



## RENK SEÇİMİNDE GÜNCEL TEKNOLOJİK GELİŞMELER RECENT TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS IN COLOR SELECTION

Dt Ayşegül DOĞAN\*

Doç Dr Bulem YÜZÜGÜLLÜ\*

**Makale Kodu/Article code:** 270  
**Makale Gönderilme tarihi:** 03.03.2011  
**Kabul Tarihi:** 16.07.2010

### ÖZET

Estetik diş hekimliğinin en önemli unsurlarından biri restorasyon renginin seçimidir. Ancak diş rengi görünebilir ışık spektrumunun dar bir alanında yer alır ve seçimi pek çok faktörden etkilenir. Dişhekimliğinde renk seçimi görsel ve bilgisayar destekli sistemlerin yardımı ile olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Görsel renk seçiminde skalalar kullanılmaktadır. Kolorimetreler, RGB (red, green, blue kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır) cihazları, spektrofotometreler ve spektrodymetreler renk seçimi amacıyla kullanılan dijital cihazlardır. Diş gibi translusent objelerin değerlendirilmesinde bazı bilgisayar destekli cihazların kullanımı yanlış sonuçlara yol açabilir. Ancak bu sistemler subjektif olan görsel değerlendirmeye kıyasla daha objektif sonuçlar ortaya koymaktadır. Görsel ve bilgisayar destekli sistemlerin kombine olarak kullanımı önerilmektedir. Sunulan çalışmada; gerek görsel gerekse renk seçimi için geliştirilen yeni teknolojik uygulamalardan bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Renk, renk seçimi kriterleri, dijital renk sistemleri, görsel renk seçimi

### ABSTRACT

Shade selection is one of the most important procedures in esthetic dentistry. Tooth color captures a small area in the visible spectrum and shade selection is effected by many factors. Shade selection in dentistry can be divided into two categories as visual and instrumental. Shade guides are used for visual shade selection. Colorimeters, RGB devices, spectrophotometers and spectroradiometers are used for instrumental shade selection. Some of these instruments can cause inaccurate results for evaluating the color of translucent objects, such as teeth. But these systems give more objective results than subjective visual examination. For that reason, both visual and instrumental shade matching systems should be used combined. This review gives information about shade selection systems and advances in shade selection.

**Key words:** Colour , shade selection criteria, digital color systems, visual shade selection

Renk, Commission internationale de l'Eclairage (CIE) a göre kromatik ve akromatik komponentlerin kombinasyonundan oluşan görsel algılamadır.<sup>1</sup> İnsan gözünün algılayabildiği spektruma *görünebilir ışık spektrumu* denir. Beyaz ışık bütün renkleri içermektedir, bu nedenle ışık olmadan renk olamaz.<sup>2</sup>

Işık bir cisimle etkileştiğinde ışığın bir kısmı cisim tarafından absorbe edilir. Absorbe edilmeyen kısmı ise gözdeki reseptör hücreler tarafından algılanır ve beyin tarafından belirli bir renk olarak tanınır.

Hangi dalga boylarının geçirildiği, hangilerinin absorbe edildiği materyalin yapısıyla ilgilidir. Cisim yüzeyinden yansıyan dalga boylarındaki ışınlar rengin algılanmasını sağlar.<sup>3</sup> Cisim hangi rengin dalga boyunu yansıtıyorsa o renk algılanır. Üzerine verilen bütün ışığı yansıtan cisim ise beyaz görünür.<sup>4</sup>

Floresans, opalesans ve translusensi optik üçlüyü oluşturur. Bu optik özellikler dişlere doğal bir görünüm kazandırabilmek açısından önemlidir. *Floresans*, bir objenin ışığı absorbe etmesi ve sürekli

\*Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara



olarak ışığı daha uzun dalgaboyları halinde yansıtmaktadır.<sup>5</sup> *Opalesans*, bir objenin üzerinden ışık yansıdığında bir renk, içinden ışık geçtiğinde farklı bir renk olarak görünmesidir.<sup>5</sup> *Translusensi* ise ışığın geçirgenlik derecesini ifade eder. Bir cismin renginin ışık kaynağına bağlı olarak farklı görünmesi olgusu da *metamerizm* olarak adlandırılır.<sup>5</sup>

Diş rengi, görünür spektrumun çok dar bir alanında yer aldığı için, renk seçimi estetik restoratif diş hekimliği için her zaman bir problem olmuştur. Uzun yıllardır renk bilimi uzmanları objektif bir renk seçimi yapabilmenin yollarını aramaktadırlar. Bu derlemenin amacı, diş hekimliğinde renk seçimini, seçimin hangi sistemlerle yapılabileceğini, bu sistemlerin avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmaktır.

### Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Sistemleri

Diş hekimliğinde kullanılan renk sistemleri Munsell ve CIE renk sistemleridir. Munsell skalası kalitatif özellik taşıyor ve bu nedenle klinikte yaygın olarak kullanılmaktadır. 1976'da geliştirilen CIE L\*a\*b\* renk sistemi kantitatif veriler sağladığından araştırmalarda tercih edilmektedir.<sup>6,7</sup> Munsell renk sisteminde hue, chroma ve value farklı eksenlerde gösterilir. Hue ana renktir ve ışığın dalga boyu tarafından tanımlanır. Chroma ana rengin yoğunluğudur. Value parlaklığı ifade eder.<sup>8</sup> CIE sisteminde x,y,z olarak üç parametre kullanılır. Bu parametreler gözlemci tarafından tanımlanan spektral cevap fonksiyonları temeline dayanmaktadır.<sup>9</sup> CIE L\*a\*b\* sisteminde ise L\*,a\*,b\* değerleri üç uyarınlı x,y,z değerlerinden hesaplanabilir. L\* rengin parlaklığını, a\* kırmızı-mor/mavi-yeşil eksenini, b\* sarı/mor-mavi eksenini ifade etmektedir. CIE L\*a\*b\* sisteminde renk sahasının belirlenmesi insanların renk algılama aşamalarına benzer. Böylece renk değerlerinin algılanması kolaylaşır.<sup>7</sup>

Diş renginin kaynağı dentindir. Bu renk, mine şeffaflığı ve dentin kalınlığına göre değişmektedir. Renkler dentinde birleşir mineden geçerek yansır.<sup>10</sup> Doğal diş rengi intrinsek ve ekstrinsek renklerin bir kombinasyonudur. İntrensek diş rengi mine ve dentinin ışığı yansıtır ve geçirme miktarıyla ilgilidir. Ekstrinsek diş rengi yüzeysel boyanmalarla ilgilidir.<sup>10</sup> Diş ile ışığın ilişkisi dört şekilde tanımlanmaktadır:

1. Işığın diş içerisinden geçmesi
2. Yüzeysel speküler olarak yansıması
3. Yüzeysel diffüz olarak yansıması

#### 4. Dental dokular tarafından emilmesi ve kırılması

Diş rengi, diştten yansıyan ışık sayesinde algılanmaktadır. Minedeki hidroksiapatit kristalleri ışık yansımada önemli role sahiptir. Dentin daha anizotropik bir yapı sergiler.<sup>11</sup> Doğal dişler sarı ile sarı-turuncu renktedir.<sup>12,13</sup> Maksiller anterior dişler mandibuler anterior dişlerden daha sarıdır. Maksiller santral kesici dişler lateral ve kanin dişlerden daha yüksek parlaklık değerine sahiptir.<sup>14</sup> Dişler fırçalanma sonrasında daha yüksek parlaklık değerleri göstermektedir.<sup>10</sup> Diş renginin algılanması ışık kaynağı, translusensi, opasite, ışık yansıması, insan gözü ve beyni gibi faktörlerden etkilenen kompleks bir fenomendir.

### Renk Seçimi

Renk seçimi, klinik diş hekimliğinde halen en zor karar verilen konulardan biridir. Hastaların estetik beklentilerinin artması rengin en mükemmel şekilde seçilmesi gerekliliğini gündeme getirmiştir.

Renk seçimi rengin algılanması sayesinde yapılabilir ve bu da üç kritere bağlıdır.<sup>15</sup>:

- 1) Işık kaynağı (ilüminant)
- 2) Objeye
- 3) Dedektör (göz veya mekanik cihazlar)

İnsan gözü 380-780 nm arasındaki dalga boylarını ayırt edebilmektedir.<sup>16,17</sup> Bir objenin rengi ışık kaynağına göre değişiklik gösterebilir. Dental prosedürde ışık kaynakları floresan, akkor ve doğal olmak üzere üçe ayrılır.<sup>4</sup> Doğal ışık kaynağı güneştir. Güneş, öğle saatlerinde mavi, sabah ve akşam saatlerinde ise kırmızı-turuncudur. Floresan ışık kaynakları mavi tondan zengindir. Akkor ışık kaynağı sarı ve kırmızı tondadır. Ahn ve arkadaşları<sup>18</sup>, yedi farklı tipte kor içeren tam seramik materyalin translusensi değerlerini farklı ışık kaynakları altında spektrofotometre ile analiz etmiş ve akkor ile floresan ışık kaynakları altında gün ışığına göre daha yüksek translusensi değerleri olduğunu göstermişlerdir.

Yu ve Lee<sup>19</sup>, direkt kompozit rezin, indirekt kompozit rezin ve porselen veneerlerin farklı ışık kaynakları altında opalesanslarını karşılaştırmışlardır. Materyaller, gün ışığı altında floresan ve akkor ışık kaynaklarına göre daha düşük opalesans değerleri göstermiştir. Direkt kompozitlerin doğal diş ile daha benzer opalesansı olduğu sonucuna varmışlardır.

