



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİ ANA BİLİM DALI**

**DİJİTAL VE GELENEKSEL ÖLÇÜLERDEN ELDE EDİLEN  
MODELLER ÜZERİNDE HAZIRLANAN FARKLI  
KRONLARIN KENAR VE İÇ UYUMLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doktora Tezi

**Mohanad SHOMAL**

Danışman  
**Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK**

SAMSUN  
2021

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİ ANA BİLİM DALI



**DİJİTAL VE GELENEKSEL ÖLÇÜLERDEN ELDE EDİLEN  
MODELLER ÜZERİNDE HAZIRLANAN FARKLI  
KRONLARIN KENAR VE İÇ UYUMLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doktora Tezi

**Mohanad SHOMAL**

Danışman

**Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK**

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından PYO.DIS.1904.19.002 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN  
2021

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ersin TEMİZEL tarafından, Prof. Dr. Mehmet APAN danışmanlığında hazırlanan “Tezin Adı” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 12.11.2020 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
	-----		
Üye (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
	-----		
Üye	Doç. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
	-----		
Üye	Prof. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input checked="" type="checkbox"/> Ret
	-----		
Üye	Prof. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY  
... / ... / ...  
Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza

01/02/2021

Mohanad SHOMAL

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı : Dijital Ve Geleneksel Ölçülerden Elde Edilen Modeller Üzerinde Hazırlanan Farklı Kronların Kenar Ve İç Uyumlarının Değerlendirilmesi**

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 06/10/2020 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 4

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza

01/02/2021

Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK

## ÖZET

### DIJİTAL VE GELENEKSEL ÖLÇÜLERDEN ELDE EDİLEN MODELLER ÜZERİNDE HAZIRLANAN FARKLI KRONLARIN KENAR VE İÇ UYUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Mohanad SHOMAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

PROTETİK DİŞ TEDAVİ ANA BİLİM DALI

Doktora, Ocak/2021

Danışman: Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK

**Amaç:** Dijital ve geleneksel yöntemlerle elde edilen farklı modeller üzerine hazırlanan kron restorasyonların kenar ve iç uyumlarını değerlendirmektir.

**Materyal ve Metot:** Sağ maksiller 1. molar diş preparasyonu yapılan bir fantom modelden iki farklı teknikle ölçüleri alındı. Taranabilir ilave silikon ölçü maddesi (Hydrorise Implant heavy/light) ile alınan ölçülerden dijital STL (Grup 1), alçı (Grup 2), ve 3B yazıcı ile yazdırılan rezin modeller (Grup 3) elde edildi. Bir ağız içi tarayıcısı (Medit i500) yardımı ile alınan ölçülerden dijital STL (Grup 4) ve bir 3B yazıcı ile yazdırılan rezin modeller (Grup 5) elde edildi. Modeller üzerine bilgisayar destekli tasarım/ bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) tekniği ile fiber destekli kompozit (FRC/Trinia), zirkonyun oksit (Zr/GC Initial) ve lityumdisilikat (LD/e.max CAD) tam kronlar (N=150) hazırlandı. Kronların kenar ve iç uyumları silikon replika tekniği ve x40 büyütmede stereomikroskop ile değerlendirildi. Veriler çoklu karşılaştırma testi (MANOVA), 2-yönlü ANOVA ve Post-hoc Tukey testi ile istatistiksel olarak karşılaştırıldı ( $\alpha=0.05$ ).

**Bulgular:** En düşük kenar ve iç uyum değerleri Grup 5 model üzerinde üretilen LD kronlarda elde edildi ve diğer gruplarla arasında istatistiksel fark bulundu ( $p<0.05$ ). En yüksek kenar ve iç açıklık değerleri Grup 2 modeller üzerinde üretilen FRC kronlarda elde edildi. MANOVA sonucuna göre model ve materyal etkileşiminin restorasyonun uyumu üzerine etkisinin anlamlı olduğu bulundu ( $p<0.05$ ).

**Sonuç:** Her üç restorasyon materyalinde de en iyi uyum değerleri direkt dijital ölçüden yazdırılan 3B rezin modeller üzerinde edilmiştir. Model tipi ve kron materyali kenar ve iç uyum üzerine etkilidir. Karşılaştırılan modeller üzerinde elde edilen uyum değerleri klinik olarak kabul edilen maksimum açıklık değerlerinin ( $120\mu\text{m}$ ) altındadır.

**Anahtar Sözcükler:** CAD/CAM; çalışma modeli; dijital ölçü; geleneksel ölçü; kenar ve iç uyum

## ABSTRACT

### EVALUATION OF INTERNAL AND MARGINAL ADAPTATION OF THE DIFFERENT CROWNS FABRICATED ON MODELS OBTAINED FROM DIGITAL AND CONVENTIONAL IMPRESSIONS

Mohanad SHOMAL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

DEPARTMENT OF PROSTHODONTICS

Doctorate, July/2020

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şafak KÜLÜNK

**Aim:** To evaluate marginal and internal adaptation of different restorations prepared on models obtained by digital and conventional methods.

**Material and Method:** Right maxillary 1st molar tooth was prepared on a phantom model, and impressions were taken using two different techniques. Digital STL (Group 1), stone cast (Group 2), and 3D printed resin models (Group 3) were obtained from the conventional impressions taken with scannable additional silicone impression material (Hydrorise Implant heavy / light). Digital STL (Group 4) and 3D printed resin (Group 5) models were obtained from the impressions taken with an intraoral scanner (Medit i500). Fiber-reinforced composite (FRC / Trinia), zirconium oxide (Zr/GC Initial) and lithium disilicate (LD/e.max CAD) full crowns (N = 150) were prepared on the models by using computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD / CAM) technique. The marginal and internal adaptation of the crowns were evaluated with the silicone replica technique and light microscope at x40 magnification. The data were statistically analyzed using the multiple comparison test (MANOVA), 2-way ANOVA and Post-hoc Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ).

**Results:** The lowest marginal and internal adaptation values were obtained in the LD crowns produced on the Group 5 model, and a statistical difference was found between the other groups ( $p < 0.05$ ). The highest marginal and internal opening values were obtained in FRC crowns produced on Group 2 models. According to the MANOVA result, the effect of model and material interaction on the adaptation of the restoration was found to be significant ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** In all three restoration materials, the best adaptation values were obtained on 3D resin models printed directly from digital impression. Model type and crown material affect the marginal and internal adaptation.

The gap values obtained on the compared models are below the clinically acceptable maximum gap value ( $< 120 \mu$ ).

**Keywords:** CAD/CAM; conventional impression; digital impression; marginal and internal adaptation; study model

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora eğitimime başladığım ilk günden itibaren benden değerli zamanını, sabrını, bilimsel ve mesleki tecrübelerini esirgemeyen, eğitimime büyük katkı sağlayan, öğrencisi olmaktan büyük onur duyduğum, tez çalışmalarım sırasında da yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve üzerimdeki emeklerini hiç unutmayacağım değerli hocam **Doç.Dr. Şafak KÜLÜNK'** e minnetlerimle teşekkürü bir borç bilirim.

Tezime olan katkılarından dolayı tez izleme jürimdeki değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Şinasi SARAÇ'a**

Mesleğimde bilimsel açıdan gelişmemdeki katkılarından dolayı anabilim dalımızın değerli öğretim üyelerine,

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum sevgili asistan arkadaşlarıma,

Tez çalışma süresinde bana bilgi ve emeğini esirgemeyen OMÜ diş hekimliği fakültesi protetik diş tedavisinde diş teknisyenimiz sayın **Osman GÜRSOY'a**

Doktora eğitimim boyunca yardımını esirgemeyen dostlarım **Dt. Amro VARRAK** ve **Dt. Yaser EL-HALAWANİ'ye**,

Hayatım boyunca koşulsuz şartsız destekleyen ve yanımda olan zorlukların üstesinden gelmemi sağlayan ve bu günlere ulaşmamda büyük emek sahibi olan sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen çok sevgili Aileme

*İçtenlikle teşekkürlerimi sunarım...*

Mohanad SHOMAL

## İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>4</b>
2.1. Diş Hekimliğinde Ölçü.....	4
2.1.1. Geleneksel Ölçüler.....	4
2.1.2. Digital ölçü.....	13
2.1.2.1. Ağız İçi Tarayıcılar ve Özellikleri.....	16
2.1.3. Ölçü ile İlgili Başarıyı Etkileyen Faktörler.....	17
2.2. Çalışma Modelleri.....	18
2.2.1. Alçı Model.....	19
2.2.2. Dijital Model.....	20
2.2.3. 3 Boyutlu (3B) Yazdırılmış Resin Model.....	21
2.3. Dental Tedavi Uygulamalarında Kullanılan Seramikler ve Seramik Benzeri Materyaller.....	24
2.3.1. Tam Seramik Restorasyonların Sınıflandırması.....	25
2.3.1.1. Üretim Tekniklerine göre Dental Seramik Sınıflandırması.....	25
2.3.1.2. İçeriğine (Yapısına) Göre Dental Seramik Sınıflandırması.....	26
2.3.2. CAD/CAM Teknolojisi ile Üretilen Diğer Materyaller.....	31
2.3.3. Materyal Seçim kriterleri .....	34
2.4. Restorasyonlarda Kenar ve İç Uyum.....	35
2.4.1 Kenar ve İç Uyumu Değerlendirme Yöntemler.....	36
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>38</b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>53</b>
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>61</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERLER.....</b>	<b>75</b>
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>76</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>92</b>

# 1. GİRİŞ

Biyouyumluluk, estetik, marjinal adaptasyon ve kırılma direnci, sabit restorasyonların başarısında ve ömründe önemli faktörler olarak kabul edilir. Bir kronun zayıf marjinal adaptasyonu, plak birikimi, mikro sızıntı ve mikrofloranın değişmesi nedeniyle periodontal hastalıklara, endodontik inflamasyona ve sekonder çürüklere, dişte renklenmeye ve simanın çözünmesine neden olabilir. Bu, hazırlanan restorasyonların dişle olan tutuculuk ve dayanıklılık formunu tehlikeye atarak stabilite kaybına ve estetik kronların kırılmasına neden olmaktadır. Marjinal uyumsuzluk tek başına mikrosızıntının nedeni olmasa bile sabit restorasyonun başarısı için önemli bir faktördür (Tao ve Han, 2009; Trifkovic, vd., 2012; Colpani vd., 2013) Kron ve restorasyon arasında uyumsuzluğun artması restorasyonların kırılma direncini azaltmaktadır. Kronların iç yüzeyi ile hazırlanan restorasyon arasındaki iç uyumun 70 um'den büyük olması durumunda, tüm seramik kronların kırılma eğiliminde olacağı bildirilmiştir (Miyazaki, vd., 2009; Tao ve Han, 2009). 80 mikrondan daha az olan marjinal açıklık değerinin klinik olarak fark edilemediği ve klinik olarak kabul edilebilir maksimum açıklık değerinin 120 µm olduğunu belirten çalışmalarla birlikte bazı yazarlar 100 µm ile 150 µm arasında bir marjinal açıklığın klinik olarak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. CAD/CAM teknolojisi ile hazırlanan estetik restorasyonlarda kabul edilebilir maksimum açıklık değeri 300 µm'yi bulmaktadır (Colpani, vd., 2013).

Sabit restorasyonlar geleneksel veya dijital ölçü tekniklerinden birinden faydalanılarak üretilmektedir. Sabit protezlerin geleneksel ölçülerinde boyutsal stabilite ve doğruluk, yırtılmaya direnç, iyi detay kaydedebilme ve uzun saklama süresi gibi avantajları nedeniyle ilave silikon ölçü maddesi en fazla tercih edilen ve kullanılan elastomerik ölçü maddesidir (Abdel-Azim, vd., 2015; Shembesh, vd., 2017). Dijital ölçü; ağız içinin direkt olarak veya ölçü maddesinin, modelin indirekt olarak taranması ile elde edilir. Dijital ölçü ve geleneksel ölçü ile üretilen restorasyonların uyumları üzerine yapılan çalışmalarda benzer marjinal ve internal uyum değerleri elde edilmesine rağmen, hasta memnuniyeti, uygulamanın hızlı olması, laboratuvar işlemlerinin kısa sürede daha az malzeme ile yapılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu çalışmalarda daha çok polikristalin seramikler ve lityum disilikat seramiklerin uyumları değerlendirilmiştir (Ahrberg, vd., 2016; Vecsei, vd., 2017).

Restorasyonların üretileceği model farklı şekillerle elde edilmektedir. Alçı model halen günümüzde teknisyenler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte dijital ölçüden elde edilen STL (standart mozaik dili) sanal modeller üzerinde veya bir 3 boyutlu yazıcı yardımıyla eklemeli üretim teknolojisi kullanılarak veya silindirik bir bloktan kazıma yöntemi ile elde edilen modeller üzerinde restorasyonlar dizayn edilerek üretilmektedir (Dinçel, vd., 2013; Gupta, vd., 2017; Menini, vd., 2018). Dijital diş hekimliğindeki ilerlemeler toz uygulamadan taranabilen geleneksel ölçü maddelerinin gelişimini sağlamıştır. Günümüzde taranabilen ilave silikon ve polieter ölçü maddeleri mevcuttur ancak bu materyallerin restorasyonların uyumu üzerine etkilerini değerlendiren yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Dijital diş hekimliği uygulamalarındaki ilerlemeler ve sunduğu avantajlar nedeniyle CAD/CAM uygulamaları için uygun (estetik ve mekanik olarak dayanıklı) malzemeler üzerinde araştırma, dijital üretim yöntemleri (aşındırılmalı veya eklemeli) ve CAD/CAM ile üretilen restorasyonların uyumu üzerine yapılan çalışmalar güncel araştırma konularını oluşturmaktadır. CAD/CAM ile üretilen üç tip malzeme mevcuttur; polikristalin seramikler, cam seramikler ve kompozit materyaller. Son 20 yılda fiber destekli restorasyonların gerek diş gerekse implant destekli restorasyonların üretiminde kullanımı artmıştır

Son yıllarda CAD/CAM ile üretim için uygun olan tek yapılı fiberle güçlendirilmiş kompozit bloklar ve diskler tam kron, köprü ve hareketli portezlerin alt yapılarının üretiminde karşımıza çıkmaktadır. Tek yapı FRC bloklarının diş destekli sabit protetik restorasyonların üretiminde kullanımı ile ilgili yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. CAD/CAM ile üretilen FRC kronların klinik takibinin yapılacağı, restorasyonun uyumunun ve kırılma dayanımının karşılaştırılacağı çalışmalar bu tip restorasyonun uygulanabilirliği ve başarısı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayacaktır (Karaalioğlu ve Duymuş, 2008; Bayramoğlu ve Özkan, 2012).

Dişlerin preparasyonu (yüksekliği, eğimi, marjin bitimi ve okluzal yüzey preparasyonu), ölçü materyali, ölçü tekniği, restorasyonun hazırlandığı model, restorasyonun üretim şekli ve tercih edilen materyal diş ve restorasyon arasındaki iç ve kenar uyumunu etkileyen faktörlerdendir (Wolf, vd., 2000; Chochlidakis, vd., 2016; Yildirim, vd., 2017; Riccitiello, vd., 2018).

Bu çalışmada dijital ve geleneksel yöntem ile alınan ölçülerden elde edilen 5 farklı model (STL, alçı ve 3 boyutlu rezin) üzerinde 3 farklı materyalden (lityumdisilikat, zirkonya ve fiberle güçlendirilmiş kompozit) monolitik kron

hazırlanacaktır. Çalışmanın amacı model tipinin ve tercih edilen restoratif materyal özelliğinin restorasyonun iç ve kenar uyumuna etkisini değerlendirmektir. Çalışmanın hipotezleri, (H0) model ve materyalin restorasyonun uyumunu etkilemeyeceği, (H1) model ve materyal tipinin restorasyonun uyumunu etkileyeceği şeklinde kurulmuştur.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Diş Hekimliğinde Ölçü

Protez terimler sözlüğünün göre ölçü; diş hekimliği uygulamalarında kullanılmak üzere bir nesnenin yüzeyinin, diş ve çevre dokularının negatifinin veya ters kopyasının alınmasıdır. Bu amaçla kullanılan ölçü materyali, ise “bir nesnenin ölçüsünün veya negatif çoğaltmasını yapmak için kullanılan herhangi bir madde veya madde kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır” (Morgano, vd., 2018).

Sabit protetik tedavilerin yapımında en önemli aşamaların başında ölçü alımı işlemi gelmektedir. Restorasyon yapılacak bölgenin özellikle bitiş sınırı gibi ince detaylarının ölçü ile doğru olarak kaydedilmesi önemlidir. Diş hekimliğinde ölçü günümüzde iki şekilde alınmaktadır: Geleneksel ölçü ve dijital ölçü.

**2.1.1. Geleneksel Ölçüler (Analog):** Geleneksel yöntemle ölçü almak amacıyla kullanılan ölçü maddeleri ağız içinin kesin ve doğru bir şekilde kopyasının alınması için kullanılırlar. Her bir ölçü maddesinin farklı özellikleri, avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Genel olarak kullanılan materyaller doku engeli olan bölgelerden çıkarken esneyebilmelerine göre elastik ve elastik olmayanlar olarak ayrılır (Rosenstiel ve Land, 2015).

- Elastik Ölçüler
  - a) Hidrokolloidler
    - Dönüştürülebilir hidrokolloidler.
    - Dönüşmez hidrokolloidler.
  - b) Polisülfid
  - c) Polieter
  - d) İlave silikon (PVS, A-Silikon)
  - e) Kondanze silikon (C- Silikon)
  - f) Polieter
  - g) Vinilpolietersiloksan (Vinilpolieter)
- Elastik Olmayan Ölçüler
  - a) Ölçü mumları

- b) Ölçü Stenci
- c) Ölçü alçıları
- d) Metal oksit pastaları

## **Sabit Protetik Tedavide Kullanılan Elastik Ölçü Maddeleri:**

### **1.Hidrokolloidler:**

- a. **Agar Agar (Dönüşebilir):** Agar hidrokolloid, diş hekimliğinde kullanılan ilk başarılı ölçü materyalidir. Agar bir su yosunundan elde edilen organik hidrofilik kolloid (polisakkarit) olup, galaktozun lineer polimerinin sülfirik esteridir. Agar agar ölçü materyalleri, ısıtıldığında yumuşayan ve soğutulduğunda sertleşen jöle benzeri bir özelliğe sahiptir. Ancak manipülasyon zorlukları nedeniyle artık kliniklerde kullanılmamaktadır (Madhavan, 2015; Falland-Cheung, vd., 2016).
- b. **Aljinat (Dönüşmez):** Aljinat elastik, dönüşmez bir hidrokolloid ölçü malzemesidir. Diş hekimliğinde en sık kullanılan ölçü materyallerinden biridir ve kullanması kolay, uygun maliyetli ve her klinikte vazgeçilmez bir materyaldir. Ancak dezavantajları, elastomerik ölçü malzemelerine kıyasla yüzey ayrıntılarını daha az verebilmesi, boyutsal olarak stabil olmaması ve çalışma süresinin kısa olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Cervino, vd., 2019).

**2. Polisülfid:** Polisülfid ölçü materyali, diş hekimliğinde ilk sulu olmayan elastomerik ölçü materyalidir. Polisülfid ölçü materyalleri, tüpler içerisinde iki macun base ve katalizör şeklinde gelmektedir. Yırtılmaya karşı silikonlardan daha fazla dayanıklı, silikon ve polietere göre daha ucuz olması gibi bir avantajları vardır. Ayrıca Çalışma süresi uzundur (5-7 dk), Rengi ve kokusu iyi değil, reaksiyon sonrası yan ürün olarak su açığa çıkar bu da boyutsal stabilitesini etkiler, önlüğe bulaşırsa zor temizlenir, Kaşığa tutunması için adeziv gerekir, özel kaşık gerekir (Rubel, 2007; Hamalian, vd., 2011).

### **3. Silikonlar:**

- a. **C-Silikonlar:** İlk silikon ölçü materyalidir. Ayrıca geleneksel silikonlar olarak da bilinir. İyi elastik özelliklere sahiptir. Özel kaşık gerektirmez, Toksik değil, Temizliği ve manüplasyonu kolay. Yalnız silikonun ana dezavantajı, hatasız bir ölçü için hazırlanan dişlerin ve diş etinin sulkusları tamamen nemden arındırılmış olmalıdır ve etil alkol buharlaştığı için alçı 1 saat içinde dökülmelidir (V. Kumar ve Aeran, 2012; Rosenstiel ve Land, 2015).

**b. A-Silikonlar:** Konvensiyonal silikonlardan sonra tanıtıldı. Polivinil siloksan olarak da bilinir. C- silikonlar gibi hidrofobik bir materyaldir. C-silikondan daha iyi özelliklere sahiptir. Boyutsal stabilitesi daha yüksek, rengi, tadı, kokusu güzeldir, bir ölçüye birçok defa alçı dökülebilir. C-silikondan daha düşük bir polimerizasyon büzülmesine sahiptir. A-silikon orta derecede serttir (polieterlere göre daha az), iyi bir yırtılma mukavemetine sahiptir ve polieter malzemelere göre daha kolay çıkarılabilir. Ayrıca polimerize olurken H<sub>2</sub> gazı çıkar. Bu gazları emecek bir madde (palladyum) gibi içermiyorsa day üzerinde boşluklar olabilir (Hamalian, vd., 2011; Rosenstiel ve Land, 2015).

**4. Polieterler:** Polieter ölçü maddesi, iki patlı sistemlerdir. Baz patı içindekiler; polieter polimeri, farklı doldurucu maddeler, glikoleter ve plastikleştiriciler. Katalizör patı içinde ise; aromatik sülfonik asit ve farklı doldurucular bulunmaktadır. Reaksiyonu esnasında ortaya herhangi bir yan ürünün çıkmaz. Polieter ile alınmış ölçüler, 1 haftada saklanabilir, ancak nemli ortamlarda saklanan polieter ölçülerin su emme özelliğinin olduğu bir dezavantajdır ve boyutsal stabilitenin etkilendiği bilinmektedir. Polieter ölçü materyalleri rijit, esnekliği çok düşüktür. Bu yüzden andırkatlı bölgelerden çıkarılmaları zordur ve bazı sorunlar yaşanabilir. Aynı zamanda ölçü alçı modellerden ayrılması sırasında kırılmalar olabilir (Donovan ve Chee, 2004; Arqoub, vd., 2018).

**5. Polivinileterler:** Polivinil siloksan malzemelerinin ölçü malzemeleri olarak mükemmel özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Mükemmel elastikiyete sahiptir, uzun çalışma süresi vardır. Ölçü iki haftaya kadar saklanabilir. Polieterlerin sert, pahalıdır ve su nemine karşı hassasiyet özelliği polivinil eterlerde elimine edilmiştir. Polieterler gibi alerjik reaksiyonlara neden olma riski bulunmamaktadır. Materyalin viskozitesi, silikanın oranına bağlıdır (Hamalian, vd., 2011; Nassar, vd., 2013).

### **Geleneksel Ölçü Teknikleri**

Sabit parsiyel protezlerde geleneksel yöntemle ölçü almak için çeşitli teknikler vardır (Sumanth, vd., 2019):

- Putty-Wash ölçü tekniği
- Çift-faz tekniği
- Tek viskozite ölçü tekniği (Monofaz)
- Hidrokolloid tabaka tekniği (Hidrokolloid laminate)
- Bakır bant ölçü tekniği

- Vakumla uyarlanmış splint tekniği
- Putty wash yardımcı kanal tekniği
- Putty wash 2 mm boşluk tekniği
- Çift ark ölçü tekniği
- Matriks ölçü sistemi
- Döküm ölçü koping tekniği

### **Putty-Wash Ölçü Tekniği**

İki aşamalı ölçü tekniğinde diş preparasyonu yapılmadan önce yoğunluğu fazla olan putty kıvamında bir ölçü malzemesi ile ilk ölçü alınır. Akışkan kıvamdaki yani yoğunluğu daha düşük ölçü maddesi için boşluk farklı tekniklerle hazırlanır. Diş preparasyonundan sonra preparasyon bölgesi izole edilir. Akışkan kıvamdaki ölçü maddesi önce kaşıktaki hazırlanan boşluğu sonra preparasyon bölgesine uygulandıktan sonra ölçü kaşığı ağza yerleştirilir. Ölçü kaşığı akışkan kıvamdaki ölçü maddesi sertleştikten sonra ağzdan çıkartılır. Bu teknik “Wash Tekniği” olarak adlandırılır. Bu teknik kondanze silikon ölçü maddelerinde ölçünün polimerizasyonu sırasında gelişen boyutsal değişikliği en düşük seviyede tutmak için geliştirilmiştir. Polimerizasyon büzülmesi çok düşük olan ilave silikonların gelişiminden sonra da uygulanmaya devam etmiştir (Chugh, vd., 2012; Mishra, vd., 2017).

### **Çift Faz Tekniği**

Yüksek yoğunlukta ölçü maddesi ölçü kaşığına yüklenirken, daha düşük yoğunlukta ölçü maddesi preparasyon sahasına uygulanır ve kaşığ ağza yerleştirilir. Her iki ölçü maddesi aynı anda karıştırdığı, birlikte uygulandığı ve sertleştiği tekniktir. Ölçü maddelerinin her ikisinin de sertleştiğinden emin olunduktan sonra ölçü kaşığı ağzdan uzaklaştırılır (Sumanth, vd., 2019).

### **Avantajları:**

- Akışkan kıvamdaki (light body) ölçü maddesine bağlı polimerizasyon büzülmesinin üstesinden gelinerek daha iyi boyutsal doğruluk elde edilir.
- Akışkan kıvamdaki ölçü maddesi ile marjinler daha detaylı kaydedilir.
- Kullanılan metal kaşıklar serttir ve bükülmelere karşı daha az hassastır.

- Bu teknikle şahsi kaşık üretmek için gereken zaman ve maliyet elimine edilmiş olur.

(Varvara, vd., 2015; Sumanth, vd., 2019)

#### **Dezavantajları:**

- Ölçü alma sırasında bir yardımcıya ihtiyaç vardır.
- Fazla basınç uygulanırsa marjinler detay kaydetme özelliği zayıf olan yoğun kıvamdaki ölçü maddesi ile şekillenir.

(Varvara, vd., 2015; Sumanth, vd., 2019)

#### **Tek Viskozite Ölçü Tekniği (Monofaz)**

Bu ölçü tekniğinde sıklıkla orta yoğunlukta bir ölçü maddesi kullanılır. Yırtılmaya dirençli ve boyutsal doğruluk ve netliği en iyi olan ilave silikon ve polieter ölçü maddeleri bu teknik için en uygun ölçü maddeleridir. Kullanılan ölçü maddeleri tiksotropik özellik gösterdiğinden kaşığa bir enjektör veya uygulama tabancasıyla basınç ile uygulanırken ölçü maddesinin viskozitesi azalır yani akışkanlığı artarak uygulama bölgesine daha kolay yönlendirilmesi sağlanır. Basınç ortadan kalktığında akma da durur. Ölçü maddesinin bu davranışına “Yalancı plastik” etki de denir (Varvara, vd., 2015; Sumanth, vd., 2019).

#### **Avantajları**

- Malzeme isafı azalır
- Daha az zaman tüketimi
- Şahsi kaşık kullanılarak daha az ölçü maddesi ile detaylı ölçü alımı

#### **Dezavantajları**

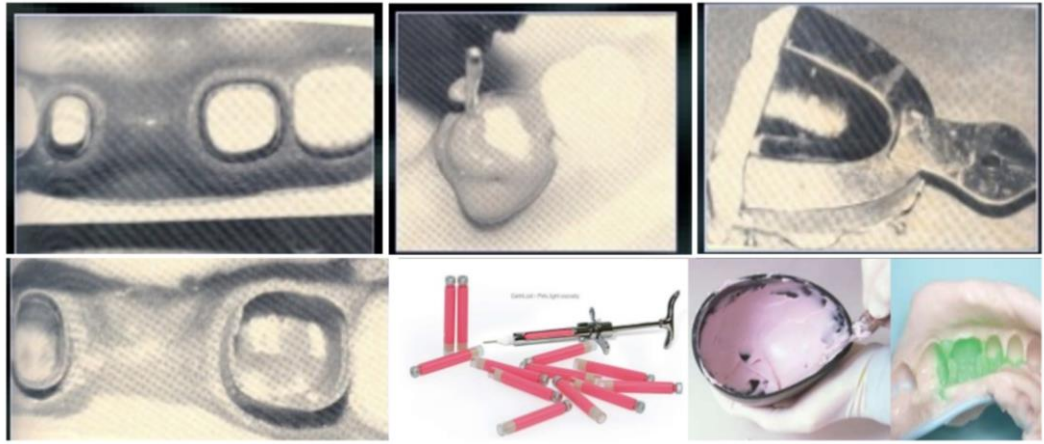
- Şahsi kaşık kullanım gerekliliği
- Monofaz ölçü maddesinin nispeten yüksek viskozitesi ve azalmış akışı, detay gerektiren bölgelerde hava boşluğu oluşumu kontrolünü zorlaştırır

(Caputi ve Varvara, 2008; Varvara, vd., 2015).

#### **Hidrokolloid Tabaka (lamine) Tekniği**

Yaklaşık 6 dakika kaynar suda yumuşatılan agar tekrar kullanılabilen enjektör içine çekilir. Agar perparasyon alanına uygulanmadan önce 10 dakika 65°C suda bekletilir. Normalde tavsiye edilenden %10 daha fazla su içeren bir aljinat karışımı bir ölçü kaşığına yerleştirilir ve hemen agar şırınga malzemesi üzerine oturtulur (şekil

2.1). Soğuk aljinat karışımı agarın da soğumasına yardım eder ve aljinal sertleştiği zaman ölçü kaşığı ağızdan çıkartılır. Teknik agar kullanımını basitleştirir ve kron ve köprülerin bitirilebileceği alçı model için uygun ölçü yüzeyi sağlar (Caputi ve Varvara, 2008; Madhavan, 2015). Hidrokolloid tabaka tekniği diğer yeni elastomerik ölçü maddelerine göre daha ekonomik bir alternatiftir. Sadece aljinatla alınan ölçülere göre ölçünün yüzey detayı iyidir. Bununla birlikte ölçü maddesinin inceliğine bağlı olarak biraz da olsa prepare edilen diş yüzeyine bakan agar ölçü maddesinde distorsiyon olabilir.



Şekil 2.1. Hidrokolloid tabaka tekniği aşamaları

### **Bakır Bant Ölçü Tekniği**

Bakır bant veya tüp tekniği çok sayıda dişin prepare edildiği vakalarda marjinlerin ölçüye daha iyi yansması için uygulanır. Bakır ano kullanılan teknikte ölçü sonrası 0.1-0.3 mm horizontal yönde marjinlerden açıklık elde edilir. Hastanın durumu, harcanan zaman bu tekniğin uygulanma kararını etkileyen faktörlerdir (Şekil 2.2) (Qadiri ve Mustafa, 2017; Yaqoob, vd., 2018).



