



BOLU
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANA BİLİM DALI

**FARKLI İNTRAORAL TARAYICILAR KULLANILARAK ÜÇ BOYUTLU DAİMİ
REÇİNELERDEN ÜRETİLEN RESTORASYONLARIN MARJİNAL VE İNTERNAL
UYUMLARININ MİKRO-BT İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Berkay YILDIRIM

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğretim Üyesi Emel ARSLAN

BOLU – 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Berkay YILDIRIM tarafından hazırlanan “**FARKLI İNTRAORAL TARAYICILAR KULLANILARAK ÜÇ BOYUTLU DAİMİ REÇİNELERDEN ÜRETİLEN RESTORASYONLARIN MARJİNAL VE İNTERNAL UYUMLARININ MİKRO-BT İLE KARŞILAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı’nda Uzmanlık Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir.
31.07.2025.

Jüri Üyeleri

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Emel ARSLAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Zeynep YEŞİL
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Nilüfer Tülin POLAT
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

İmza

.....

.....

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu ve Şablonuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
Berkay YILDIRIM

ÖZET

FARKLI İNTRAORAL TARAYICILAR KULLANILARAK ÜÇ BOYUTLU DAİMİ REÇİNELERDEN ÜRETİLEN RESTORASYONLARIN MARJİNAL VE İNTERNAL UYUMLARININ MİKRO-BT İLE KARŞILAŞTIRILMASI

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

BERKAY YILDIRIM

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EMEL ARSLAN)

BOLU, TEMMUZ-2025

Bu çalışmada, farklı intraoral tarayıcılar (Trios 5, Medit i600 ve Primescan) kullanılarak üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla iki farklı daimi kompozit reçine (Saremco CrownTec ve VarseoSmile Crown Plus) ile üretilen kuron restorasyonların marjinal ve internal uyumları mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) yöntemi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirildi. Araştırmada kullanılan üç boyutlu modeller, dental yazılımı aracılığıyla dijital olarak tasarlandı ve DLP teknolojisine sahip üç boyutlu yazıcılarla üretildi. Elde edilen kuron restorasyonlar, kesitsel analiz yöntemi kullanılarak transversal, frontal ve sagittal düzlemlerde ölçüldü; veriler iki yönlü ANOVA analizi ile istatistiksel olarak değerlendirildi. Tukey testi kullanılarak anlamlılık düzeyi belirlendi ($p<0.05$). Bulgular, tarayıcı ve reçine tipinin hem marjinal hem de internal uyum üzerinde anlamlı etkileri olduğunu göstermektedir. Özellikle Primescan ile üretilen kuronlarda daha iyi uyum değerleri elde edilirken, VarseoSmile materyali genel olarak daha düşük marjinal boşluk gösterdi. Sonuç olarak, kullanılan intraoral tarayıcı tipi ve baskı reçinesi, üç boyutlu yazıcı ile üretilen daimi restorasyonların klinik başarısını doğrudan etkileyebilecek önemli faktörler arasında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: İntraoral tarayıcı, Üç boyutlu yazıcı, Daimi reçine, Marjinal uyum, İnternal uyum, Mikro-BT

ABSTRACT

COMPARISON OF MARGINAL AND INTERNAL FIT OF RESTORATIONS PRODUCED FROM THREE-DIMENSIONAL PERMANENT RESINS USING DIFFERENT INTRAORAL SCANNERS BY MICRO-CT SPECIALTY THESIS IN DENTISTRY

BERKAY YILDIRIM

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

DEPARTMENT OF DENTISTRY

SUPERVISOR: ASSISTANT PROFESSOR DR. EMEL ARSLAN

BOLU, JULY-2025

In this study, the marginal and internal fit of crown restorations fabricated using three different intraoral scanners (Trios 5, Medit i600, and Primescan) and two permanent 3D printable composite resins (Saremco CrownTec and VarseoSmile Crown Plus) were evaluated comparatively using micro-computed tomography (micro-CT). The restorations were digitally designed with dental software and produced using DLP-based 3D printing systems. Sectional measurements were performed on transversal, frontal, and sagittal planes, and the data were statistically analyzed using two-way ANOVA. The level of significance was determined using the Tukey test ($p < 0.05$). The results indicated that both the type of scanner and the resin had a statistically significant effect on the marginal and internal fit. Among the tested combinations, Primescan demonstrated superior fit, while VarseoSmile showed lower marginal gap values overall. These findings suggest that the choice of intraoral scanner and printing resin are critical parameters influencing the clinical success of permanent restorations fabricated via additive manufacturing.

Keywords: Intraoral scanner, 3D printing, Permanent resin, Marginal fit, Internal fit, Micro-CT

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Ölçü	2
2.1.1. Geleneksel Ölçü Maddeleri	2
2.1.1.1. Elastik Olmayan Ölçü Materyalleri	2
2.1.1.1.1. Alçı.....	2
2.1.1.1.2. Çinko-oksit Ojenol.....	3
2.1.1.2. Elastik Ölçü Maddeleri	3
2.1.1.2.1. Hidrokolloidler	3
2.1.1.2.1.1. Agar Agar (reversible)	3
2.1.1.2.1.2. Aljinat (irreversible)	3
2.1.1.2.2 Elastomerik Ölçü Maddeleri	3
2.1.1.2.2.1 Polisülfid	4
2.1.1.2.2.2. Kondansasyon Tipi Silikon Ölçü Maddeleri	4
2.1.1.2.2.3. İlave Reaksiyonlu (A tipi, Polivinil Siloksan) Silikonlar	4
2.1.1.2.2.4. Polieter Ölçü Maddeleri	5
2.1.2. Dijital Ölçü Yöntemleri.....	5
2.1.2.1. İntraoral Tarayıcıların Kameralarının Çalışma Prensipleri.....	6
2.1.2.1.1. Üçgenleme Sistemi	7
2.1.2.1.1.1. Medit i600 (Medit).....	7
2.1.2.1.2. Aktif Dalga Örnekleme Tarayıcısı	8
2.1.2.1.3. Paralel Konfokal Lazer Tarayıcı	8
2.1.2.1.3.1. Trios 5 (3 Shape).....	9
2.1.2.1.3.2. Primescan (Dentsply Sirona)	9
2.2. CAD/CAM Sistemleri	10
2.2.1. CAD/CAM Kullanım Alanları	11

2.2.2. CAD/CAM Sistemi Kullanılarak Restorasyonlar Üretilirken Kullanılan Yöntemler	12
2.2.2.1. Eksiltmeli CAD/CAM Yöntemi	12
2.2.2.2. Eklemeli CAD/CAM Üretim Sistemi	12
2.2.2.3. Kombine Sistemler	14
2.2.3. CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller	14
2.2.3.1. Cam Seramik	14
2.2.3.2. Sinterlenen Oksit Seramikler	15
2.2.3.3. Alüminyum Oksit Seramikler	15
2.2.3.4. Cam İnfiltre Seramikler	15
2.2.3.5. Zirkonyum ile Güçlendirilmiş Lityum Disilikat Seramik	15
2.2.3.6. Zirkonyum Oksit Seramikler	16
2.2.3.7. Nanoseramik	16
2.2.3.8. Polimer İnfiltre Seramik (PICN)	16
2.2.3.9. Polimerler	16
2.2.3.10. Metaller	16
2.3. Üç Boyutlu Yazıcılar	16
2.3.1. Diş Hekimliğinde Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcı Tipleri	17
2.3.1.1. DLP Teknolojisi	18
2.3.1.2. SLA Teknolojisi	20
2.3.1.3. LCD Teknolojisi	21
2.3.2. Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretimde Kullanılan Materyeller	21
2.3.2.1. Daimi Reçineler	21
2.3.2.1.1. Saremco CrownTec Daimi Reçine	22
2.3.2.1.2. VarseoSmile Crown Plus Daimi Reçine	23
2.3.2.2. Geçici Restorasyonda Kullanılan Reçineler	24
2.4. Marjinal ve İnternal Uyum	25
2.4.1. Marjinal ve İnternal Uyum Ölçme Teknikleri	26
2.4.1.1. Kesitsel Yöntem	26
2.4.1.2. Silikon Replika Tekniği	26
2.4.1.3. Üçlü Tarama Yöntemi	26
2.4.1.4. Optik Koherens Tomografi (OCT)	26
2.4.1.5. Dijital Görüntü Analizi Dizisi	27
2.4.1.6. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)	27

2.5. X Ray Bilgisayarlı Mikro Tomografi Yöntemi (Mikro-BT)	27
3. MATERYAL ve METOD	30
3.1 Dayanakların Tasarımı ve Üretimi.....	30
3.2 Ölçümlerin Yapılması	37
3.2.1 Grup T ile Dijital Tarama.....	38
3.2.2 Grup M ile Dijital Tarama.....	39
3.2.3. Grup P ile Dijital Tarama	40
3.3. Kuronların Tasarımının Yapılması	41
3.4 Kuronların Üretilmesi	44
3.4.1. Grup S Daimi Reçinesi İle Kuronların Üretilmesi	44
3.4.2. Grup V Daimi Reçinesi ile Kuronun Üretilmesi	46
3.5 Day Üretimi	48
3.6. Mikro BT ile Ölçümlerin Yapılması.....	48
3.7. İstatiksel Analiz	52
4. BULGULAR	54
4.1. Transversal Kesitte Elde Edilen Verilerin Bulguları	54
4.2. Frontal Yönde Elde Edilen Verilerin Bulguları	59
4.3. Sagital Yönde Elde Edilen Verilerin Bulguları	68
5. TARTIŞMA.....	78
6. SONUÇLAR.....	99
7. KAYNAKÇALAR.....	101

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Medit i600 İntraoral Tarayıcı.....	8
Şekil 2.2. Trios 5 İntraoral Tarayıcı.....	9
Şekil 2.3. Primescan İntraoral Tarayıcı.....	10
Şekil 2.4. Üç Boyutlu Dental Yazıcı (Asiga Max UV).....	19
Şekil 2.5. Üç Boyutlu Dental Yazıcı (Dentafab 3B).....	20
Şekil 2.6. Saremco Crowntec Daimi Reçinesi.....	23
Şekil 2.7. VarseoSmile Crown Plus Daimi Reçine.....	24
Şekil 2.8. Bruker SkyScan 1172 Micro-BT.....	29
Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan Fantom Çene.....	31
Şekil 3.2. Okluzal Redüksiyon.....	31
Şekil 3.3. Fantom Diş Üzerinde Basamak Oluşturma.....	32
Şekil 3.4. Aksiyel Kesim.....	32
Şekil 3.5. Dijital Modelin Üç Boyutlu Yazıcıyla Elde Edilmesi.....	33
Şekil 3.6. Dijital Modelin Üç Boyutlu Yazıcıyla Elde Edilmesi.....	33
Şekil 3.7. Modellerin Model Tarayıcısıyla Taranması.....	34
Şekil 3.8. Çalışma Dijital İş Akışı.....	35
Şekil 3.9. Trios 5 ile Tarama Yapılması.....	38
Şekil 3.10. Trios 5 ile Dijital Model Elde Edilmesi.....	39
Şekil 3.11. Medit i600 ile İntraoral Tarama Yapılması.....	39
Şekil 3.12. Medit i600 ile Dijital Model Elde Edilmesi.....	40
Şekil 3.13. Primescan ile Tarama Yapılması.....	41
Şekil 3.14. Primescan ile Model Elde Edilmesi.....	41
Şekil 3.15. Exocad Programına Dijital Modelin Aktarılması.....	42
Şekil 3.16. Exocad Programında Kuron Tasarımı.....	42
Şekil 3.17. Exocad Programında Restorasyonun Tasarlanması.....	43
Şekil 3.18. Restorasyonların Üstüne Kısaltmaların Yazılması.....	43
Şekil 3.19. Restorasyonların Üstüne Kısaltmaların Yazılması.....	44
Şekil 3.20. Daimi Reçineler.....	45
Şekil 3.21. Üç Boyutlu Yazıcıda Kuronların Üretilmesi.....	45
Şekil 3.22. Kütleme Cihazı.....	46
Şekil 3.23. Üç Boyutlu Yazıcıda Kuronların Üretilmesi.....	47
Şekil 3.24. Day Üretimi.....	48
Şekil 3.25. Bruker SkyScan 1172 Micro-BT.....	50
Şekil 3.26. Sagital ve Frontal Düzlemde Yapılan Mikro-BT Ölçüm Dilimlemesi.....	50
Şekil 3.27. Transversal Düzlemde Yapılan Mikro-BT Ölçüm Dilimlemesi.....	51
Şekil 3.28. Mikro-BT ile Frontal Kesitte Ölçüm Noktaları.....	51
Şekil 3.29. Mikro-BT ile Sagital Kesitte Ölçüm Noktaları.....	52
Şekil 3.30. Mikro-BT ile Transversal Kesitte Ölçüm Noktaları.....	52
Şekil 4.1. Grup PV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti.....	55
Şekil 4.2. Grup MV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti.....	55
Şekil 4.1. Grup TV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal kesiti.....	55

Şekil 4.2. Grup PS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti.....	56
Şekil 4.5. Grup MS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti.....	56
Şekil 4.6. Grup TS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti.....	56
Şekil 4.7. Tranversal Yönde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiği	58
Şekil 4.8. Grup PV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	61
Şekil 4.9. Grup MV ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	61
Şekil 4.10. Grup TV ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	61
Şekil 4.11. Grup PS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	62
Şekil 4.12. Grup MS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	62
Şekil 4.13. Grup TS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti.....	62
Şekil 4.14. Frontal Yönde Mesialde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafikselsel İncelenmesi.....	67
Şekil 4.15. Frontal Yönde Distalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafikselsel İncelenmesi.....	67
Şekil 4.16. Grup PV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	69
Şekil 4.17. Grup MV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	70
Şekil 4.18. Grup TV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	70
Şekil 4.19. Grup PS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	71
Şekil 4.20. Grup MS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	71
Şekil 4.21. Grup TS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti.....	72
Şekil 4.22. Sagittal Yönde Palatinalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafikselsel İncelenmesi.....	77
Şekil 4.23. Sagittal Yönde Bukkalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafikselsel İncelenmesi.....	77

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1. Kullanılan Materyeller.....	36
Tablo 3.2. Kullanılan Cihazlar.....	37
Tablo 4.1. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Transversal Kesit için İki Yönlü ANOVA Testi.....	57
Tablo 4.2. Transversal Yönde Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	58
Tablo 4.3. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Mesial Yönde İki Yönlü ANOVA Testi.....	63
Tablo 4.4. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Distal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi.....	64
Tablo 4.5. Frontal Yönde Mesialden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	65
Tablo 4.6. Frontal Yönde Distalden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	66
Tablo 4.7. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Palatinal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi.....	73
Tablo 4.8. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Bukkal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi.....	74
Tablo 4.9. Sagital Yönde Palatinal Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	75
Tablo 4.10. Sagital Yönde Bukkalden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	76

KISALTMA ve SEMBOLLER LİSTESİ

ANOVA : Varyans Analizi

BMG : Bukkal Marjinal Boşluk

CAD : Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM : Bilgisayar Destekli Üretim

CT : Bilgisayarlı Tomografi

CTE : Isıl Genleşme Katsayısı

DIAS : Dijital Görüntü Analizi Dizisi

DLP : Dijital Işık İşleme

DMG : Distal Marjinal Boşluk

IOS : Ağız İçi Tarayıcı

ISO : Uluslararası Standardizasyon Örgütü

LCD : Sıvı Kristal Ekran

MAOG : Mesial Aksiyo-Okluzal Boşluk

MAWG : Mesial Aksiyal Duvar Boşluğu

MFLG : Mesial Bitim Çizgisi Boşluğu

MM : Milimetre

MMG : Mesial Marjinal Boşluk

MOG : Mesial Okluzal Boşluk

MPa : Megapaskal

MRI : Manyetik Rezonans Görüntüleme

NM: Nanometre

OBJ :Üç Boyutlu Nesne Geometrisi Bilgi Biçimi

OCT : Optik Koherens Tomografi

PAOG : Palatinal Aksiyo-Okluzal Boşluk

PFLG : Palatinal Bitim Çizgisi Boşluğu

PICN : Polimer İnfiltrate Seramik

PLY : Poligon Dosya Biçimi

PMG : Palatinal Marjinal Boşluk

Ra : Yüzey Pürüzlülüğü

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

SLA : Stereolitografi

SLM: Selektif Lazer Ergitme

STL : Standart Üçgenleme Dili

UV : Ultraviyole

µm : Mikrometre

η² : Kısmi Eta Kare

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez yazım sürecimin her anında yanımda olan, desteğiyle beni bu günlere getiren ve bu tezi yazmamı sağlayan değerli tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emel ARSLAN'a

Çalışmama tecrübe ve bilgileriyle katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Ali KELEŞ'e

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak eğitimime katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Nilüfer Tülin POLAT, Sayın Doç. Dr. Hamiyet KILINÇ, Sayın Doç. Dr. Kübra DEĞİRMENCİ, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Büşra TOSUN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hatice SEVMEZ'e

Bu tez çalışmasını 2024-TDR-6.12.47-0004 proje numarasıyla destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve birikimleriyle sürekli yanımda olan Uzm. Dt. İsmail Furkan GÜNEY'e,

Bu sürecin tamamını birlikte yürüdüğümüz, tüm zorlukları birbirimize destek verip atlattığımız ve kazanımlarımızı paylaşarak beraber büyüdüğümüz sevgili eş kıdemlim Arş. Gör. Melike YALIN'a

BAİBÜ Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı asistanları ve personeline,

Bugüne kadar her anımda yanımda olan, sevgileri ve koşulsuz destekleriyle her adımda bana güç veren aileme,

Bu zorlu süreç ve hayatımın geri kalanında beni sevgiyle, inançla ve büyük sabrıyla destekleyen en güzel yol arkadaşım sevgili eşime tüm kalbimle teşekkür ederim.



1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde ağız içindeki dişlerin ve çevresinin hatasız bir şekilde laboratuvara aktarılması; üretilen protezin uyumluluğu ve uzun vadeli başarısı açısından kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde, geleneksel ve dijital ölçü tekniklerinin hala istenilen mükemmeliyeti sağlamaması, diş hekimlerini ve araştırmacıları bu teknikleri daha da geliştirmeye ve iyileştirmeye yönlendirmektedir (Hamalian ve ark., 2011).

Ölçü teknikleri, genel olarak geleneksel ve dijital ölçü yöntemleri olarak iki ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Geleneksel ölçü tekniğinde, ölçü materyali kullanılarak dokuların kopyası oluşturulur ve bu kopya laboratuvar ortamına aktarılır. Diğer bir yöntem olan dijital ölçüde ise optik bir tarayıcı aracılığıyla dokuların görüntüsü bilgisayar ortamına aktarılır (Karaca & Hekimoğlu, 2024).

Geleneksel ölçü tekniklerindeki sınırlamalar ve ölçü malzemelerindeki gelişmeler, her zaman ideal sonuçlara ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Ayrıca, ideal bir ölçü alınsa bile, ölçüden modele geçiş aşamasında teknisyenin deneyimi ve uyguladığı teknik, restorasyonların istenilen kalitede üretilmemesine neden olabilen eksikliklere yol açabilmektedir (Kiraz & Çevik, 2022). Ortaya çıkan bu sorunlar diş hekimlerini dijital ölçü ve bilgisayar destekli üretim sistemlerine, özellikle de Bilgisayar Destekli Dizayn ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAD/CAM) teknolojisi kullanımına ve geliştirilmesine yönlendirilmiştir. Dijital ölçü tekniklerinde genellikle fiziksel bir modele ihtiyaç duyulmaz ve protetik restorasyonlar dijital bir model üzerinde tasarlanıp üretilir. Gelişen teknolojiyle birlikte üç boyutlu yazıcılarla daimi restorasyonların üretimi mümkün kılındı. Geleneksel yöntemlere kıyasla zamanla ve malzemeden tasarruf sağlayan yeni bir iş akışı sağlandı (Mustafa & Matinlinna, 2014; Revilla-León & Özcan, 2019).

Çalışmanın H0 hipotezi farklı intraoral tarayıcılar arasında marjinal ve internal uyum açısından anlamlı fark yoktur şeklinde oluşturulurken, çalışmanın alternatif hipotezinde (H1) ise daimi reçinelerden üretilen kuronlar arasında anlamlı fark olacağı şeklinde öngörülmüştür.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Ölçü

Ölçü alma işlemi, restoratif ve protetik diş tedavilerinde ağız içi dokuların (sert ve yumuşak) konum ve detaylarını hassas şekilde kaydederek restorasyonun marjinal uyumu, oklüzal ilişkileri ve biyolojik uygunluğu açısından temel rol oynar. Hem geleneksel elastomer esaslı teknikler, hem de dijital optik tarayıcılar bu bilgiyi çalışma modeli ya da dijital ortama aktarma amacıyla kullanılır. Literatürde dijital yöntemlerin hasta konforunu artırdığı, işlem süresini kısalttığı ve işlem etkinliğini yükselttiği, buna karşın her iki yöntemin doğruluk açısından klinik düzeyde karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği gösterilmiştir (Yuzbasioglu ve ark., 2014).

2.1.1 Geleneksel Ölçü Maddeleri

İdeal bir ölçü maddesi; kullanımı kolay, ağız dokularına uyumlu, yırtılmaya karşı dirençli ve boyutsal olarak stabil olmalıdır. Aynı zamanda, ölçü maddesi kabul edilebilir bir süre içinde sertleşmeli ve ağızdan çıkartılırken travmatik olmamalıdır (Megremis ve ark., 2012).

Protetik tedavinin başarıyla tamamlanabilmesi için ölçü maddesi, mevcut ağız koşullarını laboratuvar ortamına en gerçekçi şekilde aktarabilmelidir. Ölçü alma işlemi, klinik uygulamadan protezlerin yapılacağı laboratuvar aşamalarına geçişi sağlayarak önemli bir rol oynamaktadır (Şahan & Kümbüloğlu, 2022).

Geleneksel ölçü maddeleri özelliklerine göre; elastik ve elastik olmayan diye iki ana gruba ayrılırlar.

2.1.1.1 Elastik Olmayan Ölçü Materyalleri

2.1.1.1.1 Alçı

Paris alçısı olarak bilinen ölçü maddesi, çeşitli modifiye edicilerle zenginleştirilmiş olup kimyasal olarak sertleşme özelliğine sahiptir. Diş hekimliğinde kullanılan alçı , mineral alçı taşı olan saf “ kalsiyum sülfat dihidrat” ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tır. Sertleşme süresini kısaltmak amacıyla hızlandırıcılar eklenmiştir. Ölçü alçıları, sıcak suda eriyerek modele zarar vermeden şekil almasını sağlayan patates nişastasını içermektedir. Ölçü alçısıyla alınan ölçünün model elde etmeden önce vernik, lak gibi yalıtkan malzemelerle izole edilmesi, model alçısının ölçü alçısına yapışmasını önler (Kümbüloğlu & AG, 2018). Ancak, günümüzde artık kullanılmamaktadır.

2.1.1.1.2 Çinko-oksit Ojenol

Çinko-oksit ojenol, total dişsiz çenelerde detaylı ölçüler elde etme yeteneğine sahip olsa da, sertleşme süresinin uzun olması ve kırılkan yapısı nedeniyle, genellikle akışkan kıvamlı elastomerik ölçü maddelerine yerini bırakmıştır. Bu materyal ilk karıştırıldığında iyi bir akıcılık sağlar ve dokulara uyum sağlama kabiliyetine sahiptir; ancak sertleştikten sonra çok kırılkan hale gelir. Bu nedenle, genellikle tam dişsiz veya dişsiz sonlanan bölümlü protez vakalarında fonksiyonel ölçü maddesi olarak sınırlı bir kullanım alanına sahiptir. Çinko oksit-ojenol ölçü maddelerinin kullanımının azalması, bu materyale yönelik yeni araştırmaların neredeyse yok olmasına neden oldu (Craig, 1988).

2.1.1.2 Elastik Ölçü Maddeleri

2.1.1.2.1 Hidrokolloidler

2.1.1.2.1.1 Agar Agar (Reversible)

Agar agar hidrokolloid, diş hekimliğinde ilk kez başarıyla kullanılan ölçü materyalidir. Agar, bir su yosunundan elde edilen organik, hidrofilik bir kolloid (polisakkarit) olan galaktozun lineer polimerinin sülfirik esteridir. Agar agar ölçü materyalleri, ısıtıldığında yumuşayan ve soğutulduğunda sertleşen jöle benzeri bir özelliğe sahiptir. Ancak, manipülasyon zorlukları nedeniyle artık kliniklerde kullanılmamaktadır (Falland-Cheung ve ark., 2017).

2.1.1.2.1.2 Aljinat (İrreversible)

Aljinat, elastik ve dönüşmez bir hidrokolloid ölçü malzemesidir. Diş hekimliğinde fazlaca kullanılan bir ölçü materyali olup kullanımı kolay, maliyeti uygundur. Ancak, elastomerik ölçü malzemelerine kıyasla yüzey ayrıntılarını daha az verir, boyutsal olarak stabil olmama ve kısa çalışma süresi gibi dezavantajları bulunmaktadır (Cervino ve ark., 2019).

2.1.1.2.2 Elastomerik Ölçü Maddeleri

Protetik diş tedavilerinde özellikle sabit protezlerde, ölçü alma işleminde polivinil siloksan, polieter ve katılma tipi(C tipi) silikon elastomerik ölçü maddeleri günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir. Polisülfid grubu ise güncelliğini yitirmiştir. Bu ölçü maddeleri, farklı kimyasal yapı ve akışkanlık özellikleri sergileyen elastomerik malzemelerdir. Elastomerik ölçü maddelerinin sık tercih edilme nedenleri arasında doğru ve net ölçü verme yetenekleri, ağızdan çıkarılırken yırtılmama özellikleri ve sertleşme sonrasında boyutsal olarak stabil kalmaları bulunmaktadır. Polivinil siloksan ve polieter ölçü maddeleri; az akıcı, orta akıcı, akıcı ve çok akıcı formlarda bulunabilirken, C tipi silikon ölçü maddesi; yüksek, orta ve düşük viskozite formlarında bulunmaktadır (Memişoğlu, 2019).

2.1.1.2.2.1 Polisülfid

Polisülfid ölçü maddesi, diş hekimliğinde ilk sulu olmayan elastomerik ölçü materyali olarak piyasaya sunulmuştur. Bu ölçü materyalleri, genelde iki tüp içinde base ve katalizör şeklinde kullanılmaktadır. Silikonlara göre daha yüksek yırtılma dayanıklılığı gösterir; silikon ve polietere göre daha ekonomiktir. Ayrıca, çalışma süresi uzundur (5-7 dakika). Bununla birlikte, renk ve koku açısından negatif özelliklere sahiptir. Reaksiyon sonrası su açığa çıkar, bu durum boyutsal stabilitesini etkileyebilmektedir. Önlüğe bulaştığında temizlenmesi zordur, kaşığa tutunması için adeziv gerekebilir ve özel bir kaşık kullanımını gerektirebilir (Işık, 2019).

2.1.1.2.2.2 Kondansasyon Tipi Silikon Ölçü Maddeleri

Sertleşme reaksiyonu esnasında yan ürün olarak su ve alkol açığa çıkartır. Sertleştikten sonra, ortaya çıkan alkol ve su buharlaştığı için kısa süre içinde büzülme başlar. Bu nedenle, polivinil siloksan ve polietere ölçü maddelerine kıyasla boyutsal stabiliteleri daha düşüktür. Bununla birlikte, sertleşme süreleri kısadır ve hidrofobik özelliktedirler. Ölçüsü alınan bölgenin kuru ve nemsiz olması gerektiği belirtilmiştir (Craig, 1980). Kondansasyon ve ilave olmak üzere Silikon ölçü materyalleri; kimyasal yapılarına göre iki farklı yapıda bulunurlar. İlave tipi, yani polivinil siloksanın, daha iyi özelliklere sahip olmasına karşın, ülkemizde kondansasyon tipi silikonlar olarak adlandırılan kondansasyon tipi silikonlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Burgaz & Demirköprülü, 1986).

2.1.1.2.2.3 İlave Reaksiyonlu (A tipi, Polivinil Siloksan) Silikonlar

Polivinil siloksan ölçü maddesi, vinil siloksanın platin katalizör aracılığıyla bir hidrojen siloksan ile birleşmesiyle oluşur (Craig & Sun, 1994; Craig, 1985). Polivinil siloksan ölçü maddeleri ilave tipi silikonları olup poliviniller veya polivinil siloksanlar olarak da adlandırılır. Bu ölçü maddelerinin detay özellikleri, akıcılığı, boyutsal stabilitesi, yırtılma direnci yüzey kalitesi ve hidrofilik özellikleri başarılı kullanımlarını artırmıştır. Ancak lateks eldivende bulunan sülfür, polivinil siloksanın sertleşme reaksiyonunu etkiler. Bu durumda, polietilen veya vinil eldiven kullanımı önerilir (Baumann, 1995). Polivinil siloksan ölçü maddeleri ısıya karşı hassas olup (McCabe & Storer, 1980), ortam sıcaklığı yükseldikçe daha çabuk sertleşir. Ancak, aşırı ısındıklarında soğutulmalarına rağmen normal sertleşme süresine dönmeyebilirler. Bu sebeple, serin ortamda saklanmaları gerekir. Ölçü almadan polivinil siloksanın soğutulması, sertleşme süresini uzatabilir. Buzdolabında saklanıyorsa, uygulamadan oda sıcaklığına gelmesi tavsiye edilir. Polivinil siloksan ölçü maddesi genelde 1:1 oranında baz ve katalizör olarak karıştırılır. Katalizör oranı yükseldikçe sertleşme süresi hızlanır (Williams & Craig, 1988). Polivinil siloksan ölçü maddelerinden bazıları sertleşme reaksiyonu sonucunda hidrojen gazı

ıkarabilir, bu sebeple l alındıktan sonra alçı dökümü için bir süre beklenilmesi önerilir. Sertleşme reaksiyonunu için 30 dakika kadar beklenilmesi tavsiye önerilir (Schelb ve ark., 1991; Williams & Craig, 1988).

2.1.1.2.2.4 Polieter l Maddeleri

Polieter l maddeleri hidrofilik özelliktedir. Tükürük veya kandan etkilenmezler. Islatma açıları düşüktür bu nedenle polivinil siloksanlardan daha kolay bir şekilde tam ark ölçüsü alınmasına izin verirler (Craig, 1980). Boyutsal olarak stabillerdir ve ayrıntı verme kabiliyetleri oldukça iyidir (McCabe & Bowman, 1981). l yırtılması olmadıkça l alındıktan sonra 1 ila 2 hafta içinde birden fazla kez l dökülmesine imkan tanırırlar. Polieter l maddesi donduktan sonra oldukça serttir ve polivinil siloksanlara göre çıkarılması daha zor olabilir (Chai & Pang, 1994; Sneed ve ark., 1983). Yüksek yırtılma direncine sahip olmaları, hekimlerin l alırken zarar vermeden subgingival l almasını sağlar (Chong & Soh, 1991; Cook ve ark., 1984). Ayrıca, polieter ölçü maddesi kendi içinde adezyon sağlar, bu özellik kenar şekillendirmesi için kullanılabilir (Chong & Soh, 1991; Hondrum, 1994). 'Snapset' (Donma reaksiyonu, çalışma zamanının sonuna doğru başlar. Çalışma zamanının sonunda materyalin tm aynı anda ve eşit oranda donar.) zelliği sayesinde polieter ölçü maddesi çalışma süresi içinde sertleşmez. Bu reaksiyon bir anda gerçekleşir (Phoenix ve ark., 2003).

2.1.2 Dijital l Yöntemleri

Son yıllarda diş hekimliğinde dijital teknolojilerin artan kullanımı, restoratif ve protetik tedavi süreçlerini önemli ölçüde geliştirilmiştir. Özellikle l alma aşaması, bu dijitalleşmeden en çok etkilenen klinik adımlardan biri olmuştur; Klasik elastomerik l materyallerine alternatif olarak geliştirilen dijital l sistemleri, gerek hasta konforu gerekse iş akışı açısından yeni olanaklar sunmaktadır (Mangano ve ark., 2016). İnteroral tarayıcıların (IOS) kullanımı sayesinde elde edilen dijital veriler, CAD/CAM sistemleriyle uyumlu hale getirilerek restorasyonların tasarım ve üretim aşamalarını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, dijital l teknikleri, sadece bir alternatif değil, aynı zamanda klinik başarıya katkıda bulunan etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. Dijital l yöntemlerinin temeli, hastanın diş ve evre dokularının üç boyutlu dijital görüntülerinin elde edilmesi prensibine dayanır. Bu işlem, çeşitli optik teknolojiler (yapılandırılmış ışık, lazer tarama, fotogrametri) kullanılarak gerçekleştirilir. Elde edilen veriler, restoratif prosedürlerde kullanılmak üzere dijital modeller haline dönüştürülür. Bu süreçte optik sensörlerin tarama doğruluğu, yazılımın veri işleme kapasitesi ve kullanıcı deneyimi gibi birçok faktör, nihai sonuçların başarısını doğrudan etkilemektedir

(Patzelt, Emmanouilidi, ve ark., 2014). Geleneksel ölçü tekniklerinin zaman alıcı ve kullanıcıya bağımlı doğasının aksine, dijital ölçümler daha standart ve tekrarlanabilir sonuçlar sağlamaktadır. Klinik uygulamalarda dijital ölçü sistemlerinin başarısı, ölçüm doğruluğu (accuracy) ile tanımlanan iki temel parametre olan “trueness” (gerçeklik) ve “precision” (tekrarlanabilirlik) ile değerlendirilir. Trueness, elde edilen dijital modelin gerçek anatomik yapıya ne kadar yakın olduğunu belirtirken; precision, aynı nesne üzerinde tekrarlanan ölçümlerin birbiriyle ne kadar tutarlı olduğunu gösterir (Ender & Mehl, 2011). Literatürde, modern intraoral tarayıcıların bu iki parametrede klinik olarak kabul edilebilir düzeyde performans sergilediği birçok çalışmada bildirilmiştir (Flügge ve ark., 2013). Ancak tarama bölgesinin genişliği, tükürük varlığı, reflektif yüzeyler, derin preparasyon çizgileri ve operatör faktörleri gibi değişkenler bu doğruluğu etkileyebilmektedir. Buna karşılık, dijital ölçü tekniklerinin her durumda geleneksel yöntemlerin yerini alabileceği yönünde kesin bir yargıya varmak güçtür. Özellikle tam dişsiz vakalarda veya hareketli yumuşak dokuların sınırlarının belirlenmesinde hâlen geleneksel yöntemlerin üstünlük sağladığı durumlar olabilmektedir. Bununla birlikte, dijital ölçü sistemlerinin evrimi; daha kısa ölçüm süreleri, hasta memnuniyetinde artış, dijital arşivleme olanakları ve laboratuvarlarla dijital entegrasyon gibi avantajlarla, klinik uygulamalarda yaygınlaşmasını teşvik etmektedir (Papaspzyridakos ve ark., 2016).

Sonuç olarak, dijital ölçü yöntemleri, diş hekimliğinde restoratif ve protetik uygulamalarda hem zaman verimliliği hem de klinik doğruluk açısından önemli katkılar sunmaktadır. Hızla gelişen tarayıcı teknolojileri ve yazılımsal iyileştirmeler, bu sistemlerin güvenilirliğini her geçen gün artırmakta; dijital ölçünün sadece bir seçenek değil, modern diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası haline gelmesine zemin hazırlamaktadır (Goracci ve ark., 2016).

2.1.2.1 İntraoral Tarayıcıların Kameralarının Çalışma Prensipleri

İntraoral tarayıcılar, ağız içindeki sert ve yumuşak dokuları gerçek zamanlı olarak dijital ortama aktarmak için farklı optik teknolojiler kullanır. Üçgenleme (triangulation) yöntemi, sensör ve ışık kaynağı arasındaki açıyı temel alarak üç boyutlu yapı hesaplaması yapar; konfokal mikroskopi (confocal) yöntemi, yalnızca odak düzleminden gelen net ışığı ölçerek yüksek doğruluk sağlar; aktif dalga örnekleme (active wavefront sampling) ile dallanan ışık dalgaları işlenir ve derinlik bilgisiyle birlikte hassas veri elde edilir (Logozzo ve ark., 2014).

2.1.2.1.1 Üçgenleme Sistemi

Bu sistemde optik kamerada ışık kaynağı mevcuttur. Işık kaynağından görüntüsü istenen bölgeye birbirine paralel ışık demeti gönderilir. Bu ışıklar CCD (Charged Coupled Device) sensörü aracılığıyla algılanır. Sensör ve ışık kaynağı arasındaki mesafe ve yaptıkları açılar bilinir. Bu sayede taranan nesnenin uzaydaki koordinatları belirlenir. Bu sistemin en büyük dezavantajı ‘distal gölge fenomeni’dir. Kameradan çıkan ışınlar, nesnenin distal tarafına gölge oluşturur. Bu gölge taranan yüzeyin sadece distalinde görünür ve görüntünün netliğini bozar. Optik triangulasyon sistemi, görüntülenecek nesnelere temas gerçekleştirmeden birkaç milimetreden birkaç mikrona kadar mesafeyi doğru bir şekilde ölçebilir (Ji & Leu, 1989). CEREC sistemi optik triangulasyon prensibi ile çalışan tarayıcılardan birisidir. Bu sistemde bir noktanın konumunu bulmak için üç adet doğrusal ışık demeti kullanılır. Bu ışık demetlerini düzgün yansıtmayan kesikli yüzeylerde taramaların doğruluğu etkilenmektedir. Bunun önüne geçmek amacıyla taranan yüzeye titanyum dioksit pudralar sürülmektedir (Zimmermann ve ark., 2019). CEREC AC Bluecam sistemi pudra kullanımı gerektirmektedir ve renksiz görüntüler oluşturmaktadır. CEREC AC Omnicam sisteminde ise pudra uygulaması yapılmadan gerçek renklerde taramalar elde edilmektedir (Gintaute ve ark., 2018).

2.1.2.1.1.1 Medit i600 (Medit)

İntraoral tarayıcı işlevinin yanı sıra ağız içi kamera olarak da kullanılmaktadır. Aktif triangulasyon prensibiyle çalışır. Yumuşak ve hareketli dokuları filtreleyen yapay zeka teknolojisi bulunmaktadır. Tam arkta hata payı $10,9 \mu\text{m} \pm 0,98$ dir. 245g ağırlığında, $248 \times 44 \times 47,4$ mm boyutlarındadır. 180 derece dönebilen başlığı mevcuttur. Ayna açısı 45 derecedir. Tarama alanı 15×13 mm dir. USB Type C ile bağlantı sağlanmaktadır. Sabit 35 Fps ile tarama yapabilmektedir. Renkli video tabanlı tarama yapar. Abutment tarama, otomatik ya da manuel marjin oluşturma, geleneksel ölçülerin kaşıktan taranması ve oklüzyon analizi gibi özellikleri vardır. Toz ve sprej gerektirmez. *In-vivo* olarak üretici firma tek kuronlarda $10 \mu\text{m}$, yarım arkta $25 \mu\text{m}$ ve tam ark taramada $50 \mu\text{m}$ ’a kadar doğruluk payı olduğunu belirtmektedir. Her iki tarafta yer alan başlat/durdur düğmesi bulunmaktadır (Alkadi, 2023; Ashraf ve ark., 2023) (Medit. (2023, Kasım) (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Medit i600 İnteraoral Tarayıcı

2.1.2.1.2 Aktif Dalga Örnekleme Tarayıcısı

Bu tarayıcıda, üçgenleme sisteminde kullanılan lazer ışık demeti yerine video kaydı ile cisim taranmaktadır. Tarayıcıda bulunan kamera nesneyi farklı açılardan görüntüler ve cismin uzaysal koordinatını belirler. Bu sistemde tarayıcıların kullanımı esnasında toz kullanmak gerekmektedir (Richert ve ark., 2017). Yüksek çözünürlükteki kameralar ile farklı açılardan görüntüler kaydederek, uzaysal mesafelerin ve üç boyutlu konumun hesaplanmasını sağlayan bu teknik 3M ESPE firmasının ürettiği Lava COS ve True Definition intraoral tarayıcılarında kullanılmaktadır. Genel olarak, bu sistemde pudralamaya ihtiyaç duyulmaktadır (Patzelt, Emmanouilidi, ve ark., 2014).