İnsan gözü; ışık kaynağı, dişeti rengi, çevresel faktörler, renk tabletinin konumu ve deneyim gibi bir çok faktörden etkilenmektedir.<sup>20</sup> Renk seçiminde



cinsiyetin de etkisi olduğu gözlenmiş ve erkek diş hekimlerinin %9.3'ünün renk algılama defektine (renk körlüğü) sahip olduğu ortaya konmuştur.<sup>21</sup>

### Renk Seçimi Kriterleri

Diş hekimliğinde klinikte renk seçerken çeşitli kriterlerin göz önüne alınmasında fayda vardır;<sup>7,22</sup>

- Seçim preparasyondan önce yapılmalıdır.
- Bayan hastaların ruju silinmelidir.
- Dişler temiz olmalıdır.
- Hasta dik oturmalı, skala göze kol uzunluğu kadar uzakta olmalıdır.
- Seçim 5 saniye içinde yapılmalıdır.
- Gözler mavi bir zemine bakarak dinlendirilmelidir.
- Gözler yarı kapalı yani kısalmış olarak seçim yapılırsa renklerin ayırt edilmesi zorlaşabilir ancak value tesbiti daha doğru yapılır.
- Dişler translusensi bakımından da değerlendirilir.
- Diş ideal olarak 9 parçaya bölünerek her parça için tek tek renk seçilir. Dişlerin fotoğrafları çekilerek laboratuara gönderilir

### Renk Seçim Sistemleri

Günümüzde diş renginin belirlenebilmesi için farklı sistemler geliştirilmiştir. Temel olarak bu sistemleri görsel renk seçimi ve dijital sistemlerin kullanımını olarak iki gruba ayırmak mümkündür.

Görsel renk seçimi için skalalar kullanılmaktadır. Bu renk skalalarında kullanılan materyaller restorasyonun yapılacağı materyal ile aynı olmayabilir. Bu durumda metamerizm ortaya çıkar.<sup>23</sup> Görsel renk seçiminin en büyük dezavantajı subjektif olmasıdır. Sim ve arkadaşları<sup>24</sup>, diş hekimliği personelinin renk algılamasındaki farkı incelemek için 10 diş teknisyeni, 15 diş hekimliği öğrencisi, 15 pratisyen diş hekimi ve 10 protez uzmanının yaptığı renk seçimini değerlendirmişler ve çeşitli renklerde farklı algılamaların olduğunu tesbit etmişlerdir. Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde diş hekimliği öğrencileri ve en az iki yıl restoratif diş hekimliği eğitimi almış restoratif diş hekimleri arasında yapılan çalışmaya göre<sup>25</sup> doğru renk eşleştirmesinde klinik bilgi ve deneyimin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Skalalardaki kapsama hatalarının araştırılması için renk tabletleri doğal diş renkleriyle kıyaslanmalıdır.<sup>26,27</sup> Paravina ve arkadaşlarının çalışmasında Vita Klasik skalasının B ,C ,D gruplarının doğal diş renkleri ile uygun şekilde eşleştirilemediği, en yakın sonuçların A

grubu renklerde bulunduğu ortaya konmuştur. Hassel ve arkadaşlarının<sup>28</sup> çalışmasında ağızdaki dişlerin renkleri tek tek Vita Easy Shade (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ile ölçülmüş daha sonra Vita 3D master skalasının renk tabletlerine aynı cihazla ölçüm uygulanmıştır. Dişler ve skala arasında L\* ve a\* değerleri bakımından bariz farklılıklar ortaya çıktığı görülmüştür. Bu nedenle doğal diş ile bu skaladaki renklerin karşılaştırılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Farklılıkların bulunmasının nedeni skaladaki tabletlerin farklı materyalden yapılmış olmasıdır.<sup>29</sup> Skalalardaki porselen kalınlıkları fazladır ve restorasyonlardaki gibi metal alt yapıları bulunmamaktadır<sup>29</sup>. Bu nedenle restorasyonlarda renk uyumsuzlukları ortaya çıkabilmektedir. Douglas ve Przyblska<sup>30</sup> renk skalasındaki renkleri oluşturmak için en az 1 mm translusent dentin porselenine ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Klinikte en sık kullanılan skalalara örnek olarak Vita Classic, Vita 3D Master, Chromascop ve kişisel skalalar örnek olarak verilebilir. Vita klasikte ana renkler, harflerle kategorize edilmiştir (A: Turuncu, B: Sarı, C: sarı-gri, D: Turuncu-gri). Yoğunluk ve parlaklık rakamlarla ifade edilir (1; En az yoğunluk, en yüksek parlaklık, 4; En yüksek yoğunluk, en düşük parlaklık).<sup>4,10,31</sup> Son dönemde vita klasik skalası parlaklığa göre yeniden düzenlenmiştir (B1, A1, A2, D2, B2, C1,C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4,C3, A4, C4).<sup>4</sup> Özellikle açık renkler söz konusu ise insan gözü parlaklık değişimlerine daha hassastır.

Saraç ve arkadaşlarının<sup>32</sup> yaptığı bir çalışmada Vita Klasik skalasının kompozit restorasyonların renk seçiminde kabul edilemeyen renk farklılıklarına neden olduğu bildirilmiştir. Vita System 3D Master, ana renk, yoğunluk ve parlaklık değerlerini içerir. Ana renk, yoğunluk ve parlaklık Munsell Sistemindekine benzetilmektedir. Sıralama sarıdan kırmızıya doğru yapılmıştır. Tabletler artan parlaklık değerlerine göre 5 kategoriye ayrılmıştır. Aynı gruptakiler aynı parlaklıktadır. Her grupta aşağı indikçe yoğunluk artar. 1 ve 5. gruplar dışındakiler ana renge göre L, M, R olarak isimlendirilmiştir. L (light) sarı, M (medium) sarı-kırmızı, R kırmızıdır. (Örneğin 3M2; Value grubu:3 Hue: M Kroma: 2.Seviye). 0 grubu, ağartılmış restorasyon rengi ile ilişkilidir.

