

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RENK SEÇİMİNDE KULLANILAN FARKLI AĞIZ İÇİ
TARAYICILARIN ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt Onur TAŞDEMİR

Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı
Uzmanlık Tezi

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Funda BAYINDIR

ERZURUM
2024

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANA BİLİM DALI

RENK SEÇİMİNDE KULLANILAN FARKLI AĞIZ İÇİ
TARAYICILARIN ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt Onur TAŞDEMİR

Tez Savunma Tarihi : 08.11.2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Funda BAYINDIR (Atatürk Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Nuran YANIKOĞLU (Atatürk Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Esra KUL (Atatürk Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Nurdan POLAT SAĞSÖZ (Atatürk Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Rüştü Ersoy SAKARYA (Atatürk Üniversitesi)

Onay

Bu çalışma yukarıdaki Jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Dış Hekimliği Fakültesi Kurum Eğitim Sorumlusu
Prof. Dr. Taner ARABACI

Uzmanlık Tezi
ERZURUM - 2024

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
ABSTRACT.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Renk	4
2.1.1. Munsell Renk Sistemi	5
2.1.1.1. Renk Tonu (Hue)	6
2.1.1.2. Parlaklık (Value).....	6
2.1.1.3. Yoğunluk (Chroma).....	7
2.1.2. CIELAB Renk Sistemi.....	8
2.2 Materyalin Optik Özellikleri.....	9
2.2.1. Opaklık.....	9
2.2.2. Translulentlik.....	9
2.2.3. Floresanslık.....	10
2.2.4. Opalesanslık.....	10
2.2.5. Parlaklık	10
2.2.6. Metamerizm	10
2.3. Dişlerin Renk Özellikleri	11
2.4. Renk Seçimi	11

2.4.1. Görsel Renk Seçimi	11
2.5. Renk Skalaları.....	12
2.5.1. Vita Klasik Renk Sklası.....	13
2.5.2. Vita 3D-Master Renk Skalası	13
2.5.3. Kompozit Renk Skalaları.....	14
2.4.2. Dijital Renk Seçimi.....	16
2.4.2.4. Spektroradyometre.....	17
2.4.2.5. Spektrofotometreler	18
2.4.2.5.1. Vita Easysshade® Advance 4.0 Spektrofotometresi.....	18
2.6. Yardımcı Işık Kaynakları.....	19
2.7. Renk Seçimi İçin Klinik Uygulama Prosedürü.....	20
2.4.2.6. Ağız İçi Tarayıcılar	21
2.5. Ağız İçi Tarayıcılar	26
3. MATERYAL VE METOD	32
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.2. Örneklerin Oluşturulması ve Hazırlanması	33
3.3. Örneklerin Renk Ölçme İşlemlerinin Yapılması	33
3.4. Dijital Spektrofotometre ile Renk Ölçümlerinin Yapılması	35
3.5. Örneklerin Renk Ölçümü ve Spektrofotometrenin Kalibrasyonu	36
3.6. Verilerin Analize Hazırlanması ve Kullanılan İstatistiksel Analizler	38
4. BULGULAR.....	40
4.1. Doğruluk (Accuracy) Analizleri	40
4.2. Gerçeklik (Trueness) Analizi Bulguları.....	41
4.3. Hassasiyet (Precision) Analizi Bulguları.....	42
4.4. Tekrar Edilebilirlik Analizi /Bulguları	44

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	83
EK-1. ETİK KURUL ONAY FORMU	83



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca deneyimi ve bilgisiyle her daim yanımda olan, tez yazım sürecimde içtenlik, sabır ve özveriyle bana yol gösteren çok değerli hocam ve tez danışmanım Sayın **Prof. Dr. Funda BAYINDIR**'a,

Bilgi ve tecrübelerini ihtiyaç duyduğum her an benimle paylaşan kıymetli hocalarım; Sayın **Prof. Dr. Nuran YANIKOĞLU**, **Doç. Dr. Esra KUL**, **Doç. Dr. Hatice ÖZDEMİR**, **Doç. Dr. Alper ÖZDOĞAN**, **Dr. Öğr. Üyesi Nurdan POLAT SAĞSÖZ** ve **Dr. Öğr. Üyesi Rüştü Ersoy SAKARYA**' ya,

Her zaman yanımda olan; canım abim **Dr. Dt. Ahmet KORKMAZ**'a, en yakın arkadaşım **Uzm. Dt. Oğuzhan ÜNAL**'a ve canım kardeşim **Arş. Gör. Cengiz Han ŞAHİN**'e,

Güzel günlerimizi paylaştığımız, kıymetli mesai arkadaşlarım; Seyhan, Gizem, Özge, Seçil, Nevzat, Züliye, Semanur, Feride, Emrecan ve tüm asistan arkadaşlarıma,

Ailemden farklı görmediğim, her zaman yanımda hissettiğim öz kardeşlerim; Serkan, Selim, Sadık, Zafer, Can, Alperen ve şu an yanımda olmayan kardeşime,

Bölümümüzdeki hemşirelerimize, teknisyenlerimize ve personelimize,

Hayatım boyunca arkamda olan; bizleri vatan, millet ve bayrak bilinciyle yetiştiren ailem başta olmak üzere; çok daha güzel zamanlarda buluşmak dileğiyle hakkınızı helal edin, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Dt Onur TAŞDEMİR

ÖZET

Renk Seçiminde Kullanılan Farklı Ağız İçi Tarayıcıların Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı ağız içi tarayıcıların renk seçimindeki etkinliklerinin ve tekrarlanabilirliklerinin in vitro olarak incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmada üç adet ağız içi tarayıcı (Trioss 5, Primescan, Medit i700) ve iki adet renk skalası (Vita Klasik, Vita 3D Master) kullanılmıştır. Ağız içi tarayıcılarda yapılan ölçümler spektrofotometre ile kıyaslanmıştır.

Vita klasik renk skalasında 16 adet Vita 3D Master renk skalasında 26 adet olmak üzere toplam 42 adet örnek bulunmaktadır. Renk skalalarında bulunan her bir örnek kontrol edildikten sonra nötral gri arka plan üzerinde ayrı ayrı sabitlenmiştir. Renk seçimleri için gündüz 12:00 ve 14:00 saatleri arası tercih edilmiştir. Tarama yapılmadan önce cihaz kalibrasyonu firmaların önerdiği şekilde yapılmıştır. Ölçümler cihazların optik ucu yere paralel, örnekler ise dik tutularak üçer kez gerçekleştirilmiştir. Alınan değerlerin doğruluk (accuracy), hassasiyet (precision) ve gerçeklik (trueness) analizleri yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizleri Bağımsız Örneklemeler T Testi ve Tek Yönlü ANOVA parametrik testleri yoluyla analiz edilmiştir. Veri analizleri Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Pandas, Numpy ve Matplotlib kütüphaneleri kullanılmıştır.

Bulgular: Yapılan analizler sonucunda, Trioss 5 cihazının Vita Klasik renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına (%75) sahip olduğu, Primescan cihazının ise Vita 3D Master renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına (%84,62) sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Trioss 5 cihazı Vita Klasik renk türünde en düşük gerçeklik (0.25) değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Primescan cihazı ise Vita 3D Master renk skalasında en düşük gerçeklik (0.15) değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Standart sapma analizleri, Trioss 5 cihazının bazı ölçümlerde daha yüksek hassasiyet sunduğunu, Primescan ve Medit i700 cihazlarının ise benzer seviyelerde hassasiyet gösterdiğini ortaya koymuştur.

Sonuç: Cihazlar karşılaştırıldığında Primescan cihazı, hem Vita 3D Master 'da yüksek doğruluk (%84,62) ve düşük gerçeklik (0.15) değerleri sunarak, hem de tekrarlanabilirlik açısından en tutarlı tarayıcı olması nedeniyle genel performans açısından en iyi tarayıcı olarak değerlendirilebilir. Trioss 5 ise Vita Klasik renk skalasında en iyi performansı (%75) gösteren tarayıcıdır. Tek Yönlü ANOVA Testi kullanılarak yapılan analizlerde cihaz türlerine göre başarılı olma sıklıklarının p değeri .05'ten büyük olması nedeni ile anlamlı olarak farklılaşmadığı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağız içi tarayıcı, diş rengi, renk seçimi

ABSTRACT

Evaluation of the Effectiveness of Different Intraoral Scanners in Color Selection

Aim: The aim of this study is to investigate the effectiveness and repeatability of different intraoral scanners in color selection in vitro.

Materials and Methods: In this study, three intraoral scanners (Trios 5, Primescan, Medit i700) and two color scales (Vita Classic, Vita 3D Master) were utilized. The measurements obtained from the intraoral scanners were compared with those from a spectrophotometer. The Vita Classic color scale contains 16 samples, while the Vita 3D Master color scale contains 26 samples, resulting in a total of 42 samples. Each sample in the color scales was individually secured on a neutral gray background after verification. Color selections were made between 12:00 PM and 2:00 PM. Prior to scanning, the device calibration was performed according to the manufacturers' recommendations. Measurements were taken three times, with the optical tip of the devices held parallel to the ground and perpendicular to the samples. The analyses for accuracy, precision, and trueness of the obtained values were conducted. Statistical analyses of the data were performed using Independent Samples T-Test and One-Way ANOVA parametric tests. Data analyses were carried out using the Python programming language, with the Pandas, NumPy, and Matplotlib libraries employed.

Results: As a result of the analyses conducted, it was determined that the Trios 5 device exhibited the highest accuracy rate (%75) in the Vita Classic color guide, while the Primescan device demonstrated the highest accuracy rate (%84,62) in the Vita 3D Master color guide. Furthermore, the Trios 5 device achieved the best performance in the Vita Classic color type, displaying the lowest trueness value (0.25). In contrast, the Primescan device showed the best performance in the Vita 3D Master color scale with the lowest trueness value (0.15). Standard deviation analyses revealed that the Trios 5 device provided higher precision in some measurements, while the Primescan and Medit i700 devices exhibited similar levels of precision.

Conclusion: When comparing the devices, the Primescan device can be regarded as the best scanner overall due to its high accuracy (%84,62) and low trueness value (0.15) in the Vita 3D Master, as well as its consistency in terms of repeatability. The Trios 5, on the other hand, is the scanner that demonstrated the best performance (%75) in the Vita Classic color scale. The analyses conducted using the One-Way ANOVA Test revealed that the p-value for the success rates according to device types was greater than .05, indicating that there were no statistically significant differences.

Key Words: Intraoral scanner, tooth color, color selection

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CIA	Commission Internationale de Eclairage
3D	3 Boyutlu
CAD	Computer Aided Manufacturer And Design
CAM	Computer Aided Manufacturer And Design
CPU	Central Processing Unit
IOS	İntraoral Scanner
LED	Light-emitting diode
OBJ	Objection
RGB	Red-Green-Blue
STL	Standard Triangle Language
US	Ultrason
USB	Universal Serial Bus

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Munsell renk sisteminde renk tonu (hue) skalası	6
Şekil 2.2. Rengin parlaklık (value) değeri skalası	6
Şekil 2.3. Rengin yoğunluk (chroma) grafiği	7
Şekil 2.4. Munsell renk sistemi.....	7
Şekil 2.5. CIELAB renk sistemi	9
Şekil 2.6. Görsel renk seçimi.....	12
Şekil 2.7. Vita Klasik Renk Skalası.....	13
Şekil 2.8. Vita Toothguide 3D-Master renk skalası	14
Şekil 2.9. GC Europe'un Gaenial kompozitler için hazırladığı renk skalası.....	15
Şekil 2.10. Vita Easyshade ile renk seçimi.....	19
Şekil 2.11. Smile Lite ile renk seçimi.....	20
Şekil 2.12. 3 Shape Ağız İçi Tarayıcı	28
Şekil 2.13. Primescan Ağız İçi Tarayıcı	29
Şekil 2.14. Medit i700 Ağız İçi Tarayıcı	31
Şekil 3.1. Ağız içi tarayıcı ile tarama	34
Şekil 3.2. Ağız içi tarayıcı ile tarama	35
Şekil 3.3. Spektrofotometre kalibrasyonu	38
Şekil 4.1. Doğruluk analizi bulgularına ilişkin grafik	41
Şekil 4.3. Gerçeklik analizi bulgularına ilişkin grafiksel gösterim	42
Şekil 4.4. Hassasiyet (precision) ölçüm değerlerine ilişkin grafik	43
Şekil 4.5. Tekrar edilebilirliğe ilişkin tutarlık analizi bulgularına dair grafik.....	45
Şekil 5.1. Ağız içi tarayıcılar kullanarak diş renk eşleştirme sürecini açıklayan bir akış diagramı	58

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Doğruluk analizi bulguları	40
Tablo 4.2. Gerçeklik analizi bulguları.....	41
Tablo 4.3. Ölçümlere ilişkin hassasiyet analizi bulguları	42
Tablo 4.4. Tekrar edilebilirlik analizi	44
Tablo 4.5. Tek yönlü ANOVA bulguları	46
Tablo 4.6. Bağımsız örneklem T testi	46

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde uygulanan protetik restorasyonların amacı; kaybedilen dişler sebebiyle meydana gelen fonksiyon ve fonasyon kayıplarının düzeltilmesi, fazla madde kaybı olan dişlerin restorasyonunun sağlanması ve estetik beklentinin karşılanmasıdır.¹

Restorasyonların doğal diş rengiyle uyumlu bir şekilde eşleştirilmesi, estetik diş hekimliğinde karşılaşılan en karmaşık ve zorlu sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu zorluk, dişlerin renk ve optik özelliklerinin son derece karmaşık doğasından ve renk algısının öznel ve bireysel değişkenlik gösteren bir deneyim olmasından kaynaklanmaktadır. Tarihsel olarak, renklerin değerlendirilmesi, tanımlanması ve çoğaltılması hem teknik hem de bilimsel zorluklarla dolu bir süreç olmuştur. Ancak, Munsell'in geliştirdiği Munsell Renk Sistemi, renklerin sistematik bir şekilde analiz edilmesini ve tanımlanmasını mümkün kılan önemli bir yenilik sağlamıştır. Munsell, renkleri ton (hue), doygunluk (chroma) ve parlaklık (value) olmak üzere üç temel boyutta tanımlayarak, renklerin üç boyutlu olarak ele alınmasını sağlamış ve bu yaklaşım, renklerin daha nesnel bir şekilde incelenmesini mümkün kılmıştır.²

Diş hekimliği pratiğinde, dişlerin renkleri, düzenleri, pozisyonları, oranları, şekilleri ve morfolojileri gibi faktörlerin estetik değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Günümüzde, bilgisayar destekli teknolojiler sayesinde restoratif estetik sonuçların elde edilmesi, iki boyutlu, üç boyutlu (3D) ve hatta dört boyutlu simülasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknolojiler, estetik değerlendirmeyi ve planlamayı büyük ölçüde geliştirmiş ve daha ayrıntılı ve hassas analizler yapılmasını sağlamıştır. Bunun yanında, ağız içi tarayıcılar (intraoral scanner) gibi modern teknolojiler, estetik diş hekimliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Ağız içi tarayıcılar, dişlerin ve diş bölgelerinin yüksek çözünürlüklü üç boyutlu dijital modellerini oluşturarak, restorasyonların estetik uyumunu değerlendirmeyi ve planlamayı daha hassas bir şekilde yapma imkânı sunar. Bu

cihazlar, dişlerin yüzey özelliklerini ve morfolojilerini detaylı bir şekilde tarayarak, diş hekimlerine ve diş teknisyenlerine restorasyonların doğal dişlerle uyumunu optimize etme konusunda yardımcı olur.³

Ancak, bu gelişmiş teknolojilere rağmen renk uyumsuzlukları hala önemli bir sorun olarak devam etmektedir. Renk uyumsuzlukları, restorasyonların doğal dişlerle estetik uyumunu etkileyebilir ve estetik sonuçlarda tatmin edici bir uyum sağlamakta zorluk yaratabilir. Restorasyon üretimi öncesinde doğru bir renk belirlemesi yapılması hem estetik başarının hem de hasta memnuniyetinin artırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Doğru renk seçimi ve eşleştirilmesi, yalnızca estetik görünüm açısından değil, aynı zamanda klinik başarının ve hasta memnuniyetinin sağlanmasında da temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, estetik diş hekimliği pratiğinde renk seçimi sürecinin titizlikle yürütülmesi ve doğru renk belirlemesinin yapılması, yüksek kaliteli ve tatmin edici restorasyonlar elde etmek için gereklidir.³

Renk seçiminde karşılaşılan bu zorluklar, diş hekimlerinin ve diş teknisyenlerinin estetik restorasyonların başarısını etkileyen birçok faktörü dikkate almasını gerektirir. Renklerin, doğal dişlerle uyumlu hale getirilmesi ve estetik sonuçların en üst düzeye çıkartılması hem teknik bilgi hem de gelişmiş araçların etkili bir şekilde kullanılmasını içeren karmaşık bir süreçtir. Ağız içi tarayıcılar gibi modern teknolojilerin yanı sıra renk seçiminde kullanılan yöntemlerin ve araçların sürekli olarak geliştirilmesi ve güncellenmesi, estetik diş hekimliğinin kalitesini ve hasta memnuniyetini artırmak için kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda hem geleneksel hem de dijital yöntemlerin etkin bir şekilde kullanılması, renk seçiminde daha doğru ve güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlayarak, estetik diş hekimliğinde yüksek standartların korunmasına katkıda bulunur.³

Literatür incelendiğinde diş rengi seçiminde geleneksel yöntemler dışında güncel yöntemlerin de tercih edilebileceği görülmektedir. Güncel yöntemlerin geliştirilmesi ile daha objektif seçimlerin yapılabileceğine dair yeterince çalışma bulunmamaktadır.

Bu in vitro tez çalışmasının amacı; farklı ağız içi tarayıcıların renk seçimindeki etkinliğini ve tekrarlanabilirliğini incelemek ve spektrofotometre ile karşılaştırmaktır.

Bu amaçla, spektrofotometre ile renkleri ölçülen örneklerden elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenip değerlendirilecektir. Bu tez çalışmasının H0 hipotezi; farklı ağız içi tarayıcıların renk seçimi etkinliğinde ve tekrarlanabilirliğinde anlamlı bir farklılık oluşmayacağı yönündedir.

2. GENEL BİLGİLER

Son yıllarda estetik, giderek daha fazla önem kazanan bir konu haline gelmiş ve hastaların estetik diş hekimliği alanındaki beklentileri de artmıştır. Estetik sonuçları elde etmek için sadece dişlerin doğru formda olması yeterli değildir; aynı zamanda renk uyumunun da sağlanması gerekmektedir. Dişlerin formu belirli kurallara göre şekillendirilebilirken, renk seçimi için standart bir terminoloji ya da katı kurallar bulunmamaktadır. Renk seçimi subjektif bir süreçtir ve bu durum diş hekimleri arasında farklılıklar yaratabilir. Ayrıca, bir diş hekiminin farklı zamanlarda ayrı renk seçimini yapması da olasıdır.⁴

Estetik restorasyonlarda uygun renk seçimi hem diş hekimleri hem de gülüşünü iyileştirmek isteyen hastalar için kritik bir konudur. İngiltere’de yapılan bir araştırma, yetişkinlerin yaş grubuna bağlı olarak %12,1-15,5’inin dişlerinin görünümünden, %17,9-21,3’ünün ise diş renginden memnun olmadığını göstermiştir.⁵ Benzer şekilde, ABD’de yapılan bir çalışmada katılımcıların %34’ü, Çin’de gerçekleştirilen bir araştırmada ise %52,6’sı diş renginden tatmin olmadığını belirtmiştir.⁶

Diş hekimliğinde renk seçimi iki ana kategoriye ayrılır bunlar; görsel ve dijital renk seçimidir. Görsel değerlendirme süreci subjektif olup, genellikle renk skalaları kullanılarak yapılır. Öte yandan, dijital renk seçim yöntemleri daha nesnel sonuçlar sunar. Bu sebeple, her iki yöntemin kombinasyon halinde kullanılması önerilmektedir.⁷

2.1. Renk

Renk, sıklıkla kullanılan ancak çoğu zaman yanlış anlaşılabilen bir iletişim dilidir. Estetik restoratif diş hekimliğinde renk seçiminde başarılı olabilmek için bu dili iyi bir şekilde anlamak gereklidir. Bu işlem zor bir işlemdir çünkü renk hem görsel hem de bilimsel unsurları içeren soyut bir kavramdır. Renk algısında bireysel farklılıklar ortaya çıkabilir, çünkü göz renk analizinde en güvenilir araç olmayabilir. Renk, ışığın farklı

dalga boylarının gözün retina tabakasına ulaşmasıyla oluşan bir algılamadır. Işığın maddelere çarptıktan sonra bir kısmının emilmesi ve bir kısmının yansması nedeniyle renk algısında çeşitlilik meydana gelir. Bu yansıyan ışık, renk tonunu oluşturur⁷. Bir rengin oluşabilmesi için iki unsura ihtiyaç vardır: bir uyaran ve bu uyaranı algılayacak bir yapı. Işık (uyaran), maddelere çarptığında yansıyarak göze ve oradan beynin görme merkezine ulaşır. Cisimlerin rengini algılayabilmemiz, onların üzerine düşen ışığı yansıtmasına bağlıdır. Işık mevcut olmadığında renk algısı da oluşmaz. Işık, görünür bir elektromanyetik enerji olarak tanımlanır. Temel renkler, ışık geçirmeyen sarı, mavi ve kırmızı olarak kabul edilirken; ışık spektrumundaki temel renkler kırmızı, yeşil ve mavidir. Beyaz, tüm dalga boylarının gözümüze aynı anda ulaştığı durumda algılanır, siyah ise hiç ışık ulaşmadığında görülür. İnsan gözü, elektromanyetik spektrumda 380 – 780 nm aralığındaki dalga boylarını algılar ve bu aralıktaki ışığa görünen ışık denir.⁸

Dış hekimliğinde renk seçiminde Munsell Renk Sistemi ve CIE Renk Sistemi olmak üzere iki ana renk sistemi kullanılmaktadır.

