

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**AĞız İçi ve Laboratuvar Tarayıcıları Kullanılarak Elde Edilen
Monolitik Zirkonya Köprü Restorasyonlarının Marjinal ve İnternal
Uyumunun İn-vitro Olarak İncelenmesi**

DOKTORA TEZİ








Dış Hekimi Çise ÖZAL

Tez DanıŐmanı
Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY

Lefkoşa
Mayıs, 2022

Onay

Dt. Çise Özal tarafından hazırlanan "Ağız İçi ve Laboratuvar Tarayıcıları Kullanılarak Elde Edilen Monolitik Zirkonya Köprü Restorasyonlarının Marjinal ve İnternal Uyumunun İn-vitro Olarak İncelenmesi" başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak 26.05.2022 tarihinde kabul edilmiştir. Tez savunması online (çevrimiçi) yapılmıştır. Jüri üyeleri onaylarını sözlü olarak vermişlerdir. Tüm süreç kaydedilmiştir.

Jüri Üyeleri	Adı – Soyadı	İmza
Jüri Başkanı:	Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Danışman:	Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Ayhan GÜRBÜZ Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Mehmet Ali KILIÇARSLAN Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Sevcan KURTULMUŞ YILMAZ Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Burcu GÜNAL ABDULJALİL Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Anabilim Dalı Başkanı Onayı	Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY Anabilim Dalı Başkanı	
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı	Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can BAŞER Enstitü Müdürü	

Etik İlkelere Uygunluk Beyanı

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Dt. Çise ÖZAL

26/05/2022

Teşekkür

Doktora eğitimim süresince mesleki bilgi ve tecrübelerini esirgmeden bizlerle paylaşan ve bizlere her zaman yol gösteren, her konuda bana destek olan fakültemizin dekanı değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY'a

Tüm çalışma sürecinde bana destek olup yardımcı olan hem benim hem de birçok meslektaşımın örnek aldığı, tüm yoğunluğuna rağmen hiçbir zaman yardımını esirgemeyen değerli hocam ve tez jüri üyem Prof. Dr. Sevcan KURTULMUŞ YILMAZ'a

Tez jürime katılarak beni onurlandıran, mesafenin yardım eli uzatmasına engel olamadığı, danışma ihtiyacı duyduğum her an değerli zamanını bana ayıran kıymetli hocam Prof. Dr. Mehmet Ali Kılıçarslan'a

Samimiyetini her daim hissettiğim, bilgi ve tecrübelerini bizimle her zaman paylaşan, tez çalışmamın doğru şekilde ilerleyip sonuçlandırılmasında büyük katkısı olan çok değerli hocam Prof. Dr. Oğuz Ozan'a

Doktora eğitimim boyunca hekimlik ve insanlık adına kendisinden çok şey öğrendiğim, hiçbir zaman yardımlarını ve vaktini benden esirgemeyen ve her konuda desteğini hissettiğim, ayrıca bu çalışmanın kurgulanması ve yürütülmesinde destek olan değerli hocam Doç. Dr. Özay Önöral'a sonsuz teşekkür ediyorum.

Tez çalışmamın sorunsuz yürütülmesinde teknik desteklerinden ötürü başta teknisyenimiz Gökhan Alan olmak üzere tüm Yakın Doğu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ediyorum.

Tezimin hazırlanmasında kullandığım tarama materyallerinin sağlanması katkılarından dolayı DentX Zeytinlik Diş Kliniğine, Erozan Diş Kliniğine, Temelci Diş Kliniğine, Euro Opal Dental Laboratuvarına, Doğu Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyolojik Bilimler Laboratuvarına teşekkür ediyorum.

Yaptığım her güzel işte payı olan, her an yanımda olan, sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim, varlıklarıyla bana güç veren kıymetlilerim, biricik ailem annem Gizem ÖZAL'a ve biricik babam Mustafa ÖZAL'a sonsuz teşekkür ediyorum.

Başım her sıkıştığında yanımda olan kahrımı çeken desteğini her zaman hissettiğim, yol göstericim biricik kardeşim Yağmur ÖZAL'a sonsuz teşekkür ediyorum.