Li ve arkadaşları<sup>33</sup> 5 farklı renk skalasını kullanarak görsel renk seçimindeki hataları spektrodüymetre ile incelemişler ve Vita 3D Master'ın, görsel



renk seçimi için en uygun skala olduğunu ortaya koymuşlardır.

Renk seçiminin birebir yapılması istendiğinde insan gözünün yetersiz kaldığı düşünülmektedir.<sup>4,7,16,24,34</sup> Nagai ve arkadaşlarının<sup>34</sup> çalışmasında santral kesici dişe yapılan tam seramik restorasyonun rengi diğer doğal santral kesici dişle kıyaslanmıştır. Bu restorasyonun, üç deneyimli klinisyen tarafından renk uyumu mükemmel olarak belirlenmiştir. Doğal diş ve restorasyonun renkleri bir spektrofotometre (Crystal Eye, Olympus, Tokyo, Japonya) ile yeniden ölçülmüş ve  $\Delta E^* = 1.6$  olarak bulunmuştur. Bu da insan gözüyle algılanamayacak bir değerdir.

### Renk Seçiminde Dijital Sistemlerin Kullanımı

1990' ların sonunda Cortex Machina (Montreal-Kanada) şirketi teknolojik renk seçim sistemleri endüstrisini hayata geçirmiştir. Avantajlarını çevre ve ışık kaynağının etkisinin ortadan kaldırılması, sonuçların tekrarlanabilir-güvenilir olması ve hızlı elde edilebilmesi olarak sıralamak mümkündür.<sup>35</sup> Bu cihazlar yüzeyde yaptıkları ölçüm alanına göre ikiye ayrılmaktadır. Spot ölçüm cihazları (Spot Measurement-SM) diş yüzeyinde küçük bir alanda ölçüm yapabilmektedirler. Tam yüzey ölçümü (Complete Tooth Measurement-CTM) yapan cihazlar bütün diş yüzeyinde tarama yapabilirler.

Dişin renk haritası çıkarılmak istendiğinde SM cihazları ile bir çok bölgeden ölçüm yapma zorunluluğu doğar. CTM cihazları tek bir görüntüde bütün renk haritasını vermeleri bakımından daha avantajlıdır. Çoğu teknolojik sistem renk farklarını belirtmek için CIE L\*a\*b\* Renk sisteminin  $\Delta E$  değerini kullanmaktadır.

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

$\Delta E^*$ , renk aralığında iki nokta arasındaki mesafenin matematiksel ölçümüdür.<sup>36</sup>  $\Delta E^*$ ' nin mümkün olduğunca küçük olması asıl amaçtır.<sup>37</sup>

Algılanabilen renk farklılıkları ( $\Delta E^*$ ) in vitro çalışmalarda<sup>38,39</sup> 1-2, bir in vivo çalışmada<sup>40</sup> da 3.7 olarak bulunmuştur. Klinik olarak kabul edilebilen renk farklılıkları ise in vitro çalışmalarda 2.72<sup>38</sup> ve 3.3<sup>41</sup>, bir in vivo çalışmada<sup>42</sup> da 6.8 bulunmuştur. Diğer bir çalışmada<sup>43</sup>  $\Delta E^* < 4$  ve  $\Delta L^* < 2$  olduğunda klinik olarak kabul edilebilir renk uyumunun elde edilebileceği ortaya konmuştur. Literatürdeki klinik çalışmaların sonuçlarından yola çıkılarak, klinik olarak kabul edilebilen  $\Delta E^*$

değerinin 2-3.5 olabileceği sonucuna varılabilmektedir.<sup>44</sup>

ISO standartlarına göre<sup>45</sup> cihazlar arası güvenilirlik, ölçüm cihazlarının birbiriyle olan tutarlılığı olarak değerlendirilmektedir. Tekrarlanabilirlik ise bir ölçüm cihazının tekrarlayan ölçümler sonucu tutarlı değerler kaydedebilmesidir. Diğer bir önemli parametreye ölçüm cihazının doğruluğudur. Bir cihazın doğruluğu, doğru olduğundan emin olunan bir referans cihazı ile karşılaştırılarak ölçülebilir.<sup>46</sup>

Teknoloji destekli renk seçiminde RGB Cihazları, spektrofotometreler, kolorimetreler ve spektroradyometreler kullanılmaktadır.<sup>4,10,15,16,31,46</sup>

### RGB Cihazları

Bu cihazlar video veya dijital kameraları içermektedir. Teknolojik renk seçim sistemleri içinde en basit olanlarıdır. Renk hakkında laboratuara bilgi verilmesi bakımından son derece kullanışlı olmalarına rağmen, bir ölçüm cihazı olmadıkları ve subjektif değerlendirmeye açık oldukları unutulmamalıdır.<sup>31</sup> Dijital kameraların kullanımı pratik olmakla birlikte fotoğraflama sırasındaki açı, çevrenin ışıklandırması gibi faktörler nedeniyle rengin algılanması değişebilir. Standart ışıklandırma koşulları altında güvenilir renk ölçümüne olanak tanırırlar.<sup>47</sup>

