

DİŞ HEKİMLİĞİNDE RENK VE RENK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

COLOR IN DENTISTRY AND COLOR MEASURING METHODS

Yrd. Doç. Dr. Sedanur TURGUT*

Doç Dr. Bora BAĞIŞ**

Makale Kodu/Article code: 556
Makale Gönderilme tarihi: 10.05.2011
Kabul Tarihi: 12.07.2011

ÖZET

Dental uygulamalarda gerek hekiminin, gerekse hastaların en önemli beklentilerinden biri "estetik" tir. Estetik değerlendirmelerde doğru renk seçimi de başarının önemli bir kriteri olarak karşımıza çıkar. Renk kavramını tanımlamada ve aktarmada mevcut sistemleri bilmek ve doğru ölçümler yapmak diş hekiminin sorumluluğu altındadır.

Son yıllarda renk konusunda bilimsel çalışmalarda bir artış yaşanırken ölçüm ve değerlendirmelerde de yeni gelişmeler olduğu gözlemlenmektedir. Yeni gelişmeleri mevcut bilgiler rehberliğinde yeniden değerlendirmek, gerek klinisyen gerekse akademisyen diş hekimleri için önem taşımaktadır.

Günümüzde renk seçim ve değerlendirmelelerinde görsel yöntemlerin yeterli olmadığı açıkça ortadadır. Uygun ortam şartlarının hazırlanması ve renk skalaların kullanımı rutin klinik şartlarında çoğu zaman yeterli gibi gözükse de kolorimetre ve yüksek çözünürlükteki dijital fotoğraf makinelerini kombine etmemiz daha başarılı sonuçlar doğuracaktır. Bilimsel çalışmalarda ise daha çok spektrofotometrelerden yararlanmak gerekmektedir. Gelecekteki çalışmaların görsel değerlendirmelerden çok; çözünürlük ve hassasiyetin daha fazla olduğu ve ortam şartlarından etkilenmeyen cihazların gelişimi konusunda olacağı kanısındayız.

Anahtar Kelimeler: Renk, Renk Ölçümü

ABSTRACT

In dental practice, esthetic is the one the most important expectations for both dentists and patients. Accurate shade selection is seen to be important criteria for esthetic assesments. Describing and transferring the color, perceiving available systems and making accurate measurements are under the responsibility of dentists.

In the last years, it's observed that there is an increase of scientific researchs about color and new advances about measurements and their assesments. Re-evaluation of new advances with the current knowledge is important for both clinicians and academicians.

Nowadays its clear that visual methods are not enough for shade selections and assesments. Although it seems that preparing aproprate environment conditions and using shade guides is usually enough in clinical conditions, combining colorimeters and digital cameras with high resolution would make more successful results for scientific researchs. We suppose that future studies would be about developing more sensitive devices with high resolution, that's not effected by the environment conditions.

Key words: Color, Colorometric Measurement

Renk, elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarının abzorpsiyonu ve yansısıyla gözümüzde oluşturduğu algılamadır. Algılanan renk; kişisel renk algılama kabiliyeti, ışık şartları, zeminin etkisi, renk körlüğü, iki göz arasındaki farklılıklar, göz yorgunluğu

ve diğer psikolojik etkenleri içeren pek çok faktörden etkilenir. Bu fiziksel şartların yokluğundan başka her gözlemci kendi deneyimine ve renk referanslarına dayanarak rengi farklı yorumlar. Rengin algılanması için üç element arasında bir etkileşim olmasına ihtiyaç vardır. Bunlar ışık, obje ve gözlemcidir.¹

* Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Trabzon

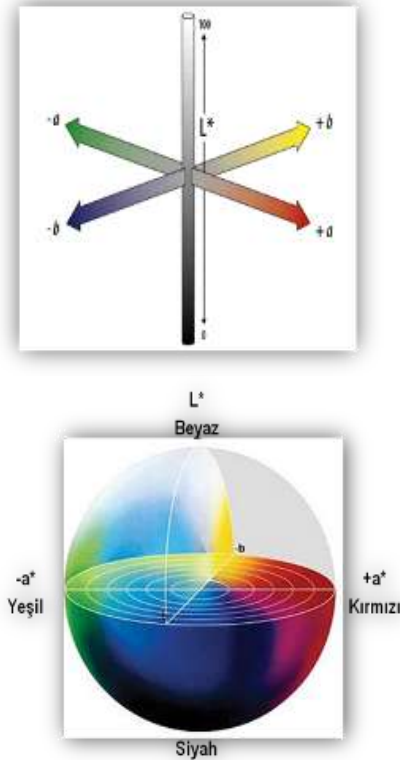
**İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD,İzmir



Rengin algılanması kadar başkalarına anlatılması sırasında da pek çok sorunlar yaşanabilmektedir. Bu karmaşanın çözümü ve rengin standart, sayısal değerlerle tanımlanabilmesi için geliştirilen renk sistemleri arasında Munsell ve CIE L*a*b* (Commission Internationale de l'Éclairage L*a*b*) en çok kullanılan sistemlerdir. Günümüzde bilgisayar sistemleri ile sayısal görüntülerin kliniklerde kullanımı, insan gözü tarafından algılanan renk ile benzer mekanizmayı temel alan üç boyutlu renk modelleri, RGB (Red-Green-Blue) gibi renk ölçekleri de diş hekimliği uygulamalarında yer almaktadır.^{1,2}

CIE L*a*b* (Commision de l' Eclairage) Renk Sistemi:

Bu sistemde renk belirlenirken L*, a* ve b* değişkenleri kullanılır ve bu değerler üçlü uyaran X, Y ve Z değerlerinden hesaplanır. CIE Lab renk uzayı düzenli bir yapıya sahiptir. Bu üç boyutlu renk uzayında farklı eksenler kesişir. Bu eksenler L, a ve b eksenleridir (Şekil 1).