Hayatıma girdiği andan itibaren sevgisiyle ve sabrıyla beni hiç yalnız bırakmayan, varlığıyla ve desteğiyle bana güç veren, bu süreçte en büyük fedakarlıkları yapan ve beni motive eden en değerlim, nişanlım ve meslektaşım Yrd. Doç. Dr. Mehmet Gagari CAYMAZ'a sonsuz teşekkür ediyorum.

Dt. Çise Özal

Özet

Ağız İçi ve Laboratuvar Tarayıcıları Kullanılarak Elde Edilen Monolitik Zirkonya Köprü Restorasyonlarının Marjinal ve İnternal Uyumunun İn-vitro Olarak İncelenmesi

Özal, Çise

Prof. Dr. Mutahhar Ulusoy

Doktora, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Mayıs 2022, 122 sayfa

Son zamanlarda tam seramik restorasyonlara ilginin artması ve CAD/CAM teknolojisinde meydana gelen gelişmeler monolitik restorasyonlara olan ilgiyi de arttırmıştır. Protetik restorasyonun uyumsuz olması, dental ve periodontal problemlere sebep olmaktadır. Monolitik restorasyonların uyumu ile ilgili yapılan çalışmalara sık rastlanmadığından bu in-vitro çalışmanın amacı ağız içi (3Shape Trios 3, 3Shape Trios 4, CEREC AC Omnicam ve CEREC Primescan AC) ve laboratuvar tarayıcıları (Cerec inEos X5 ve 3Shape D900L) ile üretilen 3 üyeli monolitik zirkonya sabit bölümlü protezlerin aksiyal, aksiyo-oklüzal, oklüzal ve marjinal uyumunu karşılaştırmaktır. Ana modelin ağız içi tarayıcılar ile ve ana modelden elde edilen alçı modelin laboratuvar tarayıcıları ile taranması sonucu oluşturulan toplamda 72 adet dijital model üzerinde ayrı ayrı tasarım yapıldıktan sonra kanin ve ikinci premolar dişin destek olduğu 3 üyeli monolitik zirkonya köprüler üretilmiştir. Üretimin ardından restorasyonların aralık değerleri silikon replika tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen silikon replikaların meziodistal ve bukkopalatinal yönde kesitleri alınarak belirlenen noktalardan stereomikroskop ve mikroskobun bünyesinde bulunan dahili ölçüm yazılımı ile x40 magnifikasyonda aralık değerleri (μm) kaydedilmiştir. Gruplara göre normal dağılan aralık değerlerinin karşılaştırılmasında Tek yönlü varyans analizi ve Welch testi kullanılmıştır. Gruplara göre normal dağılmayan aralık değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testinden yararlanılmıştır ve çoklu karşılaştırmalar Dunn testiyle incelenmiştir. Tarayıcılar arasında yapılan marjinal ve internal aralık değeri karşılaştırılmasında; kanin dişte marjinal uyum ağız içi

tarayıcılarda laboratuvar tarayıcılarına göre daha iyi bulunurken ($P<0.05$), ağız içi tarayıcılarının kendi aralarında fark görülmemiştir ($P>0.05$). Premolar dişte ise Primescan'ın en düşük marjinal ($86.9\pm19.2 \mu\text{m}$) ve aksiyal ($92.4\pm14.8 \mu\text{m}$), Trios 4'ün en düşük aksiyo-oklüzal ($89.4\pm15.6 \mu\text{m}$) ve oklüzal ($89.1\pm13.9 \mu\text{m}$) aralık değerine sahip olduğu görülmüştür. Her iki dişte de D900L marjinal ve internal olarak en fazla aralık değerine sahip tarayıcı olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: marjinal uyum, internal uyum, monolitik, cad/cam, dijital ölçü

Abstract**In-Vitro Evaluation of Marginal and Internal Fit of 3-Unit Monolithic Zirconia Restorations Fabricated Using Intraoral and Laboratory Scanners****Özal, Çise****Prof. Dr. Mutahhar Ulusoy****PhD, Department of Prosthetic Dentistry****May 2022, 122 pages**

