

EZGİ OK

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL-2022

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

UZMANLIK TEZİ

**FARKLI YAPIDAKİ OPAKERLERİN RENK MASKELEME
ETKİLERİNİN KİYASLANMASI**

EZGİ OK

**DANIŞMAN
PROF. DR. HANDE ŞAR SANCAKLI**

**RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ PROGRAMI**

İSTANBUL- 2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.



EZGİ OK

İTHAF

Sevgili aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca her konuda desteğini hissettiğim, bu süre içinde bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman yol gösteren, sadece akademik değil her alanda çok şey öğrendiğim ve öğrencisi olmaktan onur duyduğum çok değerli hocam Prof. Dr. Hande Şar Sancaklı'ya;

Uzmanlık eğitimim boyunca mesleki ve akademik olarak gelişmemdeki katkılarından dolayı Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki değerli Öğretim Üyeleri'ne;

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan keyif aldığım, desteklerini her zaman hissettiğim Uzm. Dt. Ferda Karabay, Uzm. Dt. Ezgi Erden Kayalıdere, Uzm. Dt. Merve Şahin, Dt. Özge Duman olmak üzere tüm uzmanlık ve doktora öğrencisi arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, koşulsuz güven duygusu ve sevgilerini hissettiren, hep yanımda olan annem Tülin Ok'a, babam Hüseyin Ok'a, kardeşim Dt. Esra Ok'a, kardeşim Berk Ok'a,

Sevgisini, desteğini ve sabrını her zaman hissettiğim yol arkadaşım, Dt. Eren Aygün'e teşekkür ediyorum.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 37614

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	ii
BEYAN.....	iii
İTHAF.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Kompozit Sistemlerin Tarihçesi.....	4
2.2. Kompozit sistemlerin yapısı.....	4
2.2.1.Organik Polimer Matriks (taşıyıcı faz).....	5
2.2.2. İnorganik Doldurucular (dağılan faz).....	7
2.2.3. Ara Bağlayıcılar (silan faz).....	8
2.3.İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklük ve Yüzdelere Göre Sınıflandırılması....	8
2.3.1. Megafil Kompozitler.....	8
2.3.2. Makrofil Kompozitler.....	8
2.3.3. Midifil Kompozitler.....	9
2.3.4. Minifil Kompozitler.....	9
2.3.5. Mikrofil kompozitler.....	9
2.3.6. Hibrit Kompozitler.....	10
2.3.7. Nanokompozitler.....	10
2.4. Kompozit Materyal Seçimi.....	11
2.5.Tabakalama Teknikleri.....	12
2.6. Universal Kompozit Reçineler.....	15
2.7. Opaker.....	17
2.8 Diş hekimliğinde Renk.....	17

2.9. Işık İle İlgili Kavramlar.....	18
2.9.1. Işığın Kırılması, Yansıması Ve Absorbsiyonu.....	18
2.9.2. Rengi Etkileyen Optik Özellikler.....	20
2.9.2.1. Opaklık.....	20
2.9.2.2. Transluseri.....	20
2.9.2.3. Parlaklık.....	21
2.9.2.4. Opalesans.....	21
2.9.2.5. Floresans.....	22
2.10. Renk sistemleri.....	22
2.10.1. Munsell renk sistem.....	22
2.10.1.a. Hue.....	23
2.10.1.b. Value.....	23
2.10.1.c. Chroma.....	23
2.10.2. CIELAB renk sistemi.....	24
2.11. Renk ölçüm Yöntemleri.....	26
2.11.1. Görsel Renk Seçimi.....	26
2.11.1.1. Renk Skalaları.....	27
2.11.1.2. Kişisel Renk Skalası.....	30
2.11.2. Enstrümantal (Aletli) Renk Seçimi.....	31
2.11.2.1. Spektrofotometreler.....	31
2.11.2.2. Kolorimetreler.....	34
2.11.2.3. Spektroradyometreler.....	34
2.11.2.4. Dijital kameralar.....	34
2.11.2.5. Smile Lite MDP.....	35
2.12. Diş hekimliğinde renk seçimini etkileyen faktörler.....	37
2.12.1. Dişin anatomik yapısı ve özellikleri.....	37
2.12.2. Işık ve renk prensipleri.....	39
2.12.2.a. Işık kaynağına bağlı değişkenler.....	39
2.12.2.b. Objeye bağlı değişkenler.....	40
2.12.2.c. Gözlemciye bağlı değişkenler.....	40
2.13. Renk seçimi.....	41

2.13.1. Kompozit Reçinelerde Renk Belirlenirken Dikkat Edilmesi Gerekenler...	42
2.13.1.a “Value” Seçimi.....	43
2.13.1.b. “Hue” ve “Chroma” Seçimi.....	43
2.14. Dış Renkleşmeleri.....	44
2.14.1. Dış Renkleşmeler.....	44
2.14.2. İç Renkleşmeler.....	45
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	46
3.1.Çalışmada Kullanılan Kompozit Materyalleri.....	46
3.2. Çalışmada Kullanılan Bitirme ve Cila Sistemleri.....	48
3.2.1. Sof-Lex Bitirme ve Cila Diskleri (3M/ESPE).....	49
3.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar.....	48
3.4.Deney Gruplarının Belirlenmesi.....	51
3.5.Dişi Temsil Eden Kompozit Reçine Alt Yapı Örneklerinin Hazırlanması.....	52
3.6. Kompozit Materyallerin Hazırlanması.....	53
3.7. Bitirme ve Cila İşlemlerinin Uygulanması.	54
3.8.Dijital Spektrofotometre İle Renk Ölçümü.....	54
3.9. Smile Lite MDP İle Alınan Fotoğrafların Renk Analizi.....	56
3.10. Dijital Fotoğraf Makinesi İle Alınan Fotoğrafların Renk Analizi.....	57
3.11. İstatiksel Yöntem.....	58
4.BULGULAR.....	59
4.1. Tüm Deney Gruplarının Başlangıç Renk Bulguları.....	59
4.2. Tüm Deney Gruplarında Yer alan Örneklerin L2* a2* b2* Renk Bulguları.....	59
4.3. Tüm Deney Gruplarında Yer alan Örneklerin Renk Bulgularının Değerlendirilmesi	63
5.TARTIŞMA.....	75
SONUÇLAR.....	99
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	126

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan kompozit materyallerin , içeriği, üretici firması, üretim seri numarası

Tablo 3-2: Çalışmada kullanılan bitirme ve cila sistemleri

Tablo 3-4: Çalışmada kullanılan cihazlar ve üretici firmaları

Tablo- 4-1 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin spektrofotomere ile elde edilen L^* a^* b^* değerleri karşılaştırılması

Tablo 4-2 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen L^* a^* b^* değerleri karşılaştırılması

Tablo 4-3 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen L^* a^* b^* değerleri karşılaştırılması

Tablo 4-4 : SFM ile renk analiz yöntemine göre materyallerin karşılaştırılması

Tablo 4-5 : Smile Lite MDP ile alınan fotoğraflardan dijital olarak elde edilen renk analizlerinin karşılaştırılması

Tablo 4-6 : DSLR ile alınan fotoğraflardan dijital olarak elde edilen renk analizlerinin karşılaştırılması

Tablo 4-7 : AOU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

Tablo 4-8: POU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

Tablo 4-9: Kontrol grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

Tablo 4-10: SFM ve MDP yöntemlerinin uyumunun POU grubu için değerlendirilmesi. Bland-Altman Grafiği sonuçları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: Universal kompozit reçineleri gösteren SEM mikrografları. Bar = 1 µm; orijinal büyütme = 20.000X.

Şekil 2-2: Işığın kırılma ve yansımaları

Şekil 2-3: Hue&chroma&value , Akromatik, monokromatik ve kromatik renk değerleri

Şekil 2-4: CIELAB sisteminde renk koordinatları

Şekil 2-5: Value, Value & Hue, Hue & Chroma

Şekil 2-6: A: Vita Klasik renk skalasının “Value” değerine göre B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4,C3, A4, C4 sıralanmıştır. B: Vita Klasik renk skalası A grubunda yer alan “Hue” değerleri.

Şekil 2-7: VITA Toothguide 3D-Master: “Value” değerine göre 0-5 arasında gruplama. Her bir grupta yer alan 1-3 arasında değişen vertikal “Chroma” değerleri. Sadece 2, 3, ve 4 numaralı gruplarda mevcut bulunan horizon- tal “Hue” değerleri (L, M, R).

Şekil 2-8: A: Üretici firma tarafından üretilen kalıplar. B: Kompozit ile dentin, mine veya tabakalama ile dentin-mine olarak oluşturulan kişisel renk skalası.

Şekil 3-1 : A2 Filtek universal restoratif kompozit reçine, pat (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)

Şekil 3-2: PO Filtek universal restoratif kompozit reçine, pat (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)

Şekil 3-3: Masking Liner, Opaker , akışkan (GC, Leuven, Belçika)

Şekil 3-4: Sof-Lex Bitirme ve Cila Diskleri (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)

Şekil3-5: Vita Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Spektrofotometre

Şekil 3-6: Smile Lite MDP ışık standardizasyon cihazı (Smile Litei Smile Line, St-Imier, İsviçre)

Şekil 3-7: 3M Espe Elipar Deepcure (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)

Şekil 3-8: Deney gruplarının oluşturulması ve kullanılan renk analiz yöntemleri

Şekil 3-9: Örneklerin hazırlanması için kullanılan teflon kalıp

Şekil 3-10: Kompozit örneklerin hazırlanması

Şekil 3-11: Örneklerin Spektrofotometre ile renk analizlerinin elde edilmesi

Şekil 3-12: Örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan renk analizi

Şekil 3-13: Örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan renk analizi

Şekil 4-1: POU grubunun SFM ve MDP yöntemleri arasındaki uyumu gösteren Bland-Altman Grafiği.



SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

%: Yüzde

<: Küçüktür

>: Büyüktür

SFM: Spektrofotometre

MDP: Mobile Dental Photography

DSLR: Dijital Single Lens Reflex

µm: Mikrometre

nm: Nanometre

LED: Light Emitting Diode

p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi

TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat

UDMA: Urethane dimethacrylate

PEGDMA: Polyethylene glycol dimethacrylate

Bis-EMA: Ethoxylated bisphenol A dimethacrylate

Bis-GMA: Bisphenol A glycidyl methacrylate

EDMA: Etylen glycol dimethacrylate

MMA: Metil metakrilat

CIE: Commission Internationale d'Eclairage

K: Kelvin

ΔE: Delta

SS: Standart Sapma

Ort: Ortalama

ÖZET

Ok, E. (2022). Farklı Yapıdaki Opakerlerin Renk Maskeleme Etkilerinin Kıyaslanması. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi. İstanbul.

Tez çalışmamızın amacı, kullanılan iki farklı yapıdaki opaker kompozit materyali (Filtek Universal Restorative Pink Opaque ve Masking Liner) ile universal reçine kompozitin renk maskeleme etkisini üç farklı enstrümantal renk analiz yöntemi ile değerlendirmektir. Renkleşmiş diş yapısını taklit etmek amacıyla C4 rengine kompozitten diskler (8mm çap, 2mm kalınlık) hazırlanmıştır. Opak kompozit reçineler aynı çapa sahip 0,5 mm kalınlığında, universal kompozit reçine materyali ise 1 mm kalınlığında hazırlanan teflon kalıplar ile oluşturulmuştur. Renk analizleri, spektrofotometre (VITA Easyshade V; VITA Zahnfabrik), dijital kamera (700D, Canon) ve akıllı telefon ile kombine kullanılan ışık standardizasyon cihazı ile alınan fotoğrafların ile elde edilmiştir. Daha sonra spektrofotometreden elde edilen değerler ve tüm dijital fotoğraf analizleri CIELab renk uzayındaki parametreler kullanılarak bir bilgisayar yazılım programı (Classic Color Meter, Apple Corp) ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler Shapiro-Wilk, Kruskal Wallis, Anova, Friedman, post-hoc Bonferroni testi ile yapılmıştır ($p<0,05$). Gruplar arasındaki ortalama fark ve renk analiz yöntemleri arasındaki uyumu değerlendirmek için Bland-Altman analizi yapılmıştır. Opaker kompozit reçineler karşılaştırıldığında renk maskeleme yeteneği en yüksek olan pat yapıda opaker reçinenin kullanıldığı POU grubu bulunmuştur. Spektrofotometre, polarize filtre takılı Smile Lite MDP ve DSLR yöntemleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık görülmüştür ancak Bland-Altman analizi, SFM ve MDP gruplarındaki ΔE değerlerine uygulanmış olup, iki yöntem arasında uyumluluk tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : SFM, Smile Lite MDP, Dijital fotoğraf, Opaker, Renk Maskeleme

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 37614

ABSTRACT

Ok, E. (2022). Masking Effect Comparison Of Different Type Opaquer Resins. Istanbul University, Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry. Master's thesis. Istanbul.

The aim of this study is to evaluate the color masking ability of two different opaquer composite materials (Filtek Universal Restorative Pink Opaque and Masking Liner) and universal resin composite using three different instrumental color analysis methods. To imitate the discolored tooth structure, a C4-colored composite disc with a diameter of 8 mm and a thickness of 2 mm was prepared at the base. Opaque composite resins were formed with 8 mm diameter and 0.5 mm thickness Teflon molds, and universal composite resin material was prepared with 8 mm diameter and 1 mm thickness. The analysis of the color was done using a spectrophotometer (VITA Easyshade V; VITA Zahnfabrik) and photographs were taken with a digital camera (700D, Canon) and the smartphone attached with a light correcting device (Smile Lite; Smile Line). After that, all digital photographs were evaluated with software (Classic Color Meter, Apple Corp), selected because it encompassed parameters in the CIELab color space. The statistical analyses were performed by Shapiro-Wilk, Kruskal Wallis, Anova, Friedman, post-hoc Bonferroni test ($p < 0,05$). The Bland-Altman analysis was performed to evaluate a bias between the mean differences and to estimate an agreement interval. When the opaquer composite resins were compared, the group with the highest color masking ability was found to be POU. There was a statistically significant difference between the Smile Lite MDP, DSLR, and spectrophotometer however, the Bland-Altman analysis is applied to ΔE values in SFM and MDP groups and was found the agreement between the two of them.

Key Words: SPM, Smile Lite MDP, Digital Photography, Opaquer, Masking Ability

The present work was supported by the Research Fund of Istanbul University. Project No. 37614

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Son yıllarda adeziv dişhekimliğinde ve kompozit reçinelerdeki gelişmeler ile birlikte gerek minimal invaziv gerekse estetik restorasyonların yapımı artmıştır (Jang ve ark. 2009; Chen 2010) Adeziv diş hekimliğinin hızlı gelişimi, kompozit reçineleri pratikte en yaygın kullanılan materyallerden biri haline getirmiştir. Gelişmiş mekanik özellikleri ve dental dokuların kromatik ve dokusal özelliklerini doğrudan ve maliyet tasarrufu sağlayacak şekilde taklit etme yeteneği, anterior dişlerin restoratif tedavilerini minimal invaziv yaklaşım doğrultusunda hem estetik hem de fonksiyonel olarak gerçekleştirebilme imkanı sağlamıştır.

Anterior bölgede kompozit restorasyonların fonksiyonelliğinin yanısıra estetik parametreler açısından başarılı olarak değerlendirilmesi için materyalin sadece yapısal uyumunun ve manüplasyonun yanı sıra kalan diş dokusu ve çevre dişler ile renk uyumunun sağlanması diğer bir deyişle dişlerin kromatik özelliklerinin yanı sıra floresans, opalesans, karşıt opaklık, translusens ve opaklık gibi optik karakteristiklerinin de elde edilmesini gerektirir.

Diş dokularını doğal olarak taklit eden restoratif materyaller ideal olarak onlarla aynı optik özelliklere sahip olmalıdır. Kompozit reçinelerin doğasında bulunan translusensi, bu optik özelliklerin taklit edilmesine katkıda bulunur.

Çevresel ve dişe bağlı pek çok sebep ile birlikte gelişen anterior dişlerdeki renkleşme ve istenmeyen renk değişiklikleri güncel kompozit reçine materyaller ile restore edilebilmektedir. Geniş bir renk skalasına sahip kompozit sistemler günümüzde özellikle renklesme gösteren dişlerin maskelenmesine imkan sağlayan, ışığı absorbe edebilecek yapıya sahip opaker sistemleri de içerebilmektedir.

Doğal diş dokularının polikromatik renk uyumunu kompozit reçine materyallerle elde edebilmek direk restorasyon uygulamasının en zor basamaklarından biridir. Özellikle pulpa içi kanama, diş travması ve endodontik tedavi gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanan ve spesifik karakterizasyon gösteren renkleşme durumlarında da renk uyumunu sağlamak için geliştirilmiş olan rutin kliniklerimizde de kullanılan kompozit reçine sistemler ile elde edebilmek oldukça zordur.

Opakerler, yapısal özelliklerine ait farklı hue, doygunluk ve maskeleme potansiyellerine sahip güçlü pigmentler içermektedir. Yapılan çalışmalarda, opaker kullanılmadan yapılan restorasyonlarda dişin koyu rengini maskelemek amacıyla restoratif materyalin daha kalın olarak uygulanması gerektiği görülmüştür. Restoratif materyalin olması gerekenden daha fazla kalınlıkta uygulanması restorasyon konturlarının fazla olması ile sonuçlanır ancak renkleşmiş bir dişin rengini maskeleme, özellikle dişin hazırlığı minimum olduğunda belirgin bir zorluk gösterir. Renkleşmiş dişin restorasyonunda kullanılan restoratif materyalin uygun olmayan kalınlığı, restorasyonun doğal görünümünü olumsuz yönde etkiler.

Renk, klasik anlamda ışığın nesnelere çarptıktan sonra gözde oluşturduğu duyumlardır. Renk bir objeden geçen ya da objeden geriye yansıyan ışık dalgaları olarak da tanımlanabilir (Mayekar 2001). Renk duyusu ışıkla oluşmaktadır, objenin doğrudan niteliği değildir.

Doğal dişin toplam rengini; mine yüzeyinden geriye yansıyan ışık ile mine ve dentin yapısı içinde saçılarak yansıyan ışığın kombinasyonu oluşturur. Doğal dişlerin ışığı yansıtması, absorpsiyonu ve bu ışığın alt katmanlarda saçılması gibi özellikleri tam olarak taklit edilemediğinden, doğal diş görüntüsünün yapılan protetik restorasyonlarda sağlanması oldukça zordur (Fondriest 2003a).

Yapılan restorasyonun estetik ve başarılı kabul edilebilmesi için uygun form ve renkte olması gerekmektedir. Renk seçimi ve yapılan restorasyonun renginin belirlenmesi için bir çok yöntem bulunmaktadır. Görsel yöntem diğer yöntemlere göre büyük farklılıklara sahiptir. Görsel renk seçim tekniği ile spektrofotometre arasındaki farklar, skaladaki mevcut renklerin doğal diş renkleri ile örtüşmediğinden açıklanabilir.

Hastaların yüksek estetik talepleri, insan gözünün değişkenliği ve öznelliği ile birleştiğinde, objektif bir renk değeri seçimine olanak tanıyan renk ölçüm cihazlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Yeni cihazların geliştirilmesi, görsel renk eşleştirmesinin kusurlarını ve tutarsızlıklarını azaltıp ortadan kaldırmıştır. Spektrofotometreler ve kolorimetreler gibi cihazların kullanımı dental yapılarda bulunan kavisli yüzeyler ve translusens malzemeler gibi durumlarda yanlış değerlendirmeye yol açabilir.

Spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihazların her zaman kullanımının uygun olmaması dolayısıyla renk seçimi sırasında cihaz kullanımının gerekli olduğu koşullarda dijital kameraların dış rengi eşleştirme performansını iyileştirdiği ve referans renk skalaları olan bir referans fotoğrafı kullanarak daha iyi renk iletişimine izin verdiği gösterilmiştir. Dijital kamera, üç renkli görüntü elde etmek için basit ve kullanımı kolay bir sistemdir ve her kamera belirli bir duyarlılığa sahiptir ve aygıttan bağımsız $L^* a^* b^*$ renk alanına göre kalibre edilebilir.

CIELAB metriğinde, değer ne kadar büyükse, renk farkı o kadar büyük ve dolayısıyla bu fark insan gözüyle daha fazla algılanabilir. Bu sebeple renk seçimi sırasında cihazların kullanımı insan gözünün öznelliği ve değişkenliğinin yaratacağı uyumsuzlukları zaman içerisinde azaltacaktır.

Bu çalışmanın amacı renkleşmiş dişlerin kompozit reçineler ile yapılan restorasyonlarında farklı yapıdaki opakerlerin kullanımı sonrasında koyu renk maskeleme etkinliklerinin karşılaştırılarak değerlendirilmesi ve görsel ve günümüz teknolojisi ile geliştirilen yeni cihazların kullanımı ile elde edilen rengin $L^* a^* b^*$ koordinatları doğrultusunda ölçülerek tekniklerin etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Hipotezimiz farklı yapıdaki opakerlerin renk maskeleme etkinliklerinin farklı olacağı, renk analizi değerlendirmedeki sıfır hipotezimiz renk değerlendirme tekniklerinin kantitatif olarak farklılık göstermeyeceği yönündedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Sistemlerin Tarihçesi

Kompozitler, dişhekimliği terminolojisinde çoğu kez kompozit restoratif materyaller, dolduruculu reçineler, reçine esaslı kompozitler, kompozit reçineler, reçine dolgular olarak adlandırılrsa da genel olarak kompozit terimi birbiri içerisinde tamamen çözünmeyen iki veya ikiden fazla kimyasal maddenin fiziksel bir karışımı anlamına gelmektedir. Dişhekimliğinde kullanılan kompozit reçineler; sert, inorganik partiküllerin taşıyıcı bir reçine matriks içerisinde dağılması ile meydana gelir (Van Noort 2002).

1956 yılında Ray Bowen Bis Glisidilmetakrilat (Bis-GMA) monomerini geliştirmiş ve 1962 yılında bu monomeri içeren reçine kompozitleri tanıtmıştır. Kompozit reçineler organik bir matriks içerisine ilave edilen inorganik doldurucular ve bu doldurucuların organik matrikse tutunmasını sağlayan bağlayıcı kısımdan oluşan materyallerdir (Hickel ve ark. 1998; Jackson ve Morgan 2000).

Dr. Bowen, epoksi reçinelerde yer alan epoksi gruplarını geliştirdiği metakrilat grupları ile değiştirerek Bis-fenol-A Glisidil metakrilat (Bis-GMA) monomerini elde etmiş ve bu monomerin içerisine ilave ettiği inorganik gruplar ile ilk kompozit reçineleri geliştirmiştir (Willems ve ark. 1993).

1965 yılında ise günümüzde kullanılmaya devam edilen kompozit reçinelerin esas yapısını Bis-GMA ve silahlanmış kuartz partiküllerinden oluşmaktadır.(Dayangaç 2000).

2.2. Kompozit sistemlerin yapısı

Dişhekimliğinde kullanılan kompozit reçineler inorganik partiküllerin taşıyıcı bir organik matriks içerisinde dağılması ile meydana gelir.

Kompozit reçinelerin kimyasal yapısı üç kısımdan oluşur:

- 1.Organik polimer matriks (taşıyıcı faz)
2. İnorganik doldurucular (dağılan faz)

3. Ara bağlayıcılar (silan faz) (McCabe ve John 1999; Craig ve ark. 2000; Van Noort 2002; Zimmerli ve ark. 2010)

2.2.1.Organik Polimer Matriks (taşıyıcı faz)

Kompozit reçinelerin organik polimer yapısında monomerler, komonomerler, inhibitörler, inisiyatörler, ultraviyole (UV) stabilizatörler ve pigmentler bulunmaktadır (Craig 1981; Roberson ve ark. 2001; Powers ve Wataha 2008).

Reçine matriksin organik yapısını oluşturan monomerler üretan dimetakrilat (UDMA), bisfenol-A glisidilmetakrilat (Bis-GMA), trietilen glikol dimetakrilattır (TEGDMA). Kullanılan kompozitlerin bir çoğunda matriks olarak yer alan monomer Dr. Bowen tarafından geliştirilen Bisfenol-A-Glisidil-Metakrilattır (Bis-GMA) (Yücel 1995).Bisfenol A ve glisidil metakrilatın birleşmesi ile aromatik bir molekül olan Bis-GMA oluşur (McLean 1998).Yüksek moleküler ağırlığı nedeniyle Bis-GMA ve üretan dimetakrilat (UDMA) monomerler oldukça visközdürler. İlk sentez edilen monomer metil metakrilattır ve Bis-GMA bu monomere oranla daha yüksek polimerizasyon büzülmesi, yavaş sertleşme ve daha yumuşak bir yapıya sahiptir (Van Noort 2002) .BisGMA molekülünün viskozitesini azaltmak amacıyla viskozite kontrol edici olarak bilinen metil metakrilat (MMA), etilen glikol dimetakrilat (EDMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi düşük vizkoziteli monomerler ilave edilir. Yüksek moleküler ağırlık reçinenin daha az büzülmesine, kırılma olmamasına ve daha yavaş yaşlanmasına imkan tanır (Yücel ve ark. 2004; Sakaguchi ve Powers 2012).

Kompozit reçinenin renk stabilitesi ve diş dokularına olan adezyon özellikleri gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla Bis-GMA monomerinde birtakım değişiklikler yapılmıştır. 1974 yılında Foster ve Walker tarafından geliştirilen ve renk stabilitesi, adezyon özelliği daha iyi olan UDMA (üretan dimetakrilat), reçine matriksi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bis-GMA ile benzer molekül ağırlığı ve düşük viskozite özelliklerine sahiptir (Dayangaç 2000; O' Brien 2002; Van Noort 2002). Viskozitesinin düşük olması sebebiyle monomer ilavesine ihtiyaç olmadan düşük moleküler ağırlıkta doldurucu içeriğinde artış izlenebilir.Bunun yanı sıra UDMA daha fazla polimerizasyon büzülmesine uğramaktadır (Trushkowsky 2001).

Hidrofilik olması sebebiyle Bis-GMA monomerinin su emilimi sonucu doldurucuda ve bağlayıcı ara fazda erozyona ve polimer ağında su moleküllerinin yer almasına ve polimerizasyon sonrası dayanıklılık ve aşınma direncisinin düşmesine neden olur (Feilzer ve ark. 1990). Bu dezavantajın ortadan kaldırılması amacıyla Bis-GMA' nın farklı bir kimyasal formu olan Bis-EMA (Bis-etilen glikol dimetakrilat) geliştirilmiştir. Bu monomer moleküler yapı açısından Bis-GMA' ya benzemektedir ancak yapısında hidroksil grubu içermemektedir. Hidroksil grubu içermemesi sebebiyle Bis-EMA monomerinin viskozitesinin daha düşüktür ve bu özellik monomere hidrofobik olmasını sağlamaktadır. (Dayangaç 2000).

Geliştirilen monomerlerden biri de siloksan ve aksıran moleküllerinin reaksiyonu sonucu meydana gelen “siloran” dır. Bu monomerin polimerizasyonu farklı olarak katyonik halka açılması şeklinde gerçekleşir ve bunun sonucunda daha az polimerizasyon büzülmesi gözlenir. (Eckert ve ark. 2004; Sakaguchi ve Powers 2012).

Reçine materyallere ilave edilen 12-methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide (MDPB) monomeri ile antibakteriyel özellik elde edilmiştir. Matrix içinde stabil kalan ve salınım yapmayan bu monomer, bakteri üremesi ve materyal üzerinde bakteri plağı oluşumuna engel olmaktadır (Imazato ve ark. 1994).

Kompozit reçinelerin organik fazı içinde yer alan monomer ve komonomerlerin ısı, ışık, kimyasal etkenler gibi uyaranlar kendiliğinden polimerize olmasını engellemek için fenol türevi olan hidrokinon metil eter veya 2,6-di-bütil-4-metilfenol inhibitörleri kullanılır (Craig 1981; Willems ve ark. 1993).

Polimerizasyon reaksiyonunun ilk evresinde açığa çıkan serbest radikallerin fiziksel veya kimyasal uyaranlarla açığa çıkmasını sağlayan bileşenlere initiatör, hızlandıran bileşenlere ise aktivatör denilmektedir (Van Noort 1994).

İnitiatörler polimerizasyon yöntemine göre iki başlık altında incelenirler:

1. Termokimyasal İnitiatörler (Benzoil Peroksit, Aromatik Tersiyer Amin [aktivatör])
2. Fotokimyasal İnitiatörler (Kamforokinon, Alifatik Amin [aktivatör])

Otopolimerizan kompozitlerde UV ışığı ile etkileşime girerek renklenmelere neden olmaması için ultraviyole ışınlarını absorbe etmek için bu kompozitlerin organik matriks kısmına UV stabilizatörler (2-hidroksi-4-metoksi benzofenol) eklenmiştir (Willems ve ark. 1993; Craig ve Powers 2002).

Diş yapılarıyla estetik bir bütünlük sağlanması için kompozitlerin içine çok az miktarda inorganik pigmentler ilave edilmiştir (Powers ve Wataha 2008).

2.2.2. İnorganik Doldurucular (dağılan faz)

Kompozit reçinelerin inorganik matriks fazına ilave edilen inorganik doldurucuların şekil, boyut ve kimyasal yapıları kompozit reçinelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirler (Labella ve ark. 1999). İnorganik matriksin içinde dağılmış halde bulunan cam, yitrium cam, baryum, borosilikat, kuartz, silika nano partiküller, lityum alüminyum silikat, kolloidal silika, baryum alüminyum silikat, zirkonyum oksit, alüminyum oksit, silikon dioksit, stronsiyum gibi inorganik doldurucu partiküller eklenerek reçinelerin aşınmaya dirençlerini, sertlik, basma dayanımını ve elastik modülüslerini arttırmaları, termal genişleme katsayılarını düşürür, polimerizasyon büzülmelerini azaltırlar. Estetik özelliklerinin gelişmesini sağlar, translüsens özelliklerini ve radyoopasitelerini kazandırır (Craig 1981; 2002; Li ve ark. 1985; Van Noort 1994; Pinkham ve ark. 2005; Powers ve Wataha 2008).

Kompozit reçine içine ilave edilen stronsiyum, çinko, baryum ve yitrium doldurucular radyoopasite sağlar. Silika partikülleri kompozitin ışığı geçirmesini sağlayarak kompozit reçineye mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazanır. Saf silika, kristalin (kristobalit, tridimit, kuartz) ve non kristalin (silikat cam) formlarında bulunmaktadır. Kristalin formlarının sert olması sebebiyle kompozit reçinenin bitirme ve polisaj işlemi daha zordur. Bu nedenle kompozit reçineler günümüzde silikanın non kristalin formu (silikat cam) kullanılarak üretilmektedir (Roberson ve ark 2006; Burgess 2002; Peutzfeldt 1997).

2.2.3. Ara Bağlayıcılar (silan faz)

Ara faz;organik matriks ile inorganik matriks arasında bağlanmayı sağlar. Kompozitlerin fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerinin iyi olması ve bu özelliklerin uzun süre bozulma olmadan sürdürülebilmesinin yanın sıra restorasyona gelen kuvvetlerin dolduruculardan matrikse aktarılmasını sağlar. Organik silisyum bileşiği olan ve reçinenin fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerini geliştiren silanlardan oluşmaktadır.(Craig 1981; Van Noort 1994; Murchison ve ark. 2006; Roberson ve ark. 2006).

Silan bağlanma ajanları, reçine-partikül arayüzü boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, reçinenin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır, su ve tükürüğün dolgu maddesi içine geçişini önler. Ara faz eksikliğinde ise, bağlayıcı kütlenin dayanıklılığı azalmakta ve doldurucu yüzeyden ayrılmaktadır (Murchison ve ark. 2006; Roberson ve ark. 2006; Summitt ve ark. 2006).

2.3.İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklük ve Yüzdelere Göre Sınıflandırılması:

Kompozit reçineler inorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere megafil kompozit reçineler, makrofil kompozit reçineler, midifil kompozit reçineler, minifil kompozit reçineler, mikrofil kompozit reçineler, hibrit kompozit reçineler ve nanokompozit reçineler olarak sınıflandırılırlar (Dayangaç 2000).

2.3.1. Megafil Kompozitler

İnorganik doldurucu partiküller 50-100 µm büyüklüğünde olan bu kompozitler; özel durumlarda kullanılan oldukça büyük doldurucular içeren yapıdadırlar (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000).

2.3.2. Makrofil Kompozitler:

Geleneksel kompozitler olarak da adlandırılan içerisinde Quartz partiküllerinin yer aldığı makrofil kompozitlerde doldurucu partikül büyüklükleri genellikle 10–100 µm arasındadır.Ağırlıkça yüzdesi yaklaşık %70–80'dir. Makrofil kompozitlerin

içerisinde yer alan partiküllerin boyutlarının büyük ve sert olmasından dolayı organik matriks inorganik partiküllere göre daha fazla aşınma gösterir. Organik matrikste meydana gelen aşınma sonucu kompozit reçinenin yüzeyi pürüzlü hale gelir ve renkleşme görülebilir. Oklüzal aşınmalara karşı dirençlerinin düşük olmasından dolayı posterior dişlerde kullanımı tercih edilmemektedir (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000; Ferrance 2011).

2.3.3. Midifil Kompozitler

Makrofil kompozitlerin bitim ve cila işlemlerinin zor olmasından dolayı bu özelliğinin iyileştirilmesi amacıyla doldurucu partikül olarak zirkonyum silikat, stronsiyum veya baryum içeren midifil kompozitler geliştirilmiştir. Doldurucu partikül büyüklüğü ortalaması 1–10 µm arasında değişmektedir (Robertson ve ark. 2006; Kugel 2000).

2.3.4. Minifil Kompozitler

Minifil kompozitlerin doldurucu partiküllerin büyüklüğü 0,1–1µm boyutlarındadır. Aşınmaya karşı dirençlerinin arttırılması, daha iyi cilalanabilirlik ve radyoopasite için kuartz yerine inorganik doldurucu olarak baryum, stronsiyum ve cam ile yoğunlaştırılmış partiküller içerir. Aşınmaya karşı direncin arttırılmasıyla birlikte minifil kompozitler II. ve IV. sınıf kavitelere de kullanılabilir (Robertson ve ark. 2006; Kugel 2000).

2.3.5. Mikrofil kompozitler

Mikrofil kompozitler doldurucu partikül olarak kolloidal silika içeren ve partikül büyüklüğü 0,01-0,1 µm olan kompozitlerdir. Partikül miktarı makrofil kompozitler ile kıyaslandığında daha azdır. Partikül yüzdesi ağırlıkça yaklaşık %35-60 arasında, partikül hacmi ise yüzde %20-25 arasında olduğundan dolayı yüksek konsantrasyonda doldurucu içeren kompozitlerle karşılaştırıldığında düşük elastiklik modülü ve kırılma direncine sahip olduklarından dolayı yüksek stres altındaki posterior restorasyonlarda kullanımları uygun değildir. İyi cilalanabilirler bu nedenle anterior dişlerin

restorasyonlarında kullanımları uygundur (Robertson ve ark. 2006; O'Brien 2008; Dayangaç 2000).

