



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**ESTETİK RESTORASYONLARDA FARKLI
RENK SEÇİM TEKNİKLERİNİN BAŞARISININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Nurşen ŞAHİN

**Samsun
Aralık - 2022**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**ESTETİK RESTORASYONLARDA FARKLI
RENK SEÇİM TEKNİKLERİNİN BAŞARISININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Nurşen ŞAHİN

**Danışman
Prof. Dr. Çağrı URAL**

**Samsun
Aralık - 2022**

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimine başladığım günden itibaren akademik / klinik tecrübelerini benimle paylaşan, mesleki gelişimimin yanında kişiliği ve çalışmalarıyla da bana örnek olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Çağrı URAL ‘a

Tez çalışmam boyunca desteklerini ve güler yüzlerini benden esirgemeyen başta Dr. Dt. Şevki GÜLER ve Dt.Gonca GÜLŞEN olmak üzere tüm Güler Dent ailesine,

Mesleki duruşuna saygı duyduğum, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Dt.Ali ALEMİSOĞLU’na,

Sorduğum her soruyu hoşgörü ile karşılayan ve yardımcı olan başta Prof. Dr. Duygu SARAÇ, Doç. Dr. Göknıl ERGÜN KUNT ve Prof. Dr. Tolga KÜLÜNK olmak üzere tüm Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Uzakta da olsa her zaman varlığını ve desteğini hissettiren kıymetli dostlarım Sinem DUMAN ve Tuba HATİPOĞLU’na,

Fakültede geçirdiğim zamanları güzelleştiren başta Dt.Pervin AHMEDLİ olmak üzere çalışma arkadaşlarım Dt.Selin TARAK, Dt. Elif BİLGİN, Dt. Yonca KANAT, Dt. Elif NAZLI TEKİN, Dt.Gözde YAVUZKILIÇ, Dt.Şima AHMEDZADE ve diğer tüm asistan arkadaşlarıma,

Tezimin laboratuvar aşamasında oldukça emek harcayan teknisyenimiz Osman GÜRİSOY ‘a ve katkıda bulunan CAD-LAB Diş Laboratuvarı’na,

Hayatımın iyi ve kötü her anında yanımda olan, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi sevgili annem Behice ŞAHİN ve babam Eyüp Sabri ŞAHİN’ e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, PYO.DİS.1904.22.002 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

Estetik Restorasyonlarda Farklı Renk Seçim Tekniklerinin Başarısının Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, belirlenen hasta senaryolarında farklı renk seçim teknikleri kullanılarak üretilen sabit kron restorasyonların hedef dişe göre renk farklılıklarının hesaplanması ve klinik başarılarının değerlendirilmesidir.

Materyal ve Metot: 11 numaralı hedef diş rengine göre 21 numaralı diş restorasyon üretilmesi için 6 farklı hasta senaryosu düzenlendi. Yapay çene modeli üzerinde 11 ve 21 numaralı dişlere tam kron preparasyonu yapıldı. 11 numaralı diş için 6 farklı renk sabit kron restorasyonu üretildi. Hedef krondan (11) renk seçimi 4 farklı teknik ile gerçekleştirildi, elde edilen veriler laboratuvara aktarıldı ve aynı teknisyen tarafından tüm test örnekleri üretildi. Oluşturulan test grupları; **Görsel renk seçimi (Grup K)**, Vita 3D Master renk skalası kullanılarak üretici firmanın talimatları doğrultusunda görsel renk seçimi yapıldı ve bu grup kontrol grubu olarak belirlendi. **Fotoğraf rehberliğinde renk seçimi (Grup F)**, seçilen skala ile 6500 K renk ısısı ile aydınlatılmış gri fonlu makro çekim çadırında aynı klinisyen tarafından fotoğraf çekimi yapılarak renk seçimi yapıldı. **Spektrofotometre ile renk seçimi (Grup S)**, hedef diş rengi spektrofotometre cihazı ile ölçülerek yapıldı. **Tarayıcı ile renk seçimi (Grup T)**, ağız içi tarayıcı ile model ve hedef kronlar taranarak renk ölçümleri yapıldı. Elde edilen L, a* ve b* değerleri CIEDE2000 (2:1:1) formülüne göre ΔE değerleri hesaplandı ve veriler tek yönlü varyans analizi ile incelendi.

Bulgular: Test gruplarına göre (Grup K, Grup F, Grup S, Grup T) sırası ile ΔE test ortalama değeri 2,74; 3,62; 2,13; 3,5 olarak bulunmuştur. Gruplara göre ΔE değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. ($p < 0.05$)

Sonuç: Görsel renk seçim yöntemi ile dijital renk ölçüm cihazları kullanılarak yapılan renk seçimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen; spektrofotometre ile yapılan renk seçimi diğer yöntemlerden daha başarılı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dental Fotoğraf; İntraoral Tarayıcı; Renk seçimi; Spektrofotometre

ABSTRACT

Evaluation of Success of Different Color Selection Techniques in Aesthetic Restorations

Aim: The aim of this study is to calculate the color differences of fixed crown restorations produced using different color selection techniques in the identified patient scenarios and to evaluate the color differences according to the target tooth and to evaluate clinical achievements.

Material and Method: 6 different patient scenarios were organized to produce restoration of 21 for the tooth according to the target tooth color. Full crown preparation was made to teeth 11 and 21 on the artificial jaw model. 6 different colors fixed crown restorations were produced for the dental number 11. The choice of color from the target crown (11) was made with 4 different techniques, the data obtained were transferred to the laboratory and all test samples were produced by the same technician. Created test groups; **Visual Color Selection (Group K)**, Vita 3D Master color scale using the manufacturer's instructions in line with the instructions of the visual color was selected and this group was determined as control group. **Color selection with the guidance of the photo (Group F)** and the selected scale with 6500 K color heat illuminated gray - funded macro gravitational tent by the same clinician was taken by the color selection. **Color selection (Group S) with spectrophotometer** was measured with target tooth color spectrophotometer. Color selection with **the intraoral scanner (Group T)**, with the oral scanner and model and target crowns were scanned and color measurements were made. The values L, a* and * obtained were calculated according to the formula of CIEDE2000 (2: 1: 1) and the data were examined by one -way analysis of variance.

Results : According to the test groups (Group K, Group F, Group S, Group T), the average value of ΔE is 2.74; 3,62; 2,13; 3,5. There was no statistically significant difference between the averages of ΔE values. ($p < 0.05$)

Conclusion : Although there is no statistically significant difference between visual color selection method and color selection using digital color measuring devices; color selection with spectrophotometer was found to be more successful than other methods.

Key Words : Dental photo; Intraoral scanner; Color selection; Spectrophotometer



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

(.stl)	: Stereolitografi Dosyası
>	: Büyüktür
%	: Yüzde
=	: Eşittir
°	: Derece
C	: Santigrad
CAD/CAM	: Bilgisayar Destekli Dizayn/ Bilgisayar Destekli Üretim
Cd/m²	: Kandela / Metrekare
CIE	: Commision Internationale de l'Eclairage
Cm	: Santimetre
CMYK	: Cyan(cam göbeği), Magenta(galibarda), Yellow(sarı),Key(siyah)
ES	: EasyShade
HSL	: Hue, Saturation, Luminance
K	: Kelvin
Mm	: Milimetre
Nm	: Nanometre
RGB	: Red (kırmızı), green (yeşil), blue (mavi)
SS	: SpectroShade
T-3S	: Trios 3Shape
V-3D	: Vita 3D Master renk skalası

- V-C** : Vita Classic renk skalası
- ΔE** : CIE LAB renk değişim miktarı
- ΔE_{00}** : CIEDE 2000 renk değişim miktarı



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR	IV
İÇİNDEKİLER	VI
SEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
2.1.Diş Hekimliğinde Estetik.....	2
2.2. Renk.....	6
2.3. Renk ile İlgili Terimler.....	7
2.3.1. Metamerizm.....	7
2.3.2. Işık Geçirgenliği.....	8
2.4. Renk Sistemleri.....	9
2.4.1. Munsell Renk Sistemi.....	9
2.4.2. Ostwald Renk Sistemi.....	11
2.4.3. NCS (Natural Colour System).....	11
2.4.4. HSL (Hue, Saturation, Luminance) Renk Sistemi.....	12
2.4.5. RGB Renk Sistemi (Eklemeli Renk Sistemi).....	12
2.4.6. CMYK Renk Sistemi (Eksiltmeli Renk Sistemi).....	13

2.4.7. CIE Standart Kolorimetrik Sistem (CIE XYZ).....	13
2.4.8. CIEL*a*b* Renk Sistemi.....	14
2.5. Diş Hekimliğinde Renk.....	16
2.5.1. Diş Rengi.....	16
2.5.2. Renk Seçimini Etkileyen Faktörler.....	16
2.6. Renk Seçim Yöntemleri.....	18
2.6.1. Görsel Renk Seçimi.....	18
2.6.2. Dijital Renk Seçimi.....	21
3. MATERYAL VE METOT.....	29
3.1. Hedef Kronların Üretilmesi.....	29
3.2. Renk Seçiminin Yapılması.....	31
3.2.1. Görsel Renk Seçiminin Yapılması.....	31
3.2.2. Fotoğraf Makinesi Kullanılarak Renk Seçiminin Yapılması.....	33
3.2.3. Spektrofotometre ile Renk Seçiminin Yapılması.....	35
3.2.4. Ağız içi Tarayıcı Kullanarak Renk Seçiminin Yapılması.....	38
3.3. Kronların Üretilmesi.....	40
3.4. Kronların Renk Ölçümünün Yapılması	42
3.5. Renk Farklılığı Değerlerinin Hesaplanması.....	45
3.5. İstatiksel Analiz.....	45
4. BULGULAR.....	47
4.1. Hedef Kronların Ölçüm Bulguları.....	47

4.2. Test Örneklerinin Ölçüm Bulguları.....	47
4.3. Renk Farklılığı Bulguları.....	49
5. TARTIŞMA.....	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
7.KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	79



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No :</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 2.1. Elektromanyetik renk spektrumu	7
Şekil 2.2. Metamerizm etkisi	7
Şekil 2.3. Ultra- viole ışık altında floresans özellik gösteren diş	8
Şekil 2.4. Dairesel renk diagramı	9
Şekil 2.5. Munsell renk düzlemi	10
Şekil 2.6. Kırmızı rengin Munsell Renk sistemine göre farklı Value/Chroma değerleri kombinasyonu	11
Şekil 2.7. Ostwald renk sistemi	11
Şekil 2.8. HSL renk sistemi	12
Şekil 2.9. Eklemeli ve eksiltmeli renk sistemi	13
Şekil 2.10. CIE Standart Kolorimetrik Sistem (CIE XYZ)	13
Şekil 2.11. CIEL*a*b* renk sistemi	14
Şekil 2.12. Farklı firmalara ait dişeti renk skalaları	19
Şekil 2.13. Vita Classical renk skalası	19
Şekil 2.14. Vita 3D- Master renk skalası	20
Şekil 2.15. Ivoclar Chromascop renk skalası	21
Şekil 2.16. Kolorimetre cihazı	22
Şekil 2.17. Spektrodadyometre	23

Şekil No:**Sayfa No:**

Şekil 2.18.	Spektrofotometre	24
Şekil 2.19.	Doğal dişler ile hekimin renk skalasından seçtiği Rengin görüntüsü	25
Şekil 2.20.	Polarize Filtre	26
Şekil 2.21.	Gri Kart	26
Şekil 3.1.	Yapay çene modeli üzerinde tam kron preparasyonları	30
Şekil 3.2.	.stl uzantılı model verisi	31
Şekil 3.3.	6 adet hedef kron	32
Şekil 3.4.	Renk seçiminde kullanılan Vita 3D Master renk skalası	33
Şekil 3.5.	Ürün çadırı ve ışık kaynakları	33
Şekil 3.6.	Görsel renk seçimin yapılması	34
Şekil 3.7.	Fotoğraf makinesi ve makro lens	35
Şekil 3.8.	Ring flaş	35
Şekil 3.9.	Polarize Filtre	36
Şekil 3.10.	Fotoğraf ile renk seçiminin yapılması	36
Şekil 3.11.	SpecroShade Micro™ cihazı	37
Şekil 3.12.	SpectroShade Kalibrasyon karoları	37
Şekil 3.13.	SpektroShade cihazında kalibrasyonun yapılması	38
Şekil 3.14.	Silikon kalıp	38
Şekil 3.15.	SpectroShade ile renk ölçümünün yapılması	39

Şekil No:**Sayfa No:**

Şekil 3.16. Hedef kronların L, a* ve b* değerlerinin ölçümünün

yapılması

39

Şekil 3.17. Ağız içi tarayıcı ile renk seçiminin yapılması

40

Şekil 3.18. 24 adet cut-back kron

42

Şekil 3.19. 24 adet test örneği

43

Şekil 3.20. SS ile L, a* ve b* değerlerinin ölçümünün yapılması

44

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No :</u>	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 1.1. Materyallerin bileşimine göre sınıflandırma	3
Tablo 4.1. Hedef kronların L, a* ve b* değerleri	47
Tablo 4.2. Test örneklerinin L, a* ve b* değerleri	48
Tablo 4.3. Hedef kronlar ile test örneklerinin renk farklılığı değerleri	50
Tablo 4.4. Gruplara göre ortalama ΔE_{00} değerlerinin sütun grafiği ile gösterimi	52
Tablo 4.5. Gruplara göre ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması	52

1.GİRİŞ

Yapılan restoratif tedavilerde hem hekimin hem de hastanın en önemli beklentilerinden birisi doğal dişler ile uyumlu estetik restorasyonların yapılmasıdır. Bu beklentinin karşılanabilmesi için de öncelikle rengin doğru tanımlanması gerekir.¹ Klinisyen renk kavramını bilmek ve yaptığı ölçümlerin kliniğe doğru şekilde aktarılmasını sağlamak durumundadır.²

Renk seçiminde skalaları kullanarak yapılan görsel renk seçimi günümüzde en sık kullanılan yöntemlerden birisi olsa da öznel olması sebebiyle yetersiz kalmaktadır.³⁻⁵ Teknolojik gelişmeler ile birlikte spektrofotometre, spektoradyometre gibi renk ölçüm cihazları geliştirilmiş ve dijital fotoğraf makineleri, intraoral tarayıcılar da renk seçiminde kullanılmaya başlanmıştır. Elde edilen verilerin daha nesnel ve teknisyene aktarımı daha kolay olduğu için dijital renk ölçüm sistemlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu in vitro çalışmanın amacı hem görsel hem de farklı dijital renk seçim tekniklerini kullanarak hedef diş renginin belirlenmesi, belirlenen rengin laboratuvara aktarımı sonucunda restorasyonların teknisyen tarafından üretilmesi ve başarının sayısal olarak değerlendirilmesidir. Sayısal renk karşılaştırmalarının yapılabilmesi için CIEDE2000 (2:1:1) formülü kullanılarak renk farklılıkları (ΔE) hesaplanacaktır. Elde edilen matematiksel değerlerin istatistiksel analizi sonucunda üretilen restorasyon ile hedef diş rengi arasındaki (ΔE) değerleri ve renk seçim yöntemleri arasında doğruluk tespiti yapılacaktır.

Çalışmanın hipotezi:

Maksiller kesici bölgede yapılacak kron restorasyonunun renginin belirlenmesinde kullanılan görsel renk seçimi ve dijital renk seçim yöntemleri arasında ve farklı dijital renk ölçüm yöntemleri kendi arasında anlamlı farklılıklar gösterecektir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Hekimliğinde Estetik

Yapılan protetik tedavilerde hem hekimin hem de hastanın beklentisi doğal dişler ile uyumlu estetik restorasyonların yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda kullanılan dental seramikler, floresans özelliği sergilediği ve ışığı doğal diş yapısı gibi absorbe edip / yansıtabildiği için doğal dişlere benzer optik özellikler sergilemektedir. Birçok seramik sistemi mevcuttur, doğru seramik sisteminin ve restorasyon renginin seçimi estetik restorasyonların yapımının en önemli aşamalarındandır.^{6,7}

Seramik sistemleri tarihsel süreç içerisinde farklı özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır. En güncel sınıflama ise 2015 yılında Stefano Gracis ve arkadaşlarının üretim tekniklerine ve materyallerin bileşimlerine göre yaptıkları sınıflamadır.⁸

Üretim tekniklerine göre sınıflandırma:

- 1.Dökülebilir Tam Seramik Sistemleri
- 2.Refraktör Day Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri
- 3.Kopyalama-Frezeleme Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri
- 4.İsı ile Preslenerek Üretilen Tam Seramik Sistemleri
- 5.CAD/CAM Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri (Eklemeli Üretim, Eksiltmeli Üretim)

Tablo 1.1. Materyallerin bileşimine göre sınıflandırma

<i>Cam Matriks Sistemler :</i>	<i>Polikristalin Seramikler :</i>	<i>Rezin Matriks Seramikler :</i>
Feldspatik	Alümina	Rezin Nanoseraamikler
Sentetik (Lösit Esaslı, Lityum Disilikat ve Türevleri, Fluorapatit Esaslı	Stabilize Zirkonya	Camsı Seramik İçerikli Rezin Matriksler
Cam İnfiltr (Alümina,Alümina ve Magnezya, Alümina ve Zirkonya)	Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina	Zirkonya Silika Seramik İçerikli Rezin Matriks
	Alümina ile Güçlendirilmiş Zirkonya	

Tam seramik restorasyonlar, mükemmel mekanik ve estetik özellikleri nedeniyle özellikle ön bölge estetik restorasyonlarda sıklıkla tercih edilmektedir.⁹ Seramikler arasında zirkonyum oksitler üstün mekanik özelliklere sahiptir ; ancak minenin sahip olduğu translüsent özelliği göstermeyen opaklıktadır. Doğal diş görüntüsü oluşabilmesi için seramik ile veneerlenmesi gerekebilmektedir.¹⁰

Zirkonyum oksit restorasyonlar için beş farklı üretim tekniği vardır:

1) Tabakalama Tekniği (Layering): Porselen tozu ve likitinin karıştırılarak tabakalar şeklinde fırçayla zirkonya alt yapı üzerine uygulanmasıdır.

2) Presleme Tekniği (Press-On / Over Press): Zirkonya altyapı üzerine arzu edilen kron formu mum modelasyonu yapılır, mum atımı yapıldıktan sonra elde edilen veneer boşluğuna preslenebilen seramik yapılmasıdır.

3) Cut-back Tekniği: Altyapı üzerine önce presleme tekniği ile veneer seramiği preslenmesinden sonra tabakalama tekniği ile restorasyonun bitirilmesiğir.

4) CAD- on (Sinterleme) Tekniği: CAD/CAM ile üretilmiş zirkonya alt yapıya karşılık gelen veneer seramiğinin yine CAD/CAM ile üretilen lityum disilikat cam seramik bloklar ile bir araya getirilerek tek fırınlama ile pişirilmesiğir.