2.1.1. Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi, renklerin tanımlanmasında kullanılan en eski yöntemlerden biridir ve Albert H. Munsell tarafından 1905 yılında geliştirilmiştir.⁹ Bu sistem, renkleri silindirik koordinatlar üzerinde temsil eder (Şekil 2.1). Munsell renk sisteminde üç temel değişken bulunur: hue (renk tonu), value (açıklık) ve chroma (doygunluk). Value, silindirin dikey ekseninde yer alır ve renk tonlarının beyazdan siyaha kadar olan gradyanını gösterir. Hue, silindirin çevresindeki halka üzerinde konumlanır ve renkleri beş ana ve beş ara renk grubuna ayırır. Chroma ise silindirin yatay ekseninde, merkezden dışa doğru artar ve renklerin doygunluğunu ifade eder.¹⁰

2.1.1.1. Renk Tonu (Hue)

Kırmızı, mavi, yeşil gibi ana renkleri tanımlayan hue değeri ışığın dalga boyu tarafından tanımlanmaktadır. Bu şekilde ana renk belirtilerek diğer renklerden ayrılır. Munsell renk sisteminde kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor olmak üzere 5 ana renk ve bu renklerin birleşiminden oluşan sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi ve kırmızı-mor olmak üzere beş ara renk bulunmaktadır.¹¹⁻¹³



Şekil 2.1. Munsell renk sisteminde renk tonu (hue) skalası

2.1.1.2. Parlaklık (Value)

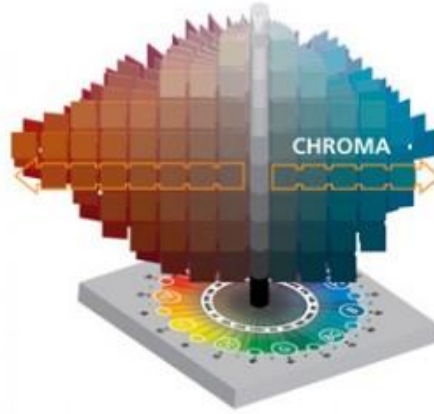
Parlaklık rengin parlaklık derecesini belirten bir değer olup cisimden yansıyan ışık miktarıyla ilişkilidir. 0 ile 10 değerleri arasında bir değer ölçeği bulunan value skalasına göre saf siyah 0 değeriyle, saf beyaz ise 10 değeriyle tanımlanmaktadır. Siyahtan beyaza kademeli gri tonlarından oluşur.



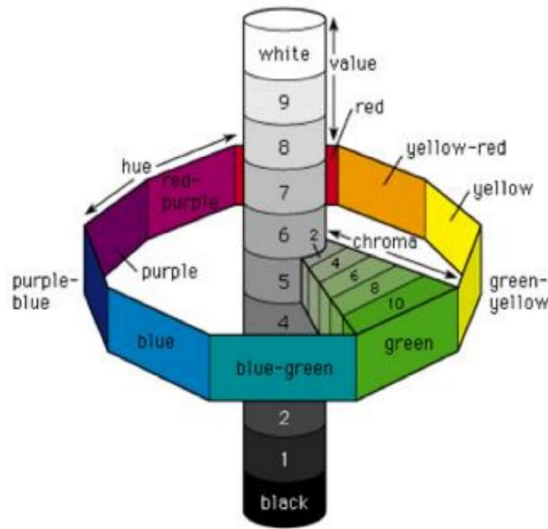
Şekil 2.2. Rengin parlaklık (value) değeri skalası

2.1.1.3. Yoğunluk (Chroma)

Ana rengin gücünü, yoğunluğunu, saflığını ve doygunluğunu ifade ederek kuvvetli renk ile zayıf rengi birbirinden ayırt edebilmemizi sağlar. Parlaklık ve yoğunluk ters orantılıdır. Rengin yoğunluğu arttıkça parlaklık azalacaktır.



Şekil 2.3. Rengin yoğunluk (chroma) grafiği



Şekil 2.4. Munsel renk sistemi

Hue: Hue, ana renk olarak tanımlanır. Munsell, kendi sözleriyle: “bir renk ailesini diğerinden ayırmaya yarayan değerdir, sarıyı kırmızıdan, yeşili mavi veya mordan

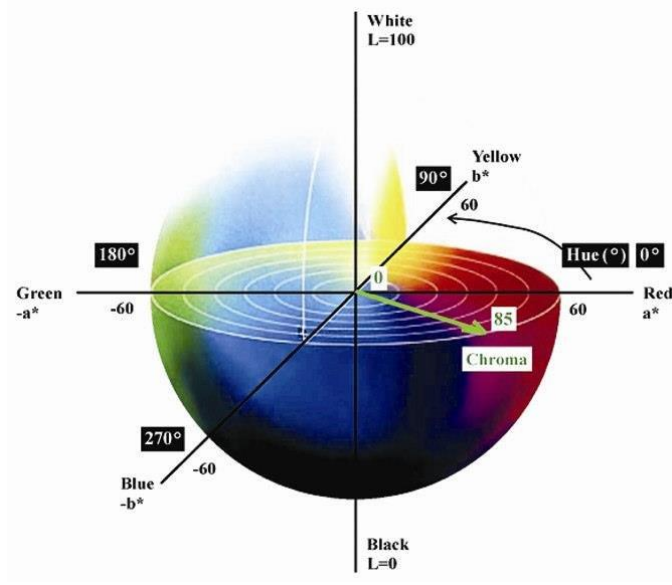
ayırmamızı sağlar” şeklinde ifade eder. Vita Klasik renk skalasında A, B, C, D harfleriyle gösterilir.¹⁴

Value: Value, parlaklık olarak tanımlanır. Munsell’e göre value siyah-beyaz bir skaladır. Bu skalada 0 siyah, 10 beyazdır. Doğal dişin Value değeri 4 ila 8 arasında değişmektedir.¹⁵

Chroma: Ana rengin yoğunluğudur. Parlaklık ile ters orantılıdır. Chroma, Vita Classical renk skalasında numaralarla ifade edilir.¹⁰

2.1.2. CIELAB Renk Sistemi

Commission Internationale de Eclairage (CIE) tarafından 1976 yılında geliştirilen bu renk sistemi, dental araştırma alanında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Munsell renk sistemi gibi, CIELAB Sistemi de renkleri üç koordinat ile tanımlar: L^* , a^* ve b^* (Şekil 2.2). Buradaki L^* değeri, Munsell'deki value'ya karşılık gelir ve rengin aydınlık seviyesini, parlaklığını ya da siyah-beyaz karakterini belirtir. Rengin kromatik özellikleri ise, Munsell sistemindeki hue ve chroma ile değil, CIELAB sisteminde a^* ve b^* koordinatlarıyla ifade edilir.¹⁶ CIELAB Renk Sistemi, rengin tonundan bağımsız olarak, iki rengin yoğunlukları arasındaki mesafeyi, algısal şiddete göre daha eşdeğer bir renk skalasına dönüştürmeyi önerir. Bu sistem, renklerin algıdaki farklarını daha doğru bir şekilde ölçmeyi amaçlar.¹⁷



Şekil 2.5. CIELAB renk sistemi

2.2 Materyalin Optik Özellikleri

Bir objenin rengi, yalnızca kullanılan renk maddesi ve tonuyla değil, aynı zamanda objenin şeffaflığı (transparanlık), yarı şeffaflığı (transludentlik) ve opaklığı ile de ilgilidir. Diş minesini ve diş çevreleyen destek dokular, genellikle yarı şeffaf dokular olarak kabul edilir.¹⁸

2.2.1. Opaklık

Opaklık, bir materyalin ışığı geçirmeme özelliği olarak tanımlanır. Eğer bir obje tüm renkleri absorbe etmeden yansıtıyorsa, bu obje beyaz olarak algılanır.¹⁸

2.2.2. Transludentlik

Transludentlik, materyallerin ışığın geçişine kısmi olarak izin vermesi anlamına gelir. Doğal dişler, çeşitli derecelerde transludentlik özellikleri gösterir. ¹⁸ Transludentlik genellikle opaklık ve transparanlık arasında bir derece olarak değerlendirilir. Dişin transludentliğini artırmak, genellikle dişin parlaklığını azaltır; çünkü bu durum, göze yansıyan ışığın miktarını düşürür.

2.2.3. Floresanslık

Floresanslık, materyalin ışığı emip daha uzun dalga boylarında yayması olarak tanımlanır. Doğal dişler floresans özellikler gösterir. Eğer restorasyonlar ve doğal dişler arasında floresans farklılıkları varsa, renk uyumsuzlukları ortaya çıkabilir. Floresans özellik gösteren restorasyonlar daha parlak görünse de pratikte floresansın dental restorasyonlarda renk seçiminde büyük bir rol oynamadığı gözlemlenmiştir.

2.2.4. Opalesanslık

Opalesanslık, bir materyalin ışığı emdiğinde bir renk, yansıttığında ise farklı bir renk göstermesi olarak tanımlanır. Opaller, prizma gibi davranarak farklı dalga boylarını çeşitli açılarda kırar. Kısa dalga boyları daha fazla kırılır. Minedeki hidroksiapatit kristalleri de benzer şekilde prizma gibi davranır. Dişler ve dental materyallerde ışığın dalga boyları değişik derecelerde opalesanslık içerir. Örneğin, mine üzerine düşen ışık, kırmızıları geçirirken mavileri saçar; bu nedenle mine esasen renksiz olsa da mavimsi bir görünüm sergiler. Minenin opalesans özelliği, dişi aydınlatır ve ona optik bir derinlik ile canlılık katar.¹⁹

2.2.5. Parlaklık

Yüzey parlaklığı, objeye cilalı bir görünüm kazandıran optik bir özelliktir ve rengin algılanmasında önemli bir rol oynar. Pürüzsüz yüzeylerde yüksek parlaklık elde edilebilir. Düzgün ve cilalı yüzeylerde ışığın açısı, yansıyan ışığın açısına eşit olurken; pürüzlü yüzeyler ışığı dağıtarak parlaklıkta azalmaya neden olur.²⁰

2.2.6. Metamerizm

Metamerizm, bir ışık kaynağında belirli bir cismin renginin başka bir ışık kaynağında farklı görünmesi olarak tanımlanır. Benzer aydınlatma koşullarında renkleri benzer görünen, ancak spektral yansımaları farklı olan iki renge metamer denir ve bu olaya metamerizm denir. Metamerizm, laboratuvar ve dental klinik arasındaki aydınlatma

farklılıklarından da kaynaklanabilir. Metamerizm sorunu, renk seçimi ve doğrulamasının doğal gün ışığı ve floresan lamba gibi çeşitli aydınlatmalar altında yapılması ile çözümlenir.¹⁶

2.3. Dişlerin Renk Özellikleri

Yeni çıkan dişler genellikle opak ve tebeşirimsi bir görünüme sahiptir. Bunun nedeni, yüzeyel mine tabakasının yüksek organik içeriği ve az minerallerle birlikte boşluklu bir yapıya sahip olmasıdır. Bu yüzeyel tabaka aşındıkça, daha az opak bir alttaki tabaka ortaya çıkar. Yaşlanma ile mine incelir ve alttaki dentin daha belirgin hale gelir. Minenin en ince olduğu kole bölgesinde renk yoğunluğu daha fazladır, ancak insizale doğru mine kalınlaştıkça yoğunluk azalır. Yaşlı dentin genellikle daha koyu ve yeşil-mavi tonları ağırlıklıyken, genç dentin daha sarı-kırmızı tonlarındadır. Pulpa odası genç dişlerde daha büyük olduğu için diş kırmızılık katar. Aynı bölgede yer alan dişler bile farklı renk tonlarına sahip olabilir. Örneğin, a* değeri yeşilden kırmızıya doğru artan bir sıralama gösterir, en yüksek değer kanin dişlerinde, ardından santral ve lateral dişlerde görülür. b* değeri ise maviden sarıya doğru artar, en yüksek değer yine kanin dişlerinde, ardından lateral ve santral dişlerde görülür. Doğal dişlerin hue ve chroma değerleri değişkenlik gösterdiği için, restorasyonlar yapılırken farklı renkte restoratif materyaller kullanılması gerekebilir.²¹

2.4. Renk Seçimi

Diş hekimliğinde renk seçimi, iki ana yöntemle ayrılır: görsel renk seçimi ve dijital renk seçimi.²²

2.4.1. Görsel Renk Seçimi

Görsel renk seçimi, hastanın dişi ile renk skalasının karşılaştırılması yoluyla yapılan bir yöntemdir ve klinik diş hekimliğinde en sık kullanılan tekniktir (Şekil 2.6).²²



Şekil 2.6. Görsel renk seçimi

Görsel renk karşılaştırmaları, bireyler arası renk algılamasındaki farklılıklar nedeniyle tutarsız ve güvenilir olmayabilir. Gözlemcinin uyarana verdiği psikolojik ve fizyolojik tepkiler, renk algısını etkiler. Bu tutarsızlıklar, yorgunluk, yaşlanma, duygusal durumlar, gözün durumu, obje ve aydınlatma pozisyonu, metamerizm ve dişin yüzey yapısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca, bu yöntemin diğer dezavantajları arasında diş hekimi ile diş teknisyeni arasındaki iletişimde standardizasyon eksiklikleri, farklı diş hekimleri arasında veya bir diş hekiminin farklı zamanlarda yaptığı renk seçimlerinde tutarsızlıklar ve elde edilen sonuçların CIELab birimine dönüştürülememesi sayılabilir. Tüm bu sorunlara rağmen, görsel renk seçimi, diş ve restorasyonların rengini belirlemede hala en yaygın kullanılan yöntemdir.²³

2.5. Renk Skalaları

Klinik diş hekimliğinde renk seçimi, hastanın dişinin standart bir renk skalası ile karşılaştırılması prensibine dayanır. İlk sistematik renk skalası, Clark tarafından üretilen 'Tooth Color Indicator' olup, bu sistem 60 seramik örneği içerir. Çeşitli ürünler piyasaya sürülmüş olsa da 1950'lerin ortasında tanıtılan 'Vita Classical' (VC, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) renk skalası önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmiştir. Daha sonraki bir yenilik, 1990'ların sonlarına doğru geliştirilen 'Toothguide 3D-Master' (TG,

Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ile gerçekleşmiştir. En son olarak, 'VITA Linear Guide 3D Master' (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) renk skalası da piyasaya sunulmuştur.²⁴

2.5.1. Vita Klasik Renk Sklası

1956 yılında piyasaya sunulan Vita Klasik renk skalasında, 16 renk örneği hue (renk tonu) değeriine göre sıralanmıştır (Şekil 7). Bu skaladaki hue grupları harflerle belirtilmiştir:

- **A1-A4:** Turuncu (kırmızımsı-kahverengi)
- **B1-B4:** Sarı (Kırmızımsı-sarımsı)
- **C1-C4:** Grimsi tonlar
- **D1-D4:** Kırmızımsı-gri

Chroma (renk doygunluğu) gruplandırması ise rakamlarla (örneğin A1, B3, D4) ifade edilmiştir. Bu renk skalasını kullanırken, ilk olarak hue (renk tonu) seçilir, ardından chroma (renk doygunluğu) belirlenir ve son olarak value (aydınlık) eşleştirilir.^{23,24}



Şekil 2.7. Vita Klasik Renk Sklası

2.5.2. Vita 3D-Master Renk Sklası

3D-Master Vita Toothguide renk skalasında 29 adet örneklenmiş yapay diş rengi bulunmaktadır (Şekil 2.8). 3 farklı harf kodu ve 5 farklı sayı kodu ile eşlenerek renk

kodları oluşturulmuştur. Bu skala diğer skalalara göre daha fazla örnek ve renk vardır. Genel olarak L sarı tonları, M gri tonları, R ise turuncu renkleri ifade ederken sayılar ise renk doygunluğunu ifade etmektedir. Value (aydınlık) değeri temel alınarak tasarlanmıştır. Bunun nedeni, rengin içerdiği gri tamamlayıcıların miktarını belirleyen aydınlık değerinin, hue (renk tonu) değerine kıyasla çok daha kritik bir rol oynamasıdır. Vitapan Classical ile karşılaştırıldığında, Vita Toothguide'in doğal dişlere daha iyi uyum sağladığı, geniş bir renk yelpazesi sunduğu ve renklerin daha homojen bir şekilde dağıldığı belirtilmiştir.²⁵



Şekil 2.8. Vita Toothguide 3D-Master renk skalası

2.5.3. Kompozit Renk Skalaları

Renk seçiminde kullanılan kompozit ve porselen renk skalalarının dağılımları, doğal dişlerin renk özelliklerini yeterince temsil edememektedir. Renk skalaları genellikle kompozit materyaller yerine doldurucusuz metakrilattan yapıldığı için, bu skalalar kompozit rezinin polimerizasyon sonucu ortaya çıkan rengini, translusentliğini veya opasitesini doğru bir şekilde yansıtamamaktadır. Bu durum, klinikte renk seçimini

zorlaştırmakta ve doğruluğu etkileyebilmektedir. Bu sorunu hafifletmek amacıyla üreticiler, restoratif materyallerin renklerini yaygın olarak kullanılan Vita Lumin renk skalasıyla uyumlu hale getirmiştir (Şekil 2.9). Böylece porselen restorasyonlarla uyumlu renkte kompozit rezin uygulamaları yapılabilmekte ve farklı renk skalalarının değişkenlik gösterdiği durumlarda renk uyumunu sağlamak daha kolay hale gelmektedir. Bu durum, uygulayıcılar arasındaki iletişimi de düzeltmekte ve renk seçimi sürecini basitleştirmektedir.²⁶



Şekil 2.9. GC Europe'un Gaenial kompozitler için hazırladığı renk skalası

Saraç ve ark.²⁷ yaptıkları bir araştırmada, değerlendirilen kompozit materyaller ile Vita Lumin renk skalası arasında gözle görülebilir ve klinik olarak kabul edilemeyecek derecede renk farklılıkları tespit etmişlerdir. Bu bulgular, kompozit restorasyonların renk seçiminde Vita Lumin renk skalasının kullanılması durumunda, klinik olarak tatmin edici sonuçların elde edilemeyeceğini göstermektedir. Araştırma, kompozit materyaller için

özel olarak geliştirilmiş renk skalalarının veya bu materyallere özgü renk seçimi araçlarının kullanılmasının daha uygun ve güvenilir olacağı sonucuna varmıştır.

