

T.C.

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ PROTETİK DİŞ
TEDAVİSİ ANA BİLİM DALI**



**EKLEMELİ İMALAT İLE FARKLI BASKI
AÇILARINDA ÜRETİLEN DAİMİ KRONLARIN MARJİNAL
VE İNTERNAL UYUMLARININ MİKRO BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

DESTİNA SUAY SARI

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Hatice SEVMEZ

BOLU, EKİM 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Destina Suay SARI tarafından hazırlanan “**EKLEMELİ İMALAT İLE FARKLI BASKI AÇILARINDA ÜRETİLEN DAİMİ KRONLARIN MARJİNAL VE İTERNAL UYUMLARININ MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı Programında Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir. 31/10/2025

Jüri Üyeleri

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hatice SEVMEZ
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

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

Üye
Doç. Dr. Merve KÖSEOĞLU
Sakarya Üniversitesi

İmza

.....

.....

.....

Dekanlık Onayı

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

Prof. Dr. Ali KELEŞ

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.

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Araştırmaları Etik Kurulundan 2024/354 sayısı ile etik izin alınmıştır.

.....
Destina Suay SARI

ÖZET

EKLEMELİ İMALAT İLE FARKLI BASKI AÇILARINDA ÜRETİLEN DAİMÎ KRONLARIN MARJİNAL VE İNTERNAL UYUMLARININ MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Destina Suay SARI

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM

DALI

(TEZ DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Hatice SEVMEZ)

BOLU, EKİM - 2025

xiii + 71 sayfa

Bu çalışma, eklemeli imalat teknolojisi kullanılarak farklı baskı açılarıyla üretilen daimî rezin kronların marjinal ve internal uyumlarının değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Çalışmada, klinik kullanım için geliştirilmiş iki farklı rezin esaslı daimî restoratif materyal olan Saremco Crowntec ve Bego VarseoSmile Crown Plus kullanılmıştır. Kronlar, dijital ışık işleme (DLP) teknolojisine sahip bir üç boyutlu yazıcı aracılığıyla 0°, 30°, 45°, 60° ve 90° olmak üzere beş farklı üretim açısında basılmıştır. Üretilen tüm örnekler, marjinal ve internal uyumlarının üç boyutlu ve nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla mikro-bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) cihazı ile taranmıştır. Ölçümler, koronal, sagittal ve transvers düzlemlerde belirlenen referans noktalarında gerçekleştirilerek uyum karakteristikleri ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, baskı açısı, materyal tipi ve bu iki değişkenin etkileşiminin restorasyonların uyumu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma, eklemeli imalatla üretilen daimî kronların doğruluk ve klinik uygulanabilirlik düzeylerini ortaya koyarak, farklı üretim parametrelerinin restorasyonların başarısı üzerindeki etkisine bilimsel katkı sağlamayı hedeflemektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Eklemeli imalat, Marjinal uyum, İnternal uyum, Baskı açısı, Mikro bilgisayarlı tomografi

ABSTRACT

EVALUATION OF MARGINAL AND INTERNAL FIT OF PERMANENT CROWNS PRODUCED AT DIFFERENT BUILDING ANGLES USING ADDITIVE MANUFACTURING AND MIKRO-COMPUTED TOMOGRAPHY

THESIS RESIDENCY

Destina Suay SARI

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY, DEPARTMENT OF PROSTHODONTICS

(SUPERVISOR: Lecturer Dr. Hatice SEVMEZ)

BOLU, OCTOBER 2025

xiii + 71 pages

This study aimed to evaluate the marginal and internal fit of permanent resin crowns produced at different printing angles using additive manufacturing technology. Two distinct permanent resin-based restorative materials, Saremco Crowntec and Bego VarseoSmile Crown Plus, were utilized in this study. The crowns were printed at five different build orientations (0°, 30°, 45°, 60°, and 90°) using a 3D printer based on Digital Light Processing (DLP) technology. After fabrication, all specimens were scanned using a mikro-computed tomography (Mikro-CT) system to analyze the marginal and internal adaptation quantitatively and three-dimensionally. Measurements were performed at multiple reference points in coronal, sagittal, and transverse planes to assess the adaptation characteristics comprehensively. The results obtained from the statistical analyses were used to compare the effects of printing angle, material type, and their interaction on the fit accuracy of the restorations. This study contributes to the understanding of how build orientation and material properties influence the clinical applicability and precision of additively manufactured permanent crowns.

KEYWORDS: Additive manufacturing, Marginal fit, Internal fit, Printing angle, Mikro computed tomography

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK BEYAN	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler.....	2
1.1.1 Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Sabit Restorasyon Üretim Yöntemleri.....	2
1.1.2 Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemleri.....	3
1.1.2.1 CAD/CAM Sistemlerinin Tarihçesi	4
1.1.2.2 CAD/CAM Sisteminin Bileşenleri	5
1.1.2.2.1 Tarama Verilerinin Toplanması	5
1.1.2.2.1.1 Mekanik Tarayıcılar.....	5
1.1.2.2.1.2 Optik Tarayıcılar.....	6
1.1.2.2.2 Restorasyonun Bilgisayar Ortamında Tasarlanması.....	6
1.1.2.2.3 Restorasyonların Üretilmesi	6
1.1.2.3 CAD/CAM Sistemi ile Eksiltmeli İmalat	7
1.1.2.4 CAD/CAM Sistemi ile Eklemeli Üretim	8
1.1.2.4.1 3B Baskı Sistemlerinde Diş Hekimliğinde Kullanılan Üretim Teknikleri.....	9
1.1.2.4.1.1 Stereolitografi.....	10
1.1.2.4.1.2 Dijital Işık İşleme	11
1.1.2.4.1.3 Seçici Lazer Ergitme ve Seçici Lazer Sinterleme	12
1.1.2.4.1.4 Elektron Işınlı Eritme	13
1.1.2.4.1.5 Eriyik Biriktirme Modelleme Tekniği	13

Sayfa

1.1.2.4.1.6 Yapıştırıcı ile Eklemeli İmalat	14
1.1.2.4.1.7 Malzeme Püskürtme	14
1.1.2.4.1.8 Sıvı Kristal Ekran	15
1.1.2.4.1.9 Devamlı Sıvı Arayüz Üretimi	15
1.1.2.4.2 Eklemeli Üretimin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları ...	16
1.1.2.4.2.1 Protetik Diş Tedavisinde Kullanılan 3 Boyutlu Baskı Materyalleri.....	17
1.1.2.4.2.1.1 Polimerler	18
1.1.2.4.2.1.2 Metaller	18
1.1.2.4.2.1.3 Seramikler	19
1.1.2.4.2.1.3.1 Zirkonya	19
1.1.2.4.2.1.3.2 Alümina Seramikler	20
1.1.2.4.2.1.3.3 Diğer Biyoseramikler	20
1.1.2.4.2.1.3.4 Seramik Kompozitler	21
1.1.2.4.2.1.3.4.1 Saremco Crowntec	21
1.1.2.4.2.1.3.4.2 BEGO VarseoSmile Crownplus	22
1.1.2.4.3 Eklemeli İmalat ile Üretilen Sabit Restorasyonların Uyumunu Etkileyen Faktörler	23
1.1.2.5 Diş Hekimliğinde Marjinal ve İnternal Uyum	24
1.1.2.6 Diş Hekimliğinde Marjinal ve İnternal Uyum Ölçüm Teknikleri.....	24
1.1.2.6.1 Simantasyon Sonrası Kesit Yöntemi	24
1.1.2.6.2 Silikon Replika Tekniği	25
1.1.2.6.3 Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalleştirme Yöntemi .	25
1.1.2.6.4 Optik Koherens Tomografi Yöntemi	26
1.1.2.6.5 CAD/CAM ve 3 Boyutlu Taramaya Dayalı Sayısal Yöntem.....	26
1.1.2.6.6 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi.....	26
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
2.1 Örneklem Sayısı Seçimi.....	28
2.2 Prepare Edilecek Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması	28
2.3 Dişlerin Preparasyonu	29
2.4 Dişlerin Dijital Ölçüsünün Alınması	30

	<u>Sayfa</u>
2.5 Üretilcek Kronların Tasarımının Yapılması	31
2.6 Daimî Kronların Üretimi.....	32
2.7 Micro-BT ile Örneklerin Taranması.....	37
2.8 İstatistiksel Yöntem.....	40
3. BULGULAR.....	41
4. TARTIŞMA	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	61



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. SLA sisteminin çalışma prensibi	11
Şekil 1.2. DLP sistemi çalışma prensibi	12
Şekil 1.3. SLS sisteminin çalışma prensibi	13
Şekil 1.4. Polyjet Sistemi çalışma prensibi.	14
Şekil 1.5. CLIP çalışma prensibi şematik gösterimi	16
Şekil 1.6. Mikro BT çalışma prensibinin şematik gösterimi.	27
Şekil 2.1. Uygun üst 1. Premolar dişlerin seçilmesi.	28
Şekil 2.2. Dişlerin kavitron ile temizlenmesi.	29
Şekil 2.3. Dişlerin pomza ile polisaj işlemlerinin yapılması.	29
Şekil 2.4. Dişlerin elmas frez ile su soğutması altında preparasyonu.	29
Şekil 2.5. Sivri kenar ve köşelerin polisaj frezleri ile yuvarlatılması.	30
Şekil 2.6. Dişlerin tarama kolaylığı için silikon kalıba yerleştirilmesi.	30
Şekil 2.7. Dişlerin dijital ölçülerinin alınması.	30
Şekil 2.8. Dişlerin dijital tarama görüntüsü.	31
Şekil 2.9. Marjin sınırlarının belirlenmesi.	31
Şekil 2.10. Siman boşluğu ve kenar boşluklarının ayarlanması.	32
Şekil 2.11. Kronların Exocad ile tasarımı.	32
Şekil 2.12. 1 numaralı diş için Saremco Crowntec reçine ile 45 derece açıyla üretilmiş kron tasarımı.	32
Şekil 2.13. VarseoSmile Crown Plus reçine materyali.	33
Şekil 2.14. Saremco Print Crowntec reçine materyali.	33
Şekil 2.15. Asiga Composer programında y eksenine göre 30 derece açıyla yerleştirilmiş kron.	34
Şekil 2.16. Kronların slicer programında y eksenine göre farklı açılarda yerleştirilmesinin şematik gösterimi.	34
Şekil 2.17. Kronların basılmadan önce yazıcı tablasına yerleştirilme görüntüsü.	35
Şekil 2.18. Asiga 3B yazıcı.	35
Şekil 2.19. Kronların Asiga 3B yazıcıda basılma aşaması.	36
Şekil 2.20. Yazıcıdan çıkmış kronlar.	36

Şekil 2.21. Kronların %99,9' luk izopropil alkol ile silinmesi.	36
Şekil 2.22. Kürleme cihazı.....	36
Şekil 2.23. Üretilen restorasyonların son hali.	37
Şekil 2.24. Kronların çekilmiş dişlere oturtulmuş hali.	37
Şekil 2.25. Mikro-BT cihazı.	37
Şekil 2.26. Sagittal, Kronal ve Transvers eksen düzenlemeleri NRecon v.1.7.1.1	38
Şekil 2.27. Sırasıyla sagittal, koronal ve transvers ekseninde ölçümler CtAn.....	38
Şekil 2.28. Sagittal ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları.....	38
Şekil 2.29. Koronal ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları.....	39
Şekil 2.30. Transvers ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları Mesial, Distal, Bukkal ve Palatinal ölçüm noktaları.....	39
Şekil 3.1. Materyal ve baskı açısına göre marjinal ortalama ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.	42
Şekil 3.2. Materyal ve baskı açısına göre aksiyal ortalama ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.	43
Şekil 3.3. Materyal ve baskı açısına göre Oklüzal ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.....	45

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Saremco CrownTec fiziksel ve mekanik özellikler	22
Tablo 1.2. Bego VarseoSmile Crown Plus fiziksel ve mekanik özellikler	23
Tablo 2.1. Kronların üretiminde kullanılan daimî restorasyon materyalleri.	33
Tablo 2.2. Marjinal, aksiyal ve oklüzal bölgelere göre ölçüm noktalarının dağılımı.	39
Tablo 3.1. Materyal ve baskı açısına göre marjinal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.	41
Tablo 3.2. Materyal ve baskı açısına göre marjinal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.	41
Tablo 3.3. Marjinal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin bonferroni test sonuçları.	41
Tablo 3.4. Materyal ve baskı açısına göre aksiyal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.	42
Tablo 3.5. Materyal ve baskı açısına göre aksiyal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.	42
Tablo 3.6. Aksiyal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin bonferroni test sonuçları.	43
Tablo 3.7. Materyal ve baskı açısına göre oklüzal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.	43
Tablo 3.8. Materyal ve baskı açısına göre oklüzal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.	44
Tablo 3.9. Oklüzal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin Bonferroni Test sonuçları.	45

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

.obj	: Wavefront Object File, Wavefront Nesne Dosyası
.ply	: Polygon File Format, Poligon Dosya Biçimi
.stl	: Standard Tessellation Language, Standart Üçgenleme Dili
3B	: Üç Boyutlu
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
AM	: Additive Manufacturing, Eklemeli İmalat
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CAD/CAM	: Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim, Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing
CE	: Avrupa Uygunluk İşareti
CEREC	: Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics, Koltukta Ekonomik Estetik Seramik Restorasyon
CLIP	: Devamlı Sıvı Arayüz Üretimi, Continuous Liquid Interface Production
DLP	: Dijital Işık İşleme, Digital Light Processing
EBM	: Elektron Işınlı Eritme, Electron Beam Melting
EYM, FDM	: Eriyik yığma modelleme, Fused Depositing Modelling
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
LCD	: Sıvı Kristal Ekran, Liquid Crystal Display
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
OCT	: Optik Koherens Tomografi Yöntemi
PBF	: Toz Yataklı Birleştirme, Powder Bed Fusion
PEEK	: Polieter eter keton
SLA	: Stereolitografi, Stereolithography
SLM	: Seçici Lazer Eritme, Selective Lazer Melting
SLS	: Seçici Lazer Sinterleme, Selective Laser Sintering
SM	: Subtractive Manufacturing, Eksiltmeli imalat, Frezeleme Tekniği
TCP	: Trikalsiyum Fosfat
Ti	: Titanyum

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez çalışmam sırasında Mikro-BT uygulamalarında sağladığı değerli katkıları ve desteği için Sayın Dekanımız Prof. Dr. Ali KELEŞ'e teşekkür ederim.

Akademik yolculuğum boyunca bilgi ve rehberliğini her zaman hissettirdiği, özellikle klinik uygulamalarda kazandırdığı tecrübe ve desteğiyle gelişimime büyük katkı sağlayan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hatice SEVMEZ'e en içten şükranlarımı sunarım.

Eğitim sürecim boyunca bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösteren Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Nilüfer Tülin POLAT'a, değerli katkı ve destekleri için Doç. Dr. Hamiyet KILINÇ'a, Doç. Dr. Kübra DEĞİRMENCİ'ye, Dr. Öğr. Üyesi Büşra TOSUN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Emel ARSLAN'a teşekkür ederim.

Bu süreç boyunca her zaman yanımda olan, sabır ve sevgileriyle bana güç veren anneme, babama ve kardeşime, hayat yolculuğunda anlayışı, desteği ve varlığıyla bana güç katan yol arkadaşım Yağız Arda ÇAVDAR'a, çalışma ortamını daha keyifli hale getiren tüm eş kıdemlilerime ve diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde kullanılan farklı materyaller, dental protezlerin başarısında ve dolayısıyla hastaların ağız-diş sağlığının korunmasında belirleyici bir öneme sahiptir. Sabit restorasyonların üretiminde birçok farklı materyal kullanılmaktadır ve dental seramikler kron ve köprü yapımında biyouyumlu ve estetik olma avantajlarıyla en sık kullanılan materyallerdir (Saeed vd., 2019).

Günümüzde Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Design (CAD) Computer Aided Manufacturing (CAM)) teknolojilerinin diş hekimliğinde yaygınlaşmasıyla daimî restorasyonlarda kullanılmak amacıyla çok sayıda seramik içerikli güncel materyal geliştirilmiştir (Kihara vd., 2021; Komine vd., 2020). Son yıllarda güncel bloklar ve eksiltmeli ünite (frezeleme sistemi) kullanılarak kron, köprü, inley, onley, abutment ve çeşitli hibrit altyapıların üretimi kolaylıkla yapılabilmektedir (Yaşar, 2022). Ancak andırkatlar varlığında ve karmaşık yüzey morfolojilerinin işlenmesi durumunda seramik yüzeylerde mikroskopik çatlaklar oluşturabilir böylece eksiltmeli sistem oldukça zor ve maliyetli bir yöntem haline gelebilir (Strub vd., 2006). Eksiltmeli üretim yöntemlerine kıyasla, eklemeli üretim birimi; karmaşık geometrilerin üretimindeki kolaylık, daha düşük malzeme israfı ve daha kısa üretim süreleri gibi avantajları nedeniyle son dönemde artan bir popülerlik kazanmıştı (Jain vd., 2022; Osman vd., 2017).

3 boyutlu (3B) baskı sistemi, reçinenin katman katman eklenme prensibiyle çalışır. (Yaşar, 2022) Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan materyaller kompozit rezinler ya da seramik partikülleri içeren rezinler olarak sınıflandırılmaktadır (Donmez vd., 2023; Donmez & Okutan, 2022; Graf vd., 2022). Son yıllarda yapılan çalışmalar 3B baskı da kullanılan materyallerin, eksiltmeli üretimde kullanılan materyallerle benzer kimyasal içeriğe, mekanik özelliğe ve üretim doğruluğuna sahip olduğunu göstermiştir (Borga Dönmez vd., 2024; Çakmak, Rusa, vd., 2024; Demirel vd., 2023; Diken Türksayar vd., 2024). 3B baskılı kronların retansiyon ve gingival sağlık açısından daha iyi performans gösterdiğini bildiren çalışmaların yanı sıra 3B yazıcılarda kullanılan rezin materyallerinin son kütleme aşamasında bir miktar büzölmeye neden olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Al-Halabi vd., 2021; Bagheri & Jin, 2019). Bu büzölme restorasyonun uyumunun

bozulmasına yol açabilir ve kronlarının internal ve marjinal uyumu uzun vadeli prognozda önemli faktörlerdendir (Refaie vd., 2023). Yapılan bazı çalışmalarda 3 boyutlu yazıcıda üretilen restorasyonların internal ve marjinal uyumlarının supporterların kalınlığının ve sıklığının, reçinenin mekaniksel özelliklerinin ve restorasyonun baskı açısının etkileyebileceği gösterilmiştir (Derchi vd., 2024; Farag vd., 2024b; Osman vd., 2017).

Zayıf marjinal adaptasyon restorasyonun dayanıklılığını azaltarak mikro sızıntıya, sekonder çürüklere ve siman çatlaklarına neden olarak desinantasyona yol açar (Al-Halabi vd., 2021; Di Fiore vd., 2023; Refaie vd., 2023). Yetersiz internal uyum ise retansiyonda azalmaya, rotasyonel stabilitede eksikliğe ve uzun dönemde restorasyon kırıklarına neden olur (Di Fiore vd., 2023; Refaie vd., 2023).

Restorasyonların uyumlarının değerlendirilmesinde silikon-replika tekniği, ışık ve taramalı elektron mikroskobu ve son zamanlarda tahribatsız değerlendirmeye olanak tanıyan mikro bilgisayarlı tomografi değerlendirmesi de dahil olmak üzere birçok farklı yöntem kullanılmaktadır (Atlas vd., 2022). Mikro bilgisayarlı tomografi (μ CT), doğruluğu ve doğal yapıya zarar vermeyen yapısının yanı sıra kronu çevreleyen boşluğun yüksek çözünürlüklü görüntülenmesine olanak tanıyarak kron-diş uyumuna ilişkin ayrıntılı kesitsel bilgi sağlar (Atlas vd., 2022; Yehia vd., 2024). Bu bilgiler doğrultusunda, bu tez çalışmasında 3B yazıcı ile iki farklı daimî reçine materyalinden 5 farklı baskı açısı ile üretilmiş kronların çekilmiş üst premolar dişler üzerinde uyumları mikro bilgisayarlı tomografi yardımıyla incelenmiştir.

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Sabit Restorasyon Üretim

Yöntemleri

Sabit restorasyonlar günümüzde sıklıkla üç farklı yöntemle üretilir bunlar dijital, geleneksel ve her ikisinin unsurlarını birleştiren hibrit iş akışlarıdır (Hasanzade vd., 2021). Tek kronlar, köprüler ve çok üyeli restorasyonların üretimi, dijital iş akışlarında ağız içi tarayıcılar, CAD/CAM, sanal tasarım ve hızlı prototiplemeden oluşurken geleneksel yöntemler ise ölçü, döküm işlemleri, mum atma ve porselen tepimi gibi aşamalardan oluşmaktadır (Mahato vd., 2024). Bazı çalışmalar hem geleneksel hem dijital yöntemlerin klinik olarak kabul edilebilir

marjinal ve internal uyumlar sağladığını göstermektedir. Ancak yalnızca dijital işlemlerin karma yöntemlere kıyasla istatistiksel olarak daha üstün marjinal adaptasyon sağlayabileceğini bildiren çalışmalar da mevcuttur. (Hasanzade vd., 2021)

Sabit restorasyon üretiminde kullanılan dijital, geleneksel ve hibrit yöntemlerin her biri klinik sonuçlar açısından belirli avantajlar sunsa da dijital iş akışlarının özellikle hassasiyet, tekrar edilebilirlik ve üretim süresinin kısaltılması gibi yönlerden dolayı öne çıktığı görülmektedir. Bu dijital iş akışlarının temel bileşenlerinden biri olan CAD/CAM sistemleri, protetik diş hekimliğinde biyoyumlu, fonksiyonel ve estetik restorasyonların daha öngörülebilir şekilde üretilmesine olanak tanımaktadır.

1.1.2 Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemleri

CAD/CAM sistemleri, diş hekimliğinde protezlerin ve diğer tedavilerin tasarlanması ve üretilmesi için kullanılan ileri teknolojilerdendir. Bu sistemler dijital tarama teknolojisini kullanarak restorasyonun bilgisayar ortamında tasarlanmasını sağlar. CAD/CAM teknolojisinin diş hekimliğinde kullanılması, protetik tedavilerin etkinliğini, doğruluğunu ve hızını büyük ölçüde artırmıştır (Lengerli, 2024).

CAD/CAM sistemlerinde restorasyonlar üretilirken üç farklı uygulama yöntemi kullanılmaktadır:

- a. Katı Bloktan Aşındırma (Eksiltme) Yöntemi: Katı bir bloktan frezler yardımıyla restorasyonların elde edildiği yöntemdir. Üretilmek istenilen restorasyon katı bloklardan aşındırılarak oluşturulmaktadır. Tek üyeli restorasyonlarda oldukça başarı bulunmuştur.
- b. Ekleme Yöntemi: Eksiltme yöntemine alternatif olarak kullanılmaktadır. Üretim, blok kesmek yerine önceden oluşturulan rehber koordinat kullanılarak tasarlanan restorasyon tamamlanana kadar materyallerin birleştirilmesi şeklindedir.
- c. Kombine Yöntem: Ekleme ve eksiltme yöntemlerinin birlikte kullanıldığı sistemdir (Özdoğan & Bayındır, 2019).

1.1.2.1 CAD/CAM Sistemlerinin Tarihçesi

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim 1960'larda uçak ve otomotiv endüstrilerinde kullanılmak üzere geliştirildi ve ilk olarak 1971 yılında Dr. Duret'in çalışmalarıyla diş hekimliğine uygulanmaya başlandı (Aslam, 2015; Davidowitz & Kotick, 2011). Dr. Duret prepare dayanak dişin optik ölçüsünü almış ve daha sonra bu ölçü yardımıyla nümerik kontrol makinesi kullanarak bir kron üretmiştir. Daha sonra ekip arkadaşlarıyla birlikte Sopha sistemi üzerinde çalışmış ve bu sistemi tanıtmıştır, ancak birkaç nedenden dolayı bu sistem insanlar tarafından genel olarak kabul görmemiştir. Dr. Anderson 1983 yılında daha yüksek hassasiyette restorasyonlar üretmek için kullanılan bir sistem olan Procera'yı tanıtarak CAD/CAM cihazıyla kompozit veneer restorasyon üretilen titanyum üzerinde çalışan ilk kişi olmuştur. 1985 yılında ise ticari olarak tasarlanmış ilk CAD/CAM sistemini tanıtan ve bu sisteme CEREC adını veren kişi Mormann'dır. Şimdilerde bu sistem tüm dünyada kron, inley, onley vb. üretimi için başarıyla kullanılmaktadır (Aslam, 2015; Lengerli, 2024).

1984 yılından bu yana CEREC, Celay, Duret, Lava, Cicero, Cercon ve Procera gibi çeşitli CAD/CAM sistemleri oluşturulmuştur. Dental CAD/CAM sistemlerinin kullanımı son yirmi yılda belirgin bir şekilde artmış ve bu da popülerliklerinin yükselmesine yol açmıştır. Bilgisayar teknolojisinin gelişimi, restoratif diş hekimliğinde kullanılan malzemelerin üretim sürecini geliştirerek diş hekimliği uygulamalarını önemli ölçüde iyileştirmiştir (Miyazaki vd., 2009).

