

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

SÜT KESER DİŞLERİN İNDİREKT
RESTORASYONLARININ
İN VİTRO İNCELENMESİ

Murat BÜYÜKSEFİL

Pedodonti Ana Bilim Dalı
Uzmanlık Tezi

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Sera DERELİOĞLU

ERZURUM
2025

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANA BİLİM DALI

SÜT KESER DİŞLERİN İNDİREKT RESTORASYONLARININ
İN VİTRO İNCELENMESİ

Tez Savunma Tarihi : 20.06.2025

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Sera DERELİOĞLU

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Koray GENÇAY

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Fatih ŞENGÜL

Onay

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

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

Uzmanlık Tezi

ERZURUM- 2025

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Diş Çürükleri.....	4
2.2. Erken Çocukluk Çağı Çürükleri (EÇÇ)	5
2.3. Süt Keser Diş Restorasyonları	6
2.3.1. Süt ve Daimi Keser Dişler Arasındaki Anatomik ve Morfolojik Farklılıklar	6
2.3.2. Süt Keser Dişlerdeki Kuron Hazırlama İlkeleri.....	7
2.3.3. Süt Keser Dişlerin Tam Koronal Restorasyonunda Kullanılan Restoratif Materyaller.....	10
2.3.3.1. Polikarbonat Kuronlar.....	10
2.3.3.2. Strip Kuronlar	11
2.3.3.3. Paslanmaz Çelik Kuron (PÇK) ve Open-Face Kuronlar	13
2.3.3.4. PreVeneer Kuronlar	14
2.3.3.5. Prefabrike Pediatrik Zirkon Kuronlar (PZK).....	16
2.3.3.6. Pediatrik Jaket Kuronlar	22
2.4. Çocuk Diş Hekimliğinde Ağız İçi Tarayıcı ve CAD/CAM Uygulamaları.....	22
2.4.1. GC CERASMART270	27

2.5. Çocuk Diş Hekimliğinde 3D Yazıcılar	28
2.5.1. Diş Hekimliğinde 3D Baskı Teknolojileri	30
2.5.2. Pediatrik Diş Hekimliğinde 3D Baskı Uygulamaları	31
2.5.2.1. Modelleme	32
2.5.2.2. Yer Tutucu Üretimi.....	33
2.5.2.3. Protetik Restorasyonlar	33
2.5.2.4. Cerrahi Kılavuzlar ve Obturatörler	33
2.5.2.5. Splint Tasarımı ve Kırık Tedavisi.....	34
2.5.2.6. Flor Uygulaması	34
2.5.2.7. Otojen Diş Transplantasyonu.....	35
2.5.2.8. Ön Diş Restorasyonu	35
2.5.2.9. Pediatrik Endodonti ve Rejeneratif Tedaviler	35
2.6. Diş Hekimliğinde Renk ve Renk Tespit Yöntemleri	37
2.6.1. Işık ve Renk	37
2.6.2. Optik Özellikler	38
2.6.2.1. Işık Geçirgenliği	38
2.6.2.2. Floresans	38
2.6.2.3. Metamerizm	39
2.6.2.4. Opalesans	39
2.6.3. Renk Sistemleri.....	39
2.6.3.1. Munsell Renk Sistemi	40
2.6.3.2. CIE XYZ Renk Sistemi	42
2.6.3.3. CIE L*a*b* Renk Sistemi	42
2.6.3.4. CIEDE2000 Renk Sistemi	44
2.6.4. Renk Tespit Yöntemleri.....	45

2.6.4.1. Görsel Renk Tayini	45
2.6.4.2. Cihaz Kullanılarak Yapılan Renk Ölçümü	46
2.7. Yüzey Pürüzlülüğü ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri	49
2.7.1. Profilometreler	49
2.7.1.1. Optik Profilometreler	49
2.7.1.2. Mekanik (Kontak Uçlu) Profilometreler.....	49
2.7.1.3. Lazer Profilometreleri.....	50
2.8. Yüzey Sertliği ve Sertlik Ölçüm Yöntemleri.....	51
2.8.1. Brinell Sertlik Testi.....	51
2.8.2. Knoop Sertlik Testi	51
2.8.3. Rockwell Sertlik Testi	52
2.8.4. Vickers Sertlik Testi	52
3. MATERYAL VE METOT.....	55
3.1. Etik Kurul Onayı.....	55
3.2. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi	55
3.3.1. Restoratif Materyaller	57
3.3.2. Örneklerin Renk Değişiminde Kullanılacak Çözelti (Coca-Cola, Türkiye).....	57
3.4. Örneklerin Hazırlanması.....	57
3.4.1. VarseoSmile TriniQ Materyali Kullanılarak 3 Boyutlu Yazıcı ile Kuronların Üretilmesi.....	58
3.4.2. GC CERASMART270 Materyali Kullanılarak CAD/CAM Cihazı ile Kuronların Üretilmesi.....	64
3.5. Örneklerin Başlangıç Yüzey Pürüzlülüğü, Sertlik ve Renk Değerlendirmeleri	66
3.5.1. Örneklerin Başlangıç Yüzey Pürüzlülük Ölçümü	66
3.5.2. Örneklerin Başlangıç Sertlik Ölçümü.....	69

3.5.3 Örneklerin Başlangıç Renk Ölçümü	72
3.5.3.1. CIELAB Renk Ölçüm Sistemi ve Renk Değişimi (ΔE) Hesaplaması ([CIS], 1978).....	74
3.5.3.2. Translüksenslik Parametresi (TP) Değerlendirmesi ([CIS], 1978).....	75
3.6. Örneklerin Kola İçerisinde Renklendirilmesi	76
3.7. Örneklerin Sonuç Yüzey Pürüzlülüğü, Sertlik ve Renk Değerlendirmesi.....	77
3.8. İstatistiksel Değerlendirme	77
4. BULGULAR.....	78
4.1. Sertlik Testi Bulguları.....	78
4.2. Pürüzlülük Testi Bulguları.....	82
4.3. Translüksenslik Parametresi (TP) Bulguları.....	86
4.4. Renk Değişimi (ΔE) Bulguları.....	90
5. TARTIŞMA.....	92
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	126
KAYNAKLAR	129
EKLER	181
EK-1. ÖZGEÇMİŞ	181
EK-2. ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU.....	182
EK-3. ETİK KURUL ONAY FORMU	183

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli bilgi ve deneyimleriyle bana rehberlik eden, sabır ve desteğini esirgemeyen kıymetli danışmanım ve Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Sera Şimşek DERELİOĞLU'na

Uzmanlık eğitimim boyunca mesleki bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Fatih ŞENGÜL, Dr. Öğr. Üyesi Periş ÇELİKEL, Dr. Öğr. Üyesi Fatma SARAÇ ve Dr. Öğr. Üyesi Aybike Baş ÖZTÜRK'e

Her zaman desteğini, bilgisini ve samimiyetini paylaşan kıymetli kıdemli arkadaşlarım Uzm. Dt. Rabia YÜCEL, Uzm. Dt. Mehpere YENER, Uzm. Dt. Sena CEYLAN ve Uzm. Dt. Zehra Merve KOÇKÖPRÜ'ye

Birlikte vakit geçirmekten büyük keyif aldığım, her zaman hayatımda özel bir yere sahip olacak değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Dt. Burak YAZICI, Arş. Gör. Dt. Sümeyye ZİLAN, Arş. Gör. Dt. Hazar BAHA KARADENİZ ve bölümün diğer değerli çalışanlarına

Uzmanlık eğitimim süresince sabrı, sevgisi ve sonsuz desteğiyle daima yanımda olan sevgili eşim Arş. Gör. Dt. Aleyna Meltem Büyüksefil'e

Her zaman yanımda olan, sevgileri ve destekleriyle bana güç veren canım aileme,

Bu çalışma, 2024/14603 numaralı proje kapsamında Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Sağladıkları değerli katkılardan dolayı Atatürk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Murat BÜYÜKSEFİL

ÖZET

Süt Keser Dişlerin İndirekt Restorasyonlarının İn Vitro İncelenmesi

Amaç: Bu tez çalışmasında, NuSmile® prefabrik zirkonyum, 3D baskı VarseoSmile TriniQ ve CAD/CAM GC CERASMART270 kuronların renklenme, yüzey pürüzlülüğü ve sertlik özellikleri üzerindeki renklendirici asitli çözeltinin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışma, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-Ge Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çocuk diş hekimliğinde yaygın üç restoratif materyalden her gruptan 10'ar örnek hazırlanarak yüzey pürüzlülüğü, sertlik ve renk değişimi değerlendirilmiştir. Örnekler, 37°C'de 7 gün renklendirici asitli çözeltiye maruz bırakılmış, ardından analiz edilmiştir. Veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: Asidik maruziyet sonrası tüm gruplarda sertlik azalmış, en büyük düşüş TriniQ (%12.42, $p<0.001$) ve CERASMART270 (%7.63, $p<0.001$) gruplarında görülmüştür. Pürüzlülük en fazla TriniQ (%25, $p<0.001$) ve CERASMART270 (%22.9, $p<0.001$) gruplarında artmıştır. Translüsenslik TriniQ'de azalmış ($p=0.002$), CERASMART270'de artmış ($p<0.001$), ancak NuSmile® grubunda anlamlı değişim olmamıştır ($p=0.673$). Renk değişimi en fazla TriniQ (3.19 ± 1.28 , beyaz zemin) ve CERASMART270 (4.33 ± 3.33 , siyah zemin, $p<0.001$) gruplarında gözlenmiştir.

Sonuç: Asidik içecekler restoratif materyallerin sertlik, pürüzlülük, translüsenslik ve renk stabilitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle malzeme seçimi klinik başarı için kritiktir. TriniQ düşük maliyetiyle öne çıkarken, NuSmile® testlerde daha stabil bulunarak avantaj sağlamıştır. Gelecekteki çalışmaların uzun süreli ve ağız içi koşullara daha uygun tasarlanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3 boyutlu yazıcı, CAD/CAM, prefabrik kuron, renk stabilitesi, translüsenslik, yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

In Vitro Investigation of Indirect Restorations for Primary Anterior Teeth

Objective: This thesis aimed to investigate the effect of a pigmented acidic solution on the discoloration, surface roughness, and hardness properties of three commonly used pediatric restorative crown materials: NuSmile® prefabricated zirconia crowns, 3D-printed VarseoSmile TriniQ crowns, and CAD/CAM-fabricated GC CERASMART270 crowns.

Materials and Methods: The study was conducted at the R&D Laboratory of Atatürk University Faculty of Dentistry. Ten specimens were prepared from each material group, all widely used in pediatric dentistry. Surface roughness, hardness, and color change were evaluated. The specimens were immersed in a pigmented acidic solution at 37°C for 7 days and subsequently analyzed. The data were statistically evaluated.

Results: Hardness decreased in all groups, most notably in TriniQ (12.42%, $p<0.001$) and CERASMART270 (7.63%, $p<0.001$). Surface roughness increased significantly in TriniQ (25%, $p<0.001$) and CERASMART270 (22.9%, $p<0.001$). Translucency decreased in TriniQ ($p=0.002$) but increased in CERASMART270 ($p<0.001$), with no significant change in NuSmile® ($p=0.673$). The highest color change was observed in TriniQ ($\Delta E=3.19\pm1.28$, white background) and CERASMART270 ($\Delta E=4.33\pm3.33$, black background, $p<0.001$).

Conclusion: Acidic beverages negatively impact the tested materials' hardness, roughness, translucency, and color stability. While TriniQ is cost-effective, NuSmile® demonstrated greater stability. Future studies should simulate intraoral conditions more accurately with longer observation periods.

Key Words: 3D printing, CAD/CAM, prefabricated crown, color stability, translucency, surface roughness.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3D	: Üç boyutlu (Three-dimensional)
AAPD	: Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (American : Academy of Pediatric Dentistry)
AM	: Eklemeli üretim (Additive manufacturing)
BT	: Bilgisayarlı tomografi
CAD/CAM	: Bilgisayar destekli tasarım / bilgisayar destekli üretim (Computer- aided design / Computer-aided manufacturing)
CBCT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (Cone beam computed tomography)
CIEDE2000	: Renk farkı hesaplama yöntemi (Color Difference Formula 2000)
CIELAB	: Renk ölçüm sistemi (Commission Internationale de l'eclairage lab*)
CİS	: Cam iyonomer siman
DLP	: Dijital ışık işleme
EÇÇ	: Erken çocukluk çağı çürükleri
HV	: Vickers sertlik değeri (vickers hardness value)
PÇK	: Paslanmaz çelik kuron
PEKK	: Polietereterketon
pH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu (potential of hydrogen)
PZK	: Prefabrike zirkon kuron
Ra	: Ortalama pürüzlülük değeri (arithmetical mean roughness)
RMCİS	: Rezin modifiye cam iyonomer siman
SM	: Çıkartmalı üretim (subtractive manufacturing)
STL	: Standart tesellasyon dili (standard tessellation language)
TP	: Translüsenslik parametresi

Y-TZP	: Yitria tetragonal zirkonyum polisakkarit
ΔE	: Renk değişimi (color difference)
ΔE_{00}	: CIEDE2000 renk farkı formülü ile hesaplanan renk farkı
ΔE_{ab}	: CIELAB renk farkı formülü ile hesaplanan renk farkı



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. NuSmile ® A6R vestibuler yüzey (A), palatinal yüzey (B).....	22
Şekil 2.2. GC CERASMART270	28
Şekil 2.3. VarseoSmile TriniQ	37
Şekil 2.4. Munsell renk sistemi (Sengez & Dörter, 2019).....	40
Şekil 2.5. Hue (Ton), Chroma (Doygunluk) ve Value (Parlaklık)	42
Şekil 2.6. CIELAB renk sistemi	43
Şekil 2.7. Vickers ucu: 136° yüzey açısına sahip kare tabanlı elmas piramit	53
Şekil 2.8. Vickers Girinti Aralığı: Girinti merkezleri arasında en az 4 diyagonal uzunluk (d) bulunmalıdır. Çatlak oluşması durumunda, bu mesafe en az 5 diyagonal uzunluk (d) olacak şekilde artırılmalıdır	53
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan renklendirici asitli çözelti	57
Şekil 3.2. Tarama İçin Ön Hazırlık.....	58
Şekil 3.3. Taranmış model	58
Şekil 3.4. Blender uygulaması ile kontrol ve minimal düzeltme.....	59
Şekil 3.5. BEGO Varseo XS.....	60
Şekil 3.6. 30° açının ayarlanması	60
Şekil 3.7. Üretim Tablasında Kuronların Görüntüsü ve Yerleşimi (A) ve (B)	61
Şekil 3.8. Reçinenin Üretim Tankına Aktarılması	61
Şekil 3.9. Üretimi Tamamlanan Kuronlar	62
Şekil 3.10. BEGO Otoflash	62
Şekil 3.11. Sagemax NexxZr Shine.....	63
Şekil 3.12. Pamuk Keçe Fırça	63
Şekil 3.13. 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen Kuronlar	64

Şekil 3.14. SIRONA Cerec Bluecam (Almanya)	65
Şekil 3.15. Silikon ölçü maddesi(A), Oluşturulan Çekirdek Yapı(B), Kuron ile Uyumu(C)	65
Şekil 3.16. Üretim Aşaması	66
Şekil 3.17. CAD/CAM Cihazı ile Üretilen Kuronlar	66
Şekil 3.18. Taylor Hobson (İngiltere).....	67
Şekil 3.19. Referans Örnek.....	67
Şekil 3.20. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü	69
Şekil 3.21. Future Tech Corp. (Japonya).....	70
Şekil 3.22. Ölçüm Ekranı ve Parametreler	71
Şekil 3.23. Yüzey Sertlik Ölçümü	72
Şekil 3.24. VITA EasyShade V	73
Şekil 3.25. Cihazın kalibrasyonu	73
Şekil 3.26. Beyaz çekirdek yapı (A) ve Kuron ile uyumu (B)	74
Şekil 3.27. Siyah çekirdek yapı (A) ve Kuron ile uyumu (B)	74
Şekil 3.28. ETÜV cihazında Eppendorf tüpleri içerisindeki örnekler (A), 37 °C (B) ...	76
Şekil 4.1. Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerine ait çubuk grafiği	80
Şekil 4.3. Çalışma gruplarının başlangıç ve son yüzey pürüzlülük ölçümlerine (Ra) ait çubuk grafiği	85
Şekil 4.4. Çalışma grupları ve ölçüm zamanlarına göre TP ölçümlerinin dağılımlarına ait çubuk grafiği	89
Şekil 4.5. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımlarına ait çubuk grafiği	91

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 4.1. Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerlerinin karşılaştırılması	79
Tablo 4.2. Çalışma gruplarının Vickers sertlik ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması.....	81
Tablo 4.3. Çalışma gruplarının Vickers sertlik ölçümlerine ait oransal değişimleri ve karşılaştırılması	81
Tablo 4.4. Çalışma gruplarının başlangıç ve son yüzey pürüzlülük ölçümlerinin (Ra) karşılaştırılması	83
Tablo 4.5. Çalışma gruplarında yüzey pürüzlülük ölçümlerine (Ra) ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması	86
Tablo 4.6. Çalışma gruplarına ve ölçüm zamanlarına göre TP ölçümlerinin minimum ve maksimum değerleri ile bu ölçümlerin dağılımları ve karşılaştırılması	88
Tablo 4.7. Çalışma gruplarına TP ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması	90
Tablo 4.8. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımları ve karşılaştırılması	90

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğü, ağız içindeki bakterilerin karbonhidratları fermente etmeleri sonucunda ortaya çıkan asitlerin diş mineral dokularında meydana getirdiği fiziksel ve kimyasal hasar olarak tanımlanabilir (Özcan, 2016). 71 aylık veya daha küçük yaş grubundaki çocuklarda, süt dişlerinde görülen bir veya daha fazla çürük, dolgulu yüzeyler ve çürük sonrası diş kaybı gibi belirtilerle tanımlanan erken çocukluk çağı çürükleri (EÇÇ), önleyici tedbirlerin yaygınlaşmasına rağmen hala önemli bir sağlık sorunu olarak devam etmektedir. Erken çocukluk çağı çürüğünün (EÇÇ) risk faktörleri arasında; düşük sosyoekonomik düzey, fermente edilebilir karbonhidratların sık tüketimi, ağızda görünür plak birikimi, Streptococcus mutans bakterisinin varlığı ve dişlerin uzun süre karyojenik etkenlere maruz kalması yer almaktadır. Bu faktörler, özellikle süt dişlerinde erken çürük oluşumuna ve dişlerin zamanından önce kaybına neden olabilmektedir (Warren ve ark., 2021). Süt dişlerindeki ağrı, enfeksiyon veya bunların neden olduğu diş kayıpları, çiğneme fonksiyonundaki azalma nedeniyle beslenmeyi dolayısıyla büyümeyi ve gelişimi olumsuz yönde etkileyebilir. Erken süt dişi kayıplarıyla birlikte çekim boşluğunda komşu süt dişlerinin hareketi, yer kayıplarına ve maloklüzyonlara yol açabilir (Ferraz ve ark., 2014). Ayrıca, çocukların yüz estetiği açısından önemli olan ön süt keser dişlerindeki çürük veya kayıpların neden olduğu estetik problemler ve buna bağlı olarak özsaygı eksikliği, sosyal hayatlarında iletişim sorunlarına ve insan ilişkilerinde başarısızlığa yol açabilir (Filstrup ve ark., 2003b). Erken ön diş kayıplarının sıkça yol açtığı konuşma bozuklukları, çocuğun iletişim sorunları yaşama olasılığını artırabilir (Alkarimi ve ark., 2014).

Aşırı madde kaybı olan süt dişlerinin tedavisinde genellikle tam koronal restorasyon yöntemi tercih edilir (Kumar & Sinha, 2014). Pediyatrik kuronlar temel olarak üç kategoriye ayrılır: prefabrike hazır kuronlar; modifiye edilmiş prefabrike hazır

kuronlar ve yüzey materyali eklenerek uyarlanabilen özel yapım kuronlar (Aktaş & Ciftci, 2024).

EÇÇ’de yaygın olarak uygulanan tedavi yöntemlerinden biri olan tam kuron restorasyonları üzerine birçok çalışma yapılmış ancak bu çalışmalarda 3D yazıcılarla üretilen kuronlara yer verilmediği tespit edilmiştir. Planlanan bu araştırmada, hastalara uygulanacak pediatrik prefabrike 3D reçine kuronların belirli laboratuvar testlerine tabi tutulup başarılarının ölçülmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, rutin klinik pratiğinde kullanılan ancak maliyeti yüksek ve temini zor olan prefabrike zirkon kuronlara (PZK) alternatif olarak üç boyutlu yazıcı ile elde edilen reçine kuronlar in vitro ortamda test edilmiştir. Böylece, bu reçine kuronlar sayesinde tam koronal restorasyon tedavisi daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilecek, dişlerin ağızda kalması sağlanacak ve tedavi tekrarları veya farklı tedavi uygulamaları gereksinimi azaltılarak sağlık harcamaları düşürülecektir. Ayrıca, çocuklarda stres ve endişe yaratan girişimsel işlemlerin tekrarlanması da önlenmiş olacaktır.

Tez çalışmamızda, PZK’lar, bilgisayar destekli tasarım (CAD) / bilgisayar destekli üretim (CAM) ile hazırlanmış hibrit seramik kuronlar ve 3D yazıcı ile üretilmiş reçine kuronların, renklendirici asitli çözeltiye maruz kalma sonrası sertlik, pürüzlülük, translüenslik parametresi (TP) ve renk değişimi (ΔE) açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamızda aşağıdaki hipotezler test edilmiştir:

Hipotez 1: NuSmile®, TriniQ ve CERASMART270 kuronlarının sertlik değerleri üzerinde renklendirici asitli çözeltide bekletilmenin etkisi yoktur.

Hipotez 2: NuSmile®, TriniQ ve CERASMART270 kuronlarının yüzey pürüzlülüğü üzerinde renklendirici asitli çözeltide bekletilmenin etkisi yoktur.

Hipotez 3: NuSmile®, TriniQ ve CERASMART270 kuronlarının TP üzerinde renklendirici asitli çözeltide bekletilmenin etkisi yoktur.

Hipotez 4: NuSmile®, TriniQ ve CERASMART270 kuronlarının ΔE üzerinde renklendirici asitli çözeltide bekletilmenin etkisi yoktur.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürükleri

Ağız içindeki bakterilerin karbonhidratları fermante etmeleri sonucunda ortaya çıkan asitlerin diş mineral dokularında meydana getirdiği fiziksel ve kimyasal hasar diş çürüğü olarak tanımlanmaktadır (Özcan, 2016). Gelişmekte olan ülkelerde, koruyucu diş hekimliği uygulamalarının eksikliği nedeniyle, süt dişleri sürme sürecinin ardından çok kısa bir sürede yaygın çürükler sebebiyle çekilmek zorunda kalmaktadır (Mortada & King, 2004; Usha ve ark., 2007).

Diş çürüğü, çürüğe yatkın diş yüzeyi (konak), dental plakta bulunan kariyojenik mikroorganizmalar, fermente edilebilir karbonhidratlar (diyet) ve zaman olmak üzere dört temel etmenin etkileşimiyle gelişen multifaktöriyel, biyofilm aracılı bir hastalıktır. Bu etmenlerin süreklilik ve denge halindeki etkileşimi sonucunda mineral kaybı oluşur ve bu durum zamanla diş sert dokularının lokalize destrüksiyonu ile klinik olarak gözlemlenebilir çürük lezyonlarına dönüşür (Fejerskov, 2004). Tedavi edilmeyen diş çürüğünün ciddi sonuçları, Maryland’de 12 yaşındaki bir çocuğun apseli bir dişin sebep olduğu enfeksiyonun beynine yayılması sonucu hayatını kaybetmesiyle bir kez daha gözler önüne serilmiştir (Otto, 2007).

Diş çekimi, kalıcı dişlerin sıralanmasını ve çene yapısının gelişimini etkilemektedir. Bu durum, özellikle çene kemiğinin uygun şekilde gelişmemesi ve dişlerin yer değiştirmesi sonucunda, ilerleyen yaşlarda ortodontik problemlerin ortaya çıkma riskini artırabilir. Çekilen dişin yerini dolduracak uygun tedavi yöntemleri kullanılmazsa, kalan dişlerin pozisyonu bozulabilir, bu da hem fonksiyonel hem de estetik açıdan çeşitli sorunlara yol açabilir. Düzensiz dişler ve çiğneme zorlukları ise periodontal hastalıklara karşı artan bir yatkınlık oluşturabilir. Küçük çocuklarda diş çekimi ve geniş

çaplı diş tedavileri, bilinçli sedasyon veya genel anestezi ile yapılan işlemler nedeniyle ek riskler ve maliyetler doğuran kontrollü ortamlarda gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda ağızdaki eksik veya çürük dişler sebebiyle çocuğun akran zorbalığına uğramasına, dolayısıyla özgüven sorunları yaşamasına sebep olabilir (Acs ve ark., 1999; Vargas ve ark., 1998).

Ebeveynler, genellikle ağrıya neden olan semptomlar ortaya çıkmadan önce diş hekimine başvurmamaktadır. Ancak, ağrıya yol açacak bir durum mevcutsa, sıklıkla kanal tedavisi veya diş çekimi gibi daha invaziv tedavilere ihtiyaç duyulmaktadır. Süt dişi çürükleri tedavi edilmez veya tedavide gecikme yaşanır, bu durum ekstraoral enfeksiyonlara neden olabilir ve parenteral antibiyotik tedavisi ile hastane yatışı gerektirebilir. Ayrıca, kronik süt dişi enfeksiyonları, kalıcı dişlerin gelişimini olumsuz yönde etkileyerek Turner hipoplazisi riskini artırabilir (Filstrup ve ark., 2003a). Süt dişleri, dil ve dudaklarla birlikte konuşma fonksiyonunun gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle ön dişlerin erken kaybı, diş/dudak ünsüzleri (örneğin, v ve f harfleri) ile dil ucu/diş ünsüzlerinin (d, t, s, n ve z gibi) doğru diksiyonla telaffuzunda zorluklara yol açabilmektedir (Alkarimi ve ark., 2014).

Süt dişlerinin erken kayıpları, çene yapısının ve çevre kas dokusunun gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle ön dişlerin kaybına bağlı olarak gelişebilecek olumsuz alışkanlıklar (örneğin, dil itme veya emme) ve daha nadir görülen ağız çevresi kas tonusundaki düşme ile alt çene boyutlarında meydana gelen değişiklikler, bu olumsuz etkileri içinde barındırır (Slabšinskienė ve ark., 2010).

2.2. Erken Çocukluk Çağı Çürükleri (EÇÇ)

AAPD, EÇÇ'yi 71 ay ya da daha küçük bir çocuğun herhangi bir süt dişinde, çürük (kavite içeren veya içermeyen lezyonlar), çürük nedeniyle kaybedilen veya dolgu yapılmış diş yüzeylerinin bulunması olarak tanımlamıştır. Üç yaşındaki bir çocuğun dört

ya da daha fazla dişinde, dört yaşındaki bir çocuğun beş veya daha fazla dişinde; beş yaşında ise altı ya da daha fazla dişinde çürük, dolgu veya eksik dişinin olması “*Şiddetli Erken Çocukluk Çağı Çürüğü*” olarak nitelendirilmektedir (AAPD, 2019).

2.3. Süt Keser Diş Restorasyonları

Süt keser dişleri, ortalama 6. ayda çıkmaya başlar ve 6-7 yıl süreyle işlev görürler (Hegde S, 2012). Çürük lezyonlu bu dişlerin tedavisi, beslenme, konuşma ve estetik işlevlerin devamı açısından önemlidir (Tinanoff ve ark., 2002). Ayrıca, travmalar veya gelişimsel sorunlar nedeniyle de bu dişlerde tedavi gerekebilir; tedavi türü ve materyal seçimi geride kalmış diş dokusunun miktarı, izolasyon durumu, estetik ihtiyaçlar ve hasta uyumu gibi faktörlere göre belirlenir (Waggoner, 2015).

2.3.1. Süt ve Daimi Keser Dişler Arasındaki Anatomik ve Morfolojik Farklılıklar

Süt ve daimi keser dişlerin restorasyonları genellikle birbirine benzese de süt keser dişler, kendilerine özgü anatomik ve histolojik özellikleri nedeniyle daimi keser dişlerden farklılık gösterir. Uygulanan tedavinin başarısı için bu özelliklerin bilinmesi oldukça önemlidir. Süt dişlerini daimi dişlerden ayıran bazı özellikler aşağıda belirtilmiştir (Waggoner W, 2019).

Süt dişleri, daimi dişlerle kıyaslandığında genellikle daha küçük boyuttadır; bu durum, çocukların çene yapısına anatomik olarak uyum sağlayacak şekilde gelişmiştir.

1. Servikal bölgede, süt dişleri daha belirgin bir daralma gösterirken, daimi dişler bu yönden daha düz bir yapıya sahiptir.
2. Servikal 1/3 seviyesi süt dişlerinde daimi dişlerin kuronlarına göre daha belirgin ve çıkıntılı bir kontur bulunmaktadır.
3. Kuron/kök boyutları göz önünde bulundurulduğunda, süt dişleri oransal olarak daha uzun köklere sahiptir; bu, dişlerin ağızda daha stabil durmasını sağlar.

4. Süt dişlerindeki mine ve alt tabakası dentinin kalınlığı, daimi dişlere oranla daha ince olup, bu durum çürüğe yatkınlık oluşturabilir.
5. Süt dişleri, daimi dişlere kıyasla daha beyaz bir renge sahiptir; bu, yapısal ve mineral içerik farklılıklarından kaynaklanır.
6. Süt dişlerinde, daimi dişlerde olduğu kadar şekil anomalileri nadiren görülür; bu, daha homojen bir görünüm sağlar.
7. Süt dişi kontakları genellikle yüzey şeklinde ve diş eti seviyesine daha yakınken, daimi dişlerde bu kontaklar genellikle noktasal bir yapı gösterir.
8. Pulpa odası süt dişlerinde daimi dişlere kıyasla daha geniştir ve pulpa boynuzları yüzeye daha yakındır.
9. Süt dişlerinde bulunan mine prizmaları okluzal yönde daha geniş bir açı yaparak uzanırken, daimi dişlerde bulunan mine prizmaları genellikle daha yatay bir düzlemde uzanır.
10. Daimi dişlerdeki aprizmatik mine tabakası, süt dişlerinde tüm yüzeyi kaplayacak şekilde daha kalındır; bu da korunma açısından bir avantaj sağlar.
11. Diş minesini süt dişlerinde daimi dişlere göre daha az mineralize olduğu için aşınmaya daha yatkındır; bu, çürük gelişimini kolaylaştırabilir.
12. Diş minesinin organik içeriği, süt dişlerinde daimi dişlere göre daha fazladır; bu durum, yapıların dayanıklılığını etkiler.
13. Daimi dişlerde dentin tübül yoğunluğu süt dişlerine göre daha fazlayken, peritübüler dentin kalınlığı ise süt dişlerinde daha yüksektir.

2.3.2. Süt Keser Dişlerdeki Kuron Hazırlama İlkeleri

Süt keser dişler genellikle çürük, daha nadiren de travma veya gelişimsel bozukluklar nedeniyle restorasyon gerektirebilir. Tedavi planlamasında mevcut diş dokusunun durumu, izolasyon koşulları ve estetik ihtiyaçlar gibi faktörler dikkate

alınmalıdır. Defektin boyutuna bağılı olarak dolgu ya da kuron tercih edilebilir. Yeterli diş desteğı sağlanabiliyorsa, çeşitli intrakoronal restorasyonlar kullanılabilir (Waggoner, 2015).

Fazla madde kayıplarına sahip süt keser dişlerin tedavisinde, tutuculuk ve dayanıklılığı sağlamak önemli olduğundan, tam koronal restorasyonlar genellikle tercih edilir. Bu tip restorasyonlar, dişin bütünlüğünü desteklemek ve uzun ömürlü bir çözüm sağlamak amacıyla uygulanır. Özellikle büyük madde kayıplarında, tam koronal kaplamalar, dişe yeterli kuvveti kazandırarak fonksiyonel desteğı artırır ve bu tür vakalar için ideal bir tedavi seçeneğı sunar. Tam koronal restorasyonların süt keser dişlerde tercih edildiğı durumlar şu şekildedir (Fellagh, 2016; Waggoner, 2015; Waggoner & Nelson, 2019):

1. Birden fazla yüzeyi etkileyen çürük durumunda,
2. Tek bir yüzeyi ilgilendirse bile büyük çürük lezyonları,
3. İnsizal kenarı içine alan kırıklar,
4. Diş sert dokusunun gelişimsel bozuklukları ve hipoplaziler gibi yapısal eksikliklerde,
5. Vital ya da non-vital pulpa tedavisi geçiren dişlerde,
6. Yüksek çürük riski taşıyan hastalarda geniş servikal dekalsifikasyon ve küçük ara yüz çürüklerinde,
7. Nem kontrolünün zor olduğu veya kanama sorunları olan dişlerde,
8. Diş gıcırdatma (bruksizm) hastalarında, dişlerin aşırı aşınmasını önlemede ve
9. Çürük riski yüksek, iş birliğı sınırlı çocuklarda, tam koronal kaplamalar tercih edilir.

Bu durumların her birinde, dişin dayanıklılığını korumak ve uzun süreli işlev sağlamak için tam koronal restorasyonlar önemli bir tercih olarak öne çıkar.

2.3.2.1. Süt Keser Dişlerde Kuron Preparasyonu

Süt keser dişlerde kuron hazırlığı aşamalarına bakıldığında, öncelikle lokal anestezi yapılır ve izolasyon lastik örtüyle sağlanır. Eğer kompozit strip kuron kullanılacaksa, izolasyon öncesinde renk seçimi yapılmalıdır (Kupietzky ve ark., 2003). Sonrasında, dişin mesio-distal genişliğine göre uygun kuron boyutu belirlenir. Çürümüş dokular, düşük hızlı döner aletle ve çelik rond frez kullanılarak temizlenir. Dişin insizal kısmı yaklaşık 1,5 mm kadar, proksimal yüzeyleri ise 0.5-1.0 mm arasında, gerekirse 1.5 mm'ye kadar zirkonyum kuronlar için prapare edilir. Labial ve lingual yüzeyler de en az 1.0 mm küçültülür; zirkonyum kullanıldığında fasiyal ve lingual yüzeylerde biraz daha fazla azaltma yapılabilir. Gingival marjinler bıçak sırtı gibi sonlandırılır. Strip kuronlarda, fasiyal yüzeyin gingival üçte birinde bir retansiyon oluğu yapılabilir (Waggoner W, 2019), ancak bu işlem zirkonyum uygulamalarında yapılmaz. Son olarak, tüm keskin kenarlar yuvarlatılarak pürüzsüz bir yüzey elde edilir.

Kompozit strip kuron uygulanırken, uygun boyuttaki kuron gingival ve insizoservikal yönlerde kesilerek şekillendirilir. Kuronun diş eti sınırının yaklaşık 1 mm altına yerleşmesi sağlanır. Provadan sonra, fazla kompozitin çıkması için kuronun mezioinsizal ve distoinsizal köşelerine sond ile delikler açılır. Dişe asit ve bağlayıcı ajan uygulanarak uygun renkteki kompozit, kurona yüklenip preparasyon yapılmış dişe yerleştirilir. Kompozit fasiyal ve palatinal yönde ışıkla sertleştirilir; ardından strip kuron çıkartılır ve bitim işlemleri tamamlanır.

Zirkonyum kuron yerleştirilirken, kuronun dişe tamamen uyumlu olması önemlidir. Diş eti uyumu ve okluzyon kontrol edildikten sonra, üretici firmanın talimatlarına uygun biçimde yapıştırılır ve işlem tamamlanır.

2.3.3. Süt Keser Dişlerin Tam Koronal Restorasyonunda Kullanılan Restoratif Materyaller

2.3.3.1. Polikarbonat Kuronlar

Polikarbonat kuronlar, 1970’lerde estetik tedavi amacıyla anterior süt dişlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu kuronların açık veya koyu renkte olmak üzere iki farklı seçeneği mevcuttur ve yaklaşık 0.3 mm kalınlıkta ısı ile sertleşen akrilik rezinden üretilmektedir. Hazırlanan dişe bu kuronları yapıştırmak için otopolimerize akrilik rezinler kullanılır (Stewart ve ark., 1974).

Polikarbonat kuronların süt dişlerinde kullanımında çeşitli endikasyon, kontrendikasyon, avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Bu kuronlar, birden fazla diş yüzeyini içeren durumlarda, insizal kenarı kırıklarında, renklenmiş dişlerde veya endodontik tedavi görmüş süt dişlerinde tercih edilir (Babaji ve ark., 2015). Ancak bruksizm, ön bölgedeki çapraşıklık, aşırı diş aşınması, derin ya da çapraz kapanış gibi durumlar ile yeterli madde desteği olmayan dişlerde kullanımı sınırlıdır (Nitkin ve ark., 1977). Estetik olarak PÇK’lara göre üstün bir görünüm sunan bu kuronlar, doğal anatomik forma ve pürüzsüz yüzey yapısına sahiptir, bu da plak birikimini azaltır. Farklı boyut seçenekleriyle keser, kanin ve premolar dişlere uygun olan bu kuronlar, kısmi esnek yapısıyla uygulama kolaylığı sağlar (Babaji ve ark., 2015). Ancak güçlü oklüzal kuvvetlere karşı dayanıklılığı düşüktür, bu da aşınma, kırılma veya düşme riskini artırır. Ayrıca, zamanla renk değişimine uğrayabilirler (Myers, 1975; Weinberger, 1989).

Polikarbonat kuronlar, 1990’larda gelişen üretim teknikleri sayesinde daha ince ve esnek hale getirilmiştir. Geniş çürük lezyonlu süt dişlerini restore etmenin yanı sıra geçici kuron ve yer tutucu desteği olarak da kullanılabilirler (Venkataraghavan ve ark., 2014). Ayrıca, strip kuronların gelişiminde rol oynamışlardır. Ancak, günümüzde klinik

kullanımları oldukça azalmış olup, bu kuronların uzun dönem performanslarına ilişkin kapsamlı çalışmalar henüz bulunmamaktadır (Lee ve ark., 2008).

Venkataraghavan ve ark., (2014), iki yıl boyunca izledikleri dört vaka sunumunda, polikarbonat kuron restorasyonlarının performansını değerlendirmiştir. Periyodik olarak yapılan kontrollerde kuronlar, kırılma ve yerinden çıkma gibi faktörlere karşı incelenmiş ve restorasyonların ortalama 24 ay boyunca dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu vakalar, uygun hastalarda estetiği geri kazandırma, hasta öz saygısını artırma gibi faydalar sunduğunu, polikarbonat kuronların süt dişlerinde iyi bir seçenek olabileceğini öne sürmektedir. Ayrıca, hasta ve ebeveynlerin bu tedaviye yönelik kabul oranlarının yüksek olduğu ve maliyetinin düşük olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, yeterli diş yapısı olmadığında veya parafonksiyonel kuvvetler mevcutsa kuronların dayanıklılığı yetersiz kalabilir (Yang & Mani, 2016).

2.3.3.2. Strip Kuronlar

Rezin strip kuronlar, 1979'da diş hekimliğine girmesinden bu yana, ön süt keser dişlerin restorasyonunda popüler bir tercih olmuştur (Garg ve ark., 2016). Polikarbonat, paslanmaz çelik ve preveneer kuronlara göre daha üstün estetik özelliklere sahiptir. Çocuk diş hekimliğinde zirkon kuronların yaygınlaşmasından önce, estetik görünüm sağlamak isteyen diş hekimleri için ilk sırada yer almaktaydı (Salami ve ark., 2015).

Rezin strip kuronların endikasyonları, bir veya daha fazla diş yüzeyini içeren geniş çürükler, insizal kenarı içine alan kırıklar, amelogenezis imperfekta gibi gelişimsel bozukluklar ve hipoplastik defektler gibi durumlardır. Ayrıca, konjenital malformasyonlu süt dişleri ve renklenmeler de bu tedavi seçeneği için uygundur. Kontrendikasyonlar arasında ise yeterli destek sağlayacak diş dokusu bulunmaması, bruksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıklar, ilgili dişte periodontal sorunlar ve derin kapanış yer alır (Webber ve ark., 1979).

Strip kuronlar, doğru uygulandığında yüksek estetik sonuçlar verir (CroII, 1990). Ancak, tekniğin hem yüksek hassasiyet gerektirmesi hem de diğer restorasyon türlerine kıyasla daha uzun sürede tamamlanması nedeniyle, özellikle çok küçük çocuklarda veya uyum sağlanamayan durumlarda uygulanması güç olabilir (Kupietzky ve ark., 2003). Bu kuronlar için en uygun materyal rezin bazlı kompozitlerdir; ancak, kooperasyon sorunu yaşanan hastalarda geçici bir çözüm olarak RMCİS de kullanılabilir (Jeong ve ark., 2013; Kupietzky, 2002).

Strip kuronlar, hasta ve ebeveyn memnuniyetinin yüksek olduğu estetik özellikler sunar ve doğal dişlerin rengine uyum sağlar. Çeşitli boyutları mevcut olup pürüzsüz, parlak yüzeyleri ile düşük maliyetlidir. Kolayca düzenlenebilir, çıkarılabilir ve onarılabilir. Az miktarda diş hazırlığı yeterli olduğundan, diş uygulanması kolaydır ve polikarbonat kuronlardan daha iyi retansiyon sağlar. Bununla birlikte, teknik olarak dikkat gerektirir; nem ve kan teması, rezinin bağlanmasını olumsuz etkileyebilir. Küçük yaştaki uyumsuz çocuklarda zor uygulanır ve harap dişlerde ek işlemler gerekebilir. Diğer kuron türlerine kıyasla dayanıklılığı düşüktür, polimerizasyon derinliği sınırlıdır ve oklüzyon kontrolü ancak uygulama sonunda yapılabilir. Ayrıca, diğer ön bölge kuronlarına göre uygulama süresi daha uzundur (Sahana ve ark., 2010; Waggoner, 2015).

Grewal ve ark., (2021) yaptığı çalışmada, sağlam diş dokusuna sahip süt keser dişlerde strip kuronların başarısı incelenmiştir. 15 aylık takip sonucunda, diş dokusunun %50'den azına sahip kuronların retansiyon oranının düştüğü gözlemlenmiştir. Çalışmada, dişlerdeki madde kaybına göre üç grup oluşturulmuştur: 1. Grup insizal 1/3, 2. Grup orta 1/3 ve 3. Grup servikal 1/3 kaybına sahip dişlerden oluşmuştur. Sonuçlara göre, yalnızca insizal bölgede madde kaybı bulunan 1. ve 2. Gruplar, 3. Gruba kıyasla daha iyi marjinal adaptasyon, sekonder çürük direnci ve renk stabilitesi sergilemiştir. Genel retansiyon oranı %77.27 iken, en yüksek başarısızlık oranı %52.38 ile Grup 3'te görülmüştür; bunu

%12 ile Grup 2 ve %5 ile Grup 1 takip etmiştir. Bu bulgulara dayanarak, kalan diş yapısının en az yarısı ile üçte ikisine sahip dişlerde strip kuron kullanımının önerildiği belirtilmiştir.

2.3.3.3. Paslanmaz Çelik Kuron (PÇK) ve Open-Face Kuronlar

PÇK, süt dişlerinin travma veya çürüğe bağlı kayıplarında uzun süredir güvenli bir tedavi seçeneği sunmaktadır (Seale, 2002). Posterior dişler için yaygın olarak kullanılsa da estetik yetersizlikleri nedeniyle anterior bölgelerde daha az tercih edilmektedir. Bu kuronların avantajları arasında kolay uygulanabilirlik, iyi retansiyon, kan ve tükürükten etkilenmeme, uzun ömürlülük ve düşük maliyet bulunur (Babajı ve ark., 2015). Ancak, estetik kaygılar nedeniyle ebeveynler tarafından sıklıkla tercih edilmezler (Lee ve ark., 2008).

PÇK uygulanmasında öncelikle doğru boyutun seçilmesi önemlidir. Dişin boyutuna göre kesim yapılmalı ve gerekli redüksiyonlar sağlanmalıdır. Ayrıca, kuronların uygulanmasında teknik hassasiyet gerekmekte ve uygulama sırasında kan veya nem izolasyonunun sağlanması önem taşımaktadır (Croll ve ark., 2003).

Estetik kaygıları azaltmak amacıyla open-face PÇK geliştirilmiştir (Waggoner, 2002). Bu uygulamalarda, geleneksel PÇK üzerine diş renginde kompozit materyal yerleştirilerek estetik sonuçlar elde edilir. Open-face kuronlar, uygulama süreçlerinin fazlalığı ve uzunluğu gibi dezavantajlara sahip olsalar da, hem ebeveynler hem de hastalar tarafından kabul edilebilir bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Nagarathna ve ark., 2016). Bu tür kuronların estetik uyumu ve memnuniyet oranları oldukça yüksektir, ancak metal yansımaları estetik açıdan olumsuz etkileyebilir (Croll & Helpin, 1996; Waggoner & Cohen, 1995).

Sonuç olarak, süt keser dişlerin tedavisinde open-face PÇK kullanmak etkili bir seçenek olarak öne çıkmakta ve çocuk diş hekimleri tarafından tercih edilmektedir (Kupietzky, 2002).

2.3.3.4. PreVeneer Kuronlar

PÇK'ların estetik yetersizliklerini gidermek amacıyla 1990'larda geliştirilmiştir (Waggoner & Cohen, 1995). Bu kuronlar, fabrikasyon olarak hazırlanmış olup, fasiyal yüzeylerine diş renginde bir malzemenin eklenmesiyle estetik özellik kazanırlar. Estetik yüzey, genellikle paslanmaz çelik yapıya porselen veya reçine materyalin mekanik ya da kimyasal olarak bağlanmasıyla oluşturulur; böylece klasik PÇK'ya göre daha doğal bir görünüm sağlar (Oueis ve ark., 2010).