Recently, the increasing interest in all-ceramic restorations and the developments in CAD/CAM technology have also increased the interest in monolithic restorations. Discrepancy prosthetic restorations cause dental and periodontal problems. Since studies on the fit of monolithic restorations are not common, the aim of this in-vitro study is to compare the axial, axio-occlusal, occlusal and marginal fit of 3-unit monolithic zirconia fixed partial dentures produced with intraoral (3Shape Trios 3, 3Shape Trios 4, CEREC AC Omnicam ve CEREC Primescan AC) and laboratory scanners (Cerec inEos X5 ve 3Shape D900L). After scanning the master cast with intraoral scanners and the plaster cast obtained from the master cast with laboratory scanners, a total of 72 digital casts were designed separately, and then 3-unit monolithic zirconia bridges with the canine and the second premolar abutment teeth were produced. Marginal and internal discrepancy values (μm) were measured by using silicone replica method. The standard measuring point was measured with a stereomicroscope at $\times 40$ magnification. After acquiring digital images, the discrepancy values (μm) were recorded. One-way analysis of variance and Welch test were conducted to compare normally distributed discrepancy values according to the groups, and multiple comparisons among groups were performed with Tukey HSD and Tamhane's T2 test. Kruskal Wallis test was used to compare the non-normally distributed discrepancy values, and multiple comparisons were analyzed with Dunn's test. In the comparison of marginal and internal fit between scanners; Marginal discrepancy in the canine was found to be statistically significant lower in intraoral scanners than laboratory scanners ($P < 0.05$), while no statistically significant difference was found between intraoral scanners ($P > 0.05$). In the premolar tooth, Primescan had the lowest

marginal ($86.9 \pm 19.2 \mu\text{m}$) and axial ($92.4 \pm 14.8 \mu\text{m}$) and Trios 4 had the lowest axio-occlusal ($89.4 \pm 15.6 \mu\text{m}$) and occlusal ($89.1 \pm 13.9 \mu\text{m}$) discrepancy values. In both teeth, the D900L was found the most discrepancy scanner on marginal and internal fit.

Keywords: marginal fit, internal fit, monolithic, cad/cam, digital impression

İçindekiler

Onay.....	I
Etik İlkeler Uyumluk Beyanı.....	II
Teşekkür.....	III
Özet.....	V
Abstract.....	VII
İçindekiler.....	IX
Tablolar Listesi.....	XII
Şekiller Listesi.....	XIII
Kısaltmalar.....	XV

BÖLÜM I

Giriş.....	1
Problem Durumu.....	1
Araştırmanın Amacı.....	3
Araştırmanın Önemi.....	3
Sınırlılıklar.....	3
Tanımlar.....	4

BÖLÜM II

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar.....	6
Kuramsal Çerçeve.....	6
Ölçü Materyallerinin Tarihsel Gelişimi.....	6
Ölçünün Önemi ve Ölçü Materyallerinin Sınıflandırılması.....	7
Sabit Protetik Diş Tedavisinde Kullanılan Ölçü Materyalleri.....	8
Kondenzasyon Silikonlar.....	8
İlave reaksiyonlu silikonlar.....	9
Polieter.....	9
Vinil Polieter Silikon (Vinil Siloksaneter).....	10
Diş Hekimliğinde Ölçü Teknikleri.....	10
Diş Hekimliğinde Konvansiyonel Ölçü.....	10
Diş Hekimliğinde Dijital Ölçü.....	12