Günümüz diş hekimliğinde CAD/CAM sistemleri geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu teknolojiler; kron ve köprü restorasyonlarının yanı sıra inley, onley, laminate veneer ve bölümlü kronların üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca maksillofasiyal protezlerin hazırlanması, hareketli protez iskeletlerinin üretimi ve implant destekli protezlerde abutment ile hibrit protez iskeleti tasarımı ve üretimi de CAD/CAM'in sağladığı önemli avantajlardandır. Bunun yanında, cerrahi stentlerin hazırlanması ve immedat yükleme için gerekli olan çalışma modellerinin üretiminde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Böylece CAD/CAM teknolojileri hem sabit hem de hareketli protetik tedavilerde klinisyenlere daha hassas, hızlı ve kişiselleştirilmiş çözümler sunmaktadır (Aslam, 2015 ; Çetindağ,& Meşe, 2016; Lengerli, 2024).

1.1.2.2 CAD/CAM Sisteminin Bileşenleri

Gelişim süreci ve klinik kullanım alanları incelendiğinde, CAD/CAM sistemlerinin işleyişi esasen üç temel yapıdan oluşan bir çalışma akışı ile tanımlanabilir.

- Preparasyonun intraoral veya ekstraoral olarak taranıp verilerin toplanması
- Restorasyonun bilgisayarda 3 boyutlu olarak tasarlanması (CAD)
- Bilgisayar ortamında tasarlanmış restorasyonun üretilmesi (CAM) (Beuer vd., 2008; Çetindağ & Meşe, 2016)

1.1.2.2.1 Tarama Verilerinin Toplanması

'Tarayıcı' terimi altında, diş hekimliği alanında, üç boyutlu çene ve diş yapılarını ölçen ve bunları dijital veri setlerine dönüştüren veri toplama araçları anlaşılmaktadır. Temel olarak optik tarayıcılar ve mekanik tarayıcılar olmak üzere iki farklı tarama olanağı vardır.

1.1.2.2.1.1 Mekanik Tarayıcılar

Bu tarayıcı varyantında, ana kalıp bir yakut top aracılığıyla mekanik olarak satır satır okunur ve üç boyutlu yapı ölçülür. Nobel Biocare'in (Göteborg) Procera Tarayıcısı, diş hekimliğinde mekanik tarayıcılar için tek örnektir. Bu tür bir tarayıcı, yakut topun çapının frezeleme sistemindeki en küçük öğütücüye ayarlandığı ve bunun sonucunda sistem tarafından toplanan tüm verilerin de frezelenbildiği yüksek bir tarama doğruluğu ile ayırt edilir. Bu veri ölçüm tekniğinin dezavantajları, silikon ölçüsü gibi negatif yüzeylerden veri elde etmek için kullanılır ayrıca tarama sırasında marjinal bölgelerde deformasyon görülebileceğinden, ölçü alınarak model elde edildikten sonra mekanik tarayıcıların kullanımı önerilmektedir. Optik sistemlere kıyasla uzun işlem süreleri ile cihazı çok pahalı hale getiren karmaşık mekaniği de dezavantajlar arasında sayılabilir (Beuer vd., 2008; Çetindağ & Meşe, 2016).

1.1.2.2.1.2 Optik Tarayıcılar

Bu tür tarayıcıların çalışma prensibi 'üçgenleme prosedürü' olarak adlandırılan bir yöntemle üç boyutlu yapıların toplanması esasına dayanır. Burada, ışık kaynağı (örneğin lazer) ve alıcı ünite birbirlerine göre belirli bir açıdadır. Bu açı sayesinde bilgisayar, alıcı üniteye görüntüden üç boyutlu bir veri seti hesaplayabilir. Aydınlatma kaynağı olarak beyaz ışık projeksiyonları veya bir lazer ışını kullanılabilir. Optik tarayıcılar genellikle harekete duyarlıdır. Bu nedenle intraoral optik tarayıcılar ile veri toplanırken, hastanın ufak bir hareketi hazırlanan restorasyonun uyumunu etkileyebilmektedir. Lava Scan ST (3M ESPE, white light projections), Everest Scan (KaVo, white light projections) ve es1 (etkon, laser beam) dental piyasadaki optik tarayıcılara örnek olarak sayılabilir (Beuer vd., 2008; Çetindağ & Meşe, 2016; Mangano vd., 2017).

1.1.2.2.2 Restorasyonun Bilgisayar Ortamında Tasarlanması (CAD)

Optik bir tarayıcı kullanılarak yüzeyin 3 boyutlu modeli elde edilip taramadan toplanan veriler CAD yazılımı aracılığıyla bir bilgisayara aktarılır. Veriler daha sonra sanal bir modele dönüştürülür (Kihara vd., 2020). Tarayıcılar sanal verileri gri tonlamalı olarak .stl (Standard Tessellation Language) ve .obj (Wavefront Object File) veya renkli olarak .ply (Polygon File Format) gibi formatlarda ve ayrıca üretici tarafından geliştirilen özel formatlarda dışa aktarabilir. “.stl” ve “.ply” formatlarındaki taranmış modeller genellikle CAD sistemlerinde tasarım amacıyla kullanılır (Beuer vd., 2008). Tasarımcılar CAD yazılımında sağlanan şablonları kullanabilir veya ayarlamalar yaparak yeni tasarımlar oluşturabilir. Bu tür yazılımlarla sabit bölümlü protezler, tam anatomik kronlar, bölümlü kronlar, inleyler, teleskopik kronlar ve implant dayanakları dahil olmak üzere çeşitli restorasyonlar tasarlanabilir (Lengerli, 2024).

1.1.2.2.3 Restorasyonların Üretilmesi (CAM)

Taranan verilerin üretilmek üzere üretim ünitesine aktarılmasında dört farklı yol uygulanabilmektedir.

1.Yol: Maksiller ve mandibular arklar diş ve implantlar dahil hiçbir model olmaksızın bir ağız içi tarayıcı ile taranır. Bu yol esas olarak sadece monolitik restorasyonlarda endikedir.

2.Yol: Ağız içi tarayıcı ile dişlerin taranmasını ve daha sonrasında bunun dijital olarak yazıcılar tarafından modele dökülmesini içerir.

3.Yol: Geleneksel yöntemlerle alınan bir ölçünün bir dijital tarayıcı aracılığıyla taranmasını içermektedir.

4.Yol: Geleneksel yöntemlerle alınan ölçüden elde edilen alçı modelin bir dijital tarayıcı aracılığıyla taranmasını içermektedir (Yüksel, 2022).

CAD/CAM sistemlerinde restorasyon üretim teknikleri genel olarak iki yöntem kullanılarak gerçekleştirilir. Bunlardan ilki, geçmişten günümüze kullanılan ve prefabrik blokların frezler ve diskler kullanılarak taşlanması içeren geleneksel frezeleme yöntemidir. Bu yöntem “eksiltmeli imalat” olarak da bilinir. İşleme cihazları, frezeleme eksenlerinin sayısına göre 3 eksenli cihazlar, 4 eksenli cihazlar, 5 eksenli cihazlar olmak üzere üç çeşittir. Diğer üretim yöntemi ise, eksiltici yöntemlerde ortaya çıkan malzeme israfını önlemek için geliştirilen hızlı prototipleme sistemlerini ifade eden “eklemeli imalat”tır (Beuer vd., 2008; Lengerli, 2024).

1.1.2.3 CAD/CAM Sistemi ile Eksiltmeli İmalat

Bu yönteme “eksiltmeli üretim” denme nedeni temelde katı bir bloktan veya diskten malzemenin kazınarak üretilme esasına dayanır (Strub vd., 2006). Dental eksiltmeli üretimde, zirkonya, mum, reçine, metal veya seramikten yapılmış sabit boyutlu katı bloklar kullanılabilir (Bae vd., 2017). Kazımalı CAD/CAM yöntemlerinde çeşitli frezeleme sistemleri bulunmaktadır. CAD/CAM sistemleri, üretim merkezlerinde, laboratuvarlarda veya ofis tabanlı üretim için kullanılmalarına göre üç gruba ayrılabilir:

Direkt klinikte kullanılan sistemler; intraoral olarak diş preparasyonunu tarar ve restorasyon klinikte hazırlanır. Bu grupta kullanılan sistemler CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics) ve E4D Dentist sistemleridir.

Laboratuvarda kullanılan sistemlerde; alçı modelden veya ölçüden tarama yapılmaktadır. Bu sistemlerin çoğunda altyapı üretilir ve teknisyen restorasyonu karakterize edebilmek için üzerine porselen ekler. CEREC inLab, DCS Preci-fit, Cercon, Everest sistemleri bu grupta sayılabilir.

Üretim merkezli CAD/CAM sisteminde ise, model laboratuvarda tarandıktan sonra veriler internetten ana üretim merkezine gönderilir. Altyapısı hazırlanan restorasyon, üzerine porselen eklenmesi için laboratuvara geri gönderilir. Tüm

altyapıların aynı merkezde yapılmasıyla optimal kalite kontrolü sağlanır Procera ve Lava sistemleri bu şekilde çalışanlara örnektir (Çetindağ, Meşe, 2016; Lengerli, 2024).

Günümüzde kazımalı ünite kullanılarak üretilen restorasyonlar sıkça kullanılıyor olsa da bu yöntem birtakım dezavantajlara sahiptir;

Üretilen restorasyonlardan geriye kalan blok artıkları yeniden kullanılamaz ve malzeme israfına neden olur. Aynı zamanda atılan bu malzemeler ekonomik ve çevresel bir yük oluşturmaktadır. Bir diğer sınırlama ise, üretim sürecinde kullanılan frezeleme cihazlarının hareket alanındaki kısıtlama nedeniyle erişemediği eğimli veya keskin alanları işlemenin zor olmasıdır (Alharbi vd., 2018; Bae vd., 2017; Jain vd., 2022).

CAD/CAM frezeleme ile karşılaştırıldığında, eklemeli üretim tekniği üretim süresini azaltır ve daha az hammadde israfına neden olur; bu nedenle günümüzde daha uygun maliyetli bir seçenek olarak düşünülebilir (Jain vd., 2022).

1.1.2.4 CAD/CAM Sistemi ile Eklemeli Üretim (3B Baskı Teknolojisi)

Eklemeli üretim teknolojisi ile hayatımıza giren 3 boyutlu yazıcılar ilk olarak Dr. Kodama ile tanınmıştır. Charles Hull ise; 1986 yılında, 3 boyutlu nesnelerin üretilmesi için, stereolitografi tekniğinin patentini alan ilk bilim insanıdır. Hull, aynı yıl 3 boyutlu sistem şirketini kurmuştur ve günümüzde kullanılan Standart Mozaikleme Dili (.stl) dosya formatını geliştirmiştir. Eklemeli üretim, Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials) tarafından “3 boyutlu model verilerinden cisimler oluşturmak için kullanılan, katman üstüne katman şeklinde aşındırıcı üretim metodolojilerinin tam aksi olarak malzemelerin birleştirilmesi işlemidir.” şeklinde tanımlanmıştır (Yavuz & Yılmaz, 2021).

Son zamanlarda dental restorasyonlar üretilirken CAD/CAM frezeleme sistemine nazaran daha az malzeme israfı ve daha hassas protez üretebilme gibi özellikleriyle 3B baskı sistemi (eklemeli üretim) ön plana çıkmaktadır. 3B baskı teknolojisi, CAD verilerinden yararlanarak restorasyonu katman katman oluşturur. Her katman polimerize edilir ve bir önceki katmanla fotopolimerizasyon yoluyla bir kerede birleştirilir. Bu sırada malzeme katmanlama ve polimerizasyonla birlikte düşük moleküler ağırlıklı monomerlerdeki atomik mesafenin azalmasından kaynaklanan bir miktar polimerizasyon büzülmesi olduğu bildirilmiştir (Wu vd., 2021).

Eklemeli imalatın bazı karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Nesnelerin katmanlı ve dikey olarak yönlendirilmiş bir şekilde üretilir.
- Malzeme kaybı yoktur veya çok azdır. Kullanılmayan malzeme geri dönüştürülebilir ya da yeniden kullanılabilir.
- Üretim tablasının boyutuna bağlı olarak büyük nesneler üretilebilme imkânı vardır.
- Frezeleme gibi işlemler yoktur. Pasif üretim yapılıır.
- Dijitalleştirilmiş verilere dayalı ayrıntılı üretim yapılıır. (Bilgisayarlı Tomografi (BT); Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) verilerinden hesaplama veya tarama işlemleri yoluyla)
- Tekrardan üretim yapılabilir.
- Bir ürün içinde farklı yoğunluklara ve farklı malzeme özelliklerine sahip ayrı bölümler oluşturulabilir (Jockusch & Özcan, 2020).

Tüm 3 boyutlu yazıcılar, yüksekliği ayarlanabilir bir platform, malzeme yayma mekanizmaları ve katmanlı kesit oluşturma yeteneklerini içeren benzer bir yapıdan oluşur. Ağız içi veya ağız dışı tarayıcılar kullanılarak alınan ölçüler 3B tasarım yazılımına aktarılıp dijital modeller oluşturulduktan sonra veri aktarımı için altın standart olarak kabul edilen .stl formatında kaydedilir. Ardından sanal model iki boyutlu kesitlere ayrılır ve çeşitli koordinatları içeren kodlara dönüştürülür. Bu işlem, modelin her bir yüzeyinin üçgen kesitler olarak saklanması sağlar. 3B yazıcılar STL dosyalarını okur ve çeşitli yöntemler kullanarak baskı işlemini gerçekleştirir. Son olarak, malzemenin özelliklerine bağlı olarak kimyasal işlem, ısıl işlem, cilalama ve parlatma gibi çeşitli bitirme işlemleri uygulanır (Lengerli, 2024a; Prasad vd., 2018).

1.1.2.4.1 3B Baskı Sistemlerinde Diş Hekimliğinde Kullanılan Üretim Teknikleri

Önceleri 3B yazıcılar diş laboratuvarlarının iş akışlarına entegre edilmişti. Ardından CAD/CAM cihazlarının ve dijital yazılımların gelişmesiyle bu yazıcılar dental cerrahi prosedürlerin ve hasta başı tedavi iş akışlarının bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde 3B baskı teknolojisi; çalışma modelleri, maksillofasiyal protezler, ortodontik apareyler, oklüzal splintler ve geçici restorasyonların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise biyouyumlu malzemelerin geliştirilmesiyle birlikte, 3B baskı yöntemi daimî restorasyonların üretiminde de uygulanmaya başlanmıştır.

Günümüzde diş hekimliği alanında kullanılan farklı çalışma prensiplerine ve üretim tekniklerine sahip çeşitli 3B baskı cihazları mevcuttur;

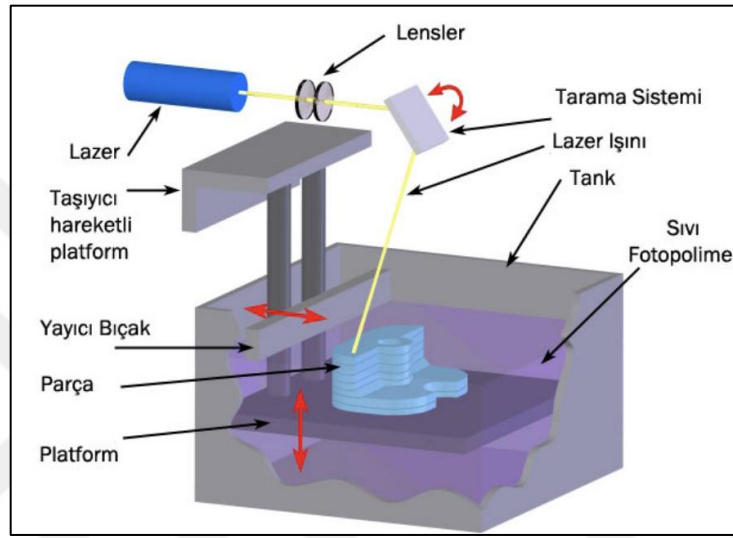
1. Stereolitografi (SLA, Stereolithography)
2. Dijital Işık İşleme (DLP, Digital Light Processing)
3. Seçici Lazer Ergitme ve Seçici Lazer Sinterleme (SLS, Selective Laser Sintering ;SLM, Selective Laser Melting)
4. Elektron Işınlı Eritme (EBM, Electron Beam Melting)
5. Eriyik yığma modelleme (EYM, FDM,Fused Depositing Modelling)
6. Yapıştırıcı ile eklemeli imalat (Binder Jetting, Powder binder)
7. Malzeme püskürtme (Materyal Jetting ,Inkjet)
8. Sıvı Kristal Ekran (LCD, Liquid Crystal Display)
9. Devamlı Sıvı Arayüz Üretimi (CLIP, Continuous Liquid Interface Production) (Lengerli, 2024b; Özay & Sarıdağ, 2023; Yavuz & Yılmaz, 2021)

1.1.2.4.1.1 Stereolitografi (SLA)

Stereolitografi (SLA) ilk defa 1986 yılında Charles W. Hull tarafından geliştirilmiş ve şöyle tanımlanmıştır: “Ultraviyole (UV) ışınla sertleşen bir materyalin birbiri üzerine ince tabakalar halinde yığılmasıyla katı objelerin yapılması metodudur “(Yavuz & Yılmaz, 2021). Üretim fotopolimer sıvı reçinenin bir tankın içine doldurulması ve bir hareketli platformun sıvı reçine yüzeyinin hemen altında yer alması ile başlar. Bilgisayar kontrollü tarama sistemi ile sıvı reçine yüzeyinde daha önceden yazılımla dilimlenmiş kesitlere karşılık gelen kısımlar, UV lazer ile polimerize edilir. Katman tamamlandığında, platform katman kalınlığı kadar yükselir (Çelik vd., 2013).

Stereolitografinin diş hekimliği uygulamalarına entegre edilmesi, dijital diş hekimliği yönünde atılmış önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu teknoloji, hekimlere daha verimli bir üretim süreci ve hassas planlama olanağı sunmakta, aynı zamanda hasta memnuniyetini artırmaya yönelik katkılar sağlamaktadır. Özellikle hassas uyum gerektiren protez ve restoratif uygulamalarda, SLA’nın sunduğu yüksek doğruluk klinik başarının artmasına hizmet etmektedir. Ayrıca dijital iş akışlarının giderek daha fazla benimsenmesiyle birlikte stereolitografinin kullanım alanı da genişlemekte, bu durum hem yenilikçi

çözümlerin hem de daha etkili tedavi seçeneklerinin sunulmasına olanak tanımaktadır (Maria vd., 2019; Zhou vd., 2024). Stereolitografi yöntemi; kırılabilirlik, deformasyonunun kolay olması ve düşük biyouyumluluk gibi dezavantajları olmasına rağmen, günümüz diş hekimliğinde yüksek çözünürlüklü ve hızlı üretim yapılabilmesi farklı baskı cihazlarıyla uyum sağlaması, büyük boyutlu objeleri üretebilme gibi avantajlarıyla dental model, ortodontik tedavi, implant cerrahisi gibi birçok tedavide tercih edilmektedir (Lengerli, 2024).

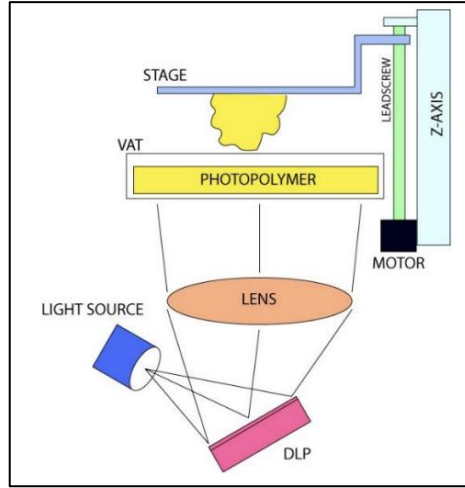


Şekil 1.1. SLA sisteminin çalışma prensibi (Çelik vd., 2013).

1.1.2.4.1.2 Dijital Işık İşleme (DLP)

Dijital Işık İşleme (DLP) teknolojisi temelde SLA tekniğiyle neredeyse aynıdır. Temel farklardan biri, SLA polimerizasyon için tek bir lazer veya ultraviyole ışık kaynağı kullanırken, DLP'nin özel bir dijital ışık projeksiyonundan yansıyan görünür bir ışık demeti kullanmasıdır. DLP bütün bir reçine katmanını bir kerede sertleştirebildiğinden daha sıkı bir tabla kullanılır ve daha az malzeme israfına neden olur. Ayrıca ardışık katmanlar arasındaki işlem hızla ilerlediğinden, SLA'ya kıyasla daha hızlı bir üretim yöntemi olarak kabul edilir (Lengerli, 2024; Yavuz & Yılmaz, 2021).

Yüksek hassasiyet, DLP tekniğinin en önemli avantajlarından biridir. Ancak yüksek hassasiyet küçük boyutlu üretimde garanti edilir. Bu özelliğinden dolayı diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Özay & Sarıdağ, 2023).



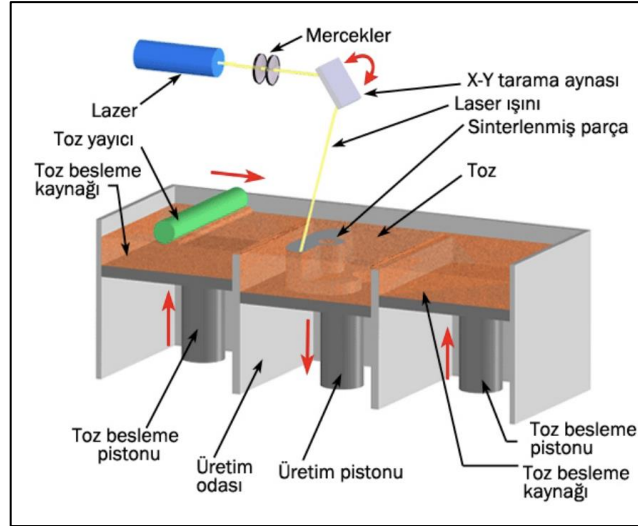
Şekil 1.2. DLP sistemi çalışma prensibi (Sandalcı, 2016).

1.1.2.4.1.3 Seçici Lazer Ergitme ve Seçici Lazer Sinterleme

Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering, SLS), eklemeli üretim teknolojilerinden biri olup, toz formundaki malzemelerin bir lazer ışını aracılığıyla seçici olarak sinterlenmesiyle üç boyutlu nesnelerin üretilmesini sağlar. Bu yöntemde, toz malzeme ince bir tabaka hâlinde yayılır ve CAD verilerine karşılık gelen alanlara lazer yönlendirilir. Lazerin oluşturduğu lokal ısı etkisiyle toz parçacıkları kısmen erir ve birbirine kaynaşır. Katman tamamlandığında yapı platformu bir katman kalınlığı kadar aşağı inerek yeni katman için yer açar. Bu işlem, tüm nesne tamamlanıncaya kadar tekrarlanır (J.-P. Kruth vd., 2005; Santos vd., 2006).

SLS teknolojisinin metal tozları ile doğrudan parça üretimine uyarlanmış hali olan Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS) yönteminde, farklı ergime noktalarına sahip metal tozları birlikte kullanılır. Düşük ergime sıcaklığına sahip metal tozu bağlayıcı olarak görev yaparak yüksek yoğunlukta ve iyi mekanik özelliklere sahip parçaların elde edilmesini sağlar (Chua vd., 2010; J. Kruth vd., 2005; Santos vd., 2006; Shellabear & Nyrrhilä, 2004).

Seçici Lazer Ergitme (Selective Laser Melting, SLM)) ise, SLS teknolojisinin bir türevidir ve benzer malzeme ve lazer sistemlerini kullanır. Ancak, SLM’de kullanılan yüksek enerjili lazerler sayesinde toz parçacıkları tamamen ergitilerek, daha homojen ve yoğun yapılar elde edilir. Bu nedenle SLM ile üretilen parçalar, genellikle SLS ile elde edilenlere göre daha yüksek mekanik dayanım ve yoğunluk gösterir (J.-P. Kruth vd., 2007).



Şekil 1.3. SLS sisteminin çalışma prensibi (Çelik vd., 2013).

1.1.2.4.1.4 Elektron Işınli Eritme (EBM)

Elektron Işınli Eritme (EBM), bir eklemeli üretim veya 3B baskı teknolojisi türüdür ve özellikle metallerin üretiminde kullanılmaktadır. EBM teknolojisi, tamamen yoğun metal tozlarını güçlü bir elektron ışını ile eriterek katman katman inşa eden bir prosestir. Her bir katman, bir CAD modeli ile tanımlanan geometriye göre eritilmektedir. Bu teknolojiye, yüksek erime kapasitesi ve yüksek verimlilik için gerekli olan enerjiyi üreten yüksek güçlü bir elektron ışını kullanılmaktadır (Çelik vd., 2013).