Preveneer kuronlar, başlangıçta ön dişler için geliştirilmiş olup, daha sonra arka dişler için de versiyonları üretilmiştir (Croll & Helpin, 1996). Bu kuronların en büyük avantajı estetik yüzeyin korunmasıdır (MacLean ve ark., 2007). Kuronun yerleştirilmesi sırasında aşırı basınç uygulanırsa fasiyal yüzeyde kırık ya da tamamen kayıp yaşanabilir. Bu tür yüzey hasarlarında faset tamir edilebilse de, çoğu durumda kuronun yenilenmesi tercih edilir (Waggoner, 2015).

Preveneer kuronlar, estetik olarak tatmin edici sonuçlar sunarken, yerleştirme sırasında nem hassasiyeti düşük ve dayanıklılıkları oldukça iyidir; ayrıca uygulama süresi kısa olup ebeveyn memnuniyeti yüksektir. Bununla birlikte, estetik yüzeyde kırık veya tamamen kayıp yaşanabilir, fasiyal marjinde kıvrılma yapılamadığı için rezin materyalin ayrılma riski taşır. Bu kuronlar mesiodistal olarak genişletir ve ısıyla sterilize edilemezler. Dişe pasif oturması gerektiğinden daha fazla preparasyon gerektirir, uyumlanması zor olabilir ve marjinal sızdırmazlık ideali sağlanamaz. Estetik hasarların onarımı zordur ve sınırlı renk seçenekleri nedeniyle komşu dişlerle uyumu sağlamak zordur. Geleneksel

PÇK'ya göre de daha maliyetlidir (Champagne ve ark., 2007; Oueis ve ark., 2010; Waggoner, 2015).

Preveneer kuronların preparasyonu, genel olarak geleneksel PÇK hazırlığına benzemekle birlikte, estetik ön yüzeylerini korumak için fasiyal yüzeyde ekstra bir hazırlık gerektirir (Roberts ve ark., 2001). Bu ek işlem, ön yüzeyin aşırı konturlanmasını engeller. Ayrıca, şekillendirme veya kuron marjinlerinde kıvrılma yapılamaması da diğer bir önemli farktır (Waggoner & Cohen, 1995).

Preveneer kuronların estetik olarak PÇK'ya üstünlük sağladığı kabul edilse de, periodontal sağlığa etkisi ve kenar uyumu gibi diğer klinik performans kriterleri konusunda daha az araştırma bulunmaktadır. Altı aylık bir çalışmada, preventive ve geleneksel PÇK diş eti sağlığı, kenar uyumu, kuron pozisyonu ve okluzyon açısından karşılaştırılmıştır. Preveneer kuronların, kenar uyumu ve okluzyon parametrelerinde geleneksel kuronlara benzer başarı gösterdiği ve proksimal kemik rezorpsiyonu oluşmadığı belirlenmiştir. Ancak, preventive kuronların diş eti sağlığı açısından daha yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Estetik yüzeylerinde ise herhangi bir kırılma ya da deformasyon görülmemiştir (Fuks ve ark., 1999).

Preveneer kuronlar yeniden şekillendirilemez ve özellikle ara yüz çürüğü nedeniyle oluşan alan kaybı durumlarında, kuronun meziodistal yönde sıkıştırılması mümkün değildir. Bu nedenle, fazla diş aşındırmasından ve zorlayıcı uygulamalardan kaçınmak için vaka seçiminin dikkatle yapılması önemlidir (Gupta ve ark., 2008).

Preveneer kuronlar, estetik avantajları ve ebeveyn memnuniyeti nedeniyle süt dişlerinde tam kuron restorasyonları için tercih edilen seçeneklerden biridir (Champagne ve ark., 2007; Roberts ve ark., 2001). Bir ankette, çocuk diş hekimlerinin %41'inin ilk tercihinin preventive kuronlar olduğu belirlenmiştir (Oueis ve ark., 2010).

2.3.3.5. Prefabrike Pediatrik Zirkon Kuronlar (PZK)

Zirkonyum, atom numarası 40 olan, doğada saf haliyle bulunmayan beyaz-gri metalik bir elementtir (Pilathadka ve ark., 2007). Zirkonyum oksit (ZrO_2) ve zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) şeklinde bileşikler halinde bulunur. Yüksek erime ve kaynama noktalarına sahip olan zirkonyum, korozyona karşı oldukça dirençlidir, biyouyumlu, kimyasal olarak stabil ve mekanik olarak güçlüdür. Bükülme dayanımı 900-1100 MPa arasındadır (Piconi & Maccauro, 1999).

Saf zirkonyum oksit monoklinik, tetragonal ve kübik fazlarda bulunur. Oda sıcaklığında stabilize olabilen tetragonal zirkonyum oksit, yapısına eser miktarda Ca, Mg, Y ve Ce eklenerek daha kararlı hale getirilir (Guazzato ve ark., 2002). Özellikle Y-TZP (yttria tetragonal zirkonyum polisakkarit), çatlak yayılımını önleme yeteneği sayesinde darbelere karşı dayanıklıdır; bu özellik, çocuklarda tekrarlayan travmalar sonrası kuronların zarar görmesini engeller (Planells del Pozo & Fuks, 2014).

Zirkonyum, ilk kez eklem protezleri için kullanılmış olup, 1990'larda diş hekimliğine girmiştir. Günümüzde pediatrik kuronlar dışında endodontik postlar, implantlar, ortodontik braketler ve kuron-köprü uygulamaları gibi alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Conrad ve ark., 2007).

Son dönemde, süt dişlerinin restorasyonunda estetik beklentileri karşılamak için PZK geliştirilmiştir. PÇK metalik görünümünden farklı olarak, bu zirkonyum kuronlar estetik talepleri karşılamak amacıyla üretilmiştir. İlk olarak 2008'de EZ-Pedo™ markasıyla tanıtılan ve 2010'da FDA onayı alarak piyasaya çıkan zirkonyum kuronlar, ardından BruxZir, Lava™ Premium, Katana ML ve NuSmile gibi markalarca farklı özelliklerle üretilmiştir (Babaji ve ark., 2015). Süt dişi restorasyonunda yaygın olarak kullanılan PZK arasında EZ-Pedo™ (Loomis, California, A.B.D.), NuSmile® (Houston,

Texas, A.B.D.), Kinder Krowns® (St. Louis Park, Minn., A.B.D.) ve Cheng Crown (Exton, Pa., A.B.D.) bulunmaktadır (Garg ve ark., 2016).

PZK, doğal görünümleri ve yüksek estetik özellikleriyle öne çıkarken, kırılmaya dirençli ve dayanıklı yapıları sayesinde uzun süreli kullanım sağlar. Renkleri stabil olan bu kuronlar biyouyumlu özellikleri ile sağlıklı bir uygulama sunar. Ayrıca, yüksek basınca ve ısıya dayanıklı olduklarından otoklavlanabilirler, yani sterilizasyonları kolaydır. Tek seansta uygulanabilen bu kuronlar, ayrılabilir parçaları olmadığı için kırılma riski taşımaz ve metal veya nikel alerjisi olan hastalarda güvenle kullanılabilir. Özel yüzey yapıları, biyofilm oluşumunu ve plak tutunmasını engelleyerek ağız hijyenine katkıda bulunur (Garg ve ark., 2016; Holsinger ve ark., 2016). Ancak dezavantajları da mevcuttur: Rijid yapılarından dolayı servikal olarak uyumlanamazlar ve şekil olarak modifiye edilmeleri ya da trimlenmeleri mümkün değildir. Bu nedenle, dişin kurona uygun şekilde hazırlanması gerekir ve yeterli alan bulunmadığında yerleştirmeleri zor olabilir. Pediatrik zirkon kuron uygulamalarında ilk olarak kuron boyutu seçilir. Yüksek hızlı döner aletler ve farklı şekillerdeki elmas frezlerle diş yüzeyleri hazırlanır; okluzo-insizal preparasyon yaklaşık 1,5-2 mm, çevresel preparasyon ise 1 mm olmalıdır. Diş eti altına uzanan gingival sınır bıçak sırtı şeklinde sona ermelidir (Babajı ve ark., 2015). Uygun PZK, dişeti uyumu, oklüzyon ve pasif oturması kontrol edilerek, üretici tarafından önerilen bir yapıştırıcı ile simantasyon sağlanır (Planells del Pozo & Fuks, 2014). Simantasyon, PZK'nın pasif olarak yerleşmesi ve retansiyonun sağlanması açısından önemlidir. Zirkon kuronlar, yüzey yapısını değiştirmediğinden fosforik ya da hidroflorik asit ile aşındırılmaz. Kumlama, kuron yüzeyinde mikro çatlaklara neden olduğu için önerilmez (Planells del Pozo & Fuks, 2014; Stawarczyk ve ark., 2012).

Pediatrik zirkon kuron markalarının retansiyon sağlama yöntemleri farklılık gösterir. Ez-Pedo zirkon kuronlar, iç yüzeylerinde mekanik tutunma sağlamak için

retantif oluklar içerir ve bu tasarıma Zir-lock adı verilir (Clark ve ark., 2016). NuSmile ise pembe deneme kuronları kullanarak beyaz kuronun kan ya da tükürükle kontaminasyonunu önlemeyi amaçlar. Ez-Pedo kuronlar mekanik, NuSmile kuronlar ise kimyasal tutunmaya dayanır (Stepp ve ark., 2018). Kuronun yerinden çıkması, diş hekimi, aile ve hasta açısından zorlayıcı bir durum yaratır. Bu durumda kuronun yanlışlıkla yutulması ya da solunum yoluna kaçması gibi riskler ortaya çıkabilir. Ayrıca, kuronun tekrar yapıştırılması ekstra randevu ve maliyet gerektirir (Azab ve ark., 2020). Renk seçeneklerinin sınırlı olması estetik uyumu zorlaştırabilir ve maliyetlerinin yüksek oluşu da bu kuronların diğer olumsuz yanlarından (Holsinger ve ark., 2016; Waggoner, 2015).

Genellikle CİS ve biyoaktif simanlar simantasyon malzemesi olarak tercih edilmektedir. Biyoaktif simanlar, tutuculuğu artırmak ve mikrosızıntıyı azaltmak amacıyla geliştirilmiştir (Shruthi ve ark., 2015). Marjinal sızdırmazlığın sağlanamaması ise, tekrarlayan çürükler, pulpa sorunları ve restorasyonların erken kaybı gibi çeşitli klinik başarısızlıklara yol açabilir (Zmener ve ark., 2014). Bu simanlar, ikili kürlenme sistemi ile hem ışıkla hem kimyasal olarak sertleşir ve flor, kalsiyum, fosfat salınımı sağlar, düşük su emme ve çözünürlük özellikleri ile daha iyi bir diş entegrasyonu sunar (Stepp ve ark., 2018).

Strip kuron ve PÇK'ya kıyasla daha fazla diş preparasyonu gerektirmeleri pediatrik zirkon kuronların en önemli dezavantajlarından (Waggoner, 2015). Yapılan bir çalışmada, PÇK'nın zirkon kuronlardan daha az preparasyon gerektirdiği belirlenmiştir. Ancak, ön bölgede kullanılan zirkonya kuronlarda, farklı markaların hazırlık miktarı üzerinde etkisi olmamıştır (Clark ve ark., 2016).

Yüzey pürüzlülüğü, plak birikimine ve bakteri yapışmasına neden olduğundan klinik başarı için önemlidir. Farklı zirkon kuronların yüzey yapısının değerlendirildiği bir

çalışmada, NuSmile kuronların en az pürüzlü olduğu; Ez-Pedo kuronların ise en pürüzlü yüzeye sahip olduğu belirlenmiştir (Theriot ve ark., 2017).

Mikrosızıntı miktarını incelemek için yapılan bir çalışmada; Ez-Pedo ve NuSmile marka zirkon kuronlar, cam iyonomer ve biyoaktif siman ile simante edilmiştir. Sonuçlara göre NuSmile kuronlar biyoaktif simanla daha az mikrosızıntı göstermiştir. Ayrıca, NuSmile/Biocem kombinasyonu, Ez-Pedo/Ketac Cem'e göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Stepp ve ark., 2018).

Farklı paslanmaz çelik ve zirkonya kuronların kırılma dayanımını karşılaştıran bir çalışmada, PZK PÇK'ya göre daha yüksek kırılma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir. Bu özellik, zirkonya kuronların pediatrik dişlerde tercih edilme sebebidir (Al Shobber & Alkhadra, 2017).

Bir çalışmada, PZK'nın dört farklı siman türü ile simantasyonunun kırılma dayanımı üzerinde etkisi incelenmiştir. Biyoaktif siman en düşük kırılma dayanımını gösterirken, en yüksek kırılma dayanımına sahip olan ise rezin siman olmuştur. Ancak, monolitik zirkon kuronlarda siman seçiminin kırılma dayanımına etkisi bulunmamıştır (Nakamura ve ark., 2016; Sahin ve ark., 2018).

Anterior zirkon kuronların klinik başarısı ve ebeveyn memnuniyetini inceleyen bir çalışmada, 18 çocuk üzerinde yapılan değerlendirmelerde yüksek ebeveyn memnuniyeti görülmüştür. Bu çalışmada, sekonder çürük veya aşınma gözlenmemiş, ancak bazı kuronlarda gingival enflamasyon ve renk uyumsuzluğu tespit edilmiştir (Holsinger ve ark., 2016).

Walia ve ark., yaptığı bir çalışmada, zirkon kuronların gingival sağlık durumunu iyileştirdiği bildirilmiştir. Ayrıca, 6 ay sonunda zirkon kuronların %100 retansiyon sağladığı belirlenmiştir. Zirkon kuronların retansiyon düzeyi, paslanmaz çelik ve strip kuronlardan daha yüksek bulunmuştur (Walia ve ark., 2014).

Bir diğerk çalışmada, 129 diş üç farklı kuron türü ile restore edilmiş ve ebeveyn memnuniyeti değerlendirilmiştir. Strip kuronlar ve PÇK daha düşük kabul görürken, en yüksek memnuniyet oranı zirkon kuronlarda gözlemlenmiştir. Strip kuronların en büyük dezavantajı dayanıklılık, PÇK'ların ise renk uyumsuzluğu olarak bildirilmiştir (Salami ve ark., 2015).

Zirkonya kuronlar, estetik beklentileri karşılamaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Maksiller ön süt keser dişlerde üç farklı zirkonya kuron kullanılarak ebeveyn memnuniyetinin değerlendirildiği bir çalışmada, ebeveynlerin kuron rengi, boyutu, dayanıklılığı ve genel memnuniyetleri gibi kriterler üzerinden puanlama yapmaları istenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, ebeveynlerin genel memnuniyet düzeyi oldukça yüksek bulunmuş, markalar arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Ebeveynler, renk uyumu ve kuron konturunu olumlu değerlendirmiş ve zirkonya kuronları tekrar tercih edip başkalarına da önerilebileceklerini ifade etmişlerdir (Yanover ve ark., 2021).

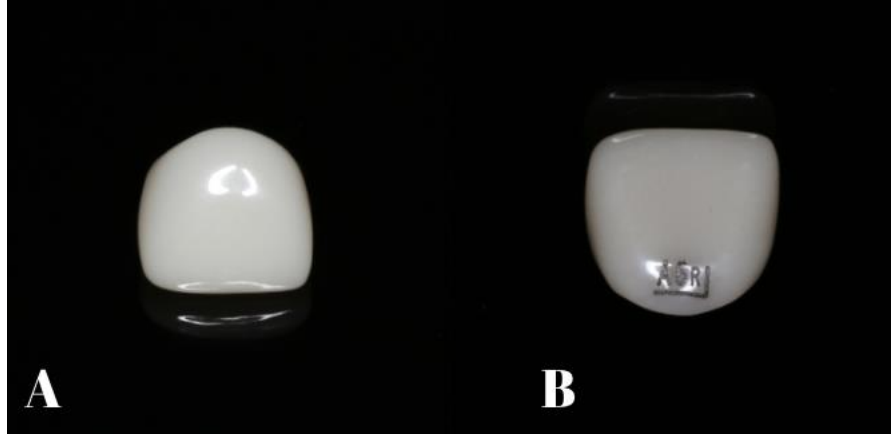
NuSmile ® kuron (Houston Teksas, Amerika)

NuSmile ZR, ilk kez 1991 yılında tanıtılmıştır. Metal içermeyen, monolitik zirkonyadan üretilmiş ve doğal süt dişlerinin anatomik şekillerini taklit eden kuronlardır. Nu Smile PZK üretiminde kullanılan Y-TZP (Yitriumla Kısmen Stabilize Edilmiş Zirkonyum) monolitik seramik içeriği, bu kuronlara üstün mekanik ve estetik özellikler kazandırır. İçeriğinde bulunan %88-96 zirkonyum oksit, yüksek mukavemet sağlayarak çiğneme kuvvetlerine karşı dirençli bir yapı oluşturur. %4-6 yitrium oksit, zirkonyumun faz stabilizasyonunu destekleyerek malzemenin kırılmaya karşı dayanıklılığını artırır ve daha uzun ömürlü bir kullanım sunar. Ayrıca, %5 hafnium oksit, zirkonyum oksidin kristal yapısını stabilize etmeye yardımcı olur ve malzemenin termal dayanıklılığını artırır. Bu bileşenler sayesinde Nu Smile PZK, yüksek kırılma dayanıklılığı, uzun süreli

renk stabilitesi ve doğal diş benzeri estetik bir görünüm sağlar. Aynı zamanda pürüzsüz yüzeyi sayesinde plak birikimini azaltarak ağız hijyenini destekler. Bu özellikler, özellikle çocuk diş hastalarında hem fonksiyonel hem de estetik ihtiyaçları karşılayan güvenilir bir restoratif çözüm sunar (NuSmile, 2019).

Yüksek derecede dayanıklı, tek parça zirkon seramikten üretilmiştir. Bu seramikler, yüksek sertliğe sahip olacak şekilde tasarlanarak kuronlara mineye kıyasla daha fazla direnç kazandırılmıştır. BT ve doğal süt dişlerinin dijital tarama verileri kullanılarak, hazır kuronların temel anatomisi ve servikal şekilleri iyileştirilmiştir (Mittal ve ark., 2016).

Zirkonya seramiklerin translüsensi, pulpa tedavisi görmüş dişlerin koyu renkli görünümünü ortadan kaldırarak mükemmel bir estetik sağlar (Tote ve ark., 2015). Zirkonya kuronlarının olası bir dezavantajı, deneme aşamasında zirkonyanın tükürük ve kana maruz kalmasının, kuron ile yapıştırıcı siman arasındaki bağlanma kuvvetini zayıflatabilmesidir. Tükürükteki fosfat grupları zirkonya yüzeyine yapışarak, bu yüzeyin en etkin simanlarda bulunan fosfat gruplarıyla yapışma tepkisini azaltabilir. NuSmile ZR kuronları, bu kontaminasyon sorununu engellemek amacıyla, Try In® NuSmile Crowns adında pembe renkli deneme kuronları geliştirmiştir. Bu kuronlar, deneme oturumları ve hazırlık aşamasında yardımcı olmak üzere üretici firma tarafından sağlanmaktadır. İlk olarak, boyutun doğruluğunu kontrol etmek için pembe deneme kuronu kullanılır. Doğru boyut belirlendikten sonra, uygun ölçüdeki diş rengi NuSmile ZR kuronuna siman uygulanır. Ayrıca, pembe deneme kuronları temizlenebilir, otoklavda sterilize edilebilir ve tekrar kullanılabilir (NuSmile ZR Primary Zirconia Crowns 2025). Çalışmamızda kullanılan NuSmile ® kuron materyali Şekil 2.1 (A) ve (B) gösterilmiştir.



Şekil 2.1. NuSmile ® A6R vestibuler yüzey (A), palatinal yüzey (B)

2.3.3.6. Pediatrik Jaket Kuronlar

Kopolyesterden üretilen pedo jaket kuronlar, süt dişlerini restore etmek için estetik ve uygun maliyetli bir seçenek olarak tanıtılmıştır. Zirkonyum kuronlara göre daha ekonomik olan bu kuronların çatlama ve lekelenme yapmadığı, kompozitlere plastik bir astar yardımıyla yapıştırılabildiği belirtilmiştir. Makasla kolayca kesilip şekillendirilebilirler. İnce yapıları sayesinde, minimum preparasyonla diş restorasyonuna imkan tanır (Castro ve ark., 2016).

Pediatrik hastaların estetik beklentileri göz önünde bulundurulduğunda, pedo jaket kuronlar birçok çocuk hastaya estetik bir alternatif sunar. Bu kuronların, rezin siman kullanılarak yapıştırıldığında, CİS ve RMCİS ile yapılan simantasyona göre daha başarılı bir tedavi sunduğu ifade edilmiştir (Sohrabi ve ark., 2019).

Jaket kuronlar zamanla oklüzal kuvvetler nedeniyle aşınabilir, renk değiştirebilir ve simandan ayrılabilir. Ancak, kuronun ayrılması durumunda, yapıştırıcı olarak kullanılan kompozit rezin ya da RMCİS diş yüzeyinde kalır ve bu durum, dişi yeniden restore etmeden kuron görünümü sağlar (Schwartz, 2012).

2.4. Çocuk Diş Hekimliğinde Ağız İçi Tarayıcı ve CAD/CAM Uygulamaları

Dijital sistemler hem kişisel hem de profesyonel hayatımızda önemli bir yer edinmiştir (Rekow, 2020). Tıp ve diş hekimliğinde yeni teknolojilerin kullanımı,

hastaların yaşam kalitesini yükseltirken, hekimlerin daha hızlı ve etkili tedaviler yapmasını sağlamaktadır (Cicciù ve ark., 2020). Diş hekimliğinde kullanılan dijital tanı sistemleri (örneğin hasta kayıtları, radyografiler, fotoğraflar ve ağız içi taramalar), klinik işlemleri dönüştürmekte, hasta-hekim ilişkisini güçlendirmekte ve tedavi sürecini iyileştirerek estetik restorasyon olanakları sunmaktadır. Bu sistemler, diş hekimlerinin beceri ve ilgisinden yararlanarak tüm alanlarda etkili çözümler sunmalarına katkıda bulunmaktadır (Rekow, 2020).

Ağız içi tarayıcılar, diş ve ağız dokularının üç boyutlu görüntülerini elde eden cihazlardır. Optik ve mekanik olmak üzere iki tür tarama yapabilen bu cihazlardan mekanik tarayıcılar iğne ya da küre uçları kullanırken, optik tarayıcılar beyaz ya da lazer ışığı kullanır. Optik tarayıcıların hızlı ve yüksek çözünürlüklü veri elde etmesi önemli bir avantaj sağlar (2006). Diş hekimliğinde restorasyonların dijital üretimi, CAD/CAM sistemlerinin kurucusu olarak kabul edilen Francois Duret tarafından 1971’de tanıtılmıştır (Blatz & Conejo, 2019). Bu sistemler, çalışma yöntemlerini kolaylaştırarak daha kaliteli ve estetik materyal kullanımına olanak tanır (Hickel ve ark., 1997). CAD/CAM’in amacı geleneksel ölçü yöntemlerini ortadan kaldırmak, restorasyonların doğal anatomi ve fonksiyonlara uygun olarak tasarımını sağlamak, kaliteyi artırmak ve estetik bir görünüm sunmaktır (Christensen, 2001).

CAD/CAM kompozit restorasyonları, polimerizasyon kaynaklı büzülme sorunlarından kaçınarak, uygun dental anatomiye, temas noktalarını ve estetiği koruyarak doğrudan kompozitlerin dezavantajlarını ortadan kaldırır (Mainjot ve ark., 2016).

Ağız içi tarayıcılar; bilgisayar, donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan tıbbi cihazlardır. Bu tarayıcıların amacı, bir nesnenin üç boyutlu geometrisini yüksek hassasiyetle kaydetmektir (Richert ve ark., 2017). Dijital tarayıcılar, gerçek görüntülerin düşük hata payıyla tekrarlanabilirliğini sağlamalıdır. Çeşitli araştırmalar, ağız içi

tarayıcılarla elde edilen görüntülerin, ağızdaki gerçek görüntülerden sapmalarını inceleyerek bu cihazların hassasiyetini geliştirmeyi amaçlamıştır (Pagano ve ark., 2019). Bu çalışmalarda, az hata payı ile görüntü oluşturabilen tarayıcıların etkinliği ortaya konmuştur. Elde edilen optik görüntülerin işlenmesi klasik ölçüm yöntemlerine göre çok daha hızlıdır ve hekimin ya da teknik ekibin hatalarını anında fark edip tedavi sonunda hastaya nihai sonucu gösterebilmesi avantaj sağlamaktadır (Cervino ve ark., 2019).

Ölçü alma işlemleri günümüz diş hekimliğinde dijital olarak gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Dijital sistemler, özellikle rahatsızlık hissi yaratan geleneksel ölçü almanın yerine geçerek hem çocuklar hem de yetişkinler için daha tolere edilebilir bir yöntem sunmaktadır (Hacker ve ark., 2015). Çocuk hastalarda kısa tedavi süreleri nedeniyle geleneksel ölçü alma yöntemleri bazı zorluklara yol açabilir (Akbay Oba ve ark., 2009). Grunheid ve ark., (2014) aljinat ile yapılan geleneksel ölçülerin dijital ölçü yöntemlerine göre daha kısa sürede tamamlandığını belirtmişlerdir. Çocuklarda ağız içi tarama süresi, hekimin deneyimi, tarayıcı probunun büyüklüğü ve diş yapısındaki eksiklikler gibi etmenlere bağlı olarak artabilir. Bir derlemeye göre, dijital ve geleneksel ölçü yöntemleri arasında zaman açısından büyük bir fark olmamakla birlikte, hastalar dijital yöntemi tercih etmektedir. Dijital ölçü tekniğinin, mide bulantısı ve anksiyeteyi azaltmada geleneksel yöntemden daha rahat olduğu görülmüştür (Cave & Keys, 2018). Çalışmalar, zaman verimliliği sağladığı için hastaların çoğunlukla dijital yöntemi tercih ettiğini göstermektedir (Joda & Brägger, 2016; Yilmaz & Abou-Ayash, 2020).

Dijital sistemlerin, randevu sayısını azaltarak restorasyonlarla uyumlu yumuşak doku profili oluşturmaya olanak tanıdığı belirtilmiştir (Yilmaz & Abou-Ayash, 2020). Sakornwimon ve ark., konvansiyonel ve dijital tekniklerle yapılan restorasyonlarda marjinal boşluk bakımından fark olmadığını, ancak dijital ölçü yönteminin hasta memnuniyetini artırdığını vurgulamıştır (Sakornwimon & Leevailoj, 2017). Ayrıca,

çocuk hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada, dijital ve geleneksel ölçü tekniklerinin konfor, tercih ve işlem süresi bakımından incelenmesi sonucu, dijital yöntemin çocuklar için daha rahat bir seçenek olduğu gösterilmiştir (Gjelvold ve ark., 2016).

Ağız içi tarayıcılar, özellikle dudak damak yarıklı (DDY) bebeklerde, geleneksel ölçü yöntemleri ile ortaya çıkabilecek yabancı cisim aspirasyonu ve hava yolu tıkanıklığı gibi riskleri önleyebilir. Dijital ölçüm yöntemi, yarık dokuları daha hassas kaydedebilirken, geleneksel ölçümdeki baskı nedeniyle oluşabilecek deformasyonları önleyerek anatomiye daha doğru yansıtır. Ancak ağız içi tarayıcıların DDY'li bebeklerde kullanımı bazı zorluklar içerir; tarayıcı ucu bebeklerin küçük ağız yapısına uygun olmayabilir ve kesintili dokuları yazılım yanlış algılayabilir (Patel ve ark., 2019).

Dijital modeller, doğrudan ağız içi tarama veya dolaylı olarak daha önce alınan ölçülerin ya da dental alçı modellerin taranmasıyla oluşturulabilir (Fleming ve ark., 2011). Özellikle ortodontik tedavi ve diastema tedavisi gibi hassas ölçüm gerektiren alanlarda kullanılır (Zilberman ve ark., 2003). Geleneksel ölçüm yöntemlerinde büzülme veya genişleme kaynaklı hata riski bulunurken, ağız içi tarayıcılar doğrudan laboratuvarla iletişim kurarak bu tür hataları minimize edebilir (Cicciù ve ark., 2020).

Dijital görüntüleme yalnızca birkaç dakika sürer ve işlem sırasında duraksamadan devam edebilir. Çocuklar bu esnada tasarım ve şekillendirme sürecini izleyerek tedaviyi bir video oyunu gibi görebilir; bu durum, hem çocukların hem de ebeveynlerin tedaviye olan uyumunu artırır (Demirel ve ark., 2017; Dursun ve ark., 2018).

CAD/CAM restorasyonları, teknisyen hatalarını azaltırken, estetik açıdan başarılı sonuçlar sunan bir yöntemdir, ancak maliyetlidir (Santos Jr ve ark., 2013). Günümüzde, bu teknik kalıcı dişler için çocuk hastalarda sıkça tercih edilmektedir. Örneğin, sekiz yaşında bir çocuğun kalıcı birinci molar dişine uygulanan CAD/CAM full kuron restorasyonu, estetik ve fonksiyonel beklentileri karşıladığı gibi uyum ve bütünlüğünü de

sürdürmüştür (Davidovich, Shay, ve ark., 2020). CAD/CAM'in çocuk diş hekimliğinde ağız içi tarayıcılarla birlikte kullanılmasıyla, süt dişleri için daha küçük kompozit blokların oluşturulması sayesinde üretim süresi de kısalmaktadır (Demirel ve ark., 2017; Dursun ve ark., 2018). Özellikle şiddetli madde kaybı olan süt dişlerinin CAD/CAM restorasyonları, endodontik tedavi gören dişlerin konservatif bir şekilde restore edilmesi için uygun bir seçenek sunmaktadır; hem estetik hem de işlevsel olarak etkili sonuçlar sağlamaktadır (Demirel ve ark., 2017; Mourouzis ve ark., 2019).

Mittal ve ark., (2016) çürük süt azı dişlerinde estetik bir çözüm olarak CAD/CAM ile üretilen indirekt rezin kompozit onleylerin, PÇK karşılaştırmalı klinik performansını değerlendirmiştir. 50 çocuk hastada endodontik tedavi sonrası uygulanan indirekt rezin kompozit onleylerin, 36 ayda %90.7 sağ kalım oranıyla PÇK'lara göre (%82.9) daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, indirekt rezin kompozit onleylerin tedavi süresini kısalttığı ve ebeveynler ile çocuklar tarafından daha çok tercih edildiği görülmüştür.

Anomalili dişlerin tedavisinde, CAD/CAM restorasyonları daha hızlı bir çözüm sunar. Bilgisayarlı planlama sayesinde dijital görüntüler hemen alınarak, geçici bir restorasyona gerek olmaksızın aynı seansta diş hazırlığı, restorasyon üretimi ve simantasyon yapılabilir, böylece seans sayısı azalır ve hasta uyumu artar (Moussally ve ark., 2019). Ağız içi tarayıcıların doğruluğu ve CAD/CAM iş akışı ile molar keser hipomineralizasyonu gibi durumlarda estetik restorasyonlar sağlanmaktadır (Davidovich, Dagon, ve ark., 2020). Amelogenesis imperfektadan etkilenen dişlerde CAD/CAM restorasyonları ağrıyı hızla azaltırken hasta konforunu artırır (Moussally ve ark., 2019). Ayrıca, ektodermal displazili bir çocukta polimer eklemeli seramik malzemeden üretilen CAD/CAM restorasyonları başarılı sonuçlar göstermiştir (Foucher & Mainjot, 2018).

Protetik tedavi yıllardır bilinse de özel gereksinimleri olan bireylerde çeşitli zorluklar yaratabilir. Bu hastalarda iletişim güçlükleri ve karmaşık klinik durumlar

nedeniyle, genellikle diş çekimi tercih edilirken, CAD/CAM teknolojisi tek seansta estetik ve kalıcı restorasyon sağlayarak alternatif bir çözüm sunabilir (Mochizuki, 2007; Wiedhahn ve ark., 2005). Örneğin, psikomotor geriliği olan bir hastada travma sonrası kırılan diş CAD/CAM ile başarılı bir şekilde restore edilmiştir. Bu yöntem, estetik, dayanıklılık ve çürük önleme açısından da avantajlı bulunmuştur (Wiedhahn ve ark., 2005).

2.4.1. GC CERASMART270

CERASMART270, restoratif diş hekimliğinde estetik, dayanıklılık ve işlevselliği birleştiren ileri teknoloji ürünü bir hibrit rezin bloktur. Hem seramik hem de polimer özelliklerini bir araya getiren bu materyal, diş restorasyonları için üstün performans sunar. FSC (Full Silanization Coating) teknolojisi ile geliştirilmiş olup, dolgu partiküllerinin homojen dağılımını ve matrisle güçlü bir bağlanmasını sağlar. Bu yapı, materyalin mekanik dayanıklılığını ve estetik görünümünü iyileştirir. CERASMART270'in içeriğindeki SiO₂ (silisyum dioksit) ve ZrO₂ (zirkonyum dioksit) dolgu partikülleri, restorasyonların hem dayanıklılığını hem de estetik özelliklerini artırır. Silisyum dioksit, materyalin yüksek şeffaflık ve doğal dişe benzer bir estetik sunmasını sağlar. Zirkonyum dioksit ise kırılma dayanımını artırarak materyalin çiğneme kuvvetlerine karşı direnç göstermesini sağlar. Bu iki dolgu materyali, optimum aşınma direnci ve uzun ömürlü restorasyonlar için mükemmel bir temel oluşturur (Cerasmart270 | GC Europe N.V. , 2025).

Matris yapısı, özel olarak seçilmiş monomerler ve fosfat bazlı yapılarla güçlendirilmiştir. Bis-MEPP (Bisfenol A-polietilen glikol dimetakrilat fosfat), matris ile dolgu partikülleri arasında güçlü bir kimyasal bağ oluşturarak dayanıklılığı artırır ve materyalin uzun ömürlü olmasını sağlar. UDMA (Üretan dimetakrilat) ve DMA (Dimetakrilat), materyale elastiklik kazandırarak çiğneme kuvvetlerini absorbe eder ve

restorasyonların ağız içindeki streslere karşı dayanımını artırır. Bu bileşenler ayrıca materyalin işlenebilirliğini kolaylaştırır ve hassas restorasyonların kısa sürede üretilmesine olanak tanır. CERASMART270'in üstün özellikleri, sadece fiziksel dayanıklılıkla sınırlı değildir. Malzeme, pürüzsüz ve parlak yüzeyini uzun süre korur, bu da hem estetik hem de biyouyumluluk açısından avantaj sağlar. Ayrıca, cilalanması kolaydır ve optıglaze gibi aşınmaya dayanıklı kaplamalarla yüksek estetik sonuçlar elde edilebilir. Kumlama veya asit ile pürüzlendirme gibi farklı yüzey işlemlerine uyum sağlayabilmesi, materyalin çok yönlü kullanımını destekler (Cerasmart270 | GC Europe N.V. , 2025) Çalışmamızda kullanılan GC CERASMART270 materyali Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. GC CERASMART270

2.5. Çocuk Diş Hekimliğinde 3D Yazıcılar

Diş hekimliğinde CAD/CAM entegrasyonunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir; bu gelişmeler dijitalleşmeyi ve otomasyonu birçok işlemde mümkün hale getirmiştir. Yakın zamana kadar diş hekimliğinde CAM, frezeleme, delme, taşlama gibi işlemlerle katı bir blok veya diskten malzeme çıkarılarak nesne oluşturulan, geleneksel çıkartmalı üretim (SM) (subtractive manufacturing) ile eş anlamlıydı. Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları vardır. Örneğin, malzeme kaybı %90'a kadar ulaşabilir, karmaşık

geometrik şekiller oluşturulamaz ve üretebileceği nesne sayısı sınırlıdır (Kessler ve ark., 2020; Strub ve ark., 2006).

Eklemeli üretim (AM) (Additive manufacturing), diş hekimliği uygulamaları için CAD dosyalarını kullanmanın giderek daha önemli bir alternatifidir. Bu süreç genellikle 3D baskı olarak tanımlanır ve hızlı prototipleme ile eş anlamlıdır. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak, bu süreç karmaşık yapılar oluşturmak için malzemeyi katman katman ekleyerek minimum malzeme israfını sağlar (Balhaddad ve ark., 2023). Katmanlı üretim teknolojisi ile üretilen nesnelerin yüzey çözünürlüğü, çıkartmalı üretime kıyasla daha pürüzsüz olabilir; çünkü nesneler genellikle 10–20 µm aralığında katmanlar biriktirilerek oluşturulur. Böylece, katmanlı üretim, çıkartmalı üretim tekniklerinin çeşitli sınırlamalarını aşma yeteneğine sahiptir (Balhaddad ve ark., 2023).

Diş hekimliğinde 3D baskının temeli, bir nesnenin 3D CAD dosyasında ayrıntılı olarak temsil edilmesine dayanır. Baskı için nesne genellikle Standard Transformation Language (STL) dosya formatında kodlanır. Bu format, 3D nesnelerin yüzeyini tarif etmek için üçgenleme (tesellasyon) kullanır; her üçgen, köşe noktaları ve yüzey normali ile tanımlanır. Üçgen yüzey sayısını artırmak, nesnenin yüzey temsilinin çözünürlüğünü artırır (Kessler ve ark., 2020).

Katmanlı üretim teknolojisinin temel iş akışı dört kritik adımdan oluşmaktadır: veri elde etme, veri işleme, malzeme seçimi ve baskı süreci. Veri elde etme ve işleme, dijital bir model oluşturmayı içerir ve bu genellikle çeşitli CAD yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilir. Alınan 3D verilerin iyileştirilmesi için bir bilgisayar sistemi rekonstrüksiyon yazılımında kullanılır. Tarama verileri, daha ileri analizler için Mimics ve Geomagic gibi özel yazılım platformlarına DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında aktarılır (Kamio ve ark., 2020). Dijital model için uygun malzeme ve üretim tekniği seçilmelidir. Bu iş akışı, çeşitli baskı

teknolojilerine uyumlu olup geniş bir malzeme yelpazesini kapsar; bu materyaller arasında polimerler (polilaktik asit, polikaprolakton ve polietereterketon (PEEK), metaller (paslanmaz çelik, kobalt krom alaşımı, titanyum ve titanyum alaşımları) ve seramikler (zirkonya) bulunmaktadır (Huang ve ark., 2022; Oberoi ve ark., 2018).

2.5.1. Diş Hekimliğinde 3D Baskı Teknolojileri

Diş hekimliğinde katmanlı üretim, her biri kendine özgü mekanizmalara sahip çeşitli baskı yöntemlerini içerir. Bu yöntemler arasında stereolitografi (SLA), seçici lazer sinterleme (SLS), dijital ışık işleme (DLP), eritilerek yığma modelleme (FDM), polijet baskı ve biyobaskı bulunmaktadır. Her teknik, diş hekimliği uygulamasının özel gereksinimlerine bağlı olarak belirli avantajlar sunar ve bu gereksinimlere göre seçilir (Kessler ve ark., 2020; Oberoi ve ark., 2018).

SLA, olağanüstü hassasiyeti ve çözünürlüğü sayesinde diş hekimliğinde en yaygın kullanılan 3D baskı tekniğidir. SLA, katman katman foto-reaktif reçine biriktirir ve bu katmanlar polimerleşerek istenen yapıyı oluşturur. Diş hekimliğinde SLA, geçici kuronlar, reçine bazlı protez dişler, hareketli protezler ve ağız koruyucuları gibi reçine bazlı ürünlerin üretiminde ağırlıklı olarak kullanılır (Abduo ve ark., 2014). Hem SLS hem de SLA, SLS'nin toz bazlı materyal ve SLA'nın sıvı reçine kullanarak nesneyi inşa etmek için lazer teknolojisini kullanır (Oberoi ve ark., 2018). DLP yazıcılar, işlevsellik açısından SLA'ya benzer; ancak görünür ışığa duyarlı malzemeler kullanmalarıyla farklılaşır ve bu, baskı sürecini hızlandırırken daha geniş bir dalga boyu spektrumu ile uyumlu olmalarını sağlar. DLP yazıcılar sıklıkla döküm amaçlı reçine ve balmumu benzeri maddelerin üretimi ile diş modellerinin oluşturulmasında kullanılır (Kadry ve ark., 2019; Sherman ve ark., 2020).

FDM, katman katman biriktirilen ısınmış malzemenin katılaşmasıyla ve bu katmanların birleşmesiyle son ürünü oluşturur. Polijet baskı, ultraviyole ışık ile kürlen

polimer püskürterek tek bir katman halinde 3D model oluşturur ve farklı yoğunluk, esneklik ve çözünürlükte ürünler üretebilir. Biyobaskı ise doku mühendisliğinde bir niş bulmuş olup biyolojik yapılar üretmek için biyobaskı makinelerinde hücre mürekkepleri ve mikro doku sistemleri kullanır (Balhaddad ve ark., 2023).

2.5.2. Pediatrik Diş Hekimliğinde 3D Baskı Uygulamaları

Günümüzde dijital teknoloji, çağdaş diş hekimliği uygulamalarının önemli bir parçasıdır. Yapay zekanın (AI) dahil edilmesi, dijital diş hekimliğinde yeni bir eğilim olup birçok işlemin gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (Vishwanathaiah ve ark., 2023). Son yıllarda, 3D baskı teknolojisinin kullanımı geniş bir diş hekimliği yelpazesinde popülerlik kazanmış ve potansiyeli hızla artmıştır. Özellikle ağız ve çene cerrahisi, protetik diş tedavisi ve ortodonti alanlarında 3D baskı öne çıkmıştır. Bu alanlarda, 3D baskı teknolojisi geleneksel uygulamalara alternatif olarak tercih edilmeye başlanmıştır (Hanisch ve ark., 2020; Oberoi ve ark., 2018). Ancak, bu sistemlerin pedodonti (çocuk diş hekimliği) alanındaki kullanımı hâlâ sınırlıdır ve daha fazla araştırılması gerekmektedir.

Çocuk hastaların diş tedavisinde yönetimi, diş hekimleri için önemli zorluklar sunar, çünkü çocuklar sıklıkla diş tedavisi işlemlerine karşı belirgin bir korku ve kaygıya sahiptir. Bu nedenle, genç hastalardan yetişkinlerle aynı iş birliği düzeyini beklemek gerçekçi değildir. Böylelikle, çocuk diş hekimliği gelişmekte olup, çocukların özel ihtiyaç ve gereksinimlerini karşılamak için daha etkili ve verimli yaklaşımlar geliştirilmesi vurgulanmaktadır. Çeşitli teknolojik ilerlemeler arasında, 3D baskı, son dönemde pedodonti alanında kayda değer bir önem kazanmıştır. Hassasiyeti ve doğruluğu ile bilinen 3D baskı, daha az invaziv bir yaklaşım sunar ve aynı zamanda sandalye başında geçen süreyi azaltma avantajı sağlayabileceği bildirilmiştir ki bu, çocuk hastaların tedavisinde önemli bir avantajdır (Dutta ve ark., 2023; Khan, 2022).

2.5.2.1. Modelleme

Ağız içi tarayıcıların kullanımıyla, diş hekimleri taranan çenenin 3D baskılı bir ana modelini kullanmayı sıklıkla tercih etmektedir. Ana model üretimi her zaman gerekli olmamakla birlikte, diş hekimlerinin restorasyonları fiziksel bir model üzerinde görselleştirme konusunda duydukları aşinalık ve rahatlık nedeniyle bu tercih sürmektedir. Ayrıca, hasta modeli verilerinin dijital olarak arşivlenmesi, fiziksel depolama yükünü önemli ölçüde hafifleterek gerektiğinde baskıya imkan tanımaktadır (Dawood ve ark., 2015).

Son yıllarda 3D baskı teknolojilerindeki gelişmeler, diş hekimliği eğitiminde yenilikçi eğitim ve klinik araçların geliştirilmesine olanak tanımıştır. 3D tarayıcılar, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve 3D yazıcıların entegrasyonu, anatomik olarak doğru replika modellerin oluşturulmasını sağlayarak klinik açıdan yüksek derecede faydalı simüle edilmiş dental modeller sunmaktadır. Bu modeller, eğitimde etkili araçlar olarak kanıtlanmış ve öğrenme deneyimini iyileştirmiştir (Marty ve ark., 2019; Panpisut ve ark., 2022; Petre ve ark., 2023).

Üç boyutlu baskı teknolojilerinin daha erişilebilir hale gelmesi, diş hekimliği alanında eğitim amaçlı üç boyutlu baskılı modellerin kullanım potansiyelini önemli ölçüde artırmıştır. Bu kapsamda temel hedef, diş hekimliği öğrencilerinin el becerilerini geliştirmek ve diş hekimlerinin pratik yetkinliklerini önemli ölçüde artırmaktır (Dobroś ve ark., 2023; Höhne ve ark., 2019; Kröger ve ark., 2017; Marty ve ark., 2019). Diş hekimliği lisans ve lisansüstü eğitiminde 3D modellerin kullanıldığı çalışmalar; protetik (Höhne ve ark., 2020; Höhne ve ark., 2019; Lin ve ark., 2018), cerrahi (Chae ve ark., 2020; Hanisch ve ark., 2020; Seifert ve ark., 2020; Werz ve ark., 2018), endodonti (Hanafi ve ark., 2020; Reymus ve ark., 2019), pedodonti (Marty ve ark., 2019) ve travma yönetimi (Reymus ve ark., 2018) gibi alanlarda yapılmıştır.