2.1.2.1.3 Paralel Konfokal Lazer Tarayıcı

Konfokal lazer tarayıcıda optik sisteme paralel konfokal görüntüleme bulunmaktadır. Bu sistemde, optik ile lazer görüntüleme sistemlerinin avantajları birleştirilmiştir. Sistemde mevcut filtreden geçen ışınlar, aynı odak noktasından geçecek şekilde filtrelendir. Geri dönen ışınlarla objenin üç boyutlu görüntüsü oluşur. Düzensiz olan ışık demetleri filtreden geçemez. Böylece gölge oluşumu engellenir. Bu sayede görüntünün uzaydaki derinliği ve netliği daha iyi algılanır. Sistemde obje üzerine toz uygulanmadan yumuşak ve sert dokuların kaydı alınabilir. Tarayıcı nesne üzerine geldiğinde tarama kendiliğinden başlar (Richert ve ark., 2017). Trios 3 ve iTero gibi intraoral tarayıcılar bu prensibe dayalı çalışırlar (Zimmermann ve ark., 2015). iTero (Align Technology, Inc., San Jose, CA) dijital tarayıcısı, tarama yaparken 100.000 adet paralel kırmızı lazer ışını göndermektedir. Yansıtılan ışık daha sonra dönüştürücüler sayesinde

dijital veriye dönüştürülmektedir (Taneva ve ark., 2015). Trios 3 (3Shape, Copenhag, Danimarka) tarayıcıda ise farklı anlarda ve farklı konumlarda olan binlerce görüntü birleştirilerek üç boyutlu dijital model oluşturulmaktadır (Logozzo ve ark., 2014).

2.1.2.1.3.1 Trios 5 (3 Shape)

Bu sistem, ultra hızlı optik kesitleme ve konfokal mikroskopi prensibi altında çalışır. Sistem, tarayıcının ve taranan nesnenin sabit bir uzamsal ilişkisini korurken, odaklanan düzlemdeki görüntünün, düzlem üzerindeki değişikliklerini saptar. Kalibrasyon gerektirmemektedir. Trios ile WiFi üzerinden tarama yapılmaktadır. Gelişmiş yazılım navigasyonu ve tarama analizini iki düğmeli tasarım ile sağlamaktadır (Jain ve ark., 2024; Schmalzl ve ark., 2024)(Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Trios 5 İntrooral Tarayıcı

2.1.2.1.3.2 Primescan (Dentsply Sirona)

Blue LED kullanmaktadır. Toz kullanımı yoktur ve renkli görüntü verir. Dokunmatik ekran ve tuş takımına sahiptir. Akıllı Piksel Sensörü saniyede 1.000.000 üç boyutlu noktadan fazlasını işleyerek fotogerçekçi veriler üretebilmektedir. Dinamik derinlik tarama teknolojisi, 20 mm'ye kadar ölçüm derinliğinde hassasiyet sağlar, bu özellik endikasyonlar için mutlak bir avantaj sağlamaktadır (D'haese ve ark., 2022; Di Fiore ve ark., 2022; Zingari ve ark., 2023)(Şekil2.3.).



Şekil 2.3. Primescan İnteraoral Tarayıcı

2.2 CAD/CAM Sistemleri

CAD/CAM; bilgisayar yardımıyla restorasyonun üç boyutlu olarak tasarlanması ve materyalin üretilmesidir. CAD/CAM teknolojileri günümüzde hemen hemen her alanda kullanılabilmektedir. Mobilya yapımı, otomobil üretimi, endüstriyel ürün yapımı, elektronik, iletişim, uzay araştırmaları, tıp ve diş hekimliği kliniği başlıca kullanım alanlarıdır. CAD/CAM teknolojisi; bir frezin bilgisayar yazılımı ile kompozit, seramik, metal, titanyum veya hibrit bloklardan restorasyon üretilmesi esasına dayanır (Zimmermann ve ark., 2015). CAD/CAM sistemlerinin kullanımına çeşitli sanayi alanlarında 1950 ile 1960 yılları arasında başlanmıştır. 1970'li senelerde ise diş hekimliğinde de bu sistemlerin kullanımı için çalışmalar yapılmıştır. Francois Duret 1971 yılında, CAD/CAM sisteminin diş hekimliğinde de kullanılabileceğini düşünerek CAD/CAM'i diş hekimliği alanına tanıtılmıştır. Francois Duret bilgisayar kontrolünde restorasyon üretimini ilk olarak tanımlayarak CAD/CAM sistemlerinin öncüsü oldu (Tapie ve ark., 2015). 1977 yılında Bruce Altschuler ile Arnie Young, ağız içi morfolojisini tespit etmek amacı ile optik cihaz geliştirmişlerdir. 1983'te diş hekimliği alanında ilk CAD/CAM örneği Garanciere konferansında Fransa'da sunulmuştur. 1985'te bu sistem kullanılarak ağız içerisine uygulanan ilk kuron üretilmiştir (Tapie ve ark., 2015).

CAD/CAM Sistemlerinin avantajları

1. Daha kısa sürede ve uyumlu restorasyonlar yapılabilir (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).
2. Hata ihtimali azalmıştır (Ordu & Cengiz, 2015).
3. Üretim aşamaları kısaldığı için çapraz enfeksiyon riski azalmıştır (Ordu & Cengiz, 2015).
4. Geçici protetik restorasyon hazırlığı ortadan kalkmıştır (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).
5. Laboratuvarda harcanan süre azalmıştır (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).
6. Restorasyon üretim sırasındaki bütün aşamalar ve veriler sonradan incelenmek için arşivlenmektedir (Ordu & Cengiz, 2015).
7. Malzememin içeriğine ve özelliğine uyumlu en iyi dizaynın yapılmasını; aynı zamanda kalite kontrolünün de yapılabilmesini sağlamıştır (Ordu & Cengiz, 2015).

CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları

1. Renk seçimi kısıtlıdır (Ordu & Cengiz, 2015).
2. Monokromatik bloklarla iyi estetik her vakada yakalanamayabilir. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek için dişin farklı bölgelerine göre çeşitli renklere sahip (polikromatik) bloklar üretilmektedir (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).
3. Diş eti altında kalmış kenarların dijital ortama aktarılmasında problem oluşabilmektedir. Bu sorun iyi bir gingival retraksiyon işlemi gerektirmektedir.
4. Üretim maliyeti en önemli dezavantajların başında gelmektedir (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).
5. Hekimlerin bu sistemleri öğrenmeye harcadıkları süre oldukça fazladır (Ordu & Cengiz, 2015).
6. CAD/CAM cihazının boyutları laboratuvarlara göre de uyumlu olmalıdır (Ordu & Cengiz, 2015).

2.2.1. CAD/CAM Sistemlerinin Kullanım Alanları

CAD/CAM sistemleri günümüzde inley, onley, bölümlü kuron, tam kuron ve köprü, laminatete veneer, hareketli bölümlü protezlerin iskelet yapıları, implant cerrahisinde kullanılan stentlerin tasarlanıp üretilmesi ve ortodontik tedaviler gibi geniş bir endikasyon alanında kullanılmaktadır. Bunlarla birlikte çene yüz protezlerin hazırlanmasında, implant üstü protezlerde dayanak olarak, kuron-köprü ve hibrit protez alt yapı tasarım ve üretiminde de kullanılmaktadır (SEZER, 2023).

CAD/CAM sistemleri aşağıda belirtilen üç fonksiyonel elemandan oluşur (Eskitaşcioğlu ve ark., 2019):

1. Hazırlanan preparasyonu üç boyutlu şekilde dijital ortama aktaran optik veya mekanik tarayıcı,
2. Elde edilecek restorasyona ait verilerin oluşturulup, restorasyonun tasarımının yapıldığı yazılım programı,
3. Tasarlanan datayı restorasyona dönüştüren frezeleme ünitesi.

2.2.2 CAD/CAM Sistemi Kullanılarak Restorasyonlar Üretilirken Kullanılan Yöntemler

2.2.2.1 Eksiltmeli CAD/CAM Yöntemi

Bloğun eksiltilmesi esasına dayandığı için bu yönteme "eksiltme yöntemi" denir. Bu yöntem, elde edilecek üründen çok daha fazla materyal harcanmasına neden olduğu için yüksek maliyetlidir (Cebeci & Tokmakcioğlu, 2018). Tek üyeli veya çok üyeli protetik restorasyonlarda oldukça başarılıdır. Eksiltme yönteminde genellikle tarayıcı, yazılım ve donanım üniteleri bir arada bulunmakta olup üretim işlemleri sırasında seçim yapılması çoğunlukla olanaksızdır (Cebeci & Tokmakcioğlu, 2018). Günümüzde, ticari olarak mevcut birçok dental CAD/CAM sistemi, bir bloğu şekillendirmek için milleme yöntemini kullanmaktadır. CAD/CAM teknolojisi ile, laboratuvar süresi kısaltılabilir, verimlilik artırılabilir ve geleneksel yöntemlere göre yüksek kaliteli ürünler elde edilebilir. Ancak CAD/CAM cihazları, dikkatli kullanım ve bakım gerektirir. Ek olarak, milleme cihazının hareket aralığının bazı limitasyonları nedeniyle, CAD/CAM restorasyonların, özellikle eğimli yüzeylerde ve keskin bölgelerde üretilebilirliği nispeten zayıftır (Cebeci & Tokmakcioğlu, 2018). Eksiltme tekniğinde kullanılan sistemler; DSC Precident Sistemi, Procera Sistemi, Cercon Sistemi, Celay Sistemi, Lava Sistemi, CEREC Sistemi, CICERO Sistemi, E4D Dentist Sistemi, Everest, ZENO TEC Sistemi olarak örneklendirilebilir (Abdulla ve ark., 2020).

2.2.2.2 Eklemeli CAD/CAM Üretim Sistemi

Eklemeli üretim, Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (ASTM) tarafından “üç boyutlu model verilerinden cisimler oluşturmak için kullanılan, katman üstüne katman ekleme şeklinde ve aşındırıcı üretim metodolojilerinin tam aksi olarak malzemelerin birleştirilmesi işlemidir” şeklinde tanımlanmıştır. Eklemeli üretim yöntemi eksiltmeli yöntemin aksine, farklı donanımlar arasında ve farklı üretim merkezleri arasında seçim yapma şansı sunar (Aral & Keskin, 2024). Dental restorasyonların üretiminde, eksiltmeli CAD/CAM sisteminin

eksiklikleri de göz önünde bulundurularak, daha az malzeme ile hassas protez üretme gücüne sahip olan üç boyutlu baskı sistemi eklemeli üretimde kullanılmaktadır. Üç boyutlu baskı teknolojisi ile CAD verilerinden üretilen katmanlar ayrı ayrı polimerize edilir ve bir kerede fotopolimerizasyon yoluyla bir önceki katmanla birleştirilir. Bununla birlikte, katmanlama ve polimerizasyon sırasında düşük moleküler ağırlıklı monomerlerde atomik mesafenin azalması nedeniyle materyalde polimerizasyon büzülmesi de görülebilir (Aral & Keskin, 2024). Dış hekimliğinde eklemeli üretim için kullanılabilecek polimer sayısı azdır. Ayrıca eklemeli üretim ile yapılan uygulamalar sınırlıdır (örn; çalışma modelleri, maksillofasiyal protezler, ortodontik apareyler, okluzal apareyler, kişisel kaşık yapılması, geçici restorasyonlar vb). Farklı alanlarda kullanılabilesine yönelik artan talep nedeniyle materyallerde yenilikler ve gelişmeler sürmektedir. Biyouyumlu materyaller üretmek ve materyalleri yalnızca geçici restorasyon olarak değil, oral koşullar altında daimi restorasyon olarak kullanabilmek de eklemeli üretim yönteminin hedeflerindendir. Optik özellikleri iyileştirmeye yönelik baskı parametreleri de geliştirilmeye devam edilmektedir (Aral & Keskin, 2024).

Eklemeli üretimin özellikleri;

- Nesnenin katmanlı ve dikey olarak yönlendirilmiş üretimi,
- Hiçbir malzeme kaybı olmaması (kullanılmayan malzeme geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir) ,
- Büyük nesneler üretme imkanı (üretim bölmesinin boyutunun sınırları dahilinde),
- Pasif üretim (örneğin millededeki gibi herhangi bir kuvvet gerekmez),
- Dijitalleştirilmiş verilere dayalı ayrıntılı üretim (BT, MR veya tarayıcılardan veri alınabilir),
- Yeniden üretilebilirlik,
- İşlenecek ürün içinde farklı yoğunluk ve malzeme özelliklerine sahip ayrı bölümlerin üretilebilmesi (Alan, 2016),

Eklemeli üretim dış hekimliğinde,

- Kişiye özel dental implantların üretimi,
- Maksillofasiyal protezlerin üretimi,
- Tam seramik restorasyonların üretimi (hala geliştirilmeye devam etmektedir)
- Oklüzal splint yapımı,
- Model elde edilmesi,
- Cerrahi kılavuz yapımı,
- Kişiye özel ölçü kaşıklarının üretimi,

- Ortodontik modeller, apareyler ve ortodontik şeffaf plakların üretimi,
- Hasarlı dişin tedavisi,
- Cerrahi aletlerin tasarımı ve geliştirilmesi,
- Protetik restorasyonların yapımı (kuron-köprü ve hareketli protezler) (Alan, 2016). gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

2.2.2.3 Kombine Sistemler

Bazı CAD/CAM sistemlerinde ekleme ve eksiltme yöntemleri birlikte kullanılır. Bu yöntemlerden birinde (Procera, Nobel Biocare, Göteborg, İsveç) prepare edilen diş eksiltme yöntemi ile üç boyutlu metal day şeklinde frezelenir. Metal day, final restorasyonun sinterizasyonundan sonra oluşacak büzülme için kullanılır. Kullanılacak materyal metal day üzerine, toz halinde ve basınç ile ekleme yöntemiyle, büyük bir blok oluşturacak şekilde uygulanır. Daha sonra oluşturulan blok restorasyonun şeklini vermek üzere frezelenir. Normalden büyük olarak hazırlanan restorasyon daydan ayrılır ve normal boyutlarına gelmesi için yoğun olarak sinterize edilir (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).

2.2.3 CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller

CAD/CAM sistemlerinin gelişmesiyle birlikte birçok restoratif materyal çeşidi de üretilmiştir. Hasta beklentisi, sosyoekonomik düzeyi, hekim endikasyonu gibi faktörler yardımıyla restoratif materyal seçimi yapılmaktadır (Fasbinder, 2012).

2.2.3.1 Cam Seramikler

Cam seramikler, hem amorf cam fazı hem de kristal faz içeren, estetik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle dental restorasyonlarda yaygın olarak kullanılan CAD/CAM materyalleridir. Yarı kristal yapıları sayesinde ışık geçirgenlikleri oldukça yüksektir ve doğal diş dokusuna benzer translusenslik sunarlar. Isıl işlemle kristalizasyon süreçleri kontrol edilerek mekanik direnç artırılabilir. Özellikle anterior bölgelerde estetik gerekliliklerin ön planda olduğu uygulamalarda tercih edilir (Denry & Kelly, 2014).

-Feldspatik Seramikler

Feldspatik seramikler, feldspat bazlı cam matrisli yapılarıyla dental porselenlerin temelini oluşturur. Estetik üstünlükleri ve inceltilebilir yapıları nedeniyle laminate veneer uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Ancak düşük kırılma dirençleri, bu materyalin yalnızca düşük stresli bölgelerde tercih edilmesine neden olur (Kelly & Benetti, 2011).

-Lösitle Güçlendirilmiş Cam Seramikler

Yaklaşık %35 oranında lösit kristali içeren bu materyaller, feldspatik yapıya kıyasla daha yüksek mekanik direnç sunar. Lösit kristalleri aynı zamanda metal-seramik uyumluluğu için gerekli ısı genleşme katsayısını sağlar. Bu özellikleri nedeniyle anterior bölgelerde estetik ve işlevsellik açısından avantaj sunar (Giordano, 2006).

-Lityum Disilikatla Güçlendirilmiş Cam Seramikler

Lityum disilikat seramikler, yüksek kristal içeriği (yaklaşık %70) sayesinde hem mekanik hem de estetik açıdan ideal restoratif materyaller arasında yer alır. IPS e.max CAD gibi sistemlerle 400 MPa'a varan eğilme direnci sağlanabilir. Bu yönüyle hem anterior hem de posterior bölgelerde güvenle kullanılmaktadır (Heffernan ve ark., 2002).

2.2.3.2 Sinterlenen Oksit Seramikler

Bu grup, yüksek sıcaklıkta sinterlenen seramik tozlarından oluşur. Kristalizasyon seviyesi yüksek olduğundan eğilme direnci oldukça yüksektir. CAD/CAM sistemlerinde posterior bölgeler için tam kontur restorasyon üretiminde sıklıkla kullanılır. Ancak üretim süreci sinterleme gerektirdiği için zaman açısından sınırlayıcıdır (Denry & Kelly, 2014).

2.2.3.3 Alüminyum Oksit Seramikler

Alümina seramikler, opak ve dayanıklı yapılarıyla anterior köprülerde ve altyapı materyali olarak kullanılmıştır. Ancak translusensliğinin sınırlı olması nedeniyle estetik bölgelerde sınırlı kullanım alanı bulur. Günümüzde zirkonyum alternatifleri karşısında tercih sıklığı azaldı (Kelly & Benetti, 2011).

2.2.3.4 Cam İnfiltrasyon Seramikler

Cam infiltrasyon seramikler, gözenekli seramik iskeletin cam fazı ile doldurulmasıyla elde edilir. Bu yapı, hem mukavemet hem de estetik sağlar; ancak üretim sürecinin çok aşamalı ve zaman alıcı olması klinik kullanımını sınırlamaktadır. CAD/CAM üretimi sonrası cam infiltrasyonu ile süreç tamamlanır (Giordano, 2006).

2.2.3.5 Zirkonyum ile Güçlendirilmiş Lityum Disilikat Seramik

Bu hibrit materyaller, lityum disilikat matrisine zirkonyum eklenerek geliştirilmiş olup, estetik ve dayanıklılık arasında denge sunar. CAD/CAM ile işlenebilmeleri ve kristalizasyon sonrası yüksek stabilite kazanmaları sayesinde posterior bölgede dahi estetik restorasyon olanağı sağlar (Spitznagel ve ark., 2021).

2.2.3.6 Zirkonyum Oksit Seramikler

Zirkonyum oksit, 900–1200 MPa eğilme direnci ile en dayanıklı dental seramiklerden biridir. Tam kontur kuronlar, köprüler ve implant üstü yapılar için sıklıkla kullanılır. Estetik varyasyonlar için translusent modifikasyonları geliştirildi. CAD/CAM sistemlerinde frezlenir ve ardından yüksek sıcaklıkta sinterlenir (Miyazaki, 2007).

2.2.3.7 Nanoseramikler

Nanoseramikler, nanometre düzeyinde seramik parçacıkların polimer matris içinde dağılması ile elde edilen hibrit yapıli materyallerdir. Bu yapı, esneklik, cilalanabilirlik ve tamir edilebilirlik gibi avantajlar sunar. Ancak mekanik dayanıklılıkları sınırlı olduğu için daha çok geçici restorasyonlarda veya düşük stresli bölgelerde tercih edilir (Denry & Kelly, 2014).

2.2.3.8 Polimer İnfiltrate Seramikler (PICN)

PICN materyaller, seramik ağ yapısı içerisine polimer infiltrate edilerek oluşturulan çift fazlı yapılardır. Elastisite modülü dentine benzer seviyede olup bu durum biyomekanik açıdan avantaj sağlar. CAD/CAM ile işlenebilir olmaları ve fırınlama gerektirmemeleri klinik uygulama açısından kolaylık sağlar (Miyazaki, 2007).

2.2.3.9 Polimerler

Polimer bloklar, CAD/CAM sistemlerinde özellikle geçici kuron ve köprüler için kullanılmaktadır. Yüksek oranda metakrilat monomer içeren bu materyaller kolay işlenebilir, ancak uzun dönem dayanıklılık özellikleri sınırlıdır. Bununla birlikte, bazı modern ürünler (örneğin VarseoSmile) daimi restorasyonlar için geliştirilmeye başlanmıştır (Spitznagel ve ark., 2021).

2.2.3.10 Metaller

CAD/CAM sistemleriyle işlenen metaller, genellikle kobalt-krom ve titanyum bazlı alaşımlardan oluşur. Bu materyaller yüksek mekanik direnç, biyouyumluluk ve uzun ömür gibi özelliklere sahiptir. Subtraktif frezleme veya selektif lazer ergitme (SLM) gibi yöntemlerle işlenebilirler. Özellikle implant üstü altyapılarda yaygın kullanım alanına sahiptirler (Kelly & Benetti, 2011).

2.3 Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcının ilk kullanımı 1970’li yıllara dayanmakla birlikte katı bir maddenin ilk yazdırılma işlemi Hideo KODAMA tarafından 1872 yılında yapılmıştır. Üç boyutlu

yazıcının üretimi 3B Systems Corp.'un kurucusu Charles HULL tarafından 1984 yılında gerçekleştirilmiştir. O yıllarda üretilmiş üç boyutlu yazıcılar hem boyutsal anlamda çok büyük olup hem de maliyetleri çok yüksekti bu sebeple genellikle prototip üretiminde kullanılmışlardır. Üç boyutlu yazıcılar 1995 yılında ticari kullanıma girmiştir. Yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üreten ilk üç boyutlu yazıcı 1996 yılında Z Corporation tarafından tasarlanmıştır. 21. yüzyılda teknolojinin gelişmesiyle üretim maliyetlerinin düşmesi nedeniyle yaygın kullanıma geçilmiştir ve 2007 yılında Regrap adıyla ilk açık kaynak kodlarına sahip yazıcılar piyasaya sunulmuştur. Açık kodlar ile üç boyutlu yazıcılar geliştirilmeye başlanmıştır. Object Geometries Şirketi 2008 yılında Connex500 modelini geliştirmiş, bu model aynı anda farklı malzemeleri kullanarak ürün üretilebilmektedir. Üç boyutlu yazıcılar başta sadece sanayi ağırlıklı kullanılmış olsa da 2009 yılından itibaren Makerbot ve 3B Systems şirketlerinin geliştirmiş olduğu Cubify gibi modellerle artık evlerde de kullanılmaya başlanmıştır (Shellabear, 2004).

Üç boyutlu yazıcılarla üretim; veri toplama, veri işleme, üretim ve üretim sonrası prosedürler olmak üzere dört aşamada tamamlanır. Veri toplama aşaması birçok teknoloji ile gerçekleştirilebilir. Temaslı ya da temassız şekilde gerçekleştirmek mümkündür. Bilgisayarlı tomografi (CT), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve ağız dışı veya ağız içi tarama cihazları kullanılarak bu aşama gerçekleştirilebilir. Veri işleme aşaması sanal ortam sürecini tanımlar. CAD yazılımı kullanarak nesne tasarlanır. Bu tasarım üç boyutlu yazıcılar ile kullanılabilen Standard Triangular Language (STL) dosyası formatına çevrilir ve bilgisayar destekli üretim cihazlarına aktarılır. STL formatı yüzeyi matematiksel bir düzen içerisinde çok sayıda üçgene bölerek tasarımın yalnızca yüzey geometrisi ve hacim bilgisini saklar. Üçgen sayısının artması ile yüzey detayı da artar. Üretim aşamasında STL formatında aktarılan dosyayla dilimler halinde katman katman nesne üretilir. Üretim sonrası prosedürlerde ise üretici firmanın önerilerine göre nesnenin polimerizasyonu gibi işlemlerle üretim tamamlanır (Çelik ve ark., 2013; Giannatsis & Dedoussis, 2009).

2.3.1 Diş Hekimliğinde Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcı Tipleri

Dijital diş hekimliğinde kullanılan üç boyutlu yazıcılar, ışıkla sertleşen reçinelerin katman katman polimerizasyonuna dayanır ve genellikle stereolitografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP) ve masked stereolithography teknolojileri ile çalışır. SLA sistemlerinde, lazer ışını reçine yüzeyine noktasal olarak odaklanır ve her katman tek tek taranarak sertleştirilir; bu yöntem yüksek yüzey çözünürlüğü sunar ancak üretim süresi bakımından daha uzundur

(Revilla-León & Özcan, 2019). Buna karşın, DLP teknolojisinde tüm katmanlar tek seferde projeksiyon yoluyla sertleştirilir; bu üretim hızını artırırken doğruluk değerleri bakımından da kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar (Alharbi ve ark., 2017). Masked stereolithography sistemleri ise DLP'ye benzer şekilde çalışmakla birlikte, ışık kaynağı olarak LCD (sıvı likit ekran) ekran kullanır ve daha ekonomik çözümler sunar. Diş hekimliğinde, üretim hızı ve boyutsal stabilite açısından DLP teknolojisi yaygın olarak tercih edilmektedir. Örneğin, Asiga Max ve Ultra serileri, 385 veya 405 nm dalga boyunda çalışan DLP sistemlerdir ve yüksek çözünürlükte sabit projeksiyon kaynağıyla dental modellerden kalıcı restorasyonlara kadar geniş bir uygulama alanı sunar (Asiga, 2022). Benzer şekilde, Türkiye merkezli geliştirilen Dentafab 3B yazıcıları da DLP tabanlı olup, dental uygulamalara özel reçine profilleri ve hassasiyet optimizasyonları ile öne çıkmaktadır (Dentafab, 2023). Kullanılacak teknoloji seçimi; üretim hızı, restorasyon tipi, boyutsal doğruluk ihtiyacı ve laboratuvar koşulları gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak belirlenmelidir.

2.3.1.1 DLP Teknolojisi

DLP teknolojisi, reçine bazlı üç boyutlu baskılarda yüksek hız ve hassasiyet sunan bir yöntemdir. Bu sistemde, sıvı reçine tankı üzerindeki her katman, dijital projektör aracılığıyla tek seferde sertleştirilir. Diş hekimliğinde DLP teknolojisi; geçici kuron-köprüler, ortodontik modeller ve cerrahi kılavuzların üretiminde yaygın olarak tercih edilir. Katmanlar arasında hızlı polimerizasyon süresi sayesinde üretim süresi kısalırken, elde edilen yüzey kalitesi ve detay verme kabiliyeti oldukça yüksektir. DLP sistemleri, özellikle yüksek üretim verimliliği ve tekrarlanabilirlik gerektiren klinik uygulamalar için uygundur (Alharbi ve ark., 2017).

Asiga Max UV yazıcısı (Şekil 2.4.), DLP teknolojisini kullanır. Yazıcı, 62 mikron piksel çözünürlüğündedir. 119 x 67 x 76 mm boyutlarındaki baskı alanı, orta boyutlu nesnelerin üretilmesine imkan tanır. Saatte 60 mm'ye kadar ulaşan baskı hızı mevcuttur. UV LED 385 nm dalga boyuna sahiptir (Al-Dwairi ve ark., 2023). Diş hekimliğinde Asiga Max UV yazıcısı, çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Cerrahi operasyonlar sırasında rehberlik etmek amacıyla kişiye özel cerrahi kılavuzlar üretilir. Protez kaideleri ve geçici diş protezlerinin üretilmesini sağlar. Ayrıca, kısmi protezlerin (parsiyel), ortodontik tedavi sırasında diş tellerinin yerleştirilmesine yardımcı olan araçların (IBT'ler), hassas kuron ve köprülerin, kişiye özel ölçü kaşıklarının ve ortodontik apareylerin hazırlanmasında kullanılabilir (Al-Dwairi ve ark., 2023).



Şekil 2.4. Üç Boyutlu Dental Yazıcı (Asiga Max UV)

Dentafab 3B yazıcısı (Şekil 2.5.), DLP teknolojisini kullanan, dental uygulamalarda tercih edilen bir cihazdır. 385 nm ve 405 nm ışık kaynaklarını kullanır. 120 mm x 68 mm boyutlarında bir baskı platformu bulunur, bu sayede 2-3 tam ark modelinin baskısını mümkün kılar (Kahraman & Tezel). Dentafab 3B yazıcısı, çeşitli biyouyumlu malzemelerle çalışabilme yeteneği sağlar. Geçici/ kalıcı restorasyonlar, modeller ve rehberler gibi çeşitli dental uygulamalara uyum sağlayan reçinelerle kullanılabilir. Diş hekimliğinde Dentafab 3B yazıcısı, çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Diş protezleri, kuronlar, köprüler, şeffaf plaklar ve diğer ortodontik cihazlar bu yazıcı kullanılarak hassas ve kişiye özel olarak üretilir. İmplant cerrahisinde kullanılmak üzere kişiye özel cerrahi rehberler hazırlanabilir. Tedavi planlaması ve hasta eğitimi için detaylı dental modeller oluşturulabilir. Ayrıca, tedavi sırasında geçici protezler ve restorasyonlar üretilir (Kahraman & Tezel, 2024).



Şekil 2.5. Üç Boyutlu Dental Yazıcı (Dentafab 3B)

2.3.1.2 SLA Teknolojisi

SLA, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan ilk fotopolimerizasyon teknolojilerinden biri olup, lazer ışını ile sıvı reçinenin katı forma dönüştürülmesi prensibine dayanır. Bu yöntemde lazer, reçine tankının yüzeyinde seçici olarak hareket ederek nesnenin kesitini çizer. SLA baskılar yüksek yüzey pürüzsüzlüğü ve boyutsal doğruluk sağlar; bu nedenle detaylı dental modeller, protez kaideleri ve hassas ölçü gerektiren protetik parçaların üretiminde idealdir. Ancak DLP'ye kıyasla üretim süresi daha uzundur, çünkü her katman tek nokta lazerle sıralı olarak sertleştirilir. SLA teknolojisi, restoratif ve laboratuvar tabanlı çalışmalarda sıklıkla tercih edilir (Gökmen ve ark., 2024).

2.3.1.3 LCD Teknolojisi

LCD teknolojisi, temel olarak DLP'ye benzer şekilde çalışsa da, projektör yerine bir LED ışık kaynağının LCD ekran üzerinden geçerek her katmanı maskeleyerek reçineyi sertleştirir. Bu yöntem, DLP sistemlerinden daha düşük maliyetli olup, kompakt masaüstü cihazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. LCD yazıcılar diş hekimliğinde model üretimi, splint yapımı ve geçici restorasyonlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ışık dağılımının eşit olmaması ve bazı ekran kalitesi sınırlamaları nedeniyle DLP kadar yüksek çözünürlük sunmayabilir. Ancak uygun bütçeyle yüksek hassasiyetli üretim yapmak isteyen klinik ve laboratuvarlar için cazip bir alternatiftir (Salmi ve ark., 2013).

2.3.2 Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretimde Kullanılan Materyaller

Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin diş hekimliği uygulamalarına entegrasyonu, hem geçici hem de daimi restorasyonların dijital olarak üretilmesini mümkün kılmış ve geleneksel yöntemlere kıyasla zamandan ve malzemeden tasarruf sağlayan yeni bir iş akışı sunmuştur. Geçici restorasyonlarda kullanılan üç boyutlu baskı materyalleri, genellikle düşük viskoziteli, metakrilat bazlı fotopolimer reçineler olup, kısa süreli klinik kullanım için yeterli mekanik stabilite ve yüzey pürüzsüzlüğü sunar. Buna karşın daimi restorasyonlar için geliştirilen reçineler, yüksek seramik dolgu oranına ve artırılmış çapraz bağlanma kapasitesine sahip fotopolimer sistemlerdir; bu sayede uzun süreli fonksiyonel dayanıklılık, düşük aşınma oranı ve renk stabilitesi gibi klinik açıdan kritik özellikleri karşılayabilirler (Revilla-León & Özcan, 2019). Buna karşın geçici materyaller, üretim sonrası basit yüzey işlemleriyle kullanıma sunulabilirken, daimi materyallerin UV kürleme, gaz ortamında post-curing ve yüksek çözünürlüklü üretim gereklilikleri daha karmaşık bir üretim protokolü gerektirir. Bu doğrultuda, üç boyutlu baskı ile üretilen restorasyonların başarısı, yalnızca kullanılan materyalin fizikokimyasal özelliklerine değil, aynı zamanda uygulanan üretim ve kürleme protokolüne de doğrudan bağlıdır (Van Noort & Barbour, 2023).

2.3.2.1 Daimi Reçineler

Dijital diş hekimliğinde üç boyutlu yazıcı (eklemeli üretim) teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, yalnızca geçici değil, aynı zamanda daimi restorasyonlarda da kullanılabilecek özel kompozit bazlı reçine sistemleri geliştirilmiştir. Bu materyaller, geleneksel CAD/CAM bloklarında kullanılan kompozitlerden farklı olarak, ışıkla polimerize olan fotopolimer reçinelerden oluşur ve genellikle metakrilat türevli monomerlerle birlikte seramik mikropartiküller veya nanopartiküller içeren hibrit bir yapıya sahiptir (Revilla-León & Özcan,

2019). Bu materyallerin üretimi sırasında SLA, DLP veya LCD gibi ışıqla kürlenene üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanılır. Reçinelerin içerisindeki dolgu partiküllerinin oranı, partikül boyutu ve dağılımı, elde edilen restorasyonun mekanik dayanıklılığı, aşınma direnci, marjinal uyumu ve renk stabilitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Modern sistemlerde bu kompozit reçineler, daimi kullanım için biyouyumluluk onayı (örneğin MDR Class IIa) alabilmekte ve uzun süreli klinik başarıya uygun hale getirilmektedir.

2.3.2.1.1 Saremco CrownTec Daimi Reçine

Yüksek performanslı metakrilat bazlı monomer içeriği ve seramik mikropartiküllerle güçlendirilmiş yapısıyla eklemeli üretim (eklemeli üretim) için optimize edilmiş bir daimi restoratif kompozit reçinedir. Geleneksel olarak CAD/CAM frezleme sistemlerinde kullanılan bu materyal, aynı zamanda uygun polimerizasyon parametreleriyle DLP tipi üç boyutlu yazıcılarda da başarıyla kullanılabilir. Yüksek organik faz oranı, işlenebilirliği artırmakla birlikte, dikkatli kütleme protokolleri uygulanmadığında polimerizasyon büzülmesi riskini artırabilir. CrownTec, EN ISO 10993 biyouyumluluk standardına uygunluğu ve Class IIa tıbbi cihaz belgesi ile klinik güvenilirliği kanıtlanmıştır. Estetik ve fonksiyonel restorasyonların üretiminde, özellikle kısa sürede, doğrudan ağız dışı üretim gerektiren dijital iş akışlarında tercih edilmektedir (Revilla-León & Özcan, 2019) (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Saremco Crowntec Daimi Reçinesi

2.3.2.1.2 VarseoSmile Crown Plus Daimi Reçine

VarseoSmile Crown Plus (Şekil 2.7.), DLP tabanlı üç boyutlu yazıcılarda doğrudan kullanılan, kalıcı kullanım onayına sahip fotopolimer kompozit reçinelerden biridir. Yapısında metakrilat bazlı monomerler ve %30–50 oranında seramik dolgu partikülleri bulunur. Bu hibrit yapı, restorasyonların üç boyutlu baskı sonrası post-curing (UV kürleme) işlemiyle 150–180 MPa düzeyinde eğilme direnci kazanmasını sağlar. Literatürde yapılan çiğneme simülasyonu çalışmalarında, bu materyalin kırılma dayanımının ortalama insan çiğneme kuvvetinin iki katından fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca diş fırçalama simülasyonlarında düşük yüzey aşınması (yaklaşık 0.56 mm/5 yıl) ve ideal yüzey pürüzlülüğü ($R_a \leq 0.11 \mu\text{m}$) değerleri elde edilmiştir. Mikro-BT ve SEM analizlerinde ise dolgu partiküllerinin homojen dağılım gösterdiği ve materyalin düşük geçirgenlik ile iyi polimerizasyon karakteristikleri sergilediği raporlanmıştır. Biyouyumluluk değerlendirmelerinde ise ISO 10993 standardına uygun olarak

yapılan sitotoksisite testlerinde güvenli sınırlar içinde kaldığı ve Class IIa tıbbi cihaz onayı aldığı bildirilmiştir. Bu özellikleriyle VarseoSmile Crown Plus, hem anterior hem de posterior bölgede kalıcı restorasyonlarda güvenle kullanılabilecek yüksek performanslı bir üç boyutlu baskı materyali olarak öne çıkmaktadır (Aati, 2023; Talmazov, 2022)(Bego GmbH, 2023).



Şekil 2.7. VarseoSmile Crown Plus Daimi Reçine

2.3.2.2 Geçici Restorasyonlarda Kullanılan Reçineler

Geçici restorasyonların üretiminde kullanılan üç boyutlu yazıcı materyalleri, özellikle biyouyumluluk, mekanik dayanıklılık ve estetik açıdan klinik gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilmiştir. Bu materyaller genellikle akrilik bazlı fotopolimer reçinelerden oluşmakta olup, ışıkla kürlenebilir yapıları sayesinde dijital üretim süreçlerine yüksek uyum göstermektedir. Düşük büzülme oranları, yeterli marjinal uyum ve kısa üretim süresi gibi avantajları sayesinde geçici kuron ve köprülerin hızlı ve hassas şekilde üretilmesine olanak tanır. Ayrıca, bazı geçici materyaller uzun dönem kullanım için uygun olacak şekilde geliştirilmiş olup, ağız içi stabilite

ve renk dayanımı açısından optimize edilmiştir. Son yıllarda, üretici firmalar geçici restorasyonlar için özel olarak formüle edilmiş yüksek çözünürlüklü baskı reçineleri piyasaya sunmuş ve bu malzemelerin marjinal adaptasyon, yüzey pürüzlülüğü ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar artış göstermiştir. Bu bağlamda, geçici restorasyonlarda kullanılan üç boyutlu baskı materyalleri, dijital diş hekimliğinin klinik uygulamalarındaki etkinliğini artırarak tedavi sürecini hem hasta hem de hekim açısından daha verimli hale getirmektedir (Alharbi ve ark., 2017).