2.4.2. Dijital Renk Seçimi

İnsan gözü küçük renk farklılıklarını bile algılayabilecek hassasiyete sahip olduğu halde rengin tekrarlayan ölçümlerinin hatasız yapılabilmesi ve teknisyene doğru bir şekilde aktarılabilmesini sağlamak amacıyla dijital renk ölçüm cihazları üretilmiştir.²⁸

Dijital renk ölçüm cihazları, nesnel ve güvenilir sonuçlar sağlama kapasitesine sahip olup, elde edilen veriler tekrarlanabilirlik açısından yüksek doğruluk gösterir. Tekrarlanabilirlik ve kesinlik, cihazın aynı nesneyi ölçme sürecinde sergilediği tutarlılığı ifade eder ve bu özellik, aynı numune veya standart üzerinde yapılan tekrar ölçümler aracılığıyla değerlendirilebilir. Bir renk ölçüm cihazının doğruluğu iki ana yöntemle belirlenir. İlk olarak, test cihazlarıyla ölçülen numunelere ait mutlak renk koordinatları, L^* , a^* ve b^* değerleri, referans cihazıyla elde edilen değerlerle karşılaştırılır; bu işlem "mutlak doğruluk" olarak adlandırılır. İkinci olarak, test cihazlarıyla farklı numuneler arasındaki renk farkı değerleri, referans cihazıyla ölçülen değerlerle karşılaştırılır; bu yöntem ise "nisbi doğruluk" olarak tanımlanır.²⁹

Dijital renk ölçüm cihazlarının kullanımı sırasında ortaya çıkan iki tür hata, renk ölçüm sürecinin doğruluğunu etkileyebilir: rastgele hatalar ve sistematik hatalar. Rastgele hatalar, aletin kayması, arka plan gürültüsü, polarizasyon etkileri ve numunelerin hazırlanması aşamasında oluşan değişkenliklerden kaynaklanır. Bu tür hatalar, cihazın kesinliğini ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Sistematik hatalar ise genellikle kalibrasyon hataları, dalga boyu sapmaları, filtre tasarımındaki kusurlar, dedektör hassasiyeti ve doğrusallık sorunları, floresans etkileri ve çeşitli renk ölçüm geometrilerinden kaynaklanır. Bu hatalar, cihazın genel doğruluğunu etkileyerek elde edilen renk ölçümlerinin güvenilirliğini azaltabilir.³⁰

Dijital renk ölçümünde kullanılan cihazlar:

2.4.2.1. RGB (Red-Green-Blue) Cihazları

Bu cihazlar, kırmızı, mavi ve yeşil renk bilgilerini görüntü verisine dönüştürür.

Ancak, detaylı ve kapsamlı renk analizleri sağlamazlar.²⁵

2.4.2.2. Dijital Kameralar

Diş üzerindeki efektlerin, örneğin mine hipoplazileri, dekalsifikasyonlar ve translusentlik gibi özelliklerin doğru bir şekilde aktarılabilmesi için kullanılmalıdır. Ayrıca, dijital görüntülerin elektronik olarak internet üzerinden paylaşılabilmesi, bu yöntemin önemli avantajlarından biridir. Son yıllarda, diş hekimi ve diş teknisyeni arasındaki iletişimde kullanımı önemli ölçüde artmıştır.³¹

2.4.2.3. Kolorimetreler

Kolorimetreler, renk değerlerini CIELAB biriminde (L^* , a^* , b^*) sağlar. Bu cihazlar, matematiksel işlem yapmadan doğrudan renk koordinatlarını verir. Ancak, kolorimetreler tamamen hatasız sonuçlar vermeyebilir. Seghi ve ark.³² kolorimetre ile elde edilen verilerin porselen translusensliği ile önemli ölçüde değişebileceğini belirtmiştir.

2.4.2.4. Spektoradyometre

Spektoradyometre cihazları görünür ışık spektrumunun 5, 10 ve 20 nm aralıklarında radyometrik ölçümler yapabilen cihazlardır. Elde edilen değerler parlaklık(irradiance) ve aydınlanma (radiance) ile ifade edilir.^{33,34}

Kullanım hassasiyeti göstermeleri ve ölçüm açısındaki ufak değişikliklerin bile sonuçlarda büyük sapmalara neden olmaları bu aletlerin diş hekimliğinde kullanımını kısıtlamaktadır. Kolorimetrelerin aksine ölçüm sırasında örneklerin yüzeyine temas etmelerinin gerekmediği için düz yüzeylere ihtiyaç duymazlar.³⁵

2.4.2.5. Spektrofotometreler

Spektrofotometreler, görünür spektrum üzerindeki her dalga boyunda yansıtılan ışığın miktarını ölçerler ve renklerin sayısal değerlerini sağlarlar. Diş hekimliğinde renk analizi ve seçimi konusundaki en kesin, kullanışlı ve esnek aletler arasında yer alırlar (Şekil 8)³⁶. Gehrke ve ark.³⁷ görsel renk seçimi ile spektrofotometre kullanarak yapılan dijital renk seçim yöntemlerini karşılaştırmış ve spektrofotometre ile elde edilen sonuçların daha tekrarlanabilir ve güvenilir olduğunu belirtmiştir. Spektrofotometrelerden elde edilen veriler, diş hekimleri ve diş teknisyenlerinin kullanabileceği formatlara dönüştürülmelidir. Elde edilen ölçümler genellikle dental renk skalaları eşleniğine dönüştürülür.

2.4.2.5.1. Vita Easyshade® Advance 4.0 Spektrofotometresi

4. nesil elektronik renk ölçüm cihazı olarak, Vita Zahnfabrik tarafından Almanya'nın Bad Sackingen şehrinde üretilmiştir. Bu cihaz, birkaç saniye içinde uluslararası diş rengi standartları olan Vita Klasik A1–D4 ve Vita 3D Master'a dayalı olarak tüm diş tonlarını belirleyip doğrulayabilme kapasitesine sahiptir. Cihaz, gün ışığının renk ölçümü üzerindeki etkisini minimize etmek amacıyla kendi bünyesinde ışık kaynağına sahip olup, kablosuz ve taşınabilir bir tasarıma sahiptir. Ayrıca, son 30 ölçümü hafızasında saklayabilmekte ve bu ölçümler, bluetooth bağlantısı aracılığıyla Vita Assist iletişim yazılımına aktarılabilir. ³⁸



Şekil 2.10. Vita Easyshade ile renk seçimi

2.6. Yardımcı Işık Kaynakları

Diş hekimi muayenelerindeki ışık koşulları, mevsime, günün saatine ve odadaki ışığın tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çevresel ışığın etkisini minimize etmek amacıyla, elle tutulan yardımcı ışık kaynaklarının kullanımı önerilmektedir. İlk nesil bu aletler, floresan tüpler kullanmış olup, genellikle büyük ve kullanımı zor olduğundan, zamanla bazı iyileştirmelere ihtiyaç duyulmuştur. Daha sonra, daha pratik ve kullanımı kolay modeller piyasaya sürülmüştür.³⁹

Curd ve ark.⁴⁰ tarafından yapılan bir çalışmada, renk seçimlerinin ışık düzeltici aletler altında gün ışığı koşullarında yapılan seçimlere kıyasla daha doğru sonuçlar verdiği bulunmuştur. Bu nedenle, görsel renk seçimlerinde Demetron Shade Light (Kerr Hawe, Bioggio, İsviçre) ve Smile Lite (Smile Line, İsviçre) gibi ışık düzeltici aletlerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Şekil 2.10). Bu aletler, 5500K-6500K aralığında doğal gün ışığı sağlayarak renk seçiminde daha doğru sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir.



Şekil 2.11. Smile Lite ile renk seçimi

Bu aletler, rengin CIE L*a*b renk parametreleri cinsinden değerlerini sağlar ve iki renk arasındaki farkın sayısal olarak hesaplanmasına olanak tanır. Aletli renk analizi, objektif, ölçülebilir ve hızlı sonuçlar sunar.⁴¹

2.7. Renk Seçimi İçin Klinik Uygulama Prosedürü

Estetik diş hekimliğinde restorasyon başarısının en önemli faktörlerinden biri renktir. Restorasyonun komşu dişlerle uyumlu olması, daha doğal bir görünüm sağlar. Renk seçimi yapılırken renge etki eden etmenler dikkate alınmalı ve ideal koşullar oluşturulmalıdır. Klinik uygulamada hem aletli hem de görsel renk seçiminin kombine kullanılması en doğru sonuçları verecektir.

1. Hasta Pozisyonu: Hasta, pencerenin karşısında, başı dik bir pozisyonda oturtulmalıdır. Diş hekimi, hasta ile pencere arasında konumlanmalıdır.⁴²

2. Göz Hizasının Sağlanması: Hastanın ve hekimin gözleri aynı hizada olmalıdır. Bu, hekim gözlem sırasında retinanın renk hassasiyeti en yüksek olan reseptörlerini kullanmasını sağlar.

3. Aydınlatma Koşulları: Renk seçimi farklı aydınlatma koşulları altında tekrarlanmalıdır. İlk seçim gün ışığında pencere kenarında yapılır, ardından floresan ışık ve ampul ışığı altında doğrulanmalıdır.

4. Diş Temizliği: Karşılaştırma yapılacak dişler temiz olmalıdır. Gerekli durumlarda diş üzerindeki lekeler polisaj ile temizlenmelidir.

5. Zamanlama: Renk karşılaştırmaları hasta randevusunun başında yapılmalıdır. Çünkü dişler kurudukça value değeri artar.

6. Hasta Kıyafetleri ve Makyajı: Hasta, parlak renkli kıyafetlerden kaçınmalı ve varsa rujunu temizlemelidir.⁴³

7. Oda Renkleri: Çalışma odasının duvarları parlak olmayan, mat renklerle boyanmış olmalıdır.

8. Göz Dinlendirme: Renk seçimi öncesinde gözler gri-mavi bir yüzeye odaklanarak dinlendirilmelidir. Bu, retinadaki tüm renk sensörlerini dengeler ve gözün dışın sarı rengine karşı hassasiyetini artırır.

9. Ana Renk Belirleme: Ana rengi belirlemede şüphe varsa, A grubundan bir renk seçilmelidir. Çünkü dişlerin %80' i A grubundadır.

10. Renk Seçimi Yöntemi: Kole rengi belirlenirken iç dudak yukarı kıvrılır ve insizal kenar kapatılır. İnsizal renk seçimi hasta konuşurken veya gülümserken yapılmalıdır.

11. Son Kontrol: Diş rengi kısım kısım belirlendikten sonra, tespit edilen renklerin uyumu son kez genel olarak kontrol edilmelidir.⁴⁴

2.4.2.6. Ağız İçi Tarayıcılar

Dijital diş hekimliği, dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte klinik uygulamalarda, günümüz diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçasıdır. 1980 yılının son döneminde ağız içi dijital radyografiler kullanılmaya başlanmış ve ilk bilgisayar destekli

tasarım ile bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Manufacturer And Design: CAD-CAM) kullanımı güncel hale gelmiştir. Dijital yöntemler sağlık kayıtlarının daha düzenli, güvenli ve hızlı bir şekilde erişilebilir olmasını sağlarken, hastaların tedavi süreçleriyle ilgili daha ayrıntılı değerlendirmeler yapılmasına olanak tanır.⁴⁵

Teknoloji ve malzeme bilimindeki gelişmeler hasta kayıtlarının dijital yöntemlerle elde edilmesi ve saklanmasına, elde edilen verilerin daha ayrıntılı analiz edilmesine olanak sağlamıştır.⁴⁵ Ağız içi tarayıcılar, diş hekimliğinde doğrudan optik görüntülerin kaydedilmesi ve yansıtılması için kullanılan cihazlardır. Günlük pratikte ağız içi tarayıcılar klinik diş hekimliğinde yaygınlaşmaya başlamıştır.⁴⁶

Ağız içi tarayıcıların doğruluğu, ticari olarak mevcut farklı ağız içi tarayıcı sistemleri arasındaki farklar, klinik uygulamaları ve bu uygulamalardaki sınırlamaları göz önünde bulundurarak, mevcut bilimsel literatürde bulunan tüm çalışmaları dikkate alınarak araştırılmalıdır. Ağız içi tarayıcıların avantajlarından biri, geleneksel yöntemler kullanılmadan üç boyutlu modellerin oluşturulabilmesidir. Geleneksel yöntemler, genel veya bireyselleştirilmiş olsun ağız içerisine yerleştirilen materyallerin neden olduğu rahatsızlık ve zorluk nedeniyle hastada geçici konforsuzluklar yaratabilir. Kuvvetli öğürme refleksi olan hastalar veya çocuklar geleneksel yöntemleri tolere edemeyebilir. Bu tür hastalar için ağız içi tarayıcılar, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında hastada rahatsızlık hissini önemli ölçüde azaltır.⁴⁷

Bilgisayar destekli üretim ve tasarım (Computer Aided Manufacturer And Design; CAD/CAM) uygulamalarının protetik diş tedavisi alanına girmesi ile birlikte dijital iş akışı terimi gündeme gelmiştir.⁴⁸ Dental restorasyonların üretim ve dizaynının yapıldığı CAD/CAM teknolojisi; verilerin toplanarak kaydedilmesi, geleneksel kurallara uygun olarak seçilen restorasyonun tasarımının bilgisayar yardımı ile hazırlanması (CAD) ve restorasyonun üretilmesi (CAM) olmak üzere üç fonksiyonel bölümden oluşmaktadır.

Ağız içi tarayıcı, biyolojik dokularla etkileşim olmaksızın bir lazer ışığı veya yapılandırılmış ışık kaynağının yansıtılmasıyla görüntüleri yakalamaktadır. Sensörün görüntüyü elde etmek için kullandığı teknoloji, tarayıcının hızını, çözünürlüğünü ve doğruluğunu belirler. Bu cihazlar, verileri işleyen ve dental arkların 3 boyutlu sanal görüntüsünü üreten özel bir yazılım sunar. CAD/CAM teknolojisi üç sütun tarafından desteklenir: hastaların dental arklarının dijital görüntü alımı; bu görüntülerin belirli bir yazılımda görselleştirilmesi ve işlenmesi; 3D görüntülerle tasarlanan cihazlar veya cihazların üretileceği modeller. Bu işleme Dijital İş Akışı denir. Dijital iş akışından kaynaklanan tüm faydalara rağmen, yüksek maliyet ve uygun uygulama için teknik hazırlık eksikliği nedeniyle çok az diş hekimi bu tekniği klinik uygulamalarında benimsemektedir.⁴⁵

Diş hekimliğinde dokunmalı (kontakt) ve dokunmasız (non-kontakt) modda kullanılabilen 2 tip tarayıcı vardır. Dokunmalı (kontakt) sistemler ile hazırlanan görsel yazılımlar tarayıcı ucun taranacak nesneye penetre olmadan sadece dokunmasıyla elde edilmektedir.⁴⁹

Dokunmasız (non-kontakt) tarayıcılar, genel olarak aktif ve pasif olmak üzere iki ana formda sınıflandırılabilir. Pasif tarayıcılar, çevresel ışımayı algılayarak çalışma prensibine sahiptir ve bu nedenle günümüz dental uygulamalarında kullanılmamaktadır. Diş hekimliği alanında tercih edilen dokunmasız 3D tarayıcılar ise aktif formda olup, ışık, ultrason (US) veya X ışını gibi çeşitli radyasyon türlerini yayarak çalışır ve bu radyasyonun objeden yansıyan kısmını toplar.⁵⁰

Mevcut ağız içi tarayıcıların tamamı, görüntüleme işlemini objeye dokunmadan, yani dokunmasız (non-kontakt) modda gerçekleştirir. Ancak, farklı üreticiler tarafından geliştirilmiş çeşitli ağız içi tarayıcılar, konfokal mikroskopi, triangülasyon,

interferometri, dalga örnekleme (wavefront sampling), yapısal aydınlatma (structured light), lazer ve video gibi çeşitli teknolojik protokoller kullanarak çalışmaktadır.⁵¹

Bu çalışma prensipleri dolayısıyla ortaya çıkardıkları görüntü netlikleri arasında ciddi farklılıklar bulunabilmektedir. Dijital ölçü alındıktan sonra taranan obje yüzeyinde elde edilen nokta bulutu kullanılarak yüzey yapılandırması gerçekleştirilir.⁵² Bu işlem ağız içi tarayıcıya özel üretilen yazılım içerisinde bulunan algoritmanın bu nokta bulutlarını uygun biçimde sıralaması, düzenlemesi ve birleştirilerek tek bir görüntü haline getirmesiyle gerçekleştirilir ve böylece taranan objenin 3 boyutlu modeli elde edilmiş olur.⁵³

Tarama Protokolü

Ağız içi tarayıcıların görüntü elde etme yöntemlerindeki çeşitlilik nedeniyle, üretici firmalar kendi tarayıcıları için farklı tarama protokolleri önermektedir. Bununla birlikte, tarama protokollerinin ölçü netliğine etkisi üzerine literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunduğundan, bu konudaki bilgiler oldukça kısıtlıdır.⁵⁴

İş akışı, dijital görüntülerin elde edilmesi, bu görüntüler üzerinden protetik tasarımın yapılması ve kazıyıcının bu tasarıma uygun şekilde bloklardan protetik üretimi gerçekleştirmesi olmak üzere üç temel aşamadan oluşur. Dijital görüntülerin oluşturulması genellikle dijital laboratuvar tarayıcıları tarafından gerçekleştirilse de, 2003 yılından itibaren ağız içi tarayıcılar kullanılarak üç boyutlu veriler elde edilebilmektedir.⁵⁵

Mevcut ağız içi tarayıcı teknolojisi, tüm diş arkını tek bir görüntüleme ile üç boyutlu modelini elde edebilme kapasitesine sahip değildir. Bu sebeple, ağız içi yapıların dijitalleştirilmesi, birden fazla görüntünün elde edilmesi ve bu görüntülerin üst üste konarak birleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Ağız içi tarayıcılar, bu görüntüleri elde etme yöntemine göre temelde iki gruba ayrılır: biri dijital fotoğraflar çekip bunları birleştirerek

bir fotoğraf serisi oluşturan tarayıcılar, diğeri ise dijital video yöntemini kullanarak görüntüleri elde eden tarayıcılardır.^{56,57}

Ağız içi tarayıcılar, görüntülenmesi istenen objenin yüzeyine lazer veya yapılandırılmış ışık karakterinde ışınlar gönderirler. Ardından sahip oldukları iki veya daha fazla sayıdaki kamerayla ışınların o yüzeyde maruz kaldığı deformasyonu tespit ederek, güçlü işlemci ve yazılımları sayesinde 3 boyutlu koordinat hesaplamaları yaparlar. Yazılım, ürettiği nokta bulutları ve örgüler sayesinde taranan yüzeyin 3 boyutlu yapılandırmasını gerçekleştirir. Bu yazılımın saniyede binlerce nokta tespit ederek bunları işlemesi ve elde etmiş olduğu görüntüleri uygun biçimde birleştirmesiyle birlikte 3 boyutlu bir model elde edilir.⁵⁸

Ağız içi tarama sistemlerinin avantajları;

Ağız içi tarama sistemleri ve bu sistemlerle dijital model elde edilmesi ve CAD-CAM yöntemi ile restorasyon üretimi, geleneksel alçı modeller üzerinde yapılan çalışmalarla aynı hedefe yönelik fakat farklı yollarla gerçekleşen süreçlerdir. Direkt yöntemle dijital model elde edilmesinin geleneksel yöntemlere göre birçok avantajı bulunur.⁵⁷

Bunlar;

- Eş zamanlı görüntüleme
- Kolay tekrarlama
- Bölgesel tekrarlama
- İlgili alanın kısmi ölçüsünün alınması
- Hijyen koşullarının rahat sağlanabilmesi
- Çapraz enfeksiyonun önlenmesi
- Anlık analiz imkânı
- Model bütünlüğünün sağlanması

- Hızlı transfer ve erişim
- Saklama kolaylığı
- Materyal tasarrufu
- Tek seansta tedavi seçeneği
- Dijital hasta takibi ve analizi
- Gerçek renklendirme
- Farklı verilerin kombine edilebilmesi

Ağız içi tarama sistemlerinin dezavantajları

Dijital tarama sistemleri geleneksel yöntemlere oranla birçok avantaja sahip olsa da birtakım kısıtlamalar içermektedir. Güncel tarayıcı sistemlerin alımı yapılmadan önce dezavantajların da bilinmesi gerekir.⁵⁷

Bunlar;

- Öğrenme zamanı
- İmplant destekli restorasyonlar için karşılaşılan problemler
- Statik ve dinamik oklüzyon temsili
- Kapalı sistemler ve açık sistemlere ait ekstra ücretler
- Maliyet

Güncel dijital ağız içi tarama sistemleri

Günümüzde birçok firma ağız içi tarama sistemi olarak üretim yapmaktadır. Bunlardan bazıları tasarım ve gelişim aşamasında iken bazıları ise aktif tanıtım ve satış yapabilmektedir.