2.3.6. Hibrit Kompozitler

Farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerin karışımı ile oluşan kompozit reçinelere hibrit kompozitler adı verilir.. 0,04 μm ve 1–5 μm boyutlarında (ortalama 0.6 μm) farklı doldurucu partiküller içeren hibrit kompozitlerin partikül büyüklüğü makropartiküllü reçinelerden daha küçük olup partikül miktarı ise mikropartiküllü reçinelerden daha fazladır. Ağırlıkça %70-%80 oranında partikül içerirler. Fiziksel ve mekanik özellikleri ile makrofil ve minifil kompozitlere, yüzey düzgünlüğü ile de mikropartiküllü kompozitlere benzemektedir. Hibrit kompozitler içerisinde bulunan büyük partiküle göre isimlendirilirken küçük partiküller, karışımın ikinci bileşenidirler (Robertson ve ark. 2006; Dayangaç 2000).

Hibrit kompozitlerde modern hibrit doldurucuların çoğu kolloidal silika (0.04 μm) öğütülmüş cam partiküllerden (0.6-2 μm) oluşur. Toplam doldurucu içeriği ağırlıkça %75-80'dir. Hibrit kompozitlerin içerisindeki cam partiküllerin ortalama boyutları 1 μm 'un altında olduğunda mikrohibrit kompozit olarak adlandırılır. Mekanik ve estetik özelliklerin geliştirildiği bu kompozit türü hem anterior, hem de posterior restorasyonlarda uygulanabilen kompozit türleridir (Yücel ve ark. 2004).

2.3.7. Nanokompozitler

Nano birimi bir metrenin milyarda biri veya bir mikronun binde biri olarak ifade edilmektedir. Nanoteknoloji ise, maddenin 1 ile 100 nanometre boyutlarındaki davranışlarını anlama ve kontrol etme bilimidir.

Günümüzde nano teknoloji ile hedeflenen daha küçük, daha hafif ve daha dayanıklı materyallerin üretilmesidir. Nanopartikül teknolojisinde, geleneksel teknolojiye büyük kütlelerin öğütülmesi ile oluşturulan doldurucu partiküllerden farklı olarak atomun atoma, molekülün moleküle ilavesi ile küçük birimlerin bütünü oluşturmaları şeklinde gerçekleşmektedir (Mitra ve ark. 2003).

Nano-partiküllü kompozit reçinelerin organik yapısı geleneksel ve hibrit kompozit reçinelere benzer polimer yapılardan, inorganik yapı ise nanomerler ve

nanomer gruplar (nanokümeler) olarak iki ayrı kısımdan oluşur (Davis 2003). Nanokompozit reçinelerin yapısında yer alan nanomerler 5–75 nm büyüklüğünde, kümeleşmemiş tek tek partikül şeklindedir. Organik yapı içerisinde ise silanla çevrelenmiş şekilde yer alan silika partiküllerini içermektedir. Reçine matriks içerisindeki bu partiküllerin bir kısmı dağılmış olarak yer almaktadır. (Mitra ve ark. 2003).

Nanokompozit reçinelerin yapısındaki nanodoldurucuların boyutlarının daha küçük olmasından dolayı yüzey alanındaki artışa bağlı olarak kompozit reçinedeki organik ve inorganik yapı arasındaki bağlanma kuvvetini artmıştır.(Mitra ve ark. 2003).

Nanokompozitler, nanofil kompozitler ve nanohibrit kompozitler olarak iki kısımdan oluşturmaktadır. Nanofil kompozitlerin partikül boyutu 0,005–0,01µm arasındadır. Doldurucu oranı ağırlıkça % 80-90 arasında değişmektedir. Partikül boyutları küçüktür ve bu sebeple polimer zincirleri arasına girebilirler. Translusenliği yüksek kompozit reçinelerdir. Doldurucular küresel ve gren boyları dardır ancak silika kökenli olmayabilir. Yüksek doldurucu içermelerine rağmen düşük viskoziteye sahip, kondanse edilebilir kıvamdadırlar.(Dayangaç 2000).

Doldurucu oranları, geleneksel kompozit reçineler ile kıyaslandığında daha fazladır. Polimerizasyon büzülmesi daha az gözlenir ve buna bağlı olarak su emilimi de azalmıştır. Nanokompozit reçinenin, doldurucu partikül yüzdesinin artırılması kırılma ve aşınmaya karşı direncinin artmasına ve cilalanabilirlik özelliklerinin hibrit kompozitlere göre daha iyi olmasına neden olur. Estetik ve uygulanması kolay kompozit materyallerdir (Yücel ve ark. 2004; Yap ve ark. 2004).

2.4. Kompozit Materyal Seçimi

Restorasyonun başarısını etkileyen faktörlerden bazıları da kullanılacak kompozitin türü ve özelliğidir. Anterior direkt restorasyonlarda günümüzde artan estetik beklenti ile birlikte, yapılacak restorasyonların doğal diş dokusunu en iyi şekilde yansıtan, hem mekanı hem de optik özellikleri iyi olan kompozit reçineler kullanılmalıdır (Nahsan ve ark. 2012)

Anterior restorasyonlarda kullanılacak kompozit reçineler, nano boyutlu partiküller içeren, aşınma direnci yüksek, dayanıklı ve aynı zamanda iyi cilalanabilir

olmalıdır (Terry, 2004). Cilalanabilirliği yüksek olan kompozit reçineler, zaman içerisinde parlaklığını koruma ve renkleşmelere karşı daha dayanıklı olmaları gibi avantajlara sahiptir (Say ve ark., 2003).

Kompozit materyali seçilirken inorganik doldurucu yanı sıra kompozit reçinenin yüzeyden ışığı yansıtma miktarı yani 'value' değerine de dikkat edilmelidir (Nahsan ve ark. 2012). Value parametresi, Munsell Renk Sistemi'nde gri ve tonlarını ifade ederken, kompozitin ışığı yansıtma ya da geçirme miktarını belirtir. Value oranı yükseldikçe kompozit reçinenin ışığı daha az geçireceği, value oranı azaldıkça ise ışığı daha çok geçireli bilinmektedir.

Value oranı yüksek olan kompozit reçine daha opak, düşük olan ise daha translusesns özellik gösterir (Suhasini ve ark. 2015) Renk maskelenmesi gereken bir restorasyon yapılacak ise value değeri yüksek daha opak bir kompozit reçine tercih edilmelidir (Fahl, 2007). İnsizale doğru restorasyona uygulanacak kompozit reçinenin doğal diş taklit edebilmesi için value değeri düşük translusent kompozit reçineler tercih edilmelidir (Carney & Johnston, 2017).

Kompozit reçine setlerinde yer alan renklerin value değeri birbirinden farklıdır. Dentin renklerinde value değeri yüksek, mine renklerinde ise daha düşüktür. Bazı kompozit setlerinde mevcut bulunan 'Body' renklerinin ise value değeri dentin ve mine kompozitleri arasında bir değerdir (Korkut, 2018).

2.5.Tabakalama Teknikleri

Anterior kompozitler restorasyonlar için yaygın olarak uygulanan teknik, monokromatik tekniktir (Manuata ve Salat 2013). Adından da anlaşılacağı gibi, ister sadece mine, ister hem mine hem de dentin olsun, kaybolan diş yapısını yerine koymak için sadece bir kompozit rengin kullanılmasını içerir. Doğal bir dişte bulunan karmaşık renk ve optik özellikler tek bir kompozit renk tonu ile yeniden üretilemediğinden, çoğu zaman tek renkli bir teknik kullanmak optimal estetik sonuçlar vermez (Mackenzie ve ark. 2013; Terry 2003). Bununla birlikte, geliştirilmiş restoratif materyallerin yaratılmasındaki son gelişmeler, restorasyonun tamamı için sadece tek bir renk tonu

kullanılarak doğal estetiğin yeniden üretilmesine izin veren daha yeni bir “ışıkla sertleşen nano-hibrit kompozit” geliştirilmesine yol açmıştır (Fahl 2012).

Bu nanohibrit kompozit, ışığı hem yansıtan hem de kıran, doğal dişin tam optik özelliklerini kopyalayan ve dolayısıyla herhangi bir polikromatik yaklaşım gereksinimini ortadan kaldıran "çok yönlü doldurucu" içerir. İnce bir bölümde kullanıldığında, ön dişlerin kesici kenarlarını restore etmek için gerekli olan translusensliği sergilerken, daha kalın bir bölümde, bu nanohibrit kompozit reçine ışığı emerek doğal kromatik dentinin daha koyu, doygun görünümünü mükemmel bir şekilde taklit eder (Blank 2011).

Tabakalı kompozit restorasyonlar oluşturmak için polikromatik bir yaklaşımın kullanılması tavsiye edilmektedir. Kaybedilmiş veya etkilenmiş diş yüzeyini oluşturmak için bir dizi farklı kompozit tonu kullanan gelişmiş bir klinik tekniktir (Fahl 2007). Bu teknikle klinisyen, son restorasyonun formunun yanı sıra rengi de kontrol edebilir, böylece oldukça estetik ve etkili sonuçlar elde edebilir (Fahl 2006; Griffin 2011). Bu tabakalama tekniğinde ustalaşmak için klinisyenin hem doğal dişin hem de mevcut materyallerin özellikleri ve optik özellikleri konusunda bilgili olması gerekir (Fahl 2010; Griffin 2008; Fahl 2011).

Anterior estetik restorasyonlarda aşınma dirençleri, dayanıklılığı yüksek olan ve iyi çilalanabilen çok sayıda nano-boyutlu partikül içeren kompozit reçineler tercih edilmektedir (Terry, 2004). Çilalanabilirlik özelliği bir kompozit restorasyonun parlaklığını koruyabilmesi ve renkleşmelere karşı dirençli olmasını ifade eder (Say ve ark. 2003). Kompozit seçiminde inorganik doldurucudan başka kompozit reçinenin yüzeyden ışığı yansıtma miktarı olarak ifade edilen ‘value’ parametresi önemlidir (Nahsan ve ark. 2012). Munsell Renk Sisteminde gri tonlarını belirten ‘value’ değeri, kompozit reçinenin ışığı yansıtma ya da geçirme miktarını ifade eder. Value oranı yüksek olan bir kompozit rengi ışığı az geçireceğinden daha opak, value oranı düşük olan bir kompozit rengi ise ışığı daha çok geçireceğinden daha translusent özellik kazanır (Suhasini ve ark., 2015).

Maskelenmek istenen bir alan varlığında kompozit seçimi yapılırken value değeri yüksek olan yani daha opak bir kompozit reçine tercih etmesi gereklidir (Fahl 2007). İnsizal kenarda izlenen bir halo efekt ya da mamelon mevcutsa bunu taklit edebilmek için value oranı düşük olan, translusent bir kompozit tercih edilmelidir (Carney & Johnston, 2017). Kompozit reçine setlerindeki yer alan farklı renklerin her birinin ‘value’ değerleri doğal dokuları taklit edebilmek amacıyla farklıdır. Value değeri ‘Dentin’ renklerinde yüksek, ‘Mine’ renklerinde ise düşüktür. Bazı kompozit reçine setlerinde yer alan ‘Body’ renkleri ise dentin ve mine renkleri arasında bir value değerine sahiptir (Korkut, 2018).

Polikromatik yaklaşım, doğal diş yapımızın da polikromatik olması, değişken kalınlıkta olması ve dolayısıyla dişin farklı bölümlerinde dentin ve minenin değişen bir kroma ve translusensliği olması gerçeğiyle desteklenir (LeSage ve ark. 2011). Bu nedenle, bu teknikler, tercihen doğal diştten bir ton daha yüksek bir chroma ile tek bir dentin renginin seçimini önerir (Fahl 2012). Mine görünümünü elde etmek için kromatik ve akromatik tonların bir kombinasyonu kullanılmalıdır. Kromatik mine tonları, daha doygun bir rengin ve daha yüksek bir opaklığın algılanabildiği gingival üçlüde tercih edilirken, kesici dişte alttaki mamelonların görülebilmesi için daha yüksek translusensliğe sahip akromatik tonlar kullanılır (Fahl 2012; Fahl 2011). Orta büyüklükte bir sınıf IV direkt kompozit restorasyon veya bir direkt kompozit veneerler için, aşağıdaki farklı kompozit tonlarının kullanılması önerilir (Fahl 2006):

- 1- Yüksek chroma ve yüksek value sahip bir dentin rengi
- 2- Mine rengi için dentinin aksine düşük chroma düşük value sahip bir kompozit reçine
- 3- İnsizal üçlüde efektler oluşturmak için translusent bir kompozit reçine
- 4- Kontur ve ‘halo efekt’ oluşturmak için yüksek opaklığa sahip kompozit reçine
- 5- Restorasyonun en dıştaki en son tabaka oluşturmak için “value efektli mine” rengi
- 6- Alttaki dişte güçlü bir renk değişikliğinin gizlenmesi gereken durumlarda mine ve dentin tonları ile birlikte kullanılacak opakerler.

Bir renk şeması, restorasyon oluşumu için çeşitli kompozit renk tonlarının seçiminde yardımcı olabilir. Polikromatik teknik, biraz tekniğe duyarlı ve zaman alıcı olsa da, doğal diş yapısını taklit etmede ve hastanın kozmetik beklentilerini karşılamada kabul edilebilir sonuçlar elde edilebilir (Fahl 2007).

2.6. Universal Kompozit Reçineler

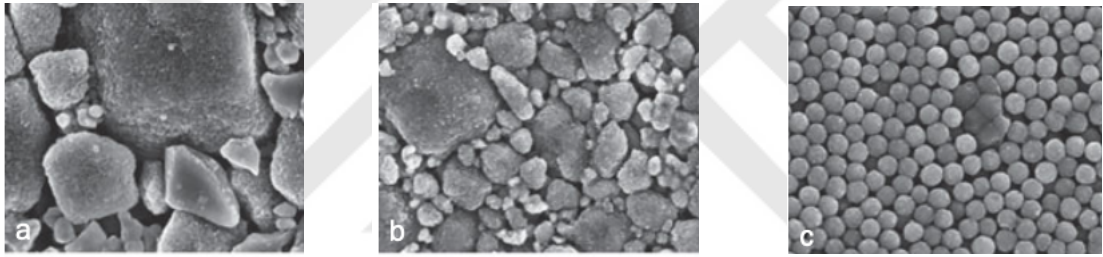
Modern restoratif dişhekimliğinde kullanılan kompozit reçinelerde meydana gelen gelişmelerle birlikte, materyallerin uygulama şekillerinde değişiklikler yaşanmıştır. Kompozit reçinelerin partikül boyutunda, morfolojisinde ve organik matriks yapısında meydana gelen gelişmelerle restorasyonların ömrünün uzaması sağlamıştır. Bu gelişmelerle birlikte hem anterior hem de posterior restorasyonlarda kullanılabilecek “Universal” veya “çok amaçlı” kompozit reçineler tanıtılmıştır (Lu ve ark. 2006). Bu materyaller diğer kompozit reçinelere kıyasla daha iyi cilalanma ve aşınma direnci gibi özellikler kazanmıştır (Cobb ve ark. 2000). Bu grup içerisinde ilk piyasaya sürülen materyal 0,6 µm büyüklüğünde baryum silikat doldurucu içeren Herculite XR’dir (Kerr) ve daha sonra da Filtek Z250 (3M ESPE) materyali tanıtılmıştır.

Bu materyaller universal bir opaklık değerine ve birkaç Vita rengine sahiptir. Farklı diş renkleriyle eşleşebilme özelliği bulunan bu materyallerin uygun renk seçimi sonrası monokromatik teknik kullanılarak uygulanması tavsiye edilmektedir (Suh ve ark. 2017). Bu materyallerin geliştirilme aşamasında yaşanan en büyük zorluk dentin ve minenin optik davranışına uygun olan optimum translusensliğini bulmaktır (Ikeda ve ark. 2005).

Translusenslikle doğrudan ilişkili olduğu bildirilen bir faktör, doldurucu içeriğidir; yüksek doldurucu içeriği, translusensliği etkileyen optik saçılımını etkileyebilmektedir. Yüksek translusensi değerine ve yüksek doldurucu içeriğine sahip kompozit reçineler daha düşük value değeri ile kıyaslandığında daha yüksek translusens değerleri bulunmuştur. Translusens değeri ne kadar yüksekse, ‘belnding efekt’ de o kadar yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Suh ve ark. 2017).

Universal kompozitlerde yaşanan son gelişmelerle birlikte A1'den D4'e kadar tüm Vita Classical tonlarıyla (Vita, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) eşleşme potansiyeline sahip tek renkli bir universal kompozit reçine materyali (Omnichroma, Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) oluşturuldu. Materyalin bu özelliği ortam ışığı kompozitten geçerken kırmızıdan sarıya renk üretebilen tekdüze 260 nm küresel doldurucu partiküllerin dahil edilmesi ile elde edilmiştir (Pereira Sanchez ve ark. 2019).

Universal kompozit reçinelerin çoğu farklı translusentlik göstermediğinden tabakalama tekniği, yani mine, dentin ve body rengi uygulaması gerektirmeyen kompozit reçine materyalidir. Universal kompozitler; direk restoratif prosedürler için endike olmaları, bukalemun etkisinin bir sonucu olarak daha az renk seçeceği ve tek bir translusent değeri, iyi cilalanabilirlik gibi avantajlar sunmaktadır.



Şekil 2-1: Universal kompozit reçineleri gösteren SEM mikrografları. Bar = 1 μm ; orijinal büyütme = 20.000X.

- A. Universal bir hibrit kompozit nanodoldurucu kümeleri;
- B. Universal bir nano doldurucu (nanofil) kompozit reçine;
- C. Universal bir mikro doldurucu kompozit reçine.

2.7. Opaker Reçineler

Mine, 400 ila 700 nm arasında değişen farklı dalga boylarındaki ışığı yansıtan, ileten ve emen mineralize prizmalardan oluşan translusent bir dokudur. Görünür bir ışın mine tabakasına girdiğinde belli bir kısım dentine ulaşır ve sonunda yüzeye doğru yansır. Bu fenomen, dentin ve minenin renk tahmini ile sonuçlanır (Baratieri ve ark. 2007). Diş dokularının farklı translusensliği ve kalınlıkları, görünür ışığın birleşik optik fenomeni olarak dişlerin rengini doğrudan etkiler (Joiner 2004). Öte yandan, özellikle diş preparasyonu minimal olduğunda, rengi bozulmuş bir dişin koyu arka planını maskelemede belirgin bir zorluk gösterir (An ve ark. 2013; Kim ve ark. 2009). Rengi bozulmuş dişin arka plan yansıtma özelliği ve kullanılan restoratif materyalin uygun olmayan kalınlığı, restorasyonun doğal görünümünü olumsuz etkiler (Felippe ve Baratieri 2000).

Bazı reçine kompozit sistemler, opak kompozit reçinelerin tonlarını sunar. Bu opak tonların translusensliği dentin veya mine renklerine göre daha düşük olduğu bildirilmektedir (Felippe ve Baratieri 2000). Opakerler, güçlü opaklaştırma yeteneklerinden, karakteristik renk tonlarından ve doygunluklarından sorumlu olan metal oksitler içeren, yüksek oranda pigmentli reçineli materyallerdir. (Felippe ve Baratieri 2000). Absorpsiyon ve saçılma arasındaki karmaşık etkileşim yoluyla arka plan etkisini maskeleme yeteneği, kompozit reçineye titanyum oksit veya alüminyum oksit gibi opaklaştırıcılar ekleyerek ve böylece gözlemciye yansıyan ışığı artırarak elde edilebilir (An ve ark. 2013). Opakerler akışkan viskozitede, baz-katalizör pasta formunda veya toz/likit olarak mevcuttur. Ancak formlarına rağmen tüm opakerler çok ince tabakalar halinde (0, 1-0.5mm) uygulanmalıdır (An ve ark. 2013). Seçilen opakerin tonu, direkt veneerin final tonuna yakın olmalıdır (An ve ark. 2013).

2.8 Diş hekimliğinde Renk

Diş hekimliğinde estetik anlayışın en önemli bileşenlerinden biri renktir. Renk, görünür ışığın gözün retinasına bir nesne yoluyla değişik biçimde ulaşması ile ortaya çıkarak beyin tarafından yorumlanan psikofiziksel bir algıdır.(Chu ve ark. 2004;

Fairchild 2005). Rengin algılanabilmesi için ortamda nesne, gözlemci ve ışık kaynağı olması gereklidir.(Fondriest 2003).

Nesne ışığı kaynaktan yansıtır, absorbe eder veya iletir. Yansıyan ışık renk seçimi sırasında belirleyicidir ve bu şekilde ortaya çıkan bu görsel duyular göz aracılığı ile beyine iletilir. Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpması ve kısmen soğurulup kısmen yansması nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılır. Retinada yer alan çubuk ve koni şekillerindeki iki farklı tip fotoreseptör rengin bileşenlerinin seçilmesine yardımcı olur. Çubuk hücreler renge duyarlı değildir renkleri grinin tonları olarak algılar, siyah ve beyaza tepki verir ve ışığı kaydederken, koni tipi fotoreseptörler ise renkli görmeyi sağlar.

2.9. Işık İle İlgili Kavramlar

2.9.1. Işığın Kırılması, Yansması Ve Absorbsiyonu

Renk algısı bir cismin sadece ana rengi ile ilgili değildir. Işık dalgalarının cismin yüzeyine çarpması sonucu ışığın kırılması, absorbe edilmesi, soğurulması, yansıtılması veya iletilmesi ile ilgili bir kavramdır. Bu durum cismin şeffaflığı (transparanlık), yarı şeffaflığı (translulentlik) ve opaklığı ile ilgili bir özelliktir.

Bir cismin üzerine düşen ışık demeti; güneş veya yapay ışık kaynaklarından direkt veya yansıyarak objeye ulaşır. Cismin bu ışık demetini absorbe etmesi, yansıtması ya da geçirmesi sonucu rengin niteliği ortaya çıkmaktadır (O'Brien 2002; Chu ve ark.2004). Doğal dişlerin yapısında yer alan mine ve dentin dokuları karmaşık bir histolojik yapıya sahiptir. Minede en dışta prizma içermeyen bir tabaka ile altında apatit kristallerinden oluşan ve üstteki tabakadan net bir biçimde ayrılmış bir tabaka vardır.

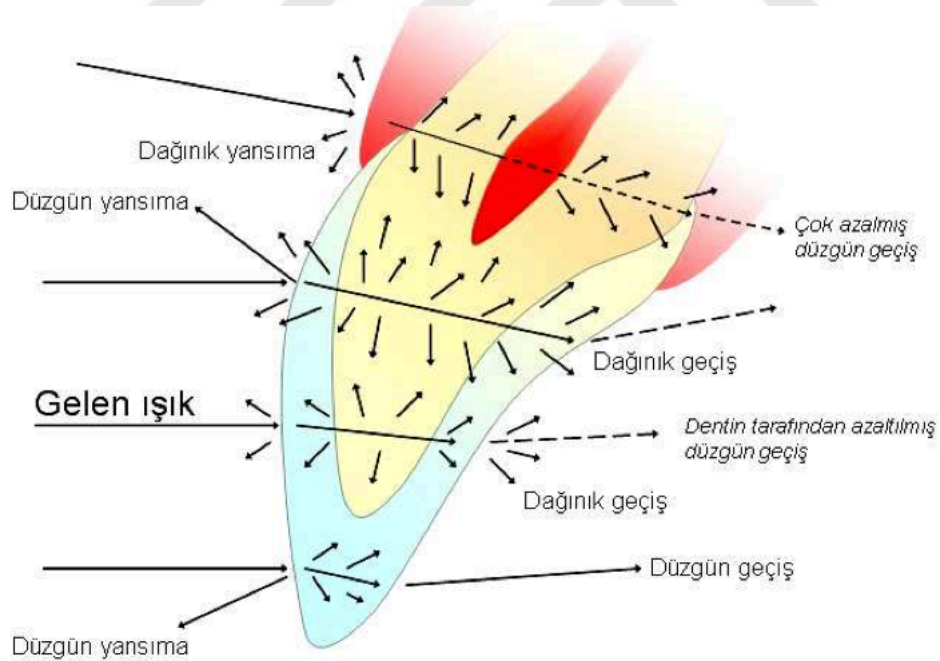
Her bir apatit kristali gelen ışık için ayrı bir ortam oluşturur. Apatit kristalleri ışığı dişin iç kısmına doğru yönlendirirken, ışık kristallerin birbirlerine temas eden sınırlarından geçerken de kırılmaya uğrar ve bir kısmı da yansıtılarak apatit kristalleri tarafından dışarı doğru yönlendirilir (Rosenstiel ve ark.2001).

Yansıma; bir cismin yüzeyine çarparak değişikliğe uğrayan ışığın enerjisinin bir kısmı absorbe edilir ve sonrasında yansır. Cisimden geçemeyip yansıyan ışığa da “yansıyan ışık” adı verilir. Cismin yüzey özelliklerine bağlı olarak yansım

1- Düzgün yansıma: Düz bir obje üzerine düşen paralel ışık demetinin obje üzerine geldiği açının aynısıyla geri yansımasıdır

2- Dağınık yansıma: Pürüzlü ve düzgün olmayan bir objeye gelen ışık demetinin geldikleri açıdan farklı açılarla birçok yöne dağılmasıdır.

Başarılı bir restorasyon için en önemli olay ışığın dağınık yansımasıdır. Doğal dişler yapısındaki prizmalar ve interprizmatik yapılar, ışığın renkleri her yöne yansıtmasını sağlarlar. Restorasyonlara da canlı ve estetik bir görünüm verebilmek için her yöne yansımasını sağlamak gerekir (Muia 1985; Craig 1989).



Şekil 2-2: Işığın kırılma ve yansıması

Absorbsiyon; objenin üzerine ışık geldiğinde objenin rengine göre belirli dalga boylarında olanlar obje tarafından absorbe edilmesidir. Objenin rengi dışındaki bütün dalga boylarına sahip ışınlar absorbe edilir. Bu özellik, objenin temel rengini belirler. Gelen ışık demetindeki mavi ve kırmızı ışınları absorbe eden ve sarı ışınları yansıtan bir obje sarı görünür (Muia 1985; Chu ve ark.2004).

Sarı obje, sarı dışındaki başka bir monokromatik ışık altında ya da sarı ışığın dalga boyuna sahip olmayan bir multikromatik ışık kaynağı altında yansıtılacak sarı ışık olmadığından dolayı bütün ışıklar absorbe edilir ve obje siyah görünür.

2.9.2. Rengi Etkileyen Optik Özellikler

Bir cismin rengi cismin şeffaflığı (transparan), yarı şeffaflığı (transludent) ve opaklığı ile de ilgilidir. Mine ve dişi çevreleyen destek dokular yarı şeffaf dokulardır (Craig 1989).

Bir cismin görünümünü ve rengini etkileyen, floresans, fosforesans, opalesans, parlaklık ve metamerizm gibi özelliklerinin de iyi anlaşılması gerekmektedir. Anterior restorasyonlar sadece şekil ve form bozukluklarını düzeltmek amacıyla ya da çürük ve madde kaybı gibi sebepler dışında diş renklemelerini maskelemek amacıyla da uygulanır. Ekstrinsik veya intrinsik renklemeler sebebiyle renklemiş dişlerin rengini örtmek için kullanılacak materyallerin renk maskeleme kabiliyetleri optik özelliklerine ve kalınlıklarına bağlıdır (Sakaguchi ve ark. 2018).

2.9.2.1. Opaklık

Objenin ışığın geçişinin engellemesi saydam olmama durumudur. Bir obje tam olarak opak ise translusensi değeri sıfırdır (Craig 1989; Chu ve ark.2004).

2.9.2.2. Translusensi

Cismin ışığın geçişine ne kadar izin vereceğini tanımlar. Işığın geçiş derecesine göre cisim tam opaklık ve tam şeffaflık arasında değişen bir görünüme sahiptir. Tam

opaklık durumu ışığın geçişinin engellenerek altta kalan yapıların görünmesini engellerken, tamamen şeffaf bir obje ışığı dağıtmadan alt tabakalara iletir ve alt katmanın ışığın ulaşması sonucunda görünmesini sağlar. Bu durum diş dokularının özellikle mine ve dentinin karakterizasyonu ve kalınlığı ile yakından ilişkili olup özellikle kesici kenarlardaki ışık geçişlerini tanımlar. Özellikle kesici kenar ve insizal 1/3 alanın direk veya indiren restorasyonlarında translusensi doğal bir görünüm yakalamak için oldukça önemli olup bu alanların mutlaka tabakalama tekniği kullanılarak uygulanması gerekir (Craig 1989; Chu ve ark.2004).

2.9.2.3. Parlaklık

Cismin yüzeyi tarafından yansıtılan ışığın geometrik dağılımından kaynaklanan bir görsel görüntü olup yüzeyin ayna benzeri görev görüp ışığı yansıtabilme miktarı ile tanımlanır. Bu özellik yüzeyin cilalı ve parlak bir görünüm almasına neden olarak bu şekilde rengin algılanmasına önemli ölçüde etkiler. Pürüzsüz yüzeylere gelen ışığın açısı aynı açı ile geri yansırken, pürüzlü yüzeylerde bu açı dağılarak geri yansır ve yüzey daha az parlaklıkta gözükür. Bu nedenle diş minesinin yüzeysel mikromorfolojisi rengin parlaklığı açısından oldukça önemli olup restorasyon yüzeyleri mümkün oldukça morfoloji dahilinde pürüzlülük değeri en minimalde elde edilmeye gayret edilmelidir (Craig 1989; Chu ve ark.2004).

2.9.2.4. Opalesans

Bir cismin ışığın yansıttığında farklı bir renk, ışığı geçirdiğinde ise farklı bir renk görünmesi olarak tanımlanan optik özelliktir. Özellikle cismin içeriğindeki farklı yapısal özellikler ışığın farklı dalga boylarını farklı açılarda kırarak rengin değişik tonlarda algılanmasına neden olur. Diş minesinde yer alan hidroksiapatit kristalleri de benzer özellik gösterir. Minenin bu özelliği dişi aydınlatır, optik bir derinlik ve canlılık katar. Bu durum diş minesinin beraber kullanıldığı materyallerin ışığı farklı açılarda kırması ile sonuçlanan ve ortaya farklı renk algısının doğmasının açıklanmasına yardımcı olur. (Overheim ve Wagner 1982; Winter 1993; Ten Bosch ve Coops 1995).

2.9.2.5. Floresans

Bir tür lüminesans olarak tanımlanan diğer bir deyişle, cisim tarafından ışığın absorbe edilerek cisim boyunca ışığın yayılmasıdır. Işığın genellikle ultraviyole (UV) ile uyarılmasının, bir floresan madde emilen enerjinin bir kısmını daha uzun dalga boyları biçiminde yeniden yayılarak floresan etki ortaya çıkar. Diş minesi ve dentin birbirinden farklı yapıya ve içeriğe sahip olduğundan farklı floresans özellik gösterirken kullanılan restoratif materyallerin de floresan özellikleri diş dokularından farklılık içermesi sonucunda bazı durumlarda ideal renk uyumunu elde etmek oldukça zorlaşabilmektedir. Floresans özelliğe sahip restorasyonlar daha parlak ve canlı görünür (Winter 1993; McLaren 1997; Fondriest 2003).

2.9.2.5. Metamerizm

Bir cismin farklı ışık kaynakları altında farklı renkleri verme durumudur. Metamerizm özellikle ortamın aydınlatması ile yakından ilişkili olup diş dokularına farklı ortamlarda gelen ışığın farklı renk algısına sebep olma durumunu açıklar (Pensler 1998; Fondriest 2003).

Gözlerimizde bulunan reseptörler özellikle kırmızı, yeşil, mavi renklerde hassasiyet gösterirken özellikle renk seçimi yaparken metamerizm etkisini en aza indirmek amacıyla tercihen doğal gün ışığı parametreleri altında renk seçimi yapılması önerilmektedir (Abadie 1984).

2.10. Renk sistemleri

2.10.1. Munsell renk sistem

1905 yılında Munsell'in rengi üç boyutlu olarak şematize etmesi sonucu ortaya çıkan bir renk sistemidir. Hue, Value ve Chroma terimleriyle ifade edilir (Panariva ve ark. 2004).

2.10.1.a. Hue

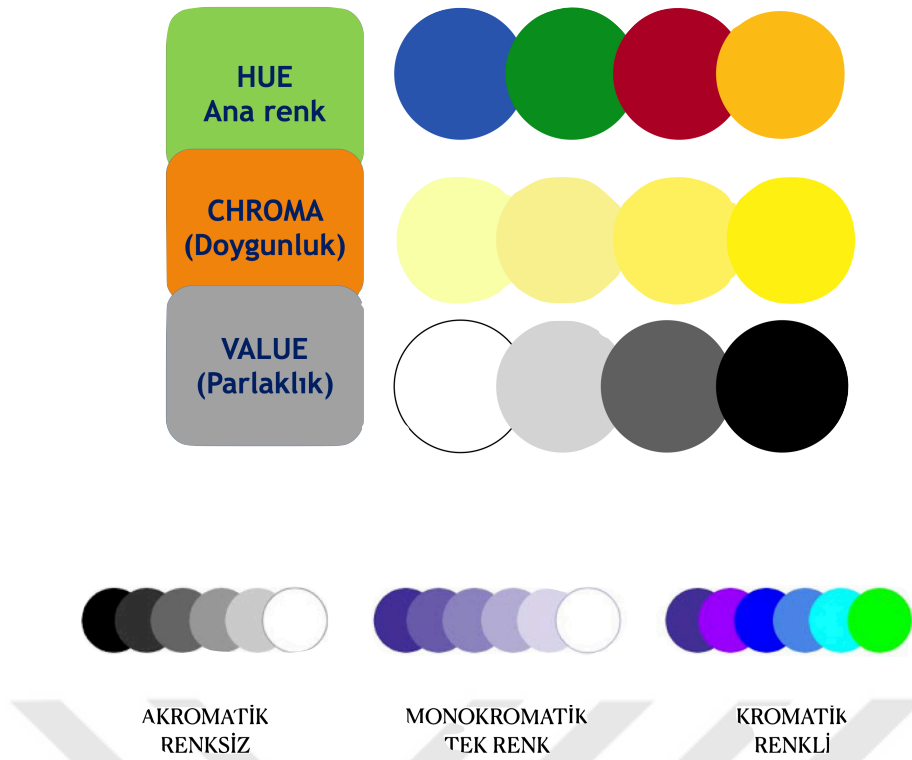
Hue, ana renkler arasında ayırım yapılmasını sağlar. Bir nesnenin kırmızı, sarı, yeşil, mavi, mor ana renklerinden hangisine ait olduğunun belirtilmesini sağlar. Munsell'in üç boyutlu renk şeması olarak tanımlanan görsel spektrumda ana renkler bir dairesel ölçek boyunca kırmızıdan sarıya, yeşile, maviye, mora ve tekrar kırmızıya kadar değişerek beş farklı alanda yerleştirilmiştir. Bunlar temel bir renk skalasında bulunan saf renklerdir. Daire içerisinde yerleşmiş olan ana renklerin geçişleri ise birbirlerinin karışımı şeklinde devam eder. Bu şekilde bir nesnenin ana renk-hue- değeri temel ana renk ile kıyaslandığında daire içerisinde yerleştiği alan dikkate alınarak daha kırmızı daha sarı daha yeşil veya daha mavi gibi terimlerle belirtilebilir (Mayekar 2001; Fondriest 2003).

2.10.1.b. Value

Value değeri ana rengin parlaklığını ifade eder. Görsel spektrumda grinin tüm tonlarını temsil eden en altta siyah, en üstte beyaz olacak şekilde dikey eksen boyunca yer alan ölçektir. Munsell sisteminde 0 siyah, 10 beyazdır. Doğal dişin Value değeri 4-8 arasındadır. Rengin daha açık veya koyu olması şeklinde ifade edilir. Örneğin dişte beyazlatma işlemi sonrasında aynı ana rengin daha açık veya parlak görünmesi dişin value değerinde diğer bir deyişle parlaklık oranının beyaza doğru ekseninde artış olduğu şeklinde tanımlanır (Rosenstiel ve ark. 2001; Nohl ve ark. 2002; Fondriest 2003).