Dijital Ölçünün Avantajları ve Dezavantajları.....	12
CAD/CAM Sistemleri.....	13
Dijital İş Akışları.....	20
Tam Dijital İş Akışı.....	21
Yarı Dijital İş Akışı.....	21
Hızlı Dijital İş Akışı.....	22
Ağız İçi Tarayıcılar.....	23
CEREC Sirona Dental System GmbH (Almanya).....	24
Trios (3SHAPE A/S, Danimarka).....	27
iTero (Cadent Ltd, İsrail).....	30
Lava COS (3m Espe, A.B.D).....	31
True Definition (Midmark Corp, A.B.D).....	32
Medit i500 (Medit, Seoul, Kore).....	32
E4D (D4d Technologies, Llc, ABD).....	33
Emerald (Planmeca, Finlandiya).....	34
Dental Wings® (Kanada).....	35
CS 3500®- CS 3600®- CS 3700® (Carestream, A.B.D).....	35
MIA3d™ (Densys3D Ltd, İsrail).....	36
AADVA® (GC, U.K).....	36
Laboratuvar Tarayıcıları.....	38
CEREC inEos X5.....	39
3Shape.....	40
KaVo.....	42
DWOS.....	42
Dijital Ölçü Yöntemlerinde Kullanılan Görüntüleme Teknikleri.....	43
Kontakt görüntüleme teknikleri.....	44
Non-kontakt (temassız) görüntüleme teknikleri.....	44
Tarayıcıların Dijital Olarak Kayıtları.....	51
Ağız İçi Tarayıcılarda Doğruluk ve Hassasiyet.....	51
Protetik Restorasyonların Marjinal ve İnternal Uyumu.....	54
Marjinal ve İnternal Uyumu Değerlendirme Yöntemleri.....	56
Simantasyon Sonrası Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi.....	57
Silikon Replikanın Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi.....	57
Mikro Bilgisayarlı Tomografi.....	58
Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi.....	58

BÖLÜM III

Yöntem.....	60
Çalışma Modelinin Hazırlanması.....	60
Çalışma Grupları.....	62
Çalışma Planı.....	63
Ağız İçi Tarayıcı ile Ana Modelin Taranması.....	63

Laboratuvar Tarayıcısı ile Dijital Ölçü Alınması.....	66
Tasarım.....	68
Üretim.....	69
Silikon Replika Yöntemi ile Verilerin Toplanması.....	71
Verilerin Analizi ve Yorumlanması.....	74

BÖLÜM IV

Bulgular.....	75
İstatiksel Analiz Sonuçları ve Bulgular.....	75
Tarayıcıların Birbirlerine Göre Marjinal ve İnternal Uyumlarının Karşılaştırılması.....	75
Kanin Dişin Marjinal ve İnternal Uyumunun Değerlendirilmesi.....	75
Premolar Dişin Marjinal ve İnternal Uyumunun Değerlendirilmesi.....	81

BÖLÜM V

Tartışma.....	88
---------------	----

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler.....	104
Sonuç.....	104
Öneriler.....	104
Araştırma Sonuçlarına Yönelik Öneriler.....	104
İleride Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler.....	104
Kaynakça.....	106
Ekler.....	137
EK 1. İntihal Raporu.....	137
Özgeçmiş.....	140

Tablolar Listesi**Sayfa**

Tablo 1.	37
Tablo 2.	76
Table 3.....	82

Şekiller Listesi**Sayfa**

Şekil 1	8
Şekil 2	11
Şekil 3	11
Şekil 4	16
Şekil 5	21
Şekil 6	22
Şekil 7	22
Şekil 8	24
Şekil 9	26
Şekil 10	27
Şekil 11	29
Şekil 12	29
Şekil 13	30
Şekil 14	30
Şekil 15	31
Şekil 16	32
Şekil 17	33
Şekil 18	34
Şekil 19	40
Şekil 20	45
Şekil 21	46
Şekil 22	48
Şekil 23	49
Şekil 24	50
Şekil 25	52
Şekil 26	55
Şekil 27	61
Şekil 28	61
Şekil 29	62
Şekil 30	63
Şekil 31	64
Şekil 32	65
Şekil 33	66
Şekil 34	67
Şekil 35	67
Şekil 36	67
Şekil 37	68
Şekil 38	69
Şekil 39	70
Şekil 40	70
Şekil 41	71
Şekil 42	72

Şekil 43	73
Şekil 44	73
Şekil 45	77
Şekil 46	78
Şekil 47	79
Şekil 48	80
Şekil 49	81
Şekil 50	83
Şekil 51	84
Şekil 52	85
Şekil 53	86
Şekil 54	87