2.5. Ağız İçi Tarayıcılar

1. Trioss 5 (3Shape, Copenhagen, Denmark):

3Shape firması tarafından piyasaya sunulmuştur. 3Shape 2011 yılında Trioss Standart adlı ürünü piyasa sürmüştür. 2013 yılında ise Trioss Color ve devamında Trioss

3 adlı ürün tasarlanmış ve satışa sunulmuştur. Tarayıcı bileşenleri olarak 3Shape; tekerlekli sistemle beraber dokunmatik bilgisayar ekranını içeren yer değiştirebilen hareketli cihaz şeklinde, USB (Universal Serial Bus) bellekler sayesinde direkt olarak klinik bilgisayarlarına aktırılan tarayıcı sistem ya da dental ünitlere bağlantı sağlanan şekillerde kullanım imkânı sunmaktadır.⁵⁹ Tarama sağlayan ve 23 görüntü alan kameralar ise kalem şeklinde ya da tabanca şeklinde biçimlendirilmiş ve kullanıcının tercihine sunulmuştur. Tarama yapılacak bölgelerin spreyleneceği ya da boyanması gerekmeksizin seri video kaydı yaparak konfokal mikroskopi tekniği ile çalışmaktadır. Tarama yüzeyine iletilen ve yansıtılarak geri gönen ışık huzmesinin algılanması ile odaklanma derinliği oluşturarak yüzeyin taranması ve kaydedilmesini sağlar. Verilerin aktarılmasında Trios Inbox veri bulutu kullanılmaktadır. Bu yazılımın kullanılması ile veriler işlenir ve universal STL (Standard Triangle Language) formatlı veri çıktısı alınır. 3Shape' in birçok laboratuvarla anlaşma sağlaması sayesinde, kaydedilen veriler kazıma cihazları ile çıktı olarak alınabilmektedir. 3Shape dünya çapında bu prensiple çalışmaktadır. Firma ağız içi tarama sistemi ile ortodonti ve implantoloji alanında da geliştirilmiş sistem bileşenlerine sahiptir.⁶⁰ Bu şekilde aparey yapımı, tedavi planlamalarının hazırlanması, implant destekli protetik restorasyonların tasarım ve üretimi, cerrahi splintlerin üretimi gibi amaçlarla kullanılabilmektedir. 3Shape CAD dental tasarım yazılımı altyapı, kuron ve köprü üretimi için geliştirilmiş bir sistemdir. Tarama işlemi, yapılandırılmış ışık ve paralel konfokal mikroskopi kombinasyonundan oluşan 'ultra hızlı optik kesitleme' prensibi ile yapılmaktadır. Kamera tarama yapılan bölgede gezdirilirken eş zamanlı video görüntüsü de görülebilir. Tarama işlemi tamamlandıktan sonra üç boyutlu model elde edildikten sonra yazılımın oklüzal açıklık ölçüm özelliği ile hazırlanmış diş ve antagonisti arasındaki mesafe ölçülebilir. Renk kodlarıyla yeterli mesafe olup olmadığı sistem tarafından gösterilir.^{45,61}



Şekil 2.12. 3 Shape Ağız İçi Tarayıcı

2. Primescan (Cerec, Dentsply-Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany)

2019 yılında Cerec firması tarafından tanıtılan en yeni olan Cerec sistemi Primescan cihazıdır. Primescan ağız içi tarayıcı, tarama hızı ve hassasiyeti en yüksek olan Cerec sistemi olarak piyasaya sürülmüştür. ^{62,63}

Optik yüksek frekans kontrast analizi ve yüksek çözünürlüklü sensörler kullanılarak gerçekleştirilen dinamik derinlik taraması, 20 mm'ye kadar hassasiyet sunmaktadır. Cihaz, metal kapaklı kılıfı ile toplamda 524,5 gram ağırlığındadır ve yalnızca kablolu bağlantı seçeneği sunmaktadır. Saniyede 50.000'den fazla görüntü birleştirme ve renkli tarama kapasitesine sahip olan bu cihaz, aynı zamanda saniyede 1.000.000'dan fazla noktayı ardışık tarama prensibi ile analiz ederek yüksek hassasiyet ve ölçüm doğruluğuna sahip üç boyutlu veriler üretmektedir. Primescan cihazı, kullanım kolaylığını artırmak amacıyla basitleştirilmiş bir kullanıcı arayüzüne sahip yeni yazılım

versiyonu ile piyasaya sürülmüştür. Bu güncellenmiş yazılım, anatomik artefaktların otomatik olarak silinmesini sağlayan yenilikçi özellikler sunmaktadır. Bu sayede, tarama sırasında istem dışı olarak elde edilen yanak, dudak ve benzeri yumuşak doku görüntüleri sistem tarafından otomatik olarak temizlenmektedir.⁶²

Safir camlı veya otoklavlanabilir alternatifleri bulunan paslanmaz çelik manşonlar ve tek kullanımlık kılıflar da mevcuttur. Bu cihazlar, tam çene taramasını (üst çene, alt çene, kapanış kaydı ve model hesaplama) yaklaşık 2-3 dakika içerisinde gerçekleştirme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, kapalı bir sistem olarak çalışmasına rağmen, elde edilen görüntüler STL dosya formatına dönüştürülebilmektedir.⁶³



Şekil 2.13. Primescan Ağız İçi Tarayıcı

CAD/CAM diş hekimliği uygulamalarında kullanılan bir ağız içi tarayıcıdır. Bu tarayıcı, diş hekimlerinin dijital olarak hassas ve detaylı intraoral tarama yapmasını sağlar. Primescan, 3D dijital model oluşturmak için ağız içindeki dişlerin yüzeyini tarar ve bu taramaları bilgisayar ortamına aktarır. Bu sayede, diş hekimleri restorasyonlar, protezler ve diğer dental işlemler için doğru ölçümler alabilirler. Primescan, yüksek çözünürlüklü görüntüleme özelliklerine sahiptir ve kullanımı kolay bir arayüze sahiptir. Ayrıca, hızlı tarama süreleri ve detaylı görüntüler sunmasıyla öne çıkar. Bu tarayıcı, diş hekimliği pratiğinde dijitalleşme ve modernizasyon sürecine önemli bir katkı sağlamaktadır.⁶⁴

3. Medit i700 (Medit Link v2.4.4, Medit, Seoul Korea, 2021)

Medit Corporation, 2013 yılında Güney Kore’de kurulmuştur. İlk olarak Medit T300 intraoral tarayıcısı piyasaya sürülmüştür. Medit T300, yüksek çözünürlükte görüntüleme ve kullanım kolaylığı ile dikkat çekmiştir. Şirket, 2017 yılında Medit i500 modelini tanıtmıştır. 2020 yılında piyasaya sürülen Medit i700, önceki modellerin geliştirilmiş bir versiyonu olarak, daha hızlı ve hassas tarama kapasitesi ile öne çıkmıştır.⁶⁵

Medit i700 ağız içi tarayıcı saniyede 30 kare hızında tarama yapabilme kapasitesine sahiptir ve 4000 x 4000 piksel çözünürlüğünde görüntü olarak yüksek detay seviyesi sağlamaktadır. Renkli görüntüleme sağlayan RGB kamera ve LED (light-emitting diode tabanlı ışık kaynağı sayesinde, dişlerin doğal renk tonlarını daha iyi yakalar. Medit i700, Medit Link yazılımıyla birlikte çalışarak, tarama verilerinin analizi ve düzenlemesi için kullanıcı dostu bir arayüz sunmaktadır; veriler STL (Standard Tessellation Language) ve OBJ (Object) gibi yaygın CAD formatlarında dışa aktarılabilir.



Şekil 2.14. Medit i700 Ağız İçi Tarayıcı

3. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışmasında, farklı ağız içi tarayıcıların renk seçimindeki etkinliklerinin ve tekrarlanabilirliklerinin in vitro olarak incelenmesi amaçlandı. Çalışmada üç adet ağız içi tarayıcı ve iki adet renk skalası kullanılmıştır. Ağız içi tarayıcılarda yapılan ölçümler spektrofotometre ile kıyaslanmıştır.

Renk ölçümü için kullanılan renk skalaları:

- Vita Klasik
- Vita 3D Master'dır.

Ağız içi tarayıcılar ise:

- Trioss 5
- Primescan
- Medit i700 'dür.

Çalışma için etik kurul onayı alındı (ek etik kurul). Bu tez çalışmasında kullanılan materyaller ve örnekler firmalarla iletişime geçilerek sağlanan demostrasyon malzemeleridir.

Çalışmada izlenen yöntem aşağıda listelenmiştir:

- Ağız içi tarayıcıların belirlenmesi
- Renk skalalarının seçilmesi
- Ortam ışığının ve fonun renk seçimi için uygun hale getirilmesi
- Ağız içi tarayıcıların kalibre edilmesi
- Renk skalalarından renk ölçümlerinin yapılması ve kaydedilmesi
- Elde edilen verilerin tablollanması
- İstatistiksel veri analizi yapılması

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Materyal	Marka	Üretici Firma
Ağız içi tarayıcı	TRIOSS 5	3Shape, Copenhagen, Denmark
Ağız içi tarayıcı	PRIMESCAN	Dentsplay Sirona, Bensheim, Germany
Ağız içi tarayıcı	MEDIT I700	Medit Corporation, Soeul, South Korea
Renk skalası	VITA CLASSICAL	VITA Zahnfabrik, Sackingen, Germany
Renk skalası	VITA 3D MASTER	VITA Zahnfabrik, Sackingen, Germany
Renk Ölçüm Cihazı	Vita EasyShade Advance	Vita Zahnfabrik, Sackingen, Germany

3.2. Örneklerin Oluşturulması ve Hazırlanması

Vita Klasik renk skalasında 16 tane, Vita 3D Master renk skalasında 26 adet olmak üzere toplam 42 adet örnek bulunmaktadır. Renk skalalarında bulunan her bir örnek kontrol edildikten sonra hazırlanan fon üzerine ayrı ayrı sabitlenmiştir.

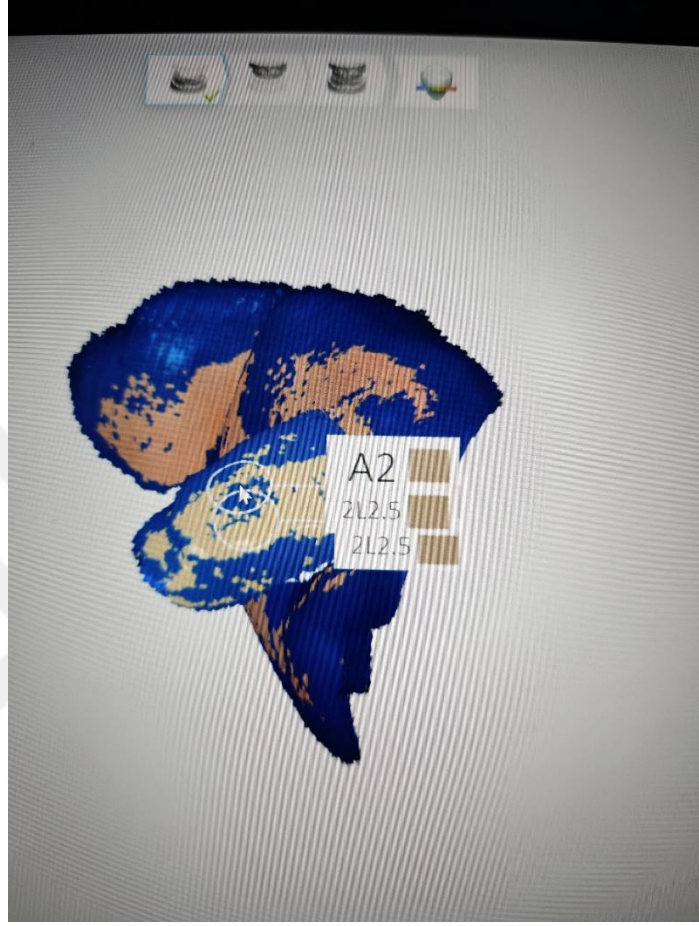
3.3. Örneklerin Renk Ölçme İşlemlerinin Yapılması

Renk ölçümlerinde ağız ortamının taklit edebilmesi için direkt ışık almayan ortam seçilmiştir. Ölçümlere ilk olarak Trioss 5 ağız içi tarayıcısı ile başlanmıştır. Pencereden yaklaşık olarak 1 metre uzakta nötral gri arka plan üzerine örnek sabitlenmiştir. Gündüz 12:00 ve 14:00 saatleri arası tercih edilmiştir. Tarama yapılmadan önce cihaz kalibrasyonu firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır.

1. Ölçüm:

Yeni hasta kaydı açılmıştır ağız içi tarayıcı ile örnek bukkal yüzün insizalinden kolesine doğru taranmıştır. Tarama tamamlandıktan sonra renk sekmesine basılmıştır. İlk

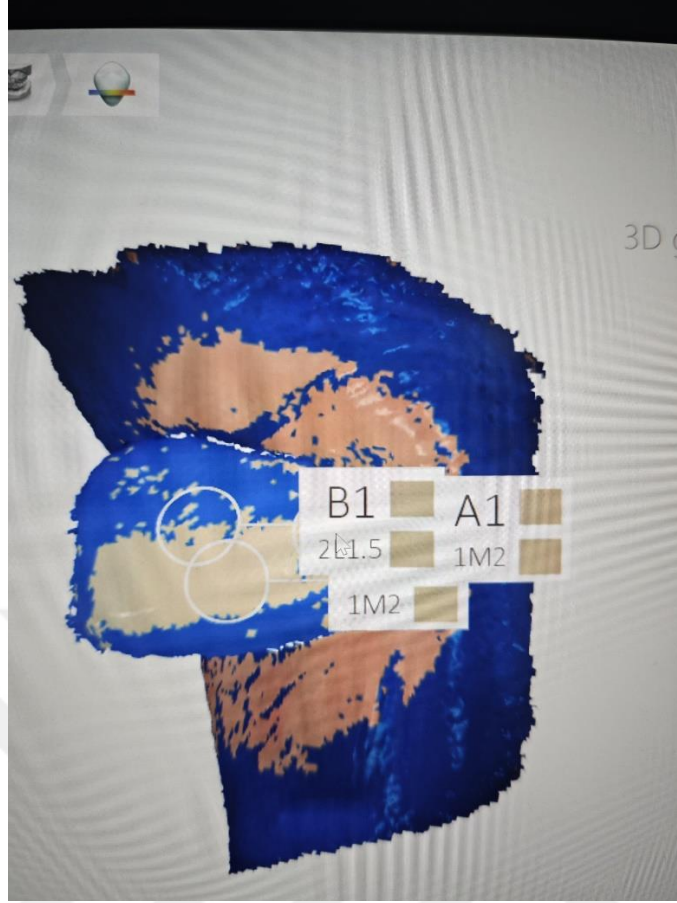
örnek olan A1 örneğinin orta üçlüsündeki renk belirlenmiştir ve kaydedilmiştir. Ölçümler yapılırken skala üzerinde yer alan renklerin parlamamasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 3.1. Ağız içi tarayıcı ile tarama

2. Ölçüm:

İlk ölçüm kaydedildikten sonra ağız içi tarayıcı yeniden kalibre edilmiştir. Yeni hasta kaydı açılıp aynı örnekten ikinci ölçüm alınmıştır. Alınan ikinci değer de kaydedilmiştir.



Şekil 3.2. Ağız içi tarayıcı ile tarama

3. Ölçüm:

Ağız içi tarayıcı aynı örnek için son kez kalibre edilip üçüncü ölçüm alınmıştır. Alınan her üç ölçüm değeri de kaydedilmiştir. Ardından sklada yer alan ikinci örnek olan A2 örneğinin aynı şekilde ölçümleri yapıp kaydedilmiştir.

İlk skala tamamlandıktan sonra diğer skalada bulunan örnekler tek tek taranmış ve renk sonuçları kaydedilmiştir. Diğer tarayıcılarda da üretici talimatlarına uyularak taramalar tamamlanmıştır.

3.4. Dijital Spektrofotometre ile Renk Ölçümlerinin Yapılması

Renk ölçümünden önce cihaz firmanın talimatları doğrultusunda kalibre edildi. Nötral gri renge sahip fon tercih edildi. Örneklerin renk ölçümleri nötral gri renge sahip

platform üzerinde Vita Easy Shade (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) spektrofotometresi ile yapıldı. Tüm örneklerin rengi nötral gri arka plan üzerinde, her bir örneğin merkezinden 3 kez ölçüldü. Ölçümler ağız içi tarayıcının optik ucu yere paralel, örnekler ise dik tutularak gerçekleştirildi. Ağız içi tarayıcı her ölçüm öncesi kalibre edildi.

3.5. Örneklerin Renk Ölçümü ve Spektrofotometrenin Kalibrasyonu

Ağız içi tarayıcı ölçümlerinde ikinci olarak Primescan cihazı tercih edilmiştir. Bu ağız içi tarayıcının tercih edilme sebebi güncel bir tarayıcı sistemi olması ve yaygın kullanılmasıdır. Renk ölçümlerinde ağız ortamını taklit edebilmesi için direkt ışık almayan ortam seçilmiştir. Gündüz 12.00 ve 14.00 saatleri arası tercih edilmiştir. Tarama yapılmadan önce cihaz kalibrasyonu firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır. Yeni hasta kaydı açılmıştır ve renk ölçümü sekmesine basılmıştır. Arka fon olarak nötral gri fon rengi tercih edilmiştir. Tarayıcı başlık skala üzerinde yer alan ilk örnek olan A1 örneğine dik olacak konumda tutulup orta üçlünden ölçüm yapılmıştır. Ölçümler yapılırken skala üzerinde yer alan renklerin parlamamasına özellikle dikkat edilmiştir. İlk ölçüm kaydedildikten sonra yeni hasta kaydı alınıp aynı örnekten ikinci ölçüm alınmıştır. Alınan ikinci değer de kaydedildikten sonra cihaz yeniden kalibre edilip üçüncü ölçüm alınmıştır. Alınan her üç ölçüm değeri de kaydedilmiştir. Ardından sklada yer alan ikinci örnek olan A2 örneğinin aynı şekilde ölçümleri yapıp kaydedilmiştir.

Ağız içi tarayıcı ölçümlerinden üçüncü olarak Medit i700 cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Bu ağız içi tarayıcının tercih edilme sebebi de fiyat olarak daha uygun olması ve sıkça kullanılmasıdır. Renk ölçümlerinde ağız ortamını taklit edebilmesi için direkt ışık almayan ortam seçilmiştir. Gündüz 12.00 ve 14.00 saatleri arası tercih edilmiştir. Tarama yapılmadan önce cihaz kalibrasyonu firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır. Yeni örnek kaydı açılmıştır ve renk ölçümü sekmesine basılmıştır. Arka fon olarak nötral gri

fon rengi tercih edilmiştir. Tarayıcı başlık skala üzerinde yer alan ilk örnek olan A1 örneğine dik olacak konumda tutulup orta üçlünden ölçüm yapılmıştır. Ölçümler yapılırken skala üzerinde yer alan renklerin parlamamasına özellikle dikkat edilmiştir. İlk ölçüm kaydedildikten sonra yeni hasta kaydı alınıp aynı örnekten ikinci ölçüm alınmıştır. Alınan ikinci değer de kaydedildikten sonra cihaz yeniden kalibre edilip üçüncü ölçüm alınmıştır. Alınan her üç ölçüm değeri de kaydedilmiştir. Ardından sklada yer alan ikinci örnek olan A2 örneğinin aynı şekilde ölçümleri yapıp kaydedilmiştir.

Ağız içi tarayıcı ölçümleri tamamlanıp kaydedildikten sonra spektrofotometre ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümlerinde ağız ortamını taklit edebilmesi için direkt ışık almayan ortam seçilmiştir. Öğlen 12.00 ve 14.00 saatleri arası tercih edilmiştir. Tarama yapılmadan önce cihaz kalibrasyonu firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır. Yeni hasta kaydı açılmıştır ve renk ölçümü sekmesine basılmıştır. Arka fon olarak ağız ortamını taklit eden pembe renk tercih edilmiştir. Tarayıcı başlık skala üzerinde yer alan ilk örnek olan A1 örneğine dik olacak konumda tutulup orta üçlünden ölçüm yapılmıştır. Ölçümler yapılırken skala üzerinde yer alan renklerin parlamamasına özellikle dikkat edilmiştir. İlk ölçüm kaydedildikten sonra yeni örnek kaydı alınıp aynı örnekten ikinci ölçüm alınmıştır. Alınan ikinci değer de kaydedildikten sonra cihaz yeniden kalibre edilip üçüncü ölçüm alınmıştır. Alınan her üç ölçüm değeri de kaydedilmiştir. Ardından sklada yer alan ikinci örnek olan A2 örneğinin aynı şekilde ölçümleri yapıp kaydedilmiştir.