5) Tam Kontur Zirkonya Tekniği: Zirkonyum oksitlerin geliştirilmiş estetik özellikleri, translusentlikleri ile monolitik tam kontur zirkonya restorasyonların üretilmesiğir.¹¹⁻¹³

Gelişen teknoloji ile birlikte alt yapı ve üst yapı hazırlama teknikleri de çeşitlilik göstermektedir. Sabit protetik restorasyonlarda alt yapı ve üst yapı hazırlama teknikleri:

1) Alt Yapı Hazırlama Teknikleri:

▪ *Kayıp Mum Tekniği:*

Değerli ve değersiz metal alaşımların elde edilmesinde kullanılır. Model üzerinde yapılan mum modelaj revetmana alınır, ön ısıtma fırınında elde edilen negatif boşluğa, erimiş haldeki alaşım materyalinin dökülmesi ile alt yapılar elde edilir.

▪ *Eksiltme Tekniği:*

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim (CAD-CAM): Model ölçüsünün bilgisayara aktarılması veya ağız ölçüsünün tarayıcı vasıtasıyla elde edilmesinden sonra elde edilen dijital veriler üzerinde tasarımın gerçekleştirilmesi ve restorasyonun seramik bloklardan kazınarak üretilmesiğir.

Kopya Freze: Okuma ünitesine yerleştirilen modelajın kopyasının sistemin diğer ünitesinde kazınarak üretilmesiğir.

▪ *Ekleme Tekniği:*

Stereolitografi (SLA): İstenilen şeklin 3 boyutlu modeli dizayn programında oluşturulur ve yazılım tarafından ince tabakalara ayrılır. Tabaka tabaka yapılan lazer tarama işlemi sonucunda model tamamlanır.

Lazer Toz İşleme Teknikleri (Selektif lazer sinterleme (SLS), Selektif lazer eritme (SLM))

Tabakalı Nesne Üretimi (LOM)

Kaynaklı Yükleme Modelleme (FDM)

Mürekkep Baskı Tekniği

2) Üst Yapı Hazırlama Teknikleri:

- *Fırça Yöntemiyle Tabakalama Tekniği:*

Metal veya zirkonya alt yapılar üzerine uygulanabilir. Birçok faktöre bağlı olduğu için hassas bir tekniktir.

- *Isı ve basınç ile Şekillendirme Tekniği:*

Metal veya zirkonya alt yapılar üzerine uygulanabilir. Alt yapılar üzerine mum modelasyon işlenir. Kayıp mum tekniği ile mum modelasyon uzaklaştırıldıktan sonra oluşan negatif boşluğa, seramik materyali özel bir press fırınında basınç altında gönderilir ve restorasyon elde edilir.

- *Dosya Bölme (CAD-on) Tekniği:*

Zirkonya alt yapılar üzerine uygulanabilir. Alt yapı ile aynı anda tasarlanan cam seramik üst yapıların dosya birleştirme yöntemi ile firmaların önerileri doğrultusunda birleştirilerek restorasyonun son formu elde edilir.¹⁴

Yapılan restorasyonların rengi, doğal dişte bulunan renk modifikasyonlarından (içsel ya da dışsal) dolayı, uyumlu olmayabilir. Böyle durumlarda yapılan restorasyona modifikasyonları aktarmak için porselen için çeşitli renklendiriciler, yüksek kaliteli samur fırçalar, seramik gibi malzemeler ve ekipman gereklidir. Renk modifikasyonları için çoğu renklendirme seti aynı renkleri kullansa da, gerçek renkler çok çeşitlidir. İstenilen renkleri elde etmek için birkaç dizi renklendirici bir arada kullanılabilir. En

kullanışlı renkler turuncu, sarı, menekşe, gri, farklı ton ve konsantrasyonlardaki kahverengiler ve farklı yarı saydam beyazlardır.

Menekşe, temel tonu nötralize etmek, doygunluğu azaltmak ve daha gri bir görünüm vermek için kullanışlıdır.

Kahverengi, servikal kısımda doygunluğu artırmak, sarı ve turuncu ton değişiklikleri için kullanışlıdır.

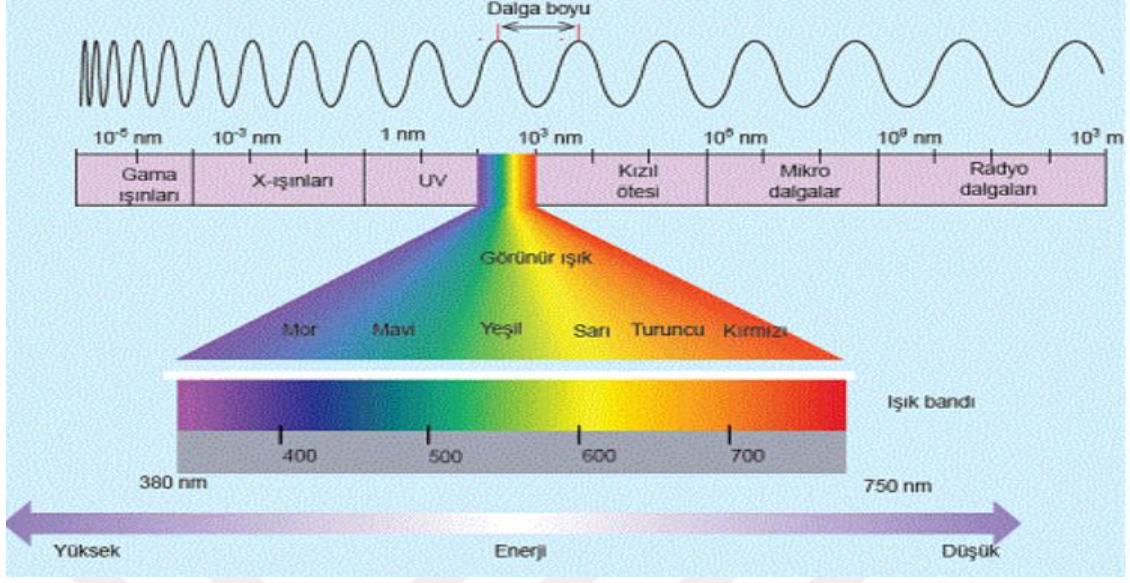
Beyaz, gri, turuncu ve sarı renklerin tümü restorasyonu karakterize etmek için kullanılabilir.¹⁵

2.2 Renk

Renk, bir cisim üzerine gelen ışığın elektromanyetik dalga spektrumundaki çeşitli dalga boylarının absorpsiyonu veya yansıması ile oluşur.¹⁶ Işık olmadığında veya yetersiz olduğunda renk oluşmaz.^{17,18}

Cisim, renk spektrumundaki renklerden kendi rengi haricindeki renkleri absorbe ederken; kendi rengini yansıtır. Örneğin; kırmızı bir cisim kırmızı renge ait dalga boyunu yansıtırken, yeşil ya da mavi dalga boylarını absorbe ettiği için kırmızı renkte görünür.^{18,19}

Cisimden yansıyan ışık ışınları, retinanın renk algısını sağlayan hücreleri olan koniler ve rodları uyarma yeteneğine sahiptir. Rodlar akromatik bir bileşen sağlarken, koniler kırmızı, yeşil ve maviye duyarlı renk algısını sağlar. Bilgi daha sonra onu yorumlayan ve görme duyusunu sağlayan beyne iletilir^{15,20} Göz ile algılanabilen dalga boyu 380 nm – 750 nm arasındaki dalga boyudur.¹⁹ Renk algısında gözlemcinin kendi deneyimleri, yaşı, cinsiyeti ve çevre koşulları da etkili olduğu için renk algısı subjektiftir.¹⁷

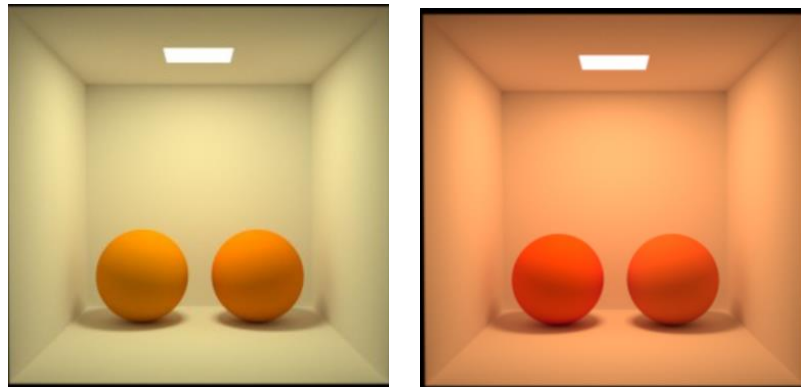


Şekil 2.1. Elektromanyetik renk spektrumu

2. 3. Renk ile İlgili Terimler

2.3.1. Metamerizm

Bir cismin farklı ışık kaynakları altında farklı renkte görünmesidir. Oluşan iki farklı görüntü birbirinin metameridir.²¹ Diş hekimliğinde bu terimin önemi; klinikte ve laboratuvarlarda farklı aydınlatmalar kullanıldığında materyallerde renk farklılığının meydana gelmesidir. Aydınlatmaların standardizasyonu sağlanarak metamerizm etkisinin azaltılması önerilmektedir.



Şekil 2.2. Metamerizm etkisi

2.3.2. Işık Geçirgenliği

Transparan (Saydam)

Gelen tüm ışığı geçiren cisimler transparandır. Transparan cisimlerin arkası net bir şekilde görünür.²²

Transludent (Yarı Saydam)

Gelen ışığın bir kısmının geçtiği bir kısmının yansıdığı cisimler translüsenttir. Dişlerin translüsent özelliği ışığın geliş açısına, dalga boyuna, mine yüzeyinin dokusuna ve dehidrasyon oranına göre değişiklik gösterir.²²

Opasite

Gelen ışığın tamamının veya büyük kısmının yansıdığı cisimler opaktır. Opasite ve transludent terimleri birbirinin zıt anlamlısıdır. Bir cismin translusenti ne kadar fazla ise opasitesi o kadar azdır.²³

Floresans (Işıma)

Gelen ışığın cisim tarafından soğurulması ve daha uzun dalga boyunda spontan olarak yansıtılmasıdır. Dişler ultra-viole ışığa maruz kaldıklarında görünür ışık yaydıkları için floresandırlar.²⁴



Şekil 2.3. Ultra- viole ışık altında floresans özellik gösteren diş

Opalesanlık

Yarı saydam özelliğe sahip cisimlerin yansıyan ışıktaki mavi ve iletilen ışıktaki kırmızı-turuncu görünme yeteneğidir.²⁵

2.4. Renk sistemleri

İlk dairesel renk diagram 1666 yılında Isaac Newton tarafından tasarlanmıştır. Günümüzde kabul edilen dairesel renk diagramında toplamda 12 renk vardır. (Şekil 2.4.) Birincil renkler kırmızı, sarı, mavi; bu renklerin ikişerli karışımı ile elde edilen ikincil renkler yeşil, turuncu, mor ve birincil ve ikincil renklerin karışımı sonucu elde edilen 6 adet renk vardır.²⁶

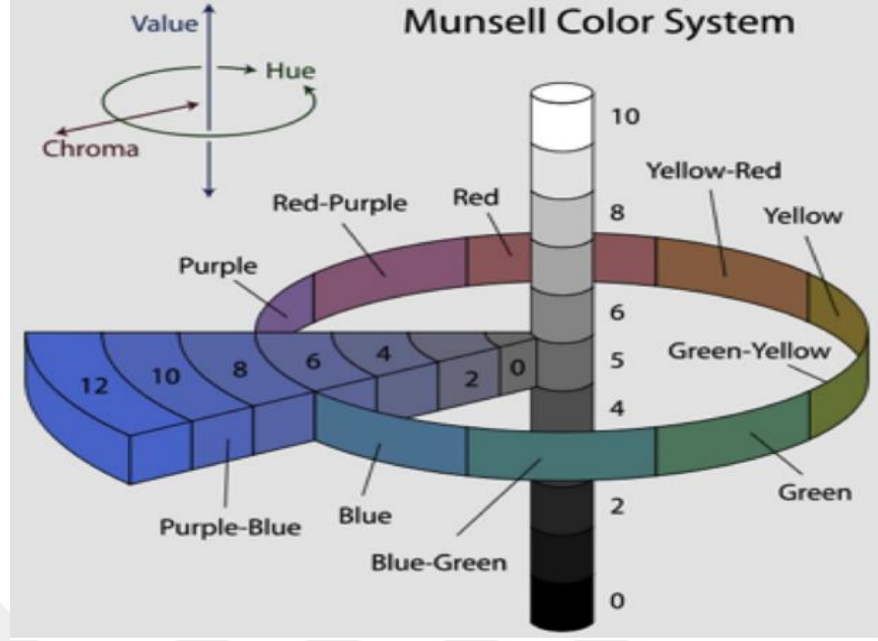


Şekil 2.4. Dairesel renk diagramı

2.4.1. Munsell Renk Sistemi

Amerikalı ressam Albert Henry Munsell tarafından 1900 'lü yılların başında geliştirilen ilk başarılı ve yaygın olarak kabul edilen renk sistemidir.

Bu sistemde Munsell renk düzleminde rengi 3 farklı boyutta ele almıştır.²⁷



Şekil 2.5. Munsell renk düzlemi

Ton (Hue, rengin adı):

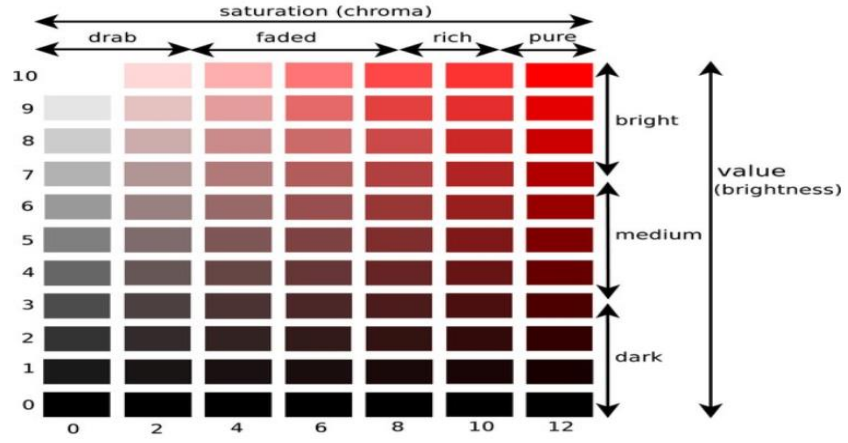
Kırmızı (R), sarı (Y), yeşil (G), mavi (B), ve mor(P) olmak üzere 5 ana renk vardır. Bu renkler bir daire içinde saat yönünde dizilmişlerdir.

Parlaklık (Value):

Parlaklık eksenini dairenin tam ortasından dik olarak geçer ve siyahtan beyaza on farklı derecededir.

Doygunluk (Chroma, yoğunluk) :

Yoğunluk derecesi renk dairesinin derinliği ile ifade edilir, merkezden uzaklaştıkça rengin doygunluğu artar.²⁸ Munsell renk sisteminde bir rengin doygunluğu 0- 12 arası sayılar ile ifade edilir.



Şekil 2.6. Kırmızı rengin Munsell Renk sistemine göre farklı Value/Chroma değerleri kombinasyonu

2.4.2. Ostwald Renk Sistemi

1914 yılında Wilhelm Ostwald tarafından geliştirilmiş sistemdir.²⁹ Çift renk konisinin grafik modeline siyah ve beyazın eklendiği 24 adet renk tonundan oluşan bir renk dairesine dayanmaktadır. Oluşan 24 renk, rakam ve harflerle isimlendirilmiştir.³⁰



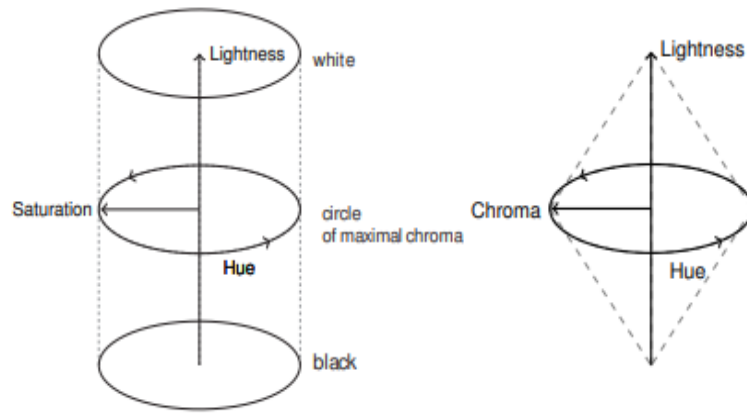
Şekil 2.7. Ostwald renk sistemi

2.4.3. NCS (Natural Colour System)

İlk olarak Alman fizyolog Ewald Hering tarafından ortaya atılmıştır. Renklerin karşıtlığı hipotezine dayanarak oluşturulmuş bir sistemdir. 6 ana renk tanımlanmıştır. (Siyah/beyaz, kırmızı/yeşil, mavi/sarı). Renk değerleri yüzde ile ifade edilir ve tondan bağımsız olarak siyahlık + beyazlık + doygunluk = 100 ilişkisi vardır.³¹

2.4.4. HSL (Hue, Saturation, Luminance) Renk Sistemi

Joblove and Greenberg tarafından 1978 yılında tanımlanmış bir renk sistemidir. ‘H’ ana renk, ‘S’ doygunluk ve ‘L’ parlaklık değerini ifade eder. Ana renk kırmızıdan başlayarak sarı, yeşil, macenta, mavi ve camgöbeği şeklinde bir daire etrafında sıralanır. Doygunluk ve parlaklık değerleri 0-1 arasında değer alır. Model bir silindir olarak tasarlanmıştır.³²



Şekil 2.8. HSL renk sistemi

2.4.5. RGB Renk Sistemi (Eklemeli Renk Sistemi)

Kırmızı, yeşil ve maviyi 3 ana renk olarak kabul eden ve diğer renklerin ana renklerin birbirine eklenmesiyle elde edildiği bir sistemdir.

Kırmızı + Yeşil = Sarı,

Kırmızı + Mavi = Magenta,

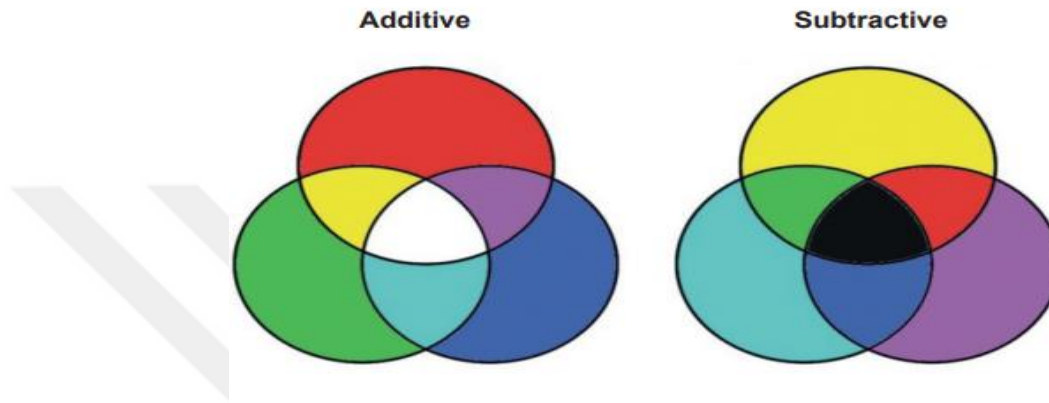
Yeşil + Mavi = Cam Göbeği,

Kırmızı + Yeşil + Mavi = Beyaz

Genellikle televizyon ve bilgisayar ekranında kullanılır.