Şekil 2.2. Bakır bant ölçü tekniği

### **Vakumla Adapte Edilen Splint Kullanılan ölçü Tekniği**

Vakumla adapte edilmiş geçici splint malzemesini bir kaşık olarak kullanarak, birden fazla abutmentin ölçüsünün alındığı bu teknik Antony LaForgia (1970) tarafından tanımlanmıştır. Bu teknikte geçici splint materyal kaşık şekillendirici kullanılır. Dişlerin preparasyonu tamamlandıktan sonra preprasyondan önce şekillendirilen splint materyalinin içine soğuk akril rezin geçici kron materyali yerleştirilir ve ağız içine oturtulur. Rezinin polimerize olması beklenir. Geçiciler hazırlandıktan sonra splint içinden çıkartılır. Ölçü işleminden önce splintin içine ince bir tabaka kaşık adezivi sürülür. Kuruduktan sonra Heavy kıvamda silikon ölçü maddesi splint içine yüklenir ve ağza yerleştirilerek birinci ölçü alınır. Ölçü sertleştikten sonra ağızdan çıkartılır ve ölçü materyalinin iç yüzeyinde ikinci ölçü maddesine yer açmak için rahatlatma işlemi (kazıma) yapılır. Ölçe maddesinin kaçışı için insizal ve okluzal yüzeylerde kaçış delikleri açılır. Splint içine akışkan veya orta kıvamda ikinci ölçü maddesi yerleştirildikten sonra tekrara ağza yerleştirilir. Ölçü sertleştikten sonra rijit prefabrik kalış içine heavy kıvamda silikon ölçü yüklenir ve ağız içindeki splintle birleştirilir. Sertleşme tamamlandıktan sonra kaşık ağızdan çıkarılır (Adnan ve Agwan, 2018; Sumanth, vd., 2019).

### **Putty Wash Rahatlatici Kanal Tekniği**

Rijit bir prefabrik kaşık ve putty kıvamda ölçü maddesi ile ilk ölçü alınır. İkinci ölçüye yer açmak için silicon kesici bir spatül ile kanallar açılır, kazımlar yapılır. İkinci ölçü akışkan kıvamda bir ölçü maddesi ile alınır.

### **Avantajları**

- Akışkan ölçünün kullanılması ile daha detaylı ölçü alınır.

### **Dezavantajları**

- Gerekli yerlerde kazıma yapılmaz ve akışkan ölçü maddesinin kaçışı için oluklar açılmaz ise oluşan hidrolik basınç daha sonra model eldesinde güdüklerin (die) daha kısa şekillenmesine neden olacaktır.

(Donovan ve Chee, 2004)

### **Putty Wash 2 mm Boşluk Tekniği**

Teşhis modeli üzerinde 2 mm kalınlığında mum tabaka hazırlanır. Mum tabaka hazırlanırken molar dişlerin fonksiyonel olmayan tüberküllerinde okluzal stoplar bırakılır. Rijit prefabrik kaşığa heavy kıvamda ölçü maddesi yüklenir ve model

üzerinden birinci ölçü alınır. Daha sonra oluşan boşluğun içine akışkan kıvamda ölçü maddesi yüklenerek ağız içine yerleştirilir.

#### **Avantajları**

- Birinci ölçü model üzerinde alındığı için, ağız içinde alındığında oluşan tükürük ve kontaminasyon olmayacaktır.
- Akışkan kıvamda olan ölçü maddesinin kalınlığı belirli bir kalınlıkta oluşacaktır ve böylece akışkan ölçü maddesinde daha az büzülme ve boyutsal değişiklik olacaktır.

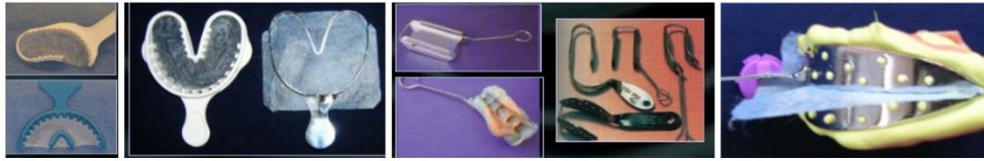
#### **Dezavantajları**

- Daha fazla zaman harcanır
- Daha fazla malzeme kullanımı gerektirir.

(Chugh, vd., 2012).

#### **Çift Ark Ölçü Tekniği**

Çift ark ölçü tekniği bir kapalı kaşık ölçü tekniğidir. Bu teknikte tek veya çift taraflı olarak prepare edilen bölgenin ölçüsü karşıt arkın ölçüsü birlikte ve dişlerin normal fizyolojik kapanış ilişkisi içinde kaydedilmesini sağlar (Şekil 2.3). Genellikle stabil bir maksimal intercuspal pozisyonu ve kanin koruyuculu okluzyonu olan, arka bölgede tek üyeli indirect restorasyonlar veya kısa gövdeli sabit parsiyel protezlerde uygulanması tavsiye edilir (Cayouette, vd., 2003; Lane, vd., 2003; Manchikalapudi ve Kamath, 2017).



Şekil 2.3. Çift ark ölçü tekniği

#### **Avantajları**

- Hata oluşumu ve okluzal uyumlama ihtiyacında azalma
- Ağızın çok açılması nedeniyle oluşan alt çenenin fleksiyonu gibi klinik durumlar bu teknikle elimine edilmiş olur.
- Uygulama kolaylığı, hasta konforu, zaman tasarrufu, aynı zamanda interokluzal kapanışın elde edilmesi diğer avantajlarıdır.

(Manchikalapudi ve Kamath, 2017)

### Dezavantajları

- Bu amaçla kullanılan ölçü kaşığının rijit olmaması nedeniyle ölçü kaşığında bükülme meydana gelebilir bu da ölçünün doğruluğunu etkileyebilir.

(Cox, 2005)

### Matriks Ölçü Sistemi

Matriks ölçü sisteminde sulkus çevresini kontrol etmek ve ölçü maddesini subgingiva alana basınçla uygulayabilmek için özel yapılan matriks kullanılır (Şekil 2.4). Bu yeni metot gingival yer değiştirmeyi ve izolasyonu önemli ölçüde sağlar. Matriks dişeti kanaması ve diğer sulkuler kontaminasyon problemini çözer ve sulkus epitelinin yırtılmasını etkili bir şekilde elimine eder. Matriks ölçü sistemi karmaşık olan sabit parsiyel protez ölçülerini daha basit hale getirmiştir. Hassas bir şekilde tasarlanan matriksin kullanılması, ölçü alırken öngörülemeyen dentogingival ortamın daha iyi kontrol edilebilmesini sağlayabilir (Dabas, vd., 2013; M. P. Kumar, vd., 2015).



Şekil 2.4. Matriks Ölçü Sisteminin aşamaları

### Döküm Ölçü Koping Tekniği

George J Vasilakis ve Maria D Vasilakis tarafından tasarlanan bir tekniktir. Bakır bant tekniğine benzer olarak ölçü öncesi retraksiyon işlemi gereksinimi olmaz. Tasarım, içinde akışkan ölçü maddesi bulunan düz, tırnak şeklinde ince bir döküm kopingin parmak basıncı ile uygulanmasını içerir. Döküm kopingin iç yüzeyi akışkan ölçü maddesinin tutunabilmesi için mekanik ve yöntemlerle (Kumlama, elmas frezlerle pürüzlendirme ve adeziv uygulama) pürüzlendirilir (Şekil 2.5). Döküm kopingin üzerinde yoğun kıvamda ölçü maddesinin tutunabilmesi için döküm boncukları vardır (Vasilakis ve Vasilakis, 2003).



Şekil 2.5. Döküm ölçü koping tekniğın aşamaları

### **Avantajları**

- Kopinglerin / geçici kronun uyumlanması daha kolaydır ve dişeti dokusuna travmayı önler, akışkan ölçü maddesinin polimerizasyon büzülmesini en aza indirir (Rabbani, vd., 2017).

Günümüzde diş hekimlerinin kullanımı için çok sayıda ölçü maddesi ve uygulama teknikleri bulunmaktadır. Diş laboratuvarına gönderilen ölçüler ne kadar kaliteli de olsa yanlış teknik ve yanlış endikasyonla uygulanan ölçü maddeleri yapılacak restorasyonun başarısını olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla ölçü maddelerinin özelliklerini gözden geçirmek ve özelliklerine ve endikasyonlarına uygun ölçüler almak önemlidir. Bu nedenle, mevcut çeşitli özel ölçü tekniklerine aşina olmak ve belirtildiğinde bunları kullanmak önemlidir.

### **2.1.2. Digital Ölçü**

Bilgisayar-Destekli Dizayn (CAD) ve Bilgisayar-Destekli Üretim (CAM) ilk tasarım ile ürünün son hali arasındaki süreç zincirini büyük ölçüde etkileyen birbirine bağlı endüstriyel bilgisayar uygulamalarıdır. CAD ve CAM teknolojileri, özellikle son 25 yılda hem üretkenlik hem de kalite açısından büyük kazançlar sağlamıştır. Diş hekimleri tarafından kliniklerinde, diş teknisyenleri tarafından laboratuvarlarda kullanılan bu teknoloji ile inlay, onlay, sabit parsiyel köprüler, implant üst yapıları, şahsi abutmentler ve tam ağız restorasyonlar yapılabilmektedir. CAD/CAM teknolojisi günümüzde ortodonti alanında da sıklıkla uygulanmaktadır (Baroudi ve Ibraheem, 2015; Jain, vd., 2016).

### **Dijital Ölçünün Tarihi**

Bilgisayar destekli tasarım ve imalat 1960'larda uçak ve otomotiv endüstrilerinde kullanılmak üzere geliştirildi ve on yıl sonra diş hekimliğine uygulandı. Dental CAD/CAM gelişimindeki en önemli figürlerden bazıları Fransa'dan Drs Franc, Ois Duret, İsviçre'den Werner Mörmann, ABD'den Dianne Rekow ve

İsveç'ten Matts Andersson'dur (Jain, vd., 2016). Duret, 1971'in ilk dönemlerinde CAD/CAM cihazı geliştiren, destek dişin optik ölçünü alan ve sayısal kontrollü bir freze makinesi kullanarak kronlar üreten ilk kişidir (Duret ve Preston, 1991.; Aeran, vd., 2014). 1983 yılında Dr. Andersson yüksek kesinlikte kronların üretimi için Procera yöntemini geliştirdi. Kendisi aynı zamanda kompozit veneer restorasyonları üretmek için CAD/CAM teknolojisini kullanan ilk kişidir. Teknoloji geliştiği ilk dönemlerde inlay, onlay, veneer ve kronların üretilmesini sağlamıştır 1985 yılında CEREC sisteminin piyasaya sürülmüştür ve butarihten sonra bilgisayar destekli diş hekimliği için ilerlemeler hız kazanmıştır (Bindl ve Mörmann, 2004; Alghazzawi, 2012).

Bugün ağız içi ve ağız dışı tarayıcılar restoratif diş hekimliğinde dramatik değişikliklere neden olmuştur. Tek veya çoklu dişlerin, tüm arkların, karşıt arkların, oklüzyonun ve etrafındaki yumuşak dokunun ekran üzerinde gerçek zamanlı dijital görüntüleri oluşturulur. Ekran görüntüleri ile hastalara tedavi alternatiflerini açıklamak basitleşmiştir. Hastalar veri toplama sürecini daha kolay kabullenirler. Yer kaplayan alçı modellerinin yerini kolayca arşivlenen dijital dosyalar alır. Veriler, birçok farklı nedenden ötürü herhangi bir zamanda yeniden kullanılabilir (Patzelt, vd., 2014). CAD/CAM sistemleri aynı zamanda tasarım, imalat ve diğer süreçlerle ilgili olanlar arasında iletişimi kolaylaştırır. Bir firma bir bileşeni tasarlamak veya üretmek için başka bir firma ile sözleşme yaptığında bu özellikle önemlidir.

CAD-CAM Sistemi, sürecin üç temel adımına karşılık gelen üç bölüm içerir:

-İlk adım, (tarayıcı), mevcut dental şekilleri sisteme girmek için kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz, ilk endoskop yoluyla istenen görüntü alanına ışık yansıtan bir lazer kaynağı (diyot) içerir. Birincisine bitişik ikinci bir endoskop, kameranın ağızda fotoğraf çekmesine izin verir. Bu kamera, bilgileri dijital hale getiren ve farklı görünümleri ilişkilendiren bir sisteme bağlıdır.

-İkinci adım, CAD sistemi (bilgisayar yazılımı), operatörün ölçünün elektronik bir modelini oluşturmasına izin veren gerekli tüm donanım ve yazılımlar dahil olmak üzere, ekranda görüntülemesine ve protezi tasarlamak için kullanılmasına olanak tanır. CAD sistemi, çenenin dinamik hareketleriyle ilgili verileri sağlayan "Erişim Artikülatörü" adı verilen tescilli bir artikülatöre bağlıdır.

-Üçüncü adım, sayısal olarak kontrol edilen bir takım tezgâhı içeren CAM (freze makinesi) sistemidir. Bu cihaz protetik restorasyonu üretmek için metal, seramik ve

kompozit içerikli materyalleri aşındırabilmektedir (Beuer, vd., 2008; Davidowitz ve Kotick, 2011).

Dijital tarayıcı, taranan alanın geometrisini bilgisayar tarafından kullanılabilen verilerle dönüştüren cihazdır. İki tip tarayıcı vardır, optik tarayıcı ve mekanik tarayıcı. Optik tarayıcılar, bir ışık yayma kaynağı ve sensörün belirli bir açıda yönlendirildiği ve taranan yüzeylerin geometrisini tespit edebildiği bir “üçgenleme prosedürü” kullanır. Mekanik tarayıcıları, ana modeli bir yakut uçlu top (Ruby ball) ile mekanik olarak satır satır tarar ve üç boyutlu model oluşturur. Diş hekimliğinde mekanik tarayıcıların ilk örneği Nobel Biocare'den (Göteborg) Procera tarayıcıdır. Bu tür tarayıcı cihazları, yakut topunun çapının küçük olması nedeniyle yüksek tarama doğruluğu ile ayırt edilir ve tarama sonunda toplanan veriler sistem tarafından frezlenmeye hazır olur (Luthardt, vd., 2001; Webber, vd., 2003). Taramanın gerçekleşmesinin dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki yolu vardır. Dolaylı tarama 2 yöntemden biri ile uygulanabilir: ölçüden elde edilen modelin veya ölçününün ağız dışı tarayıcısı yardımı ile taranması. Klinisyen geleneksel bir ölçü alır, bu ölçüden bir alçı model üretir ve daha sonra model, diş laboratuvarındaki bir dijital tarayıcı tarafından taranır veya ölçü taraması yapılır ve sanal bir model elde edilir. Doğrudan taramada klinisyen, hastanın ağız boşluğunun geometrisini doğrudan taramak için bir hasta üniti yanı ağız içi tarayıcı kullanır ve geleneksel ölçü materyali gereksinimini ortadan kaldırır (Miyazaki, vd., 2009).

Tarama cihazı tarafından elde edilen dijital bilgiler daha sonra stereolitografik arayüz dosyası (STL) ile diş laboratuvarına elektronik olarak aktarılır ve bilgisayar destekli tasarım için kullanılır. Dijital ölçü yüklendiğinde, bir yazılım programı prepare edilen diş için bir protez tasarımı önerebilir. Önerilen tasarım, her hastanın protezini kişiselleştirmek ve restorasyonun fonksiyonel kalitesini ve estetiğini sağlamak için klinisyen veya diş laboratuvarı teknisyeni tarafından değiştirilebilir. Bu işlem bir diş laboratuvarında, aşındırma merkezinde ve hatta diş hekimi kliniğinde olabilir (Beuer, vd., 2008). Sonunda, yazılımdan gelen bilgiler freze makinesine dijital olarak tasarlanmış restorasyonun bir kopyasını üretmesi için rehberlik eder.

Ticari olarak üretilen blokların kullanımı protez malzemesinde yüksek homojenliğe izin verir. Bilgisayar destekli tasarım süreci gibi, aşındırma işlemi de bir diş laboratuvarında, bir aşındırma merkezinde veya diş hekimi kliniğinde gerçekleştirilebilir. Klinisyenlerin bu teknolojiyi protez imalatında kullanmak için CAD/CAM sisteminin herhangi bir bileşenini satın almaları gerekmez. Örneğin,

geleneksel yöntemle alınan bir ölçü, bir restorasyonu tasarlamak ve bloktan aşındırmak için taranabilen ve kullanılabilen alçı model üretecek bir diş laboratuvarına gönderilebilir. Klinikte kullanılan ünit yanı CAD/CAM sisteminde, klinisyen sistemin üç bileşenini de kullanarak aynı seansta restorasyonu tasarlayıp hastaya teslim edebilir (Strub, vd., 2006).

### **2.1.2.1. Ağız İçi Tarayıcılar ve Özellikleri**

Diş hekimliğinde kullanılan birçok farklı çeşitte ağız içi tarayıcı bulunmaktadır. CEREC (Sirona), iTero (CADENT), E4D (D4D), Lava (3M ESPE), trios (3SHAPE) bilinen ve yaygın olarak kullanılan sistemlerden bazılarıdır (Logozzo, vd., 2011).

#### **CEREC**

1980'lerde ilk Cerec sistemi piyasaya sürülmüştür, daha sonra 1996'de Cerec 2 sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca 2000'de gelişmiş 3D (Cerec 3) sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Cerec 1 ve Cerec 2 cihazları ile hazırlanan dişi veya ölçüyü taramak için bir optik tarayıcı kullanılır ve monitörde 3 boyutlu bir görüntü oluşturulur.

Yeni Cerec 3D sisteminde tarama işleri saniyeler içinde birden fazla görüntüyü kaydederek tüm dental arkı için sanal bir model oluşturulur, CEREC 3 ve gelişen sistemleri, tüm işleri tek bir seansta tamamlama özelliğine sahiptir. Genel olarak Cerec sistemleri inleyler, onleyler, kronlar ve köprüler gibi farklı restorasyonlar için kullanılabilir (Logozzo, vd., 2011)

#### **iTero**

iTero ağız içi arayıcısı piyasaya 2007 yılında sürülmüştür. Tarayıcı paralel konfokal tarayıcı kullanır. Paralel konfokal görüntülemeye, bir ışık demeti küçük bir açıklıktan ve makinenin çeşitli bileşenlerinden geçer ve taranan nesneyi yansıtır. iTero tarayıcı, tarif edilen aşırı basitleştirilmiş paralel konfokal görüntülemeye genişler ve yaklaşık 50 mikron aralıklarla 300 farklı odak derinliğinde 100.000 ışın paralel kırmızı lazer ışını içerir. Tarayıcı her ark için yaklaşık 3,5 milyon veri noktası yakalar (Kachalia ve Geissberger, 2010). iTero tarama sistemiyle bir dosya taraması başlatmak için, bir laboratuvar çalışması teknisyen tarafından tamamlanmalıdır. Daha sonra, prepare edilen diş yüzeyinin beş farklı görüntüsünü (bukkal görünüm, lingual görünüm, oklüzal görünüm ve aksiyel görüntüler) ses dosyası ve metin dosyası ile sağlar. Daha sonra klinisyenden kalan dişlerin açılı bukkal ve oklüzal görüntülerini yakalaması istenir. Taramalar tamamlandıktan sonra klinisyen bilgisayar ekranındaki

görüntüyü görebilir ve değerlendirebilir ve görüntüyü kabul edebilir. Taramada bir hata varsa, sistem klinisyenin taramayı tekrar yapmasını gerektirir. Klinisyen taramayı kabul ettikten sonra, sanal bir interoklusal kayıt yapılır ve taranan arkların artikülatör üzerinde 3 boyutu görüntüsü görülebilir (Davidowitz ve Kotick, 2011).

#### **E4D**

E4D sistem tarayıcısı ticari olarak 2008 yılında satışa sunuldu. Sistemin ağız içi eş odaklı sensör (konfokal) senörler kullanır. Bu klinisyene restorasyonu istediği gibi herhangi bir düzenlemesi sınırlama olmadan çok tasarım aracı sunar. Restorasyonun son tasarımı tamamlandığında veriler kazıyıcı cihazına göndilir ve final restorasyonu elde edilir. Taranan yüzeylerinde herhangi bir kontrast toz kullanılmasına ihtiyacı yoktur ve klinikte teknisyene gerek kalmadan doğrudan restorasyonlar üretebilmektedir (Patil, vd., 2018).

#### **Lava**

LAVA™ C.O.S. sistemi, Massachusetts'de Brontes Bilim insanları tarafından getiririldi. 2006 da 3M ESPE tarafından geliştirildi ve 2008 de piyasaya sürüldü. Bu tür sistemler tarama yapılmadan önce yüzeylerin hafif bir kontrast titanium dioksit tozu ile kaplanmasını gerektirir. Böylece ağız içinde ışığın bütün yüzeyden eşit olarak yansıtılmasını sağlar (Logozzo, vd., 2011).

#### **Trios**

3 Shape tarafından 2011'de TRIOSTM'u tanıtıldı. TRIOS sisteminde eş odaklı sensör (konfokal) senörler ile hızlı tarama yapılır. Tarama sistemi, taranan nesnenin uzayında telesentriklik özelliğine sahiptir ve telesentrikliği ve büyütmeyi korurken odak düzlemini kaydırmak mümkündür ( Fisker, vd., 2010; Atia, vd., 2015).

### **2.1.3. Ölçü ile İlgili Başarıyı Etkileyen Faktörler**

İdeal bir ölçünün özellikleri şunlardır:

- Tercih edilen ölçü tekniğine göre (dijital veya geleneksel) hazırlaması ve kullanımı kolay olmalıdır.
- Dokuların detaylarını net bir şekilde kaydedebilmelidir.
- Geleneksel ölçü materyali ise tadı ve kokusu hasta tarafından kabul olmalıdır, dijital ise tarayıcının boyutları hastayı rahatsız etmemelidir.
- Sertleştikten sonra boyutsal değişikliğe uğramamalıdır. Hassasiyeti yüksek olmalıdır.
- Ölçüyü eksik çıktığında ekleme yapıp yeniden aynı ölçüyü kullanılmalıdır.

- Ekonomik olmasıdır.
- Sterilize edilebilmelidir.
- Ağız ısısında sertleşebilmelidir.

Geleneksel ölçü materyallerinin hassasiyeti, kullanılan ölçü materyallerinin türü, çalışma odasının sıcaklığı, operatörün el beceresi, tek veya çift ölçü teknikleri kullanılması, bireysel veya özel ölçü kaşığı, hasta işbirliği, oral anatomisi dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir (Gayathridevi, vd., 2016; Menini, vd., 2018).

Işık, tükürük, ısı ve operatör tecrübesi ve el beceresi gibi birçok faktörün ağız içi tarayıcıların başarısını etkilediğini belirtilmiştir. Ayrıca ağız ısısı, ağız içi dokulardan kaynaklanan ışık yansımaları, ağız içi ortamdaki farklı dişlerin pozisyonları, dişlerin açılması, tarayıcı sisteminin tipi, kamera hassasiyeti, kameranın boyutu gibi dijital ölçülerin başarıyı etkileyen faktörlerdir (Gimenez-Gonzalez, vd., 2017; Mangano, vd., 2017; Susic, vd., 2017; Lim, vd., 2018).

## 2.2. Çalışma Modelleri

Çalışma modelleri protetik tedavinin önemli bir parçasıdır. Modeller dişlerin şekillerinin, dental arktaki pozisyonlarının ve hastanın üç boyutlu kapanış ilişkilerinin görselleştirilmesini sağlar. Sadece bir klinik muayene ile karşılaştırıldığında, bu klinisyenin olası bir maloklüzyonu daha doğru ve kesin bir şekilde değerlendirmesini sağlar.

İdeal Bir Model Özellikleri: (Dent, 2005; Kirschneck, vd., 2018)

- Hava kabarcığı veya çıkıntı içermemeli.
- Yüzeyi düzgün olmalı, yoğun ve sertleşmesini tamamlamış olmalı.
- Protezi destekleyecek bütün alanları kapsamalı.
- Retromolar ped in 3-4 mm ilerisine uzanmalı.
- Modelin duvarları dikey olmalı veya dışa doğru konik olmalı ancak içe doğru olmamalı.
- Alt çene modelinin dil boşluğu düzgün olmalı.
- Lingual peripheral kapanma (lingual sulkus, lingual frenulum, sublingual kıvrım boşluğu) tam olmalıdır.
- Modellerde nem izleri görülmemelidir.
- Okluzal düzlem yere paralel olmalıdır.

### 2.2.1. Alçı Model

$\text{CaSO}_4 \cdot \text{S}_2\text{H}_2\text{O}$  (kalsiyum sülfat dihidrat) kimyasal formülüne sahiptir. Alçı çalışma modelleri birçok dezavantajı olmasına rağmen uzun yıllardır dental tanı ve tedavi işlemlerinde altın standard olmuştur (Santoro, vd., 2003). Alçı modellerin hastaların diş arkları, dişlerin konumu ve boyutları hakkında kesin ve güvenilir bilgiler sunduğu deneyimlerden kanıtlanmıştır (Kasparova, vd., 2013).

Alçı ürünleri 5 tipe ayrılır:

- Tip I ölçü alçısı.
- Tip II model alçısı
- Tip III dental alçısı
- Tip IV day (güçük) alçısı sert tip
- Tip V sert alçı; yüksek genleşme, sert tip

Tip 1 ve 2 alçıların grenleri düzgün değildir ve yapısı pörözdür.

Tip 3 alçının (Sert alçı) grenleri Tip 1 alçı (Paris alçısı)'ya göre daha düzgündür.

Grenleri sık ve birbirine daha yakındır.

Tip 4 ve 5 alçıların her ikisi de çok sert alçılardır. Çok sert alçıların grenleri, sert alçılara göre birbirine daha yakın ve çok sıkıdır (McCabe ve Walls, 2013; Nejatian, vd., 2019).

**Alçı Modeldeki Sınırlamalar** (Van Noort, 2012; McCabe ve Walls, 2013)

- Kırılgandırlar, ölçümler ve görüntüleme için sürekli kullanımı modelin aşınmasına, hassasiyetinin azalmasına ve kırılma riskinin artmasına neden olabilir.
- Saklama, Modeller herhangi bir fiziksel hasardan korunmaları için kliniklerde kutular içinde saklanmalıdır.
- Taşınabilirlik, diş hekimi için dental modeli herhangi bir zarar görmeden göndermenin ve almanın kolay bir yolunu bulmak önemlidir ki bu alçı model ile gerçekten zor bir işlemdir.
- İletişim, modellerin ortak olarak gözlenebildiği dijital modeller hekim ve teknisyenler için alçı modellerden daha çok avantaj sunar.
- Ağırır.

### 2.2.2. Dijital Model

Sanal çalışma modelleri kavramı yeni değildir, çalışma modellerini dijital bir formata dönüştürmek için birkaç yöntem kullanılmıştır. 1989'da Yamamoto, vd. bir alçı model üzerinde bir lazer ışını kullanarak üç boyutlu bilgisayarlı modeller oluşturmak için optik bir yöntem tanımladı. O zamandan beri, yazılım geliştirme bu yaklaşımı önemli ölçüde geliştirdi ve dijital modeller ticari olarak satışa sunuldu. 1999 yılının başlarında OrthoCAD™ (Cadent, NJ, ABD) ortodonti pazarına dijital bir model hizmeti sunmuş, ardından 2001 yılında E-modeller (Geodigm Corp., Chanhassen, MN, ABD) klinisyenlerin kullanımı için ulaşılabilir hale gelmiştir. Değerlendirilen her iki ürünün de tedavi planlama sürecine faydalı olduğu bulunmuştur (Yamamoto, vd., 1989). Leifert ve ark. Dijital modellerle alçı modelleri karşılaştırdıkları çalışmalarında dijital modeller ve alçı modeller üzerindeki ölçümler arasında 0,5 mm'den daha az ortalama fark ile klinik uygulama için kabul edilebilir sonuçlar elde etmişlerdir (Yamamoto, vd., 1989). Mevcut dijitalleştirme yöntemleri şunları içerir: tarayıcılarla taranan alçı kalıpları (dokunsal veya dokunsal olmayan), foto-optik dijitalleştirme (ör. Stereofotogrametri), bilgisayarlı tomografik yöntemler ve lazer optik yöntemler (Kasparova, vd., 2013).

#### **Dijital Modellerin Avantajları** (Cuperus, vd., 2012)

- Dijital olarak saklanabilmesi depolama problemini oradan kaldırır.
- Geleneksel ölçüler gibi fiziksel hasara veya bozulmaya maruz kalmazlar ve potasyum sülfat veya diğer bileşikleri serbest bırakmazlar.
- Herhangi bir bilgisayardan görüntülenebilir, böylece erişim hızlı ve verimli olur.
- Elektronik dosyalar elektronik olarak aktarılabilir, bu da daha kolay konsültasyon ve sevk imkânı sağlar.
- Dijital model aynı zamanda “sanal bir kuruluma” izin verme avantajına da sahiptir

#### **Dijital Modelin Dezavantajları:**

Hasta verilerinin dijitalleştirilmesinin, teknik hatalara açık olmanın yanı sıra kötüye kullanıma açık olması gibi riskleri bulunmaktadır. Bunlar, (Kasparova, vd., 2013)

- Donanımın depolama kapasitesi kısıtlamaları nedeniyle büyük miktarda veri depolamadaki sınırlamalar

- Veri kaybı
- Hastaların verilerine yetkisiz erişim

### 2.2.3. 3 Boyutlu (3D) Yazdırılmış Rezin Model

3D baskı, nesnelerin tek seferde üst üste katmanlar yerleştirilerek yapılandırılabilceği endüstriyel taktiği tanımlayan bir terimdir (Torabi, vd., 2015). 1980'lerden itibaren, 3D baskı giderek daha fazla kullanıldı. İlk baskı 1983 yılında Charles Hull tarafından yapılmıştır. Sanallaştırma ile stereolitografi tekniğini kullanan prime 3B yazıcıyı icat ederek üç boyutlu obje yapmıştır. Havacılık, uzay, mimari ve telekomünikasyon ilk kullanım alanlarıdır. Tıp alanında 1990'larda milimetrik parçalara ihtiyaç duyulmasıyla başlamıştır (Torabi, vd., 2015). Uzun yıllar endüstride kullanılan ve son yıllarda biyoteknolojide kullanımı artan 3D yazıcılar ile eklemeli üretim teknolojisi bilgisayar destekli aşındırma/kesme işlemine (CAM) alternatif olmaya başlamıştır. Malzemenin etkin kullanımı açısından bakıldığında, ilave üretim cihazı olarak 3 boyutlu yazıcının kesim işleminden daha üstün olduğuna inanılmaktadır. Eklemeli üretim, aşındırılması zor olan karmaşık yapıların üretilmesini sağlamaktadır (Dawood ve Marti, 2015; M.-E. Park ve Shin, 2018).

İlave/eklemeli üretim teknolojisinin tüm süreci temel olarak dört aşamaya ayrılabilir: (1) İntraoral taramalar (direkt-ağız içinin taranması veya indirekt-modelin veya ölçünün taranması) veya bilgisayarlı tomografi verilerini kullanarak bir yazılımla dijital bir 3 boyutlu model oluşturulması. (2) 3 boyutlu sanal modelin (standard triangulated language (STL)) birçok iki boyutlu katmanlara işlenmesi ve dilimlenmesi (3) 3 boyutlu son ürünün tabaka tabaka yazılması (sinterleme, yapıştırma veya polimerizasyon) (4) basılı nesnenin işlenmesi (ayrılması, tesviyesi, ilave polimerizasyonu) (Dawood ve Marti, 2015; Konidena, 2016).

3 boyutlu yazıcıların diş hekimliği uygulamaları arasında çalışma modellerinin üretimi, dental restorasyonlar (kuronlar, köprüler, kaplamalar), özelleştirilmiş diş implantları, protezler (çıkarılabilir veya sabit), ortodontik aletler, cerrahi şablonlar, tanı/planlama modelleri üretimi ve çene yüz protezleri yer alır. Bunlara ek olarak indirekt olarak burn-out rezinlerin veya kayıp mum tekniğinde kullanılan mumların veya direkt olarak metal ve metal alaşımlarının yazdırılması ile metal yapıların üretilmesinde, rezin kaideli dolguların üretilmesinde, ortodontide braketlerin kısa sürede ve hassas şekilde yerleştirilmesi için sert ve esnek malzemelerden 3 boyutlu

basılmış direkt braket bağlama apareylerinin imalatında, çene-yüz bölgesi defekt protezlerinin sert ve yumuşak baskısının elde edilmesinde, dental implant cerrahisinde rehber plaklarının hazırlanmasında, periodontolojide dişeti maskelerinin yazdırılmasında ve son zamanlarda biomühendislikte greft (yumuşak ve sert doku) üretiminde kullanılmaktadır (Faber, vd., 2006; Fasbinder, 2010; Dawood ve Marti, 2015; Nayar, vd., 2015; Konidena, 2016; Anderson, vd., 2018; Oberoi, vd., 2018).