2.4 Marjinal ve İnternal Uyum

İnternal ve marjinal uyum, herhangi bir restorasyonun uzun süreli klinik başarısı için anahtar kriterlerdendir (Diken Türksayar, 2019). Mükemmel internal uyum, simantasyon sırasında retansiyon ve rezistans formlarından ödün vermeden kuronun yerleştirilmesini kolaylaştırır ve protezin retansiyonunu artırır. Zayıf marjinal uyum mikrosızıntı ve plak birikimini arttırabilir ve aradaki simanın çözünmesi ile sekonder çürükler ve periodontal inflamasyon meydana gelebilir. Bu nedenle, geçici restorasyonlar dahil tüm restorasyonların internal ve marjinal uyumu hususuna dikkat edilmeli, yapımları için gerekli özen gösterilmeli, hazırlanmalarında uygun materyal ve teknikler kullanılmalıdır. Marjinal ve internal uyum kavramları diş preparasyonu ile başlar (Heboyan, 2019). Diş preparasyonunda, ölçü ve laboratuvar aşamalarında yapılan hatalar, kısa dönemde dahi başarısızlıklara sebep olabilir. Restorasyonun uyumsuz olması; biyolojik, mekanik ve estetik problemlere sebep olur (Farah & Alresheedi, 2023). Klinik olarak kabul edilebilir maksimum marjinal aralık miktarını neyin belirlediği konusunda henüz bir fikir birliği yoktur. Sağlıklı periodontal ve pulpal dokuları korumak için geçici bir kuronun marjinal aralığının, daimi sabit restorasyonlardaki gibi yaklaşık 50- 100 µm arasında olması gerekir (Elsayed ve ark., 2025). McLean ve ark.(McLean, 1971), 120 µm'nin klinik olarak kabul edilebilir maksimum marjinal boşluk miktarı olduğunu bildirmişlerdir. Boening ve ark.(Boening ve ark., 2000) ise, bu değerin 100-200 µm arasında olabileceğini belirtmişlerdir. Akrilik rezinin fiziksel özellikleri, su emilimi ve ağız içi ısı değişimlerinden etkilenebilir. Bu durum marjinal uyumu olumsuz olarak etkiler. Ayrıca, akrilik resin içerisindeki boşluklardan, polimerizasyon streslerinden, artık monomerlerden, marjinal alana iletilen termal ve oklüzal streslerden çatlak ilerlemesi oluşabilir. Marjinal bölgedeki rezidüel stresler sonucu oluşan yorgunluk marjinlerde resin bütünlüğünün bozulmasıyla sonuçlanabilir. Bu nedenle marjinal uyumun bozulmaması için periyodik aralıklarla kontrol ve uyumlamalar gerekir (Çin ve ark., 2023).

2.4.1 Marjinal ve İnternal Uyum Ölçme Teknikleri

2.4.1.1 Kesitsel Yöntem

Simantasyondan sonra protezin incelenecek kısmının kesilerek optik veya elektronik mikroskopla ölçüldüğü bir yöntemdir. Ağız içerisinde kullanılan protez ölçüldüğünden, protezin marjinal ve internal uyumunun doğru ölçülmesine olanak sağlar. Ancak ölçümler doğrudan ağız içinden yapılamaz ve ölçümü yapılan protez yeniden kullanılamaz (Son ve ark., 2019).

2.4.1.2 Silikon Replika Tekniği

Bu teknikte, restorasyonun iç yüzeyine akıcı kıvamlı bir ölçü maddesi konur ve parmak basıncı yardımıyla ana model üzerine ya da diş üzerine yerleştirilir. Sertleştikten sonra kuron diğten ayrılır. Kuronun içine yine akışkan fakat öncekinden daha kıvamlı silikon doldurulur. Silikonlar kurondan çıkarıldıktan sonra üst taraftaki daha akışkan silikon iç uyumu ve siman aralığını gösterirken; daha kıvamlı olan silikon prepare edilmiş diş temsil eder. Bu silikonlardan kesitler alınıp mikroskop altında incelenir (Son ve ark., 2019). Bu tekniğin eksiklikleri, ölçüm alanındaki silikon materyal uyumsuzlukları ve film kalınlığının mikroskopla değerlendirilmesindeki hatalardır. Bir diğerk dezavantaj da silikon materyalinin yarattığı hidrostatik basınç ile kuronun preparasyon üzerine tam olarak oturmama ihtimalidir. Nispeten basit, düşük maliyetli bir yöntem olduğı için ve doğrudan oral kavitede ölçüm yapılmasına olanak sağladığı için birçok çalışmada kullanılmaktadır (Park ve ark., 2017; Refaie ve ark., 2023). Ek olarak, kesitsel ve silikon replika yöntemlerinde sadece iki boyutlu değerlendirme yapılması mümkündür (Son ve ark., 2019).

2.4.1.3 Üçlü Tarama Yöntemi

Üç boyutlu veri ve ölçü elde etmek için provalar aşamasında, dayanak dişin ve protezin iç yüzeyinin bir yazılımla karşılaştırılarak marjinal ve internal uyumunun değerlendirilme yöntemidir. Tekrarlanabilir ve iyonize radyasyon içermeyen bir yöntemdir (Svanborg ve ark., 2019)

2.4.1.4 Optik Koherens Tomografi (OCT)

Koherent ışın kullanarak optik saçılma ortamında daha yüksek çözünürlüklü iki boyutlu veya üç boyutlu görüntüler kullanan bir yöntemdir. Bu, *in vivo* araştırmalar için sıklıkla kullanılan, gerçek zamanlı olarak daha yüksek çözünürlüklü görüntülerin alınmasına izin veren, biyolojik dokulara zararsız, iyonize radyasyon içermeyen bir yöntemdir. Dezavantajı ise çok

kalın veya optik opak malzemelerin ölçümünün zorluğudur (Son ve ark., 2019). Üçlü tarama yöntemi, Mikro-BT ve optik koherens yöntemleri ile hem iki boyutlu hem de üç boyutlu analiz mümkündür (Son ve ark., 2019).

2.4.1.5 Dijital Görüntü Analizi Dizisi

Marjinal uyumu analiz etmek için yakın zamanda geliştirilmiş, kullanışlı bir yöntemdir. Silikon replika metoduna benzer. Fakat silikon replika metodundan farklı olarak; simante edilmiş örneklerin negatif replikaları, mikroskop altında fotoğraflanır ve kuron ile dayanağın orijinal görüntüleriyle bu fotoğraflar karşılaştırılarak değerler elde edilir (Son ve ark., 2019).

2.4.1.6 Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

Mikro-BT görüntüleme, kuronların uyumunu değerlendirmek için kullanılan, iyonize radyasyon içeren bir görüntüleme tekniğidir. Bu yöntemin avantajları yüksek çözünürlük ve üç boyutlu görüntüler elde edilerek istenilen bölgelerin ölçülebilmesidir. Ancak bu yöntemde artefaktların varlığı nedeniyle metal içeren protezleri ölçmek zordur ve radyasyon maruziyeti söz konusudur (Son ve ark., 2019). Mikro tomografi cihazları yapı olarak bilgisayarlı tomografi (BT) cihazlarına benzemektedir. Ancak Mikro-BT ile BT arasında iki temel fark vardır; BT’lerde X ışını kaynağı ve dedektör hasta etrafında döner ve bunun sonucunda mekanik vibrasyona sebep olur. Ancak Mikro-BT’de X ışını kaynağı ve dedektör genelde sabitken, küçük boyuttaki nesne kendi eksenini etrafında döndürülür. Böylece vibrasyon azalır ve çözünürlük artar. X ışını kaynağı boyutu BT’lerde 1mm iken Mikro-BT’ de boyut 5-50 μm ’dir. Kaynağın boyutunun daha küçük oluşu projeksiyon derinliğini artırır (Sasov & Dyck, 1998) ve birçok alanda mikrometrik düzeyde hassas ve tekrarlanabilen ölçümler yapılabilir (Borba ve ark., 2011).

2.5 X Ray Bilgisayarlı Mikro Tomografi Yöntemi (Mikro-BT)

Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) (Şekil 2.8.) cihazı ilk kez 1982 yılında Elliot ve Dover tarafından kullanılmıştır (Karataş, 2013). Konvansiyonel bilgisayarlı tomografi (BT) cihazları ile genellikle 1 mm³ hacimde voksellere sahip görüntüler elde edilirken, mikro bilgisayarlı tomografi ile 5-50 μm boyutlarda, BT’ den yaklaşık 1.000.000 kat daha küçük hacimde vokseller üretilmektedir (Karataş, 2013). Mikro-BT ile iki boyutlu mikroskopi tekniğinden daha yüksek, üç boyutlu ultrasonografi tekniğinden daha düşük çözünürlükte, 1 μm boyutundan daha küçük yapıların görüntüsü elde edilebilmektedir. Mikrotomografiden elde edilen verilerden çeşitli bilgisayar programları aracılığıyla ilgilenilen yapıları daha iyi gösteren üç boyutlu görüntüler oluşturulabilir. Bu işlem yeniden yapılandırma anlamına gelen ‘3B

rekonstrüksiyon' olarak adlandırılır (Saraç, 2015). Mikro-BT ile örnek üzerinde herhangi bir deformasyon oluşmaması ve görüntünün tekrar tekrar incelenebilmesi önemli bir avantajdır. Bu yöntem ile dişler, kemikler, dental implantlar ve dental restorasyonlar gibi küçük ve kompleks yapıların iç yüzeylerinin, taranan cisimde herhangi bir zarara yol açmadan, dijital görüntüleri alınır. Bu görüntülerin daha sonra üç boyutlu model analizi ile üç boyutlu görüntüsü elde edilerek tam ve kesin veriler sağlanır. Dişlerin tüm yapıları yoğunluk derecelerine göre farklı gri tonlarında ve farklı piksel değerlerinde görülmesi mümkündür. Sistemden elde edilen görüntüler ve veriler daha sonra yapılabilen biyolojik, histolojik ve mekanik testler ile karşılaştırılabilir (Balto ve ark., 2000) (Verdonschot ve ark., 2001). Mikro-BT ve bilgisayarlı X ışınlı tomografisinde temel prensipler aynıdır. X ışınlı tomografi sistemi, numune preparasyonu ya da kimyasal fiksasyon gerektirmeden üç boyutlu görüntüleme ve ölçüme izin verir (Zinelis, 2009). Mikro-BT cihazının ana parçaları X-ışını tüpü, üzerine sabitlenen örneği belli aralıklar ile çeviren bilgisayar kontrollü bir adım motoru, ortamdaki X-ışınını kamera sensörü üzerine yoğunlaştıran görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine düşen X-ışınlarını görüntü verisine çeviren bir CCD kamera, görüntü toplayıcısı ve tüm bunları kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır (Zinelis, 2009). Bir röntgen gölge görüntüsü, üç boyutlu bir nesnenin iki boyutlu bir projeksiyonunu temsil eder. Yani röntgen ışınması bu gölge görüntüye paralel olarak tanımlanabilir. Oluşan gölge görüntünün üzerindeki her nokta, ilgili kısmi röntgen ışınının yolu boyunca nesne tarafından radyasyonun emilme bilgisinin birleşimini içerir. Mikro BT'nin temel çalışma prensibi de tek boyutlu gölge çizgilerden iki boyutlu nesne dilimlerinin seri halde yeniden üretiminden iki boyutlu projeksiyonların üretilmesi ve iki boyutlu projeksiyonlardan da üç boyutlu projeksiyonların üretilmesine dayanır (Landis & Keane, 2010). X ışını görüntülemesi için, X ışınları nesnenin içinden geçirildiğinde ışınlar saçılır ya da absorbe edilir. Bir BT kesitindeki grilik derecesi X ışını atenuasyonuna (zayıflama katsayısı) karşılık gelir ve her bir vokselden geçerken saçılan veya soğurulan X ışını oranını yansıtır. Birçok yönden kesit düzleminde gönderilen X ışınının yoğunluğundaki azalma ölçülerek BT görüntüsü oluşturulur. Bu kesit düzeninde X ışını dağılımının düzenlenmesi için özel bir algoritma kullanılmaktadır. Ardışık BT görüntüleri kullanılarak bütün hacmi tanımlayan bir bilgi elde edilir. Mikro-BT taraması esnasında nesne sabit bir dönme hareketi ile 180° veya 360° döner. Her açısal konumda bir gölge görüntüsü veya iletim görüntüsü elde edilir. Bilgi edinme programı bütün bu projeksiyon görüntülerini diske kaydeder. Taramadan sonra veri seti bir set normal transmisyon röntgen görüntüsü içerir. Elde etme sona erdiğinde, yeniden yapılandırma başlayacaktır. Elde edilen gölgesel açı projeksiyonları nesnenin içinden sanal dilimlerin yeniden yapılandırılması için kullanılacaktır. Yeniden yapılandırmanın

tamamlanmasıyla üç boyutlu modeller oluşturulmuş olur. Görüntüler üzerinden analiz yapılabilmesi için dosyalar oldukça büyük olduğundan terabayt büyüklükte harici belleklerin kullanılarak verilerin transfer edilmesi önerilmektedir. Görüntü analiz yazılımları kopyalanarak yüksek hafıza kapasiteli bilgisayarlara yüklenerek çalışılabilir (Landis & Keane, 2010).

Literatürde, farklı intraoral tarayıcılarla üretilen daimi reçinelerin marjinal ve internal uyumlarıyla ilişkili kısıtlı çalışma mevcuttur. Çalışmanın amacı, güncel kullanılan intra-oral tarayıcıların tarama sonrasında elde edilen verilerle üç boyutlu yazıcıdan farklı daimi reçinelerden oluşturulan kuronların Mikro-BT yöntemiyle marjinal ve internal uyumlarını incelemektir.



Şekil 2.8. Bruker SkyScan 1172 Micro-BT

3. MATERİYAL ve METOD

Bu *in vitro* çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan ekipman ve cihazlarla gerçekleştirildi. Kullanılan materyal ve laboratuvar giderleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 2024-TDR-6.12.47-0004 numaralı projeden sağlandı. Çalışmada kullanılacak örnek sayısı (Power analizi) G*Power v3.1.9.6 programı kullanılarak belirlendi. Referans çalışmada marginal gap sonucu esas alındığında; %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$) ve $f=0,588$ etki büyüklüğü ile tekrarlı ölçümler test sonucunda çalışmaya dahil edilmesi gereken toplam örnek sayısı 30 olarak bulundu (Abduljawad & Rayyan, 2022; Akat ve ark., 2022; Bandiaky ve ark., 2023).

Üretilen örneklerden mikro-BT yöntemiyle kesitsel görüntüler elde edildi. Elde edilen görüntülerin sagittal kesitte 11, transvers kesitte 4 ve frontal kesitte ise 10 farklı noktasından ölçüm yapıldı (Yildirim ve ark., 2017). Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi.

3.1 Dayanakların Tasarımı ve Üretimi

Kuron restorasyonların simante edileceği dayanakları elde edebilmek için bir adet üst çene modeli (Frasaco GmbH, Tettnang, Almanya) temin edildi (Şekil 3.1.) ve 25 numaralı diş anatomik olarak yeşil kuşak aaretör frezleriyle kesildi. 6 derece taper açısına, 0.2 mm derinliğinde iç açısı yuvarlatılmış basamak bitimi oluşturularak (Şekil 3.2.) 1 mm oklüzal redüksiyon (Şekil 3.3.) ve 5 mm aksiyel uzunluğunda preperasyon yapıldı (Şekil 3.4.) (Shillingburg ve ark., 2012; Tylman ve ark., 1978).



Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan Çene Modeli



Şekil 3.2. Oklüzal Redüksiyon



Şekil 3.3. Fantom Diş Üzerinde Basamak Oluşturma

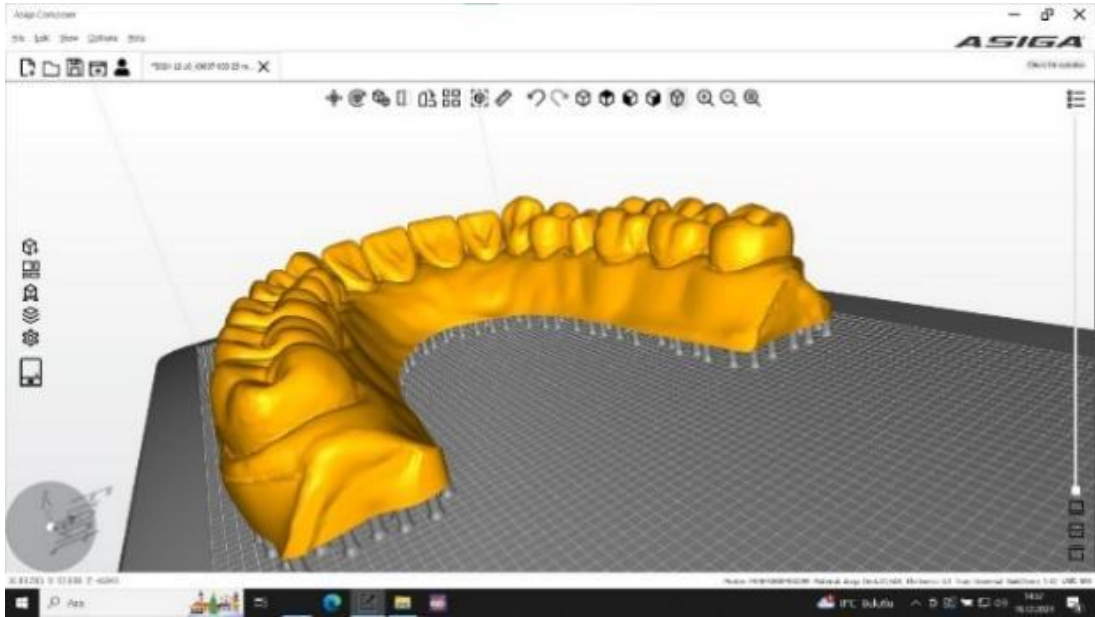


Şekil 3.4. Aksiyel Kesim

Standardizasyonun sağlanabilmesi için örnek dişli üst çene modeli üzerinden laboratuvar tarayıcısı (Dental Wings 7series (Straumann Group,Basel,İsviçre)) ile dijital ölçü alındı ve Asiga Max 3B Yazıcı (Sydney,Avusturalya) kullanılarak Asiga Dentamodel reçinesiyle ana model elde edildi (Şekil 3.5.-3.7.).



Şekil 3.5. Dijital Modelin Üç Boyutlu Yazısı Arayüzüne Aktarılması

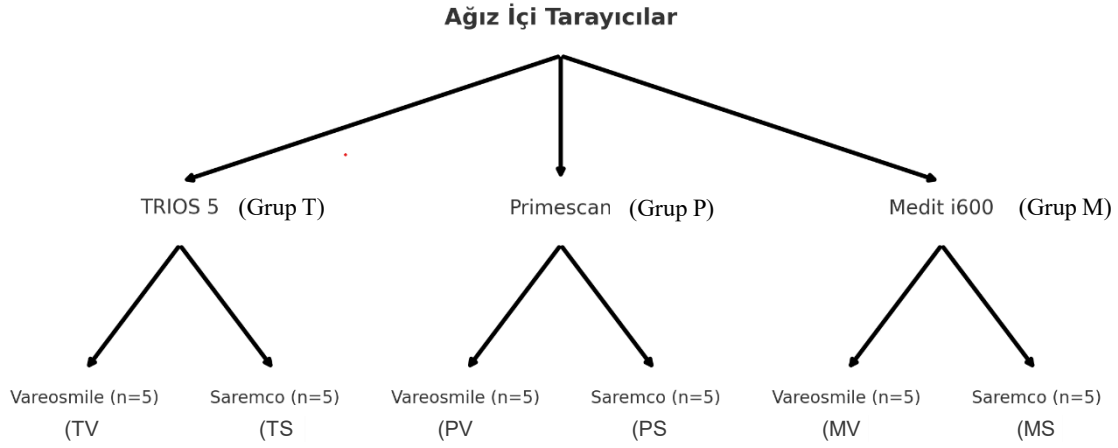


Şekil 3.6. Dijital Modelin Üç Boyutlu Yazıcıyla Elde Edilmesi



Şekil 3.7. Modellerin Model Tarayıcısıyla Taranması

Ana model elde edildikten sonra çalışmada iş akışına uygun olacak şekilde 6 deney grubu oluşturuldu (n=5) (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Çalışma Dijital İş Akışı

Bu çalışmada, dijital iş akışı ve üretim hassasiyetini değerlendirmek amacıyla, Frasaco alt çene modeli (Frasaco GmbH, Almanya) üzerinde Acurata kesim frezleri (Acurata GmbH & Co. KG, Almanya) kullanılarak sabit protetik restorasyon için diş preparasyonu gerçekleştirildi (Tablo 3.1.-3.2.).

Tablo 3.3. Kullanılan Mataryeller

Kullanılan Mataryeller	Üretici Firma	İçerik
Frasaco Fantom Çene	Frasaco GmbH (Bremen,Almanya)	Poliüretan Reçine
Saremco Daimi Reçine (3B baskı kompozit reçine)	Saremco Dental AG (St. Gallen Rhine Valley,İsviçre)	4,4'-izopropilidifenol, etoksillenmiş ve 2-metilprop-2enoik asit, silanize dış camı, pirojenik silika, başlatıcıların esterifikasyon ürünleri. İnorganik dolgu maddelerinin (partikül boyutu 0,7 µm) toplam içeriği %30 - %50 ağırlıktır.
Vareosmile Daimi Reçine (3B baskı hibrit kompozit reçine)	BEGO (Bremen,Almanya)	4,4'-izopropilidifenol, etoksillenmiş ve 2-metilprop-2enoik asit, silanize dış camı, metil benzoilformat, difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfin oksit, %30-50 ağırlık oranında inorganik dolgu maddelerinin (partikül boyutu 0,7 µm) esterifikasyon ürünleri
Kesim Frezleri	Acurata GmbH & Co. KGaA (Thurmansbang,Almanya)	
Asiga Dentamodel Model Reçinesi	Asiga (Sidney,Avustralya)	metakrilat monomerleri, ışık enerjisiyle polimerizasyonu başlatan fotobaşlatıcılar, mekanik özellikleri iyileştiren inorganik veya organik dolgu maddeleri ve reçineye istenilen rengi vermek için kullanılan boyalar

Tablo 3.4. Kullanılan Cihazlar

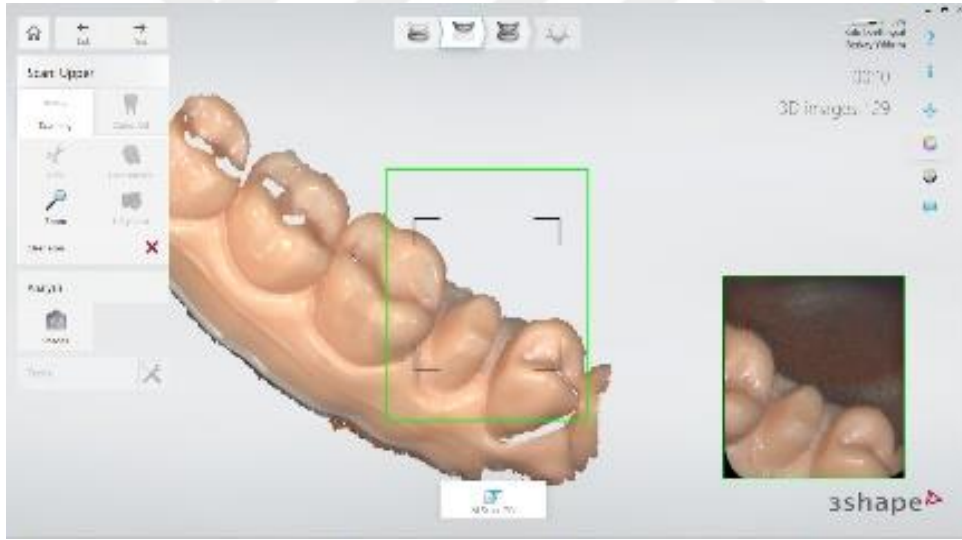
Kullanılan Cihazlar	Üretici Firma	Özellikler
Dental Wings 7series	Dental Wings Inc. (Kanada)	"Optik Lazer Triangülasyonu" (Optical Laser Triangulation)
Trios 5	3Shape A/S (Danimarka)	ScanAssist Motoru konfokal led
Medit i600	Medit Corp. (Güney Kore)	"Dual Camera Active Triangulation" (Çift Kameralı Aktif Üçgenleme)
Primescan	Dentsply Sirona (ABD,Almanya)	"Akıllı Piksel Sensörü" (Smart Pixel Sensor)
Mikro BT	Bruker SkyScan 1172 Micro-CT (Belçika)	X-ışını bilgisayarlı tomografi (CT)
Kürleme cihazı	Dentafab (Türkiye), HiLite (Kulzer, Almanya)	390–540 nm dalga boyu aralığında geniş bir kürleme spektrumu sağlar
Asiga 3B Yazıcı	Asiga (Sidney,Avusturalya)	DLP

3.2 Ölçümlerin Yapılması

Tüm taramalar ana model üzerinden üç farklı intraoral tarayıcıyla yapıldı. Çalışmada Trios 5 (Grup T) (Kopenhag,Danimarka), Medit i600 (Grup M) (Seul,Güney Kore) ve Primescan (Grup P) (Dentsply Sirona, Charlotte, Kuzey Karolina, ABD ; Bensheim, Almanya) intraoral tarayıcılar karşılaştırıldı. Her bir tarayıcıyla on kez ölçüm yapıldı. Standartlaştırılmış tarama protokolleri ve gelişmiş hizalama algoritmaları, potansiyel önyargıyı azaltmak ve ölçüm tekrarlanabilirliğini artırmak için uygulandı (Pan ve ark., 2021). Taramalar üretici firmaların tavsiyelerine uygun şekilde yapıldı.

3.2.1 Grup T ile Dijital Tarama

Bu çalışmada, dijital ölçülerin alınması sürecinde üretici firma olan 3Shape'ın TRIOS intraoral tarayıcı için önerdiği tarama protokolüne sadık kalındı. Tüm taramalar, önerilen strateji doğrultusunda oklüzal yüzeylerden başlanarak palatinal/lingual ve ardından bukkal yüzeylere geçilecek şekilde gerçekleştirildi. Tarama işlemi sırasında tarayıcı başlığı yaklaşık 10–15 mm mesafede ve 45°'lik açıyla tutuldu, sabit ve kontrollü bir hareket sağlandı. Tam ark taramalarında kemer segmentlere ayrılarak her bir bölge ayrı ayrı tarandı; böylece veri oluşturma hataları en aza indirilmeye çalışıldı. Ayrıca, tarama öncesinde ağız ortamı tükürük ve nemden arındırılarak yüzeylerin kuru ve net bir şekilde görüntülenmesi sağlandı. Bu yöntemle, üretici firmanın önerilerine uyularak yüksek doğrulukta dijital ölçü elde edilmesi amaçlandı. Literatürde de benzer şekilde, önerilen tarama stratejilerine uygun hareket edildiğinde özellikle tam ark taramalarda veri bütünlüğünün korunduğu ve ölçüm doğruluğunun anlamlı şekilde arttığı belirtilmektedir (Amornvit ve ark., 2020) (Mangano ve ark., 2017) (Şekil 3.9.-3.10.).



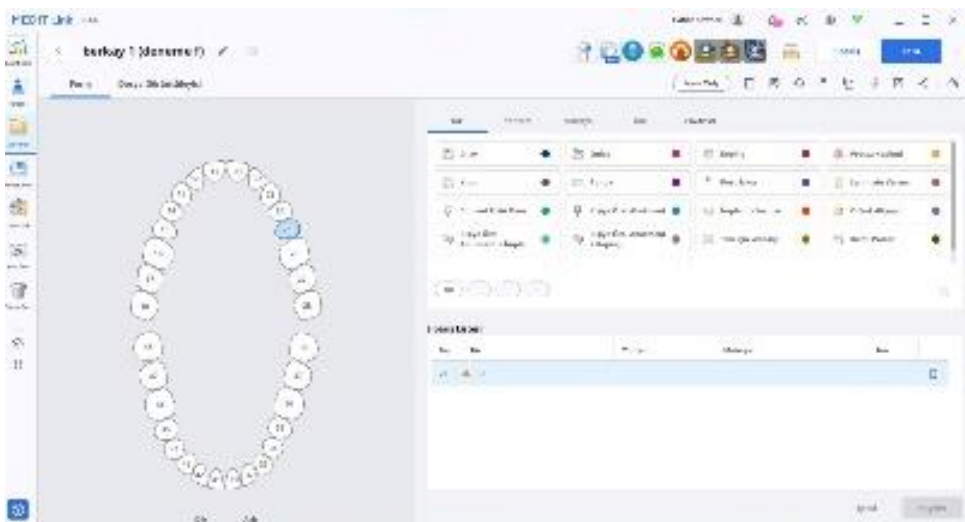
Şekil 3.9. Trios 5 ile Tarama Yapılması



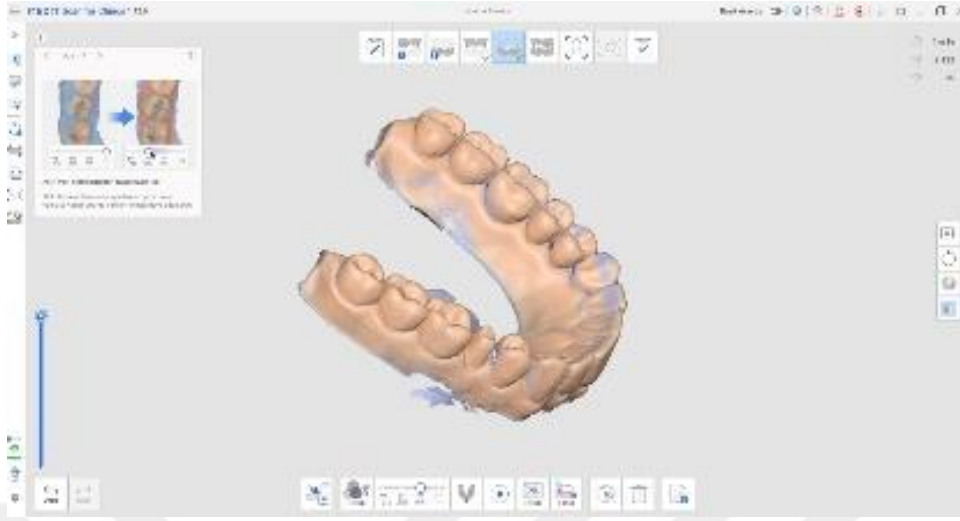
Şekil 3.10. Trios 5 ile Dijital Model Elde Edilmesi

3.2.2 Grup M ile Dijital Tarama

Medit i600 intraoral tarayıcısı, üretici firma Medit tarafından önerilen belirli tarama stratejileri doğrultusunda kullanıldığında, yüksek doğrulukta dijital ölçülerin elde edilmesini sağlamaktadır. Medit'in resmi kaynaklarında, tam ark taramalarında taramaya oklüzal yüzeylerden başlanması, ardından bukkal ve lingual yüzeylerin taranması önerilmektedir. Tarama sırasında tarayıcı başlığının yaklaşık 45° açıyla tutulması ve oklüzal, bukkal ve gingival yüzeylerin canlı tarama görüntüsünde 1:1:1 oranında görünmesi tavsiye edilmektedir . Ayrıca, Medit Scan for Labs yazılımında, tarama stratejisi ayarları sayesinde farklı vaka türlerine göre uygun tarama protokolleri seçilebilmekte ve bu stratejiler, tarama ve hizalama aşamalarında uygulanmaktadır (Medit. (2023, Kasım) (Şekil 3.11.-3.12.).



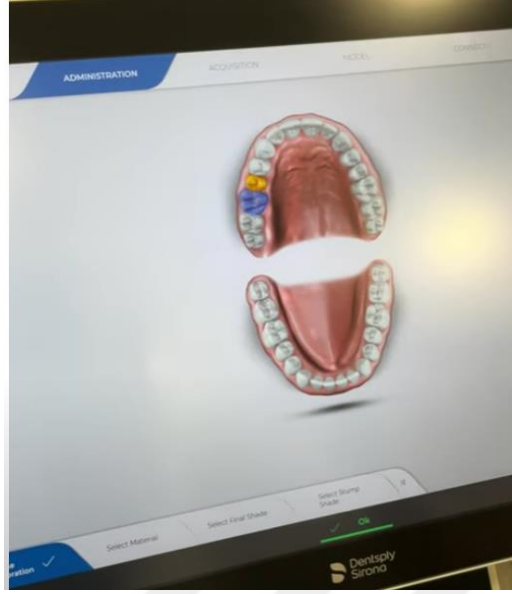
Şekil 3.11. Medit i600 ile İntraoral Tarama Yapılması



Şekil 3.12. Medit i600 ile Dijital Model Elde Edilmesi

3.2.3 Grup P ile Dijital Tarama

Bu çalışmada kullanılan Primescan intraoral tarayıcının üretici firması olan Dentsply Sirona tarafından önerilen tarama stratejilerine uygun şekilde dijital ölçüler alındı. Özellikle tam ark taramalarda, tarama işlemi sağ arka bölgeden başlanarak oklüzal yüzeyler üzerinden mezial yönde ilerlendi, ardından tarayıcı başlığı yaklaşık 20° açıyla bukkal yöne çevrilerek distal yönde hareket ettirildi. Daha sonra lingual taramaya geçilmiş ve başlık bu yüzeylerde yine yaklaşık 20° eğimle mezial yöne doğru yönlendirildi. Hazırlanmış dişlerin mesial ve distal proksimal yüzeyleri ise oklüzal yönden bakılarak detaylı biçimde tarandı. Tarayıcı başlığının diş yüzeyine olan mesafesi ortalama 2 mm olacak şekilde tutuldu ve yüzeylere temas ettirilmeden, sabit ve kontrollü bir hızda tarama gerçekleştirildi. Bu tarama stratejisi sayesinde, özellikle tam ark taramalarda veri kaybı minimize edildi, elde edilen dijital modellerin doğruluğu ve yüzey detay hassasiyeti artırıldı. Üretici firmanın klinik önerilerine paralel olarak uygulanan bu yöntemler, Primescan sisteminin gelişmiş görüntüleme kapasitesinden maksimum düzeyde faydalanılmasına olanak sağladı (Şekil 3.13.-3.14.) (Dentsply Sirona, 2022)



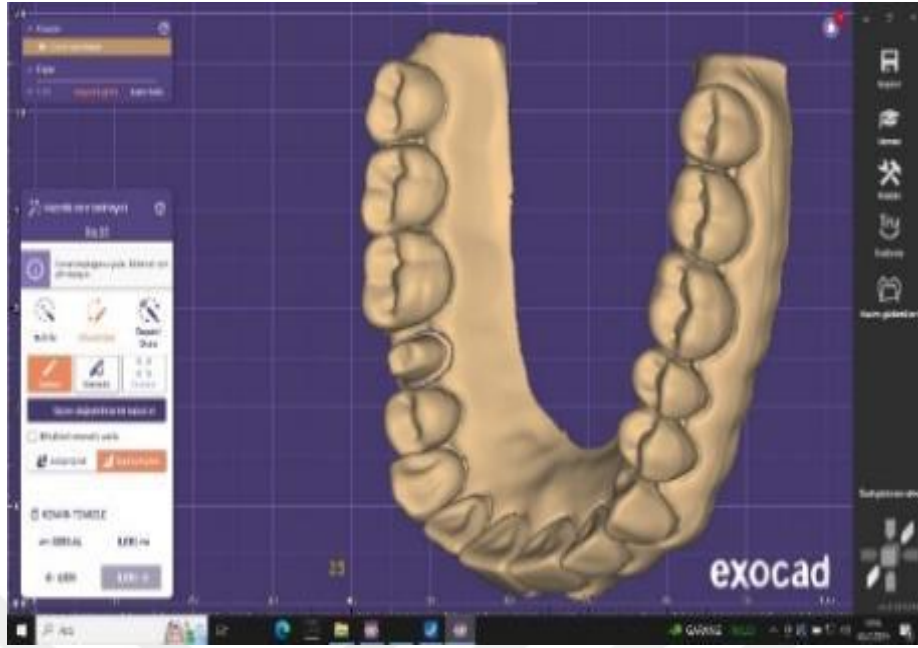
Şekil 3.13. Primescan ile Tarama Yapılması



Şekil 3.14. Primescan ile Model Elde Edilmesi

3.3 Kuronların Tasarımının Yapılması

Üç farklı intraoral tarayıcıyla yapılan toplam 30 ölçüm .stl dosya formatında dijital tasarım programına aktarıldı (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) (Şekil 3.13.). Çalışma modelleri dijitalize edildikten sonra bilgisayardaki CAD programı ile siman aralığı 50 µm ve marjinal aralığı 0 µm olacak şekilde premolar kuron tasarımı yapıldı (Gorripati ve ark., 2024; Hegazy ve ark., 2022; Morsy ve ark., 2024) (Şekil 3.15.-3.17.).



Şekil 3.15. Exocad Programına Dijital Modelin Aktarılması

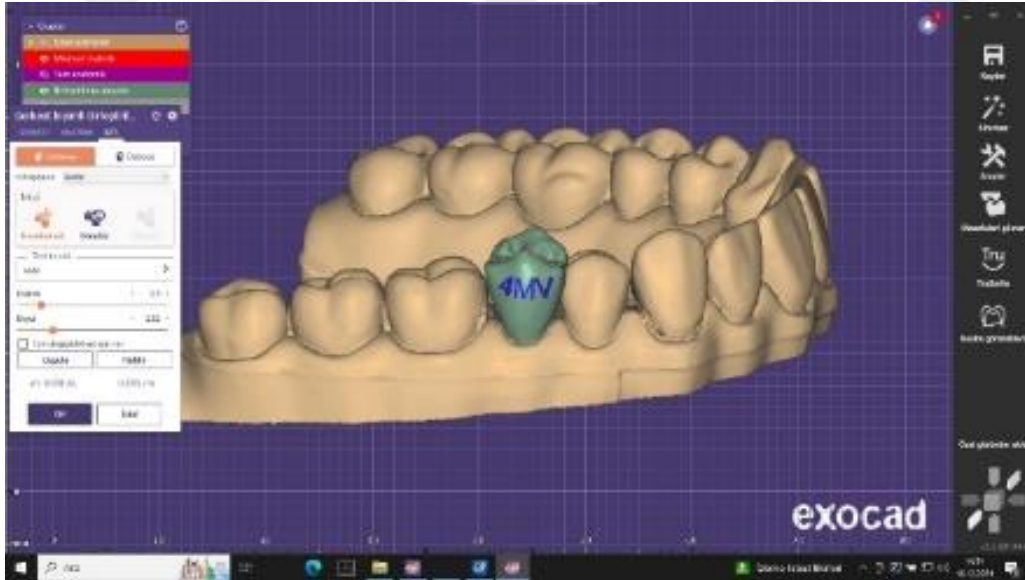


Şekil 3.16. Exocad Programında Kuron Tasarımı

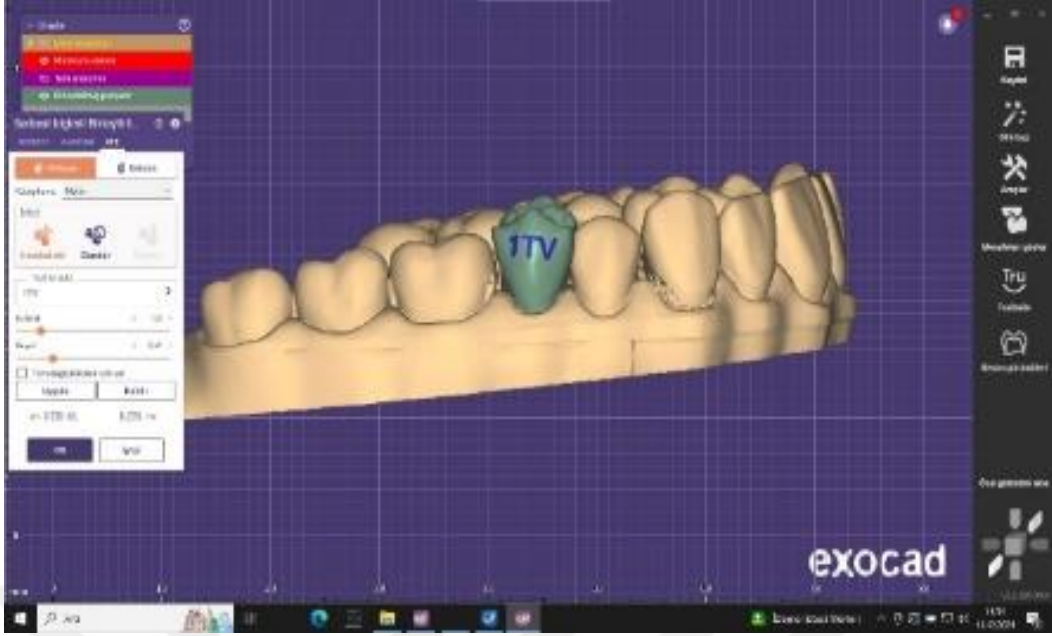


Şekil 3.17. Exocad Programında Restorasyonun Tasarlanması

Bütün deney gruplarında standardizasyonu sağlamak için restorasyonlar aynı tasarımcı tarafından üretildi. Tasarımların karışmaması için dijital tasarım programında üstlerine kısaltmalar yazıldı (Şekil 3.18.-3.19.).



