 1-25 nm aralıklarla maddeden iletilen ışık enerjisinin oranını tespit etmektedir (34). Bu cihazların sürekli bir renk hattı oluşturabilmek için içerdiği parçalar; ölçüm yapmada görevli optik bir sistem, ışığı dağıtmada görevli bir optik radyasyon kaynağı ve analizin yapılabilmesi amacıyla tespit edilen ışık enerjisini sinyale çeviren bir dedektördür (20). Bu cihazlarla doğru bir yanıt alınabilmesinin kaynağı; renk tespitini, insan gözünün kavrayabildiği tüm dalga boylarındaki (380-720 nm aralığı) yansıyan ışığın tamamını geri toplayarak gerçekleştiriyor olmasıdır (41).

Piyasaya ilk sürüldüğü zamanlarda oldukça büyük, karmaşık ve maliyetli olan bu cihazlar zaman geçtikçe gelişmiştir ve doğru ölçüm yapabilmesi, hassasiyeti ve tekrarlanabilir oluşu gibi avantajları sayesinde birçok çalışmada diş renginin tespit edilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (40). Geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında spektrofotometre cihazlarının %33 artmış şekilde doğruluk payı içerdiği ve çalışmaların %93,3'ünde daha nesnel yanıtlar doğurduğu görülmüştür (42). Bu avantajlarına rağmen düz olmayan eğimli alanlarda yapılan ölçümler ve diş translüesentliği sebebiyle hatalı sonuçlar da verebilir (43).

Dijital renk tespit yöntemlerinin birbirlerinin eksikliklerini tamamlayan yönlerini belirten araştırmacılar vardır. İmkanlar dahilinde bu tip cihazların bir arada kullanılmasının daha doğru yanıtlara ulaştıracağını vurgulamışlardır (44,45).

Estetiğe olan alakanın her geçen gün artması ve bu konunun diş hekimliği alanındaki etkisi ise hastaların daha estetik dental tedaviler istemelerine neden olduğu için restoratif materyallerin doğal diş dokusuyla renk uyumu göstermeleri önemli hale gelmektedir. Estetik ve renk kavramı; güncel diş hekimliği pratiğinde günden güne önemli hale gelen ve yapılan çalışma sayısının gittikçe yükseldiği bir alandır. Renk kavramı; ışığın, objeler tarafından yayılma/soğurulma veya ışığın karakteristik özelliklerine bağlı olarak göz ve beyin üzerinde oluşturduğu etki

şeklinde tanımlanmaktadır. Sübjektif bir değerlendirmenin önüne geçilebilmesi adına renk sistemleri geliştirilmiş olup, bu sistemler objelerin renk değerlerini matematiksel olarak ifade etmek için kullanılır (46). İdeal bir estetik dental restorasyon elde edebilmek için materyallerin ve diş renginin tespiti ve değerlendirilmesinde objektif veriler sunabilecek doğru ve güvenilir bir metod kullanılması gerekmektedir. Diş hekimliğinde renk tespiti; geleneksel yöntem olarak direkt olarak çıplak göz ile renk değerlendirilmesiyken dijital yöntemler ise kolorimetre, spektrofotometre, dijital kameralar gibi çeşitli teknolojik cihazların kullanımı olarak sıralanabilir (23, 47-49).

## KAYNAKLAR

1. Önal B, Recen D, Türkün L. Restoratif diş hekimliğinde renk seçimi. *Türkiye Klinikleri Journal of Restorative Dentistry-Special Topics*. 2015; 1(3):21-27.
2. Barutçigil Ç, Yıldız M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *Journal of Dentistry*. 2012;40(1):e57-63. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.12.017>
3. Rosenstiel S, Land MF, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. (5th ed.) St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016.
4. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics Restorative Dentistry*. 2003;23(5):467-479.
5. Hecht E. *Optics*. (5th ed.) Boston: Pearson Education, Inc; 2017.
6. Filiz Keyf, Gülay Uzun, Sema Altunsoy. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2009;33(4):52-58.
7. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic Color Training In Dentistry*. St. Louis, Mo.: Elsevier Mosby; 2004.
8. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillip's Science of Dental Materials* (12th ed.) St. Louis, Missouri: Elsevier; 2013.
9. Mourouzis P, Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M. Effect of in-office bleaching agents on physical properties of dental composite resins. *Quintessence International*. 2013;44(4):295-302. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a29154>
10. O'Brien WJ. *Dental Materials: Properties and Selection*. Chicago: Quintessence Pub. Co; 1989.
11. Guazzato M, Albakry M, Swain M, et al. Mechanical properties of in-ceram alumina and in-ceram zirconia. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15:339-346.
12. Zaimoğlu A, Can G. *Sabit Protezler*. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları; 2011.
13. Sakaguchi RL, Ferracane JL, Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. (14th ed.) St. Louis, Mo: Elsevier Mosby; 2018.
14. Lenz J, Thies M, Wollwage P, et al. A note on the temperature dependence of the flexural strength of a porcelain. *Dental Materials*. 2002;18(7):558-60. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(01\)00087-2](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(01)00087-2)
15. Paravina RD, Roeder L, Lu H, et al. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *American Journal of Dentistry*. 2004;17(4):262-266.
16. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*. 2004;32(1):3-12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
17. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, et al. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005;94(2):118-124. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.05.004>

18. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005;93(5):453-458. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.02.001>
19. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, et al. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002;88(6):585-590. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.129803>
20. Lasserre JF, Pop-Ciutrla IS, Colosi HA. A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *Journal of Dentistry*. 2011;39(1):e29-36. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.11.002>
21. Craig RG, Powers JM, *Restorative Dental Materials*. (11th ed.) St. Louis: Mosby; 2002.
22. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*. 2004;20(6):530-534. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2002.11.001>
23. Hassel AJ, Grossmann A, Christiane, Schmitter M, et al. Interexaminer reliability in clinical measurement of L\*a\*b\* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *International Journal of Prosthodontics*. 2007;20(1):79-84.
24. Hammad I. Intrarater repeatability of shade selection with two shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003;89(1):50-53. <https://doi.org/10.1067/mpr.2003.60>
25. Borbely J, Varsányi B, Fejérdy P, et al. Toothguide Trainer tests with color vision deficiency simulation monitor. *Journal of Dentistry*. 2010;38(2):e41-49. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.007>
26. Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and abilities. *Dental Materials Journal*. 2006;25(1):445-454. <https://doi.org/10.4012/dmj.25.445>
27. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *Journal of Dentistry*. 2009;37(1):e15-20. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.02.005>
28. Hassel A, Koke U, Schmitter M, et al. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *International Journal of Prosthodontics*. 2006;18(1):422-426.
29. Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1990;64(4):425-431. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90038-e](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90038-e)
30. Paravina R, Majkic G, Imai F, et al. Optimization of tooth color and shade guide design. *Journal of Prosthodontics Official Journal of American College of Prosthodontists*. 2007;16(1):269-76. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2007.00189.x>
31. Li Q, Yu H, Wang Y. In vivo spectroradiometric evaluation of color matching errors among five shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2008;36:65-70. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2008.01894.x>
32. Paravina R, Powers J, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(1):73-78.
33. Chu S, Tarnow D. Digital shade analysis and verification: a case report and discussion. *Practical Procedures in Aesthetic Dentistry*. 2001;13(1):129-138.
34. Al-Boni R, Raja OM. Microleakage evaluation of silorane based composite versus methacrylate based composite. *Journal of Conservative Dentistry*. 2010;13(3):152-155. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.71649>
35. Chu SJ, Devisus A, Paravina RD, et al. *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. (2nd ed.) Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co Inc; 2010.
36. Genç G, Toz T. A review of the color stability of resin composites: the etiology, classification and the treatment of composite staining. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;38(2):68-79. <http://dx.doi.org/10.5505/eudfd.2017.43265>
37. Wee A, Lindsey D, Kuo S, et al. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 2006;22:553-559. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.011>

38. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PCF, et al. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1990;63(2):155-162. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90099-x](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90099-x)
39. Li Y, Lee S, Cartwright S, et al. Comparison of clinical efficacy and safety of three professional at-home tooth whitening systems. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2003;24(1):357-378.
40. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1973;29(5):556-566. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(73\)90036-x](https://doi.org/10.1016/0022-3913(73)90036-x)
41. Berns RS, Billmeyer FW, Saltzman M. *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. (4th ed). Hoboken, NJ: Wiley; 2019.
42. Wei Y jie, Silikas N, Zhang Z ting, et al. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dental Materials*. 2011;27(3):259-266. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.015>
43. Guan YH, Lath DL, Lilley TH, et al. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(1):7-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01340.x>
44. Kanawati A, Richards M. Repeatability of a dental shade-matching instrument when compared to traditional visual methods of shade evaluation. *General Dentistry*. 2009;57:323-327.
45. Oh W suk, Koh IW, O'Brien WJ. Estimation of visual shade matching errors with 2 shade guides. *Quintessence International*. 2009;40(10):833-836.
46. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Shade compatibility of esthetic restorative materials—A review. *Dental Materials*. 2010;26(12):1119-1126. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.08.004>
47. Bozkaya S, Tekçe N, Özel E. Effects of characterization material and bleaching agent application on surface properties and color change of composite materials. *Turkiye Klinikleri Journal of Dental Science*. 2018;24(3):197-204. <http://dx.doi.org/10.5336/dentalsci.2018-61760>
48. Chakravarthy Y, Clarence S. The effect of red wine on colour stability of three different types of esthetic restorative materials: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2018;21(3):319-323. [https://doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_293\\_17](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_293_17)
49. Lai G, Zhao L, Wang J, et al. Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. *Dental Materials Journal*. 2018;37(5):717-724. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-233>