3B yazıcıları popülerliğinin artması ile 3B model teknolojileri ve teknikleri gelişmektedir. 3B yazdırılmış rezin modeller, CAD/CAM kazınması ile elde edilen veya alçı modellerle karşılaştırılabilir avantajlara sahiptir. 3 boyutlu dijital dental modellerinin geleneksel alçı modellerle yapılan ölçümlerle aynı doğruluk ve hassasiyete sahip olduğunu belirten birçok çalışma bulunmaktadır (Sohmura, vd., 2000; Zilberman, vd., 2003; Quimby, vd., 2004; Lenza, vd., 2010; Kasparova, vd., 2013). Hızlı ve kolay imalat ile yüksek kaliteli restorasyon imkânı sağlarlar. Maliyet hala önemli bir sorun olmasına rağmen, bu restorasyonların kalitesi çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır. 3B yazıcılar kullanılarak hazırlanan modeller tanı ve tedavi amacıyla kullanılabilirler (Van Noort, 2012; Poss, 2014; Grippo ve Kristensen, 2015; Agapovichev, vd., 2016).

2010 yılında Amerikan test ve materyal topluluğu (ASTM) “ASTM F42 Eklemeli Üretim grubu, eklemeli üretim yöntemini 7 ana sınıfa ayırır: stereolithografi (SLA), materyal püskürtme (materyal jetting), erimiş birikim modellemesi (FDM), bağlayıcı püskürtme (binder jetting), toz yatağında kaynaştırma (power bed fusion/PBF), levha tabakalama (sheet lamination) ve doğrudan enerji depolama (direct energy deposition). Bu teknolojiler dental alanda çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde ise en çok kullanılan teknolojiler stereolithografi, seçici lazer sinterleme (SLS), materyal püskürtme ve materyal akıtma (materyal ekstruzyon) teknolojileridir (Mai, vd., 2017; Revilla-Leon, vd., 2017; Revilla-León, vd., 2019).

3B rezin model elde etmek için en sık kullanılan yazıcı teknolojileri ise: multijet, stereolithografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP) ve erimiş birikim modellemesidir (FDM). Yazıcı teknolojilerinin birbirlerine göre son polimerizasyon işlemi, detay, üretim süresi, hassasiyet ve maliyet gibi avantaj ve dezavantajları vardır (Quadri, vd., 2017). Stereolitografinin ve dijital ışıkla işlemenin dezavantajı, sadece ışıkla sertleşen sıvı polimerler kullanılması ve destek materyallerinin çıkarılması gerekliliğidir.

Kullanılan reçinenin dağınık olması, cilt tahrişine neden olması, kısıtlı raf ömrü, yüksek maliyet ve ayrıca temas ve soluma yoluyla iltihaplanmaya neden olması gibi dezavantajları olabilir (Dawood, vd., 2015).

### **3B Modellerin Avantajları:**

- Düşük ağırlık ve çoğu malzemeden düşük kırılma ve hasar olasılığı, dayanıklılık, aşınmaya karşı yüksek direnç, taşınabilirlik ve en önemlisi dijital verileri paylaşma imkânı. Talep üzerine yeni 3 boyutlu modeller üretme olasılığı vardır ve bu da depolama sorununu ortadan kaldırır. Çevre dostu malzemeler kullanarak baskı yapma potansiyeli de vardır (Kasparova, vd., 2013).

### **3B Modellerin Dezavantajları:**

3D baskıyı çevreleyen ana sorunlardan biri yüksek maliyetidir. Eğitimli bir teknisyene ihtiyaç duyulması, hastaların verilerini paylaşmanın yasallığı, kullanılan malzemenin düşük ısı direnci, teknik hatalar nedeniyle dijital verilerin olası kaybı (Martelli, vd., 2016; Zaharia, vd., 2017).

3 boyutlu basılmış modelleri kullanmak için yerine getirilmesi gereken şart, dijital ölçünün ve yazıcının doğruluğu ve hassasiyetidir. Lazer hızı, yoğunluk, açı ve oluşturulan yapının yönü (açısı), katman sayısı, yazılım, katmanlar arası büzülme, destekleyici malzeme miktarı ve işlem sonrası prosedürler gibi farklı faktörler basılı nesnenin hassasiyetini (tutarlılık ve doğruluk), yüzey kalitesini ve mekanik özelliklerini etkileyebilir (Alharbi, vd., 2016; Osman, vd., 2017; Revilla-Leon, vd., 2017; Onlay, 2018; Tahayeri, vd., 2018; Revilla-León, vd., 2019).

Geleneksel yöntemle ve 3 boyutlu baskıyla yapılan dental modellerin doğruluğunun ve tekrarlanabilirliğinin karşılaştırıldığı bir in-vitro çalışmanın sonucunda geleneksel model hazırlama yönteminin, 3 boyutlu yazıcılardan daha güvenilir olduğu bulundu. Farklı 3 boyutlu yazıcı tipleri arasında önemli farklılıklar ( $P < .05$ ) bulundu. Dijital ışık işlemeli ultraviyole polimerize edici polimer, en küçük hacimsel değişimi sergilemiştir. 3 boyutlu renkli haritalarda, deformasyonlar tüm 3 boyutlu yazıcılarla benzer desenlerdedir (Park ve Shin, 2018).

### **Çalışma Model Özelliklerinin Restorasyonun Başarısına Etkileri**

Ana modelin hassasiyeti, netliği ölçü materyali, ölçü tekniği, kaşık tipi, model materyali, model materyalinin hazırlanması ve ölçü materyali ile uyumu gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Alikhasi, vd., 2018; Barbo, vd., 2020).

### **2.3. Dental Tedavi Uygulamalarında Kullanılan Seramikler ve Seramik Benzeri Materyaller**

Seramiklerin 100 yıldan uzun süredir diş hekimliğinde uygulama alanı bulunmaktadır. İlk uygulanan feldspatik seramiğin doğasından dolayı daha çok anterior dişlerde, tam kron, parsiyel kron ve hareketli protezlerin takım dişlerinde kullanıldı. 1960'ların ortasında aluminöz porselenlerin gelişmesi ile dayanıklılık artmış, estetik ve uygulama tekniğindeki değişikliklerle birlikte seramiğin diş hekimliği uygulamalarındaki endikasyonları artmıştır. Günümüzde hekim ve teknisyenlerin erişiminde çok fazla çeşit seramik ve benzeri materyal bulunmaktadır ve seçim materyalin mekanik, translusensi, üretim teknolojisi, hekimin bilgisi ve teknisyenin bilgi ve becerisi gibi faktörler dikkate alınarak yapılmaktadır.

Estetik için artan taleple birlikte, tam seramik restorasyonlar çağdaş diş hekimliği uygulamalarının önemli bir parçasıdır.

#### **Tam Seramikler Restorasyonların Avantajları (Korkmaz, 2015)**

- Diğer restorasyon materyalleri ile karşılaştırıldığında ağız sıvıları ile mükemmel biyolojik uyuma sahiptir.
- Sıkıştırma kuvvetlerine karşı yüksek dirençe sahiptir.
- Yüksek estetik materyallerdir ve ışığı yansıtma özelliğine sahip oldukları ve birçok renk derecesi ve tonuna sahip oldukları için doğal diş yapısının görünümüne daha yakındırlar.
- Geleneksel ve dijital olarak üretilebilirler. En az iki diş hekimi ziyareti ve işlemler arasında biraz geri dönüş süresi gerektiren geleneksel tekniklerin aksine, dijital olarak üretilen monolitik porselen kronlar tek bir randevuda yapılabilir.
- Çok hassas sistemler CAD/CAM ile yapıldıkları için minimum oklüzyon düzeltilmesine ihtiyaç duyarlar.

#### **Tam Seramik Restorasyonların Dezavantajları (Yöndem ve Aykent, 2008)**

- Laboratuvar aşamasında daha hassas ve özenli çalışma gerektirir.
- Çekme kuvvetlerine karşı dayanıklı değildir.
- Kırılgan doğası nedeniyle kullanım alanları kısıtlıdır. Posterior bölgede çok gövdeli restorasyonlar için uygun değildir.
- Pahalıdır ve bazı teknikler özel ekipman gerektirir.

**Tam dental Seramik Restorasyonların Uygulama Alanları** (Daniel Edelhoff, vd.,2011)

- Aşınmış, kırılğan ve renk değışikliği olan dişlerde
- Periodontal sağlığa ihtiyaç duyulan durumlarda
- Diastemalı dişlerde
- Metal alerjisi olan vakalarda
- Okluzyonu yeniden düzenlemek için
- Çok az restorasyon gerektiren dişlerde (inlay, onlay, laminate).

**Tam Seramik Restorasyonların Uygun Olmadığı Durumlar** (Sağsöz, 2015)

- Parafonksiyonel aktivitesi veya bruksizmi olan vakalarda
- Daha önce basamaksız olarak prepare edilmiş dişlerde cam içeren seramikler ve rezin matriks seramikler uygulanamaz
- Derin kapanışı olan vakalarda
- Zayıf plak kontrolü ve yüksek çürük aktivitesi olan hastalarda
- Eksik diş sayısı fazla olan uzun köprülerde

### **2.3.1. Tam Seramik Restorasyonların Sınıflandırması**

Dental seramikler ile ilgili çeşitli sınıflamalar bulunmaktadır. Seramiklerin sınıflandırılması restorasyonların kullanım alanları ve simantasyon şekli hakkında bilgi verecektir. Sınıflandırma önerilen klinik uygulama, içerik, asitlenebilmesi, üretim teknikleri, fırınlama derecesi, mikro yapısı, ışık geçirgenliği, kırılma direnci ve karşıt dişte aşındırma meydana getirmemesine göre yapılır (Gracis, vd., 2015).

#### **2.3.1.1. Üretim Tekniklerine Göre Dental Seramik Sınıflandırması**

##### **1. Isı ve Basınç ile Yapılan Tam Seramik Sistemleri**

Bu sistem, metal döküm tekniğine benzer halde uygulanmaktadır. Önceden seramikleştirilmiş cam porselen tabletlerin yüksek derecelerde sıcaklık ve vakum altında, mufladaki döküm boşluğu yerine basınçla gönderilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu teknikte geliştirilen seramik materyali temel olarak felsdpatik seramik olup lityum disilikat kristalleri veya lösit kristalleri ile güçlendirilmiştir. ısı ve basınç altında şekili verdikten sonra tabakalama tekniği veya boyama tekniği ile restorasyonun son halini yapılmaktadır. Yapım aşamaları kolaydır. Sıcak presleme tekniği ile porozite azalır, marjinal uyum artar (Giordano ve McLaren, 2010).

## **2. Dökülebilir Tam Seramik Sistemleri (Cam seramik)**

Tetrasilik fluormika kristalleri ( $K_2Mg_5SiO_2OF_4$ ) içeren cam seramik restorasyonların kayıp mum tekniği ile eritilmiş cam seramiğin santifruj tekniği ile dökülmesi ile yapılır. Bu sistemin bazı avantajları uygulama kolaylığı, fırınlama büzülmesi az olması, yeterli ışık geçirgenliği ve polisajlanabilir bir sistemidir (Conrad, vd 2007).

## **3. Slip Cast Tekniği ile Hazırlanan Tam Seramik Sistemleri**

Refraktör die üzerinde hazırlandığı tam seramik sistemleridir. Bu sistemde “slip” adı ile bilen alümina partiküllerinin su içerisinde dağılmış hali alçı güdük üzerine tabakalanarak uygulanır. Kapiller basınç etkisi ile su alçı tarafından emilir ve böylece alumina partikülleri alçı güdük üzerine tutunur. Dayanan bu sistemler kullanılarak laminate veneer, onley, inley, yapımında kullanılan bir sistemidir (Conrad, vd 2007).

## **4. Freze Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri**

### **a. Kopya Freze Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri**

Bu tekniğin ana prensibi, anahtarcı tornalarının prensibine çok benzeyendir. Sistemin okuma odasında olan modelajın kopyası sistemin diğer bir bölgesinden aşındırma işleri yaparak çıkarılmaktadır. Kaydeden veriler sisteme aktarılarak aşındırma frezlerin yardımıyla seramik bloklarını şekillendirir (Zhang ve Kelly, 2017).

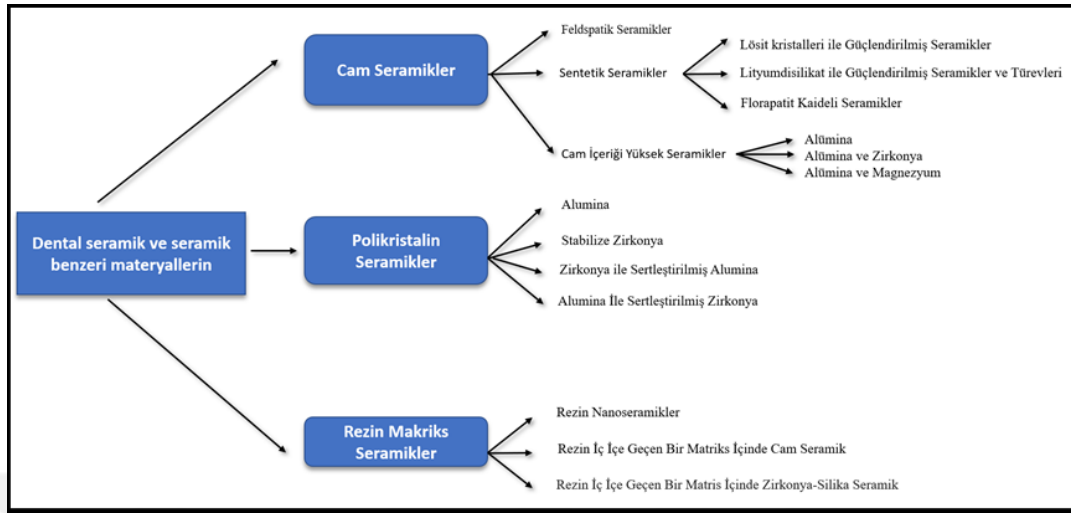
### **b. CAD/CAM Tekniği ile Üretilen Tam Seramik Sistemleri**

Sistemin prensibi; bilgisayarda ölçünün verilerini toplanması daha sonra bu verilerle restorasyonun tasarımları gerçekleştirilmesi ve son olarak tasarımlar doğrultusunda da seramik blokların aşındırılarak restorasyonun üretimini gerçekleştirilmesidir (Hallmann, vd., 2018; Uslu ve Ulukapı, 2019; Valjakova ve Yigovski, 2020).

### **2.3.1.2. İçeriğine (Yapısına) Göre Dental Seramik Sınıflandırması**

En sık kullanılan sınıflama seramikleri (i) camsı materyaller, (ii) partikül dolduruculu camlar ve (iii) cam içermeyen polikristalin seramikler olarak cam içeriğine göre yapılan sınıflamadır (Kelly ve Benetti, 2011; Gracis, vd., 2015). Günümüzde yapılan sınıflamalar yüksek dolduruculu seramik içeren resin matriks seramikleri sınıflamaya dahil etmemektedir. Bu materyaller birçok üretici tarafından üretilmekte ve çok çeşitli uygulama alanı bulmaktadır. Bu materyaller seramik benzeri özellikler gösterdiğinden ve bir sınıflamaya dahil edilmesi gerektiğinden Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA) tarafından “seramik” olarak kodlanmıştır. Seramik restoratif materyallerin yeni sınıflaması: (i) cam matriks seramikler, (ii) polikristalin seramikler ve (iii) resin-matriks seramikler (Şekil 2.6). Bu sınıflamada yer alan

seramik ve seramik benzeri materyallerin tümü günümüzde CAD/CAM teknolojisi ile üretilmektedir (Gracis, vd., 2015).



Şekil 2.6. seramik ve seramik benzeri materyallerin sınıflandırması (Gracis, vd., 2015)

## A. Cam Seramikler

### 1. Feldspatik Seramikler

Bu geleneksel seramik grubu, kil / kaolin (hidratlı alüminosilikat), kuvars (silika) ve doğal olarak oluşan feldspattan (potasyum ve sodyum alüminosilikatların bir karışımı) oluşan üçlü bir malzeme sistemine dayanmaktadır (Gracis, vd., 2015). Diş hekimliğinde Cad/Cam sisteminde kullanılan ilk blok malzeme 1985 yılında feldspatik seramiktir (VITABLOCKS Mark I, Mark II, Triluxe ve RealLife). Cam matris içinde 3-4 mikrometre homojen dağılmış %30 feldspat partikülleri içerir. Bu bloklar inley, onley, laminate veneer, parsiyel kuronlar ve tam kronlar için uygundur (Otto ve De Nisco, 2002). Potasyum feldspat ( $K_2A_{12}Si_6O_{16}$ ) lösit kristalleri oluşturur (kristalin faz), miktarına bağlı olarak, sadece restorasyonun içsel dayanıklılığını arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bu porseleni metal alt yapıların kaplanması için uygun hale getirir (termal genişleme katsayısı, alt yapının yaklaşık %10 veya daha az altında). Bu malzemeler halen metal alaşımı ve güçlendirilmiş seramik alt yapı üzerine veneer malzemesi olarak ve diş üzerine doğrudan yapısına yapıştırılan tam veya parsiyel kron restorasyonu olarak kullanılmaktadır (Ör: IPS Empress Estetik, IPS Empress CAD, IPS Classic, Vita VMK 68, VitaBlock Mark I, VitaBlock Mark II) (Gracis, vd., 2015).

## **2. Sentetik Seramikler**

### **a. Lösit kristalleri ile Güçlendirilmiş Seramikler**

Hammaddelerin doğal kaynaklarına ve bunların içsel varyasyonlarına daha az bağımlı kalmak için, seramik endüstrisi sentetik malzemeler kullanmaya başlamıştır. Kompozisyon üreticiye göre değişir, ancak genellikle silikon dioksit ( $\text{SiO}_2$ ), potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ), sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ve alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) içerir. Lucite kristalleri silikat cam matris hacminin yaklaşık %30-40'ını alır. Seramik ısıtılırken ve soğutulurken lösit kristalleri o sırada büzülür, cam matris lösit kristallerini kendine doğru çeker ve böylece yapı içindeki iç basınç mikro çatlakların ilerlemesini durdurur. Bu bloklar sadece ön bölgede inley, onley, laminate veneer ve tek kron için uygundur (Tinschert, vd., 2000; Gracis, vd., 2015).

### **b. Lityumdisilikat ile Güçlendirilmiş Seramikler ve Türevleri**

2005 yılında piyasaya sürülen lityumdisilikat,  $\text{Li}_2\text{SiO}_5$  camların eğme dayanımı 350 MPa ile 450 MPa arasındadır. Bu eğilme dayanımı 160 MPa olan lösit takviyeli seramiklerinden daha yüksektir. IPS e.max CAD bloğu %40 lityum metasilikattan oluşur Kısmi kristalize edilmiştir. Cam seramiğin mikroyapısı ve içeriğinden dolayı mavimsi renklidir. Mavi seramik, metasilikat ve lityum disilikat çekirdekler içerir ve  $130 \pm 30$  MPa'lık bir eğilme mukavemeti sergiler. Bu durumda, blok kolaylıkla kırılabilir ve bundan sonra restorasyon bir seramik fırında  $850^\circ\text{C}$ 'de vakumda 20-25 dakika süreyle yeniden kristalize edilir. Bu ısıl işlem sırasında metasilikatlar çözülür, lityum disilikat kristalleşir ve aynı zamanda seramik sırlanır. Blok ayrıca maviden seçilen renge ve yarı saydamlığa değişir. Bu durumda seramik, hacim olarak yaklaşık  $1.5 \mu\text{m}$  boyutunda kristallerin hacimce %70'ini içerir ve dayanıklılık olarak 360 MPa'ya yükselir. Bu malzemenin inleyler, onleyler, veneerler, anterior ve posterior kronlar ve implant destekli kronların üretiminde kullanılması tavsiye edilmiştir (Ör:3G HS, Pentron Ceramics; IPS e.max CAD, IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent; Obsidian, Glidewell Laboratories; Suprinity, Vita; Celtra Duo, Dentsply) (Culp ve McLaren, 2010).

### **c. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityumdisilikat Seramikler**

Cam seramiklere ağırlığının yaklaşık %10'u kadar zirkonya ilave edilmiştir. Yeni geliştirilen bu seramik malzeme, küçük tane boyutu ve homojen mikroyapısı ile avantaj sağlamaktadır. Onu diğer cam seramik malzemelerden ayıran en önemli

özelliği mekanik dirençtir. Bu bloklar anterior ve posterior inley, onley, laminate veneer, tek kron ve tek implant destekli kron için uygundur (Griffin Jr, 2013).

#### **d. Florapatit Kaideli Seramikler**

Seramik endüstrisi sentetik malzemeler kullanmaya başladığında çoğu farklı oksitler eklemeye çalışmıştır. Ancak üreticiye göre seramiğin kompozisyonu değişir, genel olarak silikon dioksit ( $\text{SiO}_2$ ), potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ), sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ve alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) içerir. Cam fazları apatit kristalleri ile birleştirilebilir (örneğin, IPS e.max Ceram, ZirPress, Ivoclar Vivadent) (Şenyılmaz, vd., 2004).

### **B. Polikristalin Dental Seramikler**

Polikristalin dental seramiklerin içeriğinde camsı yapı yoktur. Kristal atomları camsı seramikler ile karşılaştırıldığında, daha düzgün, düzenli ve yoğun bir yapı oluşturmaktadırlar. Bu sebepten dolayı, polikristalin seramikler camsı seramiklerden daha dirençli ve serttir. Bununla birlikte, camsı seramiklere göre daha opak yapısına sahiptir, tam seramik restorasyonlarda altyapı olarak da kullanılmaktadır.

#### **1. Alumina**

Bu seramik, yüksek saflıkta  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (%99,5) içermektedir. Orijinal olarak Nobel Biocare tarafından 1990'larında CAD/CAM sistemleri ile altyapı bir materyal olarak sunulmuştur. Bu materyal çok yüksek sertliğe (17 ila 20 GPa) ve oldukça yüksek kırılma direncine sahiptir. Elastik modülü 300 GPa olup, tüm dental seramikler arasında toplu kırılmalara yatkınlığa neden olan en yüksek değerdir. Daha stabilize zirkonyada bulunan güçlendirme yetenekleri gibi daha iyi mekanik özelliklere sahip yeni seramiklerin piyasaya sürülmesi, alümina kullanımının azalmasına neden olmuştur (Gracis, vd., 2015).

#### **2. Stabilize Zirkonyaa**

Saf zirkonya'ya kalsiyum oksit (%16 mol  $\text{CaO}$ ), magnezyum oksit (%16 mol  $\text{MgO}$ ), itriyum oksit (%8 mol  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) ve seryum dioksit gibi stabilize edici oksitler katılarak elde edilir. Tam ve yarı stabilize zirkonya olmak üzere iki çeşiti vardır. Tam stabilize zirkonya kübik form içerir. Sertliği ve termal şok direnci yüksek dereceldedir. Saf zirkonyaya daha küçük oranlarda stabilize edici oksitler ilave edilerek yarı stabilize zirkonya (PSZ) elde edilir PSZ'nin daha iyi mekanik özellikleri mevcuttur. (Sönmez, 2009; Turp ve Gültekin, 2017).

### **3. Zirkonya ile Sertleştirilmiş Alumina ve Alumina ile Sertleştirilmiş Zirkonya**

1976'da Claussen ilk olarak, alüminaya stabilize edilmiş zirkonyum eklenmesinin, çatlak önü ve zirkonyumun tetragonaldan monoklinik dönüşümü sırasında oluşan önceden var olan mikro çatlaklar arasındaki etkileşimlerle birlikte çatlak önü ve ikinci aşama arasındaki etkileşim nedeniyle alüminanın kırılma mukavemetini artırdığını açıkladı. Zirkonya veya alümina içeriği talebe veya üreticiye göre değişmektedir.

En yeni teknoloji, sinterlemeden önce zirkonya nano partiküllerini alümina mikro partiküllerine uygulama yöntemleriyle ilgilidir. Y-TZP ile karşılaştırıldığında bu seramik malzemelerin avantajları, w-sıcaklık bozulmasına karşı direnç, daha yüksek yapısal mukavemet ve kırılma tokluğu ile Y-TZP'nin dögüsel yorgunluk mukavemetidir (Balcı, 2015; Akarca, 2019).

#### **C. Rezin Makriks Seramikler**

Rezin-matrik seramiklerin geleneksel seramiklere kıyasla dentinin esneklik modülünü daha az taklit eden bir malzeme olması, malzemenin aşındırılması ve uyumlanmasının cam matris seramiklerinden (örneğin lityum disilikat ailesinin sentetik seramikleri) veya polikristalin seramiklerden daha kolay olması ve kompozit rezin ile onarım veya modifikasyonun kolay olması gibi avantajları bulunmaktadır. Reçine-matris seramik bileşimi önemli ölçüde değişiklik gösterir, ancak bunlar özellikle CAD/CAM için formüle edilmiştir. Şu anda, reçine-matris seramik malzemeler, inorganik bileşimlerine göre aşağıdaki gibi birkaç alt aileye ayrılabilir (Gracis, vd., 2015; Mainjot, vd., 2016; Spitznagel, vd., 2018).

##### **1. Rezin Nanoseramikler**

Kırılma, seramik materyalinin yaygın olarak kullanılmasını sınırlayan en önemli nedendir; nano ölçekli ikinci partiküllerin seramik matris kompozitlerinde dağılımı, seramik malzemelerin doğası gereği düşük kırılma tokluğunun üstesinden gelmek için mekanik özelliklerde önemli iyileştirmelerle sonuçlanabilir. Nanoseramikler, ağırlıkça %80 nanoseramik partiküllerden ve üretan dimetakrilat (UDMA) monomer içerikli bir reçine matrisinden oluşur. Nanoseramiğin yapısı, 20 nm çapında silika nanomerleri ve 4-11 nm çapında zirkonya nanomerlerini içerir. Silan rezin, matriks ile nanomer arasındaki kimyasal bağlantıyı sağlamak için blokların

üretimi sırasında kombinasyona eklenir. Seramik ile karşılaştırıldığında, karşıt dişe o kadar fazla aşındırma yapmaz, glaze yapılmasına gerek yoktur ve cilalanması daha kolaydır ve ayrıca onarımlar veya eklemeler de ışıkla polimerize kompozitler kullanılarak kolayca yapılabilir (Ör: Lava Ultimate, 3M ESPE) (Mainjot, vd., 2016; Spitznagel, vd., 2018).

## **2. Rezin İç İç Geçen Bir Matriks İçinde Cam Seramik**

Bu tipik olarak ikili bir ağdan oluşur: feldspatik bir seramik ağ (ağırlıkça %86, hacimce %75) ve bir polimer ağ (ağırlıkça %14, %25 hacimce). Seramik parçanın spesifik bileşimi %58 -63 SiO<sub>2</sub>, %20 - 23 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 9 - 11 Na<sub>2</sub>O, % 4 - 6 K<sub>2</sub>O, % 0,5 - 2 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1'den az Zr<sub>2</sub>O ve CaO'dir. Polimer ağı, UDMA ve trietilen glikol dimetakrilattan (TEGDMA) oluşur. Bu üreticiler tarafından hibrit seramik olarak adlandırılır. VitaEnamic (VITA, BadSäckingen, Germany) blokları, polimer ve seramikten yapılan ilk bloktur. Polimerin avantajı, polimer malzemenin yapısında, gerilim emici olarak çalışan ağır bir ağa sahip olmasıdır. Bu avantaj, kendilerine gerekli esnekliği sağlayan minimal invaziv restorasyonların geleceği için önemlidir ve minimum diş hazırlığı gerektirdiği için diş yapısını korur. Ayrıca polimer ağır ağ yapısının varlığı olası bir çatlakın ilerlemesini engeller, doğal dentin yapısına çok yakın olan 30 Gpa elastikiyete sahiptir. Anterior ve posterior inley, onley, lamina veneer, full kronlar ve implant destekli kronlar için uygundur (Lauvahutanon, vd., 2014; Gracis, vd., 2015).

## **3. Rezin İç İç Geçen Bir Matris İçinde Zirkonya-Silika Seramik**

Silika tozu, zirkonyum silikat, UDMA, TEGDMA, mikro füme silika, pigmentler (örneğin, Shofu Block HC, Shofu) gibi seramik ağırlık yüzdesindeki varyasyonun yanı sıra farklı organik matrislerle özel olarak tasarlanmış, inorganik içeriği ağırlıkça %60' tan fazlasını içerir. Diğer bir örnek, bisfenol A glisidil metakrilat (bisGMA), TEGDMA polimer matrisine gömülü %85 ultra ince zirkonya silika seramik parçacıklarından (küresel 0,6 µm) ve patentli bir üçlü başlatıcı sistemden (MZ100 Blok, Paradigm MZ-100 Bloklar, 3M ESPE) oluşan kompozittir (Block, 2000; Gracis, vd., 2015).

### **2.3.2. CAD/CAM Teknolojisi ile Üretilen Diğer Materyaller**

#### **a. Geçici Restorasyon Materyalleri**

CAD/CAM teknolojisi ile üretilen geçici kron ve köprü restorasyonları geçici restorasyonlar hasta ağızında uzun süre kalacak ise tercih edilir. Renk sabitliği, kırılma

dayanıklılığı ve geleneksel geçicilere göre daha yüksek sertlik gibi özellikleri bulunmaktadır. Yüksek oranda çapraz bağlantılı mikrofil polimerler materyali (Vita CAD-Temp/Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ve çapraz bağlantılı polimetil metakrilat materyali (PMMA) (Telio CAD/ Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) en sık tercih edilen CAD/CAM geçici kronlara örnek gösterilebilir.

Vita CAD %83–86 PMMA, %14 silika mikro doldurucu ve renk pigmentleri (%<0.1) içermektedir. Telio CAD % 99.5 PMMA, pigmentler (%<1) içermektedir. Telio CAD içeriğinde Vita CAD den farklı olarak doldurucu bulunmamaktadır. CAD/CAM geçici kron materyalleri farklı renk seçeneklerinde 2 ve 5 akslı kazıyıcılar için blok ve disk şekillerinde bulunmaktadır (Sönmez, 2009; Selz, vd., 2016; Turp ve Gültekin, 2017; Popa, vd., 2019).

### **b. Polietereterketon**

Polimerik bir malzeme olan polietereterketon (PEEK), poliarileterketon (PAEK) ana grubundan bir polimerdir. PEEK, CAD/CAM frezleme için endüstriyel olarak preslenmiş bloklar, endüstriyel olarak önceden preslenmiş peletler veya granüller şeklinde bulunmaktadır. Elastik modülü (3-4 GPa) dentine yakındır. Düşük plastik deformasyon, düşük aşınma özelliğine ve yüksek kırılma dayanıklılığına sahiptir. Geçici ve daimî tek tam kron ve daimî kron/köprü alt yapı materyali olarak, klasik hareketli bölümlü protezlerde, implant üstü geçici simante ve vidalı kron köpülerde ve geçici tüm ağız implant üstü vidalı restorasyonlarda uygulama alanı bulmaktadır (Külünk, vd., 2017).