### Spektrofotometreler

Bir cismin yansıttığı veya geçirdiği görünebilir radyant enerji miktarını ölçen cihazlardır. Yansıyan ışık yoğunluğunu bütün görünür dalga boylarında ölçerler.<sup>48</sup> İçerisinde beyaz ışığı 10-20 nm dalga boyları arasında bir spektruma ayıran prizma bulunur.<sup>17</sup> Spektrofotometre ile ölçüm felsefesi, cihazın içerisine ölçüm yapılacak cismin yerleştirilmesi ve farklı açılardan ışınlarla maruz bırakılması esasına dayanır. Ancak bu, klinik diş hekimliğinde mümkün olamamaktadır. Klinikte kullanılan yöntem ışınlama derecesinin 0, gözlem derecesinin 45 olduğu yöntemdir.<sup>49</sup>

Bir çok spektrofotometre SM'dir. Ancak son dönemde tüm diş yüzeyinden tek bir ölçüm yapan laminar tip spektrofotometreler geliştirilmiştir.

Schmitter ve arkadaşları<sup>50</sup> laminar bir spektrofotometrenin (Shade Pilot, DeguDent, Hanau-Wolfgang, Almanya) gözlemciler arası fark bakımından klinik değerlendirmelerini yapmışlar ve son derece güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır. Özellikle L\*



değerleri açısından SM tiplere göre belirgin başarı elde edildiğini bildirmişlerdir.

Vita Easyshade (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) taşınabilir spektrofotometredir. (Tablo I) El parçası cihaza fiber optik bir kabloyla bağlıdır. 5 mm çapındaki temas ucunun çevresinden aydınlatma sağlanır. Işık kaynağı, cihazın içerisinde bulunan halojen lambadır. Vita Classic veya Vita 3D master skalalarıyla uyumlu sonuçlar elde edilir.<sup>31</sup>

Crystal Eye (Olympus, Tokyo, Japonya) 2006'da piyasaya sunulmuştur. (Tablo I) İntraoral fotoğraflar çeker ve laboratuarda bitirilmiş protez, özel dizayn edilmiş, ağız ortamını taklit eden çene modeli üzerinde fotoğraflarır. Da Silva ve arkadaşları<sup>51</sup> Crystal Eye'in klinik etkinliğini değerlendirmiş ve konvansiyonel renk seçim sistemine göre çok daha iyi renk uyumu yakalandığını,  $\Delta E^*$  değerlerinin daha düşük bulunduğunu bildirmişlerdir.

SpectroShade (MHT, Niederhasli, İsviçre) dijital görüntülemeyi spektrofotometrik analizle birleştiren bir sistemdir. Spektrofotometreye bağlı dual dijital kamera sisteminden oluşmaktadır. Bütün diş yüzeyinde ölçüm yapabilmektedir. Halojen ışık lambası kullanılmaktadır. Son derece güvenilir bir cihazdır. Ancak taşınabilir olmaması (ofis tipi için), büyük bir optik başı olması ve ekonomik olmaması dezavantajları olarak sayılabilir.(Tablo I) SpectroShade Micro ve SpectroShade Mobile tipleri taşınabilir özelliktedir. SpectroShade, yapılan bir çalışmada<sup>52</sup> görsel renk seçimi ile karşılaştırılmış ve tekrarlanabilirliği bakımından çok daha üstün bulunmuştur.

### Kolorimetreler

Standart bir renk kalibrasyonuna dayanarak rengi belirlenecek objedeki renk verilerini analiz eden cihazlardır.<sup>8</sup> Yansıyan ışığın yoğunluğunu kırmızı, yeşil

ve mavi filtrelerden geçirerek ölçerler. Dental pratikte en sık kullanılan cihazlardır.<sup>48</sup> 3 veya 4 silikon fotodiod içerirler. Fotodiodlar içerisinde ışığın spektral özelliklerini sınırlayan filtreler bulunmaktadır. Spektrofotometreler kadar detaylı ölçümler yapmadıkları için elde edilen veriler daha anlaşılır ve basittir. Kolorimetrelerle translusent objelerin ölçümünün sonuçları değiştirebileceği düşünülmüştür.<sup>53</sup> Kolorimetrelerin translusent olmayan ve düz yüzeylerde kullanılmasının daha uygun olduğu görüşü de savunulmuştur.<sup>54</sup>

Klinikte tercih edilen bir kolorimetre olan Shade Eye NCC'nin (Shofu Dental, Kyoto, Japonya) taşınabilir ucu 3 mm çapındadır. Uç dişe temas ettirilerek aktivasyon düğmesine basıldığında diş üzerine ışık gönderilmektedir. Yüzeiden yansıyan ışık ucun merkezine, buradan da dedektöre yönlendirilir.<sup>31</sup> Hafızasında farklı tip porselen örnekleri yer alır. Sonuçlar bunlar içinde en yakın olanına göre verilir. (Tablo I)

Lagouvardos ve arkadaşları<sup>48</sup> Shade Eye NCC ve Vita Easyshade'ı karşılaştırdıkları çalışmalarında iki cihazın da tekrarlanabilirlik düzeylerinin mükemmel olduğu, Vita Classic ve Vita 3D Master skalaları için cihazlar arası güvenilirliğin farklı olduğu, CIE L\*a\*b\* değerlerinin Vita Easyshade'de daha yüksek bulunduğu sonucuna varmışlardır.