2.5.2.2. Yer Tutucu Üretimi

3D baskı, çocuk diş hekimliğinde yer tutucuların üretiminde kullanılmaktadır (Yangdol ve ark., 2023). Dhanotra ve ark., biyouyumlu maddeler kullanarak CAD-CAM veya 3D baskı yöntemleriyle üretilen *dijital yer tutucuların*, geleneksel olarak üretilen yer tutuculara alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmiştir. Dijital olarak üretilen yer tutucuların yüksek dayanıklılık, pürüzsüz yüzeyler, hızlı üretim süresi, hafiflik ve diş etine zarar vermeme gibi avantajlara sahip olduğunu belirtmişlerdir (Dhanotra & Bhatia, 2021).

2.5.2.3. Protetik Restorasyonlar

Son zamanlarda, çocuk diş hekimliğinde estetik pediatrik dental kuronların üretiminde 3D baskının yaygın olarak kullanımı artmıştır (Al-Halabi ve ark., 2021; Kim ve ark., 2022). AAPD, çok yüzeyli lezyonları olan veya yüksek çürük riski taşıyan çocuklar için tam kapsamlı restorasyonların uygulanmasını önermektedir (Dentistry., 2022). En sık kullanılan restorasyon, preformlanmış PÇK olmuştur. Ancak, PZK, estetik ve klinik performansları ile ön plana çıkmış alternatifler olarak dikkati çekmektedir. Bu avantajlara rağmen, yüksek maliyet ve aşınma özellikleri kullanımını sınırlamaktadır (Ajayakumar ve ark., 2020; Kim ve ark., 2022).

2.5.2.4. Cerrahi Kılavuzlar ve Obturatörler

Pediatrik diş hekimliğinde 3D baskı, doğru tanı ve tedavi planlamasında önemli bir potansiyele sahiptir. Eklemeli üretim, ameliyat öncesi planlamaya ve cerrahi kılavuzların geliştirilmesine yardımcı olan orofasiyal defektlere özel 3D modellerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu modeller, pediatrik vakalarda özellikle faydalıdır ve maksillofasiyal defektlerin ve implant yerleştirmenin görselleştirilmesine yardımcı olmaktadır (Jeong ve ark., 2023; Joseph ve ark., 2021; Lee ve ark., 2019; Nayar ve ark., 2015; Oberoi ve ark., 2018).

2.5.2.5. Splint Tasarımı ve Kırık Tedavisi

Dentoalveolar travma splintlerinin birincil amacı, yaralanmış dişleri doğal pozisyonda tutmak ve destekleyici dokuların kademeli olarak onarılmasını sağlamaktır. Ayrıca, dişlerin doğru konumlandırılması için bir rehber görevi görmektedir. 3D splintin dijital yapımı, BT tarama bilgileri kullanılarak sağlanmakta ve elde edilen splint, travmatize bölgeye simante edilebilmekte veya yerinde kür edilebilmektedir (Nayar ve ark., 2015).

2.5.2.6. Flor Uygulaması

Mevcut piyasada satılan çoğu florür verniği, ana bileşen olarak doğal reçineye dayanmaktadır. Bu durum, uygulama sırasında dişlerin geçici olarak renklenmesine neden olmakta ve hoş olmayan bir tat ve yapışkan bir dokuya sahip olması sebebiyle, okul çağındaki çocuklar ve ergenlerde hoşnutsuzluk yaratmaktadır. Ayrıca, bu vernikler diş yüzeyinde uzun süre kalıcı olamayıp tükürük veya yiyecekler tarafından kolayca yıkanarak ağız içinde yeterli bir florür konsantrasyonunun uzun süre muhafaza edilememesine yol açmaktadır.

Bu sorunu çözmek amacıyla, diş yüzeyine uzun süre yapışarak florürü yavaşça serbest bırakan '*yavaş salınımlı (slow-release)*' florür taşıma sistemleri geliştirilmektedir. Ancak, bu sistemler yabancı madde hissi ve yapışma gücü sorunları nedeniyle henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır (Andreadis ve ark., 2006). Son zamanlarda yapışkan bant şeklinde florür ürünleri geliştiren araştırmalar yayınlanmış olsa da bu ürünlerin yapışma gücünün daha da iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Kim MJ, 2013; Lee ve ark., 2013).

Bu tür yapışkan bant florür ürünlerinin sorunlarını aşmak için 3D baskı teknolojisinin uygulanması önerilmektedir. Biyouyumlu ve biyolojik olarak parçalanabilen doğal bir polimer olan jelatin veya sentetik bir polimer olan PVA (polivinil

alkol) ile NaF karıştırılarak diş yüzeyini kaplayacak ince filmler basılabilir. Bu şekilde üretilen kişiye özel florür ürünlerinin, dişin bitişik yüzeyindeki boşluklara yerleştirilebileceği ve mekanik bağlanma kuvvetinin artırılarak yapışma gücünün önemli ölçüde iyileştirilebileceği düşünülmektedir (Sangho, 2016).

2.5.2.7. Otojen Diş Transplantasyonu

Diş ototransplantasyonu, diş agenezisi veya korunamayan dişleri olan çocuklar ve ergenler için ortodontik cerrahi tedavinin bir parçası olarak önem kazanmıştır. Otojen diş transplantasyonunda, transplantasyon yapılacak dişin cerrahi replikasının 3D baskı ile üretilmesi, yeni alıcı soketin bireysel olarak hazırlanmasını sağlar. Böylece, donör diş doğrudan yeni oluşturulan sokete yerleştirilebilir (Debortoli ve ark., 2023; Verweij ve ark., 2020).

Verweij ve ark., (2020) tarafından yapılan çok merkezli bir prospektif klinik çalışma, 3D yönlendirmeli ototransplantasyon sırasında dış alveol süresini ve uyum denemelerinin sayısını değerlendirmiştir. Çalışmada donör dişin çoğu durumda iyi bir uyum sağladığı ve dış alveolde 1 dakikadan daha kısa sürede bulunduğu bildirilmiştir.

2.5.2.8. Ön Diş Restorasyonu

Xia ve ark., (2018) ön dişin estetik görünümünü restore etmek ve geliştirmek için 3D baskılı bir şablon ve reçine kompozitler kullanarak basit bir yöntem tanımlamıştır. Bu durumda, orta keser dişlerin estetik restorasyonu 3D baskı ile üretilen bir şablon yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygun renk, diş anatomisi ve dişin saydamlığını içermiştir.

2.5.2.9. Pediatrik Endodonti ve Rejeneratif Tedaviler

Oblitere olmuş ve lateral kanallar içeren karmaşık bir kök kanal sistemini 2D radyografik görüntülerle analiz etmek zor olabilir. Dijital verilere dayalı 3D baskılı kök

kanal modelleri, karmaşık kök kanal vakalarında tedavi planlaması ve erişim hazırlığında değerli olabilir (Byun ve ark., 2015).

3D baskı, rejeneratif endodonti alanında kök pulpa kompleksi rejenerasyonunu sağlamada büyüme faktörleri, gen terapisi ve enjeksiyon yapılabilir kalsiyum hidroksit moleküllerinin geliştirilmesine katkı sağlar (Murray ve ark., 2007; Xu ve ark., 2017).

3D baskının diş hekimliğindeki uygulamalarında çeşitli sınırlamalar mevcuttur. Yazıcının çözünürlük sınırları, hassas uyum için gerekli detayları etkileyebilir. Malzeme özellikleri de sınırlayıcı olabilir; bazı reçineler geleneksel malzemelerin dayanıklılığını henüz tam olarak karşılayamayabilir. Ayrıca, baskı hızı acil diş prosedürleri için yeterli olmayabilir (Xu ve ark., 2017).

2.5.3. VarseoSmile TriniQ (Bego Bremen, Germany)

Bu reçine, restoratif diş hekimliğinde kullanılan yüksek performanslı bir kompozit malzemedir. Yüksek oranda inorganik dolgu içeriğine sahip olup, mekanik dayanım, estetik ve fonksiyonellik açısından çeşitli özellikler sunmaktadır. İnorganik dolgu partiküllerinin yaklaşık 0.7 µm boyutunda olması, yüzey pürüzsüzlüğünü ve cilalanabilirliği artırırken, materyalin mekanik dayanımını da etkilemektedir. Ayrıca, ışık geçirgenliği ve optik özellikleri sayesinde estetik uygulamalarda kullanılabilir. Çeşitli diş restorasyonları için uygun olan bu materyal, 3D baskı teknolojileriyle de uyumlu olup hem klinik hem de laboratuvar uygulamalarında kullanım potansiyeline sahiptir. Bu reçine, %30-50 oranında inorganik dolgu maddeleri içermekte olup, dolgu partikülleri silanlanmış dental cam ile güçlendirilmiştir. Formülasyonunda 4,4'-isopropilidifenol, etoksilatlı 2-metilprop-2-enoik asit, metil benzoylformat ve difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfin oksit gibi bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenler, polimerizasyon sürecinde kimyasal stabiliteyi ve mekanik dayanımı artırmaktadır. Ayrıca, materyalin yüksek ışık geçirgenliği estetik sonuçlara katkıda bulunurken,

mekanik özellikleri uzun ömürlü restorasyonlar için gerekli dayanıklılığı sağlamaktadır. Bu özellikler, reçinenin hem geçici hem de kalıcı restorasyon uygulamalarında kullanım potansiyeline sahip olmasını sağlamaktadır (VarseoSmile TriniQ – One for All. , 2025). Çalışmamızda kullanılan VarseoSmile TriniQ materyali Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. VarseoSmile TriniQ

2.6. Diş Hekimliğinde Renk ve Renk Tespit Yöntemleri

2.6.1. Işık ve Renk

Estetik diş hekimliğindeki gelişmeler, restorasyonlara yönelik beklentileri artırmıştır. Başarılı bir estetik sonuç için anatomik formun yanı sıra doğal renk uyumu da sağlanmalıdır. Ancak, diş formu belirli kurallara göre oluşturulabilirken, renk seçiminde standart bir terminoloji bulunmamakta ve subjektif değerlendirmeler değişkenlik gösterebilmektedir (Alkhatib ve ark., 2005).

Renk, cismin ışık ile etkileşimi sonucu oluşan psikofiziksel bir algıdır ve görünür ışığın farklı dalga boylarının soğurulması ve yansınmasıyla belirlenir (Sarıkaya & Güler, 2009).

Işık, dalga boyu nanometre cinsinden ifade edilen elektromanyetik bir enerjidir. Cisimlerin yansıttığı dalga boyları, onların algılanan rengini belirler. Siyah cisimler tüm görünür ışığı soğururken, beyaz cisimler tamamını yansıtır (Seghi ve ark., 1986).

İnsan gözü, 400-700 nm dalga boyu aralığındaki ışığı algılayabilir. Dişe ulaşan ışık, yüzeyden düzenli veya dağınık yansıyabilir, soğurulabilir veya dişin içinden geçebilir. Retinaya ulaşan ışık, rengin algılanmasını sağlar (Recen ve ark., 2016).

2.6.2. Optik Özellikler

2.6.2.1. Işık Geçirgenliği

Transluseri, bir materyalin ışığı kırılma, dağılma veya emilim olmaksızın iletebilme kapasitesidir. Doğal dişlerin renk özellikleri transluserlik seviyelerine bağlıdır. Bir materyalin doğal diş benzer transluserlik sergilemesi, estetik uyumu artırır. Genel olarak, transluserlik arttıkça göze ulaşan ışık miktarı azalır ve dişin parlaklığı düşer (Tuncel & Turp, 2017).

Opaklık, bir malzemenin ışık geçirgenliğine sahip olmaması durumudur. Opak malzemeler, üzerlerine gelen ışığı geçirmez ve bu nedenle arkalarında bulunan nesneler görülemez.

Şeffaflık (Transparanlık), bir malzemenin ışığı tamamen veya büyük ölçüde geçirme özelliğidir. Şeffaf malzemeler, ışığın neredeyse tamamını ileterek arkalarındaki nesnelerin net bir şekilde görünmesini sağlar (Doğan & Yüzügüllü, 2011).

2.6.2.2. Floresans

Floresans, bir malzemenin ışığı emerek daha uzun dalga boyunda ışık yayması olayıdır. Doğal dişlerde floresans özellikle dentin tabakasında yoğun organik madde içeriği nedeniyle ortaya çıkar. Restoratif diş materyallerine floresan tozlar eklenerek, yansıyan ışık miktarı artırılabilir, renk bozulmaları önlenabilir veya bu bozulmaların

etkisi azaltılabilir. Bu durum, estetik ve fonksiyonel diş restorasyonlarında önemli bir avantaj sağlar (Fondriest, 2003).

2.6.2.3. Metamerizm

Metamerizm, farklı ışık kaynakları altında aynı renkte görünen nesnelerin, ışık değiştiğinde farklı renk tonlarında algılanması olgusudur. Bu durum, klinik ve laboratuvar ortamlarında aydınlatma standartlarının belirlenmesini zorunlu kılar. Renk değerlendirmesi için en uygun zaman dilimi, gün ışığının en dengeli olduğu 12.00-15.00 saatleri arasındır. Ancak gün ışığının rengi, günün saatine, mevsimsel değişikliklere ve hava koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Özellikle sabah erken saatlerde ve akşamüstü gün ışığı, daha kırmızı tonlara sahiptir. Işık kaynağının değişmesi, nesnelerden yansıyan ışığın farklı algılanmasına ve renk uyumsuzluklarına neden olabilir (Bayındır & Wee, 2006).

2.6.2.4. Opalesans

Bazı malzemeler, üzerlerine gelen ışığı yansıttığında ve içinden geçirdiğinde farklı renk tonları sergileyebilir. Bu özellik, prizmalara benzer bir davranış sergileyerek farklı dalga boylarındaki ışığı değişik açılarda kırılmalarından kaynaklanır. Kısa dalga boylu ışık, daha fazla kırılmaya uğrar. Diş minesindeki hidroksiapatit kristalleri de benzer şekilde prizma etkisi gösterir. Işığın dalga boyları, diş ve diş dokuları arasında farklı translusensi (yarı saydamlık) derecelerine neden olur, bu da renk algısını etkiler (Fondriest, 2003).

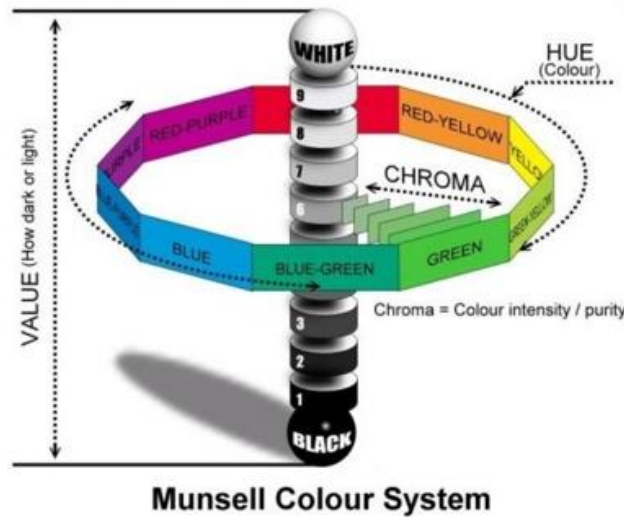
2.6.3. Renk Sistemleri

Renk algısının öznel doğası ve bireyler arasındaki farklılıklar, renklerin doğru ve objektif bir şekilde tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu sorunu aşmak için, renkleri standart hale getirmeyi amaçlayan çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanlar, Munsell renk sistemi ve Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) (CIE: Uluslararası Bildirim Komisyonu) tarafından oluşturulan Lab* renk

sistemidir. Bu sistemler, renkleri sayısal değerlerle ifade ederek, farklı kişiler arasında tutarlı bir renk anlayışı oluşturmayı hedefler. Ayrıca, dijital teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte, kırmızı-yeşil-mavi (RGB) gibi renk modelleri, bilgisayar ortamında renklerin temsil edilmesi ve işlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modeller, insan gözünün renk algısını taklit ederek, diş hekimliği gibi alanlarda renk uyumunun sağlanmasına katkıda bulunur (Chu ve ark., 2010; Sengez & Dörter, 2019).

2.6.3.1. Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi, 1905 yılında Albert H. Munsell tarafından geliştirilen ve renkleri sistematik bir şekilde sınıflandıran en eski renk sistemlerinden biridir. Bu sistem, renkleri üç temel özellikte tanımlar: Munsell Hue (H), Munsell Chroma (C) ve Munsell Value (V). Bu özellikler, H/V/C biçiminde ifade edilen Munsell notasyonu ile gösterilir. Munsell sistemi, renk tonu (hue), parlaklık (value) ve doygunluk (chroma) gibi algısal boyutları birbirinden bağımsız ve homojen bir şekilde ayırarak, renkleri üç boyutlu bir uzayda düzenleyen ilk sistemdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Munsell renk sistemi (Sengez & Dörter, 2019)

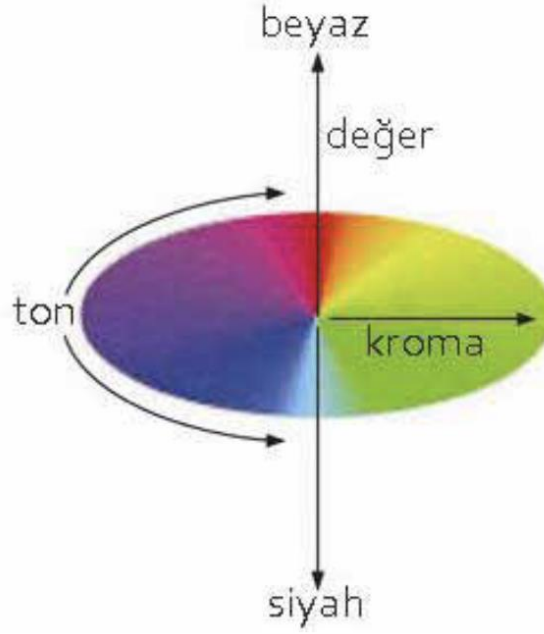
Munsell sisteminde renkler, silindirik bir koordinat sistemi kullanılarak tanımlanır. Silindirin merkezindeki dikey eksen, renklerin açıklık-koyuluk değerini

(value) temsil eder. Bu ekseninde en alt kısım siyahı, en üst kısım beyazı, ara bölgeler ise gri tonlarını gösterir. Renklerin doygunluğu (chroma), yatay düzlemde merkezden dışa doğru artar. Renk tonu (hue) ise silindirin çevresinde dairesel olarak sıralanır (Keyf ve ark., 2009).

Hue (Ton), renk spektrumunda saf halde bulunan ve beş ana gruptan oluşan renklerin adıdır: Kırmızı, Sarı, Yeşil, Mavi ve Mor. Bu ana tonlar arasında beş ara ton bulunur. Hue, bir cismin içinden geçen veya yansıyan ışığın dalga boyuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Chroma (Doygunluk), rengin canlılık derecesini ifade eder ve güçlü renkleri zayıf renklerden ayırır. Düşük chroma değeri, rengin daha az saf olduğunu gösterir. Chroma ve Value (Renk Değeri) arasında ters bir orantı bulunur.

Value, bir rengin açıklık veya koyuluk derecesini belirler ve dikey bir ekseninde siyah (0) ile beyaz (100) arasında değişir. Doğal dişlerde value değeri genellikle 4-8 aralığındadır. Yüksek value değerine sahip restorasyonlar, gözlemci tarafından kolayca fark edilebilir ve estetik uyumsuzluklara neden olabilir. Yüksek value değeri tebeşirimsi bir görünüm yaratırken, düşük value değeri gri tonların hakim olduğu bir görünüm oluşturur (Chang ve ark., 2012; Kurt ve ark., 2016; Nohl ve ark., 2002). Munsell Color Handbook'tan alınan renk tonu (hue), ton değeri (value) ve renk doygunluğu (chroma) ilişkisini gösteren şematik temsili olarak Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Hue (Ton), Chroma (Doygunluk) ve Value (Parlaklık)
(*Munsell Color Handbook*, 2012)

2.6.3.2. CIE XYZ Renk Sistemi

CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) tarafından 1931 yılında geliştirilen CIE XYZ renk sistemi, standart aydınlatma koşulları (A, B, C, D50, D65, E, F) ve gözlemci açıları (2°, 10°) altında renkleri iki boyutlu olarak ifade etmeyi sağlayan bir sistemdir (Bayindir ve ark., 2007).

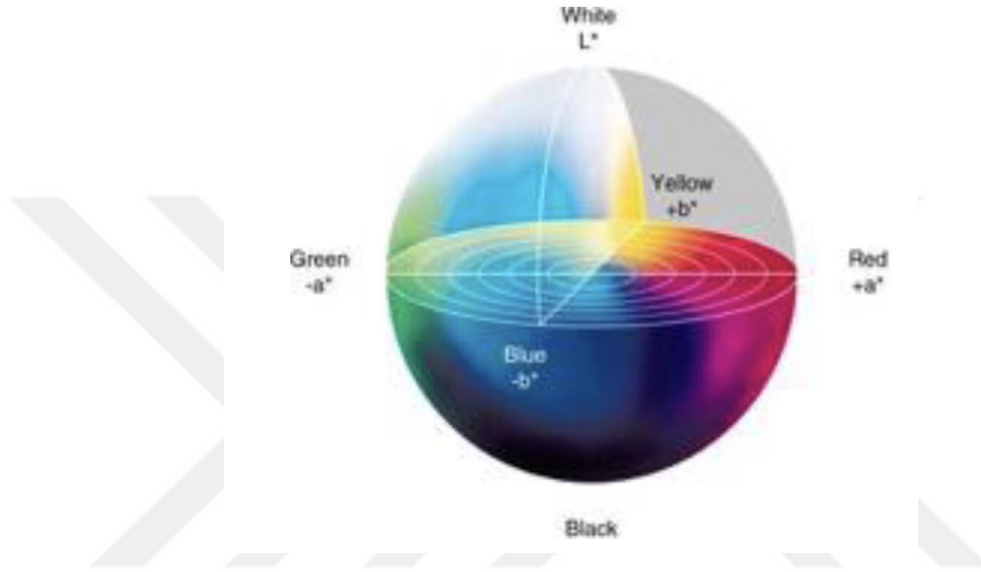
Bu sistem, insan gözünün renk algısını matematiksel olarak modellemektedir. CIE XYZ sisteminde, X, Y ve Z değerleri sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi renklerin yoğunluklarını temsil eder. Ancak, bu sistem renklerin yüzeyler arasındaki farklılıklarını tam olarak açıklamakta yetersiz kalır. Bu nedenle, renk biliminde daha gelişmiş ve kapsamlı sistemler tercih edilmektedir (Sproull, 1973b).

2.6.3.3. CIE L*a*b* Renk Sistemi

CIE L*a*b* renk uzayı, 1976 yılında insan gözünün renk algısını daha doğru bir şekilde temsil etmek amacıyla geliştirilmiş üç boyutlu bir renk modelidir. Bu sistem, renk

farklılıklarının hassas bir şekilde ölçülmesine ve klinik uygulamalarda kullanılmasına olanak tanır (Rosenstiel SF, 2006).

CIE L*a*b* renk uzayı, renkleri üç ana eksen üzerinde tanımlar: L* (parlaklık), a* (kırmızı-yeşil eksen) ve b* (sarı-mavi eksen) Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Ohno, 2000).



Şekil 2.6. CIELAB renk sistemi (Sengez & Dörter, 2019)

- L* eksen, bir rengin açıklık veya koyuluk derecesini 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında bir değerle ifade eder.
- a* eksen, kırmızı ve yeşil tonları temsil eder; pozitif değerler kırmızımsı, negatif değerler yeşilimsi tonları gösterir.
- b* eksen, sarı ve mavi tonları belirler; pozitif değerler sarımsı, negatif değerler mavimsi tonları ifade eder (Bayındır & Wee, 2006; O'Brien, 2002; Paravina & Powers, 2004).

İki renk arasındaki fark, ΔE^*_{ab} (delta E) değeri ile ölçülür. Bu değer, L*, a* ve b* eksenlerindeki farkların karelerinin toplamının karekökü alınarak hesaplanır (McDonald, 1988):

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

ΔE değeri, iki renk arasındaki algılanabilir farkı belirler. İnsan gözünün renk farklılıklarını ayırt etme eşiği genellikle 1 ile 3.7 ΔE aralığındadır. Bu aralığın altındaki farklar çoğunlukla gözle ayırt edilemezken, üzerindeki farklar belirgin hale gelir (Hekimoğlu ve ark., 2000; Johnston & Kao, 1989; Paravina & Powers, 2004; Rd, 1999; Schulze ve ark., 2003; Seghi ve ark., 1986; Sproull, 1973b; Zhang ve ark., 2000). Bu nedenle, farklı materyaller ve uygulamalar için kabul edilebilir ΔE sınırları değişkenlik gösterebilir (O'Brien, 2002).

2.6.3.4. CIEDE2000 Renk Sistemi

Görsel renk farklılıkları ile matematiksel modeller arasındaki korelasyonu iyileştirmek amacıyla, CIELAB temelli gelişmiş renk farkı formülleri tasarlanmıştır. CIELAB sisteminin renk uzayındaki homojen olmayan dağılım, pratik uygulamalarda ağırlıklandırma faktörlerinin kullanımını gerektirmiştir. Bu bağlamda, CIEDE2000 formülü, renk farkı hesaplamalarında hataları minimize etmek için K_L , K_C ve K_H gibi parametreler ve düzeltme terimleri içerir. Özellikle mavi bölgedeki renk tonu (hue) ve doygunluk (chroma) farklılıklarının etkileşimini açıklayan dönme terimi (R_T), CIELAB'ın a^* koordinatındaki sınırlamaları gidermeye odaklanır. Ayrıca, düşük doygunluklu (nötr) renkler ve aydınlatma koşullarının etkisi, bu parametrelerle daha tutarlı şekilde modellenir.

Yapılan çalışmalar, CIEDE2000 formülünün, insan gözünün renk farklılıklarını algılama hassasiyetini CIELAB'a kıyasla daha iyi yansıttığını ve algılanabilirliği artırdığını göstermektedir. Bu formül, renk farkı değerlendirmelerinde daha yüksek doğruluk sağlayarak endüstriyel ve klinik uygulamalarda tercih edilmektedir. Yeni formül aşağıdaki gibidir (del Mar Perez ve ark., 2011; Ishikawa-Nagai ve ark., 2005; Johnston, 2015; Yap, 1998).

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

Formülde yer alan S_L , S_C ve S_H ağırlıklandırma fonksiyonları, renk farkı hesaplamalarında farklı renk bileşenlerinin (parlaklık, doygunluk ve renk tonu) toplam renk farkına katkısını düzenlemek için kullanılır. Ayrıca, K_L , K_C ve K_H parametreleri, aydınlatma koşulları, zemin rengi ve diğer çevresel faktörlerin renk algısı üzerindeki etkisini dikkate alarak daha doğru sonuçlar elde etmeyi sağlayan düzeltme faktörleridir (Luo ve ark., 2001).

2.6.4. Renk Tespit Yöntemleri

2.6.4.1. Görsel Renk Tayini

Görsel Renk Tayini, diş hekimliğinde en yaygın kullanılan renk belirleme yöntemidir. Bu yöntemde, diş rengi standart renk kılavuzlarıyla karşılaştırılarak belirlenir. Ancak, bu süreç öznel bir değerlendirme gerektirir ve kullanılan skalaların yapısı ile restoratif materyallerin yapısı arasındaki farklılıklar, doğru renk seçimini zorlaştırabilir (Sproull, 1973a). Ayrıca, dış ışık koşulları, gözlemcinin yaşı, deneyimi, göz yorgunluğu ve renk körlüğü gibi faktörler tutarsızlıklara neden olabilir (Joiner, 2004). İnsan gözü, küçük renk farklılıklarını tespit etmede oldukça etkili olsa da, renk iletişimi için standart sözel araçların sınırlı olması bir dezavantajdır (Paul ve ark., 2002).

Renk tayininde, dişin orta üçlü bölgesi temel renk tonunu temsil eder, çünkü insizal ve servikal bölgelerde renk değişkenlik gösterir. İlk olarak value (parlaklık) belirlenmeli, ardından hue (renk tonu) ve chroma (doygunluk) değerlendirilmelidir (Okubo ve ark., 1998). Ancak, renk skalaları doğal diş renklerinin tamamını kapsamaz ve CIE Lab renk sistemine dönüştürülemez. Ayrıca, ticari olarak temin edilen skalalar arasında tutarsızlıklar bulunur, bu da standardizasyonu zorlaştırır (Van der Burgt ve ark., 1985).

Buna rağmen, renk skalaları hızlı, pratik ve düşük maliyetli bir yöntem olarak diş beyazlatma çalışmaları gibi alanlarda başarıyla kullanılmaktadır. Gözlemcilerin renk ayırt etme yetenekleri, eğitim ve deneyimle geliştirilebilir, bu da sonuçların doğruluğunu artırabilir (Ragain Jr & Johnston, 2000).

2.6.4.2. Cihaz Kullanılarak Yapılan Renk Ölçümü

Görsel renk seçimi, renk skalalarının sınırlı renk aralığı, doğal dişlerle tam uyum sağlayamaması, restoratif materyallerin yapısal farklılıkları ve piyasadaki skalalar arasındaki tutarsızlıklar nedeniyle dezavantajlara sahiptir. Buna karşılık, aletli renk analizi, optik cihazlar kullanılarak nesnelerin yansıttığı ışığın analiz edilmesine dayanır. Bu yöntem, objektif ve tekrarlanabilir sonuçlar sunması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak, rengin homojen olmaması, floresans etkisi ve metamerizm gibi faktörler, özellikle translusent materyaller üzerinde çalışırken dikkate alınması gereken kısıtlamalardır.

Renk ölçüm cihazları, ölçüm yapılan yüzey alanına göre iki gruba ayrılır: Spot ölçüm cihazları (SM-Spot measurement) ve tam yüzey ölçümü yapan cihazlar (CTM-Complete tooth measurement). Bu cihazlar, renk analizinde hassasiyet ve doğruluk sağlamakla birlikte, materyal özelliklerine bağlı sınırlamaları da göz önünde bulundurmalıdır (Keyf ve ark., 2009; Öngül ve ark., 2013; Recen ve ark., 2016).

Renk ölçümü için kullanılan cihazlar:

1. Kolorimetreler
2. Dijital Kameralar ve Görüntüleme Sistemleri
3. Spektrodadyometreler
4. Spektrofotometreler (Müdüroğlu ve ark., 2018)

Kolorimetreler

Kolorimetreler, görünür spektrumun kırmızı, yeşil ve mavi bölgelerindeki ışığı filtreleyerek üç uyarıcı değerini ölçer. Ancak, spektral yansımayı kaydetme yetenekleri

yoktur ve filtrelerin aşırı kullanımı nedeniyle spektrofotometrelerle karşılaştırıldığında doğrulukları daha düşüktür (Ballard ve ark., 2017). Kolorimetreler, emilen ışığın genel bir ölçümünü sağlarken; spektrofotometreler, farklı dalga boylarında emilen ışığı nicel olarak belirleyerek daha kapsamlı bir analiz sunar (Blaes, 2002).

Dijital Kameralar ve Görüntüleme Sistemleri

Dijital kameralar, elektronik ton ölçümünde temel bir araç olarak kullanılsa da renk seçiminde insan gözünün değerlendirmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Schropp, 2009). Diş rengini ölçmek amacıyla dijital görüntüleme sistemleri giderek daha yaygın hale gelmektedir. Bu sistemlerin hassasiyeti ve doğruluğu, kullanılan kamera ve görüntü işleme yöntemlerinin kalitesine bağlıdır. Doğru standardizasyon prosedürleri uygulandığında, dijital kameralar diş ve dişeti rengini belirlemede güvenilir sonuçlar sunabilir (J. D. Brewer ve ark., 2004).

Spektrofotometre

Spektrofotometreler, görünür ışık spektrumunda 1-25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisini ölçer (Chu ve ark., 2010). Bu cihazlar, spektral yansımayı renk koordinatlarına (CIE XYZ, CIE LAB veya CIE LCH) ve diş tonu değerlerine dönüştürebilir. Tek bir tonu belirleyebildiği gibi, diş yüzeyindeki ton farklılıklarını da haritalandırabilir. Yapılan sistematik incelemeler, spektrofotometrelerin görsel yöntemlere kıyasla daha kesin ve tutarlı sonuçlar sağladığını göstermektedir (Chen ve ark., 2012).

Klinik uygulamalarda kullanılan ticari spektrofotometreler, farklı tasarımlar, yazılımlar ve veri çıktıları sunmaktadır (Chen ve ark., 2012; Hugo ve ark., 2005; Sarafianou ve ark., 2012). Ancak, bu cihazların kullanımı sırasında dikkatli olunmalıdır, çünkü ölçümlerin tekrarlanabilirliği, ortam aydınlatması ve arka plan gibi faktörlerden etkilenebilir (Sarafianou ve ark., 2012; Yuan ve ark., 2012). Cihazların temaslı ölçüm

yapısı, özellikle diş etlerine sabitlenmesi gereken durumlarda, hasta konforunu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, cihazların doğru kullanımı ve hasta rahatlığı göz önünde bulundurulmalıdır (Stephen, 2003).

Spektoradyometre

Spektoradyometreler, radyometrik ölçümler yaparak nesnelerin parlaklık ve renk değerlerini analiz eden cihazlardır. Bu cihazlar, transparanlık veya yansıma yoluyla yayılan ışığı ölçer ve renk üretimi gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Temel çalışma prensibi, nesnelerin elektromanyetik yansıma özelliklerini belirlemeye dayanır. Spektoradyometreler dört ana bileşenden oluşur: toplayıcı optikler, monokromatör, dedektör ve okuyucu. Toplayıcı optikler, nesneden gelen ışınları toplayarak monokromatöre iletir. Monokromatör, bu ışınları farklı dalga boylarına ayırır ve odaklayıcı optikler aracılığıyla dedektöre yönlendirir. Dedektör, radyant gücü elektriksel sinyale dönüştürerek okuyucuya iletir. Spektral saçılma, dalga boylarının tam olarak ayrılamaması durumudur ve bu durum, kafesler, aynalar veya monokromatörün yapısal özellikleri gibi faktörlerden kaynaklanabilir (Müdüroğlu ve ark., 2018).

Spektoradyometreler, adli tıp alanında diş renginden yaş tespiti gibi çalışmalarda başarıyla kullanılmıştır. Diş hekimliğinde de son yıllarda yaygın olarak tercih edilen bu cihazlar, temas gerektirmeden renk ölçümü yapabilme avantajına sahiptir. Bu özellik, görsel yöntemlerle yapılan renk seçimlerine kıyasla önemli bir üstünlük sağlar. Ayrıca, ışık kaynağı, spektoradyometre ve obje arasında boşluk olmadığı için "edge loss" etkisi görülmez ve yüzey ile yarı aydınlık gibi renk formlarını ölçebilir. Bununla birlikte, cihazın kullanımı sırasında yüksek hassasiyet gerektirmesi bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Yuan ve ark., 2018).

2.7. Yüzey Pürüzlülüğü ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri

Yüzey pürüzlülüğü, bir materyalin yüzeyindeki küçük ve ince düzensizlikleri tanımlayan önemli bir özelliktir (Kocağaoğlu ve ark., 2013). Bu özellik, restorasyonların biyomekanik ve estetik performansını olumsuz etkileyebilir ve yapının yaşlanma sürecine karşı daha duyarlı hale gelmesine neden olabilir (Volpato ve ark., 2011). Sabit protetik restorasyonlarda, yüzey hazırlığı işlemleriyle elde edilen düşük pürüzlülük, biyouyumluluğu artırır ve plak birikimini azaltarak uzun ömürlü, estetik ve hijyenik restorasyonlar sağlar. Yüzey kalitesi, kullanılan aşındırıcıların türü, parlatma süresi ve basıncı gibi faktörlerden doğrudan etkilenmektedir (Tholt ve ark., 2006).

2.7.1. Profilometreler

Profilometreler, yüzey pürüzlülüğünün hassas ölçümü için kullanılan ve mekanik, optik ve lazer gibi farklı tipleri bulunan cihazlardır. Her bir tip, kendine özgü çalışma prensiplerine ve avantajlara sahip olmakla birlikte, yüzey özelliklerini tanımlamak için benzer parametreler kullanır (Yanıkoglu & Sakarya, 2020).

2.7.1.1. Optik Profilometreler

Optik profilometreler, yüzeylerin üç boyutlu topografik yapısını temas etmeden yüksek hassasiyetle ölçen cihazlardır. Bu sistemler, yüzeydeki referans noktaları arasındaki mesafeleri analiz ederek, geniş bir alanda nanometre seviyesinde çözünürlük sunar. Bu sayede, yüzeylerin doğal yapısı, kusurları ve pürüzlülük derecesi hakkında detaylı bilgi sağlar. Optik profilometreler, özellikle yüzey analizlerinde yüksek doğruluk ve hassasiyet gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Joniot ve ark., 2006; Kakaboura ve ark., 2007).

2.7.1.2. Mekanik (Kontak Uçlu) Profilometreler

Kontak uç profilometreleri, yüzey pürüzlülüğünü ölçmede köklü bir yöntemdir. Bu teknikte, yüzey üzerinde sivri bir elmas ucla tarama yapılır. Uçların çapı genellikle

1,5 ila 2,5 μm arasında değişir ve şekilleri farklılık gösterebilir. Ölçüm sırasında uç, yüzeydeki pürüzlölükleri çapraz yönde tararken oluşan titreşimler büyütölerek kaydedilir veya bir gösterge aracılığıyla okunur (Çökük, 2009; şahin & Uzun, 2020). Chisel tip uçlar ($0,25 \times 0,25 \mu\text{m}$) belirli darbeleri ölçmek için kullanılırken, konik uçlar mikro pürüzlölüklerin tespitinde tercih edilir. Bu cihazlarda, uç basıncı 0,05 ile 100 mg arasında değişebilir ve pürüzlölük büyütme oranı 100.000 kata kadar ulaşabilir (şahin & Uzun, 2020).

Mekanik profilometreler, dijital ve analog donanım ile yazılım kullanılarak ölçüm değerlerini kaydeder. Bu değerler arasında R_a (aritmetik ortalama pürüzlölük), R_{max} (belirli bir mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arasındaki mesafe) ve R_z (belirli bir mesafedeki 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalaması) bulunur. Yüzey pürüzlölüğü genellikle R_a değeri ile ifade edilir. Bu yöntem, yüzey analizlerinde yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sağlar (Yanıkoğlu & Sakarya, 2020).

2.7.1.3. Lazer Profilometreleri

Lazer profilometreler, yüzeye temas etmeden çalıştıkları için mekanik profilometrelerin dezavantajlarını büyük ölçüde ortadan kaldırır. Bu yöntemde, yüzeye yaklaşık 100 μm çapında bir lazer ışını gönderilir (Rodriguez ve ark., 2009). Lazer profilometreler, yüzey topografisini oluşturmak için lazer ışınının sapmasını ölçer veya odaklanmış beyaz ışıkla çalışan optik sistemler kullanır (De Groot, 1991). Ancak, diş gibi sert dokularda yapılan ölçümler, renk ve şeffaflık gibi faktörlerden etkilenebilir (Çökük, 2009). Yüzey pürüzlölüğünü değerlendirmede genellikle R_a (aritmetik ortalama pürüzlölük) değeri kullanılır. Bu teknik, temas gerektirmemesi ve yüksek hassasiyeti nedeniyle yüzey analizlerinde avantaj sağlar (Babina ve ark., 2020).

2.8. Yüzey Sertliği ve Sertlik Ölçüm Yöntemleri

Sertlik, bir malzemenin dış etkenlere karşı gösterdiği direnci ifade eder (Abt, 2010). Protetik diş tedavisinde kullanılan materyaller, ağız içindeki çeşitli zorlayıcı koşullara dayanabilmek için yüksek sertlik değerlerine sahip olmalıdır. Bu özellik, malzemenin mekanik dayanıklılığını artırarak çizilme, kırılma ve aşınma gibi etkilere karşı direncini yükseltir. Aynı zamanda, kuvvetler karşısında şekil stabilitesinin korunmasına da katkı sağlar (Ulusoy ve ark., 1999; Zaimoğlu ve ark., 1993).

Sabit protetik tedavilerde kullanılan materyallerin sertliği, Brinell, Knoop, Rockwell ve Vickers gibi yöntemlerle ölçülür. Hangi yöntemin tercih edileceği, malzemenin özelliklerine ve gerekli hassasiyet düzeyine bağlı olarak belirlenir. Bu testler, materyallerin performansını değerlendirmede kritik bir rol oynar (Kakaboura ve ark., 2007; Sert ve ark., 2022).

2.8.1. Brinell Sertlik Testi

Brinell sertlik testi, metallerin sertliğini ölçmek için kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu testte, belirli bir yük altında çelik bir bilye, malzemenin yüzeyine bastırılır ve oluşan izin alanına göre sertlik değeri hesaplanır. İz ne kadar küçükse, malzemenin sertliği o kadar yüksektir. Ancak, bu yöntem kırılğan ve elastik özellik gösteren materyaller için uygun değildir, çünkü çelik bilye bu tür malzemelerde hasara neden olabilir. Bu nedenle, Brinell testi daha çok sert ve dayanıklı malzemelerin analizinde tercih edilir (Zaimoğlu ve ark., 1993).

2.8.2. Knoop Sertlik Testi

Bu yöntemde, geometrik kesitli bir delici alet kullanılarak yüzeyde elmas veya rombik şeklinde bir iz oluşturulur. Knoop Sertlik Numarası (KHN), en derin çökme miktarının uygulanan yüke bölünmesiyle hesaplanır. Bu teknik, gerçek çökme alanı yerine derinlik ölçümüne dayanarak sertlik değerini belirler (Zaimoğlu ve ark., 1993)

2.8.3. Rockwell Sertlik Testi

Bu test, Brinell testine benzer olup çelik bilye veya elmas uç kullanılır. Ancak çökme çapı yerine, cihazın ölçeğinden doğrudan derinlik ölçümü yapılır (Zaimoğlu ve ark., 1993).

2.8.4. Vickers Sertlik Testi

Vickers sertliği, bir malzemenin sertliğini, yüzeyine uygulanan bir baskıya karşı gösterdiği direnç temelinde belirleyen bir ölçümdür. 1924 yılında Smith ve George E. Sandland tarafından geliştirilen bu test, adını mucitlerinden almıştır. Vickers sertlik testi, metal, seramik ve belirli polimer türlerinin sertliğini değerlendirmek amacıyla malzeme bilimi ve mühendislik başta olmak üzere çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Buehler, 2021).

Test yöntemi şunları içerir (Testing & Materials, 2019):

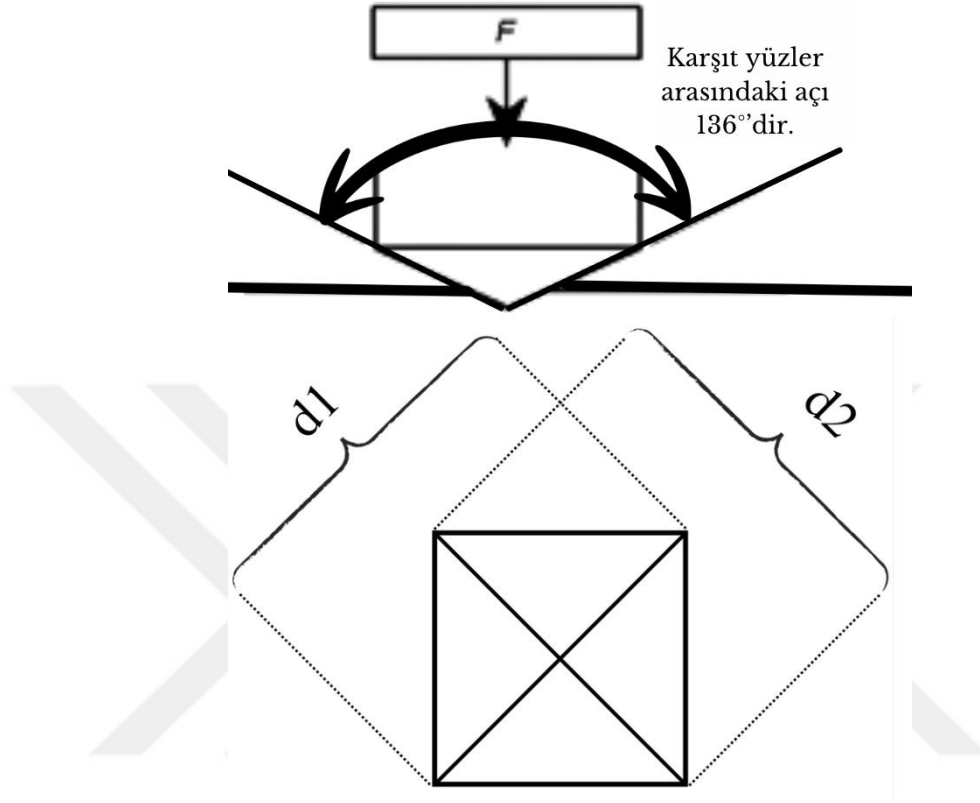
1. Test numunesi:

- Kalınlık: Test sonucunun etkilenmemesi için numunenin, girinti derinliğinin en az on katı kalınlıkta olması gerekmektedir. Genel olarak, en az 0,50 mm kalınlığa sahip numuneler, sertlik ölçümlerinin kalınlık değişimlerinden etkilenmemesini sağlar.
- Yüzey: Numunelerin taşlanmış ve parlatılmış bir yüzeye sahip olması, yüzey pürüzlülüğünün 0,1 μm rms'den düşük olması gerekmektedir.