### **c. Fiberle Güçlendirilmiş CAD/CAM Materyalleri**

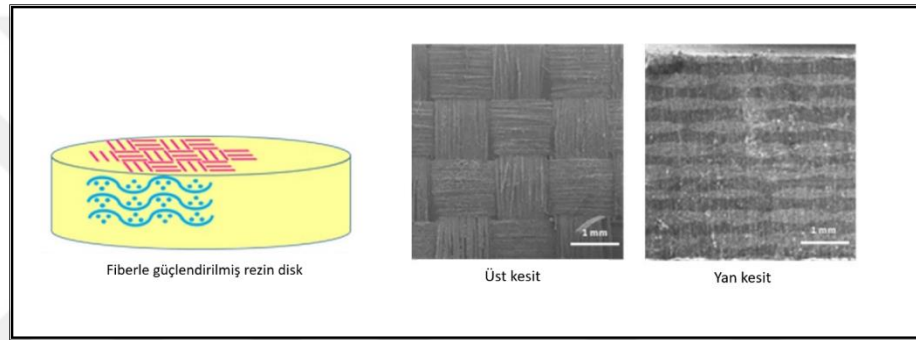
Son otuz yıldır, dental polimerler farklı tedaviler için değişik tipte fiberler ile güçlendirilmeye çalışılmıştır. Restoratif materyallerin fiberlerle güçlendirilmesi ile restorasyonların mekanik özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır. Fiberlerin oryantasyonu, fiber içeriği ve geometrisi materyalin mekanik özellikleri üzerine etkilidir. (Dyer, vd., 2004; Kundie, vd., 2018).

Dental protezler gibi küçük ölçekli yapılar için fiberle kuvvetlendirilmiş kompozitin (FRC) kalitesi ve karakteristik yapısı önemlidir. Protezi ve protezin komponentlerini (konnektör, gövde ve tutucu) tasarlarken fiber güçlendirme optimal olmalıdır (Çulhaoğlu, vd., 2013; Yasue, vd., 2019). İlk olarak 1960'larda kullanılmıştır. Polimetil metakrilatı güçlendirmek için cam fiberler kullanmıştır. 1990'larda sabit protez restorasyonları üretmek için FRC'ler kullanıldı. Son zamanlarda rezin kaideli cam fiberler sabit protezlerde metal alt yapı yerine

uygulanma alanı bulmaya başlamıştır (M A Freilich, vd., 2000; Martin A Freilich, vd., 2002 Butterworth, vd., 2003). Fiberler önceden bir rezin içerisinde gömülü formda veya daha sonradan rezin ile doyurulmak için hazır formda bulunabilirler. Son yıllarda CAD/CAM teknolojisi ile üretim için blok veya disk şeklinde hazır formları da bulunmaktadır.

### Trinia

Trinia CAD/CAM diskleri ve blokları, çeşitli katmanlardaki çok yönlü cam-fiberler ve rezinden iç içe geçmesi ile oluşan bir yapıdadır (Şekil 2.7). Hafif olmanın avantajına ek olarak, Trinia büyük bir bükülme mukavemetine ve dentine benzer bir bükülme esneklik modülüne sahiptir (Suzaki, vd., 2020).



Şekil 2.7. Trinia FRC diskin kesitsel görünümü (Suzaki, vd., 2020)

Trinia (FRC), %40 epoksi rezin ve %60 cam-fiberlerden oluşur. Elastik modülü (19 Gpa) dentinin elastik modülüne (12-14 GPa) yakındır. Bu materyalin özellikleri: (Freilich, vd., 2000; Bonfante, vd., 2015).

- Bükülme dayanıklılığı yüksektir (390 MPa N / mm<sup>2</sup>)
- % 0.03 oranında çok düşük su adsorpsiyonu.
- Dayanıklılığı yüksektir.
- Trinia ve dayanakların bağlama çok stabildir yaklaşık 18 MPa'ya ulaşır.

Geçici ve daimî anterior ve posterior tek tam kron ve köprüler, koping, inlay, onlay gibi parsiyel kronlar, kron içi post ve core uygulamaları, implant üstü simante ve vidalı tek kron, köprü ve bar uygulamaları, implant üstü hibrit protez uygulamaları, hareketli parsiyel ve tam protezler endikasyonları arasındadır (Ewers, vd., 2017; Ewers ve Seemann, 2020).

CAD / CAM minimum işlem süresine rağmen Trinia'nın bükülme sertliği “flexural rigidity” ve sıkıştırma mukavemeti “compression strength” yüksektir. Hafifliği nedeniyle kullanım konforu mükemmeldir (Passaretti, vd., 2017).

### 2.3.3. Materyal Seçim kriterleri

Pratik diş hekimliğinde, doğru materyalin seçimi için kriterler;

- Hastaya göre; Bazı hastalar seramik yüksek maliyetini karşılayamadıkları için bu durumda başka seçeneğe gitmemiz gerekmektedir. Hastanın beklentisi.
- Mekanik beklentiler ve materyalin mekanik özellikleri
- Destek diş yapısının sağlamlığı, destek dişlerdeki çürük ve miktarı, estetik için gerekli alan ve renk değişimi, altyapı, dentinin yapısı
- Yapıştırma özellikleri
- Destek dişlerin vitalitesi
- Oral hijyen
- Beslenme alışkanlıkları
- Parafonksiyonel hareketler ve zararlı alışkanlıklar

(Afrashtehfar, vd., 2017; Tsanova, vd., 2018)

### Restorasyon Başarısına Etki Eden Faktörler

- Hekim ve Teknik Eleman

Hekimin ve yardımcıların bilgisi, tecrübesi ve el beceresi, diş ile tam uyumlu bir restorasyonun yapımında önemli bir faktördür. Hekimin aldığı ölçüden, seçilecek materyalden, uygulanacak siman gibi birçok faktör hekim ve teknik ekip tarafından restorasyon başarısına etki etmektedir.

- Preparasyonun formu ve destek diş dokusu

Preparasyonun anatomik kron boyutlarında, restorasyonu yerinden çıkararak yatay ve dikey kuvvetlere direnç gösterecek formda hazırlanması ve preparasyon bitim sınırının belirgin olması restorasyonların uyumunu etkilemektedir. Tam seramik restorasyonlarda iç açısı yuvarlatılmış 90 ° shoulder veya chamfer basamağın kullanımı tavsiye edilmiştir.

- Materyal Seçimi

Kullanılan tüm materyaller ve teknikler direkt ya da indirekt olarak kenar uyumuna etki etmektedir. Metal destekli seramik restorasyonlarda değerli alaşımlar kullanıldığında (altın, platin ve palladium) alaşımının dökülebilirliğine bağlı olarak kenar uyumu mükemmeldir. Laboratuvar işlemlerinde model elde etme, döküm ve modelaj işlemlerinde kullanılan materyaller ve işlem sırasında teknik beceri restorasyonların başarısına etkileyen faktörlerdir.

- Siman Özellikleri

Kullanılan simantasyon materyali önemli bir biçimde uygulanmadığında teknik açıdan mükemmel bir restorasyonun kısa sürede başarısızına sebep olabilir. Simantasyon tekniğinden kaynaklanabilecek sorunlardan bazıları erken temas, sekonder çürük oluşumudur, restorasyonun düşmesi ve pulpitis (Şenyılmaz, vd., 2004).

#### **2.4. Restorasyonlarda Kenar ve İç Uyum**

Diş ölçülerinin doğruluğu özellikle restoratif diş hekimliğinde önemlidir. Bugüne kadar çok az sayıda araştırmacı, dijital ölçülerin ölçü doğruluğunu in vivo olarak ele almış, ancak birkaç in vitro çalışma dijital ölçülerin doğruluğunu tanımlamıştır. Doğruluk ölçümleri için gerçekliğin in vivo ölçülmesi zordur. Doğruluk ölçümleri için, test deneğinin gerçek boyutları bilinmelidir (ISO 5725-1). Bu, yüksek doğrulukta işlenmiş küçük geometrik parçalar için veya yüksek doğrulukta referans tarayıcılarla elde edilen gerçek dental geometri için mümkündür. Ancak hastanın ağzının içinde bu yöntemler uygulanamaz. Bu nedenle, in vivo araştırmalar tipik olarak tekrarlanan ölçülerden kesinlik ölçümleri olarak gerçekleştirilir. Hassasiyet, ikinci doğruluk parametresidir ve farklı ölçü yöntemlerinin tekrarlanabilirliğini yansıtır. Bununla birlikte, in vitro doğruluk ve hassas ölçümlerle birlikte, ölçü yönteminin doğruluğunu karakterize etmek mümkündür (Ender ve Mehl, 2013; Ender; Ender, Zimmermann,, vd., 2016).

Protez monolitik kron, yumuşak dokulara müdahale etmeden forma girmelidir. Dişeti irritasyonu ve periodontal komplikasyonlar gibi ağız boşluğunun biyolojik süreçlerinde herhangi bir değişikliğe neden olmamak için sadece diş yapısına dahil edilmelidir. Marjinal uyum, diş kronu restorasyonunun klinik başarısı için bir anahtardır. Restorasyon ile diş yapısı arasında ne kadar az boşluk kalırsa, restorasyonların ömrü o kadar uzun olur. Ancak, aralarında ne kadar çok boşluk olursa,

ikincil çürüklere ve pulpa iltihabına, hatta pulpa nekrozuna yol açan siman çözünme riski o kadar fazla artar. Mantıksal olarak ideal adaptasyonu, klinik pratikte elde etmek mümkün değildir, çünkü diş hazırlama aşaması bitiminden başlayarak simantasyon aşamasıyla birlikte çeşitli hatalar meydana gelebilir. Kabul edilebilir marjinal açıklık ile ilgili kesin değer yoktur. Bazı çalışmalar, <120 µm'lik bir marjinal boşluğuna kabul edilebilir olduğunu belirtirken, diğer çalışmalar ≤75 µm'u işaret etmektedir. Bununla birlikte, simante restorasyonlar için marjinal boşluğun 25 ile 40 µm arasında olması gerektiğini söyleyen çalışmalar da bulunmaktadır

( Nakamura, vd., 2003; Mounajjed, vd., 2016; Benli, vd., 2019). Bir kronun iç yüzeyi, restorasyonların retansiyonunu ve direncini artırmak için kritiktir. Daha iyi adapte edilmiş bir krona sahip olmak, kronun başarısını ve uzun ömürlülüğünü artıracaktır. Düzensiz bir iç yüzey, kronun tamamen oturmasına engel olabilir ve açık bir kenar boşluğuna neden olabilir (Halawani ve Al-Harbi, 2017).

Preparasyon kriterleri, kullanılan ölçü materyalleri ve teknikleri, restore etmek için kullanılan materyaller, laboratuvar işlemleri, kullanılan simanın tipi ve özellikleri, simantasyon sırasında kuvvet, nem ve sıcaklık gibi faktörler, marjinal uyumu etkiler (Mounajjed, vd., 2016; Benli, vd., 2019).

#### **2.4.1 Kenar ve İç Uyumu Değerlendirme Yöntemleri**

##### **1. Kesitsel Yöntem:**

Kesme tekniği, restorasyonun simantasyonundan sonra yapıldığı ve tüm örneklerin yok olmasına yol açtığı için uygun bir teknik değildir ve bu tekniğin ana dezavantajıdır. Restorasyonun yarı yarıya kesilerek iyi bir enine kesit oluşturmasıyla yapılan bu teknik, daha sonra optik veya elektron mikroskobu kullanılarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, bu tekniğin avantajı, iç uyumu ve marjinal tutarsızlığı aynı anda doğru bir şekilde ölçmemize izin vermesidir (Gamarra, vd., 2018; Son, vd., 2019).

##### **2. Silikon Replika Tekniği (SRT):**

SRT, dış yüzeyi ile restorasyonun iç yüzeyi arasındaki boşluğu, siman film kalınlığını temsil eden ve akışkanlığı düşük silikon ölçü maddesinin daha yoğun kıvamda silikon ölçü maddesi ile desteklendiği bir tekniktir. Bu tekniğin avantajları, iç uyumu ve marjinal tutarsızlığı aynı anda ölçmemize izin vermesi, düşük maliyetli teknik olması ve ağız boşluğunda bile kullanımı kolay olmasıdır. Ancak silikon

malzemelerin kullanılması, bu tekniğin en çok dezavantajı olan deformasyon ve yırtılmayı mümkün kılmaktadır (Colpani, vd., 2013).

### **3. Üçlü Tarama Yöntemi:**

Üçlü tarama tekniği, 3 boyutlu veri analizi yazılım sistemi kullanılarak iç uyumu ve marjinal uyumsuzluğu ölçmek için 3 boyutlu dijital tasarım yapmak için deneme aşamasında restorasyonların iç ve dış yüzeylerinin ve dişlerin taranmasıyla yapılan dijital bir tekniktir. Yıkıcı ve radyoaktif olmayan teknik, bize herhangi bir zamanda sadece tarayarak bir karşılaştırma sonucu sağlayabilir. Bununla birlikte, örneklerin taranması sırasında üst üste binme nedeniyle bazı hatalar meydana gelebilir (Anadioti, vd., 2014).

### **4. Micro-Bilgisayarlı Tomografi (MCT):**

MCT tekniği, iç uyumu ve marjinal tutarsızlığı ölçmek için radyografiyi kullanan bir tekniktir. Bu tekniğin en önemli avantajı, dijital analizi kullanmanın bize restorasyonun tamamı veya hatta analiz etmek istediğimiz herhangi bir parçası için yüksek bir çözünürlük vermesidir. Bununla birlikte, bu tekniğin dezavantajları, artefaktların varlığı nedeniyle metalik restorasyonların ölçülmesindeki zorlukları içerir. Bununla birlikte radyasyona maruz kalma riski yüksektir (Uzgur, vd., 2018).

### **5. Optik Koherens Tomografi:**

Optik koherens tomografi tekniği, tutarlı ışık kullanarak optik çeşitli rastgele ortamlarda daha yüksek çözünürlüklü 2D veya 3D görüntüleri kullanarak iç uyumu ve marjinal tutarsızlığı ölçen bir tekniktir. Yıkıcı ve radyolojik olmayan bu tekniğin avantajları, gerçek zamanlı olarak daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmesini sağlar. Bununla birlikte, bu tekniğin dezavantajı, kalın veya opak malzemelerin ölçülmesindeki zorluktur (Mitchell, vd., 2001).

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından **PYO.DIS.1904.19.002** proje numarası ile desteklenmiştir.

“Dijital ve geleneksel ölçülerden elde edilen modeller üzerinde hazırlanan farklı kronların kenar ve iç uyumlarının değerlendirilmesi” başlıklı tez çalışmasında kullanılan materyaller Tablo 3.1’de, cihazlar Tablo 3.2’de gösterilmektedir. Yaptığımız in-vitro tez çalışmasında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Magicart Milling Laboratuvarı ve Özel Zirkon Dental Laboratuvarı imkanlarından yararlanılmıştır.

Tablo 3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller:

Materyal	İçerik	Marka	Üretici Firma	Üretim No
Fiber destekli kompozit	Çok-yönlü cam fiberler, polimer, çok katmanlı polimer ve epoksi rezin	Trinia	BiconDentalImp lants, Boston, MA, USA	260-612-115
Lityum disilikat blok	Silikon dioksit, Lityum oksit, Potasyum oksit, Magnezyum oksit, Alüminyum oksit, Fosfor pentoksit ve diğer oksitler.	e.max CAD	IvoclarVivaden, Schaan, Liechtenstein	626407
Zirkonya disk	Zirkonyum dioksit 4.95-5.35%, Alüminyum oksit 0.15-0.35%, Silikon dioksit <0.02%, Demir oksit <0.01% ve Sodyum oksit <0.04%	GC initial zirconya disk	GC DentalProducts, USA	878123
Taranabilir ilave silikon ölçü materyali	Polivinilsiloksan Polimer, Metilhidrojeniloksan, Organoplatin Kompleksi, Sürfaktan, Pigmentler, Nane ve Vanilya Aromaları, İnorganik Doldurucular.	Hydrorise Implant Heavy Body+Light body	Zhermack Spa, Badia Polesine, Italy	C207091
Orta kıvamda ilave silicon ölçü materyali	Alfa hemihidrat, 2-3% renklendirici madde, K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hızlandırıcı, boraks-geciktirici.	Elite HD+ regular body	Zhermack Spa, Badia Polesine, Italy	C207090

Tip 4 sert alçı	Alfa hemihidrat, % 2 renklendirici madde, Hızlandırıcı, Boraks - Geciktirici	2 ila 3	Elite Rock	Zhermack Spa, Badia Polesine, Italy	C410308
Işıklı polimerize olan 3D yazıcı rezini	Methacrylic oligomer phenyl trimethylbenzoyl)-phosphine oxide 0-5%, akrilik esterler.	10-25%, 7	dimaPrint Model	Kulzer, Germany	66069100

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan cihazlar ve kullanım amaçları:

Cihaz	Marka	Üretici Firma	Kullanım amacı
Ağız içi tarayıcı	Medit i500 intra oral scanner	Seoul, Korea	<b>Dijital ölçülerin alınması</b>
Alçı vibratörü	Vibratör Pulse 4	Rotaks-Dent -turkey Istanbul	Alçı modelden hava kabarcıklarını uzaklaştırmak
Otomatik elastomerik ölçü karıştırıcı	Modulmix	Zhermack Spa, Badia Polesine, Italy	Elastomerik ölçü maddesinin hazırlanması
Elastomerik ölçü kartuş karıştırıcı	D2 Dispenser	Zhermack Spa, Badia Polesine, Italy	Elastomerik ölçünün karıştırılması
3 Boyutlu yazıcı	EnvisionTEC Dental 3D Printers	ENVISIONTEC, INC-USA	3B modellerin üretilmesi
Frezeleme cihazı	Redon Hybrid	Kartal / Istanbul / Turkey	Disklerin kazanması
Stereomikroskop	Olympus microscope bx50	Amsinckstrasse - Germany	Silikon replikanın incelenmesi
Porselen fırını	Programat P80 IVOCLAR	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Sinterleme işlemleri
Zircon sinterizasyon fırını	Sirona inFire HTC speed	GmbH, Bensheim, Germany	Sinterleme işlemleri
Ultrasonik temizleme cihazı	Isolab ultrasonic cleaner	Germany	Örneklerin temizlemesi
Dinamometre cihazı	Algol NK-100	İstanbul – Türkiye	Sabit bir kuvvet uygulamak için

### 3.1 Test Örneklerinin Hazırlanması

#### 3.1.1. Deney Gruplarının Oluşturulması

Dijital ve geleneksel yöntemlerle elde edilen farklı modeller üzerine hazırlanan kron restorasyonların kenar ve iç uyumlarının değerlendirildiği çalışmamızda gerekli örnek sayısını belirlemek için yapılan Power Analizi sonucuna göre; puan ortalaması

-6.02325 (+/-) 2.47 alınarak, % 80 örnek gücü, % 5 hata payı ile her bir alt grup için 6 örneğin yeterli olabileceği bulunmuştur. Çalışmamızda her bir alt grup için 10 örnek kullanılmasına karar verilmiştir. Dijital ve geleneksel yöntemle alınan ölçülerden elde edilen 5 farklı model üzerine 3 farklı restorasyon hazırlanacaktır. Çalışma grupları ve açıklamaları Tablo 3.3.'te gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Çalışma grupları

Ölçü	Model	Materyal	N	
Geleneksel Ölçü (Taranabilen İlave Silikon Ölçü Maddesi)	Taranabilir ölçü STL model: ölçünün intraoral tarayıcı ile taranmasından elde edilen Dijital STL model	Lityum disilikat (E.max) Zirconya (GC initial) Fiber destekli kompozit (trinia)	10 10 10	
	Alçı model: Taranabilen ölçüye Tip 4 dental alçı dökülerek elde edilen model	Lityum disilikat (E.max) Zirconya (GC initial) Fiber destekli kompozit (trinia)	10 10 10	
	Taranabilir ölçü 3D rezin model: Laboratuvar tarayıcısında taranan ölçüden 3D yazıcıdan yazdırılan model	Lityum disilikat (E.max) Zirconya (GC initial) Fiber destekli kompozit (trinia)	10 10 10	
	Dijital Ölçü	Dijital STL model: intraoral tarayıcıdan STL formatında elde edilen dijital model	Lityum disilikat (E.max) Zirconya (GC initial) Fiber destekli kompozit (trinia)	10 10 10
		3D rezin model: intraoral ölçüden 3D yazıcıdan yazdırılan model	Lityum disilikat (E.max) Zirconya (GC initial) Fiber destekli kompozit (trinia)	10 10 10

### 3.1.2. Fantom Diş Preparasyonu

Bir fantom model üzerinde (frasaco ANA-4, Frasaco, Tettnang, Germany) sağ maksiller 1. büyük azı dişi anatomik kron preparasyonuna uygun şekilde (2 mm okluzal preparasyon, 1 mm shoulder basamak, 30° kasp eğimleri, 6-10° konverjans açısı) prepare edildi. Preparasyon miktarı silikon indeks yardımı ile kontrol edildi. Preparasyon sonrasında akrilik partikül artıklarının diş yüzeyinden uzaklaştırılması için elmas frezlerden ve aşındırıcı kompozit disklerden daha az aşındırıcı özelliğe sahip karbid kompozit bitirme frezleri kullanıldı (Resim 3.1).



Resim 3.1. Silikon indeks yardım ile fantom diş preparasyonu a. Okluzal görünüm b. Bukkal görünüm c. Silikon indeksin bukkaligüval kesiti d. Silikon indeksin meziodistal kesiti

### 3.1.3 Ölçü Alınması

Preparasyon sonrasında modelden geleneksel ve dijital ölçü yöntemleriyle ölçü alındı.

#### 3.1.3.1 Geleneksel Ölçü:

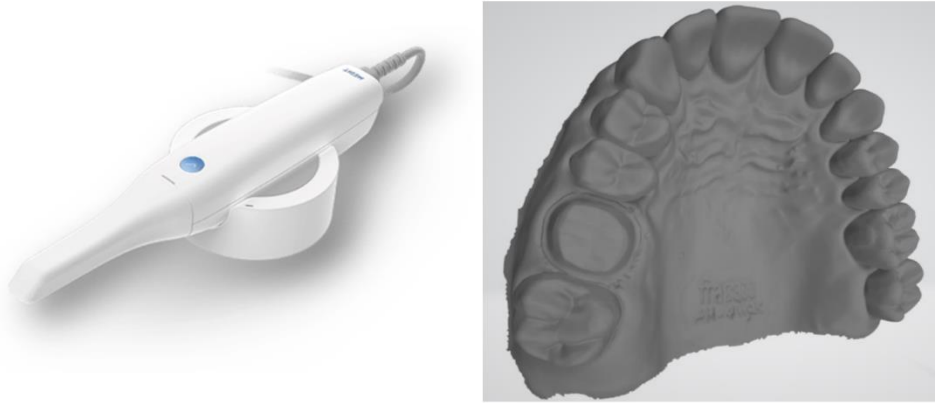
Prepare edilen diş model üzerindeki yerine yerleştirildikten sonra dijital olarak taranabilen ilave silikon ölçü maddesi (Hydrorise Implant heavy/light, italy) ve metal ölçü kaşıkları ile tek aşamalı çift viskozite ölçü tekniği ile ölçüler alındı. Yoğun kıvamdaki ölçü maddesi bir otomatik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra metal kaşık üzerine yüklendi. Daha sonra akışkan kıvamdaki ölçü maddesi (light body) bir karıştırma tabancası ile karıştırıldıktan sonra prepare edilen diş çevresine ve üzerine enjekte edildi. İçinde yoğun kıvamda ilave silikon ölçü maddesi olan ölçü kaşığı model üzerine yerleştirildi ve elle sabit şekilde ölçü maddesi sertleşene kadar tutuldu. Sertleşmesi tamamlanan ölçülerin yüzeyleri bir büyüteç ile incelendi. İstenmeyen yüzey özelliği gösteren ölçüler çalışmaya dahil edilmedi ve ölçüler yenilendi. Toplam 10 adet ölçü elde edildi (Resim 3.2).



Resim 3.2. İlave silikon maddesi ile alınan geleneksel ölçüleri

### 3.1.3.2 Dijital Ölçü:

Prepare edilen dişin ve arkın ölçüsü bir dijital ağız içi kamera yardımı ile (medit i500 ağız içi tarayıcı, Seoul, Korea) alındı. Tarama işlemine (veri toplama) dişin oklüzal yüzeyinden başlandı, daha sonra bukkali, palatal ve ardından interproksimal taramalar yapılarak tamamlandı. Taramalardan elde edilen 3 boyutlu sanal görüntü, STL (Standard tessellation language: standart dönüştürme dili) dosya formatı olarak kaydedildi. Bu işlem 10 kez tekrarlandı. Dijital ölçü ile ilgili işlemler aynı gün ve aynı fiziksel koşullarda gerçekleştirildi. Her tarama sonrasında cihazın soğuması için 10 dk ara verildi (Resim 3.3).



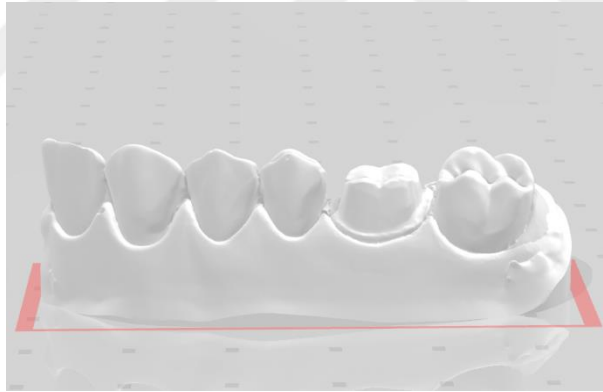
Resim 3.3. Medit i500 ağız içi tarayıcı ve dijital ölçü

### 3.1.4. Model Elde Edilmesi

2 farklı teknikle alınan ölçülerden 5 farklı model hazırlandı.

#### 3.1.4.1 Geleneksel Ölçülerin Taranması ile Elde Edilen Dijital STL Model (Grup 1):

Geleneksel ölçüler (n:10) bir ağız içi tarayıcı (medit i500) kullanarak tek tek taranmıştır ve her bir taramadan elde edilen 3 boyutlu sanal görüntü, STL dosya formatı olarak kaydedildi. Daha sonra, medit iScan programı yardımı ile her bir dosyanın tasarımları yapıldı ve toplam 10 ölçü dijital modeller olarak kaydedildi. Dijital ölçü ile ilgili işlemler aynı gün ve aynı fiziksel koşullarda gerçekleştirildi. Her tarama sonrasında cihazın soğuması için 10 dk ara verildi (Resim 3.4). Kron restorasyonların tasarımı Exocad (Fraunhofer Organization-2010-almanya) programı yardımıyla bu dijital modeller üzerinde yapıldı. Karşit mandibular arkın ölçüsü ağız içi tarayıcı ile alındı ve medit iScan programı ile tasarlama yapıldıktan sonra dijital model olarak kaydedildi.



Resim 3.4. Geleneksel ölçülerin taranması ile elde edilen dijital STL model

#### 3.1.4.2 Alçı Modeller (Grup 2):

Geleneksel ölçüler içerisine Tip 4 sert alçı (Elite Rock) dökülmesi ile alçı modeller elde edildi (n:10). Alçı, firma tarafından tavsiye edilen su/toz oranına göre dikkatlice karıştırıldı ve hava kabarcıklarının oluşumunu engellemek için bir alçı vibratör cihazı (Vibratör Pulse 4) sürekli titreşim altında kullanıldı. Alçı modellerin sertleşmesi için bir saat beklendi. Modeller ölçülerden ayrıldıktan sonra bir operatör tarafından düzensizlikler açısından görsel olarak kontrol edildi. Kron restorasyonların hazırlanması için modellerin taramaları ağız içi tarayıcı (medit i500) yardım ile yapıldı

ve STL dosyalar olarak kaydedildi (Resim 3.5). Karşıt mandibular arkın modeli tek aşamalı çift viskozite ölçü tekniği ile alınan ölçü içine dökülen tip 4 dental alçıdan elde edildi.



Resim 3.5. a. Alçı vibratör cihazı b. alçı modelleri

### 3.1.4.3 Dijital Olarak Taranan Ölçüden Yazdırılan 3D Rezin Model (Grup 3):

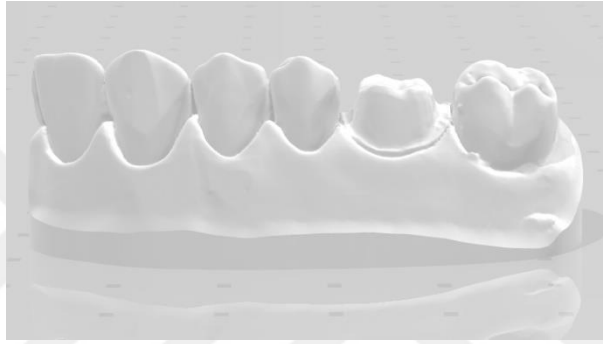
Bir ağız içi tarayıcısı ile taranan geleneksel ölçülerin medit iScan programı ile (Seoul, Korea) oluşturulan STL uzantılı dijital modellerinden, rezin polimer yazdırılan bir 3 boyutlu yazıcı cihazı (EnvisionTEC Dental 3D Printers) kullanılarak 10 adet rezin model (dimaPrint Model) basıldı (n:10). Kron restorasyonların hazırlanması için modellerin taramaları ağız içi tarayıcı (medit i500) yardım ile yapıldı ve STL dosyalar olarak kaydedilmiştir (Resim 3.6). Karşıt mandibular arkın ölçüsü ağız içi tarayıcı ile alındı ve medit iScan programı ile tasarlama yapıldıktan sonra 3 boyutlu yazıcı kullanılarak rezin model oluşturuldu.



Resim 3.6. a. 3 boyutlu yazıcı cihazı b. 3B rezin modelleri

#### **3.1.4.4. Direkt Dijital Ölçülerden Elde Edilen Dijital STL Model (Grup 4):**

Prepare edilen dişten bir ağız içi tarayıcı yardımı ile alınan dijital ölçülerinden medit iScan programı (seoul, Korea) yardımı ile STL uzantılı dijital modeller elde edildi (n:10). (Resim 3.7). Prepare edilen dişin dijital ölçüsü 10 kez tekrarlandı. Dijital ölçü ile ilgili işlemler aynı gün ve aynı fiziksel koşullarda gerçekleştirildi. Her tarama sonrasında cihazın soğuması için 10 dk ara verildi. Kron restorasyonların tasarımı Exocad (Fraunhofer Organization-2010-almanya) programı yardımıyla bu dijital modeller üzerinde yapıldı. Karşit mandibular arkın ölçüsü ağız içi tarayıcı ile alındı ve medit iScan programı ile tasarlama yapıldıktan sonra dijital model olarak kaydedildi.



Resim 3.7. Direkt dijital ölçülerin elde edilen dijital STL model

#### **3.1.4.5. Direkt Dijital Ölçülerden Elde Edilen 3D Rezin Model (Grup 5):**

Medit iScan programı (Seoul, Korea) kullanılarak dijital ölçülerin STL dosyalarının tasarlamaları yapıldı ve dijital modeller olarak kaydedildi. Daha sonra rezin polimer yazdıran bir 3 boyutlu yazıcı cihazı (EnvisionTEC Dental 3D Printers) yardım ile rezin modeller (dimaPrint Model) basıldı. Toplam 3 boyutlu yazdırılmış 10 rezin model elde edildi. (n:10). Kron restorasyonların hazırlanması için modellerin taramaları ağız içi tarayıcı (medit i500) yardım ile yapıldı ve STL dosyalar olarak kaydedildi (Resim 3.8). Karşit mandibular arkın ölçüsü ağız içi tarayıcı ile alındı ve medit iScan programı ile tasarlama yapıldıktan sonra 3 boyutlu yazıcı kullanılarak rezin model oluşturuldu.