Şekil 3.18. Restorasyonların Üstüne Kısaltmaların Yazılması



Şekil 3.19. Restorasyonların Üstüne Kısaltmaların Yazılması

Toplamda aynı parametreler kullanılarak gerekli kontrol ve düzeltmeler tek bir kişi tarafından sağlandı. 30 adet kuron restorasyon tasarımı yapıldı. Tasarım restorasyonun son hali üç boyutlu yazıcıdan üretilmek üzere Asiga 3B yazıcı yazılımına aktarıldı. İki farklı daimi reçine kullanıldığı için 15 farklı kuron tasarımı printer arayüzüne yerleştirildi. Standardizasyonu sağlamak için daimi reçineden üretilecek kuronlar tek seferde aynı koşulda üretildi.

3.4 Kuronların Üretilmesi

Kuron tasarımları Saremco Crowntec (Grup S) ve Varseosmile Crownplus (Grup V) daimi reçineleriyle üretildi (Şekil 3.20.).

3.4.1 Grup S Daimi Reçinesi ile Kuronların Üretilmesi

Üretim Şartları: Saremco'nun daimi reçinesiyle üretim, kontrollü bir ortamda ve üretici talimatlarına uygun şekilde gerçekleştirildi. Üretim ortamının sıcaklığı 25°C'de sabit tutuldu ve reçine UV ışığından korundu. Kullanımdan önce reçine iyice çalkalanarak homojen bir karışım sağlandı ve reçine oda sıcaklığında güneş ışığından uzak bir depoda saklandı. Reçine, kullanım talimatına uygun olarak 385 nm dalga boylarında çalışan uyumlu üç boyutlu yazıcıda 50 µm katman kalınlıklarında basıldı (Şekil 3.21.). Supportlar 0 dereceye ayarlanarak basıldı (Farag ve ark., 2024). Baskı sonrası kuronlar, izopropil alkol (IPA) ile temizlendi ve basınçlı

hava ile kurutuldu. Tam sertleşme için parçalar, 405 nm dalga boylu profesyonel UV kürleme cihazlarında (HiLite) (Şekil 3.22.) 2×180 s kürlendi (Saremco, 2023).



Şekil 3.20. Daimi Reçineler



Şekil 3.21. Üç Boyutlu Yazıcıda Kuronların Üretilmesi



Şekil 3.22. Kürleme Cihazı

3.4.2 Grup V Daimi Reçine ile Kuron Üretilmesi

Ortam sıcaklığı 25°C arasında tutuldu. Reçine, UV ışığına maruz kalmaktan korundu ve yalnızca baskı ve kürleme işlemleri sırasında ışığa maruz bırakıldı. Kullanımdan önce reçine iyice çalkalandı ve homojen bir karışım elde edildi. Depolama sırasında, reçine 5°C - 25°C arasında ve doğrudan güneş ışığından uzak bir yerde saklandı. Üç boyutlu baskı sürecinde, reçinenin uyumlu olduğu üç boyutlu yazıcı (Asiga) kullanıldı (Şekil 3.23.). Önerildiği gibi 50 µm katman kalınlığı seçildi ve yazıcının ışık kaynağı 385 nm dalga boyunda ayarlandı. Baskı tamamlandıktan sonra model, izopropil alkol (IPA) ile temizlendi ve basınçlı hava cihazlarıyla tamamen kurutuldu. Kürleme aşamasında, baskıdan çıkan model, UV ışığı altında her iki taraftan üretici firmanın talimatları doğrultusunda (2 x 90 saniye) kürlendi (Bego GmbH, 2023).



Şekil 3.23. Üç Boyutlu Yazıcıda Kuronların Üretilmesi

3.5 Day Üretimi

Üretilen restorasyonların marjinal ve internal uyumunu tek tek değerlendirmek için day modeller üretildi. Mikro-BT taramasında artefakt oluşmaması için Grup S ile üretilen restorasyonlar için üretilen day model Saremco daimi reçineden, Grup V ile üretilen restorasyonlar için olan day modeller ise Vareosmile daimi reçineden üretildi.

Exocad programında model üzerinden 25 numaralı diş seçilip “model creator” e basıldı. Model tipi olarak “plateless model” ve “with cutout dies” seçildi ve day oluşturuldu, daha sonra elde edilen .stl dosyası Asiga 3B yazıcıyla hangi reçineden kuron üretilecekse ona uygun day elde edildi (Şekil 3.24.).



Şekil 3.20. Day Üretimi

3.6 Mikro BT ile Ölçümlerin Yapılması

Bu *in vitro* çalışmada, farklı üretim yöntemleriyle elde edilen sabit protetik restorasyonların marjinal ve internal uyumları, yüksek çözünürlüklü bir mikro-BT sistemi ile değerlendirildi. Ölçümler için Bruker Skyscan 1172 (Kontich, Belçika) (Şekil 3.25.) model cihaz kullanıldı. Tarama işlemleri 100 kV voltaj, 100 μ A akım, 0,5 mm Al filtrasyon ve 9 μ m piksel çözünürlüğü ile gerçekleştirildi. Örnekler, tam dönüş sağlayacak şekilde 0,4° açısal artışlarla döndürülerek tarandı ve üç boyutlu hacimsel görüntüler elde edildi. Elde edilen veriler, NRecon yazılımı ile rekonstrüksiyona tabi tutulduktan sonra DataViewer ve CTAn

yazılımları kullanılarak analiz edildi. Her örnek restorasyon, dijital olarak model üzerinde hizalandı ve restorasyon-diş arayüzündeki boşluklar detaylı şekilde değerlendirildi (Yildirim ve ark., 2017).

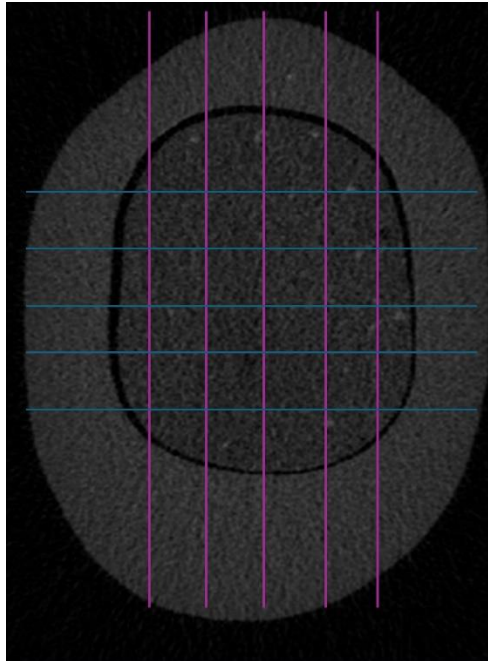
Ölçümler, üç farklı anatomik düzlemde (sagital, frontal ve transversal) gerçekleştirildi. Çalışmada dilimleme yöntemiyle frontal düzlemde otuz eşit aralıklı beş dikey kesit elde edilirken, sagital ve transversal düzlemlerde elli eşit aralıklı beş dikey kesit belirlenerek ölçümler yapıldı (Şekil 3.26-3.27) (Yildirim ve ark., 2017).

- Frontal kesitte, mesial ve distal bölgelerde 10 farklı noktadan ölçüm alındı (Şekil 3.28.):
 - MMG (Mesial Marjinal Boşluk)
 - MFLG (Mesial Bitiş Çizgisi Boşluk)
 - MAWG (Mesial Aksiyal Boşluk)
 - MAOG (Mesioaksiyal Okluzal Boşluk)
 - MOG (Mesial Okluzal Boşluk)
 - DOG (Distal Okluzal Boşluk)
 - DAOG (Distoaksiyal Okluzal Boşluk)
 - DAWG (Distal Aksiyal Boşluk)
 - DFLG (Distal Bitim Çizgisi Boşluk)
 - DMG (Distal Marjinal Boşluk)
- Sagital kesitte, bukkal ve palatinal yüzeylere yönelik 11 farklı noktadan ölçüm yapıldı (Şekil 3.29.):
 - BMG (Bukkal Marjinal Boşluk)
 - BFL (Bukkal Bitim Çizgisi Boşluk)
 - BAWG (Bukkal Aksiyal Boşluk)
 - BAOG (Bukkal Aksiyal Okluzal Boşluk)
 - BOG (Bukkal Okluzal Boşluk)
 - OG (Okluzal Boşluk)
 - POG (Palatinal Okluzal Boşluk)
 - PAOG (Palatinal Aksiyal Okluzal Boşluk)
 - PAWG (Palatinal Aksiyal Boşluk)
 - PFL (Palatinal Bitim Çizgisi Boşluk)
 - PMG (Palatinal Marjinal Boşluk)
- Transversal kesitte ise her örnekte bukkal, mesial, distal ve palatinal olmak üzere dört ana bölgede ölçüm gerçekleştirildi (Şekil 3.30.). Bu kesit, genel restoratif uyumun geniş yüzey perspektifinden değerlendirilmesine olanak sağlandı.

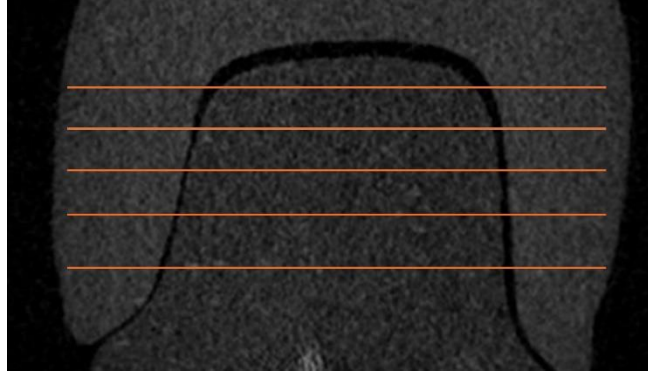
Her ölçüm, restorasyon ile dayanak diş arasındaki boşluğun milimetre (mm) cinsinden tespitiyle kaydedildi ve tek bir gözlemci tarafından gerçekleştirilerek standardizasyon sağlandı.



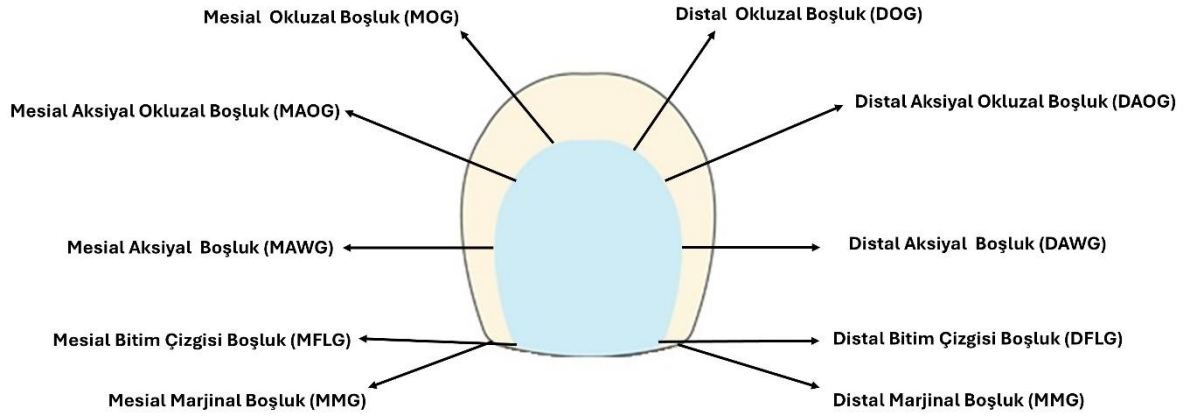
Şekil 3.21. Bruker Skyscan 1172 Micro-BT



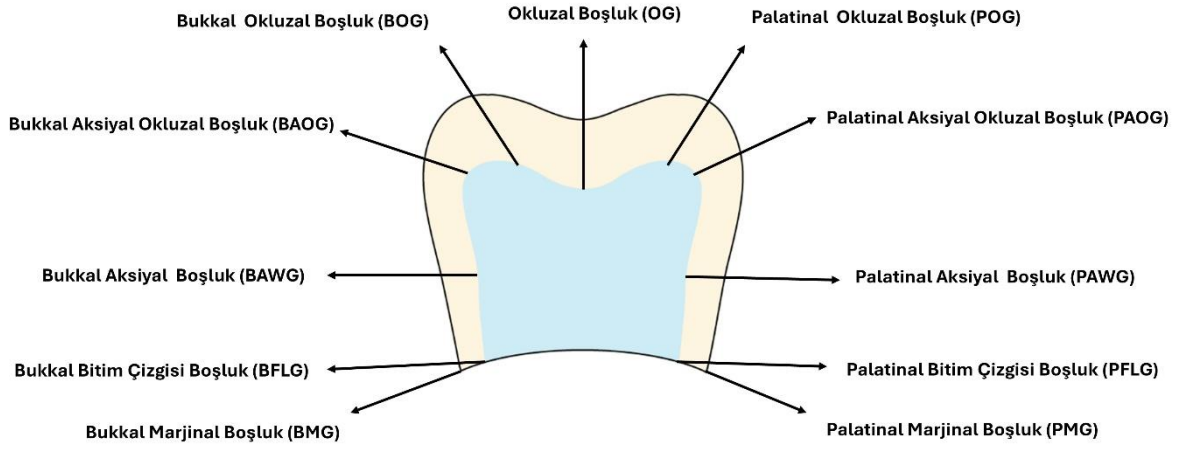
Şekil 3.22. Sagital ve Frontal Düzlemde Yapılan Mikro-BT Ölçüm Dilimlemesi



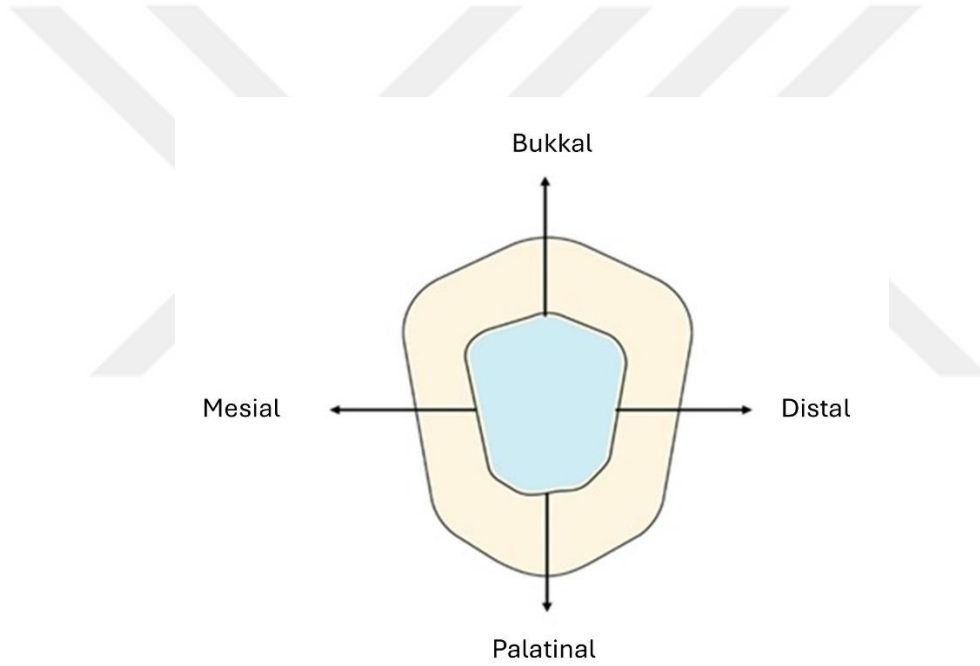
Şekil 3.23. Transversal Düzlemde Yapılan Mikro-BT Ölçüm Dilimlemesi



Şekil 3.24. Mikro-BT ile Frontal Kesitte Ölçüm Noktaları



Şekil 3.25. Mikro-BT ile Sagittal Kesitte Ölçüm Noktaları



Şekil 3.26. Mikro-BT ile Transversal Kesitte Ölçüm Noktaları

3.7 İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler Minitab 17 (Minitab Inc.; State College, PA, ABD) ve SPSS yazılımı (IBM SPSS Statistics for Windows v.25.0; IBM Corp., ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Her grup için (n=5) intraoral tarayıcı ve daimi reçine varyans dağılımlarının homojenliğini değerlendirmek için Shapiro-Wilk testi uygulandı ve normal dağılımlar bulundu. Tarayıcı ve materyal, ölçüm değerleri iki yönlü ANOVA testi kullanılarak analiz edildi ve elde

edilen değerler Tukey testi kullanılarak karşılaştırıldı. P değerinin anlamlılık dűzeyi $p<0,05$ olarak belirlendi.



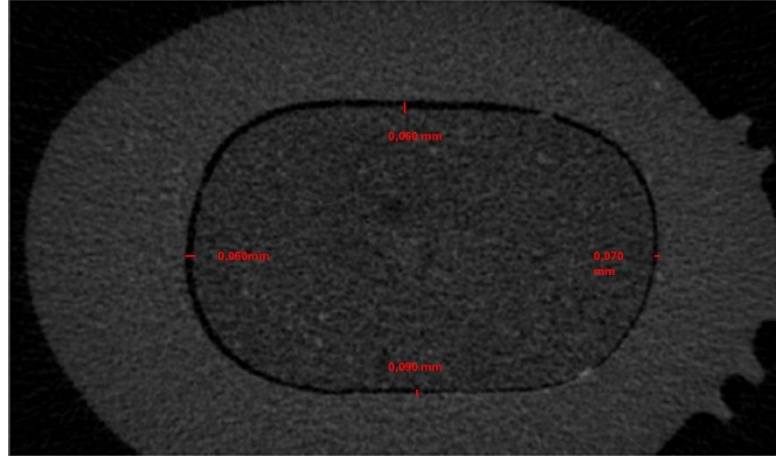
4. BULGULAR

Bu çalışmada, farklı intraoral tarayıcıların (Medit, Trios, Primescan) ve iki farklı daimî restoratif reçinenin (Saremco ve VarseoSmile), sabit protetik restorasyonların marjinal ve internal uyumuna etkileri değerlendirildi. Bu kapsamda, transversal, frontal ve sagittal düzlemlerde yapılan ölçümler, iki yönlü ANOVA ile analiz edilerek tarayıcı tipi, reçine tipi ve bu iki değişkenin etkileşimlerinin istatistiksel anlamlılığı araştırıldı.

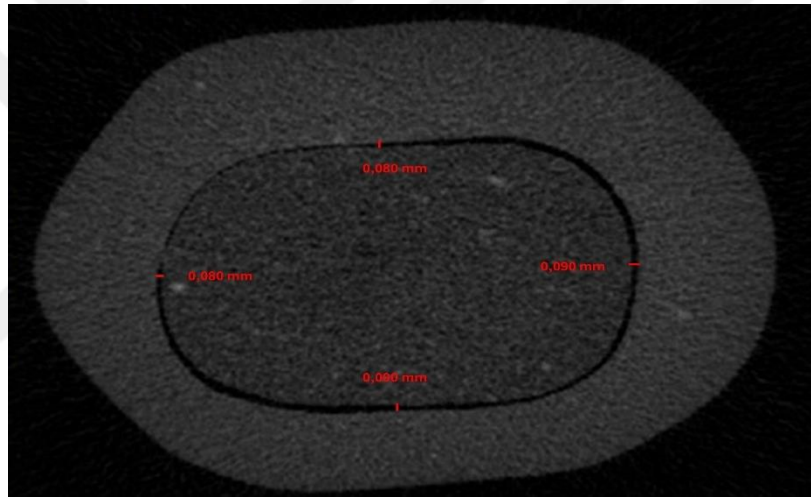
4.1 Transversal Kesitte Elde Edilen Bulgular

Tranversal kesitte özellikle mesial bölgede intraoral tarayıcı ($p = 0.036$) ve reçine tipi ($p = 0.004$) anlamlı farklılık gösterdi. Bu durum, mesial bölgede her iki değişkenin de marjinal ve internal uyumu bağımsız olarak etkilediğini göstermektedir. Ancak bu iki faktörün etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p = 0.485$), dolayısıyla bu faktörlerin kombinasyonlarının birlikte değerlendirilmesi gerekli görünmemektedir. Diğer yandan distal bölgede, tarayıcı tipi oldukça güçlü bir etki gösterirken ($p < 0.001$; kısmi eta kare (η^2) = 0.610). Reçine tipi burada sınırlı anlamlılık gösterdi ($p = 0.076$). Bu bulgular, distal bölgedeki uyum açısından kullanılan tarayıcının kritik rol oynadığını, reçinenin ise ikincil düzeyde etkili olabileceği belirtilebilir.

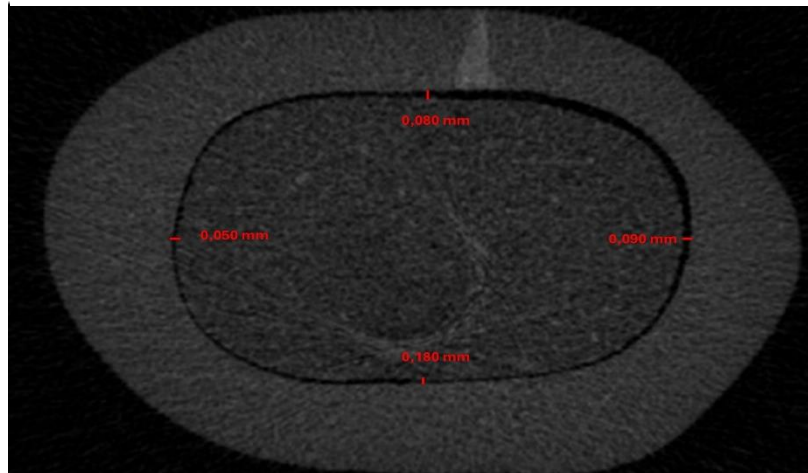
Palatinal kesitte, yalnızca reçine tipi anlamlı bir etkiye sahiptir ($p = 0.002$; $\eta^2 = 0.333$). Bu bölgede tarayıcı tipi ya da tarayıcı-reçine etkileşimi anlamlılık düzeyine ulaşılmadı. Bu sonuç, palatinal bölgede materyal özelliklerinin (yani reçinenin) restorasyon uyumu üzerindeki etkisinin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür lokal etkiler, belirli anatomik bölgelerde spesifik materyal tercihlerinin önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 de gösterildi (Şekil 4.1.-4.7.).



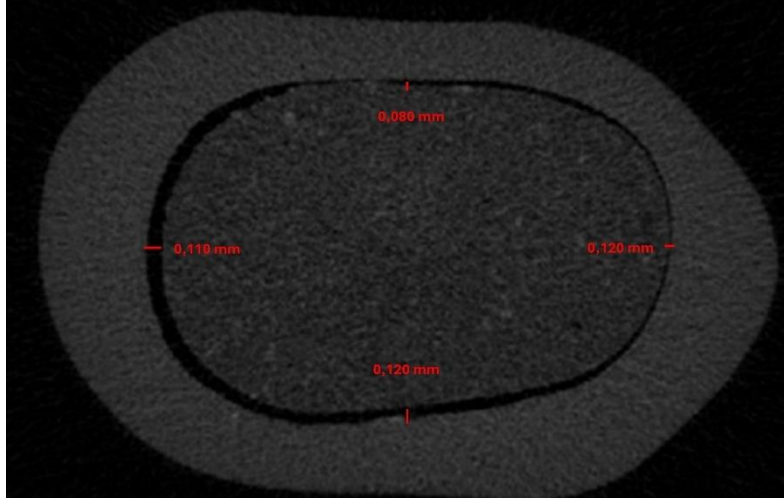
Şekil 4.1. Grup PV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti



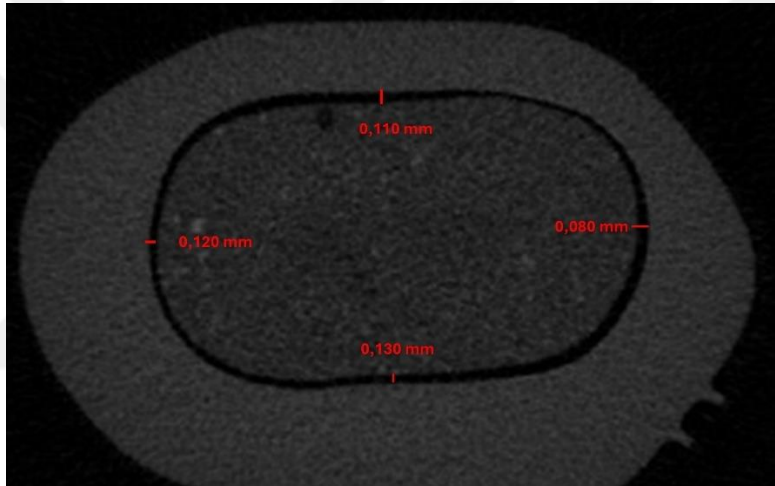
Şekil 4.2. Grup MV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti



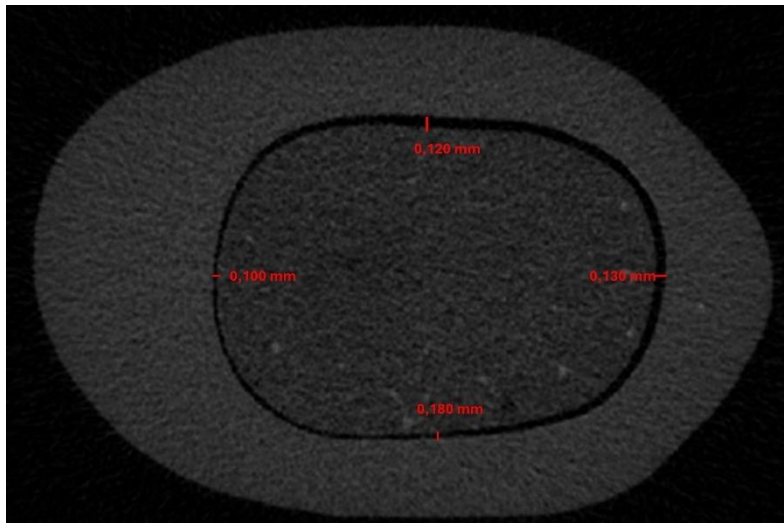
Şekil 4.3. Grup TV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti



Şekil 4.3. Grup PS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti



Şekil 4.5. Grup MS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti



Şekil 4.6. Grup TS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Transversal Kesiti

Tablo 4.1. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Transversal Kesit için İki Yönlü ANOVA Testi

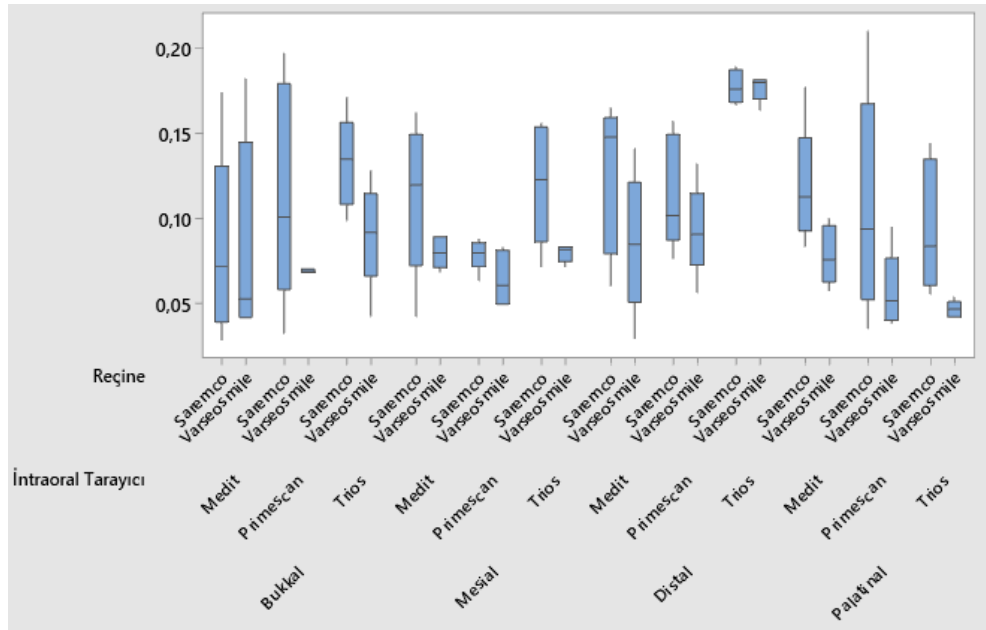
Ölçümler		Tip III Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	η^2
Bukkal	İntraoral Tarayıcı	0,004	0,002	0,980	0,390	0,076
	Reçine	0,006	0,006	2,872	0,103	0,107
	İntraoral Tarayıcı*	0,004	0,002	0,869	0,432	0,068
	Reçine					
	Error	0,051	0,002			
Mesial	İntraoral Tarayıcı	0,005	0,002	3,832	0,036	0,242
	Reçine	0,006	0,006	10,404	0,004	0,302
	İntraoral Tarayıcı*	0,001	0,000	0,746	0,485	0,059
	Reçine					
	Error	0,015	0,001			
Distal	İntraoral Tarayıcı	0,035	0,017	18,768	<0,001	0,610
	Reçine	0,003	0,003	3,432	0,076	0,125
	İntraoral Tarayıcı*	0,002	0,001	0,997	0,384	0,077
	Reçine					
	Error	0,022	0,001			
Palatinal	İntraoral Tarayıcı	0,004	0,002	1,475	0,249	0,109
	Reçine	0,016	0,016	11,967	0,002	0,333
	İntraoral Tarayıcı*	0,000	6,543E-05	0,050	0,952	0,004
	Reçine					
	Error	0,032	0,001			

Bukkal: $R^2 = ,215$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,051$)
Mesial: $R^2 = ,449$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,334$)
Distal a. $R^2 = ,642$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,567$)
Palatinal $R^2 = ,385$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,257$)

Tablo 4.2. Transversal yönde yapılan ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri (mm)

İntraoral Tarayıcı		Grup S	Grup V
Bukkal	Grup M	0,08±0,06	0,09±0,06
	Grup T	0,13±0,03	0,09±0,03
	Grup P	0,12±0,06	0,07±0,00
Mesial	Grup M	0,11±0,04 ^{ab}	0,08±0,01 ^{ab}
	Grup T	0,12±0,04 ^a	0,08±0,00 ^{ab}
	Grup P	0,08±0,01 ^{ab}	0,06±0,02 ^b
Distal	Grup M	0,13±0,04 ^{ab}	0,09±0,04 ^b
	Grup T	0,18±0,01 ^a	0,18±0,01 ^a
	Grup P	0,12±0,03 ^b	0,09±0,03 ^b
Palatinal	Grup M	0,12±0,04 ^a	0,08±0,02 ^{ab}
	Grup T	0,10±0,04 ^{ab}	0,05±0,00 ^b
	Grup P	0,11±0,07 ^{ab}	0,06±0,02 ^{ab}

a-b: gruplar arasında intraoral tarayıcılar ve daimî reçineler etkileşimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4.7. Transversal Yönde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiği

4.2 Frontal Yönde Elde Elde Edilen Bulgular

Frontal yönde mezialden yapılan ölçümler arasında ilk olarak MMG değerlendirildiğinde, hem intraoral tarayıcı ($p = 0.481$; $\eta^2 = 0.059$) hem de reçine tipi ($p = 0.189$; $\eta^2 = 0.071$) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Aynı şekilde, tarayıcı ile reçine arasındaki etkileşim de anlamlı değildir ($p = 0.308$). Bu sonuçlar, frontal mesial bölgedeki marjinal boşluğun, çalışmada kullanılan tarayıcı veya reçine türünden bağımsız olarak benzer seviyelerde etki ettiğini ve bu bölge için kullanılan yöntemlerin uyum üzerinde belirgin bir fark göstermediğini ortaya koymuştur.

MFLG ölçümünde ise hem tarayıcı ($p = 0.006$; $\eta^2 = 0.347$) hem de reçine tipi ($p = 0.001$; $\eta^2 = 0.365$) anlamlı bulundu. Her iki faktörün de etkisi anlamlı düzeydedir ve bu bölgede marjinal sınırın restoratif uyum açısından oldukça hassas olduğunu göstermektedir. Bu bulgu hem kullanılan tarayıcı teknolojisinin hem de reçine materyalinin, kesim sınırındaki boşlukları etkilediğini ve tedavi planlamasında bu parametrelerin özenle seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Tarayıcı-reçine etkileşimi ise anlamlılık düzeyine ulaşamadı ($p = 0.106$; $\eta^2 = 0.171$), bu iki değişkenin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilebileceğini göstermektedir.

MAWG değerlendirmesinde, tarayıcı tipi istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir etki gösterdi ($p = 0.001$; $\eta^2 = 0.448$). Buna karşılık, reçine tipi anlamlı bulunmadı ($p = 0.532$; $\eta^2 = 0.016$). Mezial aksiyal duvar bölgesinde restoratif uyumun, esas olarak kullanılan tarayıcı teknolojisinden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Tarayıcı ile reçine arasındaki etkileşim de anlamlı bulunmadı ($p = 0.217$; $\eta^2 = 0.120$). Bu bağlamda, MAWG için en uygun uyumu sağlayacak tarayıcının seçimi, reçine tipinden daha önemli olduğunu belirtmektedir.

MAOG ölçümleri de tıpkı MAWG gibi benzer sonuçlar verdi. Tarayıcı etkisi burada da anlamlıdır ($p = 0.001$; $\eta^2 = 0.448$), reçine tipi ve etkileşimi ise yine anlamlı bulunamadı ($p = 0.532$ ve $p = 0.217$). MAWG ve MAOG ölçümlerinde aynı sonuçların elde edilmesi hem aksiyel hem oklüzal yüzeylerdeki mesial boşlukların, kullanılan tarayıcı türüne bağlı olarak değiştiğini ve bu bölgelerin hassas tarayıcı seçimiyle optimize edilebileceğini göstermektedir.

MOG ölçümüne bakıldığında, hiçbir değişkenin istatistiksel olarak anlamlı etki göstermediği görülmektedir. Tarayıcı tipi ($p = 0.869$; $\eta^2 = 0.012$), reçine tipi ($p = 0.777$; $\eta^2 = 0.003$) ve tarayıcı-reçine etkileşimi ($p = 0.263$; $\eta^2 = 0.105$) anlamlılık düzeyinin oldukça altında kaldı. Bu sonuçlar, oklüzal bölgedeki mesial boşlukların, kullanılan sistemler arasında önemli bir fark oluşturmadığını, dolayısıyla bu bölgenin daha stabil ve sistemden bağımsız olduğunu göstermektedir. Bu bulgular Tablo 4.3. ve Tablo 4.5'te gösterildi.

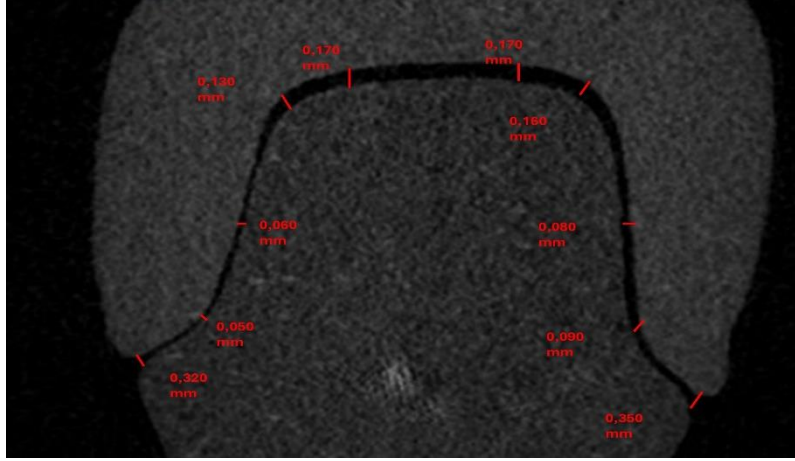
DOG ölçümünde hem intraoral tarayıcı ($p = 0.879$; $\eta^2 = 0.011$) hem de reçine tipi ($p = 0.715$; $\eta^2 = 0.006$) anlamlılık düzeyinin oldukça altında kaldı. Ayrıca, tarayıcı ve reçine arasındaki etkileşim de anlamlı değildir ($p = 0.334$; $\eta^2 = 0.087$). Bu sonuçlar, distal oklüzal boşlukta tarayıcı ya da reçine tipinden kaynaklanan istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymaktadır. Yani bu bölge, uygulanan dijital yöntemlerden ve materyal çeşitliliğinden bağımsız şekilde daha stabil bir uyum göstermektedir.

DAOG ölçümlerinde de benzer bir durum söz konusudur. İntraoral tarayıcı ($p = 0.969$; $\eta^2 = 0.003$) ve reçine tipi ($p = 0.228$; $\eta^2 = 0.060$) anlamlı bulunmadı. Tarayıcı ve reçine etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.342$; $\eta^2 = 0.085$). Bu bulgular, DAOG bölgesinde de kullanılan sistemlerin restoratif uyum üzerinde belirgin bir farklılık yaratmadığını göstermektedir.

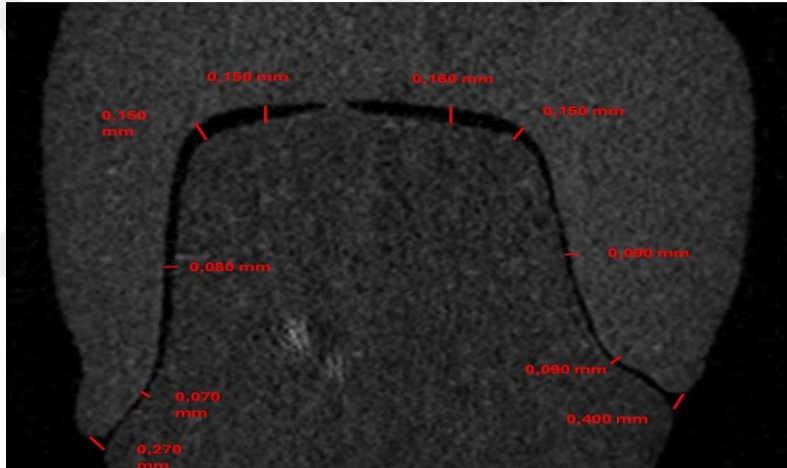
DAWG ölçümünde ise anlamlı bir farklılık göze çarpmaktadır. Reçine tipi istatistiksel olarak oldukça anlamlı bir etki göstermektedir ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.448$). Bu etki düzeyi oldukça yüksektir ve bu bölgedeki uyumun büyük ölçüde reçine materyaline bağlı olduğunu göstermektedir. Tarayıcı tipinin anlamlılık sınırında yer aldığı ($p = 0.084$; $\eta^2 = 0.187$) ve etkisinin orta düzeyde olduğu belirlendi. Tarayıcı ve reçine etkileşiminin ise anlamlı olmadığı ($p = 0.903$; $\eta^2 = 0.008$) saptandı. Bu sonuçlar, DAWG bölgesinde özellikle restoratif materyal seçimlerinin uyum başarısını önemli ölçüde etkilediğini ve bu bölgeye yönelik materyal odaklı yaklaşımın daha kritik olduğunu göstermektedir.