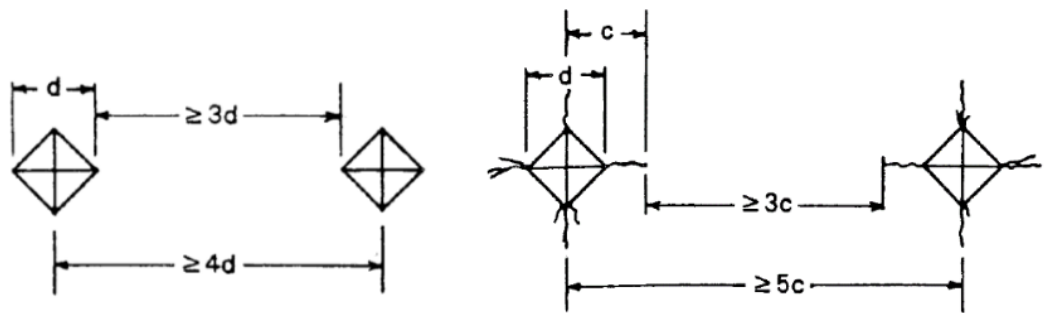
2. Girinti işlemi:

- Basınç uygulanan uç: 136° yüzey açısına sahip kare tabanlı elmas piramit uç, belirlenen bir kuvvet altında test edilen malzemeye bastırılır (Şekil 2.7).
- Girinti izleri, merkezleri arasında en az dört diyagonal uzunluk olacak şekilde birbirinden ayrılmalıdır (Şekil 2.8).

- Eğer girinti işlemi sonucunda çatlak oluşursa, aralık, çatlak uzunluğunun en az beş katı olacak şekilde artırılmalıdır (Şekil 2.8).



Şekil 2.7. Vickers ucu: 136° yüzey açısına sahip kare tabanlı elmas piramit (Mankar, 2021)



Şekil 2.8. Vickers Girinti Aralığı: Girinti merkezleri arasında en az 4 diyagonal uzunluk (d) bulunmalıdır. Çatlak oluşması durumunda, bu mesafe en az 5 diyagonal uzunluk (d) olacak şekilde artırılmalıdır (Mankar, 2021).

3. Ölçüm: Oluşan kare şeklindeki girintinin boyutu, optik mikroskop kullanılarak diyagonal olarak ölçülür.

4. Hesaplama: Vickers sertlik değeri (HV), uygulanan yükün girinti yüzeyine bölünmesiyle belirlenir ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$HV = 1.854 \times (F / d^2)$$

Vickers sertliği, gigapaskal cinsinden veya HV olarak ifade edilebilir. Daha yüksek HV, malzemenin sertliğinin ve deformasyona karşı direncinin arttığını gösterir. Seramiklerin Vickers sertliği, girinti boyutu veya uygulanan kuvvet arttıkça genellikle azalır.

Sertlik, diş restoratif malzemelerinin değerlendirilmesinde önemli bir özelliktir. Yüzey sertliği, bir malzemenin kalıcı yüzey girintisine veya penetrasyona karşı direncinin göreceli bir ölçüsü olarak, malzemenin aşındırıcılığını ve doğal dişler üzerindeki olası etkisini belirlemede kritik bir rol oynar (Lauvahutanon ve ark., 2014; Mandikos ve ark., 2001). Diş malzemelerinde sertlik ölçümünün temel amacı, bu malzemelerin çiğneme kuvvetleri ve diğer ağız içi aktiviteler sırasında doğal dişlerin aşınması ve bütünlüğü üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Yapılan çeşitli aşınma testlerinde, dental porselenlerin ve seramiklerin, diğer restoratif malzemelere kıyasla karşıt dişlerde daha fazla aşınmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, daha sert malzemelerin karşıt doğal dişlerde daha fazla aşınmaya yol açabileceğini göstermektedir (Hudson ve ark., 1995; Jagger & Harrison, 1995; Olivera & Marques, 2008)

Diş hekimleri ve araştırmacılar için dental malzemelerin sertliğini anlamak büyük önem taşımaktadır. Bu bilgi, hasta özelinde uygun restoratif malzeme seçiminde yardımcı olur. Ayrıca, bir malzemenin sertliğinin restorasyonun dayanıklılığı, doğal dişlerin aşınma özellikleri ve genel ağız sağlığı üzerindeki olası etkileri dikkate alınarak değerlendirilmesine olanak tanır (Gore & Gates, 1997).

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasının deney aşamaları Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-Ge Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Etik Kurul Onayı

Çalışmamız, Atatürk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 07.06.2024 tarihli, toplantı sayısı 4 ve karar no: 40 sayılı yazısı ile onaylanmış (Ek 3) ve Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 10.09.2024 tarihli, 14603 proje numarası ile desteklenmiştir.

3.2. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Araştırmanın ana hipotezlerinde bağımsız grupların arasındaki farklılıkların araştırılması planlanmıştır. Örneklem boyutu hesabında kullanılabilecek benzer çalışmalar incelenmiş ve ana hipotezler doğrultusunda uygulanacak istatistiksel yöntemlere göre en yüksek örnek sayısını veren örneklem boyutu hesabı dikkate alınmıştır. Bu araştırmada “G. Power-3.1.9.2” programı kullanılarak (Faul ve ark., 2009) %95 güven düzeyinde ($\alpha=0,05$), standardize etki büyüklüğü daha önce yapılan benzer bir çalışmadan 0,9797 (Tunc ve ark., 2009), $0,6\pm0,2$, $1,5\pm0,1$, $0,6\pm0,3$ ve $0,9\pm0,9$ olarak hesaplanmış ve 0,95 teorik güç ile her bir grup için minimum örneklem hacmi 6 olarak elde edilmiştir.

Power analizi sonucunda minimum örneklem büyüklüğü 6 olarak belirlenmiş olsa da çalışmamızda istatistiksel gücü artırmak, biyolojik ve teknik varyasyonları dengelemek ile olası kayıpları telafi ederek sonuçların güvenilirliğini artırmak amacıyla 10 numune kullanılmıştır.

3.3. Kullanılan Materyaller

Çalışmamızda, çocuk diş hekimliğinde kullanılan üç farklı restoratif materyal incelenmiştir: PZK (n=10), hibrit seramik CAD/CAM blok ve 3D baskısı için diş renginde seramik dolgulu hibrit reçine. Hibrit seramik CAD/CAM bloklar (n=10) ile seramik dolgulu hibrit reçineden elde edilen kuronlara (n=10), üretici firmaların önerdiği polisaj prosedürleri uygulanmıştır. Ardından kendi ürettiğimiz kuronlar ve prefabrike zirkon kuronlar vickers sertlik, yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi testlerine tabi tutulmuştur. Renklendirici çözeltinin belirlenmesinde kola (The Coca-Cola, İstanbul, Türkiye) tercih edilmiştir. Araştırmada kullanılan restoratif materyaller Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Kullanılan restoratif materyaller ve içerikleri

Materyal	Üretici	Türü	İçerik
NuSmile®	NuSmile, Houston Teksas, Amerika	Prefabrike pediatrik zirkon kuron	Y-TZP monolitik zirkonyum seramik %88–96 Zirkonyum oksit, %4–6 Yittrium oksit, %5 Hafnium oksit
GC CERASMART270	Zürichstrasse 31 Luzern, Switzerland	Hibrid seramik CAD/CAM blok	SiO ₂ (silisyum dioksit) ZrO ₂ (zirkonyum dioksit) Bis-MEPP (Bisfenol A-polietilen glikol dimetakrilat fosfat) UDMA (Üretan dimetakrilat) DMA (Dimetakrilat)
VarseoSmile TriniQ	Bego Bremen, Germany	3D baskısı için diş renginde seramik dolgulu hibrit malzeme	İnorganik dolgu maddelerinin toplam içeriği (partikül boyutu 0.7 µm), %30–50 ağırlık oranında olup, 4,4’- isopropilidifenol, etoksilatlı ve 2- metilprop-2enoik asit, silanlanmış diş camı, metil benzoylformat, difenil (2,4,6- trimetilbenzoyl) fosfin oksit içerir.

3.3.1. Restoratif Materyaller

Çalışmamızda, pedodonti kliniğinde kullanılmakta olan PZK (NuSmile), hibrid seramik CAD/CAM blok (GC CERASMART270) ve 3D baskısı için diş rengine seramik dolgulu hibrit reçine (VarseoSmile TriniQ) materyalleri kullanıldı.

3.3.2. Örneklerin Renk Değişiminde Kullanılacak Çözelti (Coca-Cola, Türkiye)

Coca-Cola, ABD menşeli, karamelize şekerle tatlandırılan ve alkolsüz bir içecek olarak üretilmektedir. Çalışmamızda Türkiye’de üretilmiş olanı kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan renklendirici asitli çözelti (The Coca-Cola, İstanbul, Türkiye)

3.4. Örneklerin Hazırlanması

Araştırmamızda her bir restoratif materyal grubundan 10’ar adet olmak üzere toplamda 30 kuron örneği kullanılacaktır. NuSmile® prefabrike zirkonya kuronların disk formatında üretilmemesi nedeniyle, çalışmamızda diğer materyallerden de kuron formatında üretim yapılması hedeflenmiş; bu doğrultuda hem 3 boyutlu yazıcı hem de CAD/CAM cihazı kullanılarak, NuSmile® kuronun boyutlarıyla birebir aynı ölçülere sahip kuronların üretilmesi amaçlanmıştır. NuSmile® A6R kuronlar herhangi bir aşamadan geçirilmeden direkt test aşamasında kullanılmıştır.

3.4.1. VarseoSmile TriniQ Materyali Kullanılarak 3 Boyutlu Yazıcı ile Kuronların Üretilmesi

Çalışmamızda kullanılacak kuronların üretilmesi için öncelikle NuSmile® deneme kuron materyali tarama cihazı için hazırlandı. (Şekil 3.2)



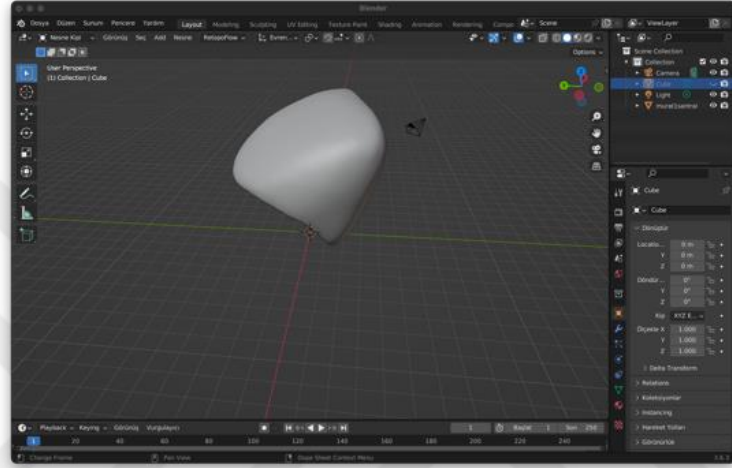
Şekil 3.2. Tarama İçin Ön Hazırlık

3shape Trios (Copenhagen K. Denmark) cihazı ile A6R nolu NuSmile ® deneme kuronu taranarak üç boyutlu modelleme elde edildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Taranmış model

Tarama verileri, STL formatında dışa aktarılmıştır. Üç boyutlu modelleme işlemleri için kullanılan Blender (3.3 sürümü) yazılımı aracılığıyla hata analizi gerçekleştirilmiş ve gerekli minimal düzeltmeler uygulanmıştır (Şekil 3.4). Elde edilen verinin nihai hali dışa aktarılmış ve 3 boyutlu yazıcı kullanılarak üretim aşamasına geçilmiştir.



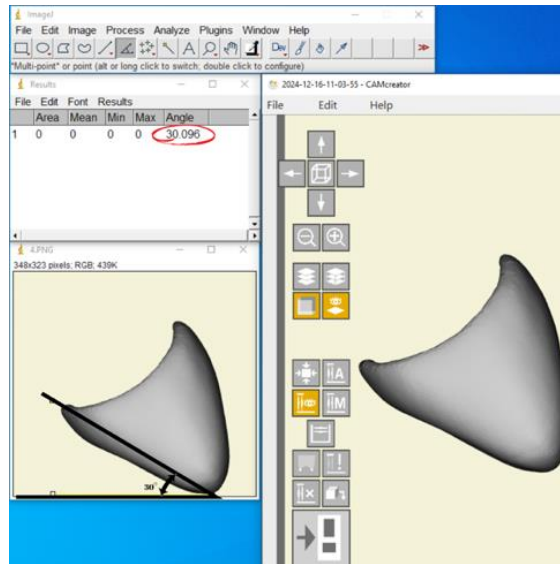
Şekil 3.4. Blender uygulaması ile kontrol ve minimal düzeltme

Çalışmamızda 3D yazıcı olarak, 50 µm katman kalınlığı ve 30 mm/saat üretim hızına sahip BEGO Varseo XS (Bremen, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.5). Üretim sürecini başlatmak için elimizdeki ham STL dosyası BEGO Cam Creator yazılımına yüklenmiş ve üretilecek kuron materyaline ait destek noktaları belirlenmiştir. Destek noktalarının sayısı, en doğru veriyi elde edebilmek amacıyla programın yapay zeka sistemi tarafından otomatik olarak atanmıştır.



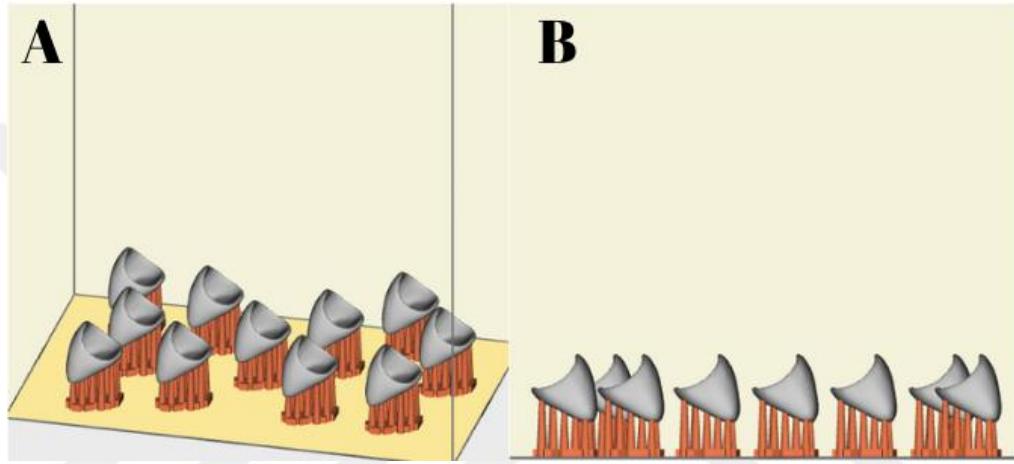
Şekil 3.5. BEGO Varseo XS

Yapılan literatür taramalarına göre, bu tür yazıcılar ve benzeri reçinelerle üretilen materyalin doğruluğunun, üretim tablasına yerleştirilme açısına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, 30° açının en doğru sonuçları verdiği belirtilmiştir (Metin ve ark., 2024). Bu bulgulara dayanarak, çalışmamızda da kuron materyali üretim tablasına 30° açıyla yerleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. 30° açının ayarlanması

Çalışmada kullanılacak 10 adet kuronun tek seferde üretilebilmesi amacıyla, üretim tablasına 10 adet kuron çoğaltılmış ve üretim için gerekli format oluşturularak yazıcıya aktarılmıştır. Üretim aşamasına ilişkin görseller Şekil 3.7 (A) ve (B)'de sunulmaktadır. Reçine tankına VarseoSmile TriniQ aktarılmasının ardından (Şekil 3.8), üretim süreci başlatılmış ve tamamlanmıştır. Üretilen kuron materyalleri Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Üretim Tablasında Kuronların Görüntüsü ve Yerleşimi (A) ve (B)



Şekil 3.8. Reçinenin Üretim Tankına Aktarılması



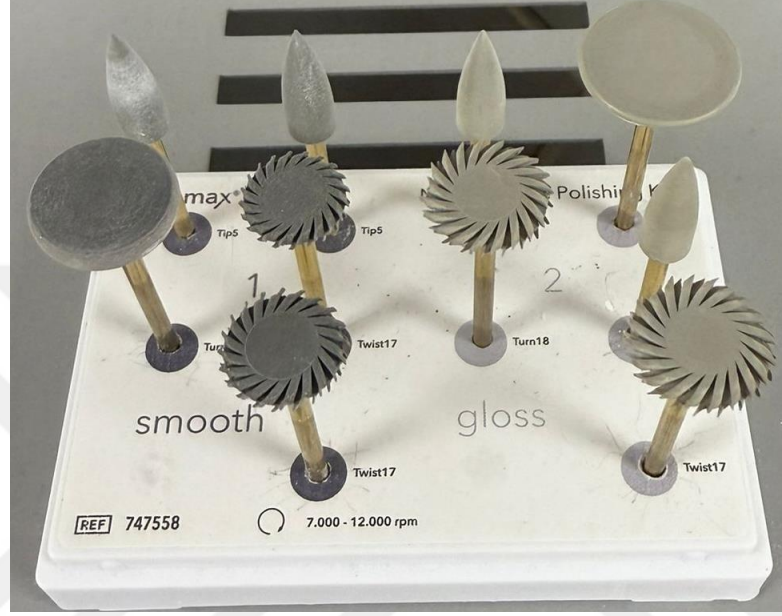
Şekil 3.9. Üretimi Tamamlanan Kuronlar

Üretilen kuron materyalleri, destek noktaları ayrıldıktan sonra ve etil alkol içerisinde kalan reçine artıklarından arındırıldıktan sonra, 300-700 nm dalga boyları arasında polimerizasyon sağlayan BEGO Otoflash (Bremen, Almanya) cihazında polimerize edilmiştir. Firma önerilerine uygun olarak hem vestibül hem de palatinal yüzeyler dönüşümlü olarak 1500 atımlık döngülerde polimerizasyona tabi tutulmuştur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. BEGO Otoflash (Bremen, Almanya)

Üretilen kuronların polisaj işlemi, Sagemax NexxZr Shine (Washington, Amerika Birleşik Devletleri) polisaj kiti kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11). Son parlatma aşamasında pamuk keçeden yararlanılmış ve polisaj işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3.12). 3 boyutlu yazıcı ile üretilen kuronların son hali Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Sagemax NexxZr Shine (Washington, ABD)



Şekil 3.12. Pamuk Keçe Fırça



Şekil 3.13. 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen Kuronlar

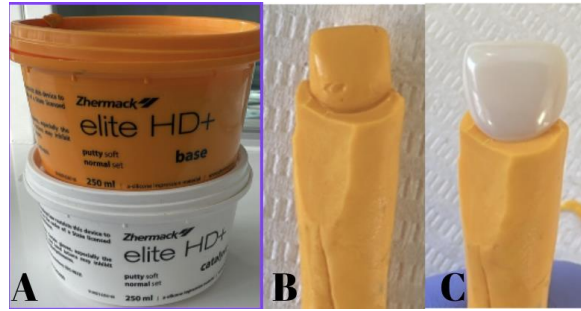
3.4.2. GC CERASMART270 Materyali Kullanılarak CAD/CAM Cihazı ile Kuronların Üretilmesi

Çalışmamızda CAD/CAM cihazı olarak SIRONA Cerec Bluecam (Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.14). Cihaz dış kaynak aktarımına kapalı olduğundan, öncelikle A6R numaralı NuSmile® kuronunun iç yüzey ölçüsü, Zhermack Elite HD+ (İtalya) silikon ölçü maddesi kullanılarak alınmıştır (Şekil 3.15). Elde edilen silikon ölçü, tarama sırasında detayların daha iyi belirlenebilmesi amacıyla opaklaştırıcı sprey olarak CEREC Optispray uygulanarak cihaza aktarılmıştır. Ardından cihaz ile hem silikon ölçü hem de kuron taranmış ve birebir ölçülerde bir kopya elde edilmiştir.

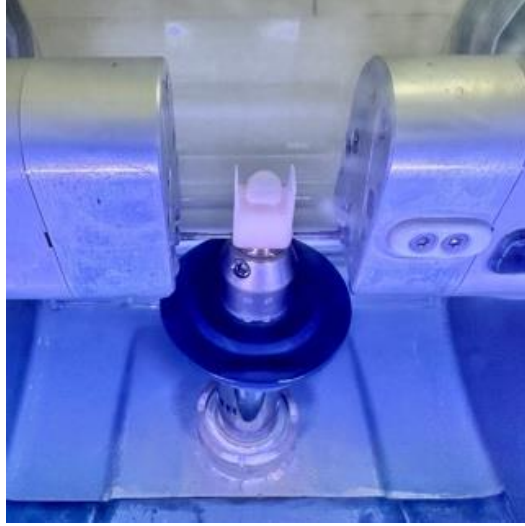
GC CERASMART270 blokları sırasıyla cihaza yerleştirilmiş ve kazıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kazıma işleminden sonra kuronların destek noktaları temizlenmiş ve polisaj işlemi, firma önerilerine uygun şekilde, 3 boyutlu yazıcı ile üretilen kuronlarda kullanılan Sagemax NexxZr Shine (Washington, Amerika Birleşik Devletleri) polisaj kiti ile yapılmıştır (Şekil 3.11). Son parlatma aşamasında herhangi bir pat kullanılmadan pamuk keçeden yararlanılmış ve polisaj işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3.12). Şekil 3.16’ da üretim sürecine ilişkin fotoğraflar yer alırken, Şekil 3.17’ de tüm aşamaları tamamlanmış kuronlar gösterilmektedir.



Şekil 3.14. SIRONA Cerec Bluecam (Almanya)



Şekil 3.15. Silikon ölçü maddesi(A), Oluşturulan Çekirdek Yapı(B), Kuron ile Uyumu(C)



Şekil 3.16. Üretim Aşaması



Şekil 3.17. CAD/CAM Cihazı ile Üretilen Kuronlar

3.5. Örneklerin Başlangıç Yüzey Pürüzlülüğü, Sertlik ve Renk Değerlendirmeleri

3.5.1. Örneklerin Başlangıç Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarında bulunan Taylor Hobson (İngiltere) markasına ait, “Code 112-3522-10” seri numaralı Surtronic 25 model mekanik profilometre ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Taylor Hobson (İngiltere)

Ölçümlere başlamadan önce cihazın referans örneği kullanılarak kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 3.19). Pürüzlülük ve sertlik ölçümlerine geçilmeden önce, tüm kuronların vestibül yüzeylerinin zemine paralel olmasını sağlamak amacıyla pembe soğuk akrilik (İmicryl, Konya, Türkiye) kullanılarak anahtar-kilit modeli oluşturulmuştur.



Şekil 3.19. Referans Örnek

Cihazın ölçüm parametreleri Çelik ve ark., (2017) tarafından kullanılan değerlerle uyumlu olacak şekilde Gauss Lc değeri 0,25 mm ve Değerlendirme Uzunluğu (Evaluation Length) 1,25 mm olarak ayarlanmıştır. Gauss Lc (Longitudinal Cut-off), yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan bir filtre türüdür. Bu filtre, yüzey dalgalanmalarını belirli bir dalga boyuna göre ayırarak daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlar. Lc = 0,25 mm değeri, filtrenin kesme dalga boyunu ifade eder ve yüzeydeki daha küçük dalga boylu pürüzlerin filtrelenmesini, daha büyük dalga boylu pürüzlerin ise ölçüme dahil edilmesini sağlar. Bu değer, mikro pürüzlülük değerlendirmeleri için uygun bir parametredir.

Değerlendirme Uzunluğu (Evaluation Length), pürüzlülüğün ölçüldüğü toplam yüzey uzunluğunu ifade eder. Bu uzunluk, tarama yapılan mesafeyi belirler. 1,25 mm'lik değerlendirme uzunluğu, genellikle birden fazla Lc değerinin toplamından oluşur (örneğin, $5 \times Lc = 5 \times 0,25 \text{ mm} = 1,25 \text{ mm}$). Bu yaklaşım, ölçümlerin istatistiksel olarak güvenilir ve temsili olmasını sağlar.

Cihaz ve modelin kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra, tüm kuronların yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için başlangıç noktaları belirlendi. Her bir numunenin başlangıç ölçüm noktaları, insizal kenardan 1 mm ve mezial yüzeyden 1,5 mm uzaklıkta işaretlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri bu referans noktalarından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.20). Her bir numune, ölçümlerde tekrarlanabilirlik ve hata payını minimize etmek amacıyla üçer kez ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde, ölçümler sırasında Ra değerleri temel alınmıştır.



Şekil 3.20. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

3.5.2. Örneklerin Başlangıç Sertlik Ölçümü

Örneklerin sertlik ölçümleri, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarında yer alan, Future Tech Corp. (Japonya) firmasına ait FM-800e model ve FMX8270 seri numaralı Vickers sertlik ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.21). Ölçümlere başlamadan önce cihaz gerekli şekilde kalibre edilmiştir. Pürüzlülük ölçümleri için hazırlanan akrilik model, aynı zamanda kuronların Vickers sertlik değerlerinin test edilmesinde de kullanılmıştır.



Şekil 3.21. Future Tech Corp. (Japonya)

Ölçüm parametrelerinden biri olan test yükü, 500 gf olarak belirlenmiştir. Bu değer, cihazın elmas piramit şeklindeki ucunun malzeme yüzeyine 500 gramlık bir kuvvet uygulayarak bir girinti oluşturduğu anlamına gelir. Test yükü, malzemenin sertliğinin doğru şekilde ölçülmesi için kritik bir parametredir.

Test sırasında kullanılan bir diğer önemli parametre ise, yükün malzeme üzerinde uygulandığı süreyi ifade eden *dwell time* değeridir. Bu çalışmada, cihaz yükü malzeme yüzeyine 15 saniye boyunca uygulamıştır. *Dwell time*, test sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak açısından oldukça önemlidir. Yük, yeterli süre boyunca uygulanmadığında test sonuçlarında hata oluşabilir; buna karşın, yükün gereğinden fazla süre uygulanması malzemede gereksiz deformasyona yol açabilir. Bu nedenle, 15 saniyelik uygulama süresi doğru sonuçlar elde edilmesi için ideal bir süredir.

Test sonuçları, HV cinsinden ifade edilmiştir. Bu değer, uygulanan yük ile girintinin diagonal uzunluğu arasındaki matematiksel ilişkiye göre hesaplanmaktadır. İlgili formül şu şekildedir:

$$HV = 1.854 \times (F / d^2)$$

Bu denklemde F, uygulanan yükü (500 gf) ve d, girintinin iki köşesi arasındaki diagonal uzunluğu (mm cinsinden) temsil etmektedir. HV, malzemenin yüzey sertliği hakkında bilgi sunar. Yüksek HV değeri malzemenin sertliğinin yüksek olduğunu; düşük HV değeri ise daha yumuşak bir malzemeyi ifade eder.

Sonuç olarak, bu çalışmada 500 gf test yükü, 15 saniyelik *dwell time* ve HV sonucu, Vickers sertlik testinin temel parametrelerini oluşturmuştur (Şekil 3.22). NuSmile® PZK ve CAD/CAM cihazıyla üretilen hibrit seramik kuronların değerlendirilmesi, 50x büyütme altında gerçekleştirilirken, 3D yazıcıyla üretilen seramik dolgulu hibrit reçine kuronların incelemeleri 10x büyütme altında yapılmıştır.



Şekil 3.22. Ölçüm Ekranı ve Parametreler

Her bir numunenin başlangıç ölçüm noktaları, numunelerin vestibül yüzeyinin geometrik orta noktası olarak belirlenmiştir. Yüzey sertlik ölçümleri, bu referans

noktaları esas alınarak yapılmıştır (Şekil 3.23). Her bir numune, ölçümlerde tekrarlanabilirliği artırmak ve hata payını minimize etmek amacıyla üç kez ölçülmüş ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Yüzey sertliği değerlendirilirken tüm ölçümler boyunca HV değerleri temel alınmıştır.



Şekil 3.23. Yüzey Sertlik Ölçümü

3.5.3 Örneklerin Başlangıç Renk Ölçümü

Örneklerin ΔE ölçümü, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda bulunan VITA EasyShade V (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) dijital spektrofotometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan VITA EasyShade V spektrofotometre cihazı Şekil 3.24'te gösterilmektedir. Her bir ölçüm öncesinde, cihazın kendi üzerindeki beyaz seramik blok kullanılarak kalibrasyonu sağlanmıştır (Şekil 3.25).

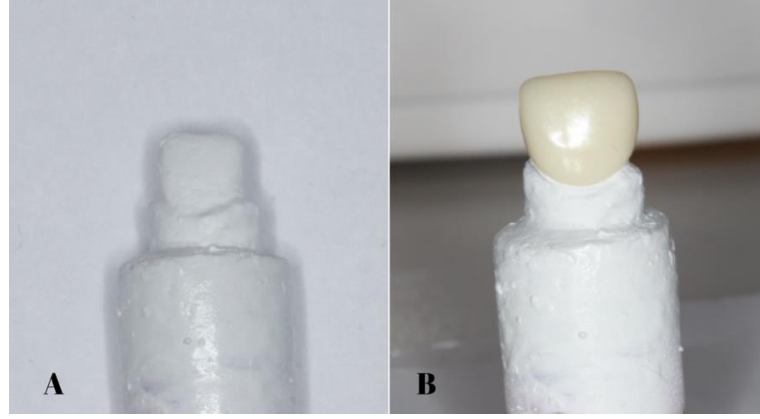


Şekil 3.24. VITA EasyShade V

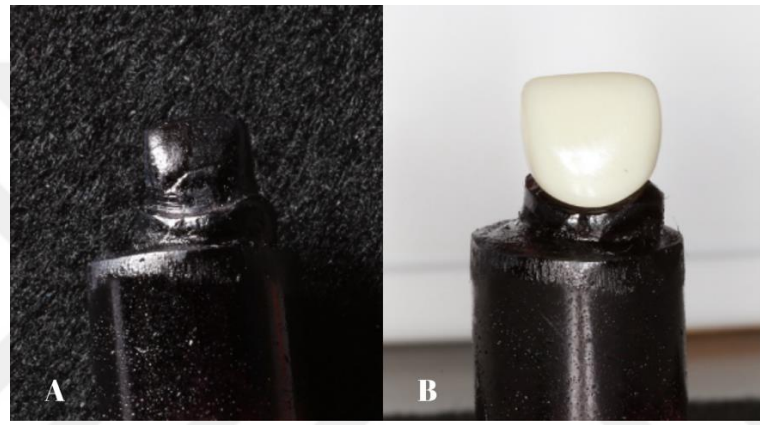


Şekil 3.25. Cihazın kalibrasyonu

Literatür taraması sonucunda, kuron materyallerinin renk ölçümüne yönelik çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Pate ve ark., yöntemine benzer bir metodoloji izlenmiştir (Pate ve ark., 2021). Öncelikle, kuron materyallerinden alınan iç ölçüler kullanılarak negatif kopyalar oluşturulmuş ve bu kopyalar yardımıyla iki adet kompozit çekirdek yapı hazırlanmıştır. Renk ölçümlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla, bu çekirdek yapılardan biri siyah, diğeri ise beyaz olarak boyanmış ve farklı arka planları taklit edecek şekilde kullanılmıştır (Şekil 3.26 A, B) (Şekil 3.27 A, B).



Şekil 3.26. Beyaz çekirdek yapı (A) ve Kuron ile uyumu (B)



Şekil 3.27. Siyah çekirdek yapı (A) ve Kuron ile uyumu (B)

Ölçüm sırasında, kuronlar oluşturulan çekirdek yapılara yerleştirildikten sonra, siyah ve beyaz arka planlar üzerine paralel olarak konumlandırılmıştır. Cihazın optik ucu, zemine paralel ve örnek yüzeylerine dik olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm ölçümler, cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra, aynı kişi tarafından, günün aynı saatlerinde ve odanın kuzeydoğuya bakan köşesinde gerçekleştirilerek standart bir ölçüm ortamı sağlanmıştır.

3.5.3.1. CIELAB Renk Ölçüm Sistemi ve Renk Değişimi (ΔE) Hesaplaması ([CIS], 1978)

Renk ölçümleri, daha önce açıklanan CIELAB renk sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu sistem, dikdörtgen koordinatlar kullanarak renkleri tanımlar. L^* değeri açıklık düzeyini temsil eder; L^* değerinin artması rengi beyazlatırken, azalması

rengi koyulaştırmaktadır. a* bileşeni, pozitif değerlerde kırmızı, negatif değerlerde yeşil renk tonlarını, b* bileşeni ise pozitif değerlerde sarı, negatif değerlerde mavi tonlarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan restoratif materyallerin başlangıç renk değerleri, her bir materyalden üçer kez ölçüm alınarak dijital spektrofotometre yardımıyla belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları L*, a* ve b* koordinatları olarak kaydedilmiştir. Örneklerin ΔE 'si, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

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

$$\Delta E^*=[(L_1^*-L_0^*)^2+(a_1^*-a_0^*)^2+(b_1^*-b_0^*)^2]^{1/2}$$

Bu formülde:

- L_0^* , a_0^* , b_0^* : Başlangıç renk değerlerini,
- L_1^* , a_1^* , b_1^* : Ölçüm sonrası renk değerlerini ifade etmektedir.
- ΔE^* değeri, ölçüm öncesi ve sonrası renk değişiminin derecesini gösterir.

3.5.3.2. Translüsenslik Parametresi (TP) Değerlendirmesi ([CIS], 1978)

Kuron materyallerinin translüsenslik (ışık geçirgenliği) değişimleri de değerlendirilmiştir. TP (Translucency Parameter) değeri, bir materyalin farklı arka planlar üzerinde ışığı ne ölçüde geçirdiğini ve yansıttığını gösterir. Translüsens ölçümleri sırasında, beyaz ve siyah çekirdekler oluşturulmuş; beyaz çekirdekler Faber-Castell Correction Fluid NCF, 20 ml (model 587107, Almanya), siyah çekirdekler ise Artdeco Akrilik Boya Siyah 3618, 140 ml (Türkiye) kullanılarak boyanmıştır. Bu şekilde hazırlanan standart arka planlar, kuron örneklerinin ışık geçirgenliklerinin karşılaştırılmasında referans olarak kullanılmıştır.

TP değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$TP = [(L_B^* - L_W^*)^2 + (a_B^* - a_W^*)^2 + (b_B^* - b_W^*)^2]^{1/2}$$

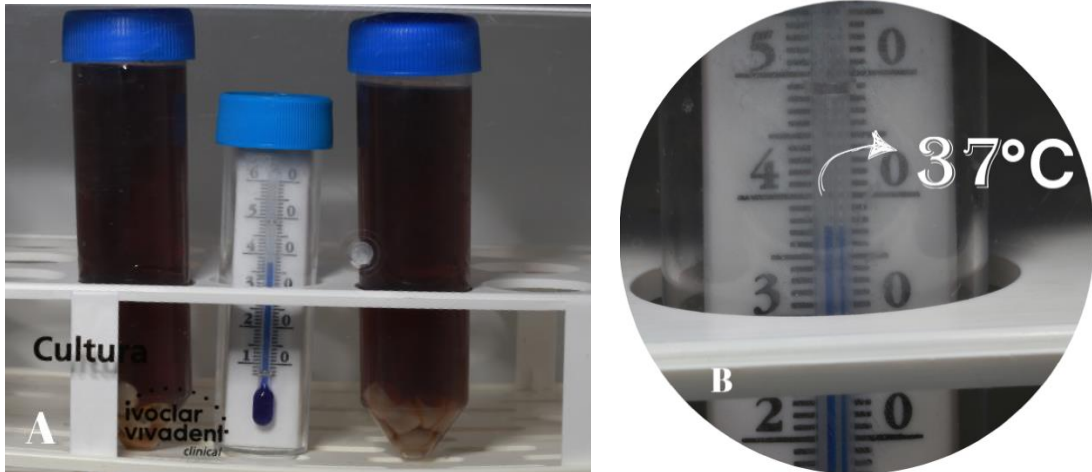
Bu formülde:

- B (Black): Siyah arka planda ölçülen renk koordinatlarını,
- W (White): Beyaz arka planda ölçülen renk koordinatlarını ifade etmektedir.
- ΔTP, iki TP değeri arasındaki değişimi gösterir.

Bu yöntemler kullanılarak, kuron materyallerinin renk stabilitesi ve TP değerleri analiz edilmiştir.

3.6. Örneklerin Kola İçerisinde Renklendirilmesi

Örneklerin zamana bağlı ΔE analizlerini değerlendirmek amacıyla, başlangıç yüzey pürüzlülüğü, sertlik ve renk ölçümleri gerçekleştirildikten sonra, örnekler 37°C sıcaklıkta bir dental etüv cihazı (Cultura, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) kullanılarak, eppendorf tüpleri içinde kola çözeltisine (The Coca-Cola, İstanbul, Türkiye) 7 gün boyunca yerleştirilmiştir (Şekil 3.28 A, B). Çözeltinin karbonik gaz seviyesini korumak amacıyla her 24 saatte bir yenilenmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.28. ETÜV cihazında Eppendorf tüpleri içerisindeki örnekler (A), 37 °C (B)

Yedi günlük inkübasyon süresinin tamamlanmasının ardından, örnekler eppendorf tüplerinden çıkarılarak 15 saniye boyunca musluk suyu altında yıkanmış ve ardından kurutma kağıdı ile dikkatlice kurutulmuştur. Son olarak, örneklerin yüzey pürüzlülüğü, sertlik ve renk ölçümleri tekrar edilerek, zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir.

3.7. Örneklerin Sonuç Yüzey Pürüzlülüğü, Sertlik ve Renk Değerlendirmesi

Tüm numuneler, başlangıç ölçüm standartlarına uygun olarak, ölçüm sürecinde önemli noktalar titizlikle dikkate alınarak ve herhangi bir değişkenliği en aza indirmek amacıyla, aynı kişi tarafından yeniden ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır.

3.8. İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmada verilerin tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum) verilmiştir. Normal dağılım varsayımı Shapiro Wilk testiyle ve varyans homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. Normallik varsayımının karşılandığı durumlarda bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında Bağımsız Örneklem T testi, bağımlı olduğu durumda Bağımlı Örneklem T testi; varsayımın karşılanmadığı durumlarda ise Mann Whitney U ve Wilcoxon İşaret Sıra testi uygulanmıştır. Normal dağılıma sahip olan bağımsız üç ve daha fazla grubun karşılaştırılması için ANOVA testi ve normal dağılım olmadığında ise Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Farkı yaratan grup ya da grupların ortaya çıkartılması için Post Hoc Bonferroni, Düzeltilmiş Bonferroni ve Tamhane testleri yapılmıştır. Analizler IBM SPSS 27 programında gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, NuSmile® zirkonyum kuronlar, 3D baskı yöntemiyle üretilen VarseoSmile TriniQ kuronlar ve CAD/CAM teknolojisi ile üretilen GC CERASMART270 kuronların sertlik, yüzey pürüzlülüğü ve renklenme özellikleri değerlendirilmiştir. Her kuron tipi için 10'ar adet numune hazırlanmıştır. Başlangıç ölçümlerinin ardından kuronlar, 37°C'de bir hafta boyunca günlük solüsyon değişimiyle kola içinde bekletilerek asidik ortam simüle edilmiştir. Sürecin sonunda, kuronlar üzerinde tekrar ölçümler gerçekleştirilerek başlangıç değerleri ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Sertlik Testi Bulguları

Herhangi bir kuron materyalinde deformasyon, çatlama veya yapısal bozulma tespit edilmediğinden, çalışmaya dahil edilen 10 adet kuronun tamamı sertlik testine tabi tutulmuştur.

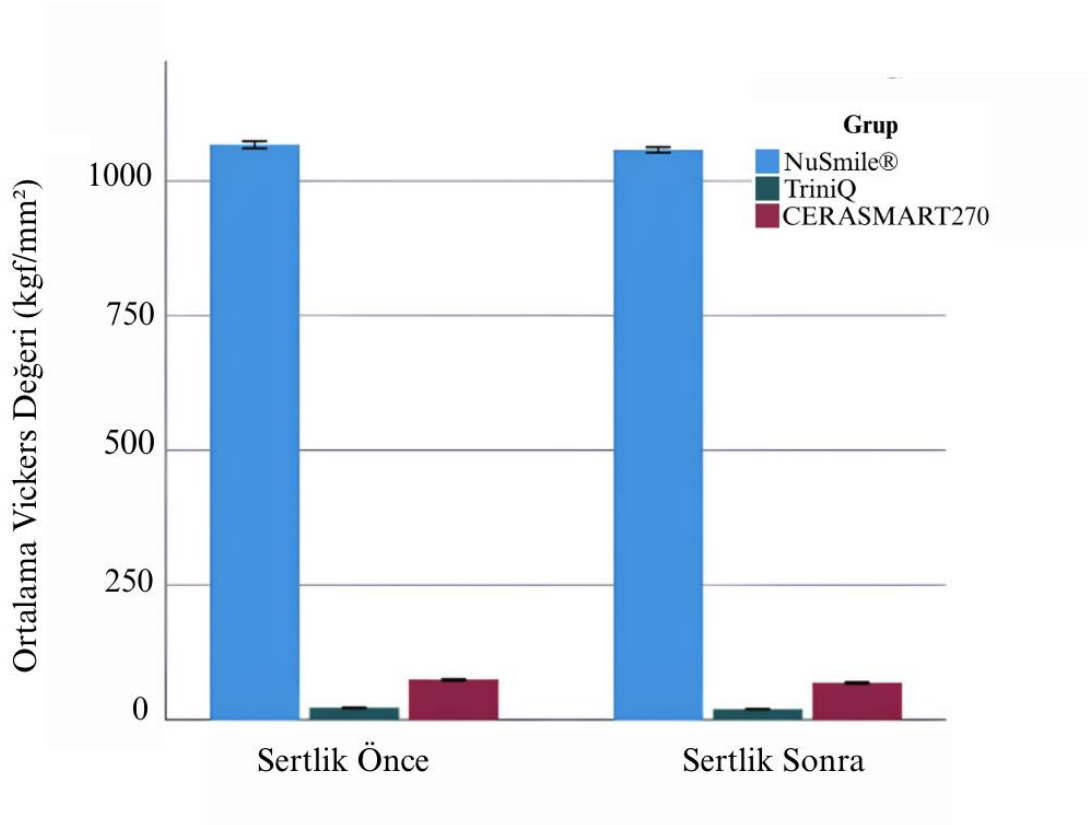
Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.1'de sunulmuştur. Çalışma gruplarına göre karşılaştırmada ANOVA testleri; grupların kendi içinde zamana göre farkların incelenmesinde Bağımlı Örneklem T testleri kullanılmıştır. Yapılan analizlerde, çalışma gruplarının sertlik değerlerinde uygulama öncesi ve sonrasında elde edilen sonuçlarda istatistiksel olarak belirgin farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tamhane testi sonuçlarına göre; NuSmile® ile TriniQ ve CERASMART270 grupları arasında, ayrıca TriniQ ile CERASMART270 arasında ölçülen değerler istatistiksel açıdan belirgin farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Her iki zamanda NuSmile® ölçümleri TriniQ ve CERASMART270 ölçümlerinden yüksektir. CERASMART270 ölçümleri TriniQ ölçümlerinden yüksektir.

Tablo 4.1. Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerlerinin karşılaştırılması

Gruplar	Vickers Sertlik Ölçümleri (kgf/mm ²)					
	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm		Ölçümler Arası	
	(Min.-Maks.)	Ort. ± S.S. (Medyan)	(Min.-Maks.)	Ort. ± S.S. (Medyan)	Test İstatistiği	p değeri
NuSmile®	1048.53 - 1077.37	1067.08 ± 9.16 (1067.05)	1045.9 - 1067.93	1057.38 ± 6.94 (1057.02)	8.328	<0.001*
TriniQ	20.77 - 24.27	22.86 ± 1.35 (23.27)	18.7 - 21.8	20.02 ± 1.06 (19.93)	7.048	<0.001*
CERASMART270	71.73 - 77.83	75.09 ± 1.9 (75.33)	65.73 - 72.4	69.36 ± 2.33 (69.77)	5.822	<0.001*
Test İstatistiği / p	61857.688 / <0.001*		104706.891 / <0.001*			

*p<0.05

Zamanlar için yapılan analizler sonucunda tüm gruplarda ölçüm zamanlarına göre sertlik ölçümleri arasında istatistiksel olarak belirgin farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Asitli içeceğe maruziyet öncesindeki başlangıç ölçümleri son ölçümlerden yüksektir. Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerine ait çubuk grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Örneklerin asitli içeceklerle muamele öncesi ve sonrası Vickers sertlik ölçümlerine ait çubuk grafiği

Çalışma grupları için ölçüm zamanlarına göre sertlik ölçümleri arasındaki farklar hesaplanmış ve değişim miktarlarının karşılaştırmasında ANOVA testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizler, gruplar arasındaki değişim miktarlarında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0.05$). Bonferroni testi sonuçlarına göre NuSmile® ile TriniQ arasında ve NuSmile® ile CERASMART270 arasında istatistiksel olarak belirgin farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). NuSmile® ölçümleri TriniQ ve CERASMART270

ölçümlerinden yüksektir. Çalışma gruplarının Vickers sertlik ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Çalışma gruplarının Vickers sertlik ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması

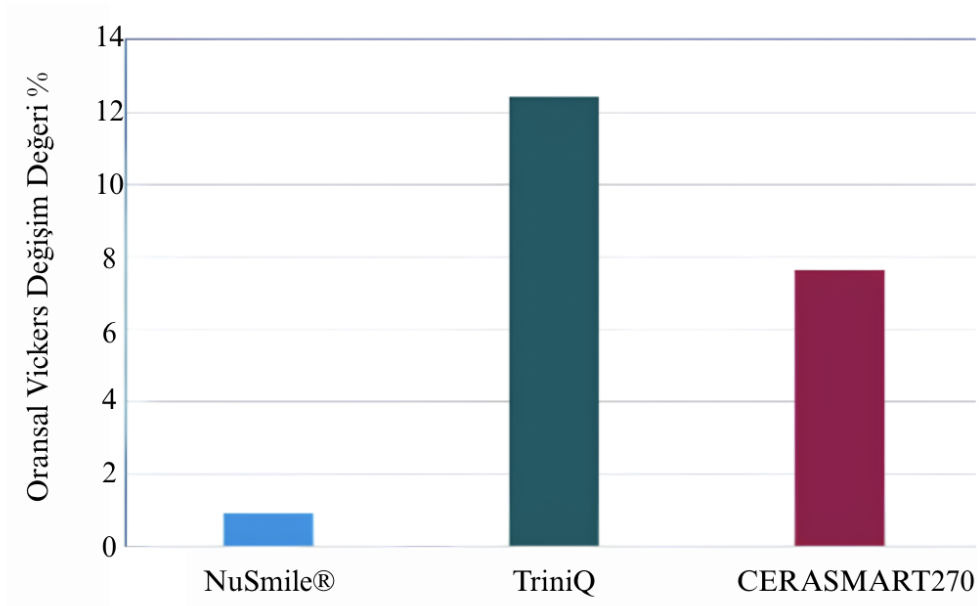
Gruplar	Vickers Sertlik Ölçümleri (kgf/mm ²)			
	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	Test İstatistiği	P
NuSmile®	2.63-16.07	9.70±3.68(9.59)	14.301	<0.001*
TriniQ	1.20-5.10	2.84±1.28(2.70)		
CERASMART270	1.83-11.60	5.73±3.11(5.42)		

*p<0.05

Çalışma gruplarının sertlik ölçümlerine ait oransal değişimleri ve karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.3’te gösterilmiştir. Çalışma grupları arasında, NuSmile® grubu % 0.91 ile en düşük oransal değişimi gösterirken, TriniQ grubu % 12.42 ile en yüksek oransal değişimi sergilemiştir. Çalışma grupları ve oransal vickers değişim değerlerine ait çubuk grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Çalışma gruplarının Vickers sertlik ölçümlerine ait oransal değişimleri ve karşılaştırılması

Gruplar	Vickers Sertlik Ölçüm Ortalamaları (kgf/mm ²)		
	Başlangıç Ölçümü	Son Ölçüm	Oransal Değişim (%)
NuSmile®	1067.08	1057.38	0.91
TriniQ	22.86	20.02	12.42
CERASMART270	75.09	69.36	7.63



Şekil 4.2. Çalışma grupları ve oransal vickers değişim değerlerine ait çubuk grafiği

4.2. Pürüzlülük Testi Bulguları

Herhangi bir kuron materyalinde deformasyon, çatlama veya yapısal bozulma tespit edilmediğinden, çalışmaya dahil edilen 10 adet kuronun tamamı pürüzlülük testine tabi tutulmuştur.