EBM ile üretilen parçalar genellikle yüksek yoğunluk ve rijiditeye sahiptir. Bu EBM üretiminin bir vakum altında veya kontrollü bir ortamda gerçekleşmesi sayesinde parçanın oksidasyonunu ve kontaminasyonunu azaltmaya yardımcı olur. Elektron ışınli eritme, katman katman oluşturma süreci nispeten hızlıdır, bu da endüstriyel üretimde etkili bir yöntem haline getirir. Elektron ışınli eritme, özellikle havacılık, uzay ve tıp endüstrilerinde kullanılan kompleks geometrili ve yüksek rijiditeye sahip metal parçaların üretimi için tercih edilen bir 3B baskı teknolojisidir (Sürmen, 2019).

1.1.2.4.1.5 Eriyik Biriktirme Modelleme Tekniği (FDM, Fused Deposition Modeling)

Fused Deposition Modelling (FDM), 3B baskı yöntemleri arasında yer alan bir eklemeli imalat tekniğidir. Bu yöntemde, polimer esaslı bir filament ısıtılmış bir nozul içinde eritilir ve ardından yapı platformu üzerine katmanlar halinde ekstrüde edilir. Her bir katman soğuyarak katılaştıkça platform aşağıya doğru hareket eder ve yeni katmanların üst üste eklenmesiyle sayısal modelin üç boyutlu karşılığı inşa edilir (Çelik vd., 2013).

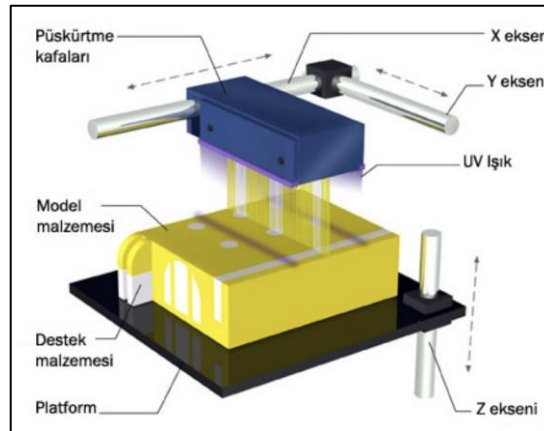
1.1.2.4.1.6 Yapıştırıcı ile Eklemeli İmalat (Binder Jetting, Powder binder)

Yapıştırıcı ile eklemeli imalat, tozun katman katman biriktirildiği ve her katmanda bağlayıcı ile seçici olarak birleştirildiği bir eklemeli üretim yöntemidir. Karmaşık iç ve dış geometrilere sahip, hızlı, düşük maliyetli ve gerilimsiz yapılar üretir. Yapıştırıcı ile eklemeli imalat biyomedikal uygulamalarda kullanılmıştır. Mostafaei ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada binder jetting ile protez metal iskeleti gibi ince cidarlı, karmaşık şekilli çıkıntılı yapılar üretmek için kullanılabileceğini göstermişlerdir (Mostafaei vd., 2017).

1.1.2.4.1.7 Malzeme Püskürtme (Material Jetting, Polyjet)

Polyjet yöntemi, mürekkep püskürtme ile stereolitografi tekniklerini birleştiren bir üretim sürecidir. Bu yöntemle, her bir katman için püskürtme başlıkları kullanılarak model ve destek malzemeleri sırasıyla uygulanır. Malzemeler, püskürtme başlığında bulunan UV ışığı ile hızla sertleştirilir. Malzeme bitmeye yakın olduğunda, kartuşlar kesintisiz bir şekilde değiştirilerek üretim süreci devam ettirilebilir. 2D kesit alanı UV ışığı ile sertleştirildikten sonra, platform katman kalınlığı kadar 16 µm aşağıya iner ve bu işlem, model tamamlanana kadar tekrarlanır. Prototip tamamlandıktan sonra, destek malzemeleri özel bir kabin içinde su jeti kullanılarak kolayca temizlenebilir (Çelik vd., 2013).

Polyjet teknolojisi, 100'ün üzerinde farklı malzeme seçeneği ile yüksek hassasiyete sahip, gerçekçi prototipler ile cerrahi kılavuzlar, kişiselleştirilmiş diş modelleri ve iskeletler gibi çeşitli dental prosedürlerde kullanılmaktadır (Çelik vd., 2013; Lengerli, 2024).



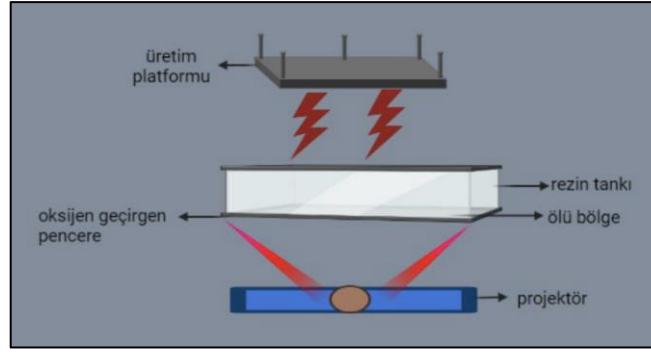
Şekil 1.4. Polyjet Sistemi çalışma prensibi.

1.1.2.4.1.8 Sıvı Kristal Ekran (LCD, Liquid Crystal Display)

Işıklı polimerizasyon sağlayan SLA, DLP ve en yeni LCD teknolojileri arasında temel olarak kontrol ve adım mekanizmalarında çok az fark bulunmaktadır. Bu teknolojiler arasındaki esas farklılık, kullanılan ışık kaynağı ve görüntüleme sisteminden kaynaklanmaktadır. LCD teknolojisinde görüntüleme işlemi, likit kristal ekranlar (Liquid Crystal Display) aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu ekranlar, üzerine uygulanan elektriksel alan etkisiyle sıvı kristallerin moleküler yapısını değiştirerek ışığın geçişini kontrol eder. Gelişmiş LCD ekran teknolojisi sayesinde oldukça yüksek çözünürlük elde edilmekte; ancak ışığın yalnızca yaklaşık %10'u LCD panelden geçebilmekte, geri kalan kısmı panel tarafından absorbe edilmektedir. Bu durum, LCD yazıcılarda ışık yoğunluğunun DLP sistemlerine göre daha düşük olmasına yol açar. LCD tabanlı yazıcılar nispeten düşük maliyetli olmalarının yanı sıra yüksek çözünürlük avantajı da sunmaktadır. Bununla birlikte, panel ömrünün sınırlı olması nedeniyle belirli periyotlarda değişim gerektirmektedir. Bu özelliklerinden dolayı LCD yazıcılar, diş hekimliği ve mücevher yapımı gibi yüksek hassasiyet gerektiren alanlarda yaygın olarak tercih edilmektedir (Lengerli, 2024).

1.1.2.4.1.9 Devamlı Sıvı Arayüz Üretimi (CLIP)

Devamlı Sıvı Arayüz Üretimi (Continuous Liquid Interface Production, CLIP), oksijen inhibe fotopolimerizasyon prensibine dayanan yenilikçi bir eklemeli imalat yöntemidir. Bu teknoloji, büyüyen parça ile pozlama penceresi arasında kürlenmemiş reçineden oluşan sürekli bir sıvı arayüz oluşturarak, geleneksel katmanlı üretimdeki adım adım baskı sürecini ortadan kaldırır. Böylece, katmansız ve sürekli üretim sağlanarak merdiven etkisi azaltılır, izotropik mekanik özellikler elde edilir ve destek yapılarına duyulan gereksinim azalır. CLIP yöntemi, özellikle kısa üretim süresi, yüksek yüzey kalitesi ve mekanik olarak homojen yapı oluşturma potansiyeli ile diş hekimliğinde umut vadeden bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir (Özay & Sarıdağ, 2023).



Şekil 1.5. CLIP çalışma prensibi şematik gösterimi (Özay & Sarıdağ, 2023).

1.1.2.4.2 Eklemeli Üretimin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Son yıllarda diş hekimliği uygulamalarında dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, 3B yazıcı teknolojileri klinik ve laboratuvar süreçlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle protetik restorasyonlar, ortodontik apareyler, cerrahi rehberler ve anatomik modellerin üretiminde önemli avantajlar sunmaktadır. 3B yazıcılar kullanılarak üretilen materyaller diş hekimliğinin birçok alanında kullanıldığı gibi preklinik eğitimin de de kullanılmaktadır. Son zamanlarda diş hekimliği öğrencilerinin, kolayca öğrenmelerini sağlayacak eğitim materyallerini sunmak amacıyla, çekilmiş dişleri tarayarak plastik dişler üretmiş bu sayede 3 boyutlu yazıcılarla üretilen bu plastik dişler preklinik öğrenim pratiğinde sıkça kullanılır hale gelmiştir (Yavuz & Yılmaz, 2021).

Eklemeli üretim teknolojisi ile, yüksek derecede hassasiyete sahip cerrahi kılavuzlar üretilir. Cerrahi kılavuzların kullanımı, sürecin genel güvenilirliğini artırmakta, ameliyat süresini kısaltmakta ve mandibular rekonstrüksiyon, tümör rezeksiyonları, travmalar veya doğumsal deformitelerin düzeltilmesi gibi karmaşık cerrahi planlamalarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu bağlamda, anatomik modelleme, hekimin operasyon öncesi hazırlık sürecini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır (Javaid & Haleem, 2019; Yavuz & Yılmaz, 2021).

Dental implant cerrahisi sırasında eklemeli üretim, implantların yerleştirilmesine yardımcı olan bir 3B model şablonu oluşturmada önemli bir rol oynar. İmplant uygulamalarında kullanılan cerrahi rehberler, implantın kemik içerisine doğru açı ve derinlikte yerleştirilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu rehberler konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve intraoral tarama verilerinden elde edilen üç boyutlu modeller üzerine yerleştirilen implant

planlamalarına göre üretilmektedir. Geleneksel yöntemle kıyasla ameliyatın doğruluğunu artırır. Özellikle flepsiz cerrahi gibi minimal invaziv yaklaşımlarda bu tür rehberlerin kullanımı cerrahi hassasiyeti büyük ölçüde artıran ekonomik ve konforlu bir yöntemdir (Javaid & Haleem, 2019; van Noort, 2012).

3B yazıcılar, ortodonti alanında şeffaf plak üretimi, hareketli ve fonksiyonel apareylerin üretilmesi, kişiye özel braketlerin ve splintlerin üretimi gibi birçok alanda kullanılarak klinisyenlerin günlük kullanım pratiğinde yer edinmiştir (Rahmanimirshekarlou & Tunçer, 2022). 3B baskı teknolojisinin ortodontide başarısını kanıtladığı bir diğer alan ise aligner olarak adlandırdığımız, hareketli ve şeffaf ortodontik hizalayıcıların üretimi olmuştur. Bu hizalayıcıların; 3B yazıcılarla, günlük ortalama 50.000 tane üretilmesi ticari bir başarıdır (Javaid & Haleem, 2019; Yavuz & Yılmaz, 2021).

3B baskı, protez üretim sürecini kolaylaştırarak hastalar için koltuk süresini ve genel tedavi maliyetlerini azalttığından protetik diş tedavisinde sıkça kullanılır. Eklemeli üretimin protez diş hekimliğindeki başlıca uygulamalarından biri tam protezlerin imalatıdır (Goodacre & Goodacre, 2022). Eklemeli üretim, tam protezlerin yanı sıra sabit ve parsiyel protezler, geçici kronlar, çeşitli altyapı malzemeleri, oklüzal splintler, seramik restorasyonlar, maksillofasiyal protezler ve dental tanı modelleri, kişisel ölçü kaşıklarının hazırlanması gibi birçok restorasyon ve materyalin üretimine olanak tanır (Alageel, 2022; Erdaş & Yanıkoğlu, 2024).

1.1.2.4.2.1 Protetik Diş Tedavisinde Kullanılan 3 Boyutlu Baskı Materyalleri

Dental restorasyonların 3B yazıcılar ile üretilmesinde polimerler, metaller, seramikler ve kompozitler dahil olmak üzere birçok farklı materyal kullanılır. Polimerler diş hekimliğinde 3B baskı teknolojilerinde en sık kullanılan malzeme türüdür, metallerin de baskı malzemesi olarak kullanılmasına izin veren bazı teknikler bulunmaktadır. 3B baskı teknolojileri kullanılarak etkili bir şekilde işlenebilmesine ve son zamanlarda yaygınlaşmasına rağmen dental seramik ve kompozit malzemelerin diş hekimliğinde kullanımı halen sınırlıdır (Alageel, 2022).

1.1.2.4.2.1.1 Polimerler

Günümüzde dental uygulamalar için 3B üretim teknolojisinde kullanılan; SLA, DLP, Polyjet teknolojileri ile üretilebilen stiren, akrilatlar, esterler ve amidler olarak da adlandırılan birçok dental polimer çeşidi bulunmaktadır (Alageel, 2022).

Polistirenler dental modeller, kişisel kaşıklar ve maksillofasiyal cihazlar dahil olmak üzere birçok farklı dental uygulamada kullanılmaktadır. FDM teknolojisi için filament formda ve SLA, DLP ve PolyJet teknolojileri için fotopolimer sıvı reçine formları mevcuttur (Alageel, 2022).

Polimetil metakrilat (PMMA) esaslı reçineler biyouyumlu olması, yüksek boyutsal stabilitesi, düşük su emilimi gibi iyi fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde en yaygın kullanılan polimerlerden biridir. Protetik diş tedavisinde özellikle geçici restorasyonlarda son zamanlarda ise etkili formülasyonu ve üretim verimliliğini arttırmasıyla hareketli protezlerin ve cerrahi kılavuzların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Alageel, 2022; Erdaş & Yanıkoğlu, 2024).

Polyester ve poliamid yapıda polimerlerin ana uygulamaları arasında dental model ve maksillofasiyal protezlerin üretimi bulunur. FDM yazıcılar için filament ve SLA teknolojisi için fotopolimer reçine formları mevcuttur (Alageel, 2022).

Polieter eter keton (PEEK) 'un dental uygulamalardaki başlıca kullanım alanlarından biri dental implantların ve abutmentlerin imalatıdır (Luo vd., 2023). 3B baskı teknolojilerindeki gelişmeler, bireysel hasta anatomisine göre özelleştirilebilen PEEK dental implantların üretimini kolaylaştırarak hem işlevselliği hem de estetiği geliştirmiştir (Ding vd., 2021). İmplantların yanı sıra PEEK, hareketli ve sabit protezlerin oluşturulmasında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Malzemenin FDM ve SLS gibi 3B baskı teknolojileriyle uyarlanabilirliği, protez iskeletlerinin hızlı ve doğru bir şekilde üretilmesine olanak tanır (Jeong vd., 2023; Rezaie vd., 2023).

1.1.2.4.2.1.2 Metaller

Metaller ve alaşımlar, üstün mekanik performansları nedeniyle diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak işlenmeleri pahalı ve zordur. Metalik nesnelerin 3B baskı teknolojileri kullanılarak işlenmesi artık SLS ve SLM teknolojileri kullanılarak mümkündür. Dental uygulamalar için 3B baskı

teknolojilerinde kullanılan yaygın metal ve alaşım türleri kobalt-krom (Co-Cr) ve titanyum (Ti) alaşımlarıdır. Powder Bed Fusion (Toz Yataklı Birleştirme, PBF) teknolojileri için bu alaşımlar, kullanılan teknolojiye bağlı olarak k      par  acık boyutlarına sahip toz formunda üretilirler (Alageel, 2022).

Titanyum alaşımları, özellikle Ti-6Al-4V, uygun mekanik özellikleri ve mükemmel biyouyumlulukları nedeniyle dental implantların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Acharya vd., 2023). Co-Cr alaşımları ise şu anda DMLS ve SLM teknolojileri de dahil olmak üzere 3B baskı teknolojilerinin sahip olduğu sabit ve hareketli bölümlü protezler için en çok kullanılan alaşım türüdür (Alageel, 2022).

1.1.2.4.2.1.3 Seramikler

Dental Seramiklerin yüksek erime noktaları ve seramiklerin eritilmesi sırasında yeni faz oluşumuna neden olması soğuma sırasında çatlaklara neden olabilmesi gibi özelliklerinde dolayı bu zamana kadar eklemeli üretim teknolojilerinde sınırlı düzeyde kullanılmasına sebep olmuştur. Günümüzde eklemeli imalat ile üretilen zirkonya, alümina, kalsiyum fosfatlar ve seramik kompozitler gibi farklı biyoseramikler kullanılmaktadır (Galante vd., 2019).

1.1.2.4.2.1.3.1 Zirkonya

Yapılan bazı çalışmalar, zirkonya malzemesinin protetik ve implant diş hekimliğinde farklı klinik uygulamalar için işlenmesinde çeşitli eklemeli imalat teknolojilerinin kullanılabildiğini göstermektedir. Bu teknolojiler arasında özellikle vat polimerizasyonuna dayalı yöntemler zirkonyanın dental amaçlı üretiminde en yaygın kullanılan yöntemler olarak öne çıkmaktadır (Khanlar vd., 2021). 3B baskı teknolojileri ile doğrudan üretilen zirkonyanın geleneksel yöntemlere kıyasla lazer noktasındaki eşit olmayan enerji dağılımı nedeniyle erime ve soğuma süreci sırasında farklı hacim daralmalarına neden olarak üretim sırasında mikro çatlak oluşumunu engelleyememektedir. Aynı zamanda kristalografik yapıda dönüşüm gözlenmiştir; monoklinik ve kübik fazlar tetragonal bir yapıya dönüşmüştür dolayısıyla 3B baskı teknolojisiyle üretilen zirkonyanın mekanik özellikleri potansiyel uygulamalar için tartışmalı bulunan çalışmalar vardır (Ferrage vd., 2017). Her ne kadar in vitro çalışmalar frezeleme ile karşılaştırıldığında eklemeli

üretimle üretilen zirkonya yapıli restorasyonlar benzer mekanik özellikler ve doğruluk gösterse de klinik uygulamalar için onaylanmadan önce yazıcı ve malzeme geliştirmelerine, baskı parametrelerini iyileştirmelerine ve bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Khanlar vd., 2021).

1.1.2.4.2.1.3.2 Alümina Seramikler

Alümina ve alüminyum oksit (Al_2O_3) 1970'lerde diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır; o zamandan beri alümina seramiklerin özelliklerini iyileştirmek ve uygulamalarındaki başarısızlık oranını azaltmak için birçok gelişme kaydedilmiştir. Alümina seramikler yüksek yoğunluğa, yüksek saflığa ve daha ince bir mikro yapıya sahiptir, bu da onları estetik diş restorasyonları için uygun bir seçim haline getirir. Son zamanlarda, alümina seramiklerin 3B baskı ile işlenmesinde özellikle DLP ve SLA teknolojilerinin kullanımı, estetik restorasyonlar elde etmek için gerekli olan mükemmel yüzey kalitesi ve boyutsal doğruluğa sahip yüksek kaliteli, yarı saydam alümina seramiklerin üretilmesine olanak tanır (Alageel, 2022; Sun vd., 2021).

1.1.2.4.2.1.3.3 Diğer Biyoseramikler

Eklemeli imalat teknolojileri, diş hekimliği ve kemik rejenerasyonu uygulamaları için kalsiyum fosfatlar, diğer biyoseramikler ve alçı esaslı malzemelerden periodontal membran iskelet üretiminde başarıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemle üretilen trikalsiyum fosfat (TCP), hayvan modellerinde kemik defektlerinin iyileşmesini sağlayarak hücre büyümesini ve osteojenik aktiviteyi desteklemektedir. Binder jetting teknolojisiyle üretilen özelleştirilmiş implantlar ise kemik metabolizmasına uygun tasarımı ve osteointegrasyon başarısı ile öne çıkmaktadır. Ayrıca, malzeme bileşiminde yapılan ısıl işlem parametreleri mekanik dayanımı ve biyouyumluluğu artırarak klinik kullanıma uygunluğu geliştirmiştir. Eklemeli üretim ile üretilen biyoseramikler hastalara spesifik seramik implantların hızlı ve etkin bir şekilde üretimini mümkün kılmakta ve kemik doku mühendisliği uygulamaları için önemli bir potansiyel sunmaktadır (Galante vd., 2019).

1.1.2.4.2.1.3.4 Seramik Kompozitler

Kompozit kelime anlamı olarak iki veya daha fazla malzemenin bir kombinasyonu olarak tanımlanır ve kombinasyon, bireysel bileşenlerden benzersiz özellikler oluşturur. Dental kompozitler alümina-zirkonya gibi seramik-seramik, seramik-polimer veya seramik-metal kombinasyonlarını içerebilir. FDM teknolojisine dayalı 3B yazıcıların çoğu seramik-polimer kompozit malzemelerle kullanılabilir ve son zamanlarda SLA ve DLP teknolojileri ile üretilebilen kompozit malzemeler geliştirilmiştir (Alageel, 2022).

Goyos-Ball ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada %10 mol seryum ile stabilize zirkonya ve alümina içeren seramik kompozitler üretilmiş ve bu materyalin kortikal kemikle benzer basma dayanımına sahip, sitotoksik olmayan ve osteojenik farklılaşmayı teşvik eden özellikler gösterdiğini raporlamıştır. Aynı zamanda kimyasal olarak stabil, estetik ve aşınmaya karşı dirençli bulunmuştur. Bir başka çalışmada hidroksiapatit ve zirkonya kompozitler üretilmiş dolgu maddelerinin dayanım ve termal kararlılığı artırdığını, ancak dayanıklılık ve esnekliği azalttığını belirtilmiştir (Galante vd., 2019).

Diş hekimliğinde kullanılan 3B baskı materyalleri çeşitlilik göstermesine rağmen, klinik uygulamalarda özellikle polimer bazlı reçineler öne çıkmaktadır. Son yıllarda eklemeli imalat teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, geçici restorasyonların ötesine geçilerek daimî restorasyonlarda kullanılabilecek yüksek performanslı reçine bazlı materyaller geliştirilmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, biyouyumluluk, mekanik dayanım ve estetik açıdan geleneksel yöntemlerle üretilen restorasyonlara alternatif oluşturabilecek, özel olarak formüle edilmiş yeni nesil fotopolimer reçineler ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda, klinik olarak daimî kron ve köprü restorasyonlarında kullanılabilen Saremco Crowntec ve VarseoSmile Crown Plus gibi malzemeler, dijital diş hekimliğinde güncel ve yenilikçi çözümler sunmaktadır.

1.1.2.4.2.1.3.4.1 Saremco Crowntec

Son yıllarda dijital diş hekimliğinde yaşanan gelişmelerle birlikte, daimî restorasyonlar için özel olarak geliştirilen 3B baskı reçineleri ön plana çıkmıştır. Bu alanda öne çıkan malzemelerden biri, İsviçre menşeli Saremco Dental AG tarafından geliştirilen Saremco Crowntec reçinesidir.

Saremco Crowntec, yüksek estetik ve fonksiyonel gereksinimleri karşılayabilecek monolitik restorasyonlar üretmek için uygundur. Klinik kullanım alanları arasında daimî anterior ve posterior kronlar, inley ve onley restorasyonlar, laminate veneerler, implant üstü ve diş üstü geçici kron köprüler bulunur.

Kimyasal içeriği ve yapısına bakıldığında Saremco Crowntec, metakrilat bazlı fotopolimer reçinedir. İçeriğinde; yüksek molekül ağırlıklı metakrilat monomerler, oligomerler, seramik takviyeli dolgu partikülleri (%50 civarında), fotoinitiatör sistemler (ışığa duyarlı sertleşme mekanizması) bulunur. Bisfenol A (BPA) içermemesi, biyouyumluluk açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. (Borga Donmez & Okutan, 2022; Molinero-Mourelle vd., 2024; saremco print Crowntec – Saremco Dental AG, t.y.)

Tablo 1.1. Saremco CrownTec fiziksel ve mekanik özellikler(*saremco print Crowntec – Saremco Dental AG, t.y.*)

Özellik	Değer
Bükülme dayanımı	> 130 MPa
Elastik modül	> 4500 MPa
Sertlik (Vickers)	> 300 HV
Su emme oranı	< 32 µg/mm ³
Polimerizasyon yöntemi	DLP + post-cure
BPA içeriği	İçermez (BPA-free)

1.1.2.4.2.1.3.4.2 BEGO VarseoSmile Crownplus

Dijital diş hekimliğinde 3B yazıcıların yaygınlaşmasıyla birlikte, daimi restorasyonlara uygun olarak geliştirilen reçine bazlı materyaller klinik uygulamalarda önemli bir yer edinmiştir. Bu bağlamda, Almanya merkezli BEGO firması tarafından geliştirilen VarseoSmile Crown Plus, daimi dental restorasyonlar için CE (Avrupa Uygunluk İşareti) ve FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) onayı almış, yüksek performanslı bir 3B yazıcı reçinesidir.

VarseoSmile Crown Plus, yüksek dolgu içerikli metakrilat esaslı fotopolimer bir reçinedir. İçeriğinde fonksiyonel metakrilat monomerler, seramik mikro partiküller (%50'nin üzerinde inorganik yük), fotoinitiatörler, renk pigmentleri ve stabilizatörler bulunmaktadır. BPA içermemesi ve düşük monomer sızıntısı, biyouyumluluğunu artırmaktadır.