2.10.1.c. Chroma

Hue, ana renkleri sınıflarken chroma değeri aynı ana rengin doygunluğu ve yoğunluğunu tanımlar. Akromatik dikey eksenden (value ekseninden) uzaklaştıkça renk daha yoğun ve daha doygün hale gelir. Bu durum dikey eksene yaklaştıkça daha az yoğunlukta daha soluk ve zayıf bir görünümün oluşmasına neden olur. Chroma-yoğunluk genellikle daha kromatik veya daha az kromatik olarak ifade edilebilir. Yoğunluk ve parlaklık birbiri ile ters orantılıdır. Doğal dişlerin Chroma'sı 0-7 arasında değişir (Hammad ve Stein 1991; Fondriest 2003).



Şekil 2-3: Hue&chroma&value , Akromatik, monokromatik ve kromatik renk değerleri

2.10.2. CIELAB renk sistemi

Dışhekimliği klinik ve laboratuvar uygulamalarında rengin kantitatif olarak değerlendirilmesi amacıyla çeşitli ölçüm sistemleri kullanılır. Bu amaçla en sıklıkla kullanılan sistem Munsell'in geliştirmiş olduğu yukarıda tanımlanan hue-value-chroma belirteçlerinden oluşan (HVC) sistemi ve Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage [CIE]) tarafından geliştirilen iki sistem mevcut olup sıklıkla kullanılan renk işaretleme sistemi CIELAB (CIE $L^* a^* b^*$ veya CIE 1976) sistemidir. (Seghi ve ark.1986; Fondriest 2003b; Paravina 2018).

Bu ölçüm sisteminde;

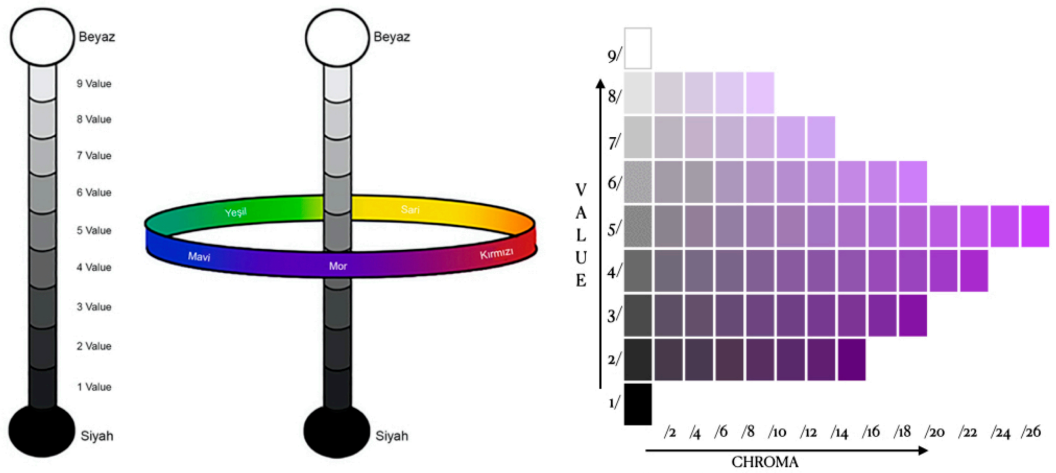
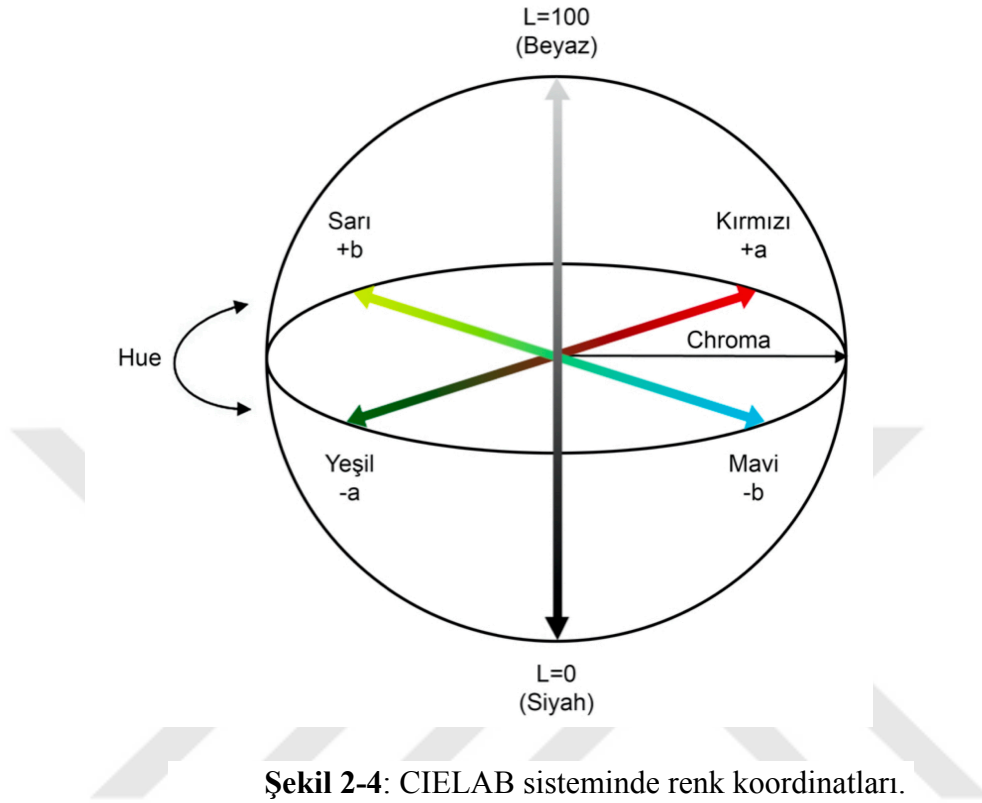
L^* : açık ($L^*=100$) ile koyu ($L^*=0$) arasındaki farkı;

a^* : yeşille ($-a^*$) kırmızı ($+a^*$) arasındaki farkı,

b^* : maviyle ($-b^*$) sarı ($+b^*$) arasındaki farkı tanımlar.

CIELAB renk farkı $\Delta E^* ab$ olarak belirtilir.

Munsell Renk sistemi'ndeki Value, CIELAB sisteminde L^* olarak gösterilir ve parlaklığı ifade eder. Bu değerin yüksekliği objenin parlaklığını düşüklüğü ise karanlık olduğunu gösterir. a^* ve b^* değerleri ise rengin kromatik özelliklerini belirtir (Paravina 2018).



CIELAB ölçeğindeki renk farkı, rengin tüm yönlerini hesaba katarak ışık, chroma ve hue koordinatlarındaki farklılıklar kullanılarak veya $L^* a^* b^*$ değerleri ile hesaplanır.(Rosenstiel ve ark.2001). Matematiksel olarak renk farklılığı, iki psiko-fiziksel renk uyarımı arasındaki farklılığın yönü ve büyüklüğüdür. Tüm renklerdeki farklılığın yönü ve büyüklüğü tek bir sayıyı niteleyen ΔE^* ile gösterilir ve iki L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki renk farkının büyüklüğünü belirtir (Paravina ve ark. 2015, Sakaguchi ve ark. 2018).

Formülü şu şekildedir:

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

ΔE değeri; aynı ya da farklı örneklerin zaman içindeki L^*, a^*, b^* değerlerinin iki ölçümü arasındaki farkı ifade eder. İnsan gözü renk farklılıklarını gözleme açısından sınırlıdır. Klinik olarak değerlerin yorumlanabilmesi için ölçümler sonucu bulunan fark (ΔE) :1.2 ise gözle görülebilir eşik değerkken 2.7 ise klinik olarak kabul edilen eşik değerdir. ΔE değerlerinin 1.2' in altında olduğu durumlarda ise renk değişiklikleri gözle ayırt edilemez (Paravina ve ark. 2015, Sakaguchi ve ark. 2018).

2.11. Renk ölçüm Yöntemleri

Renk ölçümleri için iki yöntem kullanılır; görsel renk analizleri ve aletli renk analizleri (Van Der Burgt ve ark.1985).

2.11.1. Görsel Renk Seçimi

Görsel renk analizi en çok tercih edilen renk belirleme yöntemidir. Diş renginin renk skalalarıyla karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir. Diş ve renk skalasında yer alan örneklerin aynı ışık kaynağı altında kıyaslanması ile uygun renk seçimi yapılmaktadır (Van der Burgt ve ark. 1990).

Görsel renk seçimi yöntemi, renk seçimi sırasında kullanılan aydınlatma koşulları, tecrübe, metamerizm, yaş ve göz yorgunluğu gibi faktörlerden etkilenebilir. Görsel renk seçimi yöntemi öznel ve tutarsızlıklara sebep olabilir. Efektif olması,

düşük maliyet, uygulama kolaylığı gibi sebepler nedeniyle mevcut dezavantajları bulunmasın rağmen hekimler tarafından pratikte sıklıkla tercih edilir (Mayekar 2001; Brewer ve ark. 2004). Görsel renk seçim yönteminin bazı dezavantajları vardır. Bunlar;

1. Renk skalasında yer alan renkler doğal diş renklerine tam olarak uyum göstermemektedir.
2. Farklı diş hekimlerinin aynı hasta üzerinde günün farklı saatlerinde yapılan renk seçimlerinde uyumsuzluk olmakta ve standardizasyon elde etmek mümkün değildir.
3. Renk seçimi sonuçlarının CIE renk sistemine çevrilmesi mümkün değildir (Keyf ve ark. 2009).

2.11.1.1. Renk Skalaları

Görsel renk seçimi için diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan standart yöntem dental renk sklasıdır. Dental renk skalaları, seramik, reçine, akrilik veya başka bir plastik esaslı malzemeden üretilmiş araçlardır. Skalalar tiplerine göre sadece bazı renk boyutlarına göre düzenlenir (Wieder 1990; Paolone ve ark. 2004)

Kliniklerde kullanılan çeşitleri Vitapan Classic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), “Vita 3D Master” (Vita Zahnfabrik) ve “Vita Linear Guide 3D Master olmak üzere üç farklı renk skalasıdır.

Seramik esaslı renk skalaları indirekt seramik esaslı restorasyonların renk seçiminde diş rengini belirlemek için geliştirilmiş olup direk restoratif materyallerin seçimi açısından birçok açıdan yetersizliğe sahiptir. Seramik esaslı renk skalalarının en sıklıkla tercih edileni “Vita Klasik” A1-D4 arası 16 renk tonundan oluşmaktadır. Bu skalada 16 renk farklı hue değerlerine göre sıralanmış olup harfler ile hue; sayılarla ise chroma gruplaması yapılmıştır. Günümüzde bu skala value değerine göre; B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4,C3, A4, C4 olarak yeniden sıralanmıştır (Chu 2004). Vitapan renk skalası altın standart olarak kabul edilmiştir (Paravina 2004). Bu skalada Hue değerleri;

- A: turuncu,
- B: sarı,
- C: turuncu/gri (kahverengi) olarak ifade edilir.

Chroma ve Value ise;

- 1: Az kromatik, yüksek parlaklık
- 4 : Çok kromatik, düşük parlaklık olarak ifade edilmiştir.

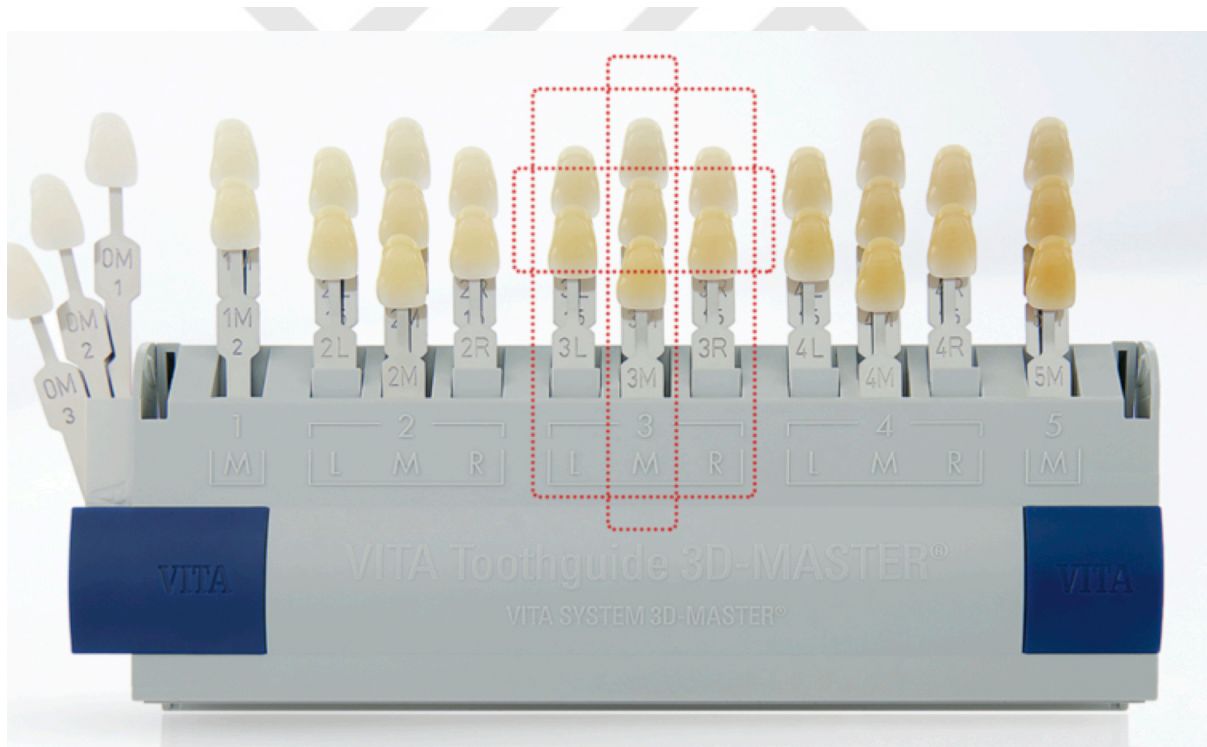
Vita klasik renk skalasında önce Hue sonra Chroma son olarak da Value seçimi yapılır (Chu 2004; Trakyalı 2013) .



Şekil 2-6: A: Vita Klasik renk skalasının “Value” değerine göre B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4,C3, A4, C4 sıralanmıştır. **B:** Vita Klasik renk skalası A grubunda yer alan “Hue” değerleri.

Vita 3D Master renk skalası klasik skaladan farklı olarak 26 renk tonu içerir. Renk tonları her biri eşit value değerine sahip 5 farklı gruba ayrılmış olup her bir value grubu farklı hue ve chroma değerlerine sahip bir alt gruba daha ayrılmıştır. Her bir renk örneğinin numaralandırılması value-hue-chroma karşılık gelen rakam-harf-rakam şeklinde düzenlenmiştir. İlk rakam 0-5 arasında değişen value değerini belirterek 0 en açık olanı, 5 ise en koyu olanı ifade eder (Chu 2004; Paraviva 2004). Skalanın renk tonu kodlamasında;

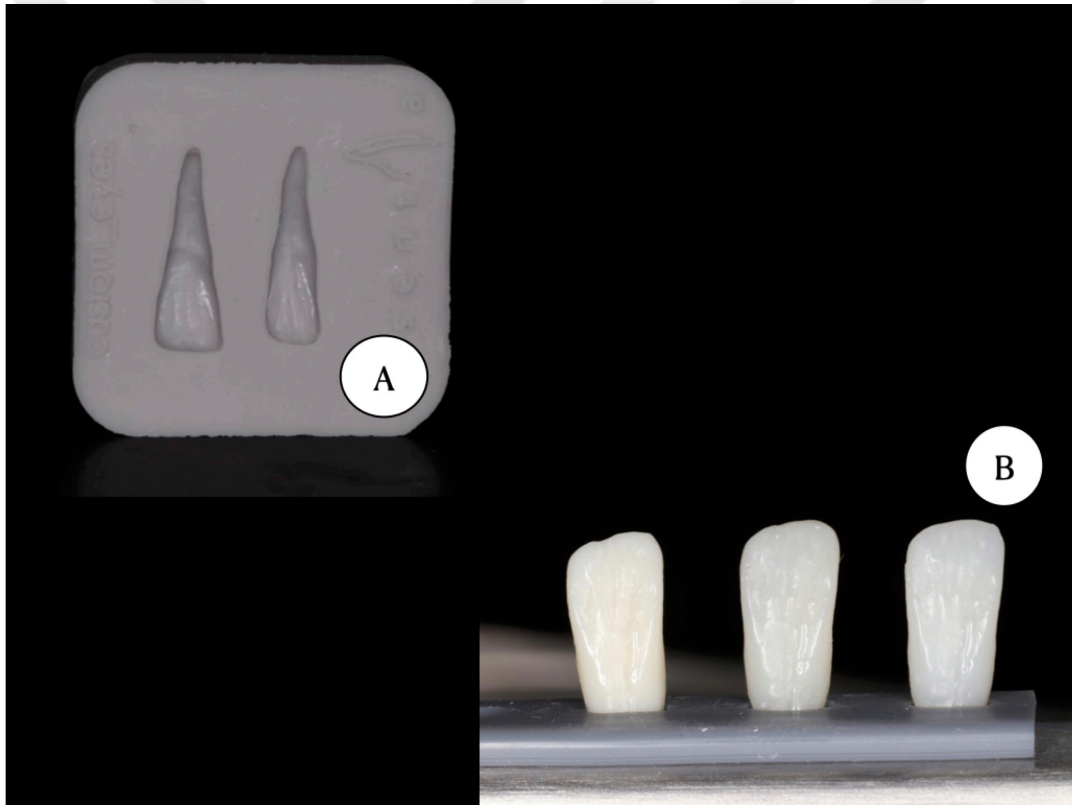
- L: sarı tonu
- R: kırmızı
- M: sarı, kırmızı tonlarını ifade etmektedir.
- Son rakamlar 1 ile 3 arasında değişir chroma değerini ifade ettiği için 1 en az kromatik olan ve 3 en fazla kromatik olana denk gelir (Chu 2004).



Şekil 2-7: VITA Toothguide 3D-Master: “Value” değerine göre 0-5 arasında gruplama. Her bir grupta yer alan 1-3 arasında değişen vertikal “Chroma” değerleri. Sadece 2, 3, ve 4 numaralı gruplarda mevcut bulunan horizontal “Hue” değerleri (L, M, R).

2.11.1.2. Kişisel Renk Skalası

Direkt restoratif uygulamalarda kompozit materyallerin renk seçimi için seramik sistemlerle kullanılmak üzere geliştirilen skalalar yerine kompozit setleri içerisinde yer alan renk kılavuzları kullanılmalıdır. Kompozit ve seramik esaslı materyaller tamamen birbirinden farklı yapılar olduğundan dolayı ortak bir renk skalasına uyumlulukları mümkün olmamaktadır. Bunun yanı sıra klinik kullanımda olan birçok farklı üretici firmanın sunduğu farklı doldurucu yapısına sahip onlarca farklı kompozit esaslı materyal için tek bir tip skala bulunması mümkün değildir. Birçok setin içerisinden çıkan kompozit renk skalalarının kullanılan kompozit yerine akrilik esaslı olması da yanıltıcı sonuçlar doğurabilmektedir.



Şekil 2-8: A: Üretici firma tarafından üretilen kalıplar. **B:** Kompozit ile dentin, mine veya tabakalama ile dentin-mine olarak oluşturulan kişisel renk skalası.

Özellikle polikromatik sistemlerde farklı opasitelere ve translusensilere sahip tabakalama tekniği ile kullanılan sistemlerin standart renk skalasına sahip olabilmesi oldukça zor olduğundan kişisel uyumluluk gösterebilecek rehber skala oluşturulması klinisyenin vakalara göre zaman içerisinde sisteme aşinalığını kolaylaştıracaktır. Bu amaçla üretici firmanın sunduğu renk kılavuzları doğrultusunda sistemle birlikte sağlanan renk kılavuzunun doğruluğuna bağlı olarak, diş üzerinde polimerize edilen ufak bir kompozit butonu kullanmak daha doğru olabilir. Birçok kompozit reçine polimerizasyon sonrası renk değişimi gösterebildiğinden yüzeye uygulanan kompozit reçineyi tamamen polimerize etmek gerekir. Polimerizasyon sonrası genellikle kompozitlerin renkleri daha az doymuş hale gelecektir. Bu nedenle özellikle tabakalama tekniği ile kullanılacak sistemlerin mine ve dentin yapıları dışın orta ve insizal alan yüzeyleri üzerinde denenmelidir

Diğer bir alternatif ise kişisel renk skalalarının üretiminde üretici firmanın sundukları farklı kalınlıklardaki diş kalıpları kullanılarak farklı tabakalama kalınlıklarına sahip özel kompozit renk skalası oluşturmaktır. Bu şekilde hekim uygulayacağı farklı kalınlıklardaki katmanlarda hedeflediği opasite ve translusensiyi nasıl elde edebileceğini rahatlıkla test edebilir.

2.11.2. Enstrümantal (Aletli) Renk Seçimi

Görsel renk seçiminin öznel bir yöntem olmasından dolayı aydınlatma koşulları veya kişiye bağlı değişkenlerden etkilenmeyen farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu renk belirleme yöntemine aletli renk seçimi adı verilmektedir. Spektrofotometreler, kolorimetreler veya dijital kameralar aletli renk seçimi için kullanılan cihazlardır ve görsel renk seçimi ile kıyaslandığında objektif bir yöntemdir (Chen ve ark. 2012; Trakyalı 2013).

2.11.2.1. Spektrofotometreler

Spektrofotometreler günümüzde en kesin sonuç veren, kullanışlı ve yüzey renklerinin ölçülmesinde en sık kullanılan cihazlardan biridir. Bir cisimden yansıyan

ışığın beyaz yüzeyden yansıyan ışık miktarına oranını görünür ışık spektrumu boyunca 1-25 nm aralıklarla ölçer. Spektrofotometreler ışık kaynağı, monokromatör ve sensörden oluşur. İnsan gözünün algılayamayacağı renkleri çeşitli dalga boyundaki sensörleri tarafından ölçebilen spektrofotometreler çoklu sensör prensibi ile çalışmaktadır (Kielbassa ve ark. 2009; Chu ve ark. 2010; Ragain 2016).

Spektrofotometreler metamerizmi ayırt edilmek için kullanılabilir. Bu özellikleri nedeniyle gün ışığı, akkor lamba ve floresan lamba altında farklı sonuç verirler. Bilimsel çalışmalarda, renk tarifi ve kalite kontrolde tercih edilmektedirler. Tekrarlanabilen, doğru ölçümler yapabildikleri için ve iki obje arasındaki renk farkının tespit edebildiklerinden dolayı tercih edilmektedirler (Chu ve ark. 2004).

Cihazlar düz yüzey yerine kavisli diş yüzeyini ölçer ve yüzey ile cihaz arasında kalan küçük açıklık, renk yorumunda sapmaya neden olabilecek kenar translusentliği, cihazın tekrarlanabilirliğini ve doğruluğunu etkileyebilmektedir (Karaagaclioglu ve ark. 2010).

2002 yılında ağız içinde kullanılan VITA Easyshade (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) spektrofotometre kullanıma sürülmüştür. Cihaz masaüstü bir ana parça ve fiberoptik kablo ile ana parçaya bağlanan bir el aparatı içermektedir. Renk ölçüm cihazı 19 adet 1 mm'lik fiber optik şerit içeren 5 cm çapında bir prob bulundurur. Ölçüm esnasında diş prob içerisinde yer alan halojen lamba ile aydınlatılır, saçılan ışık aletin içindeki birkaç spektrometre tarafından ölçülür. Cihaz renk değerini L^* , a^* , b^* birimlerinde verir ve VITA Classic veya 3D renk skalalarına göre değeri dönüştürür (Brewer 2004; Lagouvardos ve ark. 2009; Llena ve ark. 2011).

2009 yılında piyasaya sürülen VITA Easyshade Compact (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ilk versiyona göre daha küçük, tutması daha kolay, ışık kaynağı LED ve kablosuz bir cihazdır. Bu özellikleri ile klinikte kullanımı kolaydır. Cihazın içerisinde tek nokta ve üç nokta (servikal, orta, insizal) ölçüm modu, restorasyon renk doğrulama modu gibi farklı seçenekler bulunmaktadır. İlk jenerasyon cihazlarda birden çok sayıda yer alan spektrometre sebebiyle porselen ve diş rengi arasında renk ölçümü sırasında farklılıklar oluşabilmektedir. Daha sonra piyasaya

sürülen jenerasyonda ise tek bir spektrometre yer almaktadır. İki farklı LED ışık kaynağı olması sebebiyle diş veya porselen renk ölçümüne göre farklı ışık sağlamaktadır. Geri yansıtılan ışık tek bir cihazda birleştirilerek renk değeri ölçülür (Brewer 2004; Chu ve ark. 2010).

Yapılan bir çalışmada görsel renk seçimi ile karşılaştırıldığında spektrofotometreler %33 daha başarılı bulunmuştur (Paul ve ark. 2002). Başka bir çalışmada ise spektrofotometre ile yapılan renk ölçümünün doğru olma olasılığının görsel yöntem ile yapılan renk seçimi ile karşılaştırıldığında 5 kat daha fazla olduğunu bulmuştur (Judeh ve Al-Wahadni 2009). Schmitter ve ark. (2008) ise laminar bir spektrofotometre (Shade Pilot, DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang, Almanya) ile görsel yöntemle yapılan renk seçimini arasındaki farkı değerlendirmiş ve cihazın son derece güvenilir olduğunu bildirmişlerdir. SpectroShade (MHT, Niederhasli, İsviçre) ile yapılan bir çalışma, görsel renk seçimi ile kıyaslandığında tekrarlanabilirlik açısından SpectroShade cihazının çok daha üstün olduğunu ortaya koymuştur (Derdilopoulou ve ark. 2007).

Son olarak geliştirilen VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) cihazı taşınabilir, yeni bir beşinci nesil spektrofotometredir. Diğer cihazlardan farklı olarak renk bilgisi VITA 3D-Master sisteminde, VITA klasik sisteminde, VITABLOCS renklerinde veya diş beyazlatma renklerinde yorumlanmasına izin veren bir teknoloji ile geliştirilmiştir. Bluetooth bağlantısı üzerinden akıllı telefon uygulaması VITA mobileAssist kullanılarak renk üzerinden iletişim mümkün olabilir (Kim 2018).

VITA Easyshade Compact ve Advance 4.0 gelişmiş formlardır, en yeni nesil ise VITA Easyshade V olarak adlandırılır. Ölçümler üzerinde olumsuz etkiye sahip aynasal/ ayna benzeri yansımayı önlemek için, geniş çaplı fiber optik içeren paslanmaz çelik bir prob, özel olarak tasarlanmıştır. Probun çapı 5 mm'dir ve 1 ve 3 mm çapında 2 açıklığa sahiptir. Cihaz, prob ucunun yüzeyden mesafesine göre 2 ölçüm moduna sahiptir. Diş rengini ölçmek için daha uzun bir mesafe için “dental modu” kullanılırken, seramik rengini ölçmek için daha kısa bir mesafe için “restoratif mod” kullanılır (Vichi ve ark.2011).

2.11.2.2. Kolorimetreler

Kolorimetreler insan gözünde yer alan koni hücrelerine benzer üç farklı sensör içerir. CIE Lab biriminde (L^* , a^* , b^*) ya da üç uyaranlı x, y, z değerleriyle ölçüm verir .Kolorimetreler gözlemcinin gözündeki retinada yer alan koni hücrelerine benzer çalışma prensibine sahip aldıkları ışığı kırmızı-mavi-yeşil bileşenlerine indirgeyerek bu üç farklı value değerini seçilecek renk için sayısal bir değere dönüştürebilen ve kantitatif renk analizi yapabilen cihazlardır (Lee ve ark. 2001; Chu ve ark. 2004).

Kolorimetreler, spektrofotometrelerden farklı olarak metamerizm ölçümü için uygun değildir. Kullanım kolaylığı ve maliyet gibi özellikler yönünden kıyaslandığından spektrofotometre ve spektroradyometreye oranla daha fazla avantaj sunarlar (Paravina ve Powers 2004).

2.11.2.3. Spektroradyometreler

Spektroradyometreler radyometrik değerlerin ölçümünü yapmaktadır. Bu ölçümlerde parlaklık ve ışınım gibi değerler belirlenir. Bu cihazın prensibine göre cisimlerin renk, doku ve parlaklık gibi özellikleri veren kimyasal yapıdan kaynaklı kendine özgü bir yansıma değerleri bulunmaktadır. Radyometrik enerji ışık spektrumunda 5, 10 ve 20 nm’lerde ölçüm yapılır. (Paravina ve Powers 2004; Turgut ve Bağış 2012).

2.11.2.4. Dijital kameralar

Dijital kameralar son yıllarda laboratuvar ile iletişimde popüler bir araç haline gelmiştir. Tüm objenin renginin imaj haline elde edilerek bilgisayarda analiz edilmesine dayanır. Ayrıca dijital kameralar yalnızca dışın rengini değil, ağız ortamındaki morfoloji, yüzey yapısı, renk dağılımını ve çevre dokuların özelliklerinin de belgelenmesini sağlayarak hekim-teknisyen arasındaki iletişimi sağlar. Bu sayede teknisyen komşu dişlerle ahenk içinde bir restorasyon ortaya çıkarabilir (Paravina 2004; Turgut ve ark. 2012; Jarad ve ark 2005).

Dijital kameraların diş hekimliğinde kullanımının uygun olması için; kablosuz flaş kontrolü, 6MP veya daha yüksek çözünürlüğe sahip olması gerekmektedir (Manita

ve Salat 2012). Dokümantasyon ve laboratuvar ile iletişim için daha çok tercih edilse de yazılım sayesinde yüksek çözünürlüklü dental fotoğrafların renk skalaları ile karşılaştırılması ve renk seçimi mümkündür (Dozic ve ark. 2007; Apratim ve ark. 2015).

Dijital görüntüleme sistemleri, dişlerin rengini belirlemede giderek daha popüler hale gelmektedir. Bu sistemlerin kesinliği ve doğruluğu, kameranın kalitesinden ve görüntü işleme yönteminden etkilenir. Çeşitli çalışmalar, dijital kameraların, uygun kalibrasyon protokolleri ile birleştirildiğinde diş ve dişeti renginin belirlenmesinde güvenilir araçlar olabileceğini bildirmiştir (Wee ve ark. 2006; Smith ve ark. 2008; Denissen ve ark. 2007).

Dijital fotoğraf makinesi, renkli bir görüntü oluşturmak için kullanılan kırmızı, yeşil ve mavi görüntü bilgilerini alır. RGB renk modeli, geniş bir renk yelpazesini yeniden üretmek için kırmızı, yeşil ve mavi ışığın çeşitli şekillerde bir araya getirildiği bir eklemeli modeldir. Dijital kameralar, elektronik renk analizi için en temel yaklaşımı temsil eder ve yine de insan gözüyle belirli bir derecede öznel renk seçimi gerektirir (Blaes 2002). Bu verileri işe yarar diş rengi bilgilerine dönüştürmek için çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır.

Renk seçimi sırasında elde edilen görüntü kameranın bağlı olduğu bilgisayara aktarılarak analiz edilir. Dijital fotoğraf makineleri görüntüyü CCD (algılayıcı) olarak ifade edilen ışığa duyarlı fotositler ile yakalar. Fotositler üzerine gelen ışığa karşılık vererek görüntü oluşturur. Bilgisayara aktarılan görüntü analiz edilerek CIElab sisteminde değer elde edilir. (Brewer ve ark. 2004; Jarad 2005; Wee 2006; Vivek 2013).

2.11.2.5. Smile Lite MDP

Günümüzde kameraların akıllı telefonlara entegre edilmesiyle birlikte kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Tedavi planlaması, takibi, belgeleme, değerlendirme ve diş laboratuvarı ile iletişim gibi kolaylıklar sağlamaktadır. Kameraların özellikleri söz konusu olduğunda, dijital ekranın veya görüntünün dosyasının en küçük birimi olan piksel kavramı öne çıkmaktadır. Megapiksel ise 1 milyon piksele eşdeğerdir ve piksel sayısı arttıkça çözünürlük yani ayrıntı artmaktadır.

Dijital ayna refleks kameralar (DSLR), altın standart olarak kabul edilmektedir. DSLR kullanılırken çekilecek fotoğrafa göre difüzörlü ya da difüzörsüz, halka veya ikiz flaş, gerekli olursa bouncer ile aydınlatma koşulları sağlanmalıdır. Dental fotoğrafçılıkta akıllı telefonların kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte Smile Lite MDP adı verilen aydınlatma cihazı tanıtılmıştır.

Cihaz, üç grup LED aydınlatmaya sahiptir. Merkezi aydınlatmanın ışık halkasında sekiz LED ampulü, halka flaş etkisi yaratırken iki yan ışığının her birinde yer alan altı LED ampulü sayesinde ikiz flaş etkisi sağlanır. Her grup ayrı ayrı aydınlatılabilir, ayrıca bir dimmer (dört farklı güç kademesi) sayesinde aydınlatmanın gücü ayarlanabilmektedir. Smile Lite MDP, optimum aydınlatma koşulu olarak kabul edilen 5500 K'lık bir ışık yayar. Smile-Lite MDP cihazı, polarize filtre ve içerisinde iki adet difüzör ile birlikte kullanılmaktadır. Fotoğraf çekimi yapılırken 10-20 cm mesafede ayarlanmalıdır.

Smile Lite MDP'nin arkası, 55-85 mm arasında genişliğe sahip herhangi bir akıllı telefon modeli için ayarlanabilen evrensel bir adaptör ile donatılmıştır. Smile Lite MDP, kullanımı çok kolay, herhangi bir özel uygulama, kalibrasyon işlemi veya özel eğitim gerektirmeyen bir cihazdır. Smile-Lite MDP cihazı kullanım alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz: Renk seçimi, laboratuvar ile iletişim, kısa video klipler, hastaların belgeleri, vaka fotoğrafları

Smile Lite MDP ve DSLR fotoğraf makinası kıyaslandığında bazı avantajlar sunar:

1. Daha ucuz ve hafif aynı zamanda kullanımının kolay olması ile hızlı öğrenilebilir bir cihazdır.
2. DSLR fotoğraf makinesinde flaşla aydınlatmanın sonuca etkisi ancak fotoğraf çekiminden sonra anlaşılırken, Smile Lite MDP üzerindeki ışık sürekli olduğu için sonuç çekim yapılırken ekranda görülmektedir.
3. Çekim yapılırken aydınlatma ve açının ayarlanmasına izin verir.

4. Profesyonel kameralardan farklı olarak polarizasyon filtresinin ve difüzörlerin aynı anda kullanımına imkan tanır.

5. Polarizasyon filtresiyle oluşturulan görüntüler anterior estetik restorasyonlarda kompozit reçinenin renginin belirlenmesinde kullanılabilir.