ShadeScan (Cynovad Inc., Montreal, Kanada), dijital görüntüleme ve kolorimetreyi birleştiren ilk sistemdir.(Tablo I) Halojen ışık kaynağı dişi 45 derece açıyla aydınlatır. Yansıyan ışık 0 derece açıdan toplanır. Görüntü hafıza kartında depolanır. Böylece laboratuara internet üzerinden aktarılabilir. Sonuçlar Vita Classic, Vita 3D Master, Chromascop, Noritake skalalarına göre elde edilir. Kim-pusateri ve arkadaşlarının<sup>55</sup> çalışmasında ShadeScan için kullanılan farklı skala tiplerine göre güvenilirlik ve doğruluk bakımından değişken sonuçlar elde edilmiştir. Güvenilirlik

Tablo 1. İntraoral renk seçim cihazları ve özellikleri

CİHAZ	ÖLÇÜM	CİHAZ TİPİ	TAŞINABİLİRLİK	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
ShadeVision X-Rite (Grandville,MI)	CM	Kolorimetre	Evet	Kablosuz, iyi görüntü kalitesi, bireysel deneme programı mevcut	LCD ekranın siyah beyaz olması nedeniyle okuma zorluğu, çapraşık dişlerde çalışma zorluğu
ShadeScan Cynovad (Montreal Kanada)	CM	RGB	Hayır	İyi bir yazılım programı, geliştirilmiş görüntü seçenekleri	Plastik uç tek kullanımlık değil, çapraşık dişlerde çalışma zorluğu
SpectroShade MHT (İsviçre)	CM	Spektrofotometre	Hayır Evet (SpectroShade micro, SpectroShade mobile)	Gerçek renk ve en yakın skalanın renk tableti arasındaki farkı ölçebilir, ağartma işlemlerinin takibinde kullanışlı	Büyük bir cihaz, optik başının büyük olması hastada rahatsızlık nedeni, net olmayan görüntü riski
ShadeEye-NCC (Shofu-San Marcos, CA)	SM	Kolorimetre	Evet	Konforlu, bilgisayar gerektirmez, sonuçlar doğrudan ele edilir	Shofu seramikleri ile en iyi sonuç elde edilir, insizal ölçüm zayıf
Easyshade (Vita-Almanya)	SM	Spektrofotometre	Evet	Konforlu, molar bölgesine giriş kolaylığı	Sadece Vita skalası ile kullanılır
Crystal Eye (Olympus, Japonya)	CM	Spektrofotometre	Evet	Kullanım kolaylığı, bitmiş restorasyonun ağız ortamını taklit eden ortamda fotoğraflanması	-----

CM: Tam yüzey ölçümü yapan cihaz; SM: Spot ölçüm yapan cihaz



oranları Vita Klasik skalası için %95, Vita 3D Master için %91.2, Chromascop için %76.5; doğruluk oranları Vita klasik skalası için %65, Vita 3D Master için %54.2, Chromascop için %84.5 ( $p < 0.01$ ) olarak bulunmuştur.

ShadeRite Dental Vision System (Shaderite Inc. Michigan, ABD) dijital görüntüleme ve kolorimetreyi birleştiren diğer bir sistemdir.<sup>6,9</sup>

### Spektroradyometreler

Işık kaynaklarının spektral güç dağılımlarını ölçmek için tasarlanmışlardır. Dört ana bölümü vardır.<sup>56</sup>

- 1- Toplayıcı optikler
- 2- Monokromatör
- 3- Dedektör
- 4- Okuyucu

Hedeften gelen ışınları toplayıcı optik toplayarak monokromatör için uygun şekilde bir ışın demeti haline getirmektedir. Monokromatör, bu ışın demeti içerisinde dalga boylarının dar bir bandını seçmekte ve transferini yapmaktadır. Monokromatör içerisindeki dağıtıcı bir eleman (ör: prizma) gelen ışın demetini karşılar ve farklı dalga boylarında, farklı açılarda dağıtır.<sup>57</sup>

Odaklayıcı optik, bu yayılan ışın demetini daraltarak dedektöre yollar. Dedektör, radyant gücü algılayarak okuyucuya elektriksel bir sinyal olarak transfer eder.<sup>56</sup> Spektroradyometrelerde dispersiyon elemanı olarak difraksiyon kafesleri (diffraction gratings) sıkça kullanılmaktadır. Dalga boylarının ayrılması hiç bir zaman mükemmel şekilde yapılamaz, buna *spektral saçılma* denir. Spektral saçılma, istenilen dalga boyuna komşu dalga boylarından araya yansımaların olmasıdır. Yansımaların nedeninin kafesler, aynalar veya monokromatörün muhafazası olduğu düşünülmektedir.