Alınan tüm sonuçlar değerlendirilip istatistiksel analiz olarak Tek Yönlü ANOVA ve Bağımsız Örneklem T Testleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Spektrofotometre kalibrasyonu

3.6. Verilerin Analize Hazırlanması ve Kullanılan İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada, farklı ağız içi tarayıcılarının renk seçiminde etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada dört farklı cihaz kullanılmıştır: Primescan, Trioss 5, Medit i700 ve referans cihaz olarak spektrofotometre. Her bir cihaz ile her bir renk türü (Vita Klasik ve Vita 3D Master) için üç ölçüm alınmıştır. Cihazların renk skalaları için yaptığı doğru ölçme işlemleri 1 ile yanlış ölçme işlemleri ise 0 ile kodlanmıştır. Ağız içi tarayıcılarının renk seçiminde etkinliği doğruluk, gerçeklik ve hassasiyet analizleri yoluyla incelenmiştir. Toplanan veriler, her bir cihazın her bir renk türü için ayrı ayrı organize edilmiştir. Bu veriler doğruluk (accuracy) ve gerçeklik (trueness) analizleri için hazırlanmıştır.

Doğruluk (Accuracy) Analizi, her bir cihazın ölçümlerinin referans cihaz (spektrofotometre) ile ne kadar uyumlu olduğunu belirlemek için hesaplanmıştır. Doğruluk oranı, her bir cihazın ölçümlerinin referans ölçümle eşleşme yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Gerçeklik (Trueness) Analizi, her bir cihazın ölçümlerinin referans cihazın ölçüm ortalamalarına ne kadar yakın olduğunu belirlemek için hesaplanmıştır.

Gerçeklik, her bir cihazın ölçümlerinin referans ölçümlerle olan mutlak farklarının ortalaması olarak ifade edilmektedir. Son olarak her bir cihazın ölçüm hassasiyetini belirlemek için standart sapma üzerinden değerlendirilme yapılmıştır. Standart sapma, ölçümlerin ortalama etrafındaki dağılımını ifade eder ve daha düşük standart sapma değerleri daha yüksek hassasiyet anlamına gelir. Bu analiz, her bir cihazın üç ölçümü için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Veri analizleri Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Pandas, Numpy ve Matplotlib kütüphaneleri kullanılmıştır.

Cihazların kullanılan yöntemlerde başarılı bir saptama yapma durumu 1, başarısız bir saptama yapma durumu ise 0 olarak kodlanmıştır. Ardından kullanılan cihazlara ve yönteme göre başarılı olma sıklığının anlamlı olarak farklılaşıp farklılaşmadığı Bağımsız Örneklem T Testi ve Tek Yönlü ANOVA parametrik testleri yoluyla analiz edilmiştir. Parametrik testlerin kullanılabilmesi için normallik varsayımı gibi birtakım gereklilik bulunmaktadır. Başarı sıklığı değişkenine ilişkin çarpıklık ve basıklık katsayıları hem kullanılan yöntem hem de kullanılan cihaz türlerinin alt gruplarında tutarlı olarak +2 ile -2 aralığında bulunmuştur. Bu aralıklar değişkenlerin normal dağıldığı ve yukarıda bahsedilen testlerin kullanılabileceğini ifade etmektedir.⁶⁶

4. BULGULAR

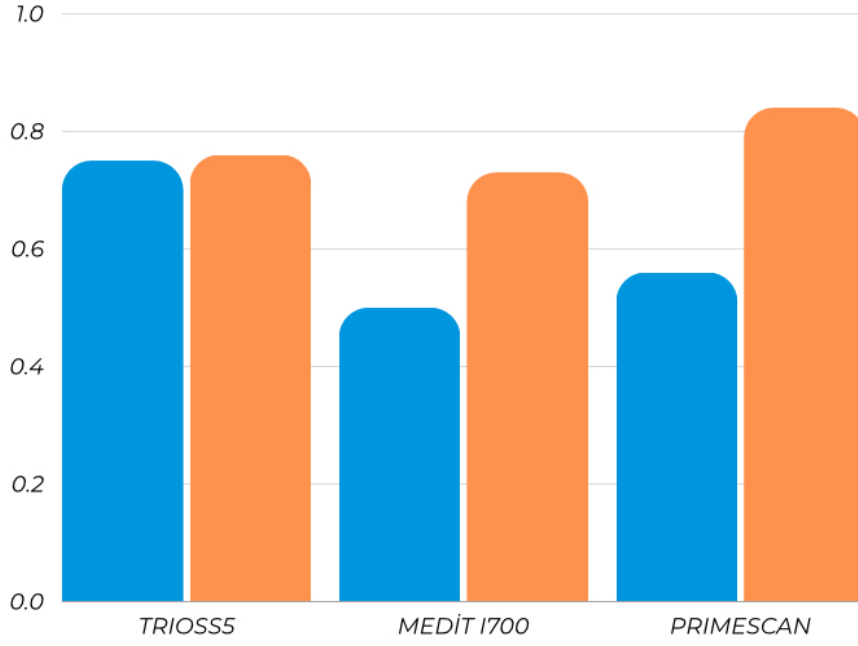
Bu bölümde yapılan analizlere ilişkin doğruluk, gerçeklik ve hassasiyet analizi sonuçları sunulmuştur.

4.1. Doğruluk (Accuracy) Analizleri

Tablo 4.1. Doğruluk analizi bulguları

Cihaz	VİTA KLASİK	VİTA 3D MASTER
PRIMESCAN	%56,25	%84,62
MEDIT I700	%50,00	%73,08
TRIOSS 5	%75,00	%76,92

Tablo 4,1 ve Şekil 4,1’de sunulan doğruluk analizi bulguları incelendiğinde turuncu renkler Vita Klasik renk skalasını, mavi renkler Vita 3D Master renk skalasını temsil etmek üzere; Vita Klasik’de Primescan’in doğruluk oranı %56,25, Medit i700’ün doğruluk oranı %50,00 ve Trioss 5’in doğruluk oranı %75.00’dir. Vita 3D Master’da ise Primescan’in doğruluk oranı %84,62, Medit i700’ün doğruluk oranı %73,08 ve Trioss 5’in doğruluk oranı %76,92’dir. Trioss 5, Vita Klasik renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına sahiptir. Primescan, Vita 3D Master renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına sahiptir. Genel olarak, Trioss 5 ve Primescan cihazları daha yüksek doğruluk oranlarına sahiptir. Bu grafik, ağız içi tarayıcıların doğruluk oranlarını görsel olarak karşılaştırarak, hangi cihazın hangi renk kılavuzunda daha yüksek doğruluk sunduğunu açıkça göstermektedir.



Şekil 4.1. Doğruluk analizi bulgularına ilişkin grafik

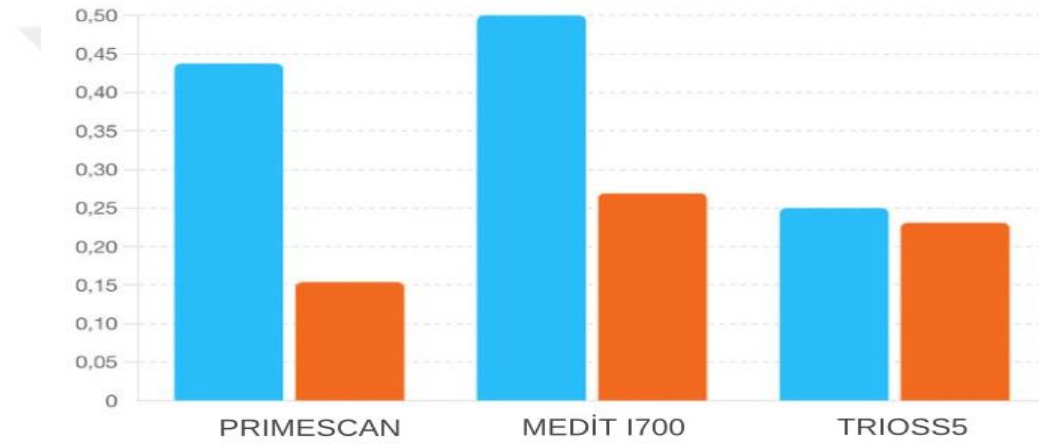
4.2. Gerçeklik (Trueness) Analizi Bulguları

Tablo 4.2. Gerçeklik analizi bulguları

Cihaz	VİTA KLASİK	VİTA 3D MASTER
PRIMESCAN	0.44	0.15
MEDIT I700	0.50	0.27
TRIOS5	0.25	0.23

Tablo 4.2 ve Şekil 4.2 incelendiğinde Vita Klasik için Primescan ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri 0.44'tür. Medit i700 ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri 0.50 ve Trioss 5 ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri ise 0.25'tir. Vita 3D Master için Primescan ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri 0.15'tir. Medit i700 ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri 0.27 ve Trioss 5 ağız içi tarayıcısının gerçeklik değeri ise 0.23'tür. Bu değerler, her bir ağız içi tarayıcının referans cihaz (spektrofotometre) ile olan ölçüm farklarının ortalamalarını ifade eder. Daha düşük gerçeklik değerleri, tarayıcının ölçümlerinin referans ölçümlerle daha uyumlu olduğunu ve dolayısıyla daha doğru

olduğunu gösterir. Trioss 5 ağız içi tarayıcısı, Vita Klasik renk türünde en düşük gerçeklik değeri olan 0.25 ile en iyi performansı göstermektedir. Primescan ağız içi tarayıcısı ise Vita 3D Master renk türünde en düşük gerçeklik değeri olan 0.15 ile en iyi performansı göstermektedir. Medit i700 ağız içi tarayıcısı her iki renk türünde de diğer cihazlara göre daha yüksek gerçeklik değerlerine sahiptir, bu da Medit i700'ün referans cihaz ile daha büyük ölçüm farklılıkları olduğunu ve dolayısıyla daha düşük doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.3. Gerçeklik analizi bulgularına ilişkin grafiksel gösterim

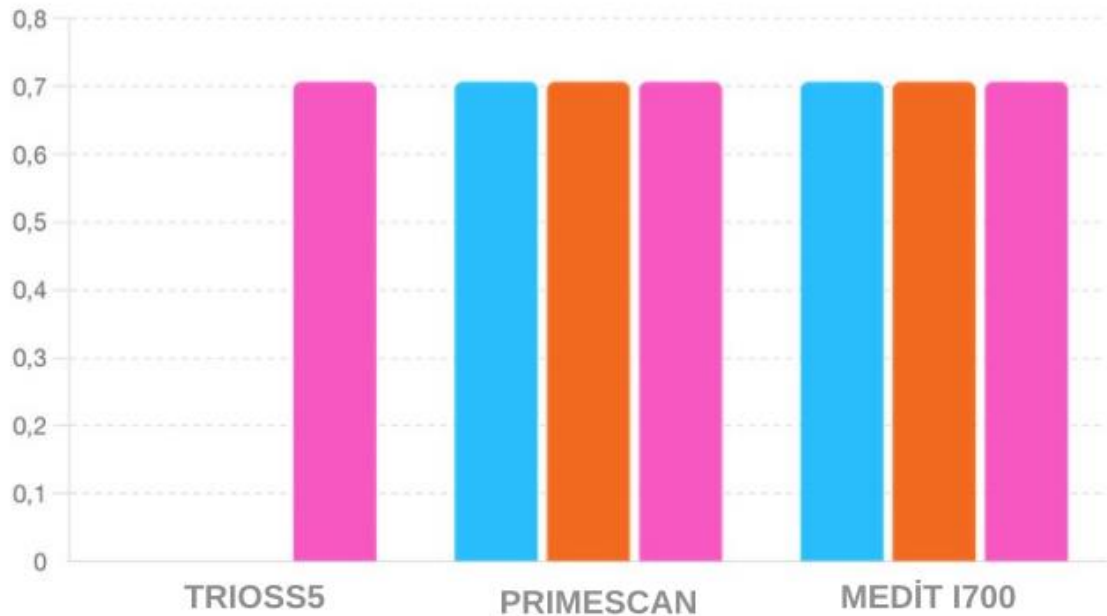
4.3. Hassasiyet (Precision) Analizi Bulguları

Hassasiyet ölçümlerin tutarlılığıyla belirlenir ve bu tutarlılık standart sapma (std. sapma) değerleri ile ifade edilir. Daha düşük standart sapma değerleri, ölçümlerin daha tutarlı olduğunu ve dolayısıyla daha yüksek hassasiyet gösterdiğini belirtir.

Tablo 4.3. Ölçümlere ilişkin hassasiyet analizi bulguları

Cihaz	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
TRIOSS 5	0.000	0.000	0.707
PRIMESCAN	0.707	0.707	0.707
MEDIT I700	0.707	0.707	0.707

Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'e göre Trioss 5 ağız içi tarayıcısı, ölçüm 1 ve ölçüm 2'de mükemmel hassasiyet göstermiştir (standart sapma 0.000). Bu, bu ölçümlerde herhangi bir varyasyon olmadığı anlamına gelmektedir ve ölçümlerin tamamen tutarlı olduğunu gösterir. Primescan ve Medit i700 ağız içi tarayıcıları, tüm ölçümlerde aynı düzeyde bir standart sapma (0.707) göstermiştir. Bu, ölçümlerin birbirine yakın olduğunu ancak belirli bir miktar varyasyon olduğunu göstermiştir. Trioss 5 ağız içi tarayıcısı, genel olarak daha iyi hassasiyet göstermektedir, çünkü iki ölçümde (Ölçüm 1 ve Ölçüm 2) sıfır standart sapma ile en düşük varyasyonu göstermiştir. Primescan ve Medit i700 ağız içi tarayıcıları ise benzer hassasiyet seviyeleri göstermekte olup, her iki cihaz da ölçümlerde belirli bir varyasyon içermektedir. Bu sonuçlara göre, Trioss 5 ağız içi tarayıcısı, özellikle ölçüm 1 ve ölçüm 2'deki düşük varyasyon nedeniyle daha yüksek hassasiyet sunmaktadır.



Şekil 4.4. Hassasiyet (precision) ölçüm değerlerine ilişkin grafik

Grafik, cihazların hassasiyet (precision) analizini göstermektedir. Standart sapmalar, ölçümlerin tutarlılığını ifade eder ve düşük standart sapma değerleri daha

yüksek hassasiyet anlamına gelir. Bu grafik, Trioss 5 ağız içi tarayıcısı bazı ölçümlerde daha yüksek hassasiyet sunduğunu açıkça göstermektedir. Primescan ve Medit i700 ağız içi tarayıcıları ise tüm ölçümlerde benzer seviyelerde hassasiyet sunmaktadır.

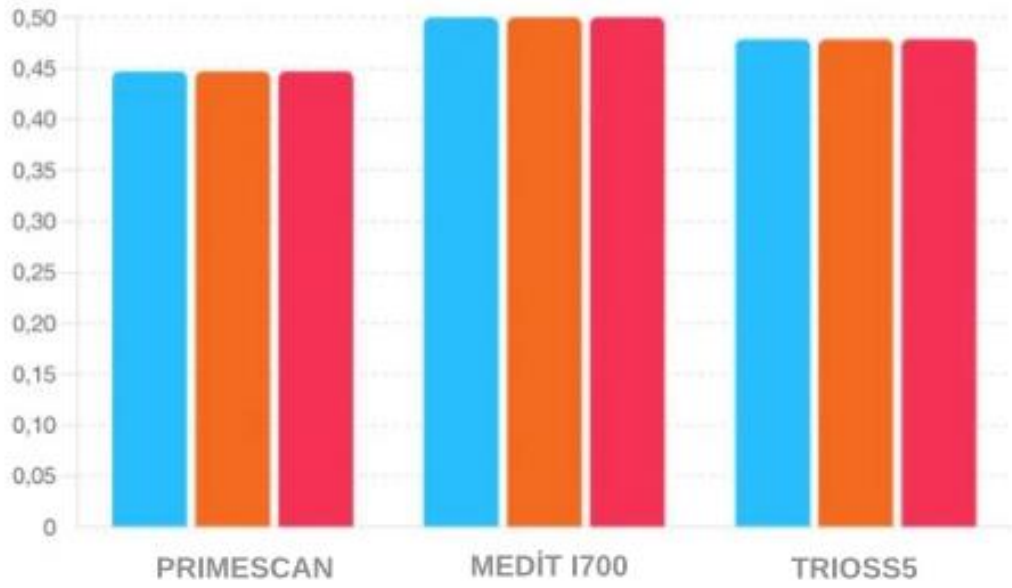
4.4. Tekrar Edilebilirlik Analizi /Bulguları

Ağız içi tarayıcılar yoluyla yapılan renk tanımlamalarının benzerlik ve tutarlılıkları tekrar edilebilirlik analizi yoluyla incelenmiştir. Bu analiz türünde cihazlardan üç ölçüme ilişkin standart sapma değerleri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.4. Tekrar edilebilirlik analizi

Cihaz	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
PRIMESCAN	0.447	0.447	0.447
MEDIT I700	0.500	0.500	0.500
TRIOSS5	0.479	0.479	0.479

Tablo 4.4 ve Şekil 4.4 incelendiğinde Primescan, Trioss 5 ve Medit i700 ağız içi tarayıcıların her biri için üç ölçümün standart sapmalarını göstermektedir. Standart sapmalar, ağız içi tarayıcıların tekrarlanabilirliğini değerlendirmek için kullanılır. Daha düşük standart sapma değerleri, ağız içi tarayıcının daha tutarlı ve tekrarlanabilir ölçümler sunduğunu gösterir. Primescan cihazının standart sapma değerleri, üç ölçümde de 0.447'dir. Medit i700 cihazının standart sapma değerleri, üç ölçümde de 0.500'dür. Trioss 5 ağız içi tarayıcısının standart sapma değerleri, üç ölçümde de 0.479'dur. Bu sonuçlara göre, Primescan ağız içi tarayıcısı en düşük standart sapma değerlerine sahip olup, ölçüm tekrarlanabilirliği açısından en tutarlı cihaz olarak görünmektedir. Medit i700 ağız içi tarayıcısı ise en yüksek standart sapma değerlerine sahiptir, bu da onun tekrarlanabilirlik açısından diğer cihazlara göre daha az tutarlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.5. Tekrar edilebilirliğe ilişkin tutarlık analizi bulgularına dair grafik

Yapılan analizler sonucunda, Trioss 5 ağız içi tarayıcısının Vita Klasik renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına sahip olduğu, Primescan ağız içi tarayıcısının ise Vita 3D Master renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Trioss 5 ağız içi tarayıcısı Vita Klasik renk türünde en düşük gerçeklik (trueness) değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Primescan ağız içi tarayıcısı ise Vita 3D Master renk türünde en düşük gerçeklik (trueness) değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Standart sapma analizleri, Trioss 5 ağız içi tarayıcısının bazı ölçümlerde daha yüksek hassasiyet sunduğunu, Primescan ve Medit i700 ağız içi tarayıcıların ise benzer seviyelerde hassasiyet gösterdiğini ortaya koymuştur.

Kullanılan Cihazlara Göre Başarı Düzeylerinin İncelenmesi

Yapılan saptamalarda kullanılan cihazlara göre başarı düzeylerinin farklılıkları Tek Yönlü ANOVA testiyle incelenmiştir. Bulgular Tablo 4.5’ de sunulmuştur.

Tablo 4.5. Tek yönlü ANOVA bulguları

	N	Ortalama	Standart Sapma	F	p
TRIOSS 5	42	2.14	1.002	2.362	.073
MEDIT I700	42	1.98	.924		
SPEKTROFOTOMETRE	42	2.10	.850		
PRIMESCAN	42	2.50	1.018		

Not. *p <.05

Tablo 4.5 incelendiğinde kullanılan ağız içi tarayıcı türlerine göre başarılı olma sıklıklarının p değeri .05'ten büyük olması nedeniyle anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Her ne kadar gruplar arasında anlamlı bir farklılık elde edilemese de Primescan ağız içi tarayıcısının başarılı olma düzeylerinin Trioss 5 ve Medit İ700 ağız içi tarayıcılarına göre daha yüksek bir ortalamada olduğu elde edilmiştir ancak bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

Tablo 4.6. Bağımsız örneklem T testi

	Renk Skalası	N	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Başarı Düzeyi	Vita Klasik	64	1.72	.967	-5.22	.001
	Vita 3D Master	104	2.46	.847		

Not. *p <.05

Tablo 4,6 incelendiğinde kullanılan renk skalasına göre elde edilen başarılı saptama düzeylerinin anlamlı olarak farklılaştığı bulunmuştur ($p <.05$). Daha açık bir deyişle, Vita 3D Master renk skalasıyla yürütülen saptamalarda Vita Klasik renk skalasına kıyasla daha başarılı saptamalar elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında 3 farklı ağız içi tarayıcının renk ölçüm etkinliği ve tekrarlanabilirliği karşılaştırıldı ve spektrofotometre ile kıyaslandı.