Smile Lite MDP'nin yan ışıklara takılabilen difüzörleri sayesinde dağınık ışık kullanılabilir ve bu sayede daha yumuşak bir aydınlatma elde edilir. Sert gölge ve yansıma oluşumu engellenmektedir. Merkezde yer alan LED ve kamera merceğinin önüne yerleştirilebilen polarizasyon filtresi sayesinde diş yüzeyinde oluşabilecek parlamaların önüne geçilmektedir. Bu şekilde çekilen fotoğraflar sayesinde hem diş rengi hem de parlaklık yüksek hassasiyet ile değerlendirilebilir aynı zamanda insizalde görülen halo efekti izlenebilmektedir. Mobil dental fotoğrafçılık yüksek kaliteli fotoğrafların daha ucuz ve kolay bir şekilde elde edilmesine imkan tanımaktadır (Hardan ve ark 2020).

2.12. Diş hekimliğinde renk seçimini etkileyen faktörler

Renk seçimi subjektif olmasından dolayı tekrarlanabilirliği zor bir işlemdir (Horn ve ark.1998). Doğru renk seçimi yapılabilmesi için dişin anatomik yapısı ve özellikleri, ışık ve renk prensipleri ve materyallerin optik özellikleri dikkate alınmalıdır (Sproull 1973; Obregon ve ark.1981).

2.12.1. Dişin anatomik yapısı ve özellikleri

Renk seçimi sırasında yapılan hatalar; dişlerin optik özelliklerinin belli bir aralıkta olması, dişlerin uniform renge sahip olmaması ve floresan özelliklerinin bulunması, yüzey özelliklerinin farklı olması, şeffaf ve yarı şeffaf görünümde olmaları ve yaşla birlikte form ve renklerinin zamanla değişmesine bağlıdır (Chu ve ark. 2004).

Dentin dokusu dişin renginden asıl sorumlu olan tabakasıyken mine renksiz ve dişin rengini etkilemeyen ancak Value değerini belirleyen tabakadır. Muia'ya göre dentinde yer alan ve mineden yansıyan renkler doğal diş rengini oluşturur. Mine

ağırlıkça %97 oranında inorganik madde olan ve boyu 300-500 nm genişliği ise 5-120 nm olan hidroksiapatit kristallerinden oluşur. Mine tabakasının ışık geçirgenliğinin yüksek olmasının sebebi prizmaların toplam kitlenin %1'ini oluşturan interprizmatik madde ile birbirine tutunur. Dentin tabakası ise ağırlıkça %30 kristal içerdiğinden dolayı daha düşük ışık geçirgenliğine sahiptir (Muia 1985).

Genç dişlerde mine ışığı yansıtma eğilimindedir. Dentin renk yoğunluğu düşüktür ancak zamanla mine tabakası aşınarak maskeleme etkisi azalır ve dentin daha belirginleşir. Mine kalınlığı kole bölgesinden insizale doğru giderek artar bu sebeple dentin kole bölgesinde en fazla yansıma yapar (Hasegawa ve ark. 2000; Fondriest 2003b). Pulpanın hacmi, dokusunun canlılığı ve dentinin kalınlığı diş gelişiminin her evresinde farklı olarak izlenir. Genellikle genç yaşlarda pulpa odası daha geniş ve kırmızıdır. Yaşlanma ile birlikte sekonder dentin oluşumuna bağlı olarak pulpa odası daralır ve daha az kırmızı hale gelir (Fondriest 2003b). Zaman içerisinde dentinin yoğunluk değerinin artması ve parlaklık değerinin düşmesiyle daha koyu hale gelir. Genç dentin dokusu daha kırmızı-sarı yaşı dentin ise yeşil-mavidir (Goodkind ve Schwabacher 1987; Hasegawa ve ark. 2000).

İnsizal kenar ve aproksimal bölgelerin dentin içermemesinden dolayı ışık geçiren translusent bir görünüm mevcuttur. İnsizal kenara doğru ışık geçirgenliği artarak transparan hale gelir. Işığın mine kristallerinden yansıma ve kırılması sonucu translusentlik ve derinlik elde edilir. Yan kesici dişler translusentliğin en fazla gözlendiği dişlerdir (Fondriest 2003b). Parlaklık kole bölgesinde en az, orta 1/3'lük bölümde ise en fazladır. Dehidratasyona bağlı olarak mine opak hale gelir ve ışığın daha fazla yansımaya buna bağlı olarak da parlak görünmesine neden olur (Fondriest 2003b)

Diş hekimliğinde kullanılan renk sistemi 'Munsell Renk Sistemi'nde rengin üç parametresi: 'hue', 'value' ve 'chroma' olarak ifade edilir. 'Hue' rengin kendisi, 'Value' dişin kendi yüzeyinden yansıyan ışık miktarı olarak ifade edilir ve renk seçiminde en önemli parametredir. Value parametresi diş dokusunun opasitesini belirtir. 'Chroma' ise

rengin yoğunluğu, doygunluğu anlamlarına gelir. Doğal diş dokularında yaş ile birlikte bu parametrelerde de değişimler yaşanmaktadır (Doğan & Yüzügüllü, 2004).

Genç dişlerde minenin 'value' değeri daha yüksek olmasının sebebi alttaki dentin dokusunun sarı renginin yansımamasını ve dişin daha beyaz görünmesi sağlarmaktır. Dentin dokusunda ise 'chroma' değeri daha düşük olup yaş ile birlikte chroma artar. Yaşlı dişlerde 'value' değeri azaldığından dolayı mine doku saydamlaşır ve 'chroma' değerinin artar. Bununla birlikte dentin dokusunun sarı renginin doygunluğu artması sonucu diş dokusu daha koyu bir renk alır. Renk seçimini yaparken yaş ile birlikte meydana gelen fizyolojik değişiklikler iyi analiz edilmelidir (Vanini, 1996; Chu ve ark., 2004).

2.12.2. Işık ve renk prensipleri

Renk seçimini etkileyen bazı özellikler bulunmaktadır. Işıldama, floresans, fosforesans, opalesans, parlaklık ve metamerizm gibi rengi etkileyen özelliklere renk seçimi yaparken dikkat edilmesi gerekmektedir. Renk seçimi yaparken; ışık kaynağına bağlı değişkenler, objeye bağlı değişkenler, gözlemciye bağlı değişkenler dikkate alınmalıdır (Sproull 1973; Obregon ve ark.1981; Schwartz ve ark.1989).

2.12.2.a. Işık kaynağına bağlı değişkenler

Işık dalga boyu birimi nanometre(nm)'dir. Göz, 380-780 nm dalga boyuna sahip ışık spektrumundaki görünür ışığa duyarlıdır (Rosenstiel ve ark.2001; Grandville 2002; Chu ve ark.2004; Paravina 2018).

Görünür ışık spektrumundaki kısa dalga boyuna sahip olan ışınlar ultraviyole ışınları, X ışınları, kozmik ışınlar ve gamma ışınlarıdır. Daha uzun dalga boyuna sahip olan ışınlar ise, kızıl ötesi ışınlar, mikro dalga, radyo ve elektrik dalgaları bulunmaktadır (Rosenstiel ve ark.2001; Paravina 2018).

Farklı ışık kaynakları altında objeden yansıyan ışık da değişir ve buna balı olarak renk algısı farklı olur (Chu 2002). Sabah saatlerinde mavi ve yeşil gibi daha kısa ışık dalgaları dağılırken uzun ışık dalgalarına sahip kırmızı atmosfere girer. Gün

doğumu ve batımında sarı ve kırmızı renk yoğun olduğu için renk seçimi için ideal ışık ögle saatlerinden, gün ışığıdır (Rosenstiel ve ark. 2001).

Renk seçimi sırasında ışık kaynağı yatay olmalıdır. Yatay ışık kaynağı kullanılmayacaksa standart günışığı veren ışık kaynakları da tercih edilebilir. Renk sıcaklığı renk seçimi sırasında önemlidir ve Kelvin (K) ile ifade edilir. Renk seçimi sırasında ideal renk sıcaklığı 5500 °K' dır (Rosenstiel ve ark. 2001; Chu 2002; Fondriest 2003).

2.12.2.b. Objeye bağlı değişkenler

Rengin oluşumu görünür ışığın obje tarafından bazı dalgalarının yansıtılması, bazılarının emilmesi meydana gelir. Objelerin üzerine düşen ışığın yansıtılması sonucu biz cisimleri görür ve renklerini söyleriz. Siyah bir cisim görünür ışık spektrumunun bütün dalga boylarını absorbe ederken, beyaz bir cisim görünür ışığın tüm dalga boylarını tamamen yansır. Sarı bir obje ise kırmızı, yeşil, mavi, çivit ve mor dalga boylarını absorbe ederken sarı rengi yansır (Rosenstiel ve ark. 2001).

Transparan bir obje tüm ışıkların içinden geçmesine izin verir. Translulent objeler çeşitli dalgaboylarındaki ışığı dağıtır, absorbe eder veya geçirir. Opak materyaller ise ışığı absorbe eder veya yansır (Agrawal ve Kapoor 2013).

2.12.2.c. Gözlemciye bağlı değişkenler

Renk, ışık ve renk dalgalarının titreşiminin retinadaki reseptörlerle algılanması ve beyine iletilerek yorumlanması sonrasında oluşur. Çevresel faktörler, renk skalasının konumu, dişeti rengi, göz yorgunluğu, tecrübe ve cinsiyet gibi faktörler renk seçimini etkileyebilir (Egger 2003). Retinada yer alan çubuk ve koni şekillerindeki iki farklı tip fotoreseptör rengin bileşenlerinin seçilmesine yardımcı olur. Çubuk hücreler renge duyarlı değildir renkleri grinin tonları olarak algılar, siyah ve beyaza tepki verir ve ışığı kaydederken, koni tipi fotoreseptörler ise renkli görmeyi sağlar. (Brewer ve ark. 2004).

Gözün en duyarlı olduğu renk 550-570 nm dalga boyuna sahip yeşil ve sarıdır. Görünür ışık spektrumunun dışında kalan mavi-mor renklere ise en az duyarlıdır (Land

1977; Rosenstiel ve ark. 2001; Anusavice 2013). Renkler akrobatik ve kromatik olmak üzere iki gruba ayrılır. Akromatik renk; görünür ışık spektrumunda bulunmayan beyaz , siyah ve gri renklerden oluşur. Kırmızı, yeşil ve mavi renkler koni hücrelerinin aynı anda uyarılması sonucu beyaz ışık gözlenir. Işık yokluğunda ise siyah renk oluşur ve pozitif bir algı olarak kabul edilir (Rosenstiel ve ark. 2001).

Yaşlanma ile birlikte gözbebeğinin fonksiyonunda meydana gelen değişimler sonucu rengin algılanmasında farklılıklar izlenebilir. Rengin algılanması retinaya gelen ışık sonucu uyarılan alanın büyüklüğü ile doğru orantılı olarak değişir (Scharer ve ark. 1982; Wozniak ve ark.1981).

Renk görme bozukluklarının bir diğer sebebi de hatalı renk algılanmasına bağlı olarak gerçekleşir.Yapısal olarak erkeklerde kadınlardan daha fazla oranda renk reseptörlerinin eksikliği olmasına rağmen her iki cinsin renk seçme yetenekleri arasında bir fark yoktur. Yapılan birçok çalışma ile dişhekimliği uygulamalarında renk seçimi açısından cinsiyet bu açıdan belirleyici bir faktör olarak değerlendirilemez. Mesleki tecrübe, kullanılan materyallere aşinalık ve ortam koşullarının standartları kişisel renk seçimi açısından çok daha belirleyici rol oynarken, görsel organın yaş ve durumu bu açıdan daha önemli rol oynar. (Paravina ve Powers 2004).

2.13. Renk seçimi

- Renk seçimi yapılacak diş ve komşu dişler bakteri plağından ve diş taşlarından arındırılmalıdır
- Polisaj pastası kullanılacak ise yağlı ve gliserin benzeri diş yüzeyinde hidrofobik tabaka oluşturabilen patların kullanılmamasına dikkat edilemelidir.Polisaj sonrası diş yüzeyi bol su ile yıkanarak yüzey tüm artıklardan temizlenmelidir.
- Hastanın varsa dudaklarındaki ruj temizlenmeli, parlak kıyafet giyiyorsa nötral bir renkle üstü kapatılmalıdır.
- Renk seçimi sırasında göz yorgunluğuna bağlı hata yapma ihtimalini en aza indirmek amacıyla tedavinin başında renk seçimi yapılmalıdır.

- Görüş açısı ile ışık kaynağına arasında yaklaşık 45 derecelik açı olmalıdır.
- Gözler ile renk seçimi yapılan diş aynı hizada olacak şekilde dişin vestibül yüzeyine dik olarak ayarlanmalıdır.
- Renk seçimi sırasında hekim ve hasta arasındaki mesafe 25 ile 35 cm arasında olmalıdır.
- Renk seçimi en fazla 5 saniye içerisinde yapılmalı; başka bir renk tonu kontrol edilecekse iki skala örneği arasında nötr açık gri bir zemine bakılarak göz dinlendirilmelidir.
- Mine, dehidratasyonu sonrasında çok daha opak ve daha yüksek value değerine sahip olacağı için renk seçimi rubber-dam uygulaması ve kavite preparasyonu öncesinde yapılmalıdır.
- Vita renk skalasına göre A1 ve B1 renklerinin yoğunluğu düşüktür bu nedenle bu iki rengi ayırt etmek zordur ancak ana rengi belirlemekte kararsız kalınıyorsa A grubu renk seçilmelidir. Dişlerin %80'i A grubundadır.
- Metamerizmi önlemek veya azaltmak için renk seçimi farklı ışık kaynakları altında ve farklı açılarla doğrulanmalıdır.
- Klinik ortamında kullanılan ışık kaynaklarının ideal olarak günışığı özelliklerine sahip olması tercih edilmeli eğer yoksa 5500 kelvin değerine sahip floresan aydınlatmalar kullanılmalıdır (Preston ve Bergen 1980; Rosenstiel ve ark. 2001; Brewer ve ark. 2004; Chu 2003).

2.13.1. Kompozit Reçinelerde Renk Belirlenirken Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Kompozit materyallerde doğru renk seçimi yapabilmek için öncelikle dişin translusensi ve opaklık miktarı değerlendirilmeli ve restore edilecek dişin veya dişlerin value değeri belirlenmelidir.

- Value değerinin doğru seçilmesi estetik bir sonuç için önemli olduğu gibi kullanılacak restoratif materyalin türü için de belirleyici bir durumdur.
- Hue değeri hatalı belirlense bile kabul edilebilir bir estetik sonuç elde edilir ancak value değerinin hatalı olması restorasyonun başarısızlığı ile sonuçlanır.
- Renk skalaları genellikle hue değerine göre gruplandırılmıştır. Renk seçimi yapılırken ilk olarak renk skalasını, en açık renkten (yüksek value) başlayarak en koyuya doğru (düşük value) sıralama yapılabilir.

2.13.1.a. “Value” Seçimi

- Doğru value değerini seçebilmek için renk skalası hekimin göz hizasında olmalı, dişin insizal kenar pozisyonunda, uzun eksene paralel ve dişin fasiyal düzlemine hafif açılı olarak yerleştirilmedir.
- Value seçimi sırasında, skalanın dişin hue değerinin en belirgin olduğu orta ekvator alanından uzak insizal bölgeye yerleştirilmesi gerekir. Unutulmamalıdır ki bu aşamada dişin asıl rengini değil value aralığını belirlemek asıl olarak amaçlanmaktadır.
- Bu işlem çok kısa zaman içerisinde yaklaşık 5-7 sn sürmelidir.
İki farklı value arasında seçim yapılırken zorlanıyorsa her zaman daha açık olan tercih edilmelidir. (Paravina ve Powers 2004)

2.13.1.b. “Hue” ve “Chroma” Seçimi

- Hue, dişin esas ana rengi olarak tanımlanır ve baskın şekilde dentin dokusu dişin hue değerini belirler. Bu nedenle dentinin en belirgin olduğu fasiyal yüzeyin orta üçlüsü veya gingival üçlü alan da bu amaçla rehber yüzey olarak kullanılabilir.
- Restoratif materyallerin renk eşleştirmesi yapılırken “chroma” en son belirlenir. Rengin yoğunluğu ve doygunluğunu özellikle kompozit restorasyonlarda kullanılan tabakaların kalınlığı ve yoğunluğu ile de ilişkili olup aynı ana renk aralığında daha düşük veya yüksek chroma değerleri rengin açıklığı veya koyuluğunu belirler

(Paravina ve Powers 2004).

2.14. Diş Renkleşmeleri

Ön dişlerin estetik rehabilitasyonu sebebiyle günümüzde hastaların diş hekimine başvurma sıklığı artmıştır. Diş renkleşmeleri genetik, çevresel, tıbbi veya dişsel kaynaklı olabilmektedir. Diş renkleşmeleri sonrasında estetik olarak kötü bir görünüme yol açar ve tedavi edilmezse hasta üzerinde sosyal ve psikolojik olarak istenmeyen etkiler olabilir. Diş renkleşmelerinin tedavisi için pek çok seçenek bulunmaktadır. Yüzey renkleşmelerinin kaldırılması, beyazlatma, mikro ve makroabrazyon, lamina vener ve kuron gibi tedavi seçenekleri ile diş renkleşmelerinin giderilmesi mümkündür (Bassett ve Patrick 2004; Heymann ve Ritter 2017; Kwon ve Goldstein 2018).

2.14.1. Dış Renkleşmeler

Dış (ekstrinsik) renkleşmeler dişlerin dış yüzeylerinde oluşur. Dış renkleşmeler nasmyth zarı, kötü ağız hijyeni ve plak birikimi, gingival kanama, diyet, kromojenik bakteriler, eski restorasyonlar, demir içerikli ilaçlar kaynaklı olabilir (Hattab ve ark. 1999; Heymann ve Ritter 2017).

Diş sürdükten sonra oluşan renkleşmelerdir. Mine yüzeyindeki çatlaklar veya düzensizlikler, tükürük akış hızı ve içeriği, kötü ağız hijyeni renkleşmeyi etkiler. Genellikle renkli yiyecek ve içeceklerin tüketilmesi ile ortaya çıkan turuncudan kahverengiye, gri ve siyaha uzanan farklı renklerdeki lekelenmelerdir. Yiyecek ve içeceklerin tüketimi sonrası pigmentlerin mine yüzeyine, özellikle pelikül tabakasına emilimi sonucu gözlenir. Yiyecek ve içecekler dışında kötü ağız hijyeni sonucu mine yüzeyine yerleşen kromojenik bakteriler de renkleşme sebeplerinden biridir. Bu şekilde oluşan renkleşmelerin bir kısmı polisaj ile giderilebilir. Sigara kullanımına bağlı olarak oluşan nikotin lekeleri ise dış renkleşme olarak kabul edilse de zamanla dişin iç yüzeylerine emilerek iç renkleşmeye dönüşür ve beyazlatma ile yok edilmesi zorlaşır. İlaç kullanımına bağlı renkleşmeler hem iç, hem dış renkleşme olabilir. Klorheksidin, ağız yoluyla alınan likit demir tuzları, esansiyel yağlar ve ko-amoksiklav dış

renkleşmeye en çok sebep olan ilaçlardır.(Garcia-Lopez ve ark. 2001; Joiner 2004; Joiner 2010; Kwon ve Goldstein 2018).

2.14.2. İç Renkleşmeler

İç (intrinsik) renkleşmeler diş gelişimi sırasında veya diş sürmesinden sonra oluşabilir. Dişin daha alt tabakalarında yer alan lekeler veya mine defektleri sebebiyle oluşan iç renkleşmelerin tedavisi dış renkleşmelerden daha komplikedir. Genetik bozukluklar, ilaç kullanımı, travma, endodontik tedavi, çocukken geçirilen ateşli hastalıklar sebebiyle olabilir (Hattab ve ark. 1999; Heymann ve Ritter 2017).

İç renkleşmeler dişin bir bölümünü veya tamamını etkileyen mine veya dentinde yer alan renkleşmelerdir. İç renkleşmeler şöyle sıralanabilir: Doğumsal bozukluklar, Diş anomalileri, Mine hipoplazileri, Sistemik hastalıklar, İlaça bağlı renkleşmeler, Florozis, Yaşlanma, Diyet ve diğer alışkanlıklar, Pulpanın kanama ürünleri, Eski restorasyonlar.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada biri akışkan yapıda (AO), diğeri pat yapıdasında (PO) bulunan iki farklı opakerin renk maskeleme etkinliklerinin ve opakerlerin üzerine uygulanacak universal kompozit reçinenin (U) tabakalanması sonucu üç farklı renk analiz yönteminin kıyaslanması amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasının deneyleri İstanbul Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.1.Çalışmada Kullanılan Kompozit Materyalleri

Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan kompozit materyallerin , içeriği, üretici firması, üretim seri numarası

Kompozit	İçerik	Üretici Firma	Üretim (LOT) Numarası
3M Filtek Universal Restoratif A2	Silanize seramik, zirkon ve silika AUDMA, UDMA İterbiyum triflorid Doldurucu oranı: Ağırlıkça%76,5 Hacimce %58,4	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	NC02902
3M Filtek Universal Pink Opak	Silanize seramik, zirkon ve silika AUDMA, UDMA İterbiyum triflorid Titanyum oksit	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	NA21211
Akışkan Opaker (Masking Liner)	Bis-EMA Doldurucu oranı: Ağırlıkça%69 Hacimce %50	GC, Leuven, Belçika	2005221



Şekil 3-1 : A2 Filtek universal restoratif kompozit reçine, pat (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)



Şekil 3-2: PO Filtek universal restoratif kompozit reçine, pat (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)



Şekil 3-3: Masking Liner, Opaker , akışkan (GC, Leuven, Belçika)

3.2. Çalışmada Kullanılan Bitirme ve Cila Sistemleri

Çalışmada kullanılan bitirme ve cila sistemleri Tablo 3-2’de verilmiştir.

Tablo 3-2: Çalışmada kullanılan bitirme ve cila sistemleri

Bitirme/Cila Sistemi	İçerik	Partikül Büyüklüğü	Üretici Firma	Üretim (LOT) Numarası
Sof-Lex Bitirme ve Cila Diskleri	Al ₂ O ₃ kaplı diskler (kaba, orta, ince, ultra ince)	Kalın:60µm Orta:29 µm İnce:14 µm Ultra İnce:5 µm	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	N617898

**Şekil 3-4: Sof-Lex Bitirme ve Cila Diskleri (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)**

3.2.1. Sof-Lex Bitirme ve Cila Diskleri (3M/ESPE)

Sof-lex bitirme ve cila disk seti, kalın, orta, ince ve ultra ince partikül boyutuna sahip 4 farklı diskten oluşmaktadır. Disklerin üzeri alüminyum oksit kaplıdır.. Farklı partikül boyutuna sahip diskleri belirlemek için farklı renkler ile gren boyutlarına göre kodlanarak sınıflandırılmıştır. Çapları 12,7 mm ve 9,5 mm olarak iki farklı boyuta sahiptir. Diskler 10 000-30 000 rpm hızda 15-20 sn kullanılır. En iyi sonucu alabilmek için kullanım sırası kalından, ultra ince grenliye olacak şekilde uygulanmalıdır.

3.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Çalışmamızda kullanılan cihazlar Tablo 3-4’de ve Şekil 3-5, Şekil 3-6, Şekil 3-7, gösterilmiştir.

Tablo 3-4: Çalışmada kullanılan cihazlar ve üretici firmaları

Cihazlar	Cihazın Tipi	Üretici Firma
VITA Easyshade V Spektrofotometre	Spektrofotometre	VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya
Smile-Lite MDP	Işık Düzeltme Cihazı	Smile Litei Smile Line, St-Imier, İsviçre
700D Canon, 100 mm f2.8 IS	Dijital Fotoğraf Makinesi	Canon, Tokyo, Japonya
3M Espe Elipar Deepcure	Işık Aleti	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD



Şekil3-5: Vita Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Spektrofotometre



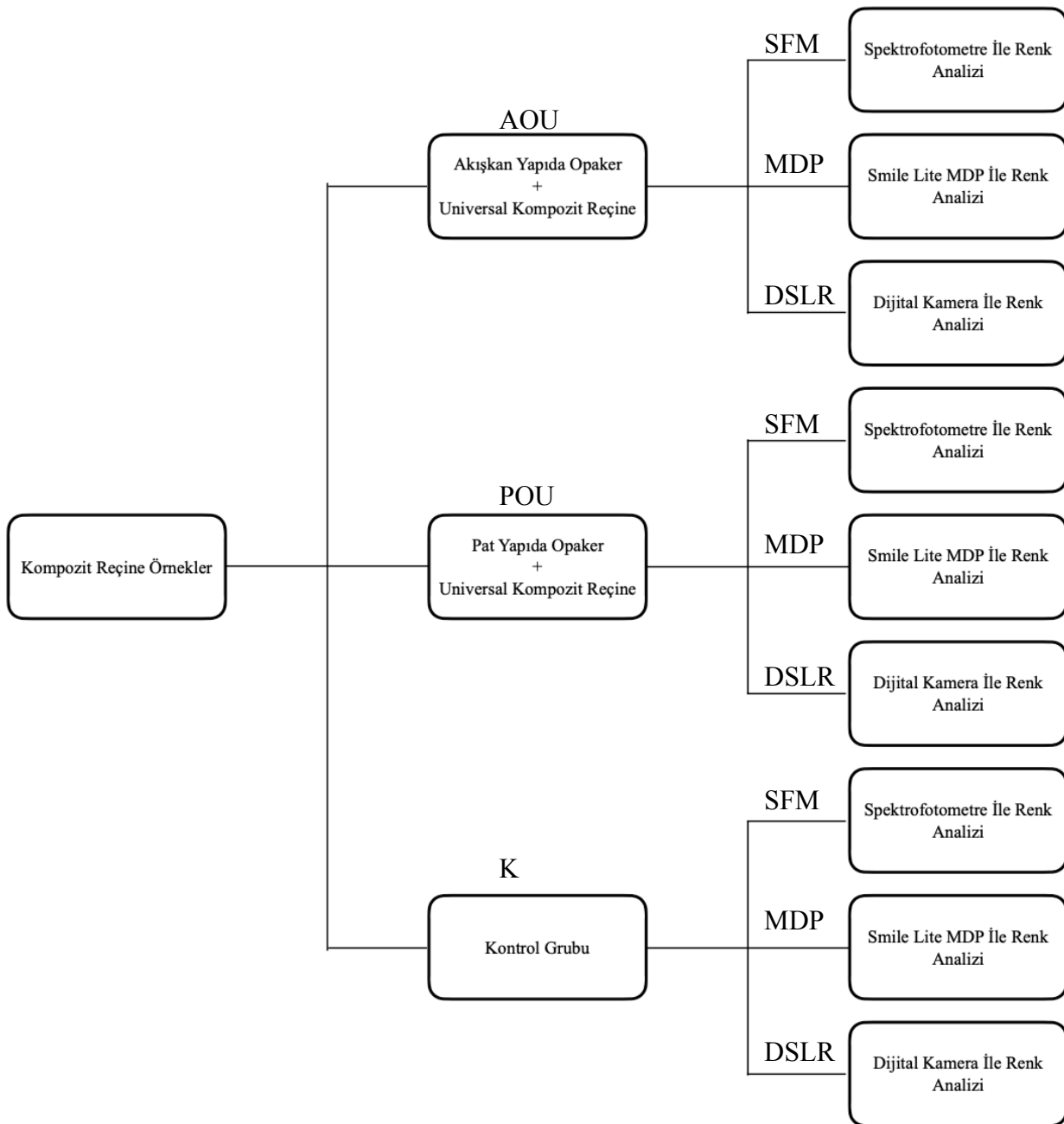
Şekil 3-6: Smile Lite MDP ışık standardizasyon cihazı (Smile Litei Smile Line, St-Imier, İsviçre)



Şekil 3-7: 3M Espe Elipar Deepcure (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD)

3.4.Deney Gruplarının Belirlenmesi

Kullanılan 2 farklı yapıdaki opakerden oluşan 2 ana grup ve 1 kontrol grubu oluşturuldu. Bu gruplardan her biri renk ölçümü için kullanılacak cihaza göre (Smile Lite MDP, Spektrofotometre ve Dijital kamera) üç alt gruba ayrıldı. Bu çalışma için 9 grup elde edildi. Örnek genişliğini belirlemek için öncelikle power analiz yapıldı. Sonuca göre; 0,3 etki büyüklüğü, %5 hata payı, %80 güç ile $n=34$ olarak belirlendi. Bu çalışma için toplam 306 örnek hazırlandı.



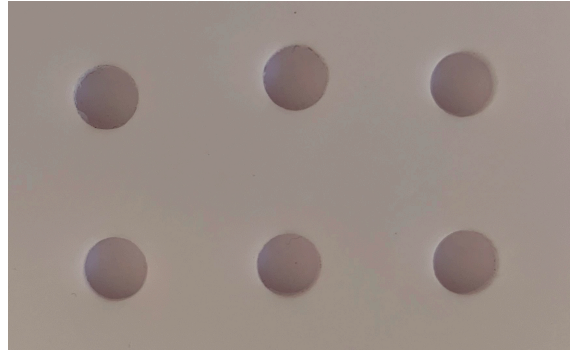


Şekil 3-8: Deney gruplarının oluşturulması ve kullanılan renk analiz yöntemleri

3.5. Dişi Temsil Eden Kompozit Reçine Alt Yapı Örneklerinin Hazırlanması

Renkleşmiş dişi temsil etmesi için hazırlanan kompozit reçine alt yapı örneklerinin standardizasyonu için 8x8 mm boyutunda ve 2 mm kalınlığında teflon kalıplar hazırlandı. Alt yapı örnekleri oluşturulurken nanohibrit kompozit reçine materyalinin C4 rengi kullanıldı.

Kompozit reçine örnekleri hazırlanırken tabakalama yöntemi kullanıldı. Polimerizasyon öncesi son kompozit tabakanın üzerine şeffaf bant (Mylar Strip, SS White, Philadelphia, PA, ABD) ve 1 mm lamel yerleştirildi. Kompozit örneklerin yüzeyinin pürüzsüz olması sağlandı. Elipar Deep-cure S (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) marka cihaz ile kompozit örnekleri 40 sn polimerize edildi. 306 adet örnek hazırlanarak 9 farklı gruba rastgele dağıtıldı. (n=34)



Şekil 3-9: Örneklerin hazırlanması için kullanılan teflon kalıp

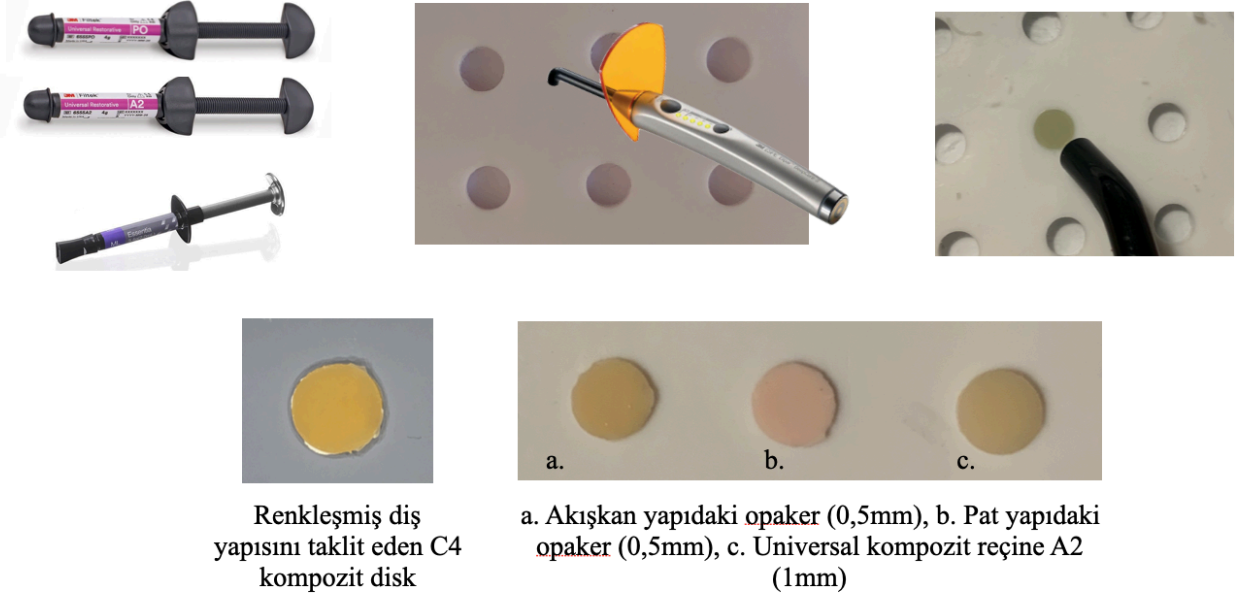
3.6. Kompozit Materyallerin Hazırlanması

Renge bağlı oluşabilecek farklılıkların elimine edilmesi amacıyla renk seçeneği bulunan her bir kompozit reçine materyalinin A2 rengi kullanıldı ve renk ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla kompozit reçineler gruplara ayrıldı. Kompozit örnekler üzerinde 8 mm' lik boşluklar bulunan 1 mm kalınlığındaki teflon kalıplara tabanda şeffaf bant (Mylar Strip, SS White, Philadelphia, PA, ABD) olacak şekilde uygulandı. Farklı yapıdaki opakerler 0,5 mm kalınlığındaki üzerinde 8 mm boşluk bulunan teflon kalıplar yardımı ile oluşturuldu.

Kompozit reçineler, kalıpların alt ve üst yüzeylerinde bulunan şeffaf bantlar ve 1 mm kalınlığındaki iki lamel arasında parmak basıncı ile sıkıştırılarak hem standart bir yüzey oluşturuldu hem de oksijen inhibisyon tabakası engellenmeye çalışıldı. Fazla materyal uzaklaştırıldıktan sonra üst yüzeyde şeffaf bant kalacak şekilde kompozitler 3M Elipar Deep Cure ışık kaynağı ile 40 sn polimerize edildi.

Polimerize edilen örneklerin üst yüzeyleri, yavaş devirli bir döner alet yardımı ile, kalın grenden ince grene doğru sıralanarak her cila diski için 10 sn süre ile soflex bitirme ve cila sistemleri (3M/ESPE, St. Paul, Mn, ABD) kullanılarak, su soğutması olmaksızın hazırlandı. Bitirme ve cila işlemleri tamamlanan örneklerin alt yüzeyleri işaretlendikten sonra, içinde distile su bulunan saklama kaplarına konularak 37°C'deki etüvde 24 sa süre ile bekletildi. 24 sa sonunda renk ölçüm değerlerinin belirlenmesi için

örnekler saklama kaplarından çıkarıldı, yüzeyleri distile su ile yıkandı, kurutma kâğıtları ile kurutuldu ve üç ayrı renk ölçüm yöntemi ile renk ölçümleri gerçekleştirildi.



Şekil 3-10: Kompozit örneklerin hazırlanması

3.7. Bitirme ve Cila İşlemlerinin Uygulanması

306 örneğe sırasıyla kalın, orta, ince ve ultra ince Sof-Lex bitirme ve cila disklerinden (3M ESPE) her biri 15 000-20 000 rpm ile 10'er saniye uygulandı. İşlem sırasında diskler aynı yönde uygulandı ve her diskten sonrası örnekler yıkanıp kurutuldu. Her işlem öncesi cila diski değiştirildi.