Şekil 1. CIE L*a*b* renk sistemi (Minolta Co., Ltd. (29)'dan alınmıştır.)

L* eksenini, rengin açık veya koyu olduğunu veya parlaklığını belirten parametredir. Bir cismin beyaz (+) ve siyah (-) arasındaki açıklık-koyuluk koordinatlarını gösterir. Skalada siyaha en yakın 0, beyaza en yakın ise 100 L değerini alır

a* yatay eksenini, herhangi bir cismin kırmızı (+) ile yeşil (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer eğer pozitif ise kırmızılığı, negatif ise yeşilliği temsil eder.

b* yatay eksenini, bir cismin sarı (+) ile mavi (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer arttıkça sarı renge, azaldıkça mavi renge yaklaşılır.

a* ve b* koordinatları nötral renklerde 0'a yaklaşırken daha doygun ve yoğun renklerde koordinatların değerleri artar.³⁻⁶

CIE L*a*b* renk sisteminin avantajı küçük renk değişikliklerinin tespit edilmesine olanak vermesidir. Renk değişiminin derecesi ise ΔE ile ifade edilir ve hesaplanmasında şu formül kullanılır: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$

Bu formüldeki ΔL , Δa ve Δb değerleri iki örneğin CIE L*a*b* renk parametreleri arasındaki farklarını verir. Renkle ilgili yapılmış çalışmalarda renk değişiminin klinik olarak kabul edilemez olması için; bazı araştırmacılar renk değişiminin 3.7 ΔE birimden^{1,6-8} bazıları 1 ΔE birimden,^{6,8} bazıları 3 ΔE birimden,^{9,10} bazıları ise 3.3 ΔE birimden¹¹ fazla olması gerektiğini ifade etmektedir. O'Brien ise renk değişiminin 3.5 ΔE birime kadar klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir.³ O'Brien'in klinik olarak renk eşlemesi yaptığı çizelge Tablo 1'de gösterilmektedir (Tablo I). National Bureau of Standards tarafından belirlenmiş olan NBS kriterleri ve renk değişim miktarının klinik eşlemesi Tablo 2'de gösterilmektedir.¹² (Tablo II).

Tablo I. O'Brien'in klinik olarak renk eşlemesi

ΔE	Klinik renk eşlemesi
0	Mükemmel
0.5-1.5	Çok iyi
1-2	İyi
2-3.5	Klinik olarak kabul edilebilir
3.5>	Uyumsuz

Tablo II. NBS kriterleri

ΔE	NBS Birim Renk değişiminin belirtisi	
0-0.5	Çok az :	oldukça az değişim
0.5-1.5	Az :	az değişim
1.5-3	Belirlenebilir:	algılanabilir değişim
3-6	Farkedilebilir:	belirgin değişim
6-12	Fazla değişim:	oldukça belirgin
12 ve üzeri	Çok fazla değişim:	başka bir renk

NBS birimi = $\Delta E \times 0.92$ olarak belirlenmiştir

RENK ÖLÇÜMLERİ:

Renk seçimi; görsel olarak çıplak göz ile veya çeşitli renk ölçüm cihazları kullanılarak yapılabilir. Rutin olarak dental restoratif materyallerin renk seçimi, renk skalaları yardımıyla görsel olarak yapılmaktadır.^{1,13} Ancak bu sistem çok güvenilir değildir ve yetersiz sonuçlara sebep olabilir. Çünkü bu sistem görsel bir algılama olup tamamen subjektiftir. Renk seçiminde kullanılan ışığın türü, klinisyenin deneyimi, yaşı ve gözün sürekli aynı uyarı tarafından uyarılması sonucu oluşan göz yorgunluğu, renk körlüğü gibi etkenler hatalı renk seçimine sebep olabilir.¹⁴ Renk seçimi, farklı diş hekimleri arasında farklılıklar gösterdiği gibi, aynı diş hekiminin farklı zamanlarda aynı rengi farklı algıladığı da bildirilmiştir.¹⁵

Renk belirlemek için renk ölçüm cihazların kullanımı; sayılabilir, hızlı ve objektif sonuçlar verdiği için görsel yöntemle göre daha avantajlı sayılmaktadır.¹⁶

Görsel Ölçüm

Renk seçimi yaparken ışık kaynağı, cisim ve gözlemci etkileşimi önemlidir. Bunlardan en önemli faktör ışık kaynağıdır. Bir eşyanın algılanan rengi, eşyanın maruz kaldığı ışığın türü, diğer renkli objelerle olan ilişkisi ve gözlemcinin değerlendirme yeteneğinden etkilenir. Dolayısıyla bir diş farklı ortamlarda farklı renklerde görünebilir.^{17,18}

5500 K'lık renk sıcaklığı, gün ışığının ideal rengi olarak kabul edilmektedir. Bu renk sıcaklığı kırmızı, mavi ve yeşili eşit oranda içerir ve beyaz rengi oluşturur. Güneş ışığı zamana, havanın durumuna veya kirliliğine bağlı olarak farklı dalga boylarında yayılır ve gün boyunca önemli derecede değişebilir. (Örneğin; bulutlu bir havada güneş ışığı maviye yaklaşarak 10000K'e yaklaşır.) Rengin seçildiği klinik ortamı ve restorasyonların yapılacağı laboratuvar da benzer aydınlatma sistemlerinin bulunması bu yüzden önem taşır. İdeal koşulların sağlanamaması, renk seçiminde

yapay aydınlatmaların kullanımını doğurmuştur. Renk seçerken gün ışığını taklit eden floresan lambaların kullanılması alternatif yöntem olarak kabul edilmektedir.^{17,19} Ayrıca ortam ışığının yetersiz olduğu durumlarda yardımcı ışık kaynaklarını kullanmak da daha güvenilir sonuçlar almak için önerilebilir. Bu amaçla bazı firmaların ürettiği pil ile çalışabilen ve taşınabilmesi kolay olan gün ışığını taklit eden aletler mevcuttur (Şekil 2).¹⁷



Şekil 2. Demetron Shade Light, Kerr Corporation (Rosentiel¹⁷'den alınmıştır.)