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre;

Primescan cihazı, Vita 3D Master renk skalasında en yüksek doğruluk (%84,62) ve en düşük gerçeklik (0.15) değerine sahiptir, ayrıca en tutarlı (tekrar edilebilir) cihazdır. Trioss 5 ağız içi tarayıcısı, Vita Klasik renk skalasında en yüksek doğruluk (%75) ve en düşük gerçeklik (0.25) değerine sahiptir. Medit i700 ağız içi tarayıcısı ise genel olarak diğer cihazlara göre daha düşük doğruluk (%50) ve gerçeklik (0.50) değerlerine sahip ve tekrarlanabilirlik açısından en az tutarlı cihazdır.

Bu sebeple farklı ağız içi tarayıcıların renk seçimi etkinliğinde ve tekrarlanabilirliğinde anlamlı bir farklılık oluşturmayaacağı yönündeki H0 hipotezimiz reddedilmiştir. Protetik diş hekimliğinde estetik ve restoratif ihtiyaçlara olan talep, çeşitli tedavi seçeneklerinin geliştirilmesine neden olmuştur.⁶⁷ Diş hekimliğinde ışık ve renk prensiplerinin bilinmesi doğal dişlerle uyumlu renkte restorasyonlar hazırlanabilmesi için önemlidir. Mevcut olan renk skalaları renk seçimi için standart renkler sunmaları nedeniyle beklentilere tam olarak cevap verememektedir. Restorasyonların uygun renkte yapılabilmesi için rengin doğru tanımlanması önemlidir. Renk seçimi hekim için zor ve titizlikle yapılması gereken bir işlemdir.^{68,69}

Hasta beklentilerine, materyal ve klinik tekniklerdeki son gelişmelere cevap verebilmek için restorasyonlarda doğal diş görünümüne ulaşma isteği doğmaktadır.⁷⁰ Bunun için, estetik restorasyonlarda karşılaşılan sorunların büyük bir kısmının renk eşleştirme süreçleriyle ilişkili olduğu gözlemlenmektedir.⁷¹ Uygun renk tonunun seçilmesi ve bu rengin doğru bir şekilde aktarılması, bir restorasyon ile doğal diş arasında etkili bir renk uyumu sağlamak için gerekli olan temel adım olarak değerlendirilmektedir.

Bunun, diş rengini tutarlı ve kesin bir şekilde belirleme becerisine büyük ölçüde bağlı olduğu düşünülmektedir.⁷²

Bu tez çalışmasında diş rengi seçimi yapılırken ağız içi tarayıcıların etkinliğini değerlendirilmiştir. İn vivo testler daha güvenilir olmalarının yanında klinik hasta takibi gerektirmeleri, daha uzun bir sürede tamamlanabilmeleri, maliyetli olmaları ve standardizasyonun sağlanmasında yaşanan zorluklar gibi dezavantajlara sahiptir.^{73,74} Bu yüzden bu tez çalışması in vitro şartlarda gerçekleştirilmiştir. İn vivo testler yapılabilseydi daha etkin sonuçlar elde edilebilirdi.

Önceki araştırmalar, insan renk algısının karmaşık bir psikolojik ve fiziksel süreçler etkileşimi sonucunda şekillendiğini ve bu algının çeşitli faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle, renk algısının öznel olduğu düşünülmektedir.⁷⁵⁻⁷⁷ Diğer yandan, spektrofotometreler, renk eşleştirme sonuçları açısından doğru ve nesnel kabul edilmektedir.^{75,78} Spektrofotometrelerin kenar kaybı etkisi nedeniyle yanlış ve tutarsız değerlere neden olabileceği bildirilmiş olsa da⁷⁹⁻⁸¹, bu çalışmada kullandığımız ortalama ton belirleme modu, bu durumun etkisini çalışma koşullarımız altında kısmen azaltabilir.⁸²

Bu tez çalışmasında, Vita Klasik ve Vita 3D Master için her üç ağız içi tarayıcının da tekrarlanabilirliği, görsel yöntemle göre daha üst düzeyde bulunmuştur. Bu bulgu, insan gözlerinin tekrar eden ölçümlerde genellikle kararsız bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.⁸³⁻⁸⁵ Ayrıca, Vita Klasik renk skalasının hem tekrarlanabilirlik hem de doğruluk açısından Vita 3D Master renk skalasından daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, iki renk skalasının tasarımındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Vita 3D Masterın daha fazla ton tabına sahip olması, ton eşleştirme sırasında tutarsızlık ve hata yapma olasılığını artırıyor olabilir.^{86,87}

Diş renginin görsel değerlendirmesi, dışsal değişkenler (örneğin ışık koşulları) ve içsel değişkenler (deneyim, yaş, göz yorgunluğu gibi) ile diğer fizyolojik faktörler nedeniyle büyük ölçüde öznel ve tutarsız olarak kabul edilmektedir.^{88,89} Mevcut tutarsızlıkları ortadan kaldırmak ve tekrarlanabilirliği sağlamak amacıyla günümüzde spektrofotometreler, kolorimetreler, spektoradyometreler ve dijital kameralar gibi çeşitli renk ölçüm cihazları kullanılmaktadır.⁹⁰ İnsan gözünün renk algısı ile karşılaştırıldığında spektrofotometrik renk değerlendirmesinin, daha doğru ve güvenilir olduğu belirtilmiştir.⁹¹⁻⁹³

Lehmann ve ark.⁹¹ farklı renk ölçüm cihazlarını değerlendiren çalışmalarında Vita Easy Shade spektrofotometresinin piyasada bulunan kolorimetrelerden ve dijital kameralardan daha hassas ve doğru ölçüm sağladığını bildirmişlerdir.

Tsiliagkou ve ark.⁸⁰ Vita EasyShade'in doğruluk ve hassasiyetini incelemek amacıyla gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar, tutarsız sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çelişkili bulgular ve ölçüm doğruluğunu kesin olarak doğrulama zorlukları, Vita EasyShade'in altın standart bir referans cihazı olarak uygunluğuna dair şüpheler yaratmaktadır.^{94,95} Ayrıca, referans cihazın sağladığı CIELAB okumalarının, tarayıcı tarafından sunulan Vita renkleriyle karşılaştırılması da bir sınırlama oluşturmaktadır. Bu çalışmanın analizinde, Munsell renk sisteminin üç temel bileşenine dayanmakta olup, bu bileşenler Vita tarafından üretilen iki yaygın renk skalasının tasarımını şekillendirmektedir. Munsell renk sistemi, diş hekimliğinde renk eşleştirme için en yaygın kullanılan sistemlerden biridir ve Hue, Chroma ve Lightness (aydınlık) öğelerini içermektedir.⁹⁶ Munsell renk sistemi, her algısal özellik için sabit algısal renk farkları ile renkleri düzenlemeye odaklanmakta, ancak daha detaylı analizler için rengi nicelleştirmek zorluğuyla karşılaşmaktadır.⁹⁷ Bununla birlikte; Trioss 5, Primescan, Medit i700 ağız içi tarayıcıları ve insan gözü, Vita Easyshade spektrofotometresi gibi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun renk notasyon sistemi (CIE L, a, b değerleri gibi) üzerinden renk bilgisi sağlayamamaktadır.⁹⁸⁻¹⁰⁰ Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan tüm veriler kategorik değişkenlerdir. Veri türündeki bu kısıtlamalar, diş renginin detaylarını yeterince yansıtamayabilir ve gerçek rengi tam olarak temsil edemeyebilir; bu durum, istatistiksel analiz yöntemlerinin etkinliğini de sınırlayabilir. Benzer zorluklar, önceki bazı araştırmalarda da ortaya konmuştur.¹⁰¹⁻¹⁰³ Araştırmacılar, renk farklarını hesaplamak için belirli ton numaralarını sayısal verilere dönüştürmek amacıyla spektrofotometre destekli bir dönüştürme tablosu kullanmışlardır. Ancak bu tür tablolar, yalnızca spektrofotometre sistemine dayandığı için diğer sistemlerin doğruluğunu ve veri dönüşümünü yeterince yansıtamayabilir. Ağız içi tarayıcılar, yalnızca Vita Klasik veya Vita 3D Master renk skalalarındaki değerlerini sunmak dışında aynı zamanda rengimetric veriler (CIE L, a, b değerleri gibi) de sağlayabilirse, bu durum renk eşleştirme doğruluğunu daha etkin bir şekilde değerlendirme olanağı sunar ve restorasyon üretimi için kapsamlı rehberlik sağlayabilir.

Daha önce yapılan çalışmaların %40' tan fazlası, Vita Klasik ve Vita 3D Master okumalarını intraoral tarayıcılardan CIELAB değerlerine dönüştürmek için yazılım ya da dönüşüm tabloları kullanmıştır. Bu dönüşüm tabloları, farklı çalışmalar arasında tutarsızlıklar göstermiş ve çeşitli çalışmalarda farklı dönüşüm tablolarına başvurulmuştur.¹⁰⁴

Vita Easyshade' in doğruluğunu kısıtlı bulan çalışmalar olsa da güncel literatürde en güvenilir dijital renk ölçüm cihazı olduğu için bu tez çalışmasında renk değerlerinin ölçümü aşamasında VITA Easyshade® Advance V cihazı kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda materyallerin renk değerlerini belirleyen kolorimetre ve spektrofotometre gibi farklı renk ölçüm cihazlarıyla yapılan ölçümlerin daha doğru şekilde elde edilebilmesi için çok sayıda ölçüm yapılması gerektiğini bildirildiğinden, bu

tez çalışmasında tüm örneklerin renkleri üçer kez ölçülerek yapılacak hatalar en aza indirilmeye çalışılmıştır.^{105,106}

Ağız içi tarayıcılar kullanılarak renk ölçülmesi güncel bir yaklaşımdır. Ağız içi tarayıcıların temel amacı, ağız içi yapıların 3D haritasını çıkararak dijital ölçümler oluşturmaktır. Bu cihazlar, hedef nesneye odaklanan bir ışık kaynağı ve bu nesneden geri yansıyan ışığın algılandığı bir görüntü sensörü içeren özel optik konfigürasyonlar ve çalışma prensipleriyle tasarlanmıştır. Yansıyan ışık, çeşitli odaklama sistemleri aracılığıyla edinim kamerasının sensörüne yönlendirilir. Sonuç olarak, kameranın algıladığı ışık yoğunluğu, tarayıcı başlığı ile nesne arasındaki mesafenin doğrudan bir ölçüsünü sağlar.¹⁰⁷ Farklı üreticiler tarafından tanımlanan aktif üçgenleme, aktif dalga boyu örnekleme ve konfokal mikroskopi gibi çeşitli ışık kaynakları, edinim kameraları ve çalışma sistemleri mevcuttur.¹⁰⁷ Bu ışık kaynaklarının, kamera boyutlarının ve çalışma mekanizmalarının çeşitliliği, ağız içi tarayıcıların dijital ölçümlerle sağladıkları doğruluk ve hassasiyette farklılıklar göstermelerine yol açmaktadır. Dolayısıyla, renk eşleştirme işlemlerinde de benzer varyasyonların ortaya çıkması olasıdır.¹⁰⁸⁻¹¹⁰

Ağız içi tarayıcılar, dijital ölçümler oluşturmak ve renk tespiti yapmak için birden fazla karmaşık algoritma çalıştırmak zorundayken, spektrofotometreler ve kolorimetreler renk tespiti amacıyla tasarlanmış özel cihazlardır. Bu, prob/uc boyutu ve açısı, aydınlatma kaynağı, sensörler, filtreler ve final rengi hesaplayan analiz yazılımı gibi iç ve dış tasarımıda yansıtılmaktadır. Bu özellikler renk eşleştirme amacıyla özel olarak tasarlanmış olmasına rağmen, incelenen makalelerde farklı spektrofotometreler ve kolorimetreler arasında önemli performans farklılıkları gözlemlenmiştir; Culic ve ark.⁹⁰ yaptıkları çalışmalarında, ağız içi tarayıcılarının daha iyi renk eşleştirme yeteneklerine sahip olduğunu göstermiştir.¹¹¹ Bu farklılıklar, kullanılan ışık kaynaklarının (tungsten filament lambaları, LED lambalar veya halojen lambalar gibi) değişkenliğinden kaynaklanabilir.

Işık kaynağı, dişin nasıl aydınlatıldığını ve ışığın nasıl yansıdığını etkiler.¹¹²⁻¹¹⁴ Ayrıca, cihazın iç tasarımı ve görüntüleme geometrisi, cihazın dıştan yansıyan ışığı nasıl topladığı ve ölçtüğü üzerinde etkili olup, iç CPU (Central Processing Unit) ve veri işleme algoritmalarındaki farklılıklar da renk eşleştirme sonuçlarındaki değişkenliklerle ilişkilendirilmiştir.¹¹⁵ Ağız içi tarayıcılar genellikle diş renk skalalarına dayanarak renk sonuçlarını sunar.

Liberato ve ark.¹¹⁶ gerçekleştirdiği bir çalışmada, Trioss ağız içi tarayıcının en iyi performansı, Vita 3D-Master modunda yapılandırıldığında görülmüştür. Bu tez çalışmasında Trioss 5, Vita Klasik renk skalasında daha doğru sonuçlar vermiştir. Yoon ve ark.¹¹⁷ Trioss Pod ağız içi tarayıcı ile Shade Eye renk ölçüm cihazları arasında renk parametrelerinde önemli farklılıklar tespit etmişlerdir; tarayıcı tarafından ölçülen daha düşük L* ve b* değerleri ile daha yüksek a* değerleri nedeniyle, ağız içi tarayıcıların renk seçimi için en uygun araç olmayabileceği sonucuna varılmıştır.¹¹⁷ Ancak, yüksek çözünürlüklü kameralar, Led ışıklar, renk analiz yazılımları ve Vita renk kılavuzları gibi özellikler sayesinde, Trioss 5 gibi modern tarayıcılar görsel yöntemlere kıyasla üstün performans göstermekle birlikte, spektrofotometrelerle de karşılaştırılabilir sonuçlar sunmaktadır.^{118,119}

Moussaoui ve ark.¹²⁰ spektrofotometrelerle karşılaştırıldığında, ağız içi tarayıcılar kullanılarak yapılan renk belirleme, Vita Klasik veya 3D-Master modlarıyla farklı aydınlatma koşullarından (10000-, 1000-, 500- ve 0-lx) etkilendiği belirtilmiştir. Bu yüzden, renk değerlendirmesi için ek bir cihaz kullanımı tavsiye edilmektedir.

Hassasiyet (Precision), bir ölçümün güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini tanımlar; bu da tutarlılığı gösterir. Renk ölçüm cihazları için hassasiyet, belirli koşullar altında gerçekleştirilen ölçümlerin aynı sonuçları tekrar üretme yeteneğini ifade eder. Ağız içi tarayıcıların renk eşleştirme süreçlerindeki hassasiyetleri, çeşitli araştırmalarla

incelenmiştir.^{121,122} Barreto IC ve ark.¹²³ Trioss 3 tarayıcısının Vita 3D Master renk kılavuzu ile yapılandırıldığında, Vita EasyShade spektrofotometresi ve kontrollü aydınlatma altında yapılan görsel renk eşleştirme ile karşılaştırıldığında en yüksek tekrarlanabilirliği sağladığını bulmuşlardır. Diğer tüm çalışmalar, ağız içi tarayıcıların görsel renk eşleştirme veya Vita EasyShade ile karşılaştırıldığında benzer ya da daha iyi tekrarlanabilirlik sunduğunu rapor etmiştir.

Ebeid ve ark.¹²² tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, incelenen üç tarayıcı (Trioss 3, Cerec Omnicam ve Cerec Primescan) Vita EasyShade'dan daha iyi performans gösterse de bu dört cihazın da zayıf bir tekrarlanabilirlik (<%52) sergilediği belirtilmiştir. Ağız içi tarayıcıların tatmin edici olmayan bir tekrarlanabilirlik sunduğunu bildiren başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Trioss 3 tarayıcısı, ShadeEye-NCC renkimetre ile karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık göstermemiş ve her iki cihaz da mükemmel tekrarlanabilirlik sergilemiştir. Rutkunas ve ark.¹²⁴ Trioss 3 tarayıcısının SpectroShade spektrofotometresi ile benzer bir tekrarlanabilirlikte olduğunu bildirmiştir. Hem Vita Klasik hem de Vita 3D Master renk kılavuzu ayarları iyi bir genel tekrarlanabilirlik (>%87) sunmasına rağmen, tarayıcı Vita 3D Master renk kılavuzunu kullanacak şekilde ayarlandığında bu tekrarlanabilirlik artmıştır. Tabatabaian ve ark.¹²⁵ tarafından yapılan bir literatür taraması, diş renk seçimi için çeşitli yöntemlerin yüksek hassasiyetini (>%85) doğrulamıştır.

Doğruluk (Accuracy), ölçümlerin gerçek değerlerle ne kadar örtüştüğünü ifade eder. Renk ölçüm cihazları bağlamında, doğruluk, elde edilen okumaların bir referans standardı veya altın standart cihaz ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilir. Ağız içi tarayıcıların diş rengini ölçmedeki doğruluğu, farklı çalışmalar arasında önemli ölçüde değişkenlik göstermiştir. Tarayıcılar, Vita Klasik renklerini raporlamak üzere ayarlandığında doğruluğun genellikle azaldığı gözlemlenmiştir; bu durum, önceki

hassasiyet bulgularıyla da uyumludur. Trioss 3 tarayıcısı için doğruluk değerleri, %43,9, %53,3 ve %66 olarak farklı çalışmalarla bildirilmiştir.¹²⁶ Ebeid ve ark.¹²² Cerec Omnicam ve Primescan'ın doğruluğunun sırasıyla %57 ve %63 olduğunu belirlemiş ve ağız içi tarayıcıların düşük genel doğruluk (<%80) nedeniyle dikkatli kullanılmasını gerektiğini vurgulamışlardır. Cerec Omnicam ile Vita EasyShade Advance arasındaki korelasyon zayıf bulunmuş (<%23) ve bu durum, Omnicam'ın tek başına renk eşleştirme için güvenilir bir cihaz olmadığını göstermiştir. Ayrıca, Vita EasyShade V (referans cihaz) ile Cerec Omnicam ve Trioss 3 tarayıcıları arasındaki ΔE değerlerinde klinik olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir.¹²⁷ Trioss 3 tarayıcısının ShadeEye-NCC renkimetre ile karşılaştırıldığında LAB* değerlerinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. İlginç bir şekilde, L* ve B* değerleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmasına rağmen, genel koordinatlardaki farklılıklar, tarayıcıların doğruluğunun garanti edilemeyeceğini göstermektedir. Bir çalışma, tarayıcıların daha düşük değerlerle renk hesaplama eğiliminde olduğunu belirtirken, diğer çalışmalar ağız içi tarayıcılar kullanıldığında daha yüksek genel değerlerin elde edildiğini bildirmiştir. Bu daha yüksek değer, tarayıcıların ürettiği polarize olmamış ışık kaynaklarına atfedilmiştir.¹²⁸

Ancak, Yılmaz ve ark.¹²⁹ aydınlatma koşullarının (4000 veya 6500 K) Vita 3D Master ile yapılan görsel yöntemlerin ve Easyshade Compact veya Trioss ile yapılan dijital yöntemlerin renk sonuçları üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Tarayıcıların renk kılavuzu modu sonuçları etkileyebilir. Örneğin, Trioss 3'ün doğruluğu ve hassasiyeti, renk Vita 3D Master tonları olarak kaydedildiğinde daha yüksektir (%53,3 doğruluk, %90,3 hassasiyet), ancak Vita Klasik tonları olarak kaydedildiğinde daha düşüktür (%27,5 doğruluk, %87,2 hassasiyet). Ayrıca, ağız içi tarayıcıların sağladığı renk sonuçları, spektrofotometrelerin sonuçlarıyla tam olarak örtüşmemektedir. Genel olarak,

tarayıcılarla yapılan renk seçimi, ortam ışığı, görüntü yakalama, renk analiz yazılımı ve kullanılan renk kılavuzu modu gibi faktörlerden etkilenmektedir.¹³⁰

Gotfredsen ve ark.¹³¹ Trioss'un renk sonuçları açısından SpectroShade Micro ile eşit düzeyde olduğunu belirtmiştir.¹³¹ Ancak, Mehl ve ark.¹³² bulgularına göre Trioss 3'ün renk eşleştirme doğruluğu, SpectroShade Micro, SpectroShade, Vita Easysshade ve Vita Easysshade Advance 4.0'a kıyasla daha düşük kalmaktadır. Trioss 3'ün hassasiyeti genellikle kabul edilebilir düzeyde (%85'in üzerinde), ancak bu cihazın doğruluğu, onaylı bir spektrofotometreye göre daha düşüktür.¹³³

Reyes ve ark.¹³⁴ ağız içi tarayıcıların bir spektrofotometreye alternatif olabileceğini öne sürse de diğer çalışmalarda Cerec Omnicam gibi tarayıcıların renk eşleştirme doğruluğunun yetersiz olduğu ifade edilmiştir.¹³⁴ Trioss'un renk ölçüm hassasiyeti %86,66'ya kadar çıkabilmektedir; Trioss 3'ün hassasiyeti ise %87,17 ile %90,33 arasında değişmektedir.