2.4.6. CMYK Renk Sistemi (Eksiltmeli Renk Sistemi)

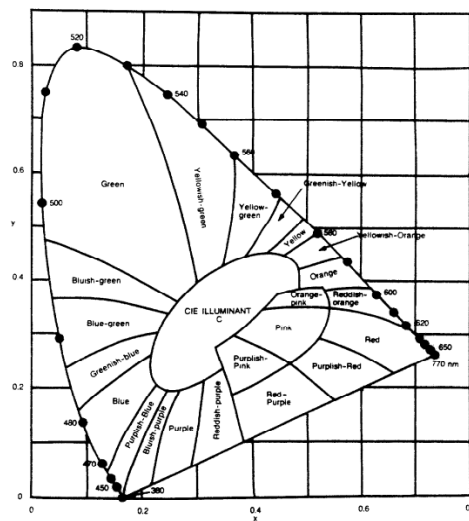
Cam göbeği, magenta ve sarı renkler birincil renk olarak kabul edilir. İki ana rengin karıştırılmasından sonra kalan bir ana rengin tamamlayıcısı oluşur. Örneğin, cam göbeği ile magenta karıştırıldığında sarı rengin tamamlayıcı rengi olan mavi elde edilir.³³



Şekil 2.9. Eklemeli ve eksiltmeli renk sistemi

2.4.7. CIE Standart Kolorimetrik Sistem (CIE XYZ)

Bu sistemde kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere 3 ana renk vardır. Oluşturulan koordinat sisteminde X eksenı kırmızı, Y eksenı yeşil ve Z eksenı mavi renk dağılımını matematiksel olarak gösterir. Renklerin parlaklık değeri yoktur.³⁴



Şekil 2.10. CIE Standart Kolorimetrik Sistem (CIE XYZ)

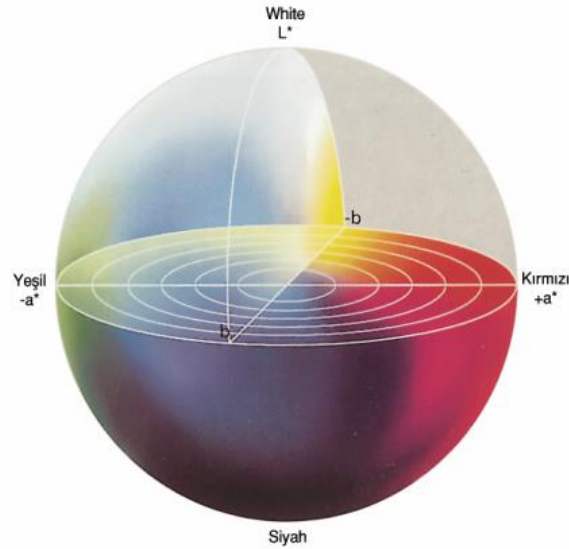
2.4.8 CIEL*a*b* renk sistemi

CIEL*a*b* renk sisteminde L, a ve b değişkenleri kullanılır. Renk uzayında bu üç değişken üç farklı eksen ile ifade edilir.

L eksenini rengin beyaz (+) / siyah (-) arasındaki açıklık / koyuluk derecesini gösterir. Beyaz 100; siyah 0 L değerine sahiptir.

a* yatay eksenini, bir cismin kırmızı (+) ve yeşil (-) arasındaki doygunluk derecesini gösterir. Renk değeri arttıkça kırmızı yoğunluğu; azaldıkça yeşil yoğunluğu artar.

b* yatay eksenini, bir cismin sarı (+) ve mavi (-) arasındaki doygunluk derecesini gösterir.³⁵



Şekil 2.11. CIEL*a*b* renk sistemi

Renkler matematiksel değerler ile ifade edilir ve böylece renkler arasındaki fark hesaplanabilir.³⁶ ΔE (renk farklılığı) değerinin hesaplanabilmesi için iki nesnenin de L, a, b değerleri bilinmeli ve $\Delta E = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{1/2}$ formülüne yerleştirilmelidir.

ΔE değeri 0 olduğunda iki nesne arasında renk farklılığı olmadığı anlamına gelir. Diş hekimliğinde renk farklılıkları hesaplandığında elde edilen değerler, algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşikleri kullanılarak karşılaştırma yoluyla değerlendirilir.

Algılanabilir renk farklılık eşiği : Kontrollü koşullar altında , gözlemcilerin en fazla %50'si tarafından algılanabilen ; diğer %50 gözlemcinin karşılaştırılan nesneler arasında hiçbir renk farkı görmemesidir. Mükemmele yakın renk seçimini ifade eder.

Kabul edilebilir renk farklılık eşiği: Kontrollü koşullar altında, gözlemcilerin en fazla %50' si tarafından kabul edilebilir görülen; diğer %50 gözlemcinin restorasyonun değiştirilmesi veya düzeltilmesini önerdiği renk farklılığıdır. (ISO/TR 28642)

Konu ile ilgili henüz görüş birliğine varılmamış olsa da in vivo çalışmalarda $\Delta E < 3.7$ olduğunda renk farklılığının gözle algılanamadığı; $\Delta E < 6.8$ olduğunda ise klinik olarak kabul edilebilir renk farklılığının olduğu düşünülmektedir.³⁷⁻⁴⁰ İn vitro çalışmalar için ise $\Delta E < 2,7$ olduğunda renk farklılığının gözle algılanamadığı bulunmuştur.¹⁵⁰ (ISO/TR 28642)

Renk farklılığının hesaplanması için en sık kullanılan formül CIE $L^*a^*b^*$ olmasına rağmen; Paravina ve ark geliştirdiği CIEDE2000 formülü daha küçük renk değişimlerini de gösterdiği için renk farklılıklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.^{41,42}

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Formülde ΔL (L_1-L_2), ΔC (C_1-C_2) ve ΔH (H_1-H_2) sırasıyla lightness, chroma ve hue farklarıdır; S_L , S_C ve S_H sırasıyla lightness, chroma ve hue tonu bileşenleri için L , a , b koordinatlarında B (siyah) ve W (beyaz) arka planlar üzerinde renk farkı konumunun varyasyonları için toplam renk farklılığını ifade eder.

R_T , mavi alandaki renk tonu farklılıkları arasındaki etkileşimi gösterir.

K_L , K_C ve K_H çalışma koşullarındaki varyasyonlar için parametrik faktörlerdir.⁴³ CIEDE2000 (1:1:1) formülünde k_L , k_C , k_H parametreleri 1 olarak kabul edilirken; CIEDE2000 (2:1:1) formülünde $k_L = 2$, $k_C = k_H = 1$ şeklinde kabul edilir.

CIEDE2000 (2:1:1) formülüne göre renk farklılığı hesaplandığında ΔE_{00} değeri: $\Delta E_{00} < 1,2$ olduğunda renk farklılığı göz ile algılanamazken; $\Delta E_{00} < 2,7$ olduğunda ise kabul edilebilir renk farklılığı olduğu kabul edilir. (ISO/TR 28642)

2.5. Diş Hekimliğinde Renk

2.5.1. Diş Rengi

Diş rengi, içsel ve dışsal renklerden oluşur. İçsel diş rengi mine ve dentinin ışık geçirgenliği özelliği ile ilişkili iken; dışsal diş rengi renklenmeye sebep olabilecek etkenlerin (çay, klorheksidin, demir tuzları..vb) mine yüzeyinde birikmesi ile oluşur.⁴⁴

Minenin hidroksiapatit kristalleri ışık saçılmasında etkili olduğu için diş renginin algılanmasında rol oynar.⁴⁴ Yeni süren bir dişte hidroksiapatit kristalleri arasındaki mesafe ve organik yapı daha fazla olduğu için mine tabakası daha opaktır. Yüksek opasite sebebiyle genç dişlerde mine, ışığı yansıtma eğilimindedir.

Dentin renk yoğunluğu daha düşüktür. Zamanla mine tabakası aşınarak incelir ve dentin rengi daha belirgin hale gelir. Dişlerde kole bölgesi parlaklığın en az olduğu bölgedir, parlaklığın en fazla olduğu bölge dişin orta üçlüsüdür.⁴⁵

2.5.2. Renk Seçimini Etkileyen Faktörler

Ortam Koşulları

Renk seçimi yapılırken en önemli parametrelerden biri ışıktır. Klinisyen herhangi bir dalga boyunun baskın olduğu bir ışık kaynağı yerine tam spektrumlu ışınlar içeren bir ışık kaynağı kullanmalıdır. Çünkü belirli dalga boylarına sahip ışık kaynağı kullanıldığında klinisyen nesne üzerinde o dalga boylarına karşılık gelen renkleri daha baskın algılar, bu da renk seçiminde hatalara yol açar.⁴⁶

3 farklı ışık kaynağı vardır:

Akkor ışık: Yüksek konsantrasyonda sarı dalgalar içerir. Renk seçimi için uygun değildir. Dental ünit ışıkları bu gruptadır.

Floresan Işık: Yüksek konsantrasyonda mavi dalgalar içerir. Renk seçimi için uygun değildir.

Doğal Gün Işığı: Beyaz ışığın tüm spektrumunu yaymaya en yakın olan ışık kaynağıdır. Renk seçimi için en ideal ışık kaynağı olarak kabul edilir. Ortalama renk sıcaklığı yaklaşık 6500° K'dir.⁴⁷

Renk seçimi için doğal gün ışığı önerilmesine rağmen gün içinde farklı dalga boyları baskın olabilmektedir. Renk seçimi için gün içinde ideal saat 15.00 civarındır.⁴⁸

Renk seçimi için ortamın duvar rengi de önemli bir parametredir. İdeal duvar rengi nötr gridir. Parlak renkler gözdeki koni hücrelerinin yorulmasına sebep olur.⁴⁹ Özellikle yüzey parlaklığı artmış, aşınmış, yaşlı dişlerde renk seçimini daha çok etkilemektedir.

Hasta ile İlgili Faktörler

Hasta hekimin göz hizasında olmalı ve dik oturmalıdır.

Ruj ve parlak renkli kıyafetler olmamalı; var ise nötr renkte bir hasta örtüsü ile örtülmelidir.⁵⁰

Diş yüzeyindeki lekeler ve kötü ağız hijyeni renk seçimini etkilemektedir. Bu sebeple renk seçimi yapılırken dişler temiz olmalı, dışsal renklemeler polisaj ile uzaklaştırılmalıdır.³⁸

Renk seçimi dişlerde dehidratasyona sebep olabilecek işlemlere başlamadan önce yapılmalıdır. Dental işlemlerden sonra renk seçimi yapıldığında ise uzun süreli ünit ışığı altında çalışıldığı için renk seçimi bir süre dinlenildikten sonra yapılmalıdır.⁵¹

Hekim ile İlgili Faktörler

Görsel renk seçiminde hekimin deneyimi, ruh hali, göz yorgunluğu, renk algısı, yaşı ve cinsiyeti gibi değişkenler önemlidir.^{52,53}

Yapılan çalışmalarda deneyimli hekimlerin görsel renk seçiminde daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.⁵⁴

Bir nesneye beş saniyeden fazla bakıldığında göz yorgunluğu oluştuğu için renk seçimi beş saniye içinde yapılmalıdır. Hekimlerin kısa sürede ve ilk seçtikleri renklerin daha doğru olduğu görülmüştür.⁵⁵

Yaşla birlikte korneada doğal bir kahverengileşme gerçekleşebileceği ve bu sebeple renk algısının da değişebileceği düşünülmektedir.⁵⁶

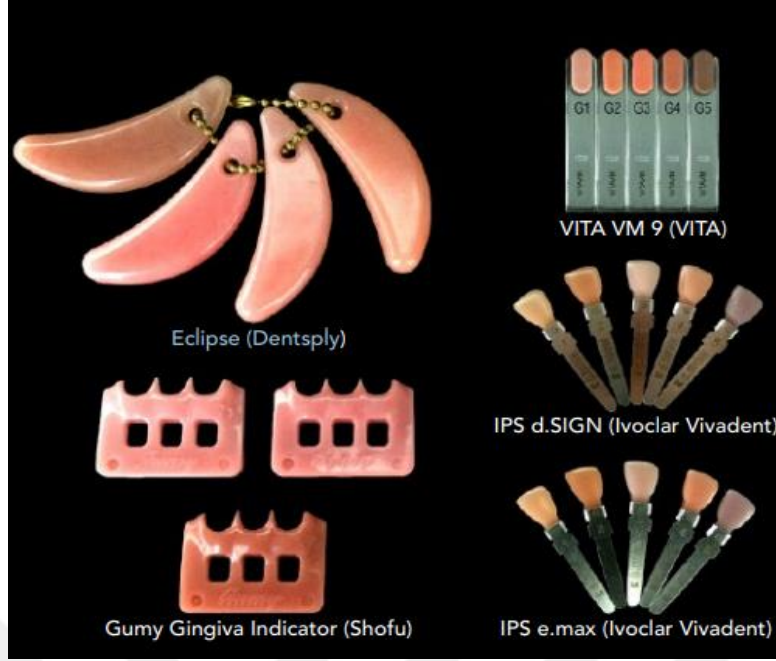
Renk seçiminde en önemli parametre value (parlaklık) değeridir. Bu sebeple öncelikle dişin value (parlaklık) değeri belirlenmelidir.⁴⁹

2.6. Renk Seçim Yöntemleri

Günümüzde hastalar sağlıklı bir ağzın yanı sıra estetik bir gülümseme de talep etmektedirler.⁵⁷ Özellikle anterior bölge estetik restorasyonlarda doğru renk seçimi restorasyon başarısı ile direkt ilişkilidir. En sık kullanılan renk seçim yöntemi görsel renk seçimi olmasına rağmen; teknolojinin gelişmesi ile birlikte dijital renk ölçüm yöntemleri kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır.

2.6.1. Görsel Renk Seçimi

Görsel renk seçimi kolay ve hızlı olmasına rağmen subjektif bir yöntemdir. Firmalar tarafından geliştirilen diş ve dişeti renk skalaları ile yapılmaktadır. Diş rengi seçiminde en sık kullanılan skalalara Vitapan Classical, Vitapan 3D Master ve Ivoclar Chromascop örnek verilebilir. Dişeti rengi için kullanılabilir skalalara ise Eclipse (Dentsply, Addlestone, UK) VITA VM 9 (VITA, North America), Shofu Gummy (Shofu Dental Corp), IPS e.Max (Ivoclar Vivadent, Lichtenstein), ve IPS d.SIGN (Ivoclar Vivadent, Lichtenstein) örnek verilebilir.⁵⁸ (Şekil 2.12.)



Şekil 2.12. Farklı firmalara ait dişeti renk skalaları

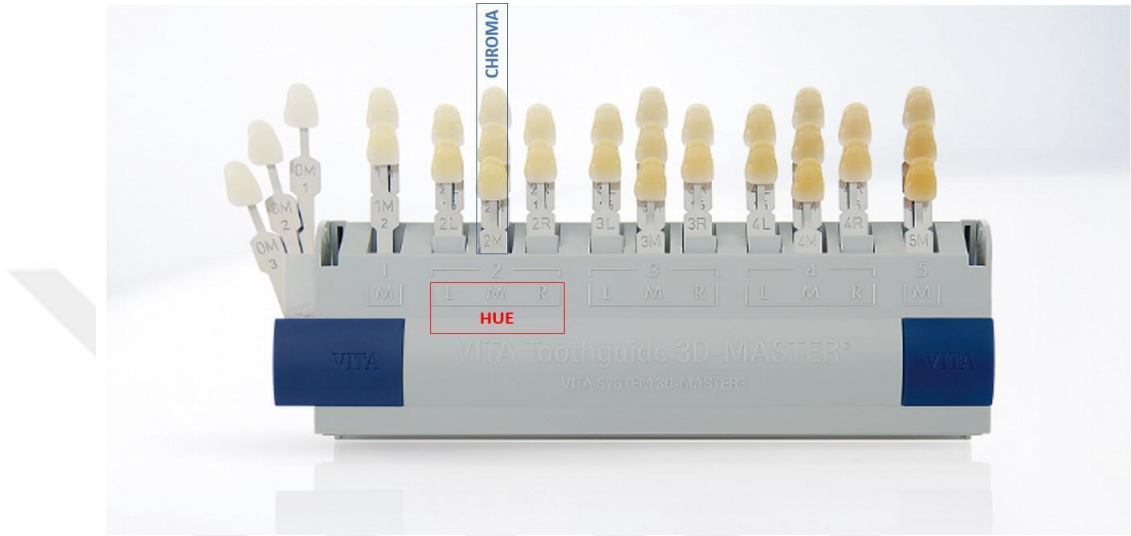
Restorasyonların daha doğru üretilmesi ve doğru iletişimin sağlanabilmesi için klinisyenin kullandığı skala ile teknisyenin kullanacağı skala aynı olmalıdır.⁵⁹

Vitapan Classical renk skalasında 16 farklı renk vardır. 4 farklı ton değeri harfler ile sembolize edilir. (A, B, C, D) A grubu kırmızı-kahverengi, B grubu kırmızı-sarı, C grubu gri, D grubu kırmızı-gri renk tonuna sahiptir. Farklı ton değerlerinde farklı doygunluk değerleri vardır. (Şekil 2.13.) Renk seçimi yapılırken önce doygunluk değeri sonra ton değeri belirlenir.⁶⁰



Şekil 2.13. Vita Classical renk skalası

Vitapan 3D Master renk skalasında 29 farklı renk vardır. (Şekil 2.14.) Value değerine göre 5 gruba ayrılır, her grupta dikey eksen doygunluk; yatay eksen ton değerine göre düzenlenmiştir.⁶¹ Skalada yer alan doygunluk ve parlaklık değerleri rakamlar ile; ton değerleri ise harfler ile sembolize edilmiştir.⁶²



Şekil 2.14. Vita 3D- Master renk skalası

Renk seçimi 3 aşamada yapılır :

1. İlk aşama parlaklık değerinin belirlenmesidir. Skala üzerindeki yatay düzlem parlaklık değerine göre sıralanmıştır. 5 ana grup bulunmaktadır. Parlaklık değeri en düşük olan grup 1 ile, en yüksek olan grup 5 ile numaralandırılmıştır.

2. İkinci aşamada, yoğunluk (doygunluk) değeri belirlenir. Parlaklık değeri 1 olan grupta 2 yoğunluk değeri (1 ve 2), parlaklık değeri 2,3,4 olan gruplarda 5 yoğunluk değeri (1, 1.5, 2, 2.5 ve 3), parlaklık değeri 5 olan grupta ise 3 (1, 2, 3) yoğunluk değeri vardır. 1 en az yoğunluğu; 3 ise en fazla yoğunluk değerini ifade eder.