Renk seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Hasta ve hekim aynı göz seviyesinde olmalıdır. Böylelikle retinanın renge en duyarlı kısmı uyarılır.
- Rengi tespit edilecek olan diş yüzeyi temiz olmalı ve yüzeydeki lekeler temizlenmelidir.
- Muayenehanenin veya laboratuvarın duvarlarının rengi, rengin algılanmasında önemli faktördür ve algılamayı değiştirebilir. Gözü yormayan nötral gri bunun için idealdir.
- Renk seçiminin yapıldığı ortamdaki yansıyan ışıklar da renk seçimini etkileyebilir. Bu yüzden hastanın üzerindeki kıyafeti ve makyajı nötr renklerde olmalıdır. Hastanın elbisesi gri bir önlükle kapatılabilir.
- Renk seçimi yapılırken skalalardaki renk örneğinin kesici kenarıyla dişin kesici kenarı baş başa yerleştirilir. Böylece, renk örneklerinin etkili bir şekilde dışardan izole edilmesi sağlanarak birbirlerinin renklerini yansıtmasını önlenir.
- Güneş ışığının değişkenliği sebebiyle pencere güneşlikleri kullanılabilir. Bu durumda aydınlatma 5500 K'lık renk düzenleyici bir ışık kaynağıyla yapılmalıdır.

- Gözlerimiz kırmızı ve yeşil rengine hemen adapte olduğu için renk seçimi yaparken diş 5sn.'den fazla bakılmamalıdır. Eğer daha uzun süre diş bakıldıysa hekim mavi bir objeye bakıp gözlerini dinlendirmelidir. Mavi arka yapılar kullanmak daha turuncu seçimler yapmaya yol açabileceğinden önerilmemektedir. Arka yapı nötral gri renge olmalıdır.
- Parlaklık (value) rengin belirlenmesinde en önemli boyuttur.
- Renk seçimi asla dental ünit ışığında yapılmamalıdır.
- Renk seçimi tedavi öncesinde yapılmalıdır. Aksi takdirde tedavi sırasında dehidratasyon meydana gelir. Bu durum dişin parlaklığın artmasına, yoğunluk ve translusensinin ise azalmasına neden olur.
- Göz yorgunluğu sebebiyle yapılan ilk ölçümler daha doğru sonuçlar verecektir. Dişlere 5 sn.'den fazla bakılması ana renkte sapmalara sebep olur.
- Vita renk skalasına göre A1 ve B1 renklerinde yoğunluk çok düşüktür. Renk seçimi sırasında bu iki rengi ayırt etmek zordur.
- Eğer ana rengi belirlemede kuşkuya düşülüyorsanız restorasyon A grubu bir renk seçilerek yapılmalıdır. Çünkü dişlerin % 80'i A grubuna aittir.
- Renk seçimi yapılırken farklı yönlerden bakılarak ışığın farklı açılardan nasıl yansıdığı belirlenmelidir. Renk şemalarının kullanımı teknisyen ve hekim arasındaki iletişim eksikliğini azaltacaktır.
- Dişlerin rengi, dentinin rengi ve onun üzerini kaplayan minenin kalınlığıyla belirlenir. Dentinin rengini belirlemek renk seçiminin ilk ve en önemli bölümüdür. Dentinin parlaklık ve yoğunluk değerleri ise minenin kalınlığına bağlıdır.^{14,20}

Dental restoratif materyallerin renk seçiminde yaygın olarak renk skalaları kullanılmaktadır.²⁰ Ancak bazı yazarlar,^{21,22} renk skalalarının kullanımının yetersiz sonuçlar doğurduğunu söylemektedir. Özellikle beyaz ve translusent renkler için skalaların yetersiz sonuçlar verdiği bildirilmiştir.²³

Renk Skalaları:

Günümüzde mevcut renk skalaları, doğal dişlerin renklerine göre daha sınırlı bir renk dizisine sahiptir. Bu durum kısıtlı renk kapasitesine sahip olan skalaların estetik problemler oluşturmasına neden olabilir. Skalalardan renk seçimi yaparken unutulması gereken bazı ayrıntılar vardır. Bunlar:

- Bütün standart renk skalalarındaki renk örnekleri çok kalındır ve kron restorasyonlarından farklı olarak, dentin porseleni ile hazırlanmaktadır. Bu durum metamerik problemlere yol açabilmektedir.
- Skalalardaki renk örnekleri, altta metal destek olmadığı için ışık geçirgenliği özelliği sebebiyle büyük bir şeffaflık ve canlılık gösterir
- Metal-porselen bir kron restorasyonunda metalin olmadığı insizal bölge dışında ışık kron tarafından yansıtılmakta ve ışık geçişi olmamaktadır. Bu durum 1/3 insizal bölgenin doğal görünmesini sağlarken, daha ince ve ışık geçişi olmayan gingival bölgenin ise yoğun ve opak görünmesine yol açmaktadır.
- Genel olarak dişlerin orta üçlüsü renk belirlemede baz alınır. Ancak dişlerde insizalden gingivale doğru renk farklılıkları gözlenir. Renk seçimi yaparken gözlemci öncelikle orta üçlü bölgeye odaklanmalıdır.¹⁹
- Seçilen diş renginin laboratuara aktarılması için diş şeması çizilebilir. Böylece teknisyen ve hekim arasında iletişim eksikliği azalacaktır.
- Dişlerin rengi, dentinin rengi ve onun üzerini kaplayan minenin kalınlığıyla belirlenir. Dentinin rengini belirlemek renk seçiminin ilk ve en önemli aşamasıdır. Dentin birden fazla ana renge sahip olabilir. Bu durum, rengi belirleyen hekim tarafından şema üzerinde belirtilmelidir. Ayrıca diş üzerindeki renklemeler, çatlak hatları, hipokalsifiye ve translusent alanlar da şema üzerinde işaretlenmelidir.¹⁷