Resim 3.8. a. 3 boyutlu yazıcı cihazı b. 3B rezin modelleri

### 3.1.5. Kronların Hazırlanması

Kron restorasyonların tasarımından önce dijital ve analog modellerin kapanış kaydı ağız içi tarayıcı yardımı ile alındı. Dijital modellerin maksimum intercuspal pozisyonları, arkların bukkal görüntüleri kullanılarak hesaplandı. Model eksenini ayarlandıktan sonra restorasyonların marjini yazılımın önerilerine ek olarak manuel ayarlamalarla hazırlandı. Kronların tasarımları Exocad (Fraunhofer Organization-2010-almanya) programı ile yapıldı. Kronların siman aralığı marjinlerden 1 mm yukarıda, 60 um olarak belirlenmiştir. Her bir grup için ona ait kendi STL dosyalarını kullanarak 10 adet tam kron hazırlandı. Toplamda 150 adet tam kron elde edildi. Kazıma işlemleri tamamlanan kronların iç yüzeyindeki artıklar içinde su bulunan bir ultrasonik temizleme cihazında (Isolab ultrasonic cleaner) 3 dakika temizlendi.

#### 3.1.5.1. Lityumdisilikat İçerikli Tam Kronların Hazırlanması

Tasarımı yapılan lityumdisilikat (LD) içerikli (E.max CAD) monolitik kronlar 5 eksenli bir kazıyıcı cihazında (Redon Hybrid) hazırlandı. Her 10 kron kazımasından sonra kazıyıcı frez takımı (Prima Burs, England) değiştirildi. Kazınma işlemi tamamlandıktan ve iç yüzeyleri artıklardan temizlendikten sonra lityumdisilikat kronlara üretici talimatına göre programlanan ayarlarla üretici talimatlarına göre sinterizasyon işlemi yapıldı. (Resim 3.9).



Resim 3.9. Lityum disilikat kronların hazırlanması. a. Lityum disilikat bloklar b. Kazıma cihazı c. fırınlama işlemi d. Lityumdisilikat kronlar

### 3.1.5.2 Zirkonya Tam Kronların Hazırlanması

Zirkonya (Zr) kronlar disk şeklindeki bir bloktan (GC initial Zirconia Disc) 5 eksenli çalışan bir kazıyıcı cihazında (Redon Hybrid- İstanbul / TURKEY) kazındı. Her 10 kron kazımasından sonra kazıyıcı frez takımı (Prima Burs, England) değiştirildi. Her bir grup için 10, toplam 50 zirkonya kron için 2 adet zirkonya disk kullanıldı. Zirkonya kronlara bir sinterizasyon fırınında (Sirona inFire HTC speed) firmanın talimatına göre 8 saat 1500° C’de sinterleme işlemleri uygulandı (Resim 3.10).



Resim 3.10. Zirkonya kronların hazırlanması. a. Zirkonya disk b. Kazıma cihazı c. Sinterleme fırını d. Zirkonya kronlar

### 3.1.5.3 Fiber Destekli Kompozit (FRC) Tam Kronların Hazırlanması

FRC kronlar (BiconDentalImplants) disk şeklindeki bloktan 5 eksenli çalışan bir kazıyıcı cihazında (Redon Hybrid- Istanbul / TURKEY) kazındı. Her 10 kron kazımasından sonra kazıyıcı frez takımı (Prima Burs, England) değiştirildi. Her bir grup için 10, toplam 50 FRC kron için 2 adet FRC disk kullanıldı (Resim 3.11). Kronların kazıma işlemlerinden ve ultrasonik olarak temizlenmesinden sonra son polimerizasyon içinde sıcak su bulunan basınçlı tencerede 3 atmosfer hava basıncında gerçekleştirildi.



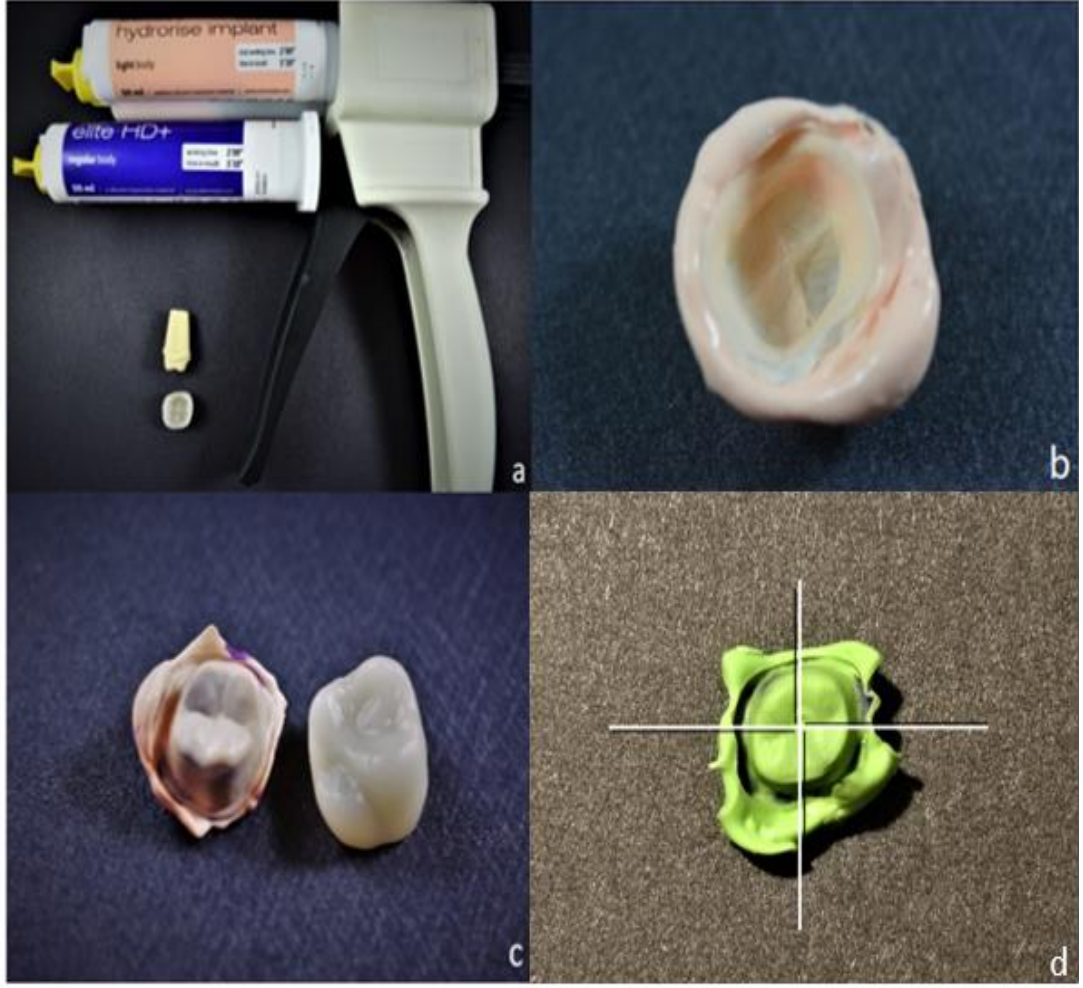
Resim 3.11. FRC kronların hazırlanması. a.FRC disk b. Kazıma cihazı c. FRC kronlar

### 3.2. Kenar ve İç Uyumlarının Değerlendirmesi

5 farklı modelden CAD/CAM tekniği ile hazırlanan 150 kronun marjinal ve internal uyumlarını incelemek için silikon replika tekniği ile kullanılmıştır. Değerlendirmeler prepare edilmiş “asıl” diş ile kontrol edilerek yapılmıştır.

#### 3.2.1 Silikon Replikaların Elde Edilmesi

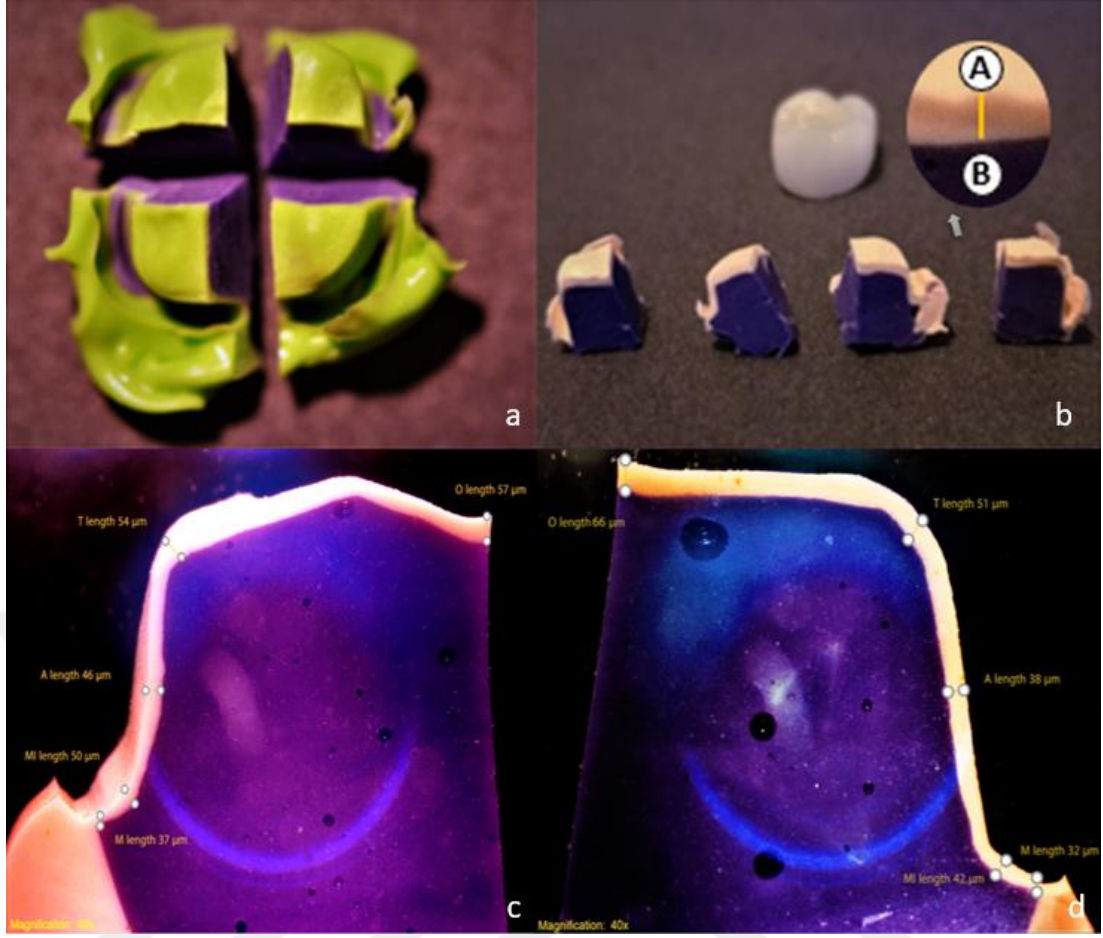
Akışkan kıvamdaki ölçü maddesi (Hydrorise implant Light body) kartuş karıştırma tabancası ile karıştırıldıktan sonra kron içine yüzeyine sıkıldı ve prepare diş üzerine manuel bir dinamometre (Agol NK-100, Türkiye) altına 2 dakika boyunca 50 Newton'luk sabit bir kuvvetle yerleştirildi. Ölçü maddesinin sertleşmesinden sonra kron diş yüzeyinden uzaklaştırıldı. Kron iç yüzeyinde kalan ince, desteksiz ölçü maddesini desteklemesi için orta kıvamda ölçü maddesi (Elite HD+ Regular body) kron iç yüzeyine sıkılmıştır (Resim 3.12). Bu işlem her bir kron için tekrarlanmıştır ve toplamda 150 silikon replika elde edilmiştir.



Resim 3.12. Silikon replikaların elde edilmesi a. Kron içinin replikasının alınması b. Kron içi görünüm c. Kron içinden çıkartılan silikon replikalar d. Kesim yönleri ve değerlendirilecek yüzleri

### 3.2.2 Stereomikroskop ile Kenar ve İç Aralığın Kaydı

Elde edilen her bir silikon replika bistüri yardımı ile okluzo-servikal olarak mezio-distal ve bukko-lingual olarak 4 dilime ayrıldı ve her bir dilimin rastgele seçilen bir yüzeyi üzerinde 5 referans noktası belirlendi. Referans noktaları bir stereomikroskop (Olympus microscope) ile 40X büyütmede değerlendirildi. DP2-BSW 2.2 programı yardım ile her bir kronun referans noktalarından elde edilen 4 verinin ortalaması alınarak o kron için marjinal (M), iç marjinal (MI), aksiyel (A), tüberkül (T) ve okluzal (O) uyum değerleri mikrometre ( $\mu\text{m}$ ) cinsinden elde edildi (Resim 3.13).



Resim 3.13. a. 4 parçaya bölünmüş silikon replikalar b. Hazırlanan kronun siman aralık kalınlığı A noktası kronun iç yüzü göstermektedir ve B noktası dışın yüzü taklit etmektedir c. Silikon replika diliminin mikroskop altında görüntüsü (bukko-ligual kesiti) d. Silikon replika dilimi mikroskop altında görüntüsü (mezio-distal kesiti)

### 3.3. İstatistik Değerlendirme

5 farklı model ve 3 farklı kron materyali için 5 referans noktasının verileri istatistiksel olarak analiz edildi. Kolmogorov-Simirnov testine göre M, MI, A, T ve O verileri normal dağılım gösterdi ( $p > 0.05$ ). Tüm verilerin ortalaması homojenlik açısından Levene testi ile değerlendirildi ( $\alpha = 0.05$ ). İstatistiksel analiz, Statistical Package for the Social Sciences versiyon 21.0 yazılım programı (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. 2 bağımsız değişken (model ve kron materyali) ve 5 farklı bağımlı değişken (M, MI, A, T ve O) için 2- yönlü çoklu karşılaştırma analizi (2-yönlü MANOVA) ve restorasyon uyum değerlerine kron materyali ve modelin etkisini ve bu ikisi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için her bir referans noktası için 2-yönlü varyans analizi (2-yönlü ANOVA) yapıldı ( $\alpha = 0.05$ ).

Gruplar arası karşılaştırmalarda verilerin ortalaması homojen dağılım göstermediği için ( $p < 0.05$ ) Tamhane çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Model ve restorasyonla ilişkili M, MI, A, T ve O uyum verileri 1-yönlü varyans analizi (1-yönlü ANOVA) ve Post-Hoc Tukey testi ile karşılaştırıldı ( $\alpha = 0.05$ ).



## 4. BULGULAR

Her bir grup için kenar ve iç bölgelerden M, MI, A, T ve O değerlerinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 4.1. de listelenmektedir. En düşük M, MI, A, T ve O açıklık değerleri 3D rezin model üzerinde üretilen LD kronlarda elde edildi. En yüksek M, MI, T ve O açıklık değerleri alçı model üzerinde üretilen FRC kronlarda, en yüksek A açıklık değeri alçı model üzerine üretilen Zr kronlarda elde edildi.

Tablo 4.1. Grupların ortalama ( $\mu\text{m}$ ) ve standart sapma değerleri

Model	Uyum	Lityumdisilikat	FRC	Zirkonya
Taranabilir ölçü	M	49.30±5.04	60.55±5.16	60.25±4.19
STL model	MI	54.53±5.75	69.58±6.61	71.00±6.39
	A	50.55±6.37	63.30±8.29	67.85±6.01
	T	61.18±3.17	80.55±8.02	80.80±5.13
	O	61.68±6.22	76.25±7.94	76.85±6.13
Alçı model	M	43.88±4.51	<b>65.82±11.60</b>	60.15±4.58
	MI	51.55±4.08	<b>77.00±15.30</b>	74.30±3.72
	A	45.93±6.03	63.38±18.67	<b>68.65±1.74</b>
	T	60.13±5.96	<b>89.90±21.14</b>	81.83±2.76
	O	58.78±6.08	<b>84.83±20.17</b>	76.05±6.08
Taranabilir ölçü 3D rezin model	M	49.25±7.38	60.05±6.21	53.58±4.83
	MI	57.65±8.23	67.65±6.22	62.85±4.03
	A	58.33±2.60	62.28±8.30	60.13±5.58
	T	62.20±3.89	76.15±8.19	74.60±4.37
	O	58.35±7.11	73.80±6.44	71.30±4.79
Dijital STL model	M	41.33±5.10	58.65±8.36	60.83±4.75
	MI	48.55±3.89	59.57±3.17	74.12±5.93
	A	44.75±3.46	51.45±5.93	64.61±3.79
	T	55.88±5.75	77.88±7.94	84.14±3.99
	O	54.83±5.88	81.23±5.25	80.66±3.70
3D rezin model	M	<b>36.70±3.52</b>	54.73±5.96	50.58±5.89
	MI	<b>46.13±4.81</b>	61.95±6.02	61.63±5.21
	A	<b>42.00±3.28</b>	55.23±6.71	59.70±7.31
	T	<b>51.00±3.95</b>	77.23±8.30	75.75±4.76
	O	<b>48.73±4.14</b>	79.28±10.77	70.18±6.42

Seçilen 3 farklı kron materyalinin ve restorasyon üretimi için kullanılan 5 farklı modelin restorasyonun M, MI, A, T ve O uyumuna etkisini değerlendirmek için yapılan 2-yönlü MANOVA sonuçları Tablo 4.2. de gösterilmektedir. Model ve materyal bağımsız değişkenlerinin Wilks' Lambda testi p değeri  $p < 0.05$  olduğu için

bağımlı değişken olan uyum değerleri üzerine etkileri anlamlıdır. Model ve materyal etkileşimi restorasyonun uyumu üzerine etkisi anlamlıdır ( $p<0.05$ ).

Tablo 4.2. 2-yönlü MANOVA

		Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.
<b>Intercept</b>	Pillai's Trace	,992	3082,684 <sup>b</sup>	5,000	131,000	,000
	Wilks' Lambda	,008	3082,684 <sup>b</sup>	5,000	131,000	,000
	Hotelling's Trace	117,660	3082,684 <sup>b</sup>	5,000	131,000	,000
	Roy's Largest Root	117,660	3082,684 <sup>b</sup>	5,000	131,000	,000
<b>Model</b>	Pillai's Trace	,773	6,420	20,000	536,000	,000
	<b>Wilks' Lambda</b>	<b>,397</b>	<b>6,983</b>	<b>20,000</b>	<b>435,428</b>	<b>,000</b>
	Hotelling's Trace	1,121	7,259	20,000	518,000	,000
	Roy's Largest Root	,631	16,901 <sup>c</sup>	5,000	134,000	,000
<b>Materyal</b>	Pillai's Trace	1,075	30,687	10,000	264,000	,000
	<b>Wilks' Lambda</b>	<b>,193</b>	<b>33,486<sup>b</sup></b>	<b>10,000</b>	<b>262,000</b>	<b>,000</b>
	Hotelling's Trace	2,800	36,400	10,000	260,000	,000
	Roy's Largest Root	2,155	56,897 <sup>c</sup>	5,000	132,000	,000
<b>Model * Materyal</b>	Pillai's Trace	,826	3,341	40,000	675,000	,000
	<b>Wilks' Lambda</b>	<b>,370</b>	<b>3,671</b>	<b>40,000</b>	<b>573,810</b>	<b>,000</b>
<b>Materyal</b>	Hotelling's Trace	1,228	3,972	40,000	647,000	,000
	Roy's Largest Root	,775	13,073 <sup>c</sup>	8,000	135,000	,000

Gruplar arası karşılaştırma 2-yönlü ANOVA testi ile değerlendirildi. Verilerin ortalaması homojenlik açısından Levene testi ile değerlendirildi Tablo 4.3. Varyansların eşit olmadığı, verilerin homojen dağılım göstermediği gözlemlendi ( $p<0.05$ ). Gruplar arası çoklu karşılaştırma testleri Tamhane testi ile yapıldı ( $\alpha=0.05$ ).

Tablo 4.3 Verilerin ortalamasına göre varyansların homojenliği testi.

	Kaynak	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<b>M</b>	<b>Ortalamaya göre</b>	3,288	14	135	,000
<b>MI</b>	<b>Ortalamaya göre</b>	2,695	14	135	,002
<b>A</b>	<b>Ortalamaya göre</b>	6,706	14	135	,000
<b>T</b>	<b>Ortalamaya göre</b>	7,511	14	135	,000
<b>O</b>	<b>Ortalamaya göre</b>	7,286	14	135	,000

Kenar ve iç uyum değerlerine kron materyali ve modelin etkisini ve bu ikisi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için her bir referans noktası için yapılan 2-yönlü ANOVA sonucuna göre model ve materyal gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi ( $p<0.05$ ). Buna ek olarak restorasyonun uyumunda model ve

materyaller arasındaki etkileşim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.05$ ). Restorasyonun uyumunun model ve seçilen materyale bağlı olduğu gözlemlendi Tablo 4.4.

2-yönlü varyans analizinde restorasyon uyumunun model bazında karşılaştırmalarına göre en düşük M açıklık değeri Dijital STL ölçüden yazdırılan 3D rezin modeller üzerinde oluşturulan kronlarda elde edilmiştir ve diğer gruplarla arasında istatistiksel fark vardır ( $p < 0.05$ ). En yüksek M değeri ise taranabilir ölçüden elde edilen STL model üzerinde oluşturulan kronlarda elde edilmiştir ve 3D rezin model dışında diğer modellerle arasında fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). En düşük MI açıklık değeri 3D rezin modeller üzerine oluşturulan kronlarda elde edilmiş ve Dijital STL model dışında ( $p > 0.05$ ) diğer modellerle arasında istatistiksel fark bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ). En yüksek MI açıklık değeri ise alçı model üzerinde bitirilen restorasyonlarda elde edilmiştir. En düşük A açıklık değerleri değeri Dijital STL ölçüden yazdırılan 3D rezin modeller üzerinde oluşturulan kronlarda elde edilmiştir, Dijital STL model haricinde ( $p > 0.05$ ) diğer gruplarla arasında istatistiksel fark vardır ( $p < 0.05$ ). En yüksek A açıklık değeri taranabilir ölçüden elde edilen 3D rezin modellerde elde edildi ancak alçı model ve Dijital STL model arasında fark gözlenmedi ( $p > 0.05$ ). En düşük T açıklık değeri 3D rezin modeller üzerine oluşturulan kronlarda elde edildi, Dijital STL ve Taranabilir ölçüden elde edilen 3D rezin model haricince ( $p > 0.05$ ) diğer gruplar arasında istatistiksel fark vardır ( $p < 0.05$ ). En yüksek T açıklık değeri ise alçı modellerde elde edildi. En düşük O açıklık değerleri 3D rezin modeller üzerine oluşturulan kronlarda elde edildi, taranabilir ölçüden elde edilen 3D rezin model ve taranabilir ölçüden elde edilen dijital STL model ile arasında istatistiksel fark gözlenmedi ( $p > 0.05$ ). En yüksek O açıklık değerleri alçı model ve Dijital STL model de elde edildi.

Tablo 4.4. 2-yönlü ANOVA

Bağımlı değişken	Kaynak	Model	Materyal	Model ve Materyal	Hata	Toplam
<b>M</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	1752,023	7146,843	928,830	5068,839	447589,66
	<b>df</b>	4	2	8	135	150
	<b>Mean Square</b>	438,006	3573,421	116,104	37,547	
	<b>F</b>	11,666	95,172	3,092		
	<b>Sig.</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>	<b>,003</b>		
<b>MI</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	2127,335	8905,839	2095,203	5866,927	605614,25
	<b>df</b>	4	2	8	135	150
	<b>Mean Square</b>	531,834	4452,920	261,900	43,459	
	<b>F</b>	12,238	102,463	6,026		
	<b>Sig.</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>		
<b>A</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	1858,279	6577,089	1673,428	7296,580	508301,50
	<b>df</b>	4	2	8	135	150
	<b>Mean Square</b>	464,570	3288,544	209,179	54,049	
	<b>F</b>	8,595	60,844	3,870		
	<b>Sig.</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>		
<b>T</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	1341,792	14423,642	2026,289	8202,626	824308,08
	<b>df</b>	4	2	8	135	150
	<b>Mean Square</b>	335,448	7211,821	253,286	60,760	
	<b>F</b>	5,521	118,693	4,169		
	<b>Sig.</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>		
<b>O</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	1140,523	14519,250	1316,405	8866,829	764712,08
	<b>df</b>	4	2	8	135	150
	<b>Mean Square</b>	285,131	7259,625	164,551	65,680	
	<b>F</b>	4,341	110,530	2,505		
	<b>Sig.</b>	<b>,002</b>	<b>,000</b>	<b>,014</b>		

2-yönlü varyans analizinde restorasyon uyumunun materyal bazında karşılaştırmalarına göre LD kron uygulanan gruplarda en düşük M, MI, A, T ve O açıklık değerleri elde edildi ve diğer gruplarla arasında istatistiksel fark gözlemlendi ( $p < 0.05$ ). En yüksek açıklık değerleri FRC ve Zr gruplarında elde edildi. M, MI ve T açıklık karşılaştırmalarında Zr ve FRC grupları arasında fark gözlenmezken ( $p > 0.05$ ),

A açıklık değerlerinde Zr kronlarda, O açıklık değerlerinde ise FRC kron gruplarında en yüksek açıklık değerleri elde edilmiştir ve diğer gruplar ile arasında istatistiksel fark gözlemlendi ( $p<0.05$ ).

Her bir model üzerine uygulanan farklı kronların M, MI, A, T ve O ortalamaları arasındaki farkı belirlemek için yapılan 1-yönlü ANOVA sonucuna göre veriler arasında istatistiksel fark vardır ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.5). Uyum değerlerinin 2-yönlü ANOVA ve 1-yönlü ANOVA'ya göre grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8 de gösterilmektedir.

Restorasyonların tüberkül ve okluzal bölgelerinde en yüksek açıklık değerleri elde edilmiştir. Kenar, iç kenar ve aksiyel bölgelerde daha düşük açıklık değerleri elde edildi. Taranabilir ölçüden elde edilen 3D rezin model üzerinde üretilen üç farklı kronunda ve taranabilir ölçüden elde edilen FRC ve Zr kronunda en yüksek açıklık tüberkül bölgesinde elde edildi. Okluzal bölgede elde edilen açıklık değerleri ile arasında fark gözlemlenmedi ( $p>0.05$ ). Diğer gruplardan farklı olarak alçı model ve dijital STL model üzerinde üretilen fiber destekli kronlarda en düşük açıklık değerleri Aksiyel bölgede elde edildi.

Tablo 4.5. 1-yönlü ANOVA

Model	Materya	ANOVA	ANOVA				
			I	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Taranabilir ölçü STL model	E	Gruplar arası	1342,143	4	335,536	11,354	,000
		Grup içi	1329,894	45	29,553		
	T	Gruplar arası	2847,280	4	711,820	13,362	,000
		Grup içi	2397,306	45	53,273		
	Z	Gruplar arası	2551,350	4	637,837	20,133	,000
		Grup içi	1425,650	45	31,681		
Alçı model	E	Gruplar arası	2150,275	4	537,569	18,424	,000
		Grup içi	1312,975	45	29,177		
	T	Gruplar arası	5348,408	4	1337,102	4,256	,005
		Grup içi	14137,819	45	314,174		
	Z	Gruplar arası	2696,780	4	674,195	40,901	,000
		Grup içi	741,756	45	16,483		
Taranabilir ölçü 3D rezin model	E	Gruplar arası	1614,330	4	403,583	10,360	,000
		Grup içi	1753,031	45	38,956		
	T	Gruplar arası	1961,620	4	490,405	9,627	,000
		Grup içi	2292,431	45	50,943		
	Z	Gruplar arası	2894,682	4	723,671	32,074	,000

<b>Dijital STL model</b>	<b>E</b>	Grup içi	1015,313	45	22,563		
		Gruplar arası	1583,458	4	395,864	16,394	,000
		Grup içi	1086,644	45	24,148		
	<b>T</b>	Gruplar arası	6795,217	4	1698,804	41,264	,000
		Grup içi	1852,594	45	41,169		
		Gruplar arası	4025,313	4	1006,328	49,440	,000
<b>3D rezin model</b>	<b>E</b>	Grup içi	915,957	45	20,355		
		Gruplar arası	1302,167	4	325,542	20,587	,000
		Grup içi	711,588	45	15,813		
	<b>T</b>	Gruplar arası	5613,430	4	1403,357	23,251	,000
		Grup içi	2716,075	45	60,357		
		Gruplar arası	3796,082	4	949,021	26,480	,000
<b>Z</b>	Gruplar arası	3796,082	4	949,021	26,480	,000	
	Grup içi	1612,769	45	35,839			

Tablo 4.6. Farklı modeller üzerine hazırlanan LD kronların uyum değerlerinin gruplar arası ve grup içi karşılaştırılması

Model	Uyum	Lityumdisilikat
<b>Taranabilir ölçü STL model</b>	<b>M</b>	49.30±5.04 <b>BC a</b>
	<b>MI</b>	54.53±5.75 <b>DE a</b>
	<b>A</b>	50.55±6.37 <b>FG a</b>
	<b>T</b>	61.18±3.17 <b>HI b</b>
	<b>O</b>	61.68±6.22 <b>K b</b>
<b>Alçı model</b>	<b>M</b>	43.88±4.51 <b>AB a</b>
	<b>MI</b>	51.55±4.08 <b>DE ab</b>
	<b>A</b>	45.93±6.03 <b>F b</b>
	<b>T</b>	60.13±5.96 <b>HI c</b>
	<b>O</b>	58.78 6.08 <b>JK c</b>
<b>Taranabilir ölçü 3D rezin model</b>	<b>M</b>	49.25±7.38 <b>BC</b>
	<b>MI</b>	57.65±8.23 <b>E a</b>
	<b>A</b>	58.33±2.60 <b>G a</b>
	<b>T</b>	62.20±3.89 <b>I</b>
	<b>O</b>	58.35±7.11 <b>JK a</b>
<b>Dijital STL model</b>	<b>M</b>	41.33±5.10 <b>AB a</b>
	<b>MI</b>	48.55±3.89 <b>DE b</b>
	<b>A</b>	44.75±3.46 <b>F ab</b>
	<b>T</b>	55.88±5.75 <b>HI c</b>
	<b>O</b>	54.83±5.88 <b>JK c</b>
<b>3D rezin model</b>	<b>M</b>	36.70±3.52 <b>A a</b>
	<b>MI</b>	46.13±4.81 <b>D ab</b>

<b>A</b>	42.00±3.28	<b>F bc</b>
<b>T</b>	51.00±3.95	<b>H c</b>
<b>O</b>	48.73±4.14	<b>J</b>

Küçük harfler grup içi, büyük harfler gruplar arası istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. Grup içi ve gruplar arası aynı harfler arasında istatistiksel fark yoktur ( $p>0.05$ ).

Tablo 4.7. Farklı modeller üzerine hazırlanan FRC kronların uyum değerlerinin gruplar arası ve grup içi karşılaştırılması

Model	Uyum	FRC
<b>Taranabilir ölçü STL model</b>	<b>M</b>	60.55±5.16 <b>B a</b>
	<b>MI</b>	69.58±6.61 <b>CD bc</b>
	<b>A</b>	63.30±8.29 <b>EF ab</b>
	<b>T</b>	80.55±8.02 <b>GH d</b>
	<b>O</b>	76.25±7.94 <b>I cd</b>
<b>Alçı model</b>	<b>M</b>	65.82±11.60 <b>B a</b>
	<b>MI</b>	77.00±15.30 <b>D ab</b>
	<b>A</b>	63.38±18.67 <b>F a</b>
	<b>T</b>	89.90±21.14 <b>H b</b>
	<b>O</b>	84.83 20.17 <b>IJ ab</b>
<b>Taranabilir ölçü 3D rezin model</b>	<b>M</b>	60.05±6.21 <b>AB a</b>
	<b>MI</b>	67.65±6.22 <b>CD a</b>
	<b>A</b>	62.28±8.30 <b>EF a</b>
	<b>T</b>	76.15±8.19 <b>G b</b>
	<b>O</b>	73.80±6.44 <b>I b</b>
<b>Dijital STL model</b>	<b>M</b>	58.65±8.36 <b>AB a</b>
	<b>MI</b>	59.57±3.17 <b>C a</b>
	<b>A</b>	51.45±5.93 <b>E</b>
	<b>T</b>	77.88±7.94 <b>GH b</b>
	<b>O</b>	81.23±5.25 <b>I b</b>
<b>3D rezin model</b>	<b>M</b>	54.73±5.96 <b>A a</b>
	<b>MI</b>	61.95±6.02 <b>CD a</b>
	<b>A</b>	55.23±6.71 <b>EF a</b>
	<b>T</b>	77.23±8.30 <b>G b</b>
	<b>O</b>	79.28±10.77 <b>I b</b>

Küçük harfler grup içi, büyük harfler gruplar arası istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. Grup içi ve gruplar arası aynı harfler arasında istatistiksel fark yoktur ( $p>0.05$ ).