Çalışma gruplarına ve ölçüm zamanlarına göre pürüzlülük ölçümlerinin minimum ve maksimum değerleri ile bu ölçümlerin dağılımları ve karşılaştırılma sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir.

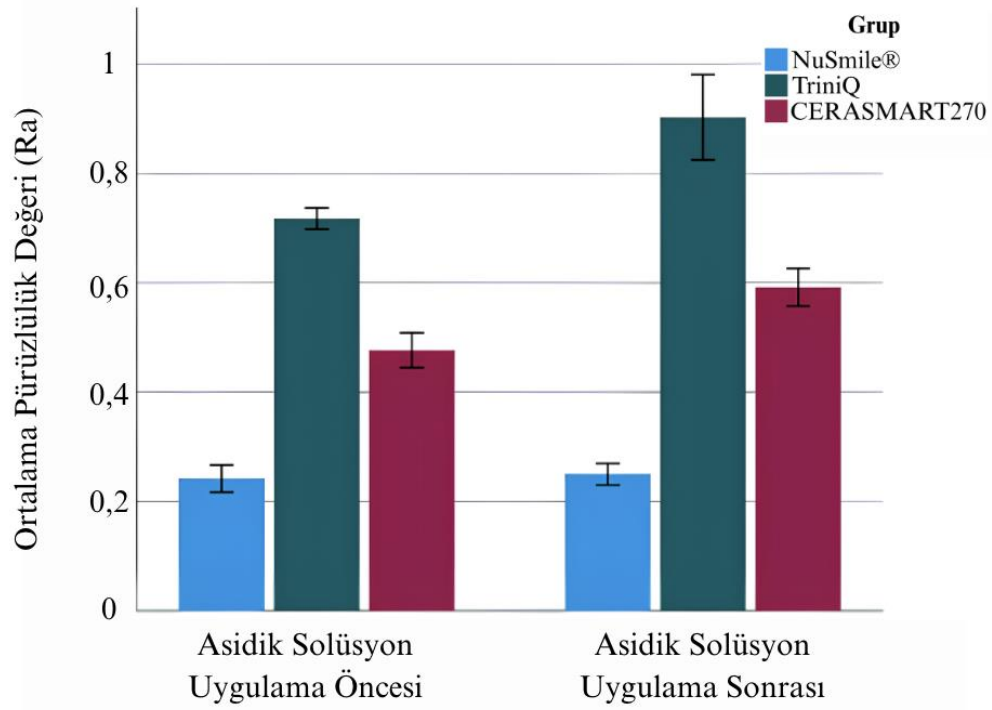
Tablo 4.4. Çalışma gruplarının başlangıç ve son yüzey pürüzlülük ölçümlerinin (Ra) karşılaştırılması

Yüzey Pürüzlülük Ölçümü (μm)						
Gruplar	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm		Ölçümler Arası	
	(Min.-Maks.)	Ort. $\pm$ S.S. (Medyan)	(Min.-Maks.)	Ort. $\pm$ S.S. (Medyan)	Test İstatistiği	p
NuSmile®	0.21-0.33	0.24 $\pm$ 0.03(0.24)	0.23-0.32	0.25 $\pm$ 0.03(0.24)	-1.973†	0.049*
TriniQ	0.68-0.76	0.72 $\pm$ 0.03(0.71)	0.75-1.09	0.90 $\pm$ 0.11(0.89)	-4.864	<0.001*
CERASMART270	0.41-0.57	0.48 $\pm$ 0.04(0.47)	0.51-0.67	0.59 $\pm$ 0.05(0.60)	-6.447	<0.001*
Test İstatistiği / p	25.847/<0.001*		25.904/<0.001*			

*p<0.05 ve †Wilcoxon İşaret testi

Çalışma grupları ve ölçüm zamanlarına göre pürüzlülük ölçümlerinin dağılımı Tablo 4.4'te sunulmuş ve çalışma gruplarına göre karşılaştırmada Kruskal-Wallis testleri; grupların kendi içinde zamana göre farkların incelenmesinde Bağımlı Örneklem T ve Wilcoxon İşaret testleri yapılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler, çalışma gruplarının pürüzlülük değerlerinde uygulama öncesi ve sonrasında anlamlı düzeyde farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur ($p<0.05$). Bonferroni düzeltmeli karşılaştırma testleri sonucunda; NuSmile® ile TriniQ, NuSmile® ile CERASMART270 ve ayrıca TriniQ ile CERASMART270 grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.05$). Her iki zamanda TriniQ ölçümleri NuSmile® ve CERASMART270 ölçümlerinden yüksektir. CERASMART270 ölçümleri NuSmile® ölçümlerinden yüksektir.

Çalışma gruplarının asidik solüsyon uygulama öncesi ve sonrası ortalama pürüzlülük değerine (R_a) ait çubuk grafiği Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Son ölçümler ilk ölçümlerden yüksektir. Yapılan analizler sonucunda tüm gruplarda ölçüm zamanlarına göre pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.3. Çalışma gruplarının asidik solüsyon uygulama öncesi ve sonrası ortalama pürüzlülük değerine (Ra) ait çubuk grafiği

Çalışma grupları için ölçüm zamanlarına göre pürüzlülük ölçümleri arasındaki farklar hesaplanmış ve değişim miktarlarının karşılaştırmasında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Çalışma gruplarına yüzey pürüzlülük ölçümlerine (Ra) ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler, gruplar arasındaki değişim değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0.05$). Bonferroni testi sonuçlarına göre, NuSmile® grubu ile hem TriniQ hem de CERASMART270 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). TriniQ ve CERASMART270 ölçümleri NuSmile® ölçümlerinden yüksektir.

Tablo 4.5. Çalışma gruplarında yüzey pürüzlülük ölçümlerine (Ra) ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması

Yüzey Pürüzlülük Ölçümü (μm)				
Gruplar	Min.-Maks.	Ort. $\pm$ S.S.(Medyan)	Test İstatistiği	p
NuSmile®	0.00-0.02	0.01 $\pm$ 0.01(0.01)	17.563	<0.001*
TriniQ	0.03-0.38	0.19 $\pm$ 0.12(0.18)		
CERASMART270	0.00-0.19	0.12 $\pm$ 0.06(0.14)		

*p<0.05

4.3. Translüsenslik Parametresi (TP) Bulguları

Herhangi bir kuron materyalinde deformasyon, çatlama veya yapısal bozulma tespit edilmediğinden, çalışmaya dahil edilen 10 adet kuronun tamamı TP değerlendirilmesine tabi tutulmuştur.

Çalışma gruplarına ve ölçüm zamanlarına göre TP ölçümlerinin minimum ve maksimum değerleri ile bu ölçümlerin dağılımları ve karşılaştırılma sonuçları Tablo 4.6’da gösterilmiştir. Gruplar arasındaki farkların değerlendirilmesinde Kruskal-Wallis testi, her grubun kendi içindeki zamana bağlı değişimlerin analizinde ise Wilcoxon İşaret testi kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler, çalışma gruplarının TP değerlerinde uygulama öncesi ve sonrasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir (p<0.05). Bonferroni düzeltmeli çoklu karşılaştırma testleri sonucunda NuSmile® ile TriniQ grupları arasında, NuSmile® ile CERASMART270 grupları arasında ve ayrıca TriniQ ile CERASMART270 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (p<0.05). Bu bulgular, incelenen tüm materyal gruplarının TP değerlerinde uygulama sonrasında birbirinden anlamlı derecede farklılaştığını ortaya koymaktadır. Özellikle NuSmile® grubunun diğer iki gruba (TriniQ ve CERASMART270) kıyasla farklı bir performans sergilediği, aynı zamanda TriniQ ve CERASMART270 grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunduğu görülmüştür. Her iki zamanda

TriniQ ve CERASMART270 ölçümleri NuSmile® ölçümlerinden yüksektir. CERASMART270 ölçümleri TriniQ ölçümlerinden yüksektir.

Zamanlar için yapılan analizler sonucunda TriniQ ve CERASMART270 gruplarında ölçüm zamanlarına göre TP ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlenmiştir ($p<0.05$). TriniQ grubunda önce ölçümleri sonra ölçümlerden yüksektir. CERASMART270 grubunda sonra ölçümleri önce ölçümlerden yüksektir.

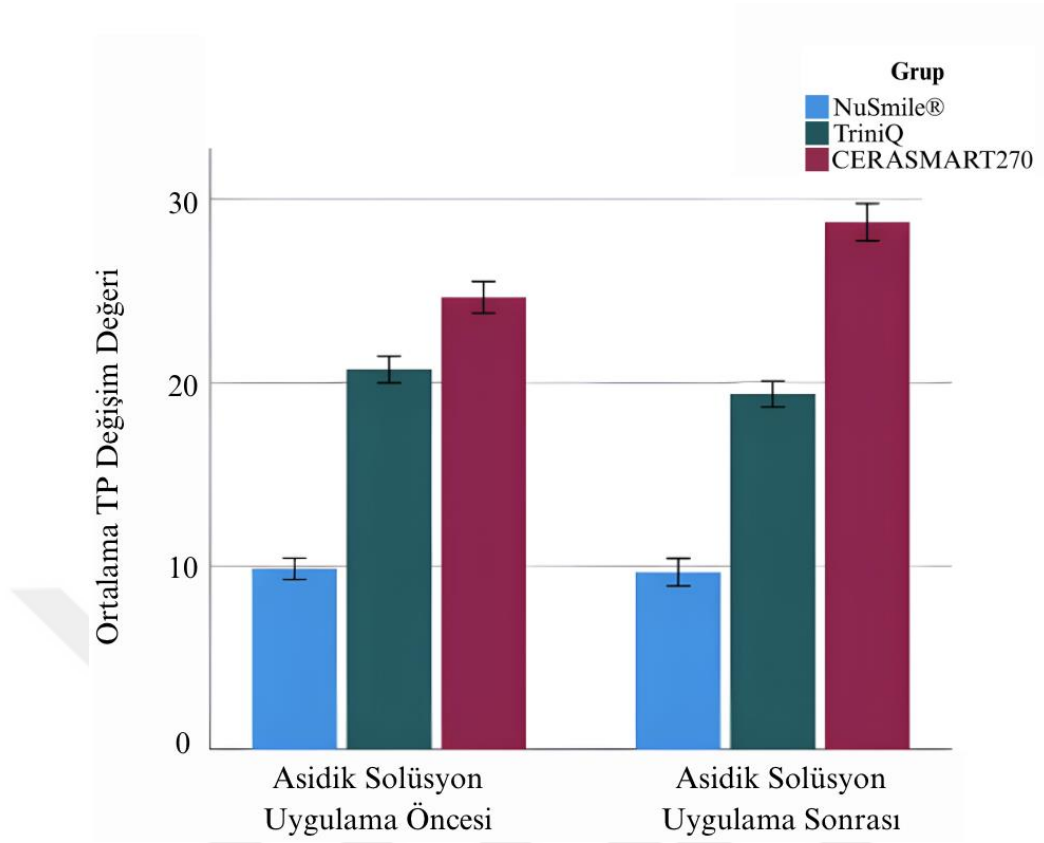
Çalışma gruplarının asit uygulama öncesi ve sonrası ortalama TP değişim değerine ait çubuk grafiği Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Tablo 4.6. Çalışma gruplarına ve ölçüm zamanlarına göre TP ölçümlerinin minimum ve maksimum değerleri ile bu ölçümlerin dağılımları ve karşılaştırılması

Translüsenslik Parametresi						
Gruplar	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm		Ölçümler Arası	
	(Min.-Maks.)	Ort. $\pm$ S.S. (Medyan)	(Min.-Maks.)	Ort. $\pm$ S.S. (Medyan)	Test İstatistiği	p
NuSmile®	6.36-12.81	9.85 $\pm$ 1.56(10.21)	5.52-12.23	9.67 $\pm$ 2.02(10.27)	-0.422	0.673
TriniQ	14.23-24.09	20.72 $\pm$ 1.96(20.9)	15.89-24.28	19.38 $\pm$ 1.88(19.68)	-3.116	0.002*
CERASMART270	21.01-29.05	24.65 $\pm$ 2.3(23.92)	23.85-33.9	28.75 $\pm$ 2.71(28.84)	-4.042	<0.001*
Test İstatistiği / p	73.446 /<0.001*		78.946/<0.001*			

*p<0.05



Şekil 4.4. Çalışma gruplarının asit uygulama öncesi ve sonrası ortalama TP değişim değerine ait çubuk grafiği

Çalışma grupları için ölçüm zamanlarına göre TP ölçümleri arasındaki farklar hesaplanmış ve değişim miktarlarının karşılaştırmasında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Analizler sonucunda gruplara göre değişim miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmiştir ($p < 0.05$). Bonferroni testlerine göre NuSmile® ile TriniQ ve CERASMART270 arasında ve TriniQ ile CERASMART270 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır ($p < 0.05$). TriniQ ve CERASMART270 ölçümleri NuSmile® ölçümlerinden yüksektir. CERASMART270 ölçümleri TriniQ ölçümlerinden yüksektir. Çalışma gruplarına TP ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılma sonuçları Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Çalışma gruplarına TP ölçümlerine ait değişim miktarlarının dağılımları ve karşılaştırılması

Gruplar	Translüsenslik Parametresi			
	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	Test İstatistiği	p
NuSmile®	0.04-4.46	1.42±1.21(1.01)	12.575	0.002*
TriniQ	0.00-5.28	1.95±1.39(1.79)		
CERASMART270	0.14-12.89	4.51±3.75(3.54)		

*p<0.05

4.4. Renk Değişimi (ΔE) Bulguları

Herhangi bir kuron materyalinde deformasyon, çatlama veya yapısal bozulma tespit edilmediğinden, çalışmaya dahil edilen 10 adet kuronun tamamı ΔE değerlendirilmesine tabi tutulmuştur. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımları ve karşılaştırılma sonuçları Tablo 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımları ve karşılaştırılması

Gruplar	Renk Değişimi (ΔE)			
	Beyaz Zemin	Siyah Zemin	Zeminler Arası	p
	Ort.±S.S.(Medyan)	Ort.±S.S.(Medyan)	Test İstatistiği	
NuSmile®	2.28±1.30(2.37)	1.58±0.87(1.45)	2.453	0.018*
TriniQ	3.19±1.28(3.07)	2.28±1.23(2.52)	2.809	0.007*
CERASMART270	1.52±0.80(1.57)	4.33±3.33(3.01)	-3.637‡	<0.001*
Test İstatistiği/p	15.870/<0.001*	14.198¥/<0.001*		

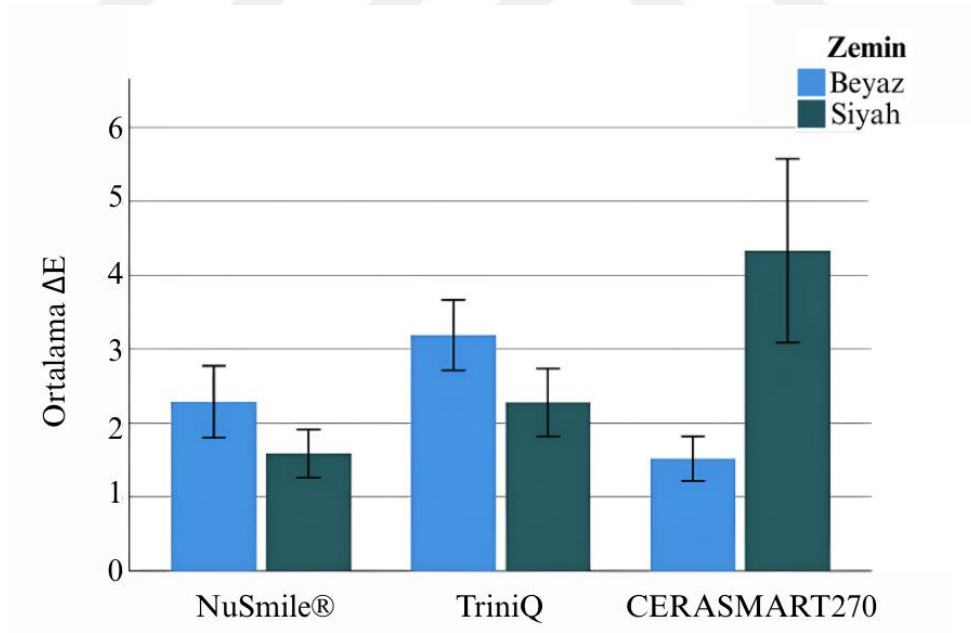
*p<0.05, ‡Mann Whitney U testi ve ¥Kruskal Wallis testi

Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımı tabloda verilmiş ve çalışma gruplarına göre karşılaştırmada ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri; grupların kendi içinde zeminlere göre karşılaştırmada Bağımsız Örneklem T ve Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler, çalışma gruplarının beyaz ve siyah zeminlerdeki ΔE değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir (p<0.05). Siyah zemin özelinde yapılan Bonferroni testi sonuçlarına göre, NuSmile® ve CERASMART270

grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiş olup, CERASMART270 grubunun ΔE değerleri NuSmile® grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Beyaz zemin üzerinde uygulanan Tamhane testi sonuçları, NuSmile®-TriniQ, NuSmile®-CERASMART270 ve TriniQ-CERASMART270 karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur ($p<0,05$). TriniQ ölçümleri NuSmile® ve CERASMART270 ölçümlerinden yüksektir. NuSmile® ölçümleri CERASMART270 ölçümlerinden yüksektir.

Zeminler için yapılan analizler sonucunda tüm gruplarda zeminlere göre ΔE ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir ($p<0.05$). NuSmile® ve TriniQ gruplarında beyaz zemin ölçümleri siyah zemin ölçümlerinden yüksektir. CERASMART270 grubunda siyah zemin ölçümleri beyaz zemin ölçümlerinden yüksektir. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımlarına ait çubuk grafiği Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Çalışma grupları ve zeminlere göre ΔE ölçümlerinin dağılımlarına ait çubuk grafiği

5. TARTIŞMA

Son yıllarda çocuk diş hekimliğinde estetik ve fonksiyonel gereksinimlerin artması, özellikle anterior bölgedeki süt dişlerinde indirekt restorasyonlara olan ilgiyi artırmıştır. Literatürde, süt dişlerine yönelik indirekt restorasyonlarla ilgili veriler sınırlı olup, büyük oranda daimi dişlere odaklanan araştırmalar bulunmaktadır. Bu sebeple kurguladığımız bu tez çalışmasında, süt keser dişler üzerinde uygulanan indirekt restorasyonların in vitro ortamda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulguların mevcut literatürle karşılaştırılması yoluyla, indirekt restorasyonların süt dişlerine klinik olarak uygulanabilirliği ve olası avantajlarının tartışılması amaçlanmaktadır. Bulgularımız, süt keser dişler için geliştirilen materyallerin ve tekniklerin, restorasyon başarısı açısından önemini ortaya koyacağı ve çocuk hastalarda estetik, dayanıklılık ve biyoyumluluk gibi kriterlerin değerlendirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Üst süt keser dişlerin restorasyonu için çeşitli tedavi yöntemleri ve malzeme alternatifleri mevcuttur. Diş hekiminin kararı, ebeveynlerin estetik beklentileri, çocuğun iş birliği yapma kapasitesi, kalan diş dokusunun durumu, izolasyonun sağlanması ve kanamanın kontrol altına alınması gibi unsurlar, restoratif tedavinin başarısını belirleyen faktörler arasındadır. Süt keser dişlerin tedavisinde, dolgu malzemelerinden tam kuron restorasyonlarına kadar geniş bir yelpazede seçenekler kullanılsa da bir restorasyonun diğerine kesin olarak üstün olduğunu kanıtlayan yeterli klinik bulgu bulunmamaktadır (Waggoner, 2015). Bu çalışmada, literatürde daha önce yapılan araştırmalarda kullanılan hazır PZK NuSmile® ile karşılaştırma yapmak amacıyla, farklı üretim teknikleriyle elde edilen alternatif restoratif materyallerin in vitro başarısı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda çalışmamızda, 3D baskı yöntemi ile üretilen VarseoSmile TriniQ kuronlar ve CAD/CAM teknolojisi kullanılarak üretilen GC CERASMART270 kuronlar, laboratuvar ortamında çeşitli fiziksel ve mekanik özellikler açısından analiz edilerek

karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, farklı üretim yöntemlerinin süt dişi restorasyonlarında sağladığı avantajları ve olası sınırlılıkları ortaya koyarak, klinik uygulamalar için en uygun restoratif seçeneğin belirlenmesine katkıda bulunmaktır.

Restoratif malzemelerin başarısını ölçmek için en uygun yöntem klinik araştırmalar olsa da bu tür çalışmaların gerçekleştirilmesi; standartlaştırma zorlukları, etik sınırlamalar, çocuk hastalarda iş birliği gerekliliği, uzun süreli takip ihtiyacı ve yüksek maliyetler gibi nedenlerle oldukça güçtür (Al-Wahadni ve ark., 2009; Çiftçi ve ark., 2022; Krifka ve ark., 2008). Özellikle zirkonyum kaplamaların kırılma dayanıklılığını belirlemek amacıyla ideal bir deneysel model oluşturmak zorluk arz etmektedir. Bu nedenle, klinik kullanım öncesinde malzemelerin ve yöntemlerin test edilmesi açısından in vitro çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan bu testler, yeni malzemeleri ve yöntemleri değerlendirmek için kolay, hızlı ve görece ekonomik bir seçenek sunar. Ayrıca, tüm diğer faktörler sabit tutularak tek bir değişkenin etkisi incelenebilir ve dental materyallerin doğru kullanımı ile seçimi konusunda klinisyenlere kanıta dayalı ön bilgi sağlar (Powers, 2012; Van Meerbeek ve ark., 2003). Bu çalışmaların sonuçları, farklı klinik yaklaşımlar için uygulama protokollerine yol göstermede önemli bir rehber niteliği taşıırken, restoratif malzemelerin mekanik özellikleri ve kullanım alanları laboratuvar koşullarında belirlenebilir (Oliveira ve ark., 2009). Tüm bu nedenlerle, araştırmamız in-vitro şartlarda yürütülmüştür.

İdeal bir restoratif malzeme, biyouyumlu olmasının yanı sıra mekanik açıdan güçlü ve estetik olarak tatmin edici özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca, diş dokularıyla kalıcı ve sağlam bir bağ oluşturmalı, karmaşık katmanlama işlemlerine ihtiyaç duymamalı ve biyoaktif özellikler taşımalıdır (François ve ark., 2021). Restoratif malzemelerin en kritik mekanik özelliklerinden biri, basınç direnci, aşınma dayanımı ve polimerizasyon derecesiyle yakından ilişkili olan sertliktir (Erdemir ve ark., 2013).

Sertlik, bir malzemenin çizilme veya delinmeye karşı gösterdiği direnci ifade eder. Bu özellik, malzemenin aşınma dayanımını ve karşıt diş yapılarını aşındırma potansiyelini belirlemek için kullanılır (Verma ve ark., 2020). Düşük sertlik değerleri, genellikle zayıf aşınma direnci ve çizilmeye yatkınlıkla ilişkilendirilir; bu durum, malzemenin yorulma dayanımını zayıflatabilir ve restorasyonun başarısız olmasına neden olabilir (Elshereksi ve ark., 2021). Restoratif malzemelerin yüzey sertliği gibi yüzey özellikleri yeterli değilse, restorasyonun kullanım ömrü kısalar. Bu durum, malzemenin dayanıklılığını azaltabilir ve yüzeyden su emilimini artırarak mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir (Örtengren ve ark., 2001).

Restoratif materyallerin klinik olarak başarılı olabilmesi için uzun vadeli dayanıklılık göstermesi gerekmektedir (Okada ve ark., 2001). Bu dayanıklılık, yalnızca materyalin kendi iç özelliklerine bağlı kalmayıp, aynı zamanda maruz kaldığı çevresel faktörlerden de önemli ölçüde etkilenmektedir (De Moraes ve ark., 2008; Yap ve ark., 2001). Ağız boşluğu, restoratif materyallerin sürekli olarak tükürükle temas ettiği karmaşık ve dinamik bir sulu ortamdır. Bunun yanı sıra, asidik gıdalar ve içecekler gibi düşük pH seviyesine sahip etkenler, bu materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir (Erdemir ve ark., 2013). Bu çalışmada, farklı yöntemlerle üretilen kuronlar ile hazır PZK'nın asidik içeceğe maruz kalmadan önce ve maruziyet sonrası HV değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Park ve ark., (2024) frezelenmiş (M grubu) ve 3D baskılı (P1, P2) materyallerin kırılma dayanımı ve sertlik özelliklerini karşılaştırmıştır. 0.5 mm, 1.0 mm ve 1.5 mm kalınlıklarda numuneler üretilmiş, M grubunda kalınlık arttıkça kırılma dayanımının yükseldiği, P1'de azaldığı, P2'de ise 0.5 mm ve 1.5 mm arasında fark olmadığı belirlenmiştir. Vickers sertlik testlerinde, M grubunun diğer gruplardan daha yüksek sertlik gösterdiği saptanmıştır. Tüm materyallerin ortalama oklüzal kuvvetten daha

yüksek kırılma dayanımı sergilediği, ancak uygun kuron kalınlığının malzeme türüne göre belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Sertlik ölçümleri, polisaj sonrası 500 g yük ve 15 saniye bekleme süresi ile gerçekleştirilmiştir. Malzeme sertliği, batıcı ucun belirli bir kuvvet ve süreyle örnek yüzeyine bastırılması sonucu oluşan izin boyutuyla ters orantılıdır (García-Godoy & García-Godoy, 2002; Tahmassebi ve ark., 2006). Literatürde, yüzey sertliği testlerinde kullanılan mikrosertlik cihazıyla uygulanan yüklerin değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir (Campanha ve ark., 2005; Ersu ve ark., 2007; Kawano ve ark., 2002; Loyaga-Rendon ve ark., 2007; Pavarina ve ark., 2003). Sertlik ölçümünde uygulanan kuvvetin önemli olduğu (Joniot ve ark., 2000), elastik malzemelere aşırı yük uygulanması durumunda yüzeyde çatlaklar oluşabileceği ve bunun hatalı sonuçlara yol açabileceği bildirilmiştir (Reis ve ark., 2002). Biz de tez çalışmamızda, Park ve ark., (2024) çalışmasını referans alarak sertlik ölçüm koşullarını 500 g yük ve 15 saniye bekleme süresi (*dwel time*) olarak belirledik ve bu standartlara göre ölçümümüzü gerçekleştirdik.

Yüzey sertlik değerlerinin, içeceklerdeki asit türü, yoğunluğu ve asit oranı, restoratif malzemelerle temas süresi ve sıklığı, kullanılan malzemenin bileşimi, sertlik ölçüm cihazı, uygulanan kuvvet ve bekleme süresi gibi çeşitli faktörlerden etkilenebileceği belirtilmiştir (Uhl ve ark., 2004; Yap ve ark., 2000). Bu nedenle, tez çalışmamızda asidik içeceklerin restoratif malzemeler üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla pH değeri 2.52 olan Coca-Cola'yı test ortamı olarak tercih ettik. Böylece, asidik maruziyetin sertlik değişimleri üzerindeki etkisini daha kontrollü ve standart bir şekilde inceleme imkânı sağladık.

Benzer çalışmalarda da, ilk 7 günlük süreçte mikrosertlik kaybının daha yüksek, sonraki 21 günlük süreçte ise daha düşük olduğu gösterilmiştir (Hashemikamangar ve ark., 2015). Bizim tez çalışmamızda yalnızca 7 günlük bir test süreci uygulanmış olup,

bu tercih literatürdeki bulgularla örtüşmektedir. Çalışmalar, asidik ortamın başlangıçta restoratif materyaller üzerinde daha hızlı bir etki gösterdiğini ve mikrosertlik kaybının en büyük kısmının ilk günlerde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, tez çalışmamızda 7 günlük test süresi, asidik içeceğin restoratif materyal üzerindeki erken dönem etkisini değerlendirmek için yeterli ve anlamlı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Daha uzun süreli testler ise ilerleyen süreçteki değişimleri görmek açısından faydalı olabilir. Çalışmamızda, asit maruziyeti sürekli bir şekilde uygulanmış ve numuneler günlük olarak durulanmıştır. Bu yöntem, gazlı içeceklerin ağız ortamında uzun süreli tüketimini simüle etmek amacıyla tercih edilmiştir (Sarıkaya & Güler, 2011).

Yüzey sertliği, ısı ve nem emilimi gibi faktörlerden büyük ölçüde etkilenebilmektedir (Hansen, 1983; Wongkhantee ve ark., 2006). Bazı araştırmacılar testlerini daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirmiş olsa da (Buyukyılmaz & Ruyter, 1994; C. M. Um & I. Ruyter, 1991), ağız içi sıcaklığının 37°C olduğu göz önüne alındığında (Söderholm ve ark., 1984), çalışmaların büyük bir kısmı bu sıcaklık seviyesinde yapılmıştır (Çörekçi ve ark., 2010; Imirzalioglu ve ark., 2010; Koksall & Dikbas, 2008; C. M. Um & I. Ruyter, 1991; Yılmaz & Ozkan, 2010). Bu çalışmada da literatürdeki çalışmalarla uyumlu olacak şekilde, örnekleri içeren sıvı ortamı 37°C'de etüvde muhafaza edilmiştir.

Çocuk diş hekimliğinde, fazla madde kaybına uğramış süt dişlerine hem estetik hem de işlevsel özellikler kazandırma çabaları, ağız içi tarayıcılar ve CAD/CAM teknolojisinin kullanımını hızlandırmıştır. CAD/CAM, malzemenin taranarak üç boyutlu veri elde edilmesi, bilgisayar ortamında tasarlanması ve üretim sürecinin dijital olarak yönetilmesi anlamına gelir. Araştırmalarda, bu yöntemle hazırlanan restorasyonların kenar uyumunun oldukça başarılı olduğu ve üretim süresinin daha kısa olduğu belirtilmiştir (Davidovich, Shay, ve ark., 2020).

CAD/CAM teknolojisi, klasik yöntemlere göre pek çok teknik üstünlük sunar. Bu üstünlükler arasında zaman kazancı, yüksek kalite ve kullanım kolaylığı yer alır. İntraoral dijital taramalar sayesinde geleneksel ölçü alma işlemleri ve bunu takip eden laboratuvar aşamaları, örneğin alçı model hazırlama ve döküm gibi süreçler ortadan kalkar. CAD/CAM ile üretilen restorasyonların kalitesi oldukça yüksektir, çünkü ölçü ve tasarım aşamaları hatasız bir şekilde gerçekleştirilir. Hastaların ikinci bir randevuya ihtiyaç duymadan aynı gün içinde tedavileri tamamlanır ve geçici restorasyon kullanımına gerek kalmaz. Bu sistem, yeni malzemelerin kullanımına imkan vererek daha ekonomik restorasyonların üretilmesini sağlar. Tüm bu avantajlar, CAD/CAM teknolojisinin çocuk diş hekimliğinde de kullanımını yaygınlaştırmış ve hem süt hem de kalıcı dişlerde uygulanmaya başlanmıştır (Davidowitz & Kotick, 2011; Kalaycı & Bayındır, 2015; Mourouzis ve ark., 2019).

Günümüzde, restoratif CAD/CAM materyallerinin mikrosertliği üzerine asidik içeceklerin etkisini değerlendiren çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bununla birlikte, literatürde farklı CAD/CAM restoratif materyallerinin çeşitli çevresel etmenlere karşı dayanıklılığını inceleyen bazı araştırmalar bulunmaktadır. Nitekim yapılan bir çalışmada, farklı CAD/CAM materyallerinin karbonatlı asidik bir içeceğe (Coca-Cola Company, Milan, İtalya) maruz kalması sonrasında yüzey mikrosertlik değişimleri değerlendirilmiştir (Colombo ve ark., 2019). Bu çalışmada, her biri 2 mm kalınlığında olacak şekilde dört farklı CAD/CAM blok materyalinden toplam 180 numune hazırlanmıştır: hibrit seramik (CERASMART, GC Corporation, Tokyo, Japonya), reçine nano seramik (Lava™ Ultimate, 3M, Monrovia, CA, ABD), nano-hibrit kompozit (Grandio blocs, VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya) ve zirkonya takviyeli lityum silikat cam seramik (VITA SUPRINITY® PC, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya). Her materyal grubundan 45 numune değerlendirilmiş olup, mikrosertlik ölçümleri

başlangıçta, 7. gün ve 28. günlerde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, tüm materyallerin mikrosertlik değerlerinde asidik ortam maruziyeti sonrası istatistiksel olarak anlamlı değişimler gözlemlendiği bildirilmiştir (Colombo ve ark., 2019). Özellikle nano-hibrit kompozitin başlangıç mikrosertlik değerinin yüksek olmasına rağmen, asidik maruziyet sonrası en fazla sertlik kaybına uğradığı belirtilmiştir. Hibrit seramik ve reçine nano seramik materyallerinin benzer sertlik kayıplarına sahip olduğu, ancak reçine nano seramiğin başlangıç mikrosertlik değerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Zirkonya takviyeli lityum silikat cam seramik ise en yüksek başlangıç sertlik değerine sahip olup, asidik maruziyet sonrası en düşük sertlik kaybını gösterdiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada, tez çalışmamızda da kullanılan hibrit seramik (CERASMART270) blok materyali değerlendirilmiş ve başlangıç ile 7. gündeki sertlik değerleri sırasıyla $68.2 \pm (0.5)$ ve $64.8 \pm (0.5)$ olarak rapor edilmiştir. İki ölçüm arasındaki fark ise ortalama $4.97 \pm (1.1)$ olarak hesaplanmıştır. Tez çalışmamızda elde ettiğimiz veriler incelendiğinde, başlangıç sertlik değerini $75.09 \pm (1.9)$, 7. gün değerini ise $69.36 \pm (2.33)$ olarak tespit edildi. Buna göre, sertlik farkını ortalama $5.73 \pm (3.11)$ olarak belirlendi. Her iki çalışmada elde edilen değerler birbirine oldukça yakın olmakla birlikte, farkın ölçüm tekniklerindeki küçük farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hibrit seramiğin kullanıldığı benzer çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir (Goujat ve ark., 2018; Saba ve ark., 2017).

Başka bir çalışmada, simüle mide suyunun bir CAD/CAM reçine kompozitinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve asidik ortamda 6 ve 24 saatlik bekletme süresinin mikrosertliği değiştirmediği bildirilmiştir. Ancak bu sonuçlar, mevcut çalışma ile çelişmektedir; çünkü asidik maruziyet süresi daha kısa olmasına rağmen, pH seviyesi daha düşük bulunmuştur (mide suyu pH = 1.2; Coca-Cola pH = 2.52) (Backer ve ark., 2017).

CERASMART270 materyalinin içerdği polimerik matriksin en büyük dezavantajı, asidik içeceklerden olumsuz yönde etkilenmeye daha yatkın olmasıdır. Literatürde, özellikle reçine kompozitlerin uzun süreli asidik ortam maruziyetinde mekanik özelliklerinin (özellikle mikrosertlik) etkilendiği bildirilmiştir (Catelan ve ark., 2010). Bu bulgular, farklı CAD/CAM materyallerinin asidik ortam koşullarına karşı gösterdiği farklı direnç seviyelerinin restoratif diş hekimliği açısından önemli klinik sonuçlara yol açabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, CAD/CAM materyal seçimi yapılırken asidik içecekler gibi çevresel faktörlerin restoratif materyaller üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiği söylenebilir.

Grzebieluch ve ark., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı yazdırılabilir ve işlenebilir CAD/CAM dental kompozit materyallerin mekanik özelliklerini karşılaştırmıştır. Vita Enamic'in BEGO ve diğer kompozit materyallerden anlamlı olarak daha yüksek sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir. VarseoSmile Crown Plus (BEGO), iki farklı açıda (dikey ve 45 derece) yazdırılmıştır ancak baskı açısının Vickers sertliği üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Vita Enamic'in en sert malzeme olmasının, seramik iskelet yapısından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Buna karşın, daha düşük sertlik gösteren kompozit malzemelerin dolgu partikülleri arasındaki bağlantının eksikliği ve küçük boyutları nedeniyle sertliklerinin daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Rameh'in (2024) tez çalışmasında, beş farklı nihai kuron materyalinin-Zirkonya (Lava Ultimate), Lityum Disilikat (IPS e.max CAD), Zirkonya ile güçlendirilmiş Lityum Silikat (Celtra Duo CAD), Çift Polimer Hibrit Seramik (Vita Enamic) ve Reçine Seramik Hibrit (VarseoSmile Crown Plus)-Vickers sertliği değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sertlik değerleri Zirkonya > Celtra Duo > Emax > Vita Enamic > VarseoSmile BEGO şeklinde sıralanmıştır. Test edilen üç materyal arasında yalnızca pişirilmiş Celtra Duo'nun, Emax'in sertlik değerini aştığı bildirilmiştir. Buna karşılık,

Vita Enamic ve VarseoSmile materyallerinin, Emax'e kıyasla anlamlı derecede daha düşük HV değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Rameh, VarseoSmile Crown Plus'ın sertliğini $21.4 \pm (2.0)$ olarak raporlamıştır. Grzebieluch ve ark., yaptığı çalışmada ise aynı materyalin dikey olarak üretilen örneklerinde $25.8 \pm (0.7)$, 45 derece açıda üretilen örneklerinde ise $28.16 \pm (1.42)$ sertlik değerine sahip olduğu bulunmuştur (Grzebieluch ve ark., 2021; Rameh, 2024). Tez çalışmamızda ise benzer mekanik özelliklere sahip aynı firmanın reçinesi kullanılmış olup, başlangıç sertlik değeri $22.86 \pm (1.35)$ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, literatürdeki diğer çalışmalar ile tutarlılık göstermekte ve benzer eğilimleri ortaya koymaktadır.

Yapılan araştırmalarda, PZK'nın ön bölgede estetik açıdan incelendiği vaka çalışmaları (Ashima ve ark., 2014; Özdemir & Ünverdi, 2023; Wang ve ark., 2022) ile arka bölgede klinik performans, sağlamlık ve radyografik sonuçlarının değerlendirildiği çalışmalar (Abdulhadi ve ark., 2017; Azab ve ark., 2020; Donly ve ark., 2018; Mathew, Roopa, ve ark., 2020; Şahin, 2018) bulunmaktadır. Ayrıca, laboratuvar ortamında yapılan in-vitro çalışmalarda, bu kuronların parlaklık, mikrosızıntı, kırılma ve çekme gibi özellikleri test edilerek analiz edilmiştir (Al Shobber & Alkhadra, 2017; Avcı ve ark., 2023; Choi ve ark., 2017; Rosato ve ark., 2018; Şahin, 2018; Theriot ve ark., 2017; Townsend ve ark., 2014). Bu araştırmalar, NuSmile® kuronların farklı yönlerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Bu çalışmada, günümüzde sıkça tercih edilen NuSmile® ile çocuk diş hekimliğinde henüz yaygın olmayan, ancak estetik ve sağlamlık bakımından potansiyel bir seçenek olarak görülen CAD/CAM teknolojisi ve 3D yazıcılar kullanılarak üretilen kuronların sertlik özellikleri karşılaştırılmıştır. Ancak, literatürde bu kuronlara ilişkin sertlik testi üzerine yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır.

Diener ve ark., (2019) yaptığı çalışmada, NuSmile® için HV 1287-1323 arasında bulunmuştur. Y-TZP dental zirkonya için daha önce yapılan çalışmalar ise 1367-1368

kgf/mm² (Turp ve ark., 2012) ve 1344-1379 kgf/mm² (Ćorić ve ark., 2017) aralıklarını bildirmiştir. Çalışmamızda, NuSmile® kuronlarının sertlik aralığını bu önceki araştırmalara yakın bir düzeyde tespit etmiş olsak da ölçtüğümüz değerlerin 1048.53-1077.37 kgf/mm² arasında değişmesi belirli farklılıklar içerdiğini göstermektedir. Bu farklılığın, sertlik ölçümlerinin kuronun farklı bölgelerinden yapılmasının yanı sıra, ölçüm yapılan bölgelerdeki kalınlık farklılıklarından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Diener ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada HV'ye göre zirkonya kuronlar büyükten küçüğe sıralandığında Cheng Crowns Zirconia > EZCrowns > NuSmile® > Zirconia Pediatric Crowns şeklinde bir sıralama elde edilmiştir. Bu bulguların klinik açıdan iki önemli etkisi bulunmaktadır. İlk olarak, diş hekimleri, süt dişlerin kalıcı dişlere kıyasla aşınmaya daha yatkın olduğunu göz önünde bulundurmalıdır. İkinci olarak, PZK kuronuyla geçici olarak restore edilen bir diş, karşıt dişte belirgin bir aşınmaya neden olabilir. Ancak, bugüne kadar zirkonya kuronların karşıt süt dişlerinde mine kaybına yol açtığını gösteren herhangi bir vaka rapor edilmemiştir. Dolayısıyla, bu konuda kesin klinik kılavuzlar oluşturmak için daha fazla veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, daha düşük HV değerine sahip olan NuSmile® veya Zirconia Pediatric Crowns materyallerinin klinik açıdan daha avantajlı bir performans sergilemesi beklenmektedir (Diener ve ark., 2019). Ancak, NuSmile® kuronlar diğer PZK kıyasla daha düşük sertliğe sahip olsa da tez çalışmamızda incelediğimiz diğer kuronlarla karşılaştırıldığında oldukça yüksek sertlik değerleri göstermektedir.

NuSmile® kuronlar, önceden belirlenmiş ölçü ve formlara sahip hazır ürünler olduğu için dişe yerleştirilirken törpüleme veya şekillendirme gibi işlemler uygulanması tavsiye edilmez. Bu özellik, diş yapısına tam olarak uyum sağlamayı zorlaştırabilir ve estetik açıdan istenen sonuçların elde edilmesini kısıtlayabilir. Ayrıca, bu durum tedavi

sürecini daha az esnek hale getirir ve hekimin müdahale seçeneklerini azaltır (Clark ve ark., 2016). CERASMART gibi nano-seramik kompozit CAD/CAM materyalleri, esnek yapı ve yüksek elastikiyet modülleri sayesinde ağız içi düzeltmeler için uygundur. Literatürde, bu materyallerin küçük oklüzal uyumsuzluklarda ağız içinde aşındırılabilmesi ve polisaj sonrası yüzey kalitesinin restore edilebileceği bildirilmiştir (Siddanna ve ark., 2021). Çalışmamızda kullandığımız TriniQ kuronlar, sertlik derecesinin daha düşük olması sayesinde klinik uygulamalarda hem kolay düzeltilebilmeleri hem de hızlı ve pratik bir şekilde polisaj yapılabilmesi açısından diğer kuronlara kıyasla daha avantajlı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Çelikel ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, VarseoSmile Crown Plus reçinesini Bego-Otoflash polimerizasyon cihazında 1500 kez flashlayarak yüzey sertliğini $22,86 \pm 1,84$ olarak raporlamışlardır. Bizim çalışmamızda ise benzer mekanik özelliklere sahip TriniQ reçinesinden üretilen kuronların başlangıç yüzey sertliği $22,86 \pm 1,35$ olarak ölçülmüş ve elde edilen bu değer, literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur.

Kuron restorasyonlarında kullanılan materyallerin aşınma davranışı, süt dişlenmeden daimi dişlenmeye geçiş sürecinde oklüzonun düzgün gelişimi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle birinci daimi molarların oklüzona katılmasıyla birlikte süt dişlerinde doğal olarak belirli düzeyde aşınma meydana gelmekte ve bu durum oklüzal düzenin uyum içinde şekillenmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, nano-seramik kompozit CAD/CAM materyalleri ile 3D baskı reçineler, kontrollü aşınabilirlik özellikleri ve elastik yapıları sayesinde süt dişlerinin doğal aşınma modelini taklit edebilme potansiyeline sahiptir; böylece oklüzonun fizyolojik gelişimini destekleyebilirler (Camporesi ve ark., 2009; Kılınç ve ark., 2018).