Günümüzde farklı renk skalaları mevcuttur. Shofu firmasının Natural Color Concept skalası 38 ana rengi kapsayan 208 adet renk karışımını içermektedir. Vita 3D Master skalasında ise 26 adet renk seçeneği bulunmaktadır. Skaladaki 1'den 5'e kadar olan value değerlerinden 1 en açık 5 ise en koyu rengi ifade eder. Vita'nın Lumin Vacuum ve Ivoclar'ın Chromoscape skalalarındaki renkler ise renk tonuna göre dizilmişlerdir. Vita Classic skalasında ise sadece hue'ya göre seçenekler mevcuttur ve bunlar A, B, C, D olarak ifade edilir. Sayılarının artması ise kroma değerinin artması anlamına gelmektedir. Ivoclar Chromoscop skalasında da 5 ayrı derecede value ve her value derecesinde ayrı kroma ve hue çeşitleri mevcuttur. Linear Guide 3D-Master renk skalası ise Vita'nın yeni çıkardığı bir renk skalasıdır. Özellikleri Vita 3D Master skalasındaki



gibidir. Tek farkı renklerin tek sıra halinde dizilmiş olmasıdır. Böylece daha hızlı ve pratik olarak renk seçimi yapılabilmektedir (Şekil 3-6).



Şekil 3. Vita 3D Master Renk Skalası



Şekil 4. Ivoclar Chromascop Renk Skalası



Şekil 5. VITA Linear Guide 3D Renk Skalası



Şekil 6. Vitapan Classic Renk Skalası

Renk seçimi yaparken; öncelikle value değeri seçilir. Value, ana rengin renk değeri olarak tanımlanır ve parlaklık olarak da isimlendirilebilir. Düşük value değeri koyu renkleri, yüksek value değeri ise daha açık parlak renkleri ifade eder. 1'den 10'a kadar olan bu değer rengin açıklık ve koyuluğunu belirler (siyah veya

beyaz). Value değeri belirlendikten sonra rengin kroma değeri belirlenir (akromatik veya gri). Kroma, rengin yoğunluğunun veya şiddetinin ölçüsüdür. Hue ise rengin tonu, çeşidi ve karakteri anlamına da gelmektedir ve en son hue değeri, value ve kromaya uygun olarak seçilir. Hue; renk ailesinin 10 değeri arasından belirlenir. Bunlar; kırmızı, sarı-kırmızı, sarı, yeşil-sarı, yeşil, mavi-yeşil, mavi, mor-mavi, mor veya kırmızı-mordur.

Yapılan araştırmalarda farklı renk skalalarındaki renklerin bile birbiriyle çok uyumlu olmadığı bildirilmiştir.^{23,24}

Bargi ve ark. çalışmalarında; renk skalalarından tercih edilen renklerin, hazırlanan metal alt yapıli seramik restorasyonlara benzemediğini belirtmişlerdir. Çalışmada, özellikle value değerinin yüksek olması nedeniyle daha opak görüldüğü spektrofotometre bulguları ile ortaya konmuştur. Bu durumun, metal-seramik restorasyonlar ile renk skalası arasındaki temel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda, metal restorasyonlar ile yüksek sıcak porseleninden hazırlanan renk skalaları arasında materyal farklılıkları da bulunmaktadır. Dolayısıyla belirlenen rengin elde edilebilmesi, tamamen hekimin ve teknisyenin becerisine kaldığı söylenebilir.²⁵⁻²⁷

Transludent yapıdaki tam seramik sistemlerin kullanıldığı sistemlerde ise prepare edilen dişin dentin renginin de belirlenmesi ve laboratuara iletilmesi daha estetik sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. IPS Empress sisteminin dentin renklerini içeren day materyallarına sahip skalalarının olması, teknisyenin restorasyonun sonuç rengini tahmin etmesi açısından da yararlı olacaktır (Şekil 3).¹⁷



Şekil 3. IPS Empress day skalası (www.ivoclarvivadent.com'dan alınmıştır.)

Dental restoratif materyallerin renk seçimi, rutin olarak renk skalaları kullanılarak yapılmaktadır.²⁰ Ancak bazı yazarlar,^{21,22} renk skalalarının kullanımının yetersiz sonuçlar doğurduğunu söylemektedir. Özellikle beyaz ve translusent renkler için skalaların yetersiz sonuçlar verdiği bildirilmiştir.²⁵ Rengin algılanmasında kişiler arasında farklılıkların olması ve rengin görsel belirlenmesindeki standardizasyon eksiklikleri, renk ölçüm cihazlarının kullanımını gündeme getirmiştir.¹⁶

Tablo III. Günümüzde kullanılan renk ölçüm cihazları

Sistem	Üretici Firma	Tipi
Minolta CR-321	Minolta C., Japan	kolorimetre
Shade eye NCC	Shofu Dental, California	kolorimetre
Shade eye Ex	Shofu Dental, Japan	kolorimetre
EasyShade	Vident, California,	spektrofotometre
ShadeScan,	Cynovad, Canada	dijital renk analizörü/ Kolorimetre
ShadeVision,	X-Rite, Inc., Michian	dijital renk analizörü/ Kolorimetre
SpectroShade MHT,	Niederhasli, Switzerland	dijital renk analizörü/ Spektrofotometre
Clearwatch	Smart Technology, Oregon,	dijital kamera/ software

Renk Ölçüm Cihazları ile Ölçüm

Renk ölçümü için günümüzde kullanılmakta olan cihazlar; kolorimetreler, spektrofotometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleridir.²⁶ Bu cihazların kullanımı ile daha objektif, sayılabilir ve hızlı ölçümler yapılabildiğinden görsel yolla yapılan renk seçimine nazaran potansiyel bir avantaj sağlanmaktadır.¹⁶

Kolorimetreler:

Standart bir renk kalibrasyonuna dayanarak rengi tespit edilecek objedeki renk verilerini analiz eden cihazlardır. Bu cihazlar üç uyaranlı x, y, z değerlerini veya CIE L*, a*, b* değerlerini verirler.²³ Bu değerler matematiksel olarak analiz edilebilir ve elde edilen değerlerle farklı objelerin renk parametreleri karşılaştırılabilir.