3.8. Dijital Spektrofotometre İle Renk Ölçümü

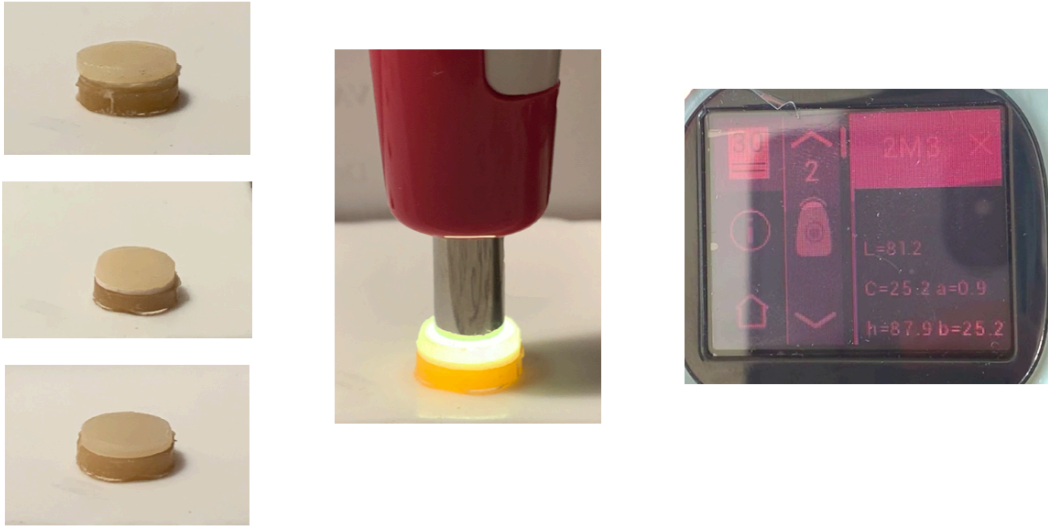
Çalışmadaki 102 örneğin renk ölçümleri dijital spektrofotometre (VITA EasyShade, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ile beyaz zemin üzerinde yapıldı. Spektrofotometrenin ölçümler sırasında kalibrasyonu için cihaz kalibrasyon yuvasına yerleştirilerek hafifçe bastırılıp kalibre edildi. Alt yapı (substrat) örnekleri sabit

beyaz arka plan üzerine yerleştirildi. Tek nokta ölçümü modunda cihazın ucu alt yapı örneğine tamamen temas edecek şekilde yerleştirildi. Her örnek için ölçüm işlemi 3 kez tekrarlandı ve ölçüm sonrası L, a*, b* değerleri not edildi. Ölçümlerden elde edilen değerlerin ortalama L, a*, b* değerleri hesaplandı. İstatistiksel veriler için bu değer kullanıldı.

Opaker ve kompozit uygulama sonrası alt yapı ve kompozit örneklerin ikinci ölçümleri yapıldı. Ölçüm sonrası L, a*, b* değerleri not edildi. İlk ve ikinci ölçümler ΔE değerinin hesaplanması için kullanıldı.

Her bir örneğin renk ölçümü ΔE formülü ile hesaplandı:

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



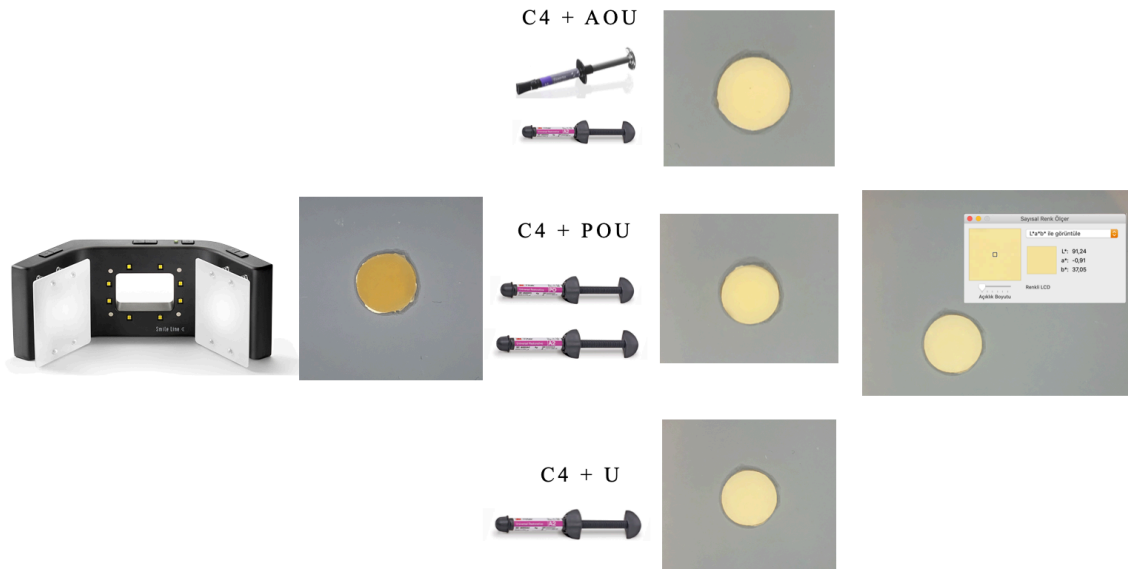
Şekil 3-11: Örneklerin Spektrofotometre ile renk analizlerinin elde edilmesi

3.9. Smile Lite MDP İle Alınan Fotoğrafların Renk Analizi

Çalışmada yer alan 102 örneğe ait tüm deney grupları nötr gri zemin üzerine yerleştirildi. 102 adet örneğin fotoğrafı Smile Lite MDP cihazı takılan akıllı telefon (iPhone XS; Apple) yardımı ile çekildi. Fotoğraflar çekilirken Smile Lite Mdp cihazının polarize filtresi ile birlikte ve ortada yer alan LED aydınlatmalar açık ve maksimum güçte kullanıldı. Fotoğrafların standardize olması için mesafe 15 cm olarak ayarlandı ve her bir örnek fotoğraflanırken LED aydınlatmalar maksimum güçte kullanıldı.

Alınan fotoğraflar bilgisayara aktırılarak CIE lab metriğinde değer veren ColorMeter uygulamasında her bir örneğin başlangıç ve opaker ve universal kompozit reçine uygulaması sonrası renk değerleri L* a* b* olarak not edildi. İlk ve ikinci ölçümler ΔE değerinin hesaplanması için kullanıldı. Her bir örneğin renk ölçümü ΔE formülü ile hesaplandı:

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



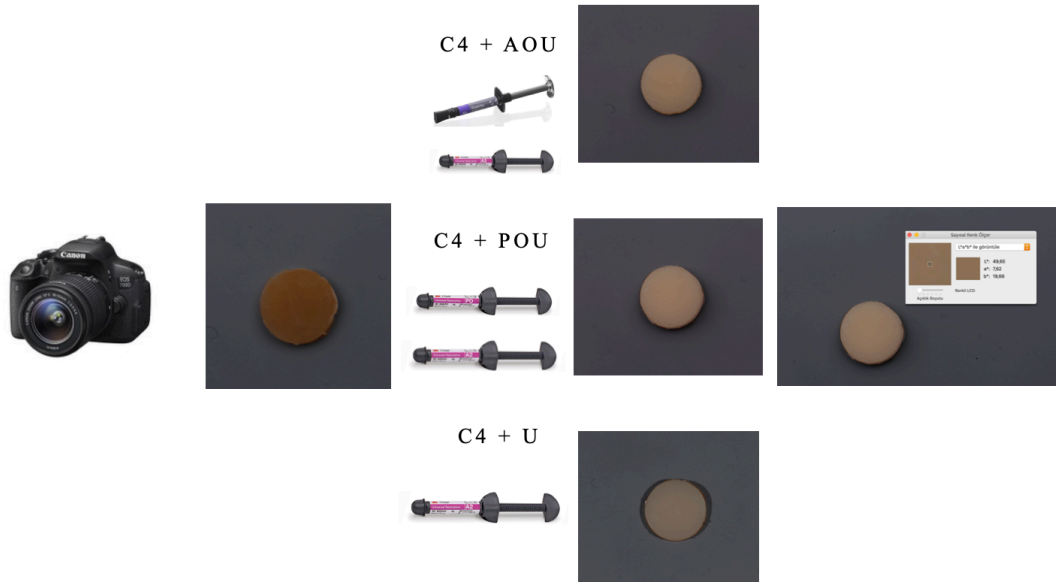
Şekil 3-12: Örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan renk analizi

3.10. Dijital Fotoğraf Makinesi İle Alınan Fotoğrafların Renk Analiz

Çalışmada yer alan 102 örneğe ait tüm deney grupları bilinen renk değerine sahip gri referans kartı üzerine yerleştirildi. Fotoğraflar arasında standardizasyonu sağlamak için düzenek kuruldu. Fotoğraf makinesi tripod üzerine makinenin lensi örneklerin üzerinde dik konumlandırılacak şekilde sabitlendi. Fotoğraflar 100mm f2.8 IS ve softbox ile aydınlatılan ortamda dijital fotoğraf makinesi (700D SLR; Canon) ile pozlama (1/125 saniye, f14) , ISO (200), 50 cm mesafeden alınmıştır. Alınan fotoğraflar bilgisayara aktırılarak CIE lab metriğinde değer veren ColorMeter uygulamasında her bir örneğin başlangıç ve opaker ve universal kompozit reçine uygulaması sonrası renk değerleri L* a* b* olarak not edildi. İlk ve ikinci ölçümler ΔE değerinin hesaplanması için kullanıldı.

Her bir örneğin renk ölçümü ΔE formülü ile hesaplandı:

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



Şekil 3-13: Örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan renk analizi

3.11. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analiz SPSS versiyon 21 kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı analizlerde ortalama $\pm$ standart sapma, ortanca ve minimum- maksimum değerleri verildi. Sürekli değişkenlerin normaliteleri Shapiro-Wilk testi, değişim katsayısı, histogram ve Q-Q grafiği ile değerlendirildi. Gruplar arası karşılaştırmalar, bağımsız gruplarda normal dağılım varsa ANOVA normal dağılım yoksa Kruskal-Wallis testi ile yapıldı. Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığını bulmak için Anova testi sonrası homojeniteye göre post-hoc Tukey HSD testi veya Tamhane testinden yararlanılırken Kruskal-Wallis testi sonrası anlamlı çıkan gruplarda post-hoc test olarak bonferroni testi kullanıldı. Farklı ölçüm yöntemlerine ait sonuçların kıyaslanmasında normal dağılım varsa tekrarlayan ölçümler Anova testi, normal dağılım yoksa Friedman testi kullanıldı. Anlamlılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için post-hoc bonferroni testi uygulandı. Sürekli değişkenlerin elde edildiği ölçüm yöntemleri arasındaki uyuma bakmak için Bland-Altman saçılım grafiğinden yararlanıldı (Genç ve ark. 2003; Giavarina 2015). SFM yöntemi ve diğer iki yöntem arası uyuma bakmak için yöntem sonuçları arası farklar (difference) ve ortalamalar (mean) hesaplandı ve farkların normal dağılımı değerlendirildi. One-sample t testi uygulanarak iki ölçüm yöntemi arasındaki farkın sifıra karşı anlamlılığı test edildi. Fark sifıra karşı anlamlı ise iki yöntem arasında uyumun olmadığı kabul edildi, fark sifıra karşı anlamsız ise Bland-Altman grafiği oluşturularak uyum değerlendirildi ve uyum sınırları hesaplandı. Tüm p değerleri çift yönlü ve 0,05'in altı anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Farklı yapıdaki opakerlerin renk maskeleye özelliklerini ve farklı renk ölçüm cihazlarının etkinliğini inceleyen çalışmamızda koyu renkli substrat ve substrat+opaker+kompozit kompleksi arasındaki renk farklı CIE $L^*a^*b^*$ parametresi ile incelenmiştir. Renk değişikliği ΔE değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

4.1. Tüm Deney Gruplarının Başlangıç Renk Bulguları

Tüm deney gruplarının başlangıç $L^*a^*b^*$ değerleri her bir renk analiz yöntemi ile kaydedilmiştir. Spektrofotomere ile renk analiz grubunda yer alan deney gruplarının substrat ortalama $L^*a^*b^*$ değerleri incelendiğinde $L^* = 60,26$ $a^* = 4,95$ $b^* = 39,59$ olarak belirlenmiştir. Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizi sonucunda substratların ortalama $L^* a^* b^*$ değerleri incelenmiş ve $L^* = 67,29$ $a^* = 9,18$ $b^* = 50,24$ bulunmuştur. Dijital kamera ile alınan fotoğrafların renk analizi yapıldığında ise substratların $L^*a^* b^*$ değerleri incelenmiş ve $L^* = 28,86$ $a^* = 10,53$ $b^* = 21,21$ olarak belirlenmiştir.

4.2. Tüm Deney Gruplarında Yer alan Örneklerin $L2^* a2^* b2^*$ Renk Bulguları

Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin $L2^* a2^* b2^*$ değerleri Tablo 4-1’te verilmiştir.

Tablo- 4-1 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin spektrofotomere ile elde edilen L2* a2* b2* değerleri karşılaştırılması

		AOU	POU	Kontrol	p
SFM		n=34	n=34	n=34	
L2	Ortalama±ss	85,64±1,18 ^a	88,26±1,51 ^b	80,39±0,67 ^c	0.000 *
	medyan (min.-max.)	85,87 (83,47-87,63)	88,3 (83,57-90,4)	80,5 (78,6-81,37)	
a2	Ortalama±ss	0,96±0,19 ^a	2,05±0,22 ^b	0,81±0,17 ^c	0.000 *
	medyan (min.-max.)	0,93 (0,43-1,27)	2,02 (1,6-2,53)	0,85 (0,3-1,17)	
b2	Ortalama±ss	29,88±0,83	30,58±0,92	25,51±0,76	0.000 **
	medyan (min.-max.)	29,77 ^a (28,17-32,07)	30,38 ^a (29,1-33,5)	25,28 ^b (24,37-27,77)	

* One-way ANOVA testi, ** Kruskal-Wallis Testi. **ss**: Standart sapma, **min-max**: minimum-maximum değer

Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin spektrofotomere ile elde edilen L2* değerleri kıyaslandığında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin spektrofotomere ile elde edilen a2* değerleri kıyaslandığında tüm gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.007$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin spektrofotomere ile elde edilen b2* değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde AOU ve POU grubunun medyan b2* değerinin kontrol grubunun b2* değerinden yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p:0.000$).

Tablo 4-2 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen L2* a2* b2* değerleri karşılaştırılması

MDP		AOU	POU	Kontrol	p*
		n=34	n=34	n=34	
L2	Ortalama±ss	91,35±0,62	91,9±1,05	90,52±0,82	0.000
	Medyan (min.-max.)	91,4 (90,2-92,7) ^a	91,6 (90,5-94,2) ^a	90,6 (87,8-91,8) ^b	
a2	Ortalama±ss	-0,68±0,8	0,06±0,91	-1,53±1,55	0.000
	Medyan (min.-max.)	-0,7 (-2,5-2,1) ^a	0,25 (-2,1-1,7) ^b	-1,25 (-9,2-0) ^c	
b2	Ortalama±ss	36,71±0,97	37,7±1,61	32,21±1,21	0.000
	Medyan (min.-max.)	36,8 (35-39,6) ^a	37,6 (34,3-40,6) ^a	32,3 (29,4-35,6) ^b	

* Kruskal-Wallis Testi. ss: Standart sapma, **min-max**: minimum- maximum değer
Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen L2* değerleri kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğuna bakıldığında AOU grubunun ve POU grubunun medyan L2* değerinin kontrol grubundan anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). Ancak AOU grubu ile POU grubu arasında L2* değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür ($p_3:0.327$). Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen a2* değerleri kıyaslandığında her üç grup arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p_1:0.007$, $p_2:0.015$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). En yüksek a2* değeri POU grubuna aitken, en düşük değer Kontrol grubunda yer almaktadır. Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen b2* değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde AOU ve POU grubunun medyan b2* değerinin kontrol grubunun b2* değerinden yüksek olduğu

görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p:0.000$). AOU grubu ile POU grubu arasında ise $b2^*$ değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür($p_3:0.278$).

Tablo 4-3 : Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen $L2^*$ $a2^*$ $b2^*$ değerleri karşılaştırılması

DSLRL		AOU	POU	Kontrol	p
		n=34	n=34	n=34	
L2	Ortalama±ss	46,74±1,49	49,2±5,78	45,37±1,23	0.000*
	Medyan (min.-max.)	46,9(43,7-49,7) ^a	50,8 (30,8-53,7) ^b	45,2 (43,1-47,5) ^c	
a2	Ortalama±ss	5,02±0,44 ^a	6,32±0,51 ^b	4,93±0,59 ^a	0.000**
	Medyan (min.-max.)	5,05(4,2-5,7)	6,4(5,1-7)	4,85 (3,8-5,9)	
b2	Ortalama±ss	16,09±1,12	16,69±1,32	12,79±1,18	0.000**
	Medyan (min.-max.)	16,2(13,8-19) ^a	16,85 (14,6-18,8) ^a	12,9 (10,6-15,4) ^b	

* Kruskal-Wallis Testi, ** One-way ANOVA testi. ss: Standart sapma, **min-max**: minimum-maximum değer

Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen $L2^*$ değerleri kıyaslandığında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.034$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). POU grubunun medyan $L2^*$ değeri en yüksek bulunmuş olup, kontrol grubu en düşük $L2^*$ değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen $a2^*$ değerleri kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.000$).). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde POU grubunun ortalama $a2^*$ değerinin hem AOU grubundan hem de kontrol grubundan yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p:0.000$). AOU grubu ile kontrol grubu $a2^*$ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür ($p_3:0.761$). Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin DSLR ile elde edilen fotoğraflardan dijital olarak elde edilen $b2^*$ değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu

görülmüştür ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde AOU ve POU grubunun medyan $b2^*$ değerinin kontrol grubunun $b2^*$ değerinden yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p:0.000$). AOU grubu ile POU grubu arasında ise uygulama sonrası $b2^*$ değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür ($p_3:0.720$).

4.3. Tüm Deney Gruplarında Yer alan Örneklerin Renk Bulgularının Değerlendirilmesi

Tablo 4-4 : SFM ile renk analiz yöntemine göre materyallerin karşılaştırılması

		AOU	POU	Kontrol	p
SFM		n=34	n=34	n=34	
ΔL	ortalama $\pm$ ss	25,14 $\pm$ 1,31 ^a	28,3 $\pm$ 1,64 ^b	19,97 $\pm$ 1,01 ^c	0.000*
	medyan (min.-max.)	25,05 (22,37-27,9)	28 (25-33,03)	20,1 (18,07-23,33)	
Δa	ortalama $\pm$ ss	-4,05 $\pm$ 0,21 ^a	-2,87 $\pm$ 0,22 ^b	-4,13 $\pm$ 0,2 ^a	0.000*
	medyan (min.-max.)	-4,03 (-4,63--3,63)	-2,87 (-3,37--2,43)	-4,12 (-4,57--3,77)	
Δb	ortalama $\pm$ ss	-9,85 $\pm$ 0,97	-8,77 $\pm$ 1,06	-14,19 $\pm$ 0,86	0.000*
	medyan (min.-max.)	-9,93 ^a (-11,6--7,67)	-8,82 ^b (-10,33- -5,33)	-14,13 ^c (-15,53--12,17)	
ΔE	ortalama $\pm$ ss	27,33 $\pm$ 1,19 ^a	29,79 $\pm$ 1,62 ^b	24,86 $\pm$ 0,89 ^c	0.000
	medyan (min.-max.)	27,08 (25,27-29,58)	29,5 (26,01-34,25)	24,78 (23,23-27,04)	

* One-way ANOVA testi, ** Kruskal-Wallis Testi

Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

SFM ile renk analizinden elde edilen ortalama ΔL karşılaştırıldığında bütün grupların ΔL ortalamasının birbirinden anlamlı olarak farklı olduğu olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Materyallerin SFM ile renk analizinden elde edilen Δa değerleri kıyaslandığında Δa ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur

($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde POU grubunun Δa ortalamasının AOU grubu ve kontrol grubundan istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük olduğu tespit edilmiştir ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). SFM ile renk analizinden elde edilen Δb değerleri açısından gruplar kıyaslandığında tüm materyallerin Δb değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür ($p:0.000$). SFM ile renk analizinden elde edilen ΔE düzeylerine bakıldığında AOU grubunun ΔE ortalamasının 27,33, POU grubunun ΔE ortalamasının 29,79 ve kontrol grubunun ΔE ortalamasının 24,86 olduğu görülmüştür. Her üç grubun ΔE düzeyi birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu belirlenmiştir ($p:0.000$).

Tablo 4-5 : Smile Lite MDP ile alınan fotoğraflardan dijital olarak elde edilen renk analizlerinin karşılaştırılması

MDP		AOU	POU	Kontrol	p
		n=34	n=34	n=34	
ΔL	ortalama $\pm$ ss	24,02 $\pm$ 1,58 ^{a,b}	24,69 $\pm$ 1,52 ^a	23,19 $\pm$ 1,62 ^b	0.001*
	medyan (min.-max.)	24,1 (21-27)	24,85 (21,3-27,3)	23,3 (19,5-26,3)	
Δa	ortalama $\pm$ ss	-9,77 $\pm$ 1,12	-9,07 $\pm$ 1,07	-10,86 $\pm$ 1,66	0.000**
	medyan (min.-max.)	-10 ^a (-12,2--6,7)	-9 ^b (-11--7,1)	-10,7 ^c (-18,5--8,5)	
Δb	ortalama $\pm$ ss	-13,31 $\pm$ 1,81	-12,5 $\pm$ 2,76	-18,29 $\pm$ 2,13	0.000**
	medyan (min.-max.)	-13,7 ^a (-15,4--8,2)	-12,55 ^a (-18,1--6,4)	-18,8 ^b (-22,7--12,4)	
ΔE	ortalama $\pm$ ss	29,24 $\pm$ 1,44	29,24 $\pm$ 1,87	31,57 $\pm$ 1,84	0.000**
	medyan (min.-max.)	28,72 ^a (27,43-32,44)	29,11 ^a (25,13-33,05)	31,25 ^b (28,51-35,99)	

* One-way ANOVA testi, ** Kruskal-Wallis Testi. ss: Standart sapma, **min-max**: minimum- maximum değer
Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen ΔL değerleri kıyaslandığında materyal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.001$). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığına bakıldığında POU grubunun ortalama ΔL değerinin kontrol grubunun ortalama ΔL değerinden anlamlı olarak yüksek olduğu bulunmuştur ($p_1:0.001$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen Δa değerleri kıyaslandığında her üç materyal grubun Δa değerinin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen Δb materyal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde kontrol grubunun Δb değerinin AOU ve POU gruplarından anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen ΔE düzeylerine bakıldığında AOU grubunun ΔE medyan değerinin 28,72, POU grubunun ΔE medyan değerinin 29,11 ve kontrol grubunun ΔE medyan değerinin 31,25 olduğu görülmüştür. Grupların ΔE düzeyi birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğuna bakıldığında kontrol grubunun ΔE değerinin POU ve AOU grubundan anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$).

Tablo 4-6 : DSLR ile alınan fotoğraflardan dijital olarak elde edilen renk analizlerinin karşılaştırılması

DSLR		AOU	POU	Kontrol	p *
		n=34	n=34	n=34	
ΔL	ortalama $\pm$ ss	17,98 $\pm$ 3,07	20,28 $\pm$ 5,52	16,45 $\pm$ 2,78	0.000
	medyan (min.-max.)	18,1 ^a (10,3-24,5)	21,6 ^b (2,7-27,9)	16,3 ^a (11,5-22,4)	
Δa	ortalama $\pm$ ss	-5,56 $\pm$ 0,91	-4,19 $\pm$ 0,82	-5,58 $\pm$ 0,82	0.000
	medyan (min.-max.)	-5,65 ^a (-7,8--3,8)	-4,25 ^b (-6,2--2,2)	-5,6 ^a (-7,1--3,9)	
Δb	ortalama $\pm$ ss	-5,12 $\pm$ 1,92	-4,53 $\pm$ 2,07	-8,42 $\pm$ 1,82	0.000
	medyan (min.-max.)	-5,53 ^a (-8,8--1,3)	-4,55 ^a (-8,3-0,6)	-8,2 ^b (-12,2--4,4)	
ΔE	ortalama $\pm$ ss	19,65 $\pm$ 2,84	21,4 $\pm$ 5,14	19,44 $\pm$ 2,45	0.002
	medyan (min.-max.)	19,86 ^a (13,12-26,48)	22,78 ^b (6,93-28,53)	19,77 ^a (14,82-23,86)	

* Kruskal-Wallis Testi. ss: Standart sapma, **min-max**: minimum- maximum değer
Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen ΔL değerleri kıyaslandığında materyal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p:0.001$). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığına bakıldığında POU grubunun medyan ΔL değerinin hem AOU grubunun hem de kontrol grubunun ΔL değerinden anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.010$, $p_2:0.000$). AOU grubu ile kontrol grubunun ΔL değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p_3:0.172$). DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen Δa değerleri kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p:0.000$). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığına bakıldığında POU grubunun medyan Δa değerinin hem AOU grubunun hem de kontrol grubunun Δa değerinden anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). AOU grubu

ile kontrol grubunun Δa değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görölmüştür ($p_3:1.000$). DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen Δb değerleri karşılaştırıldığında materyal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görölmüştür ($p:0.000$). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğu incelendiğinde kontrol grubunun Δb değerinin AOU ve POU grubunun ikisinden de farklı olduğu görölmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). AOU grubu ile POU grubunun Δb değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görölmüştür ($p_3:1.000$). DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri ile elde edilen ΔE düzeylerine bakıldığında AOU grubunun ΔE medyan değerinin 19,86, POU grubunun ΔE medyan değerinin 22,78 ve kontrol grubunun ΔE medyan değerinin 19,77 olduğu görölmüştür. Grupların ΔE düzeyi birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur ($p:0.002$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğuna bakıldığında POU grubunun ΔE değerinin AOU ve kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olduğu görölmüştür ($p_1:0.012$, $p_2:0.003$). AOU grubu ile kontrol grubunun ΔE değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p_3:1.000$).

4.4. Tüm Deney Gruplarında Yer alan Örneklerin Farklı Renk Analiz Yöntemleri İle Elde Edilen Renk Bulgularının Değerlendirilmesi

Tüm deney gruplarında yer alan örneklerin L^* değerindeki fark $\Delta L=L_2-L_1$ formülüyle hesaplanmıştır. a^* değerindeki fark $\Delta a=a_2-a_1$ formülü ile elde edilmiş, b^* değerleri arasındaki fark ise $\Delta b=b_2-b_1$ formülü ile elde edilmiştir.

Tablo 4-7 : AOU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

AOU		SFM	MDP	DSLR	p
		ortalama± ss	ortalama± ss	ortalama± ss	
ΔL	ortalama± ss	25,14 ± 1,31 ^a	24,02 ± 1,58 ^b	17,98±3,07 ^c	0.000*
	medyan (min.-max.)	25,05 (22,37-27,9)	24,1 (21-27)	18,1 (10,3-24,5)	
Δa	ortalama± ss	-4,05 ± 0,21 ^c	-9,77 ± 1,12 ^b	-5,56±0,91 ^c	0.000*
	medyan (min.-max.)	-4,03 (-4,63--3,63)	-10 (-12,2--6,7)	-5,65 (-7,8--3,8)	
Δb	ortalama± ss	-9,85 ± 0,97	-13,31 ± 1,81	-5,12±1,92	0.000**
	medyan (min.-max.)	-9,93 ^a (-11,6--7,67)	-13,7 ^b (-15,4--8,2)	-5,53 ^c (-8,8--1,3)	
ΔE	ortalama± ss	27,33 ± 1,19	29,24 ± 1,44	19,65±2,84	0.000**
	medyan (min.-max.)	27,08 ^a (25,27-29,58)	28,72 ^b (27,43-32,44)	19,86 ^c (13,12-26,48)	

* Repeated measures ANOVA testi, ** Friedman Testi. **ss**: Standart sapma, **min-max**: minimum- maximum değer

Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

AOU grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen ortalama ΔL değeri 25,14, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda materyallerin ΔL değeri 24,02 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda materyallerin ΔL değeri 17,98'di. AOU grubunun farklı yöntemlerle ölçülen tüm ΔL değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($p_1:0.010$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). AOU grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen ortalama Δa değeri -4,05, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda Δa değeri -9,77 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda materyallerin Δa değeri -5,56 olarak bulunmuştur. AOU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen tüm Δa değerleri birbirinden istatistiksel

olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). AOU, farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen Δb değerleri kıyaslandığında tüm renk analiz yöntemleri arasında medyan Δb değeri açısından istatistiksel düzeyde fark olduğu görülmüştür ($p_1:0.003$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda Δb değeri -13,7 olarak kaydedilmiş olup, DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda medyan Δb değeri -5,53 olarak elde edilmiştir. AOU grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen medyan ΔE değeri 27,02, MDP yöntemi ile elde edilen medyan ΔE değeri 28,72 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda medyan ΔE değeri 19,86 olarak bulunmuştur. AOU grubunun farklı yöntemlerle ölçülen ΔE değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur ($p_1:0.002$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$).

Tablo 4-8: POU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

POU		SFM	MDP	DSLR	p*
ΔL	ortalama $\pm$ ss	28,3 $\pm$ 1,64	24,69 $\pm$ 1,52	20,28 $\pm$ 5,52	0.000
	medyan (min.-max.)	28 ^a (25-33,03)	24,85 ^b (21,3-27,3)	21,6 ^b (2,7-27,9)	
Δa	ortalama $\pm$ ss	-2,87 $\pm$ 0,22	-9,07 $\pm$ 1,07	-4,19 $\pm$ 0,82	0.000
	medyan (min.-max.)	-2,87 ^a (-3,37--2,43)	-9 ^b (-11--7,1)	-4,25 ^c (-6,2--2,2)	
Δb	ortalama $\pm$ ss	-8,77 $\pm$ 1,06	-12,5 $\pm$ 2,76	-4,53 $\pm$ 2,07	0.000
	medyan (min.-max.)	-8,82 ^a (-10,33--5,33)	-12,55 ^b (-18,1--6,4)	-4,55 ^c (-8,3-0,6)	
ΔE	ortalama $\pm$ ss	29,79 $\pm$ 1,62	29,24 $\pm$ 1,87	21,4 $\pm$ 5,14	0.000
	medyan (min.-max.)	29,5 ^a (26,01-34,25)	29,11 ^a (25,13-33,05)	22,78 ^b (6,93-28,53)	

*Friedman Testi. **ss:** Standart sapma, **min-max:** minimum- maximum değer

Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

POU grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen medyan ΔL değeri 28, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda medyan ΔL değeri 24,85 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda ortalama ΔL değeri 21,6 olarak bulunmuştur. POU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen ΔL değerlerinin birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($p:0.000$). SFM ile renk analizinden elde edilen medyan ΔL değeri, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizinden hem de DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizinden elde edilen ΔL değerinden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizinden ile elde edilen ΔL değeri ile DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizi ile elde edilen değer arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür ($p_3:0.087$). POU grubunun medyan Δa değeri SFM ile renk analiz yöntemi ile -2,87, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile -9 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile -4,25 olarak bulunmuştur. POU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen tüm Δa değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p_1:0.000$, $p_2:0.002$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). POU grubunun Δb değerleri farklı renk analiz yöntemleri ile kıyaslandığında tüm ölçüm yöntemleri arasında medyan Δb değeri açısından istatistiksel düzeyde fark olduğu görüldü ($p_1:0.002$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan Δb değeri -12,55 olup, DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan Δb değeri -4,55 ile olarak bulunmuştur. POU grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen medyan ΔE değeri 29,5, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda medyan ΔE değeri 29,11 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analizleri sonucunda medyan ΔE değeri 22,78 olarak hesaplanmıştır. POU grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen ΔE değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur ($p:0.000$). DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen ΔE değeri hem SFM ile renk analizinden hem de Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen değerden anlamlı olarak düşük elde edilmiştir ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$). SFM ile renk analiz ve Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk

analiz yöntemleri ile elde edilen ΔE değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark olmadığı görülmüştür ($p_3:1.000$).

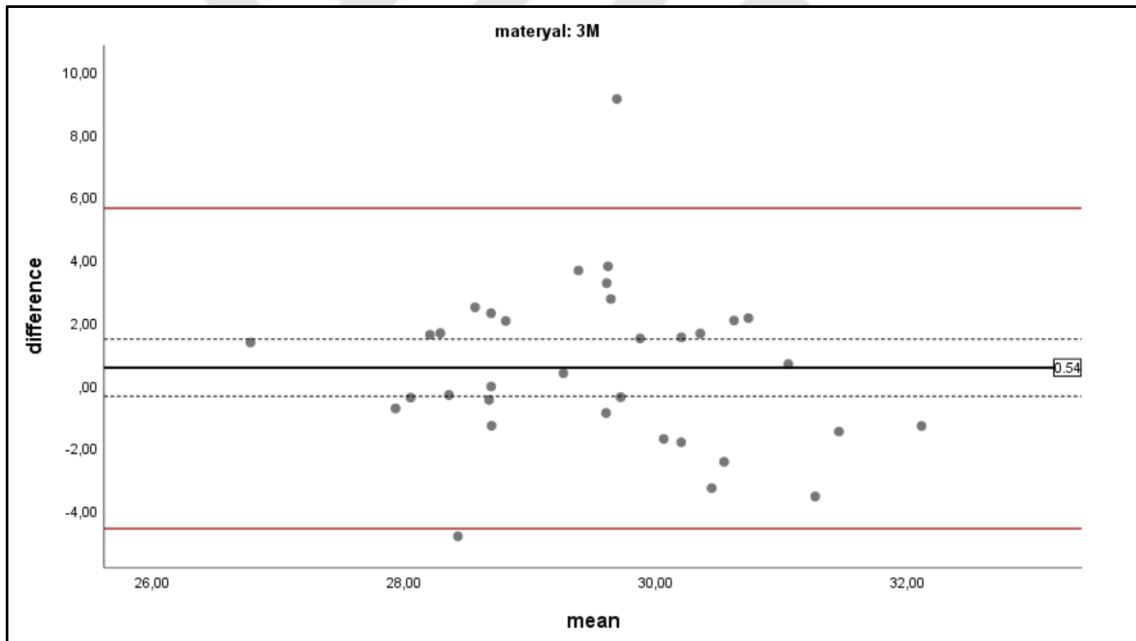
Tablo 4-9: Kontrol grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen değerlerinin kıyaslanması

Kontrol		SFM	MDP	DSLR	p*
ΔL	ortalama $\pm$ ss	19,97 $\pm$ 1,01	23,19 $\pm$ 1,62	16,45 $\pm$ 2,78	0.000
	Medyan (min.-max.)	20,1 ^a (18,07-23,33)	23,3 ^b (19,5-26,3)	16,3 ^c (11,5-22,4)	
Δa	ortalama $\pm$ ss	-4,13 $\pm$ 0,2	-10,86 $\pm$ 1,66	-5,58 $\pm$ 0,82	0.000
	Medyan (min.-max.)	-4,12 ^a (-4,57--3,77)	-10,7 ^b (-18,5--8,5)	-5,6 ^c (-7,1--3,9)	
Δb	ortalama $\pm$ ss	-14,19 $\pm$ 0,86	-18,29 $\pm$ 2,13	-8,42 $\pm$ 1,82	0.000
	Medyan (min.-max.)	-14,13 ^a (-15,53--12,17)	-18,8 ^b (-22,7--12,4)	-8,2 ^c (-12,2--4,4)	
ΔE	ortalama $\pm$ ss	24,86 $\pm$ 0,89	31,57 $\pm$ 1,84	19,44 $\pm$ 2,45	0.000
	Medyan (min.-max.)	24,78 ^a (23,23-27,04)	31,25 ^b (28,51-35,99)	19,77 ^c (14,82-23,86)	

*Friedman Testi. ss: Standart sapma, **min-max**: minimum- maximum değer
Aynı satırdaki her farklı harf 0.05 düzeyinde birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Kontrol grubunun SFM ile renk analizinden elde edilen medyan ΔL değeri 20,1, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan ΔL değeri 23,3 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen ortalama ΔL değeri 16,3 olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubunun farklı renk analiz yöntemleri elde edilen tüm ΔL değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir (($p_1:0.000$, $p_2:0.007$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Kontrol grubunun medyan Δa değeri SFM ile renk analiz ile -4,12, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile -10,7 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile -5,6 olarak bulunmuştur. Kontrol grubunun farklı renk analiz yöntemleri elde edilen tüm Δa değerleri birbirinden istatistiksel olarak

anlamlı düzeyde farklı olarak belirlenmiştir ($p_1:0.000$, $p_2:0.001$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Kontrol grubunun Δb değerleri farklı renk analiz yöntemleri ile kıyaslandığında tüm renk analiz yöntemleri arasında medyan Δb değeri açısından istatistiksel düzeyde fark olduğu görülmüştür ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$). Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan Δb değeri -18,8 olup, DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan Δb değeri -8,2 olarak bulunmuştur. Kontrol grubunun SFM ile renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan ΔE değeri 24,78, Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan ΔE değeri 31,25 ve DSLR ile alınan dijital fotoğrafların renk analiz yöntemi ile elde edilen medyan ΔE değeri 19,77 olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubunun farklı renk analiz yöntemleri ile elde edilen tüm ΔE değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur ($p_1:0.000$, $p_2:0.000$, $p_3:0.000$, $p:0.000$).