3. Son aşamada ise; ana renk tonu belirlenir. Skalada 3 ana renk tanımlanmıştır. L: sarı, M: kırmızı/sarı, R: kırmızı renk tonunu ifade eder. Parlaklık değerine göre 1 ve 5 gruplarında sadece M tonu bulunmaktadır.^{18,63}

2.6.2. Dijital Renk Seçimi

Kolorimetre, spektoradyometre, spektrofotometre ve dijital kameralar dijital renk seçimi yapılırken en sık kullanılan cihazlardır.³⁵

Kolorimetrelerin çalışma prensibi belirli bir açı ile gönderilen ışığın nesne üzerinden yansıma değerine göre renginin ölçülmesi şeklinde olmaktadır.⁶⁷ Bu ölçüm cihaz içerisinde bulunan üç fotodiyot filtre yardımı ile olmaktadır. CIE L*, a*, b* değerlerini veya üç uyaranlı x, y, z değerlerini vermektedirler. Nesneler arasındaki renk farklılığını ölçmek için kullanışlıdır. Ancak nesnelerin metamerizm özelliği doğruluğunu etkilemektedir.⁶⁰ Ayrıca translusent özelliğe sahip nesnelerde kolorimetrelerin kullanımı,

nesne üzerinden ışık kırılarak dağıldığı için zor olmaktadır.⁶⁹ Spektrofotometrelere kıyasla uygun fiyatlı ve kolay kullanımlı cihazlardır.⁷⁰ Shade Vision (X-Rite Grandville, MI, ABD), Identa Color II (Identa, Holbaek, Danimarka), ShadeEye (NCC; Shofu Dental Corp, Menlo Park, Calif) cihazları kolorimetrelere örnek olarak verilebilir. (Şekil 2.16)



Şekil 2.16. Kolorimetre cihazı

Spektroradyometre

Işık kaynaklarının spektral güç dağılımlarını ölçmek için tasarlanmış cihazlardır. (Şekil 2.17.) Ölçüm değerleri parlaklık (cd/m^2) ve aydınlanma (lux) ile tanımlanır. Cihazlar dört bölümden oluşur: Toplayıcı optikler, monokromatör, dedektör ve okuyucu. Endüstriden tıbbı ve doğa bilimlerinden kimyaya kadar birçok alanda kullanılmaktadırlar.⁷¹ Renk ölçümü yapmak için nesne ile temasta olması gerekmez ve bu özelliği ile translüsent yüzeylerde daha başarılı renk ölçümü yapılmasına olanak tanır.⁷² CS-1000A, CS 1000S, CS1000T (Konica Minolta Holdings Inc, ABD), SpectraScan PR 670 ve PR 680 cihazları spektoradyometrelere örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.17. Spektoradyometre⁹⁰

Spektrofotometre

Spektrofotometreler, nesne üzerinden yansıyan 5-20 nm dalga boyuna sahip ışık miktarını ölçen cihazlardır. Çoklu sensör prensibiyle çalıştıkları için göz ile algılanamayan renkleri algılayabilmekte ve yüzey renklerini ölçmek için kullanılırlar. Nesne metamerizminden etkilenmezler. In vivo ve in vitro çalışmalarda renk ölçümü için sıklıkla kullanılmaktadır.^{53,73}

VITA EasyShade Compact® (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany), SpectroShade Micro™ (MHT, Verona, İtalya), CrystalEye® (Olympus America, Center Valley, PA, USA) en sık kullanılan spektrofotometrelerdir.⁷⁴

VITA EasyShade Compact® 2008 yılında piyasaya sürülmüştür. Cihazın taşınabilir ve kablosuz olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. (Şekil 2.18.) Beyaz renkte kalibrasyon plakası mevcuttur. Çevredeki ışık koşullarından etkilenmediği öne sürülmektedir. Vitapan Classical ve Vita Toothguide 3D-Master renk skalalarına göre renk ölçümü yapılabilir.⁷⁵

SpectroShade renk ölçüm cihazı Vita EasyShade Compact'tan farklı olarak resimlidir, farklı tonların haritalanması dijitalleştirilmiş bir diş üzerindedir.⁷⁶ Ölçümlerden sonra ekranda görünen yeşil, turuncu ve kırmızı noktalar ölçümün

doğruluğu konusunda bilgi verir. Cihazda LED ve LCD ekran birlikte bulunmaktadır. Kalibrasyon için yeşil ve beyaz kalibrasyon karoları vardır. Her ölçümden önce kalibrasyon yapılmalıdır.⁴⁸ Renk ölçümü yapılacak cisim üzerine 45 derecelik açı yapacak şekilde 2 yönden ışık gönderilir, çapraz polarizasyon özelliği ile ışık yansıması önlenir. Cisim ile 90 derece açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir.^{68,89} Hem Vita Classical hem de Vita 3D Master renk skalalarına göre ölçüm yapılabilir.



Şekil 2.18. Spektrofotometre

Dijital Kameralar ve Görüntüleme Sistemleri

Renk ölçüm cihazı olmamalarına rağmen hekim-teknisyen iletişiminde oldukça sık kullanılan cihazlardır.⁵¹ En önemli avantajları tek bir noktayı değil tüm diş yüzeyini içermeleri, temassız ölçüm yapabilmeleri ve diş üzerindeki mine hipoplazisi, dekalsifikasyonu ya da translüsent alanları görüntüleyebilmeleridir.⁷⁸ Hekimin renk skalasından seçtiği renk ile doğal dişlerin aynı görüntü içinde yer aldığı bu teknikte diğer dijital sistemlerde olduğu gibi özneliliği azaltarak güvenilir sonuçlar verir ve teknisyen ile olan iletişimi kolaylaştırmaktadır. (Şekil 2.19.)



Şekil 2.19. Doğal dişler ile hekimin renk skalasından seçtiği rengin görüntüsü

Görüntünün elde edilmesi için dijital kamera ve ışık kaynağı gereklidir. Sıkça kullanılan dijital kameralarda mevcut olan flaşlar çekim yönüne göre hareket edemedikleri için sadece cephe aydınlatması yapabilirler. Ayrıca ağız içi çekimlerde arka alanda derin gölgeler oluşturarak görüntüdeki bilgi miktarını ve kalitesini düşürürler. Bu amaçla farklı özelliklere sahip harici flaşlar (ring, twin, paraflaş) kullanılmaktadır.⁷⁹ Kullanılan harici flaşlar ile çok kısa bir süre içerisinde yoğun ışık oluşumu sağlanır. Diş üzerinde oluşacak aynasal yansımaları engellemek için dijital kamera ile birlikte polarize filtre kullanılabilir.⁸⁰ (Şekil 2.20.) Polarize filtreler yansımaları önler ve renklerin doygunluğunun arttırmasını sağlar. Her yönden gelen ışığı geçirmez, yalnızca belirli bir açı ile karşıdan gelen ışığı geçirir.⁸¹



Şekil 2.20. Polarize Filtre

Farklı fotoğraf makineleri ile çekilmiş görüntülerin standardizasyonunun sağlanabilmesi için ise gri kart kullanılmaktadır.⁸² (Şekil 2.21.) Farklı yazılımlar kullanılarak RAW formatında, gri kart ile çekilen fotoğrafların L, a* ve b* değerleri otomatik olarak hesaplanmaktadır ve ekran kalibrasyonundan bağımsız olarak fotoğraflar standardize edilebilmektedir. Sayısal verilerin elde edilmesiyle birlikte hekim ile teknisyen arasındaki iletişim daha objektif ve kolay olmaktadır.⁸³



Şekil 2.21. Gri kart

Renk seçimi için kullanılabilecek, diğer teknik ise kolorimetre (Optishade StyleItaliano; Smile Line), telefon uygulaması (OptiShade AppiOS; StyleItaliano) ve renk seçim yazılımından (Matisse Software; Lab Matiss) oluşmaktadır. Akıllı telefona bağlanan kolorimetre ile diş üzerinden renk seçiminin yapılmasının ardından ekranda dişin L, a* ve b* değerlerini otomatik olarak görülmektedir. Uygulama aracılığıyla elde edilen veriler teknisyene direk iletebilmektedir. Dijital renk ölçüm cihazlarına göre daha düşük maliyete sahiptir.⁸⁴

Gelişen teknoloji ile birlikte kullanımı artan ağız içi tarayıcılar çürük teşhisi, diş aşınmasının izlenmesi, gülüş tasarımı, marjinal uyumun değerlendirilmesi, interoklüzal ilişki kaydı, maloklüzyon analizi, tanısal modellerin elde edilmesi, yumuşak dokuların incelenmesi, kılavuzlu implant cerrahisi ve diş rengi seçimi amacıyla kullanılmaktadır.⁸⁵ TRIOS 3, TRIOS 4 (3Shape, Kopenhag, Danimarka), CEREC Omnicam, CEREC Primescan (Sirona Dental Systems, Bensheim, Almanya), Medit i700 (Medit, Seul, Güney Kore) gibi ağız içi tarayıcılara eklenen renk belirleme özelliği ile zaman ve maliyet tasarrufu hedeflenmiştir. Dijital ölçünün alımı esnasında diş üzerinde renk ölçümü

yapmak mümkündür.⁸⁶ Hem Vita 3D Master hem de Vita Classical renk skalasına göre renk seçimi yapılabilmektedir.⁸⁷

Dijital kameralar ve görüntüleme sistemleri daha sonraki bir tarihte analiz edilip yeniden kullanıma olanak sağlayan kalıcı bir görüntü veri tabanı oluşturur.⁸⁸



3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, farklı renk seçim tekniklerinin (görsel ve dijital) klinik başarısı in vitro olarak incelendi. Bu amaçla hedef kron olarak seçilen 11 numaralı santral diş için aynı teknisyen tarafından rastgele olacak şekilde altı farklı renk kron rastgele boyamalar yapılarak üretildi. Böylece kliniğe 21 numaralı tek santral dişinin yapılması için başvuran ve 11 numaralı dişte 6 farklı restorasyona sahip olan hasta senaryoları oluşturuldu. Hedef kron renginin seçilmesi için dört farklı teknik kullanıldı. Yapılan renk seçimlerinden elde edilen veriler bir teknisyen ile paylaşarak test örnekleri üretildi. Elde edilen test örneklerinden ve hedef kronlardan spektrofotometre kullanılarak L, a* ve b* değerleri elde edildi. Elde edilen veriler ile renk farklılık (ΔE) değerleri hesaplandı. CIEDE2000 (2:1:1) formülüne göre hesaplanan ΔE değerlerine göre üretilen test örnekleri ve hedef kronlar arasındaki renk seçim başarısının analizi yapıldı.

3.1 Hedef Kronların Üretilmesi

Güç analizi (G Power 3.1.9.2 for Windows, Microsoft Corporation, USA) sonuçlarına göre (etki büyüklüğü 0.94; hata 0.05 kabul edildiğinde) çalışmadaki gruplarda örnek sayısı n=6 olacak şekilde belirlendi.

Yapay bir çene modeli üzerinde (Frasaco, Tettang, Almanya) sağ ve sol maksiller santral dişlere tam kron preparasyonu yapıldı. Dişlerin vestibül yüzeylerinde 1.5 mm ve insizallerde 2 mm derinlikte 3'er tane rehber oluk yapılarak preparasyona başlandı. Bu rehber oluklara göre insizal, labial ve proksimal preparasyonlar tamamlandıktan sonra dişin tüm yüzeylerinde dişeti ile aynı seviyede 0.5 mm'lik chamfer basamak oluşturuldu. Dikey preparasyon 6-10° konverjans açısının yapılması ile bitirildi. (Şekil 3.1.)

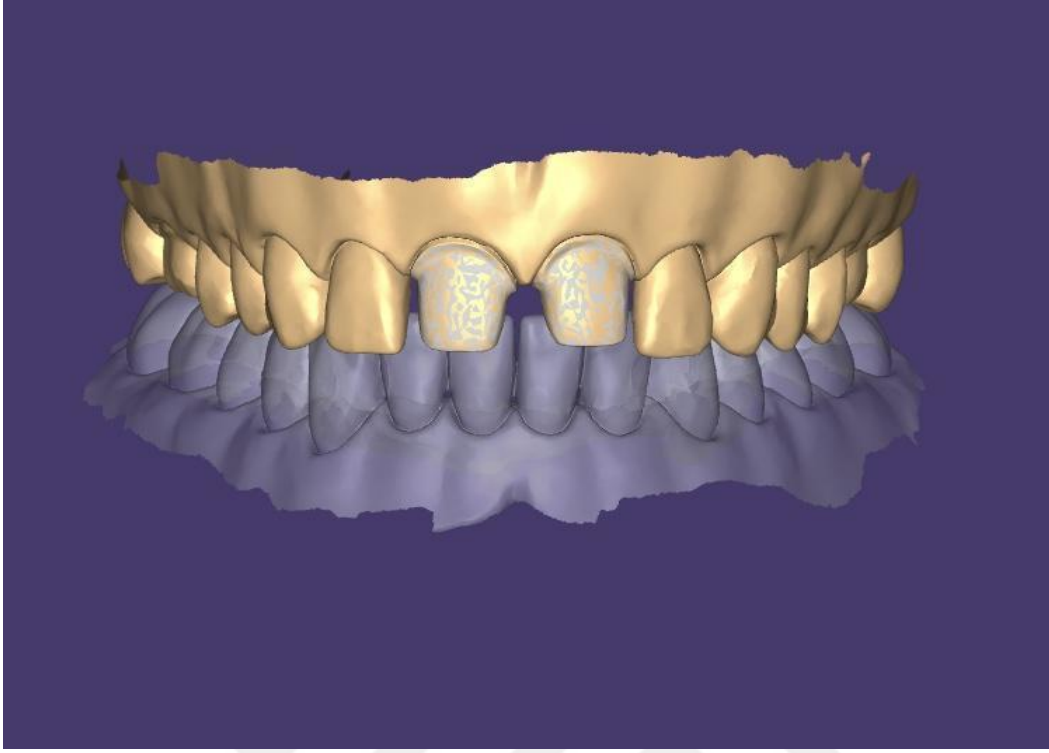


Şekil 3.1. Yapay çene modeli üzerinde tam kron preparasyonları

Hasta senaryolarının oluşturulması amacı ile 11 numaralı dişe kron restorasyonlarının üretilebilmesi için intraoral bir tarayıcı (Medit i500, Seul, Güney Kore) kullanılarak dijital ölçüler alındı. Dijital ölçüler firmanın önerileri doğrultusunda sağ posterior bölgeden başlayarak oklüzal yüzeyler, anterior dişlerde labial ve lingual yüzeyler arasında geçişler yapılarak ve sol bölge posterior dişlerin oklüzal bölge taramalarından sonra labial ve palatinal yüzey taramaları tamamlanarak yapıldı.

Alt çene taraması da yukarıda belirtildiği şekilde tamamlandıktan sonra kapanış taraması için modelleri maksimum inter kaspal pozisyonda kapatıldıktan sonra sağ ve sol posterior bölgede maksilla ve mandibula arasında zik zak şeklindeki kamera hareketleri ile kapanış ilişkisi kaydı tamamlandı.

Elde edilen dijital ölçü verileri laboratuvara medit link yazılımı kullanılarak stereolitografi dosyası (.stl) formatında aktarıldı. (Şekil 3.2.) Elde edilen .stl verileri Exocad (EXOCAD, GmbH, Almanya) tasarım yazılımına yüklendi. Burada ilk olarak üretilcek restorasyon tasarımı tam kron şeklinde tamamlandı.



Şekil 3.2. .stl uzantılı model verisi

Farklı hasta senaryolarının oluşturulabilmesi ve bu senaryoların rastgele olabildiğini sağlamak için dizaynı tamamlanmış 11 numaralı santral diş labial bölgeden belli oranlarda küçültüldü ve cut-back tekniğine uygun altı adet zirkonyum oksit kron üretildi. Tüm kron restorasyonları aynı renkte ve aynı zirkonyum oksit bloktan (Upcera, Shenzhen Upcera Co., China) frezeleme ünitesinde aşındırma yöntemi kullanılarak üretildi. Zirkonya altyapılara sinter cihazı ile (Lava Furnace 200, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) üretici firma talimatları doğrultusunda sinterleme işlemi uygulandı. Sinterizasyonun ardından yaklaşık % 20'lik bir büzümeye uğrayan altyapı restorasyonlarına buhar banyosu ve ultrasonik temizleme işlemleri yapıldı.

Üstyapı, nano-florapatit cam seramik ile (IPS e-max Ceram, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) konvansiyonel tabakalama yöntemi kullanılarak oluşturuldu. Porselen pişimi için hedef kronlara uygulanan fırınlama işleminde sıcaklığın ön kurutma sıcaklığı olan 500 °C' ye ulaşması ve bu sıcaklıkta 6 dakika bekleme süresini takiben her bir dakikada 55 °C ısı artışı olacak şekilde maksimum pişirme düzeyi olan 910 °C sıcaklığa çıkması sağlandı. Porselen 910 °C de 1 dakika süreyle kaldıktan sonra tek

aşamalı olarak (hızlı) soğutma basamağına geçildi ve tabla hiçbir bekleme süresi olmadan tamamen aşağı inerek hedef kronlar oda ısısında soğumaya bırakıldı. Tesviye işlemleri sonrası randomize dış boyama teknikleri ve glaze (IPS e.max Ceram Glaze powder, IPS Ivocolor Mixing Liquid Allround, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) işlemi yapıldı. Altı farklı renge sahip kron elde edildi. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. 6 adet hedef kron

3.2 Renk Seçiminin Yapılması

3.2.1. Görsel Renk Seçiminin Yapılması

Görsel renk seçimi, deneyimli bir kadın klinisyen tarafından Vita 3D Master (3D; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) renk skalası kullanılarak yapıldı. (Şekil 3.4.) Renk seçimine başlanılmadan önce kırmızı-yeşil renk eksikliklerini test etmek amacıyla Ishihara Renk Körlüğü Testi yapıldı ardından Vita 3D Master kullanım kılavuzunda yazılı bilgiler klinisyene aktarıldı.



Şekil 3.4. Renk seçiminde kullanılan Vita 3D Master renk skalası

Renk seçimi için 6500 °K sıcaklık değerine sahip ışık kaynağının olduğu (D65), siyah renk fonda bir ürün çadırı kullanıldı. (Şekil 3.5.) (ISO/TR 28642)



Şekil 3.5. Ürün çadırı ve ışık kaynakları

Renk seçim prosedürüne uygun olarak aynı hizaya getirilen skala ile klinisyen arasında 25-30 cm mesafe olacak şekilde ayarlandıktan sonra kron için önce parlaklık (Value) değeri seçildi. Seçilen kolonda ikinci olarak doygunluk (Chroma) seçimi yapıldı ve son olarak renk tonu (Hue) seçimi ile üretilen altı farklı krona göre görsel renk seçimi

tamamlandı.⁶⁵ Her renk seçiminden önce göz yorgunluğunun sebep olabileceği hataları önlemek amacıyla klinsyen 20 dakika dinlendirildi.⁸⁹ (Şekil 3.6.)