Kısaltmalar

%:	Yüzde
µm:	Mikrometre
°C:	Santigrat Derece
3D:	Üç boyutlu (3 dimensional)
AWF:	Aktif Dalga Cephesi Örnekleme (Active Wavefront Sampling)
CAD/CAM:	Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim
CAD:	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM:	Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim
KIBT:	Cone Beam Computed Tomography – Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
CEREC:	Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics
cm:	Santimetre
DCM:	DICOM- Digital İmaging and Communicating of Medicine - Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim
kg:	Kilogram
LED:	Light Emitting Diode – Işık Yayan Diyot
Micro-BT:	Micro Computer Tomography - Mikro Bilgisayarlı Tomografi
mm:	Milimetre
NIRI:	Near Infrared Imaging – Yakın Kızıl Ötesi Görüntüleme
OBJ:	Wavefront Object File
OCT:	Optic Cohorent Tomography (Optik Kohorent Tomografi)
PLY:	Stanford Triangle Format
POI:	Points of İnterest (İlgi Alanı)
PVS:	Polivinil Siloksan
STL:	Standart Tessellation Language / Stereolithography
Y-TZP:	Yitriyum İle Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali

BÖLÜM I

Giriş

Bu başlık altında problem, amaç, önem, sınırlılıklar ve çalışma ile ilgili kavramların yer aldığı alt başlıklara yer verilmiştir.

Problem Durumu

Günümüzde estetik beklentinin artmış olması ve sabit protetik tedavilerde sıklıkla tercih edilen metal destekli porselen restorasyonlar ile bu beklentinin tam olarak karşılanamamasından tam seramik restorasyonlara olan ilgi artmış durumdadır (Silva vd., 2010). Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisindeki ilerlemeler, büyük ölçüde geliştirilmiş mekanik ve optik özelliklere sahip, önceden işlenmiş farklı protetik materyallerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Zirkonya restorasyonları geleneksel olarak, bir zirkonya alt yapının üretildiği ve ardından feldspatik seramik ile veneerlendiği iki katmanlı yaklaşımın yardımıyla elde edilebilir. Bu tip restorasyonlar, seramik veneerle zirkonyanın opak görünümünü kamufle ettiği için üstün estetik görünüm sağlasa da; veneerlenen porselen kırıklara ve delaminasyona uğrayabilmektedir. Tüm bu dezavantajları ortadan kaldırmak için veneerleme gerektirmeyen monolitik restorasyonlar geliştirilmiştir (Marchack vd., 2011; Silva vd., 2010).

Ağız içi dokuları taramak için ilk girişimler 1970'lerde yapılmıştır. Bu teknolojideki hızlı ilerleme ile birlikte doğruluk ve kesinlik açısından geleneksel ölçü teknikleri ile kıyaslanabilir sonuçlar sunan çeşitli ağız içi ve laboratuvar tipi dijital ölçü sistemleri geliştirilmiştir (Miyazaki vd., 2009; Memari vd., 2019). Daha önce yapılan bir çalışmada, direk dijital teknikte kullanılan dijital tarayıcıların, daha uyumlu indirekt restorasyonlar elde etmede etkili olduğunu göstermiştir (Syrek vd., 2010). Bu teknik ile klinisyen konvansiyonel ölçü yönteminde olduğu gibi ölçü yenilemeye gerek kalmadan aynı seansta gerekli düzeltmeleri yapabilmektedir (Galhano vd., 2012). Dijital tarama sistemlerinde ise geleneksel yöntemlere göre gingival marjinlerde veri elde etmede zorluk (Memari vd., 2019) ve ağız içi tarayıcılar tam ark taramalarında düşük başarı oranı gibi dezavantajlı özelliklere sahiptir (Ender vd., 2019; Park vd., 2019).