DFLG ölçümünde reçine tipi anlamlı bir farklılık yarattı ($p = 0.022$; $\eta^2 = 0.200$), bu marjinal sınırın materyalden etkilendiğini göstermektedir. Tarayıcının etkisi anlamlılık düzeyinin üzerinde kaldı ($p = 0.125$; $\eta^2 = 0.159$), bu ise ölçümler üzerinde bir etkisi olduğunu düşündürmektedir. Etkileşim yine anlamlı değildir ($p = 0.357$; $\eta^2 = 0.082$). Bu bulgular, DFLG bölgesinde de reçine materyalinin uyumda önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

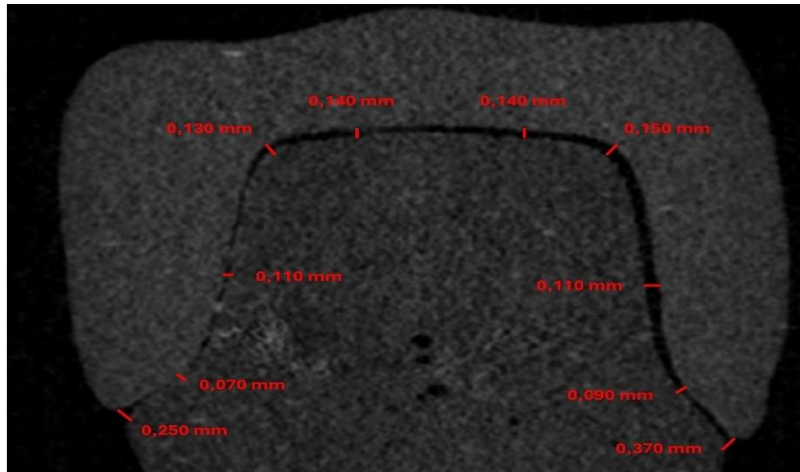
DMG ölçümünde ise hiçbir değişken anlamlılık düzeyine ulaşmadı. Tarayıcı tipi ($p = 0.922$; $\eta^2 = 0.007$), reçine tipi ($p = 0.165$; $\eta^2 = 0.079$) ve tarayıcı-reçine etkileşimi ($p = 0.134$; $\eta^2 = 0.154$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bununla birlikte, etkileşim etkisinin kısmen daha yüksek bir etki büyüklüğüne sahip olması ($\eta^2 = 0.154$), bu bölgede kombine etkilere dair sınırlı bir potansiyelin olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular Tablo 4.4. ve Tablo 4.6'da gösterildi. (Şekil 4.8.-4.15.)



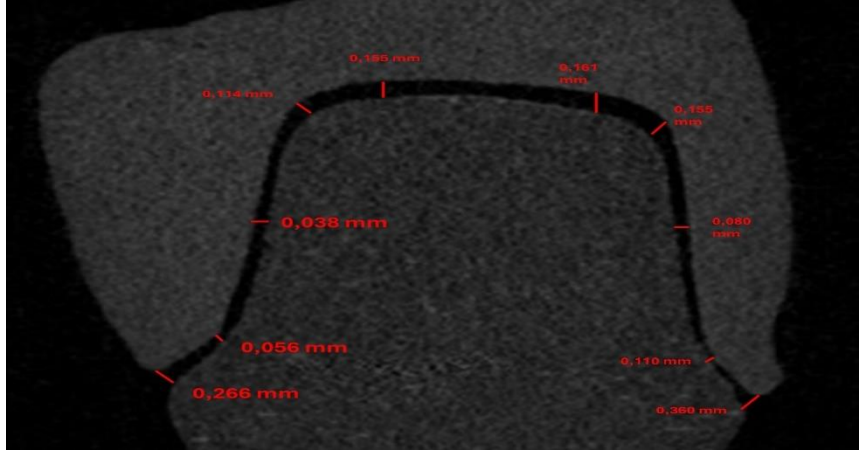
Şekil 4.8. Grup PV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti



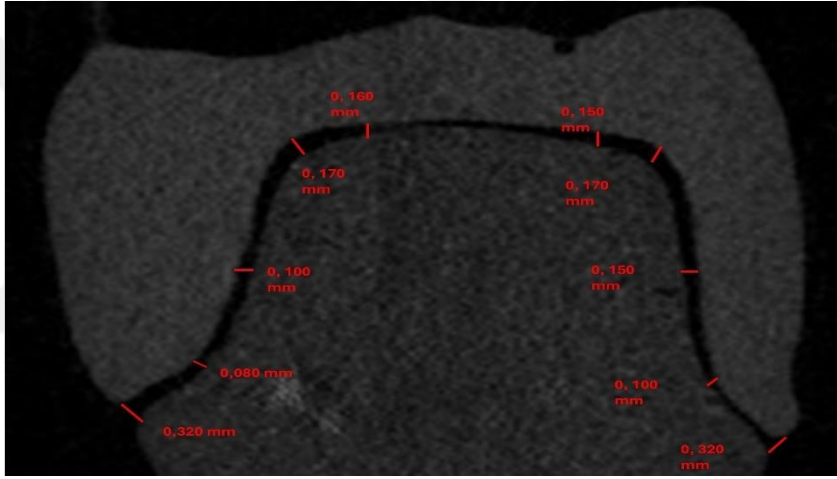
Şekil 4.9. Grup MV ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti



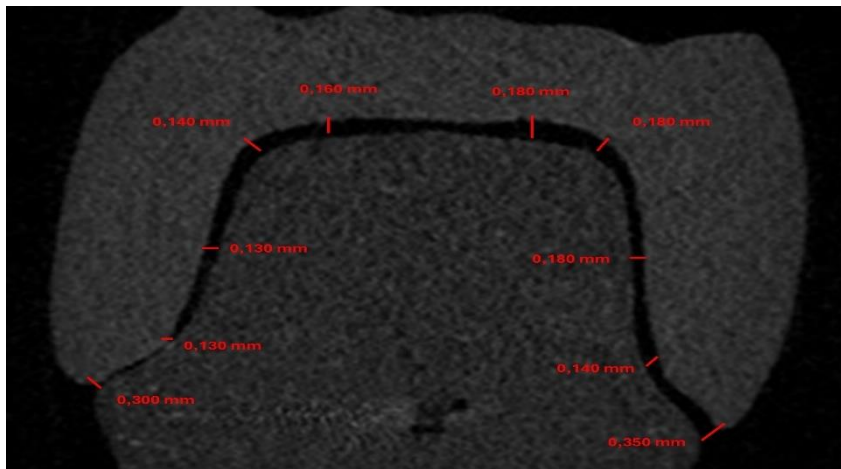
Şekil 4.10. Grup TV ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti



Şekil 4.11. Grup PS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti



Şekil 4.12. Grup MS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti



Şekil 4.13. Grup TS ile Üretilmiş Kuronun Mikro-BT ile Frontal Kesiti

Tablo 4.3. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Mesial Yönde İki Yönlü ANOVA Testi

Ölçümler		Tip III Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	η^2
MMG	İntraoral tarayıcı	0,006	0,003	0,755	0,481	0,059
	Reçine	0,007	0,007	1,827	0,189	0,071
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,010	0,005	1,238	0,308	0,094
	Error	0,093	0,004			
MFLG	İntraoral tarayıcı	0,006	0,003	6,363	0,006	0,347
	Reçine	0,007	0,007	13,788	0,001	0,365
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,002	0,001	2,467	0,106	0,171
	Error	0,012	0,000			
MAWG	İntraoral tarayıcı	0,016	0,008	9,750	0,001	0,448
	Reçine	0,000	0,000	0,402	0,532	0,016
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,003	0,001	1,632	0,217	0,120
	Error	0,020	0,001			
MAOG	İntraoral tarayıcı	0,016	0,008	9,750	0,001	0,448
	Reçine	0,000	0,000	0,402	0,532	0,016
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,003	0,001	1,632	0,217	0,120
	Error	0,020	0,001			
MOG	İntraoral tarayıcı	0,000	0,000	0,142	0,869	0,012
	resin	7,363E-05	7,363E-05	0,082	0,777	0,003
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,003	0,001	1,414	0,263	0,105
	Error	0,022	0,001			

MMG. $R^2 = ,195$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,027$)
MFLG. $R^2 = ,567$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,477$)
MAWG. $R^2 = ,491$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,385$)
MAOG. $R^2 = ,491$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,385$)
MOG. $R^2 = ,117$ (Düzeltilmiş $R^2 = -,066$)

Tablo 4.4. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Distal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi

Ölçümler		Tip III Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	η^2
DOG	İntraoral tarayıcı	0,000	0,000	0,130	0,879	0,011
	Reçine	0,000	0,000	0,137	0,715	0,006
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,004	0,002	1,148	0,334	0,087
	Error	0,037	0,002			
DAOG	İntraoral tarayıcı	5,064E-05	2,532E-05	0,031	0,969	0,003
	Reçine	0,001	0,001	1,533	0,228	0,060
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,002	0,001	1,122	0,342	0,085
	Error	0,020	0,001			
DAWG	İntraoral tarayıcı	0,007	0,003	2,751	0,084	0,187
	Reçine	0,024	0,024	19,469	<0,001	0,448
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,000	0,000	0,102	0,903	0,008
	Error	0,030	0,001			
DFLG	İntraoral tarayıcı	0,006	0,003	2,268	0,125	0,159
	Reçine	0,009	0,009	6,012	0,022	0,200
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,003	0,002	1,075	0,357	0,082
	Error	0,034	0,001			
DMG	İntraoral tarayıcı	0,000	0,000	0,081	0,922	0,007
	Reçine	0,006	0,006	2,054	0,165	0,079
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,013	0,007	2,190	0,134	0,154
	Error	0,073	0,003			

DOG. $R^2 = ,101$ (Düzeltilmiş $R^2 = -,086$)

DAOG. $R^2 = ,138$ (Düzeltilmiş $R^2 = -,042$)

DAWG. $R^2 = ,512$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,410$)

DFLG. $R^2 = ,346$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,210$)

DMG. $R^2 = ,216$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,052$)

Tablo 4.5. Frontal Yönde Mesialden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri (mm)

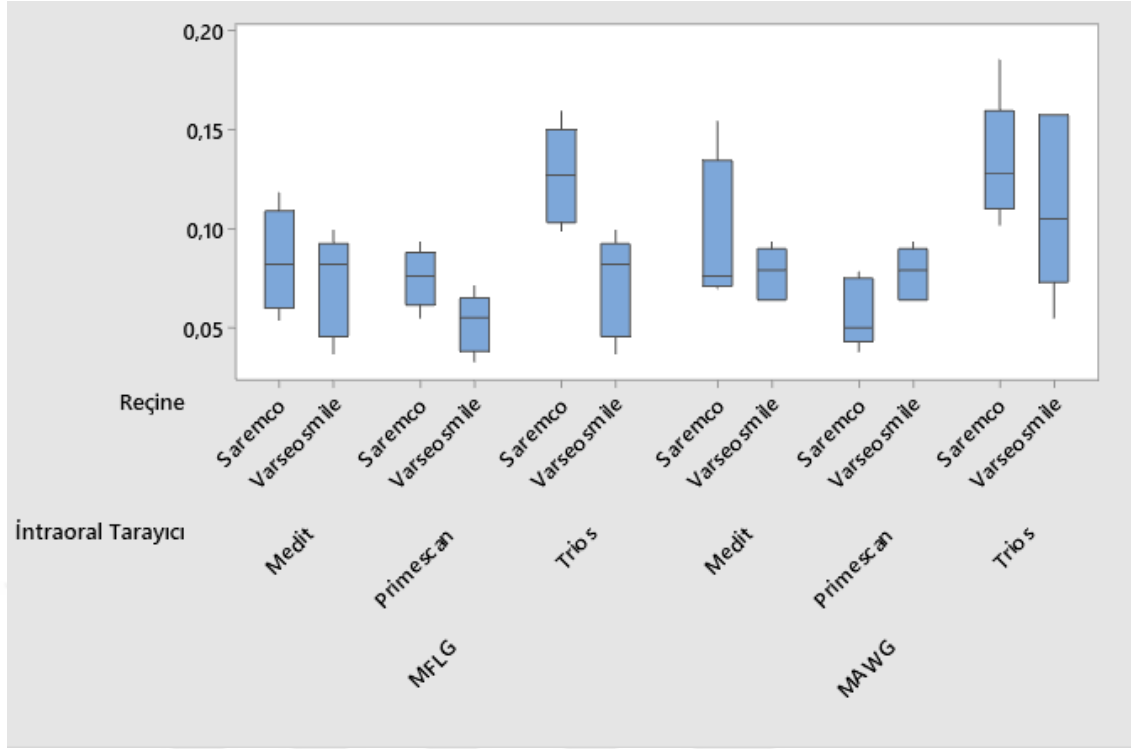
	İntraoral Tarayıcı	Grup S	Grup V
MMG	Grup M	0,32±0,05	0,27±0,03
	Grup T	0,30±0,04	0,25±0,05
	Grup P	0,30±0,11	0,32±0,06
MFLG	Grup M	0,08±0,03 ^{ab}	0,07±0,03 ^b
	Grup T	0,13±0,02 ^a	0,07±0,03 ^b
	Grup P	0,08±0,01 ^b	0,05±0,01 ^b
MAWG	Grup M	0,10±0,04 ^{ab}	0,08±0,01 ^{ab}
	Grup T	0,13±0,03 ^a	0,11±0,04 ^{ab}
	Grup P	0,08±0,02 ^{ab}	0,06±0,01 ^b
MAOG	Grup M	0,17±0,04	0,15±0,03
	Grup T	0,14±0,02	0,13±0,04
	Grup P	0,17±0,02	0,13±0,03
MOG	Grup M	0,16±0,03	0,15±0,04
	Grup T	0,16±0,03	0,14±0,01
	Grup P	0,15±0,02	0,17±0,04

a-b: gruplar arasında intraoral tarayıcılar ve daimî reçineler etkileşimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

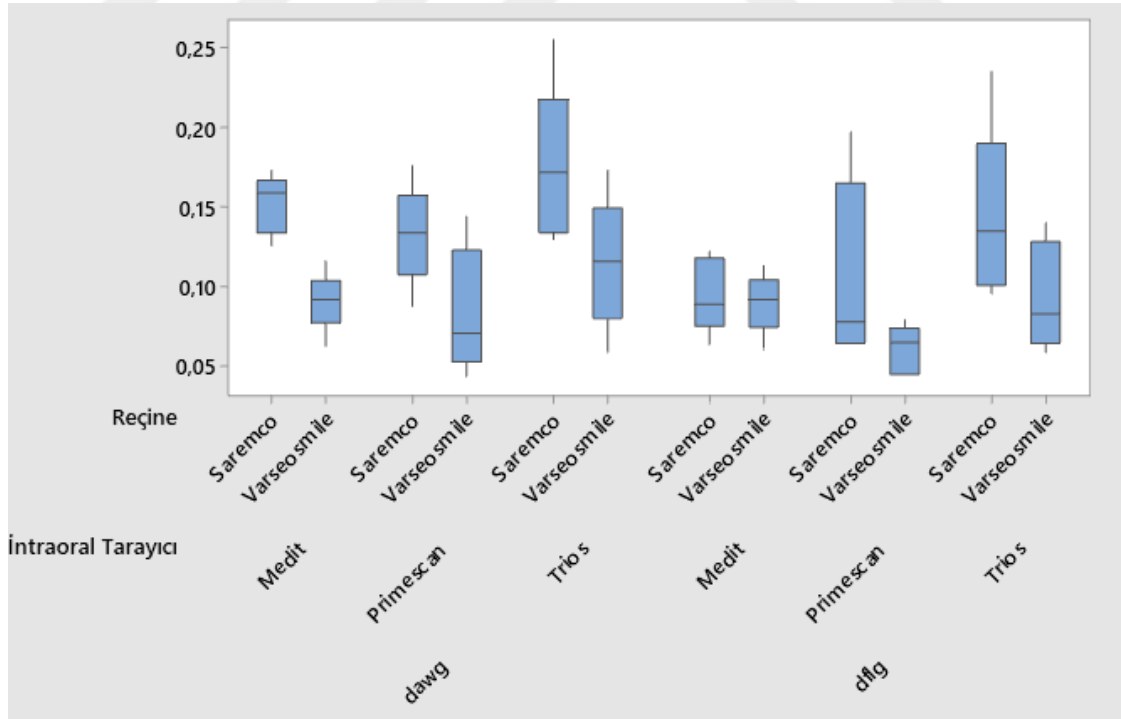
Tablo 4.6. Frontal Yönde Distalden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri (mm)

	Intraoral Tarayıcı	Grup S	Grup V
DOG	Grup M	0,15±0,04	0,16±0,04
	Grup T	0,18±0,04	0,14±0,02
	Grup P	0,15±0,02	0,17±0,06
DAOG	Grup M	0,17±0,02	0,15±0,02
	Grup T	0,18±0,01	0,15±0,04
	Grup P	0,16±0,03	0,16±0,04
DAWG	Grup M	0,15±0,02 ^{ab}	0,09±0,02 ^b
	Grup T	0,18±0,05 ^a	0,11±0,04 ^{ab}
	Grup P	0,13±0,03 ^{ab}	0,08±0,04 ^b
DFLG	Grup M	0,10±0,02 ^{ab}	0,09±0,02 ^{ab}
	Grup T	0,14±0,05 ^a	0,09±0,03 ^{ab}
	Grup P	0,11±0,06 ^{ab}	0,06±0,02 ^b
DMG	Grup M	0,32±0,04	0,40±0,06
	Grup T	0,35±0,01	0,37±0,03
	Grup P	0,36±0,07	0,35±0,09

a-b: gruplar arasında intraoral tarayıcılar ve daimî reçineler etkileşimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4.14. Frontal Yönde Mesialde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiksel İncelenmesi



Şekil 4.15. Frontal Yönde Distalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiksel İncelenmesi

4.3. Sagital Yönde Elde Edilen Bulgular

Sagital yönde palatinal bölgeye ait ölçümler değerlendirildiğinde, ilk olarak PMG ölçümünde intraoral tarayıcı tipi ($p = 0.427$; $\eta^2 = 0.068$), reçine tipi ($p = 0.827$; $\eta^2 = 0.002$) ve bu iki faktörün etkileşimi ($p = 0.850$; $\eta^2 = 0.013$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Bu durum, palatinal marjinal boşluğun tarayıcı ya da reçine türünden önemli ölçüde etkilenmediğini ve bu bölgede sistemlerin benzer performanslar gösterdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, PFLG ölçümünde hem tarayıcı ($p = 0.019$; $\eta^2 = 0.282$) hem de reçine tipinin ($p = 0.040$; $\eta^2 = 0.164$) etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Bu sonuç, palatinal bölgede özellikle marjinal sınır uyumunun hem tarayıcı teknolojisinden hem de restoratif materyalden anlamlı düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Her iki faktörün etki büyüklüğü orta düzeyde olup klinik olarak dikkatli seçim yapılması gerektiğini vurgular. Etkileşimin etkisi ise anlamlı değildir ($p = 0.464$; $\eta^2 = 0.062$), bu faktörlerin birlikte değil, ayrı ayrı değerlendirilebileceğini göstermektedir.

PAWG parametresinde, tarayıcı ($p = 0.188$; $\eta^2 = 0.130$) ve reçine tipi ($p = 0.032$; $\eta^2 = 0.178$) anlamlılık sınırında bulundu. Özellikle reçine etkisinin anlamlılığı, aksiyel duvar uyumunun restoratif materyal tarafından etkilenebileceğini düşündürmektedir. Ancak tarayıcı-reçine etkileşimi anlamlı değildir ($p = 0.774$; $\eta^2 = 0.021$).

PAOG ölçümünde, tarayıcı ($p = 0.055$; $\eta^2 = 0.214$) ve reçinenin ($p = 0.055$; $\eta^2 = 0.145$) etkisi anlamlılık sınırında kaldı. Bu durum, palatinal oklüzal boşluğun hem tarayıcı hem de reçine tipiyle ilişkili olabileceğini, ancak bu ilişkinin sınırlı düzeyde olduğunu göstermektedir. Etkileşim ise anlamlı değildir ($p = 0.626$; $\eta^2 = 0.038$).

POG ölçümünde tarayıcı ($p = 0.122$; $\eta^2 = 0.161$), reçine ($p = 0.192$; $\eta^2 = 0.070$) ve etkileşim ($p = 0.104$; $\eta^2 = 0.172$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Etkileşim etkisi göreceli olarak daha yüksek etki büyüklüğüne sahip olmasına rağmen anlamlılık düzeyine ulaşamadı. Sagital yönde bukkal bölgede yapılan değerlendirme olan OG ölçümünde, tarayıcı tipi ($p = 0.090$; $\eta^2 = 0.182$), reçine ($p = 0.640$; $\eta^2 = 0.009$) ve etkileşim ($p = 0.096$; $\eta^2 = 0.178$) anlamlılık düzeyine ulaşamadı. Bu bulgular Tablo 4.7. ve Tablo 4.9.'da gösterildi.

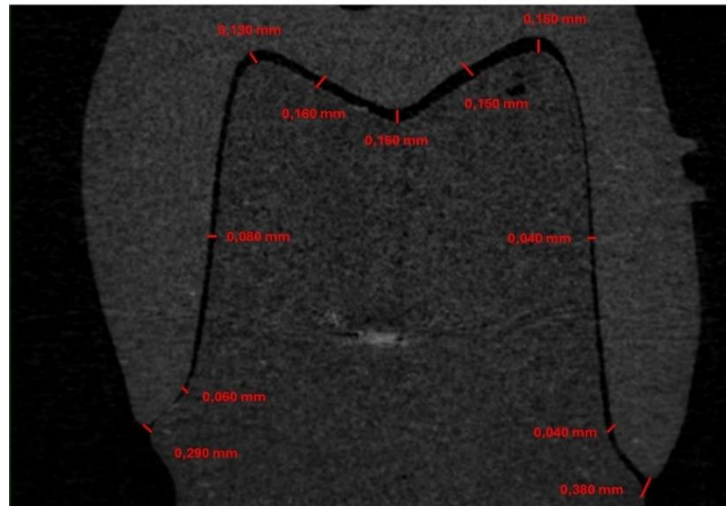
BOG ölçümünde de benzer şekilde tarayıcı ($p = 0.163$; $\eta^2 = 0.140$), reçine ($p = 0.838$; $\eta^2 = 0.002$) ve etkileşim ($p = 0.065$; $\eta^2 = 0.204$) anlamlılık düzeyinin altında kaldı. Ancak burada da etkileşim etkisinin oldukça yüksek bir η^2 değeri ile dikkat çektiği görülmektedir. Bu bulgu, bazı tarayıcı ve reçine kombinasyonlarının bukkal oklüzal boşlukta uyumu etkileyebileceğini göstermektedir.

BAOG ölçümünde ise reçine tipi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p = 0.019$; $\eta^2 = 0.209$). Tarayıcının etkisi ($p = 0.442$; $\eta^2 = 0.066$) ve etkileşim ($p = 0.631$; $\eta^2 = 0.038$) ise anlamlı değildir. Bu durum, bukkal aksiyel-oklüzal boşluğun özellikle reçine materyalinden etkilendiğini ortaya koymaktadır.

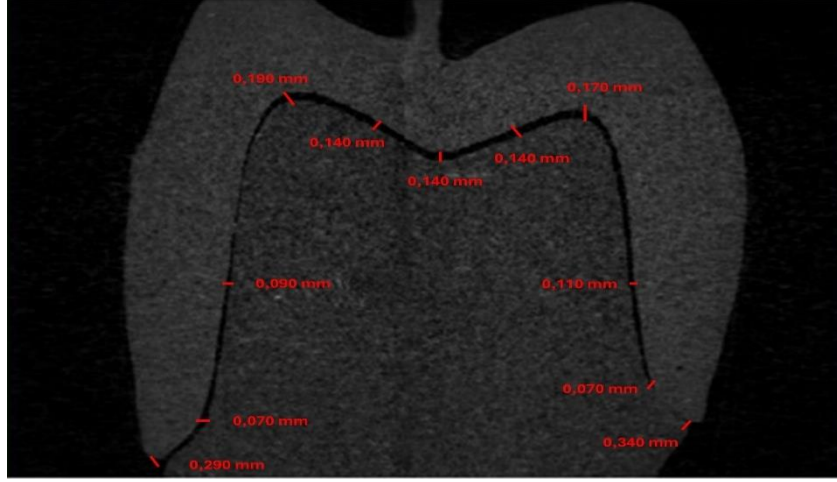
BAWG parametresi, farklı sonuçlar verdi. Tarayıcı tipi burada yüksek düzeyde anlamlı bulundu ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.770$), bu etki büyüklüğü çalışmadaki en yüksek değerlerden biridir. Reçine etkisi anlamlılık sınırındadır ($p = 0.090$; $\eta^2 = 0.115$) ve etkileşim etkisi anlamlı olmamakla birlikte orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahiptir ($p = 0.131$; $\eta^2 = 0.156$). Bu sonuç, BAWG ölçümünde özellikle kullanılan tarayıcı teknolojisinin klinik başarıyı büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir.

BFLG ölçümünde hem tarayıcı ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.779$) hem reçine ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.462$) hem de etkileşim etkisi ($p = 0.036$; $\eta^2 = 0.242$) istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Bu bölgedeki uyumun hem kullanılan dijital tarama sistemlerinden hem de restoratif materyalden ve özellikle bunların kombinasyonlarından doğrudan etkilendiğini göstermektedir.

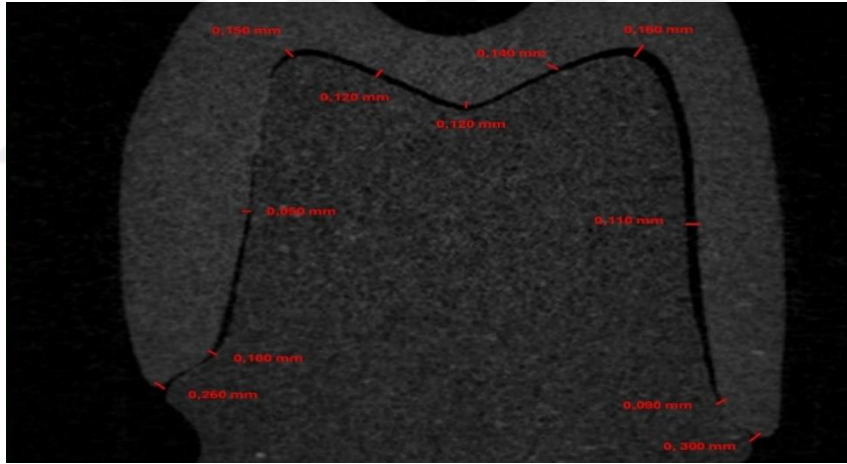
BMG ölçümünde hiçbir değişkenin anlamlılık düzeyine ulaşmadığı görülmektedir. Tarayıcı ($p = 0.246$; $\eta^2 = 0.110$), reçine ($p = 0.314$; $\eta^2 = 0.042$) ve etkileşim ($p = 0.076$; $\eta^2 = 0.193$) anlamlı değildir. Ancak etkileşim etkisinin yine sınıra yakın olması, bazı kombinasyonların marjinal boşluklarda etkili olabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular Tablo 4.8. ve Tablo 4.10.'da gösterildi (Şekil 4.16.-4.23.).



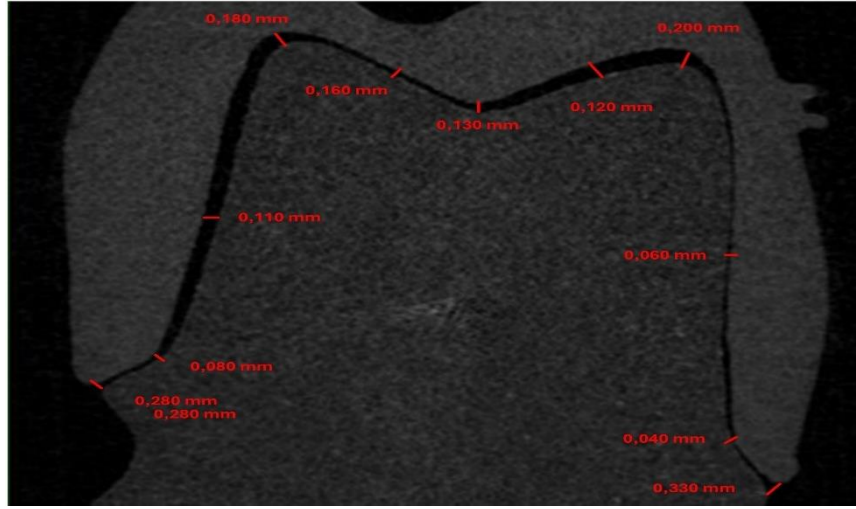
Şekil 4.16. Grup PV ile Üretilen Krunun Mikro-BT ile Sagital Kesiti



Şekil 4.17. Grup MV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti



Şekil 4.18. Grup TV ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti



Şekil 4.19. Grup PS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti



Şekil 4.20. Grup MS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti



Şekil 4.21. Grup TS ile Üretilen Kuronun Mikro-BT ile Sagital Kesiti

Tablo 4.7. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Palatinal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi

Ölçümler		Tip III Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	η^2
PMG	İntraoral tarayıcı	0,005	0,002	0,881	0,427	0,068
	Resin	0,000	0,000	0,049	0,827	0,002
	İntraoral tarayıcı* resin	0,001	0,000	0,164	0,850	0,013
	Error	0,063	0,003			
PFLG	İntraoral tarayıcı	0,005	0,003	4,705	0,019	0,282
	Reçine	0,003	0,003	4,704	0,040	0,164
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,001	0,000	0,794	0,464	0,062
	Error	0,013	0,001			
PAWG	İntraoral tarayıcı	0,006	0,003	1,795	0,188	0,130
	Reçine	0,009	0,009	5,208	0,032	0,178
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,001	0,000	0,259	0,774	0,021
	Error	0,042	0,002			
PAOG	İntraoral tarayıcı	0,009	0,004	3,270	0,055	0,214
	Reçine	0,006	0,006	4,073	0,055	0,145
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,001	0,001	0,478	0,626	0,038
	Error	0,033	0,001			
POG	İntraoral tarayıcı	0,003	0,002	2,301	0,122	0,161
	Reçine	0,001	0,001	1,804	0,192	0,070
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,003	0,002	2,486	0,104	0,172
	Error	0,017	0,001			

PMG. $R^2 = ,082$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,109$)

PFLG. $R^2 = ,395$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,270$)

PAWG. $R^2 = ,280$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,130$)

PAOG. $R^2 = ,325$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,185$)

POG. $R^2 = ,322$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,180$)

Tablo 4.8. İntraoral Tarayıcı ve Kullanılan Daimî Reçine Üzerindeki Etkisinin Marjinal ve İnternal Uyumun Bukkal Yönde İki Yönlü ANOVA Testi

Ölçümler		Tip III Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p	η^2
OG	İntraoral tarayıcı	0,005	0,002	2,667	0,090	0,182
	Reçine	0,000	0,000	0,225	0,640	0,009
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,005	0,002	2,590	0,096	0,178
	Error	0,022	0,001			
BOG	İntraoral tarayıcı	0,006	0,003	1,958	0,163	0,140
	Reçine	6,178E-05	6,178E-05	0,043	0,838	0,002
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,009	0,004	3,071	0,065	0,204
	Error	0,035	0,001			
BAOG	İntraoral tarayıcı	0,008	0,004	0,844	0,442	0,066
	Reçine	0,031	0,031	6,346	0,019	0,209
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,005	0,002	0,469	0,631	0,038
	Error	0,116	0,005			
BAWG	İntraoral tarayıcı	0,028	0,014	40,143	<0,001	0,770
	Reçine	0,001	0,001	3,113	0,090	0,115
	İntraoral tarayıcı* reçine	0,002	0,001	2,215	0,131	0,156
	Error	0,008	0,000			
BFLG	İntraoral tarayıcı	0,024	0,012	42,199	<0,001	0,779
	Resin	0,006	0,006	20,642	<0,001	0,462
	İntraoral tarayıcı* resin	0,002	0,001	3,830	0,036	0,242
	Error	0,007	0,000			
BMG	İntraoral tarayıcı	0,010	0,005	1,487	0,246	0,110
	Resin	0,004	0,004	1,059	0,314	0,042
	intraoral tarayıcı* resin	0,020	0,010	2,867	0,076	0,193
	Error	0,084	0,004			

OG. $R^2 = ,309$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,165$)

BOG. $R^2 = ,296$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,150$)

BAOG. $R^2 = ,272$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,121$)

BAWG. $R^2 = ,785$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,741$)

BFLG. $R^2 = ,824$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,788$)

BMG. $R^2 = ,289$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,141$)

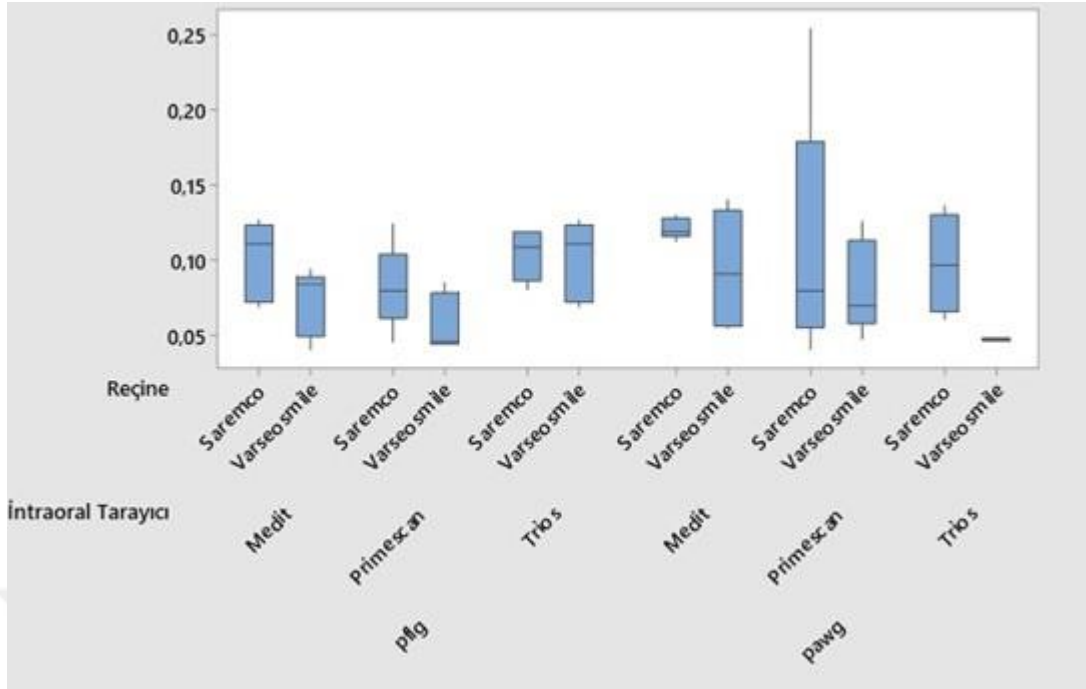
Tablo 4.9. Sagital Yönde Palatinal Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri (mm)

İntraoral Tarayıcılar		Grup S	Grup V
PMG	Grup M	0,30±0,05	0,29±0,03
	Grup T	0,28±0,06	0,26±0,07
	Grup P	0,28±0,04	0,29±0,05
PFLG	Grup M	0,10±0,03	0,07±0,02
	Grup T	0,10±0,02	0,10±0,03
	Grup P	0,08±0,03	0,06±0,02
PAWG	Grup M	0,12±0,01	0,09±0,04
	Grup T	0,10±0,03	0,05±0,00
	Grup P	0,11±0,08	0,08±0,03
PAOG	Grup M	0,20±0,02	0,19±0,06
	Grup T	0,17±0,04	0,15±0,00
	Grup P	0,18±0,05	0,13±0,01
POG	Grup M	0,13±0,02	0,14±0,03
	Grup T	0,16±0,02	0,12±0,00
	Grup P	0,16±0,05	0,16±0,01
OG	Grup M	0,17±0,03	0,14±0,04
	Grup T	0,14±0,02	0,12±0,02
	Grup P	0,13±0,03	0,16±0,04

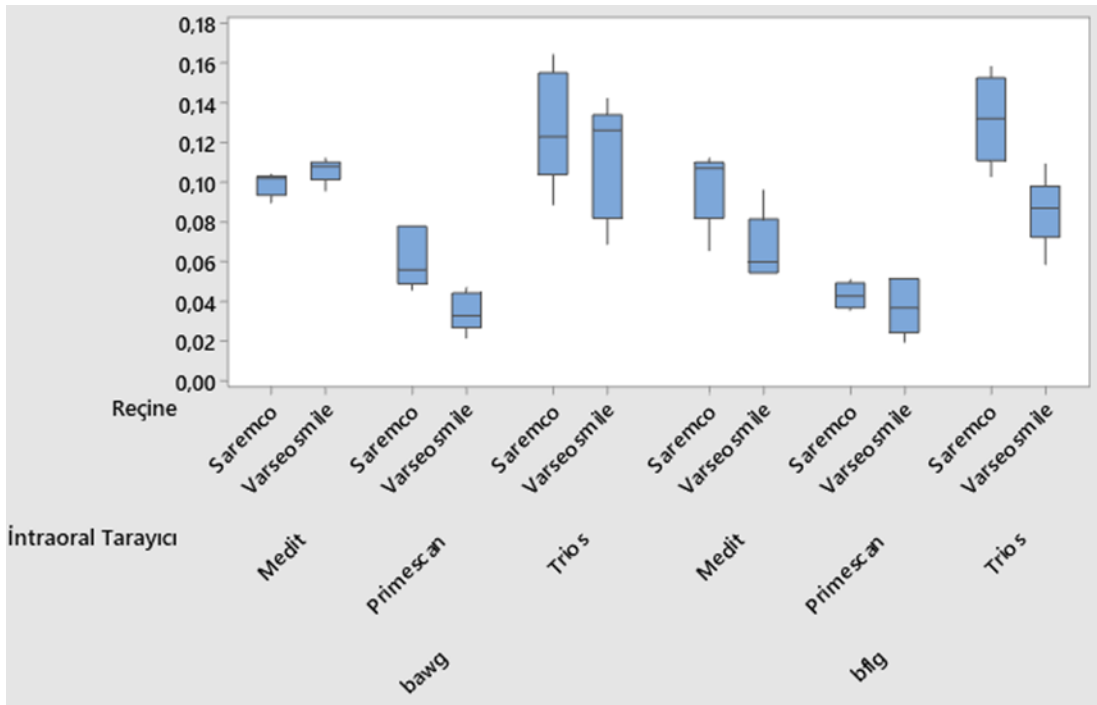
Tablo 4.10. Sagital Yönde Bukkalden Yapılan Ölçümlerin Tanımlayıcı İstatistikleri (mm)

İntraoral Tarayıcı		Grup S	Grup V
BOG	Grup M	0,19±0,01	0,14±0,05
	Grup T	0,13±0,04	0,14±0,01
	Grup P	0,12±0,01	0,15±0,06
BOAG	Grup M	0,20±0,10	0,17±0,08
	Grup T	0,25±0,10	0,16±0,03
	Grup P	0,20±0,03	0,13±0,02
BAWG	Grup M	0,10±0,01 ^a	0,11±0,01 ^a
	Grup T	0,13±0,03 ^a	0,11±0,03 ^a
	Grup P	0,06±0,01 ^b	0,04±0,01 ^b
BFLG	Grup M	0,10±0,02 ^b	0,07±0,02 ^{bc}
	Grup T	0,13±0,02 ^a	0,09±0,02 ^b
	Grup P	0,04±0,01 ^c	0,04±0,01 ^c
BMG	Grup M	0,40±0,05	0,34±0,06
	Grup T	0,35±0,04	0,30±0,06
	Grup P	0,33±0,05	0,38±0,09

a-b: gruplar arasında intraoral tarayıcılar ve daimî reçineler etkileşimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4.22. Sagittal Yönde Palatinalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiksel İncelenmesi



Şekil 4.23. Sagittal Yönde Bukkalde Ölçüm Yapılan Noktaların Grafiksel İncelenmesi

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada; preperasyonu yapılmış üst birinci premolar diş farklı intraoral tarayıcılarla (Primescan, Medit i600, Trios 5) taranmış olup, iki farklı daimi reçineyle (Saremco CrownTec, VarseoSmile Crown Plus) üç boyutlu yazıcıda üretildi. Bu restorasyonların marjinal ve internal uyumları mikro-BT kullanılarak karşılaştırıldı.