CIE Lab sistemini kullanan cihazların çalışma prensibi belirli açıda ışın gönderip, sabit bir açıyla geri dönen ışınların yansımaya değerlerini ölçme esasına dayanmaktadır.

Yüzey renklerinin ölçülmesi için, kolorimetre içerisinde insan gözündeki kon tipi hücrelere benzer olarak üç farklı sensör bulunmaktadır. Dedektör içinde yer alan bu sensörler, CIE x(λ), y(λ) ve z(λ) sistemine yakın sonuç vermek için yerleştirilmiştir.^{6,25}

Renk değerlendirilmesi için tasarlanmış ilk cihaz 1980'li yılların başlarında tanıtılmış olan 'Chromascan' (Sterngold, Stamford, CT, USA)'dır. Ancak, bu cihazın sınırlı hassasiyeti ve kullanım zorluğu nedeniyle çok başarılı olunamamıştır.²⁸ ShadeEye Chromametre (Shofu, Japan) ise, ikinci jenerasyon modern dental üç uyaranlı kolorimetrelerindedir. Kolorimetrelerdeki ışığın yansıma ve dağılıma sorunlarına ilişkin problemleri elimine etmek amacı ile ShadeEye sisteminde rengi ölçülecek olan materyalin cinsinin seçilebileceği seçenekler bulunmaktadır. Kalibrasyon öncesinde hangi materyalin rengi ölçülecekse cihaz ona göre ayarlandığında, matematiksel algoritmalar o cisme göre ölçüm yapmaktadır.⁶

Diş hekimliğinde kullanılan kolorimetreler, invivo ve invitro çalışmalarda oldukça başarılı bulunmuştur.²⁹⁻³²

Kolorimetrelerin dezavantajları:

- Bu cihazlar düz yüzeylerde ölçüm yapmak için tasarlanmıştır. Ancak dişler çoğunlukla düz yüzeye sahip değildirler.
- Dar açıklığa sahip olan cihazlarda 'edge-loss' diye tabir edilen renk ölçüm yapılan nesneden yansıyan ışığın cihaza tam olarak dönememesi gibi problemler yaşanmaktadır.³³

Haywood ve ark.,³⁴ kolorimetrelerin diş gibi eğimli ve translusens objelerin renk tespitinden çok, düz yüzeylerde kullanılmak amacıyla tasarlandığı fikrini savunmuşlardır. Bununla beraber bazı firmalar renk tespit cihazları ile beraber firmanın önerdiği porselen sistemlerinin kullanımı ile hatasız sonuçlar elde edilebileceğini iddia etmişlerdir. Bu iddiaların doğruluğunu araştırdığı çalışmada; Vita Lumin Vacuum, Shade Eye Ex ve Vitapan sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmanın sonucunda, sistemler arasında istatistiksel fark olmadığını bildirmişlerdir.³⁵

Trikromatik kolorimetrelerin uzun dönemde tekrarlanabilirlik özelliği daha düşüktür bu yüzden farklı dönemlerde yapılan ölçümler birbirini tutmayabilir.

Genel olarak kolorimetreler, spektrofotometre ve spektrofotometrelerden daha kolay kullanılırlar ve daha küçük aletlerdir, ayrıca fiyatları da daha



uygundur. Ancak, kolorimetrelerde, filtrelerin kısa sürede eskimesi, cihazın sürekli kullanılabilirliğini etkilemektedir. Ayrıca bir dezavantajı da, metamerizmi değerlendirebilmek için kullanılamamalarıdır. Transludent materyallerin renklerinin belirlenmesinde ise, ışığın kırılarak dağılmasından dolayı sonuçlarda problemler yaşanabilir. Örneğin, gerçek diş ile aynı renkteki metal seramik bir restorasyon, kolorimetre ile okunduğunda farklı sonuçlar verebilir.⁶ Seghi ve arkadaşlarının³ yaptığı bir çalışma, kolorimetre verilerinin transludent porselende ciddi biçimde değiştiğini göstermektedir.

Spektroradyometreler:

Spektroradyometreler, radyometrik değerlerin ölçümü için tasarlanmış ve renk üretimi uygulamalarında sık kullanılan cihazlardır. Spektroradyometrik yöntemlerde temel dayanak ise objelerin elektromagnetik bölgelerde kendine özgü bir yansıma (reflectance/radiance) değerlerinin bulunmasıdır. Bu yansıma değeri objeye renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır. Radyometrik enerji, görünür ışık spektrumunun üzerinde 5, 10 ve 20 nm.'lerde ölçülmektedir.