Klinik olarak anterior ve posterior daimî monolitik kronlar, inley ve onley restorasyonlar, laminate veneerler, 3 üye kadar olan köprüler ve implant üstü geçici restorasyonlar için kullanıma uygundur.(BEGO- BEGO, t.y.; Molinero-Mourelle vd., 2024)

Tablo 1.2. VarseoSmile Crown Plus fiziksel ve mekanik özellikler(Bego-VarseoSmile, t.y.)

Özellik	Değer
Bükülme dayanımı	135–150 MPa
Elastik modül	4800–5200 MPa
Sertlik (Vickers)	> 300 HV
Su emme oranı	< 32 µg/mm ³
Yoğunluk	1.4–1.5 g/cm ³
Polimerizasyon yöntemi	DLP + post-cure

1.1.2.4.3 Eklemeli İmalat ile Üretilen Sabit Restorasyonların Uyumunu Etkileyen Faktörler

Eklemeli imalat ile üretilen restorasyonların doğruluğu, baskı teknolojisi, yazıcı ve seçilen malzeme, üretimin 3 boyutlu yapısı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Aynı zamanda kullanılan malzemeler; baskı yönü, katman kalınlığı, destekleyicilerin sıklığı gibi baskı parametrelerinin ve işlem sonrası kütleme prosedürlerinin ortaya çıkan restorasyonun özelliklerini ve kalitesini önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir (Anadioti vd., 2022). Sabit restorasyonların uyumunu etkileyen kritik faktörlerden biri, eklemeli üretim süreci sırasında malzemelerin baskı açısıdır. Anadioti ve arkadaşları, katmanların yöneliminin dental restoratif malzemelerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkileyebileceğini, potansiyel olarak çatlak yayılımına ve yapısal bozulmaya yol açabileceğini ve bunun da dental restorasyonların boyutsal doğruluğunu etkileyebileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte üretim sürecinde kullanılan malzeme seçimi de restorasyon uyumunda önemli bir rol oynar. (Anadioti vd., 2020; Ardelean vd., 2016).

1.1.2.5 Diş Hekimliğinde Marjinal ve İnternal Uyum

Protetik diş tedavisinde marjinal ve internal uyum kavramları, özellikle sabit protezlerde diş restorasyonlarının uzun ömürlülüğünü ve başarısını sağlamak için kritik öneme sahiptir (Lengerli, 2024).

Marjinal uyum, restorasyonun marjini ile diş yapısı arasındaki boşlukla belirlenir. Yetersiz marjinal uyum, zamanla protezin işlevsel bütünlüğünü tehlikeye atan mikro sızıntı, sekonder çürük ve periodontal hastalık gibi komplikasyonlara yol açabilir. Sabit restorasyonlarda marjinal uyumu etkileyen en önemli faktörler arasında kullanılan materyal seçimi, marjin sınırı ve fırınlama prosedürlerine bağlı olarak kopinglerin stabilitesi yer almaktadır. İyi bir marjinal uyum, bir restorasyonun uzun vadeli başarısı için en önemli teknik faktörlerden biridir (Halawani & Al-Harbi, 2017; Heboyan-Msc, 2019).

İnternal uyum, restorasyonun iç yüzeyleri ile yapıştırıldığı diş veya implant arasındaki ilişkiyi ele alır. İyi bir internal uyum, simantasyon sırasında retansiyon ve rezistans formlarından ödün vermeden kronun yerleştirilmesini kolaylaştırır, böylece protezin retansiyonunu artırarak yerinden çıkma riskini en aza indirir ve genel hasta memnuniyetini artırır (Lengerli, 2024; Rutkunas vd., 2020).

CAD/CAM ve 3B baskı gibi teknolojilerdeki gelişmelerin geleneksel üretim yöntemlerinde yaygın olarak görülen tutarsızlıkları gidererek marjinal ve iç uyumu iyileştirmektedir (Kharat vd., 2024).

1.1.2.6 Diş Hekimliğinde Marjinal ve İnternal Uyum Ölçüm Teknikleri

Restorasyonların klinik başarısında marjinal ve internal uyumun doğru değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu amaçla, geleneksel kesit yöntemlerinden gelişmiş dijital ve görüntüleme tekniklerine kadar farklı ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Her yöntemin kendine özgü avantaj ve sınırlılıkları bulunmakta olup, aşağıda bu yöntemler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.1.2.6.1 Simantasyon Sonrası Kesit Yöntemi

Kesit yöntemi, üretilen restorasyonun model üzerinde değerlendirildikten sonra epoksi veya alçı içine gömülerek yerine sabitlenmesini içerir. Daha sonra, restorasyonu kesitlerini gözlemlemek üzere kesmek için özel bir makine kullanılır.

Bu yöntem, restorasyon ve dayanak arasındaki boşluk alanının doğrudan ölçülmesine izin verdiği için güvenilir sonuçlar sağlar. Ancak ağız içi uyumun ölçülememesi ve üretilen restorasyonun kesilmesinin invaziv yapısı nedeniyle kullanımı azalmıştır. Ayrıca çok sayıda noktadan ölçüm yapılamaması ve üç boyutlu değerlendirme yapılamaması da bu yöntemin diğer dezavantajlarıdır (Kim vd., 2014).

1.1.2.6.2 Silikon Replika Tekniği

Silikon replika tekniği marjinal ve internal uyum belirleme yöntemleri arasında sıkça kullanılan bir yöntemdir çünkü hem in vivo hem de in vitro olarak gerçekleştirilebilir. Yöntem çoğunlukla in vitro olarak sabit restorasyonlarda yeni dental materyallerin uyumunu ölçmek, farklı üretim teknikleri arasındaki uyumu ölçmek ve farklı preparasyon tipleri üzerindeki uyumu karşılaştırmak için kullanılır (Seegerström vd., 2019).

Bu yöntemde restorasyonun içine silikon uygulanır ve daha sonra belirli bir kuvvet kullanılarak intraoral olarak veya bir alçı model üzerinde abutment üzerine yerleştirilir. Silikon replikalar restorasyondan çıkarıldıktan sonra kesilir ve kalınlıkları mikroskopla ölçülür. Kesit yöntemiyle karşılaştırıldığında silikon replika tekniği daha basittir ve restorasyona veya alçı modele zarar vermez. Ayrıca klinik çalışmalarda ölçümlerinin alınmasına olanak sağlaması da önemli avantajlarından biridir. Ancak kesit yöntemine benzer şekilde çok sayıda noktadan ölçüm alınamaması bir kısıtlamadır (K.-B. Kim vd., 2014).

1.1.2.6.3 Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalleştirme Yöntemi

Son zamanlarda, mevcut ölçüm yaklaşımlarının zayıflıklarıyla başa çıkmak için yeni bilgisayar destekli üç boyutlu ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Üç boyutlu değerlendirme kavramı Luthardt tarafından ortaya atılmıştır. Bu yöntem ölçümleri kolaylaştırmakta ve restorasyona ya da alçı modele zarar vermemektedir. Aynı zamanda bu yöntem abutmentin tüm yüzeyinin morfolojisini doğru bir şekilde belirleyebilir ve böylece iç boşluk dağılımını tam olarak gösterebilir. Bu yaklaşım tek bir restorasyonun uyumunun değerlendirilmesi sırasında invaziv bir işlem uygulamadan 30.000'e kadar nokta ölçülebilmesine olanak sağlar (Pimenta vd., 2015).

1.1.2.6.4 Optik Koherens Tomografi Yöntemi (OCT)

Bir başka tahribatsız teknik olan optik koherens tomografi, restorasyonların marjinal veya iç uyumunu değerlendirmek için kullanılmıştır. OCT, biyolojik yapılardan ve materyallerden iyi geçen kızılötesi ışığı kullanan optik interferometre prensibine dayanan yüksek çözünürlüklü kesitsel görüntüler sağlar. OCT, yapı ayrıntılarını sağlayabilir ve klinik ortamda kanıtlanmış bir teknik olarak doğrulanmıştır. Diş hekimliğinde, OCT çoğunlukla kompozit, amalgam restorasyonların veya yapıştırıcıların sızdırmazlık performanslarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Literatürde restorasyonların diş yapılarına uyumunun OCT kullanılarak incelenmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Turk vd., 2017).

1.1.2.6.5 CAD/CAM ve 3 Boyutlu Taramaya Dayalı Sayısal Yöntem

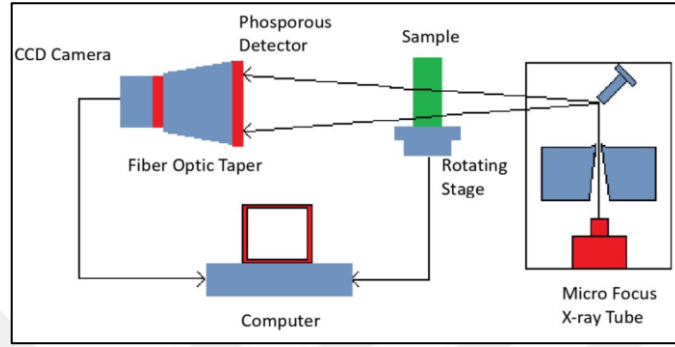
Son zamanlarda CAD/CAM üretimi sırasında oluşan hataların analizi ve değerlendirilmesi için 3B programlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde intraoral veya laboratuvar tarayıcılar ile elde edilen dijital veriler CAD yazılımında karşılaştırılır. 3B programlar, 3B modellere dayalı olarak birçok noktayı otomatik olarak üst üste bindirerek hataları hesapladığından, CAD/CAM sapma hatalarını nicel ve görsel olarak analiz etmek için kullanılabilir ve tahribatsız yöntemler kullanarak daha doğru ölçümler yapılmasını sağlar (Kang vd., 2020).

1.1.2.6.6 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi (Mikro-BT)

Mikro-BT olarak adlandırılan mikro bilgisayarlı tomografi internal uyum ve marjinal uyumun değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer yöntemdir. Mikro-BT voksel aralığı, normal tomografideki aralığa kıyasla hacimsel olarak yaklaşık 1 milyon kat daha küçüktür. Küçük voksel aralığı çok iyi kesit çözünürlüğü sağlarken, aynı zamanda daha detaylı inceleme imkânı sunar. Aynı zamanda bu teknik restorasyona dayanak dişe veya alçı modele zarar vermeden birden fazla noktadan tekrarlanan ölçümler yapılmasına olanak tanır. Literatürdeki çok sayıda çalışma ve sistematik derleme bu amaçla mikro-BT kullanmıştır (Erpaçal vd., 2019; Lengerli, 2024).

Diş restorasyonlarının uyumunu ölçmede mikro-BT kullanmanın başlıca faydalarından biri, tahribatsız değerlendirmeler yapabilmesidir. Numunelerin

kesitlerinin alınmasını gerektiren geleneksel yöntemlerin aksine, mikro-BT numunelerin yapısal bütünlüğünü koruyarak tam olarak değerlendirilmesini sağlar. Bu koruma, numunelerin gelecekte analiz edilmek üzere saklanmasını gerektiren çalışmalar için veya sonuçların zaman içinde doğrulanması için çok önemlidir (Abduljawad & Rayyan, 2022).



Şekil 1.6. Mikro BT çalışma prensibinin şematik gösterimi (Türk vd., 2017).

Metin girmek için buraya tıklayın veya dokunun.

Bu tez çalışmasında, eklemeli imalat yöntemleriyle farklı açılarda üretilen daimî kronların marjinal ve internal uyumları incelenmiştir. Çalışmada iki farklı rezin esaslı daimî restorasyon materyali olan Saremco Crowntec ve VarseoSmile Crown Plus kullanılmıştır. Kronların üretiminde farklı baskı açıları (0° , 30° , 45° , 60° ve 90°) tercih edilerek hem baskı açısının hem de materyal tipinin uyum üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler Mikro-BT ile analiz edilmiştir.

Araştırmanın temel hipotezleri şu şekilde belirlenmiştir:

H0-1: Farklı açılarda üretilen daimî kronların marjinal ve internal uyumlarında kullanılan iki materyal arasında fark bulunmamaktadır.

H0-2: Aynı üretim açılarında iki farklı materyal arasında uyum farkı bulunmamaktadır.

H0-3: Materyal ve üretim açısının etkileşiminin marjinal ve internal uyumda anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, farklı baskı açıları üretilen kronların marjinal ve internal uyumlarının karşılaştırılması ve seçilen materyallerin klinik uygulanabilirliğinin verilere dayalı olarak ortaya konulmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

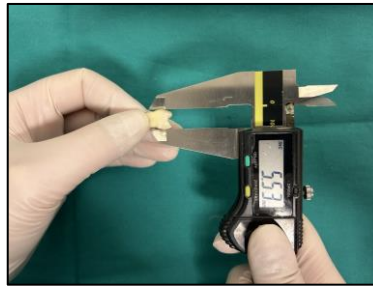
Bu tez çalışması, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 2024/354 sayılı karar ile onaylanmıştır. Kronların tasarımı ve üretimi Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Dijital Laboratuvarında yapılmıştır. Marjinal ve internal uyum ölçümlerinde mikro-BT kullanılmış olup, ölçümler İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

2.1 Örneklem Sayısı Seçimi

Power analizi G*Power v3.1.9.6 programı kullanılarak yapıldı. Referans çalışma 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 minimum toplam örnek sayısı 64 olarak bulunmuştur. Bu tez çalışmasında $n=7$ olacak şekilde 10 grup (2 farklı materyal 5 farklı baskı açısı) için toplamda 70 adet örnek hazırlanmıştır.

2.2 Prepare Edilecek Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması

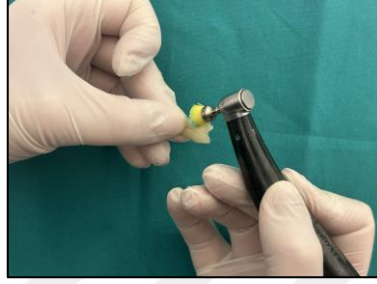
Bu çalışmada çürüksüz, kökleri tam olarak kapanmış, çatlak veya kırık hattı bulunmayan, periodontal sebeplerle çekilmiş 7 adet daimî üst 1. premolar diş kullanılmıştır. Dişlerin seçimi Wheeler'ın Dental Anatomisi, Fizyolojisi ve Oklüzyonu kitabındaki daimî üst 1. Premolar diş ortalama boyutları dikkate alınarak yapılmıştır. Ardından seçilen dişlerin kavitron yardımıyla temizliği yapıp pomza ile polisajı yapılmıştır.



Şekil 2.1. Uygun üst 1. Premolar dişlerin seçilmesi.



Şekil 2.2. Dişlerin kavitron ile temizlenmesi.



Şekil 2.3. Dişlerin pomza ile polisaj işlemlerinin yapılması.

2.3 Dişlerin Preparasyonu

Polisaj aşamalarından sonra maksiller birinci premolar dişler için preparasyon aşamasına geçilmiştir. Dişlerin preparasyonu su soğutması altında elmas frezler ile gerçekleştirilmiş 6-10°'lik bir konverjans açısı, 2 mm'lik bir insizal ve oklüzal preparasyon derinliği ve 1,5 mm'lik bir aksiyal preparasyon derinliği elde edilmesine dikkat edilmiştir. Marjinler 1mm chamfer basamak olacak şekilde bitirilip giriş yolu ile uyumsuz andırkat alanları düzeltilmiştir. Gerekli ayarlamalar tamamlandıktan sonra ana model oluşturulmuş ve bir sonraki aşamaya geçilmiştir.



Şekil 2.4. Dişlerin elmas frez ile su soğutması altında preparasyonu.



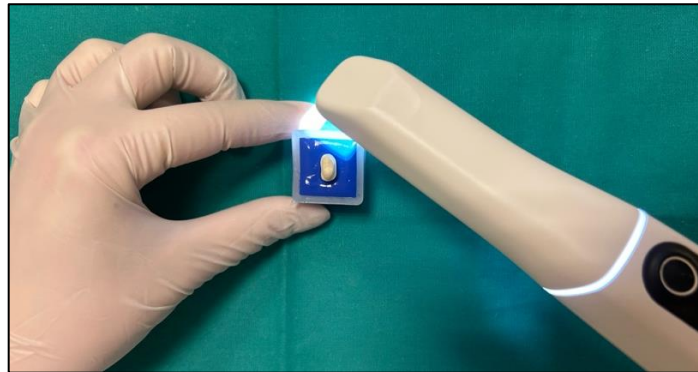
Şekil 2.5. Sivri kenar ve köşelerin polisaj frezleri ile yuvarlatılması.

2.4 Dişlerin Dijital Ölçüsünün Alınması

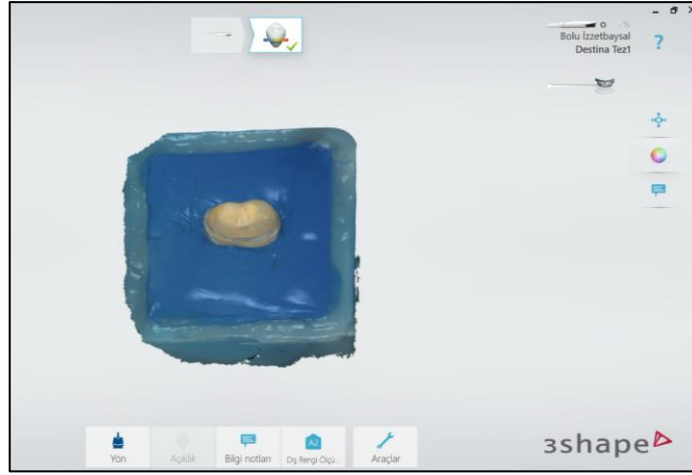
Preparasyon aşamasından sonra taramayı kolaylaştırmak amacıyla dişler sırayla silikon ölçü maddesiyle doldurulmuş plastik kalıpların içine yerleştirildi ve tarama aşamasına geçildi. Taramalar optik intraoral tarayıcı 3Shape TRIOS5 (Copenhagen, Danimarka) kullanılarak tamamlandı ve tarama verileri .stl formatında elde edildi.



Şekil 2.6. Dişlerin tarama kolaylığı için silikon kalıba yerleştirilmesi.



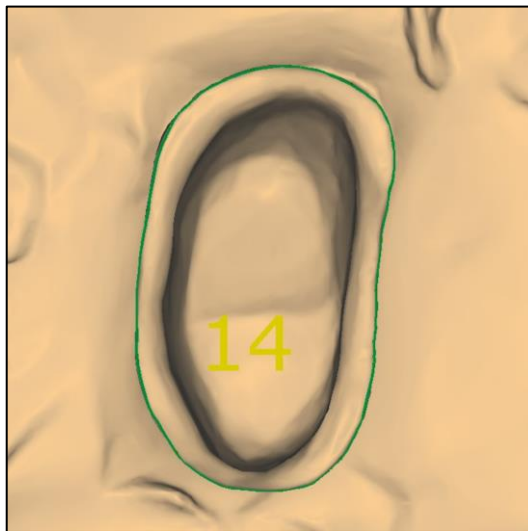
Şekil 2.7. Dişlerin dijital ölçülerinin alınması.



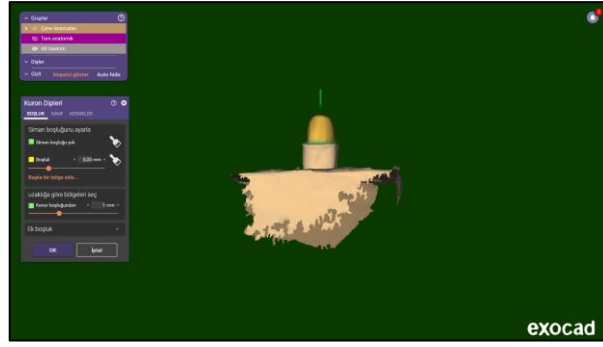
Şekil 2.8. Dişlerin dijital tarama görüntüsü.

2.5 Üretilecek Kronların Tasarımının Yapılması

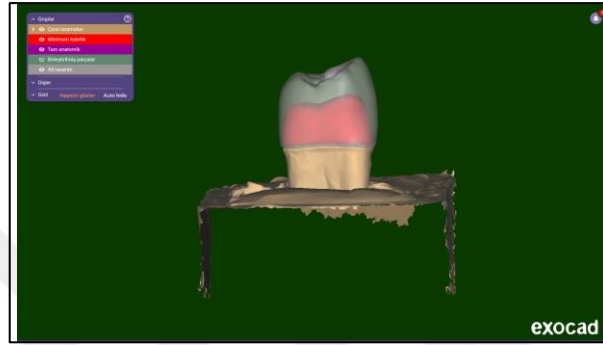
Oluşturulan .stl dosyaları tasarım için, Exocad DentalCAD 3.2 Elefsina (Exocad, Darmstad, Almanya) programına aktarıldı. Kronların tasarım aşamasında, marjin hattı çizildi ve siman aralığı ISO 4049:2019 standartları göz önünde bulundurularak 50 mikron olacak şekilde ayarlandı. 7 farklı prepare diş için 7 ayrı kron tasarımı yapılmıştır. Premolar diş tasarımları yapılırken her bir kron için Wheeler'ın Dental Anatomisi, Fizyolojisi ve Oklüzyonu kitabındaki daimî üst 1. Premolar diş ortalama boyutları dikkate alındığında kron boyları ortalama 8 mm olacak şekilde tasarım yapıldı (Nelson, 2010). Örnekler diş numaraları 1'den 7'ye kadar, Saremco Crowntec 'S' ve VarseoSmile Crown Plus 'V' olacak şekilde, üretim açıları ise 0, 30, 45, 60, 90 olarak kodlanmıştır. Her örneğin kodu tasarım aşamasında kronun üzerine yazılmıştır.



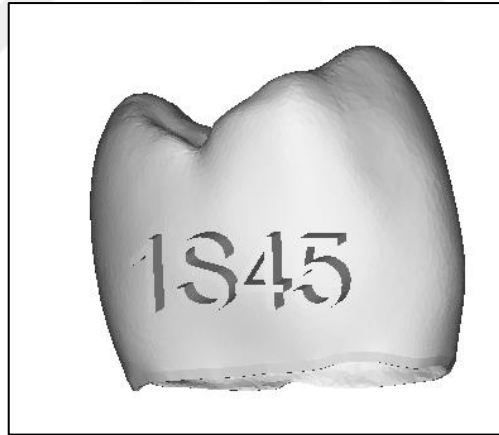
Şekil 2.9. Marjin sınırlarının belirlenmesi.



Şekil 2.10. Siman boşluğu ve kenar boşluklarının ayarlanması.



Şekil 2.11. Kronların Exocad ile tasarımı.



Şekil 2.12. 1 numaralı diş için Saremco Crowntec reçine ile 45 derece açıyla üretilmiş kron tasarımı.

2.6 Daimî Kronların Üretimi

Bu tez çalışmasında Saremco ve VarseoSmile reçineleri kullanıldı. Tablo 2.1’ de materyaller hakkında bilgi verilmektedir.

Tablo 2.1. Kronların üretiminde kullanılan daimî restorasyon materyalleri.

Materyal	Üretici Firma	Menşei	Kimyasal Bileşenler / İçerik	Genel Özellikler	Kullanım Alanları
Saremco Crowntec	Saremco Dental AG (Saremco, Ürün Broşürü, 2023)	İsviçre (Saremco, 2023)	Dimetakrilat bazlı reçine, mikroseramik partiküller, fotobaşlatıcılar, stabilizatörler (Saremco, 2023)	Yüksek mekanik dayanım, düşük su absorpsiyonu, CAD/CAM ve 3B yazıcılar ile uyumlu, biyouyumlu (Saremco, 2023)	Daimî tek kronlar, köprüler, inlay/onlay ve veneer restorasyonlar (Saremco Kullanım Kılavuzu, 2023)
Bego VarseoSmile Crown Plus	Bego GmbH & Co. KG (Bego, Teknik Veri Sayfası, 2023)	Almanya (Bego, 2023)	Metakrilat bazlı monomerler, seramik dolgular, fotobaşlatıcılar, pigmentler (Bego, 2023)	Yüksek kırılma direnci, uzun süreli stabilite, estetik görünüm, ağız içi kullanım için onaylı (Bego, 2023)	Daimî restorasyonlar, ön ve arka bölge kronları, 3 üyeye kadar köprüler (Bego Klinik Kılavuzu, 2023)

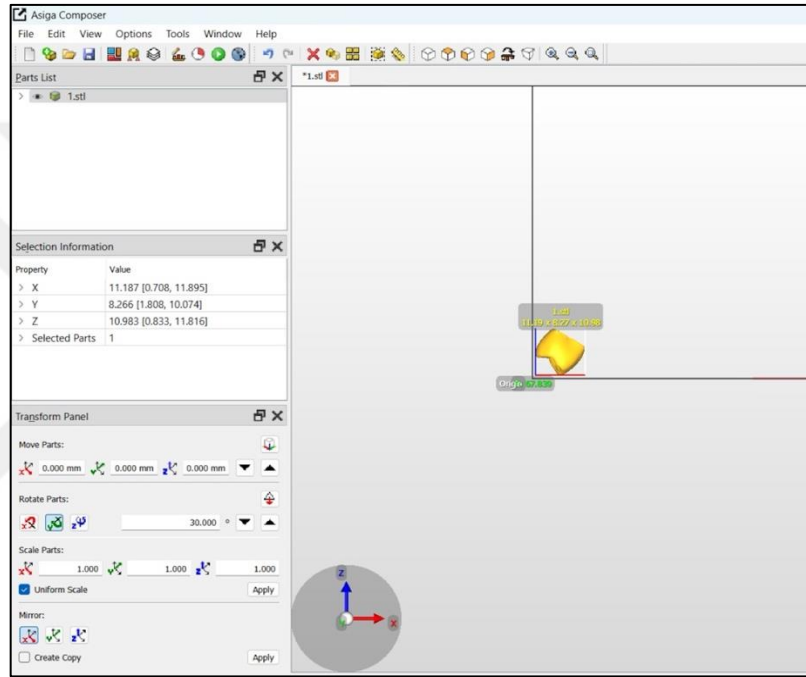


Şekil 2.13. VarseoSmile Crown Plus reçine materyali.