Çalışmanın H_0 hipotezi farklı intraoral tarayıcılar arasında marjinal ve internal uyum açısından anlamlı fark yoktur şeklindeydi ve bu hipotez reddedildi. H_1 hipotezi ise daimi reçinelerden üretilen kuronlar arasında anlamlı fark vardır şeklindeydi ve hipotez kabul edildi.

Literatürde *in vitro* ve *in vivo* olmak üzere çalışmalar bulunmaktadır. *In vivo* uyum çalışmalarında, standardizasyonu sağlamak mümkün değildir. Ayrıca *in vivo* yöntemlerin; preparasyon, görüş açısı, hasta uyumu gibi zorlukları hata payını yükseltir. Dış faktörlerin etkilerini en aza indirmek ve çalışma şartlarındaki değişkenleri standardize etmek için *in vitro* çalışmalar daha tutarlı sonuçlar verir. Bu nedenlerden dolayı çalışma *in vitro* olarak gerçekleştirildi (Yazici ve ark., 2006).

Bowley ve ark. (Bowley ve ark., 2013) prepere edilmiş dişlerin direncini etkileyen faktörleri araştırmak için premolar diş kullanmışlardır. Seow ve ark. (Seow ve ark., 2015) maksiller ikinci premoların restorasyonunda kullanılan çeşitli diş preparasyonları sonrasında kalan diş dokusu miktarı ve direncini incelemişlerdir. Literatürde birçok çalışmada prepare edilmiş premolar diş kullanılmıştır (Dai ve ark., 2016) (Edelhoff & Sorensen, 2002) (Maghami ve ark., 2018). Bu çalışmada da farklı intraoral tarayıcılarla taranmış, iki farklı daimi reçineyle üç boyutlu yazıcıda üretilmiş olan restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını daimi üst birinci premolar diş kullanılarak karşılaştırılmıştır.

CAD/CAM restorasyonlarının marjinal ve internal doğruluğunda preparasyon tasarımı, kenar sonlanma tipi, kullanılan ölçü tekniği, üretim yöntemi, siman aralığının dijital olarak ayarlanması, önemli bir rol oynar. Literatürde tam kuron restorasyonları için farklı preperasyon teknikleri ve değişkenleri uygulanmaktadır (Elbadawy ve ark., 2022; Nawafleh ve ark., 2013; Weaver ve ark., 1991).

Diş preperasyonunda farklı basamak bitim türleri ve preperasyon açıları kullanılmaktadır. Castillo Oyagüe ve ark. (Sánchez-Jorge, 2010) zirkonyum kuron altyapısında shoulder bitim çizgisiyle hazırlanan restorasyonların, 15° taper açısına sahip chamfer bitim çizgisine kıyasla daha büyük uyumsuzluk gösterdiğini rapor ettiler. Klinik bir çalışmada, 10 derecelik taper açısına sahip, 0,8 mm derinliğinde bir chamfer bitiş çizgisinin, tam kuron hazırlığı için uygun olduğunu gösterildi (Edelhoff ve ark., 2000). Rinke ve Huls (Rinke & Huls, 1995), kesici ve premolar dişler üzerinde hazırlanan chamfer marjin dizaynının istatistiksel olarak anlamlı derecede daha küçük marjinal aralık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Dreyer ve Jorgensen (Dreyer & Jørgensen, 1955), toplam oklüzal koverjans açısı arttıkça retansiyonun hiperbolik biçimde azaldığını ve toplam konverjans açısı 10°'yi geçtiğinde retansiyonun önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Goodacre ve ark. (Goodacre ve ark., 2001) chamfer dizaynının uygun frezlerle oluşturulmasının kolay olduğunu ve prepare edilmiş diş, ölçü ve day üzerinde kolaylıkla izlenebilir olduğunu gösterdiler. Kane ve ark. (Kane ve ark., 2015) santral ve molar dişlerdeki chamfer ve iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar bitim şekillerinin marjinal ve internal uyuma etkisini incelediler ve chamfer dizaynının daha düşük marjinal aralık değeri gösterdiğini belirttiler. Yine başka bir çalışmada chamfer bitim çizgisi, diğer tasarımlara göre daha iyi bir oklüzal oturma sağladı (Shah ve ark., 2022). Yukarıdaki çalışmalar göz önünde bulundurularak daha iyi marjinal ve oklüzyon uyumun sağlaması için hazırlanan kuronlarda chamfer bitim çizgisi oluşturuldu ve yaklaşma açısı 6 derece olarak preperasyon yapıldı.

Passent Ellakany ve ark. (Ellakany ve ark., 2023) tam ark ve üç üyeli sabit protez taramalarında çeşitli intraoral ve ekstraoral tarayıcıların hassasiyetini ve gerçekliğini değerlendiren çalışmada ekstraoral tarayıcıların ana model oluşturmada doğruluğunu daha yüksek buldular. Sannino ve ark. (Sannino ve ark., 2010) yaptıkları *in vitro* çalışmada Yenamak freze makinesinin kullanıldığı yeni bir CAD/CAM sistemi ile yapılan zirkonyum dökümlerin iç ve dış boşluklarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada dijital model elde etmek için Dental Wings lazer tarayıcı kullanmışlardır. Alvaro Limones ve ark. (Limones ve ark., 2024) tam ark dijital implant incelemesinde süperimpozisyon yöntemlerinin doğruluk analizlerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol taraması için Dentalwings'i kullanmışlardır. Bu çalışmada da ana modeli dijital hale getirmek için Dentalwings ekstraoral tarayıcı kullanıldı.

Dijital diş hekimliğinin zamanla gelişmesiyle birlikte intraoral tarayıcılar; implant üstü protezler, diş üstü restorasyonlar ve hareketli protezlerin üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır (Kalayci & Bayindir, 2015; Patzelt ve ark., 2013). Literatürde intraoral tarayıcılarla; *in-vivo* olarak yapılan çalışmalarda, tarayıcının hareket alanının kısıtlılığı ve ağız ortamındaki zor koşullar sebebiyle tarama doğruluğunun azaldığı belirtilmiştir (Schmidt ve ark., 2020). *İn-vitro* olarak yapılan bütün çalışmalarda, kullanılacak tarayıcılar için ağız ortamı ve gerçek klinik koşullarından daha optimal bir alan sağlanmıştır (Aswani ve ark., 2020).

Tam ark izlenimlerini değerlendirmek için en son nesil intraoral tarayıcıların doğruluğu hakkında sınırlı karşılaştırmalı çalışmalar vardır ve çalışmaların çoğu implant üstü protez üretimiyle ilgilidir (Huang ve ark., 2020; Mizumoto ve ark., 2020; Revell ve ark., 2022; Sami ve ark., 2020). Araştırmamız piyasada bulunan en son intraoral tarayıcılarla üretilen sabit diş üstü kuronların uyumuna bakıp kapsamlı bir karşılaştırmalı çalışmayla bu tarayıcıların uyum ve hassasiyetini değerlendirmektedir.

Tek diş eksikliği ve daha uzun bir dişsiz bölgenin olduğu iki vakanın dijital ölçüsünün karşılaştırıldığı bir çalışmada tek diş eksikliği olan vakanın ölçüsü daha başarılı bulunmuştur ve bulunan sonuç uzun dişsiz bölgenin taraması yapılırken görüntüde oluşan hataların birikmesine bağlandı (Mehl ve ark., 2009). Bu nedenle tez çalışmasında, ölçüm doğruluğunu etkileyebilecek değişkenleri en aza indirmek ve tarayıcıların hassasiyetini daha sağlıklı değerlendirebilmek adına tek diş restorasyonlar üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan tarayıcılar Cerec Primescan, Medit i600 ve Trios 5'tir. Bu çalışmada operatör deneyim farkını elimine etmek için çalışmada yapılan bütün taramalar tek operatör tarafından yapılmıştır. Nagy ve ark. (Nagy ve ark., 2020) farklı intraoral tarayıcılar kullanarak bir kadavranın diseke edilmiş maksillası üstünde farklı tarama stratejilerini değerlendirmişlerdir. Referans model için polivinil siloksanla ölçü alınıp laboratuvar tarayıcısıyla dijitalle aktarıldı ve yapılan taramalarla üst üste karşılaştırılıp uyumları değerlendirildi. Uygulanan tarama stratejilerinin veri doğruluğu üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşıldı. Latham ve ark. (Latham ve ark., 2020) farklı intraoral tarayıcılarla dört farklı tarama stratejisini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada CEREC Omnicam, Planmeca Emerald, Align iTero Element ve 3Shape TRIOS 3 değerlendirilmiştir. Dört tarama deseni kullanılarak dört farklı dijital tarama sisteminin her birinden deneysel taramalar elde edildi. Her tarayıcıdan dört farklı tarama deseni kullanılarak toplam on altı tarama elde edilmiştir. Bir ile dört arasındaki tarama desenleri her farklı tarayıcı için operatör kılavuzlarına

dayandırılmıştır. Tüm deneysel taramalar “STL” formatına dönüştürüldü ve referans standart taramasını deneysel taramalarla karşılaştırmak için kapsamlı bir metroloji programı olan Geomagic Control X kullanıldı. Sonuç olarak, tarayıcılarda bu stratejilerin sonuçlar üzerinde bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Tarama stratejilerinin arasında yapılan çalışmalarda farklılık elde edilmediği için bu araştırmaya stratejiler dahil edilmedi (Latham ve ark., 2020; Nagy ve ark., 2020). Tarama stratejisinin marjinal ve internal uyuma etkisi olmadığı düşünülerek, tarama sırasında intraoral tarayıcılarda üretici firmanın talimatlarına uygun taramalar yapılmıştır. Bu çalışmada tam ark taramaları yapıp başlangıç kadranı üretici firmaların tavsiye ettiği gibi 17-27 numaralı dişlerin oklüzal yüzeyinden başlanılarak taramalar yapılmıştır.

Róth ve ark. (Róth ve ark., 2022) yaptıkları çalışmada on iki farklı intraoral tarayıcıyı (3Shape Trios 3 Pod, Planmeca Emerald, Straumann DWIO, GC Aadva, iTero Element 2, CEREC Primescan, Medit i500, 3Shape Trios 4 Move, Carestream CS3600, 3Shape Trios 4 Pod, Carestream CS3700, Planmeca Emerald S), dört farklı kriter üzerinden değerlendirilmiştir. Taramalar deneyimi olmayan diş hekimliği öğrencileri tarafından yapılmıştır. Bir üst çene polimetil metakrilat (PMMA) modelinden referans STL dosyası oluşturmak için son derece hassas bir endüstriyel hassas tarayıcı (stereoSCAN neo; AICON 3B Systems GmbH, Braunschweig, Almanya) kullanılmıştır. ‘Gerçeklik’ ve ‘Tekrarlanabilirlik’ değerlendirme kriterlerinden elde edilen puanlar sonucunda ‘Doğruluk’ açısından çalışmada en yüksek puanı alan grup CEREC Primescan olup; daha sonra sırasıyla Trios 4 Pod, Medit i500, 3Shape Trios 4 Move, iTero Element 2, 3Shape Trios 3 Pod, Planmeca Emerald S, Carestream CS3600, Carestream CS3700, GC Aadva, Straumann DWIO olarak bulunmuştur. Ashraf ve ark. (Ashraf ve ark., 2023) farklı intraoral tarayıcıların implant destekli tam ark sabit protez tarama doğruluğuna etkisini araştırdıkları çalışmada Primescan, Trios 4 ve Medit i600 ü karşılaştırmışlardır. Splintli ve splintsiz olmak üzere iki alt grup oluşturup tarama doğruluğunu Geomagic Control X analiz yazılım programı kullanarak test etmişlerdir. Çalışma sonucunda Primescan en yüksek hassasiyeti göstermiştir. Ardından Trios 4 gelmiştir. Oliveira ark. (Oliveira ve ark., 2025) genişletilmiş kök kanallarını taramada farklı intraoral tarayıcıların etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada Primescan, Medit i600 ve Trios3’ü karşılaştırmışlardır. Çalışmada tarama derinliği ve taranan yüzey alanı incelenmiş olup en iyi sonuç Primescan’de bulunmuştur. Texier ve ark. (Le Texier ve ark., 2024) hareketli tam protezi kopyalamak için üç farklı intraoral tarayıcıların doğruluğunu değerlendirdikleri çalışmada Primescan, Trios 4 ve IS3800’ü karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada bir referans model elde edip tarama

verileri bu referans modeli Geomagic Control X yazılım program kullanılarak karşılaştırılmıştır. Primescan'ın Trios 4' e göre daha hassas ölçüm yaptığını belirtmişlerdir.

Primescan intraoral tarayıcının doğruluğunun klinik koşullar için yeterli olduğuna ilişkin literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Keul & Güth, 2022; Skramstad, 2019). Elde edilen veriler bu çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Bu tez çalışmasında mikro-BT ölçümlerine göre marjinal ve internal uyum en doğru şekilde Primescan intraoral tarayıcısında elde edildi.

Budak ve Yılmaz (Budak & Yılmaz, 2025) “Dudak Damak Yarıklarında Farklı Görüntüleme Yöntemleriyle Dijitalleştirilen Yüz Modellerinin Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmada Türkiye arşivlerinden tek taraflı (UCLP) ve iki taraflı (BCLP) dudak damak yarıklı bebeklerin yüz modellerini Medit i600, iTero Element 2 (Align Technology) ve E3 3Shape tarama cihazları kullanılarak dijitalleştirmişlerdir. Alçı modeller üzerindeki manuel ölçümleri dijital veri ölçümleriyle karşılaştırmışlardır. Dijital ölçümler için 3Shape Ortho Analyzer yazılımı kullanılmıştır. E3 3Shape model tarayıcısı, iki grupta en yüksek doğrulukla sonuç verdi. UCLP grubunda iTero Element 2 ve Medit i600 arasında daha yüksek değerler paylaşılrken, BCLP grubunda tüm yüksek değerler iTero Element 2'de gözlenmiş olup, daha karmaşık vakalarda Medit i600 için daha yüksek doğruluk göstermiştir. Medit i600 yazılımı sadece dişleri ve çevre dokuları taramak için değil aynı zamanda farklı objeleri taramak için de geliştirildiğinden daha doğru sonuç vermiştir. Aynı zamanda alçı modellerin taranması sırasında klinik deneyimi ifade etmek için Medit i600'ün hazırlık aşamasının E3 3Shape model tarayıcısı için olan hazırlıktan kısa olmasından pratiklik açısından Medit i600 tercih edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada tarama uzantısı (yarım veya tam ark) ve taramaya başlanan kadranın etkisi araştırılmıştır. Dört farklı intraoral tarayıcı (TRIOS 5; 3Shape A/S, i700; Medit, iTero Element 5D; Align Technology ve CEREC PrimeScan; Dentsply Sirona) kullanılmış olup test edilen tüm intraoral tarayıcılar için, yarım ark taramaları, tam ark taramalarından daha iyi doğruluk ve hassasiyet göstermiştir ve prepare edilmiş dişin olduğu kadrandan başlayan taramalarda daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Ölçümlerin doğruluğu dijital model üzerinden Geomagic Control X program kullanılarak hesaplanmıştır. Taranan alana bağlı olarak test edilen intraoral tarayıcılar arasında tarama gerçekliği ve hassasiyet tutarsızlıkları bulunmuştur. Diş preperasyon alanı için iTero ve Trios 5 grupları PrimeScan ve Medit i700 gruplarından daha

iyi gerçeklik değerleri elde edilmiştir. Bitişik dişler için Trios 5 sisteminde en iyi gerçeklik ve hassasiyet değerleri elde edilmiştir (Revilla-León ve ark., 2024).

Elde edilen veriler bu çalışma ile uyumsuzluk göstermektedir. Bu çalışmada Trios 5, Medit i600 ve Primescan intraoral tarayıcılarına göre daha düşük marjinal ve internal uyum göstermiştir. İki çalışma arasındaki farklılıklar üretim ve ölçüm yöntemlerinden kaynaklı olabilir. Trios 5 değeri daha yüksek bulunan çalışmada, karşılaştırmalar dijital model üzerinde yapılırken mevcut çalışmada üç boyutlu yazıcıdan üretilen kuronlar üzerinden ölçüm yapılmıştır. Ayrıca diğer çalışmada ölçümler Geomagic Control X ile yapılırken bu çalışmada ise ölçümler mikro-BT üzerinden yapıldı. Bu etkenler elde edilen değerler arasındaki farklılıkların sebebi olabilir.

Borbola ve ark. (Borbola ve ark., 2024) sanal uyumla ölçülen yedi farklı intraoral tarayıcının tam arkta doğruluğunu değerlendirdikleri çalışmada Aoralscan3, EmeraldS, Helios600, Lumina, Mediti700, Primescan ve Trios5 intraoral tarayıcılarını kullanmışlardır. Tek bir operatör tarafından yapılan çalışmada; yedi tarayıcı için tarama stratejisi, mümkün olduğunca üreticinin önerilerine bağlı kalmıştır. Bu taramalar kapsamlı metroloji programına (Zeiss Inspect 2023, Carl Zeiss GmbH, Braunschweig, Almanya, sürüm 2023.2.0.1520) aktarılmıştır. Alt tasarım ve referans tarama “Tekrarlı En Yakın Nokta (ICP)” algoritması kullanılarak önceden hizalanmıştır. Daha sonra, dış hizalama algoritması kullanıldı. İç uyuma bakıldığında Medit i700, Primescan ve EmeraldS en düşük homojen alt kümede bulunmuş, ardından Aoralscan3 gelmiştir. Trios5 ve Lumina üçüncü alt kümeleri oluşturuyordu. Mevcut çalışmada bu çalışmaya benzer olarak Medit ve Primescan tarayıcıları Trios 5 ten daha doğru sonuçlar vermiştir.

Literatürde birçok çalışmada farklı dental tasarım program kullanılmaktadır (Abd El Galil ve ark., 2021; Gorripati & Dubey, 2024; Kale ve ark., 2024). Gorripati ve Dubey (Gorripati ve ark., 2024) yaptıkları çalışmada CAD/CAM’le lityum disilikat kuron tasarımı yaparken Exocad yazılım programını kullanmışlardır. Bu çalışmada, restorasyonların dijital tasarım süreci için Exocad DentalCAD yazılımı kullanılmıştır ve elde edilen verilerle restorasyonlar üç boyutlu yazıcı yardımıyla üretildi. Exocad, kapalı sistemli CAD yazılımları arasında özellikle kullanıcı arayüzünün esnekliği ve doğal anatomik tasarımlar oluşturma kabiliyetiyle öne çıkmaktadır. Yazılımın bu özellikleri, restorasyonların hem marjinal hem de internal uyum açısından yüksek doğrulukta sonuçlar vermesine katkı sağlamıştır (Gorripati ve ark., 2024).

Lee ve ark. (Lee ve ark., 2022) Exocad yazılımı; 3Shape Dental System ve Dental Wings gibi diğer CAD yazılımlarıyla karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda, Exocad ile tasarlanan sabit parsiyel protezlerin marjinal uyum açısından rakiplerine benzer düzeyde olduğu, hatta bazı tasarımlarda daha düşük marjinal boşluk değerleri sunduğu rapor edilmiştir. Bu bulgu, Exocad'ın hassas sınır tanımlama araçlarının etkinliğini desteklemektedir. Benzer şekilde, Gorripati ve Godbole Dubey (Gorripati ve ark., 2024) Exocad ile tasarlanan lityum disilikat krunun marjinal ve internal uyum açısından başarılı sonuçlar verdiğini bildirdiler. Çalışmada, margin çizgisi tanımlamasının yazılım içerisinde kolay ve hızlı bir şekilde yapılabildiği, ayrıca anatomik kütüphane kullanılarak doğal formlara yakın tasarımların oluşturulabildiği belirtilmiştir. Buna ek olarak, Kropfeld ve ark. (Kropfeld ve ark., 2024) Exocad'ın özellikle implant pozisyonlandırma ve restoratif alanın üç boyutlu uyumunu optimize etme konusunda yüksek doğruluk sunduğu vurgulanmıştır. Araştırmada, scanbody geometrisiyle CAD yazılımının uyumu değerlendirildiğinde, Exocad'ın sapma oranlarının düşük olduğu ve bu nedenle klinik kararlarda güvenilir sonuçlar sağladığı ifade edildi. Ancak literatür, CAD yazılımlarının başarısının yalnızca algoritmalarla sınırlı olmadığını, kullanıcı deneyiminin de belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Exocad'ın manuel müdahaleye olanak tanıyan yapısı, deneyimli kullanıcılar için avantaj teşkil ederken, acemi kullanıcıların bu esnekliği doğru şekilde kullanamaması hâlinde hata riskini artırabilir (Lee ve ark., 2022). Bu nedenle, dijital tasarım sürecinde yazılım bilgisi ile restoratif prensiplerin entegre bir biçimde yürütülmesi, klinik sonuçların doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada kullanılan Exocad yazılımı, dijital iş akışı içinde yüksek hassasiyetli tasarımlar yapılmasını mümkün kılmıştır; marjinal ve internal uyum açısından tatmin edici restorasyonların üretimini desteklemektedir.

Tarama sonrası elde edilen dijital dosya, STL, üç boyutlu nesne geometrisi bilgi biçimi (OBJ) ve poligon dosya biçimi (PLY) gibi çeşitli biçimlerde saklanabilir. OBJ veya PLY dosyaları, nesnenin rengi ve dokusuyla ilgili ek bilgiler içerir (Nully, 2021). Ancak çoğu sistemde, CAD verileri STL formatında işlenir ve iletilir; burada bir STL dosyasının her üçgeni, kartezyen koordinatlara sahip üç noktadan (X, Y, Z) ve bir yüzeyden oluşur (Stanley ve ark., 2018). Tasarım programları kullanılarak üretilen üç boyutlu restorasyonlarda farklı doğruluk değerleri olabilir (Kwon ve ark., 2015). Açık sistemler farklı şirketlerin CAD yazılımı ve CAM cihazları tarafından üretilen orijinal dijital verilerin benimsenmesine izin vererek çok yönlülük sağlar (Abad Coronel, 2019; Alghazzawi, 2016). Bu tür sistemler, açık kaynaklı yazılıma

dayalı, dental CAD/CAM sistemlerinde en yaygın kullanılan format olan STL formatında üç boyutlu verileri işler çünkü bu durum herhangi bir kullanıcının inceleyebileceği, iyileştirebileceği veya paylaşabileceği anlamına gelir. Evrensel formatı, STL'nin hemen hemen tüm CAD yazılım programlarıyla çalışmasını sağlar (Leberfinger ve ark., 2021; Piedra-Cascón ve ark., 2019). STL dosya sistemi CAD yazılım programları arasında yaygın olarak kullanılır. Veriler tarayıcılar ve CAD yazılım programları arasında kayıpsız bir şekilde aktarılabilir. Böylece klinisyenlerin, tarama verilerinin tasarımı ve üretimi için diş laboratuvarlarına göndermelerine olanak tanır (Piedra-Cascón ve ark., 2019). Bu çalışmada verilerin daha kolay ve doğru bir şekilde aktarılması ve işlenebilmesi için STL dosya formatı kullanılmıştır.

Yapılan birçok çalışmada dental tasarım sırasında belirlenen siman boşluğunu 100 µm'den düşük daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Comlekoglu ve ark., 2009; Euán ve ark., 2012; Komine ve ark., 2005; Sadid-Zadeh ve ark., 2019). Dijital tasarımda siman boşluk ayarı ISO 4049:2019'a göre belirlendi (Suksuphan ve ark., 2023). Schwindling FS ve ark. (May ve ark., 2015; Rojpaibool & Leevailoj, 2017) tarafından yapılan çalışmada restorasyonun iç boşluğunun 50-100 µm aralığında olduğunda reçine siman performansının optimize edilebilir olduğunu tespit edildi. Nakamura ve ark. (Nakamura ve ark., 2003), CEREC 3 sisteminde destek dişlerin toplam konverjans açısının (4°, 8°, 12°) ve siman boşluğunun (10 µm, 30 µm, 50 µm) marjinal ve internal uyuma olan etkisini inceledikleri çalışmada, siman aralığı 30 veya 50 µm olarak ayarlandığında açıda değişimin marjinal uyuma herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Yukarıdaki çalışmaları referans alarak ideal siman boşluğu olarak 50 µm'yi kabul edip bu çalışmada bu değere göre restorasyonlar üretildi.

Restorasyon üretim yöntemi olarak geleneksel üretim yöntemlerinin yerine son yıllarda üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretim, bir alternatif oluşturulmuştur. Geleneksel üretim yöntemleri, tedavi edilecek dişin bir kopyasını yapmayı, model dökmeyi ve balmumu deseni oluşturmayı içerir. Balmumu deseni uzaklaştırılır. Metal, seramik, akrilik veya silikon gibi kalıcı bir malzeme ile değiştirilir. Bu tür adımlar, büzülme ve genleşme gösterebilen malzemelerin önemli ölçüde insan müdahalesi ve manipülasyonunu gerektirir (Sadan ve ark., 2005; Wataha & Messer, 2004). Bu işlemler sırasında birçok hata ortaya çıkabilir. İnsan değişkenine olan bağımlılığın azaltılması, otomatik tasarım ve üretim tekniklerinin uygulanması daha güvenilir protezlerin üretilmesini kolaylaştıracaktır. Diş hekimliğinde üç

boyutlu yazıcının kullanımıyla ilgili birçok çalışma mevcuttur (Abduo ve ark., 2014; Dawood ve ark., 2015; Yavuz & Yılmaz, 2021).

Geleneksel üretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bilgisayar destekli üretim; ölçü alma, mumlama ve döküm gibi birden fazla hata getiren adımı atlama avantajına sahiptir (Abduo & Lyons, 2013; Beuer ve ark., 2008; Miyazaki & Hotta, 2011). Bu çalışmada restorasyonlarımızı üretirken standardizasyonu sağlamak ve üretici hatasını minimuma indirmek için üç boyutlu yazıcı sistemleri kullanıldı.

Üç boyutlu yazıcıların gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde kullanımı artmıştır. Bunun nedeni artık daha uygun fiyatlı, küçük boyutlu ve hafif olmasıdır (Gap, 2016; Patzelt, Bishti, ve ark., 2014). Eklemeli üretim, geçmişte kullanılan eksiltmeli üretim süreçlerine kıyasla birçok avantaj sağlamaktadır; ürün kullanımı olarak daha ekonomiktir, kullanılan cihazlar diğer üretim yaklaşımlarında kullanılanlara göre daha uygun fiyatlıdır, aynı zamanda üç boyutlu yazıcılar üretimde kullanılan malzemelere karşı daha hassastır (Kessler ve ark., 2019; Ligon ve ark., 2017; Mayer ve ark., 2021). Üç boyutlu yazıcı üretim materyalleri hakkında literatürde güncel çalışma sayısı hala yeterli değildir. Bu çalışmada eklemeli üretim yöntemi kullanılarak Varseosmile ve Crowntec daimi reçinelerinden üç boyutlu yazıcı kullanılarak restorasyonlar üretilmiş olup marjinal ve internal uyumları değerlendirilmiştir. Di Fiore ve ark. (Di Fiore ve ark., 2024) Crowntec ve Varseosmile daimi reçinelerinin mekanik yüzey özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada her iki daimi reçinenin de eğilme mukavemeti, elastik modülü ve yüzey mikrosertliğini ölçülmüştür. Daimi kompozit reçinelerin ISO standardına göre uzun vadeli klinik uygulama için gerekli olan iyi bir *in vitro* performans ve kabul edilebilir mekanik özellikler sağladığı bulundu. Dönmez ve Okutan (Donmez & Okutan, 2022) üç boyutlu yazıcı kullanılarak daimi reçinelerden üretilen implant üstü kuronların marjinal ve kırılma direncini frezelenabilir malzeme kullanılarak üretilen kuronlarla karşılaştırdılar. Daimi reçine olarak Saremco Crowntec kullandılar. Marjinal uyum değerlendirmek için bukkal, palatinal, distal ve mesial yüzeylerin her birinden 15 toplam 60 nokta belirleyip simantasyon öncesinde ve sonrasında bu noktalardan ölçümleri bir stereomikroskop yardımıyla yapıldı. Crowntec'le üretilen kuronlarda simantasyondan önce ve sonra en düşük marjinal boşluk değerleri bulunurken, simantasyonun tüm materyallerde marjinal boşluk değerlerini arttırdığı tespit edildi. Molinero-Mourelle ve ark. (Molinero-Mourelle ve ark., 2024) yaptıkları çalışmada CAD/CAM ile üretilmiş restorasyonların; üretim doğruluğu, yüzey adaptasyonu ve simüle edilmiş fonksiyonel yükleme sonrası dayanıklılığını

değerlendirdiler. Yaptıkları çalışmada eklemeli yöntemle Crowntec ve Varseosmile daimi reçineleri; eksiltmeli üretim yöntemiyle de Vita Enamic polimer infiltrer seramiği kullandılar. Üretim doğruluğunu ölçmek için öncelikle bir üst birinci molar dişin dijital modeli oluşturuldu ve bu model kullanılarak kuron tasarımı yapıldı. Bu dijital kuron tasarımı referans STL dosyası olarak kaydedildi. Daha sonra üretilen her kuron, intraoral tarayıcı (Trios 3, 3Shape) ile taranarak dijitalleştirildi. Referans STL ve elde edilen dijital kuronlar Geomagic Control X yazılımı kullanılarak değerlendirildi. Üretim doğruluğu bakımından en iyi sonucu Crowntec daimi reçinesi, en kötü sonucu da Varseosmile daimi reçinesi özellikle okluzal yüzeyde elde edildi. Bu farklılığın nedeni kullanılan ölçüm yöntemlerinin değişkenliğine bağlı olabilmektedir. Yapılan çalışmada Geomagic Control X kullanılırken mevcut çalışma mikro-BT ile değerlendirildi.

Demirel ve ark. (Demirel ve ark., 2023) eklemeli ve çıkarmalı olarak üretilen hibrit abutment kuronların üretim gerçekliği ve internal uyumunu değerlendirdikleri çalışmada eklemeli yöntem olarak Crowntec ve Varseosmile'ı, eksiltmeli yöntem olarak da Brilliant Crios ve Vita Enamic kullandılar. Dijital bir abutment oluşturulup bu malzemeler kullanılarak üretim yapıldı. Kuronların internal uyumları bir intraoral tarayıcı kullanılarak dijitalleştirilip dijital ortamda karşılaştırıldı. Crowntec en yüksek genel, eksternal ve marjinal yüzey sapmalarına sahipken, Brilliant Crios en düşük eksternal ve Varseosmile en düşük marjinal yüzey sapmalarına sahip bulundu. Bu sapmalar klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içindeydi. Benzer şekilde, Al-Ramadan ve ark. (Al-Ramadan ve ark., 2024), gerçekleştirdikleri bir *in vitro* çalışmada VarseoSmile, Saremco Crowntec ve frezelenmiş hibrit seramik materyallerin (VITA Enamic) üretim doğruluğunu ve uyumlarını karşılaştırdılar. Bu çalışmada her üç grubun da marjinal ve internal uyum açısından kabul edilebilir sonuçlar verdiği bildirildi, ancak frezelenmiş materyalin daha yüksek doğruluk sunduğunu belirttiler. En önemli ölçümler oklüzal bölgede gözlendi. Enamic deney gruplarına kıyasla üstün uyum gösterdi, bunu Varseosmile ve son olarak Crowntec izledi. Bu bulgular, üretim teknolojisinin materyal özellikleri üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler yapılan çalışmaya paralellik göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan iki farklı üç boyutlu baskı daimi rezin materyali olan Saremco CrownTec ve VarseoSmile Crown Plus, fotopolimerizasyon esasına dayalı olarak sertleşen, ışıkla kürlenen materyallerdir. Her iki materyal de üretim sonrasında, tam mekanik dayanıklılık ve boyutsal stabiliteyi sağlamak amacıyla post-curing işlemine tabi tutuldu. Literatürde, post-

curing aşamasının polimerizasyon oranını artırarak hem mekanik özelliklerin güçlenmesine hem de restorasyonun boyutsal stabilitesine önemli katkılar sağladığı bildirilmektedir (Revilla-León & Özcan, 2019). Özden ve Altınok(Özden & Altınok Uygun, 2025) tarafından farklı post-kür sürelerinin etkilerini değerlendiren çalışmada, Varseosmile daimi reçinenin kürlenme sonrası süresinin artırılmasının mekanik özelliklerini iyileştirdiği tespit edildi. Materyal kompozisyonu açısından incelendiğinde, Saremco CrownTec organik matris içeriğine sahip bir kompozit reçine olarak tanımlanmaktadır. Bu organik faz oranı, materyalin polimerizasyon sonrası su emme kapasitesini artırarak, zamanla boyutsal değişimlere neden olabilmektedir (Sampaio ve ark., 2021). Buna karşılık, VarseoSmile Crown Plus, hibrit seramik dolgu partikülleriyle güçlendirilmiş, düşük organik matris oranına sahip bir yapıdır. Bu yapı, materyalin hem su emme hem de çözünürlük değerlerini azaltarak uzun dönem boyutsal stabilitesini desteklemektedir (Di Fiore ve ark., 2024).

Her iki materyal, doğru üretim parametreleri ile birlikte kullanıldığında yüksek uyum ve fonksiyonel başarı sağlayabilmektedir. Ancak nihai sonuçları etkileyen yalnızca materyalin kendisi değil, aynı zamanda kullanılan yazıcının türü, baskı çözünürlüğü, polimerizasyon süreci ve tasarım parametreleri gibi birçok faktörün olduğu dikkate alınmalıdır. Klinik başarı için tüm bu etkenlerin dikkatle planlanması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan reçine materyallerin, hem üretim sonrası hacimsel stabilitesi hem de tarayıcıdan gelen STL dosyasının baskıya aktarımındaki hassasiyetin etkisiyle, marjinal bölgelerde benzer derecede hassas sonuçlar verdiği gözlemlendi.

Hem Saremco Crowntec hem de VarseoSmile materyalleri üç boyutlu baskı teknolojisi ile üretildiklerinde başarılı restorasyonlar sunabilmekte, ancak her bir materyalin belirli özellikleri diğerine kıyasla avantaj ya da dezavantaj oluşturabilmektedir. Klinik karar sürecinde hem mekanik hem de biyolojik faktörler bir bütün olarak değerlendirilmeli, seçilecek materyalin olası uzun dönem etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını değerlendirmeden önce simantasyon işlemi gerçekleştirilmedi. Bunun temel gerekçesi, simantasyonun ölçüm sonuçlarını etkileyebilecek potansiyel hata kaynaklarını ortadan kaldırmaktır. Özellikle farklı restoratif materyallerin ve üretim tekniklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, sabit simantasyon, marjinal adaptasyonun değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle restorasyonların yalnızca yerleştirilerek ölçüm yapılması, hem ölçüm hassasiyetini artırmakta hem de diş

hazırlığı gibi biyolojik değişkenlerin grup içi kontrolünü sağlamaktadır (Sjögren, 1995) (Nawafleh, 2013) (Wolfart 2003).

Çalışmada her kuron restorasyonu için reçineden ayrı ayrı day model üretildi. Çünkü her sabit kısmi protez için aynı ana metal modeli kullanılsaydı, mikro BT tarama işleminden sonra restorasyonun çıkarılması gerekirdi, bu da metal modelin kenarlarında hasara yol açabilir ve sonradan yapılan değerlendirmede marjinal boşluk ölçümlerine müdahale edebilirdi. Ayrıca mikro-BT’de başka materyelden kaynaklı day üretimi artifaktlara neden olabilirdi. Bu nedenlerle, restorasyonların uyum değerlendirilmesi için mikro BT taraması, simantasyon yapılmadan ve her modele ayrı day model kullanılarak gerçekleştirildi (Borba ve ark., 2011).

Marjinal ve internal uyum birkaç teknik ile değerlendirilir. Daha subjektif değerlendirmelere yol açması, örneklerle zarar verebilmesi gibi dezavantajları nedeniyle silikon replika tekniği, prob ile klinik inceleme ve radyografik inceleme (Quante ve ark., 2008) gibi yöntemler yerine stereomikroskop ve mikro-BT kullanılarak inceleme yapmak mümkündür (Krasanaki ve ark., 2012). Stereomikroskop altında yapılan ölçüm, iki boyutlu görüntüler ile sınırlıdır. Buna karşılık, mikro-BT üç boyutlu görüntüler kullanarak, kuron uyumunun incelenebilmesini sağlamaktadır (Krasanaki ve ark., 2012). Mikro tomografi cihazları ile mikrometrik düzeyde hassas ve tekrarlanabilen ölçümler yapılabilir (Borba ve ark., 2011). Mikro-BT , marjinal ve internal boşlukların iki boyutlu ve üç boyutlu incelemelerine olanak tanır (Borba ve ark., 2011; Borba ve ark., 2013; Rizonaki ve ark., 2022). Rizonaki M ve ark. (Rizonaki ve ark., 2022) farklı bitiş çizgilerine sahip lityum disilikat CAD/CAM kuronlarının marjinal ve internal uyumunu mikro-BT tekniği kullanılarak değerlendirildiler. Literatürde restorasyon uyumunu değerlendirmede yine birçok çalışmada mikro-BT kullanıldı (Borba ve ark., 2013) (Demir ve ark., 2014). Bu çalışmada da mikro-BT, restorasyon arasındaki seçili noktalardaki marjinal ve internal uyumları değerlendirmek için non-invaziv bir teknik olarak tercih edildi. (Attia ve ark., 2023; Ekici ve ark., 2021; Hassounah ve ark., 2023; Toma ve ark., 2023).