Çalışmamızda elde edilen HV değerlerine göre, asidik içecekte bekletilmeden önce ve sonra yapılan değerlendirmelerde sertlik sıralaması NuSmile® > CERASMART270 > TriniQ şeklinde bulunmuştur. Dental literatürde bu üç materyalin doğrudan karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamakla birlikte, çalışmamızda elde edilen başlangıç sertlik değerlerinin mevcut literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Coca-Cola'da bekletilen numunelerde sertlik değerlerinde anlamlı bir düşüş gözlenmiş ($p<0.05$), bu doğrultuda birinci hipotez reddedilmiştir. Sayısal olarak incelendiğinde, en fazla sertlik kaybı NuSmile® grubunda (9.70 ± 3.68) gözlenirken, oransal değişim açısından değerlendirildiğinde NuSmile® grubu %0.91 ile en düşük oransal değişimi göstermiştir. Buna karşın, TriniQ grubu %12.42 (2.84 ± 1.28) ile en yüksek oransal sertlik değişimine uğramıştır. Bu bulgular, asidik içeceklerin dental restoratif materyallerin sertliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini ve hidrojen iyonlarının malzeme yüzeyiyle etkileşime girerek yapısal değişikliklere neden olabileceğini düşündürmektedir. Malzeme türüne bağlı olarak asidik ortamdan farklı derecelerde etkilenme söz konusudur; TriniQ, diğer materyallere kıyasla sertlik değişiminden en fazla etkilenen grup olmuştur, bu da malzeme kompozisyonunun kimyasal dayanıklılıkta belirleyici bir faktör olduğunu göstermektedir. NuSmile® materyali, en yüksek başlangıç sertlik değerine sahip olmasına rağmen, oransal sertlik değişimi açısından en az etkilenen grup olmuştur. Bu durum, yüksek sertlik değerine sahip malzemelerin asidik çözeltilere karşı daha dirençli olabileceğini ortaya koymaktadır. Klinik uygulamalarda, özellikle asidik içeceklerin sık tüketildiği bireylerde, kullanılan restoratif materyalin kimyasal direnci dikkate alınmalıdır. Daha düşük oransal değişim gösteren materyaller, uzun vadede mekanik bütünlüğünü daha iyi koruyabilir. Bu sonuçlar, pediatrik ve yetişkin hastalarda restoratif materyal seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerden birinin kimyasal stabilite olduğunu vurgulamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı asidik

içeceklerin uzun vadeli etkilerini ve yüzey değişimlerini detaylı olarak inceleyerek, klinik karar mekanizmalarına katkı sağlayabilir.

Restoratif malzemelerin farklı yüzey karakteristikleri, plak oluşumu ve bakteri tutunma oranını doğrudan etkilemektedir (Mathew, Samuel, ve ark., 2020). Bu malzemelerin yüzeylerinde bakteri birikimi, özellikle yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan bağlantılıdır (Erkli & Ersöz, 2012). Bu nedenle, restoratif malzemelerin yüzey pürüzlülüklerini incelemek amacıyla genellikle in vitro yöntemler tercih edilmekte olup, bu analizlerde profilometre cihazı yaygın olarak kullanılmaktadır. Profilometre, yüzey przllğn mikron düzeyinde ölçebilen ve malzemenin yüzey topografyasındaki değişimleri niteliksel olarak değerlendirmeye olanak tanıyan bir alettir (Bani & ztaş, 2013). Yapılan çalışmalara göre, ortalama yüzey pürüzlülüğü için kritik eşik değer 0.2 m olarak kabul edilmektedir (Erkli & Ersöz, 2012). Bu değerin üzerinde bakteri birikiminin arttığı bilinmektedir. Yüzey pürüzlülüğündeki artış, dental materyallerde renklenmeye neden olarak estetik kalitenin azalmasına yol açabilir (Brewer ve ark., 1991; Chu ve ark., 2000). Bu nedenle, çalışmamızda standartlaşmayı sağlamak amacıyla, 3D baskı tekniğiyle üretilen VarseoSmile TriniQ kuronlar ile CAD/CAM teknolojisi kullanılarak hazırlanan GC CERASMART270 kuronlara aynı polisaj işlemleri, tek bir uygulayıcı tarafından ve eşit srelerde uygulanmıştır. NuSmile® zirkonyum kuronlar ise hazır prefabrik oldukları için herhangi bir ek polisaj işlemine tabi tutulmamıştır.

Literatürde, zirkonya kuronların yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde hem labial hem de lingual yüzeylerin analiz edildiği çalışmalar mevcuttur (Theriot ve ark., 2017). Ancak, alışmamızda 3D yazıcı ve CAD/CAM sistemlerinde üretilen kuronların destek çubuklarının lingual yüzeye bağlanması nedeniyle, bu yüzeylerde yapılan temizleme ve bitim polisaj işlemlerinin standart bir şekilde gerçekleştirilemeyeceği

öngörülmüştür. Bu nedenle, değerlendirme yalnızca dişlerin labial yüzeyleri üzerinden yapılmıştır.

Bu araştırmada, örneklerin yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için mekanik profilometre kullanılmıştır. Yüzeydeki olası sapmaların ölçümleri etkilememesi için her örnek üzerinde üç kez ölçüm yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Literatürde, yüzey pürüzlülüğünü atomik kuvvet mikroskobu ile ölçen çalışmalar da bulunmaktadır. Atomik kuvvet mikroskobunun daha hassas sonuçlar sağladığı düşünülse de tarama hızının yavaş olması, örnek sayısının sınırlı kalması ve undercutları tespit edememesi gibi bazı dezavantajları vardır. Bu çalışmada, örnek sayısının ve ölçüm periyotlarının fazla olması nedeniyle, literatürdeki önceki araştırmalar (Hahnel ve ark., 2015; Liebermann ve ark., 2016; Tepe, 2024) referans alınarak mekanik profilometre tercih edilmiştir.

Zirkon kuronlar, üstün biyolojik uyumları ve pürüzsüz yüzey özellikleri nedeniyle plak birikimine karşı düşük bir eğilim sergilemekte ve bu sayede gingival tahrişi daha az tetiklemektedir (Taran & Kaya, 2018). Ancak, bazı durumlarda zirkonya kuronlarda düzeltme yapılması gerekebilir. NuSmile® zirkonya kuron teknik kılavuzuna göre, kuronun diş boyutuna kıyasla aşırı uzun olduğu durumlarda marjinal bölgesi ayarlanabilir. Ayrıca, ön dişlerde çapraşıklık mevcutsa, proksimal yüzeyler gerektiği şekilde inceltiler. Bu tür düzeltmeler sonrasında yüzeyin pürüzsüz hale getirilmesi için mutlaka polisaj işlemi uygulanmalıdır (Go ve ark., 2019).

Zirkonya kuronlara uygulanan glaze işlemi, pürüzsüz ve estetik bir yüzey oluşturmak amacıyla yapılmaktadır. Ancak, pediyatrik zirkonya kuronlarının oklüzal ve proksimal yüzeylerinde uyumu artırmak için yapılan düzenlemeler, glaze tabakasının kaybına neden olabilir. Bu durum, yüzey pürüzlülüğünü artırarak karşıt dişte aşırı aşınmaya yol açabilir. Yapılan araştırmalar, zirkonya kuronlarının oklüzal uyumunun düzeltilmesi sonrasında polisaj işlemi uygulanmasının, karşıt diş minesindeki aşınmayı

azalttığını göstermektedir (Bandeira ve ark., 2017; Lawson ve ark., 2014; Mitov ve ark., 2012). Bu nedenle, klinik uygulamalarda ayarlama yapılan pediyatrik zirkonya kuronlarının, simantasyon öncesinde mutlaka polisaj işlemine tabi tutulması önerilmektedir. Bu sayede hem biyolojik uyum korunmakta hem de karşıt dişte oluşabilecek aşınma riski en aza indirilmektedir.

Theriot ve ark., (2017) yaptığı çalışmada aynı tipteki kuronlar önce labial yüzeyleri, ardından lingual yüzeyleri açıkta kalacak şekilde monte edilmiş ve herhangi bir hazırlık işlemine tabi tutulmamış zirkonya yüzeylerinin pürüzlülük değerleri (R_a , μm) ölçülmüştür. Bu ölçümlerde, yüzey dalgalanmalarının filtrasyonunu en üst düzeye çıkarmak amacıyla 1 mm tarama uzunluğu ve 0.25 mm kesme değeri (cut-off) kullanılmıştır. Her bir labial ve lingual yüzeyde, insizalden servikale doğru üç tarama ve mezialden distale doğru üç tarama gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmamızda ise, yüzey pürüzlülük ölçümleri için değerlendirme uzunluğu 1.25 mm ve kesme uzunluğu (cut-off) 0.25 mm olarak kalibre edilmiştir. Ölçüm noktaları, insizal kenardan 1 mm ve mezial yüzeyden 1.5 mm uzaklıkta belirlenmiş olup, bu noktalarda koleden insizale doğru üç kez ölçüm yapılmıştır. Önceki çalışmada, NuSmile® kuronların labial yüzeylerinde ortalama yüzey pürüzlülük değeri ($R_a \pm SD$) $2.8 \pm 0.3 \mu m$ olarak raporlanmışken, bu araştırmada daha düşük bir başlangıç pürüzlülük değeri ($R_a \pm SD$) olan $0.24 \pm 0.03 \mu m$ elde edilmiştir. Bu farklılığın birkaç olası nedeni bulunmaktadır. İlk olarak, ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar, özellikle değerlendirme uzunluğu ve ölçüm bölgelerinin seçimi, sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Ayrıca, NuSmile® kuronların üretim süreçlerinde kullanılan kalıplar, sinterleme koşulları ve son yüzey işlemleri (polisaj veya glaze uygulaması gibi) gibi faktörler, yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkileyebilir. Bu çalışmada kullanılan örneklerin yüzey işlemleri, üretim aşamasındaki farklı teknikler nedeniyle önceki çalışmadaki örneklerden daha pürüzsüz bir yapıya sahip olabilir. Son

olarak, kullanılan ölçüm cihazlarının hassasiyet seviyeleri ve operatör kaynaklı değişkenlikler de sonuçlardaki farklılıkları açıklayan diğer faktörler arasında yer alabilir. Bu bulgular, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinin metodolojik ve teknik detaylara bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ve bu nedenle çalışmalar arasında karşılaştırma yapılırken bu faktörlerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Abdulhadi ve ark., (2017) tarafından yapılan randomize bölünmüş ağız tasarımı (split-mouth) teknikli klinik çalışmada, NuSmile ZR kuronları ile PÇK karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada karşıt diş aşınması değerlendirilmemiş olmakla birlikte, NuSmile kuronlarının daha iyi bir gingival yanıt sağladığı ve plak retansiyonunun daha az olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Walia ve ark., (2019) tarafından gerçekleştirilen bir diğer split-mouth çalışmada, NuSmile zirkon kuronların molar kuronlarının PÇK'ya kıyasla daha iyi gingival yanıt gösterdiği ve daha az plak biofilm oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir. NuSmile, zirkonya kuronlarını enjeksiyon kalıplama ve el ile polisaj tekniği kullanarak üretmekte olup, bu sayede düşük Ra değerlerine sahip pürüzsüz bir yüzey elde edilmektedir. Çalışmamızda da NuSmile® kuronların yüzey pürüzlülük değerleri düşük seviyede ölçülmüştür ($0.24 \pm 0.03 \mu\text{m}$).

Bozoğulları ve Temizci'nin yaptığı çalışmada(2023), AM ve SM teknikleriyle üretilen kompozit bazlı kalıcı restoratif materyallerin renk stabilitesi, boyanabilirliği ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiş ve feldspatik cam seramik ile karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında Crowntec en yüksek ΔE değerine sahipken, CERASMART 270 kahvede en düşük boyanabilirliği göstermiştir. Ayrıca, tüm materyallerin yüzey pürüzlülüğü, plak birikimi eşiği olan $0.2 \mu\text{m}$ 'nin altında veya bu değere eşit olarak ölçülmüştür. Ancak, Crowntec'in tüm ölçüm aralıklarında ve Vita Enamic'in kahvede bekletildiğinde ölçülen ΔE klinik kabul edilebilirlik sınırlarını aşmıştır, bu da bu materyallerin uzun dönem estetik stabilitesinin sınırlı olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada, tez çalışmamızda

da kullanılan CERASMART 270 CAD/CAM bloğu ile yüzey pürüzlülük testi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen başlangıç yüzey pürüzlülük değeri $0.037 \pm 0.008 \mu\text{m}$ iken, bizim çalışmamızda bu değer $0.48 \pm 0.04 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Bu farklılığın, özellikle kullanılan profilometre cihazlarının sınıf farkı ve bileşenlerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ozer ve ark., (2024) yaptıkları çalışmada CAD/CAM frezeleme ve 3D baskı ile üretilen kompozit reçinelerin yüzey pürüzlülüğü, temas açısı ve bakteriyel yapışma özellikleri incelenmiştir. Kullanılan malzemeler arasında CERASMART, Vita Enamic ve Lava Ultimate CAD/CAM frezeleme kompozitleri olarak, Varseo Smile Crown Plus, Saremco print Crowntech ve Formlabs 3B Permanent Crown ise 3D baskı reçineleri olarak seçilmiştir. Sonuçlara göre, CERASMART grubunda *S. sanguinis* bakterisinin yapışma değeri en düşük bulunmuş ve bu değer Vita Enamic ve Varseo Smile Crown Plus gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p < 0.05$). Yüzey pürüzlülüğü açısından ise en yüksek değer Varseo Smile Crown Plus grubunda ölçülmüştür. Bu bulgular, üretim tekniği ve malzeme bileşiminin yüzey özellikleri ve bakteriyel yapışmayı etkileyebileceğini göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan TriniQ reçinesi için, üretici firma tarafından Varseo Smile Crown Plus ile benzer mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu benzerliğin yalnızca mekanik dayanım açısından olduğu ve renk stabilitesinde farklılık gösterdiği bilgisi verilmiştir. Literatürde TriniQ reçinesine ait yüzey pürüzlülük testi bulunmadığından, değerlendirmeler Varseo Smile Crown Plus üzerinden yapılmıştır. Çalışmamızda CERASMART kuronlarının başlangıç pürüzlülük değeri ($0.48 \pm 0.04 \mu\text{m}$) ölçülmüş ve TriniQ kuronlardan ($0.72 \pm 0.03 \mu\text{m}$) daha düşük bulunmuştur. Özer ve ark., yaptıkları çalışmada da CERASMART'ın ortalama yüzey pürüzlülüğü ($0.34 \mu\text{m}$), Varseo Smile Crown Plus'tan ($0.46 \mu\text{m}$) daha düşük ölçülmüştür. Bu sonuçlar, bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ancak

elde edilen değerler arasında farklılık bulunması, her iki çalışmada mekanik profilometre kullanılmış olmasına rağmen ölçüm parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Bunun yanı sıra, TriniQ ve Varseo Smile Crown Plus gibi 3D baskı ile üretilen reçinelerin, üretim sürecine bağlı olarak yüzey özelliklerinde farklılık gösterebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Her ne kadar üretici firma, TriniQ'in mekanik özellikler açısından Varseo Smile Crown Plus ile benzer olduğunu belirtse de 3D baskı reçinelerinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu farklılık, reçinenin kimyasal bileşimi, polimerizasyon süreci ve çapraz bağlanma yoğunluğundan kaynaklanabilir. Özellikle katmanlı üretim yöntemiyle sertleşen 3D baskı reçineleri, baskı sürecine ve ışık polimerizasyonuna bağlı olarak mikro ölçekte farklı yüzey profilleri oluşturabilir. TriniQ ve Varseo Smile Crown Plus, mekanik dayanım açısından benzer olsa da yüzey pürüzlülüğü açısından farklılık gösterebilir. Bu nedenle, TriniQ'in pürüzlülük değerinin Varseo Smile Crown Plus'tan yüksek çıkması, reçinenin yüzey formasyonu ve polimerizasyon mekanizmasından kaynaklanıyor olabilir.

Dental literatürde yapılan bir çalışmada, değerlendirilen hiçbir PZK'nın Ra değerinin $0.2\ \mu\text{m}$ 'in altında olmadığı, ancak NuSmile® kuronlarının en iyi cilalanmış yüzeye sahip olduğu bildirilmiştir (Theriot ve ark., 2017) Bununla birlikte, çalışmamızda kullanılan TriniQ, NuSmile® ve CERASMART270 materyallerinin bir arada değerlendirilerek asidik içeceklerin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelendiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak farklı çalışmalarda elde edilen veriler incelendiğinde, başlangıç yüzey pürüzlülük değerlerinin eğiliminin bizim çalışmamız ile örtüştüğü görülmektedir. Çalışmamızda elde edilen veriler doğrultusunda, tüm gruplarda asidik içeceğe maruz kaldıktan sonra yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu sonuçlar doğrultusunda, tezimizin ikinci hipotezi geçerliliğini yitirmiş ve reddedilmiştir. Her iki ölçümde de TriniQ'in

yüzey pürüzlülük değerleri, NuSmile® ve CERASMART270'den daha yüksek bulunmuştur. CERASMART270'in yüzey pürüzlülüğü ise NuSmile®'den daha yüksektir.

Literatüre göre klinik olarak kabul edilebilir yüzey pürüzlülük seviyesi 0.2 μm olarak belirtilmiştir (Erkli & Ersöz, 2012). Bu seviyeye en yakın sonuç, çalışmamızda NuSmile® grubunda ölçülmüş ($0.24 \pm 0.03 \mu\text{m}$) ve kabul edilebilir sınıra oldukça yakın bulunmuştur. Ancak, CERASMART270'in yüzey pürüzlülüğü ($0.48 \pm 0.04 \mu\text{m}$) ve TriniQ'in yüzey pürüzlülüğü ($0.72 \pm 0.03 \mu\text{m}$) kabul edilebilir sınırın üzerinde tespit edilmiştir. Bu durumun klinik anlamı, pürüzlülük değeri arttıkça materyalin plak retansiyonuna daha yatkın hale gelmesi ve uzun vadede biyofilm birikimi nedeniyle sekonder çürük, diş eti iltihabı ve renklenme gibi olumsuz sonuçların ortaya çıkabileceğidir. Özellikle 0.2 μm 'in üzerindeki pürüzlülük değerleri, bakteriyel tutunma açısından kritik bir eşik olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, NuSmile®'in pürüzlülük değerleri daha avantajlı olabilirken, TriniQ ve CERASMART270'in daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olması, klinik kullanımda düzenli bakım ve cilalama gereksinimini artırabilir.

Paul ve çalışma ark., (2004) tarafından yapılan bir araştırmada, spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilen renk analizlerinin, görsel yöntemlerle yapılan ölçümlere kıyasla daha hassas sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Renk ölçümünde kullanılan kolorimetre cihazlarının, renk farklılıklarını belirleme ve metamerizm gibi daha karmaşık analizler açısından yetersiz kaldığı belirtilmiştir. Bu nedenle, diş hekimliğinde renk ölçüm cihazları kullanılarak yapılan analizler, daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (İpek Aysan & Üşümez, 2011). Bu doğrultuda, diş hekimliğinde renk stabilitesinin değerlendirilmesinde en sık tercih edilen ölçüm aletleri spektrofotometrelerdir (Moussa, 2021).

Dozić ve ark., (2007) yaptığı araştırmada, farklı renk ölçüm cihazlarının doğruluk ve hassasiyeti hem in vivo hem de in vitro ortamda değerlendirilmiş ve VITA Easyshade spektrofotometresinin laboratuvar ve klinik kullanımlarda en yüksek doğruluk ve güvenilirliği sağladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, bir başka araştırmada VITA Easyshade cihazının renk belirleme sürecindeki tutarlılık oranı %96.40, doğruluk düzeyi ise %80.20 olarak saptanmıştır (Kim-Pusateri ve ark., 2009). Tez çalışmamızda, ΔE değerlendirmek amacıyla yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlaması nedeniyle VITA Easyshade V model spektrofotometre tercih edilmiştir.

Diş hekimliğinde renk değerlendirmesi için CIELAB, CIEDE2000, CIE LUV, XYZ, Lch, HSB/HSV ve RGB gibi birçok farklı sistem bulunmaktadır. Bu sistemler matematiksel açıdan farklılıklar gösterse de belirli formüller aracılığıyla birbirlerine dönüştürülebilir (Bayindir & Koseoglu, 2020; Nogueira & Della Bona, 2013; Wyszecki & Stiles, 2000). Bilimsel çalışmalarda en sık tercih edilen renk ölçüm yöntemi CIELAB sistemidir. Bu sistemin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, diş hekimliği alanında uzun yıllardır güvenilir kabul edilmesi, önceki çalışmalarla karşılaştırılabilmesi ve hesaplama sürecinin daha basit olmasıdır (Gómez-Polo ve ark., 2016; Salas ve ark., 2018).

CIELAB renk sisteminde renk, üç boyutlu koordinat sistemi üzerinden tanımlanır. L^* parametresi aydınlık-karanlık derecesini, a^* parametresi kırmızı ile yeşil arasındaki konumu, b^* parametresi ise mavi ile sarı arasındaki konumu ifade eder. Renk farklılığı (ΔE^*), üç boyutlu renk uzayında iki nokta arasındaki mesafenin yönü ve büyüklüğünün matematiksel olarak hesaplanmasıyla belirlenir (Mohammadi-Bassir ve ark., 2017). Literatürde, ΔE analizinde CIELAB ve CIEDE2000 sistemlerinin kullanıldığı bildirilmiştir. CIEDE2000 (ΔE_{00}) yöntemi, CIELAB'a (ΔE_{ab}) göre daha hassas ve tutarlı sonuçlar vermektedir. Ancak, mevcut çalışmamızın amaçları doğrultusunda, önceki araştırmalarla uyumlu sonuçlar elde edebilmek için CIELAB renk sistemi tercih

edilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, CIEDE2000 ile karşılaştırmalı analizler yapılarak daha kapsamlı değerlendirmeler gerçekleştirilebilir (Gül & Akgül, 2013; Liberman ve ark., 1996; Seghi ve ark., 1989; C. M. Um & I. Ruyter, 1991; Westland, 2003; Yannikakis ve ark., 1998).

Renk farklılıklarının değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri ΔE^* değeridir. İnsan gözünün algılayabileceği en küçük renk farkı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Seghi ve ark., (1990) bu değer 1 birim olduğunu belirtirken, bazı araştırmalar 2-3 birim aralığında olabileceğini öne sürmüştür. Beatty ve ark., renk farkının ancak 3.3'ü aştığında gözle ayırt edilebileceğini ifade etmiş, Johnston ve Kao ise bu eşiği 3.7 olarak belirlemiştir. Aynı zamanda, ΔE değerinin 6.7'yi aşması durumunda klinik olarak kabul edilemez olduğu belirtilmiştir (Beatty ve ark., 1999; Celikel, 2024; Johnston & Kao, 1989; Ruyter ve ark., 1987).

Malzemelerde belirli bir işlem veya zaman sonrası meydana gelen renk farklılıklarının tespit edilmesi için ΔE^* değeri kullanılır. L, a ve b değerlerinin ayrı ayrı incelenmesine kıyasla, ΔE^* kullanımı daha anlamlı sonuçlar sunar. Pate ve ark., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, pediatrik zirkonya kuronların otoklav ve soğuk sterilizasyon işlemleri sonrası renk stabilitesi, parlaklık ve TP incelenmiştir. Çalışmada, sterilizasyon sonrası tüm grupların ΔE değerinin kabul edilebilirlik eşiği olan 2.7'nin altında kaldığı ve klinik olarak anlamlı bir renk değişimi olmadığı belirlenmiştir. Ancak bazı gruplarda sterilizasyon döngülerinin ilerlemesiyle algılanabilir düzeyde renk değişimleri gözlenmiştir. Aynı çalışmada, farklı sterilizasyon yöntemlerinin kuronların parlaklık değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, en yüksek TP ise Sprig EZCrowns grubunda olduğu rapor edilmiştir.

Renk analizlerinde kullanılan arka plan, ölçülen renk değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Migliau ve ark., (2016) kompozit rezin örneklerini siyah ve beyaz

zeminler üzerinde inceleyerek ΔE karşılaştırmışlardır. Benzer şekilde, Alharbi ve ark., farklı CAD/CAM ve direkt kompozit materyallerinin çay, kırmızı şarap, kahve ve yapay tükürük solüsyonlarında bekletildikten sonra oluşan renk değişimlerini spektrofotometre ile siyah ve beyaz zeminlerde ölçerek değerlendirmişlerdir (Alharbi ve ark., 2017).

Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde, arka plan rengi test edilen materyallerin görünümünü doğrudan etkileyebilir. Beyaz, gri ve siyah gibi renksiz tonlar, nötr renkler olarak kabul edilir ve TP ölçümleri genellikle siyah ve beyaz arka planlar kullanılarak yapılır (Vichi ve ark., 2000). Translüsensi, yani yarı geçirgenlik, bir materyalin doğal görünüm kazanmasında önemli bir faktördür ve ışığın saçılmadan geçişine olanak tanıyan özelliği olarak tanımlanır (Barizon ve ark., 2014; Niu ve ark., 2014).

Ölçümler, bazı çalışmalarda olduğu gibi, ağız içi ortamı simüle etmek amacıyla siyah arka plan üzerinde yapılmıştır; bazı çalışmalarda ise bu yöntem kullanılmamıştır (Acar ve ark., 2016; Arif ve ark., 2019; Ceci ve ark., 2017; C. M. Um & E. Ruyter, 1991). Ardu ve ark., siyah veya gri arka planın beyaz arka plana kıyasla ağız içi ortamı daha iyi taklit ettiğini bildirmiştir (Ardu ve ark., 2014).

Translüsensi, ışık iletimiyle doğrudan ilişkilidir ve farklı parametrelerle değerlendirilebilir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanlar TP, kontrast oranı ve doğrudan ışık geçirgenliğidir. Opaklığı ölçen kontrast oranı ile TP arasında ters bir ilişki bulunur. TP, belirli bir kalınlığa sahip test örneğinin siyah ve beyaz arka planlarda yansıtılan renkleri arasındaki fark olarak tanımlanır ve bu ölçüm, görsel algının gerçek translüsensi ile ilişkilendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir (Alayad ve ark., 2021; Wang ve ark., 2013). Çalışmamızda TP yöntemi kullanılarak iki farklı renkte kor yapılar oluşturulmuş ve bu yapılar hem translüsensi hem de ΔE ölçümlerinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada, üç farklı kuron materyalinin Coca-Cola içerisinde bekletilmesiyle renk stabilitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Literatürde restoratif materyallerin

renk stabilitesini inceleyen araştırmalarda, kahve, çikolatalı süt, ilekli süt, portakal suyu ve kola gibi farklı renklendirici solüsyonların kullanıldığđ belirtilmiştir (Ali ve ark., 2016; Aydın ve ark., 2021; Degirmenci & Atala, 2020). Ancak bu çalışmada, popüler kültürde yaygın olarak tüketilen ve yüksek asidik içeriğe sahip olması nedeniyle restoratif materyaller üzerinde belirgin etkiler oluřturabileceęđ düşünülen Coca-Cola tercih edilmiştir (Tunc ve ark., 2009).

nceki araştırmalarda, su, çay ve sütün asidik konsantrasyonlarının Coca-Cola'ya kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir (Al-Dlaigan ve ark., 2017; Poggio ve ark., 2012).

Bu nedenle çalışmamızda, yalnızca Coca-Cola'nın etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, belirlenen süre boyunca bakteriyel bulaşmayı önlemek ve içeceğin karbonik gaz seviyesini korumak amacıyla solüsyon günlük olarak yenilenmiştir (Al-Haj Ali ve ark., 2021).

Restorasyonlardaki renk değişimlerini inceleyen araştırmaların bir kısmđ, kuron üretimi sonrası renk stabilitesini değerlendirirken, birçok çalışmada ise apđ ve kalınlığđ standart hale getirilmiş, diş formuna sahip olmayan disk örnekleri kullanılmıştır (Almejrads ve ark., 2022; Rençber Kızılkaya & Dursun, 2023; Song ve ark., 2020). Bu alışmada, NuSmile® firmasıyla iletişime geçilmiş, ancak disk formunda numune üretiminin mümkün olmadığđ bilgisi alınmıştır. Bu nedenle, kuronların standardizasyonunu sağlamak ve gerçekçi bir simülasyon oluşturmak amacıyla, NuSmile® kuronlar taranarak aynı kalınlıkta modeller üretilmiştir. Renk lmleri ise tüm kuronların orta l bölgesinden gerçekleştirilmiştir. Ancak Literatürde, NuSmile® pediatrik zirkonya kuronlarının yüzey özelliklerini birebir taklit edebilmek amacıyla, aynı bileşime sahip 3Y-TZP materyalinin kullanıldığđ ve bu kuronların dış yüzeyiyle benzerlik gösterecek şekilde disk formunda özel olarak retildięđ çalışmalar mevcuttur (Go ve ark., 2019).

Çalışmamızda, ışığın yansıma açısının tutarlılığını sağlamak ve ölçüm hatalarını en aza indirmek amacıyla tüm ölçümler günün aynı saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hava koşullarının yansıma açısını ve elde edilen değerleri etkileyebileceği göz önünde bulundurulmuştur ve ölçüm cihazının yaklaşım açısının hassasiyeti etkilemesini önlemek adına, cihazın ucu materyale dik konumlandırılarak standart bir ölçüm yöntemi oluşturulmuştur.

Restoratif malzemelerin renklendirici solüsyonlardaki renk değişimlerini değerlendiren çalışmalar, belirli sürelerin uzun vadeli tüketimi simüle etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Barbosa ve Cardoso (2018), örneklerin renklendirici solüsyonlarda 30 gün bekletilmesinin, 4 yıllık günlük içecek tüketimine karşılık geldiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Nasim ve ark., (2010) renk değişiminin en belirgin şekilde ilk bir hafta içinde ortaya çıktığını rapor etmiştir. Bu doğrultuda, tez çalışmamızda kullanılan kuronlar, yaklaşık 1 yıllık içecek tüketimini simüle etmek amacıyla Coca-Cola içerisinde 7 gün boyunca muhafaza edilmiştir.

Shishehian ve ark., (2023) gerçekleştirdikleri bir araştırmada, DLP teknolojisi kullanılarak Detax ve Asiga geçici kuron reçinelerinden 3 boyutlu yazıcı ile örnekler hazırlamış ve farklı renklendirici solüsyonların (kola, portakal suyu, çay, yapay tükürük) bu iki reçinenin optik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, incelenen solüsyonlar arasında ΔE değerleri, hem Asiga hem de Detax reçineleriyle üretilen örneklerde 7. ve 30. günlerde portakal suyu> çay> kola> yapay tükürük sıralamasıyla elde edilmiştir. Detax ve Asiga reçineleri arasında 7. günde anlamlı bir fark gözlemlenmezken, 30. günde yapay tükürük ve kola gruplarında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak çay ve portakal suyu solüsyonlarında, Detax reçinesiyle üretilen örneklerin ΔE değerleri, Asiga reçinesine kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Çalışmamızda, DLP teknolojisinden yararlanarak reçine malzemeden kuronlar ürettik ve kullandık.

Bir restorasyonun estetik olarak kabul edilebilmesi için, restoratif materyallerin TP özelliklerinin doğal mineye benzer olması gerekmektedir. Ancak, saf mine test örneklerinin hazırlanmasının zorluğu nedeniyle, minenin TP değerini farklı restoratif materyallerle karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca, mine TP değeri bireysel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir; dişin yaşı, rengi ve cinsiyeti bu değeri etkileyen önemli unsurlardır. Ryan ve ark., (2010) yaptıkları çalışmada, 1.00 mm kalınlığındaki minenin TP değerini 18.7, dentinin TP değerini ise 16.4 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda, TP açısından en yüksek değer TriniQ grubunda ölçülmüş olup, 20.72 ± 1.96 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, TriniQ grubundaki kuronların doğal diş yapısına en yakın TP sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma gruplarının asidik içeceğe maruz kalmadan önce ve sonra yapılan TP ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Bonferroni testleri sonucunda NuSmile® ile TriniQ ve CERASMART270 arasında, ayrıca TriniQ ile CERASMART270 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

İki zaman diliminde yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, TriniQ ve CERASMART270 gruplarının NuSmile® grubuna kıyasla daha yüksek TP değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, CERASMART270 ölçümleri, TriniQ ölçümlerinden daha yüksek bulunmuştur. Asidik içeceğe maruz bırakıldıktan sonra en fazla TP değişimi CERASMART270 grubunda gözlenirken, onu sırasıyla TriniQ ve NuSmile® takip etmiştir. NuSmile® ve TriniQ gruplarında TP değerlerinde bir düşüş yaşanırken, CERASMART270 grubunda ise bir artış meydana gelmiştir. Böylece, çalışmamızın üçüncü hipotezi reddedilmiştir.

CERASMART270'in hibrit seramik blok olması, bu farklılığı açıklayabilecek önemli bir faktördür. Hibrit seramikler, polimer ve seramik bileşenlerinin birleşimiyle oluşturulmuş malzemelerdir ve esneklik modülleri ile ışık geçirgenlikleri kompozit ve

tam seramik malzemeler arasında bir konumda yer alır. Asidik içeceğe maruz kaldığında, polimer matrisi su alarak hafif şişme gösterebilir veya yüzeyde değişiklikler oluşabilir. Bu durum, malzemenin ışık saçılımı ve geçirgenliğinde farklılıklara neden olarak TP değerinin artmasına yol açabilir (Elsaka ve ark., 2022; Quek ve ark., 2018). Buna karşın, NuSmile® ve TriniQ gibi diğer gruplarda TP düşmesi, bu malzemelerin yüzey pürüzlülüğündeki artış veya matlaşma ile ilişkili olabilir. Bununla birlikte, bir restoratif materyalin doğal diş dokularına estetik olarak uyumlu olup olmadığını değerlendirmek için yalnızca TP yeterli olmadığı, diğer optik (renk uyumu, opasite, floresans vb.) ve mekanik (sertlik, aşınma direnci, esneklik modülü vb.) özelliklerin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu nedenle, TP değişimlerinin yanı sıra, bu malzemelerin uzun vadeli estetik ve fonksiyonel performanslarını daha kapsamlı değerlendirebilmek için farklı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerinde de çalışmalar yapılması gerekmektedir.

CERASMART270, cam partikülleri ile güçlendirilmiş bir rezin matrisli hibrit CAD/CAM blok materyali olup, yüksek oranda organik faz içermektedir. Asidik ortamda rezin matriksin hidrolize uğraması ve yüzeyin mikro düzeyde bozulması, ışık geçirgenliğinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, cam fazların kısmi çözünmesi sonucunda yapıdaki opaklığı sağlayan ışık saçılımı azalmakta, bu durum da TP değerinin artışı ile sonuçlanmaktadır. Bu artış, yapısal geçirgenliğin artmasına ve materyalin daha translüsent görünmesine bağlıdır (Quek, 2018).

VarseoSmile TriniQ, 3D baskı teknolojisi ile üretilmiş kompozit esaslı bir materyal olup, yüksek oranlı organik polimer içerir. Asidik çözeltiler bu tür polimer yapıların şişmesine, mikro çatlak oluşumuna ve yüzey homojenliğinin bozulmasına neden olabilir. Bu durum, ışığın materyal içinde düzensiz bir şekilde saçılmasına yol açarak translüenslik parametresinin azalmasına sebep olur (Alrahlah ve ark., 2014).

Zhang ve Lawn (2005), asidik ortamların zirkonya yüzeyinde belirgin bir çözünmeye yol açmasa da, yüzey pürüzlülüğünü artırarak ışığın yansıma ve saçılımını artırabileceğini bildirmiştir. Bu durum, zirkonyanın ışık geçirgenliğinde azalmaya neden olarak TP değerinde düşüşe yol açar. NuSmile® Zirkonya da polikristalin yapıya sahip opak bir seramik materyal olduğundan, benzer şekilde asidik koşullardan etkilenebilir.

Song ve ekibi (2020), gerçekleştirdikleri bir araştırmada, 3 boyutlu baskı (E-Dent100 ve VeroGlaze), frezeleme (Polimetil Metakrilat Disk ve Telio CAD) ve geleneksel yöntemler (Alike ve Luxatemp) ile üretilen çeşitli geçici restorasyonların renk stabilitesini incelemiştir. Çalışmada, siyah çay ve kahve gibi renklendirici solüsyonlar kullanılmış ve örnekler 12 hafta boyunca bu solüsyonlarda bekletilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, geleneksel yöntemle üretilen Alike malzemesi, kahvede renk stabilitesini korurken, siyah çayda 4, 8 ve 12. haftalarda önemli ölçüde renk değişimi göstermiştir. Luxatemp malzemesi ise siyah çayda daha stabil kalırken, kahvede 8 ve 12. haftalarda belirgin bir renk değişimi yaşanmıştır. Polimetil metakrilat frezeleme malzemesi, ilk 4 hafta boyunca benzer sonuçlar sergilemiş, ancak 8. haftadan itibaren renk farkı hızla artmış ve uzun süreli testlerde daha düşük stabilite sergilediği belirtilmiştir. 3 boyutlu baskı ile üretilen reçineler (E-Dent100 ve VeroGlaze), 1-12 hafta arasında yüksek renk farkı göstermiş ve özellikle erken aşamada (1. hafta) diğer malzemelere kıyasla daha az stabil kalmıştır. Bu durumun, 3 boyutlu baskı sürecinin özelliklerinden dolayı kürlenme sonrasında bile kürlenmemiş tabakaların kalmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

CAD/CAM sistemleri, dijital teknolojilere olan ilginin artmasıyla birlikte, bu sistemlerle uyumlu blokların estetik ve dayanıklılık açısından önemli ölçüde geliştiği görülmüştür. Son dönemde, çeşitli hibrit malzemeler tanıtılmış olup, bu malzemeler "rezin matriks seramikleri" olarak da adlandırılmaktadır. Bu malzemeler, seramik

parçacıklarıyla yüksek oranda doldurulmuş organik bir matris yapısına sahiptir. Nanorezin seramikler, yüksek yoğunluklu kompozit rezinler ve polimer infiltre-feldspatik seramik ağlar, hibrit restoratif malzemelere örnek olarak gösterilebilir. Hibrit malzemelerin avantajları arasında, cam seramiklere veya polikristalin seramiklere kıyasla daha kolay işlenebilmesi, restorasyonların daha uyumlu olması, dentine yakın esneklik modülü sergilemesi ve tamirinin nispeten kolay olması yer alır. Bu nedenlerle, hibrit CAD/CAM malzemeleri, cam seramiklere alternatif olarak sunulmuştur. Nanokompozit teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde, kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra, renk ve optik özellikleri de geliştirilmiştir. Dental malzemelerin optik özelliklerinin, doğal dişe benzer şekilde davranarak estetik beklentileri karşılaması hedeflenmektedir. Resin bazlı malzemelerin içeriği, optik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Farklı formülasyonlara sahip malzemelerin optik davranışlarında da belirgin farklılıklar gözlemlenmektedir. Yeni hibrit seramiklerin optik özellikleri, içeriklerinin etkisi açısından henüz tam olarak incelenmemiştir (Yılmaz & Egilmez, 2021). Bu nedenle, çalışmamızda hibrit seramik malzeme de değerlendirmeye dahil edilmiştir.

Kurt ve Çelik'in çalışmasında (2017), farklı içeriklere sahip üç CAD/CAM hibrit materyalinin (Vita Enamic, Vita Suprinity, GC CERASMART) fiziksel ve optik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, yaşlandırma işlemi sonrası yüzey pürüzlülüğü, sertlik, ΔE ve TP değerleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, termal döngü sonrası yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişiklik gözlenmezken, CERASMART grubunun yüzey sertliği başlangıç değerlerine kıyasla anlamlı derecede azalmıştır ($p<0,001$). Ayrıca, TP değerlerinde belirgin bir fark saptanmazken, CERASMART grubu en yüksek ΔE göstermiştir ($p<0,001$). Bu çalışmada, CERASMART'ın TP ölçümü, bizim de araştırmamızda kullandığımız yöntem olan TP ile değerlendirilmiştir. Ölçümler her örnek

için beyaz ve siyah zemin üzerinde üç kez tekrarlanarak ortalamaları alınmıştır. Kurt ve Çelik'in çalışmasına göre, CERASMART'ın başlangıç TP değeri 27.2 ± 1 olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise bu değer 24.65 ± 2.3 olarak ölçülmüştür. İki değer arasındaki küçük farkın, teste tabi tutulan numunelerin kalınlık farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Hwidi ve Üçtaşlı'nın çalışmasında (2022), lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik (IPS e.max CAD) ve rezin nano-seramik (CERASMART) olmak üzere iki farklı CAD/CAM restoratif materyalin, dört farklı kalınlıkta (0.50, 1.00, 1.50 ve 2.00 mm) TP incelenmiştir. Çalışmada, örneklerin yüzey işlemleri tamamlandıktan sonra klinik spektrofotometre ile TP değerleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre hem malzeme türü hem de kalınlık değişkenleri TP değerlerini istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilemiştir ($p < 0.05$). Kalınlık arttıkça TP değerleri azalmış, ayrıca aynı kalınlık grubundaki CERASMART örnekleri, lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik örneklerinden daha yüksek TP değerleri sergilemiştir. Tez çalışmamızda ise ölçümler vestibül yüzeyde gerçekleştirilmiş olup, bu yüzeyin kalınlığı çalışmadaki 0.5 mm ve 1.0 mm kalınlıkları arasında bir değere karşılık gelmektedir. Hwidi ve Üçtaşlı'nın çalışmasında 0.5 mm kalınlıktaki CERASMART için TP değeri 33.11 ± 0.94 , 1.0 mm kalınlıktaki değeri ise 24.00 ± 0.63 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen TP değeri ise 28.75 ± 2.71 olup, literatürdeki bu verilerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Duymuş ve ark., (2021) yaptığı çalışmada, farklı içeceklerde bekletilen monolitik zirkonya materyalinin renk stabilitesi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, kola ve diğer içeceklerin monolitik zirkonya üzerinde renk değişimine neden olduğu tespit edilmekle birlikte, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular, Gawriolek ve ark., (2012) çalışmasıyla da uyum göstermektedir. Tezimizde kullanılan NuSmile® kuronlar da monolitik zirkonya esastır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara

göre, kola NuSmile® kuronların renk stabilitesini etkilemiş olsa da farklı zemin renklerinde yapılan ölçümlerde klinik olarak anlamlı bir değişime yol açmamıştır.

Bayındır ve Koseoğlu(2020), çalışmalarında 0.5 mm, 1.00 mm, 1.50 mm ve 2.00 mm kalınlığındaki monolitik zirkonya materyali kullanarak TP değerlerini değerlendirmiş ve elde ettikleri sonuçlara göre TP değerlerinin malzeme kalınlığı arttıkça azaldığını bildirmişlerdir. Söz konusu çalışmada, 0.5 mm kalınlığındaki monolitik zirkonyanın başlangıç TP değeri 18.7 ± 0.5 olarak belirlenirken, 1 mm kalınlığındaki örneklerde bu değer 15.0 ± 0.5 olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise, kullanılan materyal NuSmile® marka monolitik zirkonya olup, ölçümlerin gerçekleştirildiği vestibül yüzeyin kalınlığı 0.5 mm ile 1 mm arasında değişmektedir. Çalışmamızda elde edilen başlangıç TP değeri ise 9.85 ± 1.56 olarak hesaplanmıştır. İki çalışma arasındaki bu farklılığın, kullanılan zirkonya materyallerinin markaları, optik özellikleri ve renk tonları gibi faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, üretim süreci, partikül boyutu, sinterleme koşulları ve yüzey işlemlerinin de translusensite üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, farklı monolitik zirkonya markalarının TP değerleri açısından karşılaştırılmasına yönelik daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Asidik maruziyet sonrası TP değerleri incelendiğinde, gruplar arasında farklı değişimler gözlenmiştir. TriniQ grubunda TP değeri anlamlı bir azalma göstermiş olup, ortalama değer 20.72'den 19.38'e düşmüştür ($p=0.002$). Buna karşılık, CERASMART270 grubunda TP değeri belirgin bir artış sergileyerek 24.65'ten 28.75'e yükselmiştir ($p<0.001$). NuSmile® grubunda ise asidik ortam maruziyeti sonrası TP değerlerinde anlamlı bir değişim saptanmamış, başlangıçta 9.85 olan ortalama değer, 9.67'ye düşse de bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0.673$). Sonuçlar, TriniQ'in translüsenslik açısından daha az stabil olduğunu,

CERASMART270'in ise asidik ortamda artan bir translüenslik sergilediğini göstermektedir. Üçüncü hipotezimiz genel olarak değerlendirildiğinde, TP değerine anlamlı bir etkisinin olmadığı yönündedir. Ancak, elde edilen bulgular doğrultusunda iki grupta anlamlı bir değişiklik gözlemlendiği için hipotezimiz kısmen reddedilmiştir. Abaklı İnci ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, kompozit, kompomer ve RMGIC materyalleri ile NuSmile® kuronları farklı renklendirici solüsyonlarda bekletilerek hem yüzey pürüzlülüğü hem de ΔE değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, NuSmile® kuronları doğrudan kuron formunda incelenirken, diğer materyaller disk şeklinde hazırlanarak çalışmaya dahil edilmiştir. Renk ölçümleri, her örnek için üç kez tekrarlanarak CIE Lab* renk sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, klinik olarak kabul edilebilir ΔE eşik değeri $\Delta E = 3.3$ olarak belirlenmiştir. İnci Abaklı ve ark., yaptıkları çalışmada NuSmile® kuronlarının 7. gün sonunda $\Delta E = 3.04 \pm 3.38$ olarak bulunmuş ve bu değer klinik olarak anlamlı bir değişim göstermediği şeklinde yorumlanmıştır. Bizim çalışmamızda ise, NuSmile® kuronlarının 7. gün sonunda beyaz zemin üzerinde $\Delta E = 2.28 \pm 1.30$, siyah zemin üzerinde ise $\Delta E = 1.58 \pm 0.87$ olarak ölçülmüş olup, her iki zeminde de ΔE klinik olarak anlamlı bulunmamıştır. Elde ettiğimiz bulgular, İnci Abaklı ve ark., çalışması ile uyumlu olup, NuSmile® kuronlarının renk stabilitesinin yüksek olduğunu desteklemektedir. Aynı çalışmada yüzey pürüzlülüğü de değerlendirilmiş olmasına rağmen, NuSmile® kuronları bu analize dahil edilmemiştir. Bunun temel nedeninin, diğer materyallerin standart disk formunda hazırlanırken, NuSmile® materyalinin doğrudan kuron formunda çalışmaya dahil edilmesi olduğunu düşünmekteyiz. Farklı geometrik formların yüzey pürüzlülüğü ölçümleri üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda, bu durum sonuçların karşılaştırılabilirliğini zorlaştırmış olabilir. Bizim tez çalışmamızda tüm materyallerin kuron formunda değerlendirilmesi, bu tür metodolojik farklılıkların neden olduğu

literatür eksikliğini gidermeye katkı sağlayacaktır. Böylece, farklı restoratif materyallerin yüzey özelliklerinin daha tutarlı bir şekilde karşılaştırılması mümkün olacak ve klinik uygulamalara yönelik daha güvenilir veriler elde edilecektir.