Varvara M ve ark.^{135,136} VITA Easysshade V ile karşılaştırarak çeşitli tarayıcıların doğruluğunu ve hassasiyetini değerlendirmiştir. Doğruluk, Easysshade V için %78, Trioss için %66, Omnicam için %57 ve Primescan için %63 olarak bulunmuştur. Hassasiyet ise Easysshade V için %44,3 ile Omnicam için %51,9 arasında ölçülmüştür.

Hampe Kautz V ve ark.¹³⁷ tarayıcıların hassasiyetini artırmak için kullanılan pozisyonlama jig'leri, tarayıcıların tarama mekanizması nedeniyle burada etkili olamamaktadır. Tarayıcılar, polarize olmamış ışık kaynakları nedeniyle spektrofotometreler ve görsel yöntemlere kıyasla daha açık renkler raporlayabilir. Teknolojik farklılıklar ve tarayıcıların mevcut özelliklerine rağmen, ağız içi tarayıcılar renk ölçümünde hassasiyet sağlamakla birlikte, doğruluk açısından yeterli olmayabilir. Bu yüzden, ağız içi tarayıcılar diş rengi seçimi için tek başına önerilmemektedir.

Bu süreçte, dijital renk eşleştirme yöntemlerinin birçok farklı çalışma tasarımı varyasyonu sergilediği ve bunların tek bir altın standart ile değerlendirilemeyeceği tespit edilmiştir. İkinci amaç olarak, non-proksimal yöntemler, temas ölçüm teknikleri (spektrofotometre ve kolorimetre) ve görsel renk eşleştirme arasında bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Kontrol altındaki ortamlarda, non-proksimal dijital sistemlerin, temas cihazlarıyla benzer klinik sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir; ancak geleneksel renk eşleştirmenin diş hekimliğinde renk tanımlama süreçlerinde hâlâ baskın bir rol oynamaya devam ettiği belirlenmiştir.¹³⁸

Geleneksel görsel renk eşleştirme, renk rehberleri kullanılarak gerçekleştirilen en yaygın yöntem olmayı sürdürmektedir. Spektrofotometre veya kolorimetre gibi alternatifler, örneğin Vita Easyshade V spektrofotometresi, yüksek maliyetler gerektirdiğinden, karşılanması güç olabilir. Ayrıca, potansiyel alıcıların, spektrofotometrelerin bazı doğruluk eksiklikleriyle ilgili literatürden etkilenebileceği; çünkü bu cihazların ölçümlerinin dışın eğriliği ve mine şeffaflığı gibi değişkenlerden etkilendiği ve cihazlar arası güvenilirliklerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır.^{139,140}

Spektrofotometreler, kolorimetreler ve kameralar aracılığıyla elde edilen renkler, belirli değerler sunan basit ölçüm aletleri ile kaydedilmektedir. Ancak, görsel yöntemle renk eşleştirme için standartlaşmış bir yöntem bulunmamaktadır. Görsel yöntemlerin nicel olarak değerlendirilmesi için çeşitli çabalar gerçekleştirilmiştir; araştırmaya katılanlardan renk rehberlerinden renk seçmeleri istenmiştir.^{141,142}

Mohammed ve ark.¹⁴³ yaptıkları çalışmalarında mevcut tez çalışmasıyla paralel olarak şu sonuçlara varmışlardır; ağız içi tarayıcılar sürekli olarak gelişmektedir ve görsel renk eşleştirme yöntemlerini desteklediklerinde renk eşleştirme süreçlerinde estetik sonuçları iyileştirme potansiyeline sahiptir. Ancak, maksimum doğruluğu sağlamak için etkileyen faktörlerin ortadan kaldırılması önemlidir. Bu çalışmanın sınırlamaları göz

önüne alındığında, birkaç önemli sonuç elde edilebilir. Ağız içi tarayıcılar, renk seçimi yapılırken yüksek hassasiyet sunmaktadır. Bununla birlikte, bu tarayıcıların doğruluğuna ilişkin elde edilen kanıtlar kesinlik arz etmemektedir. Vita 3D Master renk skalası ayarı ile kullanılan ağız içi tarayıcılar hem doğruluk hem de hassasiyet açısından önemli iyileşmeler göstermektedir. Ayrıca, çevresel ışık kaynakları ağız içi tarayıcıların doğruluğunu ve hassasiyetini etkileyebilir. Ağız içi tarayıcı tarafından belirlenen rengin görsel olarak doğrulanması, en iyi klinik sonuçları elde etme açısından en uygun yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan diğer literatür taramasında intraoral tarayıcıların renk seçiminde doğruluğu ve hassasiyeti ayrı ayrı değerlendirilmiştir ve ağız içi tarayıcıların renk eşleştirme doğruluğunu tatmin edici olarak bulmuşlardır.¹⁴⁴⁻¹⁴⁶ Bu çalışmaların üç tanesi kendi içinde kıyaslandığında ikisi^{144,146} Trioss Color için Vita Easysshade Advance 4.0 spektrofotometresi ile karşılaştırıldığında %43.9 ve kabul edilebilirlik eşiği referans alınarak %78.5 doğruluk bildirmiştir. Cerec Primescan için %69, Trioss 3 için %75 ve Trioss 4 için %76 doğruluk oranları belirtilmiştir.

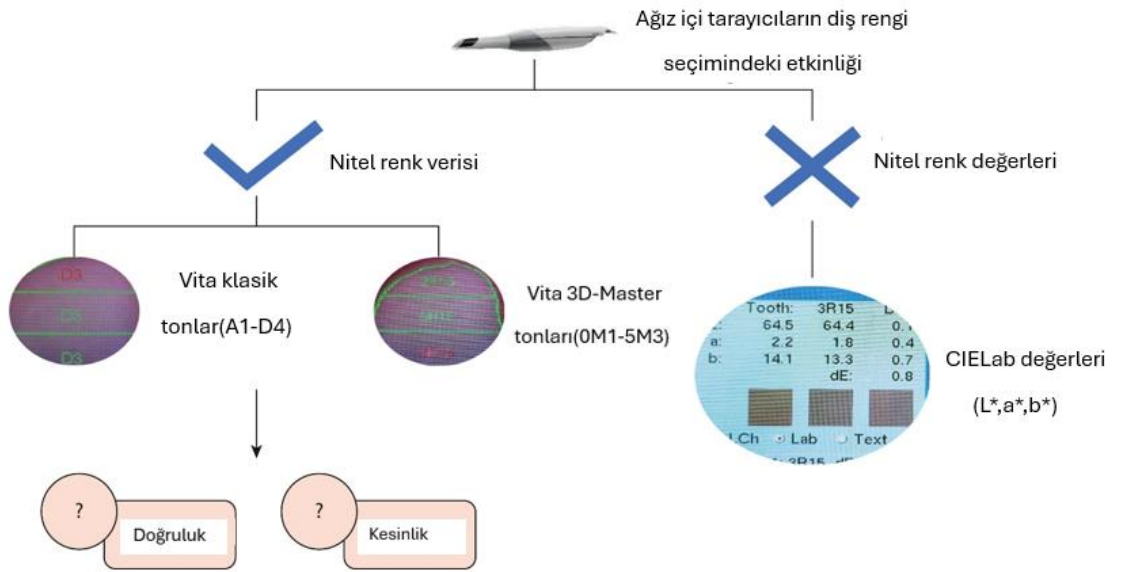
Renk görüntüleme ve veri işleme, ağız içi tarayıcıların renk seçimi için etkili bir araç olarak kabul edilmesi için temel gerekliliklerdir. Ağız içi tarayıcılar diş rengini ölçme ve üç boyutlu diş yüzey verilerini toplama yeteneğine sahip olsa da, bazı faktörler bu cihazların renk eşleştirme yeteneklerini sınırlayabilir.¹⁴⁷

Yapılan literatür taramalarında genel olarak ağız içi tarayıcıların renk seçimi doğruluğu ve hassasiyetinde büyük bir değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliğin nedenleri arasında şunlar bulunmaktadır: ortam ışığı^{148,149}, kullanılan yazılım programı¹⁵⁰⁻¹⁵⁴, dişin türü (ön diş, küçük azı diş, büyük azı diş)¹⁵⁵, dişin bölgesi (servikal, gövde, kesici uç),¹⁵⁶⁻¹⁵⁸ renk ölçüm yöntemi (nitel veya nicel),^{159,160} operatörün deneyimi¹⁶¹, tarama kalibrasyonu^{162,163}, eşik değerleri,^{164,165} tarayıcının markası ve

modeli,¹⁶⁶ deney türü (in vivo veya in vitro),¹⁶⁷ kontrol grubu veya doğruluk değerlendirme cihazı¹⁶⁸ ve hassasiyet değerlendirme türü (operatör içi veya cihaz, operatörler arası veya cihaz, zaman veya örnek manipülasyonu).^{169–171}

Renk seçiminde karşılaşılan bu değişikliklerin elimine edilmesi için bu tez çalışmasında şunlara dikkat edilmiştir:

Günün aynı saatinde ve benzer ortam koşullarında ölçümler yapılmıştır. Renk skalalarında sadece santral diş kullanılmıştır ve ölçümler dişin orta üçlüsünden yapılmıştır. Ölçümler tek bir kişi tarafından firmaların önerileri doğrultusunda yapılmıştır. Standartizasyon için in vitro koşullar tercih edilmiştir.



Şekil 5.1. Ağız içi tarayıcılar kullanarak diş renk eşleştirme sürecini açıklayan bir akış diyagramı¹⁷²

Renk ölçümleri ağız içi ortam yerine in vitro olarak nötral gri arka plan üzerinde yapılmıştır. Ağız ortamında ve alttaki doğal dokuların varlığında restorasyonların renk farklılıkları artabilir veya azalabilir.¹⁷³ Çalışmamızda üretici firmaların önerileri doğrultusunda ölçümler yapılmıştır. Farklı ölçüm teknikleri sonuçları değiştirebilir. Ölçümü yapılan örnekler doğal dişler gibi nemli bir yüzey yapısına sahip değildi nemsiz

bir yüzey olarak hazırlanmıştır. Bu sebeple ağız ortamının tam olarak yansıtılabilmesi için klinik bir ortamda farklı yüzey nemlendirme işlemleri uygulandığında elde edilen renk seçimlerinin değerlendirilmesi için daha ileri çalışmalar önerilir. Çalışmada renklendirici ajan kullanılmamıştır. Farklı renklendirici ajanların kullanımı neticesinde meydana gelecek renk değişiminde daha detaylı bilgiler elde edilebilir.

Bu çalışmanın limitasyonları; günümüzde teknolojik olarak gün geçtikçe dijitalleşen diş hekimliği uygulamalarında ağız içi tarayıcılarla renk tespiti için standart bir tarama yöntemi yoktur. Klinik uygulamada tarama sırasında, tarama açısı, tarama mesafesi, ışık kaynağı, çevredeki dokunun rengi, operatörün deneyimi ve veri kayıt türü gibi değişkenleri kontrol etmek zor olabilir. Çünkü bu faktörler, renkli taramanın kalitesini etkileyebilir. Ağız içi tarayıcılarla yapılan renk tespitinin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini artırmak için daha fazla klinik araştırma yapılması gerekmektedir. Standart bir renk ölçüm protokolünün geliştirilmesi ve tarayıcıların tarama koşullarına daha az etkilenebilir hale getirilmesi ileride ağız içi tarayıcıların daha güvenilir şekilde renk seçiminde kullanılabilmesi için oldukça önemlidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ağız içi tarayıcıların renk seçimindeki etkinliğinin incelendiği bu in vitro tez çalışmasının sınırları dahilinde şu sonuçlara varılmıştır.

1. Trioss 5 ağız içi tarayıcısının Vita Klasik renk kılavuzunda en yüksek doğruluk (Accuracy) oranına (%75) sahip olduğu belirlenmiştir.
2. Primescan ağız içi tarayıcısının ise Vita 3D Master renk kılavuzunda en yüksek doğruluk oranına (%84,62) sahip olduğu belirlenmiştir.
3. Trioss 5 ağız içi tarayıcısı Vita Klasik renk klavuzunda en düşük gerçeklik (0.25) (Trueness) değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Primescan ağız içi tarayıcısı ise Vita 3D Master renk klavuzunda en düşük gerçeklik (0.15) (trueness) değeriyle en iyi performansı göstermiştir.
4. Standart sapma değerleri, Trioss 5 ağız içi tarayıcısının yapılan 1. ve 2. ölçümlerde daha yüksek hassasiyet (0.000) sunduğunu, Primescan ve Medit İ700 ağız içi tarayıcılarının ise benzer seviyelerde hassasiyet (0.707) gösterdiğini ortaya koymuştur.
5. Kullanılan ağız içi tarayıcı türlerine göre başarılı olma sıklıklarının p değeri .05'ten büyük olması nedeniyle anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Her ne kadar gruplar arasında anlamlı bir farklılık elde edilemese de Primescan ağız içi tarayıcısının başarılı olma düzeylerinin Trioss 5 ve Medit İ700 ağız içi tarayıcılarına göre daha yüksek bir ortalamada olduğu elde edilmiştir ancak bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. ($p < .05$)

Dış renginin seçimi, restoratif tedavilerin estetik sonuçlarını doğrudan etkileyen karmaşık bir süreçtir. Renk tayininde doğruluk ve hassasiyeti artırmak için, öznel görsel yöntemlerden nesnel dijital yöntemlere geçişte önemli adımlar atılmıştır. Mevcut araştırmalara göre, dijital yöntemler görsel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk ve

hassasiyet sağlamaktadır; ancak, dijital yöntemlerin doğruluğu iyileştirilmelidir. Ayrıca, dış spektrofotometreleri, çeşitli renk seçimi yöntemleri arasında en yüksek doğruluk ve hassasiyeti sunmaktadır, ancak bu cihazların optimum performans için klinik koşullarda etkili faktörlerin ve koşulların kontrol edilmesi ve teknolojik iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Dijital cihazların mevcut zayıflıklarını aşmak ve doğruluk ile hassasiyeti artırmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır, böylece gelecekte görsel yöntemlerin dijital yöntemlerle tamamen değiştirilmesi mümkün olacaktır.



KAYNAKLAR

1. Eeran SA, Al Sanabani F, Al -Makramani BM, Elamin EI. Dental prosthetic status and treatment needs of adult population in Jizan, Saudi Arabia: A survey report. *European Journal of Dentistry*, 2016; 10(4): 459-63.
2. Peeran, S. A., Al Sanabani, F., Al-Makramani, B. M., Elamin, E. I. Dental prosthetic status and treatment needs of adult population in Jizan, Saudi Arabia: A survey report. *European Journal of Dentistry*, 2016; 10(4): 459-463.
3. Alkhatib, M. N., Holt, R. Bedi, R. Age and perception of dental appearance and tooth colour: *Gerodontology*. 2005; 32-36.
4. Güth, J.-F., Edelhoff, D., Schweiger, J. Keul, C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro: *Clinical oral investigations*. 2016; 20: 1487-1494.
5. Güth, J.-F., Edelhoff, D., Schweiger, J. Keul, C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. *Clinical oral investigations*, 2016; 20: 1485–1487.
6. Xiao, Zhou, X. D., Zhu, W. C., Zhang, B., Li, J. Y. The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2007; 351–360.
7. Gürel, Galip. Porselen laminat venerler bilim ve sanatı: *Quintessence* ,2004; 126-129.
8. Strenk, S. A., Strenk, L. M. Koretz, J. F. The mechanism of presbyopia. *Progress in Retinal and Eye Research* ,2005; 379–393.
9. Wee AG., Land M, Fujimoto J. Rosenstiel SF. Description of Color: *Color-Replication Process and Esthetics*. 2006 :710-2.

10. Horn, D. J., Bulan-Brady, J. Hicks, M. L. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of Endodontics*,1998; 24 :786–790.
11. Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. Elsevier, St. Louis ,2004; 17-28, 169–70.
12. Glockner K. Visual vs. spectrophotometric methods for shade selection: *Collegium Antropologicum*. 2015; 39(3):801-2.
13. Chu SJ, Paravina RD, Sailer I, Mieleszko AJ. Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics. Hanover Park (IL): *Quintessence Publishing*, 2017;1.
14. Barouki, R. Kogevinas, M., Audouze, K., Belesova, K., Bergman, A., Birnbaum, L. The COVID-19 pandemic and global environmental change: Emerging research needs: *Environment international*. 2021;146, 106272.
15. Hammad, I. A. Stein, R. S. A qualitative study for the bond and color of ceramometals: *The Journal of Prosthetic Dentistry*.1991; 65: 169–179.
16. Wee, A. G. Description of color, color replication process and esthetics: *Contemporary fixed prosthodontics*. 2007; 4: 710-1.
17. Paravina, R. D., Powers, J. M., Esthetic color: *Esthetic color training in dentistry*, 2004.
18. Craig, R. G. Restorative dental materials. Mosby,1980: 120.
19. Seghi, R., Johnston, W. Estimate of colorimetric measurement erros associated with natural tooth color fluorescence: *Journal of Dental Research*,1992; 71, 303.
20. Stephen, J. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*,2003; 15, S42-S48.

21. Fondriest, J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies: *International journal of Periodontics and restorative dentistry*, 23(5),2003; 467-480.
22. Van der Burgt, T. P., Ten Bosch, J. J., Borsboom, P. C. F., Kortsmit, W. J. P. M. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color: *The Journal of prosthetic dentistry*,1990; 63(2), 155-162.
23. Lehmann, K. M., Devigus, A., Igiel, C., Wentaschek, S., Azar, M. S., & Scheller, H. Repeatability of color-measuring devices: *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 6(4),2011; 428-35.
24. Corcodel, N., Helling, S., Rammelsberg, P., Hassel, A. J. Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide: *European journal of oral sciences*,2010; 118(3), 311-316.
25. Chu, S. J. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry: *Quitantence*; 2004.
26. Ruyter, I. E., Nilner, K., Möller, B. J. D. M. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*, 3(5),1987; 246-251.
27. Saraç, D., Saraç, Ş. Y., Yüzbaşıoğlu, E. Color Differences Between Different Composites and a Shade Guide: *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 22(2),2005; 77-82.
28. Samra, A. P. B., Moro, M. G., Mazur, R. F., Vieira, S., De Souza, E. M., Freire, A., Rached, R. N. Performance of dental students in shade matching: impact of training: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2017;29(2), E24-E32.

29. Seghi R, Johnston W, O'Brien W. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains: *Journal of Dental Research*.1989; 120-2.
30. Erns RS, Petersen KH. Empirical modeling of systematic spectrophotometric errors: *Color Research & Application*, 1988; 13(4):243-56.
31. Vivek, R., Singh, A., Soni, R., Singh, S. V., Chaturvedi, T. P. Conventional and digitally assisted shade matching—A comparative study: *Indian Journal of Dentistry*, 4(4),2013; 191-199.
32. Seghi, R. R., Hewlett, E. R., Kim, J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain: *Journal of dental research*,1989; 68(12), 1760-1764.
33. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system: *Journal of Dental Research*, 2010; 38: e65-e70.
34. Ark J -H, Lee Y-K, Lim B-S. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides: *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2006;96(6):402-11.
35. Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color. Elsevier, St. Louis: *Esthetic Color Training in Dentistry*. 2004; 17-28, 169–70.
36. Paul, S. J., Peter, A., Rodoni, L., Pietrobon, N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison: *Journal of Prosthetic Dentistry*,2004; 92(6), 577.
37. Gehrke, P., Riekeberg, U., Fackler, O., Dhom, G. Comparison of in vivo visual, spectrophotometric and colorimetric shade determination of teeth and implant-supported crowns: *International Journal of Computerized Dentistry*, 2009; 12(3), 247-63.