Toplayıcı bir optik, teleskop tip lensle birlikte kullanılıyorsa buna tele-spektroradyometre adı verilmektedir. Böylece görüntüdeki bir noktadan spektral radyant güç ölçülebilir. Bunlar renk ölçümünde en kullanışlı cihazlardır.<sup>57</sup> Endüstriden tıba, doğa bilimlerinden kimyaya kadar bir çok farklı alanda uzun süredir kullanılmaktadırlar.

Spektroradyometre, bir adli tıp çalışmasında<sup>58</sup> diş renginden yaş tesbiti amacıyla kullanılmış ve bu alanda çok başarılı bulunmuştur. Diş hekimliğinde de son zamanlarda pek çok nedenle tercih edilen bir cihazdır. Diş yüzeylerinin düz olmaması ve dişlerin

transludent yapıları nedeniyle renk ölçümünde spektroradyometreler diğer cihazlara göre tercih nedeni-<sup>50</sup> CS-1000A, CS 1000S, CS1000T (Konica Minolta Holdings Inc, ABD) modelleri Aralık 2007'den itibaren piyasada olan taşınabilir, spektral tip spektroradyometrelerdir. Yüksek çözünürlüklü fotodiod cell 380-780 nm arasını kapsar ve 0.9 nm dalga boyu aralıklarını içerirler. 50 grup veriyi hafızalarında tutabilir, bunların 20 adedini farklı ölçümler için referans olarak kullanabilirler. CS1000A 2 adet standart konfigürasyonda lens içermektedir (50 mm'lik standart lens ve 50 mm'lik makrolens). Spektroradyometrelere diğer örnek SpectraScan PR 670 ve PR 680 tipleridir.<sup>56</sup>

### Sonuç

Rengin algılanması birçok faktörden etkilendiği ve kişiden kişiye değiştiği için teknolojik renk seçim sistemlerinin kullanımı daha tekrarlanabilir ve güvenli sonuçlar ortaya koymaktadır. Bütün diş yüzeyinde ölçüm yapan CTM tip cihazlar SM tiplerine göre tercih edilirler. Spektrofotometreler detaylı renk analizine olanak tanır ancak maliyetleri kolorimetrelerden daha yüksektir. Kolorimetreler klinikte sıkça ve kolaylıkla kullanılabilir. Deneysel araştırmalar için ise en iyi sonuç veren cihazlar spektroradyometrelerdir. Renk seçimi için tercih edilecek İdeal yöntem ise, görsel renk seçiminin teknolojik sistemlerle desteklenmesi olarak düşünülebilir.

### REFERANSLAR

1. Commission internationale de l'Eclairage. Recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations, psychometric color terms. Supplement no. 2 of publication;1978
2. Culpepper W.D.: A Comparative Study of Shade Matching Procedures Journal of Prosthetic Dentistry. 24:166 1970
3. Romney A.K., Indow T., Estimating physical reflectance spectra from human color matching experiment Proceedings of the National Academy of Sciences of USA 99:14607 2002
4. Chu S. , Devigus A. , Mieszko A., Fundamentals of Color. Quintessence Publishing 2004
5. Pensler AV. Shade Selection: problems and solutions. Compendium of Continuing Education in Dentistry 1998; 19:387-396



6. Rinke S, Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials. *European Journal of Prosthodontic and Restorative Dentistry* 4:105,1996
7. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, *Contemporary Fixed Prosthodontics* 4th ed. 2006
8. Munsell A.H, *A Color Rotation*, 11th ed., Baltimore, Munsell Co,1961
9. Bayındır F, Wee A. Diş rengi seçimine bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı:derleme. *Hacettepe dişhekimliği fakültesi dergisi* 2006; 30:40-46
10. Joiner Andrew. Tooth color: a review of the literature. *Journal of dentistry* 2004;32:3-12
11. Vaarkamp J, Ten Bosch JJ, Verdonschot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Research*. 1995;29:8-13
12. Goodkind RJ, Keenan K. Use of a fiberoptik colorimeter for an in vivo color measurement of 2830 anterior teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1987;58:535-542
13. Hasegawa A. Color of natural tooth crown in Japanese people. *Color Research and Application*. 2000; 25:43-48
14. Redmalm G, Johannsen G, Ryden H. Lustre changes on teeth. *Swedish Dental Journal* 1985;9 29-35
15. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: The science and strategies. *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2003; 23:3-14
16. Ho C CK. Shade Selection. *Australian Dental Practice* 2007:september/october.116-119
17. Berns RS. *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. 3rd ed. New York: Wiley, 2000, 75-104
18. Ahn J.S, Lee Y.K., Difference in the translucency of all-ceramics by the illuminant. *Dental materials*, 2008. 24:1539-1544
19. Yu B, Lee Y.K. Difference in opalescence of restorative materials by the illuminant. *Dental Materials*. 2009; 25:1014-1021
20. Egger B. Natural color concept: A systematic approach to shade selection *Quintessence of Dental Technology* 2003; 1-10
21. Wasson W, Schuman N. Color vision and dentistry. *Quintessence Int* 1992;23:349-353.
22. Vanini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry* 2001;13(1):19-26
23. Mayekar SM. Shades of a colour illusion or reality? *Dental Clinics of North America* 2001:45:155-172
24. Sim CP, Yap AU, Teo J. Color perception among different dental personnel. *Operative Dentistry* 2001 Sep-Oct; 26(5): 435-9
25. İnan H, Yapıcı D, Şentürk Y, Toprak S, Çınar D, Yüzügüllü B. Başkent Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi öğrencileri ile restoratif diş hekimleri arasında renk eşleştirme yetilerinin karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2008; 32:56-63
26. Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Power JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *Journal of Prosthodontics* 2007;16:269-276
27. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B, Designing Visually optimal shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2004; 92:371-376
28. Hassel A, Nitschke I., Rammelsberg P. Comparing L\*a\*b\* color coordinates for natural teeth shades and corresponding shade tabs using a spectrophotometer *The International Journal of Prosthodontics* 2009;22:72-74
29. Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D, Gormon C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *Journal of Oral Rehabilitation* 2004; 31: 900-904
30. Douglas RD, Przybilska M. Predicting Porcelain Thickness Required for Dental Shade Matches. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1999; 82: 143-149
31. Brewer J, Wee A, Seghi R., *Advances in color matching. The Dental Clinics of North America*. 2004;48:341-358
32. Saraç. D, Saraç Ş, Yüzbaşıoğlu E. Color differences between different composites and a shade guide. *Gazi Üniversitesi Dişhekimliği. Fakültesi Dergisi*. 2005; 22(2): 77-82
33. Li Q, Yu H, Wang Y.N. In vivo spectroradiometric evolution of colour matching errors among five shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2009;36:65-70
34. Nagai SI., Yoshida A., Sakai M. Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *Journal of Dentistry* 2009; 37:57-63
35. Okubo SR, Kanawatti, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade



- matching. Journal of Prosthetic Dentistry 1998; 80:642
36. Mc Laren E.A.,Chang Y.Y. The 3D Communication of Shade: Visual shade taking and the use of computerized shade-taking technology.Inside Dentistry 2006. january/february.2-5
37. Paravina RD., Powers JM, Esthetic color training in dentistry. St Louis ,MO, Elsevier- Mosby,2004
38. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. Color Research and Application 1979;4:83-91
39. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrument colorimetric assesments of small color differences on translucent dental porcelain Journal of Dental Research 1989;68:1760-4
40. Johnston WM, Kao EC. Assesment of appearence match by visual observation and colorimetry. Journal of Dental Research 1989;819-22
41. Ragain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. Color Research and Application 2000;25:278-85
42. Ruyter IE, Niler K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crowns and bridge veneers. Dental Materials 1987;3:246-51
43. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. Journal of Dental Research 2002;81:578-592
44. O'Brien W.J. Dental Materials and Their Selection 4th edition .Quintessence Publishing Co, Inc. pp:29 2008 Kanada
45. İnternational organization for standardization,ISO 5725-1:1994.Accuracy of measurement methods and results—part 1: general principles and definitions.Geneva:ISO;1994
46. Johnston WM, Color Measurement in Dentistry. Journal of Dentistry. 2009;37:2-6
47. Jarad FD, Russel MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. British Dental Journal.2005; 199:43-49
48. Lagouvardos PE, Fougia A, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. Journal of Prosthetic Dentistry 2009;101:40-45
49. Gozalo-Diaz DJ, Lindsey DT, Johnston WM, Wee AG. Measurement of color for Craniofacial Structures Using a 45/0-degree Optical Configuration. Journal of Prosthetic Dentistry. 2007;97:45-53
50. Schmitter M, Musotter K, Hassel A. İnterexaminer reliability in the clinical measurement of L\*c\*h\* values using a laminar spectrophotometer. International Journal of Prosthodontics 2008. 21:422-424
51. Da Silva J, Park SE, Weber HP, Nagai SI. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction.. Journal of Prosthetic Dentistry 2008;99:361-368
52. Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa A. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth. International Journal of Prosthodontics. 2007;20:414-416
53. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assesment of colorimetric devices on dental porcelains. Journal of Dental Research 1989; 68:1755-1759
54. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assesment of small color differences on translucent dental porcelain. Journal of Dental Research 1989; 68: 1760-4
55. Kim-Pusateri S, Brewer J, Dunford R, Wee A. İn vitro Model to Evaluate Reliability and Accuracy of a Dental Shade-Matching İnstrument. Journal of Prosthetic Dentistry 2007; 98:353-358
56. Bentham Instruments. A guide to spectroradiometry issue:2 january 1997
57. Hunt RWG. Measuring Color.3rd edition. Fountain Press-England 2001:100-108
58. De las Heras SM,Valenzuela A, Bellini R,Salas C,Rubino M,Garcia J.A. Objective measurement of dental color for age estimationby spectroradiometry. Forensic Science International 2003; 132:57-62

#### Yazışma Adresi

Doç Dr Bulem YÜZÜGÜLLÜ  
Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı  
11.sok no:26 06490  
Bahçelievler-Ankara  
Tel: 0312 215 13 36  
e-mail: bulemy@gmail.com