Her üretici, veri toplama için bireyselleştirilmiş veya çoklu teknikler sağlar. Aktif dalga cephesi örnekleme (Active Wavefront Sampling) (Lava C.O.S. ve True Definition tarayıcı), active triangular, optik mikroskopi veya videolar (CEREC AC

Bluecam ve Omnicam) ve paralel konfokal yöntem (iTero ve TRIOS) en yaygın tekniklerdir (Ahlholm vd., 2018). Tarayıcılar bölgenin dijital bir kopyasını STL (Standart Tessellation Language), OBJ (Wavefront Object File) ve PLY (Stanford Triangle Format / Polygon File Format) formatında veya geliştirici şirket tarafından özel olarak yayınlanan format dilinde sağlar (Mangano vd., 2019). Tarayıcılarda kritik alanların doğru şekilde yakalanması çok önemlidir ve dijital ölçülerin doğruluğunu etkileyebilecek bir dizi parametre mevcuttur (Ender vd., 2019). Chen vd. (2021) farklı optik sistemlerin kullanımının tarama doğruluğunu etkilediğini bildirmiştir (Chen vd., 2021). Erozan ve Ozan (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, tasarım aşamasında özel formatta veya STL formatında kullanılan dosya tipinin ölçünün doğruluğunu etkilediği vurgulanmıştır (Erozan & Ozan, 2020). Oh vd. (2020), tarama stratejisinin doğruluğu etkilediğini belirtmişlerdir (Oh vd., 2020). Son ve Lee'nin (2021) çalışmasına göre, basamak seviyesi (dişeti seviyesinde veya subgingival) doğruluk üzerinde etkili olabilir (Son & Lee, 2021). Taranan dişin ıslak, nemli veya kuru (Chen vd., 2021) olup olmadığı, ortamın aydınlatma koşulları (Revilla-León vd., 2020), taranan alanın anterior veya posteriorda olup olmadığı ve taranan dişin tipi (Kang vd., 2020; Revilla-León vd., 2020) ve konumunun (Ender vd., 2019) doğruluğu etkilediği bildirilmiştir. Ek olarak, yazılım tasarımı, veri işleme ve görüntü triangulasyon yöntemi (ışığın üçgenlemesi), elde edilen son dijital ölçünün çözünürlüğünü ve yüzey topografisini etkileyebilir (Contrepolis vd., 2013).

Sabit protezlerin değerlendirilmesinde marjinal uyum en önemli kriterlerden biri olarak kabul edilir (Contrepolis vd., 2013). Daha fazla marjinal aralık değeri, daha yüksek plak indeksi ve retansiyon kaybı ve siman materyalinin ağız ortamına daha fazla maruz kalmasına sebep olmaktadır (Goldberg, 1990). Seramik bir kronun internal uyumu bir diğer kritik faktördür. Yetersiz internal uyum, restorasyonun düşük direncine ve kırılma direncinde azalmaya neden olabilir (Önoral vd., 2018; Rödiger vd., 2017). McLean ve von Fraunhofer (1971) tarafından yapılan çalışmaya göre 120 µm marjinal aralık değerinin klinik olarak kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir (McLean & von Fraunhofer, 1971). Ancak 100 µm (Holmes vd., 1992; Schaefer vd., 2013) ve 75 µm (Hung vd., 1990) gibi farklı marjinal aralık değerleri de belirtilmiştir. Yine de klinik olarak kabul edilebilir marjinal aralık değeri konusunda bir fikir birliği yoktur.

Araştırmanın Amacı

Marjinal ve internal uyum çalışmaları incelendiğinde monolitik zirkonya restorasyonlara çok sık rastlanmamaktadır. Çoğunlukla zirkonya altyapılı restorasyonlar (Arezoobakhsh vd., 2020; Su & Sun, 2016) ve metal destekli restorasyonlar (Önöral vd., 2018) çalışmalara konu olmuştur. Ek olarak, tek üyeli kronlar (Bosniac vd., 2019; Rödiger vd., 2017) yaygın olarak yapılmıştır. Farklı tarayıcı tiplerinin monolitik zirkonya restorasyonlarının uyumu üzerindeki etkisine ilişkin bilimsel veriler sınırlıdır. Bu nedenle yapılan in-vitro çalışmamızın amacı; 4 ağız içi ve 2 laboratuvar tarayıcısı ile elde edilen veriler üzerinde tasarlanan 3 üyeli monolitik zirkonya sabit bölümlü protezlerin internal (aksiyal, aksiyo-oklüzal, oklüzal) ve marjinal uyumunu karşılaştırmaktır.