Tablo 4.8. Farklı modeller üzerine hazırlanan Zr kronların uyum değerlerinin gruplar arası ve grup içi karşılaştırılması

Model	Uyum	Zirkonya
<b>Taranabilir ölçü STL model</b>	<b>M</b>	60.25±4.19 <b>B</b>
	<b>MI</b>	71,00±6.39 <b>D ab</b>
	<b>A</b>	67.85±6.01 <b>EF a</b>
	<b>T</b>	80.80±5.13 <b>GH c</b>
	<b>O</b>	76.85±6.13 <b>JK bc</b>
<b>Alçı model</b>	<b>M</b>	60.15±4.58 <b>B</b>
	<b>MI</b>	74.30±3.72 <b>CD a</b>
	<b>A</b>	68.65±1.74 <b>EF a</b>
	<b>T</b>	81.83±2.76 <b>GH</b>
	<b>O</b>	76.05 6.08 <b>JK</b>
<b>Taranabilir ölçü 3D rezin model</b>	<b>M</b>	53.58±4.83 <b>AB</b>
	<b>MI</b>	62.85±4.03 <b>C a</b>
	<b>A</b>	60.13±5.58 <b>E a</b>
	<b>T</b>	74.60±4.37 <b>G b</b>
	<b>O</b>	71.30±4.79 <b>J b</b>
<b>Dijital STL model</b>	<b>M</b>	60.83±4.75 <b>B a</b>
	<b>MI</b>	74.12±5.93 <b>D</b>
	<b>A</b>	64.61±3.79 <b>E a</b>
	<b>T</b>	84.14±3.99 <b>GH b</b>
	<b>O</b>	80.66±3.70 <b>JK b</b>
<b>3D rezin model</b>	<b>M</b>	50.58±5.89 <b>A</b>
	<b>MI</b>	61.63±5.21 <b>C a</b>
	<b>A</b>	59.70±7.31 <b>E a</b>
	<b>T</b>	75.75±4.76 <b>G b</b>
	<b>O</b>	70.18±6.42 <b>J b</b>

\*Küçük harfler grup içi, büyük harfler gruplar arası istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. Grup içi ve gruplar arası aynı harfler arasında istatistiksel fark yoktur (p>0.05).

## 5. TARTIŞMA

Çalışma modelinin ve restorasyon materyalinin kron restorasyonlarının uyumu üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmamızda, model ve restoratif materyal tipinin restorasyonun uyumuna etki ettiği bulundu. Çalışmamızda restoratif materyal tipi ve çalışma modelinin restorasyonun iç ve kenar uyumuna etki etmeyeceği belirtilen H0 hipotezi reddedilmiştir ( $p<0.05$ ). Farklı model ve materyal kullanımının restorasyonun uyumuna etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır bu nedenle H1 hipotezi kabul edilmiştir.

Kronun marjinal oturması, hazırlanan diş ile restorasyonun iç yüzeyi arasındaki boşluk olarak tanımlanır. Marjinal uyumsuzluk, preparasyonun içbükey bitiş çizgisi ile restorasyon marjini arasındaki doğrusal mesafedir. Bu ölçüm, marjindaki toplam uyumsuzluğu gösterir ve her zaman o noktada hatanın en büyük ölçümü olarak kabul edilir (Vojdani, vd., 2015). Düzensiz bir iç yüzey, kronun tamamen oturmasını engelleyebilir ve açık bir kenar boşluğuna neden olabilir (Halawani ve Al-Harbi, 2017). Sabit restorasyonların kenar uyumları protetik tedavinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Periodontal sağlığın korunması ve sürdürülmesi, siman çözünmesi riskinin elimine edilmesi, plak retansiyonu ve ikincil çürüğün önlenmesi ve protezin tutuculuğu üzerine etkilidir. Aynı zamanda restorasyonların mekanik özellikleri üzerine de etkilidir (Kokubo, vd., 2005; Son, vd., 2019). Restorasyonların uyumu ve uyumu etkileyen faktörler günümüzde halen güncel konulardır Tez çalışmamızda da restorasyonun uyumuna etki eden faktörlerden biri olan modelin etkisi incelenmektedir.

ADA 8 nolu spesifikasyonuna göre restorasyonun marjinal açıklığının yapıştırıcı simanın film kalınlığına bağlı olarak tip 1 simanlar kullanıldığı zaman 25 mikronu, tip 2 simanlar kullanıldığı zaman 40 mikronu geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Bununla birlikte ideal marjinal açıklık ile ilgili kesinleşmiş bir değer belirtilmemiştir. Yapılan çalışmalarda 40-150 mikron aralığının kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (Nakamura, vd., 2003; Mounajjed, vd., 2016; Revilla-Leon, vd., 2017; Benli, vd., 2019; Buduru, vd., 2019;; Son, vd., 2019). 100-200 mikron arasındaki açıklığın da kabul edilebilir olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Wolf, vd., 2000; Riccitiello, vd., 2018). Klinik pratikte marjinal bölgede 80 mikrondan az boşlukları tespit etmenin zor olduğu belirtilmektedir. Restorasyonların dizayn parametresinde siman aralığının artması kron restorasyonlarının marjinal uyumunu

iyileştirebilse de 120 µm'den fazla bir iç boşluk, marjinal uyumu önemli ölçüde iyileştirmeden seramik kronların kırılma direncini azaltabilir (Kale, vd., 2016). Spacer kalınlığının arttırılmasının restorasyonların iç açıklığının artmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Mously, vd., 2014). Siman kalınlığının restorasyonun kırılma dayanıklılığı üzerine etkisini değerlendiren bir çalışmada, iç bölgede siman kalınlığının 70 mikrondan fazla olmasının restorasyonun kırılma dayanıklılığını azaltacağı belirtilmiştir (Tuntiprawon ve Wilson, 1995; Sachs, vd., 2014; Jeong, vd., 2018).

Diş preparasyonunun restorasyonların uyumu üzerine etkisini değerlendiren çalışmalarda okluzal yüzey preparasyonu ve basamak dizaynının restorasyonların kenar ve iç uyumunu etkilediği belirtilmiştir (Hmaidouch, vd., 2011; Habib, vd., 2014; Kim Jae-Hoon, vd., 2015; Shahrbağ, vd., 2014). Preparasyon dizaynının zircon kronların marjinal ve internal uyumlarına etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, en düşük marjinal ve internal açıklık değeri anatomik okluzal yüzey preparasyonu ile elde edilmiştir (Habib, vd., 2014). Külünk ve arkadaşları ise okluzal yüzey preparasyonu tipinin (tam anatomik ve yarı anatomik) seramik benzeri materyallerden üretilen kronların (polimer infiltre seramik network, fleksible nano seramik ve fiber destekli kompozit) uyumları üzerine etki etmediğini ancak materyal tipinin uyum üzerine etkili olduğunu belirtmişlerdir (Külünk, vd., 2020). Bitiş çizgisi eğiminin zirconia core ve metal destekli seramik kronun marjinal aralık değerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, kurvatür eğimi zircon core'un marjinal açıklık değerini etkilemezken, metal destekli seramik restorasyonlarda kurvatür eğimi arttıkça marjinal aralık da istatistiksel olarak anlamlı şekilde artmıştır (Tao ve Han, 2009).

El Sayed yaptığı çalışmada farklı basamak tipinin seramik restorasyonlarının uyumuna etkisini değerlendirmiştir. Shoulder ve chamfer arasında anlamlı bir fark çıkmıştır. Shoulder basamak ile yapılan restorasyonların marjinal uyumu daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni chamfer bitimin yuvarlak içbükey ve dışbükey alanlara sahip karmaşık bir yapıda olduğu shoulder basamağın ise bitim yüzlerinin düz olduğu için daha net bir bitim verdiğini belirtmiştir (El Sayed, 2015). Birçok çalışmada shoulder basamak bitim sınırı daha net ve daha estetik olduğu için monolitik kronlara daha iyi bir seçim söylenmiştir (Alghazzawi, vd., 2012; Subasi, vd., 2012; Hamza, vd., 2013). Çalışmamızda daha önce yapılan çalışmalar referans alınarak kron preparasyonunda marjin bitiminde 90° yuvarlatılmış açılı shoulder basamak yapılmıştır.

Restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalarda; diş örneklerinin hazırlanma sırasında doğal dişlerde standart bir preparasyonun yapılmasının zor olması nedeniyle birçok çalışmada doğal diş yerine metal ya da rezin daylar tercih edilmiştir. Çalışmamızda da daha önce yapılan çalışmalara benzer şekilde preparasyon işlemlerinin kolay olması ve dijital ve geleneksel yöntemde ölçü almaya uygun olan akrilik fantom dişin prepare edilmesine karar verilmiştir (Cho, vd., 2004; Sundh, vd., 2005; Komine, vd., 2007; Amelya, vd., 2018). Restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalarda en sık tercih edilen maksiller 1. molar diş, bu tez çalışmasında da yüzey alanının geniş olması ve silikon indeks tekniği uygulamasının kolay olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Restorasyonların uyumu, hekimin kontrolünde (diş kesimi, ölçü materyali seçimi, ölçü tekniği vb.) ve teknisyenin kontrolünde olan (model, üretim tekniği vb.) birçok faktörden etkilenmektedir. Günümüzde restorasyonların üretiminde geleneksel üretim teknikleri (kayıp mum tekniği) halen yaygın olarak uygulansa da geleneksel yöntemle üretimin teknisyene bağlı hataları, fazla materyal kullanımı ve zaman kaybı gibi dezavantajları nedeniyle CAD/CAM teknolojisi ile üretim gittikçe popülerlik kazanmaya başlamıştır (Tahayeri, vd., 2018; Park, vd., 2019). CAD/CAM teknolojisi kullanılarak daha kısa sürede, daha az teknik hata içeren estetik restorasyonların üretimi mümkündür (Mai, vd., 2017).

Restorasyonların CAD/CAM kazıma teknolojisi ile üretiminde iş akışı tamamen dijital veya geleneksel tekniklerle birleşik şekilde olabilmektedir. Geleneksel tekniklerle birleşik olarak devam eden iş akışında, sabit protezlerin ölçülerinde boyutsal stabilite ve doğruluk, yırtılmaya direnç, iyi detay kaydedebilme ve uzun saklama süresi gibi avantajları nedeniyle ilave silikonlar en fazla tercih edilen elastomerik ölçü maddesidir (Boyacı, vd., 2017; Mirebani, vd., 2019). Günümüzde taranabilen ilave silikon ve polieter ölçü maddeleri piyasaya sunulmuştur ancak bu materyallerin restorasyonların uyumu üzerine etkilerini değerlendiren yeterli çalışma bulunmamaktadır. Malaguti ve ark., yaptıkları çalışmalarında farklı ölçü tekniklerinden elde edilen modellerin (direkt ağız içi taranması, polieter ölçüsünün ağızdışı tarayıcıda taranması ve polieter ölçüden elde edilen tip IV alçı modellerin taranması) üzerinde CAD/CAM aşındırma yöntemi ile üretilen zirkonya kronların kenar ve iç uyumlarını değerlendirdikleri çalışmalarında en yüksek marjinal ve iç açıklık değerlerini alçı modellerde ( $112.4 \pm 8.3 \mu\text{m}$  ve  $30.20 \pm 12.7 \mu\text{m}$ ) elde etmişlerdir. Dijital STL modeller üzerinde elde edilen kronlar ( $80.50 \pm 36.2 \mu\text{m}$  ve  $16.20 \pm 8.3 \mu\text{m}$ ),

polieter ölçüsünün ağızdışı taranması ile elde edilen kronlardan ( $88.10 \pm 34.8$  ve  $27.20 \pm 16.7 \mu\text{m}$ ) daha iyi kenar ve iç uyum değerleri göstermesine rağmen aralarında istatistiksel fark gözlenmemiştir. Alçı model üzerinde üretilen restorasyonlarda daha fazla açıklık değerleri elde edilmesinin nedeni olarak ölçü materyalinin ve dental alçının boyutsal değişikliklerinden etkilendiği düşünülmüştür (Malaguti, vd., 2016) Shembesh ve ark., dijital STL model, ilave silikon ölçüden elde ettikleri alçı model ve ilave silikon ölçü maddesinin ağızdışı taranması ile elde edilen modeller üzerinde CAD/CAM yöntemi ile hazırlanan 3 üyeli zirkonya kronların kenar uyumlarını değerlendirdikleri çalışmalarında en iyi uyum değerleri dijital STL modellerde (Lava:  $26.6 \pm 4.7 \mu\text{m}$ ), en fazla kenar açıklık değerleri ise ilave silikon ölçülerin ağız dışı taranması ile elde edilen modeller üzerinde ( $81.4 \pm 6.8 \mu\text{m}$ ) elde edilmiştir (Shembesh, vd., 2017). Her iki çalışmada da ölçü maddelerinin yüzeyleri tarama işlemini yapabilmek için titanyum oksit tozu ile kaplanmıştır. Toz uygulamasının ışığın daha homojen dağılmasını sağlayarak restorasyonun uyumunu olumlu etkilediğini belirten çalışmaların aksine (Luthardt, vd., 2005) ölçü alınacak yüzeyin geometrisini ve netliğini bozarak restorasyonun iç uyumunu olumsuz etkileyeceğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Banday, 2011). Bu iki çalışmadan farklı olarak çalışmamızda toz uygulamasını gerektirmeyen taranabilen ilave silikon ölçü maddesi kullanılmıştır. 3 restorasyonun m,m<sub>1</sub>,a,t ve o verilerinin ortalaması karşılaştırıldığında taranabilen ölçüden elde edilen dijital STL modeller kenar, iç kenar ve tüberkül tepesi bölgelerinde en yüksek açıklık değeri göstermesine rağmen dijital ölçülerden elde edilen 3b rezin grubu hariç diğerleri arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir. Aksiyel bölgede direkt dijital STL model ve 3b rezin model haricinde diğerleri arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir. Okluzalde ise 3b rezin, geleneksel ölçüden yazdırılan 3b rezin ve taranabilen ölçüden elde edilen dijital STL arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir.

Ölçü maddesinin veya tekniğinin hassasiyeti restorasyonun iç ve kenar uyumu üzerine dolayısıyla restorasyonun gelecekteki başarısı üzerine etkilidir (El Sayed, 2015; Shembesh, vd., 2017; Zimmermann, vd., 2020). Tutarlılık ne kadar yüksek olursa, ölçüm o kadar tahmin edilebilir. Doğruluk ise ölçünün ölçülen nesnenin gerçek boyutlarından ne kadar saptığını açıklar. Yüksek doğruluk ölçülen nesnenin gerçek boyutlarına yakın veya eşit bir sonuç verir. Geleneksel ölçü maddeleri ile ilgili ölçü maddesinin viskozitesi, kalınlığı, ölçü tekniği, ölçü karışımının rijitliği, ölçü maddesinin kaşığa tutunması, yan ürün ortaya çıkması ve ölçü maddesinin hidrofilitesi gibi

faktörler ölçünün hassasiyetini dolayısıyla restorasyonun uyumunu etkilemektedir (Nissan, vd., 2002; Caputi ve Varvara., 2008; Pastoret, vd., 2017). Yapılan çalışmalarda en iyi uyumun ilave silikonlarla iki farklı kıvamda ölçü maddesinin bir arada kullanıldığı iki aşamalı putty-wash ölçü tekniği ile elde edildiği belirtilmiştir (Nissan, vd., 2002; Varvara, vd., 2015). Çalışmamızda iki farklı kıvamda taranabilir ilave silikon ölçü maddesi tek aşama ölçü tekniği ile (tek aşamalı putty-wash) uygulanmıştır.

Daha kısa çalışma süresine sahip olması nedeniyle dijital tekniğin konvansiyonel tekniğe göre hastalar tarafından daha fazla tercih edildiği belirtilmesine rağmen dijital ölçü ve geleneksel ölçü ile üretilen restorasyonların uyumları üzerine yapılan çalışmalarda birbirine yakın karşılaştırılabilir marjinal ve internal uyum değerleri elde edilmiştir (Alqahtani., 2017; Shembesh, vd., 2017). İlave silikon ölçü maddesi ile alınan ölçülerden elde edilen kron restorasyonların uyumlarının daha iyi olduğu belirten çalışmalar kadar (Seelbach, vd., 2013; Abdel-Azim, vd., 2015; Rödiger, vd., 2017; Sakornwimon ve Leevailoj., 2017; Malik, vd., 2018) dijital teknolojinin daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Anadioti, vd., 2014; Pradíes, vd., 2015; Berrendero, vd., 2016; Zarauz, vd., 2016; Koulivand, vd., 2020). Dijital tarayıcılar arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Dijital ölçünün hassasiyetini etkileyen bu faktörler; tarayıcıların çalışma prensiplerindeki farklılıklar (ışık kaynağı, imaj tipi, tozlama veya kaplama gerektirmesi), sistemin hibrit (tarayıcı ve kazıyıcı farklı üretici) veya monobrand (tarayıcı ve kazıyıcı aynı üretici) olması, operatörün deneyimi, teknisyenin deneyimi olarak gösterilmiştir (Mangano, vd., 2017; Susic, vd., 2017; Buduru, vd., 2019). Bununla birlikte çok üyeli restorasyonların uyumunda hala geleneksel teknikle daha iyi hassasiyet ve uyum değerleri elde edilmektedir (Ender, Attin., vd., 2016; Shembesh, vd., 2017; Ender, vd., 2019). Gelişen teknoloji ile konvansiyonel ölçü yönteminin yanında dijital ölçü tekniği de yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

CAD/CAM veya kopyalama frezeleme sistemleri ile üretilen restorasyonların marjinal açıklık değerlerini inceleyen çalışmalarda marjinal uyum değerlerinin 20µm ve 300 µm arasında değiştiği belirtilmektedir (Moldovan, vd., 2011; Shembesh, vd., 2017; Riccitiello, vd., 2018; Buduru, vd., 2019). CAD/CAM ile üretilen kronlarda 100 µm'ye kadar olan boşlukların klinik olarak tolere edilebilir olduğu düşünülmektedir (Tao ve Han, 2009; Yildirim, vd., 2017; Papadiochou ve Pissiotis, 2018; Chiu, vd., 2020). İki farklı dizayn programı (Exocad ve 3-Shape in-lab) ile tasarlanmış ve dört

farklı kazıma cihazı (Sirona in-lab MC X5, imes-icore CORiTEC 250i, Charlydental CD 05-S ve Roland DWX-51D) ile üretilmiş monolitik zirkonya kronların marjinal uyumunu değerlendiren bir çalışmada dizayn programının ve kazıyıcının kron restorasyonların uyumuna etki ettiği belirtilmiştir. En iyi değerler (Exocad) programı ile tasarlanmış ve (Roland DWX-51D) kazıma cihazı ile üretilmiş grubunda çıkmıştır (AL-Haideri, vd., 2019). CAD/CAM sistemi ile elde edilen restorasyonların uyumu, kullanılan CAD/CAM sistemine bağlı olarak farklılık gösterir ve tarayıcı, freze ünitesi ve restorasyonun dizaynı dahil sistemin her bir bileşeninden etkilenir; CAD/CAM sisteminin herhangi bir bileşeninin değiştirilmesi (frezler, dizayn parametreleri gibi), sonuçta ortaya çıkan protez işinin kalitesi üzerinde, öngörülemeyen bir şekilde bir etkiye sahiptir (Takeuchi, vd., 2018; Buduru, vd., 2019; Kim, vd., 2019; Memari, vd., 2019).

Direkt dijital taramadan ve alçı modellerin indirekt dijital taranmasından elde edilen kronların marjinal uyumlarının değerlendirildiği bir çalışmada direkt dijital yöntemle elde edilen kronlarda daha iyi uyum değerleri elde edilmiştir (Amelya, vd., 2018). Çalışmamızda direkt dijital STL model ve ölçün maddesinin taranması ile elde edilen dijital STL model üzerinde üretilen restorasyonların kenar ve iç açıklık değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Alçı modelde elde edilen açıklık değerlerinden düşüktür ancak istatistiksel fark yoktur.

Farklı spacer kalınlıklarının (30, 60 ve 100  $\mu\text{m}$ ) CAD/CAM aşındırma teknolojisi ve ısı ve basınçla presleme teknolojisi ile üretilen lityumdisilikat kronların uyumlarına etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, en düşük okluzal açıklık değeri 60  $\mu\text{m}$  spacer kalınlığı seçildiğinde elde edilmiş, 60  $\mu\text{m}$  (49.65  $\mu\text{m}$ ) ve 100 (46.65  $\mu\text{m}$ )  $\mu\text{m}$  spacer kalınlıkları ile 30  $\mu\text{m}$  (55.18  $\mu\text{m}$ ) spacer kalınlığına göre daha düşük marjinal açıklık değerleri elde edilmiş ancak aralarında istatistiksel fark bulunmamıştır. CAD/CAM sistemleri için 30 veya 60  $\mu\text{m}$  spacer kalınlığı tavsiye edilen bu çalışmada press tekniği ile üretilen lityum disilikat kronların uyumu daha iyi bulunmuştur (Mously, vd., 2014). CAD/CAM kazıma ile üretilen monolitik zirkonya kronların farklı siman aralığı parametrelerinin marjinal uyumu üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, kronların siman aralığı marjinlerin 1 mm üzerinden başlayacak şekilde 3 farklı siman aralığı seçilmiştir (30  $\mu\text{m}$ -40  $\mu\text{m}$ -50  $\mu\text{m}$ ). Elde ettiği sonuçlara göre restorasyon dizayn parametresinde siman aralığı azaldığında marjinal uyumsuzluğu arttığı, en iyi marjinla uyum değerlerinin 50  $\mu\text{m}$  siman aralığı seçilen grupta elde edildiği bildirilmiştir (85  $\mu\text{m}$ -68  $\mu\text{m}$ -53  $\mu\text{m}$ ) (Kale, vd., 2016).

Daha önce yapılan çalışmalarda, CAD/CAM teknolojisi ile üretilen restorasyonlarda tercih edilen siman aralığı parametresi 10 ile 120 µm arasında değişmektedir (Nakamura, vd., 2003; Mously, vd., 2014; Sachs, vd., 2014; Benli, vd., 2019). Daha önce yapılan çalışmalara benzer şekilde çalışmamızda tam kronların siman aralığı marjinlerden 1 mm yukarıda, 60 µm siman aralığı (Shembesh, vd., 2017; Kim, vd., 2019) dizayn edilmesine karar verilmiştir. Çalışmamızda 60 µm siman aralığı seçmemize rağmen gruplarda 60 µm'ye yakın ya da daha düşük M ve MI değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak dizayn parametrelerimizde siman aralığının marjinin 1 mm üzerinden başlayacak şekilde ayarlanması gösterilebilir.

Kesme ve inceleme (kesit yöntemi), ölçü ile değerlendirme (silikon replika tekniği), görsel prob ile değerlendirme, mikro bilgisayarlı tomografi (micro-BTt), profilometre, üçlü tarama yöntemi (TSM) ve optik koherens tomografisi (OKT) restorasyonların kenar ve iç uyumunu değerlendirmek için kullanılan tekniklerden bazılarıdır (Mitchell, vd., 2001; Stappert, vd., 2004; Gamarra, vd., 2018; Son, vd., 2019;). Bu tekniklere ek olarak restorasyonun iç yüzeyinden alınan ve prepare edilen dişin dijital taramaların karşılaştırılması (De Freitas, vd., 2020; Jang, vd., 2020; Yang, vd., 2020) tekniğinden de yararlanılmaktadır. Yöntemlerin her bir diğeri üzerinde avantajlara sahip olmasına rağmen, hangisinin daha hassas olduğu konusunda halen kesin bir delil yoktur. Son ve arkadaşları marjinal ve internal uyumun değerlendirilmesinde kullanılan 5 farklı tekniği (silikon replika, üçlü tarama metodu, micro bilgisayarlı tomografi, optik koherens tomografisi, cross-sectional metot) karşılaştırdıkları çalışmalarında, marjinal ve internal uyum değerlerinin uygulanan metoda göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Her bir metotta marjinal uyum değerleri 23.2-83.4 mikron arasında, internal uyum değerleri de (aksiyel, tüberkül tepesi ve okluzal) sırasıyla 44.8-95.9 mikron, 84.3-128.6 mikron ve 102.6-140.5 mikron arasında değişmiştir. Çalışmalarında en düşük kenar açıklık değerini kesitsel ve silikon replika tekniğinde gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte aksiyel, tüberkül ve okluzal bölgelerinde karşılaştırılan diğer tekniklerden daha yüksek açıklık değerleri elde etmişlerdir (Son, vd., 2019). Silikon replika tekniği kullanılarak restorasyonun uyumunun değerlendirildiği çalışmamızda elde edilen kenar açıklık değerleri  $36.70 \pm 3.52 - 65.82 \pm 11.60$  µm, iç kenar açıklık değerleri  $46.13 \pm 4.81 - 77.00 \pm 15.30$  µm, aksiyel açıklık değerleri  $42.00 \pm 3.28 - 68.65 \pm 1.74$  µm, tüberkül açıklık değerleri  $51.00 \pm 3.95 - 89.90 \pm 21.14$  µm ve okluzal açıklık değerleri  $48.73 \pm 4.14 - 84.83 \pm 20.17$  µm

arasında değişmiştir. Elde edilen değerler klinik olarak kabul edilebilir maksimum değerin altındadır.

Restorasyonların uyumunu değerlendirmek için seçilen yöntemlerin her birinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Ekonomik ve uygulaması kolay olan, kesitsel yöntem ve silikon replika tekniğinin aksine OKT, micro-BT ve TSM analiz yazılımı ile birlikte uzmanlar tarafından çalıştırılan pahalı ekipman gerektirir. Değerlendirmelerin 2 boyutlu olarak yapılması ve kullanılan ölçü maddesinin deformasyon riski dezavantaj olarak sunulmasına rağmen silikon replika tekniği, uygulanmasının kolay ve hata durumunda tekrarlanabilir olması, ekonomik olması, birçok çalışmada uygun endikasyonu olması ve restorasyonlarda hasar oluşturmadan restorasyonun uyumunun değerlendirilmesine imkân vermesi nedeniyle değerlendirmede halen sıklıkla tercih edilen konservatif bir tekniktir (Buduru, vd., 2019; Son, vd., 2019; Külünk, vd., 2020). Fakat silikon malzemeleri kullanırken yırtılma ya da deformasyon meydana gelebilir bu yüzden bu teknik itinayla yapılmalıdır. Tekniğin ağız içi klinik çalışmalarda uygulanabilir olması da diğer tekniklere göre önemli bir avantajdır. Bununla birlikte silikon ölçü malzemeleri, ağız boşluğu ile oda sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkından dolayı termal büzülme sergiler (Laurent, vd., 2008; Abduo, vd., 2010; Syrek, vd., 2010). Çalışmamızda silikon replika tekniğinin ölçü maddesine bağlı dezavantajını elimine etmek için boyutsal olarak doğruluğu ve stabilitesi iyi olan ilave silikon ölçü maddesi tercih edilmiştir. Açıklık değerini gösteren ve siman ajanını taklit eden akışkan kıvamda ölçü maddesi daha yoğun kıvamda olan ölçü maddesi ile desteklenmiştir. Uygulama oda ısısında gerçekleştirilmiştir. Her bir replikda okluzo-gingival olarak mesio-distal ve bukko-lingual olarak 4'e bölünerek ölçüm sayısı arttırılmıştır.

Marjinal ve iç uyum değerlendirmesinde referans ölçüm noktası ile ilgili belli bir sayı yoktur. Okluzal, aksiyal, i kenar ve kenar olmak üzere 4 farklı referans noktasından ölçüm yapan (Syrek, vd., 2010), 5 (Berrendero, vd., 2016), 8 (Kale, vd., 2017) ve 16 referans noktası seçen (Shim, vd., 2015) alışmalara rastlanmıştır. Çalışmamızda mezio distal ve bukko lingual doğrultuda keserek elde ettiğimiz 4'er silikon diliminin her birinden rastgele belirlenen bir yüzeyinden elde edilen marjinal, internal marjinal, aksiyal ve okluzal olmak üzere 5 referans noktasından toplamda 20 ölçüm alınmıştır. Her bir grup için power analizi ile belirlenen örnek sayısından daha fazla örnek kullanılmıştır.

Silikon dilimlerindeki referans noktalarını ölçebilmek ve değerelebilmek için farklı mikroskoplar araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Bu amaçla; stereomikroskoplar, ışık mikroskopları, dijital mikroskoplar ve SEM tekniklerinden faydalanılmaktadır (Cho, vd., 2012; Colpani, vd., 2013; Hamza, vd., 2013; K.-B. Kim, vd., 2013; Saber, vd., 2013). Groten ve ark. yaptığı çalışmada marjinal uyumu değerelendirmesi için ışık mikroskobu ve SEM yöntemini karşılaştırmıştır ve iki yöntem arasında anlamlı bir fark bulmamıştır ve ikisinde de benzer bir sonuç çıktığını bildirmişlerdir (Groten, vd., 1997). Çalışmamızda silikon dilimlerinin incelenmesi için uygulamasının kolay olması, sonuçların hesaplanabilmesi için bir yardımcıya ihtiyaç olmaması, ekonomik olması ve silikon replika tekniğinde halen sıklıkla tercih edilen bir yöntem olması nedeniyle stereomikroskop ile değerelendirme tercih edilmiştir. Silikon replikalar bilgisayara bağı stereomikroskop altında 40X büyütmede incelenmiş ve veriler kaydedilerek bilgisayara aktarılmıştır.

Restorasyonların uyumu üzerine ölçü tekniklerinin, preparasyonun, restoratif materyalin etkisini değerelendiren çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen model etkisini değerelendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Tercih edilen ölçü tekniğı, ölçü materyalinin özelliğine bağı faktörler, model olarak kullanılan materyal ve 3D üretim tekniğı (aşındırma veya eklemeli) dental modellerin hassasiyetini etkileyebilmektedir (Jeong, vd., 2018; Jang, vd., 2020).

Restorasyonların üretileceğı modeller geleneksel ve dijital ölçüler kullanılarak farklı şekillerle elde edilmektedir. Dijital ölçülerden elde edilen modeller STL formunda sanal modeller şeklinde olabileceğı gibi kazıma veya eklemeli üretim teknolojisi ile elde edilen rezin modeller şeklide de üretilebilmektedir. Aşındırma teknolojisi ile model elde edilmesi protez üretim sürecini basitleştirmesine ve alçı materyaline bağı dezavantajları elimine etmesine rağmen freze makinesinin eksenlerinin sınırlı olması nedeniyle karmaşık şekillerin ve çıkıntılı alanların üretilmesindeki güçlük, rezin materyali kazımak için seçilen frez çaplarındaki sınırlamalar, materyal israfı ve ekonomik olmaması gibi dezavantaj oluşturmaktadır (Jang, vd., 2020). Geleneksel ölçülerden elde edilen alçı modeller halen günümüzde teknisyenler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Seramik restorasyonlar Tip 4 alçı modeller üzerinde bitirilmektedir. Dijital STL sanal modellerin en büyük avantajı teknisyen veya materyale bağı hataları elimine etmesi, model elde edilmesini gerektirmeyerek zaman ve materyal tasarrufu sağlamasıdır. Bununla birlikte destek dış ve restorasyon arasındaki uyumun restorasyon ağız içine yerleştirilmeden kontrol

edilememesi en önemli dezavantajdır (Jeong, vd., 2018; Jang, vd., 2020). Çalışmamızda kullandığımız alçı modeller yüksek ısıya, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı tip 4 alçıdan, rezin modellerimiz SLA teknolojisini kullanan 3 boyutlu bir yazıcı ile eklemeli üretim ile elde edilmiştir. Bir protezin hastanın ağız boşluğuna yerleştirilmesinden önce model üzerinde uyumunun belirlenmesi, protezin ömrünü ve stabilitesini artırmada önemli bir adımdır. Çalışmamızda da Dijital STL model, taranabilir ölçüden elde edilen dijital STL model ve alçı modeller arasında her üç restorasyonda da M, MI, A, T ve O açıklık değerleri arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir.