Şekil 4-1: POU grubunun SFM ve MDP yöntemleri arasındaki uyumu gösteren Bland-Altman Grafiği. Düz siyah çizgi farkların ortalaması (0.54), siyah kesikli çizgiler farkların ortalamasının güven aralığını belirtmektedir. Üst kırmızı çizgi: İki yöntem arası uyumun %95 güven aralığındaki üst sınırını belirtir (5.6577), Alt Kırmızı çizgi:

İki yöntem arası uyumun %95 güven aralığındaki alt sınırını belirtir (-4,5689). *lineer regresyon yapılarak fark ve ortalama arasında bias olmadığı görüldü (p: 0.425)*

Tablo 4-10: SFM ve MDP yöntemlerinin uyumunun POU grubu için değerlendirilmesi. Bland-Altman Grafiği sonuçları

Materyal	Karşılaştırılan metodlar	n	farkların ortalaması	s. sapma	%95 uyum sınırları	
					ort.-1.96*ss	ort.+1.96*ss
POU	SFM-MDP	34	0.5444	2,61	-4,57	5,66

n: sayı, ort: ortalama, ss: standart sapma

SFM ve MDP ile alınan fotoğraflardan elde edilen ΔE değerleri arasında uyum olup olmadığı Bland-Altman grafiği ile her materyal grubu için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Öncelikle SFM, MDP ve DSLR yöntemleri arasındaki uyuma bakmak için yöntem sonuçları arası farklar (difference) ve ortalamalar (mean) hesaplanmış ve farkların normal dağılımı değerlendirilmiştir. One-sample t testi uygulanarak iki ölçüm yöntemi arasındaki farkın sıfıra karşı anlamlılığı test edildi. Farkın sıfıra karşı anlamsız olması iki yöntem arasında zaten uyumun olmadığını göstermektedir ve Bland-Altman grafiği ile uyumun değerlendirilmesine gerek kalmamaktadır.

Yapılan değerlendirme sonucunda sadece POU grubu için SFM ile MDP arasındaki farkın sıfırdan istatistiksel olarak anlamsız olduğu ve ölçüm yöntemleri arasında bir uyum olduğu görülerek ($p=0.232$), Bland-Altman grafiği uygulanmıştır (Şekil 4-1). Grafik incelendiğinde POU grubu için SFM ve MDP yöntemi arasında bir uyumdan söz edilebileceği görülmüştür. Bunun sonucuna göre MDP yöntemi ile elde edilen değerin SFM yöntemi ile elde edilen değerden -4,57 (birim) kadar düşük veya 5,66 (birim) kadar fazla bulunabileceği görülmüştür (Şekil4-1) (Tablo-410). AOU ve Kontrol grupları için SFM yöntemi ile POU grubu arasında ΔE değeri ölçümü açısından uyum olmadığı görülmüştür (*Farklara ait one- sample t test sonucu sırasıyla: $p_1:0.000$,*

$p_2:0.000$). Yine her üç materyal grubu içinde SFM ile DSLR yöntemi arasında ΔE değeri açısından uyum olmadığı görülmüştür (*Farklara ait one- sample t test sonucu sırasıyla; $p_1:0.000, p_2:0.000, p_3:0.000$*).



5. TARTIŞMA

Tez çalışmamızda renkleşmiş dentini taklit eden substrat üzerine uygulanan iki farklı yapıdaki opaker özellikte kompozit reçine ve universal kompozit reçine kullanılarak tabakalama tekniği sonrasında elde edilen rengin spektrofotometre, dijital kamera ile alınan fotoğraf ve Smile Lite MDP cihazı kullanılarak alınan fotoğraflar üzerinden yapılan renk analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tez çalışmamızın amacı elde edilen renk analiz yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesinin yanısıra renkleşmiş substrat yapıyı taklit eden substratın farklı yapıdaki opakerler ve universal kompozit reçine kullanılarak uygulanan farklı tabakalama teknikleri ile elde edilen renk maskeleme etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Travma, endodontik tedavi, florozis, ilaca bağlı renkleşmeler vb. sebeplerden ortaya çıkan özellikle dentin dokusundaki renkleşmeler üzerine uygulanan materyallerin sahip oldukları yetersiz optik özellikleri renkleşmeyi yeterince maskeleyememesi nihai restorasyonda elde edilen yetersiz renk uyumu estetik algıyı olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dişlerde meydana gelen şekil, renk, malpozisyon gibi problemlerin çözümü için hastaların diş hekimlerine başvurma oranı artmış, hastanın estetik ve fonksiyonunun geri kazandırılmasının yanı sıra aynı zamanda özgüveninin ve psikolojisinin olumlu şekilde etkilendiği gözlenmiştir. Hastaların artan estetik beklentilerini karşılamak ve kaybedilen fonksiyonu geri kazandırmak için gelişen adeziv sistemlerle birlikte konservatif tedaviler tercih edilmeye başlanmıştır. Madde kaybı fazla olan ve geniş hacimli restorasyon ihtiyacı olan anterior dişlerin tedavileri için indirek seramik restorasyonlara alternatif olarak direk kompozit restorasyonlar tercih edilebilmektedir. Renkleşmiş dişlerin dentin dokusunda medyana gelen koyu rengi maskelemek eski materyallerin optik ve mekanik özellikleri ile mümkün olmadığından dolayı substrat rengini maskeleyebilmek adına aşırı preparasyon yaparak sağlıklı diş dokusunu uzaklaştırmak gerekirken günümüzde geliştirilen materyallerin mekanik ve optik özellikleri sayesinde direk restorasyonlarla ideal renk uyumu elde edilebilmek mümkündür (Bassett ve Patrick 2004). Kompozit restorasyon materyalleri seramik esaslı materyallere kıyasla daha düşük optik ve mekanik ve estetik özelliklere sahip olmalarına rağmen indirek restorasyonlara göre yapımı kolay, maliyeti az ve

elastik modülleri dentine yakın olduğundan dolayı kırılmaya karşı direçli olmaları nedeniyle tercih edilebilmektedirler. Diğer bir taraftan direk uygulanan kompozit materyallerinin marjinal adaptasyonun kolay sağlanması ve ağız içi tamir imkanı sunması da ilave avantajlar sağlamaktadır.

Günümüzde renkleşmiş dişlerin tedavisi sırasında vital ve devital beyazlatma, mikroabrazyon, kompozit ve porselen lamina venerler tek başlarına veya kombine olarak uygulanabilmektedir (Shadman ve ark. 2015). İleri derecede renkleşmiş dişlerin tedavisinde vital beyazlatma yönteminin yetersiz kalmasından dolayı renkleşmiş diş dokusunu maskelemek için kompozit vener restorasyonlarının altına ince bir opaker uygulaması ile estetik restorasyonlar elde etmek mümkündür. (Haywood ve ark. 1997; Faus-Matoses ve ark 2017). Direk kompozit restorasyonlar, doğru teknik, doğru materyal ve doğru endikasyonda tecrübeli hekimler tarafından uygulandığında uzun yıllar başarılı bir şekilde kullanımı mümkündür. Bu nedenle tez çalışmamız kapsamında opaker uygulaması sonrası minimal invaziv bir tedavi yaklaşımı olan direkt kompozit vener restorasyonlar ile elde edilebilecek renk uyumunun in vitro modellenmesi amaçlanmıştır. Renkleşmiş diş dokusunun rengini maskelemek için kullanılacak opaker, substart renginin restorasyonun final rengine olan etkisini azaltmak amacıyla tabakalama tekniği ile doğru bir şekilde uygulanmalıdır. Bu nedenle çalışmamızda C4 rengine sahip kompozit substrat üzerine uygulanan pat ve akışkan yapıdaki iki farklı opaker kompozit katmanları üzerine mine ve dentin dokularının opasitesini tek bir yapıda destekleyen universal kompozit reçine tabakasının uygulanması ile elde edilen nihai renk ve renkleşmenin maskelenmesi kantitatif olarak farklı renk analiz teknikleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Doğal diş dokusunda yer alan mine ve dentinin farklı optik özellikleri nedeniyle polikromatik yapıya sahip olması renk seçimini daha zor ve karmaşık hale getirmektedir. Dentin bir dişin temel rengini veya tonunu verirken, mine dokusu, farklı kalınlığına göre ana renk (hue) ve parlaklık (value) değerini değiştirir (Okubo ve ark. 1998; Dietschi, 2008). Cisme düşen ışık yüzeyden yansıyabilir, emilebilir, saçılabilir veya iletilebilir. Dişin yüzey dokusu, hem makro-morfolojik hem de mikro-morfolojik özellikler, ışığın yönlerde yansıma şeklini etkiler (Reyes ve ark. 2019). Pürüzsüz

yüzeylerle temas ettiğinde spekülör bir yansıma verirken, ışık parlak yüzeye temas ettiğinde dağınık bir yansıma verir (Terry ve Geller 2009). Işık saçılımının renk algısını ve renk belirlemeyi etkileyebilmektedir (Terry ve Geller 2009). Ayrıca minenin translusensliğini ve dentinin opasitesinin çeşitli dereceleri diş dokusunda tabakalaşma etkisine neden olur. Transludentliğin bu karmaşıklığı, renk skalasının dışında kalabileceğinden renk seçimini daha zor hale getirir (Reyes ve ark. 2019). Bu nedenle diş yüzeyi veya uygulanan restorasyon yüzeyi morfolojik özellikler göstermesi nedeniyle düz yüzeye sahip olmadığından ve bu nedenle ışığın farklı açılarla yansıyabileceği göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızda değerlendirmeye alınan örnekler düz yüzeyli diskler şeklinde hazırlanmıştır.

'A' ve 'B' VITA tonları arasındaki a^* ve b^* dentin değerlerindeki varyasyonlar direkt bir kompozit restoratif sistem için farklı dentin renklerinin kullanımını karşılamamaktadır (Dietschi ve ark. 2006). Benzer şekilde, tek bir renk grubu içindeki kontrast oranının (opaklık-transludentlik) varyasyonları, farklı dentin opasitelerinin (yani transludent, normal veya opak dentinler) kullanımını desteklemez. Bununla birlikte, doğal dişlerin tüm varyasyonlarını ve ayrıca sklerotik dentin gibi bazı özel durumları kapsayan geniş bir renk ölçeği kavramının gerekliliği kanıtlanmıştır. Bu nedenle, Dietschi ve ark. yaptıkları çalışmalar sonucunda dentinin yerine uygulanacak ideal bir kompozit materyalin optik özelliklerinin ideal şekilde elde edilmesi için tek renk, tek opaklık ve geniş renk skalasına sahip olması yönünde önerilerde bulunmaktadırlar. (Dietschi 2008). Dentin renkleri, yeterli chroma aralığına sahip tek bir hue değerinde ve doğal dentine benzer opaklıkta bulunmaktadır. Mine dokusunun taklit edilmesi ile ilgili olarak ise, doku parlaklığı ve transludentlik farklılıkların genel olarak diş yaşı ile ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (Ubassy 1993). Mine renkleri, doğada bulunan tüm varyasyonları geçici olarak kopyalayarak farklı renk tonları ve opaklık seviyeleri sunmalıdır (Dietschi 2008).

Universal kompozit reçineler mine ve dentinin tek bir kompozit reçine ile elde edilmesine imkan sağlayacak bir opaklık değerine sahip olarak ana Vita renklerini temsil etmektedir. Universal kompozit reçinelerin metamerizm özelliğine bağlı olarak elde edilen renk uyumu ve sahip oldukları transludent değerlerinde belirgin farklılık

göstermemelerinden dolayı mine, dentin ve body halinde polikromatik tabakalama tekniği ile uygulanması gerekmemektedir. Farklı diş renkleriyle eşleşebilme özelliği bulunan bu materyaller uygun renk seçimi sonrası monokromatik teknik kullanılarak uygulanabilmektedir. (Suh ve ark. 2017).

Reçine kompozitlerin renk farklılıklarının ana renk değerine (Hue değeri) bağlı olduğu, diğer bir deyişle tek bir kompozitin renk uyumunun kullanılan renk tonuna göre değişebileceği bildirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda translusensliği daha yüksek mine kompozitleri değerlendirilmiştir. Universal kompozit reçinelerin farklı klinik koşullarda diş rengiyle eşleşebilecek universal bir translusenslik ve opaklığa sahip oldukları bildirilmiş olup (De Abreu ve ark. 2020). geliştirilmiş optik özelliklerinden dolayı tek bir tabaka şeklinde uygulanarak ideal bir renk uyumuna sahip restorasyon elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

Universal kompozit reçineler ile yapılan restorasyonlarda, farklı diş renk tonları ile uyum elde edilmesine rağmen translusensi parametresi göz önüne alındığında halen materyale ilişkin kısıtlamalar mevcuttur. Bu sorun için olası bir çözüm, üretici tarafından geliştirilen, renkleşmiş diş dokusunu ve ağız boşluğunun koyu arka planını telafi etme potansiyeline sahip olabilecek bir “opaker” kullanımı olabilir. Opakerler kendilerine belirgin bir renk tonu, doygunluk ve opaklaşma potansiyeli kazandırmak için metalik pigmentler içeren, tipik olarak ışıkla sertleşen sıvı dimetakrilat reçineleridir (Felippe ve ark. 2003).

Literatürde renkleşmiş dişlerin maskelenme etkinliklerine yönelik yapılan direk ve indirek restorasyonlar ile uygulanan bir çok çalışma mevcuttur. Cubas ve ark. beş farklı yapıdaki porselenin farklı renkte reçine simanlarla koyu renkli bir altyapı üzerine simante edildiğinde maskeleme etkisini araştırmışlardır. Koyu renkli dişi temsil etmesi için altyapı materyali olarak, C4 renginde kompozit reçine tercih etmişlerdir. Begum ve ark. koyu renkli altyapı için, C3 renginde kompozit reçine diskler hazırlamışlardır. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda kullanılacak renkleşmiş diş yapısını taklit etmek için seçilen C4 rengi, Vitapan Classical renk kılavuzunda yer alan en koyu ve en düşük L* değerine sahip olması, aynı zamanda parlaklığı eşleştirmeye yapılan vurgu, gözün

fizyolojisi ile tutarlı olduğu için tercih edilmektedir (Li Y. 2003 ve Browning 2003). Yukarıdaki çalışma materyal metodumuza rehber olarak alınmış olup, renkleşmiş diş sert dokularının maskelenmesini hedeflediğimiz çalışmamızda, renkleşmiş dentini taklit edebilecek chroma değeri yüksek bir kompozit yapı substrat olarak kullanması gerekmektedir. Substrat olarak C4 renğinde kompozit materyali kullanılmıştır.

Reçine kompozitlerin doğal translusensliği, özellikle ciddi şekilde rengi bozulmuş diş yapılarında veya sınıf III ve IV restorasyonlarda renk uyumunda bazı zorluklara yol açabilir. Bu gibi durumlarda, translusens materyaller ile elde edilen kompozit reçine restorasyonlar, renkleşmiş diş yapısının yüksek chroma, düşük parlaklığa sahip substrat renginden ve hatta ağız boşluğunun karanlığından dahi etkilenmesinden dolayı grimsi bir gölgeye veya zayıf renk eşleşmesine neden olabilir.

Substrat renginin etkisini en aza indirmek adına, bazı opak renkli reçine kompozitleri, 'tabakalama tekniği' olarak adlandırılan bir destek olarak kullanılmıştır. Tabakalama tekniğinde, restorasyonun içinden derinlik oluşturmak ve yalnızca restorasyonun bir yüzeyinden gelen rengin azaltılmasına yardımcı olmak için genellikle opak renkli reçine kompoziti üzerinde daha yüksek translusensiye sahip kompozitler kullanılmaktadır (Ikeda ve ark. 2004; Powers ve ark. 1983; Kawaguchi ve ark.1994). Ikeda ve ark. OA2 ve A2 tonları arasındaki L^* , a^* ve b^* değerlerindeki farklılıkların yüzeyden veya OA2 renginden yansıyan daha fazla ışığın, daha translusent A2 rengine kıyasla opak renkli reçine kompozitlerinin daha parlak ve sarımsı görünümüne neden olabileceğini bildirmiştir. Ek olarak, bu çalışmada tüm opak renkli reçine kompozitleri, body reçine kompozitlerinden daha büyük bir L^* değeri göstermiştir. Bu, substrat renginin etkisini ortadan kaldırmada opaker kullanımının olumlu sonucunu göstermektedir. Bu nedenle, “orta” bir opaklığın gerekli olduğu durumlarda, güçlü opakların Bis-GMA veya sıvı reçine ile seyreltilmesi önerilmiştir (Felippe ve ark. 2000; Felippe ve ark. 2003). Tezimizde C4 renkli substratın maskelenmesi amacıyla iki farklı yapıda opaker kompozit reçine kullanılmıştır. Kullanılan reçinelerden bir tanesi pat yapıda olup doldurucu oranı daha yüksek ve farklı pembe pigmentler içeren materyal tercih edilirken diğer opaker akışkan yapıda bir reçine olarak tercih edilmiştir. Doldurucu oranı daha düşük ve TP değeri daha yüksek olarak belirlenen, pat yapıdaki

opakerden daha az pigment ihtiva eden ve yüzeyden yansıyan ışıktan dolayı daha sarı ve parlak görünümüne sahip akışkan yapıdaki opaker reçine diğer materyal grubumuz olarak belirlenmiştir.

Opakerler, güçlü opaklaştırma yeteneklerinden, karakteristik renk tonlarından ve doygunluklarından sorumlu olan metal oksitler içeren, yüksek oranda pigment içeren kompozit reçineli materyallerdir (Felippe ve Baratieri 2000). Absorpsiyon ve saçılma arasındaki karmaşık etkileşim yoluyla arka plan etkisini maskeleyen yeteneği, kompozit reçineye titanyum oksit veya alüminyum oksit gibi opaklaştırıcılar eklenerek ve böylece gözlemciye yansıyan ışığı artırarak elde edilebilir (An ve ark. 2013). Farklı reçine kompozit materyallerin tabakalanmasında, tabakalanan rengin yalnızca optik özelliklerinden değil, aynı zamanda alttaki tabakanın renk ve diğer optik özelliklerinden de etkilendiği bildirilmiştir (Lee ve Powers 2004). Çalışmamızda farklı viskoziteye sahip opak reçineler kullanılmıştır. Kullanılan opaker materyalleri ölçülen L^* a^* b^* değerleri göz önüne alınarak çalışma grubuna dahil edilmiştir. POU grubundaki pat reçine opakerin yapısında pembe pigmentleri ihtiva etmesinden dolayı a^* parametresi daha yüksek değer verirken diğer grupta yer alan akışkan kıvamlı opakerin (AOU) yüksek b^* parametresine sahip olması ve klinikte uygulanacak direk restorasyonlarda yoğun opak görünümünün engellenmesi amacıyla ince bir katman olarak uygulanmaya imkan sağlayan TP değeri daha yüksek olan akışkan yapılı maskeleyici reçine tercih edilmiştir. Kullanılan her iki farklı yapıdaki opaker reçine doğal görünümlü restorasyonlarda dentin chromasına daha uygun sonuç verebileceğinden dolayı çalışma gruplarına dahil edilmiştir.

Substrat rengini maskelemek için kullanılacak kompozit reçinenin translusensliği kadar rengi de önemlidir (Johnston ve ark. 1997; Ikeda ve ark. 2004; Ikeda ve ark. 2005). Maskelenmek istenen bölgenin rengi, absorpsiyon ve saçılmanın birleşik etkisi ile engellenebilir. Opak kompozit reçinelerde rengin kendisinin özellikleri ve uygulanan reçinenin gerekli kalınlığı hakkında bilgi ihtiyacına rağmen, çok az bilgi mevcuttur. (Johnston ve ark. 1995). Ikeda ve ark. opak renkli kompozit reçinelerin dentin veya mine rengi kompozit reçinelerden daha az translusens olduğunu ve renk uyumu sırasında koyu bir arka plan renginin etkisi göz önüne alındığında 2 mm

kalınlığında opak renkli kompozit reçinenin 1 mm'ye tercih edildiğini bildirmişlerdir. Kim ve ark. siyah ve gri arka planları maskelemek için altı farklı opak kompozit reçinenin yeterli kalınlığını değerlendirmiştir. C4 arka planın 0,5-1 mm reçine kalınlıkları ile maskelendiğini, siyah arka planın ise 1-2 mm kalınlık gerektirdiğini bildirmişlerdir. C4 rengini maskelemek için Kim ve ark. yaptığı çalışma referans alınarak teflon kalıp yardımı ile 0,5 mm'lik opak kompozit reçine örnekleri hazırlanmıştır. (Kim ve ark. 2008) Çalışmamızın ortaya çıkış nedenlerinden bir tanesi renkleşmiş diş dokusu üzerine uygulanacak direk kompozit venter restorasyonu ile elde edilmesi amaçlanan renk uyumunun farklı renk analiz yöntemleri ile değerlendirilmesidir. Bu nedenle uygulanabilecek kompozit tabaka kalınlıkları göz önüne alındığında renkleşmeyi maskeleyecek opaker kalınlıkları uniform olarak 0,5 mm kalınlığında üzerine uygulanacak universal kompozit reçine tabakasının ise 1mm olarak hazırlanmasına karar verilmiştir. Renkleşmiş substratı taklit etmek amacıyla ise 2mm kalınlığına sahip C4 renkli kompozit kullanılmıştır. Tüm bu bulgular göz önüne alındığında çalışmamızda kullanmış olduğumuz materyal kalınlıklarımız literatüre uygunluk göstermektedir.

Literatürde benzer materyal-metoda uygun çalışmalarda substrat hazırlanma şekilleri incelenmiştir. Xing ve ark. (2010) reçine simanın restorasyonların final rengi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında örneklerin uniform olarak hazırlanması için teflon bir kalıp kullanarak 3 mm kalınlığında ve 10 mm çapında kompozit reçine diskler oluşturulmuştur. Begum ve ark. (2014) benzer bir çalışmada silikon ölçü materyalinden elde ettikleri kalıplardan 5x20 mm boyutlarında kompozit reçine diskler elde etmiştir. Çalışmamızda uniform ve renkleşmiş diş temsili eden C4 renkli örnekler elde edilmek amacıyla 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında hazırlanan teflon kalıp yardımı ile kompozit reçine örnekleri hazırlanmıştır. Sonrasında numuneler, renk ölçümleri yapılmadan önce polimerizasyon sonrası kamforokinon dönüşümü için 37°C'de 24 saat distile suda saklanmıştır.

Universal kompozit reçine materyallerinin doldurucu ve matris arasındaki kırılma indisindeki ve partikül boyutundaki farklılıklara bağlı olarak ışık saçılımında ve dolayısıyla translusentliğinde önemli farklılıklar vardır (Kim ve ark. 2007). De Abreu

ve ark. Anterior restorasyonlarda farklı yapıda universal kompozit reçinelerin (Omnichroma, Tetric Evoceram, Filtek Universal, and TPH Spectra Universal) renk uyumunu değerlendirdikleri çalışmalarında tek renkli universal kompozit materyalinin diğer gruplar ile karşılaştırıldığında dijital yöntemle elde edilen parametrelerin değerlendirmesinde en düşük renk uyumu gösterdiği ancak Vita renk skalası ile uyumluluğun görsel olarak değerlendirilmesinde anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında Chroma (renk yoğunluğu) ve translusentlik arasında ters bir ilişki olduğuna dair bulgular yer almakta olup, yüksek chroma'ya sahip kompozitlerin daha düşük translusensiye ve daha koyu tonların daha yüksek opasiteye sahip olduğu gösterilmektedir (Yu ve Lee 2008). Bu bilgilerin doğrultusunda çalışmamızda renk uyumunun daha iyi olduğu gösterilen çoklu renk sistemine ve universal bir opaklık değerine sahip chroma değeri yüksek olmayan dolayısıyla opasitesi daha düşük olan ve opakerlerin renk maskeleme etkisini etkilemeyecek açık renkli kompozit reçine olan A2 renkli universal kompozit reçine tercih edilmiştir. Opaker etkinliğinin karşılaştırılması hedeflenen tez çalışmamızda renk analizininin standardize edilmesi adına tüm deney gruplarında kullanılmak üzere A2 renk kompozit materyali tercih edilmiştir.

Görsel renk analiz yöntemleri öznel gözlemlerdir. Bu sebeple renk analizlerinde farklılıklar olabilir. Renk ölçüm aletleri kantitatif ve tekrarlanabilir ölçümler yapılmasını sağlaması nedeniyle klinik kullanıma girmiştir (Aysan ve ark. 2011). Farklılıkların elimine edilmesi, tekrarlanabilir ölçümlere imkan sağlaması ve kantitatif değerler vermesi sebebiyle objektif verilere dayanan renk analiz cihazları görsel renk analizine tercih edilmektedir (Um ve ark. 1991). Vita skalasında yer alan tonlar kişisel karakterizasyonlara sahip dişlerin renk analizinde yüksek spesiviteye sahip bir sonuç veremeyeceğinden dolayı ve çalışmamızda kullanılan opakerlerin maskeleme özelliğinin karşılaştırılmasının hedeflenmesinden dolayı somut bir kontrol olarak nitelendirilebilecek hedef renk tonu belirlenememesi nedeniyle subjektif bir değerlendirme yöntemi olan kantitatif görsel renk analizi tercih edilmemiştir.

Spektrofotometreler bir objeden yansıyan veya geçen görünebilir radyant enerji miktarını ölçen cihazlardır. Bütün görünür dalga boylarında ölçüm yaparlar. Beyaz ışığı

10-20 nm dalga boylarına ayıran bir prizmaya sahiptir (Berns 2000; Chu ve ark. 2010). Rengi ölçülecek objeden ve standart beyaz zeminden yansıyan ışığı 1-25 nm aralıklarla ölçüm yapabilen, kolorimetre ile kıyaslandığında daha az hata payı gösteren, tekrarlanabilir, tekrarlanabilir ölçümlerin yapılabilirdiği dişhekimliğinde renk seçiminde en yaygın kullanılan cihazlardır (Chu ve ark. 2010). Kolorimetre ile kıyaslandığında standart koşullarda hatasız ve objektif sonuçlar vermesinin yanı sıra metamerizmi de değerlendirebilen ve kalibre edilebilme özellikleri de farklılık yaratmaktadır. ((Chu ve ark. 2010, Heydecke ve ark. 2001). Renk ölçümü yapılırken materyalin yüzey özellikleri, ışığın yansıma açısı, ışığın materyal tarafından emilimi, ölçüm cihazının yaklaşım açısı ve ölçümün yapıldığı arka plan gibi faktörler ölçüm hassasiyetini etkilemektedir (Douglas ve ark.1999). Enstrümantal renk belirleme, bireysel ve çevresel faktörleri içeren görsel yöntemin sınırlamasının üstesinden gelmek için geliştirilmiştir. Literatür, intraoral tarayıcılar, spektrofotometreler ve dijital kameralar gibi cihazların kullanıldığı yöntemlerin görsel yöntemlere göre üstünlüğünü bildirmektedir (Siddique ve ark. 2019; Moussaoui ve ark 2018). Spektrofotometreler, diş hekimliğinde renk eşleştirme için yüksek doğrulukta ve güvenilir bir araç olarak birçok güncel renk analizlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalarda referans cihaz olarak seçilmişlerdir (Brandt ve ark. 2017; Kim-Pusateri ve ark. 2009, Moussaoui ve ark 2018). Ancak yüksek maliyetleri nedeniyle rutin klinik uygulamalarda çok sıklıkla kullanılamamaktadır. Metamerizmin değerlendirilebilmesi, tekrarlanabilir ölçümler yapılabilmesi, standardizasyon sağlanabilmesi, hatasız ve objektif bir değerlendirme yöntemi olarak literatürde yer almalarından dolayı çalışmamızda referans renk ölçüm cihazı olarak spektrofotometre kullanılmıştır.

Konu ile ilgili çalışmalar incelenen bir çalışmada konvensiyonel görsel metod ve alınan dijital fotoğrafların yazılım programı ile renk analizini karşılaştırmış ve alınan dijital fotoğraflardan gerçekleştirilen renk analizinin, konvansiyonel görsel method ile kıyaslandığında anlamlı olarak daha doğru ve güvenilir olduğu bildirmiştir(Lars 2009) . Kelkar ve ark. (2020) görsel renk analizi, dijital fotoğraf ile renk seçimi ve polarize filtre ile çekilen fotoğraflardan yapılan renk analizleri kıyaslandığında üçünün arasında en doğru sonuçları dijital fotoğraf ile yapılan renk analizi olduğunu ve polarize filtre ile

alınan fotoğraflar ile diğer iki yöntem arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ifade etmişlerdir. Jarad ve ark. ise geliştirdikleri dijital görüntülerle renk belirleme yöntemini görsel yöntemden daha başarılı, ancak spektrofotometrik analiz sonuçlar ile benzer bulmuştur. Wee ve ark., doğru kalibrasyon ile kullanıldığında dijital kameraların renk seçiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Schropp, dijital fotoğrafların bilgisayar yazılımı desteğiyle yapılan renk analizinin etkinliğinin, dijital fotoğrafların kullanıldığı görsel metottan daha başarılı bulunduğunu ifade etmiştir. Tung ve ark., dijital görüntülemeyle renk seçiminin güvenilirliğinin beyaz dengesi ve aydınlatmadan oldukça etkilendiğini, özel beyaz dengesiyle alınan görüntülerin spektrofotometrik ölçümlerle uyumlu olduğunu, LED aydınlatma altında özel beyaz dengesiyle elde edilen dijital renk skalasının renk değerlendirmede kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Tam ve Lee, dijital kamerayla renk ölçümünde görüntü işleme üzerine olan metodun doğruluk açısından spektrofotometre ve kolorimetreye karşılaştırılabilir olduğunu ve dental renk ölçümünde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Tüm yukarıda bahsedilen araştırmalar doğrultusunda çalışmamızda referans renk analiz yöntemine ek olarak polarize filtre ile birlikte dijital kamera ile alınan fotoğrafların yazılım programı aracılığıyla CIE Lab renk koordinatlarına ait L^* a^* b^* değerleri belirlenerek renk analizi yapılmıştır.

Akıllı telefonlar günümüzde ileri teknolojik özellikleri, bilgi işlem yeteneği, zenginleştirilmiş işlevsellikler, çoklu yazılım uygulamaları, kablosuz bağlantı/iletişim ve yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf alabilme özellikleri ile günümüzde birçok alanda kullanıma sahiptirler. Akıllı telefonlar ile alınan dijital görüntüler, renk eşleştirme için renk referansları olarak kullanılabilir. Dijital kameralar ile alınan görüntülerde olduğu gibi akıllı telefonlarla çekilen görüntülerin kalitesi; renk, ortam aydınlatması, cihaz ayarları (otomatik veya manuel), ışık sensörleri ve görüntü işleme gibi çeşitli parametreler tarafından etkilenebilmektedir. (Tabatabaian ve ark. 2021). Akıllı telefonlar için geliştirilen ve aslında ışık standardizasyonunu ve düzenlenmesini sağlayan bir cihaz olan Smile Lite MDP ile dijital fotoğraf tekniğinin daha basit, hızlı ve kolay ulaşılabilir hale gelmesi amaçlanmıştır. Smile Lite MDP'nin merkezi LED'lerinin yanından yer alan LED aydınlatmalara takılabilen difüzörler sayesinde dağınık ışık elde edildiğinden dolayı sert gölge ve yansıma engellenerek, daha yumuşak bir aydınlatma

elde edilmektedir. Merkezde yer alan LED ve kamera merceğinin önüne yerleştirilebilen polarizasyon filtresi sayesinde dış yüzeyinde oluşabilecek parlamaların önüne geçilmektedir. Akıllı telefonlar ile alınacak dijital fotoğraflarda gri referans kartı, çapraz polarize filtre ve Smile-Lite MDP kullanımı, renk seçimi için ışık kaynağının dengelenmesine yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, dijital fotoğraflardan elde edilen renk analizi, görsel renk analizi ile kıyaslandığında daha güvenilir bir yöntem olarak belirtilmiştir. Tezimizde renk analiz yöntemlerinden biri olarak kullanılan Smile Lite MDP ortam aydınlatma koşullarını standardize edebilmesi, merkezde yer alan LED aydınlatmaların üzerine takılan polarize filtre sayesinde ortamdan gelen ışıkların dış dokusu yüzeyinde meydana getirdiği parlamaların engellenebilmesi dolayısıyla renk analizi sırasında yanıltıcı sonuçların elde edilmesinin önüne geçilebilmesi aynı zamanda diğer yöntemlere göre daha ucuz ve kolay ulaşılabilir bir cihaz olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Bilinen renk koordinatlarına sahip gri bir referans kartının kullanılmasının, dijital kameralarda farklı difüzörlerin neden olduğu dış rengindeki değişiklikleri etkili bir şekilde telafi ettiği bildirilmiştir (Miyajiwala ve ark. 2017; Hein ve Zangl 2016; Sampaio ve ark. 2019). Gri referans kartı kullanılarak elde edilen dijital fotoğraflarda gerçekçi olmayan renk tonları elimine edilerek beyaz dengesi özelleştirilebilmektedir (Casaglia ve ark. 2015). Tüm bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda spektrofotometre ile renk analizine ek olarak dijital kamera ve Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğraflar gri bir referans kartı kullanılarak elde edilmiş ve elde edilen fotoğraflar bilgisayara aktararak bir yazılım programı (Color Meter, Apple) yardımı ile CIElab metriğinde L^* a^* b^* değerleri elde edilmiştir. Farklı renk analiz yöntemleri kullanılarak renkleşmiş substratın farklı yapıdaki opakler reçineler ile maskelenerek elde edilen renk parametreleri arasındaki farklar değerlendirilmiştir.