Şekil 3.6. Görsel renk seçimin yapılması

3.2.2 Fotoğraf Makinesi Kullanılarak Renk Seçiminin Yapılması

Fotoğraf makinesi ile renk seçimi için Canon 80D fotoğraf makinesi, makro lens (100mm) (Şekil 3.7.), ring flaş (Şekil 3.8.) ve polarize filtre (Şekil 3.9.) kullanılmıştır. Fotoğraf makinesinde kullanılan diyafram değeri: f 22 , enstantane değeri : 1/125 ve ISO değeri 100 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.7. Fotoğraf Makinesi ve Makro Lens



Şekil 3.8. Ring Flaş



Şekil 3.9. Polarize Filtre

11 numaralı dişin her bir senaryosunda (6 farklı hasta senaryosu) kronlar ile Vita3D Master renk skalasından aynı klinisyen tarafından seçilen 3 renk (insizal, orta, kole) ile birlikte fotoğrafları çekilmiştir. (Şekil 3.10.)



Şekil 3.10. Fotoğraf ile renk seçiminin yapılması

Fotoğraf çekiminde standardizasyonun sağlanabilmesi için model ve skala örneklerin makine düzlemine dik olmasını sağlayan bir set-up hazırlandı. Fotoğraf makinesi bir tripod yardımı ile kronlardan 37 cm uzaklıkta sabitlendi. Elde edilen görsel veriler teknisyene jpeg formatında aktarıldı.

3.2.3 Spektrofotometre ile Renk Seçiminin Yapılması

Çalışmada hedefkron renginin belirlenmesi için SpectroShade Micro™ (MHT, Verona, İtalya) cihazı kullanıldı. (Şekil 3.11.)

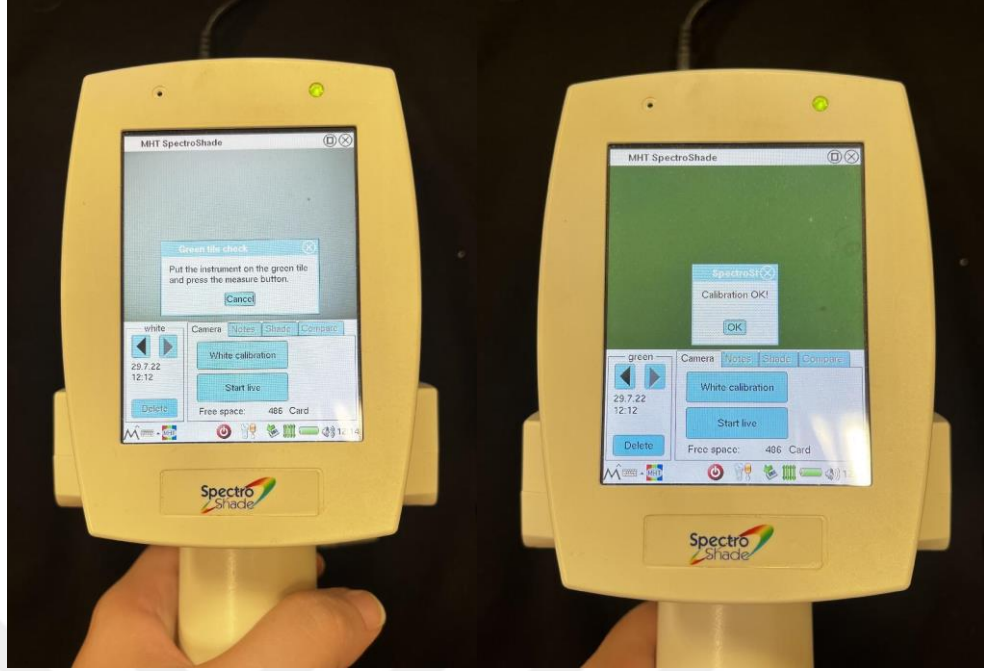


Şekil 3.11. SpectroShade MicroTM cihazı

Cihaz, üretici firmanın yaptığı beyaz ve yeşil kalibrasyon plakaları kullanılarak her ölçümden önce kalibre edildi. (Şekil 3.12. ve Şekil 3.13.)



Şekil 3.12. SpectroShade Kalibrasyon karoları



Şekil 3.13. SpektroShade cihazında kalibrasyonun yapılması

Standardizasyonun sağlanması için örneklerin tam olarak yerleştirilebileceği, optik ölçüm ucu ile uyumlu silikon indeks hazırlandı. (Şekil 3.14.) SpectroShade optik ölçüm ucu, hazırlanan silikon kalıp içindeki hedef kronlar ile 90° açı yapacak şekilde yerleştirildi. Hedef kronların renk ölçümleri yapıldı.



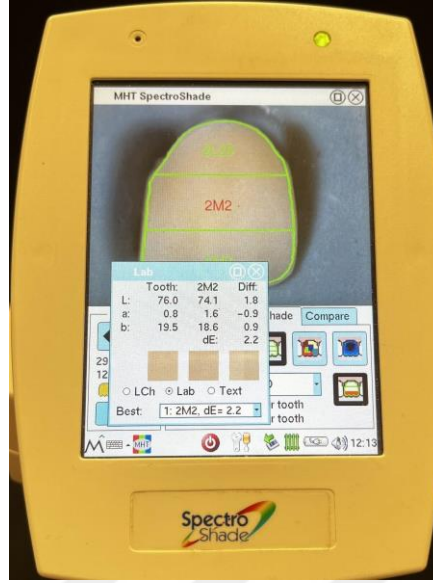
Şekil 3.14. Silikon kalıp

Cihaz ayarları renk skalası Vita-3D ve kronun 3 farklı bölgesinin renginin (insizal, orta, servikal) ölçümü yapılacak şekilde ayarlandı. Renk ölçümü sırasında spektrofotometrenin optik ölçüm ucunun açıldırılarak doğru pozisyona gelmesi ve cihaz yazılımı yardımı ile LCD ekranda görünen, otomatik olarak çizilen kron konturlarının tamamen yeşil renkte olması sağlanarak renk ölçüm işlemi tamamlandı (Şekil 3.15)

Ayrıca hedef kronların orta üçlü bölgesinin L, a*, ve b* değerleri ölçümü yapıldı. (Şekil 3.16.)



Şekil 3.15. SpectroShade ile renk ölçümünün yapılması



Şekil 3.16. Hedef kronların L, a* ve b* değerlerinin ölçümünün yapılması

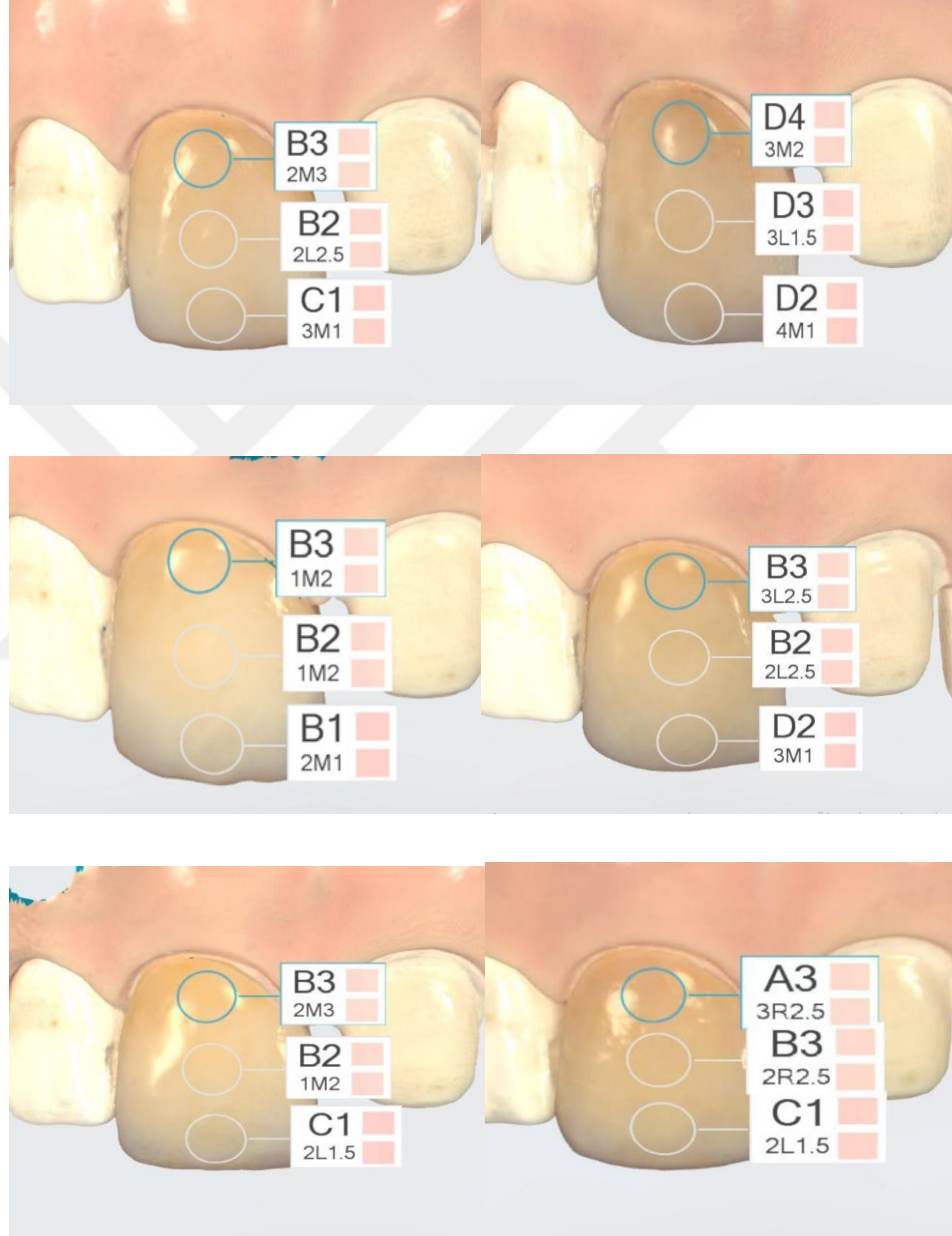
Tüm işlemler her örnek için 3'er kez tekrarlandı. Ölçüm işlemleri aynı kişi tarafından yapıldı. Elde edilen veriler cihazın bilgisayar yazılımında (Spectroshade Micro-Software-Version 3.01, MHT, İtalya) açıldı ve kaydedildi.

3.2.4 Ağız içi Tarayıcı Kullanarak Renk Seçiminin Yapılması

Üst çene fantom model üzerindeki hedef kronların ağız içi tarayıcı kullanılarak renk ölçümleri için TRIOS 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ağız içi tarama cihazı kullanıldı. Kullanılan tarama cihazının çalışma prensibi yapılandırılmış ışık ve paralel konfokal mikroskopi kombinasyonudur. Kamera ile tarama yapılırken ilgili bölgenin eş zamanlı renkli video görüntüsü elde edilerek tarama işlemi gerçekleştirilir.

Tarama işlemi için yeni hasta kaydı oluşturuldu. Ardından üretici firmanın tarama talimatları doğrultusunda üst çene için en distalde bulunan 17 numaralı dişin okluzal bölgesinden başlanarak 27 numaralı dişin okluzal bölgesine kadar okluzal tarama yapıldı. Daha sonra bukkale 60-90° açı ile bukkal tarama yapıldı ve aynı şekilde palatinal taramanın tamamlanmasıyla üst çene tam ark taraması bitirildi. Ardından sistem üzerinde renk seçimi için 3 farklı bölge (kole, orta, insizal) seçildi ve ilgili bölgelerin renk verileri Vita 3D master ve Vita Classic renk skalasına göre belirlendi. Renk seçiminin dişin orta hattı üzerine gelecek şekilde ve diş gingivainsizal olarak üç eşit parçaya bölecek şekilde olmasına dikkat edildi. (Şekil 3.17.)

Her bir örnek için tarama işlemi aynı şekilde tekrarlandı. Tüm tarama işlemleri aynı kişi tarafından yapıldı. Yazılım (Yazılım 1.18.2.6, Trios 3®, 3-Shape, Kopenhag, Danimarka) yardımı ile elde edilen dijital renk ölçüm verileri teknisyene aktarıldı.



Şekil 3.17. Ağız içi tarayıcı ile renk seçiminin yapılması

3.3. Kronların (Test Örneklerinin) Üretilmesi

Öncelikler 21 numaralı santral diş için yirmi dört adet tam kron restorasyonu aynı zirkonyum oksit bloktan (Upcera, Shenzhen Upcera Co., China) frezeleme ünitesinde aşındırma yöntemi kullanılarak üretildi. Zirkonya altyapılara sinter cihazı ile (Lava Furnace 200, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) üretici firma talimatları doğrultusunda sinterleme işlemi uygulandı. Sinterizasyonun ardından yaklaşık % 20'lik bir büzölmeye uğrayan altyapı restorasyonlarına buhar banyosu ve ultrasonik temizleme işlemleri yapıldı. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18. 24 adet cut-back kron

Her bir hasta senaryosu için elde edilen veriler doğrultusunda aynı dental teknisyen tarafından üst yapı, nano- florapatit cam seramik ile (IPS e-max Ceram, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) konvansiyonel tabakalama yöntemi kullanıldı. Porselen pişimi için test örneklerine uygulanan fırınlama işleminde sıcaklığın ön kurutma sıcaklığı olan 500 °C' ye ulaşması ve bu sıcaklıkta 6 dakika bekleme süresini takiben her bir dakikada 55 °C ısı artışı olacak şekilde maksimum pişirme düzeyi olan 910 °C sıcaklığa çıkması sağlandı. Porselen 910 °C de 1 dakika süreyle kaldıktan sonra tek aşamalı olarak (hızlı) soğutma basamağına geçildi ve tabla hiçbir bekleme süresi olmadan tamamen aşağı inerek test örnekleri oda ısısında soğumaya bırakıldı. Tesviye işlemleri sonrası randomize dış boyama teknikleri ve glaze (IPS e.max Ceram Glaze powder, IPS Ivocolor

Mixing Liquid Allround, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) işlemi yapılarak 24 adet tam kron elde edildi. (Şekil 3.19.)



Şekil 3.19. 24 adet test örneği

3.4. Kronların (Test Örneklerinin) Renk Ölçümünün Yapılması

Hedef kron restorasyonları ile farklı seçim tekniklerine göre üretilen kron restorasyonlarının başarısının değerlendirilmesi için CIEDE2000 formülüne göre hesaplanan ΔE değerleri kullanıldı. ΔE değerlerinin hesaplanabilmesi için her bir hedef kronun orta üçlü bölgesinden spektrofotometre (SpectroShade Micro TM) cihazı kullanılarak ölçümler yapıldı. L, a*, ve b* değerleri kayıt edildi.

Test örneklerinin L, a*, ve b* ölçümleri de her bir kron için ayrı ayrı yukarıda tarif edildiği şekilde gerçekleştirildi.

Cihaz, her ölçümden önce üretici firmanın yaptığı beyaz ve yeşil kalibrasyon plakaları kullanılarak kalibre edildi. Standardizasyonun sağlanması için test örneklerine uygun silikon indeks hazırlandı. SpectroShade Micro TM optik ölçüm ucu, hazırlanan silikon kalıp içindeki test örnekleri ile 90° açı yapacak şekilde yerleştirildi. Cihaz ayarları renk skalası Vita-3D ve kronun 3 farklı bölgesinin renginin (insizal, orta, servikal) ölçümü yapılacak şekilde ayarlandı. Renk ölçümü sırasında spektrofotometrenin optik ölçüm ucunun açıldırılarak doğru pozisyona gelmesi ve cihaz yazılımı yardımı ile LCD

ekranda görünen, otomatik olarak çizilen kron konturlarının tamamen yeşil renkte olması sağlanarak orta 1/3 'lük bölgelerin L, a* ve b* değerleri ölçümü tamamlandı. (Şekil 3.20.)



Şekil 3.20. SS ile L, a* ve b* değerlerinin ölçümünün yapılması

Elde edilen L, a* ve b* değerleri EXCEL dosyasında hazırlanan CIEDE 2000 formülüne yerleştirildi ve her bir test örneğinin hedef kron ile ΔE değeri hesaplaması yapıldı. Elde edilen veriler tüm teknikler için kayıt edildi.

3.5. Renk Farklılığı Değerlerinin Hesaplanması

Hedef kronların L, a* ve b* değerleri L1, a1 ve b1 olarak test örnekleri ise L2, a2 ve b2 şeklinde kabul edilerek EXCEL dosyasında hazırlanan CIEDE2000 formülüne göre ΔL , ΔC , ΔH değerleri hesaplandı. k_L , k_C ve k_H parametreleri ise sırasıyla 2, 1, 1 şeklinde kabul edildi.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

3.6. İstatiksel Analiz

Elde edilen veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Test verileri normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk Testi ile incelendi. Gruplara göre ΔE değerlerinin karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanıldı. Analiz sonuçları ortalama $\pm$

standart sapma ve ortanca (minimum – maksimum) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p<0,05$ olarak alındı.





4.BULGULAR

Tez çalışmasında farklı renk seçim teknikleri kullanılarak üretilen kronlar ile hedef kronlar arasındaki renk farklılığı hesaplanarak tekniklerin başarısı sayısal olarak değerlendirildi.