Spektroradyometrelerin avantajları, görsel yolla renk belirlenirken oluşturulan aynı gözlem koşullarında, materyale değmeden, hem kendisi hem de yüzeyi parlak olan cisimlerin renk ölçümlerinin yapılabilmesidir. Ancak, ölçüm pozisyonunda meydana gelebilecek ufak bir değişiklik sonuçlarda farklılık yaratabileceğinden, ölçümler büyük bir dikkat ile yapılmalıdır.²⁴ Spektroradyometreler ile 'edge loss' etkisi ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Çünkü bu sistemde ışık kaynağı, spektroradyometre ve obje arasında açıklık bulunmamaktadır.²⁰

Dental araştırmalarda spektroradyometreler, diş renginin veya seramik kor yapının translusensliğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.^{21,22}

Spektroradyometreler:

Spektroradyometrelerin en yaygın kullanım alanı, yüzey renklerinin ölçülmesidir. İçerisinde bir monokromatör, dedektör ve ışık kaynağı bulunur. Çoklu sensör prensibiyle çalışan spektroradyometreler, birçok dalga boyunda ölçüm yapabilen sensörlerle donatılmışlardır. İnsan gözünün tespit edemeyeceği renkleri bu sensörler sayesinde algılayabilirler. Çalışma pren-

sipleri; örnekten yansıyan ışığın, beyaz bir yüzeyden yansıyan ışığa oranının ölçülmesi işlemine dayanmaktadır. Metamerizmi ayırt edebilmek amacı ile de kullanılabilirler. Güneş ışığı, ampul ışığı ve floresan ışıkta farklı ölçüm değerleri verebilmektedir. Bu nedenle spektroradyometreler daha profesyonel alanlarda, bilimsel çalışmalarda, kalite kontrolünde ve rengin tarif edilmesinde kullanılmaktadır.^{35,36}

Diş hekimliğinde ise; spektroradyometrik ölçümler; restoratif rezinlerin, tam protez dişlerinin, porselen restorasyonların, renk anahtarlarının, dental materyallerin renklerinin sayısal ifadelerini bulmak ve renkli iki cismin arasındaki renk farkını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.²⁷

İnsan dişlerinin renk analizinde, görsel ölçüm ve spektroradyometrik renk analizi kullanılarak yapılan bir çalışmada, cihaz kullanımının daha doğru ve uygulanabilir bir renk analizi yöntemi olduğu belirtilmiştir. Yaptıkları çalışmada, üç diş hekimi bağımsız olarak 10 hastanın maksiller santral dişlerin renklerini belirlemiş, daha sonra cihaz kullanılarak dişlerin rengi ölçülmüştür. Sonuç olarak; 10 vakanın 9'unda cihaz ile alınan renk, hekimlerin seçtiklerinden daha uygun bulunmuş ve tercih edilmiştir.³⁷

Spektroradyometreler, kolorimetrelerden daha kapsamlıdır, ancak klinik olarak uygulamaları kısıtlı olduğundan kolorimetrelerin diş hekimliğinde kullanımı daha yaygındır. İnsan gözünü taklit eden filtrelere sahip olan kolorimetreler spektroradyometreler ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar oldukça başarılı ve güvenilir bulunmuştur.³³

Dijital kameralar:

Dijital kameraların kullanımı renk ölçümünde ve hekim ile laboratuvar iletişimde son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Sistemin en önemli avantajı tek bir noktanın değil tüm objenin renk görünümünün elde edilebilmesidir.³⁸ Yöntem; klinikte çekilen fotoğraf görüntüsünün, kameranın bağlı olduğu bilgisayarda analiz edilmesine bağlıdır. Film üzerinde ışık odaklanması ve kimyasal reaksiyon yerine dijital fotoğraf makineleri görüntüyü CCD (algılayıcı) ile yakalarlar. CCD'ler milyonlarca sayıdaki küçük ışığa hassas elemanlar (fotosit) içerirler. Her bir fotosit üzerine gelen toplam ışığa cevap verebilir. Tüm renklere sahip bir görüntü elde etmek için alıcılar (sensor) ışığın temeli olan üç renkte bakabilmek için



filtreler kullanılır. Bu cihazlarda üç ayrı renk her bir piksele kaydedilebilir.^{38,39}

İstenilen objenin görüntüsü dijital bir kamera ile alındıktan sonra, kameranın bağlı olduğu bilgisayar bu değerleri CIE Lab cinsinden ifade etmektedir. Sistem; dijital kameranın dışında, bağlı olduğu bilgisayar, görüntüyü yakalayan bir sürücü, bilgisayar programı ve renk sensöründen meydana gelmektedir.⁴⁰

Dijital fotoğraf ile analiz yaparak farklı kompozit materyallerinin farklı 10 renginin farklılıklarını inceleyen bir araştırmada, dijital analiz ile yöntemi ile kolorimetre cihazı kullanılmış ve dijital fotoğraf ile analiz yöntemi oldukça başarılı bulunmuştur.⁴¹ Fotoğraf yoluyla renk ölçümü ve görsel renk ölçümlerin karşılaştırılmasının yapıldığı başka bir çalışmada ise, dijital ortamda renk analizi yönteminin daha başarılı bir alternatif olduğu bildirilmiştir.⁴²

Ayrıca hekim ve teknisyenin ayrı bina, şehir veya ülkelerde olduğu durumlarda dijital fotoğrafların kullanımı, hekim ve teknisyenin iletişimini kolaylaştıracak etkili bir yöntem olduğu kabul edilmektedir.⁴³

Raigrodski ve ark.,⁴⁴ bilgisayar destekli bir renk seçim sistemini (ShadeScan) Vita Lumin vacum skalalarının kullanıldığı görsel ölçümlerle in vivo bir çalışmayla karşılaştırmışlardır. Sistemin çalışma prensibi, dijital video kamera ile elde edilen görüntülerin dijital ortamda analiz edilmesi şeklindedir. Çalışma sonuçlarına göre, iki farklı sistemle yapılan renk belirleme işlemi sonrası elde edilen restorasyonların renginde bir farklılık görülmemiştir. Dijital sistemin ise zaman kazandırıcı bir yönü olduğundan bahsedilmiştir.