Dental fotoğrafçılık ağız kavitesi veya dış dizisi genişliğinde bir alan derinliğine sahip olduğundan, f22 gibi küçük bir diyafram açıklığı geniş bir alana odaklanmayı sağlayabilmektedir. f32 ve f64 gibi daha küçük diyafram açıklıkları daha büyük bir alan derinliği sağlar; ancak bu, görüntü kalitesini ve çözünürlüğü azaltabilmektedir (Ahmad 2009). Dolayısıyla, 90–105 mm makro lens Nikon, Canon, Minolta ve Sigma gibi klinik

kamera markaları için 1:1'den sonsuza odaklama ve en az f32 diyafram açıklığı önerilmektedir (Fan 1998). Sensörün pozlaması, deklanşör hızı, lens açıklığı ve kamera ayarlarının düzenlenmesiyle ayarlanmaktadır (Ahmad 2009). Hasta hareketlerini veya kamera titremelerini önlemek için obtüratör hızı minimum 1/125 s olarak ayarlanmalıdır, aksi takdirde görüntüde bulanıklık meydana gelebilmektedir. Tam ve Lee yapmış oldukları çalışmada bir akıllı telefon kullanarak elde ettikleri fotoğrafları otomatik mod ayarı ile flaşsız, 14–20cm çekim mesafesinden ve 4000 K aydınlatma ile çekmişlerdir. Tüm bu bilgiler doğrultusunda fotoğraflar softbox ile aydınlatılan ortamda 100mm f2.8 IS (Macro Lens, Canon) takılan dijital fotoğraf makinesi (700D SLR; Canon) ile görüntü kalitesinin daha yüksek elde edilmesi amacıyla küçük bir diyafram aralığı (f14), pozlama (1/125 saniye), ISO 100, 50 cm mesafeden alınmıştır. Akıllı telefon ile alınan fotoğraflar ise standardizasyonun sağlanması amacıyla 15 cm çekim mesafesi ile telefona ait flaş kapalı iken ancak Smile Lite MDP cihazının orta LED aydınlatmaları maksimum güçte çalıştırılarak elde edilmiştir. Her bir örnek için renk analizi 3 defa tekrarlanmış ve ΔE hesaplanması için ortalama değer alınmıştır.

Literatür incelemesi yapıldığında, Ragain ve Johnston (2001) yapmış olduğu çalışmada kompozit disk çiftlerini dört farklı denek grubunun değerlendirilmesi istenmiş ve klinik olarak kabul edilebilir ΔE eşik değeri 2,72 olarak belirlenmiştir. Ruyter ve ark. (1987) üç farklı ışık ile polimerize edilen vener materyali ile üç farklı ısı ve otopolimerize vener materyallerinin renk analizinin yapıldığı çalışmada ΔE eşik değeri 3,3 olarak kabul edilmiştir. Johnston ve Kao (1989) kompozit vener ve karşit dişlerin renk değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada kolorimetre ile 45 ve 0 derecelik açıyla ölçümler gerçekleştirmiş ve eşik değeri 3,7 olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise 2016 yılında ISO/TR 28642 tarafından da kabul edilen Paravina ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışma baz alınmıştır. Bu çalışmaya göre 60 monokromatik seramik numune psikofiziksel deney için üç farklı gruba renk tonlarına göre ayrılmış olup, farklı tecrübeye sahip 25 gözlemci tarafından değerlendirilmiştir. Görsel renk karşılaştırmaları sonucu $\Delta E=1,2$ değerinden daha küçük değerlerin algılanamaz olduğu, $\Delta E=2,7$ değerinden daha büyük değerleri ise klinik olarak kabul edilemez olduğu bildirilmiştir (Paravina ve ark. 2015). Bizim çalışmamızda eşik değer 2.7 olarak kabul edilmiştir. Eşik değerlerden daha düşük ΔE^* değerleri ise kompozit disklerin siyah

veya C4 renkli arka plan rengine karşı daha duyarlı olduğunu gösterir. Bununla birlikte, tüm eşik farklılıklarının görsel koşullara (aydınlatıcı, nesne, görüş mesafesi ve optik geometri) ve gözlemci değişkenlerine (renkli görmede öznel gözlemci içi ve nesnel-gözlemci içi değişkenler: normal ve yetersiz) bağlı olduğu vurgulanmalıdır (Paravina ve ark. 2002). ΔE^* değeri arttıkça maskeleme özelliği artmıştır.

Her renk ölçümü için elde edilen ölçüm değerleri CIELAB parametreleri (L^* , a^* ve b^*) ile kantitatif olarak değerlendirilmiştir. L^* , 100'ün beyaz ve 0'ın siyah olduğu parametredir. a^* ve b^* kırmızı-yeşil ve sarı-mavi kromatik koordinatlardır. Pozitif bir a^* veya b^* değeri, sırasıyla kırmızı ve sarıyı ifade etmektedir. Tüm deney gruplarının öncelikle substrat olarak hazırlanan kompozit disklerinin L^* a^* b^* değerleri ölçülmüş olup, ikinci ölçümler substrat, opaker ve en dış tabaka olarak kullanılan kompozit reçineden elde edilen disklerin birlikte L^* a^* b^* değerleri ölçülmüştür.

C4 rengine substrat olarak kullanılan kompozit reçine diskin spektrofotometre ile yapılan renk analizinde ortalama L^* a^* b^* değerleri incelendiğinde $L^* = 60,26$ $a^* = 4,95$ $b^* = 39,59$ olarak belirlenmiştir. Smile Lite MDP ile alınan dijital fotoğrafların renk analizi sonucunda substratların ortalama L^* a^* b^* değerleri incelenmiş ve $L^* = 67,29$ $a^* = 9,18$ $b^* = 50,24$ bulunmuştur. Dijital kamera ile alınan fotoğrafların renk analizi yapıldığında ise substratların L^* a^* b^* değerleri incelenmiş ve $L^* = 28,86$ $a^* = 10,53$ $b^* = 21,21$ olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda substrat L^* a^* b^* değerleri not edilmiş olup, ikinci renk ölçümleri substrat, opaker, kompozit reçine kompleksi üzerinden ölçüm yapılarak L^* a^* b^* değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu renk parametreleri ile ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri hesaplanmıştır. ΔL değerleri kapsamında , değerin yükselmesi restorasyonun daha aydınlık olduğunu gösterirken ΔL değerinin düşük olması ise restorasyonun daha karanlık bir renge sahip olmasına neden olur. Bu verilere göre ΔL değeri üç renk analiz yönteminde de en yüksek POU grubunda daha sonra AOU grubunda en düşük olarak da kontrol grubunda görülmüştür (ΔL : POU>AOU>K). Anterior restorasyonlarda alttaki dişin rengi, opaker ve kompozit reçinenin rengi birlikte değerlendirilmelidir. Renkleşmiş dişin etkileyeceği en önemli parametre L^* değeridir ve value ifade etmektedir. L^* değeri arttıkça parlaklık artmaktadır yani aydınlık artar böylece daha iyi

maskeleme etkisinden söz edilmektedir. Çalışmamızda kullanılan tüm örneklerde L^* değeri başlangıca göre daha yüksek bulunmuştur.

Yapılan bir renk analizi çalışmasında, akışkan ve universal reçine kompozitlerinin CIE L^* ve Cab değerleri karşılaştırılmış ve universal reçine kompozitlerinin L^* değerleri (parlaklık), akışkan reçine kompozitlerinden daha yüksek bulunmuştur. Akışkan ve universal reçine kompozitleri arasındaki parlaklık ve renk farklılıklarının reçine kompozitlerinin yüzeyinden veya içinden daha fazla ışığın yansımaya bağlı olarak universal reçine kompozitlerinin daha parlak görünümüne neden olduğu düşünülmektedir (Yu ve Lee 2008). Bizim çalışmamızda buna paralel olarak akışkan yapıdaki opakerin kullanıldığı AOU grubundaki L^* değeri, pat yapıdaki universal opakerin kullanıldığı POU grubunun L^* değerinden düşük bulunmuştur. Buna benzer olarak Smile Lite MDP ile elde edilen fotoğrafların analizinde substrat üzerine opaker olmadan uygulanan universal kompozit reçineden elde edilen kontrol grubunun L^* değerleri yüksek elde edilmiştir. Smile Lite MDP ile alınan fotoğraflardan elde edilen renk analiz parametrelerinde L^* değerleri diğer renk analiz yöntemlerine kıyasla daha yüksek elde edilmiştir. Buna bağlı olarak Smile Lite MDP cihazı ile elde edilen fotoğraflar daha parlak, value değeri yüksek elde edilmiştir.

CIElab koordinatlarında yer alan a^* parametresi eksen üzerinde negatif yönde yeşile, pozitif yönde kırmızıyı ifade etmektedir. Çalışmamızdaki tüm gruplarda örneklerin a^* değerleri opaker uygulama sonrası negatif yöne doğru ilerlemiş, kırmızılık oranı azalmıştır. Açık renkli dişlerin daha az kromatik ve daha az kırmızı olduğu bildirilmiştir (Paravina 2018). Substrat olarak kullanılan C4 renginin daha koyu ve kırmızı olmasından dolayı opaker ve kompozit reçine uygulaması sonrası a^* parametresinin azalması opaker uygulamasının renkleşmiş dişin renginin maskelendiğini gösteren bir başka bulgudur. Δa değerleri incelendiğinde renk analiz yönteminden bağımsız olarak tüm deney gruplarında materyaller arası fark birbiri ile uyumlu bulunmuştur. Tüm deney gruplarından elde edilen rengin Δa karşılaştırılması yapıldığında, tüm renk analiz yöntemleri arasında fark olmaksızın en yüksek değer kontrol grubunda izlenmiştir. Spektrofotometre ile yapılan renk analizinde ve DSLR ile

alınan fotoğrafların renk analizinde elde edilen Δa değerleri incelendiğinde POU grubu anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Smile Lite MDP ile alınan fotoğrafların analizinde ise tüm materyaller arası anlamlı farklılık bulunmaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler incelendiğinde SFM ve DSLR yöntemlerinde a^* parametresi daha dar bir aralık sunmakta olup, MDP ile elde edilen a^* parametresi daha geniş bir değer aralığında kaydedilmiştir.

Spektrofotometre ile renk analizi yöntemine göre tüm deney gruplarında elde edilen ΔE düzeylerine bakıldığında AOU grubunun ΔE ortalamasının 27,33, POU grubunun ΔE ortalamasının 29,79 ve kontrol grubunun ΔE ortalamasının 24,86 olduğu görülmüştür. Her üç grubun ΔE düzeyi birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıydı ($p:0.000$). Akgül ve ark. mevcut universal kompozitleri inceledikleri çalışmalarında kompozit reçinelerin restorasyondan 24 saat sonra farklı CAP-I değerleri sergilediğini ve doldurucu içeriği fazla olan kompozit reçinelerin daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Johnston ve ark. estetik restoratif materyallerin translusentliğinin ve renginin yalnızca matris ve dolgu bileşimi ve doldurucu içeriği gibi daha makroskopik özellikler tarafından değil, aynı zamanda pigment ilaveleri ve materyallerin kimyasal bileşenleri tarafından belirlendiğini bildirmiştir. Reçine kompozitlerinin maskeleme yeteneği, opaklaştırıcılar, pigmentler ve doldurucu maddeleri gibi malzemenin formülasyon bileşenlerinden etkilenebilir (Miotti ve ark. 2017). Inokishi ve ark. doldurucu ve matrisin kırılma indeksi arasındaki fark ne kadar fazlaysa, reçinenin opaklığı o kadar iyi olduğunu ve bunun doldurucu-matris arayüzünde çoklu kırılma ve yansımaların varlığından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Azzopardi ve ark. (2009) Bis-GMA yüzdesinin ayrıca silika dolgu içeren reçine kompozitinin translusensliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmiştir. Estetik ve restoratif materyallerin renginin ve translusentliği doldurucu partikülleri, opaklaştırıcılar, reçine matris bileşimi, akışkanlık, ışıkla sertleşme ve reçine polimerizasyonundan etkilendiği varsayılmaktadır (Arimoto ve ark. 2010; Lee ve ark. 2007). Yu ve Lee (2008), aynı markanın akışkan ve universal reçine kompozitleri arasındaki renk farkını incelemiş dört markanın üçünde algılanabilir aralıkta olduğunu göstermiştir ($\Delta E > 2:6$). Akışkan reçine kompozitlerin TP değerlerinin universal reçine

kompozitlerinden istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Tüm universal reçine kompozitleri floresans özellik gösterirken, akışkan reçine kompozitlerin yarısında floresans özellik görülmüştür. Yu ve Lee (2008), aynı markaya ait akışkan ve universal reçine kompozitlerinin TP değerlerinde ise anlamlı fark görüldüğü ve akışkan reçine kompozitlerinin ortalama TP değerlerinin, universal kompozit reçinelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç doldurucu içeriği ne kadar azsa translusentliğin o kadar yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmalarla benzer olarak %76,5 doldurucu oranına sahip pigment ve silika içeren POU opakerin, %69 doldurucu oranına sahip Bis-EMA içeren AOU opakerden daha iyi renk maskeleyiği görülmüştür.

CIELab koordinatlarında yer alan b^* parametresi eksen üzerinde negatif yönde mavi, pozitif yönde sarıyı ifade etmektedir. Çalışmamızdaki tüm gruplarda örneklerin b^* değerleri opaker uygulama sonrası negatif yöne doğru ilerlemiş, sarılık oranı azalmıştır. Kim ve ark. (2009) maskeleme yeteneğinin ΔE değeri dışında, L^* ve b^* parametrelerinden de etkilendiğini belirtmiştir. Lakhanpal ve ark. spektrofotometre, dijital kamera ve bir polarizörlü dijital kamera kullanarak yeni çekilmiş, sağlam, çürük olmayan 20 kalıcı küçük azı dişinin rengini değerlendirdiği araştırma sonuçları, polarize dijital kamera ile alınan fotoğraflardan elde edilen analiz ile spektrofotometre arasında ortalama L^* değerlerinde önemli bir fark ortaya koymamıştır. Aynı çalışmada L^* değerleri, görsel yöntemle kaydedilen değerler çapraz polarize filtre ve spektrofotometre yöntemleri ile kaydedilen değerlerden önemli ölçüde daha yüksek bulunurken, araştırmacılar bu şekilde görsel renk analizinin diğer yöntemlere göre hata payının daha yüksek olduğunu öne sürmüşlerdir. 3 renk analiz yöntemi arasında b^* koordinatı için istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Aynı çalışmada elde edilen dijital görüntülerin görsel olarak analiz edildiği durumlarda değerlendirme aralığı dar bir skalada ölçeklendirilmiştir. Bu değere karşılık gelen skala renk değerlerinin sınırlı sayıda olası değerlere sahip bir koordinata dönüştürülmesiyle açıklanmaktadır. Ancak enstrümantal yöntemlerle kaydedilen b^* değerleri daha geniş bir aralık sunmaktadır. Çapraz polarizasyon filtresi kullanılarak dijital görsel yöntem, ile spektrofotometre kullanılarak elde edilenlerden daha yüksek b^* değerleri elde edilmiş olup, dijital görsel yöntem sarıya eğilimliken, spektrofotometre daha maviye eğilimli

değerler sunmaktadır. VITA Easyshade bu çalışmada en yüksek doğruluğu göstermiştir. Çalışmamızda buna paralel olarak b^* değeri Smile Lite Mdp ile alınan dijital fotoğrafların renk analizi sonucu spektrofotometre ile yapılan ölçümlere göre daha yüksektir ancak polarize filtre takılan DSLR ile alınan fotoğrafların renk analizi incelendiğinde b^* değeri diğer iki yöntemle göre daha düşük elde edilmiştir. Bu sonuca göre Smile Lite Mdp ile alınan dijital fotoğrafların renk analizinin daha sarıya eğilimli olduğu görülmüştür. ΔE değeri renk farkını ifade eder ve bu nedenle tek tek L^*, a^*, b^* değerlerinden daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Lakhanpal ve ark. yapmış oldukları çalışmada çapraz polarize filtre ile dijital kamera ile alınan fotoğraflardan renk analizi görsel yöntem ile yapılırken bizim tez çalışmamızda renk analizi dijital olarak bir yazılım programı aracılığıyla CIELAB renk değerleri, L^*, a^*, b^* olarak uluslararası kabul görmüş bir ölçeğe göre nicelleştirilmiştir. Tez çalışmamızda polarize filtreli DSLR ile alınan fotoğrafların renk analizinin daha maviye eğilimli olarak elde edilmesinin sebebinin çalışmalar arasındaki metod farkından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Çalışmamızda a^* değeri dijital kamera ile alınan fotoğrafların renk analizinde en yüksek görülmüştür. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu anlamlı farka göre dijital kamera ile alınan fotoğrafların renk analizinde materyallerin rengi daha kırmızı ölçülmektedir.

Smile Lite Mdp ile alınan dijital fotoğrafların renk analizine göre materyallerin ΔE düzeylerine bakıldığında AOU grubunun ΔE medyan değerinin 28,72, POU grubunun ΔE medyan değerinin 29,11 ve kontrol grubunun ΔE medyan değerinin 31,25 olduğu görülmüştür. Bu yöntem spektrofotometre ve DSLR ile alınan fotoğrafların renk analizi ile kıyaslandığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Spektrofotometre ve DSLR ile alınan fotoğrafların renk analizi ile elde edilen ton, parlaklık ve doygunlukla ilişkili değerler kullanılarak renk değişimleri hesaplanabilmektedir. CIE, 2001 yılında CIELAB renk formülünde değişiklik yapıp geliştirerek CIEDE2000 adı verilen bir formül ileri sürmüştür (Sharma ve ark. 2005) Bu iki formülün birbirleriyle korele olduğunu gösteren bir çalışmanın (Lee 2005) yanı sıra bir çalışmada insan gözünün algıladığı renk değişimlerini, CIEDE2000 formülünün CIELAB formülünden daha iyi yansıttığı gösterilmiştir (Gómez-Polo ve ark. 2016). Bazı grupların CIEDE2000 analizi ile

istatistiksel olarak benzer ancak CIELAB hesaplamasında istatistiksel olarak farklı maskeleme yeteneğine sahip olduklarını bulunmuştur. CIEDE2000 analizinde aydınlık (lightness), renk yoğunluğu (chroma) ve renk tonu (hue) farkları da dahil edilmektedir. Çalışmamızda ΔE değeri, CIELAB kullanılarak hesaplanmıştır. AOU grubunun ve kontrol grubunun ΔE değeri, spektrofotometre ve dijital kamera ile alınan fotoğraflardan elde edilen renk analizi, Smile lite MDP ile dijital fotoğraflardan yapılan renk analizine göre istatistiksel olarak düşük bulunmuştur. Smile Lite MDP ile renk analizi yapılan yöntemde kontrol grubunun renk maskeleme etkisi daha yüksek bulunmasının sebebinin ΔE değeri hesaplanırken kullanılan CIELAB renk formülü olduğunu düşünülmektedir. Bunun tespit edilebilmesi için Smile Lite MDP cihazı ile yapılacak daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu ve ΔE hesaplanırken iki formülün de kullanılarak karşılaştırılması gerekliliği gözlemlenmiştir.

Floresans, ışığı emen ve daha sonra aktivasyondan sonra daha uzun bir dalga boyunda kendiliğinden yayan bir maddenin bir özelliği olarak tanımlanmaktadır (Nassau 1998). Diş hekimliğinde, floresans geleneksel olarak bir ultraviyole (UV) ışık maddesi tarafından absorpsiyon ve mavimsi spektrumda görünür ışığın emisyonu olarak kabul edilmiştir. Doğal dişler, UV ışığının etkisi altında güçlü bir mavi floresans yaymaktadır (McLaren 1997; Zena 2001). Bir restorasyondaki floresans, parlak bir yanardönerlik etkisi verme eğilimindedir ve ayrıca bir restorasyonun canlılığına katkıda bulunur ve dişler ile restorasyonlar arasındaki metamerik etkiyi en aza indirmektedir (McLaren 1997). Smile Lite MDP cihazı kullanılarak alınan fotoğrafların renk analizinde kontrol grubunda opak olmanın uygulanmış universal kompozit reçinenin floresans özelliği ve diğer gruplardan daha yüksek L^* (value) değerine sahip olması sebebi ile daha ideale yakın algılandığı ve bu sebeple sonuçların diğer renk analiz yöntemlerinden farklı olduğunu düşünmekteyiz.

2012 yılında Khashayar ve ark. yapmış olduğu çalışmada, Vita Easy Shade ile Spectro Shade Micro spektrofotometrelerini karşılaştıran çalışmada, iki cihazın verilerinin tutarlı olmadığı ve elde edilen L^* , a^* , b^* değerlerinin karşılaştırılamayacağı vurgulanmıştır. Beş renk ölçüm cihazını (ShadeScan, Easysshade, Ikam, IndentaColor II

ve ShadeEye) karşılaştıran başka bir çalışmada, en yüksek in vivo hassasiyet Easyshade ve Ikam için rapor edilirken, diğer cihazların in vitro performansının daha iyi olduğu ancak, her iki koşulda da en hassas cihazın Easyshade olduğu bildirilmiştir (Ebeid ve ark. 2020). Ayrıca, tekrarlanan ölçümlerden sonra SpectroShade, ShadeVision, Easyshade ve ShadeScan için yüksek bir hassasiyet (>%96) rapor edilirken, en yüksek ve en düşük doğruluk sırasıyla Easyshade (Kim-Pusateri ve ark. 2009) ve ShadeVision için kaydedilmiştir ancak, ShadeScan'ın doğruluğu ve kesinliği, renk kılavuzu modundan etkilenmiştir (Kim-Pusateri ve ark.2009). Easyshade ve SpectroShade Micro, bir çalışmada sırasıyla daha yüksek b^* ve daha yüksek a^* değerleri vermiştir (Khashayar ve ark 2012), Bu durum farklı optik geometrileri ve Easyshade'in CIELab değerlerini etkileyebilecek daha küçük ışınlama alanı nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Kim, farklı seri numaralarına sahip 2 EasyShade V'nin tekrarlanabilirlik açısından kabul edilebilir CIELab değerleri ortaya koyduğunu, ancak aynı diş için farklı renk tonlarının belirlenmesine yol açan yalnızca %52 cihazlar arası eşleştirme doğruluğu gösterdiğini bildirilmiştir. Dental spektrofotometreler, mükemmel doğruluktan ziyade dikkate değer bir kesinlik sunar (Lehmann ve ark 2012; Lehmann ve ark. 2010); ancak doğrulukları (%66,8'den %92,6'ya) ve kesinlikleri (%87,4'ten %99,0'a) göz önüne alındığında, renk belirleme yöntemleri arasında en iyi seçenek olarak gösterilmektedir (Igiel ve ark 2017; Kim-Pusateri ve ark. 2009; Fani ve ark. 2007). Bizim çalışmamızda kullanılan spektrofotometre ile elde edilen renk analizinin hazırlanan örneklerin düz yüzeylere sahip diskler olması, cihazın universal kompozitlerin sahip olduğu metamerizmi ayırt edebilmesi, standardizasyonun ve kalibrasyonunun kolay olması gibi sebepler dolayısıyla en tutarlı sonuçlar bu grupta elde edilmiştir.

Restoratif ve protetik diş hekimliği uygulamalarının en önemli belirteçlerinden olan estetik parametrelerden renk seçimi görsel yöntemler ile subjektif değerlendirmeye sahip olduğu için zaman içerisinde geliştirilen enstrümantal yöntemler ile kantitatif olarak ölçülebilen ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Gómez-Polo ve ark. 2014). Diş dokuları farklı morfolojik özelliklere sahip olup, dokuların özellikleri nedeniyle polikromatik, translusent yapıya sahiptir. Kolorimetreler ve

spektrofotometreler temel olarak düz yüzeyler için tasarlandığından dolayı diş yapılarının morfolojileri gereği renk algısının etkilenebileceği göz önünde bulundurulup, zaman içerisinde dijital kameralar klinikte alternatif renk seçim yöntemleri olarak kullanılmaya başlanmıştır (Yamanel ve ark. 2010; Guan ve ark.2005). Vakaların estetik ve renk analiz gereksinimlerine göre görsel ve enstrümantal yöntemler birlikte kullanılabilir. Enstrümantal yöntemler arasında kolorimetreler ve spektrofotometreler, tarayıcılar, çapraz polarize filtreler, dijital kameralar ve akıllı telefonlar bulunur ve en uygun seçim güvenilirlik, doğruluk, çalışma ömrü ve maliyete sahiptir (Karamouzos ve ark. 2007; liberato ve ark. 2019; Tam ve Lee 2012; Jarad ve ark.2005; Schropp 2009). Spektrofotometre ile düz yüzeylerden ölçüm yapılmasının daha uygun bir yöntem olmasından dolayı çalışmamızda kullanılan örnekler düz yüzeye sahip disklerden hazırlanmış olup, standardizasyonun sağlanması nedeni ile ölçümler aynı örnekler ile yapılmıştır. Düz yüzeye sahip kompozit disklerden dijital kamera ve Smile Lite MDP ile alınan fotoğraflar ve SFM ile elde edilen dijital renk analizinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık ortaya çıkmıştır. Çalışmamızdan elde edilen bu bulguların ışığında spektrofotometre cihazının düz yüzeylerden renk ölçümü için uygun bir cihaz olduğu ve renk algısının diş dokularının farklı morfolojik yapılarına bağlı olarak yansıyan ışık miktarı ve paternine göre farklı sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple çalışmamızda kullanılan örneklerin yüzey özellikleri göz önünde bulundurulduğunda DSLR ve MDP yöntemleri arasındaki istatistiksel olarak elde edilen farklılığın bundan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Jorquera ve ark. 2020 akıllı telefonlardan alınan fotoğraflardaki dijital görüntüleme standardizasyon eksikliğinin, bir ışık standardizasyon cihazı ile düzeltilebileceğini ve önemli bir estetik diş hekimliği ilerlemesi olan dijital kameranın sonuçlarıyla karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Dijital fotoğrafların hem dijital kameralar hem de akıllı telefonlar için doğru beyaz dengesini desteklemek için kullanıldığı, renk analizinin standardizasyonunun sağlanması amacıyla bilinen renk koordinatlarına sahip gri bir referans kartı eşliğinde görüntülerin alınması önerilmektedir. Bununla karşın, gri referans kartı ile alınan fotoğrafların akıllı telefonlar için doğru renk analizini desteklemediği sebebiyle akıllı telefonlarla dijital görüntüleme

ışığın standardizasyonu sağlayan cihazlar eşliğinde görüntülenmesi önerilmektedir. Sampo ve ark. yapmış olduğu çalışmada yakın çekim flaşlı, çapraz polarize filtreli dijital kamerayla yapılan ve gri referans kartı ile elde edilmiş beyaz dengeli bir fotoğrafın optimal olduğunu ve gri referans kartının kullanılmasının, çapraz polarize filtreli kamera olmadan bile dijital görüntülemeye fayda sağladığını bildirmiştir. Çalışmamızda dijital olarak elde edilen fotoğraflar dijital fotoğraf makinası ve Smile Lite MDP ile elde edildiğinden dolayı renk analizi gri referans kartı ile beyaz dengesi elde edildikten sonra yapılmıştır. MDP grubunda yer alan örneklerin renk analizlerinin opakler uygulanmayan kontrol grubunda en yüksek ΔE değerine sahip olmasının nedeninin kullanılan gri referans kartının beyaz dengesini elde etmek için yetersiz olması ve universal kompozit reçinenin floresans özelliğine sahip olması dolayısıyla yüksek L^* değeri ölçülmesi sonucunda elde edildiği düşünmekteyiz.

Hardan ve ark.(2022) yapmış oldukları çalışmada konvansiyonel yöntemle renk eşleştirmenin yapıldığı restorasyonlar arasındaki renk farkının (ΔE), renk eşleştirmenin bilgisayarlı yöntemlerle yapıldığı restorasyonlardan daha fazla olduğu, renk eşleştirme için yalnızca dijital fotoğrafların kullanılmasının (ΔE)’de bir azalma gösterirken, spektrofotometre kullanımının görsel renk skalası kullanımına göre hiçbir avantajı olmadığını göstermiştir. Öte yandan, spektrofotometre veya dijital kamera kullanılmasına bakılmaksızın ($p < 0.001$), renk skalası kullanılan geleneksel yöntem kullanıldığında yanlış renk eşleştirmenin daha yüksek olduğunu göstermiştir ($p < 0.001$). Bu çalışma doğrultusunda dijital fotoğrafçılık ve spektrofotometrik ölçümlerin kullanılmasının, renk skalası kullanılan geleneksel yöntemlere göre daha az renk farklılığına ve daha az hatalı renk eşleştirmesine yol açtığı sonucuna varılmıştır. Jorquera ve ark. (2021) hem dijital kamera hem de akıllı telefon kullanılarak yapılan dijital renk seçiminde $\Delta E < 3.7$, görsel renk seçiminde ise $\Delta E > 3.7$ olarak elde edilmiştir. Mahn ve ark. (2021) renk analizinde dijital görüntüler ve spektrofotometre yöntemleri ile elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını, görsel renk seçiminin incelenen diğer yaklaşımlara kıyasla çok büyük farklılıklara yol açtığını ifade etmişlerdir. He ve ark. (2019) non-polarize fotoğraf, çapraz polarize fotoğraf ve spektrofotometre yöntemlerinin birlikte kullanılmasını sonucu yapılacak

olan değerlendirmenin renk eşleştirme için en doğru yöntem olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Hein ve ark. (2016) dental fotoğraflarda difüzörler ile beraber alınan dental fotoğraflarında bilinen renk koordinatlarına sahip bir referans kartının kullanılması önermektedir. Miyajiwala ve ark. (2017) klinik olarak, renk seçimi için dijital fotoğrafçılık yönteminin kullanımı, spektrofotometrik yöntemin kullanımına uygun bir alternatif olarak göstermiştir. Lakhanpal ve ark. (2016) tüm CIE Lab renk koordinatları için spektrofotometre ve polarize dental görüntüleme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bizim çalışmamızda tüm bu bilgileri destekleyecek şekilde spektrofotometre ve Smile Lite MDP ile alınan fotoğraflardan elde edilen ΔE değerleri arasında yapılan istatistiksel analiz sonucu uyumlu oldukları görülmüştür. Bu nedenle klinik şartlarda dijital kamera ile alınabilecek fotoğrafların renk analizinin bilgisayar yazılım programı aracılığıyla kantitatif olarak tüm parametreler dahilinde analiz edilebilmesi avantajının da göz önünde bulundurulması durumunda ideal renk seçiminin elde edilmesi açısından yüksek güvenilirlikte uygulanabilir bir renk analiz yöntemi olduğunu düşünmekteyiz.

Renk analizinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin birbiri ile uyumunun değerlendirilmesi için yapılan çalışmalar incelendiğinde istatistiksel karşılaştırma amacıyla korelasyon ve regresyon analizleri kullanılmaktadır. Genç ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada korelasyonun derecesinin örneklemdeki sonuçların dağılım genişliğine bağlı olduğu, Atkinson ve Nevill (1997) makalelerinde uyum düzeyleri tamamen eşit fakat dağılım genişlikleri farklı olan verilerden elde edilen korelasyon katsayılarının arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. İki yöntem korelasyon analizi ile kıyaslandığında zayıf uyuma sahip olduğu halde yüksek korelasyon gösterebilmektedir. Kullanılan diğer bir yöntem olan regresyon analizinde de regresyon katsayısı, korelasyon katsayısı gibi dağılım genişliğinden etkilenmektedir. Bland-Altman grafiği ile uyumun değerlendirildiği analizlerin en önemli özelliği iki yöntemin ölçüm farklılıklarını objektif olarak ortaya konulmasıdır (Bland ve Altman 1986). Yukarıda bahsedilen bu nedenlerle dolayı çalışmamızda kullanılan renk analiz yöntemleri arasındaki uyum değerlendirilirken Bland-Altman grafiği kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda SFM ve MDP gruplarında yer alan POU materyalinin ΔE

değerleri Bland-Altman grafiği ile kıyaslandığında elde edilen renk maskeleme etkinliği uyumlu olarak yorumlanmıştır.

Günümüzde geliştirilen opaker reçinelerin renkleşmiş dentin dokusunu maskelemek için uniform ve uygun kalınlıkta uygulanması ile doğala yakın bir görünüme sahip restorasyon elde etmek mümkün kılınmıştır. Tez çalışmamızda kullanılan pat yapısındaki a^* parametresi ve doldurucu oranı yüksek olan opaker reçinenin, akışkan yapıdaki doldurucu oranı daha düşük olan b^* parametresi daha yüksek olan opaker reçineden daha iyi renk maskelediği görülmüştür. Elde ettiğimiz bu sonucun, farklı renk analiz yöntemleri arasında elde edilen değerler arasında anlamlı fark bulunmasına rağmen her bir renk analizinde POU grubunda yer alan opakerin AOU grubunda yer alan opakerden daha iyi renk maskeleme etkinliğine sahip olduğu sonucunu bulgularımızla desteklemekteyiz. Universal kompozit reçine grubunda yer alan materyallerin sahip oldukları floresans özellik dolayısıyla doğala yakın bir görünüm elde etmenin mümkün olduğu bilinmektedir. Renk maskeleme etkinliğinin yüzeyden yansıyan ışığın miktarı, doldurucu oranı, kırılma indisi, kompozit reçinenin içeriği gibi materyalin optik ve fiziksel özelliklerinden etkilendiği görüşüne elde etmiş olduğumuz bulgularımız doğrultusunda katılmaktayız. SFM, MDP, DSLR aracılığıyla gerçekleştirmiş olduğumuz renk analiz sonuçları arasında anlamlı farklılık gözlemlenmesine rağmen spektrofotometre ve Smile lite MDP ile elde edilen delta E değerleri arasında Bland-altman grafiği ile kıyaslandığında yöntemlerin istatistiksel olarak uyumlu olduğu bu nedenle tez çalışmamızdan elde edilen verilerin klinik uygulamalara ışık tutacağı düşüncesindeyiz. Elde ettiğimiz bulgular ışığında renk analiz yöntemi olarak geleneksel yöntemlere ek olarak tezimizde kullanılan her üç enstrümantal yöntemin klinik uygulamalar sırasında uyumlu bir şekilde tercih edilebileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda farklı yapıdaki opakerler tek bir kalınlıkta uygulanmış olup farklı kalınlıklarda uygulama yapılmadığından dolayı opakerlerin farklı kalınlıktaki maskeleme etkisi değerlendirmeye alınmamıştır. Kompozit numuneler düz yüzeye sahip diskler olarak hazırlanmış olup bu örneklerin renk analizi için spektrofotometrenin daha uygun bir cihaz olduğu görülmüştür. Bu sebeple yapılacak olan çalışmalarda opaker

kalınlıkları farklı olarak hazırlanıp örneklerin diş üzerinde veya diş anatomik ve morfolojik formuna uygun olarak hazırlanmasının dijital renk analizi için daha doğru sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir. Tez çalışmamızda kullanılan farklı yapıdaki opaker reçinelerin üzerine tek bir markaya ait universal kompozit reçine kullanılmış ve aynı markaya ait örneklerin birlikte kullanıldığı grubumuzun sonuçları daha iyi bulunmuştur. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda her bir opaker kompozit reçine ile aynı optik ve fiziksel özelliklere sahip universal kompozit reçine materyalleri ile oluşturulacak deney gruplarının çalışmalara dahil edilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.