4.1. Hedef Kronların Ölçüm Bulguları

Hedef kronların orta $\frac{1}{3}$ bölgesinden spektrofotometre ile (SpectroShade Micro™) yapılan ölçümlerde elde edilen L, a* ve b* değerleri Tablo 4.1. de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Hedef kronların L, a* ve b* değerleri

Hedef Kronlar	L	a*	b*
	75,5	0	25,3
	71,7	-0,5	23,5
	76,6	-1,6	20,4
	75,6	-1,6	19,4
	72,5	0,3	20,6
	75,8	0,2	21,4

4.2. Test Örneklerinin Ölçüm Bulguları

Test örneklerinin orta 1/3 bölgesinden spektrofotometre ile (SpectroShade Micro TM) yapılan ölçümlerde elde edilen L, a* ve b* değerleri Tablo 4.2. 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Test örneklerinin L, a* ve b* değerleri

	L	a*	b*
Fotoğraf ile Renk Seçimi (Grup F)	72	2,1	26,4
	74,8	1,8	20,9
	73,8	1,8	20,9
	73,5	1,5	23,8
	73,1	1,9	20
	72,5	2,4	28,3
	79,3	-1,3	16,8
	75,4	0,2	22,5

Görsel Renk Seçimi (Grup K)	74,9	0,3	19,5
	74,7	0,3	21,3
	76	0,8	19,5
	76,3	0,2	21,8
Spektrofotometre ile Renk Seçimi (Grup S)	73,5	1,1	25,6
	73,1	1,2	25
	78,5	-0,6	18,7
	78,6	-1,2	16,7
	73,7	1,5	22
	74	1,3	15,7
	73,4	2,5	28,6

Ağız İçi Tarayıcı ile Renk Seçimi (Grup T)	74,7	1,1	22,5
	81,1	-1,2	16,3
	74,3	1,3	26,8
	77,4	-0,1	21,4
	73,6	1,6	25,8

4.3. Renk Farklılığı Bulguları

Hedef kronlar ile üretilen kronlar arasındaki renk farklılığı CIEDE 2000 (2:1:1) renk farklılığı formülüne göre hesaplandı. (Tablo 4.3) renk farklılığı formülünde, KL = 2, KC ve KH 1 olarak alındı.

$$\Delta E_{00} =$$

$$\left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

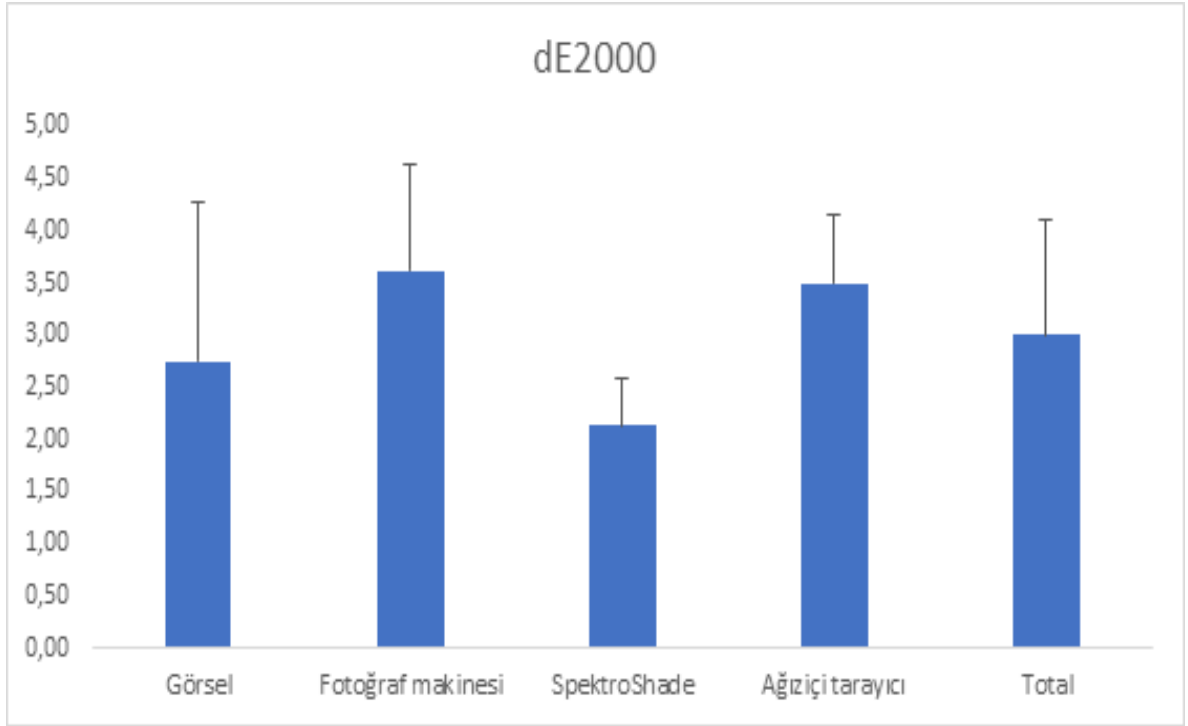
Tablo 4.3. Hedef kronlar ile test örneklerinin renk farklılığı değerleri

Grup K	Grup F	Grup S	Grup T
5,3627	3,2463	1,7876	3,0194

Grup K	Grup F	Grup S	Grup T
2,8740	3,5700	2,0506	2,7896
2,4314	4,1648	1,9240	3,8789
2,4902	4,2430	2,4817	4,5294
2,7018	1,8372	1,6735	3,6294
0,5857	4,6501	2,8377	3,1542

Görsel renk seçiminin yapıldığı grupta ΔE ortalama değeri 2,74; fotoğraf makinesi ile renk seçimi grubunda 3,62; Spektrofotometre (SpectroShade Micro TM) ile renk seçimi yapılan grupta 2,13 ve ağız içi tarayıcı (TRIÖS 3Shape) grubunda ise bu değer 3,5 olarak bulunmuştur. (Tablo 4.4.)

Tablo 4.4. Gruplara göre ortalama ΔE_{00} değerlerinin sütun grafiği ile gösterimi



Gruplara göre ΔE_{00} değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p=0,057$). (Tablo 4.5)

Tablo 4.5. Gruplara göre ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

	CIEDE2000		Test İst	p
	Ortalama $\pm$ ss	Ortanca(min-mak)		
Grup K	2,74 $\pm$ 1,53	2,6 (0,59- 5,36)	F=2,952	0,057
Grup F	3,62 $\pm$ 1,01	3,87 (1,84- 4,65)		

Grup S	2,13 ± 0,45	1,99 (1,67- 2,84)		
Grup T	3,5 ± 0,64	3,39 (2,79- 4,53)		

F: Tek Yönlü Varyans Analizi; Ortalama ± standart sapma; Ortanca (minimum -maksimum)

Bu verilere göre:

- Renk seçim teknikleri arasında ΔE_{00} değeri en düşük teknik Spektrofotometre (SpectroShade Micro TM) iken; en yüksek teknik Fotoğraf makinesi kullanılarak yapılan renk seçim tekniği olarak bulunmuştur.
- SS ve görsel renk seçimi yapılarak üretilen kronların hedef kronlara göre renk farklılık değeri klinik kabul edilebilir renk farklılık eşik değerinin ($\Delta E < 2,7$) altında bulunurken; diğer teknikler eşik değerinin üzerinde bulunmuştur.
- Görsel renk seçimi ($2,74 \pm 1,53$) ile dijital renk seçim teknikleri arasında ($3,08 \pm 0,7$) anlamlı bir fark bulunamamıştır. ($p < 0,05$)
- Dijital renk seçim teknikleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. ($p < 0,05$)

TARTIŞMA

Yapılan tez çalışmasında farklı renk seçim teknikleri kullanılarak üretilen zirkonyum kronların hedef kronlar ile arasındaki renk farklılığı hesaplanarak tekniklerin başarıları değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda;

Görsel renk seçim tekniği ile dijital renk seçim teknikleri arasında anlamlı farklılıklar olmaması sebebiyle birinci hipotez red edilmiştir. ($P<0.05$)

Dijital renk seçim teknikleri arasında anlamlı farklılıklar bulunamamıştır ve ikinci hipotez red edilmiştir. ($P<0.05$)

Estetik bölge restorasyonlarında doğru renk seçiminin yapılması ve teknisyene aktarılması en önemli aşamalardan birisidir. Klinik uygulamalarda en sık kullanılan renk seçim tekniği görsel renk seçimi olduğu için çalışmamızda bu teknik kontrol grubu olarak kabul edilmiştir.⁵⁵ Literatürler incelendiğinde Spektrofotometre, fotoğraf çekimi ve ağız içi tarayıcı ile renk seçim teknikleri gibi güncel teknikler ile görsel renk seçimin karşılaştırıldığı az sayıda çalışma bulunduğu için bu renk seçim teknikleri çalışmada test grupları olarak kabul edilmiştir. Restorasyonların üretilerek görsel-dijital ve dijital tekniklerin kendi içerisinde karşılaştırılması ve güncel test metodolojilerinin kullanılması yönünden çalışma özgündür.

Görsel renk seçimi öznel, kişinin renk algısına ve ortam şartlarına göre farklılık gösterebilir. Görsel renk seçimi üzerinde etkili olan faktörler ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin renk seçim başarısı ve eğitim arasındaki ilişki ile ilgili Ivan ve ark yaptığı çalışmada⁴¹, 174 öğrencinin başlangıç ve renk seçimi ile ilgili eğitim aldıktan sonra yaptıkları görsel renk seçimlerinde diğer çalışmalarda^{91,92} olduğu gibi anlamlı düzeyde farklılık olduğu görülmüştür. Eğitimin yanında renk algısının klinik deneyim ile geliştirilebileceği sonucuna da varılmıştır.^{93,94}

Renk seçimini etkileyen faktörlerden birisinin de cinsiyet olduğu savunulmasına rağmen⁶, cinsiyetin etkili olmadığını savunan çalışmalar da vardır.^{63,91,95,96} Konu ile ilgili henüz bir konsensus oluşmamıştır. Bu sebeple çalışmamızda cinsiyetin renk üzerindeki etkilerini değerlendiren bir çalışma yapılmamıştır.

Renk seçiminde kullanılan renk skalasının da renk seçim başarısını etkilediği düşünülmektedir. Vita 3D Master (3D, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) renk skalası diğer renk skalalarına göre daha geniş aralıkta parlaklık değeri içermesi, renk tonlarının kırmızı ağırlıkta olması ve 26 farklı renk içermesi sebebiyle diğer renk skalalarından daha başarılı bulunduğu çalışmalar vardır.⁹⁷⁻⁹⁹ Bunun yanında Vita 3D Master, Vita Classical ve Linearguide 3D-Master renk skalalarının karşılaştırıldığı bir çalışmada VC ile V-3D renk skalaları kullanılarak yapılan renk seçimleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken; Linearguide 3D-Master daha başarılı bulunmuştur.⁶⁰

Della Bona ve ark nın diş hekimi, diş hekimliği fakültesi öğrencisi ve renk seçim eğitimi olmayan insanların görsel renk seçimi ve spektrofotometre (Vita Easysshade) ile farklı ışık kaynakları altında, 2 farklı renk skalası (V-3D ve V-C) kullanarak renk seçim başarılarını karşılaştırdıkları çalışmada spektrofotometre ile en uyumlu renk seçimini deneyimli diş hekimleri V-3D kullanarak yapmıştır. Diğer gruplar V-C kullandıklarında daha doğru renk seçimi yapmıştır.¹⁰⁰ İlgili literatür incelendiğinde farklı çalışmaların farklı sonuçlar verdiği görülebilmektedir. Bu sebeple çalışmamızda renk seçimleri, deneyimli bir klinisyen tarafından Vita 3D Master (3D; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) renk skalası kullanılarak yapılmıştır.

Renk seçiminde fon rengi renk seçiminin doğruluğunu etkilemektedir. Dudea ve ark. yaptığı bir çalışmada 5 farklı fon renginde (siyah, gri, kırmızı, beyaz, mavi) görsel renk seçimi yapılmıştır. Mavi fon rengi kullanılarak yapılan renk seçimleri diğerlerinden daha az başarılı bulunmuştur. Bunun sebebi dişlerin sarı renk ağırlıkta olması ve mavi ile tamamlayıcı renkler olmaları olarak düşünülmektedir. Klinik olarak mavi rubber-dam kullanılarak renk seçimi yapılmaması; beyaz veya siyah fon kullanımı önerilmiştir.¹⁰¹ Ayrıca nötr bir renk olması sebebiyle gri renk fon kullanımının önerildiği çalışmalar da mevcuttur.¹⁰² İlgili literatürler incelendiğinde renkli fonlar dışında gri ve siyah fon önerilen fon renkleridir. Siyah ve gri fon arasında literatürde anlamlı farklılıklar ortaya konmamıştır. Çalışmamızda standardizasyonun sağlanabilmesi için siyah fon tercih edilmiştir.

Ortam ışığının görsel renk seçiminin doğruluğu üzerine etkisi olduğu görülmüştür. Doğal ışığın renk sıcaklığı gün doğumunda 3100-4300 K, gün ortasında 5000-7000 K, kapalı-bulutlu bir havada 6000-8000 K ve gün batımında 2500-3100 K

arasında değişir. Renk seçimi için en uygun saat öğleden sonra saat 3 ‘tür.^{81,103} Yapay ışıklandırma kullanıldığında ise gün ışığı (6500 K) önerilmektedir.¹⁵⁰(ISO/ TR 28642) Tez çalışmasında tüm hedef kronların görsel renk seçimi 6500 K (65D) sıcaklık değerine sahip ışık kaynağının kullanıldığı ürün çadırında yapılmıştır.

Klinikte renk seçimini etkileyen birçok faktör bulunması nedeni ile standart iş akışını sağlamak için henüz bir konsensus ortaya konmamıştır. Ancak dijital dünyanın gelişimi ile birlikte daha objektif ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edebilmek için farklı teknikler ve renk seçim cihazları geliştirilmiştir. Her bir tekniğin birbirine göre avantaj ve dezavantajları olmasına rağmen standardizasyonun sağlanması ve başarının artırılması doğrultusunda dijital teknolojiler umut vaat etmektedir.

Dijital renk ölçüm cihazları dişlerin anatomik varyasyonu, yüzey dokusu, minenin translüsent özelliği gibi hastaya bağlı etkenler ve ortam ışığından etkilenebilir.¹⁰⁴

Diş hekimliğinde renk farklılıklarının ölçümü ile ilgili yapılan çalışmalarda spektrometre altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak cihazın kolay ulaşılabilir olmaması, klinik kullanıma elverişli olmaması gibi dezavantajları vardır. Yapılan çalışmalarda SpectroShade MicroTM ile arasında klinik anlamlı farklılıklar görülmemiştir.¹⁰⁵ Bunun yanında Khurana ve ark.’nın üç farklı renk ölçüm cihazının (Easysshade, X-Rite ShadeVision and SpectroShade Micro) tekrarlanan ölçümlerde tutarlılıklarını karşılaştırdıkları çalışmada SpectroShade Micro cihazının tutarlılığı diğer cihazlardan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur.¹⁰⁶ Yüksek tutarlılık ve doğruluk göstermesi sebebiyle tez çalışmamızda L, a*, b*, C ve h değerlerinin ölçümünde SpectroShade MicroTM kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan renk seçim tekniklerinden ilki fotoğraf çekimi ile renk seçimidir. Fotoğraf çekimi hastaların bilgilendirilmesinde kullanılarak tedavinin kabulünü artırır. Teknisyene bilgi aktarımını kolaylaştırır, belge işlevi görür, renk seçimine yardımcı olur ve tedavi öncesi / sonrası ağız içi koşulların karşılaştırılmasını sağlar.⁶⁷

Dental fotoğrafçılıkta ağız içi fotoğrafların çekiminde çoğu zaman geniş açılı lensler ve ortam ışığı yeterli olmamaktadır. Bu sebeple ağız içi fotoğrafların çekiminde

makro lensler ve harici flaşlar önerilmektedir.¹⁰⁷ Harici flaşların kullanımına bağlı dış yüzeyindeki pürüzlülük veya tükürüğün düzensiz dağılımından kaynaklanabilecek parlamalar dış renginin analizinde artefaktlara neden olur.¹⁰⁸ Fotoğrafların çekiminde kullanılan polarize filtreler ise ışık saçılımını engelleyerek renk ve dış yüzey özelliklerinin daha doğru aktarımını sağlamaktadır.^{37,81,109,110} Polarize filtre kullanımının renk seçimi doğruluğunu arttırdığını ancak anlamlı bir farklılığa sebep olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur.¹¹¹

Farklı fotoğraf makineleri ile çekilmiş görüntülerin veya ekran kalibrasyonunun standardizasyonunun sağlanabilmesi için gri kart kullanımı önerilmektedir.⁸² Gri kart ile çekilmiş fotoğraflarda rengin matematiksel değerler ile koordinatlandırılması için özel yazılımlar kullanılır. Gri kart kullanımı fotoğrafların standardizasyonunun sağlanması açısından tek başına yeterli değildir. Çalışmamızda klinik rutin pratiğe ışık tutacak sonuçların elde edilmesi hedeflendiği için ve bu tarz bir iş akışının zaman alıcı olması, özel bilgisayar yazılımına gerek duyması gibi dezavantajları olması sebebiyle fotoğraf ile renk seçim tekniğinde gri kart kullanılmamıştır.

Çalışmamızda fotoğraf ile renk seçim tekniğinde doğru ışık etkisi için 100 mm makro lens ve polarize filtre kullanılmıştır.

Dental fotoğrafların çekiminde diğer önemli unsur tekrarlanabilir obje ve fotoğraf makinesi arası mesafenin sağlanmasıdır. Çekilen fotoğraflarda ışığın katettiği mesafeyi standart hale getirilmesi her çekimde benzer sonuçların elde edilmesine katkıda bulunacaktır. Obje ile fotoğraf makinesi arasındaki ideal mesafe kullanılan fotoğraf makinesine ve lense göre değişmektedir.¹¹² Çalışmalarda farklı fotoğraf makinesi- obje mesafeleri önerilmiştir.^{112,113} Çalışmamızda tüm hedef kronların fotoğrafları fotoğraf makinesinin bir tripod yardımı ile kronlardan 37 cm uzaklıkta sabitlendiği bir set-up kurularak çekilmiştir. (ISO/TR 28642)

Dijital renk seçim teknikleri son yıllardan renk seçim başarısının artırılması amacı ile genel diş hekimliği pratiğine girmiştir. Rutin klinik pratikte en sık kullanılan yöntemlerden bir tanesi spektrofotometrelerdir.

Çalışmamızda, Spektrofotometre ile renk seçim tekniğinde hedef kron renginin belirlenmesi için SpectroShade MicroTM (MHT, Verona, İtalya) cihazı kullanılmıştır. SpectroShade MicroTM ile renk ölçümünde diş 3 bölüme (insizal, orta, kole) ayrılarak renk ölçümü yapılmıştır. Kolorimetre, spektoradyometre ve spektrofotometre gibi renk ölçüm cihazlarının ölçüm uçları renk ölçümü yapılacak diş ile aynı boyutta değildir ve diş yüzeylerindeki kurvatürden dolayı “edge lose” etki görülebilir ve hatalı renk ölçümlerinin yapılmasına sebep olabilir. Bu durum özellikle translüsent bölgelerdeki renk ölçüm doğruluğunu etkiler. ^{99,104,114,115}

SS diğer spektrofotometrelerde olduğu gibi bir prob ile bölgesel ölçüm değil tüm diş yüzeyinin renk ölçümünü yapmaktadır. Ayrıca diş ile ölçüm ucunun uyumunun doğruluğu için cihazda rehberlik yapan bir sistem geliştirilmiştir. ^{106,116} Çalışmada spektrofotometre ile renk seçiminde ölçüm ucu ile uyumlu, “edge lose” etkisini azaltacak ve tüm örneklerde standardizasyonu sağlayacak şekilde ölçüm cihazının ucuna uygun silikon kalıp kullanılmıştır.

Diş hekimliğinde artan dijital iş akışı ile birlikte TRIOS 3, TRIOS 4 (3Shape , Kopenhag, Danimarka), CEREC Omnicam (Sirona Dental Systems, Bensheim, Almanya), Medit i700 (Medit, Seul, Güney Kore) ve CEREC Primescan gibi ağız içi tarayıcılarda da renk seçim özelliği geliştirilmiştir.