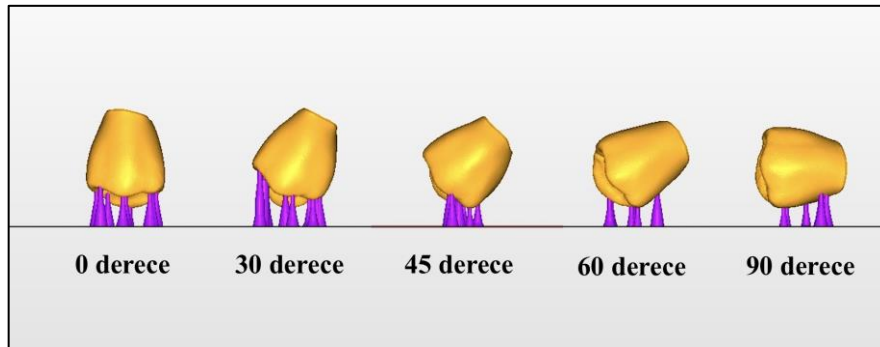


Şekil 2.14. Saremco Print Crowntec reçine materyali.

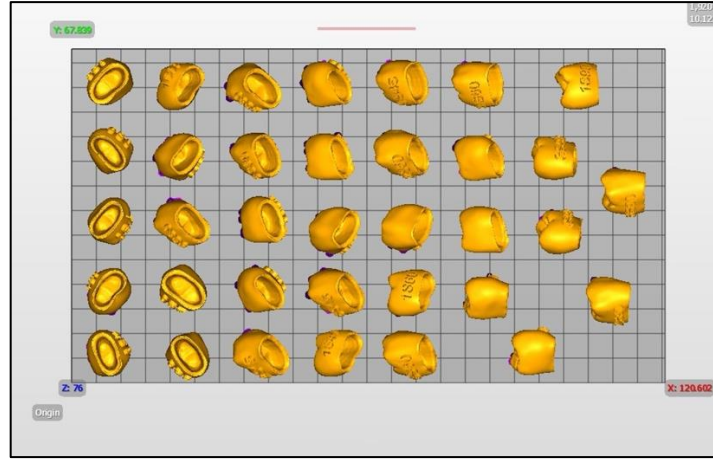
Yapılan kron tasarımları .stl formatında 3B yazıcı Asiga (Asiga HQ, NWS, Avustralya)’nın slicer programı Asiga Composer’a aktarıldı. Baskı parametreleri üretici firmanın talimatları doğrultusunda baskı katman kalınlığı 50 μ m olacak şekilde ayarlandı. Supportların (destek yapı) kalınlıkları ve sıklığı varsayılan olarak ayarlanmış marjinal uyumu etkilememesi amacıyla marjinlerden en az 1mm uzakta olacak şekilde konumlandırılmıştır. Elde edilen .stl halindeki tasarımlar Asiga Composer’ın yazıcı tablasında y eksenine göre 0, 30, 45, 60 ve 90 derece olmak üzere 5 farklı açıda üretilmek üzere konumlandırıldı.



Şekil 2.15. Asiga Composer programında y eksenine göre 30 derece açıyla yerleştirilmiş kron.



Şekil 2.16. Kronların slicer programında y eksenine göre farklı açılarda yerleştirilmesinin şematik gösterimi.



Şekil 2.17. Kronların basılmadan önce yazıcı tablasına yerleştirilme görüntüsü.

Farklı üretim açılarına sahip Saremco Crowntec ve Varseosmile Crown Plus daimî reçinelerinden basılmış kron restorasyonlar üretici firmanın talimatları doğrultusunda %99,9' luk izopropil alkol (ARPI, ACTkimya, Ankara, Türkiye) kullanılarak dikkatlice silinerek fazla reçineden arındırılmıştır. Ardından ultraviyole kürleme cihazıyla (Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore) 10 dakika kürlenmeye bırakılmıştır. Böylece Saremco Crowntec ve Varseosmile Crown Plus daimî reçineleri kullanılarak 7 adet diş için 2 farklı materyalden 5 farklı üretim açısına sahip toplam 70 adet kron restorasyon elde edilmiştir.



Şekil 2.18. Asiga 3B yazıcı (Asiga HQ, NWS, Avustralya).



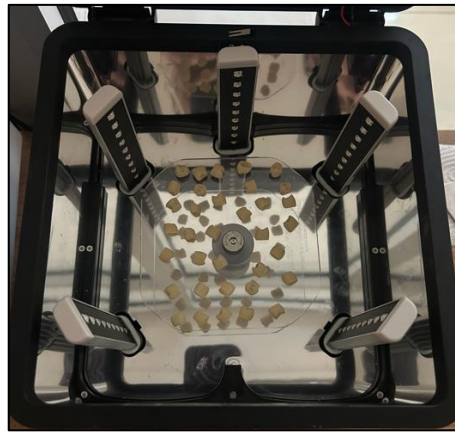
Şekil 2.19. Kronların Asiga 3B yazıcıda basılma aşaması.



Şekil 2.20. Yazıcıdan çıkmış kronlar.



Şekil 2.21. Kronların %99,9' luk izopropil alkol (ARPI, ACTkimya, Ankara, Türkiye) ile silinmesi.



Şekil 2.22. Kırılma cihazı (Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore).



Şekil 2.23. Üretilen restorasyonların son hali.



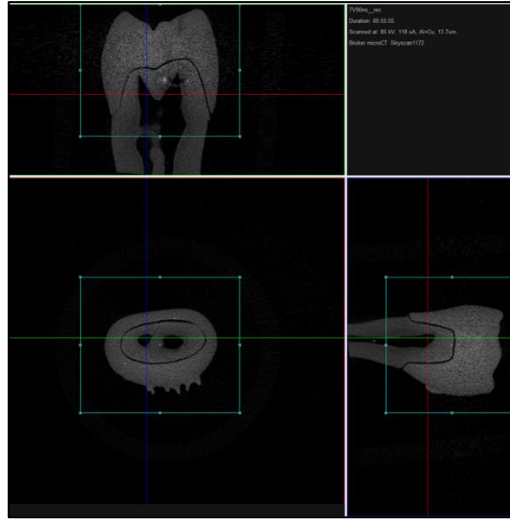
Şekil 2.24. Kronların çekilmiş dişlere oturtulmuş hali.

2.7 Micro-BT ile Örneklerin Taranması

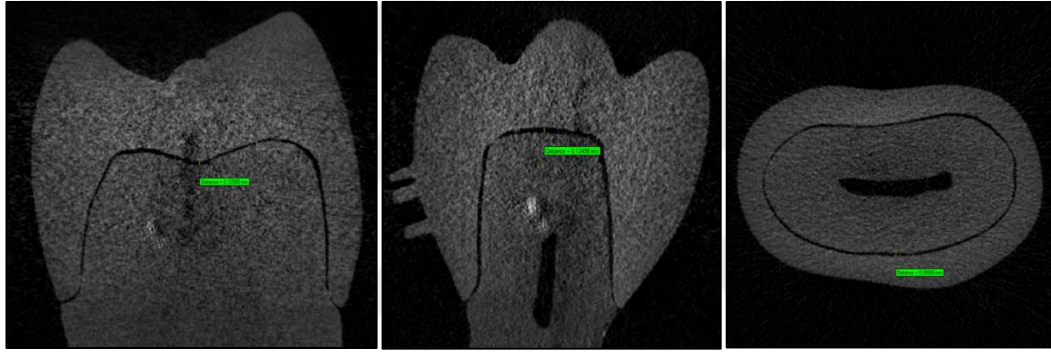
Tüm örnekler, 100 kV, 100 μ A, 10 μ m piksel boyutu ve 0,6°'lik adımlarla dikey eksen etrafında 180° dönüşle bir mikro-BT cihazında (Skyscan 1172; Bruker-mikroCT, Kontich, Belçika) alüminyum-bakır alaşımlı bir filtre kullanılarak taranmıştır. Taramaları yapılan örneklerin görselleştirilmesi ve kantitatif ölçümleri için NRecon v.1.7.1.1 yazılımı (Bruker-mikroCT) ve CtAn (sürüm 1.17.7.2, Bruker-mikroCT) programları kullanılarak koronal, sagittal ve transvers ekseninde kesitler alınarak totalde 26 noktadan her eksen için 5 ayrı kesitten ölçümler yapılmıştır.



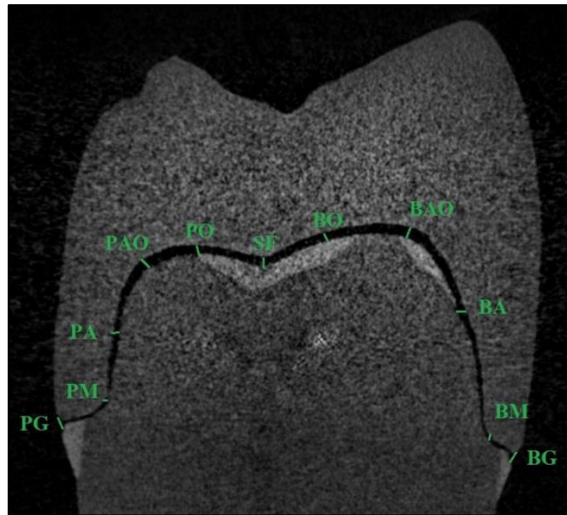
Şekil 2.25. Mikro-BT cihazı (Skyscan 1172; Bruker- mikroCT, Kontich, Belçika).



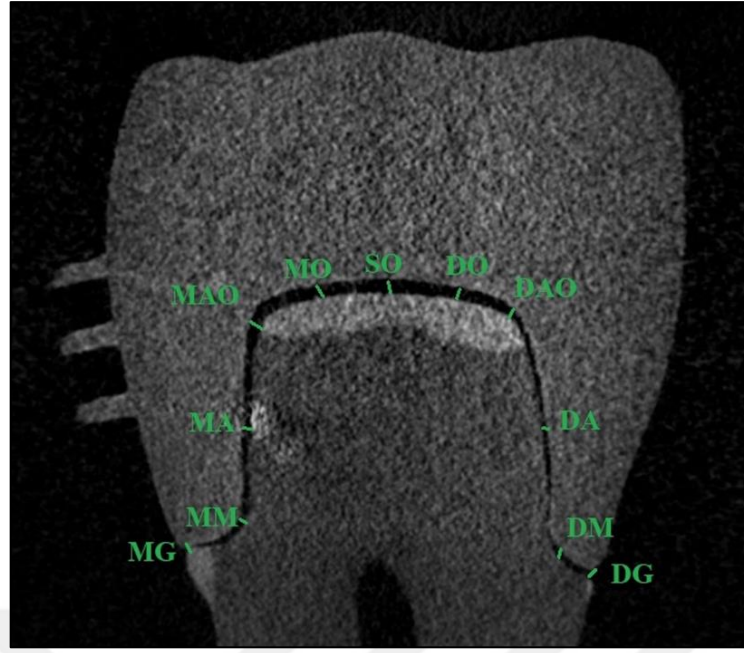
Şekil 2.26. Sagittal, Kronal ve Transvers eksen düzenlemeleri NRecon v.1.7.1.1(Bruker-mikroCT).



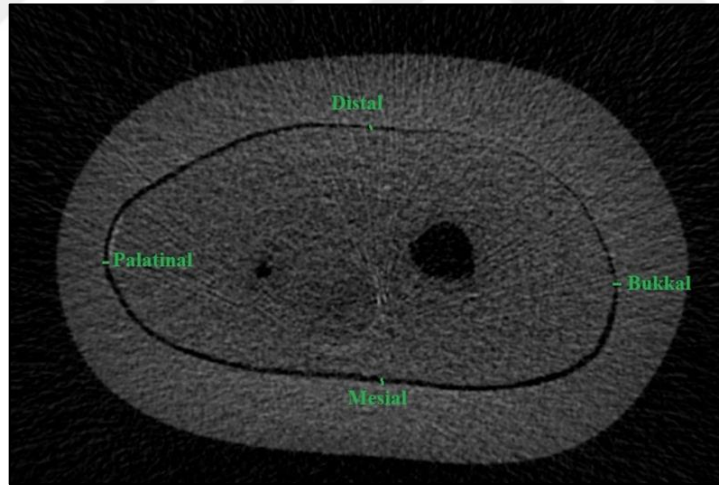
Şekil 2.27. Sırasıyla sagittal, koronal ve transvers ekseninde ölçümler CtAn (sürüm 1.17.7.2, Bruker-mikroCT).



Şekil 2.28. Sagittal ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları. PG;Palatinal Gap, PM;Palatinal Marjinal, PA;Palatinal Aksiyal, PAO;PalatoAksiyoOklüzal, PO;Palato Oklüzal, SF;Santral Fossa, BO;Bukkal Oklüzal, BAO;BukkoAksiyoOklüzal, BA;Bukkal Aksiyal, BM;Bukkal Marjinal, BG; Bukkal Gap.



Şekil 2.29. Koronal ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları. MG;Mesial Gap, MM;Mesial Marjinal, MA;Mesial Aksiyal, MAO;MesioAksiyoOklüzal, MO;Mesial Oklüzal, SO;Santral Oklüzal, DO;Distal Oklüzal, DAO;DistoAksiyoOklüzal, DA;Distal Aksiyal, DM;Distal Marjinal, DG;Distal Gap.



Şekil 2.30. Transvers ekseninde değerlendirilen ölçüm noktaları Mesial, Distal, Bukkal ve Palatinal.

Tablo 2.2. Marjinal, aksiyal ve oklüzal bölgelere göre ölçüm noktalarının dağılımı.

Marjinal	MG, MM, DM, DG, BG, BM, PM, PG
Aksiyal	MA, MAO, DAO, DA, BA, BAO, POA, PA, Mesial, Distal, Palatinal, Bukkal
Oklüzal	MO, SO, DO, BO, SF, PO

2.8 İstatistiksel Yöntem

Bu çalışmada verilerin tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum) verilmiştir. Normal dağılım varsayımı Shapiro Wilk testi ile ve varyans homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. Normallik varsayımının karşılandığı bağımsız grupların aralarındaki farkın etkileşim etkisi ile incelenmesi için iki yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Farkı yaratan grup ya da grupların ortaya çıkartılması için Post Hoc Bonferroni testleri kullanılmıştır. Analizler R İstatistiksel programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.



3. BULGULAR

Materyal ve baskı açısına göre marjinal ortalama ölçümü dağılımları tabloda gösterilmiş ve karşılaştırılmasında İki Yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Analizler sonucunda baskı açısına ve materyal*baskı açısı etkileşime göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0,05$). Materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Materyal ve baskı açısına göre marjinal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.

Kaynak	Tip 3 Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p
Materyal	0,000	1	0,000	0,196	0,659
Baskı açısı	0,015	4	0,004	2,790	0,034*
Materyal* Baskı açısı	0,014	4	0,004	2,697	0,039*

* $p<0,05$, Sd: Serbestlik derecesi

Baskı açıları için yapılan Post Hoc Bonferroni testlerine göre Saremco Crowntec materyali 90 ile 0 ve 60 derece arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir ($p<0,05$). 90 derece ölçümleri 0 ve 60 derece ölçümlerinden yüksektir. VarseoSmile materyalinde tüm baskı açıları arasında anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$) (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Materyal ve baskı açısına göre marjinal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.

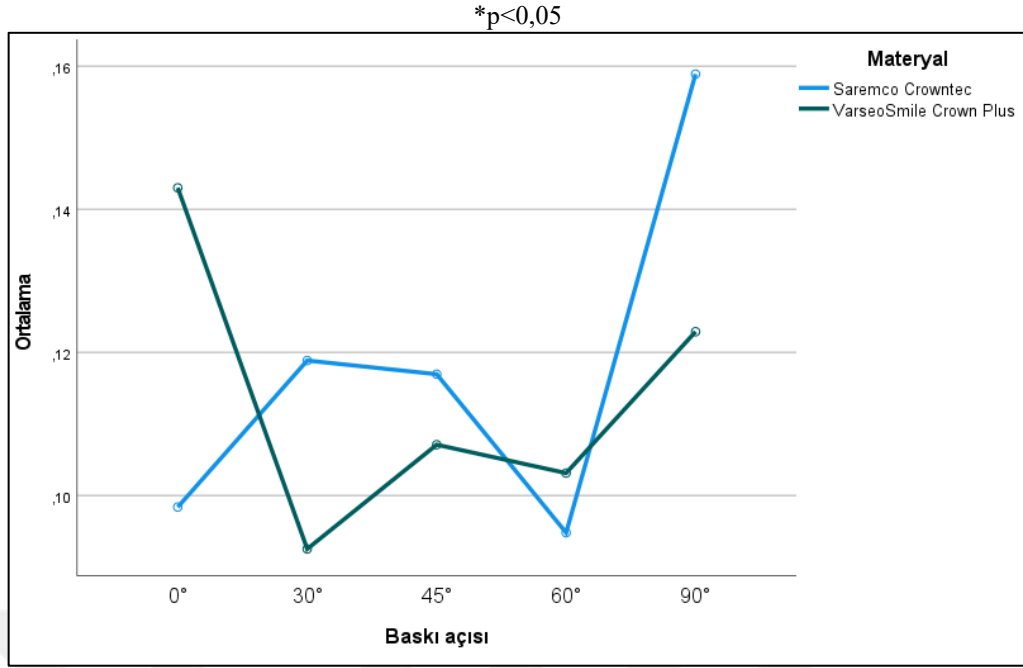
Materyal	Saremco Crowntec		VarseoSmile Crown Plus	
Baskı Açısı	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)
0°	0,066-0,141 ^{bc}	0,098±0,029(0,087)	0,060-0,196	0,143±0,046(0,158) ^A
30°	0,077-0,177 ^{ab}	0,119±0,035(0,115)	0,066-0,140	0,093±0,026(0,084) ^A
45°	0,090-0,157 ^{ab}	0,117±0,023(0,114)	0,058-0,198	0,107±0,046(0,094) ^A
60°	0,064-0,123 ^b	0,095±0,025(0,099)	0,083-0,160	0,103±0,026(0,097) ^A
90°	0,100-0,227 ^a	0,159±0,048(0,151)	0,071-0,198	0,123±0,045(0,110) ^A

. ^{a-b} Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur; ^A Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur.

Materyaller için yapılan Post Hoc Bonferroni testlerine göre 0 derecede Saremco Crowntec ile VarseoSmile Crown Plus arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$). VarseoSmile Crown Plus ölçümleri Saremco Crowntec ölçümlerinden yüksektir. Bonferroni test sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Marjinal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin bonferroni test sonuçları.

Baskı Açısı			Ortalamalar Farkı	p
0°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	-0,045	0,025*
30°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,026	0,180
45°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,010	0,614
60°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	-0,008	0,670
90°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,036	0,069



Şekil 3.1. Materyal ve baskı açısına göre marjinal ortalama ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.

Materyal ve baskı açısına göre Aksiyal ortalama ölçümü dağılımları tabloda gösterilmiş ve karşılaştırılmasında İki Yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Analizler sonucunda materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş ve materyal*baskı açısı etkileşim etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Baskı açısına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.4). **Tablo 3.4.** Materyal ve baskı açısına göre aksiyal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.

Kaynak	Tip 3 Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p
Materyal	0,011	1	0,011	18,273	<0,001*
Baskı açısı	0,005	4	0,001	2,246	0,075
Materyal*	0,007	4	0,002	2,996	0,025*
Baskı açısı					

*p<0,05, Sd: Serbestlik derecesi

Baskı açıları için yapılan Post Hoc Bonferoni testlerine göre materyaller arası fark bulunmamaktadır ($p>0,05$) (Tablo 3.5). **Tablo 3.5.** Materyal ve baskı açısına göre aksiyal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Materyal	Saremco Crowntec		VarseoSmile Crown Plus	
Baskı Açısı	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)
0°	0,088-0,159	0,113±0,026(0,107) ^a	0,082-0,178	0,122±0,033(0,127) ^A
30°	0,1-0,2	0,14±0,036(0,144) ^a	0,076-0,121	0,096±0,019(0,086) ^A
45°	0,102-0,165	0,127±0,021(0,129) ^a	0,067-0,129	0,099±0,022(0,105) ^A
60°	0,077-0,121	0,102±0,016(0,111) ^a	0,07-0,11	0,086±0,013(0,088) ^A
90°	0,099-0,192	0,133±0,032(0,121) ^a	0,061-0,102	0,087±0,014(0,091) ^A

.^a Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur; ^A Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur.

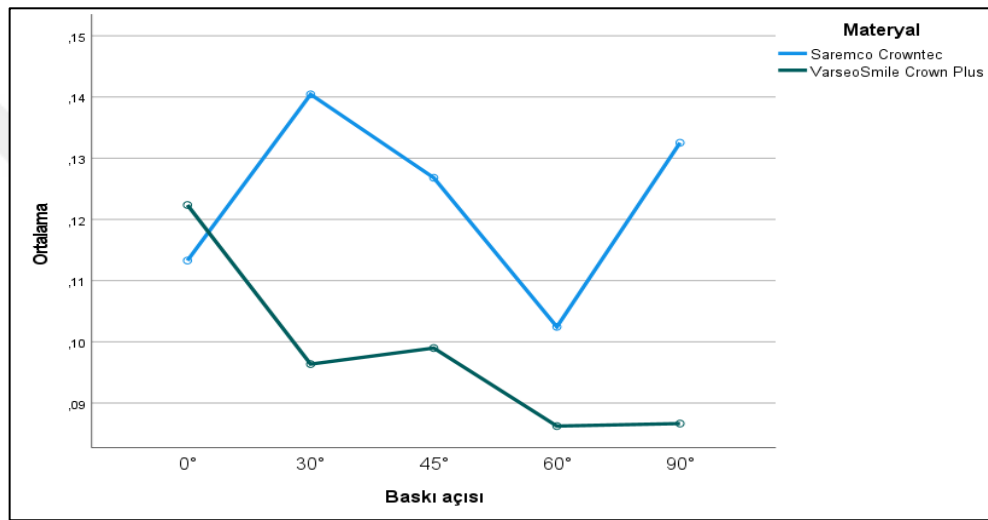
Materyaller için yapılan Post Hoc Bonferroni testlerine göre 30,45 ve 90 derecede Saremco Crowntec ile VarseoSmile Crown Plus arasında istatistiksel olarak

anlamlı farklar belirlenmiştir ($p<0,05$). Saremco Crowntec ölçümleri VarseoSmile Crown Plus ölçümlerinden yüksektir. Bonferroni test sonuçları Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6. Aksiyal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin bonferroni test sonuçları.

Baskı Açısı			Ortalamalar Farkı	p
0°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	-0,009	0,490
30°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,044	0,001*
45°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,028	0,037*
60°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,016	0,220
90°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,046	0,001*

* $p<0,05$



Şekil 3.2. Materyal ve baskı açısına göre aksiyal ortalama ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.

Materyal ve baskı açısına göre oklüzal ortalama ölçümü dağılımları tabloda gösterilmiş ve karşılaştırılmasında İki Yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Analizler sonucunda materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmış ve materyal*baskı açısı etkileşim etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Baskı açısına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Materyal ve baskı açısına göre oklüzal uyum değerlerinin iki yönlü ANOVA testi ile karşılaştırılması.

Kaynak	Tip 3 Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p
Materyal	0,015	1	0,015	5,788	0,019*
Baskı açısı	0,015	4	0,004	1,466	0,224
Materyal* Baskı açısı	0,039	4	0,010	3,687	0,009*

* $p<0,05$, Sd: Serbestlik derecesi

Baskı açıları için yapılan Post Hoc Bonferroni testlerine göre Saremco Crowntec materyali 90 ile 0 derece arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($p<0,05$). 90 derece ölçümleri 0 ve 60 derece ölçümlerinden yüksektir (Tablo3.8).