SONUÇLAR

1. Çalışmamızda C4 substrat üzerine tabakalama yöntemi ile opaker ve universal kompozit reçine uygulaması sonrasında elde edilen örneklerin ΔL değerleri kıyaslandığında bütün renk analiz yöntemleri arasında en yüksek değer POU grubunda en düşük ΔL değeri kontrol grubundan gözlenmiştir.
2. Çalışmamızda C4 rengine sahip substrat üzerine opaker kompozit reçine uygulama sonrası elde edilen ΔE değerleri kıyaslandığında pat yapıdaki opaker, akışkan yapıdaki opakerden daha iyi maskeleme etkinliği sergilemiştir.
3. Çalışmamızda yer alan SFM, MDP, DSLR gruplarından elde edilen Δa değeri en yüksek kontrol grubunda en düşük POU grubunda bulunmuştur.
4. Hazırlanan örneklerin renk analizi yapıldığında her üç yöntemde de elde edilen Δb parametreleri incelendiğinde en yüksek Δb değeri kontrol grubunda en düşük Δb değeri POU grubunda elde edilmiştir.
5. Spektrofotometre, Smile Lite MDP ve Dijital fotoğraf makinası ile alınan fotoğraflardan elde edilen renk analizinde opaker uygulama sonrası L^* parametresi artmış olup, nihai restorasyonun value değerinde artış görülmüştür.
6. Dijital fotoğraf makinası ile elde edilen L^* değerleri SFM ve MDP yöntemlerine göre daha düşük olup, alınan fotoğraflar daha karanlıktır.
7. Çalışmamızda kullanılan SFM, DSLR ve MDP cihazları ile elde edilen renk analizinde ΔE parametresi üzerinden yöntemler arası uyumun Bland-Altman grafiği ile istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu SFM ve MDP yöntemleri arasında uyumluluk olduğu görülmüştür.
8. Spektrofotometre, dijital kamera ve Smile Lite MDP ile alınan fotoğrafların dijital analizinden elde edilen veriler incelendiğinde her üç örneklem grubunda kırmızılık oranı en yüksek olan yöntem DSLR iken sarılık oranı en yüksek olan yöntem ise Smile Lite MDP cihazı kullanılarak elde edilen fotoğraflar olduğu görülmüştür.
9. C4 renge sahip substrat kompozit reçinelerin opaker ve universal kompozit uygulama sonrası elde edilen L^* parametresi (Value değeri) en yüksek yöntemin Smile Lite MDP olduğu görülmüştür.

10. Çalışmamızda kullanılan tüm renk analiz yöntemleri (SFM, MDP ve DSLR) ile POU ve AOU opaker materyallerinin karşılaştırılması sonucunda her üç grupta da POU grubunun renk maskeleye etkisi AOU grubundan yüksek bulunmuştur.
11. Çalışmamızdan elde edilen veriler değerlendirildiğinde pat yapıdaki doldurucu oranı yüksek ve pigment ihtiva eden opakerin (POU) akışkan yapıdaki doldurucu oranı daha az olan opakerden (AOU) daha iyi renk maskeleye ve kullanılan renk analiz yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ancak SFM ve MDP yöntemlerinin karşılaştırılması sonucunda ΔE değerleri arasında uyum görüldüğü belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- A. Doğan, B. Yüzügüllü, ‘‘Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler’’. *J Dent Fac Atatürk Uni.*, 4:65-72, 2011.
- Abdelraouf RM, Habib NA (2016) Color-matching and blending-effect of universal shade bulk-fill-resin-composite in resin-composite-models and natural teeth. *Biomed Res Int*, 4183432.
- Agrawal, V.S. ve Kapoor, S. (2013). Color and shade management in esthetic dentistry. *Universal Research Journal of Dentistry*, **3**, 120-127.
- Ahmad I. Digital dental photography. Part 6: camera settings. *Br Dent J*. 2009;207:63-69.
- Ahmad I. Digital dental photography. Part 7: extra-oral set-ups. *Br Dent J*. 2009;207:103-110.
- An JS, Son HH, Qadeer S, Ju SW, Ahn JS. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(1):120-129. doi: 10.3109/00016357.2011.654250.
- Anusavice, K.J. (1993). Recent developments in restorative dental ceramics. *J Am Dent Assoc*, **124**, 72-84.
- Anusavice, K.J., Shen C. ve Rawls, H.R. (2013). *Phillip’s Science of Dental Materials*. (12th ed.). St. Louis, MI: Saunders.
- Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater* 2010; 26: 1090-1097.
- Atalayin Ozkaya C, Yasa B, Demirhan AO, Turkun LS. Can we restore the colour of long-term discoloured resin composites by noninvasive methods? *Colour Res Appl* 2020;45:953–961.

Atkinson G, Nevill A. Comment on the use of concordance correlation to assess the agreement between two variables. *Biometrics* 1997; 775-777

Aysan İ, Uçar Y, Üşümez A. Üç farklı kaide materyalinin farklı solüsyonlardaki renk stabilitesinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2011; 23(3): 219-225.

Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R (2009) Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater* 25, 1564-1568.

B. Korkut, F. Yanıkoğlu, D. Tagtekin, ‘‘Direct midline diastema closure with composite layering technique: a one-year follow-up’’. *Case reports in dentistry*, 2016:1-5, 2016.

B. Korkut, F. Yanıkoğlu, M. Günday, ‘‘Direct composite laminate veneers: three case reports’’. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 7(2):105-111, 2013.

Baratieri L. N, Araujo E, Monteiro S. jr, Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects, *Eur J Esthet Dent*. Summer 2007;2(2):172-86.

Bassett, J. ve Patrick, B. (2004). Restoring tetracycline-stained teeth with a conservative preparation for porcelain veneers: case presentation. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*, 16(7), 481-486.

Begum, Z., Chheda, P., Shruthi, C.S. ve Sonika, R. (2014). Effect of ceramic thickness and luting agent shade on the color masking ability of laminate veneers. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 14(1), 46-50.

Belch Eva A. Reconstruction of Fractured Permanent Incisors in School Children Using Composite Resin Buildup (Review). *J of IMAB* 2008; 14(2): 93-96

Berns RS. Billmeyer and Saltzman’s Principles of Color Technology.3rd ed. New York: Wiley, 2000; 75-104.

Bin Yu, Yong-Keun Lee. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *Journal of dent*. (2008); 36;840–846

Blaes J. Today's technology improves the shade-matching problems of yesterday. *Journal of Indiana Dental Association* 2002–2003;81:17–9.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement *Lancet* 1986; I: 307-10

Brandt, J.; Nelson, S.; Lauer, H.-C.; Von Hehn, U.; Brandt, S. In vivo study for tooth colour determination—Visual versus digital. *Clin. Oral Investig.* **2017**, *21*, 2863–2871.

Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am* 2004;48(2):341-58.

Brewer, J.D., Wee, A. ve Seghi, R. (2004). Advances in color matching. *Dental Clinics of North America*, **48(2)**, 341-358.

Brewer, J.D.; Wee, A.; Seghi, R. Advances in Color Matching. *Dent. Clin.* **2004**, *48*, 341–358.

Browning WD. Use of shade guides for color measurement in tooth-bleaching studies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2003;15:S13–20.

Casaglia A, de Dominicis P, Arcuri L, Gargari M, Ottria L. Dental photography today. Part 1: basic concepts. *Oral Implantol (Rome)*. 2015;8 (4):122-129.

Çelik EU, Aladağ A, Türkün LŞ, Yılmaz G (2011) Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *J Esthet Restor Dent* 23, 179-188.

Christensen GJ. New, innovative restorative resins appear promising. *Clinicians Report* 2019;12:1–3.

Christensen, G.J. (2009). Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *Journal of the American Dental Association*, **140**, 1301–1304.

Chu SJ, Devigus A, Mieleszk AJ. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. Second Edition. Quintessence Publishing Company 2010; 1-22.

Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. J Dent. 2010;38(Suppl 2):e2-e16.

Chu, S.J. (2003) Color. İçinde: G. Gürel (Ed.), *The Science and Art of Porcelain Laminate Veners*. Istanbul: Quintessence; 159-162.

Chu, S.J., Devigus, A., Mieleszko, A. (2004). *Fundamentals of color; Shade matching and communication in esthetic dentistry*. China, Quintessence Publishing Co, Inc.

Chu, S.J., Trushkowsky, R.D. ve Paravina, R.D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, **38**, 2-16.

Clary JA, Ontiveros JC, Cron SG, Paravina RD. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. J Prosthet Dent 2016;116:91-7.

Craig, G.R. (1989). *Restorative dental materials*. (8th ed.) St. Louis: The Mosby, Inc.

Craig, R. G., Powers, J. M. ve Wataha, J. C. (2000). Direct esthetic restorative materials, *Dental Materials Properties and Manipulation*, 57-79.

Craig, R.G. (1981). Chemistry, composition and properties of composite resins, *Dental Clinics of North America*. 25(2), 219-239

D. Dietschi, S. Ardu, I. Krejci., “A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations”. *Quintessence Int.*, 37:91-102, 2006.

D. Dietschi, “Layering concepts in anterior composite restorations”. *Journal of Adhesive Dentistry*, 3(1):71-80, 2001

DA. Terry, “Direct applications of a nanocomposite resin system: Part 1--The evolution of contemporary composite materials.” *Practical procedures & aesthetic dentistry*, 16(6):417-422, 2004.

Davis, N. (2003). A nanotechnology composite. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 24(9), 662-665.

Dayangaç B.(2000). *Kompozit Resin Restorasyonlar*. Güneş Kitabevi .

de Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2020;1–8.

Denissen H, Kuijken A, Dozić A. A photographic method to measure the color characteristics of healthy gingiva. *International Journal of Dental Hygiene* 2007;5:22–6. *Dent* 33, 394-400.

Derdilopoulou, F.V., Zantner, C., Neumann, K. ve Kielbassa, A.M. (2007). Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth. *International Journal of Prosthodontics*, **20(4)**, 414-416.

Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth colour applied to direct composite restorations. *Quintessence Int* 2006; **37**: 91–102.

Dietschi D. Optimising aesthetics and facilitating clinical application of free-hand bonding using the 'natural layering concept'. *Br Dent J*; 2008, 23;204(4):181-5.

Ding Y, Xu S, Wang ZL (2009) Structural colors from *Morpho peleides* butterfly wing scales. *J Appl Phys* 106, 07470

Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1998;79:254–60.

Douglas Rd, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *Journal Prosthetic Dentistry* 1999; 82(2): 143-149.)

Dozić, A., Kleverlaan, C.J., El-Zohairy, A., Feilzer, A.J. ve Khashayar, G. (2007). Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *Journal of Prosthodontics*, **16(2)**, 93-100.

EA. McLaren, J. Figueira, RE. Goldstein, “A technique using calibrated photography and photoshop for accurate shade analysis and communication”. *Compendium*, 38(2):106- 113, 2017.

EA. McLaren, DA. Terry, “Photography in dentistry”. *J Calif Dent Assoc.*, 29(10):735-742, 2001.

Ebeid K, Sabet A, Della BA. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination. *J Esthet Restor Dent*. 2020. <https://doi.org/10.1111/jerd.12687> [Epub ahead of print].

EC. Say, A. Civelek, A. Nobecourt, M. Ersoy, C. Guleryuz, “Wear and microhardness of different resin composite materials”. *Operative Dentistry-University of Washington*, 28(5):628-634, 2003.

Eckert, A. S., Dede, K., Ehbrecht, S., Klettke, T., Spenkuch, A., Stippschild, A. ve ark. (2004). First cationically curing oxirane based dental filling material. *Polymer Preprints*, 45(2), 343.

Egger B. (2003). Natural color concept: A systematic approach to shade selection. *Quintessence of Dental Technology*, **26**, 161-170.

Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth. *International Journal of Prosthodontics*, **20(4)**, 414-416.

Evans MB. The visual and spectrophotometric effect of external bleaching on OMNICHROMA resin composite and natural teeth. Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports. <https://researchrepository.wvu.edu/etd/7619>, accessed 6 July 2020.

Fahl N Jr. A Polychromatic Composite Layering Approach for Solving a Complex Class IV/ Direct Veneer/ Diastema Combination: Part I. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006; 18(10): A-G.

Fahl N Jr. A Polychromatic Composite Layering Approach for Solving a Complex Class IV/ Direct Veneer/ Diastema Combination: Part II. *Pract Proced Aesthet Dent* 2007; 19(1): A-F.

Fahl N Jr. Mastering composite artistry to create anterior masterpieces - part 2. *J Cosmetic Dent* 2011; 26(4): 42-55

Fahl N Jr. Single-Shaded Direct Anterior Composite Restorations: A Simplified Technique for Enhanced Results. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2012, 33 (2): 150-54.

Fairchild, M.D. (2005). *Color Appearance Models*. (2nd ed.) Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Fan PP. Choosing the right clinical camera. Part I *Oral Health*. 1998; 88:67-69.

Fani G, Vichi A, Davidson CL. Spectrophotometric and visual shade measurements of human teeth using three shade guides. *Am J Dent*. 2007;20:142-146.

Faus-Matoses, V., Faus-Matoses, I., Ruiz-Bell, E. ve Faus-Llácer, V.J. (2017). Severe tetracycline dental discoloration: Restoration with conventional feldspathic ceramic veneers. A clinical report. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, **9(11)**, 1379-1382.

Feilzer, A. J., De Gee A. J. ve Davidson C. L. (1990). Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *Journal of Dental Research*, 69(1), 36-39.

Felippe LA, Baratieri LN. Direct resin composite veneers: masking the dark prepared enamel surface. *Quintessence Int*. 2000;31(8):557-562.

Felippe LA, Monteiro S, Baratieri LN, Caldeira de Andrada MA, & Ritter AV (2003) Using opaquers under direct composite resin veneers: An illustrated review of the technique *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 15(6) 327-336.

- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—state of the art. *Dental materials*, 27(1), 29-38.
- Fondriest, J. (2003a) Improving Photographic Strategies in Shade Communication. *J Cos Dent*, **19** (3), 70-75.
- Fondriest, J. (2003b) Shade matching in restorative dentistry: Science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*, **23**(5), 467-479.
- FPS. Nahsan, RFL. Mondelli, EB. Franco, FS. Naufel, JK. Ueda, VL. Schmitt, W. Baseggio, ‘‘Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: understanding color and composite resin selection’’. *Journal of Applied Oral Science*, 20(2):151-156, 2012.
- Garcia Lopez, M., Martinez Blanco, M., Martinez Mir, I. ve Palop, V. (2001). Amoxycillin-clavulanic acid-related tooth discoloration in children. *Pediatrics*. **108**(3),
- Ge QM, Zhang FQ. A study of color measure- ment for vital teeth using digital camera. *Shangai Kou Qiang Yi Xue* 2007;16:377-80.
- Genç Y., Sertkaya D., Demirtaş S., Klinik Araştırmalarda İki Ölçüm Tekniğinin Uyumunu İncelemede Kullanılan İstatiksel Yöntemler. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 2003; Cilt56, sayı1.
- Giavarina D., Understanding Bland Altman analysis. *Biochemia Medica* 2015;25(2):141–51
- Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemin-Viñuela A, Martínez Vázquez De Parga JA. Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *J Dent* 2014;42:742-5.
- Gómez-Polo C, Muñoz MP, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, et al. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent* 2016;115:65-70.
- Goodkind, R.J. ve Schwabacher, W.B. (1987). Use of a fiber-optic colorimeter for in-vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent*, **58**, 535-542.

Grandville, M.I. (2002). A guide to understanding color communication. Erişim 22.08.2206: <http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-01UnderstandColor-en.pdf>.

Griffin JD. Use of Digital Photography to Improve Composite Resin Selection and Placement. . Pract Proced Aesthet Dent 2008; 20(6): 359-64.

Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. J Oral Rehabil 1977; 4: 311-322.

Guan YH, Lath DL, Lilley TH, et al. The measurement of tooth white- ness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. J Oral Rehabil. 2005;32:7-15.

Hammad, I.A. ve Stein, R.S. (1991). A qualitative study for the bond and color of ceramometals. Part II. Journal of Prosthetic Dentistry, **65(2)**, 169-179.

Hardan, L.S.; Moussa, C. Mobile Dental Photography: A Simple Technique for Documentation and Communication. *Quintessence Int.* **2020**, *51*, 510–518.

Hasegawa, A., Ikeda, I., Kawaguchi, S. (2000). Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*, **83**, 418-423.

Hattab, F.N., Qudeimat, M.A. ve Al-Rimawi, H.S. (1999). Dental discolorations: an overview. Journal of Esthetic Dentistry, **11(6)**, 291-310.

Hattab, F.N., Qudeimat, M.A. ve Al-Rimawi, H.S. (1999). Dental discolorations: an overview. Journal of Esthetic Dentistry, **11(6)**, 291-310.

Haywood, V.B., Leonard, R.H. ve Dickinson, G.L. (1997). Efficacy of six months of nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **9(1)**, 13-19.

He WH, Park CJ, Byun S, Tan D, Lin CY, Chee W. Evaluating the relationship between tooth color and enamel thickness, using twin flash photography, cross-polarization photography, and spectrophotometer. J Esthet Restor Dent. 2020;32:91-101.

Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. *Int J Esthet Dent*. 2017;12:186-202.

Hein S, Zangl M. The use of a standardized gray reference card in dental photography to correct the effects of five commonly used diffusers on the color of 40 extracted human teeth. *Int J Esthet Dent* 2016;2:246-59.

Heydecke G., Zhang F., Razzoog M.E. : In Vitro Color Stability of Double-Layer Veneer After Accelerated Aging. *J. Prosthet. Dent.*, 2001; 85: 551-557.

Heymann, H.O ve Ritter, A.V. (2017). Additional Conservative Esthetic Procedures. İçinde: Ritter, A.V., Boushell, L.W., Walter, R. *Sturdevant's Art And Science of Operative Dentistry* (7th ed.) St. Louis, MO: Mosby Inc; 264-305.

Hickel, R., Dasch, W. ve Janda, R. (1998). New direct restorative materials. *International Dental Journal*, 48(1), 3-16.

Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, et al. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29:303-308.

Ikeda T, Murata Y, Sano H. Translucency of opaque-shade resin composites. *American Journal of Dentistry* 2004;17:127–30.

Ikeda T, Sidhu SK, Omata Y, Fujita M, Sano H. Colour and translucency of opaque-shades and body-shades of resin composites. *European Journal of Oral Sciences* 2005;113: 170–3.

Imazato, S., Torii M., Tsuchitani, Y., McCabe, J.F. ve Russell, R.R. (1994). Incorporation of bacterial inhibitor into resin composite. *Journal of Dental Research*. 73(8), 1437-43.

Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 1996; 21: 73-80.

Iyer RS, Babani VR, Yaman P, Dennison J (2021) Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *J Esthet Restor*

J. Manauta, A. Salat , LAYERS: AN ATLAS OF COMPOSITE RESIN STRATIFICATION, Quintessence, BRITISH DENTAL JOURNAL VOLUME 214 NO. 6 MAR 23 2013 319

Jackson, R. D. ve Morgan, M. (2000). The new posterior resins and: A simplified placement technique. *The Journal of the American Dental Association*, 131(3), 375-383.

Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J* 2005;199(1):43-9.

JM. White, WS. Eakle, ‘‘Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry’’. *The Journal of the American Dental Association*, 131:13-19, 2000.

Johnston, W. M. ve Kao, E. C. (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of dental research*, **68(5)**, 819-822.

Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, et al. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent*. 2008;36:2-7.

Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004;32(1):3- 12.

Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, **32(1)**, 3-12.

Joiner, A. (2010). Whitening toothpastes: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, **38(2)**, 17-24.

Judeh, A. ve Al-Wahadni, A. (2009). A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence International*, **40(9)**, 69-79.

K. Suhasini, M. Koppolu, S. Chinni, A. Lavanya, ‘‘Color and its dimensions-a review’’. *Annals and Essences of Dentistry*, 7(2):26-29, 2015.

Karaagaclioglu L, Terzioglu H, Yilmaz B, Yurdukoru B. In vi- vo and in vitro assessment of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthodont* 2010;19:279-85.

Karaalioğlu OF, Duymuş Z. (2008). Diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 18(1),25-32.

Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007;34:613-21.

Kawaguchi M, Fukushima T, Miyazaki K. The relationship between cure depth and transmission coefficient of visible-light- activated resin composites. *J Dent Res* 1994; 73: 516–521.

Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. [Choice of color in dentistry]. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakül- tesi Dergisi* 2009;33(4):52-8.

Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan C, Feilzer AJ. Clinical success of shade guides arranged according to lightness measured digitally. *Int J Prosthodont* 2012;25(4):410-2.

Kielbassa, A.M., Beheim-Schwarzbach, N.J., Neumann, K. ve Zantner, C. (2009). In vitro comparison of visual and computer-aided pre-and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **101**(2), 92-100.

Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;80(2):332-8.

Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *J Dent*. 2009;37:102- 107. doi:10.1016/j.jdent.2008.10.002.

Kim-Pusateri S, Brewer JD, Dunford RG, Wee AG. In vitro model to evaluate reliability and accuracy of a dental shade-matching instru- ment. *J Prosthet Dent*. 2007;98:353-358.

Kim-Pusateri, S.; Brewer, J.D.; Davis, E.L.; Wee, A.G. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J. Prosthet. Dent*. **2009**, *101*, 193–199.

Korkut B, “Smile Make-Over with Direct Composite Veneers: Two Years Follow-up Report”, *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 12(2):146-151, 2018.

Kugel, G. (2000). Direct and indirect adhesive restorative materials: a review. *American journal of dentistry*, 13(Spec No), 35D-40D.

Kwon, R.S. ve Goldstein R.E. (2018). Bleaching Discolored Teeth. İçinde: R.E. Goldstein (Ed.) *Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry*. New York City, NY: John Wiley&Sons; 326-350.

L A Felipe, L N Baratieri, Direct resin composite veneers: masking the dark prepared enamel surface *Quintessence Int.* 2000 Sep;31(8):557-62.

L. Vanini, “Light and color in anterior composite restorations”. *Pract Periodontics Aesthet Dent.*, 8(7):673-682, 1996.

Lagouvardos, P.E., Fougia, A.G., Diamantopoulou, S.A. ve Polyzois, G.L. (2009). Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **101**(1), 40-45.

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;17:1003-8.

Land, E. H. (1977). The retinex theory of color vision. *Scientific American*, **237**(6), 108-129.

Lazar R, Culic B, Gasparik C, Lazar C, Dudea D. The accuracy of dental shade matching using cross-polarization photography. *Int J Comput Dent*. 2019;22:343-351.

Lee YK, Powers JM. Calculation of colour resulting from composite/compomer layering techniques. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 1102–1108.

Lee YK. Comparison of CIELAB E* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater* 2005;21:678-682.

Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dent Mater* 2007; 23: 124-131.

Lee, Y.K., Lim, B. S., Kim, C. W. ve Powers, J.M. (2001). Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **13(3)**, 179-186.

Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, et al. Are dental color measuring devices CIE compliant? *Eur J Esthet Dent*. 2012;7:324-333.

LeSage B, Milnar F, Wohlberg J. Achieving the epitome of composite art: creating natural tooth esthetics, texture, and anatomy using appropriate preparation and layering techniques. *International Dentistry SA*; 11(3): 34-48.

Li Y. Tooth color measurement using Chroma Meter: techniques, advantages, and disadvantages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2003;15:S33–41.

Li, Y., Swartz, M. L., Phillips, R. W., Moore, B. K. ve Roberts, T. A. (1985). Materials science effect of filler content and size on properties of composites. *Journal of Dental Research*, 64(12), 1396-1403.

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;121:271-5.

Llena, C., Lozano, E., Amengual, J. ve Forner, L. (2011). Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **12(1)**, 19-23.

Mackenzie L, Parmar D, Shortall ACC, Burke FJT. Direct Anterior Composites: A Practical Guide. *Dent Update* 2013; 40: 2-16.

Mahn E, Tortora SC, Olate B, et al. 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*. 2020;125:511-516.

Mahn, E.; Tortora, S.C.; 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*, 511–516.

Manauta J, Salat A. Layers: An Atlas of Composite Resin Stratification. London: Quintessence Publishing Co Ltd, 2013. ISBN 978–8–87492–173–7.

Mayekar, S.M. (2001). Shades of a color. *Dent Clin Nort Am*, **45**, 155-171.

McCabe J.F. ve John F. (1999). Çev. Emine Nayır, Dişhekimliği Maddeler Bilgisi. ([7.bs](#)). İstanbul, İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları.

McLaren EA, Figueira J, Goldstein RE. A technique using calibrated photography and Photoshop for accurate shade analysis and communication. *Compend Contin Educ Dent.* 2017;38:106-113.

McLaren EA. Luminescent veneers. *Journal of Esthetic Dentistry* 1997;9:3–12.

McLaren, E.A. (1997). Luminescent veneers. *Journal of Esthetic Dentistry*, **9(1)**, 3-12.

Mitra, S.B., Wu, D., Holmes, B.N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J. Am. Dent. Assoc.*, 134: 1382-1389.

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;17:273-81.

MN. Carney, WM. Johnston, “Image color data normalization and color matching system for translucent material. *U.S. Patent Application*, 15:504,587, 2017.

Moussaoui, H.; El Mdaghri, M.; Gouma, A.; Bennani, B. Accuracy, repeatability and reproducibility of digital intraoral scanner for shade selection: Current status of the literature. *Oral Health Dent. Sci.* **2018**, *2*, 1–6.

Muia, P.J. (1985). *The four dimensional tooth color system*. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc.

Murchison, D. F., Chan, D. C., & Cooley, R. L. (2001). Direct anterior restorations. *Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. 2nd ed.* Singapore: Quintessence, p236-238.

N. Jr Fahl, "A polychromatic composite layering approach for solving a complex Class IV/ direct veneer/diastema combination: Part II". *Pract Proced Aesthet Dent.*, 19(1):17–22, 2007.

N. Jr Fahl, "Step-by-step approaches for anterior direct restorative challenges: mastering composite artistry to create anterior masterpieces—part 2". *J Cosmetic Dent.*, (4):42-55, 2011.

Naeimi Akbar H, Moharamzadeh K, Wood DJ, Van Noort R. Relationship between Color and Translucency of Multishaded Dental Composite Resins. *Int J Dent* 2012; 2012: 708032.

Nahsan, F.P.S.; Mondelli, R.F.L.; Franco, E.B.; Naufel, F.S.; Ueda, J.K.; Schmitt, V.L.; Baseggio, W. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: Understanding color and composite resin selection. *J. Appl. Oral Sci.* **2012**, *20*, 151–156.

Nassau K. Color for science, art and technology. New York: Elsevier; 1998. p. 10–11.

Nohl, F.S.A., Steele, J.G., Wassell, R.W. (2002). Crowns and other extra coronal restorations: Aesthetic Control. *Br Dent J*, **192**, 443-450.

Noort, R.V. (2002). *Introduction to dental materials*. (2nd ed).St. Louis: Mosby Co, Inc.

O' Brien, W.J. (2002). *Dental Materials and Their Selection*. (3th ed). Canada, Quintessence Pub Co Inc. 113-6.

O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F, Lambert S. The surface roughness and gloss of composites. *Journal of Dental Research* 1984;63:685–8.

O'Brien, W.J. (2002). Dental materials and their selection. (3rd ed.) Canada: Quintessence Publishing Co, Inc.

Obregon, A., Goodkind, R.J., Schwabacher, W.B., Chem, B. (1981). Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceromometal restorations. *J Prosthet Dent*, **46**(3), 330-340.

O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small- color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990; 69: 1762-1764.

Okubo, S.R.; Kanawati, A.; Richards, M.W.; Childressd, S. Evaluation of Visual and Instrument Shade Matching. *J. Prosthet. Dent.* **1998**, *80*, 642–648.

Overheim, R.D. ve Wagner, D.L. (1982). *Light and Color*. New York City, NY: John Wiley&Sons; 288.

Paravina R.D. ve Powers J.M., (2004). Esthetic color training in dentistry. St. Louis, MO: Elsevier Health Sciences; 3-33.

Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2002;14:158–66.

Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31:103-112.

Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM (2006) Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dent Mater* 22, 299-307.

Paravina RD, Westland S, Kimura M, Powers JM, Imai FH (2006) Color interaction of dental materials: blending effect of layered composites. *Dent Mater* 22, 903-908.

Paravina, R.D., Ghinea, R., Herrera, L.J., Bona, A.D., Igiel, C., Linninger, M. ve ark. (2015). Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **27**, 1-9.

Pecho OE, Ghinea R, Perez MM, Della Bona A. Influence of gender on visual shade matching in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2017;29:E15-23.

Pensler, A.V. (1998). Shade selection: problems and solutions. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, **19(4)**, 387-90.

Pereira Sanchez N, Powers JM, Paravina RD. Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(5):465-470.

Pinkham, J., Casamassimo, P., Fields, H.W., Mctigue, D. J. ve Nowak, A. J. (2005). *Pediatric Dentistry: Infancy Through Adolescence*. (4th ed.). Elsevier Saunders St. Louis. 329-34.

Powers JM, Yeh CL, Miyagawa Y. Optical properties of composites of selected shades in white light. *J Oral Rehabil* 1983; 10: 319–324.

Preston, J.D ve Bergen, S.F. (1980). Establishing an environment for shade selection. İçinde:Preston JD, Bergen SF (Ed.), *Color Science and Dental Art: A Self- Teaching Program*. St. Louis: CV Mosby; 24–30.

Ragain Jr, J. C. ve Johnston, W. M. (2001). Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, **13(1)**, 41-48.

Ragain, J.C. (2016). A review of color science in dentistry: colorimetry and color space. *Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy*, **4(1)**, 1-5.

Reyes, J.; Acosta, P.; Ventura, D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching. *Heliyon* **2019**, 5, e02100.

Roberson, T. M., Heymann H. O. ve Edward J. Swift J. E. (2001). *Sturdevants Art & Science of Operative Dentistry*. (4th ed.), Mosby, st. Louise. 190- 207.

Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences.

Rosenstiel, S.F., Land, M.F., Fujimoto, J. (2001). *Contemporary fixed prosthodontics*. St. Louis: The Mosby Inc, Co.

Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials* 1987;3:246–51.

Ryan EA, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *J Can Dent Assoc* 2010; 76: a84

Sakaguchi, R. L. ve Powers, J. M. (2012). *Craig's Restorative Dental Materials- e-book*. Elsevier Health Sciences.

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;121:333-9.

Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent* 2012;107:178-85

Schmitter, M., Mussotter, K. ve Hassel, A.J. (2008). Interexaminer reliability in the clinical measurement of L* C* h* values using a laminar spectrophotometer. *International Journal of Prosthodontics*, **21**(5), 422-424.

Schropp L, Shade matching assisted by digital photography and computer software. *J J Prosthodont* 2009; 8(3):235-41.

Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68(12):1755-9.

Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69(5):1180-3.

Seghi, R.R., Johnston, W.M., O'Brien, W.J. (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*, **56**(1), 35 - 40.

Shadman, N., Kandi, S.G., Ebrahimi, S.F. ve Shoul, M.A. (2015). The minimum thickness of a multilayer porcelain restoration required for masking severe tooth discoloration. *Dental Research Journal*, **12**(6), 562-568.

Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res Appl* 2005;30:21-30.

Shinoda H, Ikeda M (2004) Color assimilation on grating affected by its apparent stripe width. *Color Res Appl* 29, 187-195.

Smith RN, Collins LZ, Naeeni M, Joiner A, Philpotts CJ, Hopkinson I, et al. The in vitro and in vivo validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth color measurement. *Journal of Dentistry* 2008;36: 15–20.

Spitzer D, ten Bosch JJ. The total luminescence of bovine and human dental enamel. *Calcified Tissue Research* 1976;20:201–8.

Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001;86(5):453-7.

Suh YR, Ahn JS, Ju SW, Kim KM (2017) Influences of filler content and size on the color adjustment potential of nonlayered resin composites. *Dent Mater J* 36, 35-40.

Summitt, J. B., Robbins, J. W., Hilton, T. J. ve Schwartz, R. S. (2006). *Fundamentals of Operative Dentistry*. (3rd ed.). Chicago: Quint. Publishing Co. Inc.

Summitt, J.B., Robbins, J.W. ve Schwartz, R.S. (2006). *Fundamentals of Operative Dentistry: A contemporary Approach*. (2th ed.). Illinois, Quintessence Publishing Co, Inc. 261-88.

Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei 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;1-21.

Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *J Dent*. 2012;40(Suppl 2):e3-e10.

Ten Bosch, J.J. ve Coops, J.C. (1995). Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of Dental Research*, **74(1)**, 374-380.

Terry DA. Color Matching with Composite Resin: A Synchronized Shade Comparison. *Pract Proced Aesthetic Dent* 2003; 15(7): 515-21.

Terry, D.A.; Geller, W. *Esthetic and Restorative Dentistry*; Stillwater, M.N., Ed.; Everest Publishing Media: Mumbai, India, 2009.

Trakyalı, G. (2013). Diş rengi belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, **34(1)**, 1-10.

Trifkovic B, Powers JM, Paravina RD. Color adjustment potential of resin composites. *Clin Oral Investig*. 2018;22(3):1601-1607.

TungOH,LaiYL,HoYC,ChouIC, LeeSY. assessment using a digital camera with ring flashes. *Clin Oral Investig* 2011;15(1):49-56.

Turgut ve Bağış 2012 Bağış, B. ve Turgut, S. (2013). Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers. *Journal of Dentistry*, **41(3)**, 24-30.

Ubassy G. Shape and color: the key to successful *ceramic restorations*. Berlin: Quintessenz Verlags, 1993.

Um CM, Ruyter IE. Staining of resin- based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence International* 1991; 22(5): 377-386.)

Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-62.

Van Noort, R. (1994) *Introduction to Dental Materials*, Mosby, Spain, 201-214

Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater*. 2011;27:97-108.

- Vivek, R., Singh, A., Soni, R., Singh, S.V. ve Chaturvedi, T.P. (2013). Conventional and digitally assisted shade matching—A comparative study. *Indian Journal of Dentistry*, **4(4)**, 191-199.
- Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater* 2006;22(6):553-9.
- Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M. ve Vanherle, G. (1993). Composite resins in the 21st century. *Quintessence International*, 24(9), 641-658.
- Winter, R. (1993). Visualizing the natural dentition. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **5(3)**, 103-118.
- Yamanel K, Caglar A, Oezcan M, Gulsah K, Bagis B. Assessment of color parameters of composite resin shade guides using digital imaging versus colorimeter. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:379-88.
- Yap, A. U. J., Tan, C. H., & Chung, S. M. (2004). Wear behavior of new composite restoratives. *Operative Dentistry-University Of Washington-*, 29, 269-274.
- Yilmaz B, Karaagaclioglu L. Comparison of visual shade determination and an intra-oral dental colourimeter. *J Oral Rehabil* 2008;35(10):789-94.
- Yu B, Lee Y-K. Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dent Mater*. 2008;24(9):1236-42. Epub 2008 Mar 28.
- Yücel, T., Tarım, B., Ulukapı., H, ve Demirci, M. (2004). Ön bölge dişlerde direkt estetik restorasyonlar. *Türk Dişhekimleri Birliği Dergisi*, 83, 10-22.
- Zena R. Evolution of dental ceramics. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2001;22:12-4.
- Zimmerli, B., Strub, M., Jeger, F., Stadler, O. ve Lussi, A. (2010). Composite materials: composition, properties and clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(11), 972-979.

HAM VERİLER

FORMLAR

ETİK KURUL KARARI

PATENT HAKKI İZNİ

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Ezgi	Soyadı	OK
Doğ.Yeri		Doğ.Tar.	
Email		Uyruğu	T.C

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora	İstanbul Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi	2022
Yük.Lis.	İstanbul Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi	2016
Lisans		
Lise	Vefa Lisesi	2011

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	İyi	Orta	İyi		

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
LES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Word	İyi
Excel	İyi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Şar Sancaklı H., Ok, E. (2021). Restoratif Diş Hekimliğinde Renk. Estetik Diş Hekimliği Akıl Notları, İstanbul: Güneş Kitabevi.