Mevcut çalışmada test edilen birinci sıfır hipotez Omnicam ve Primescan ağız içi tarayıcılarının kontrol grubu olan laboratuvar tarayıcısı inEos X5 arasında ve Trios 3 ve Trios 4 ağız içi tarayıcılarının kontrol grubu olan laboratuvar tarayıcısı D900L arasında marjinal ve internal uyum açısından fark olmayacağıdır. İkinci sıfır hipotez Omnicam, Primescan, Trios 3 ve Trios 4 ağız içi tarayıcılar arasında marjinal ve internal uyum açısından fark olmayacağıdır.

Araştırmanın Önemi

Çalışmamız klinik açıdan önemli olan restorasyonun uyumu ve böylece uzun ömürlülüğü için günümüzde popüler olan dijital tarayıcılardan hangisinin marjinal ve internal aralık değeri olarak daha uyumlu restorasyonlar sağladığının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Sınırlılıklar

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları kullanılarak üretilen 3 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumunu değerlendirdiğimiz çalışmamızın en önemli sınırlaması in-vitro olmasıdır. İn-vitro bir çalışma olduğu için ağız içi koşulların restorasyonların internal ve marjinal uyumu üzerindeki olumsuz etkileri değerlendirilememiştir. Benzer bir klinik çalışma ile sonuçların değerlendirilmesi gerekir. Çalışmamız restorasyonun final hali üzerinden yapılmıştır. Fakat restorasyonun üretim aşamalarının hassasiyeti etkileyebileceği unutulmamalıdır. Tarama stratejisi, elde edilen verinin formatı, kullanılan tasarım programı, kullanılan zirkonya diskler, kazıma cihazı, sinterleme

prosedürleri ve glaze işlemleri gibi birçok faktör de üretilen restorasyonların uyumlarında etkili olmaktadır. Bu sebeple çalışmamızda standardizasyonu sağlayabilmek amacıyla tüm gruplar için benzer aşamalar uygulandığı da dikkate alınmalıdır. Replika tekniği, uyumsuzluğu ölçmek için kanıtlanmış bir yöntem olmasına rağmen, teknik hassastır ve yalnızca sınırlı sayıda açıdan kesit almaya izin verir. Oldukça güvenilir sonuçlar veren Mikro - BT ölçüm tekniği ileri teknolojik ekipman gerektirdiği için bu çalışmada tercih edilmemiştir. Simantasyon yapılmadan örneklerin ölçümlerinin yapılması sınırlamalar arasında sıralanabilir. Örneklere simantasyon işlemi uygulandığında, simanın film kalınlığına bağlı olarak, marjinal ve internal uyum değerleri farklılık gösterebilmektedir. Ek olarak, ağız içi tarayıcıların etkinlikleri sürekli olarak güncellendiğinden, analiz edilen dijital sistemin geliştiği ve bu nedenle kullanılan sürümün sonuçları etkileyebileceğinin farkındalığı ile çalışmamızda tarayıcıların güncel sürümleri kullanılmıştır. Laboratuvar tarayıcılarının karşılaştırılmasında tek bir konvansiyonel ölçü alınarak bu ölçüden tek bir alçı model elde edilmiştir. Bu şekilde konvansiyonel ölçü materyalinin ve elde edilen ölçünün doğruluğu göz ardı edilmiştir. Ayrıca bu durumun laboratuvar tarayıcılarını olumsuz şekilde etkilemiş olabileceği de dikkate alınmalıdır. Bu sınırlamalar dahilinde, ağız içi tarayıcılarla üretilen uzun süreli sabit protezlerin klinik kullanımı ve ağız içi tarayıcıların performansı ile ilgili gelecekte hastalar üzerinde yapılacak klinik çalışmalarda kanıta dayalı bir yaklaşım sunulmalıdır.