Literatürde, farklı segmentasyon yöntemlerinin ölçüm sonuçları üzerinde belirgin etkileri olduğu gösterildi. Yapılan bir çalışmada, segmentasyon sürecinin doğruluğunun, ölçüm sonuçlarının güvenilirliği açısından kritik önemi olduğu vurgulandı (Ricciello ve ark., 2018). Derleme sonuçlarına göre, mikro-BT'nin yüksek çözünürlüklü görüntüleme kapasitesine rağmen, segmentasyon protokollerinin standardizasyonunun ölçüm tutarlılığı için önemli olduğu belirtildi. Bu bağlamda, mikro-BT ile yapılan değerlendirmelerde segmentasyon

protokollerinin dikkatlice seçilmesi ve standardize edilmesi gerekmektedir. Segmentasyon sürecindeki hatalar, ölçüm sonuçlarında sapmalara neden olabilir ve bu klinik kararları olumsuz etkileyebilir. Dolayısıyla, mikro-BT analizlerinde güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek için segmentasyon protokollerinin optimize edilmesi ve standardize edilmesi büyük önem taşımaktadır (Di Fiore ve ark., 2023).

Çalışmada mikro-BT kullanılarak restorasyonların marjinal ve internal uyumu değerlendirildi, analizler çoklu kesit alanlarından elde edilen ölçümlerle gerçekleştirildi. Bu yöntemin tercih edilmesindeki temel amaç, tek bir bölgeden alınan ölçümlerin tüm restorasyonun uyumunu temsil etmede yetersiz kalabileceğidir. Restorasyonun farklı bölgelerinde (marjinal, aksiyel, oklüzal) oluşabilecek değişken uyum düzeylerini belirlemek, klinik başarı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, farklı kesitlerden alınan çok sayıda ölçüm, genel uyumu daha doğru temsil etmeye olanak tanımaktadır (Toma ve ark., 2023).

Literatürde de benzer şekilde çoklu ölçüm noktaları kullanılarak yapılan çalışmalar bu yöntemin geçerliliğini desteklemektedir (Ricciello ve ark., 2018; Toma ve ark., 2023; Yıldırım ve ark., 2017). Örneğin, BioHPP gibi yüksek performanslı polimerlerle yapılan *in vitro* bir çalışmada, mesio-distal ve bukkal-lingual kesitlerde toplam 25 ölçüm noktası kullanıldı ve marjinal boşlukların iç boşluklara göre daha düşük olduğu rapor edildi (Toma ve ark., 2023). Benzer şekilde, lityum disilikat ve zirkonyum restorasyonlarda farklı üretim tekniklerinin karşılaştırıldığı çalışmada, çoklu kesit ve ölçüm yaklaşımının restoratif materyal ve teknik farklılıklarını ortaya koymada etkili olduğu vurgulandı (Ricciello ve ark., 2018). Bu sonuçlar, çalışmamızın kullandığı yöntemle uyumluluk gösterdi ve çok kesitli ölçüm yaklaşımının bilimsel temellerini güçlendirdi.

Yıldırım ve ark. (Yıldırım ve ark., 2017) tarafından yapılan “Hibrit ve nanoseramik sistemlerin marjinal ve internal adaptasyonunun mikrobilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi” adlı çalışması referans alınarak dilim sayısına bağlı olarak, bukkolingual yönde 50 eşit aralıklı dilim ile 5 dikey kesit ve mesial-distal yönde 30 eşit aralıklı dilim ile 5 dikey kesit elde edildi ve bu değerlerin ortalaması alındı. Tüm iki boyutlu ölçümler tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi. Her bir sagittal kesitte 11, transvers kesitte 4 ve frontal kesitte 10 farklı noktadan ölçüm yapıldı. Bu kapsamlı ölçüm yöntemi, yalnızca materyal farklılıklarını değil, aynı zamanda uyumun klinik başarıya etkisini değerlendirme açısından da önemli bir örnek teşkil etmektedir. Her bir sonuç, her örnekte en az 10 ölçülen nokta (OMG,

GMG) ve 40'a kadar nokta (OIG, AIG, MG ve AMD) ile elde edildi, çünkü her örnek için daha fazla ölçüm yapılması, istatistiksel analizde daha büyük hassasiyet sağlar (Nawafleh ve ark., 2013).

Bu çalışmada bulgular hem tarayıcı hem de kullanılan daimi reçine materyalinin ölçülen değerleri anlamlı düzeyde etkilediği gösterildi. Dijital iş akışında kullanılan her bir bileşenin (tarayıcı, tasarım yazılımı, baskı parametreleri ve post-kür işlemleri) restorasyonun klinik başarısı üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yalnızca materyal seçimi değil, dijital üretim sürecinin tamamı göz önünde bulundurularak klinik uyumun optimize edilmesi gerektiği sonucuna varılabilir. Preparasyon tasarımı, kenar sonlanma tipi, kullanılan ölçü tekniği, üretim yöntemi, siman aralığının dijital olarak ayarlanması, CAD/CAM restorasyonlarının marjinal ve internal doğruluğunda önemli bir rol oynar (Elbadawy ve ark., 2022; Mously ve ark., 2014).

Yapılan çalışmada, farklı yüzeylerde ölçülen marjinal boşluk değerlerinin, kullanılan tarayıcı ve reçine kombinasyonlarına bağlı olarak anlamlı şekilde değişiklik gösterdiği tespit edildi ($p<0,05$). Bulgularımız, özellikle mesial, distal ve palatinal yüzeylerde bu kombinasyonlara bağlı belirgin farkların oluştuğunu göstermektedir. Transversal yönde yapılan ölçümlerin mesial yüzey verilerine göre, Grup TS kombinasyonunda en yüksek marjinal boşluk değeri (0.12 ± 0.04 mm) elde edilirken, Grup PV kombinasyonu ile en düşük boşluk değeri (0.06 ± 0.02 mm) ölçüldü. Bu sonuçlar, Yılmaz ve ark. (Yılmaz ve ark., 2023) çalışmasındaki bulgularla uyumludur. Söz konusu çalışmada, eklemeli ve çıkarmalı olarak üretilen daimi reçine bazlı laminate veneer restorasyonların doğruluk ve kenar uyumu karşılaştırıldılar; Primescan tarayıcısının, özellikle sınırlı erişimli alanlarda (örneğin mesial ve distal konturlar) kabul edilebilir marjinal boşluk sağladığı ve bu alanlarda Grade 3 (pürüzsüz kenar) elde edildiği belirtildi. Bu uyum başarısı, Primescan'ın daha yüksek veri yakalama kapasitesi ve gelişmiş rekonstrüksiyon algoritmasıyla açıklanabilir.

Mevcut çalışmada distal yüzeyde de anlamlı farklılıklar saptandı; Grup TS (0.18 ± 0.01 mm) ve Grup TV (0.18 ± 0.01 mm) gruplarında en yüksek marjinal boşluk değerleri ölçülürken, Grup PS (0.12 ± 0.03 mm), Grup PV (0.09 ± 0.03 mm) ve Grup MV (0.09 ± 0.04 mm) kombinasyonlarında daha düşük boşluk değerleri tespit edildi.

Palatinal yüzey açısından ise, en yüksek boşluk değeri Grup MS kombinasyonunda ölçüldü (0.12 ± 0.04 mm), en düşük değer ise Grup TV kombinasyonunda kaydedildi (0.05 ± 0.00 mm). Gruplar arasında intraoral tarayıcı açısından anlamlı bir fark yoktur ve elde edilen veriler literatürdeki çalışmalarla (Gaintantzopoulou & El-Damanhoury, 2016; Shin ve ark., 2017) örtüşmektedir.

Primescan tarayıcısının, mesial ve distal gibi erişimi sınırlı yüzeylerde daha iyi sonuçlar verdiği; VarseoSmile materyalinin ise marjinal uyum açısından avantaj sağladığı görülmektedir. Elde edilen bulgular, restoratif dijital iş akışında tarayıcı-materyal eşleşmesinin klinik başarıyı doğrudan etkileyebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada frontal yönde mesialden yapılan ölçümlerde, frontal yönde distalden yapılan ölçümlerde ve sagittal yönde palatinalde yapılan ölçümlerde aksiyel duvarlardaki sonuçlar benzerlik göstermiştir.

Elde edilen bulgular, El Ghoul ve ark. (El Ghoul ve ark., 2020) çalışmasıyla örtüşmektedir; söz konusu çalışmada, CAD/CAM restorasyonlarının adaptasyon başarısının yalnızca kullanılan materyal tipine değil, aynı zamanda intraoral tarayıcıların algılama hassasiyetine de bağlı olduğu vurgulandı. Tanımlayıcı istatistiklere göre, MAWG değerleri grup TS 0.13 ± 0.03 mm, grup PV’de ise 0.06 ± 0.01 mm olarak ölçüldü. Bu bulgu, Primescan’ın özellikle aksiyel duvarlarda sağladığı daha yüksek uyum değerlerinin klinik olarak anlamlı olduğunu desteklemektedir. MAWG, MAOG ve MOG gibi diğer mesial parametrelerde de benzer şekilde yüksek boşluk değerlerinin grup TS’de görülmesi, bu tarayıcı ve materyal çiftinin özellikle mesial bölgelerde optimal uyum sağlayamayabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, yüksek organik matris içeriğine sahip reçinelerin polimerizasyon sırasında daha fazla büzülme eğilimi göstermesi ve Trios tarayıcısının dar anatomik bölgelerdeki sınırlı optik erişimi ile ilişkili olabilir (Dinçer ve ark., 2024; Santos ve ark., 2024). Aksiyel duvarlardaki bu farkların temelinde, tarayıcıların optik tasarımı, görüntü yakalama algoritmaları ve ışık kırılma toleransları yatmaktadır. Literatürde de bu bulgularla uyumlu sonuçlara ulaşıldı (Revell ve ark., 2022). Nedelcu ve ark. (Nedelcu ve ark., 2018), dikey yüzeylerde tarama yapmanın özellikle ışık açısı, yansıma ve veri yoğunluğu açısından zorluklar barındırdığını; bu nedenle bazı tarayıcıların bu bölgelerde yetersiz veri yakalayabildiğini belirttiler. Benzer şekilde, Revell ve ark. (Revell ve ark., 2022) çalışmasında, yalnızca Primescan tarayıcının implant destekli tam ark restorasyonlarda klinik olarak kabul edilen 30 μ m pasif uyum eşliğini sağlayabildiği ve özellikle aksiyel duvarlarda yüksek tarama doğruluğu ile öne çıktığı belirtilmiş olup; bu bulgu,

çalışmamızda Primescan ile elde edilen düşük MAWG ve MAOG değerlerini destekler niteliktedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, özellikle MAWG ve MAOG gibi bölgelerde kullanılan intraoral tarayıcı tipinin restorasyon uyumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koydu. MAWG parametresinde tarayıcı etkisi $p = 0.001$; $\eta^2 = 0.448$, MAOG parametresinde ise yine aynı düzeyde $p = 0.001$; $\eta^2 = 0.448$ olarak tespit edildi. Bu sonuçlar, aksiyel düzlemlerdeki uyumun, büyük oranda kullanılan tarayıcı teknolojisinden etkilendiğini göstermektedir.

Bulgular, Medit ve Trios sistemlerinin özellikle mesial aksiyel bölgede daha yüksek boşluk değerleri gösterdiğini ve bu sistemlerin dar açılı bölgelerde veri kaybına daha yatkın olduğunu düşündürmektedir. MAWG'deki bu uyum farkı, restorasyonun pasif oturumu ve simantasyon başarısı açısından önemli olup, uzun dönem klinik başarının belirleyicisidir (El Basha ve ark., 2023). Literatürle paralel olarak, Mizumoto ve ark. (Mizumoto ve ark., 2020), Trios'un özellikle sınırlı görüş alanı olan interproksimal ve aksiyel alanlarda tarama başarısının düştüğünü bildirdiler.

Frontal yönde distalden yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre, kullanılan tarayıcı ve reçine kombinasyonlarının marjinal ve internal uyum üzerinde belirgin etkileri olduğu görüldü. DAWG açısından, grup TS ($0,18 \pm 0,05$ mm) en yüksek boşluk değerini verirken, en düşük değer grup PV ($0,08 \pm 0,04$ mm) grubunda ölçüldü. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ve marjinal uyum açısından Primescan'ın daha başarılı olduğu ortaya konuldu. Bu bulgu, Yılmaz ve ark. (Yılmaz ve ark., 2023) çalışmasıyla uyumlu olup, Primescan tarayıcısının aksiyal yüzeylerde yüksek tarama doğruluğu sağladığını ve buna bağlı olarak daha iyi marjinal uyum sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, VarseoSmile materyalinin düşük polimerizasyon büzülmesi ve yüksek yüzey adaptasyonu gibi materyale özgü avantajlarının iç uyumu artırdığı bildirilmektedir. DMG değerlerinde gruplar arası istatistiksel fark bulunmamakla birlikte; grup TV ortalamaların daha yüksek olması, Trios tarayıcısının distal bölgelerde daha düşük optik doğrulukla veri toplayabileceğini gözlenmektedir. DAOG ve DOG parametrelerinde ise anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Tüm bu bulgular, grup PV distal aksiyal ve bitim çizgisi bölgelerinde sağladığı başarılı sonuçlarla, posterior bölge restorasyonları için klinik açıdan tercih edilebilirliğini desteklemektedir.

Çalışmamızda, sagittal yönde PAWG bölgesine ait ölçümlerde, kullanılan reçine materyalinin restorasyon uyumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yarattığı saptandı ($p = 0.032$; $\eta^2 = 0.178$). Grup V ile üretilen restorasyonlar, grup S'ye göre daha düşük boşluk

değerleriyle daha iyi uyum sergiledi. Örneğin, Trios tarayıcısı ile elde edilen PAWG değeri grup V için 0.05 ± 0.00 mm iken, grup S için 0.10 ± 0.03 mm olarak ölçüldü. Benzer şekilde, grup M ile üretilen restorasyonlarda bu değer grup V için 0.09 ± 0.04 mm, grup S için ise 0.12 ± 0.01 mm'dir. Bu verilere göre, reçine bazlı materyaller, fotopolimerizasyon sırasında hacimsel büzülme gösterirler; bu büzülme, kuronun nihai boyutlarını ve dolayısıyla internal uyumunu etkileyebilir. Daha düşük polimerizasyon büzülmesine sahip bir reçine, tasarlanan ölçülere daha uyumlu olur ve daha sıkı bir internal uyum sağlayabilir. Büzülmeyi azaltmanın bir yolu, reçine formülasyonuna dolgular (inorganik partiküller) eklemektir; dolgu oranı arttıkça büzülecek reçine hacmi azalır ve polimerizasyon sırasında oluşan boyutsal değişim kontrol altına alınır (Mandurino ve ark., 2025). Saremco CrownTec, BisEMA bazlı yüksek organik matris içeriğine sahip, ışıkla sertleşen bir rezin materyalidir. Üretici firmanın yayınladığı teknik bilgi formlarına göre, materyalin içeriğinde metakrilat bazlı monomerlerin yanı sıra, silanize dental cam ve pirojenik silika gibi dolgu partikülleri yer almaktadır (Gul ve ark., 2025). Bu içerik profili, materyalin polimerizasyon sırasında belirli düzeyde hacimsel büzülmeye uğrama potansiyelini artırmaktadır. Yapılan çalışmada kullanılan daimi reçinelerden her iki malzeme de %30–50 ağırlık oranında seramik dolgu içerir, ancak polimerizasyon büzülmesini etkilemede sadece dolgu miktarı değil, reçinenin monomer yapısı da önemlidir (Rajan ve ark., 2019). Örneğin, içerdiği monomerlerin yapısı ve bağ yoğunluğu, büzülmenin miktarını belirler; yüksek oranda esneyebilen veya düşük büzülmeli monomerler (ör. UDMA, Bis-EMA gibi) kullanmak internal uyumu iyileştirebilir. VarseoSmile reçinesinin formülasyonunun polimerizasyon sırasında daha az çekme gerilimi oluşturacak şekilde optimize edilmiş olması muhtemeldir. Nitekim bir çalışmada, farklı markaların reçineleri arasında polimerizasyon sonrası boyutsal değişim karşılaştırıldığında, bazı reçinelerin (örn. Senertek P-Crown) post-polimerizasyon süresi uzadıkça doğruluklarının azaldığı (daha fazla büzüldüğü) gözlemlendi; buna karşın Crowntec ve VarseoSmile gibi materyallerin daha stabilize kaldığı rapor edilmektedir (Özden & Altınok Uygun, 2025). İki malzeme de temel olarak metakrilat ester bazlı reçine matrisine sahip hibrit kompozitlerdir. Her ikisinin formülasyonu Bis-GMA/Bis-EMA türevleri (örn. etoksile bisfenol-A dimetakrilat) ve di- ya da tri-fonksiyonel monomerler içerir; ayrıca fotobaşlatıcılar ve bağlanmış seramik dolgu partikülleri mevcuttur (Aktug Karademir ve ark., 2025). Kompozisyon benzer olsa da, küçük formülasyon farkları internal uyumu etkileyebilir. Örneğin, fotobaşlatıcı sistemi veya inhibitör miktarı, polimerizasyonun derinliğini ve hızını belirleyerek nihai dönüşüm derecesini etkiler. Daha yüksek polimerizasyon derecesi, reçinenin mümkün olduğunca tüm monomerlerinin polimere dönüşmesini ve boyutsal kararlılığın artmasını sağlar. Özellikle eklemeli üretim sürecinde

tabakalı kürleme yapıldığı için, tam sertleşme sağlamak amacıyla uygun süre ve koşullarda son kür kritik önemdedir (Mandurino ve ark., 2025). Eğer VarseoSmile reçinesi, kimyasal olarak daha yüksek dönüşüm oranı elde edecek şekilde tasarlanmış ve post-kür süresi bunu destekleyecek şekilde uzun tutulmuşsa, ortaya çıkan kuronun iç yüzeyi tasarıma daha uygun kalacaktır (Boening ve ark., 2000). Ancak vurgulanmalıdır ki, incelenen çalışmalarda her iki malzeme de önerilen protokollerle kürlendiğinde benzer uyum sergilese bile kimyasal bileşimlerinin etkisiyle anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir (Al-Ramadan ve ark., 2024; Mandurino ve ark., 2025; Özden & Altınok Uygun, 2025).

Literatürde; polimerizasyon büzülmesi, reçinenin viskozitesi ve ışık geçirgenliği gibi faktörlerin restoratif materyallerin marjinal ve internal uyumu üzerinde etkili olduğu bildirildi. Alharbi ve ark. (Alharbi ve ark., 2017), katkı maddesi üretim teknikleriyle üretilen reçine esaslı restorasyonlarda, özellikle karmaşık anatomik bölgelerde üretim hassasiyetinin azaldığını ve reçinenin fotopolimerizasyon davranışının uyum başarısında kritik rol oynadığını vurgulandı. Bu bağlamda, Saremco Crowntec'in yüksek organik matris içeriği (Gul ve ark., 2025) nedeniyle polimerizasyon sırasında daha fazla hacimsel büzülmeye uğraması, özellikle palatinal aksiyal duvar gibi ışığın zayıf ulaşabildiği alanlarda daha yüksek boşluklara yol açmış olabilir. Bu bulgular, Revilla-León ve ark.'ın (Revilla-León & Özcan, 2019) raporuyla uyumludur. Çalışmada, derin ve karmaşık konturlu bitim çizgilerinde dijital tarayıcıların veri kaybına daha yatkın olduğu ve marjinal adaptasyonun üretim materyaliyle birlikte anlamlı düzeyde değiştiği bildirildi. Ayrıca, Al Wadei ve ark. (Al Wadei ve ark., 2022), üç boyutlu baskı reçinelerinde polimerizasyon sonrası şekil değişimlerinin, özellikle ince duvarlı ve bitim çizgisine yakın alanlarda marjinal boşlukları artırabildiğini ifade ettiler.

Klinik açıdan değerlendirildiğinde, aksiyel duvarlardaki adaptasyon hataları, siman boşluğu artışına, marjinal sızıntıya ve uzun vadede sekonder çürük ya da restorasyon kaybına yol açabilmektedir. Bu nedenle aksiyel bölgelerde en düşük uyumsuzluğu sağlayan Primescan gibi sistemlerin tercih edilmesi, özellikle estetik bölgedeki tek kuron uygulamalarında büyük avantaj sağlayabilir. Bitim çizgisinin derin yerleşimli olması, tarayıcıların görüntüleme kapasitesini ve baskı materyallerinin hacimsel stabilitesini sınırlandırarak bu bölgelerdeki uyumu önemli ölçüde etkilemektedir. Klinik uygulamalarda, bu bölgelerin net taranması ve restorasyon üretiminde düşük büzülme gösteren materyallerin tercih edilmesi, daha iyi bir marjinal adaptasyon elde edilmesini sağlayabilir (Boening ve ark., 2000; Jw, 1971).

Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen bulgular ve mevcut literatür birlikte değerlendirildiğinde, aksiyel bölge uyumunda intraoral tarayıcı seçimi belirleyici bir faktördür. Özellikle aksiyel-duvar taramasında gelişmiş sensör, yüksek çözünürlük ve hassas yazılım algoritmalarına sahip sistemlerin tercih edilmesi, protetik restorasyonların başarısını artırması beklenmektedir.

Sagittal yönde yapılan bukkal yüzey ölçümleri değerlendirildiğinde, özellikle BAWG ve BFLG parametrelerinde tarayıcı ve reçine tipine bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar saptandı. BAWG açısından en yüksek boşluklar grup TS ($0,13\pm0,03$ mm) ve grup MS ($0,10\pm0,01$ mm) kombinasyonlarında gözlenirken, en düşük değerler grup PV ($0,04\pm0,01$ mm) grubunda elde edildi. Diğer parametreler olan BOG, BOAG, OG ve BMG ölçümlerinde gruplar arası istatistiksel fark bulunmamakla birlikte, grup PV genel olarak daha düşük boşluk değerleri sunduğu gözlemlendi. Bu durum, yüksek çözünürlüklü dijital tarayıcıların marjinal bölgelerde daha stabil ve öngörülebilir restoratif sonuçlar sağlayabileceğini desteklemektedir (Pereira ve ark., 2024).

Bitim çizgisi bölgeleri, özellikle derin ve erişimi zor olan alanlarda yer aldığında, hem dijital tarama süreci hem de üç boyutlu baskı materyalinin polimerizasyon davranışı açısından restorasyonun uyumunu olumsuz etkileyebilmektedir (Revilla-León ve ark., 2023). Kullanılan baskı reçinelerinin optik geçirgenliği ve polimerizasyon sırasında gösterdiği hacimsel değişim, özellikle ince ve derin bölgelerde marjinal uyum üzerinde belirgin farklılıklara yol açmaktadır (Alghazzawi, 2016). Çalışmamızda yer alan MFLG,DFLG,PFLG,BFLG parametrelerinde, tarayıcı ve reçine tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi. Derin marjinal bölgelerde elde edilen daha yüksek boşluk değerleri, özellikle grup TS kombinasyonunda belirginleşti.

Literatürde klinik olarak kabul edilen iç boşluk üst sınırı genelde 200 μ m'dir (Rippe ve ark., 2017; Swaid, 2023). Boitelle ve ark. (Boitelle ve ark., 2014), mikro-BT ile değerlendirilen kuronların marjinal boşluklarının 80–120 μ m aralığında olduğunu bildirildi ve bu değerleri klinik açıdan kabul edilebilir sınırlar içinde değerlendirildi. Bitim çizgisi bölgesinde gözlenen marjinal boşluk değerlerinin reçine türüne göre anlamlı şekilde farklılık göstermesi, kullanılan baskı materyalinin fizikokimyasal özelliklerinin restorasyon uyumu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Al-Dulaijan ve ark., 2024). Grup S ile üretilen restorasyonlarda, grup V'ye kıyasla daha yüksek boşluk değerleri elde edildi. BFLG parametresinde yapılan ölçümlerde, grup S reçinesi ile üretilen restorasyonlarda daha yüksek boşluk değerleri gözlemlendi (örneğin Medit için $0,10\pm0,02$ mm, Primescan için $0,04\pm0,01$ mm), buna karşın grup V ile elde edilen

değerlerin genel olarak daha düşük olduğu görüldü (Medit: $0,07 \pm 0,02$ mm; Primescan: $0,04 \pm 0,01$ mm). Bu farklılık, istatistiksel olarak da anlamlı bulundu ve reçine tipi faktörü için $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.462$ düzeyinde etki büyüklüğüyle desteklendi. Bitim çizgisi uyumu açısından değerlendirilen DFLG parametresinde de benzer bir eğilim gözlemlenmiş; en yüksek boşluk grup TS ($0,14 \pm 0,05$ mm), en düşük boşluk ise grup PV ($0,06 \pm 0,02$ mm) ölçüldü. El Ghoul ve ark. (El Ghoul ve ark., 2020) CAD/CAM restorasyonlarda bitim çizgisi uyumunun materyal özelliklerine bağlı olduğunu gösteren çalışmasıyla paralellik arz etmektedir. Çalışmamızda, sagittal yönde palatinal bitim çizgisine ait ölçüm parametresi olan PFLG’de, hem intraoral tarayıcı hem de reçine tipi değişkenlerinin restorasyon uyumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu bulundu (tarayıcı için $p = 0.019$; $\eta^2 = 0.282$ | reçine için $p = 0.040$; $\eta^2 = 0.164$). Bu etki düzeyleri, orta seviyede olup, hem dijital tarama kalitesinin hem de kullanılan materyalin uyumu doğrudan etkilediğini göstermektedir. Ortalama değerler incelendiğinde, grup PV en düşük PFLG değeri olan 0.06 ± 0.02 mm ile öne çıkarken, grup MS 0.10 ± 0.03 mm ile en yüksek değeri göstermiştir. Bu bulgular, Molinero-Mourelle ve ark. (Molinero-Mourelle ve ark., 2024) yaptığı çalışmayla da desteklenmektedir. Bu durum, derin bölgelerde üretim tekniği ve materyal türünün restorasyon uyumu üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, özellikle marjinal bölgelerde (DMG , MMG , PMG ve BMG) ölçülen boşluk değerlerinin birçok durumda klinik olarak kabul edilen $200 \mu\text{m}$ sınırını aştığı gözlemlendi. DMG parametresinde en yüksek değerler $0,40$ mm ($400 \mu\text{m}$) seviyelerine ulaşıldı; benzer şekilde MMG, PMG ve BMG ölçümleri de sırasıyla ortalama $0,27$ – $0,32$ mm, $0,26$ – $0,30$ mm ve $0,30$ – $0,40$ mm aralığında kaydedildi. Bu bulgular, marjinal sınır bölgelerinde internal uyumun yeterince hassas sağlanmadığını ve özellikle üç boyutlu yazıcıyla üretim yapılan restorasyonlarda marjinal konturların tasarım ve üretim aşamasında halen geliştirilmeye açık olduğunu göstermektedir. Marjinal bölgelerdeki bu uyum eksiklikleri klinik açıdan çeşitli riskler taşımaktadır. Yetersiz marjinal uyum, marjinal sızıntı, ikincil çürük gelişimi, siman çözünmesi ve uzun vadede protetik başarısızlık gibi komplikasyonlarla ilişkilidir (Boening ve ark., 2000; Jw, 1971). Özellikle bitim çizgisine yakın ince duvarlı alanlarda, üretim sırasında oluşabilecek polimerizasyon büzülmesi, baskı katmanlarının çözünürlüğü ve post-kürleme sonrası boyutsal değişiklikler bu uyumsuzluklara neden olabilir (Boening ve ark., 2000). CAD yazılım parametrelerinin (örneğin siman boşluğu tanımı), baskı yöneliminin ve destek yapı stratejilerinin bu bölgelerde optimize edilmesi, daha başarılı marjinal uyum elde edilmesi açısından önemlidir. Ayrıca, ışıkla polimerleşen reçinelerin kenar bölgelerindeki kürlenme

derinliği ve reçine akışkanlığı da restorasyonun kenar konturlarında deformasyona neden olabilir (Thomaidis ve ark., 2024). Bu nedenler doğrudan marjinal sızıntı ve biyolojik başarısızlık riski yaratır. Sonuç olarak, bu çalışmadaki veriler, özellikle marjinal bölgelerde üretim doğruluğunun geliştirilmeye açık bir alan olduğunu ortaya koymakta ve bu bölgelerde yüksek çözünürlüklü tarama, daha kontrollü üretim parametreleri ve optimize reçine formülasyonlarının tercih edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, marjinal boşlukların minimize edilmesi, restorasyonların uzun ömürlü ve biyolojik olarak uyumlu olmasını sağlamak açısından temel öneme sahiptir.

Bu çalışmada, sagital ve frontal düzlemlerde elde edilen oklüzal yüzey ölçümlerinde, ne intraoral tarayıcı tipi ne de reçine materyali anlamlı fark göstermedi ($p > 0,05$). Örneğin POG için tarayıcı ($p=0.122$) ve reçine ($p=0.192$) etkileri istatistiksel olarak anlamlı değer göstermedi. Attia ve ark. (Attia ve ark., 2023) yaptıkları çalışmada MOG, DOG, LHOG ve BHOG'deki iç boşluk ortalama değerlerinin frezelenmiş PEEK kuronlarında ve pelletlerden preslenen PEEK kuronlarında diğer noktalara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu tespit ettiler. Bu fark, tarayıcı çözünürlüğündeki sınırlamalara ve yuvarlak kenarlara neden olan durumlardan kaynaklanabilir. Tarama süreci sırasında, "overshoot" (aşma) fenomeni meydana gelebilir ve yazılım, bu durumu iç hatalardan oluşan bir bölgeye dönüştürebilir bu sebeplerle hem marjinal hem de oklüzal alanlarda uyum problemlerine yol açabilir. Literatürde, oklüzal yüzeyler sıklıkla en düşük uyum gösteren bölgeler olarak rapor edildi (Mai ve ark., 2017; Park ve ark., 2017; Revilla-León & Özcan, 2019). Bunun temel nedenleri arasında, fissür morfolojisinin derin ve dar yapıda olması, ışığın bu bölgelere etkili ulaşamaması ve yüzey kompleksliğinin baskı hassasiyetini azaltması sayılabilir

Bu sonuçlar, literatürdeki oklüzal bölgelerde sıklıkla bildirilen uyum problemleriyle çelişkili gibi görünse de çalışmamızda uygulanan üretim protokolü bu farkı açıklamaktadır. Çalışmamızda kullanılan üretim stratejisinde, restorasyonların özellikle oklüzal bölgesine yakın alanlarda support ile desteklenmiş olması, bu bölgelere dik gelen ışığın kürlenme etkinliğini artırdı ve hacimsel büzülmenin sınırlanmasını sağladı. Bu durum, desteklenmiş üretim pozisyonlandırmasının özellikle karmaşık oklüzal topografilerde adaptasyon avantajı sağlayabileceğini göstermektedir (Hassanpour ve ark., 2024).

Bu çalışmanın bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Öncelikle, gerçek klinik koşulların tam olarak simüle edilememesi önemli bir sınırlılıktır; çünkü diş preparasyonu yalnızca tipodont modeller üzerinde gerçekleştirildi ve restorasyonların son adaptasyonu reçine day modeller üzerinde değerlendirildi. Bu durum, yumuşak doku varlığı, oral sıvılar ve hastaya özgü

değişkenlerin etkisi gibi klinik ortamda karşılaşılabilecek faktörlerin dışlanmasına neden oldu. Çalışmada sınırlı intraoral tarayıcı kullanıldı farklı intraoral tarayıcılarla çalışma genişletilebilir. Ek olarak, restorasyonlar mikro-BT ile değerlendirilirken radyografik artefaktları önlemek ve reçine day model ile üç boyutlu daimi reçine materyali arasındaki kontrastı artırmak amacıyla simantasyon işlemi yapılmadan analiz edildi. Bu durum, siman adaptasyon üzerine olan etkisinin göz ardı edilmesine neden oldu. Özellikle farklı marjinal bitiş çizgisine sahip uzun köprülerin marjinal ve internal uyumu üzerindeki etkileri henüz yeterince aydınlatılmadı. Bu bağlamda, farklı materyallerin kenar bitiş çizgisi ile birlikte gösterdiği adaptasyonun, yüzey işlemlerinin ve simantasyon protokollerinin dahil edildiği daha kapsamlı *in vitro* ve klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasından elde edilen veriler gelecekte yapılacak olan çalışmalara yol gösterici nitelikte olması beklenmektedir.

6. SONUÇLAR

- Bu çalışmada, farklı intraoral tarayıcılar (Trios 5, Medit i600 ve Primescan) ile iki farklı daimi kompozit reçinenin (Saremco CrownTec ve VarseoSmile Crown Plus)

marjinal ve internal uyum üzerine etkileri mikro-BT yöntemiyle karşılaştırmalı olarak incelendi. Elde edilen veriler, tarayıcı ve reçine tipinin uyum değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koydu.

- Genel olarak değerlendirildiğinde, Primescan tarayıcısı ile üretilen restorasyonlar, hem marjinal hem de internal boşluk değerleri bakımından diğer tarayıcılara kıyasla daha iyi sonuçlar verdi. Bununla birlikte, bazı marjinal bölgelerde 200 µm'nin üzerinde boşluk değerlerine rastlanmış olması, klinik açıdan dikkat edilmesi gereken bir husus olarak değerlendirilmelidir.
- Kullanılan reçineler arasında ise VarseoSmile Crown Plus materyalinin, özellikle Saremco CrownTec'e kıyasla daha düşük boşluk değerleri gösterdiği ve genel uyum açısından daha başarılı sonuçlar verdiği saptandı.
- Kesitsel analiz sonuçları, mesial ve distal aksiyel duvar bölgelerinde genel olarak daha düşük uyum değerlerinin elde edildiğini gösterdi. Ayrıca palatinal yönde, bukkal alanlara kıyasla daha düşük uyum değerleri elde edildi.
- Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları; dijital iş akışında kullanılan intraoral tarayıcı ve daimi reçine seçiminin, elde edilecek restorasyonun uyumu üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Tarayıcıların optik sistemleri, algoritmaları ve reçine materyallerinin fizikokimyasal özellikleri gibi faktörlerin, klinik başarıyı doğrudan etkilediği unutulmamalıdır. Bu doğrultuda, daha yüksek hassasiyetli ve stabil restorasyonlar elde edebilmek için dijital üretim sürecinin her aşamasının dikkatle planlanması gerektiği sonucu elde edildi.

7. KAYNAKÇALAR

- Aati, S. (2023). Development of 3D printed resin-based nanocomposites for dental prosthetic restorations.
- Abad Coronel, C. G. (2019). Intraoral scanning devices applied in fixed prosthodontics.

- Abd El Galil, E. G., Mohamed, S. L., Rizk, F. N., & Sabet, M. E. (2021). Evaluation of two computer-aided design software on the adaptation of digitally constructed maxillary complete denture. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 21(4), 383-390.
- Abduljawad, D. E., & Rayyan, M. R. (2022). Marginal and internal fit of lithium disilicate endocrowns fabricated using conventional, digital, and combination techniques. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 34(4), 707-714.
- Abdulla, M., Ali, H., & Jamel, R. (2020). CAD-CAM technology: a literature review. *Al-Rafidain Dental Journal*, 20(1), 95-113.
- Abduo, J., & Lyons, K. (2013). Rationale for the use of CAD/CAM technology in implant prosthodontics. *International journal of dentistry*, 2013(1), 768121.
- 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.
- Akat, B., Şentürk, A., Ocak, M., Kiliçarslan, M. A., & Özcan, M. (2022). Does cad software affect the marginal and internal fit of milled full ceramic crowns? *Brazilian oral research*, 36, e042.
- Aktug Karademir, S., Atasoy, S., Akarsu, S., & Karaaslan, E. (2025). Effects of post-curing conditions on degree of conversion, microhardness, and stainability of 3D printed permanent resins. *BMC oral health*, 25(1), 304.
- Al-Dulaijan, Y. A., Aldamanhori, R., Algaoud, H., Alshubaili, R., Alkhateeb, R., Alalawi, H., Abualsaud, R., Alqarawi, F. K., Al-Qarni, F. D., & Gad, M. M. (2024). Internal and marginal fits of 3D-printed provisional prostheses: comparative effect of different printing parameters. *Frontiers in Oral Health*, 5, 1491984.
- Al-Ramadan, A., Abualsaud, R., Al-Dulaijan, Y. A., Al-Thobity, A. M., & Alalawi, H. (2024). Accuracy and Fit of Ceramic Filled 3D-Printed Resin for Permanent Crown Fabrication: An In Vitro Comparative Study. *Prosthesis*, 6(5), 1029-1041.
- Al-Dwairi, Z. N., Al Haj Ebrahim, A. A., & Baba, N. Z. (2023). A comparison of the surface and mechanical properties of 3D printable denture-base resin material and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*, 32(1), 40-48.
- Al Wadei, M. H. D., Sayed, M. E., Jain, S., Aggarwal, A., Alqarni, H., Gupta, S. G., Alqahtani, S. M., Alahmari, N. M., Alshehri, A. H., & Jain, M. (2022). Marginal adaptation and internal fit of 3D-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to CAD/CAM-milled and conventional provisional resins: A systematic review and meta-analysis. *Coatings*, 12(11), 1777.
- Alan, D. H. C. B. (2024) Cad/Cam Tekniği ile Üretilen Tam Protezler.
- Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *journal of prosthodontic research*, 60(2), 72-84.
- Alharbi, N., Wismeijer, D., & Osman, R. B. (2017). Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *International Journal of Prosthodontics*, 30(5).
- Alkadi, L. (2023). A comprehensive review of factors that influence the accuracy of intraoral scanners. *Diagnostics*, 13(21), 3291.
- Amornvit, P., Sanohkan, S., & Peampring, C. (2020). Studying the optical 3D accuracy of intraoral scans: An in vitro study. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020(1), 5739312.
- Aral, M., & Keskin, Y. (2024). Dış Hekimliğinde 3 Boyutlu-Eklemeli Üretim: Derleme. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Dış Hekimliği Bilimleri Dergisi)*, 10(1), 1-11.
- Ashraf, Y., Abo El Fadl, A., Hamdy, A., & Ebeid, K. (2023). Effect of different intraoral scanners and scanbody splinting on accuracy of scanning implant-supported full arch fixed prosthesis. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 35(8), 1257-1263.