Dijital fotoğrafların son dönemlerde popülaritesi artmasına rağmen, görüntünün kalitesi oldukça önemlidir. Görüntü kalitesi ise; kameranın tipi, kameranın ayarları, ortamın aydınlanma koşulları, görüntünün boyutu, ilgili dişin pozisyonu ve renk anahtarına bağlı olarak değişebilmektedir. Dijital fotoğraflar ancak uygun koşullarda ve uygun cihazlarla ölçüm yapıldığında yararlı olabilecek renk değerlendirme yöntemleri olduğu düşünülmektedir. Ayrıca fotoğraftan elde edilen değerlendirmelerin tamamen subjektif olduğu ve yeterli olmayabileceği de görüşler arasındadır.⁴⁵

Dişeti Renk Seçimi ve Gingival Skalalar

Estetik diş hekimliğinde diş rengi seçimi yanında çevre yumuşak dokuların renginin belirlenmesi de oldukça önemlidir. Dişeti her bireyde farklı renk

özelliklerine sahiptir ve bu durum özellikle anterior bölgede estetik restorasyonların hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken bir husustur. Hareketli bölümlü veya tam protez yapımında ise günümüzde çoğunlukla metilmetakrilat kullanılmaktadır.⁴⁶

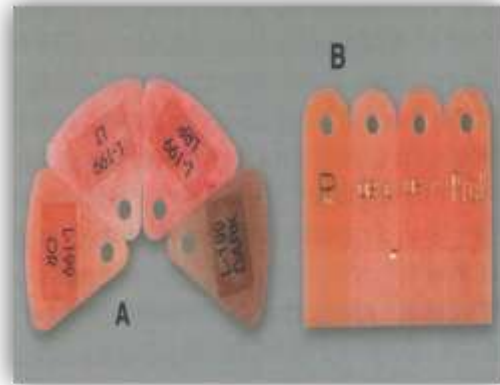
Ancak tek tip bir pembe renk her hasta için estetik sayılabilecek sonuçlar vermeyebilir. Bu amaçla dental kaideyi renklendirmek amacıyla renklendirme kitleri kullanılabildiği gibi, rezin içerisine çeşitli renk pigmenti ilaveleri de yapılabilmektedir.⁴⁷

Dişeti renginin renk seçiminde en sık kullanılan yöntem, renk skalaları ile yapılan görsel seçimdir. Bu yöntemin yanı sıra spektrofotometre veya dijital görüntüleme yöntemleri ile de ölçümler yapılabilmektedir. Ancak çalışmalar dişetin dijital görüntülemesinden elde edilen sonuçların ilgili renk dalga boyuna çevrilmesinin güvenilir olmadığını belirtmiştir.⁴⁸

Oral yumuşak dokular için geliştirilen değişik renk skalaları mevcuttur;

Lucitone 199 (Dentsply Trubyte) (Şekil 4.A) renk skalası sisteminde aynı boyutta hazırlanmış 4 farklı parlak renk kaydı vardır. Bunlar; orjinal, parlak, parlak kırmızimsı, pembe ve koyu renk tonudur.

Ivocap Plus Gingiva Indicator (Ivoclar Vivadent) (Şekil 4.B) setinde de 4 renk kullanılır. Bunlar; P-Pembe, US-L fiberli parlak pembe, US-P fiberli pembe ve Pref (preference)'dir.



Şekil 4. A. Lucitone199 (Dentsply Trubyte)
B. Ivocap Plus (Ivoclar Vivadent) (Bayındır⁴⁹'dan alınmıştır.)

IPS gingivanın (Ivoclar Vivadent) (Şekil 5.C) ise 10 adet renk seçeneği vardır. IPS gingiva renk skalası sistemi, seramik restorasyonlar için tasarlanmıştır.

Bunların 5 tanesi normal renkler G1, G2, G3, G4, G5 ve 4 tanesi gingival modifiye, GM1, GM2, GM3, GM4 ve 1 adet gingival opak (GO) renktedir. Gummy gingiva Indicator (Shofu Dental) setinde ise açık, orta ve koyu olmak üzere 3 adet kırmızı renk seçeneği sunulmaktadır (Şekil 5.D).⁴⁹.

Estetik diş hekimliğinde, dişlerin, dişetlerinin, dudakların, derinin ve gözlerin renginin uyum içinde olduğu bir yüz görünümü elde edilmeye çalışılmaktadır; ancak dişlerin renk tonu ile deri dudak ve gingival renkle ilişkilerini gösteren sınırlı sayıda bilimsel araştırma vardır.⁵⁰

Gingival dokuların renk aralığı dişlerinkinden daha geniştir.⁶ Bu nedenle diş rengi seçimi ve tenkisen tarafından uygulanması işlemi daha karmaşık ve tecrübe isteyen bir olaydır.



Şekil 5. C. IPS Gingiva (Ivoclar Vivadent)
D. Gummy Gingiva-Indicator (Shofu)

Günümüzde renk seçim ve değerlendirmelerinde görsel yöntemlerin yeterli olmadığı açıkça ortadadır. Uygun ortam şartlarının hazırlanması ve skalaların kullanımı rutin klinik şartlarında çoğu zaman yeterli gibi görünse de kolorimetre ve yüksek çözünürlükteki dijital fotoğraf makinelerinin birlikte kullanılması daha başarılı sonuçlar doğuracaktır. Bilimsel çalışmalarda ise daha çok spektrofotometrelerden yararlanmak gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalar görsel değerlendirmelerden çok; çözünürlük ve hassasiyetin daha fazla olduğu ve ortam şartlarından etkilenmeyen cihazların gelişimi konusunu kapsayacak gibi görünmektedir.