Muhlemann ve arkadaşları yaptığı çalışmada dijital ve alçı modellerden üretilen tam kronların marjinal uyumu değerlendirilmiştir ve sonuç olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Muhlemann, vd., 2018). Bilgin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre, 125 alçı model üzerinde yapılan ölçümler ile 126 dijital model üzerinde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Bilgin, vd., 2013). Choi ve arkadaşları yaptığı çalışmaya göre alçı modellerin doğruluğu dijital modellerden ve 3B modellerden daha iyi bir netlik göstermiştir (Choi, vd., 2019).

Farklı modeller üzerinde üretilen 3 üyeli sabit parsiyel protezlerin hassasiyetinin değerlendirildiği bir çalışmada DLP teknolojisi ile yazdırılan 3B modellerde alçı modellerden daha yüksek marjinal ve iç açıklık değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte elde edilen açıklık değerleri klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunmuştur (Jang, vd., 2020). Anadioti ve ark. yaptıkları çalışmalarında SLA teknolojisi ile üretilen modeller üzerinde üretilen kronlarda alçı modelden daha yüksek açıklık değerleri elde etmişlerdir (Anadioti, vd., 2014). 3B modeller ile daha fazla açıklık değerleri elde etme nedeni olarak yazıcı parametreleri gösterilmiştir.

3B üretilen nesnenin yatay çözünürlüğü lazer ışın kaynağının çapından, vertikal çözünürlüğü ise seçilen katman kalınlığı parametresine bağlıdır. Model yazdırılırken Z eksenini boyunca hareket etmektedir bu da model üzerinde çizgiler şeklinde gözlenen “merdiven basamağı etkisine” sebep olmaktadır (Park, vd., 2019). DLP yazıcılarda en az 50 mikron, mürekkep püskürtmeli polyjet yazıcılarda ise en az 16 mikron en iyi uyumun elde edildiği tabaka kalınlıklarıdır. Modelin boyutsal hassasiyeti ve yüzey bitimi z-ekseninin kontrolünde olan tabaka kalınlığından etkilenir. Tabaka kalınlığı arttıkça hassasiyet olumsuz etkilenmektedir (Brown, vd.,

2018). Brown ve ark. 3 farklı modelin (alçı modeller, DLP teknolojisi ve polyjet teknolojisi kullanarak üretilen 3B rezin modeller) hassasiyetini değerlendirdikleri çalışmalarında, alçı model hassasiyetinin karşılaştırıldığı 3B rezin modellere göre daha iyi olduğunu bulmuşlardır. Yazıcı özelliği ve yazıcı parametrelerinin 3B modellerin hassasiyetini etkilediğini belirtmişlerdir. 16 mikron yazdırma kalınlığı parametresi tercih edilen polyjet yazıcıdan elde edilen modeller, 50 mikron yazdırma kalınlığı parametresi tercih edilen DLP yazıcılarından elde edilen modellerden daha hassas bulunmuştur. Karşılaştırdıkları modellerden elde ettikleri hassasiyet değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu belirtmişlerdir (Brown, vd., 2018).

CAD/CAM sistemi ile üretilen tek üye monolitik kronların uyumunun değerlendirildiği çalışmamızda her 3 materyalde de en iyi uyum değerleri direkt dijital ölçülerden SLA teknolojisi ile yazdırılan 3B rezin modellerle elde edilmiştir. Alçı model ile elde edilen değerler arasında T ve O bölge açıklık değerleri hariç diğer bölgelerde taranabilir ölçüden yazdırılan 3B rezin ile elde edilen değerler arasında istatistiksel fark gözlenmiştir. Lityum disilikat kronlarda daha düşük uyum değerleri elde edilmiştir. SLA teknolojisi kullanılarak elde edilen 3B modellerimizde vertikal ekseninde tabaka kalınlığı 50 mikron olarak seçilmiştir. Alçı modellerde elde edilen açıklık değerlerinden daha düşük değerler elde edilmesinin nedeninin bu olduğu düşünülebilir.

Aşındırma ile karşılaştırıldığında eklemeli üretim teknolojisi geride daha az artık madde kalması ve üretim hızı nedeniyle özellikle çalışma modeli üretiminde daha avantajlı ve ekonomiktir (Dawood, vd., 2015). CAD/CAM aşındırma ve eklemeli üretim teknikleri ile elde edilen modellerin hassasiyetinin karşılaştırıldığı bir çalışmada eklemeli üretim teknolojisi ile elde edilen modellerin hassasiyetinin daha iyi olduğu gözlenmiştir (Jeong, vd., 2018).

Dijital diş hekimliği uygulamalarındaki ilerlemeler ve sunduğu avantajlar nedeniyle CAD / CAM uygulamaları için uygun (estetik ve mekanik olarak dayanıklı) malzemeler üzerinde araştırma, dijital üretim yöntemleri (aşındırma veya eklemeli) ve CAD/CAM ile üretilen restorasyonların uyumu üzerine yapılan çalışmalar güncel araştırma konularını oluşturmaktadır (Kılınc, vd., 2018; Buduru 2019; Sulaiman, 2020). Materyal özellikleri (seramik, kompozit, zirkonyum oksit, metal vb.), üretim yöntemleri (döküm, direkt tabakalama, CAD/CAM üretim), ve porselen fırınlama/sinterleme işlemleri metal destekli seramik ve tam seramik restorasyonların uyumunu etkilemektedir (Papadiochou ve Pissiotis., 2018) Riccitiello, vd., 2018;

Külünk, vd., 2020). Seramik benzeri materyallerin uyumlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, fiber destekli kompozit kronlarda 73-104 µm arasında uyum değerleri elde edilmiştir. Tüberkül ve oklüzal bölgede en fazla açıklık değerleri gözlenmiştir (Külünk, vd., 2020).

Freire ve arkadaşları, CAD/CAM ile üretilen zirkon ve lityum disilikat tam kronlar ve preslenebilir elle tabakalama yapılan tam kronların marjinal uyumlarını değerlendirdikleri çalışmalarında CAD/CAM ile yapılan dental restorasyonların daha iyi bir uyum gösterdiğini bildirmişlerdir (Freire, vd., 2019). Çalışmamızda restorasyonların üretimi için daha hızlı, estetik ve üretiminin daha az zaman alması, materyal seçeneğinin çok olması nedeniyle tek kronların üretiminde son yıllarda daha fazla tercih edilen CAD/CAM aşındırma teknolojisi tercih edilmiştir.

Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik bloklar (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) CAD/CAM aşındırma teknolojisi ile üretim için geliştirilmiş. Bu blokların yapısı %40 oranında lityum meta-silikat kristallerinden oluşan ve parsiyel kristalize bir bloktur. Tam seramik restorasyonlarda, alt yapıyı mikroyapısı, çok yönlü olarak dağılmış ve birbirine kenetlenmiş halde bulunan çok küçük kristallerden oluşmaktadır. Bu kristaller, materyal içinde çatlakların yayılımını engelleyerek dayanıklılığı arttırmaktadır. Çoğu klinik ve laboratuvar çalışmalara göre lityum disilikat tek tam kron restorasyonların marjinal uyumunun daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir (Abdel-Azim, vd., 2015; Empres., 2015; Kim, vd., 2016; Güth, vd., 2020; Sulaiman, 2020).

Geliştirilen birçok seramik sistem arasında, yitriya ile stabilize edilmiş polikristalin tetragonal zirkonya, estetik, mükemmel biyouyumluluk, düşük plak birikimi ve yüksek dayanıklılık gibi kayda değer özelliklerinden dolayı diş restorasyonunun popüler bir formu haline gelmiştir (Vojdani, vd., 2015). Yapılan araştırmalara göre en sık görülen başarısızlık nedeni zirkonya altyapılı restorasyonlarla üst yapı seramiğinde yaşanan kopmalar olduğu bildirilmiştir. Bu büyük dezavantajın üstesinden gelebilmek için son yıllarda monolitik zirkonya seramik restorasyonları kullanıma sunulmuştur. Monolitik zirkonya yüksek eğilme direnci, doğal diş rengine benzemesi karşı dişlerde daha az aşınma ve minimum diş hazırlığı nedeniyle popüler hale gelmiştir (Griffin Jr, 2013; Miyazaki, vd., 2013; Stober, vd., 2014).

Cho ve ark. yarı sinterize (3Y-TZP) ve tam sinterize((Y, Nb)-TZP) blokların iç uyumlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında tam sinterize kronların iç uyumlarının (37.4 µm ±2.41 µm) yarı sinterize kronlardan (43.0 µm ±3.67 µm) daha iyi olduğunu

belirtmişlerdir. Bunun nedeni olarak yarı sinterlenmiş zirkonya kronlara kazıdıktan sonra uygulanan sinterleme işleminin kronlarda neden olduğu boyutsal değişikliği göstermişlerdir (Cho, vd., 2019). Çalışmamızda yarı sinterlenmiş zirkonya bloklar kullanılmıştır ve kronlarda 50.58 – 84.14 µm arasında değişen µm değerleri elde edilmiştir. Zirkonya restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalarda, zirkonya seramik kronların marjinal tutarsızlık aralığının 19 ila 160 µm arasında olduğu bildirilmiştir (Pera, vd., 1994; Coli ve Karlsson, 2004; Balkaya, vd., 2005; Tao ve Han, 2009; Vojdani, vd., 2015). Çalışmamızda 5 farklı model üzerinde dizayn edilen monolitik zirkonya kronlarla elde edilen açıklık değerleri daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisinde ( $50.58 \pm 5.89$ - $84.14 \pm 3.99 \mu\text{m}$ ) ve CAD/CAM ile elde edilen restorasyonlar için önerilen maksimum açıklık değerinin altındadır.

Son 20 yılda fiber destekli restorasyonların gerek diş gerekse implant destekli restorasyonların üretiminde kullanımı artmıştır. Fiber destekli restorasyonlar (FRC) genellikle bir rezin matris içine gömülü cam fiber alt yapı üzerine kompozit veneer uygulaması şeklinde üretilirken son yıllarda CAD/CAM ile üretim için uygun olan tek yapılı fiberle güçlendirilmiş kompozit bloklar tam kron, köprü ve hareketli portezlerin alt yapılarının üretiminde karşımıza çıkmaktadır. (Sulaiman, 2020; Suzaki, vd., 2020). Trinia biyolojik uyumluluğu, düşük ağırlıklı olması, aşındırılabilirlik, yüksek bükülme ve sıkıştırma dayanıklılığına sahip olması gibi özelliklerinden dolayı diş destekli veya implant üstü sabit ve hareketli protezlerde metalik olmayan restorasyonların üretimi için monolitik veya altyapı olarak tercih edilen çok boyutlu güçlendirilmiş nano hibrit bir biopolimerdir (Jim Collis, 2015; Biris, vd., 2017; Ewers, vd., 2017). Daha önce yapılan çalışmalarda altyapı olarak kullanılmıştır. Metal veya seramik malzemelerden yapılan restorasyonlara göre daha iyi özelliklere sahip bir materyal olduğunu bildirmişlerdir. Trinia'nın en büyük özelliği, 393 MPa'lık yüksek eğilme mukavemeti ve 374 MPa (paralel) ve 339 MPa (dik) basınç dayanımıdır (Biris, vd., 2018). Güncel bir materyal olması nedeniyle mekanik özelliklerini karşılaştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Külünk, vd., 2020). Bununla birlikte uyum değerlerini karşılaştıran çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışmamızda lityum disilikat kronlarda en iyi uyum değerleri yani en düşük kenar ve iç uyum değerleri elde edilmiştir ( $36.70 \pm 3.52$ - $62.20 \pm 3.89 \mu\text{m}$ ). En yüksek açıklık değerleri fiber destekli kompozit kronlarla elde edilirken ( $54.73 \pm 5.96$ - $89.90 \pm 21.14 \mu\text{m}$ ), zirkonyum dioksit kronlar ( $50.58 \pm 5.89$ - $84.14 \pm 3.99 \mu\text{m}$ ) ile arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir. Farklı tasarım programı ile tasarlanan ve farklı kazıyıcılar ile oluşturulan monolitik zirkonya kronların marjinal

ve iç uyumlarının incelendiği bir çalışmada, en düşük yani en az açıklık değerleri diğer bölgelerle karşılaştırıldığında (chamfer, aksiyel ve okluzal) marjinlerde elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak dizayn parametrelerinde siman aralığının marjinin 1 mm üzerinden başlayacak şekilde ayarlanası olabileceğini belirtmişlerdir. İç uyumu belirleyen chamfer (iç marjinal), aksiyel ve oklüzal açıklık değerleri arasında en az iç uyum açıklık değerleri aksiyel bölgede, en yüksek iç uyum açıklık değerleri ise okluzal bölgede elde edilmiştir. Okluzal bölgede en yüksek açıklık değerleri elde edilmesinin sebebi olarak simantasyon işlemi sırasında oluşan hidrolik basınç ve preparasyon duvarlarına da bağlı olarak simanın aksiyelden hem okluzal hem de servikal yönde kaçışının olduğu belirtilmiştir. Ayrıca CAD/CAM sisteminde düz yüzeylerin kazınması karmaşık olan okluzal yüzeyden daha kolaydır. Okluzal bölgede restorasyonun uyumunu arttırmak için frez çapı ve hareket sahasına bağlı olan kazıma işlemi restorasyonun iç uyumunu siman aralığını arttırarak olumsuz etkilemektedir (AL-Haideri, vd, 2019).

Çalışmamızda en yüksek açıklık değerleri tüberkül tepesi ve okluzal bölgede elde edilmiştir. Fiber destekli kronlar haricinde diğer restorasyonlara üretici talimatlarına uygun olarak sinterizasyon işlemi yapılmıştır. Rezin içerikli blokların kazınmasında 1 mm en daha kalın frezler kullanılmaktadır. 1 mm'den (örneğin 0,6 mm) küçük frezeler kolayca ısındığından, bu, reçinenin erimesine ve frez üzerine yapışmasına ve işlem sırasında frezin kırılmasına neden olmaktadır (Jeong, vd., 2018). Seramik kazınması için kullanılan frezlerden daha kalın frezler kullanılmış olması fiber destekli kronlarda daha yüksek okluzal ve tüberkül açıklık değerleri elde edilmesine neden olduğu düşünülmektedir. Frezlerin yüzeylerini kaplayan elmas partiküllerinin boyutları ve dağılımı, aşındırma doğruluğunun ve yüzey bitimlerinin değişmesine neden olabileceği ve sonuçta ortaya çıkan marjinal tutarsızlığı potansiyel olarak etkileyebileceği kabul edilmektedir (Kwong ve Dudley, 2020).

Daha önce yapılan bir çalışmada CAD/CAM zirkonya kronların marjinal uyumlarının fiber destekli kompozit kronlarından daha iyi olduğu belirtilmiştir. Bunun nedeninin dental CAD/CAM sistemlerinin polikristalin malzemeleri işlemek için geliştirilmiş olmasından kaynaklandığı (Ricciello, vd., 2018). Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda FRC ve Zr kronlarda benzer ve LD kronlardan daha yüksek açıklık değerleri elde edilmiştir.

Çalışmamızda 5 farklı model ve 3 farklı restorasyon materyali ve restorasyonların üretiminde bloktan aşındırma teknolojisi tercih edilmiştir. Bu çalışmanın sınırları dahilinde; ağız içi tarayıcı ve kazıyıcı sistemin farklı olduğu hibrit sistem kullanılarak restorasyonlar üretilmiştir. Hibrit sistemler ve monobrand sistemler ile aşındırma veya eklemeli üretim teknikleri ile oluşturulan modellerin hassasiyetinin ve restorasyonların uyumuna etkilerin karşılaştıran çalışmalar planlanabilir. Aynı zamanda çalışmamızda sadece CAD/CAM aşındırma teknolojisi ile üretilen kronların uyumları karşılaştırılmıştır. Farklı modeller üzerine tabakalama, presleme veya aşındırma tekniği ile üretilen restorasyonların uyumlarını değerlendiren çalışmaların yapılması bu konuya ışık tutacaktır.

## **6. SONUÇ**

Sonuç olarak, bu invitro çalışmanın sınırları dahilinde;

1. Dijital ölçülerden yazdırılan 3B rezin modeller ile her üç restorasyon materyalinde de en iyi uyum değerleri elde edilmiştir.
2. Geleneksel ölçünün doğrudan taranması ile elde edilen dijital STL modeller ve 3B yazdırılan rezin modeller üzerinde üretilen kronların kenar ve iç uyum değerleri birbirine yakın ve alçı modellerden daha az açıklık değerleri göstermiştir. Elde edilen kenar uyum değerleri ve iç uyum değerleri kabul edilebilir açıklık değerlerinin altındadır (120µm ve 80µm sırasıyla). CAD/CAM aşındırma teknolojisinde geleneksel alçı modellere alternatif olarak kabul edilebilir.
3. Alçı modeller üzerinde elde edilen uyum değerleri dijital STL modeller ve rezin modellerden daha yüksek olmasına rağmen klinik olarak kabul edilen maksimum açıklık değerlerinin (120 µm) altındadır.

## 7. KAYNAKLAR

- Abdel-Azim, T., Rogers, K., Elathamna, E., Zandinejad, A., Metz, M., & Morton, D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2015; 114(4), 554–559.
- Abduo, J., Lyons, K., & Swain, M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2010; 37(11), 866–876.
- Adnan, Adnan, S., Agwan, M. A. S. Gingival retraction techniques: a review. *Dental Update*, 45(4), 284–297. Samira, & Agwan, M. A. S. (2018). Gingival retraction techniques: a review. *Dental Update*, 2018; 45(4), 284–297.
- Aeran, H., Kumar, V., Seth, J., & Sharma, A. Computer aided designing-computer aided milling in prosthodontics: A promising technology for future. *IJSS Case Report & Reviews*, 2014; 1(1), 23–27.
- Afrashtehfar, K. I., Emami, E., Ahmadi, M., Eilayyan, O., Abi-Nader, S., & Tamimi, F. Failure rate of single-unit restorations on posterior vital teeth: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 117(3), 345–353.
- Agapovichev, A. V., Kokareva, V. V., Smelov, V. G., Stov, A. V. Selective laser melting of titanium alloy: investigation of mechanical properties and microstructure. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016; 156(1), 12031.
- Ahrberg, D., Lauer, H. C., Ahrberg, M., & Weigl, P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(2), 291–300, 2016.
- Akarca, E. M. Çeşitli Yüzey İşlemleri Uygulanan Rezin Matriks Seramiklerin Rezin Siman Kullanılarak Dişe Bağlantılarının In-Vitro Olarak İncelenmesi. 2019.
- Al-Haideri, H. H., Ibraheem, A. F. Evaluation of the Marginal and Internal Fitness of Monolithic CAD/CAM Zirconia Crowns Using Two Software Design and Different Open System Milling Machines. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 2019; 13(3), 224–229.
- Alghazzawi, T. F., Liu, P., & Essig, M. E. The effect of different fabrication steps on the marginal adaptation of two types of glass-infiltrated ceramic crown copings fabricated by CAD/CAM technology. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 2012; 21(3), 167–172.
- Alharbi, N., Osman, R. B., & Wismeijer, D. Factors Influencing the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Full-Coverage Dental Restorations Using Stereolithography Technology. *The International Journal of Prosthodontics*, 2016; 29(5), 503–510.
- Alikhasi, M., Siadat, H., Nasirpour, A., & Hasanzade, M. Three-dimensional accuracy of digital impression versus conventional method: effect of implant angulation and connection Type. *International Journal of Dentistry*, 2018.
- Alqahtani, F. Marginal fit of all-ceramic crowns fabricated using two extraoral CAD/CAM systems in comparison with the conventional technique. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 2017; 9 -13.

- Amelya, A., Luddin, R. W., & Nelwan, L. C. Accuracy of the marginal fit of all-ceramic crowns fabricated by direct and indirect digital scanning methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018; 1073(2), 22011.
- Anadioti, E., Aquilino, S. A., Gratton, D. G., Holloway, J. A., Denry, I., Thomas, G. W., & Qian, F. 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. *Journal of Prosthodontics*, 2014; 23(8), 610–617.
- Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J. Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*, 2018; 51(9), 1005–1018.
- Arqoub, M. A., Rabi, T., & Arandi, N. Z. Dental impression materials in prosthodontics: An overview for the general dentist. *International Journal of Preventive and Clinical Dental Research*, 2018; 5(3), 21.
- Atia, M. A., El-Gheriani, A. A., & Ferguson, D. J. Validity of 3 shape scanner techniques: A comparison with the actual plaster study casts. *Biom Biostat Int J*, 2015; 2-26.
- Balçı, B. Farklı estetik abutmentlerin döngüsel yorulma yüklemesi sonrasında kırılma dayanımlarının değerlendirilmesi/The evaluation of the fracture strength of different esthetic abutment after cyclic fatigue loading. (2015).
- Balkaya, M. C., Cinar, A., & Pamuk, S. Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all-ceramic crown systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2005; 93(4), 346–355.
- Banday, O. Determining the accuracy of a CAD-CAM milled polyurethane die system (CADENT-iTERO) derived from optical-digital impressions. Boston University. (2011).
- Barbo, B. N., Azeredo, F., & de Menezes, L. M. Digital Models: Comparison of Scanning Angulations and Superimposition. *Open Journal of Stomatology*, 2020; 10(8), 218–229.
- Baroudi, K., & Ibraheem, S. N. Assessment of chair-side computer-aided design and computer-aided manufacturing restorations: a review of the literature. *Journal of International Oral Health*, 2015; 7(4), 96.
- Bayramoğlu, D. E., Özkan, Y. Cam seramik restorasyonlar ve zirkonya alt yapı seramik restorasyonların karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (2012).
- Benli, M., Öngül, D., Karataşlı, B., Rohlig, B. G. Dijital ve konvansiyonel yolla üretilen kron restorasyonların uyum parametrelerinin karşılaştırılması. *EÜ Dişhek fak dergi*, 2019; 40\_2: 89-96
- Berrendero, S., Salido, M. P., Valverde, A., Ferreira, A., & Pradies, G. Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clinical Oral Investigations*, 2016; 20(9), 2403–2410.
- Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 2008; 204(9), 505–511.
- Bilgin, M., Dinçel, A., Gümüş, H. Ö., Büyük, A., & Kiliç, 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin doğruluğunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2013; 21, 366–370.
- Bindl, A., & Mörmann, W. H. Survival rate of mono-ceramic and ceramic-core CAD/CAM-

- generated anterior crowns over 2–5 years. *European Journal of Oral Sciences*, 2004; 112(2), 197–204.
- Biris, C., Bechir, E. S., Bechir, A., Mola, F. C., Badiu, A. V., Oltean, C., Andreescu, C., & Gioga, C. Evaluations of Two Reinforced Polymers Used as Metal-Free Substructures in Fixed Dental Restorations. *Materiale plastice*, 2018; 55(1), 33.
- Biris, C., Bechir, E. S., Bechir, A., Mola, F. C., Caraiane, A., Badiu, A. V., & Gioga, C. Trinia Reinforced Polymer as Core for Implants Superstructure. *Materiale plastice*, 2017; 54(4), 764.
- Block, P. M. Technical Product Profile. St. Paul, MN: 3M ESPE. (2000).
- Bonfante E, Suzuki M, Carvalho R, Hirata R, Lubelski W, Bonfante G, Pegoraro T, Coelho P, Digitally Produced Fiber-Reinforced Composite Substructures for Three-Unit Implant-Supported Fixed Dental Prostheses, *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, volume 30, April 2015, p.321-329
- Boyaci, B. K., Kocacikli, M. Elastomerik ölçü materyallerinde güncel gelişmeler. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 2017; 8(1), 1535–1546.
- Brown, G. B., Currier, G. F., Kadioglu, O., & Kierl, J. P. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2018; 154(5), 733–739.
- Buduru, S., Culic, B., Talmaceanu, D., & Pal, A. A comparative study of the accuracy of five CAD-CAM systems. *Medicine and Pharmacy Reports*, 2019; 92(2), 185.
- Butterworth, C., Ellakwa, A., & Shortall, A. Fibre-Reinforced Composites in Restorative Dentistry. *Dental Update*, 2003; 30, 300–306.
- Caputi, S., & Varvara, G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophase, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2008; 99(4), 274–281.
- Cayouette, M. J., Burgess, J. O., Jones Jr, R. E., & Yuan, C. H. Three-dimensional analysis of dual-arch impression trays. *Quintessence International*, 2003; 34(3).
- Cervino, G., Fiorillo, L., Herford, A. S., Laino, L., Troiano, G., Amoroso, G., Crimi, S., Matarese, M., D'Amico, C., & Nastro Siniscalchi, E. Alginate materials and dental impression technique: A current state of the art and application to dental practice. *Marine Drugs*, 2019; 17(1), 18.
- Chiu, A., Chen, Y.-W., Hayashi, J., & Sadr, A. Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters. *Sensors*, 2020; 20(4), 1157.
- Cho, J.-H., Yoon, H.-I., Han, J.-S., & Kim, D.-J. Trueness of the Inner Surface of Monolithic Crowns Fabricated by Milling of a Fully Sintered (Y, Nb)-TZP Block in Chairside CAD–CAM System for Single-visit Dentistry. *Materials*, 2019; 12(19), 3253.
- Cho, L., Choi, J., Yi, Y. J., & Park, C. J. Effect of finish line variants on marginal accuracy and fracture strength of ceramic optimized polymer/fiber-reinforced composite crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2004; 91(6), 554–560.
- Cho, S.-H., Nagy, W. W., Goodman, J. T., Solomon, E., & Koike, M. The effect of multiple firings on the marginal integrity of pressable ceramic single crowns. *The Journal of*

Prosthetic Dentistry, 2012; 107(1), 17–23.

- Chochlidakis, K. M., Papaspyridakos, P., Geminiani, A., Chen, C.-J., Feng, I. J., & Ercoli, C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2016; 116(2), 184–190.
- Choi, J.-W., Ahn, J.-J., Son, K., & Huh, J.-B. Three-Dimensional Evaluation on Accuracy of Conventional and Milled Gypsum Models and 3D Printed Photopolymer Models. *Materials*, 2019; 12(21), 3499.
- Chugh, A., Arora, A., & Singh, V. P. Accuracy of different putty-wash impression techniques with various spacer thickness. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2012; 5(1), 33.
- Coli, P., & Karlsson, S. Fit of a New Pressure-Sintered Zirconium Dioxide Coping. *International Journal of Prosthodontics*, 2004; 17(1).
- Colpani, J. T., Borba, M., & Della Bona, Á. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. *Dental Materials*, 2013; 29(2), 174–180.
- Conrad, H.J., Seong, W.J. ve Pesun, I.J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2007; 98, 389-404. Review.
- Cox, J. R. A clinical study comparing marginal and occlusal accuracy of crowns fabricated from double-arch and complete-arch impressions. *Australian Dental Journal*, 2005; 50(2), 90–94.
- Çulhaoğlu, A. K., Zaimoğlu, A., & Özkır, S. E. Fiberle güçlendirilmiş indirekt kompozit kronların kırılma dirençlerinin IPS Empress tam seramik kronlar ile karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*, 2013; 30(1), 25–31.
- Culp, L., & McLaren, E. A. Lithium disilicate: the restorative material of multiple options. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 2010; 31(9), 716–720.
- Cuperus, A. M. R., Harms, M. C., Rangel, F. A., Bronkhorst, E. M., Schols, J. G. J. H., & Breuning, K. H. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2012; 142(3), 308–313.
- Dabas, N., Dabas, A., Arora, A., & Yadav, H. Comparative evaluation of dimensional accuracy of casts generated from multiple mix impression technique, matrix impression system and dual arch impression technique—An in vitro study. *Journal of Pierre Fauchard Academy*, 2013; 27(1), 23–27.
- Daniel Edelhoff, C. D. T., Dent, M., & Brix, O. All-ceramic restorations in different indications, a case series. *The Journal of the American Dental Association*, 2011; 142, 14S-19S.
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics*, 2011; 55(3), 559–570.
- Dawood, A., & Marti, B. M. Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D Printing in Dentistry *Brit. Br Dent J*, 2015; 219(11), 521–529.
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 2015; 219(11), 521–529.

- De Freitas, B. N., Tonin, B. S. H., Macedo, A. P., dos Santos, T. M. P., De Mattos, M. d G. C., Hotta, T. H., & Matsumoto, W. Adaptation accuracy of milled lithium disilicate crowns: A 2D and 3D microCT analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2020; 32(4), 403–409.
- Dent, J. P. The glossary of prosthodontic terms. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2005; 94(1), 10–92.
- Dinçel, A. G. D. M., Gümüş, H. Ö., Büyük, Kiliç, H. İ., & Bilgin, M. S. 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin doğruluğunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2013; 23(3), 366–370.
- Donovan, T. E., & Chee, W. W. A review of contemporary impression materials and techniques. *Dental Clinics of North America, Dental Clinics*, 2004; 48(2), 445-470
- Duret, F., & Preston, J. D. CAD/CAM imaging in dentistry. *Current Opinion in Dentistry*, 1991; 1(2), 150–154.
- Dyer, S. R., Lassila, L. V. J., Jokinen, M., & Vallittu, P. K. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. *Dental Materials*, 2004 20(10), 947–955.
- El Sayed, S. Marginal fit of esthetic crowns: effect of different fabrication techniques and finish line designs. *Dental journal*, 2015; 61(2931), 2941.
- Empress II, I. P. S., & Press, E. Eleven-year retrospective survival study of 275 veneered lithium disilicate single crowns. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2015; 35, 685–694.
- Ender, A., Attin, T., & Mehl, A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2016; 115(3), 313–320.
- Ender, A., & Mehl, A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2013; 109(2), 121–128.
- Ender, A., Zimmermann, M., Attin, T., & Mehl, A. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clinical Oral Investigations*, 2016; 20(7), 1495–1504.
- Ender, A., Zimmermann, M., & Mehl, A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent*, 2019; 22(1), 11–19.
- Ewers, R., Perpetuini, P., Morgan, V., Marincola, M., Wu, R., & Seemann, R. TRINIA™—metal-free restorations. *Implants*, 2017; 1, 2–7.
- Ewers, R., & Seemann, R. Rehabilitation of Tumour Patients with Ultra-Short Implants and TRINIA Bridges. In *Short Implants.2020*; (pp. 143–160).
- Faber, J., Berto, P. M., & Quaresma, M. Rapid prototyping as a tool for diagnosis and treatment planning for maxillary canine impaction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2006; 129(4), 583–589.
- Falland-Cheung, L., Piccione, N., Zhao, T., Lazarjan, M. S., Hanlin, S., Jermy, M., & Waddell, J. N. Investigation of dental alginate and agar impression materials as a brain simulant for ballistic testing. *Forensic Science International*, 2016; 263, 169–175.