38. Kalantari, M. H., Ghorraishian, S. A., Mohaghegh, M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shadepilot: *European journal of dentistry*, 2017; 11(02), 196-200.
39. Gasparik, C., Grecu, A. G., Culic, B., Badea, M. E., Dudea, D. Shade-matching performance using a new light-correcting device: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2015; 27(5), 285-292.
40. Curd, F. M., Jasinevicius, T. R., Graves, A., Cox, V., Sadan, A. Comparison of the shade matching ability of dental students using two light sources: *The Journal of prosthetic dentistry*, 2006; 96(6), 391-396.
41. Okubo, S. R., Kanawati, A., Richards, M. W., Childress, S. Evaluation of visual and instrument shade matching: *The Journal of prosthetic dentistry*, 1998; 80(6), 642-648.
42. Pascal Magne, Urs Belser. Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach. Chicago: *Quintessence Publishing Co.* 2003;179-238.
43. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi: *Hacettepe Diş Hekimliği Fakülte Dergisi*. 2009;33(4):52-58.
44. Sınmazışık G. Porselen restorasyonlarda renk seçimi: *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 2006; 2:1-8.
45. Doğan E, Öztürk Ç. Ortodontistlerin Dijital Ortodontiye Bakış Açısının Değerlendirilmesi Evaluation of Orthodontists' Perspective on Digital Orthodontics: *Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakülte Dergisi*, 2022;1-9.
46. Sengez, G. Dörter, C. Estetik diş hekimliğinde renk seçimi: *Selcuk Dental Journal* 6, 2019; 213-220.

47. Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G. Logozzo, S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature: *Journal of oral health*. 2017; 17-1.
48. Richert, R. Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression: *Journal of healthcare engineering*. 2017; 8427595.
49. Güth, J.-F., Edelhoff, D., Schweiger, J. Keul, C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro,2016; 1487-1493.
50. Chan, D. C. N., Chung, A. K. H., Haines, J., Yau, E. H. T. Kuo, C. C. The accuracy of optical scanning: influence of convergence and die preparation: *Operative Dentistry* .36; 2011.486-491.
51. Barouki, R. Kogevinas, M., Audouze, K., Belesova, K., Bergman, A., Birnbaum, L. The COVID-19 pandemic and global environmental change: Emerging research needs: *Environmental Health Sciences*,2021;146.
52. Wang, J., Yu, Z., Zhu, W., Cao, J. Feature-preserving surface reconstruction from unoriented, noisy point data: *In Computer Graphics Forum*.2013; 32-1,164-176).
53. Bernardini, F., Rushmeier, H. The 3D model acquisition pipeline: *In Computer graphics forum*.2002; 21- 2, 149-172.
54. Endera, A., Mehlb, A. Influence of Scanning Strategies on the Accuracy of Digital Intraoral Scanning Systems Einfluss von Scanstrategien auf die Genauigkeit von digitalen intraoralen Scansystemen: *International journal of computerized dentistry*,2013; 16, 11-21.

55. Moörmann, W. H. The evolution of the Cerec system: *The Journal of the American Dental Association*, 2006; 137, 7S-13S.
56. Papaspyridakos, P., Chen, C. J., Gallucci, G. O., Doukoudakis, A., Weber, H. P. Accuracy of implant impressions for partially and completely edentulous patients: a systematic review: *International Journal of Oral And Maxillofacial Implants*. 29, 2014; 836–845.
57. Kim, R. J. Y., Park, J. M. Shim, J. S. Accuracy of intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation: *The Journal of Prosthetic Dentistry* ,120, 2018;895-903.e1.
58. Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W. H., Reich, S. Intraoral scanning systems-a current overview: *International journal of computerized dentistry*, 2015;18(2), 101-129.
59. Göksoy, G., Ayvalıoğlu, D. Ç., Rohling, B.G. Dijital Tarama Parçası Materyalinin ve Mukoza Modifikasyon Tekniğinin Çoklu İmplantlarla Dişsiz Arkların Dijital Ölçülerinin Doğruluğuna Etkisi: *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 2024; 6(2), 131-141.
60. Erozan Ç. Dijital diş hekimliğinde farklı intraoral tarayıcı-cad yazılımı kombinasyonlarının hassasiyetlerinin değerlendirilmesi. Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, 2019.
61. Available online: <https://www.3shape.com/>. 15 Temmuz 2024.
62. Şahan, M. H., Kümbüloğlu, Ö. Ölçüde Dijital Dönüşüm: *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2022;43, 27-34.
63. Burzynski, J.A. Firestone, A.R., Beck, F.M., Fields, H.W., Jr., Deguchi, T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and

patient satisfaction: *Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2018, 153, 534–541.

64. <https://universadent.com/product/medit-t500> ; 15 Temmuz 2024.
65. <https://www.medit.com/dental-clinic-i700> ; 15 Temmuz 2024.
66. George, D., Mallery, P. IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference. Routledge.2019; 26,
67. Stavridakis MM, Krejci I, Magne P. Immediate dentin sealing of onlay preparations: thickness of pre-cured dentin bonding agent and effect of surface cleaning: *Operatif Dentistry*. 2005, 30(6):747.
68. Anusavice KJ. Phillip’s Science of Dental Materials. 10th edition, WB Saunders Company, Philadelphia.1996; 97-99.
69. Craig RG. Restorative dental materials. 8th ed., CV Mosby Co., St. Louise. 1989.
70. Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar: *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakülte Dergisi*.1992;13:29-36.
71. Seghi R, Johnston W, O’Brien W. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains: *Journal of Dental Research*, 1989, 68(12): 1755-9.
72. Rosenstiel SF, Land M, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. 4th ed. St Louis: Mosby. 2006, 223.
73. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods: *Dental Material*, 2010;26(2): e38-e49.

74. Anusavice K. Degradability of dental ceramics: *Advances in Dental Research* 1992; 6(1):82-89.
75. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, Lu E. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching: *Quintessence Int.* 2012;43(8):649–59.
76. Yılmaz B, Irmak Ö, Yaman BC. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2019;31(5):500–7.
77. Pecho OE, Perez MM, Ghinea R, Della BA. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching: *Dental Materials.* 2016;32(11):1362–73.
78. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects: *Journal of Dentistry.* 2010;38: e2–16.
79. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth: *Physics in Medicine and Biology.* 1994;39(7):1133–42.
80. Johnston WM, Hesse NS, Davis BK, Seghi RR. Analysis of edge-losses in reflectance measurements of pigmented maxillofacial elastomer: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 1996;75(2):752–60.
81. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review: *Journal of Dentistry* 2017;67: S3–10.
82. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination: *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2020;123(2):322–9.

83. Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, et al. Reliability of visual and instrumental color matching: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2017;29(5):303–8.
84. Brandt J, Nelson S, Lauer H-C, Hehn UV, Brandt S. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital: *Journal of Orthopaedic Research*. 2017;21(9):2863–71.
85. Yoon HI, Bae JW, Park JM, Chun YS, Kim MA, Kim M. A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner: *Journal of Prosthodontics*. 2018;27(7):670–5.
86. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2009;101(1):40–5.
87. 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: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;121(2):271–5.
88. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison: *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2004; 92(6): 577.
89. Wyszecki G SW. Color science concepts and methods: *Quantitative Data and Formulae John Wiley and Sons*. 1982;2. 83-116.

90. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices: *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2007, 16(2):93-100.
91. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system: *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2010; 38: e65-e70.
92. Knezovic D, Zlataric D, Illes IZ, Alajbeg M. In vivo and in vitro evaluations of repeatability and accuracy of VITA Easyshade® Advance 4.0 dental shadematching device: *International Journal of Oral Sciences and Dental Medicine*, 2015; 49(2),112.
93. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices: *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2007; 16(2):93-100.
94. Tsiliagkou A, Diamantopoulou S, Papazoglou E. Evaluation of reliability and validity of three dental colour-matching devices: *International Journal of Esthetic Dentistry*. 2016;11;110-124.
95. Brandt J, Nelson S, Lauer HC. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital: *Clinical Oral Investigations*. 2017; 21:2863- 2871.
96. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(5):458–64.
97. Berns RS, Billmeyer FW Jr. Development of the 1929 munsell book of color: a historical review: *Color Research and Application Country*. 1985;10(4):246–50.
98. Johnston WM. Color measurement in dentistry: *Journal of Dentistry*. 2009;37(1): e2–6.

99. Commission Internationale de l'Eclairage. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE Pub No. 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau. 2014.
100. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Weyhrauch M, Schmidtman I, Wentaschek S, Scheller H. Are dental color measuring devices CIE compliant Eur: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2012;7(3):324–33.
101. Yoon HI, Bae JW, Park JM, Chun YS, Kim MA, Kim M. A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner: *Journal of Prosthodontics*. 2018;27(7):670–5.
102. Mehl A, Bosch G, Fischer C, Ender A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2017;20(4):343–61.
103. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;123(2):322–9.
104. Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei P, Visual and digital tooth shade selection methods, relative effective factors and conditions, and their accuracy and precision: a literature review: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33:1084-1104.
105. Da Silva JD, Park SE, Weber H-P, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008; 99(5):361-8.
106. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD–CAM ceramic systems: *Journal of Dentistry*, 2014; 42(9): 1202-9.

107. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G. Recent advances in dental optics Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry: *Optics and Lasers in Engineering*. 2013; 54:203-221.
108. Dutton E, Ludlow M, Mennito. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020; 32:204-218.
109. Cao Y, Chen JK, Deng KH. Accuracy of three intraoral scans for primary impressions of edentulous jaws. Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban: *Journal of Peking University*. 2020; 52:129-137.
110. Schmidt A, Klusmann L, Wöstmann B, et al. Accuracy of digital and conventional full-arch impressions in patients: an update: *Journal of Clinical Medicine*. 2020; 9:688.
111. Culic C, Varvara M, Tatar G. In vivo evaluation of teeth shade matching capabilities of dental intraoral scanner: *Current Health Sciences Journal*. 2018; 44:337-341.
112. Sirintawat N, Leelaratrunguang T, Poovarodom P, et al. The accuracy and reliability of tooth shade selection using different instrumental technique: *An in vitro study*. 2021; 21:7490.
113. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: a clinical study: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 121:271-275.
114. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices: *Journal of Prosthodontics*. 2007; 16:93-100.

115. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2009; 101:40-45.
116. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, Almeida Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: a clinical study: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 121:271-275.
117. Gotfredsen K, Gram M, Ben Brahem E. Effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system: a pilot study: *International Journal of Oral and Dental Health*. 2015; 1:25.
118. Mehl A, Bosch G, Fischer C, Ender A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2017; 20:343-361.
119. Moussaoui H, El Mdaghri M, Gouma A. Accuracy, repeatability and reproducibility of digital intraoral scanner for shade selection: current status of the literature: *Journal of Oral Health and Dental Science*. 2018; 2:1-6.
120. Revilla-Leon M, Methani MM, Özcan M. Impact of the ambient light illuminance conditions on the shade matching capabilities of an intraoral scanner: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020.
121. Reyes J, Acosta P, Ventura D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching: *Heliyon*. 2019;5:e02100.
122. Ebeid K, Sabet A, Della Bonna A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33:844-848.

123. Barreto IC, Costa PP. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: a clinical study: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020; 121:271-275.
124. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020; 123:322-329.
125. Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei P. Visual and digital tooth shade selection methods, relative effective factors and conditions, and their accuracy and precision: a literature review: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33:1084-1104.
126. Brandt J, Nelson S, Lauer HC. In vivo study for tooth colour determination visual versus digital: *Clinical Oral Investigations*. 2017; 21:2863-2871 .
127. Hampe Kautz V, Salehi A, Senger Bl. A comparative in vivo study of new shade matching procedures: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2020; 23:317-323.
128. Yoon HI, Bae JI, Park JM. A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner: *Journal of Prosthodontics*. 2018; 27:670-675.
129. Yılmaz B, Irmak Ö, Yaman BC. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019; 31:500-507.
130. Bilius V., Rutkunas V, Dirse J. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020; 123: 322-329.

131. Gotfredsen K, Gram M, Ben Brahem E. Effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system: a pilot study: *International Journal of Oral and Dental Health*. 2015; 1:25.
132. Fischer C, Mehl A, Bosch G, Ender A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2017; 20:343-361.
133. Acosta P, Reyes J, Ventura D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching: *Heliyon*. 2019;5: e02100.
134. Barreto IC, Liberato WF, Costa PP, Almeida Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: a clinical study: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 121:271-275.
135. Sabet A, Ebeid K, Della BA. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020; 12687
136. Varvara M, Culic C, Tatar G. In vivo evaluation of teeth shade match capabilities of a dental intraoral scanner: *Current Health Sciences Journal*. 2018; 44:337-341.
137. Hampe Kautz V, Salehi A, Senger B, Etienne O. A comparative in vivo study of new shade matching procedures: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2020; 23:317-323.
138. Tam, W.; Lee, H. Dental shade matching using a digital camera: *Journal of Dental Sciences*. 2012; 40, e3–e10.

139. Luo, W.; Naeeni, M.; Platten, S.; Wang, J.; Sun, J.N.; Westland, S.; Joiner, A. The in vitro and in vivo reproducibility of a video-based digital imaging system for tooth colour measurement: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2017; 67, S15–S19.
140. Jarad, F.D.; Albadri, S.; Mair, L.H. The use of objective digital matching to achieve an esthetic composite restoration: *Journal of Dentistry and Oral Research*. 2008; 19, 9–13.
141. Liu, Y.; Zhang, R.; Ye, H.; Wang, S.; Wang, K.P.; Liu, Y.; Zhou, Y. The development of a 3D colour reproduction system of digital impressions with an intraoral scanner and a 3D printer: *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 9, 20052.
142. Bosch, G. Mehl, A., G.; Fischer, C.; Ender, A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International Journal of Computerized Dentistry*. 2017; 20, 343–361.
143. Mohammad Akl, Mansour D., E., Zheng, F. The role of intraoral scanners in the shade matching process: a systematic review: *Journal of Prosthodontics*. 2023; 32(3), 196-203.
144. El Sergany, Ebeid, K., Sabet, A., Della Bona, A. Accuracy and repeatability of different intraoral instruments on shade determination compared to visual shade selection: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2022; 34(6), 988-993.
145. Yaman, Yılmaz, B., Irmak, Ö., B. C. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019; 31(5), 500-507.

146. Brandt, J., Nelson, S., Lauer, H. C., von Hehn, U., Brandt, S. In vivo study for tooth colour determination visual versus digital: *Clinical oral investigations*. 2017; 21, 2863-2871.
147. Yoon HI, Bae JW, Park JM, Chun YS, Kim MA, Kim M. A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner: *Journal of Prosthodontics*. 2018; 27:670-675.
148. Revilla-Leon, M., Methani, M. M., Özcan, M. Impact of the ambient light illuminance conditions on the shade matching capabilities of an intraoral scanner: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33(6), 906-912.
149. Ventura, Reyes, J., Acosta, P., D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching: *Heliyon*. 2019; 5(7).
150. Huang, M., Ye, H., Chen, H., Zhou, Y., Liu, Y., Wang, Y., Sun, Y. Evaluation of accuracy and characteristics of tooth-color matching by intraoral scanners based on Munsell color system: an in vivo study: *Odontology*. 2022; 110(4), 759-768.
151. Della Bona, Ebeid, K., Sabet, A., El Sergany, O., A. Accuracy and repeatability of different intraoral instruments on shade determination compared to visual shade selection: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2022; 34(6), 988-993.
152. Mesaros A., Culic C., Varvara M., Tatar, G., Simu, Rica, R., In vivo evaluation of teeth shade match capabilities of a dental intraoral scanner: *Current health sciences journal*. 2018; 44(4), 337.

153. Dirse, J. Rutkunas, V., Bilius, V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination: *Journal of prosthetic dentistry*.2020; 123(2), 322-329.
154. Yoon, H. I., Bae, J. W., Park, J. M., Chun, Y. S., Kim, M. A., Kim, M. A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner: *Journal of Prosthodontics*. 2018; 27(7), 670-675.
155. Czigola, A., Roth, I., Vitai, V., Feher, D., Hermann, P., Borbely, J. Comparing the effectiveness of shade measurement by intraoral scanner, digital spectrophotometer, and visual shade assessment: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.2021; 33(8), 1166-1174.
156. Irmak, Yılmaz, B., Ö., Yaman, B. C. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019; 31(5), 500-507.
157. Culic C., R., Mesaros A., In vivo evaluation of teeth shade match capabilities of a dental intraoral scanner: *Current health sciences journal*. 2020; 44(4), 338.
158. Wang, Huang, M., Ye, H., Chen, H., Zhou, Y., Liu, Y., Sun, Y. Evaluation of accuracy and characteristics of tooth-color matching by intraoral scanners based on Munsell color system: an in vivo study: *Odontology*. 2022; 110(4), 759-768.
159. Brandt, J., Nelson, S., Lauer, H. C., von Hehn, U., Brandt, S. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital: *Clinical oral investigations*. 2017; 21, 2863-2871.

160. Bosch, Mehl, A., G., Fischer, C., Ender, A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International journal of computerized dentistry*. 2017; 20(4).
161. Almeida, Liberato, W. F., Barreto, I. C., Costa, P. P., C. C., Pimentel, W., Tiossi, R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study: *Journal of prosthetic dentistry*. 2019; 121(2), 271-275.
162. Acosta, Reyes, J., Ventura, D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching: *Heliyon*. 2021; 5(7).
163. Sabet, Ebeid, K.A., Della Bona, A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33(6), 844-848.
164. Zhou, Liu, Y., Zhang, R., Ye, H., Wang, S., Wang, K. P., Liu, Y., The development of a 3D colour reproduction system of digital impressions with an intraoral scanner and a 3D printer: a preliminary study: *Scientific reports*. 2019; 9(1), 20052.
165. Hampe Kautz, V., Salehi, A., Senger, B., Etienne, O. A comparative in vivo study of new shade matching procedures: *Journal of Dentistry and Oral Research*. 2020; 23(4), 317-323.
166. Salehi, Ebeid, K., Sabet, A., Della Bona, A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33(6), 844-848.

167. Chen, H., Huang, J., Dong, X., Qian, J., He, J., Qu, X., Lu, E. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching: *Quintessence International*. 2012; 43(8).
168. Ender, A Mehl, A., Bosch, G., Fischer, C., A. In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods: *International journal of computerized dentistry*. 2017; 20(4).
169. Sirintawat, N., Leelaratrungruang, T., Poovarodom, P., Kiattavorncharoen, S., Amornsettachai, P. The accuracy and reliability of tooth shade selection using different instrumental techniques: An in vitro study.: *Sensors*,2021; 21(22), 7490.
170. Beyabanaki, Tabatabaian, F.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: *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021; 33(8), 1084-1104.
171. Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., Paravina, R. D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects: *Journal of dentistry*. 2010; 38, e2-e16.
172. Tabatabaian, F., Namdari, M., Mahshid, M., Vora, S. R. Mirabbasi, S. Accuracy and precision of intraoral scanners for shade matching: A systematic review: *Journal of dentistry*.2022; 08.034.
173. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature: *Journal Of Dentistry*, 2004; 32: 3-12.

EKLER

EK-1. ETİK KURUL ONAY FORMU



T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Sayı : 39

25.04.2024

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

24.04.2024 tarihli yazınız ekinde gönderilen Anabilim dalınız öğretim üyesi Prof. Dr. Funda BAYINDIR'ın danışmanlığında Dt. Onur TAŞDEMİR'in hazırladığı “*Renk Seçiminde Kullanılan Farklı Ağız İçi Tarayıcıların Etkinliğinin Değerlendirilmesi*” konulu Uzmanlık Tezine ait etik kurul başvurusu kurulumuz tarafından incelenmiş olup, konu ile ilgili alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi arz ve rica ederim.

Prof. Dr. Recep ORBAK
Etik Kurul Başkanı

Eki: Etik Kurul Kararı

Adres: Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı ERZURUM
Tel : (442) 2360942



T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Oturum Tarihi: 25/04/2024

Oturum Sayısı: 04/ 2024

KARAR

SORUMLU ARAŞTIRMACI	<i>Prof. Dr. Funda BAYINDIR Dt. Onur TAŞDEMİR</i>
Araştırmanın Açık Adı	<i>“Renk Seçiminde Kullanılan Farklı Ağız İçi Tarayıcıların Etkinliğinin Değerlendirilmesi”</i>
Karar No	39.
Alınan Karar	Prof. Dr. Funda BAYINDIR’ın danışmanlığında Dt. Onur TAŞDEMİR’in hazırladığı <i>“Renk Seçiminde Kullanılan Farklı Ağız İçi Tarayıcıların Etkinliğinin Değerlendirilmesi”</i> konulu Uzmanlık Tezi güncel Helsinki Bildirgesinde geçen kurallara uygun olarak ve Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan 19 Ağustos 2011 tarih ve 28030 sayılı “Klinik Araştırmalar Hakkındaki Yönetmelik” hükümlerine, bağlı kalınarak yapılmak şartıyla; kabul edilmesinde bilimsel ve etik açıdan sakınca olmadığına <i>oy birliği ile karar verildi</i>