KAYNAKLAR

1. Chu SJ, Devigus A, Mielezsko A. Fundamentals of color shade matching and communication in esthetic dentistry. Quintessence Pub Co Inc, 2004. p.14-6.
2. Çal E, Güneri P, Bıçakçı A. Diş hekimliğindeki estetik ikilem: diş rengi. Ege Ü Diş Hek Fak Derg 2005; 26(2): 117-25.
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. Craig RG, Powers JM. Restorative Dental Materials. 11th ed. St. Louis Mosby: 2001.
5. Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi renkle ilgili temel kavramlar. Ege Diş Hek Fak Derg 1992; 13(1): 29-36.
6. Paravina RD, Powers JM. Esthetic color training in dentistry., St. Louis; Elsevier Mosby: 2004. p. 3-33.
7. Hekimoğlu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented porcelain laminate veneers. Int J Prosthodont 2000; 13(1): 29-33.
8. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989; 68(5): 819-22.
9. Zhang F, Heydecke G, Razzoog ME. Double layer porcelain veneers: effect of layering on resulting color. J Prosthet Dent 2000; 84 (4): 425-31.
10. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. J Prosthet Dent 1999; 82 (2): 143-9.
11. Schulze AK, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dent Mater 2003; 19 (7): 612- 9.
12. Razzoog ME, Lang BR, Russell MM, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. J Prosthet Dent; 1994; 72(5): 453-6.
13. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. J Prosthet Dent 2000; 83(2): 166-70.
14. Fondreiest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. Int J Periodontics Restorative Dent 2003; 23(5): 467-79.

15. Culpepper WD. A comparative study of shade matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970; 24(2): 166-73.
16. Bayındır F, Wee AG. Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı, Hacettepe Dişhek Fak Derg 2006; 30(3): 40-6.
17. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary fixed prosthodontics, 4 ed. St Louis; The CF Mosby Company: 2001. p. 709-39.
18. Pascal M, Besler U. Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach. Chicago; Quintessence Publishing Co: 2002. p.179-238.
19. Vryonis P. Aesthetics in ceramics perceiving the problem, perspectives in dental ceramics., Chicago; Quintessence Publishing Co., 1988. p. 209-18.
20. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg* 2009; 33(4): 52-8.
21. Brewer JD, Wee A, Seghi RR. Advances in color matching. *Dent Clin North Am* 2004; 48(2): 341-58.
22. Swepston JH, Miller AW. Esthetic matching. *J Prosthet Dent* 1994; 54(5): 623-4.
23. Garber DA, Goldstein RE, Feinmann RA. Porcelain laminate veneers. Quintessence Publishing Co.Inc., Chicago, 1988
24. Park J, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent* 2006; 96(6): 402-11.
25. Lee YK, Lim BS, Kim, CW, Powers JM. Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides. *J Esthet Restor Dent* 2001; 13(3): 179-86.
26. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998; 80 (6): 642-8.
27. Aladağ A, Çömlekçioğlu E, Yılmaz G. Farklı renk anahtarlarının metal kronların renk uyumlarına etkisi. *Süleyman Demirel Üniv Diş Hek Fak* 2009; 1(1): 8-17.
28. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance Assessment of Colorimetric Devices On Dental Porcelains. *J Dent Res* 1989; 68(12): 1755-9.
29. Minolta Document: Precise Color Communication: The Essentials of imaging. Minolta Co. Ltd, Osaka-Japan, 1994.
30. Mokhlis GR, Mathis BA, Cochran MA, Eckert GJA. Clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agent during day time use. *J Am Dent Assoc* 2000; 131(9): 1269-77.
31. Li Y. Tooth color measurement using chroma meter: techniques, advantages and disadvantages. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15 (Suppl 1): 33-4.
32. Seghi RR, Hewlett ER, Kim, J. Visual and instrumental colorimetric assesment of small color differences on traslucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989; 68 (12): 1760-4.
33. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002; 88 (6): 585-90.
34. Haywood VB. Color measurement symposium. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15 (Suppl 1): 3-4.
35. Wee AG, Kang EY, Johnston WM, Seghi RR. Evaluating porcelain color match of different porcelain shade matching systems. *J Esthet Restor Dent* 2000; 12 (5): 271-80.
36. Chu SJ, Devigus A, Mieszko A. Fundamentals of color. Qunitessence Co, Illinois: 2004. p. 1-17.
37. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002; 81 (8): 578-82.
38. Lath DL, Wildgoose DG, Guan YH, Lilley TH, Smith RN, Brook AH. A digital image analysis system for the assessment of tooth whiteness compared to visual shade matching. *J Clin Dent* 2007; 18 (1): 17-20.
39. Gerlach Rw, Gibb Rd, Sagel PA. Initial color change and color and retention with a hydrogen peroxide bleaching strip. *Am J Dent* 2002; 15 (1): 3-7.
40. Wee Ag, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater* 2006; 22(6): 553- 9.
41. Yamanel K, Çağlar A, Özcan M, Gülşah K, Bağış B. Assesment of color parameters of composite resin shade guides using digital imaging versus colorimeter. *J Estet Restor Dent* 2010; 22(6): 379-90.
42. Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien,WJ, Razzoog M. Color measurement as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15 (2): 114-21.



43. Pascal M, Besler U. Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach. Quintessence Publishing Co: 2002. p. 179-238.
44. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Aoshima H, Spikerman C. Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal ceramic crowns a pilot study. Quintessence 2006; 37 (10): 793-802.
45. Silva J, Park S, Weber HB, Shigemi IN. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. J Prosthet Dent 2008; 99 (5): 361-68.
46. Jones J, McFall WT, Jr. A photometric study of the color of health gingiva. J Periodontol 1977; 48 (1): 21-6.
47. Mulcahy R, Hickey N. The influence of cigarette smoking in the causation of atherosclerosis. Angiology 1966; 17 (4): 259-63
48. Atkins JT, Billmeyer FW, Jr. Edge-Loss Errors in Reflectance and Transmittance Measurement of Translucent Materials. Mater Res Stand 1966; 6: 564-69.
49. Bayındır F, Bayındır Y, Wee AG. Restoratif diş hekimliğinde dişeti rengi seçimi ve dişeti skalaları, Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg 2010; (Suppl 3): 38-43.
50. 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.

Yazışma Adresi

Sedanur TURGUT
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi AD
Trabzon, Türkiye
dtsedanur82@hotmail.com