Huang ve ark ‘nın spektrofotometre (VitaEasysshade V) ve 3 ağız içi tarayıcının (CEREC Omnicam, T-3S ve T-4S) renk seçim başarılarını karşılaştırdığı çalışmada ağız içi tarayıcılar içinde en başarılı bulunan T-3S olmuştur. En başarısız teknik ise CEREC Omnicam olmuştur. İki tarayıcı arasında anlamlı farklılık oluşmasının sebebinin T-3S ‘in çalışma prensibinin yapılandırılmış ışık ve paralel konfokal mikroskopi kombinasyonu olmasına karşı; CEREC Omnicam ‘in video tabanlı tarama teknolojisi ve triangulasyon teknolojisini kullanması olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında kullandıkları farklı ışık kaynakları da renk seçim doğruluğunu etkilemektedir. ¹¹⁷ Reyes ve ark ‘nın yaptığı çalışmada T-3S in renk seçim başarısının ortam ışığından etkilenmediği bulunurken ⁹⁴; Revilla-León ve ark ‘nın yaptığı çalışmada ise değişen ortam ışığının renk seçim başarısını etkilediği sonucuna varılmıştır. ¹¹⁸

Yılmaz ve ark nın 3 farklı renk seçim tekniğinin (görsel, T-3S ve ES) farklı ışık kaynakları altında başarısını değerlendirdikleri çalışmada ise teknikler arasında anlamlı bir fark bulunamazken; değişen ortam ışığının renk ölçüm başarısını etkilemediği sonucuna varılmıştır.¹¹⁹

Renk ölçüm tekniklerinin karşılaştırıldığı başka çalışmalarda da T-3S ile renk ölçümü tekrarlanan ölçümlerde yüksek doğruluk göstermiştir.^{94,120} Çalışmamızda ağız içi tarayıcı ile renk seçimi aynı klinisyen tarafından, standart oda aydınlatması (1000 lx) altında TRIOS 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile yapılmıştır.

Estetik bölge restorasyonlarında birçok materyal tercih edilmektedir. Greta ve ark 'nın tam seramik (lityum disilikat) ve farklı alt yapılar (zirkonya ve metal) üzerine porselen tabakalama yaparak ürettikleri tam kron restorasyonlar ile hedef diş renginin karşılaştırıldığı in vivo çalışmada tam seramik kronların renk uyumu diğer tekniklerden daha başarılı bulunmuştur. En başarısız grup ise hala altın standart olarak kabul edilen metal destekli porselen kronlar olmuştur.¹²¹ Tam seramik (lityum disilikat) tercih edildiği in vivo çalışmaların^{102,122} yanında; metal destekli porselen yapılan çalışmalar da mevcuttur.^{109,123} Tam seramik restorasyonların alt diş rengini yansıtmaması için en az 1 mm kalınlıkla olması ve siman renginin standardize edilmesi gerekmektedir. Tez çalışmamızda oluşturulan hasta senaryolarının standart renklerde olmaması için zirkonya alt yapı üzerine porselen tabakalama tekniği ve boyama ile hedef kronlar üretilmiştir. Renk seçim başarısının değerlendirilmesinde alt yapı materyalinin farklı ışık saçılımına bağlı hatalı değerler oluşmaması için 21 numaralı diş için üretilen restorasyonlar da zirkonya alt yapı üzerine konvansiyonel tabakalama tekniği ve boyama ile üretilmiştir.

Dişlerde insizal bölge çoğunlukla daha translüsent özelliktedir ve kole bölgesi de dişeti renginin yansımından etkilenmektedir. Bu sebeple renk ölçümü için orta bölge daha ideale yakın sonuçlar verdiği düşünülmektedir.^{108,113} Çalışmamızda tüm kronların L, a* ve b* değerlerinin ölçümü orta üçlü bölgesinden SS kullanılarak yapılmıştır.

CIEDE2000 (ΔE_{00}) ve ΔE^*_{ab} renk farklılığının hesaplanması için kullanılan formüllerdir. Ancak ΔE_{00} formülü insan gözü ile algılanabilir renk farklılık değerini daha iyi yansıtmaktadır.¹²⁴⁻¹²⁶ CIEDE2000 (1:1:1) formülünde k_L , k_C , k_H parametreleri 1 olarak kabul edilirken; CIEDE2000 (2:1:1) formülünde $k_L = 2$, $k_C = k_H = 1$ şeklinde kabul

edilir. P'erez ve ark. 2020 yılında yaptıkları çalışmada karşılaştırılan renk farklılık formüllerinden CIEDE2000 (2:1:1) daha hassas sonuçlar vermiştir.¹²⁷ Tez çalışmamızda ΔE değerleri CIEDE2000 (2:1:1) formülüne göre hesaplanmıştır.

L, a* ve b* verileri kullanılarak yapılan renk farklılıkları hesaplamalarının değerlendirilmesi ile ilgili literatürde çok sayıda görüş mevcuttur. Ghinea ve ark. dental seramik materyallerde yaptıkları çalışmada ΔE değerinin gözle algılanabilir eşik değerini 1,30; klinik kabul edilebilir eşik değerini ise 2,23 olarak bulmuşlardır.¹²⁸ Literatürdeki diğer çalışmalarda kabul edilebilir ΔE değerleri 1,87¹²⁸ 3,7^{37,130}, 2⁴⁰, 2,7^{9,131,132}, 3,3^{126,133}, 5,5¹³⁴ 6,8^{9,39,117} şeklinde değişiklik göstermektedir. Çalışmamızda ΔE değeri gözle algılanabilir eşik değeri 1,2; kabul edilebilir eşik değeri ise 2,7 olarak kabul edilmiştir. (ISO/TR 28642)

Literatürler incelendiğinde görsel renk seçimi ile renk seçimi için kullanılan cihazların karşılaştırıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur; ancak ideal renk seçim tekniği ile ilgili fikir birliği yoktur.¹³⁵⁻¹³⁷

Elli diş hekimliği fakültesi öğrencisinin görsel renk seçim yaptığı ve spektrofotometre ölçümleri ile karşılaştırıldığı çalışmada spektrofotometre daha doğru sonuç vermiştir.¹³⁸ Igiel ve ark' nın spektrofotometre ile görsel renk seçimini karşılaştırdıkları in vitro çalışmada yine spektrofotometre daha tekrarlanabilir ve doğru sonuçlar vermiştir.⁹⁹ Da Silva ve ark' nın 36 farklı hasta üzerinde 21 numaralı diş için spektrofotometre ve görsel renk seçimi yaparak metal destekli seramik ürettikleri çalışmada: spektrofotometre ile renk seçimi yapılarak üretilen kronların hedef diş rengine göre ortalama ΔE değeri 2.69 bulunurken; görsel renk seçiminde ortalama değer 4,56 olarak bulunmuştur.¹³⁹

Yapılan diğer in vitro ve in vivo çalışmalarda spektrofotometreler çalışmamızda olduğu gibi daha doğru sonuçlar vermişlerdir.^{96,132,134,140}; ancak görsel renk seçiminin daha doğru bulunduğu çalışmalar da mevcuttur.⁵²

Hampé-Kautz ve ark. 'nın spektrofotometre (EasyShade V ve Rayplicker), ağız içi tarayıcı (T-3S ve CEREC Omnicam) ve görsel renk seçimlerini karşılaştırdıkları

çalışmada test edilen iki spektrofotometre arasında anlamlı bir fark bulunamazken; ağız içi tarayıcılar en başarısız grup olmuştur.¹²⁴

Mahn ve ark yaptıkları çalışmada görsel renk seçimi, fotoğraf ile renk seçimi ve spektrofotometrenin renk seçim başarılarını karşılaştırılmıştır. Dijital teknikler arasında anlamlı bir fark bulunmazken; görsel renk seçiminden daha başarılı bulunmuşlardır. Görsel renk seçiminin standardizasyonunun sağlanmasının daha zor olması sebebiyle bu sonuca ulaşıldığı düşünülmektedir.³⁷

Mehl ve ark nın görsel (Diş hekimi, teknisyen), spektrofotometre (ES, ES Advance, SS, SS Micro) ve ağız içi tarayıcı (T-3S) renk seçim tekniklerini başarılarını değerlendirdikleri in vivo çalışmada, tez çalışmamızda olduğu gibi, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamazken; en tutarlı ve tekrarlanabilir sonucu SS Micro cihazı vermiştir.¹⁴⁵

Ebeid ve ark nın 10 mm çap ve 1 mm kalınlığa sahip seramik disklerde 4 farklı cihazın (ES V, T-3S, Cerec Omnicam, Cerec Primescan) renk seçim başarısını karşılaştırdığı çalışmada ES ve T-3S arasında anlamlı bir fark bulunamazken; diğer cihazlardan daha doğru sonuç vermişlerdir. Diğer cihazların renk seçim başarısının daha az olmasının sebebi ise 3 boyutlu renkli bir görüntü elde etmek için video teknolojisi kullanması ve yalnızca renk seçimi için kullanılmaması olduğu düşünülmektedir.¹³¹

Lazar ve ark. nın SS ve fotoğraf ile renk seçimi (polarize filtre kullanılan/kullanılmayan) tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmada; SS ile polarize filtre kullanılarak fotoğraf çekimi yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamazken diğer gruptan daha başarılı oldukları sonucuna varmışlardır. Bunun yanında örneklerde parlaklık değeri arttıkça, tez çalışmamızda da olduğu gibi, fotoğraf ile renk seçim tekniğinin başarısı azalmıştır.¹⁴¹ Aynı grupların karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise yine gruplar arasında anlamlı farklılıklar bulunmamış ve parlaklık değerinin az olduğu durumlarda spektrofotometre veya polarize filtrenin kullanıldığı fotoğraf ile renk seçim tekniği önerilmiştir.¹²⁹

Brandt ve ark 'nın 107 kişi üzerinde yaptıkları in vivo çalışmada, 11/21 numaralı dişlerin L, a* ve b* değerleri spektrofotometre (ES Advance 4.0) cihazı ile ölçülerek

referans değeri kabul edilmiştir. Aynı dişlerin renk ölçümleri görsel ve ağız içi tarayıcı (Trios®Color) ile de yapılarak referans veriler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Ağız içi tarayıcı ile yapılan renk ölçümleri referans değere daha yakın sonuçlar vermiştir.⁹

Spektrofotometrelerde farklı parametrelerin renk ölçüm başarısı üzerine yapılmış birçok çalışma vardır. Sarafianou ve ark 'nın ES ve SS spektrofotometrelerinin farklı ışık kaynakları altında doğruluklarını karşılaştırdıkları çalışmada SS in ışık kaynaklarının değişiminden daha az etkilendiği sonucuna varılmıştır. ES cihazında prob açısı değişikliklerinin ve konumlandırma hatalarının veri farklılıklarına yol açmış olabileceği düşünülmüştür.¹⁰⁴

Tsiliagkou ve ark 'nın 3 farklı renk ölçü cihazının olarak ES, SS ve Shade Vision 'nın farklı ortam koşulları altında doğruluklarını karşılaştırdığı in vitro çalışmada ES ve Shade Vision 'nın ortam şartlarından etkilendiği ; SS 'in ise ortam koşullarından etkilendiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışmada V-3D ve V-C renk skalalarında yapılan renk seçimlerinde en başarılı ölçümü SS ve Shade Vision yapmıştır. ES 'in bir prob ile 5 mm 'lik alan üzerinden ölçüm yapmasına rağmen; diğer cihazların tüm diş yüzeyinden renk ölçümü yaparak ortalama değeri vermesinden dolayı bu sonucun oluştuğu düşünülmektedir.¹⁴²

Ağız içi tarayıcı (TRIOS Pod) ve kolorimetrenin (ShadeEye) karşılaştırıldığı bir çalışmada tekrarlanan ölçümlerdeki tutarlılıkları yüksek ve benzer bulunmasına rağmen; doğruluk karşılaştırılmasında kolorimetre daha başarılı bulunmuştur ve ağız içi tarayıcının tek başına renk seçiminde kullanılması önerilmemiştir.¹⁴³

Dozic ve ark 'nın kolorimetre (ShadeEye, Identa-Color II), spektrofotometre (Easysshade) ve dijital kameranın (Ikam, ShadeScan) renk seçim başarılarını karşılaştırıldığı in vivo çalışmada ES en başarılı sonucu verirken; ShadeScan en hatalı sonucu vermiştir. Çalışma spektrofotometrelerin hem in vitro hem in vivo; dijital kameraların ise in vitro çalışmalarda kullanılmasını önermektedir.¹⁴⁴

Jorquera ve ark 'nın 3 farklı renk seçim tekniği olarak görsel renk seçimi, fotoğraf makinesi ile renk seçimi ve cep telefonu ile renk seçimini karşılaştırdığı çalışmada görsel renk seçimi en başarısız sonucu vermiştir. Fotoğraf makinesi ile renk seçiminde polarize

filtre ve gri kart kullanılması ve cep telefonu ile renk seçiminde ışık cihazı ve gri kart kullanılması ile daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. ¹²² Bu çalışmayı destekleyen farklı çalışmalar da mevcuttur. ^{146,147} Buna karşı Ozden ve ark nın spektrofotometre (Minolta CM -2300D, Konica) ve fotoğraf makinesi ile renk seçimini karşılaştırdıkları çalışmada gri kart ve polarize filtre kullanılmasına rağmen fotoğraf ile renk seçimi daha başarısız sonuçlar vermiştir. ¹⁴⁸

Sirintawat ve ark nın fotoğraf makinesi (ring / twin flaş ve polarize filtre) , spektrofotometre (ES) ve ağız içi tarayıcı (T-3S) ile renk seçim teknikleri karşılaştırdıkları çalışmada ise en başarısız teknik tez çalışmamızda da olduğu gibi ring flaş ve polarize filtrenin kullanıldığı teknik olmuştur. ¹⁴⁹ Fotoğraf ile renk seçim tekniğinde gri kart kullanılmadığı için hem spektrofotometre hem de ağız içi tarayıcı tekniklerinden daha başarısız bulunmuştur.

Tez çalışmasında karşılaştırılan renk seçim teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır. Ancak spektrofotometre (Grup S) ve görsel renk seçim teknikleri (Grup K) kullanılarak üretilen kronların ΔE değerleri klinik kabul edilebilir eşiğin ($\Delta E < 2,7$) altında olduğu için başarılı kabul edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak ilgili literatürler ile benzerlik göstermektedir. Ancak elde edilen ΔE test değerlerinin farklılığı kullanılan ekipman, test düzeneği ve tercih edilen ΔE hesaplama yöntemine bağlanabilir. Çalışmamızda en güncel ve ISO tarafından da önerilen hesaplama yöntemi kullanılmıştır. ¹⁵⁰

Test örnekleri arasında elde edilen ΔE değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu durum Lazar ve ark 'nın yapmış olduğu çalışmada da belirttiği gibi parlaklık değerlerinin artması ile birlikte test değerlerinin birbirine yaklaşması ile açıklanabilir. Buna rağmen test değerleri salt olarak değerlendirildiğinde göreceli olarak spektrofotometre ve görsel renk seçim teknikleri ile yapılan renk seçimleri klinik kabul edilebilir eşik değerinin altında kalan sonuçlar vermişlerdir.

Dijital tekniklerin renk ölçüm doğrulukları kendi arasında incelendiğinde ağız içi tarayıcılarda elde edilen sonuçlar tarayıcı teknolojisi ile açıklanabilir. Tarayıcılar renk seçimi sırasında 3 boyutlu renkli bir görüntü elde etmek için video teknolojisini

kullanırken¹³¹; spektoradyometre, spektrofotometre ve kolorimetre gibi renk ölçümü için geliştirilmiş cihazlar gönderilen ışığın yansıması ve analizi üzerinden renk ölçümü yaparlar. ^{28,64} Çalışmamızdaki dijital yöntemler arasındaki farklılıkların bu nedenle gerçekleştiği düşünülebilir.

Doğal dişlerin optik özellikleri zirkonya materyallerden daha farklıdır. Doğal dişlerde renk seçim tekniklerinin değerlendirildiği farklı in vitro çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmada doğal dişler yerine zirkonya alt yapı üzerine cut -back kronların hedef kron olarak kullanılmasının yanında, gri kart kullanılarak standardizasyonun sağlanmaması çalışmanın limitasyonlarını oluşturmakta ve gelecek dönem çalışma hedefleri arasında sayılmaktadır. Ayrıca kolay ulaşılabilir olması, veri aktarımının kolay olması ve klinik rutin iş akışında oldukça sık kullanılan cep telefonlarının renk seçim başarısının değerlendirilmesi gelecek dönem çalışma hedefleri arasındadır.

Renk tekniklerinin başarı değerlendirilmelerinin yapılması ve renk farklılıklarındaki olası nedenlerin belirlenmesinde L, a* ve b* değerlerinin ayrı ayrı analiz edilmemesi çalışmanın bir diğer limitasyonu olarak sunulabilir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde çıkarılan sonuçlar:

- Görsel renk seçimi ΔE değeri ($2,74 \pm 1,53$) ile dijital renk seçim teknikleri ΔE ($3,08 \pm 0,7$) arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
- Spektrofotometre ile yapılan renk seçim tekniği dijital teknikler arasında en başarılı teknik olarak bulunmuştur.
- Spektrofotometre ve görsel renk seçimi sonucunda üretilen kronların ΔE değeri klinik kabul edilebilir eşik değerinin ($\Delta E < 2,7$) altındadır.
- Ağız içi tarayıcılar ve fotoğraf ile renk seçim teknikleri tek başına başarılı bir renk seçimi için yeterli olmayabilir.
- Spektrofotometre cihazı kolay kullanımı ve doğruluğu sebebiyle rutin klinik kullanımında önerilebilir. Fotoğraf ile renk seçim tekniği klinik kullanım için uygundur ancak kalibrasyon ve standardizasyon için gri kart ve polarize filtre ile birlikte kullanımı daha başarılı sonuçlar verebilir. Ağız içi tarayıcılar ile renk seçiminde kronun sahip olduğu değişen parlaklık değerleri doğruluğu etkileyebilir, farklı teknikler ile birlikte kullanılması daha doğru sonuçlar verecektir.

7. KAYNAKLAR

- 1) Kahramanoğlu, E., & Özkan, Y. K. (2013). Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*, 16(4), 339-347.
- 2) TURGUT, Sedanur; BAĞIŞ, B. Diş hekimliğinde renk ve renk ölçüm yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2012, 5: 65-75.
- 3) KEYF, Filiz; UZUN, Gülay; ALTUNSOY, Sema. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg.(. Clinical Dentistry and Research)*, 2009, 33.4: 52-58.
- 4) YILMAZ, B. Factors Affecting The Visual Tooth Shade Selection: A Review. *Dental and Medical Journal-Review*, 2(3), 76-83
- 5) İNAN, H., et al. Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencileri ile restoratif diş hekimleri arasında renk eşleştirme yetilerinin karşılaştırılması. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*, 2008, 32.3: 56-63.
- 6) Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent*. 2014;42(1):48-52.
- 7) Azer SS, Rosenstiel SF, Seghi RR, Johnston WM. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. *J Prosthet Dent*. 2011;106(3):179-183.
- 8) Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3):227-235.
- 9) Brandt J, Nelson S, Lauer HC, von Hehn U, Brandt S. In vivo study for tooth colour determination-visual versus digital. *Clin Oral Investig*. 2017;21(9):2863-2871.
- 10) Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater*. 2011;27(1):97-108.
- 11) RAMOS, Nathália de Carvalho, et al. Comparative Stress Evaluation between Bilayer, Monolithic and Cutback All-Ceramic Crown Designs: 3D Finite Element Study. *Prosthesis*, 2021, 3.2: 173-180.
- 12) Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*. 2008;204(9):505-511.