Tablo 3.8. Materyal ve baskı açısına göre oklüzal ortalama ölçüm değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Materyal		Saremco Crowntec		VarseoSmile Crown Plus	
Baskı Açısı	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	Min.-Maks.	Ort.±S.S.(Medyan)	
0°	0,095-0,178	0,125±0,032(0,115) ^b	0,096-0,256	0,183±0,053(0,192) ^A	
30°	0,107-0,313	0,194±0,076(0,161) ^{ab}	0,109-0,15	0,128±0,017(0,129) ^A	
45°	0,113-0,241	0,173±0,050(0,157) ^{ab}	0,104-0,206	0,140±0,035(0,133) ^A	
60°	0,110-0,244	0,158±0,048(0,153) ^{ab}	0,108-0,146	0,128±0,013(0,128) ^A	
90°	0,153-0,325	0,226±0,058(0,226) ^a	0,067-0,310	0,150±0,082(0,122) ^A	

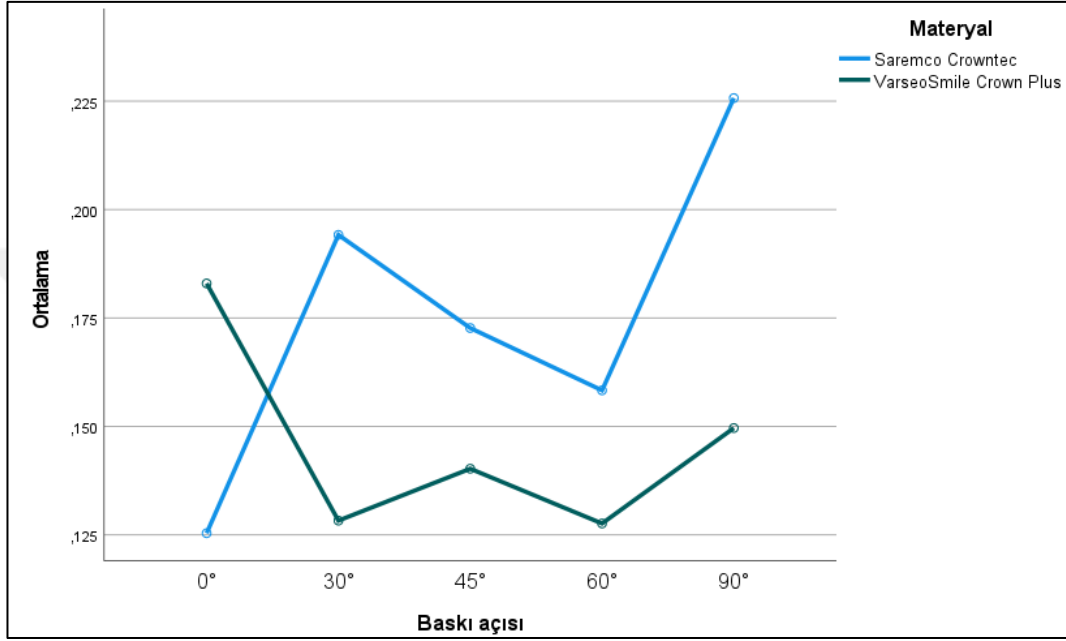
^{a-b} Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur; ^A Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur.

Materyaller için yapılan Post Hoc Bonferroni testlerine göre 0 derecede Saremco Crowntec ile VarseoSmile Crown Plus arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Saremco Crowntec ölçümleri VarseoSmile Crown Plus ölçümlerinden yüksektir. Bonferroni test sonuçları Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9. Oklüzal ölçümlerin materyale göre karşılaştırılmasına ilişkin Bonferroni Test sonuçları.

Baskı Açısı			Ortalamalar Farkı	p
0°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	-0,058	0,040*
30°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,066	0,019*
45°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,032	0,241
60°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,031	0,267
90°	Saremco Crowntec	VarseoSmile Crown Plus	0,076	0,007*

*p<0,05



Şekil 3.3. Materyal ve baskı açısına göre oklüzal ölçümlerinin dağılımlarına ait çizgi grafiği.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, iki farklı daimî reçine materyali kullanılarak beş farklı baskı açısında üretilen kronların marjinal ve internal uyumları değerlendirilmiştir.

Çalışmada test edilen hipotezler istatistiksel analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Farklı açılarda üretilen daimî kronlarda kullanılan iki materyal arasında marjinal bölgede anlamlı bir fark saptanmazken, aksiyal ve oklüzal bölgelerde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu nedenle H0-1 hipotezi kısmen reddedilmiştir. Aynı üretim açılarında iki materyal arasında bazı açılarda anlamlı farklar bulunması nedeniyle H0-2 hipotezi de kısmen reddedilmiştir. Materyal ve üretim açısının etkileşim etkisinin tüm bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı olmasından dolayı H0-3 hipotezinin tamamen reddedilmiştir. Bu sonuçlar hem materyal türünün hem de baskı açısının kronların uyum özellikleri üzerinde birlikte etkili olduğunu göstermektedir.

Elde edilen istatistiksel bulguların güvenilir şekilde yorumlanabilmesi ve kron uyumunun biyolojik gerçeklikle ilişkilendirilebilmesi için, çalışmada kullanılacak diş örneklerinin morfolojik bütünlüğünün korunması ve anatomik yapısının doğru şekilde temsil edilmesi büyük önem taşımaktadır. İnsan dişleri, genetik, yaş ve çevresel etkiler gibi faktörler nedeniyle bireyler arasında genellikle büyük farklılıklar gösteren, benzersiz ve karmaşık morfolojik yapıya sahiptirler (Zainuddin vd., 2023). Aynı zamanda insan dişlerindeki ayrıntılı yapısal özellikleri analiz etmek ve diş minesi, dentin mineralizasyonu gibi özelliklerin hassas bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla mikro BT kullanımının etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Al-Rawi vd., 2010). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada, mikro-BT değerlendirmelerinde daha etkin sonuçlar sağlanması ve anatomik gerçekliği daha doğru yansıtmaları nedeniyle üst birinci premolar insan dişleri tercih edilmiştir.

Üretilen kronların uyumuna etki eden faktörler aynı zamanda diş preparasyonuna ait morfolojik ve geometrik özelliklerle de yakından ilişkilidir. Diş preparasyonunda konverjans açısı, bitiş çizgisi tasarımları ve oklüzal redüksiyonun etkileşimi, üretilen kronların marjinal ve internal adaptasyonunu önemli ölçüde etkiler (Elsharkawy vd., 2022). Konverjans açısı, prepare edilen dişin karşılıklı aksiyal duvarları arasındaki yakınsama açısı olarak adlandırılır

(Contrepolis vd., 2013). Konverjans açısı restorasyonun retansiyonunda önemli bir faktördür (Tiu vd., 2015). Dreyer ve Jorgensen, toplam oklüzal koverjans açısı arttıkça retansiyonun hiperbolik biçimde azaldığını ve toplam konverjans açısı 10°'yi geçtiğinde retansiyonun önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Optimal toplam konverjans açısı 2°-5,5° arasındadır. Klinik olarak uygulanabilir ideal konverjans açısı ise 6°-24° arasında değiştiği bildirilmiştir (Dreyer & Jørgensen, 1955). Aynı zamanda Abdelsalam ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, yaklaşık 10-12 derecelik bir konverjans açısının, farklı CAD/CAM sistemleri kullanılarak üretilen hibrit seramik protezlerin daha iyi marjinal adaptasyon sağladığını gözlemlemesi de bu bilgiyi doğrular niteliktedir (Abdelrahman vd., 2020). Restorasyona yeterli mesafe ve mukavemet sağlamak için en önemli özelliklerden biri de oklüzal redüksiyondur. Seramik kronlar için preparasyonlarda en az 1,5 – 2 mm oklüzal redüksiyon önerilmektedir (Shillingburg vd., 1997). Bu tez çalışmasında destek dişler karşılıklı duvarları arasındaki konverjans açısı 6°-10° olacak şekilde oklüzal redüksiyon ise 1,5- 2 mm olacak şekilde preparasyon yapılmıştır.

Preparasyon bitiş çizgisinin konfigürasyonu, restorasyonun kenarındaki restoratif malzemenin şeklini ve hacmini belirleyerek hem kenar uyumunu hem de restorasyonun oturma derecesini etkiler (Shillingburg vd., 1997). Geleneksel tam kronlarda marjin konfigürasyonunun marjinal uyumsuzluğu üzerinde bir etkisi olmadığını bildiren çalışmalar olmasına karşın (Hussain Akbar vd., 2006) Çömlekoğlu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada dijital sistemlerde chamfer ve iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar sonlanma tipinin zirkonya alt yapıli restorasyonlar için önerildiği, fakat tarama aşamasında yeterli görüntü sağlayamaması nedeniyle 90° shoulder kenar sonlanma şeklinin uyumu negatif etkilediği gösterilmiştir (Comlekoglu vd., 2009). Kane ve arkadaşları santral ve molar dişlerdeki chamfer ve iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar bitim şekillerinin marjinal ve internal uyuma etkisini incelemiş ve chamfer basamak dizaynının daha düşük marjinal aralık değeri gösterdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada diş preparasyonlarında 1mm genişliğinde chamfer marjin oluşturulmuştur (Kane et al., n.d.).

Diş preparasyonu aşamasında elde edilen bu geometrik hassasiyetin klinik uygulamalara doğru şekilde aktarılabilmesi, ölçü ve modelleme süreçlerinde kullanılan dijital teknolojilerin doğruluğu ile doğrudan ilişkilidir. Dijital ölçü ve üç

boyutlu görüntüleme teknolojilerine dayanan sanal tedavi planlaması, protez üretiminde doğruluk ve öngörülebilirliği artırmıştır. Geleneksel ölçü yöntemlerine kıyasla dijital sistemler, hasta ve operatör konforunu artırmakta, klinik süreçleri kısaltmakta ve uygulama verimliliğini yükseltmektedir (Ahmed vd., 2024). Ahlholm ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir sistematik derlemede, dijital ölçü yöntemlerinin özellikle tek kronlar ve kısa sabit kısmi protezlerin üretiminde, geleneksel yöntemlerle karşılaştırılabilir hatta çoğu durumda daha üstün bir uyum sağladığını ortaya koymuştur. Çalışmada dijital izlenimlerle elde edilen ortalama iç uyumsuzluk değeri 111,4 µm olarak rapor edilirken, bu değer geleneksel silikon esaslı izlenimlerde 173,0 µm'ye kadar çıktığı bildirilmiştir. Bu bulgu, dijital tekniklerin özellikle küçük kapsamlı restoratif işlemlerde daha hassas sonuçlar verdiğini göstermektedir (Ahlholm et al., 2018).

Jain ve ark. (2024) tarafından yapılan in vitro bir çalışmada da TRIOS 5, diğer tarayıcılarla karşılaştırıldığında (Medit i700 ve Primescan) en düşük sapma değerlerine sahip olup en yüksek doğruluk ve hassasiyeti göstermiştir. Bu bulgu, cihazın gelişmiş tarama teknolojisine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bakıç ve ark. (2021) da TRIOS gibi yeni nesil intraoral tarayıcıların, özellikle kısa mesafeli ölçümlerde detayları daha iyi belirlediğini ve geleneksel yöntemlere göre hastalar açısından daha konforlu olduğunu belirtmiştir. Bu sonuçlar, TRIOS 5'in dijital ölçü süreçlerinde güvenilir bir seçenek olduğunu göstermektedir. (Bakıç et al., 2021; Jain et al., 2024). Bu çalışmada kullanılan TRIOS 5 intraoral tarayıcısı, ölçü doğruluğu ve tekrarlanabilirlik açısından başarılı sonuçlar vermiştir.

Dijital ölçülerin yanı sıra tasarım aşamasında kullanılan CAD yazılımlarının doğruluğu ve operatör deneyimi de elde edilen restorasyonların marjinal ve internal uyumunu doğrudan etkilemektedir.

No-Cortes ve ark. (2024), DentalCAD (Exocad; EXOCAD Group) yazılımını, intraoral tarayıcı (Trios 4; TRIOS Group) ile entegre çalışan Dental System (3Shape) ve beş eksenli freze cihazı ile uyumlu Modellier (Zirkonzahn; ZZ Group) yazılımlarıyla karşılaştırarak, düşük maliyetli 3B baskı yöntemiyle üretilen geçici tek kronların marjinal ve internal uyumlarını değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, yazılım tercihlerinin marjinal ve internal uyum üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı; ancak Exocad yazılımının diğer sistemlere kıyasla daha kısa tasarım süresi sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca deneyimli operatörlerin, interproksimal temas ve genel tasarım kalitesi açısından belirgin üstünlük gösterdiği belirtilmiştir.

Yapılan bir diğ er çalışmada da CAD/CAM sisteminde operatör uzmanlık düzeyinin dijital tasarım doğruluğu ve tekrarlanabilirliği üzerinde doğrudan etkili olduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular doğrultusunda, kullanıcı dostu arayüze ve yaygın laboratuvar entegrasyonuna sahip olan Exocad yazılımının tercih edilmesi, işlem süresini kısaltarak klinik başarının artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Geleneksel yöntemlerin operatör becerisine bağlı değişkenlikleri, dijital iş akışlarıyla minimize edilmiş; böylece daha tutarlı ve standartize sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, marjinal adaptasyon açısından kritik öneme sahip siman aralığı gibi tasarım parametrelerinin kontrol edilebilir hale gelmesi, uygun kron adaptasyonunun sağlanması belirleyici rol oynamaktadır (Appl vd., t.y.; Kassis vd., 2023).

Shin ve arkadaşları, farklı siman aralıklarıyla üretilen 3B baskı rezin kronların marjinal ve internal uyumunu karşılaştırdıkları çalışmalarında, tüm siman boşluk ayarlarında (35, 50, 70 ve 100  m) marjinal boşluk değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir sınır olan 120  m'nin altında olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, 70  m siman aralığında en yüksek marjinal ve oklüzal uyum elde edilmiş, diğ er gruplar arasında ise anlamlı bir fark saptanmamıştır (Shin vd., 2025). Zhang ve Dudley, CAD/CAM ile üretilen tam seramik kronlarda farklı siman boşluklarının marjinal uyum üzerindeki etkisini incelemiş ve siman boşluğunun 30  m'den 50  m'ye artırılmasının marjinal uyumu anlamlı düzeyde iyileştirdiğini rapor etmiştir (Zhang & Dudley, 2019). Bu bulgu, zirkonya kronlarda artan siman boşluğu ile azalan marjinal uyumsuzluk arasında doğrudan bir korelasyon olduğunu ortaya koyan başka bir çalışma ile tutarlıdır (Zhang & Dudley, 2019). Ek olarak, Hamad ve arkadaşları, siman boşluğu miktarının hem marjinal hem de internal adaptasyonları doğrudan etkilediğini ve siman boşluğundaki artışın genellikle daha iyi bir uyum sağladığını  ne s rm ştir (Al Hamad vd., 2019).

Siman boşluğu ayarlamasında genel olarak, polimer bazlı dolgu restoratif ve yapıştırma malzemeleri için CAD Uluslararası Standartlar  rg t  (ISO 4049:2019) yönergeleri takip edilir. Yapıştırma malzemelerinin izin verilen maksimum film kalınlığı, üreticinin beyan ettiği değerin 10  m üzerinde olmamalı ve hiçbir koşulda 50  m'yi aşmamalıdır (Suksuphan vd., 2024). Bu standartlara göre, siman için kritik kalınlık 50  m olarak belirlenmiştir. Literatürde, 50  m'lik siman boşluğu, çok sayıda i  ve marjinal uyum çalışmasında yaygın olarak kullanılmıştır (Suksuphan et al., 2024; Hasanzade, 2023).

Bu standartların belirlenmesi, özellikle dijital üretim teknolojilerinde kullanılan tasarım parametrelerinin klinik başarısını doğrudan etkilemektedir. Günümüzde CAD tabanlı sistemlerde siman boşluğu, yalnızca uyum doğruluğunu değil aynı zamanda restorasyonun uzun dönem stabilitesini de belirleyen kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan CAD/CAM teknolojileri hem eksiltmeli hem de eklemeli üretim tekniklerini içerir. Bu bağlamda, yeni nesil üretim tekniklerinin, özellikle de eklemeli üretimin, bahsi geçen kritik uyum standartlarını sağlamadaki başarısı ve sunduğu operasyonel kolaylıklar giderek daha fazla ilgi çekmektedir. 3B baskı teknikleri kullanılarak üretilen restorasyonlar, frezeleme teknikleri kullanılarak üretilen restorasyonlara göre daha yüksek marjinal ve internal uyum sergilemiştir. Bununla birlikte, her iki üretim yönteminde de tüm değerler CAD/CAM restorasyonlar için kabul edilebilir sınırlar dahilindedir (Alharbi vd., 2018; Çakmak, Borgia Donmez, vd., 2024).

Eklemeli üretim, eksiltmeli üretime kıyasla daha az hammadde israfına neden olur, üretim süresini kısaltır ve seri üretime olanak tanır (Mandurino vd., 2025). Son zamanlarda, yapılan araştırmalar eklemeli üretim yöntemleriyle üretilen restorasyonlarının doğruluğunun, eksiltmeli yöntemlerle üretilenlerden daha yüksek olduğunu göstermiştir. 3B baskılı geçici tek parça restorasyonların internal ve marjinal uyumlarının, eksiltmeli üretim kullanılarak üretilen kronlarla benzer nitelikte olduğu bulunmuştur (Suralık vd., 2020). Benzer kimyasal bileşime sahip eksiltmeli üretim ile üretilen reçinelerle karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmesi, eklemeli üretim yöntemiyle üretilen reçinelerin giderek daha yaygın hale gelmesine katkı sağlamıştır (Çakmak, Borgia Donmez, vd., 2024). Araştırmalar, özellikle 3B yazıcıların, diş anatomisinin ayrıntılı kopyalanması açısından mükemmel performans gösterdiğini ve birçok durumda geleneksel frezeleme tekniklerinden daha üstün olduğunu ortaya koymuştur (Chiang vd., 2024; J. H. Kim vd., 2022).

Malzeme çeşitliliği açısından, 3B baskı teknolojisi çeşitli polimerler, seramikler ve hatta metaller dahil olmak üzere çok çeşitli malzemelerin kullanımına olanak tanır. Bu esneklik, diş hekimlerinin estetik ve mekanik özellikler dahil olmak üzere belirli klinik gereksinimlere göre malzeme seçeneklerini arttırmıştır. (Pantea vd., 2022; J. Park vd., 2018).

Eklemeli imalat yöntemleriyle uzun dönem klinik kullanıma uygun sabit dental protezlerin üretimi uzun süre mümkün olmamıştır; ancak güncel eğilim, üreticiler tarafından daimî restorasyon olarak tanımlanan hibrit rezin-seramik

kronların bu teknolojiyle üretilmesi yönündedir. Bu materyaller, üretici firmaya bağlı olarak değişen oranlarda seramik partikülleriyle doldurulmuş kompozit esaslı yapılardır. Yaygın olarak kullanılan kompozit esaslı reçinelere inorganik dolgu maddelerinin eklenmesiyle mekanik özellikleri geliştirilmiştir. Eklemeli imalat sürecinde kullanılan malzemelerin, baskı sırasında akışkanlıklarını ve yapısal bütünlüklerini koruyabilmeleri gerekmektedir. Daimî dental restorasyon üretiminde alternatif olarak kullanılan üretilen akrilat esaslı rezinlerin ise özellikle kron üretimine yönelik klinik verileri bulunmamaktadır. Ayrıca, zirkonyum dioksit ve lityum disilikat gibi seramik materyallerin eklemeli üretimle işlenmesine ilişkin çalışmalar umut verici sonuçlar verse de bu materyaller henüz klinik onay almamıştır. Dolayısıyla, güncel durumda daimî dental restorasyonların eklemeli imalatında klinik olarak uygulanabilir tek seçenek hibrit rezin-seramik materyaller olarak değerlendirilmektedir. (N. Kim vd., 2022; Mandurino vd., 2025).

Bu tez çalışmasında üretici firmalar tarafından daimî restorasyon materyali olarak kullanılan hibrit rezin-seramik grubuna ait Saremco Crowntec ve VarseoSmile CrownPlus materyalleri kullanıldı. Her iki materyal de ISO 10477:2020 standardına uygun olup, daimî kron üretiminde biyouyumluluk ve yeterli mekanik dayanıklılık sunmaları nedeniyle klinik açıdan uygulanabilir kabul edilmektedir (Al-Ramadan vd., 2024). Aşınma dirençleri açısından yapılan karşılaştırmalarda, her iki materyalin de uzun dönem klinik kullanım için uygun olabilecek düzeyde performans gösterdiği bulunmuştur. Ancak bazı koşullarda VarseoSmile CrownPlus daha yüksek hacimsel aşınma sergilemiş, Saremco Crowntec ise daha düşük aşınma oranlarıyla öne çıkmıştır (Grymak vd., 2024).

Genel olarak literatür bulguları, her iki materyalin de klinik açıdan uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Saremco Crowntec, mekanik dayanıklılık ve aşınma direnci açısından öne çıkarken; VarseoSmile CrownPlus ise dijital üretim süreçlerine entegrasyon kolaylığı ve üretim hızındaki avantajlarıyla dikkat çekmektedir (Al-Ramadan vd., 2024; Fiore vd., 2024).

Bu materyallerin klinik performansının değerlendirilebilmesi, üretimlerinde kullanılan 3B baskı teknolojisinin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, kullanılan yazıcı teknolojisinin özellikleri, elde edilen restorasyonların kalite ve uyum düzeyini doğrudan etkilemektedir.

Dış hekimliğinde kullanılan 3B baskı teknolojileri alanında, DLP teknolojisi, alternatif üretim tekniklerine kıyasla kanıtlanmış üstün boyutsal

doğruluk ve çözünürlük gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Ayrıca, ışığa duyarlı malzemenin ardışık katmanlarının biriktirilmesi ve polimerizasyon yoluyla üstün detaylar sağlar. DLP teknolojisinin alternatif 3B baskı tekniklerinden farkı ışık kaynağıdır. Dijital ışık projeksiyonu, SLA teknolojisini kullanan dinamik lazer yazma teknolojisinin aksine, yüksek güçlü LED kullanarak yapının tüm düzlemsel alanını yani x ve y eksenlerini aynı anda iki boyutlu olarak polimerize ederek çalışma süresinin kısılmasına olanak tanır (Al-Ramadan vd., 2024; Atria vd., 2022). Benzer şekilde, Nulty (2022) tarafından yapılan karşılaştırmalı çalışmada DLP teknolojisini kullanan Asiga yazıcısı, özellikle Z eksenı doğruluğu bakımından üst düzey performans göstermiş ve 12 farklı yazıcı ile karşılaştırdıkları çalışmalarında diğeri cihazlarla benzer sonuçlar vermiştir. Bu durum, Asiga'nın fiyat-performans açısından etkili bir seçenek olduğunu göstermektedir (Nulty, 2022). Sonuç olarak, bu tezde kullanılan Asiga 3B yazıcısı ile elde edilen üretimlerin literatürün desteğıyle güvenilir ve uygulanabilir olduğu görülmüştür.

DLP teknolojisinin sunduğu bu yüksek boyutsal doğruluk ve çözünürlük, üretilen restorasyonların kritik uyum standartlarını karşılaması açısından önemlidir. Restorasyonların iç ve marjinal uyumlarının tam olarak belirlenmesi, klinik başarının temelini oluşturur. Bu nedenle, DLP gibi gelişmiş 3B baskı yöntemleriyle üretilen yapıların, literatürde belirtilen güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini bilimsel olarak kanıtlamak için, bu yüksek hassasiyetteki basılan restorasyonların yine aynı derecede hassas ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmesi gerekmektedir. Geleneksel ölçüm tekniklerinin sınırlamaları düşünüldüğünde, üretilen dijital yapıların uyumunu doğrulamak için invaziv olmayan ve detaylı ölçüm yeteneğine sahip ileri görüntüleme teknikleri kritik bir rol oynamaktadır.

Mikro-BT yöntemi, örneğin 3 boyutlu taranmasına olanak tanıyarak hem marjinal hem de internal boşlukların ayrıntılı şekilde ölçülmesini sağlamaktadır. Ram ve ark. (2019), mikro-BT ile elde edilen ölçüm sonuçlarının replikasyon tekniğıyle elde edilenlerle istatistiksel olarak anlamlı fark göstermediğini, ancak mikro-BT'nin invaziv olmayan, hızlı ve daha basit bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (Ram vd., 2019). Bununla birlikte, replikasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmakta olup, özellikle klinik uygulamalarda tercih edilmektedir. Ancak replikasyon yöntemi zaman alıcı, gözlemciye bağımlı ve kesit alma gerektirdiğinden, hataya açık bir yöntemdir (Paul vd., 2020; Ram vd., 2019).

Alternatif bir noninvaziv yöntem olan OCT, iç yapının gerçek zamanlı görüntülenmesini sağlar. Al-İmam ve ark. (2019), OCT'nin stereomikroskopi ile yüksek korelasyon gösterdiğini ve özellikle internal uyum değerlendirmesinde güvenilir bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, OCT sistemlerinin yüksek maliyeti ve sınırlı penetrasyon derinliği gibi teknik sınırlamaları bulunmaktadır (Al-İmam vd., 2019).