- Asiga.(2022). Max UV: Precision 3D printing for dental applications. <https://www.asiga.com/products/max-uv/>
- Aswani, K., Wankhade, S., Khalikar, A., & Deogade, S. (2020). Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 20(1), 27-37.
- Attia, M. A., Blunt, L., Bills, P., Tawfik, A., & Radawn, M. (2023). Micro-CT analysis of marginal and internal fit of milled and pressed polyetheretherketone single crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(6), 906. e901-906. e910.
- Balto, K., Muller, R., Carrington, D., Dobeck, J., & Stashenko, P. (2000). Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *Journal of dental research*, 79(1), 35-40.
- Bandiaky, O. N., Clouet, R., Le Bars, P., Soueidan, A., & Le Guehennec, L. (2023). Marginal and internal fit of five-unit zirconia-based fixed dental prostheses fabricated with digital scans and conventional impressions: A comparative in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 32(9), 846-853.
- Baumann, M. (1995). The influence of dental gloves on the setting of impression materials. *British dental journal*, 179(4), 130-135.
- Bego GmbH. VarseoSmile Crown Plus – Technical Data Sheet https://www.bego.com/fileadmin/user_upload/VarseoSmile-Crown-Plus_Technical_Data_Sheet.pdf
- Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*, 204(9), 505-511.
- Boening, K. W., Wolf, B. H., Schmidt, A. E., Kästner, K., & Walter, M. H. (2000). Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 84(4), 419-424.
- Boitelle, P., Mawussi, B., Tapie, L., & Fromentin, O. (2014). A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *Journal of oral rehabilitation*, 41(11), 853-874.
- Borba, M., Cesar, P. F., Griggs, J. A., & Della Bona, A. (2011). Adaptation of all-ceramic fixed partial dentures. *Dental Materials*, 27(11), 1119-1126.
- Borba, M., Miranda Jr, W. G., Cesar, P. F., Griggs, J. A., & Bona, A. D. (2013). Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. *Brazilian oral research*, 27(05), 396-402.
- Borbola, D., Mikolicz, A., Romanszky, L., Sersli, G., DeFee, M., Renne, W., & Vag, J. (2024). Complete-arch accuracy of seven intraoral scanners measured by the virtual-fit method. *Journal of dentistry*, 149, 105281.
- Bowley, J. F., Ichim, I. P., Kieser, J. A., & Swain, M. V. (2013). FEA evaluation of the resistance form of a premolar crown. *Journal of Prosthodontics*, 22(4), 304-312.
- Budak, H., & Yilmaz, H. N. (2025). Evaluation of the Reliability of Facial Models Digitalized with Different Imaging Methods in Cleft Lip and Palate. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*, 10556656251314264.
- Burgaz, Y., & Demirköprülü, H. (1986). Silikon Esaslı Elastomerik Ölçü Maddelerinin Kullanıldığı Üç Ölçü Metodunun Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 3(2), 1-13.
- Cebeci, N. Ö., & Tokmakcioğlu, H. H. (2018). Protetik diş tedavisinde ekleme yöntemi ile üretim. *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 3(1), 66-86.
- Cengiz, S., & Ordu, Ü. Klinikte Kullanılan CAD/CAM Sistemlerinin Güncel Materyalleri.
- 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.
- Chai, J., & Pang, I.-C. (1994). A study of the "thixotropic" property of elastomeric impression materials. *International Journal of Prosthodontics*, 7(2).

- Chong, Y.-H., & Soh, G. (1991). Effectiveness of intraoral delivery tips in reducing voids in elastomeric impressions. *Quintessence International*, 22(11).
- Comlekoglu, M., Dundar, M., Özcan, M., Gungor, M., Gokce, B., & Artunc, C. (2009). Influence of cervical finish line type on the marginal adaptation of zirconia ceramic crowns. *Operative dentistry*, 34(5), 586-592.
- Cook, W., Liem, F., Russo, P., Scheiner, M., Simkiss, G., & Woodruff, P. (1984). Tear and rupture of elastomeric dental impression materials. *Biomaterials*, 5(5), 275-280.
- Craig, R., & Sun, Z. (1994). Trends in elastomeric impression materials. *Operative dentistry*, 19, 138-138.
- Craig, R. G. (1980). *Restorative dental materials*. Mosby.
- Craig, R. G. (1985). Evaluation of an automatic mixing system for an addition silicone impression material. *Journal of the American Dental Association* (1939), 110(2), 213-215.
- Craig, R. G. (1988). Review of dental impression materials. *Advances in dental research*, 2(1), 51-64.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M. C., & Duysak, A. (2013). Hizli prototipleme teknolojileri ve uygulama alanlari. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*(031), 53-70.
- Çin, V., İzgi, A. D., Kale, E., & Yilmaz, B. (2023). Marginal and internal fit of monolithic zirconia crowns fabricated by using two different cad-cam workflows: An in vitro study. *Prosthesis*, 5(1), 35-47.
- D'haese, R., Vrombaut, T., Roeykens, H., & Vandeweghe, S. (2022). In vitro accuracy of digital and conventional impressions for full-arch implant-supported prostheses. *Journal of clinical medicine*, 11(3), 594.
- Dai, N., Zhong, Y., Liu, H., Yuan, F., & Sun, Y. (2016). Digital modeling technology for full dental crown tooth preparation. *Computers in Biology and Medicine*, 71, 190-197.
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British dental journal*, 219(11), 521-529.
- Demir, N., Ozturk, A. N., & Malkoc, M. A. (2014). Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the microcomputed tomography (micro-CT) technique. *European journal of dentistry*, 8(04), 437-444.
- Demirel, M., Türksayar, A. A. D., & Donmez, M. B. (2023). Fabrication trueness and internal fit of hybrid abutment crowns fabricated by using additively and subtractively manufactured resins. *Journal of dentistry*, 136, 104621.
- Denry, I., & Kelly, J. (2014). Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of dental research*, 93(12), 1235-1242.
- Dentafab.(2023). Curing units for dental 3D printing
<https://www.dentafab.com/products/curing-units>
- Dentsply Sirona. (2022) Digital impression with Primescan: Every day hygiene you can trust (Brochure).Dentsply Sirona.<https://pdf.medicalexpo.com/pdf/dentsply-sirona/digital-impression-primescan-every-day-hygiene-you-can-trust/70662-229021.html>
- Di Fiore, A., Graiff, L., Savio, G., Granata, S., Basilicata, M., Bollero, P., & Meneghello, R. (2022). Investigation of the accuracy of four intraoral scanners in mandibular full-arch digital implant impression: a comparative in vitro study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4719.
- Di Fiore, A., Stellini, E., Alageel, O., & Alhotan, A. (2024). Comparison of mechanical and surface properties of two 3D printed composite resins for definitive restoration. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(4), 839. e831-839. e837.

- Di Fiore, A., Zuccon, A., Carraro, F., Basilicata, M., Bollero, P., Bruno, G., & Stellini, E. (2023). Assessment methods for marginal and internal fit of partial crown restorations: a systematic review. *Journal of clinical medicine*, 12(15), 5048.
- Diken Türksayar, A. A. (2019). Estetik zirkonyum, polietetereterketon ve polieteterketonketon implant dayanakları üzerine yapılan lityum disilikatla güçlendirilmiş CAD/CAM monolitik cam seramik kronların yaşlandırma işlemi sonrası kırılma dayanımlarının ve kırılma tiplerinin in vitro değerlendirilmesi.
- Diğer, G., Molinero-Mourelle, P., Dönmez, M. B., Kahveci, Ç., Yılmaz, B., & Çakmak, G. (2024). Scan accuracy of wireless intraoral scanners while digitizing a combined scan body-healing abutment system. *Journal of dentistry*, 151, 105413.
- Donmez, M. B., & Okutan, Y. (2022). Marginal gap and fracture resistance of implant-supported 3D-printed definitive composite crowns: An in vitro study. *Journal of dentistry*, 124, 104216.
- Dreyer, K., & Jørgensen. (1955). The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontologica Scandinavica*, 13(1), 35-40.
- Edelhoff, D., Horstkemper, T., Richter, E., Spiekermann, H., & Yildirim, M. (2000). Bonded and nonbonded Empress 1 crowns. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 55(5), 326-330.
- Edelhoff, D., & Sorensen, J. A. (2002). Tooth structure removal associated with various preparation designs for posterior teeth. *International journal of periodontics & restorative dentistry*, 22(3).
- Ekici, Z., Kılıçarslan, M., Bilecenoğlu, B., & Ocak, M. M.-C. (2021). Evaluation of the marginal and internal fit of crown and inlay restorations fabricated via different digital scanners belonging to the same CAD-CAM system. *Int J Prosthodont*, 34(3), 381-399.
- El Basha, S. H., Hassanien, E. E. Y., & Elnaggar, G. A. (2023). Novel technique in detecting marginal adaptation of all ceramic restoration after cementation: case report. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(1), 55.
- El Ghoul, W. A., Özcan, M., Ounsi, H., Tohme, H., & Salameh, Z. (2020). Effect of different CAD-CAM materials on the marginal and internal adaptation of endocrown restorations: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(1), 128-134.
- Elbadawy, A. A., Omar, E. A., & Abdelaziz, M. H. (2022). MicroCT evaluation for CAD/CAM occlusal veneer fit using two materials and three cement space settings. *Brazilian Dental Journal*, 33(4), 71-78.
- Ellakany, P., Aly, N. M., & Al-Harbi, F. (2023). A comparative study assessing the precision and trueness of digital and printed casts produced from several intraoral and extraoral scanners in full arch and short span (3-unit FPD) scanning: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 32(5), 423-430.
- Elsayed, M. S., El-Kouedi, A. Y., & Shokry, T. E. (2025). Effect of aging on the marginal fit of milled and printed zirconia crowns: an in-vitro study. *BMC oral health*, 25(1), 1-9.
- Ender, A., & Mehl, A. (2011). Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study. *International journal of computerized dentistry*, 14(1), 11-21.
- Eskitaşçıoğlu, M., Değirmenci, A., & Değirmenci, B. Ü. (2019). Gingiva-Colored Composites With The Latest Indications. *Dental and Medical Journal-Review*, 1(2), 12-19.
- Euán, R., Figueras-Álvarez, O., Cabratosa-Termes, J., Brufau-de Barberà, M., & Gomes-Azevedo, S. (2012). Comparison of the marginal adaptation of zirconium dioxide crowns in preparations with two different finish lines. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 21(4), 291-295.
- Falland-Cheung, L., Waddell, J. N., Lazarjan, M. S., Jermy, M. C., Winter, T., Tong, D., & Brunton, P. A. (2017). Use of agar/glycerol and agar/glycerol/water as a translucent brain simulant for ballistic testing. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 65, 665-671.

- Farag, E., Sabet, A., Ebeid, K., & El Sergany, O. (2024). Build angle effect on 3D-printed dental crowns marginal fit using digital light-processing and stereo-lithography technology: an in vitro study. *BMC oral health*, 24(1), 73.
- Farah, R. f. I., & Alresheedi, B. (2023). Evaluation of the marginal and internal fit of CAD/CAM crowns designed using three different dental CAD programs: A 3-dimensional digital analysis study. *Clinical oral investigations*, 27(1), 263-271.
- Fasbinder, D. J. (2012). Using digital technology to enhance restorative dentistry. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (15488578), 33(9).
- Flügge, T. V., Schlager, S., Nelson, K., Nahles, S., & Metzger, M. C. (2013). Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 144(3), 471-478.
- Gaintantzopoulou, M., & El-Damanhoury, H. (2016). Effect of preparation depth on the marginal and internal adaptation of computer-aided design/computer-assisted manufacture endocrowns. *Operative dentistry*, 41(6), 607-616.
- Gap, M. (2016). The accuracy of fit of crowns made from wax patterns produced conventionally (hand formed) and via CAD/CAM technology. *J Prosthodont Restor Dent*, 24, 7-10.
- Giannatsis, J., & Dedoussis, V. (2009). Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40, 116-127.
- Gintaute, A., Papatriantafyllou, N., Aljehani, M., & Att, W. (2018). Accuracy of computerized and conventional impression-making procedures for multiple straight and tilted dental implants. *International Journal of Esthetic Dentistry*, 13(4).
- Giordano, R. (2006). Materials for chairside CAD/CAM–produced restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 14S-21S.
- Goodacre, C. J., Campagni, W. V., & Aquilino, S. A. (2001). Tooth preparations for complete crowns: an art form based on scientific principles. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(4), 363-376.
- Goracci, C., Franchi, L., Vichi, A., & Ferrari, M. (2016). Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *European journal of orthodontics*, 38(4), 422-428.
- Gorripati, J. P., & Dubey, S. A. G. (2024). Designing a Single Lithium Disilicate Crown: A Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Approach With Exocad Software. *Cureus*, 16(4).
- Gorripati, J. P., Dubey, S. A. G., & Dubey, S. A. (2024). Designing a Single Lithium Disilicate Crown: A Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Approach With Exocad Software. *Cureus*, 16(4).
- Gökmen, Ş., Görgülü, S., Topsakal, K. G., & Duran, G. S. (2024). Accuracy of 3D Printer Technologies Using Digital Dental Models. *Turkish Journal of Orthodontics*, 37(4), 257.
- Gul, B. C., Demirci, F., Baki, N., Bahce, E., & Özcan, M. (2025). Mechanical analysis of 3D printed dental restorations manufactured using different resins and validation with FEM analysis. *BMC oral health*, 25(1), 131.
- Hamalian, T. A., Nasr, E., & Chidiac, J. J. (2011). Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 20(2), 153-160.
- Hassanpour, M., Narongdej, P., Alterman, N., Moghtadernejad, S., & Barjasteh, E. (2024). Effects of post-processing parameters on 3D-printed dental appliances: A review. *Polymers*, 16(19), 2795.

- Hassouneh, L., Jum'ah, A., Ferrari, M., & Wood, D. (2023). A micro-computed tomography analysis of marginal and internal fit of endocrowns fabricated from three CAD/CAM materials. *Operative dentistry*, 48(1), 79-89.
- Heboyen, A. G. (2019). Marginal and internal fit of fixed prosthodontic constructions: A literature review. *International Journal of Dental research and reviews*.
- Heffernan, M. J., Aquilino, S. A., Diaz-Arnold, A. M., Haselton, D. R., Stanford, C. M., & Vargas, M. A. (2002). Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(1), 4-9.
- Hegazy, M., Shakal, M., El Sharkawy, S., & Sultan, S. (2022). Effect of Cement Space settings on the Vertical marginal gap of Cement retained-Implant supported crowns: an in vitro study. *Advanced Dental Journal*, 4(2), 110-122.
- Hondrum, S. O. (1994). Tear and energy properties of three impression materials. *International Journal of Prosthodontics*, 7(6).
- Huang, R., Liu, Y., Huang, B., Zhang, C., Chen, Z., & Li, Z. (2020). Improved scanning accuracy with newly designed scan bodies: An in vitro study comparing digital versus conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation. *Clinical Oral Implants Research*, 31(7), 625-633.
- Işik, İ. (2019). Farklı akışkanlıklarda ve kimyasal yapıdaki ölçü maddelerinin yüzey detay verebilme yeteneklerinin ve akışkanlıklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi.
- Jain, S., Sayed, M. E., Khawaji, R. A. A., Hakami, G. A. J., Solan, E. H. M., Daish, M. A., Jokhadar, H. F., AlResayes, S. S., Altoman, M. S., & Alshehri, A. H. (2024). Accuracy of 3 Intraoral Scanners in Recording Impressions for Full Arch Dental Implant-Supported Prosthesis: An In Vitro Study. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 30, e946624.
- Ji, Z., & Leu, M.-C. (1989). Design of optical triangulation devices. *Optics & Laser Technology*, 21(5), 339-341.
- Jw, M. (1971). The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br dent j*, 131, 107-111.
- Kahraman, M. V., & Tezel, Ö. Microcapsule Based Self-Healing Prints with Direct Light Processing 3d Printer. Available at SSRN 4844290.
- Kalayci, B. B., & Bayindir, F. Güncel Dental Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25.
- Kale, A. A., Jain, S., Bhasin, N., Jaiswal, S. B., Grover, R. K., & Singh, B. (2024). An In Vitro Comparison of Marginal Fit of Single-Unit Copings Fabricated Using Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Zirconia, Direct Metal Laser Sintering and Porcelain-Fused-to-Metal. *Cureus*, 16(10).
- Kane, L. M., Chronaios, D., Sierraalta, M., & George, F. M. (2015). Marginal and internal adaptation of milled cobalt-chromium copings. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(5), 680-685.
- Karaalioglu, A. G. D. O. F., & Duymuş, Z. Y. (2008). Diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri. *Atatürk üniversitesi diş hekimliği fakültesi dergisi*, 2008(1), 25-32.
- Karaca, S. K., & Hekimoğlu, C. (2024). Tam Dişsiz Dental Arkların Dijital Kaydı: Güncel Yaklaşımlara Bir Bakış. *Selcuk Dental Journal*, 11(2), 231-236.
- Karataş, B. (2013). Atrofik Çene Kemiklerinde Farklı Donör Sahalardan Ogmente Edilmiş Kemik Graftlerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Yöntemiile İncelenmesi Marmara Üniversitesi (Turkey)].
- Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Australian dental journal*, 56, 84-96.
- Kessler, A., Reymus, M., Hickel, R., & Kunzelmann, K.-H. (2019). Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dental Materials*, 35(12), 1805-1812.

- Keul, C., & Güth, J.-F. (2022). Influence of intraoral conditions on the accuracy of full-arch scans by Cerec Primescan AC: an in vitro and in vivo comparison. *International journal of computerized dentistry*, 25(1).
- Kiraz, M. S., & Çevik, P. (2022). İmplant Üstü Protezlerde Konvansiyonel ve Dijital Ölçü Teknikleri. *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 268-277.
- Komine, F., Gerds, T., Witkowski, S., & Strub, J. R. (2005). Influence of framework configuration on the marginal adaptation of zirconium dioxide ceramic anterior four-unit frameworks. *Acta Odontologica Scandinavica*, 63(6), 361-366.
- Krasanaki, M.-E., Pelekanos, S., Andreiotelli, M., Koutayas, S.-O., & Eliades, G. (2012). X-ray microtomographic evaluation of the influence of two preparation types on marginal fit of CAD/CAM alumina copings: a pilot study. *International Journal of Prosthodontics*, 25(2).
- Kropfeld, J., Berger, L., Adler, W., Schulz, K. L., Motel, C., Wichmann, M., & Matta, R. E. (2024). Impact of Scanbody Geometry and CAD Software on Determining 3D Implant Position. *Dentistry journal*, 12(4), 94.
- Kümbüloğlu, O., & AG, T. (2018). Geçmişten günümüze ölçü maddeleri ve yöntemleri. *Türkiye Klinikleri J Prosthodont-Special Topics*, 4(1), 51-56.
- Kwon, S. R., Hernández, M., Blanchette, D. R., Lam, M. T., Gratton, D. G., & Aquilino, S. A. (2015). Effect of computer-assisted learning on students' dental anatomy waxing performance. *Journal of dental education*, 79(9), 1093-1100.
- Landis, E. N., & Keane, D. T. (2010). X-ray microtomography. *Materials characterization*, 61(12), 1305-1316.
- Latham, J., Ludlow, M., Mennito, A., Kelly, A., Evans, Z., & Renne, W. (2020). Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(1), 85-95.
- Le Texier, L., Nicolas, E., & Batisse, C. (2024). Evaluation and comparison of the accuracy of three intraoral scanners for replicating a complete denture. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(4), 706. e701-706. e708.
- Leberfinger, A. N., Jones, C. M., Mackay, D. R., Samson, T. D., Henry, C. R., & Ravnic, D. J. (2021). Computer-aided design and manufacture of intraoral splints: a potential role in cleft care. *Journal of Surgical Research*, 261, 173-178.
- Lee, Y. s., Kim, S. Y., Oh, K. C., & Moon, H. S. (2022). A comparative study of the accuracy of dental CAD programs in designing a fixed partial denture. *Journal of Prosthodontics*, 31(3), 215-220.
- Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chemical reviews*, 117(15), 10212-10290.
- Limones, A., Cascos, R., Molinero-Mourelle, P., Abou-Ayash, S., de Parga, J. A. M. V., Celemin, A., & Gómez-Polo, M. (2024). Impact of the superimposition methods on accuracy analyses in complete-arch digital implant investigation. *Journal of dentistry*, 147, 105081.
- Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., Kilpelä, A., & Mäkinen, A. (2014). Recent advances in dental optics—Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and lasers in engineering*, 54, 203-221.
- Maghami, E., Homaei, E., Farhangdoost, K., Pow, E. H. N., Matinlinna, J. P., & Tsoi, J. K.-H. (2018). Effect of preparation design for all-ceramic restoration on maxillary premolar: a 3D finite element study. *Journal of prosthodontic research*, 62(4), 436-442.
- Mai, H.-N., Lee, K.-B., & Lee, D.-H. (2017). Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(2), 208-215.
- Mandurino, M., Cortili, S., Coccoluto, L., Greco, K., Cantatore, G., Gherlone, E. F., Vichi, A., & Paolone, G. (2025). Mechanical Properties of 3D Printed vs. Subtractively

- Manufactured Composite Resins for Permanent Restorations: A Systematic Review. *Materials*, 18(5), 985.
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*, 17, 1-11.
- Mangano, F. G., Veronesi, G., Hauschild, U., Mijiritsky, E., & Mangano, C. (2016). Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *PLoS One*, 11(9), e0163107.
- May, L. G., Kelly, J. R., Bottino, M. A., & Hill, T. (2015). Influence of the resin cement thickness on the fatigue failure loads of CAD/CAM feldspathic crowns. *Dental Materials*, 31(8), 895-900.
- Mayer, J., Stawarczyk, B., Vogt, K., Hickel, R., Edelhoff, D., & Reymus, M. (2021). Influence of cleaning methods after 3D printing on two-body wear and fracture load of resin-based temporary crown and bridge material. *Clinical oral investigations*, 25, 5987-5996.
- McCabe, J., & Bowman, A. (1981). The rheological properties of dental impression materials. *British dental journal*, 151(6), 179-183.
- McCabe, J., & Storer, R. (1980). Elastomeric impression materials. The measurement of some properties relevant to clinical practice.
- McLean, J. (1971). von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique, 131(3), 107-111.
- Medit.(2023,Kasım). Medit i700- Lightweight, ergonomic scanning. <https://www.medit.com/products/medit-i700>
- Megremis, S., Tiba, A., Vogt, K., Geary, R., & Kuehne, J. (2012). An Evaluation of Selected Vinyl Polysiloxane and Vinyl Polysiloxane-Hybrid Elastomeric Impression Materials. *The Journal of the American Dental Association*, 143(4), 405-406.
- Mehl, A., Ender, A., Mörmann, W., & Attin, T. (2009). Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *International journal of computerized dentistry*, 12(1), 11-28.
- Memişoğlu, G. (2019). Protetik diş tedavisinde kullanılan çeşitli ölçü maddelerinin boyutsal değişiminin dijital ortamda değerlendirilmesi.
- Miyazaki, T. (2007). Dental CAD/CAM: Current Status and Future Perspective. Abstracts of the General Sessions of the Japanese Society for Dental Materials and Devices 50th General Session of the Japanese Society for Dental Materials and Devices in conjunction with International Dental Materials Congress 2007,
- Miyazaki, T., & Hotta, Y. (2011). CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Australian dental journal*, 56, 97-106.
- Mizumoto, R. M., Yilmaz, B., McGlumphy Jr, E. A., Seidt, J., & Johnston, W. M. (2020). Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(1), 96-104.
- Molinero-Mourelle, P., Limones, A., Güven, M. E., Fonseca, M., Peutzfeldt, A., Yilmaz, B., & Cakmak, G. (2024). Manufacturing Accuracy, Intaglio Surface Adaptation, and Survival of Additively and Subtractively Manufactured Definitive Resin Crowns After Cyclic Loading: An In Vitro Study. *The International Journal of Prosthodontics*, 37(7), 175-185.
- Morsy, N., Ghoneim, M. M., & Ibrahim, Y. (2024). Effect of cement spacer on fit accuracy and fracture strength of 3-unit and 4-unit zirconia frameworks. *BMC oral health*, 24(1), 586.
- Mously, H. A., Finkelman, M., Zandparsa, R., & Hirayama, H. (2014). Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(2), 249-256.
- Mustafa, A., & Matinlinna, J. (2014). *Materials in dentistry. Handbook oral biomater.* Singapore: Pan Stanford Publishing, 81-154.

- Nagy, Z., Simon, B., Mennito, A., Evans, Z., Renne, W., & Vág, J. (2020). Comparing the trueness of seven intraoral scanners and a physical impression on dentate human maxilla by a novel method. *BMC oral health*, 20, 1-10.
- Nakamura, T., Dei, N., Kojima, T., & Wakabayashi, K. (2003). Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *International Journal of Prosthodontics*, 16(3).
- Nawafleh, N. A., Mack, F., Evans, J., Mackay, J., & Hatamleh, M. M. (2013). Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. *Journal of Prosthodontics*, 22(5), 419-428.
- Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., Rydén, J., & Thor, A. (2018). Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *Journal of dentistry*, 69, 110-118.
- Nully, A. (2021). A comparison of the trueness and accuracy of the full arch of nine intraoral digital scanners and four digital laboratory scanners. *Dent. J*, 9(75), 10.3390.
- Oliveira, G. S., Báez, J. M. D., Gomes, G. M., & Gomes, J. C. (2025). Comparison of scanning depth in widened root canals: An analysis of three intraoral scanners and two scanning techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Ordu, Ü., & Cengiz, S. (2015). Klinikte Kullanılan CAD/CAM Sistemlerinin Güncel Materyalleri. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*(1), 9-12.
- Özden, Y., & Altınok Uygun, L. (2025). Effects of postcuring times on the trueness of 3D-printed dental inlays made with permanent resins. *Clinical oral investigations*, 29(5), 244.
- Pan, Y., Tsoi, J. K., Lam, W. Y., & Pow, E. H. (2021). Implant framework misfit: A systematic review on assessment methods and clinical complications. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 23(2), 244-258.
- Papaspnyridakos, P., Gallucci, G. O., Chen, C. J., Hanssen, S., Naert, I., & Vandenberghe, B. (2016). Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clinical Oral Implants Research*, 27(4), 465-472.
- Park, J.-Y., Bae, S.-Y., Lee, J.-J., Kim, J.-H., Kim, H.-Y., & Kim, W.-C. (2017). Evaluation of the marginal and internal gaps of three different dental prostheses: comparison of the silicone replica technique and three-dimensional superimposition analysis. *The journal of advanced prosthodontics*, 9(3), 159.
- Patzelt, S. B., Bishti, S., Stampf, S., & Att, W. (2014). Accuracy of computer-aided design/computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data. *The Journal of the American Dental Association*, 145(11), 1133-1140.
- Patzelt, S. B., Emmanouilidi, A., Stampf, S., Strub, J. R., & Att, W. (2014). Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clinical oral investigations*, 18, 1687-1694.
- Patzelt, S. B., Vonau, S., Stampf, S., & Att, W. (2013). Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *The Journal of the American Dental Association*, 144(8), 914-920.
- Pereira, L. M., de Melo, B. I., Oliveira, A. A. M., Mendonça, G., Raposo, L. H. A., Prudente, M. S., & das Neves, F. D. (2024). Evaluation of Marginal Fit of CAD/CAM Ceramic Crowns and Scanning Time Using Different Intraoral Scanning Systems. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(12), 359.
- Phoenix, R. D., Cagna, D. R., & DeFreest, C. F. (2003). Stewart's clinical removable partial prosthodontics.
- Piedra-Cascón, W., Hsu, V. T., & Revilla-León, M. (2019). Facially driven digital diagnostic waxing: new software features to simulate and define restorative outcomes. *Current Oral Health Reports*, 6, 284-294.

- Quante, K., Ludwig, K., & Kern, M. (2008). Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dental Materials*, 24(10), 1311-1315.
- Rajan, G., Raju, R., Jinachandran, S., Farrar, P., Xi, J., & Prusty, B. G. (2019). Polymerisation shrinkage profiling of dental composites using optical fibre sensing and their correlation with degree of conversion and curing rate. *Scientific Reports*, 9(1), 3162.
- Refaie, A., Fouda, A., Bourauel, C., & Singer, L. (2023). Marginal gap and internal fit of 3D printed versus milled monolithic zirconia crowns. *BMC oral health*, 23(1), 448.
- Revell, G., Simon, B., Mennito, A., Evans, Z. P., Renne, W., Ludlow, M., & Vág, J. (2022). Evaluation of complete-arch implant scanning with 5 different intraoral scanners in terms of trueness and operator experience. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(4), 632-638.
- Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Barmak, A. B., Yilmaz, B., Kois, J. C., & Pérez-Barquero, J. A. (2024). Influence of scan extension and starting quadrant on the accuracy of four intraoral scanners for fabricating tooth-supported crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Revilla-León, M., Kois, D. E., & Kois, J. C. (2023). A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 35(1), 230-240.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 146-158.
- Riccitiello, F., Amato, M., Leone, R., Spagnuolo, G., & Sorrentino, R. (2018). In vitro evaluation of the marginal fit and internal adaptation of zirconia and lithium disilicate single crowns: micro-CT comparison between different manufacturing procedures. *The open dentistry journal*, 12, 160.
- 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.
- Rinke, S., & Huls, A. (1995). Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. *International Journal of Prosthodontics*, 8(4).
- Rippe, M., Monaco, C., Volpe, L., Bottino, M., Scotti, R., & Valandro, L. (2017). Different methods for inlay production: effect on internal and marginal adaptation, adjustment time, and contact point. *Operative dentistry*, 42(4), 436-444.
- Rizonaki, M., Jacquet, W., Bottenberg, P., Depla, L., Boone, M., & De Coster, P. J. (2022). Evaluation of marginal and internal fit of lithium disilicate CAD-CAM crowns with different finish lines by using a micro-CT technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(6), 890-898.
- Rojpaibool, T., & Leevailoj, C. (2017). Fracture resistance of lithium disilicate ceramics bonded to enamel or dentin using different resin cement types and film thicknesses. *Journal of Prosthodontics*, 26(2), 141-149.
- Róth, I., Czigola, A., Fehér, D., Vitai, V., Joós-Kovács, G. L., Hermann, P., Borbély, J., & Vecsei, B. (2022). Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. *BMC oral health*, 22(1), 140.
- Sadan, A., Blatz, M. B., & Lang, B. (2005). Clinical considerations for densely sintered alumina and zirconia restorations: Part 1. *International journal of periodontics & restorative dentistry*, 25(3).
- Sadid-Zadeh, R., Li, R., Miller, L. M., & Simon, M. (2019). Effect of fabrication technique on the marginal discrepancy and resistance of lithium disilicate crowns: an in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), 1005-1010.

- Salmi, M., Paloheimo, K.-S., Tuomi, J., Wolff, J., & Mäkitie, A. (2013). Accuracy of medical models made by additive manufacturing (rapid manufacturing). *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 41(7), 603-609.
- Sami, T., Goldstein, G., Vafiadis, D., & Absher, T. (2020). An in vitro 3D evaluation of the accuracy of 4 intraoral optical scanners on a 6-implant model. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(6), 748-754.
- Sampaio, C. S., Niemann, K. D., Schweitzer, D. D., Hirata, R., & Atria, P. J. (2021). Microcomputed tomography evaluation of cement film thickness of veneers and crowns made with conventional and 3D printed provisional materials. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 33(3), 487-495.
- Sánchez-Jorge, M. (2010). Influence of CAD/CAM scanning method and tooth-preparation design on the vertical misfit of zirconia crown copings. *American Journal of Dentistry*, 23(6), 341-346.
- Sannino, G., Gloria, F., Schiavetti, R., Ottria, L., & Barlattani, A. (2010). Dental Wings CAD/CAM system precision: an internal and marginal fit sperimental analisys. *ORAL & implantology*, 2(3), 11.
- Santos, M., Fidalgo-Pereira, R., Torres, O., Carvalho, O., Henriques, B., Özcan, M., & Souza, J. C. (2024). The impact of inorganic fillers, organic content, and polymerization mode on the degree of conversion of monomers in resin-matrix cements for restorative dentistry: A scoping review. *Clinical oral investigations*, 28(8), 454.
- Saraç, S. N. Apeksifikasyon tedavisinde farklı tekniklerle yerleştirilen MTA apikal tıkaçının dolgu kalitelerinin mikro BT yöntemi ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi.
- Saremco. (2023) Saremco intraoral scanner technical data sheet <https://www.saremco.com/katalog/intraoral-scanner-datasheet.pdf>
- Sasov, & Dyck, V. (1998). Desktop X-ray microscopy and microtomography. *Journal of Microscopy*, 191(2), 151-158.
- Schelb, E., Cavazos Jr, E., Troendle, K. B., & Prihoda, T. J. (1991). Surface detail reproduction of Type IV dental stones with selected polyvinyl siloxane impression materials. *Quintessence International*, 22(1).
- Schmalzl, J., Róth, I., Borbély, J., & Vecsei, B. (2024). Trueness of 3Shape Trios 5 on full arch implant impressions. *Journal of dentistry*, 147, 105156.
- Schmidt, A., Klussmann, L., Wöstmann, B., & Schlenz, M. A. (2020). Accuracy of digital and conventional full-arch impressions in patients: an update. *Journal of clinical medicine*, 9(3), 688.
- Seow, L. L., Toh, C. G., & Wilson, N. H. (2015). Strain measurements and fracture resistance of endodontically treated premolars restored with all-ceramic restorations. *Journal of dentistry*, 43(1), 126-132.
- Sezer, T. (2023). İnteraoral Tarayıcılar İle Alınan Dijital İmplant Ölçülerin Doğruluğu. *Sağlık & Bilim 2022: Medikal Araştırmalar-Iv*, 79.
- Shah, N., Badwaik, P., Sheth, V. H., Bhatnagar, V., Bhanushali, N., & Patil, P. (2022). Effect of different finish line preparations on the marginal and internal adaptation of cobalt-chromium metal alloy copings fabricated by using CAD-CAM technology: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(5), 716-728. e716.
- Shellabear, M. (2004). E-manufacturing with laser-sintering-to series production and beyond. *Proc. LANE*, 2004.
- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (2012). *Fundamentals of fixed prosthodontics*. Quintessence Publishing Company Hanover Park, IL.

- Shin, Y., Park, S., Park, J.-W., Kim, K.-M., Park, Y.-B., & Roh, B.-D. (2017). Evaluation of the marginal and internal discrepancies of CAD-CAM endocrowns with different cavity depths: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 109-115.
- Sjögren, G. (1995). Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting an in vitro study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 53(1), 24-28.
- Skramstad, M. (2019). Welcome to Cerec Primescan AC Willkommen Cerec Primescan AC. *Int J Comput Dent*, 22(1), 69-78.
- Sneed, W. D., Miller, R., & Olson, J. (1983). Tear strength of ten elastomeric impression materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 49(4), 511-513.
- Son, K., Lee, S., Kang, S. H., Park, J., Lee, K.-B., Jeon, M., & Yun, B.-J. (2019). A comparison study of marginal and internal fit assessment methods for fixed dental prostheses. *Journal of Clinical Medicine*, 8(6), 785.
- Spitznagel, F. A., Röhrig, S., Langner, R., & Gierthmuehlen, P. C. (2021). Failure load and fatigue behavior of monolithic translucent zirconia, picn and rapid-layer posterior single crowns on zirconia implants. *Materials*, 14(8), 1990.
- Stanley, M., Paz, A. G., Miguel, I., & Coachman, C. (2018). Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC oral health*, 18, 1-8.
- Suksuphan, P., Krajangta, N., Didron, P. P., Wasanapiarnpong, T., & Rakmanee, T. (2023). Marginal adaptation and fracture resistance of milled and 3D-printed CAD/CAM hybrid dental crown materials with various occlusal thicknesses. *journal of prosthodontic research*, 68(2), 326-335.
- Svanborg, P., Andersson, M., Reinedahl, T., & Alstad, T. (2019). Comparison of the 3D triple-scan protocol and the impression replica technique for 3-unit tooth-supported fixed dental prostheses. *Biomaterial investigations in dentistry*, 6(1), 32-34.
- Swaid, A. I. (2023). The marginal gap and internal fit of monolithic crowns milled with different luting spaces. *South African Dental Journal*, 78(3), 120-125.
- Şahan, M. H., & Kümbüloğlu, Ö. (2022). Ölçüde Dijital Dönüşüm. *International Archives Of Dental Sciences*, 43(Supp: Özel Sayı), 27-34.
- Talmazov, G. (2022). Wear resistance of SLA 3D printed definitive crowns using a permanent crown resin: An in-vitro comparative study [The University of Texas School of Dentistry at Houston].
- Taneva, E., Kusnoto, B., & Evans, C. A. (2015). 3D scanning, imaging, and printing in orthodontics. *Issues in contemporary orthodontics*, 148(5), 862-867.
- Tapie, L., Lebon, N., Mawussi, B., Fron-Chabouis, H., Duret, F., & Attal, J.-P. (2015). Understanding dental CAD/CAM for restorations--accuracy from a mechanical engineering viewpoint. *International journal of computerized dentistry*, 18(4), 343-367.
- Thomaidis, S., Kampouropoulos, D., Antoniadou, M., & Kakaboura, A. (2024). Evaluation of the Depth of Cure by Microhardness of Bulk-Fill Composites with Monowave and Polywave LED Light-Curing Units. *Applied Sciences*, 14(24), 11532.
- Toma, F. R., Moleriu, L. C., & Porojan, L. (2023). Micro-CT marginal and internal fit evaluation of CAD/CAM high-performance polymer onlay restorations. *Polymers*, 15(7), 1715.
- Tylman, S. D., Malone, W. F., & Koth, D. L. (1978). Tylman's theory and practice of fixed prosthodontics. (No Title).
- Van Noort, R., & Barbour, M. E. (2023). Introduction to Dental Materials-E-Book: Introduction to Dental Materials-E-Book. Elsevier Health Sciences.
- Verdonschot, N., Fennis, W. M., Kuijs, R. H., Stolk, J., Kreulen, C. M., & Creugers, N. H. (2001). Generation of 3-D finite element models of restored human teeth using micro-CT techniques. *International Journal of Prosthodontics*, 14(4).
- Wataha, J. C., & Messer, R. L. (2004). Casting alloys. *Dental Clinics*, 48(2), 499-512.

- Weaver, J. D., Johnson, G. H., & Bales, D. J. (1991). Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 66(6), 747-753.
- Williams, J., & Craig, R. (1988). Physical properties of addition silicones as a function of composition. *Journal of oral rehabilitation*, 15(6), 639-650.
- Yavuz, E., & Yılmaz, S. (2021). Dış Hekimliğinde Yeni ve Hızla İlerleyen Üretim Teknolojisi: 3 Boyutlu Yazıcılar. *Akdeniz Tıp Dergisi*, 7(2), 197-205.
- Yazici, A. R., Kiremitçi, A., & Dayangaç, B. (2006). A two-year clinical evaluation of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pretreatment in teenagers. *The Journal of the American Dental Association*, 137(10), 1401-1405.
- Yildirim, G., Uzun, I. H., & Keles, A. (2017). Evaluation of marginal and internal adaptation of hybrid and nanoceramic systems with microcomputed tomography: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(2), 200-207.
- Yılmaz, D., Çakmak, G., Güven, M. E., Yoon, H.-I., Schimmel, M., & Yılmaz, B. (2023). Comparison of trueness and margin quality of additively and subtractively manufactured definitive resin-based laminate veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Yuzbasioglu, E., Kurt, H., Turunc, R., & Bilir, H. (2014). Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC oral health*, 14, 1-7.
- Zimmermann, M., Ender, A., Egli, G., Özcan, M., & Mehl, A. (2019). Fracture load of CAD/CAM-fabricated and 3D-printed composite crowns as a function of material thickness. *Clinical oral investigations*, 23, 2777-2784.
- Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W., & Reich, S. (2015). Intraoral scanning systems-a current overview. *International journal of computerized dentistry*, 18(2), 101-129.
- Zinelis, S. (2009). Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings. Department of Prosthodontics, School of Dentistry, National and Kapodistrian University.
- Zingari, F., Meglioli, M., Gallo, F., Macaluso, G. M., Tagliaferri, S., Toffoli, A., Ghezzi, B., & Lumetti, S. (2023). Predictability of intraoral scanner error for full-arch implant-supported rehabilitation. *Clinical oral investigations*, 27(7), 3895-3905.

Tez

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	acikbilim.yok.gov.tr Internet	1270 words — 6%
2	dergipark.org.tr Internet	175 words — 1%
3	Lipschitz, Isaac Daniel. "An Evaluation of the Potential Effect of Behavioural Biases on the Investment Patterns of Individuals", University of the Witwatersrand, Johannesburg (South Africa), 2025 ProQuest	122 words — 1%
4	cdn.istanbul.edu.tr Internet	66 words — < 1%
5	docplayer.biz.tr Internet	61 words — < 1%
6	www.ncbi.nlm.nih.gov Internet	58 words — < 1%
7	hdl.handle.net Internet	49 words — < 1%
8	www.dent.ege.edu.tr Internet	49 words — < 1%
9	pure.hud.ac.uk Internet	