Çalışmamızda elde edilen ΔE verilerine göre, renk değişimi açısından çalışma grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Böylece, çalışmamızın dördüncü hipotezi reddedilmiştir. Siyah zeminde CERASMART270, NuSmile®'a kıyasla daha yüksek ΔE göstermiştir. Beyaz zeminde ise TriniQ, diğer iki gruba göre daha fazla ΔE sergilerken, NuSmile®, CERASMART270'den daha yüksek ΔE değeri göstermiştir. Zeminler arasındaki karşılaştırmalarda, NuSmile® ve TriniQ gruplarında beyaz zemindeki ΔE siyah zemine göre daha fazla olurken, CERASMART270 grubunda siyah zemindeki ΔE beyaz zemine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, çalışmada incelenen malzemelerin kimyasal yapılarından kaynaklanabilecek farklı renk stabilitesi özelliklerini ortaya koymaktadır. NuSmile® (Monolitik Zirkonya), yoğun ve düşük su emilimine sahip bir malzeme olduğundan, renk değişimine karşı nispeten daha dirençli olması beklenirken, beyaz zeminde daha yüksek ΔE göstermesi, ışığın yansıma ve absorpsiyon özellikleriyle ilişkilendirilebilir. TriniQ (Kompozit Reçine), polimer bazlı içeriği nedeniyle su emilimine ve pigment penetrasyonuna daha duyarlıdır. Bu durum, özellikle beyaz zeminde en yüksek ΔE TriniQ'de gözlenmesini açıklayabilir. Kompozit malzemelerin polimer ağırlıklı yapısı, renklenmeye neden olan maddelerin daha kolay absorbe edilmesine ve bu nedenle ΔE 'nin daha belirgin hale gelmesine yol açmış olabilir. CERASMART270 (Hibrit Seramik), hem polimer hem de seramik bileşenleri içerdiği için su emilimi ve renk değişimi açısından orta seviyede bir davranış sergilemektedir. Ancak, siyah zeminde beyaz zemine göre daha fazla renk değişimi göstermesi, ışık geçirgenliğinin ve yansımasının farklı zeminlerde değişkenlik göstermesinden kaynaklanabilir. Ayrıca, hibrit seramiklerde polimer matrisi

asidik çözeltiyle etkileşime girdiğinde yüzeyde mikro yapı değişiklikleri meydana gelebilir ve bu da ışığın saçılma oranını etkileyerek farklı zeminlerde renk değişikliğinin farklı derecelerde gözlemlenmesine neden olabilir. Sonuç olarak, çalışma bulguları, malzemelerin kimyasal bileşimleri, su emilim oranları ve ışık geçirgenliklerinin renk değişimlerinde belirleyici faktörler olduğunu göstermektedir. Zirkonya, nispeten daha stabil bir renk değişimi gösterirken, kompozit reçine bazlı malzemeler daha fazla renk değişimi sergilemiştir. Hibrit seramikler ise ortam koşullarına bağlı olarak farklı tepkiler vermiştir.

Ölçüm yönteminin ağız içi ortamı simüle etme kapasitesi dikkatle değerlendirilmelidir. Restorasyonların klinikte hazırlanan diş üzerine simante edildiği göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada elde edilen veriler kısmen abartılı olabilir. Çünkü gerçek restorasyonlar ağız içi ortamda genellikle yalnızca dış yüzeylerinden oral sıvılarla temas ederken, bu çalışmada kullanılan örnekler hem dış hem iç yüzeylerinden leke solüsyonlarına maruz bırakılmıştır. Ayrıca, bu araştırma in vitro olarak gerçekleştirilmiş olup, bu yönüyle klinik uygulamaları doğrudan yansıtmaya kapasitesi sınırlıdır. Zira in vitro çalışmaların kanıt düzeyi, prospektif olarak tasarlanmış in vivo çalışmalara göre daha düşüktür ve elde edilen bulguların klinik anlamda yorumlanmasında dikkatli olunmalıdır. Öte yandan, bu çalışmada kullanılan örneklerin şekli dikdörtgen veya yuvarlak disk şeklinde değil kuron formundadır. Bu durum, materyalin klinik koşullara daha yakın koşullarda test edilmesini sağladığı için bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Ancak kuronların kompleks morfolojisi, renk değişiminin kantitatif olarak değerlendirilmesini ve materyalin karakterizasyonunu güçleştirebilir. Bu nedenle, elde edilen bulguların doğrulanması ve klinik uygulamalarla

ilişkilendirilebilmesi için uzun sureli, kontrollü ve prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, TriniQ ve CERASMART270 materyallerinden elde edilen kuronlar ile hazır prefabrik NuSmile® kuronlarının asidik içeceğe maruziyetinin materyallerin sertlik, pürüzlülük, TP ve ΔE etkileri araştırılmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Asidik içeceğe maruziyet sonrası tüm gruplarda sertlik kaybı gözlemlenmiştir.

Başlangıç sertlik değerleri açısından NuSmile® en yüksek, TriniQ ise en düşük sertlik değerine sahiptir. Oransal sertlik değişimi açısından değerlendirildiğinde, NuSmile® grubu en az etkilenen grup olurken, TriniQ en fazla sertlik değişimine uğramıştır.

2. TriniQ'in yüzey pürüzlülüğü, NuSmile® ve CERASMART270'den daha yüksek bulunmuştur. En düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri NuSmile® grubunda ölçülmüş olup, bu grup klinik olarak kabul edilebilir pürüzlülük sınırına en yakın değeri göstermiştir. CERASMART270 ve TriniQ gruplarında ise yüzey pürüzlülük değerleri klinik olarak kabul edilebilir sınırın üzerinde tespit edilmiştir.

3. Çalışma gruplarının tümünde asidik içeceğe maruziyet sonrası TP değerlerinde değişimler gözlenmiştir. TriniQ ve CERASMART270'in TP değerleri, NuSmile®'dan daha yüksek bulunmuştur. CERASMART270 grubunda, işlem sonrası TP değerlerinde artış gözlenirken, TriniQ grubunda TP değerlerinde azalma olmuştur. Klinik açıdan değerlendirildiğinde, doğal mine ve dentinin TP özelliklerine en yakın değeri TriniQ grubu göstermiştir.

4. Çalışma grupları arasında ΔE açısından anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Siyah zemin üzerinde CERASMART270 en fazla ΔE gösterirken, beyaz

zeminde en yüksek ΔE TriniQ grubunda gözlenmiştir. NuSmile®'ın renk stabilitesinin diğer materyallere kıyasla daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde;

Asidik içeceklerin dental restoratif materyaller üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında, klinik uygulamalarda özellikle yüksek asidik içeriğe sahip yiyecek ve içeceklerin sık tüketildiği durumlarda malzeme seçimi büyük önem taşımaktadır. Sertlik kaybı en düşük olan materyallerin daha uzun ömürlü restorasyonlar sağlayabileceği düşünüldüğünden, asidik ortama karşı dirençli malzemelerin tercih edilmesi önerilmektedir.

Pürüzlülük değerleri, restoratif materyallerin biyouyumluluğu açısından kritik bir parametredir. Yüksek pürüzlülük değerleri, plak retansiyonuna yol açarak sekonder çürük ve periodontal problemlere neden olabilir. TriniQ ve CERASMART270 gibi yüksek pürüzlülük gösteren materyallerin klinik kullanımında, polisaj işlemlerinin düzenli olarak yapılması ve uygun cilalama protokollerinin uygulanması önerilmektedir.

Malzemelerin TP değerleri, estetik başarının sağlanması açısından önemli bir faktördür. Özellikle anterior bölgede kullanılacak restorasyonlarda doğal diş yapısına (TP: 18.7) en yakın TP değerine sahip malzemelerin (TriniQ TP: 20.72) tercih edilmesi önerilmektedir.

Asidik içeceklerin translüenslik üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak, uzun süreli estetik stabilitenin sağlanabilmesi için TP değişimi daha düşük olan materyallerin seçilmesi uygun olacaktır.

Estetik restorasyonlarda renk değişimi, hasta memnuniyetini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Çalışma sonuçları, polimer içerikli malzemelerin asidik içeceklere karşı daha fazla renk değişimi gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, özellikle yüksek estetik beklentiye sahip hastalarda, renk stabilitesi daha yüksek olan malzemelerin

tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, düzenli cilalama işlemleri ve uygun bakım protokolleri ile renk değişimlerinin minimize edilmesi sağlanabilir.

Elde edilen veriler doğrultusunda, TriniQ grubunun diğer materyallere kıyasla çok daha düşük maliyetli olduğu belirlenmiştir. Daha ekonomik olması, TriniQ’i klinik kullanım açısından daha erişilebilir ve tercih edilebilir bir seçenek haline getirebilir. Özellikle 3 boyutlu yazıcıya sahip kliniklerde, bu kuronların daha düşük maliyetlerle üretilmesi, maliyet etkin restoratif çözümler arayan klinisyenler için önemli bir avantaj sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, restoratif materyallerin kimyasal ve mekanik özelliklerinin uzun vadeli başarısını etkileyen önemli faktörler olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, daha uzun süreli gözlemler içermesi ve ağız içi koşulların daha kapsamlı bir şekilde simüle edilmesi, elde edilen verilerin klinik uygulamalara daha iyi uyarlanmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [CIS], C. I. d. 1. É. (1978). *Üniform renk uzayları, renk farkı denklemleri, psikometrik renk terimleri üzerine tavsiyeler* (CIE Yayını No. 15 (E-1.3.1) Ek No. 2, Issue. CIE.
- AAPD, A. A. o. P. D. (2019). *Erken Çocukluk Çağı Çürüğünün (EÇÇ) Tanımı*. Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2025 <https://www.aapd.org/research/oral-health-policies-recommendations/early-childhood-caries/>
- Abaklı İnci, M., Özer, H., & Ercan, V. B. (2019). Color Stabilities and Surface Roughnesses After Holding Assessment of Restorative Materials with Tooth Color in Different Beverages. *INTERNATIONAL ARCHIVES OF DENTAL SCIENCES*, 44(2), 93-99. <https://doi.org/10.5505/eudfd.2023.60590>
- Abdulhadi, B., Abdullah, M., Alaki, S., Alamoudi, N., & Attar, M. (2017). Clinical evaluation between zirconia crowns and stainless steel crowns in primary molars teeth. *Journal of Pediatric Dentistry*, 5(1), 21-21. https://doi.org/10.4103/jpd.jpd_21_17
- Abduo, J., Lyons, K., & Bennamoun, M. (2014). Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *International journal of dentistry*, 2014(1), 783948. <https://doi.org/10.1155/2014/783948>
- Abt, E. (2010). Computer-aided design/computer-aided manufacturing crown survival rates. *Evidence-based dentistry*, 11(1), 25-26. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400705>
- Acar, O., Yilmaz, B., Altintas, S. H., Chandrasekaran, I., & Johnston, W. M. (2016). Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 115(1), 71-75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.06.014>

- Acs, G., Shulman, R., Chussid, S., & Ng, M. (1999). The effect of dental rehabilitation on the body weight of children with early childhood caries. *Pediatric dentistry*, 21, 109-113. [https://doi.org/10.1016/S0164-1263\(99\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0164-1263(99)00017-0)
- Ajayakumar, L. P., Chowdhary, N., Reddy, V. R., & Chowdhary, R. (2020). Use of restorative full crowns made with zirconia in children: a systematic review. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 13(5), 551. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1802>
- Akbay Oba, A., Dülgergil, Ç. T., & Şaroğlu Sönmez, I. (2009). Prevalence of dental anxiety in 7-to 11-year-old children and its relationship to dental caries. *Medical Principles and Practice*, 18(6), 453-457. <https://doi.org/10.1159/000235893>
- Aktaş, N., & Ciftci, V. (2024). Current applications of three-dimensional (3D) printing in pediatric dentistry: a literature review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 48(5). <https://doi.org/10.22514/jocpd.2024.099>
- Al Shobber, M. Z., & Alkhadra, T. A. (2017). Fracture resistance of different primary anterior esthetic crowns. *The Saudi dental journal*, 29(4), 179-184. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.002>
- Al-Dlaigan, Y. H., Al-Meedania, L. A., & Anil, S. (2017). The influence of frequently consumed beverages and snacks on dental erosion among preschool children in Saudi Arabia. *Nutrition journal*, 16, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s12937-017-0236-0>
- Al-Haj Ali, S., Alsulaim, H., Albarrak, M., & Farah, R. (2021). Spectrophotometric comparison of color stability of microhybrid and nanocomposites following exposure to common soft drinks among adolescents: An in vitro study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 22, 675-683. <https://doi.org/10.1007/s40368-021-00616-0>

- Al-Halabi, M. N., Bshara, N., Abou Nassar, J., Comisi, J. C., & Rizk, C. K. (2021). Clinical performance of two types of primary molar indirect crowns fabricated by 3D printer and CAD/CAM for rehabilitation of large carious primary molars. *European journal of dentistry*, 15(03), 463-468. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718643>
- Al-Wahadni, A. M., Hussey, D. L., Grey, N., & Hatamleh, M. M. (2009). Fracture resistance of aluminium oxide and lithium disilicate-based crowns using different luting cements: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*, 10(2), 51-58. <https://doi.org/10.5005/jcdp-10-2-51>
- Alayad, A. S., Alqhatani, A., Alkatheeri, M. S., Alshehri, M., AlQahtani, M. A., Osseil, A. E. B., & Almusallam, R. A. (2021). Effects of CAD/CAM ceramics and thicknesses on translucency and color masking of substrates. *The Saudi dental journal*, 33(7), 761-768. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2021.06.004>
- Alharbi, A., Ardu, S., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2017). Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. *Odontology*, 105, 162-169. <https://doi.org/10.1007/s10266-016-0260-6>
- Ali, A., Niazy, M., & El Malt, M. (2016). The effect of some common children's drinks on color stability of nanocomposite and nanoglass ionomer. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 3(2), 87-92. <https://doi.org/https://doi.org/10.21608/adjg.2016.5073>
- Alkarimi, H. A., Watt, R. G., Pikhart, H., Sheiham, A., & Tsakos, G. (2014). Dental caries and growth in school-age children. *Pediatrics*, 133(3), e616-e623. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3484>

- Alkhatib, M. N., Holt, R., & Bedi, R. (2005). Age and perception of dental appearance and tooth colour. *Gerodontology*, 22(1), 32-36. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2004.00008.x>
- Almejrads, L., Yang, C. C., Morton, D., & Lin, W. S. (2022). The effects of beverages and surface treatments on the color stability of 3D-printed interim restorations. *Journal of Prosthodontics*, 31(2), 165-170. <https://doi.org/10.1111/jopr.13458>
- Alrahlah, A., Silikas, N., & Watts, D. (2014). Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dental materials*, 30(2), 149-154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.11.007>
- Andreadis, G., Toumba, K., & Curzon, M. (2006). Slow-release fluoride glass devices: In vivo fluoride release and retention of the devices in children. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 7, 258-261. <https://doi.org/10.1007/BF03262589>
- Ardu, S., Braut, V., Di Bella, E., & Lefever, D. (2014). Influence of background on natural tooth colour coordinates: an in vivo evaluation. *Odontology*, 102(2), 267-271. <https://doi.org/10.1007/s10266-013-0126-1>
- Arif, R., Yilmaz, B., & Johnston, W. M. (2019). In vitro color stainability and relative translucency of CAD-CAM restorative materials used for laminate veneers and complete crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 122(2), 160-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.09.011>
- Ashima, G., Sarabjot, K. B., Gauba, K., & Mittal, H. (2014). Zirconia crowns for rehabilitation of decayed primary incisors: an esthetic alternative. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(1), 18-22. <https://doi.org/10.17796/jcpd.39.1.0m7q0p6x6n6g6k14>

- Avcı, B., Kaptan, A., & Aygöl Sarı, B. (2023). Süt Dişlerine Uygulanan Paslanmaz Çelik, Zirkonya ve Cam Fiber Kuronların Kırılma Dirençlerinin İn-Vitro Olarak Karşılaştırılması.
- Aydın, N., Topçu, F.-T., Karaoğlanoğlu, S., Oktay, E.-A., & Erdemir, U. (2021). Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 13(5), e446. <https://doi.org/10.4317/jced.58095>
- Azab, M. M., Moheb, D. M., El Shahawy, O. I., & Rashed, M. A. M. (2020). Influence of luting cement on the clinical outcomes of Zirconia pediatric crowns: A 3-year split-mouth randomized controlled trial. *International journal of paediatric dentistry*, 30(3), 314-322. <https://doi.org/10.1111/ipd.12602>
- Babaji, P., Patel, J., Ks, P., & Bansal, A. (2015). *Different crowns used in pediatric dentistry*. In *Crowns in Pediatric Dentistry. first th ed. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers* (pp. 21-123).
- Babina, K., Polyakova, M., Sokhova, I., Doroshina, V., Arakelyan, M., & Novozhilova, N. (2020). The effect of finishing and polishing sequences on the surface roughness of three different nanocomposites and composite/enamel and composite/cementum interfaces. *Nanomaterials*, 10(7), 1339. <https://doi.org/10.3390/nano10071339>
- Backer, A. D., Münchow, E. A., Eckert, G. J., Hara, A. T., Platt, J. A., & Bottino, M. C. (2017). Effects of simulated gastric juice on CAD/CAM resin composites—morphological and mechanical evaluations. *Journal of Prosthodontics*, 26(5), 424-431. <https://doi.org/10.1111/jopr.12523>
- Balhaddad, A. A., Garcia, I. M., Mokeem, L., Alsahafi, R., Majeed-Saidan, A., Albagami, H. H., Khan, A. S., Ahmad, S., Collares, F. M., & Della Bona, A. (2023). Three-

- dimensional (3D) printing in dental practice: applications, areas of interest, and level of evidence. *Clinical oral investigations*, 27(6), 2465-2481. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05010-7>
- Bandeira, M. B., Queiroz, I. M. S., Fernandes, S. K. S. C., Freitas Jr, A., Özcan, M., Martinelli, A. E., & Queiroz, J. R. C. (2017). Evaluation of surface roughness of monolithic zirconia after using different polishing kits. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada*, 17(1), 1-7. <https://doi.org/10.4034/PBOCI.2017.171.04>
- Bani, M., & Öztaş, N. (2013). Cam iyonomer içerikli farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, 30(1), 13-17.
- Barbosa, G. F., & Cardoso, M. B. (2018). Effects of carbonated beverages on resin composite stability. *Am J dent*, 31(6), 313-316.
- Barizon, K. T., Bergeron, C., Vargas, M. A., Qian, F., Cobb, D. S., Gratton, D. G., & Geraldeli, S. (2014). Ceramic materials for porcelain veneers: part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(4), 864-870. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.014>
- Bayindir, F., & Koseoglu, M. (2020). The effect of restoration thickness and resin cement shade on the color and translucency of a high-translucency monolithic zirconia. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(1), 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.01.017>
- Bayindir, F., Kuo, S., Johnston, W. M., & Wee, A. G. (2007). Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *The Journal of prosthetic dentistry*, 98(3), 175-185. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60053-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60053-6)

- Bayındır, F., & Wee, A. G. (2006). Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg.(. Clinical Dentistry and Research)*, 30(3), 40-46.
- Beatty, M. W., Mahanna, G. K., & Jia, W. (1999). Ultraviolet radiation-induced color shifts occurring in oil-pigmented maxillofacial elastomers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 82(4), 441-446. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70068-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70068-6)
- Blatz, M. B., & Conejo, J. (2019). The current state of chairside digital dentistry and materials. *Dental Clinics*, 63(2), 175-197. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.11.002>
- Bozoğulları, H. N., & Temizci, T. (2023). Evaluation of the Color Stability, Stainability, and Surface Roughness of Permanent Composite-Based Milled and 3D Printed CAD/CAM Restorative Materials after Thermocycling. *Applied Sciences*, 13(21), 11895. <https://doi.org/10.3390/app132111895>
- Brewer, J., Glennon, J., & Garlapo, D. (1991). Spectrophotometric analysis of a nongreening, metal-fusing porcelain. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65(5), 634-641. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(91\)90197-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(91)90197-5)
- Buehler. (2021). *History of Hardness Testing*. Erişim Tarihi: 2024 Feb 20 <https://www.buehler.com/blog/history-of-hardness-testing/>
- Buyukyilmaz, S., & Ruyter, I. (1994). Color stability of denture base polymers. *International Journal of Prosthodontics*, 7(4). [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(94\)80001-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(94)80001-5)
- Byun, C., Kim, C., Cho, S., Baek, S. H., Kim, G., Kim, S. G., & Kim, S.-Y. (2015). Endodontic treatment of an anomalous anterior tooth with the aid of a 3-

- dimensional printed physical tooth model. *Journal of endodontics*, 41(6), 961-965. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.021>
- Campanha, N. H., Pavarina, A. C., Vergani, C. E., & Machado, A. L. (2005). Effect of microwave sterilization and water storage on the Vickers hardness of acrylic resin denture teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(5), 483-487. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.02.029>
- Camporesi, M., Marinelli, A., Baroni, G., & Defraia, E. (2009). Dental arch dimensions and tooth wear in two samples of children in the 1950s and 1990s. *British dental journal*, 207(12), E24-E24. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.960>
- Castro, A., Badr, S. B., El-Badrawy, W., & Kulkarni, G. (2016). Clinical performance of pedo jacket crowns in maxillary anterior primary teeth. *Journal of Dentistry for Children*, 83(3), 125-131. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-83.3.125>
- Catelan, A., Briso, A. L., Sundfeld, R. H., & Dos Santos, P. H. (2010). Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(5), 324-330. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00359.x>
- Cave, V., & Keys, W. (2018). Digital and conventional impressions have similar working times. *Evidence-based dentistry*, 19(3), 84-85. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6401348>
- Ceci, M., Viola, M., Rattalino, D., Beltrami, R., Colombo, M., & Poggio, C. (2017). Discoloration of different esthetic restorative materials: A spectrophotometric evaluation [Article]. *European journal of dentistry*, 11(2), 149-156. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_313_16

- Celikel, P. S., Fatih. (2024). Investigating the impact of post-curing cycles on surface hardness and color stability in 3D printed resin crowns. *Odontology*, 113, 156–162. <https://doi.org/10.1007/s10266-024-00956-8>
- Cerasmart270 | GC Europe N.V. . (2025). Erişim Tarihi: 17.02.2025
<https://www.gc.dental/europe/en/products/cerasmart270>
- Cervino, G., Fiorillo, L., Arzukanyan, A. V., Spagnuolo, G., & Cicciù, M. (2019). Dental restorative digital workflow: digital smile design from aesthetic to function. *Dentistry Journal*, 7(2), 30. <https://doi.org/10.3390/dj7020030>
- Chae, Y. K., Lee, H., Jih, M. K., Lee, H. S., Lee, J. W., Kim, S. H., Kim, G. T., Choi, S. C., & Nam, O. H. (2020). Validation of a three-dimensional printed model for training of surgical extraction of supernumerary teeth. *European Journal of Dental Education*, 24(4), 637-643. <https://doi.org/10.1111/eje.12543>
- Champagne, C., Waggoner, W., Ditmyer, M., & Casamassimo, P. S. (2007). Parental satisfaction with veneered stainless steel crowns for primary anterior teeth. *Pediatric dentistry*, 29(6), 465-469. <https://doi.org/10.17796/jcpd.31.4.7l6jl1gq7gq9u1p4g>
- Chander, H., Chander, H., Goyal, A., Gauba, K., & Kapur, A. (2016). Clinical performance of indirect composite onlays as esthetic alternative to stainless steel crowns for rehabilitation of a large carious primary molar. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 40(5), 345-352. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.5.345>
- Chang, J.-Y., Chen, W.-C., Huang, T.-K., Wang, J.-C., Fu, P.-S., Chen, J.-H., & Hung, C.-C. (2012). Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 28(9), 490-494. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2012.05.002>

- Chen, H., Huang, J., Dong, X., Qian, J., He, J., Qu, X., & Lu, E. (2012). A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence International*, 43(8). <https://doi.org/10.3290/j.qi.a27089>
- Choi, J.-W., Song, E.-J., Shin, J.-H., Jeong, T.-S., & Huh, J.-B. (2017). In vitro investigation of wear of CAD/CAM polymeric materials against primary teeth. *Materials*, 10(12), 1410. <https://doi.org/10.3390/ma10121410>
- Christensen, G. J. (2001). Computerized restorative dentistry: state of the art. *The Journal of the American Dental Association*, 132(9), 1301-1303. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2001.0380>
- Chu, F., Frankel, N., & Smales, R. J. (2000). Surface roughness and flexural strength of self-glazed, polished, and reglazed In-Ceram/Vitadur Alpha porcelain laminates. *International Journal of Prosthodontics*, 13(1). <https://doi.org/10.11607/ijp.13.1.59>
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38, e2-e16. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.02.014>
- Cicciù, M., Fiorillo, L., D'Amico, C., Gambino, D., Amantia, E. M., Laino, L., Crimi, S., Campagna, P., Bianchi, A., & Herford, A. S. (2020). 3D digital impression systems compared with traditional techniques in dentistry: a recent data systematic review. *Materials*, 13(8), 1982. <https://doi.org/10.3390/ma13081982>
- Clark, L., Wells, M. H., Harris, E. F., & Lou, J. (2016). Comparison of amount of primary tooth reduction required for anterior and posterior zirconia and stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 38(1), 42-46. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-38.1.42>

- Colombo, M., Poggio, C., Lasagna, A., Chiesa, M., & Scribante, A. (2019). Vickers micro-hardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials*, 12(8), 1246. <https://doi.org/10.3390/ma12081246>
- Conrad, H. J., Seong, W.-J., & Pesun, I. J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 98(5), 389-404. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60025-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60025-2)
- Ćorić, D., Renjo, M. M., & Ćurković, L. (2017). Vickers indentation fracture toughness of Y-TZP dental ceramics. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 64, 14-19. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2016.12.001>
- Croll, T. P. (1990). Bonded composite resin crowns for primary incisors: technique update. *Quintessence International*, 21(2). <https://doi.org/10.3290/j.qi.a28188>
- Croll, T. P., Epstein, D. W., & Castaldi, C. R. (2003). Marginal adaptation of stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 25(3), 249-252. <https://doi.org/10.17796/jcpd.27.3.3n8k6v1k1k1g7w7g>
- Croll, T. P., & Helpin, M. L. (1996). Preformed resin-veneered stainless steel crowns for restoration of primary incisors. *Quintessence International*, 27(5). <https://doi.org/10.3290/j.qi.a28245>
- Çelik, N., Sağsöz, Ö., & Gündoğdu, M. (2017). Farklı içeceklerin posterior kompozitlerin renk değişikliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 27(1), 27-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.17567/ataunidfd.307099>
- Çelikel, P. Ş., Fatih; Büyüksefil, Murat; Aslan İnce, Nazlı; Şimşek Derelioğlu, Sera. (2024). Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan İki Farklı Reçine Materyalinde Farklı

- Polimerizasyon Cihazlarının Yüzey Sertliğine Etkisi: İn Vitro Çalışma 30(1), 67-73. <https://doi.org/10.5336/dentalsci.2023-98845>
- Çiftçi, Z. Z., Şahin, İ., & Karayılmaz, H. (2022). Comparative evaluation of the fracture resistance of newly developed prefabricated fibreglass crowns and zirconium crowns. *International journal of paediatric dentistry*, 32(5), 756-763. <https://doi.org/10.1111/ipd.12946>
- Çökük, D. N. (2009). Tam Seramik Sistemlerine Uygulanan Farklı Polisaj Metotlarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2009(2), 98-104.
- Çörekçi, B., Irgin, C., Malkoç, S., & Öztürk, B. (2010). Effects of staining solutions on the discoloration of orthodontic adhesives: an in-vitro study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138(6), 741-746. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.10.024>
- Davidovich, E., Dagon, S., Tamari, I., Etinger, M., & Mijiritsky, E. (2020). An innovative treatment approach using digital workflow and CAD-CAM part 2: The restoration of molar incisor hypomineralization in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1499. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051499>
- Davidovich, E., Shay, B., Nuni, E., & Mijiritsky, E. (2020). An innovative treatment approach using digital workflow and CAD-CAM part 1: the restoration of endodontically treated molars in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1364. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051499>
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 559-ix. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.011>

- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British dental journal*, 219(11), 521-529. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- De Groot, P. (1991). Interferometric laser profilometer for rough surfaces. *Optics letters*, 16(6), 357-359. <https://doi.org/10.1364/OL.16.000357>
- De Moraes, R. R., Marimon, J. L. M., Jochims Schneider, L. F., Sinhoreti, M. A. C., Correr-Sobrinho, L., & Bueno, M. (2008). Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics*, 17(4), 323-326. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00292.x>
- Debortoli, C., Afota, F., Lerhe, B., Fricain, M., Corazza, A., & Savoldelli, C. (2023). Autotransplantation with tooth replica. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 124(3), 101353. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2022.101353>
- Degirmenci, K., & Atala, M. H. (2020). Influence of Different Beverages on Color Stability and Whiteness of Adhesive Resin Cements. *Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 238-244. <https://doi.org/https://doi.org/10.30934/kusbed.635438>
- del Mar Perez, M., Ghinea, R., Herrera, L. J., Ionescu, A. M., Pomares, H., Pulgar, R., & Paravina, R. D. (2011). Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *Journal of Dentistry*, 39, e37-e44. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.07.006>
- Demirel, A., Bezgin, T., Akaltan, F., & Sarı, Ş. (2017). Resin Nanoceramic CAD/CAM Restoration of the Primary Molar: 3-Year Follow-Up Study. *Case reports in dentistry*, 2017(1), 3517187. <https://doi.org/10.1155/2017/3517187>

Dentistry., A. A. o. P. (2022). *Pediatric restorative dentistry*. Erişim Tarihi: 20 January 2023.

https://www.aapd.org/globalassets/media/policies_guidelines/bp_restoratedent.pdf

Dhanotra, K. G., & Bhatia, R. (2021). Digitainers—Digital space maintainers: A review. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 14(Suppl 1), S69.

<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1986>

Diener, V., Polychronis, G., Erb, J., Zinelis, S., & Eliades, T. (2019). Surface, microstructural, and mechanical characterization of prefabricated pediatric zirconia crowns. *Materials*, 12(20), 3280.

Dobroś, K., Hajto-Bryk, J., & Zarzecka, J. (2023). Application of 3D-printed teeth models in teaching dentistry students: a scoping review. *European Journal of Dental Education*, 27(1), 126-134. <https://doi.org/10.1111/eje.12854>

Doğan, D. A., & Yüzügüllü, B. (2011). Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2011(4), 65-72.

Donly, K. J., Sasa, I., Contreras, C. I., & Mendez, M. J. C. (2018). Prospective randomized clinical trial of primary molar crowns: 24-month results. *Pediatric dentistry*, 40(4), 253-258.

Dozić, A., Kleverlaan, C. J., El-Zohairy, A., Feilzer, A. J., & Khashayar, G. (2007). Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *Journal of Prosthodontics*, 16(2), 93-100. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00165.x>

Dursun, E., Monnier-Da Costa, A., & Moussally, C. (2018). Chairside CAD/CAM composite onlays for the restoration of primary molars. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 42(5), 349-354. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-42.5.11>

- Dutta, S., Gupta, S., Isha, S., Gumro, M., & Panwar, M. (2023). 3D printing–A Revolutionary Change in Pediatric Dentistry. *European Journal of Dental and Oral Health*, 4(5), 1-5.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24018/ejdent.2023.4.5.274>
- Duymuş, Z. Y., Öztürk, I., Çağlar, İ., & Ateş, S. M. (2021). Farklı İçeceklerde Bekletilen Monolitik Zirkonyanın Renk Stabilitésinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 228-233.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17567/ataunidfd.783077>
- Elsaka, S., Taibah, S., & Elnaghy, A. (2022). Effect of staining beverages and bleaching on optical properties of a CAD/CAM nanohybrid and nanoceramic restorative material. *BMC oral health*, 22(1), 96.
- Elshereksi, N., Muchtar, A., & Azhari, C. (2021). Effects of nanobarium titanate on physical and mechanical properties of poly (methyl methacrylate) denture base nanocomposites. *Polymers and Polymer Composites*, 29(5), 484-496.
<https://doi.org/10.1177/09673911211012694>
- Erdemir, U., Yildiz, E., Eren, M. M., & Ozel, S. (2013). Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks immersion after a short-term period. *Journal of Applied Oral Science*, 21(2), 124-131. <https://doi.org/10.1590/1678-7757201302181>
- Erkli, H., & Ersöz, E. (2012). Farklı fluor jellerin rezin materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(2), 79-85.
- Ersu, B., Hannak, W., & Freesmeyer, W. (2007). Tam ve bölümlü protezlerde kullanılan akrilik rezin dişlerin sertliklerinin karşılaştırılması. *HÜ Diş Fak Derg*, 31, 58-64.

- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*, 41(4), 1149-1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Fejerskov, O. (2004). *Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care*. Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1002/9780470758253.ch1>
- Fellagh, H. F. (2016). Evaluation of full coronal esthetic restorations in primary incisors: clinical success, parental satisfaction, in vitro fracture resistance and bacterial adhesion.
- Ferraz, N. K. L., Nogueira, L. C., Pinheiro, M. L. P., Marques, L. S., Ramos-Jorge, M. L., & Ramos-Jorge, J. (2014). Clinical consequences of untreated dental caries and toothache in preschool children. *Pediatric dentistry*, 36(5), 389-392. PMID:25303505.
- Filstrup, S. L., Briskie, M. D., da Fonseca, D. M., Lawrence, L., & Wandera, M. A. (2003a). Early childhood caries and quality of life: child and parent perspectives. *Pediatric dentistry*, 25(5).
- Filstrup, S. L., Briskie, M. D., da Fonseca, D. M., Lawrence, L., & Wandera, M. A. (2003b). Scientific Article. *Pediatric dentistry*, 25(5). PMID:14649606.
- Fleming, P., Marinho, V., & Johal, A. (2011). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2010.01537.x>
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International journal of Periodontics and restorative dentistry*, 23(5), 467-480. PMID:14620121.

- Foucher, F., & Mainjot, A. K. (2018). Polymer-Infiltrated-Ceramic-Network, CAD/CAM Restorations for Oral Rehabilitation of Pediatric Patients with X-Linked Ectodermal Dysplasia. *International Journal of Prosthodontics*, 31(6). <https://doi.org/10.11607/ijp.5781>
- François, P., Remadi, A., Le Goff, S., Abdel-Gawad, S., Attal, J.-P., & Dursun, E. (2021). Flexural properties and dentin adhesion in recently developed self-adhesive bulk-fill materials. *Journal of Oral Science*, 63(2), 139-144. <https://doi.org/10.11607/ijp.5781> PMID:10633519
- Fuks, A., Ram, D., & Eidelman, E. (1999). Clinical performance of esthetic posterior crowns in primary molars: a pilot study. *Pediatric dentistry*, 21(7), 445-448.
- García-Godoy, F., & García-Godoy, A. (2002). Effect of bleaching gels on the surface roughness, hardness, and micromorphology of composites. *General Dentistry*, 50(3), 247-250. PMID:12116512.
- Garg, V., Panda, A., Shah, J., & Panchal, P. (2016). Crowns in pediatric dentistry: A review. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, 4(2), 41. <https://doi.org/10.15761/OHC.1000193>
- Gawriolek, M., Sikorska, E., Ferreira, L. F., Costa, A. I., Khmelinskii, I., Krawczyk, A., Sikorski, M., & Koczorowski, P. R. (2012). Color and luminescence stability of selected dental materials in vitro. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 21(2), 112-122. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2011.00796.x>
- Gjelvold, B., Chrcanovic, B. R., Korduner, E. K., Collin-Bagewitz, I., & Kisch, J. (2016). Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. *Journal of Prosthodontics*, 25(4), 282-287. <https://doi.org/10.1111/jopr.12410>

- Go, H., Park, H., Lee, J., Seo, H., & Lee, S. (2019). Effect of various polishing burs on surface roughness and bacterial adhesion in pediatric zirconia crowns. *Dental materials journal*, 38(2), 311-316. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-106>
- Gómez-Polo, C., Muñoz, M. P., Luengo, M. C. L., Vicente, P., Galindo, P., & Casado, A. M. M. (2016). Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry*, 115(1), 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.001>
- Gore, G., & Gates, J. (1997). Effect of hardness on three very different forms of wear. *Wear*, 203, 544-563. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(96\)07468-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(96)07468-2)
- Goujat, A., Abouelleil, H., Colon, P., Jeannin, C., Pradelle, N., Seux, D., & Grosgeat, B. (2018). Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 119(3), 384-389. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.006>
- Grewal, N., Jha, S., & Kaur, N. (2021). Clinical and radiographic success of resin-bonded strip crowns in primary incisors with varying extents of sound tooth structure available for bonding. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 14(4), 454. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1984>
- Grünheid, T., McCarthy, S. D., & Larson, B. E. (2014). Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 146(5), 673-682. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.07.023> PMID:25439218.
- Grzebieluch, W., Kowalewski, P., Grygier, D., Rutkowska-Gorczyca, M., Kozakiewicz, M., & Jurczyszyn, K. (2021). Printable and machinable dental restorative composites for CAD/CAM application—comparison of mechanical properties,

- fractographic, texture and fractal dimension analysis. *Materials*, 14(17), 4919.
<https://doi.org/10.3390/ma14174919>
- Guazzato, M., Albakry, M., Swain, M. V., & Ironside, J. (2002). Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. *International Journal of Prosthodontics*, 15(4).
- Gupta, M., Chen, J.-W., & Ontiveros, J. C. (2008). Veneer retention of preveneered primary stainless steel crowns after crimping. *Journal of Dentistry for Children*, 75(1), 44-47.
- Gül, P., & Akgül, N. (2013). Kompozit materyaller arasındaki renk farklılıklarının farklı skalalarla spektrofotometrik olarak karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 23(1), 16-23.
- Hacker, T., Heydecke, G., & Reissmann, D. R. (2015). Impact of procedures during prosthodontic treatment on patients' perceived burdens. *Journal of Dentistry*, 43(1), 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.10.007>
- Hahnel, S., Wieser, A., Lang, R., & Rosentritt, M. (2015). Biofilm formation on the surface of modern implant abutment materials. *Clinical oral implants research*, 26(11), 1297-1301. <https://doi.org/10.1111/clr.12463>
- Hanafi, A., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Bürklein, S. (2020). Perception of a modular 3D print model in undergraduate endodontic education. *International endodontic journal*, 53(7), 1007-1016. <https://doi.org/10.1111/iej.13299>
- Hanisch, M., Kroeger, E., Dekiff, M., Timme, M., Kleinheinz, J., & Dirksen, D. (2020). 3D-printed surgical training model based on real patient situations for dental education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2901. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082901>

- Hansen, E. K. (1983). After-polymerization of visible light activated resins: surface hardness vs. light source. *European Journal of Oral Sciences*, 91(5), 406-410. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1983.tb00879.x>
- Hashemikamangar, S. S., Pourhashemi, S. J., Talebi, M., Kiomarsi, N., & Kharazifard, M. J. (2015). Effect of organic acids in dental biofilm on microhardness of a silorane-based composite. *Restorative dentistry & endodontics*, 40(3), 188-194. <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.3.188>
- Hegde S, P. S., Bolar DR, Sanghavi MB. (2012). Characteristics of occlusion in primary dentition of preschool children of Udaipur, India. *European journal of dentistry*, 6(1), 51-55.
- Hekimoğlu, C., Anıl, N., & Etikan, I. (2000). Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *International Journal of Prosthodontics*, 13(1). PMID:11203858.
- Hickel, R., Dasch, W., Mehl, A., & Kremers, L. (1997). CAD/CAM–Fillings of the future? *International dental journal*, 47(5), 247-258. PMID:9482042.
- Holsinger, D. M., Wells, M. H., Scarbecz, M., & Donaldson, M. (2016). Clinical evaluation and parental satisfaction with pediatric zirconia anterior crowns. *Pediatric dentistry*, 38(3), 192-197.
- Höhne, C., Dickhaut, N., & Schmitter, M. (2020). Introduction of a new teaching concept for dentin post preparation with 3D printed teeth. *European Journal of Dental Education*, 24(3), 499-506. <https://doi.org/10.1111/eje.12501>
- Höhne, C., Schwarzbauer, R., & Schmitter, M. (2019). 3D printed teeth with enamel and dentin layer for educating dental students in crown preparation. *Journal of dental education*, 83(12), 1457-1463. <https://doi.org/10.21815/JDE.019.148>

- Huang, G., Wu, L., Hu, J., Zhou, X., He, F., Wan, L., & Pan, S.-T. (2022). Main applications and recent research progresses of additive manufacturing in dentistry. *BioMed research international*, 2022(1), 5530188. <https://doi.org/10.1155/2022/5530188>
- Hudson, J. D., Goldstein, G. R., & Georgescu, M. (1995). Enamel wear caused by three different restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 74(6), 647-654. PMID:8535054.
- Hugo, B., Witzel, T., & Klaiber, B. (2005). Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clinical oral investigations*, 9, 244-250. <https://doi.org/10.1007/s00784-005-0303-6>
- Hwidi, M. A., & Üçtaşlı, M. B. (2022). İki Farklı CAD/CAM Materyalinin Farklı Kalınlıklarda Transluseransi Özelliğinin Değerlendirilmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 11(2), 115-122. <https://doi.org/10.5455/adoklinikbilimler.2022.11.02.02>
- Imirzalioglu, P., Karacaer, O., Yilmaz, B., & Ozmen MSc, I. (2010). Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 19(2), 118-124. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00550.x>
- Ishikawa-Nagai, S., Ishibashi, K., Tsuruta, O., & Weber, H.-P. (2005). Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(2), 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.11.015>
- İpek Aysan, D., & Üşümez, A. (2011). Üç Farklı Kaide Materyalinin Farklı Solüsyonlardaki Renk Stabilitesinin Karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2011(3), 219-225. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.650942>

- Jagger, D., & Harrison, A. (1995). An in vitro investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. *Journal of oral rehabilitation*, 22(4), 275-281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1995.tb00152.x>
- Jeong, M., Radomski, K., Lopez, D., Liu, J. T., Lee, J. D., & Lee, S. J. (2023). Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. *Dentistry Journal*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/dj12010001>
- Jeong, M.-a., Kim, A.-h., Shim, Y.-s., & An, S.-y. (2013). Restoration of Strip Crown with a Resin-Bonded Composite Cement in Early Childhood Caries. *Case reports in dentistry*, 2013(1), 581934. <https://doi.org/10.1155/2013/581934>
- Joda, T., & Brägger, U. (2016). Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clinical oral implants research*, 27(12), e185-e189. <https://doi.org/10.1111/clr.12684> PMID:25808679.
- Joerg R, Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289-1296. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0389>
- Johnston, S. F. (2015). *A history of light and colour measurement: science in the shadows*. CRC Press.
- Johnston, W., & Kao, E. (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of dental research*, 68(5), 819-822. <https://doi.org/10.1155/2013/581934>
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>

- Joniot, S., Gregoire, G., Auther, A., & Roques, Y. (2000). Three-dimensional optical profilometry analysis of surface states obtained after finishing sequences for three composite resins. *Operative dentistry*, 25(4), 311-315. PMID:11203857.
- Joniot, S., Salomon, J. P., Dejou, J., & Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative dentistry*, 31(1), 39-46. PMID:16536188.
- Joseph, J. R., Merrett, S., Rogers, S., & Clark, P. (2021). Use of 3D printing in the planning of a patient with unerupted maxillary central incisors. *Journal of Orthodontics*, 48(2), 183-189. <https://doi.org/10.1177/1465312521996434>
- Kadry, H., Wadnap, S., Xu, C., & Ahsan, F. (2019). Digital light processing (DLP) 3D-printing technology and photoreactive polymers in fabrication of modified-release tablets. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 135, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2019.05.003>
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18, 155-163. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0664-0> PMID:17160461.
- Kalaycı, B. B., & Bayındır, F. (2015). Güncel Dental Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25, 129-136.
- Kamio, T., Suzuki, M., Asaumi, R., & Kawai, T. (2020). DICOM segmentation and STL creation for 3D printing: a process and software package comparison for osseous anatomy. *3D printing in medicine*, 6, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00059-0>

- Kawano, F., Ohguri, T., Ichikawa, T., Mizuno, I., & Hasegawa, A. (2002). Shock absorbability and hardness of commercially available denture teeth. *International Journal of Prosthodontics*, 15(3). PMID:12066481.
- Kessler, A., Hickel, R., & Reymus, M. (2020). 3D printing in dentistry—State of the art. *Operative dentistry*, 45(1), 30-40. <https://doi.org/10.2341/19-061-L> PMID:31617774.
- Keyf, F., Uzun, G., & Altunsoy, S. (2009). Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş hekimliği Fakültesi Dergisi*, 33.
- Khan, M. K. (2022). Modern digital pediatric dentistry with the advent of intraoral sensors, computer-aided design/computer-aided manufacturing, and three-dimensional printing technologies: A comprehensive review. *Journal of Dental Research and Review*, 9(3), 195-201. https://doi.org/https://doi.org/10.4103/jdrr.jdrr_83_22
- Kılınç, H., Turgut, S., Ayaz, E., & Bagis, B. (2018). GÜNCEL NANOSERAMİK VE HİBRİT CAD/CAM MATERYALLERİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 592-598. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.474131>
- Kim MJ, L. S., Lee NY, et al. (2013). Evaluation of the effect of PVA tape supplemented with 2.26% fluoride on enamel demineralization using microhardness assessment and scanning electron microscopy: In vitro study. *Arch Oral Biol*, 58, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2012.10.010> PMID:23159595.
- Kim, N., Kim, H., Kim, I.-H., Lee, J., Lee, K. E., Lee, H.-S., Kim, J.-H., Song, J. S., & Shin, Y. (2022). Novel 3D printed resin crowns for primary molars: in vitro study of fracture resistance, biaxial flexural strength, and dynamic mechanical analysis. *Children*, 9(10), 1445. <https://doi.org/10.3390/children9101445> PMID:36233958.

- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*, 101(3), 193-199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60029-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60029-4) PMID:19231576.
- Kocaağaoğlu, H. H., Gümüş, H. Ö., & Albayrak, H. (2013). Tam Seramik Restorasyonlarda Yüzey Pürüzlendirme ve Polisaj. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 7(1), 1409-1418.
- Koksal, T., & Dikbas, I. (2008). Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. *Dental materials journal*, 27(1), 139-144. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.139> PMID:18309613.
- Krifka, S., Börzsönyi, A., Koch, A., Hiller, K.-A., Schmalz, G., & Friedl, K.-H. (2008). Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel human vs. bovine primary teeth in vitro. *Dental materials*, 24(7), 888-894. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.11.018> PMID:18187298.
- Kröger, E., Dekiff, M., & Dirksen, D. (2017). 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *European Journal of Dental Education*, 21(4), e119-e125. <https://doi.org/10.1111/eje.12217>
- Kumar, R., & Sinha, A. (2014). Restoration of primary anterior teeth affected by early childhood caries using modified omega loops-a case report. *Annals of Dental Speciality*, 1, 24-26.
- Kupietzky, A. (2002). Bonded resin composite strip crowns for primary incisors: clinical tips for a successful outcome. *Pediatr Dent*, 24(2), 145-148. PMID:11991317.
- Kupietzky, A., Waggoner, W. F., & Galea, J. (2003). The clinical and radiographic success of bonded resin composite strip crowns for primary incisors. *Pediatr Dent*, 25(6), 577-581. PMID:14984169.

- Kurt, A., & Çelik, G. (2017). Evaluation of Physical and Optical Properties of Hybrid CAD/CAM Materials. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2017(2017).
- Kurt, M., TURHAN BAL, B., & Bal, C. (2016). Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 22(2).
- Lauvahutanon, S., Takahashi, H., Shiozawa, M., Iwasaki, N., Asakawa, Y., Oki, M., Finger, W. J., & Arksornnukit, M. (2014). Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dental materials journal*, 33(5), 705-710. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-018> PMID:25283346.
- Lawson, N. C., Janyavula, S., Syklawer, S., McLaren, E. A., & Burgess, J. O. (2014). Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *Journal of Dentistry*, 42(12), 1586-1591. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.09.015> PMID:25284764.
- Lee, H., Chae, Y. K., Choi, S., Jih, M. K., Lee, J.-W., Choi, S. C., & Nam, O. H. (2019). Feasibility of a 3D surgical guide technique for impacted supernumerary tooth extraction: a pilot study with 3D printed simulation models. *Applied Sciences*, 9(18), 3905. <https://doi.org/10.3390/app9183905>
- Lee, H.-S., Berg, J. H., Garcia-Godoy, F., & Jang, K.-T. (2008). Long term evaluation of the remineralization of interproximal caries-like lesions adjacent to glass-ionomer restorations: A micro-CT study. *American journal of dentistry*, 21(2), 129. PMID:18578169.
- Lee, K.-Y., Lee, S.-H., & Lee, N.-Y. (2013). Evaluation of fluoride-releasing capacity from polyvinyl alcohol polymer tape supplemented with NaF in oral cavity. *Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry*, 40(2), 89-97.

- Liberman, R., Combe, E., Piddock, V., & Watts, D. (1996). Colour changes in acrylic teeth comparison of an objective and subjective method. *Journal of oral rehabilitation*, 23(7), 464-469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1996.tb00884.x> PMID:8804886.
- Liebermann, A., Wimmer, T., Schmidlin, P. R., Scherer, H., Löffler, P., Roos, M., & Stawarczyk, B. (2016). Physicomechanical characterization of polyetheretherketone and current esthetic dental CAD/CAM polymers after aging in different storage media. *The Journal of prosthetic dentistry*, 115(3), 321-328. e322. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.09.020> PMID:26530859.
- Lin, W., Chou, J., Charette, J., Metz, M., Harris, B., & Choi, N. (2018). Creating virtual 3-dimensional models for teaching pre-clinical tooth preparation: Students' usages and perceptions. *European Journal of Dental Education*, 22(3), e573-e581. <https://doi.org/10.1111/eje.12321>
- Loyaga-Rendon, P. G., Takahashi, H., Hayakawa, I., & Iwasaki, N. (2007). Compositional characteristics and hardness of acrylic and composite resin artificial teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 98(2), 141-149. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60050-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60050-3)
- Luo, M. R., Cui, G., & Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 26(5), 340-350. <https://doi.org/10.1002/col.1049>

- MacLean, J. K., Champagne, C. E., Waggoner, W. F., Ditmyer, M. M., & Casamassimo, P. (2007). Clinical outcomes for primary anterior teeth treated with preveneered stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 29(5), 377-381. PMID:18027770.
- Mainjot, A., Dupont, N., Oudkerk, J., Dewael, T., & Sadoun, M. (2016). From artisanal to CAD-CAM blocks: state of the art of indirect composites. *Journal of dental research*, 95(5), 487-495. <https://doi.org/10.1177/0022034516634281>
- Mandikos, M. N., McGivney, G. P., Davis, E., Bush, P. J., & Carter, J. M. (2001). A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, 85(4), 386-395. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.114685>
- Mankar, S. (2021). *Evaluation of Flexural Strength, Modulus, Translucency, Stain Resistance, and Gloss of Different 3d Printing Materials*. The University of Alabama at Birmingham. <https://digitalcommons.library.uab.edu/etd-collection/850/>
- Marty, M., Broutin, A., Vergnes, J. N., & Vaysse, F. (2019). Comparison of student's perceptions between 3D printed models versus series models in paediatric dentistry hands-on session. *European Journal of Dental Education*, 23(1), 68-72. <https://doi.org/10.1111/eje.12396>
- Mathew, M. G., Roopa, K. B., Soni, A. J., Khan, M. M., & Kauser, A. (2020). Evaluation of clinical success, parental and child satisfaction of stainless steel crowns and zirconia crowns in primary molars. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(3), 1418-1423. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_1175_19 PMID:32318464.
- Mathew, M. G., Samuel, S., Soni, A. J., & Roopa, K. B. (2020). Evaluation of adhesion of *Streptococcus mutans*, plaque accumulation on zirconia and stainless steel

- crowns, and surrounding gingival inflammation in primary molars: randomized controlled trial. *Clinical oral investigations*, 24, 3275-3280. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03144-2> PMID:31802192.
- McDonald, R. (1988). Acceptability and Perceptibility Decisions Using the CMC Color Difference Formula. *Textile Chemist & Colorist*, 20(6). <https://doi.org/10.1002/col.5080140502>
- Metin, D. S., Schmidt, F., Beuer, F., Prause, E., Ashurko, I., Sarmadi, B. S., & Unkovskiy, A. (2024). Accuracy of the intaglio surface of 3D-printed hybrid resin-ceramic crowns, veneers and table-tops: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 144, 104960. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104960>
- Migliau, G., Piccoli, L., Besharat, L. K., & Romeo, U. (2016). Benchmarking matching color in composite restorations. *Annali di stomatologia*, 7(1-2), 29. <https://doi.org/10.11138/ads/2016.7.1.029>
- Mitov, G., Heintze, S. D., Walz, S., Woll, K., Muecklich, F., & Pospiech, P. (2012). Wear behavior of dental Y-TZP ceramic against natural enamel after different finishing procedures. *Dental materials*, 28(8), 909-918. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.04.006>
- Mittal, Verma, A., Pahuja, H., Agarwal, S., & Tomar, H. (2016). Esthetic crowns in pediatric dentistry: A review. *Int. J. Contemp. Med. Res*, 3, 1280-1282.
- Mochizuki, K. T., K.; Ohtawa, Y.; Yakushiji, M.; Nomura, K.; Ichinohe, T.; Kaneko, Y. (2007). Dental care for physically or mentally challenged at public dental clinics. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 48(3), 135-142.
- Mohammadi-Bassir, M., Babasafari, M., Rezvani, M. B., & Jamshidian, M. (2017). Effect of coarse grinding, overglazing, and 2 polishing systems on the flexural strength, surface roughness, and phase transformation of yttrium-stabilized tetragonal

- zirconia. *The Journal of prosthetic dentistry*, 118(5), 658-665.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.01.007> PMID:28385438.
- Mortada, A., & King, N. (2004). A simplified technique for the restoration of severely mutilated primary anterior teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(3), 187-192. <https://doi.org/10.17796/jcpd.28.3.2554xv412644ru13>
- Mourouzis, P., Arhakis, A., & Tolidis, K. (2019). Computer-aided design and manufacturing crown on primary molars: an innovative case report. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 12(1), 76. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1591>
- Moussa, R. (2021). Dental Shade Matching: Recent technologies and future smart applications. *J. Dent. Health Oral Res*, 2, 1-10.
- Moussally, C., Fron-Chabouis, H., Charrière, A., Maladry, L., & Dursun, E. (2019). Full-mouth rehabilitation of hypocalcified-type amelogenesis imperfecta with chairside computer-aided design and computer-aided manufacturing: a case report. *Operative dentistry*, 44(3), E145-E158. <https://doi.org/10.2341/18-012-L>
- Munsell Color Handbook*. (2012). Erişim Tarihi: 12/03/2025
<http://www.specialchem4coatings.com/tc/color-handbook/index.aspx?id=munsell>
- Murray, P. E., Garcia-Godoy, F., & Hargreaves, K. M. (2007). Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *Journal of endodontics*, 33(4), 377-390. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.013>
- Müdüroğlu, R., KIVRAK, T., & Nalçacı, A. (2018). Methods And Devices Used In Color Determination. *Cumhur. Dent J*, 21, 61-69.

- Myers, D. R. (1975). A modified technique for the restoration of primary incisors with polycarbonate crowns. *The Journal of the American Dental Association*, 90(5), 989-991. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1975.0103>
- Nagarathna, C., Thimmegowda, U., Basavarajendrappa, R., & Bhat, P. (2016). The Utility of Open-Faced Anterior Stainless Steel Crown Restoration Among Pediatric Dentists as a Lucrative Esthetic Option in Primary Incisors. *J Pharma Sci*, 5(12), 156-157. <https://doi.org/10.20959/wjpps201612-8242>
- Nakamura, K., Mouhat, M., Nergård, J. M., Lægreid, S. J., Kanno, T., Milleding, P., & Örtengren, U. (2016). Effect of cements on fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica*, 2(1), 12-19. <https://doi.org/10.3109/23337931.2015.1120344>
- Nasim, I., Neelakantan, P., Sujeer, R., & Subbarao, C. (2010). Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of Dentistry*, 38, e137-e142. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.020>
- Nayar, S., Bhuminathan, S., & Bhat, W. M. (2015). Rapid prototyping and stereolithography in dentistry. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(Suppl 1), S216-S219. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.155919>
- Nitkin, D., Rosenberg, H., & Yaari, A. (1977). An improved technique for the retention of polycarbonate crowns. *ASDC Journal of dentistry for children*, 44(2), 108-110.
- Niu, E., Agustin, M., & Douglas, R. D. (2014). Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *The Journal of prosthetic dentistry*, 111(1), 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.06.014>

- Nogueira, A. D., & Della Bona, A. (2013). The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD–CAM ceramics. *Journal of Dentistry*, 41, e18-e23. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.04.008>
- Nohl, F., Steele, J., & Wassell, R. (2002). Crowns and other extra-coronal restorations: aesthetic control. *British dental journal*, 192(8), 443-450. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4801384>
- NuSmile. (2019). *NuSmile ZR Pediatric Crowns – Güvenlik Bilgi Formu*. Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2025 https://www.nusmile.com/site/assets/files/SDS11_NuSmile_ZR_Pediatric_Crowns_Shade_A2_Rev_0.pdf
- NuSmile ZR Primary Zirconia Crowns (2025). <https://www.nusmile.com/zirconia-primary>
- O'Brien, W. J. (2002). Dental materials and their selection, 2002. *Quintessence*.
- Oberoi, G., Nitsch, S., Edelmayer, M., Janjić, K., Müller, A. S., & Agis, H. (2018). 3D Printing encompassing the facets of dentistry. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6, 172. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00172>
- Ohno, Y. (2000). CIE fundamentals for color measurements. NIP & Digital Fabrication Conference,
- Okada, K., Tosaki, S., Hirota, K., & Hume, W. (2001). Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dental materials*, 17(1), 34-39. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00053-1)
- Okubo, S. R., Kanawati, A., Richards, M. W., & Childressd, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry*, 80(6), 642-648. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70049-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70049-6)

- Oliveira, A. C. C., Oshima, H. M. S., Mota, E. G., & Grossi, M. L. (2009). Influence of chisel width on shear bond strength of composite to enamel. *Revista Odontologia, 24*(1), 19-21. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55284087>
- Olivera, A. B., & Marques, M. M. (2008). Esthetic restorative materials and opposing enamel wear. *Operative dentistry, 33*(3), 332-337. <https://doi.org/10.2341/07-95> PMID:18505225.
- Otto, M. (2007). For want of a dentist. *Washington Post, 28*. www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/02/27/AR2007022702116.html
- Oueis, H., Atwan, S., Pajtas, B., & Casamassimo, P. S. (2010). Use of anterior veneered stainless steel crowns by pediatric dentists. *Pediatric dentistry, 32*(5), 413-416. PMID:21070708.
- Ozer, N. E., Sahin, Z., Yikici, C., Duyan, S., & Kilicarslan, M. A. (2024). Bacterial adhesion to composite resins produced by additive and subtractive manufacturing. *Odontology, 112*(2), 460-471. <https://doi.org/10.1007/s10266-023-00862-5> PMID:37819468.
- Öngül, D., Çelik, B., İlbey, D., & Şermet, B. (2013). TÜRK TOPLUMUNDAKİ GENÇ BİREYLERDE DİŞ RENK DAĞILIMININ İNCELENMESİ. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 47*(2), 30-40.
- Örtengren, U., Wellendorf, H., Karlsson, S., & Ruyter, I. (2001). Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *Journal of oral rehabilitation, 28*(12), 1106-1115. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00802.x> PMID:11874509.

- Özcan, S. (2016). Diş Çürüğünün Tanımı, Etiyolojisi ve İlerlemesi. *Türkiye Klinikleri Restorative Dentistry-Special Topics*, 2(1), 1-4.
<https://doi.org/10.5505/eudfd.2024.75010>
- Özdemir, M., & Ünverdi, G. E. (2023). Anterior Prefabrike Pediatrik Zirkonyum Kronlar: Bir Literatür Derlemesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 12(2), 298-306.
<https://doi.org/10.54617/adoklinikbilimler.1213574>
- Pagano, S., Moretti, M., Marsili, R., Ricci, A., Barraco, G., & Cianetti, S. (2019). Evaluation of the accuracy of four digital methods by linear and volumetric analysis of dental impressions. *Materials*, 12(12), 1958.
<https://doi.org/10.3390/ma12121958>
- Panpisut, P., Doungkom, P., Padunglappisit, C., Romalee, W., & Suksudaj, N. (2022). Assessment of 3D-Printed tooth containing simulated deep caries lesions for practicing selective caries removal: a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 90.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20010090> PMID:36612409.
- Paravina, R. D., & Powers, J. M. (2004). *Esthetic color training in dentistry*. Elsevier Mosby. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000794695192448>
- Park, Y., Kim, J., Kang, Y.-J., Shim, E.-Y., & Kim, J.-H. (2024). Comparison of Fracture Strength of Milled and 3D-Printed Crown Materials According to Occlusal Thickness. *Materials*, 17(18), 4645. <https://doi.org/10.3390/ma17184645> PMID:39336386.
- Pate, J. D., Wells, M. H., Morrow, B. R., Ragain, J. C., & Garcia-Godoy, F. (2021). Color stability of prefabricated pediatric zirconia crowns following sterilization. *Pediatric dentistry*, 43(1), 50-56.

- Patel, J., Winters, J., & Walters, M. (2019). Intraoral digital impression technique for a neonate with bilateral cleft lip and palate. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 56(8), 1120-1123. <https://doi.org/10.1177/1055665619832677>
- Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research*, 81(8), 578-582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>
- Paul, S. J., Peter, A., Rodoni, L., & Pietrobon, N. (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(6), 577. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.09.014>
- Pavarina, A. C., Vergani, C. E., Machado, A. L., Giampaolo, E. T., & Teraoka, M. T. (2003). The effect of disinfectant solutions on the hardness of acrylic resin denture teeth. *Journal of oral rehabilitation*, 30(7), 749-752. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01140.x> PMID:12880485.
- Petre, A. E., Pantea, M., Drafta, S., Imre, M., Țâncu, A. M. C., Liciu, E. M., Didilescu, A. C., & Pițuru, S. M. (2023). Modular digital and 3D-printed dental models with applicability in dental education. *Medicina*, 59(1), 116. <https://doi.org/10.3390/medicina59010116> PMID:36676740.
- Piconi, C., & Maccauro, G. (1999). Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*, 20(1), 1-25. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(98\)00010-6](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(98)00010-6) PMID:9916767.
- Pilathadka, S., Vahalová, D., & Vosáhlo, T. (2007). The Zirconia: a new dental ceramic material. An overview. *Prague Med Rep*, 108(1), 5-12.
- Planells del Pozo, P., & Fuks, A. (2014). Zirconia crowns-an esthetic and resistant restorative alternative for ECC affected primary teeth. *Journal of Clinical*

<https://doi.org/10.17796/jcpd.38.3.0255q84jt2851311>

Poggio, C., Dagna, A., Chiesa, M., Colombo, M., & Scribante, A. (2012). Surface roughness of flowable resin composites eroded by acidic and alcoholic drinks. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 15(2), 137-140. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.94592> PMID:22557811.

Powers, J. M. (2012). In Vitro Testing of Restorative Materials-What's the Value? *Journal of Esthetic & Restorative Dentistry*, 24(6). <https://doi.org/10.1111/jerd.12007> PMID:23121266.

Quek, S., Yap, A., Rosa, V., Tan, K., & Teoh, K. (2018). Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30. <https://doi.org/10.1111/jerd.12359>

Quek, S. H. Q. Y., A. U. J.; Rosa, V.; Tan, K. B. C.; Teoh, K. H. (2018). Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(2), E9–E17. <https://doi.org/10.1111/jerd.12359>

Ragain Jr, J. C., & Johnston, W. M. (2000). Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 25(4), 278-285. [https://doi.org/10.1002/1520-6378\(200008\)25:4<278::AID-COL8>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1520-6378(200008)25:4<278::AID-COL8>3.0.CO;2-F)

Rameh, S. (2024). Comparison of Vickers hardness between dental ceramics and hybrid materials.

- Rd, D. (1999). Predicting procelain thickness required for dental shade matches. *J Porsthetic Dent*, 82, 143-149. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70131-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70131-0)
- Recen, D., Önal, B., & Türkün, L. Ş. (2016). Deneyimin kompozit rezinlerin renk seçimi üzerine etkisinin bir spektrofotometre kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, 33(1). <https://doi.org/10.17214/aot.28894>
- Reis, A. F., Giannini, M., Lovadino, J. R., & dos Santos Dias, C. T. (2002). The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *American journal of dentistry*, 15(3), 193-197. PMID:12469758.
- Rekow, E. D. (2020). Digital dentistry: The new state of the art—Is it disruptive or destructive? *Dental materials*, 36(1), 9-24. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.08.103> PMID:31526522.
- Rençber Kızılkaya, A., & Dursun, M. N. (2023). The Effect of Beverages and Polishing on Discoloration of Different Provisional Prosthetic Materials: An in Vitro Study. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.1283984>
- Reymus, M., Fotiadou, C., Hickel, R., & Diegritz, C. (2018). 3D-printed model for hands-on training in dental traumatology. *International endodontic journal*, 51(11), 1313-1319.
- Reymus, M., Fotiadou, C., Kessler, A., Heck, K., Hickel, R., & Diegritz, C. (2019). 3D printed replicas for endodontic education. *International endodontic journal*, 52(1), 123-130. <https://doi.org/10.1111/iej.12947>
- Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J.-C., Fages, M., & Ducret, M. (2017). Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. *Journal of healthcare engineering*, 2017(1), 8427595. <https://doi.org/10.1155/2017/8427595>

- Roberts, C., Lee, J., & Wright, J. (2001). Clinical evaluation of and parental satisfaction with resin-faced stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 23(1), 28-31.
<https://doi.org/11242727>
- Rodriguez, J. M., Curtis, R. V., & Bartlett, D. W. (2009). Surface roughness of impression materials and dental stones scanned by non-contacting laser profilometry. *Dental materials*, 25(4), 500-505. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.10.003>
- Rosato, L. A., Chen, J. W., Roggenkamp, C. L., & Su, J.-M. (2018). Retentive strengths for prefabricated primary molar zirconia crowns using five different cements. *Taiwan Journal of Pediatric Dentistry*, 18.
[https://doi.org/10.6319/TJPD.201809_18\(4\).0001](https://doi.org/10.6319/TJPD.201809_18(4).0001)
- Rosenstiel SF, L. M., Fujimoto J. (2006). *Contemporary Fixed Prosthodontics* (4. baskı ed.). Mosby.
- Ruyter, I., Nilner, K., & Möller, B. (1987). Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental materials*, 3(5), 246-251.
[https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(87\)80081-7](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(87)80081-7)
- Ryan, E.-A., Tam, L. E., & McComb, D. (2010). Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *Journal (Canadian Dental Association)*, 76, a84-a84.
- Saba, D. A., Salama, R. A., & Haridy, R. (2017). Effect of different beverages on the color stability and microhardness of CAD/CAM hybrid versus feldspathic ceramic blocks: An in-vitro study. *Future Dental Journal*, 3(2), 61-66.
<https://doi.org/10.1016/j.fdj.2017.09.001>
- Sahana, S., Vasa, A. A. K., Sekhar, K. R., & Prasad, K. (2010). Esthetic crowns for primary teeth: a review. *Annals and essences of dentistry*, 2(2), 87-93.
<https://doi.org/10.5368/aedj.2010.2.2.87-93.pdf>

- Sahin, I., Karayilmaz, H., Çiftçi, Z. Z., & Kirzioglu, Z. (2018). Fracture resistance of prefabricated primary zirconium crowns cemented with different luting cements. *Pediatric dentistry*, 40(7), 443-448.
- Sakornwimon, N., & Leevailoj, C. (2017). Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *The Journal of prosthetic dentistry*, 118(3), 386-391. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.10.019> PMID:28222872.
- Salami, A., Walia, T., & Bashiri, R. (2015). Comparison of parental satisfaction with three tooth-colored full-coronal restorations in primary maxillary incisors. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(5), 423-428. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-39.5.423>
- Salas, M., Lucena, C., Herrera, L. J., Yebra, A., Della Bona, A., & Pérez, M. M. (2018). Translucency thresholds for dental materials. *Dental materials*, 34(8), 1168-1174. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.04.009>
- Sangho, L. (2016). Prospect for 3D printing technology in the medical, dental, and pediatric dental field. *Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry*, 43, 93-108.
- Santos Jr, G. C., Santos Jr, M., Rizkalla, A. S., Madani, D. A., & El-Mowafy, O. (2013). Overview of CEREC CAD/CAM chairside system. *General Dentistry*, 61(1), 36-40; quiz 41.
- Sarafianou, A., Kamposiora, P., Papavasiliou, G., & Goula, H. (2012). Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 107(3), 178-185. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60052-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60052-0)

- Sarıkaya, I., & Güler, A. U. (2009). Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 15(2), 118-129.
- Sarikaya, I., & Güler, A. U. (2011). Effects of different surface treatments on the color stability of various dental porcelains. *Journal of Dental Sciences*, 6(2), 65-71.
<https://doi.org/10.1016/j.jds.2011.03.001>
- Schulze, K. A., Marshall, S. J., Gansky, S. A., & Marshall, G. W. (2003). Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dental materials*, 19(7), 612-619. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(03\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(03)00009-1)
- Schwartz, S. (2012). Full Coverage Esthetic Restoration of Anterior Primary Teeth Date Course Online. In: Jan.
- Seale, N. S. (2002). The use of stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 24(5), 501-505.
- Seghi, R., Gritz, M., & Kim, J. (1990). Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dental materials*, 6(2), 133-137.
[https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(05\)80006-2](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(05)80006-2)
- Seghi, R. R., Hewlett, E., & Kim, J. (1989). Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *Journal of dental research*, 68(12), 1760-1764.
<https://doi.org/10.1177/00220345890680120801>
- Seghi, R. R., Johnston, W. M., & O'brien, W. (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 56(1), 35-40. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(86\)90089-0](https://doi.org/10.1016/0022-3913(86)90089-0)
- Seifert, L. B., Schnurr, B., Herrera-Vizcaino, C., Begic, A., Thieringer, F., Schwarz, F., & Sader, R. (2020). 3D printed patient individualised models versus cadaveric models in an undergraduate oral and maxillofacial surgery curriculum:

- Comparison of students' perceptions. *European Journal of Dental Education*, 24(4), 809-810. <https://doi.org/10.1111/eje.12522>
- Sengez, G., & Dörter, C. (2019). Estetik diş hekimliğinde renk seçimi. *Selcuk Dental Journal*, 6(2), 213-220. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.430209>
- Sert, M., Subaşı, M. G., Donmez, M. B., Çakmak, G., & Yilmaz, B. (2022). Effect of firing cycle and aging on long-term chemical degradation of monolithic CAD-CAM ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 128(1), 89. e81-89. e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.03.008>
- Sherman, S. L., Kadioglu, O., Currier, G. F., Kierl, J. P., & Li, J. (2020). Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 157(3), 422-428. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.06.017>
- Shishehian, A., Firouz, F., Khazaei, S., Rajabi, H., Farhadian, M., & Niaghiha, F. (2023). Evaluating the color stability of 3D-printed resins against various solutions. *European Journal of Translational Myology*, 33(3). <https://doi.org/10.4081/ejtm.2023.11493>
- Shruthi, A., Nagaveni, N., Poornima, P., Selvamani, M., Madhushankari, G., & Reddy, V. S. (2015). Comparative evaluation of microleakage of conventional and modifications of glass ionomer cement in primary teeth: An: in vitro: study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 33(4), 279-284. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.165685>
- Siddanna, G. D., Valcanaia, A. J., Fierro, P. H., Neiva, G. F., & Fasbinder, D. J. (2021). Surface Evaluation of Resilient CAD/CAM ceramics after Contouring and Polishing. *J Esthet Restor Dent*, 33(5), 750-763. <https://doi.org/10.1111/jerd.12735> PMID:33973352.

- Slabšinskienė, E., Milčiuvienė, S., Narbutaitė, J., Vasiliauskienė, I., Andruškevičienė, V., Bendoraitienė, E.-A., & Saldūnaitė, K. (2010). Severe early childhood caries and behavioral risk factors among 3-year-old children in Lithuania. *Medicina*, 46(2), 135. <https://doi.org/10.3390/medicina46020020>
- Sohrabi, M., Ghadimi, S., & Seraj, B. (2019). Comparison of microleakage of pedo jacket crowns and stainless steel crowns cemented with different cements. *Frontiers in Dentistry*, 16(1), 31. <https://doi.org/10.18502/fid.v16i1.2553>
- Song, S.-Y., Shin, Y.-H., Lee, J.-Y., & Shin, S.-W. (2020). Color stability of provisional restorative materials with different fabrication methods. *The journal of advanced prosthodontics*, 12(5), 259. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.5.259>
- Söderholm, K.-J., Zigan, M., Ragan, M., Fischlschweiger, W., & Bergman, M. (1984). Hydrolytic degradation of dental composites. *Journal of dental research*, 63(10), 1248-1254. <https://doi.org/10.1177/00220345840630101701>
- Sproull, R. C. (1973a). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of prosthetic dentistry*, 29(4), 416-424.
- Sproull, R. C. (1973b). Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The Journal of prosthetic dentistry*, 29(5), 556-566. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(73\)80019-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(73)80019-8)
- Stawarczyk, B., Basler, T., Ender, A., Roos, M., Özcan, M., & Hämmerle, C. (2012). Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements. *The Journal of prosthetic dentistry*, 107(2), 94-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60027-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60027-4)

- Stephen, J. (2003). Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15, S42-S48. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00317.x>
- Stepp, P., Morrow, B. R., Wells, M., Tipton, D. A., & Garcia-Godoy, F. (2018). Microleakage of cements in prefabricated zirconia crowns. *Pediatric dentistry*, 40(2), 136-139. PMID:29663915.
- Stewart, R. E., Luke, L. S., & Pike, A. R. (1974). Preformed polycarbonate crowns for the restoration of anterior teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 88(1), 103-107. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1974.0018>
- Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc*, 137(9), 1289-1296. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0389> PMID:16946436.
- Şahin, C., & Uzun, G. (2020). Cad/Cam Bloklardan Elde Edilen Restorasyonlarda Bitim İşlemlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Ve Sitotoksositeye Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 30(4), 633-638. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.804220>
- Şahin, İ. (2018). Süt dişlerinde hazır zirkonyum kuronların kırılma dirençlerinin ve klinik başarısının değerlendirilmesi.
- Tahmassebi, J., Duggal, M., Malik-Kotru, G., & Curzon, M. (2006). Soft drinks and dental health: a review of the current literature. *Journal of Dentistry*, 34(1), 2-11.
- Taran, P. K., & Kaya, M. S. (2018). A comparison of periodontal health in primary molars restored with prefabricated stainless steel and zirconia crowns. *Pediatric dentistry*, 40(5), 334-339. PMID:30355428

- Tepe, Z. B. B. C. Y. Ö. Ç. H. (2024). Surface roughness of different types of resin composites after artificial aging procedures: an in vitro study. *BMC oral health*, 24, 876. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04669-w>
- Testing, A. S. f., & Materials. (2019). *Standard test method for Vickers indentation hardness of advanced ceramics*. ASTM International.
- Theriot, A. L., Frey, G. N., Ontiveros, J. C., & Badger, G. (2017). Gloss and surface roughness of anterior pediatric zirconia crowns. *Journal of Dentistry for Children*, 84(3), 115-119. <https://www.ingentaconnect.com/content/aapd/jodc/2017/00000084/00000003/art00002>
- Tholt, B., Miranda-Júnior, W. G., Prioli, R., Thompson, J., & Oda, M. (2006). Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative dentistry*, 31(4), 442-449. <https://doi.org/10.2341/05-54>
- Tinanoff, N., Kanellis, M. J., & Vargas, C. M. (2002). Current understanding of the epidemiology mechanisms, and prevention of dental caries in preschool children. *Pediatric dentistry*, 24(6), 543-551.
- Tote, J., Gadhane, A., Das, G., Soni, S., Jaiswal, K., & Vidhale, G. (2015). Posterior esthetic crowns in pediatric dentistry. *Int J Dent Med Res*, 1(6), 197-201.
- Townsend, J. A., Knoell, P., Yu, Q., Zhang, J.-F., Wang, Y., Zhu, H., Beattie, S., & Xu, X. (2014). In vitro fracture resistance of three commercially available zirconia crowns for primary molars. *Pediatric dentistry*, 36(5), 125E-129E. <https://www.ingentaconnect.com/content/aapd/pd/2014/00000036/00000005/art00015>

- Tunc, E. S., Bayrak, S., Guler, A. U., & Tuloglu, N. (2009). The effects of children's drinks on the color stability of various restorative materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 34(2), 147-150. 10.17796/jcpd.34.2.953q255621436788
- Tuncel, İ., & Turp, I. (2017). Farklı İçerik ve Kalınlıktaki Tam Seramik Restorasyonların Transluserlik Değerlerinin Karşılaştırılması.
- Turp, V., Tuncelli, B., Sen, D., & Goller, G. (2012). Evaluation of hardness and fracture toughness, coupled with microstructural analysis, of zirconia ceramics stored in environments with different pH values. *Dental materials journal*, 31(6), 891-902. 10.4012/dmj.2012-005
- Uhl, A., Michaelis, C., Mills, R. W., & Jandt, K. D. (2004). The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dental materials*, 20(1), 21-28. 10.1016/S0109-5641(03)00071-2
- Ulusoy, N., GÖKAY, O., KASAR, B., & MÜJDECİ, A. (1999). Çeşitli restoratif materyallerin değişik sertleşme ve polimerizasyon şartlarındaki yüzey sertlik değerlerinin zamana bağlı olarak karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1), 9-19.
- Um, C. M., & Ruyter, E. (1991). Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea [Article]. *Quintessence International*, 22(5), 377-386. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0026166145&partnerID=40&md5=3bce69cc3c2434234988f4228b69a021>
- Um, C. M., & Ruyter, I. (1991). Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence International*, 22(5). PMID:1924691.
- Usha, M., Deepak, V., Venkat, S., & Gargi, M. (2007). Treatment of severely mutilated incisors: a challenge to the pedodontist. *Journal of Indian Society of Pedodontics*

and Preventive Dentistry, 25(Supplement), S34-S36.

<https://doi.org/10.4103/0970-4388.33457>

Van der Burgt, T., Ten Bosch, J., Borsboom, P., & Plasschaert, A. (1985). A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of dental research*, 64(5), 837-841. 10.1177/00220345850640051101

Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University of Washington*, 28(3), 215-235.

Vargas, C. M., Crall, J. J., & Schneider, D. A. (1998). Sociodemographic distribution of pediatric dental caries: NHANES III, 1988–1994. *The Journal of the American Dental Association*, 129(9), 1229-1238.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1998.0420>

VarseoSmile TriniQ – One for All. (2025). Erişim Tarihi: 17.02.2025
<https://www.bego.com/3d-printing/materials/varseosmile-triniq/>

Venkataraghavan, K., Chan, J., & Karthik, S. (2014). Polycarbonate crowns for primary teeth revisited: restorative options, technique and case reports. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 32(2), 156-159.
<https://doi.org/10.4103/0970-4388.130981>

Verma, V., Mathur, S., Sachdev, V., & Singh, D. (2020). Evaluation of compressive strength, shear bond strength, and microhardness values of glass-ionomer cement Type IX and Cention N. *Journal of Conservative Dentistry*, 23(6), 550-553.
https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_109_19

Verweij, J. P., van Westerveld, K. J., Moin, D. A., Mensink, G., & van Merkesteyn, J. R. (2020). Autotransplantation with a 3-dimensionally printed replica of the donor

- tooth minimizes extra-alveolar time and intraoperative fitting attempts: a multicenter prospective study of 100 transplanted teeth. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 78(1), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2019.09.006>
- Vichi, A., Ferrari, M., & Davidson, C. L. (2000). Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(4), 412-417. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(00\)70035-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(00)70035-7)
- Vishwanathaiah, S., Fageeh, H. N., Khanagar, S. B., & Maganur, P. C. (2023). Artificial intelligence its uses and application in pediatric dentistry: a review. *Biomedicines*, 11(3), 788. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11030788>
- Volpato, C. Â. M., Garbelotto, L., Fredel, M. C., & Bondioli, F. (2011). Application of zirconia in dentistry: biological, mechanical and optical considerations. *Advances in ceramics-electric and magnetic ceramics, bioceramics, ceramics and environment*, 17, 397-415. <https://doi.org/10.5772/21630>
- Waggoner, F. (2002). Restoring primary anterior teeth. *Pediatric dentistry*, 24(5), 511-516. PMID:12412967.
- Waggoner, F. (2015). Restoring primary anterior teeth: updated for 2014. *Pediatric dentistry*, 37(2), 163-170. PMID:25905656.
- Waggoner, W., & Cohen, H. (1995). Failure strength of four veneered primary stainless steel crowns. *Pediatric dentistry*, 17(1), 36-40. PMID:7899100.
- Waggoner W, N. T. (2019). Pediatric Dentistry: Infancy Through Adolescence. In M. T. Christensen J, JA T, Wells M (Ed.), *Pediatric Dentistry: Infancy Through Adolescence* (6 ed., pp. 304-327). Elsevier.
- Waggoner, W. F., & Nelson, T. (2019). Restorative dentistry for the primary dentition. In *Pediatric dentistry* (pp. 304-328. e303). Elsevier.

- Walia, T., Brigi, C., & KhirAllah, A. R. M. (2019). Comparative evaluation of surface roughness of posterior primary zirconia crowns. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 20, 33-40. <https://doi.org/10.1007/s40368-018-0376-4>
- Walia, T., Salami, A., Bashiri, R., Hamoodi, O., & Rashid, F. (2014). A randomised controlled trial of three aesthetic full-coronal restorations in primary maxillary teeth. *Eur J Paediatr Dent*, 15(2), 113-118.
- Wang, F., Takahashi, H., & Iwasaki, N. (2013). Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *The Journal of prosthetic dentistry*, 110(1), 14-20. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60333-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60333-9)
- Wang, J., Zhang, B., Chen, Y., Wang, L., Du, Y., & Wang, X. (2022). A comparison of the mechanical proprieties of different types of primary tooth restorations: an in vitro study. *Clinical oral investigations*, 26(6), 4419-4426. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04404-1>
- Warren, J. J., Levy, S. M., Xu, Y., Daly, J. M., Eckert, G. J., Clements, D., Hara, A. T., Jackson, R., Katz, B. P., & Keels, M. A. (2021). Tooth eruption and early childhood caries: a multisite longitudinal study. *Pediatric dentistry*, 43(4), 287-289.
- Webber, D. L., Epstein, N. B., Wong, J. W., & Tsamtsouris, A. (1979). A method of restoring primary anterior teeth with the aid of a celluloid crown form and composite resins. *Pediatr Dent*, 1(4), 244-246.
- Weinberger, S. (1989). Treatment modalities for primary incisors. *Journal (Canadian Dental Association)*, 55(10), 807-812.
- Werz, S. M., Zeichner, S., Berg, B. I., Zeilhofer, H. F., & Thieringer, F. (2018). 3D printed surgical simulation models as educational tool by maxillofacial surgeons.

- European Journal of Dental Education*, 22(3), e500-e505.
<https://doi.org/10.1111/eje.12332>
- Westland, S. (2003). Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15, S5-S12.
<https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00271.x>
- Wiedhahn, K., Kerschbaum, T., & Fasbinder, D. (2005). Clinical long-term results with 617 Cerec veneers: a nine-year report. *International journal of computerized dentistry*, 8(3), 233-246. PMID:16416936.
- Wongkhantee, S., Patanapiradej, V., Maneenut, C., & Tantbirojn, D. (2006). Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *Journal of Dentistry*, 34(3), 214-220. PMID:16087287.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (2000). *Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae*. John Wiley & sons. <https://doi.org/10.1002/9780470175637>
- Xia, J., Li, Y., Cai, D., Shi, X., Zhao, S., Jiang, Q., & Yang, X. (2018). Direct resin composite restoration of maxillary central incisors using a 3D-printed template: two clinical cases. *BMC oral health*, 18, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0621-4>
- Xu, H. H., Wang, P., Wang, L., Bao, C., Chen, Q., Weir, M. D., Chow, L. C., Zhao, L., Zhou, X., & Reynolds, M. A. (2017). Calcium phosphate cements for bone engineering and their biological properties. *Bone research*, 5(1), 1-19.
<https://doi.org/10.1038/boneres.2017.56>
- Yang, J., & Mani, G. (2016). Crowns for primary anterior teeth. *Int J Pedod Rehabil*, 1(2), 75-78.
- Yangdol, P., Kalra, N., Tyagi, R., Khatri, A., Sabherwal, P., & Goyal, T. (2023). Three-dimensional Printing Technology: Patient-friendly and Time-saving Approach for

- Space Management in an Autistic Child in COVID-19 Times. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 16(Suppl 3), 321.
- Yanikoğlu, N. D., & Sakarya, R. E. (2020). Test methods used in the evaluation of the structure features of the restorative materials: a literature review. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(5), 9720-9734.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.06.049>
- Yannikakis, S. A., Zissis, A. J., Polyzois, G. L., & Caroni, C. (1998). Color stability of provisional resin restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 80(5), 533-539. PMID:9813802.
- Yanover, L., Waggoner, W., Kupietzky, A., Moskovitz, M., & Tickotsky, N. (2021). Parental and dentist satisfaction with primary anterior zirconia crowns: A case series analysis. *Children*, 8(6), 451.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/children8060451>
- Yap, A. (1998). Color attributes and accuracy of Vita-based manufacturers' shade guides. *Operative dentistry*, 23(5), 266-271.
- Yap, A., Low, J., & Ong, L. (2000). Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Operative dentistry*, 25(3), 170-176.
- Yap, A., Tan, S., Wee, S., Lee, C., Lim, E., & Zeng, K. (2001). Chemical degradation of composite restoratives. *Journal of oral rehabilitation*, 28(11), 1015-1021.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00760.x>
- Yilmaz, B., & Abou-Ayash, S. (2020). A digital intraoral implant scan technique using a combined healing abutment and scan body system. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(2), 206-209.

- Yilmaz, K., & Ozkan, P. (2010). The methods for the generation of smoothness in dental ceramics. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 31(1), 30-32, 34, 36.
- Yılmaz, S., & Egilmez, F. (2021). Polimer Yapılı CAD/CAM Materyallerin Optik Özellikleri. *Selcuk Dental Journal*, 8(2), 580-590.
<https://doi.org/10.15311/selcukdentj.676441>
- Yuan, J. C.-C., Barão, V. A. R., Wee, A. G., Alfaro, M. F., Afshari, F. S., & Sukotjo, C. (2018). Effect of brushing and thermocycling on the shade and surface roughness of CAD-CAM ceramic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 119(6), 1000-1006.
- Yuan, K., Sun, X., Wang, F., Wang, H., & Chen, J.-h. (2012). In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments. *Operative dentistry*, 37(3), 219-227.
- Zaimoğlu, A., Can, G., Ersoy, E., & Aksu, L. (1993). Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. *AÜ Basımevi, Ankara*, 515. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.676441>
- Zhang, F., Heydecke, G., & Razzoog, M. E. (2000). Double-layer porcelain veneers: effect of layering on resulting veneer color. *The Journal of prosthetic dentistry*, 84(4), 425-431. <https://doi.org/10.1067/mpr.2000.110255>
- Zhang, Y., & Lawn, B. R. (2005). Fatigue sensitivity of Y-TZP to microscale sharp-contact flaws. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 72(2), 388-392.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.30174> PMID:15551260.
- Zilberman, O., Huggare, J., & Parikakis, K. A. (2003). Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *The Angle Orthodontist*, 73(3), 301-306.
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2003\)073<0301:EOTVOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2003)073<0301:EOTVOT>2.0.CO;2)

Zmener, O., Pameijer, C. H., & Hernandez, S. (2014). Resistance against bacterial leakage of four luting agents used for cementation of complete cast crowns. *Am J dent*, 27(1), 51-55.



EKLER

EK-1. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Adı Soyadı: Murat BÜYÜKSEFİL Doğum tarihi: Doğum Yeri: Medeni Hali: Uyruğu: Adres: Tel: Faks: E-mail:
Eğitim
Lise: Lisans: Uzmanlık:
Yabancı Dil Bilgisi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar
İlgi Alanları ve Hobiler

EK-2. ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU



SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Health Sciences

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU¹

Öğrencinin Adı ve Soyadı	
Ana Bilim Dalı	Pedodonti
Öğrencinin Kayıtlı Olduğu Program Türü	Diş Hekimliğinde Uzmanlık

Yukarıda bilgileri verilen tezin intihal tespit yazılımıyla (Turnitin) yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdaki gibidir. Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi hâlde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Bölümler	Benzerlik Oranı	Maksimum Benzerlik Oranları
I. Giriş	% 6	% 15
II. Genel Bilgiler	% 7	% 35
III. Materyal ve Metod	%12	% 35
IV. Bulgular	%12	% 15
V. Tartışma	% 7	% 20

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5 'den büyük olmaması gerekir.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
İmza:	İmza:

¹ Bu form bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp tezin Ekler kısmına EK-1 olarak eklenmelidir.

EK-3. ETİK KURUL ONAY FORMU



ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

KARAR

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Atatürk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	
	TELEFON	
	FAKS	
	E-POSTA	
SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI		1
ARAŞTIRMACININ AÇIK ADI		Süt keser dişlerin indirekt restorasyonlarının in vitro incelenmesi
KARAR BİLGİLERİ	Toplantı Sayısı:4 Karar No:40	Tarih:07.06.2024
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve çalışmanın bütçesinin BAP tarafından karşılanması koşulu ile yapılmasında bilimsel ve etik açıdan sakınca olmadığına oy birliği ile karar verildi. Araştırmacıya çalışmalarında başarılar dileriz.	