Mikro-BT yöntemi, restoratif diş hekimliğinde marjinal ve internal uyumun değerlendirilmesinde güvenilir, invaziv olmayan ve zaman açısından avantajlı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Replikasyon, stereomikroskopi ve OCT gibi diğer yöntemlerle kıyaslandığında, benzer doğrulukta sonuçlar vermesine rağmen kullanıcı bağımlılığı daha azdır ve veri elde etme süreci daha standartize edilmiştir. Bununla birlikte, simanın radyoopak yapısı, mikro-BT tarama prosedürü sırasında radyasyon artefaktlarına neden olabilir ve bu artefaktlar, marjinal ve internal boşlukların ölçümelerini engelleyebilir (Bakıç vd., 2021; Jain vd., 2024). Bu nedenle, literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda bu tez çalışmasında marjinal ve internal uyum değerlendirilmesi aşamasında mikro-BT yöntemi tercih edilmiştir ve artefakt oluşumunu önlemek ve ölçümlerin doğruluğunu artırmak amacıyla siman kullanılmamıştır.

Mikro-BT ile elde edilen yüksek çözünürlüklü veriler, restorasyonun üç boyutlu geometrisinin hassas biçimde analiz edilmesine olanak tanırken, üretim sürecindeki parametrelerin bu uyum üzerindeki etkilerini değerlendirmek için de güvenilir bir temel oluşturmaktadır. Özellikle dijital üretim yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, restoratif materyallerin hem marjinal hem de internal uyumlarının yalnızca değerlendirilmesi değil, üretim parametreleriyle ilişkilendirilmesi de önem kazanmıştır. Bu bağlamda, 3B baskı teknolojisinin sunduğu yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilirlik, mikro-BT gibi analitik yöntemlerle entegre edildiğinde, üretim parametrelerinin restorasyon doğruluğu üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır.

3B baskı teknolojisinde kullanılan baskı açısı, destek yapıların konumu, üretim katman kalınlığı ve destek yapıların morfolojisi gibi kritik işleme parametreleri, üretilen restorasyonların nihai fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, yüksek kaliteli dental restorasyonların elde edilebilmesi için söz konusu parametrelerin optimum düzeyde yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle eklemeli üretim tekniğinin doğası gereği ortaya

ıkan anizotropik yapı, baskı açısının belirlenmesini kritik hâle getirmektedir. Anizotropi (Maddelerin fiziksel ya da mekanik özelliklerinin, yöne bağılı olarak değişmesi olarak tanımlanır.) genellikle olumsuz bir özellik olarak değerlendirilse de diş hekimliğinde restorasyonun baskı yönünün ağız içindeki fonksiyonel yük yönleriyle uyumlu hâle getirilmesi, bu özelliğın avantaja dönüştürölmesine olanak sağlamaktadır (akmak vd., 2021).

Günümüzde yapılan birçok çalışmada 3B yazıcılarda üretilen materyalin baskı açısının değiştirilmesinin restorasyonların uyumunda etkili olduğunu göstermektedir (AlGhamdi & Gad, 2024; Derchi vd., 2024; Farag vd., 2024b; Ryu vd., 2020; Vasques & Laganá, 2018). Baskı açısının değiştirilmesi, doğrudan doğruluğu etkileyen bir faktör olan destek yapıları ve konumunun değişmesine; başlangıç noktaları, katman yönü, ışık kaynağı, yazıcı platformunun hareket yönü ve reaktif olmayan monomer sarkması gibi diğer değişkenlerde değişikliklere yol açar. Farklı baskı açılarında, yukarıda belirtilen faktörler arasındaki etkileşim, basılan restorasyonun polimerizasyon büzölmesi açısından doğruluğunu artırabilir veya bozabilir (AlGhamdi & Gad, 2024). Aynı zamanda doğru üretim açısının seçilmesi hacimsel doğruluğu artırır, üretim süresini, maliyetini ve baskı için gereken destek yapı sayısını azaltır (Farag vd., 2024a). Bugüne kadar litaretürde, geçici sabit restorasyonların üretim açısına bağılı olarak uyumlarını değerlendiren birçok çalışma olsa da 3B yazıcılar kullanılarak üretilen daimî restoratif materyallerle yapılan çalışmalar oldukça azdır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında 3B baskı teknolojisiyle farklı baskı açıları (0°, 30°, 45°, 60°, 90°) kullanılarak üretilen daimî kronlarda marjinal, aksiyal ve oklüzal uyum toplamda 26 farklı noktadan ölçümler yapılarak değerlendirildi. Saremco Crowntec ve VarseoSmile Crown Plus olmak üzere iki farklı materyal karşılaştırıldı. Bulgular, baskı açısının özellikle marjinal uyum üzerinde; materyal türünün ise aksiyal ve oklüzal uyum üzerinde daha belirgin etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Marjinal uyum verileri incelendiğinde, baskı açısının istatistiksel olarak anlamlı bir değişken olduğu görölmüştür ($p<0,05$), ancak materyal farkı anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Özellikle 90° açıda, Saremco Crowntec için en yüksek marjinal boşluk değeri ölçölmüştür (0,159 mm), bu da dikey baskı yönünde yerçekimi etkisiyle katman birikiminin artması ve reçine akışının yön değiştirmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde; Osman ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada DLP tabanlı bir yöntem kullanarak geçici kronları 9 farklı açıda üretmiş

ve taramıştır. Elde edilen veriler, orijinal verilerle üst üste bindirilerek bir renk haritası oluşturulmuştur. Bu harita, 90° ve 270° üretim açıları kullanıldığında, destekli bölgenin iç yüzeylerinde ve karşı bölgedeki yüzeylerde pozitif yönde bir değişim olduğunu göstermiştir. Bu durum, baskı sırasında platformun yukarı ve aşağı hareket etmesiyle sıvı ortam üzerinde oluşan yerçekimi etkisine bağlayarak açıklanmıştır (Osman vd., 2017b). Aynı zamanda Chaiaamornsap ve arkadaşlarının 3 üye köprü ile yaptığı başka bir çalışmada bu durum polimerizasyonun örneklerin bukkal iç yüzeyinde en yüksek seviyede olmasıyla açıklanmıştır. Çünkü 45° örneğin bukkal duvarı, 0° ve 30° örneklerden daha kısa penetrasyon mesafesi ile daha geniş bir alana giren ışık kaynağı ile açıklamışlardır (Chaiaamornsap vd., t.y.). Farag ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar gözlemlenmiş; 0° açıda en düşük ($48,5 \pm 9,04 \mu\text{m}$), 90° açıda ise en yüksek ($80,5 \pm 8,99 \mu\text{m}$) marjinal boşluk değerleri rapor edilmiştir (Farag vd., 2024a).

VarseoSmile Crown Plus materyalinde 0° açıda Saremco'ya kıyasla daha yüksek marjinal boşluk ölçülmesi ($0,143 \text{ mm}$), bu materyalin fotopolimerizasyon özelliklerinin, reçine yoğunluğu ve ışık geçirgenliği gibi faktörlerden etkilenebileceğini düşündürmektedir. Bu farklılık, Metin ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada da vurgulanmıştır; özellikle hibrit rezin seramik materyallerin farklı açılarda baskılanması sonucunda doğruluk değerlerinin önemli ölçüde değiştiği belirtilmiştir (Metin vd., 2024). Bu bağlamda, marjinal uyumda Saremco Crowntec en iyi sonuçların 0° ve 60° açılarda elde edilmesi, Park ve ark. (2019), implant destekli 3B baskı teknolojisi ile üretilen restorasyonlarda yaptıkları bir çalışmada 45° ve 60° baskı açılarının hem marjinal uyum hem de internal uyum açısından en iyi sonuçları vermesiyle benzer niteliktedir (G. S. Park vd., 2019).

Literatürde yaygın kabul gören “klinik olarak kabul edilebilir maksimum marjinal açıklık” değeri $120 \mu\text{m}$ olarak sıkça kullanılır McLean & von Fraunhofer tarafından önerilen bu sınır çok sayıda çalışmada referans alınmıştır. Nizaroğlu ve ark. 2024'te, $100\text{--}120 \mu\text{m}$ arasında bir marjinal aralığın klinik kabul edilebilir aralık olarak kullanıldığını belirtmişlerdir (Nizaroğlu & Küçük, 2024). Ayrıca, Demir ve ark.'nın mikro-BT ile yaptığı çalışmada da $50\text{--}120 \mu\text{m}$ aralığı literatürde kabul edilen sınırlar arasında sayılmıştır (Demir vd., 2014). Pereira ve ark. da benzer şekilde, bazı çalışmalarda $120 \mu\text{m}$ sınırının “üst sınır” kabul edildiğini belirtmişlerdir (Pereira vd., 2024).

Saremco Crowntec için ölçülen ortalama marjinal açıklık değerleri $0,098 \pm 0,029$ mm (0°), $0,119 \pm 0,035$ mm (30°), $0,117 \pm 0,023$ mm (45°), $0,095 \pm 0,025$ mm (60°) ve $0,159 \pm 0,048$ mm (90°) olarak bulunmuştur. Bu değerlerin çoğu (özellikle 0° , 30° , 45° , 60° açılarında) $120 \mu\text{m}$ sınırı içinde ya da oldukça yakınındadır. VarseoSmile Crown Plus için ise özellikle 0° açıda $0,143 \pm 0,046$ mm ölçülmüş, bu değer $120 \mu\text{m}$ sınırının üzerinde görünmektedir. Diğer açılarda ($30,45,60,90$) ise $0,093 \pm 0,026$ mm, $0,107 \pm 0,046$ mm, $0,103 \pm 0,026$ mm ve $0,123 \pm 0,045$ mm elde edilmiştir; bunların bazıları sınır değerine yaklaşmakta ya da sınırı biraz aşmaktadır. Bu durumda, genel değerlendirme şu şekildedir; bu tez çalışmasının bulguları çoğu açı ve materyal kombinasyonunda ölçülen marjinal açıklıklar literatürde yaygın şekilde kabul edilen $120 \mu\text{m}$ sınırı içinde kalmaktadır. Ancak bazı açılarda özellikle Saremco'nun 90° açısındaki $159 \mu\text{m}$ değeri ya da VarseoSmile'in 0° açısındaki $143 \mu\text{m}$ değeri sınırın üzerinde ölçümler görülmüştür, bu iki materyal*baskı açısı kombinasyonu literatüre kıyasla marjinal uyum açısından kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmamaktadır.

Aksiyal ölçümlerde ise materyal ve materyal*baskı açısı etkileşiminin anlamlı etkileri saptanırken, baskı açısının tek başına anlamlı etkisi bulunmamıştır. Bu bulgu, Geirges Shoukry ve arkadaşlarının çalışmasında bildirilen, internal uyumda (özellikle aksiyal bölgede) baskı açısının etkisinin sınırlı olduğu yönündeki sonuçlarla örtüşmektedir (Shoukry vd., 2023).

Aynı zamanda aksiyal ölçümlerde 30° , 45° ve 90° açılarında Saremco Crowntec materyalinin, VarseoSmile Crown Plus'a kıyasla daha yüksek ölçüm değerleri sergilediği görüldü. Bu bulgu, VarseoSmile Crown Plus'ın aksiyal uyum açısından daha tutarlı ve hassas sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu durum, kullanılan materyalin viskozitesine, polimerizasyon büzülmesine ve baskı sonrası deformasyon potansiyeline bağlanabilir. Benzer şekilde; Chaturvedi ve ark. (2020), 3B baskı ile üretilen geçici kronların frezelenmiş olanlara kıyasla daha iyi marjinal uyuma sahip olduğunu belirtmiş, ancak aksiyal bölgede uyumun eklemeli üretim ile üretilen kronlarda baskı teknolojisine ve materyale göre değişebileceğini belirtmişlerdir (Chaturvedi vd., 2020).

Çakmak ve arkadaşlarının da 2023 yılında yaptıkları çalışmada 30° açıda yapılan baskıların daha yüksek doğruluk ve kesinlik sağladığını, özellikle daha az destek kullanıldığında oklüzal yüzeylerin zarar görmeden üretilebildiğini göstermiştir (Çakmak vd., 2023). Bu çalışmanın bulgularında da görüldüğü üzere

VarseoSmile Crown Plus materyali 30° açıda en düşük aksiyal boşluk değeri ile en iyi uyumu sağlamıştır.

Aljehani ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, 0° baskı açısının en iyi marjinal uyumu, 90° açısının ise en yüksek kırılma direncini sağladığı belirtilmiştir (Aljehani vd., 2024). Aynı şekilde Nejat ve ark. (2024) tarafından yapılan bir başka çalışmada da 0° açının genel uyum açısından en yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir (Nejat vd., 2024). Bu tez çalışmasında ise özellikle oklüzal ölçümlerde 90° açıda Saremco Crowntec materyali, diğer açılara göre belirgin şekilde daha yüksek boşluk değerine (0,226 mm) sahip olması bu bulguyu destekler niteliktedir. Bu durum, katmanların yerleşim yönüyle açıklanabilir; 90° açıda katmanlar marjine dik konumlandığından, sınır bölgelerinde mikroskobik düzensizliklerin artmasına neden olabileceğini belirten çalışmalar vardır (Farak vd., 2024a).

Oklüzal uyum ölçümlerinde, baskı açısının etkisi anlamlı bulunmazken ($p>0,05$), materyal ve materyal* baskı açısı ile etkileşiminin anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Bu çalışmada Bonferroni test sonuçlarına göre oklüzal uyum ölçümlerinde Saremco Crowntec ölçümleri VarseoSmile Crown Plus ölçümlerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum oklüzal ölçümlerde VarseoSmile Crown Plus' ın daha uyumlu olduğu sonucuna ulaşılabilir. Buna karşın Al-Ramadan ve arkadaşları VarseoSmile Crown Plus, Saremco Crowntec ve Vita enamic ile ürettikleri kronların uyumuna baktıkları çalışmalarında; oklüzal uyum için yapılan değerlendirmelerinde Saremco Crowntec grubunun VarseoSmile Crown Plus'a göre daha yüksek hassasiyet gösterdiği bildirilmişlerdir (Al-Ramadan vd., 2024).

Ryu ve ark. (2020) DLP tabanlı bir 3B yazıcı kullanılarak geçici kronlar üzerine yaptıkları çalışmalarında bazı açılarda farklı rezinlerin baskı doğruluğunda değişiklikler olduğu ve malzemenin baskı açısına verdiği tepkilerin farklılaşabildiği belirtilmiştir. Ayrıca yaptıkları bu çalışmada marjinal uyumun tüm yapı açılarında klinik olarak kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir. İnternal uyumun ise bu tez çalışmasındakine benzer şekilde baskı açısına bağlı olarak servikal ve oklüzal yüzeylerde farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak marjinal ve internal uyum değerlendirdiklerinde ise optimum baskı açıları olarak 150° ve 180° yi önermişlerdir (Ryu vd., 2020).

Üretim açısına ek olarak destek yapılarının sayısı ve yerleşimi de baskı kalitesini etkileyen önemli parametrelerdendir. Literatürde, destek yapılarının kronun marjinal bölgelerine denk gelmemesinin, bu alanlarda yüzey düzgünlüğünü artırdığı ve daha iyi marjinal uyum sağladığı belirtilmiştir (Shoukry vd., 2023). Bu çalışmada da destek yapılarının optimal olarak marjinden uzak yerleştirilmesine dikkat edildi ve diğer baskı açılarındaki üretilmiş örneklerde 90 dereceye kıyasla daha yüksek uyum değerleri gözlemlendi.

Çalışmanın genel bulguları, 3B yazıcı ile kron üretiminde baskı açısının marjinal, aksiyal ve oklüzal uyumu etkileyebileceğini ve bu etkinin kullanılan materyale göre değişebileceğini göstermektedir. Literatürde baskı açısının uyum üzerindeki etkileri çeşitli çalışmalarda farklı açılar için optimal sonuçlar göstermektedir; örneğin bazı çalışmalar 135° (Ryu vd., 2020), bazıları ise 0° veya 90°'nin daha başarılı olduğunu bildirmektedir (Derchi vd., 2024). Bu da tek bir ideal baskı açısının olmadığını ancak klinik açıdan değerlendirildiğinde, 0° veya 30°–45° açıların optimal sonuçlar sağladığını ayrıca, materyal özelliklerinin (viskozite, polimerleşme davranışı) 3B baskı sürecinde dikkate alınması gerektiği ve her materyal için ayrı optimizasyonun yapılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, eklemeli imalat teknolojisiyle farklı baskı açılarında üretilen daimî rezin kronların marjinal ve internal uyumlarını mikro-BT kullanarak üç boyutlu ve nicel olarak değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, baskı açısının ve kullanılan materyalin restorasyonların uyumu üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Marjinal ve internal uyum açısından değerlendirildiğinde, belirli açılarda üretilen kronlarda adaptasyonun klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir. Ancak baskı açısı arttıkça, özellikle dik yönelimlerde, reçine akışının yön değiştirmesi ve katman birikiminin artması gibi faktörlerin uyumu olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu durum, üretim parametrelerinin restorasyon doğruluğu üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu ve eklemeli imalat sürecinde baskı açısının dikkatle seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Materyaller arasında yapılan karşılaştırmada, her iki daimî materyalin de klinik kullanım açısından yeterli marjinal ve internal uyum sergilediği, ancak materyal kompozisyonundaki farklılıkların uyum değerlerinde değişkenliğe yol açtığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, daimî rezin kronlarda materyal-teknoloji etkileşiminin önemini vurgulamaktadır. Mikro-BT yöntemi, restorasyonların uyumunu tahribatsız biçimde ve yüksek doğrulukla değerlendirme olanağı sağlamıştır. Bu yönüyle, geleneksel kesit veya silikon replika tekniklerine kıyasla daha güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar sunmuştur. Dolayısıyla mikro-BT, sabit restorasyonlarda uyum analizleri için standartlaştırılabilir bir değerlendirme yöntemi olarak önerilebilir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, eklemeli imalatla dental restorasyon üretiminde kullanılan parametrelerin daha kapsamlı şekilde incelenmesi gerekmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, baskı açısına ek olarak katman kalınlığı, destek yapı geometrisi ve sayısı veya post-kürleme süresi gibi değişkenlerin sistematik olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca reçine bazlı daimî materyallerin dolgu oranı, polimerizasyon özellikleri ve ısıl davranışları üzerine yapılacak ileri araştırmalar, bu materyallerin doğruluk ve dayanıklılık özelliklerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Mikro-BT ile elde edilen sonuçların klinik performansla ilişkilendirileceği uzun dönemli klinik çalışmalar

ise, bu materyallerin klinik ortamdaki başarısını değerlendirmeye yardımcı olacaktır. DLP tabanlı sistemlere ek olarak, SLA ve LCD gibi farklı fotopolimerizasyon teknolojileriyle üretilen kronların karşılaştırmalı analizleri, üretim teknolojilerinin adaptasyon doğruluğu üzerindeki etkilerini ortaya koyabilir. Son olarak, eklemeli imalatla üretilen daimî restorasyonlarda baskı açısı ve üretim parametrelerine ilişkin standartların belirlenmesi, dijital diş hekimliğinde daha öngörülebilir ve tekrarlanabilir klinik sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Abdelrahman, I. A., Aboushady, Y., & Abdelkader, S. H. (2020). Comparison of the fit Accuracy of Hybrid Ceramic Prostheses Generated by Three CAD/CAM Systems. *Alexandria Dental Journal*, 46. <https://doi.org/10.21608/adjalexu.2020.37430.1092>
- 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. <https://doi.org/10.1111/jerd.12902>
- Acharya, A., Chodankar, R. N., Patil, R., & Patil, A. G. (2023). Assessment of knowledge, awareness, and practices toward the use of 3D printing in dentistry among dental practitioners and dental technicians: A cross-sectional study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 13(2), 253-258. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2023.02.001>
- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. (2018). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *İçinde Journal of Prosthodontics* (C. 27, Sayı 1, ss. 35-41). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527>
- Ahmed, S., Hawsah, A., Rustom, R., Alamri, A., Althomairy, S., Alenezi, M., Shaker, S., Alrawsaa, F., Althumairy, A., & Alteraigi, A. (2024). *Digital Impressions Versus Conventional Impressions in Prosthodontics: A Systematic Review*. <https://doi.org/10.7759/cureus.51537>
- Al Hamad, K. Q., Al Quran, F. A., AlJalam, S. A., & Baba, N. Z. (2019). Comparison of the Accuracy of Fit of Metal, Zirconia, and Lithium Disilicate Crowns Made from Different Manufacturing Techniques. *Journal of Prosthodontics*, 28(5), 497-503. <https://doi.org/10.1111>
- Alageel, O. (2022). Three-dimensional printing technologies for dental prosthesis: a review. *İçinde Rapid Prototyping Journal* (C. 28, Sayı 9, ss. 1764-1778). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/RPJ-07-2021-0164>
- AlGhamdi, M. A., & Gad, M. M. (2024). Impact of Printing Orientation on the Accuracy of Additively Fabricated Denture Base Materials: A Systematic Review. *İçinde Dentistry Journal* (C. 12, Sayı 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/dj12070230>
- Al-Halabi, M. N., Bshara, N., Nassar, J. A., Comisi, J. C., & Rizk, C. K. (2021). Clinical Performance of Two Types of Primary Molar Indirect Crowns Fabricated by 3D Printer and CAD/CAM for Rehabilitation of Large Carious Primary Molars. *European Journal of Dentistry*, 15(3), 463-468. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721905>
- Alharbi, N., Alharbi, S., Cuijpers, V. M. J. I., Osman, R. B., & Wismeijer, D. (2018). Three-dimensional evaluation of marginal and internal fit of 3D-printed interim restorations fabricated on different finish line designs. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(2), 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.09.002>
- Alharbi, N., Osman, R., & Wismeijer, D. (2016). Factors Influencing the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Full-Coverage Dental Restorations Using Stereolithography Technology. *The International Journal of Prosthodontics*, 29(5), 503-510. <https://doi.org/10.11607/ijp.4835>
- Al-Imam, H., Michou, S., Benetti, A. R., & Gotfredsen, K. (2019). Evaluation of marginal and internal fit of acrylic bridges using optical coherence tomography. *Journal of Oral Rehabilitation*, 46(3), 274-281. <https://doi.org/10.1111/joor.12746>
- Aljehani, A., Nabalawi, A., Hefni, A., Alsefri, Z., Fakhry, O., Al Zaibak, W., & Raffa, O. (2024). Effect of build orientation on the fracture resistance and marginal quality of 3D-printed anatomic provisional crowns: An in-vitro study. *Saudi Dental Journal*, 36(4), 584-590. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2024.01.004>

- 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. <https://doi.org/10.3390/prosthesis6050075>
- Al-Rawi, B., Hassan, B., Vandenberghe, B., & Jacobs, R. (2010). Accuracy assessment of three-dimensional surface reconstructions of teeth from Cone Beam Computed Tomography scans. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37(5), 352-358. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2842.2010.02065.X>
- Anadioti, E., Kane, B., Zhang, Y., Bergler, M., Mante, F., & Blatz, M. B. (2022). Accuracy of Dental and Industrial 3D Printers. *Journal of Prosthodontics*, 31, 30-37. <https://doi.org/10.1111/jopr.13470>
- Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, M. B., Papavasiliou, G., & Kamposiora, P. (2020). 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. *BMC Oral Health*, 20(1), 343. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01328-8>
- Appl, J., 515, O. S., Shim, J. S., Lee, J. S., Lee, J. Y., Choi, Y. J., Shin, S. W., & Ryu, J. J. (t.y.). *Effect of software version and parameter settings on the marginal and internal adaptation of crowns fabricated with the CAD/CAM system*. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150081>
- Ardelean, L., Reclaru, L., Bortun, C., & Rusu, L. C. (2016). Current Technologies and Materials for Dental Fixed Prosthetic Restorations. *Solid State Phenomena*, 254, 132-137. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.254.132>
- Aslam, K. (2015). *A review on cad cam in dentistry*. <https://www.researchgate.net/publication/379732259>
- Atlas, A. M., Janyavula, S., Elsabee, R., Alper, E., Isleem, W. F., Bergler, M., & Setzer, F. C. (2022). *Comparison of loupes versus microscope-enhanced CAD-CAM crown preparations: A microcomputed tomography analysis of marginal gaps*.
- Atria, P. J., Bordin, D., Marti, F., Nayak, V. V., Conejo, J., Benalcázar Jalkh, E., Witek, L., & Sampaio, C. S. (2022). 3D-printed resins for provisional dental restorations: Comparison of mechanical and biological properties. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(5), 804-815. <https://doi.org/10.1111/JERD.12888>
- Bae, E. J., Jeong, I. Do, Kim, W. C., & Kim, J. H. (2017). A comparative study of additive and subtractive manufacturing for dental restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(2), 187-193. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2016.11.004>
- Bagheri, A., & Jin, J. (2019). Photopolymerization in 3D Printing. İçinde *ACS Applied Polymer Materials* (C. 1, Sayı 4, ss. 593-611). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acsapm.8b00165>
- Bakıç, H., Kocacıklı, M., & Korkmaz, T. (2021). Dış Hekimliğinde Güncel İntraoral Tarayıcılar. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 1-1. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.713422>
- BEGO - BEGO. (t.y.). Geliş tarihi 07 Ağustos 2025, gönderen <https://bego.com.tr/>
- 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. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350>
- Borga Dönmez, M., Yılmaz, D., Sabatini, G. P., Dem Kahveci, Ç. ̇, Yoon, H.-I., Yılmaz, B., & Çakmak, G. (2024). *Effect of Material Thickness and Coffee Thermocycling on the Color Stability and Translucency of Additively and Subtractively Manufactured Resin-Based Materials for Definitive Restorations*. 37, 2024. <https://doi.org/10.11607/ijp.8870>