- Fasbinder, D. J. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compendium of continuing education in dentistry*, 2010; 31, 2-11.
- Fisker, R., Öjelund, H., Kjær, R., Van Der Poel, M., Qazi, A. A., & Hollenbeck, K. J. Focus scanning apparatus. *International Publication WO*, 2010; 145669, A1.
- Freilich, M A, Meiers, J. C., Duncan, J. P., & Goldberg, A. J. Rationale for the clinical use of fiber-reinforced composites. Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Goldberg AJ. *Fiber-Reinforced Composites in Clinical Dentistry*. Hanover Park, IL, Quintessence Publishing, 2000; 16, 17.
- Freilich, Martin A, Meiers, J. C., Duncan, J. P., Eckrote, K. A., & Goldberg, A. J. Clinical evaluation of fiber-reinforced fixed bridges. *The Journal of the American Dental Association*, 2002; 133(11), 1524–1534.
- Freire, Y., Gonzalo, E., Lopez-Suarez, C., & Suarez, M. J. The marginal fit of CAD/CAM monolithic ceramic and metal-ceramic crowns. *Journal of Prosthodontics*, 2019; 28(3), 299–304.
- Gamarra, V. S. S., Borges, G. A., Júnior, L. H. B., & Spohr, A. M. Marginal adaptation and microleakage of a bulk-fill composite resin photopolymerized with different techniques. *Odontology*, 2018; 106(1), 56–63.
- Gayathridevi, S. K., Gowda, H., & Vaishali, K. Impression techniques in implants. *Journal of Dental and Orofacial Research*, 2016; 12(2), 11–19.
- Gimenez-Gonzalez, B., Hassan, B., Özcan, M., & Pradiés, G. An in vitro study of factors influencing the performance of digital intraoral impressions operating on active wavefront sampling technology with multiple implants in the edentulous maxilla. *Journal of Prosthodontics*, 2017; 26(8), 650–655.
- Giordano, R., & McLaren, E. A. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 2010; 31(9), 682.
- Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R. F. A., & Bonfante, E. A. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of Prosthodontics*, 2015; 28(3).
- Griffin Jr, J. D. Tooth in a bag: same-day monolithic zirconia crown. *Dentistry Today*, 2013; 32(1), 124–126.
- Grippio, J. O., & Kristensen, G. J. The importance of making and retaining diagnostic casts. *Dent Econ*, 2015; 2, 2–4.
- Groten, M., Girthofer, S., & Pröbster, L. Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation*, 1997; 24(12), 871–881.
- Gupta, S., Narayan, A. I., & Balakrishnan, D. In vitro comparative evaluation of different types of impression trays and impression materials on the accuracy of open tray implant impressions: A pilot study. *International Journal of Dentistry*. (2017).
- Güth, J.-F., Erdelt, K., Keul, C., Burian, G., Schweiger, J., & Edelhoff, D. In vivo wear of CAD-CAM composite versus lithium disilicate full coverage first-molar restorations: a pilot study over 2 years. *Clinical Oral Investigations*, 2020; 1-11.

- Habib, S. R., Asiri, W., & Hefne, M. J. Effect of anatomic, semi-anatomic and non-anatomic occlusal surface tooth preparations on the adaptation of zirconia copings. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 2014; 6(6), 444–450.
- Halawani, S., & Al-Harbi, S. Marginal adaptation of fixed prosthodontics. *Int. J. Med. Dev. Ctries*, 2017; 1, 78–84.
- Hallmann, L., Ulmer, P., & Kern, M. Effect of microstructure on the mechanical properties of lithium disilicate glass-ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2018; 82, 355–370.
- Hamalian, T. A., Nasr, E., & Chidiac, J. J. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 2011; 20(2), 153–160.
- Hamza, T. A., Ezzat, H. A., El-Hossary, M. M. K., Katamish, H. A. E. M., Shokry, T. E., & Rosenstiel, S. F. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2013; 109(2), 83–87.
- Hmaidouch, R., Neumann, P., & Mueller, W. D. Influence of preparation form, luting space setting and cement type on the marginal and internal fit of CAD/CAM crown copings. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2011; 14(3), 219.
- Jain, R., Takkar, R., Jain, G. C., Takkar, R. K., Deora, N., & Jain, R. CAD-CAM the future of digital dentistry: a review. *Annals of Prosthodontics & Restorative Dentistry*, 2016; 2(2), 33–36.
- Jang, Y., Sim, J.-Y., Park, J.-K., Kim, W.-C., Kim, H.-Y., & Kim, J.-H. Accuracy of 3-unit fixed dental prostheses fabricated on 3D-printed casts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2020; 123(1), 135–142.
- Jeong, Y.-G., Lee, W.-S., & Lee, K.-B. Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 2018; 10(3), 245–251.
- Jim Collis, C. D. T. *Technique: Building a better metal-free substructure*. (2015).
- Kachalia, P. R., & Geissberger, M. J. Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *Journal of the California Dental Association*, 2010; 38(5), 323.
- Kale, E., Seker, E., Yilmaz, B., & Özcelik, T. B. Effect of cement space on the marginal fit of CAD-CAM-fabricated monolithic zirconia crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2016; 116(6), 890–895.
- Kale, E., Yilmaz, B., Seker, E., & Özcelik, T. B. Effect of fabrication stages and cementation on the marginal fit of CAD-CAM monolithic zirconia crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 118(6), 736–741.
- Karaalioğlu, A. G. D. O., & Duymuş, Z. Y. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin sabit bölümlü protez yapiminda kullanimlari. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2008; 2, 70–77.
- Kasparova, M., Grafova, L., Dvorak, P., Dostalova, T., Prochazka, A., Eliasova, H., Prusa, J., & Kakawand, S. Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D digital study models. *Biomedical Engineering Online*, 2013; 12(1), 1–11.

- Kelly, J. R., & Benetti, P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, 2011; 56, 84–96.
- Kim, Jae-Hoon, Cho, B.-H., Lee, J.-H., Kwon, S.-J., Yi, Y.-A., Shin, Y., Roh, B.-D., & Seo, D.-G. Influence of preparation design on fit and ceramic thickness of CEREC 3 partial ceramic crowns after cementation. *Acta Odontologica Scandinavica*, 2015; 73(2), 107–113.
- Kim, K.-B., Kim, J.-H., Kim, W.-C., Kim, H.-Y., & Kim, J.-H. Evaluation of the marginal and internal gap of metal-ceramic crown fabricated with a selective laser sintering technology: two-and three-dimensional replica techniques. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 2013; 5(2), 179–186.
- Kirschneck, C., Kamuf, B., Putsch, C., Chhatwani, S., Bizhang, M., & Danesh, G. Conformity, reliability and validity of digital dental models created by clinical intraoral scanning and extraoral plaster model digitization workflows. *Computers in Biology and Medicine*, 2018; 100, 114–122.
- Kokubo, Y., Ohkubo, C., Tsumita, M., Miyashita, A., Vult von Steyern, P., & Fukushima, S. Clinical marginal and internal gaps of Procera AllCeram crowns. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2005; 32(7), 526–530.
- Komine, F., Iwai, T., Kobayashi, K., & Matsumura, H. Marginal and internal adaptation of zirconium dioxide ceramic copings and crowns with different finish line designs. *Dental Materials Journal*, 2007; 26(5), 659–664.
- Konidena, A. 3D Printing: Future of dentistry? *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 2016; 28(2), 109.
- Korkmaz, C. Tam seramiklerin dişhekimliğindeki yeri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2015; 24, 136–140.
- Koulivand, S., Ghodsi, S., Siadat, H., & Alikhasi, M. A clinical comparison of digital and conventional impression techniques regarding finish line locations and impression time. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2020; 32(2), 236–243.
- Külünk, T., Külünk, Ş., & Saraç, D. Diş Hekimliği Uygulamalarında Polietereterketon. *Türkiye Klinikleri Protetik Diş Tedavisi-Özel Konular*, 2017; 3(3), 175-183.
- Külünk, T., Külünk, Ş., Kavut, İ., Kurt, M., & Uğur, M. The effect of occlusal preparation design on the adaptation and fracture resistance of different cad/cam crowns. 2020; 44(2): 57-66
- Kumar, M. P., Patil, S. G., Dheeraj, B., Reddy, K., Goel, D., & Krishna, G. A Comparison of Accuracy of Matrix Impression System with Putty Reline Technique and Multiple Mix Technique: An In Vitro Study. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 2015; 7(6), 48.
- Kumar, V., & Aeran, H. Evaluation of Effect of Tray Space on the Accuracy of Condensation Silicone, Addition Silicone and Polyether Impression Materials: An In Vitro Study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 2012; 12(3), 154–160.
- Kundie, F., Azhari, C. H., Muchtar, A., & Ahmad, Z. A. Effects of filler size on the mechanical properties of polymer-filled dental composites: A review of recent developments. *Journal of Physical Science*, 2018; 29(1), 141–165.

- Kwong, B., & Dudley, J. A comparison of the marginal gaps of lithium disilicate crowns fabricated by two different intraoral scanners. *Australian Dental Journal*. (2020).
- Lane, D. A., Randall, R. C., Lane, N. S., & Wilson, N. H. F. A clinical trial to compare double-arch and complete-arch impression techniques in the provision of indirect restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2003; 89(2), 141–145.
- Laurent, M., Scheer, P., Dejous, J., & Laborde, G. Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns—validation of the silicone replica method. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2008; 35(2), 116–122.
- Lauvahutanon, S., Takahashi, H., Shiozawa, M., Iwasaki, N., Asakawa, Y., Oki, M., Finger, W. J., & Arksornnukit, M. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dental Materials Journal*, 2014; 33(5), 705–710.
- Lenza, M. G., Lenza, M. M. de O., Dalstra, M., Melsen, B., & Cattaneo, P. M. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 2010; 13(2), 96–105.
- Lim, J.-H., Park, J.-M., Kim, M., Heo, S.-J., & Myung, J.-Y. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2018; 119(2), 225–232.
- Logozzo, S., Franceschini, G., Kilpelä, A., Caponi, M., Governi, L., & Blois, L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Internet J Med Technol*, 2011; 5(1), 1–12.
- Luthardt, R. G., Sandkuhl, O., Herold, V., & Walter, M. H. Accuracy of mechanical digitizing with a CAD/CAM system for fixed restorations. *International Journal of Prosthodontics*, 2001; 14(2).
- Luthardt, R. G., Loosb, R., & Quaasc, S. Accuracy of Intraoral Data Acquisition in Comparison to the Conventional Impression Genauigkeit intraoraler Datenerfassung im Vergleich zur konventionellen. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2005; 8, 283–294.
- Madhavan, S. A review on hydrocolloids-agar and alginate. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2015; 7(9), 704.
- Mai, H.-N., Lee, K.-B., & Lee, D.-H. Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 118(2), 208–215.
- Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., & Sadoun, M. J. From artisanal to CAD-CAM blocks: state of the art of indirect composites. *Journal of Dental Research*, 2016; 95(5), 487–495.
- Malaguti, G., Rossi, R., Marziali, B., Esposito, A., Bruno, G., Dariol, C., & Di fiore, A. In vitro evaluation of prosthodontic impression on natural dentition: a comparison between traditional and digital techniques. *Oral & Implantology*, 9(Suppl 1/2016 to N 4/2016), 21.
- Malik, J., Rodriguez, J., Weisbloom, M., & Petridis, H. Comparison of accuracy between a conventional and two digital intraoral impression techniques. *International Journal of Prosthodontics*, 2018; 31(3), 107–113.
- Manchikalapudi, G., & Kamath, G. Comparison of the dual-arch impression technique and the

complete-arch custom tray impression technique, in the dimensional accuracy of gypsum dies generated, and in patient comfort: A clinical study, 2017; 10- 22

- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*, 2017; 17(1), 1–11.
- Martelli, N., Serrano, C., van den Brink, H., Pineau, J., Prognon, P., Borget, I., & El Batti, S. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: a systematic review. *Surgery*, 2016; 159(6), 1485–1500.
- McCabe, J. F., & Walls, A. W. G. *Applied dental materials*. John Wiley & Sons. 2013; 978-1-405-13961-8
- Memari, Y., Mohajerfar, M., Armin, A., Kamalian, F., Rezayani, V., & Beyabanaki, E. Marginal adaptation of CAD/CAM all-ceramic crowns made by different impression methods: a literature review. *Journal of Prosthodontics*, 2019; 28(2), e536–e544.
- Menini, M., Setti, P., Pera, F., Pera, P., & Pesce, P. Accuracy of multi-unit implant impression: traditional techniques versus a digital procedure. *Clinical Oral Investigations*, 2018; 22(3), 1253–1262.
- Mirebani, A., Najafova, L., Tuğrul, S., & Kurtulmuş, H. Implant üstü geleneksel ölçü yöntem, teknik ve malzemelerinin karşılaştırmalı olarak gözden geçirilmesi: sistematik bir güncelleme. *Aydın Dental Journal*, 2019; 5(1), 27–50.
- Mishra, S. K., Hazari, P., Chowdhary, R., & Kumari, S. A modified technique for making putty-wash two-step impression. *BLDE University Journal of Health Sciences*, 2017; 2(1), 55.
- Mitchell, C. A., Pintado, M. R., & Douglas, W. H. Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2001; 85(6), 575–584.
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 2009; 28(1), 44–56.
- Miyazaki, T., Nakamura, T., Matsumura, H., Ban, S., & Kobayashi, T. Current status of zirconia restoration. *Journal of Prosthodontic Research*, 2013; 57(4), 236–261.
- Moldovan, O., Luthardt, R. G., Corcodel, N., & Rudolph, H. Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dental Materials*, 2011; 27(12), 1273–1278.
- Morgano, S. M., VanBlarcom, C. W., Ferro, K. J., & Bartlett, D. W. The history of The Glossary of Prosthodontic Terms. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2018; 119(3), 311–312.
- Mounajjed, R., Layton, D. M., & Azar, B. The marginal fit of E. max press and E. max CAD lithium disilicate restorations: A critical review. *Dental Materials Journal*, 2016; 35(6), 835–844.
- Mously, H. A., Finkelman, M., Zandparsa, R., & Hirayama, H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2014; 112(2), 249–256.
- Muhlemann, S., Benic, G. I., Fehmer, V., Hammerle, C. H. F., & Sailer, I. Clinical quality and efficiency of monolithic glass ceramic crowns in the posterior area: digital compared

- with conventional workflows. *Int J Comput Dent*, 2018; 21, 215–223.
- Nakamura, T., Dei, N., Kojima, T., & Wakabayashi, K. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *International Journal of Prosthodontics*, 2003; 16(3).
- Nassar, U., Oko, A., Adeeb, S., El-Rich, M., & Flores-Mir, C. An in vitro study on the dimensional stability of a vinyl polyether silicone impression material over a prolonged storage period. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2013; 109(3), 172–178.
- Nayar, S., Bhuminathan, S., & Bhat, W. M. Rapid prototyping and stereolithography in dentistry. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 2015; 2-16.
- Nejatian, T., Firouzmanesh, P., & Syed, A. U. Y. Dental gypsum and investments. In *Advanced Dental Biomaterials*, 2019; 37–54.
- Nissan, J., Gross, M., Shifman, A., & Assif, D. Effect of wash bulk on the accuracy of polyvinyl siloxane putty-wash impressions. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2002; 29(4), 357–361.
- Oberoi, G., Nitsch, S., Edelmayer, M., Janjić, K., Müller, A. S., & Agis, H. 3D Printing—encompassing the facets of dentistry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2018; 6, 172.
- Onlay, L. D. P. Marginal and internal gap of handmade, milled and 3D printed additive manufactured patterns for pressed lithium disilicate onlay restorations. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 2018; 26, 31–38.
- Osman, R. B., Alharbi, N., & Wismeijer, D. Build angle: does it influence the accuracy of 3D-printed dental restorations using digital light-processing technology? *International Journal of Prosthodontics*, 2017; 30(2).
- Otto, T., & De Nisco, S. Computer-aided direct ceramic restorations: A 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *International Journal of Prosthodontics*, 2002; 15(2).
- Papadiochou, S., & Pissiotis, A. L. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: a systematic review of restorative material and fabrication techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2018; 119(4), 545–551.
- Park, G.-S., Kim, S.-K., Heo, S.-J., Koak, J.-Y., & Seo, D.-G. Effects of printing parameters on the fit of implant-supported 3D printing resin prosthetics. *Materials*, 2019; 12(16), 2533.
- Park, M.-E., & Shin, S.-Y. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2018; 119(5), 861-e1.
- Passaretti, A., Petroni, G., Miracolo, G., Savoia, V., Perpetuini, A., & Cicconetti, A. Metal free, full arch, fixed prosthesis for edentulous mandible rehabilitation on four implants. *Journal of Prosthodontic Research*, 2017; 62-66.
- Pastoret, M.-H., Krastl, G., Bühler, J., Weiger, R., & Zitzmann, N. U. Accuracy of a separating foil impression using a novel polyolefin foil compared to a custom tray and a stock tray technique. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 2017; 9(4), 287–293.
- Patil, M., Kambale, S., Patil, A., & Mujawar, K. Digitalization in Dentistry: CAD/CAM-A

- Review. *Acta Scientific Dental Sciences*, 2018; 2(1), 12–16.
- Patzelt, S. B. M., Emmanouilidi, A., Stampf, S., Strub, J. R., & Att, W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clinical Oral Investigations*, 2014; 18(6), 1687–1694.
- Pera, P., Gilodi, S., Bassi, F., & Carossa, S. In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1994; 72(6), 585–590.
- Polat Sağsöz, N. Farkli siman aralıklarında hazırlanan cad/cam monolitik kuronların kirilma direncinin değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (2015).
- Popa, D., Constantiniuc, M., Earar, K., Mercut, V., Scriciu, M., Buduru, S., Luca, E., & Negucioiu, M. Review of Different Materials that can be CAD/CAM Processed. 2019; 70(11):4029-4034
- Poss, S. Digital versus traditional impressions: an objective discussion. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 2014; 35(6), 384–385.
- Pradies, G., Zarauz, C., Valverde, A., Ferreira, A., & Martínez-Rus, F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *Journal of Dentistry*, 2015; 43(2), 201–208.
- Qadiri, S. Y., & Mustafa, S. Clinical Comparison of Polyvinyl Siloxane Impression for Fixed Partial Dentures using three Different Techniques. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, 2017; 5(11), 29–32.
- Quadri, S., Kapoor, B., Singh, G., & Tewari, R. Rapid prototyping: An innovative technique in dentistry YR - *Journal of Oral Research and Review*, (2017)
- Quimby, M. L., Vig, K. W. L., Rashid, R. G., & Firestone, A. R. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *The Angle Orthodontist*, 2004; 74(3), 298–303.
- Rabbani, Z., Shiraz, A., Ahmed, N., Faruqui, S., & Jouhar, R. Impression techniques and materials used for fabrication of extracoronary restorations; a survey. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 2017; 37(4), 650–652.
- Revilla-León, M., Meyers, M. J., Zandinejad, A., & Özcan, M. A review on chemical composition, mechanical properties, and manufacturing work flow of additively manufactured current polymers for interim dental restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2019; 31(1), 51–57.
- Revilla-Leon, M., Olea-Vielba, M., Esteso-Díaz, A., Martinez-Klemm, I., Rodriguez-Vilaboa, J. M. R., & Özcan, M. New fabrication method using additive manufacturing technologies for the pattern of pressed lithium disilicate onlay restorations. *Brazilian Dental Science*, 2017; 20(4), 149–156.
- Riccitiello, F., Amato, M., Leone, R., Spagnuolo, G., & Sorrentino, R. In vitro evaluation of the marginal fit and internal adaptation of zirconia and lithium disilicate single crowns: micro-CT comparison between different manufacturing procedures. *The Open Dentistry Journal*, 2018; 12, 160.
- Rödiger, M., Heinitz, A., Bürgers, R., & Rinke, S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions—a clinical comparative study.

- Clinical Oral Investigations, 2017; 21(2), 579–587.
- Rosenstiel, S. F., & Land, M. F. Contemporary Fixed Prosthodontics-E-Book. Elsevier Health Sciences. (2015).
- Rubel, B. S. Impression materials: a comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*, 2007; 51(3), 629–642.
- Saber, F. S., Abolfazli, N., Mahboub, F., & Razavi, F. E. The Effect of Occlusal Surface Relief of Dies on Marginal Adaptation of Metal-Ceramic Casting Copings. *Journal of Prosthodontics*, 2013; 22(4), 287–291.
- Sachs, C., Groesser, J., Stadelmann, M., Schweiger, J., Erdelt, K., & Beuer, F. Full-arch prostheses from translucent zirconia: accuracy of fit. *Dental Materials*, 2014; 30(8), 817–823.
- Sakornwimon, N., & Leevailoj, C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 118(3), 386–391.
- Santoro, M., Galkin, S., Teredesai, M., Nicolay, O. F., & Cangialosi, T. J. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2003; 124(1), 101–105.
- Seelbach, P., Brueckel, C., & Wöstmann, B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical Oral Investigations*, 2013; 17(7), 1759–1764.
- Selz, C. F., Vuck, A., & Guess, P. C. Full-mouth rehabilitation with monolithic CAD/CAM-fabricated hybrid and all-ceramic materials: A case report and 3-year follow up. *Quintessence Int*, 2016; 47(2), 115–121.
- Şenyılmaz, P., Çiftçi, Y., Canay, Ş., & Şiranlı, A. Tam seramik restorasyonlar. *Akademik Dental Diş Hekimliği Dergisi*, 2004; 6, 32–37.
- Shahrbaf, S., Van Noort, R., Mirzakouchaki, B., Ghassemieh, E., & Martin, N. Fracture strength of machined ceramic crowns as a function of tooth preparation design and the elastic modulus of the cement. *Dental Materials*, 2014; 30(2), 234–241.
- Shembesh, M., Ali, A., Finkelman, M., Weber, H., & Zandparsa, R. An in vitro comparison of the marginal adaptation accuracy of CAD/CAM restorations using different impression systems. *Journal of Prosthodontics*, 2017; 26(7), 581–586.
- Shim, J. S., Lee, J. S., Lee, J. Y., Choi, Y. J., Shin, S. W., & Ryu, J. J. Effect of software version and parameter settings on the marginal and internal adaptation of crowns fabricated with the CAD/CAM system. *Journal of Applied Oral Science*, 2015; 23(5), 515–522.
- Sohmura, T., Kojima, T., Wakabayashi, K., & Takahashi, J. Use of an ultrahigh-speed laser scanner for constructing three-dimensional shapes of dentition and occlusion. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2000; 84(3), 345–352.
- Son, K., Lee, S., Kang, S. H., Park, J., Lee, K.-B., Jeon, M., & Yun, B.-J. A comparison study of marginal and internal fit assessment methods for fixed dental prostheses. *Journal of Clinical Medicine*, 2019; 8(6), 785.

- Sönmez, T. Yüksek enerjili öğütme sistemleri ile üretilen  $Y_2O_3$  ile kısmen stabilize zirkonyanın karakterizasyonu. Fen bilimleri enstitüsü. 2009; 11527/2788
- Spitznagel, F. A., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. C. CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *Journal of Dental Research*, 2018; 97, 1082–1091.
- Stappert, C. F. J., Dai, M., Chitmongkolsuk, S., Gerds, T., & Strub, J. R. Marginal adaptation of three-unit fixed partial dentures constructed from pressed ceramic systems. *British Dental Journal*, 2004; 196(12), 766–770.
- Stober, T., Bermejo, J. L., Rammelsberg, P., & Schmitter, M. Enamel wear caused by monolithic zirconia crowns after 6 months of clinical use. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2014; 41(4), 314–322.
- Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 2006; 137(9), 1289–1296.
- Subasi, G., Ozturk, N., Inan, O., & Bozogullari, N. Evaluation of marginal fit of two all-ceramic copings with two finish lines. *European Journal of Dentistry*, 2012; 6(2), 163.
- Sulaiman, T. A. Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2020; 32(2), 171–181.
- Sumanth, K. S., Shetty, G., Kumar, N., & Sudhakar, K. Impression techniques in fixed prosthodontics - a review, *International journal of scientific research*, 2019; 2277 - 8179
- Sundh, A., Molin, M., & Sjögren, G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dental Materials*, 2005; 21(5), 476–482.
- Susic, I., Travar, M., & Susic, M. The application of CAD/CAM technology in Dentistry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017; 200(1), 12020.
- Suzaki, N., Yamaguchi, S., Hirose, N., Tanaka, R., Takahashi, Y., Imazato, S., & Hayashi, M. Evaluation of physical properties of fiber-reinforced composite resin. *Dental Materials*. 2020; 36(8), 987-996
- Syrek, A., Reich, G., Ranftl, D., Klein, C., Cerny, B., & Brodesser, J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*, 2010; 38(7), 553–559.
- Tahayeri, A., Morgan, M., Fugolin, A. P., Bompolaki, D., Athirasala, A., Pfeifer, C. S., Ferracane, J. L., & Bertassoni, L. E. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials*, 2018; 34(2), 192–200.
- Takeuchi, Y., Koizumi, H., Furuchi, M., Sato, Y., Ohkubo, C., & Matsumura, H. Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *Journal of Oral Science*, 2018; 60(1), 1–7.
- Tao, J., & Han, D. The effect of finish line curvature on marginal fit of all-ceramic CAD/CAM crowns and metal-ceramic crowns. *Quintessence International*, 2009; 40-57.
- Tinschert, J., Zwez, D., Marx, R., & Anusavice, K. J. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *Journal of Dentistry*, 2000; 28(7), 529–535.

- Torabi, K., Farjood, E., & Hamedani, S. Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. *Journal of Dentistry*, 2015; 16(1), 1.
- Trifkovic, B., Budak, I., Todorovic, A., Hodolic, J., Puskar, T., Jevremovic, D., & Vukelic, D. Application of replica technique and SEM in accuracy measurement of ceramic crowns. *Measurement Science Review*, 2012; 12(3), 90–97.
- Tsanova, M. P., Manchorova-Veleva, N. A., Mateva, N. G., & Tsanova, S. T. Clinical Evaluation of CAD/CAM Indirect Zirconia Restorations of Severely Destroyed Vital Teeth in the Posterior Area—Early Clinical Results. *Folia Medica*, 2018; 60(3), 402–410.
- Tuntiprawon, M., & Wilson, P. R. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. *Australian Dental Journal*, 1995; 40(1), 17–21.
- Turp, V., & Gültekin, P. Zirkonyanın Yapısı. *Türkiye Klinikleri Protetik Diş Tedavisi-Özel Konular*, 2017; 3, 77–83.
- Uslu, Y. Ş., & Ulukapi, H. İndirekt Restorasyonlarda Kullanılan Materyaller ve Üretim Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Restoratif Diş Tedavisi-Özel Konular*, 2019; 5, 17–27.
- Uzgun, R., Ercan, E., Uzgun, Z., Çolak, H., Yalçın, M., & Özcan, M. Cement thickness of inlay restorations made of lithium disilicate, polymer-infiltrated ceramic and nano-ceramic cad/cam materials evaluated using 3d x-ray micro-computed tomography. *Journal of Prosthodontics*, 2018; 27(5), 456–460.
- Valjakova, R., & Yigovski, V. Shadow of Enamel—Dental Ceramic Materials: A Review Paper. *Journal of Dental Research and Reports*, 2020; 1(01), 9–22.
- Van Noort, R. The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 2012; 28(1), 3–12.
- Varvara, G., Murmura, G., Sinjari, B., Cardelli, P., & Caputi, S. Evaluation of defects in surface detail for monophasic, 2-phase, and 3-phase impression techniques: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2015; 113(2), 108–113.
- Vasilakis, G. J., & Vasilakis, M. D. Cast impression coping technique. *General Dentistry*, 2003; 51(1), 48.
- Vecsei, B., Joós-Kovács, G., Borbély, J., & Hermann, P. Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems—an in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 2017; 61(2), 177–184.
- Vojdani, M., Safari, A., Mohaghegh, M., Pardis, S., & Mahdavi, F. The effect of porcelain firing and type of finish line on the marginal fit of zirconia copings. *Journal of Dentistry*, 2015; 16(2), 113.
- Webber, B., McDonald, A., & Knowles, J. An in vitro study of the compressive load at fracture of Procera AllCeram crowns with varying thickness of veneer porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2003; 89(2), 154–160.
- Wolf, B. H., Boening, K. W., Schmidt, A. E., & Walter, M. H. Clinical accuracy of fit of Procera AllCeram crowns. *Journal of dental research*, 2000; 79, 334.
- Yamamoto, K., Toshimitsu, A., Mikami, T., Hayashi, S., Harada, R., & Nakamura, S. Optical measurement of dental cast profile and application to analysis of three-dimensional tooth movement in orthodontics. *Frontiers of Medical and Biological Engineering: The International Journal of the Japan Society of Medical Electronics and Biological*

Engineering, 1989; 1(2), 119–130.

- Yang, Y., Yang, Z., Zhou, J., Chen, L., & Tan, J. Effect of tooth preparation design on marginal adaptation of composite resin CAD-CAM onlays. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2020; 124(1), 88–93.
- Yaqoob, A., Al Shehrani, I., Alfarsi, M., Baba, S., Kanji, M. A., & Hussain, M. W. Panorama of impression techniques in fixed partial dentures. A systematic review. *International Journal of Medical Dentistry*, 2018; 22(1).
- Yasue, T., Iwasaki, N., Shiozawa, M., Tsuchida, Y., Suzuki, T., & Takahashi, H. Effect of fiberglass orientation on flexural properties of fiberglass-reinforced composite resin block for CAD/CAM. *Dental Materials Journal*, 2019; 2018–2249.
- Yildirim, G., Uzun, I. H., & Keles, A. Evaluation of marginal and internal adaptation of hybrid and nanoceramic systems with microcomputed tomography: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 118(2), 200–207.
- Yöndem, A. G. İ., & Aykent, F. Bilgisayar Desteği İle Hazırlanan Dental Seramikler (CAD/CAM). *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2008; 32(3), 79–86.
- Zaharia, C., Gabor, A.-G., Gavrilovici, A., Stan, A. T., Idorasi, L., Sinescu, C., & Negruțiu, M.-L. Digital dentistry—3D printing applications. *Journal of Interdisciplinary Medicine*, 2017; 2(1), 50–53.
- Zarauz, C., Valverde, A., Martinez-Rus, F., Hassan, B., & Pradies, G. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clinical Oral Investigations*, 2016; 20(4), 799–806.
- Zhang, Y., & Kelly, J. R. Dental ceramics for restoration and metal veneering. *Dental Clinics*, 2017; 61(4), 797–819.
- Zilberman, O., Huggare, J., & Parikakis, K. A. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *The Angle Orthodontist*, 2003; 73(3), 301–306.
- Zimmermann, M., Ender, A., & Mehl, A. Local accuracy of actual intraoral scanning systems for single-tooth preparations in vitro. *The Journal of the American Dental Association*, 2020; 151(2), 127–135.

## ÖZ GEÇMİŞ

Mohanad SHOMAL, Sadi Arabistanda

Lisesi'ni bitirdikten sonra Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden 2015 yılında mezun oldu. 2016 yılında OMÜ Doktora programını girdi., iyi derecede İngilizce/Arapça bilmektedir.

ORCID : 0000-0002-5841-6872

### **Yayınlanmış Çalışmalar:**

#### **Yazılı Bildiriler:**

Shomal M., Külünk Ş., Can T., Maloklüzyonu olan bir hastanın estetik ve protetik rehabilitasyonu, 23. türk prostodonti ve implantoloji derneği bilimsel kongresi. Uluslararası. kasım 2017

Varrak A., Külünk Ş., Ceylan G., Shomal M., Elhalawani Y., Full mouth rehabilitation for a patient with malocclusion. Estetik Diş Hekimliği Akademisi Derneği 22. Uluslararası Kongresi. Ekim 2018

Elhalawani Y., Duran İ., Shomal M., Varrak A., Administration of e.max in the anterior teeth. Estetik Diş Hekimliği Akademisi Derneği 22. Uluslararası Kongresi. Ekim 2018