- 13) Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings--a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater*. 2009;25(1):121-128.
- 14) ERTÜRK, Burcu KANAT, et al. Sabit protetik restorasyonlarda kullanılan güncel tasarım ve üretim yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2015, 25.1: 135-143.
- 15) PARAVINA, Rade D. Understanding color. *Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry*, 2018, 270-294.
- 16) KAHRAMANOĞLU, Erkut; ÖZKAN, Yasemin Kulak. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*, 2013, 16.4: 339-347.
- 17) Derbabian K, Marzola R, Donovan TE, Arcidiacono A. The science of communicating the art of esthetic dentistry. Part III: precise shade communication. *J Esthet Restor Dent*. 2001;13(3):154-162.
- 18) SARIKAYA, I.; AU, Güler. Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. *Türkiye Klinikleri J Dental*, 2009, 118: 118-29.
- 19) KURT, Meral; TURHAN BAL, Bilge; BAL, Cenkhan. Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistemik Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 2016, 22.2.
- 20) Saleski CG. Color, light, and shade matching. *J Prosthet Dent*. 1972;27(3):263-268.
- 21) O'BRIEN, William J. Dental materials and their selection, 2002. Quintessence, 2002.
- 22) VADHER, Rakesh, et al. Basics of color in dentistry: A review. *IOSR-JDMS*, 2014, 13: 78-85.
- 23) Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent*. 2002;88(1):4-9.
- 24) SHAMMAS, Mohammed; ALLA, Rama Krishna. Color and shade matching in dentistry. *Trends Biomater Artif Organs*, 2011, 25.4: 172-5.
- 25) Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dent Mater*. 2005;21(11):1068-1074.

- 26) Turgut S, Bagis B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. *J Dent*. 2011;39 Suppl 3:e57-e64.
- 27) Cochrane S. The Munsell Color System: a scientific compromise from the world of art. *Stud Hist Philos Sci*. 2014;47:26-41.
- 28) Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent*. 2002;88(6):585-590.
- 29) Ball P, Ruben M. Color theory in science and art: Ostwald and the Bauhaus. *Angew Chem Int Ed Engl*. 2004;43(37):4842-4846.
- 30) PER, Meral. Renk teorilerine tarihsel bir bakış. *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, 2012.
- 31) NAYATANI, Yoshinobu. Why two kinds of color order systems are necessary?. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 2005, 30.4: 295-303.
- 32) CAHA, Jan; VONDRÁKOVÁ, Alena. Fuzzy surface visualization using HSL colour model. *Electronic Journal*, 2017, 2.2: 26-42.
- 33) Sikri VK. Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):249-255.
- 34) Bangtson LK, Goodkind RJ. The conversion of Chromascan designations to CIE tristimulus values. *J Prosthet Dent*. 1982;48(5):610-617.
- 35) Turgut, S., & Bağış, B. (2012). Color in dentistry and color measuring methods. *J Dent Fac Atatürk Uni*, 65-75.
- 36) ERDOĞAN, K. Ö. S. E.; ŞAHİNBAŞKAN, Türkan. Renk yönetiminde kullanılan standart ICC profillerinin Türkiye’de oluşturulmuş bazı profiller ile karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 2008, 11.4: 365-371.
- 37) Mahn E, Tortora SC, Olate B, Cacciuttolo F, Kernitsky J, Jorquera G. Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching. *J Prosthet Dent*. 2021;125(3):511-516.

- 38) Turgut, S., & Başı, B. (2012). Color in dentistry and color measuring methods. *J Dent Fac Atatürk Uni*, 65-75.
- 39) Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA Jr, Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent*. 2007;98(2):110-119.
- 40) Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. *J Esthet Restor Dent*. 2004;16(2):117-127.
- 41) Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of Color Education and Training on Shade Matching Skills. *J Esthet Restor Dent*. 2016;28(5):287-294.
- 42) Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2016;115(1):65-70
- 43) FİDAN, Muhammet; DERELİ, Zeynep. TRANSLÜSENSİ ÖZELLİĞİNİN POLİSAJ UYGULANAN KOMPOZİT REZİNLERDE CIELAB VE CIEDE RENK SİSTEMLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI. *Selcuk Dental Journal*, 8.2: 477-485.
- 44) Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004;32 Suppl 1:3-12
- 45) KEYF, Filiz; UZUN, Gülay; ALTUNSOY, Sema. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg.(. Clinical Dentistry and Research)*, 2009, 33.4: 52-58.
- 46) SHAMMAS, Mohammed; ALLA, Rama Krishna. Color and shade matching in dentistry. *Trends Biomater Artif Organs*, 2011, 25.4: 172-5.
- 47) YILMAZ, Begüm. Factors Affecting The Visual Tooth Shade Selection: A Review. *Dental and Medical Journal-Review*, 2.3: 76-83
- 48) Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*. 2012;107(3):178-185.
- 49) Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003;23(5):467-479.
- 50) Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):v-358.

- 51) KURT, Meral; TURHAN BAL, Bilge; BAL, Cenkhan. Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistemik Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 2016, 22.2.
- 52) Parameswaran V, Anilkumar S, Lylajam S, Rajesh C, Narayan V. Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems. *J Indian Prosthodont Soc*. 2016;16(4):352-358
- 53) Kalantari MH, Ghorraishian SA, Mohaghegh M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shadepilot. *Eur J Dent*. 2017;11(2):196-200.
- 54) Kröger E, Matz S, Dekiff M, Tran BL, Figgenger L, Dirksen D. In vitro comparison of instrumental and visual tooth shade determination under different illuminants. *J Prosthet Dent*. 2015;114(6):848-855.
- 55) Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dent Mater J*. 2016;35(1):63-69.
- 56) TRAKYALI, Göksu. Diş rengi belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2013, 34.1: 1-10
- 57) RAGAIN, J. C. A review of color science in dentistry: shade matching in the contemporary dental practice. *J Dent Oral Disord Ther*, 2016, 4.2: 1-5.
- 58) Sarmast ND, Angelov N, Ghinea R, Powers JM, Paravina RD. Color Compatibility of Gingival Shade Guides and Gingiva-Colored Dental Materials with Healthy Human Gingiva. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(3):397-403
- 59) Gurrea J, Gurrea M, Bruguera A, et al. Evaluation of Dental Shade Guide Variability Using Cross-Polarized Photography. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2016;36(5):e76-e81.
- 60) Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent*. 2009;37 Suppl 1:e15-e20.
- 61) RAGAIN, J. C. A review of color science in dentistry: shade matching in the contemporary dental practice. *J Dent Oral Disord Ther*, 2016, 4.2: 1-5.

- 62) GÓMEZ-POLO, Cristina, et al. A clinical study relating CIELCH coordinates to the color dimensions of the 3D-Master System in a Spanish population. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2015, 113.3: 185-190.
- 63) Pohlen B, Hawlina M, Šober K, Kopač I. Tooth Shade-Matching Ability Between Groups of Students with Different Color Knowledge. *Int J Prosthodont*. 2016;29(5):487-492.
- 64) Khurana PR, Thomas PV, Rao SV, Balamuragan R, Singh MP. A clinical study to correlate maxillary anterior natural teeth with that of the commercially available acrylic and porcelain shade guides. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(3):427-433. Published 2013 May 1.3
- 65) KÖROĞLU, Ayşegül; MAKHLOOTA, Moataz; BAL, Bilge TURHAN. A Review of Color Matching in Dentistry. *Medical Records*, 2019, 3.1: 44-49
- 66) Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent*. 1998;80(6):642-648.
- 67) Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezai P, Epakchi S. Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(8):1084-1104
- 68) Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*. 2009;101(3):193-199.
- 69) Cho BH, Lim YK, Lee YK. Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and Shade Vision System. *Dent Mater*. 2007;23(10):1307-1312.
- 70) Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O, Weber HP. Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 2005;93(2):129-137.
- 71) DOĞAN, Dt Ayşegül; YÜZÜGÜLLÜ, Bulem. Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2011, 2011.4: 65-72.
- 72) Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent*. 2017;67S:S3-S10.

- 73) Zenthöfer A, Cabrera T, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ. Comparison of the Easyshade Compact and Advance in vitro and in vivo. *Clin Oral Investig.* 2014;18(5):1473-1479.
- 74) RAGAIN, J. C. A review of color science in dentistry: shade matching in the contemporary dental practice. *J Dent Oral Disord Ther*, 2016, 4.2: 1-5.
- 75) Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent.* 2009;101(1):40-45.
- 76) MOODLEY, D. S., et al. Comparison of colour differences in visual versus spectrophotometric shade matching. *South African Dental Journal*, 2015, 70.9: 402-407.
- 77) IVAN, Ristic; RADE, Paravina. InstrumentI za odreğivanje boje COLOR MEASURING INSTRUMENTS
- 78) Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *J Prosthodont.* 2009;18(3):235-241.
- 79) LAZAR, Dan; CIMPIAN, Sanda; STRATUL, Stefan-Ioan. An introduction to dental photography. A guide on specific cameras and accessories. *Timisoara Med. J.*, 2011, 61.1-2: 107-111.
- 80) Luo W, Westland S, Brunton P, Ellwood R, Pretty IA, Mohan N. Comparison of the ability of different colour indices to assess changes in tooth whiteness. *J Dent.* 2007;35(2):109-116.
- 81) BAYINDIR, Funda. DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK-I. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2015, 25.3.
- 82) Sampaio CS, Atria PJ, Hirata R, Jorquera G. Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *J Prosthet Dent.* 2019;121(2):333-339.
- 83) Hein S, Modrić D, Westland S, Tomeček M. Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(1):107-117.
- 84) Cone MR, Choi J, Awdaljan M. Optimized digital shade calibration technology for the restoration of a single central incisor. *J Prosthet Dent.* 2022;128(1):1-3.

- 85) Tabatabaian F, Namdari M, Mahshid M, Vora SR, Mirabbasi S. Accuracy and precision of intraoral scanners for shade matching: A systematic review [published online ahead of print, 2022 Nov 5]. *J Prosthet Dent*. 2022;S0022-3913(22)00565-0.
- 86) Brandt J, Nelson S, Lauer HC, von Hehn U, Brandt S. In vivo study for tooth colour determination-visual versus digital. *Clin Oral Investig*. 2017;21(9):2863-2871.
- 87) Rutkūnas V, Dirsė J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthet Dent*. 2020;123(2):322-329
- 88) Brook AH, Smith RN, Lath DJ. The clinical measurement of tooth colour and stain. *Int Dent J*. 2007;57(5):324-330
- 89) Alshiddi IF, Richards LC. A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Aust Dent J*. 2015;60(2):176-181.
- 90) <https://www.pro-lite.co.uk/File/Photo%20Research%20PR-670%20Datasheet.pdf>
- 91) Samra APB, Moro MG, Mazur RF, et al. Performance of Dental Students in Shade Matching: Impact of Training. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(2):E24-E32.
- 92) Olms C, Jakstat HA, Haak R. The Implementation of Elaborative Feedback for Qualitative Improvement of Shade Matching-A Randomized Study. *J Esthet Restor Dent*. 2016;28(5):277-286.
- 93) RECEN, Duygu; ÖNAL, Banu; TÜRKÜN, Lezize Şebnem. Deneyimin kompozit rezinlerin renk seçimi üzerine etkisinin bir spektrofotometre kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, 2016, 33.1.
- 94) Reyes J, Acosta P, Ventura D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching. *Heliyon*. 2019;5(7):e02100. Published 2019 Jul 23.
- 95) Nakhaei M, Ghanbarzadeh J, Keyvanloo S, Alavi S, Jafarzadeh H. Shade matching performance of dental students with three various lighting conditions. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(1):100-103. Published 2013 Jan 1. doi:10.5005/jp-journals-10024-1279
- 96) Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent*. 2014;42(1):48-52.

- 97) Bayindir, F., Kuo, S., Johnston, W. M., & Wee, A. G. (2007). Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *The journal of prosthetic dentistry*, 98(3), 175-185.
- 98) Vafaee F, Rakhshan V, Vafaei M, Khoshhal M. Accuracy of shade matching performed by colour blind and normal dental students using 3D Master and Vita Lumin shade guides. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2012;20(1):23-25.
- 99) Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, et al. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(5):303-308.
- 100) Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater*. 2009;25(2):276-281.
- 101) Dudea D, Gasparik C, Botos A, Alb F, Irimie A, Paravina RD. Influence of background/surrounding area on accuracy of visual color matching. *Clin Oral Investig*. 2016;20(6):1167-1173.
- 102) : Rawan Ferroukhi., et al. "Impact of Digital Photography and Conventional Method on the Accuracy of Shade Matching in the Esthetic Zone (In Vivo Study)". *Acta Scientific Dental Sciences* 4.10 (2020): 82-94.
- 103) Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil*. 2004;31(9):900-904.
- 104) Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*. 2012;107(3):178-185.
- 105) Akl MA, Sim CPC, Nunn ME, Zeng LL, Hamza TA, Wee AG. Validation of two clinical color measuring instruments for use in dental research. *J Dent*. 2022;125:104223.
- 106) Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J*. 2007;203(12):675-680.
- 107) Bengel WM. Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15 Suppl 1:S21-S32.

- 108) Kim E, Son T, Lee Y, Jung B. Development of polarization dental imaging modality and evaluation of its clinical feasibility. *J Dent.* 2012;40 Suppl 1:e18-e25.
- 109) Lakhanpal S, Neelima MS. Accuracy of Three Shade-matching Devices in Replicating the Shade of Metal Ceramic Restorations: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 2016;17(12):1003-1008. Published 2016 Dec 1.
- 110) Robertson AJ, Toumba KJ. Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. *J Audiov Media Med.* 1999;22(2):63-70.
- 111) Bratner S, Hannak W, Boening K, Klinke T. Comparison of different illumination intensities of mobile units for tooth color differentiation: An in vitro study [published online ahead of print, 2022 Apr 28]. *J Prosthet Dent.* 2022; S0022-3913(22)00174-3.
- 112) Hein S, Modrić D, Westland S, Tomeček M. Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(1):107-117. –
- 113) Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach ^[1]to digital shade management. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(2):186-202.
- 114) Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dawson DV. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent.* 2005;93(1):70-75.
- 115) Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent.* 2012;107(3):178-185.
- 116) Llana C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12(1):19-23. Published 2011 Jan 1.
- 117) Huang M, Wang Y, Sun Y, Zhou Y, Liu Y, Ye H. The accuracies of three intraoral scanners with regard to shade determination: An in vitro study [published online ahead of print, 2022 Jul 18]. *J Prosthodont.* 2022;10.1111/jopr.13571.
- 118) Revilla-León M, Methani MM, Özcan M. Impact of the ambient light illuminance conditions on the shade matching capabilities of an intraoral scanner. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(6):906-912.

- 119) Yılmaz B, Irmak Ö, Yaman BC. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(5):500-507.
- 120) Czigola A, Róth I, Vitai V, Fehér D, Hermann P, Borbély J. Comparing the effectiveness of shade measurement by intraoral scanner, digital spectrophotometer, and visual shade assessment. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(8):1166-1174.
- 121) Greța DC, Gasparik C, Colosi HA, Dudea D. Color matching of full ceramic versus metal-ceramic crowns - a spectrophotometric study. *Med Pharm Rep*. 2020;93(1):89-96.
- 122) Jorquera GJ, Atria PJ, Galán M, et al. A comparison of ceramic crown color difference between different shade selection methods: Visual, digital camera, and smartphone. *J Prosthet Dent*. 2022;128(4):784-792.
- 123) Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent*. 2008;99(5):361-368.
- 124) Hampé-Kautz V, Salehi A, Senger B, Etienne O. A comparative in vivo study of new shade matching procedures. *Int J Comput Dent*. 2020;23(4):317-323.
- 125) Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2016;115(1):65-70.
- 126) Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2007;98(2):101-109.
- 127) Pérez MM, Della Bona A, Carrillo-Pérez F, Dudea D, Pecho OE, Herrera LJ. Does background color influence visual thresholds?. *J Dent*. 2020;102:103475.
- 128) Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:e57-e64.
- 129) LAZAR, R., et al. Assessment of a new photographic system used in dentistry. *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications*, 2016, 10.May-June 2016: 426-432.

- 130) Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020;20(2):131-140.
- 131) Ebeid K, Sabet A, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(6):844-848.
- 132) Browning WD, Chan DC, Blalock JS, Brackett MG. A comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer. *Oper Dent.* 2009;34(3):337-343.
- 133) Ahmadzadeh A, Mansourinejad S, Mansourinejad S, Rohani A. Spectrophotometric comparison of two porcelain systems, VMK master and VM13 with the VITA 3D-master shade guide (An *in vitro* study). *Dent Res J (Isfahan).* 2022;19:35. Published 2022 Apr 27.
- 134) Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent.* 2009;101(2):92-100.
- 135) Miyajiwala JS, Kheur MG, Patankar AH, Lakha TA. Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. *J Indian Prosthodont Soc.* 2017;17(3):273-281.
- 136) Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2019;121(2):271-275.
- 137) Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81(8):578-582.
- 138) Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent.* 2012;40 Suppl 1:e82-e87.
- 139) Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent.* 2008;99(5):361-368.
- 140) DERDILOPOULOU, Foteini V., et al. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth. *International Journal of Prosthodontics*, 2007, 20.4: 414.

- 141) LAZAR, Radu, et al. The accuracy of dental shade matching using cross-polarization photography. *Int J Comput Dent*, 2019, 22.4: 343-51.
- 142) Tsiliagkou A, Diamantopoulou S, Papazoglou E, Kakaboura A. Evaluation of reliability and validity of three dental color-matching devices. *Int J Esthet Dent*. 2016;11(1):110-124.
- 143) Yoon HI, Bae JW, Park JM, Chun YS, Kim MA, Kim M. A Study on Possibility of Clinical Application for Color Measurements of Shade Guides Using an Intraoral Digital Scanner. *J Prosthodont*. 2018;27(7):670-675.
- 144) Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont*. 2007;16(2):93-100.
- 145) Mehl A, Bosch G, Fischer C, Ender A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods. *Int J Comput Dent*. 2017;20(4):343-361.
- 146) Rondón LF, Ramírez R, Pecho OE. Comparison of visual shade matching and photographic shade analysis. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(2):374-382.
- 147) Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *J Prosthodont*. 2009;18(3):235-241.
- 148) ÖZDEN, Yunus Emre, et al. Effectiveness of calibrated digital photography technique in dental shade analyses applications. *Cumhuriyet Dental Journal*, 2022, 25.3: 224-229.
- 149) Sirintawat N, Leelaratrung Ruang T, Poovarodom P, Kiattavorncharoen S, Amornsettachai P. The Accuracy and Reliability of Tooth Shade Selection Using Different Instrumental Techniques: An In Vitro Study. *Sensors (Basel)*. 2021;21(22):7490. Published 2021 Nov 11.
- 150) ISO/TR 28642: Dentistry — Guidance on colour measurement (2016)