- Chaiamornsup, P., Iwasaki, N., Tsuchida, Y., & Takahashi, H. (t.y.). *Effects of build orientation on adaptation of casting patterns for three-unit partial fixed dental prostheses fabricated by using digital light projection.*
- Chaturvedi, S., Alqahtani, N. M., Addas, M. K., & Alfarsi, M. A. (2020). Marginal and internal fit of provisional crowns fabricated using 3D printing technology. *Technology and Health Care*, 28(6), 635-642. <https://doi.org/10.3233/THC-191964>
- Chiang, S., Ammoun, R., Liu, C. Y., Abdulmajeed, A., & Bencharit, S. (2024). A Comparison of the Accuracy of Two Non-Dental 3D Printers and a Standard Dental 3D Printer for Printing Dental Models: An in Vitro 3D Analysis. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.76339>
- Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2010). *Rapid prototyping: principles and applications*. World scientific.
- Comlekoglu, M., Dundar, M., Özcan, • M, Gungor, M., Gokce, • B, Artunc, • C, Dundar, M., Özcan, M., Gungor, M., & Gokce, B. (2009). *Effect of Finish Line Type on Zirconia Crown Adaptation*. <https://doi.org/10.2341/08-076-L>
- Contrepolis, M., Soenen, A., Bartala, M., & Laviolle, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(6), 447-454.e10. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2013.08.003>
- Çakmak, G., Agovic, D., Donmez, M. B., Kahveci, Ç., de Paula, M. S., Schimmel, M., & Yilmaz, B. (2023). Effect of number of supports and build angle on the fabrication and internal fit accuracy of additively manufactured definitive resin-ceramic hybrid crowns. *Journal of Dentistry*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104548>
- Çakmak, G., Borge Donmez, M., Molinero-Mourelle, P., Gdem Kahveci, Ç., Abou-Ayash, S., Peutzfeldt, A., & Yilmaz, B. (2024). Fracture resistance of additively or subtractively manufactured resin-based definitive crowns: Effect of restorative material, resin cement, and cyclic loading. *Dental Materials*, 40, 1072-1077. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.05.020>
- Çakmak, G., Cuellar, A. R., Donmez, M. B., Schimmel, M., Abou-Ayash, S., Lu, W. E., & Yilmaz, B. (2021). Effect of printing layer thickness on the trueness and margin quality of 3d-printed interim dental crowns. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/app11199246>
- Çakmak, G., Rusa, A. M., Donmez, M. B., Akay, C., Kahveci, Ç., Schimmel, M., & Yilmaz, B. (2024). Trueness of crowns fabricated by using additively and subtractively manufactured resin-based CAD-CAM materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(5), 951-958. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.10.012>
- Çelik, İ., Karakoç, F., Cemal ÇAKIR, M., & Duysak, A. (2013). *Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları*.
- Çetindağ. (2016). *Diş Hekimliğinde Kullanılan CAD/CAM Sistemleri ve Materyaller*.
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 559-570. <https://doi.org/10.1016/J.CDEN.2011.02.011>
- 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(4), 437-444. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.143612>
- Demirel, M., Diken Türksayar, A. A., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104621>

- Derchi, G., Marchio, V., Cinquini, C., Federici, M. I., Barone, A., & Pagano, S. (2024). Evaluation of Accuracy of Different Print Angulations for 3D Printed Dental Crowns. *Medziagotyra*, 30(1), 114-120. <https://doi.org/10.5755/j02.ms.33278>
- 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. İçinde *Journal of Clinical Medicine* (C. 12, Sayı 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcm12155048>
- Diken Türksayar, A. A., Demirel, M., Donmez, M. B., Olcay, E. O., Eyüboğlu, T. F., & Özcan, M. (2024). Comparison of wear and fracture resistance of additively and subtractively manufactured screw-retained, implant-supported crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(1), 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.06.017>
- Ding, L., Lu, W., Zhang, J., Yang, C., & Wu, G. (2021). Preparation and Performance Evaluation of Duotone 3D-Printed Polyetheretherketone as Oral Prosthetic Materials: A Proof-of-Concept Study. *Polymers*, 13(12), 1949. <https://doi.org/10.3390/polym13121949>
- Dönmez, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104216>
- Dönmez, M. B., Çakmak, G., Yılmaz, D., Schimmel, M., Abou-Ayash, S., Yılmaz, B., & Peutzfeldt, A. (2023). Bond strength of additively manufactured composite resins to dentin and titanium when bonded with dual-polymerizing resin cements. *Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.04.003>
- Dreyer, K., & Jørgensen. (1955). The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontologica Scandinavica*, 13(1), 35-40. <https://doi.org/10.3109/00016355509028171/>
- Elsharkawy, E. M., ElKouedi, A. M., & Shokry, T. E. (2022). Three-dimensional assessment of internal adaptation measurement of three cad/cam ceramic systems. *Brazilian Dental Journal*, 33(6), 121-128. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202204981>
- Erdaş, G., & Yanıkoğlu, N. (2024). 3D printers and their use in prosthetic dentistry. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Dis Hekimliği Dergisi (NEU Dent J)*, *Necmettin Erbakan*. <https://doi.org/10.51122/neudentj.2024.95>
- Erpaçal, B., Adıgüzel, Ö., & Cangül, S. (2019). The use of micro-computed tomography in dental applications. *International Dental Research*, 9(2), 78-91. <https://doi.org/10.5577/intdentres.2019.vol9.no2.7>
- 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). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03851-4>
- Ferrage, L., Bertrand, G., Lenormand, P., Grossin, D., & Ben-Nissan, B. (2017). A review of the additive manufacturing (3DP) of bioceramics: alumina, zirconia (PSZ) and hydroxyapatite. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 53(1), 11-20. <https://doi.org/10.1007/s41779-016-0003-9>
- Fiore, A. Di, Stellini, E., Alageel, O., & Alhotan, A. (2024). *Comparison of mechanical and surface properties of two 3D printed composite resins for definitive restoration*.
- Galante, R., Figueiredo-Pina, C. G., & Serro, A. P. (2019). Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. İçinde *Dental Materials* (C. 35, Sayı 6, ss. 825-846). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.02.026>
- Goodacre, B. J., & Goodacre, C. J. (2022). Additive Manufacturing for Complete Denture Fabrication: A Narrative Review. *Journal of Prosthodontics*, 31(S1), 47-51. <https://doi.org/10.1111/jopr.13426>

- Graf, T., Erdelt, K. J., Güth, J. F., Edelhoff, D., Schubert, O., & Schweiger, J. (2022). Influence of Pre-Treatment and Artificial Aging on the Retention of 3D-Printed Permanent Composite Crowns. *Biomedicines*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092186>
- Grymak, A., Aarts, J. M., Cameron, A. B., & Choi, J. J. E. (2024). Evaluation of wear resistance and surface properties of additively manufactured restorative dental materials. *Journal of Dentistry*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105120>
- Halawani, S., & Al-Harbi, S. (2017). Marginal adaptation of fixed prosthodontics. *International Journal of Medicine in Developing Countries*, 78-84. <https://doi.org/10.24911/ijmdc.1.2.7>
- Hasanzade, M., Aminikhah, M., Afrashtehfar, K. I., & Alikhasi, M. (2021). Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(3), 360-368. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.007>
- Hasanzade, M., Yaghoobi, N., Nematollahi, P., & Ghazanfari, R. (2023). Comparison of the marginal and internal fit of PMMA interim crowns printed with different layer thicknesses in 3D-printing technique. *Clinical and Experimental Dental Research*, 9(5), 832-839. <https://doi.org/10.1002/cre2.758>
- Heboyam-Msc, A. G. (2019). *International Journal of Dental Research and Reviews Marginal and internal fit of fixed prosthodontic constructions: a literature review.*
- Hussain Akbar, J., Petrie, C. S., Walker, M. P., Williams, K., & David Eick, J. (2006). and Chair, Department of Oral Biology. *Journal of Prosthodontics*, 15(3), 155-163. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00095.x>
- 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., Alqahtani, S. M., Alamri, M., Alshahrani, A. A., Al-Najjar, H. Z., & Mattoo, K. (2024). Accuracy of 3 Intraoral Scanners in Recording Impressions for Full Arch Dental Implant-Supported Prosthesis: An In Vitro Study. *Medical Science Monitor*, 30. <https://doi.org/10.12659/MSM.946624>
- Jain, S., Sayed, M. E., Shetty, M., Alqahtani, S. M., Al Wadei, M. H. D., Gupta, S. G., Othman, A. A. A., Alshehri, A. H., Alqarni, H., Mobarki, A. H., Motlaq, K., Bakmani, H. F., Zain, A. A., Hakami, A. J., & Sheayria, M. F. (2022). Physical and Mechanical Properties 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. *Içinde Polymers* (C. 14, Sayı 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/polym14132691>
- Javaid, M., & Haleem, A. (2019). Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 9(3), 179-185.
- Jeong, M., Radomski, K., Lopez, D., Liu, J. T., Lee, J. D., & Lee, S. J. (2023). Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. *Dentistry Journal*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/dj12010001>
- Jockusch, J., & Özcan, M. (2020). Additive manufacturing of dental polymers: An overview on processes, materials and applications. *Dental Materials Journal*, 39(3), 345-354. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-123>
- Kane, L. M., Chronaios, D., Sierralta, M., & George, F. M. (t.y.). *Marginal and internal adaptation of milled cobalt-chromium copings.*
- Kang, S.-Y., Park, J.-H., Kim, J.-H., & Kim, W.-C. (2020). Three-dimensional trueness analysis of ceramic crowns fabricated using a chairside computer-aided design/manufacturing system: An in vitro study. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.06.004>

- Kassis, C., Mehanna, C., Khoury, P., Tohme, H., Cuevas-Suárez, C. E., Bourgi, R., Lukomska-Szymanska, M., & Hardan, L. (2023). Triple scan evaluation of internal and marginal adaptation of overlays using different restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(3), 493-500. <https://doi.org/10.1111/>
- Khanlar, L. N., Rios, A. S., Tahmaseb, A., & Zandinejad, A. (2021). Additive manufacturing of zirconia ceramic and its application in clinical dentistry: A review. *Çinde Dentistry Journal* (C. 9, Sayı 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/DJ9090104>
- Kharat, S., Dudhani, S. I., Kouser, A., Subramanian, P., Bhattacharjee, D., & Jhamb, V. (2024). Exploring the Impact of 3D Printing Technology on Patient-Specific Prosthodontic Rehabilitation: A Comparative Study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 16(Suppl 1), S423-S426. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_643_23
- Kihara, H., Hatakeyama, W., Komine, F., Takafuji, K., Takahashi, T., Yokota, J., Oriso, K., & Kondo, H. (2020). Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *Çinde Journal of Prosthodontic Research* (C. 64, Sayı 2, ss. 109-113). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010>
- Kihara, H., Sugawara, S., Yokota, J., Takafuji, K., Fukazawa, S., Tamada, A., Hatakeyama, W., & Kondo, H. (2021). Applications of three-dimensional printers in prosthetic dentistry. *Çinde Journal of Oral Science* (C. 63, Sayı 3, ss. 212-216). Nihon University, School of Dentistry. <https://doi.org/10.2334/josnurd.21-0072>
- Kim, J. H., Pinhata-Baptista, O. H., Ayres, A. P., da Silva, R. L. B., Lima, J. F., Urbano, G. S., No-Cortes, J., Vasques, M. T., & Cortes, A. R. G. (2022). Accuracy Comparison among 3D-Printing Technologies to Produce Dental Models. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/app12178425>
- Kim, K.-B., Kim, J.-H., Kim, W.-C., & Kim, J.-H. (2014). Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(6), 1432-1436. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.07.002>
- Kim, N., Kim, H., Kim, I. H., Lee, J., Lee, K. E., Lee, H. S., Kim, J. H., Song, J. S., & Shin, Y. (2022). Novel 3D Printed Resin Crowns for Primary Molars: In Vitro Study of Fracture Resistance, Biaxial Flexural Strength, and Dynamic Mechanical Analysis. *Children*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/children9101445>
- Komine, F., Honda, J., Kusaba, K., Kubochi, K., Takata, H., & Fujisawa, M. (2020). Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based cad/cam materials. *Çinde Journal of Oral Science* (C. 62, Sayı 4, ss. 353-355). Nihon University, School of Dentistry. <https://doi.org/10.2334/josnurd.20-0195>
- Kruth, J., Mercelis, P., Van Vaerenbergh, J., Froyen, L., & Rombouts, M. (2005). Binding mechanisms in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping Journal*, 11(1), 26-36. <https://doi.org/10.1108/13552540510573365>
- Kruth, J.-P., Levy, G., Klocke, F., & Childs, T. H. C. (2007). Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing. *CIRP Annals*, 56(2), 730-759. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.10.004>
- Kruth, J.-P., Van Den Broucke, B., Van Vaerenbergh, J., Van Vaerenbergh, J., & Naert, I. (2005). Digital manufacturing of biocompatible metal frameworks for complex dental prostheses by means of SLS/SLM. *VRAP 2005*, 139-145.
- Lengerli, A. (2024). *Evaluation of Marginal and Internal Fit of Temporary Crown Restorations Manufactured with Additive and Subtractive Techniques After Thermal Aging*.
- Luo, C., Liu, Y., Peng, B., Chen, M., Liu, Z., Li, Z., Kuang, H., Gong, B., Li, Z., & Sun, H. (2023). PEEK for Oral Applications: Recent Advances in Mechanical and Adhesive Properties. *Polymers*, 15(2), 386. <https://doi.org/10.3390/polym15020386>

- Mahato, M., Hota, S., Jain, A., Dutta, D., Bhushan, P., & Raut, A. (2024). Comparison of Conventional and Digital Workflows in the Fabrication of Fixed Prostheses: A Systematic Review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.61764>
- 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. İçinde *Materials* (C. 18, Sayı 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ma18050985>
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
- Maria, A., Tancu, C., Pantea, M., Totan, A., Tanase, M., & Imre, M. (2019). *3D Printed Dental Models A comparative analysis*. <http://www.revmaterialoplastice.ro>
- Metin, D. S., Schmidt, F., Beuer, F., Prause, E., Ashurko, I., Sarmadi, B. S., & Unkovskiy, A. (2024). Accuracy of the intaglio surface of 3D-printed hybrid resin-ceramic crowns, veneers and table-tops: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104960>
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. İçinde *Dental Materials Journal* (C. 28, Sayı 1).
- 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. *International Journal of Prosthodontics*, 37(7), S175-S185. <https://doi.org/10.11607/ijp.8976>
- Mostafaei, A., Stevens, E. L., Ference, J. J., Schmidt, D. E., & Chmielus, M. (2017). *Binder Jet Printing of Partial Denture Metal Framework From Metal Powder*. https://doi.org/10.7449/2017/MST_2017_289_291
- Nejat, A. H., Güven, M. E., Çakmak, G., Yilmaz, B., & Donmez, M. B. (2024). Effect of build orientation on the fabrication trueness of additively manufactured implant-supported complete arch interim fixed prostheses. *Journal of Prosthodontics*. <https://doi.org/10.1111/jopr.13972>
- Nelson, S. J. (2010). *Wheeler's Dental Anatomy Physiology and Occlusion* (9. baskı).
- Nizaroglu, R. T., & Küçük, C. (2024). Evaluation of Marginal and Internal Adaptation of Crowns Fabricated with Three Different Zirconia CAD/CAM Materials. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 27(1), 54-61. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_410_23
- Nulty, A. (2022). A comparison of trueness and precision of 12 3D printers used in dentistry. *BDJ Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41405-022-00108-6>
- Osman, R., Alharbi, N., & Wismeijer, D. (2017). Build Angle: Does It Influence the Accuracy of 3D-Printed Dental Restorations Using Digital Light-Processing Technology? *The International Journal of Prosthodontics*, 30(2), 182-188. <https://doi.org/10.11607/ijp.5117>
- Özay, M., & Sarıdağ, S. (2023). Diş Hekimliğinde Fotopolimerizasyon ile 3 Boyutlu Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları. *Selcuk Dental Journal*, 10(2), 479-485. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.1135010>
- Özdoğan, A., & Bayındır, F. (2019). CAD/CAM Sistemlerinde Materyal Seçimi ve Kullanım Alanları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 357-361. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.544640>

- Pantea, M., Ciocoiu, R., Greabu, M., Totan, A., Imre, M., Țâncu, A. M. C., Sfeatcu, R., Spinu, T., Ilinca, R., & Petre, A. E. (2022). Compressive and Flexural Strength of 3d-Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An in Vitro Comparison. *Materials*, 15(9), 3075. <https://doi.org/10.3390/ma15093075>
- Park, G. S., Kim, S. K., Heo, S. J., Koak, J. Y., & Seo, D. G. (2019). Effects of printing parameters on the fit of implant-supported 3D printing resin prosthetics. *Materials*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/ma12162533>
- Park, J., Ahn, J., Cha, H., & Lee, J.-H. (2018). Wear Resistance of 3D Printing Resin Material Opposing Zirconia and Metal Antagonists. *Materials*, 11(6), 1043. <https://doi.org/10.3390/ma11061043>
- Paul, N., Raghavendra Swamy, KN., Dhakshaini, MR., Sowmya, S., & Meravini, M. (2020). Marginal and internal fit evaluation of conventional metal-ceramic versus zirconia CAD/CAM crowns. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e31-e37. <https://doi.org/10.4317/jced.55946>
- 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* 2024, Vol. 15, Page 359, 15(12), 359. <https://doi.org/10.3390/JFB15120359>
- Pimenta, M. A., Frasca, L. C., Lopes, R., & Rivaldo, E. (2015). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.02.002>
- Prasad, S., Kader, N. A., Sujatha, G., Raj, T., & Patil, S. (2018). 3D Printing in Dentistry. *Journal of 3D Printing in Medicine*, 2(3), 89-91. <https://doi.org/10.2217/3dp-2018-0012>
- Rahmanimirshekarlou, R., & Tunçer, N. İ. (2022). Ortodontide 3 Boyutlu Teknolojiler. *Sağlık Bilimlerinde*, 33-48.
- Ram, S., Ranadive, N., & Nadgere, J. (2019). Microcomputed tomography a noninvasive method to evaluate the fit of a restoration as compared to conventional replica technique. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 19(3), 233-239. https://doi.org/10.4103/jips.jips_71_19
- 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). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03184-8>
- Rezaie, F., Farshbaf, M., Dahri, M., Masjedi, M., Maleki, R., Amini, F., Wirth, J., Moharamzadeh, K., Weber, F. E., & Tayebi, L. (2023). 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. *Journal of Composites Science*, 7(2), 80. <https://doi.org/10.3390/jcs7020080>
- Rutkunas, V., Larsson, C., Vult von Steyern, P., Mangano, F., & Gedrimiene, A. (2020). Clinical and laboratory passive fit assessment of implant-supported zirconia restorations fabricated using conventional and digital workflow. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(2), 237-245. <https://doi.org/10.1111/cid.12885>
- Ryu, J. E., Kim, Y. L., Kong, H. J., Chang, H. S., & Jung, J. H. (2020). Marginal and internal fit of 3D printed provisional crowns according to build directions. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(4), 225-232. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.4.225>
- Saeed, F., Muhammad, N., Samad Khan, A., Sharif, F., Rahim, A., Ahmad, P., & Irfan, M. (2019). *Prosthodontics dental materials: From conventional to unconventional*. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110167>
- Sandalcı, N. (2016). *Türkiye’de Endüstriyel Tasarımcıların 3 Boyutlu Yazıcıları Kullanımları Hakkında Bir İnceleme*.

- Santos, E. C., Shiomi, M., Osakada, K., & Laoui, T. (2006). Rapid manufacturing of metal components by laser forming. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(12-13), 1459-1468.
- saremco print CROWNTEC – SAREMCO Dental AG. (t.y.). Geliş tarihi 07 Ağustos 2025, gönderen <https://saremco.ch/products/crowntec>
- Segerström, S., Wiking-Lima de Faria, J., Braian, M., Ameri, A., & Ahlgren, C. (2019). A Validation Study of the Impression Replica Technique. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), e609-e616. <https://doi.org/10.1111/jopr.12795>
- Shellabear, M., & Nyhrlä, O. (2004). DMLS-Development history and state of the art. *Laser assisted netshape engineering 4, proceedings of the 4th LANE*, 21-24.
- Shillingburg, H. T., H. T., H., Whitsett, L. D., & Jacobi, R. (1997). *Fundamentals of Fixed Prosthodontics* (3rd Edition). Quintessence Publishing Company. <https://toothident.com>
- Shin, H., Kang, Y. J., Kim, H., & Kim, J. H. (2025). Effect of cement space settings on the marginal and internal fit of 3D printed definitive resin crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 133(3), 821-826. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2023.03.021>
- Shoukry, G. N., El Mahallawi, O. S. E., & El-Shahawy, D. M. (2023). Efficacy of Build Direction of 3D Printing Full Coverage Provisional Restoration on the Marginal Integrity. *Advanced Dental Journal*, 5(1), 88-97. <https://doi.org/10.21608/ADJC.2023.186183.1232>
- Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: Current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289-1296. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.2006.0389>
- Suksuphan, P., Krajangta, N., Didron, P. P., Wasanapiarnpong, T., & Rakmanee, T. (2024). 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. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_23_00089
- Sun, Y., Li, M., Jiang, Y., Xing, B., Shen, M., Cao, C., Wang, C., & Zhao, Z. (2021). High-Quality Translucent Alumina Ceramic Through Digital Light Processing Stereolithography Method. *Advanced Engineering Materials*, 23(7). <https://doi.org/10.1002/adem.202001475>
- Suralik, K. M., Sun, J., Chen, C. Y., & Lee, S. J. (2020). Effect of Fabrication Method on Fracture Strength of Provisional Implant-Supported Fixed Dental Prostheses. *Prosthesis*, 2(4), 325-332. <https://doi.org/10.3390/prosthesis2040030>
- Sürmen, H. K. (2019). *Eklemeli İmalat (3B Baskı): Teknolojiler ve Uygulamalar*. <https://doi.org/10.17482/uumfd.519147>
- Tiu, J., Al-Amleh, B., Waddell, J. N., & Duncan, W. J. (2015). Clinical tooth preparations and associated measuring methods: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(3), 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.09.007>
- Turk, A. G., Sabuncu, M., & Ulusoy, M. (2017). *Evaluation of adaptation of ceramic inlays using optical coherence tomography and replica technique*. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2018.vol32.0005>
- van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
- Vasques, M. T., & Laganá, D. C. (2018). Accuracy and Internal Fit of 3D printed Occlusal Splint, according to the printing position. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*. <https://doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2018.148012>

- Wu, J., Xie, H., Sadr, A., & Chung, K. H. (2021). Evaluation of internal fit and marginal adaptation of provisional crowns fabricated with three different techniques. *Sensors (Switzerland)*, 21(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/s21030740>
- Yaşar, H. (2022). 3D Yazıcı ile Üretilen Daimi Kron Materyalinin Renk Stabilitesinin İncelenmesi.
- Yavuz, E., & Yılmaz, S. (2021). Diş hekimliğinde Yeni ve Hızla İlerleyen Üretim Teknolojisi: 3 Boyutlu Yazıcılar. *Akdeniz Medical Journal*, 7(2), 197-205. <https://doi.org/10.53394/akd.958759>
- Yehia, A., Al-Zordk, W., Elsherbini, A., & Sakrana, A. A. (2024). A microcomputed tomography analysis of adaptation in premolars with flared root canals restored with different digitally custom fabricated post materials. <https://www.ran->
- Yüksel, Y. (2022). Diş Hekimliğinde Dijital Dönüşüm ve Protetik Diş Tedavisinde Uygulama Alanları.
- Zainuddin, M. Z., Mohamad, N. S., Su Keng, T., & Mohd Yusof, M. Y. P. (2023). The applications of MicroCT in studying age-related tooth morphological change and dental age estimation: A scoping review. *Journal of Forensic Sciences*, 68(6), 2048-2056. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15352>;WEBSITE:WEBSITE:PERICLES;WGROUPE:STRING:PUBLICATION
- Zhang, Y., & Dudley, J. (2019). The influence of different cement spaces on the marginal gap of <sc>CAD</sc>/<sc>CAM</sc> all-ceramic crowns. *Australian Dental Journal*, 64(2), 167-174. <https://doi.org/10.1111/ADJ.12688>
- Zhou, L., Miller, J., Vezza, J., Mayster, M., Raffay, M., Justice, Q., Al Tamimi, Z., Hansotte, G., Sunkara, L. D., & Bernat, J. (2024). Additive Manufacturing: A Comprehensive Review. İçinde *Sensors* (C. 24, Sayı 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/s24092668>