Tanımlar

CAD/CAM: Kron, inley, onley, veneer, implant destekli restorasyonlar gibi farklı protetik restorasyonların bilgisayar teknolojileri ile tasarımı ve üretimidir.

Üç boyutlu (3D) tarayıcı: Şekil, renk veya doku gibi özellikler hakkında veri toplamak için bir nesneyi analiz eden cihazdır.

Ağız içi tarayıcı: Bilgisayar, kamera ve dijital verinin işlenmesini ile iletilmesini sağlayan yazılımdan oluşan medikal cihazlardır.

Laboratuvar tarayıcısı: Konvansiyonel teknikle alınan ölçüleri veya bu ölçülerden elde edilen modelleri tarayıp bilgisayara aktarmayı sağlayan cihazlardır.

Kapalı sistem: Belirli bir şirketin dijital ekipmanı veya dijital iş akışıyla sınırlı yazılım veya donanım.

Açık sistem: Çeşitli dijital platformlarda gerçekleştirilebilen dijital bir işlem veya iş akışı. Bu iş akışları yalnızca belirli bir platformda gerçekleştirilebilir. (Örneğin; STL)

STL: Üç boyutlu sistemler tarafından oluşturulan sayısal modeli, fiziksel model haline çevirmek için kullanılan, CAD yazılımına özgü dosya formatıdır (Grant vd., 2016).

BÖLÜM II

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Bu başlık altında ölçü materyallerinin tarihsel gelişimine, konvansiyonel ve dijital ölçü yöntemlerine, CAD/CAM sisteminin sınıflamasına ve çalışma prensiplerine, ağız içi tarayıcılara, laboratuvar tarayıcılarına, dijital ölçü yöntemlerinde kullanılan görüntüleme tekniklerine, restorasyonların marjinal ve internal uyumunun değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlere, marjinal ve internal uyum ile ilgili araştırmalara yer verilmektedir.

Kuramsal Çerçeve

Ölçü Materyallerinin Tarihsel Gelişimi

Alman askeri cerrah Gott-Fried Purman tarafından balmumu kullanılarak 17. yüzyılın ortalarında yapılan çalışmalar ölçü maddesini oluşturmak için yapılan ilk çalışmalardır. Daha sonra, 18. yüzyılda, bir renklendirme maddesiyle boyanmış oral dokular üzerine bir parça kemik veya fildişi bastırılması ile renkli kısımların oyulmasını içeren bir ölçü tekniğinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. 1756 yılında Philip Pfaff, mum parçaları ile dişsiz çeneden ölçü elde etmiş ve daha sonra elde ettiği muhlara alçı dökerek alçı modeli meydana getiren ilk kişi olmuştur (Punj vd., 2017).

Kullanılan diğer bir ölçü materyali, çinko oksit öjenol ölçü patı ve bileşiğiydi. Bu ölçü materyalinin andırkatlardan geçerken distorsiyona uğramaması veya kırılması nedeniyle uygulama alanı sınırlı kalmıştır (Rubel, 2007). 1925'te geri dönüşümlü hidrokolloidler tanıtılmıştır, ardından 1941'de geri dönüşümsüz hidrokolloidler piyasaya sürülmüşlerdir (Schulein, 2005). 1953'te, polisülfid, kondenzasyon silikonları ile birlikte ölçü materyali olarak kullanılmaya başlandı. Ancak iki ölçü materyalinde de moleküler ağırlığı düşük olan yan ürünlerin buharlaşmasından dolayı, birkaç saatlik bir süre boyunca önemli miktarda büzülme göstermektedir. 1960'ların sonlarında ise, geliştirilmiş mekanik özellikleri ve düşük büzülmesi nedeniyle polieter ölçü materyali alternatif bir polimer olarak önerilmiştir (Hamalian, 2011). 1970'lerde polivinil siloksan (PVS) ölçü materyali piyasaya sürülmüştür ve yüksek boyutsal stabilitesi sebebi ile popüler hale gelmiştir (Gonçalves, 2011).

Ölçünün Önemi ve Ölçü Materyallerinin Sınıflandırılması

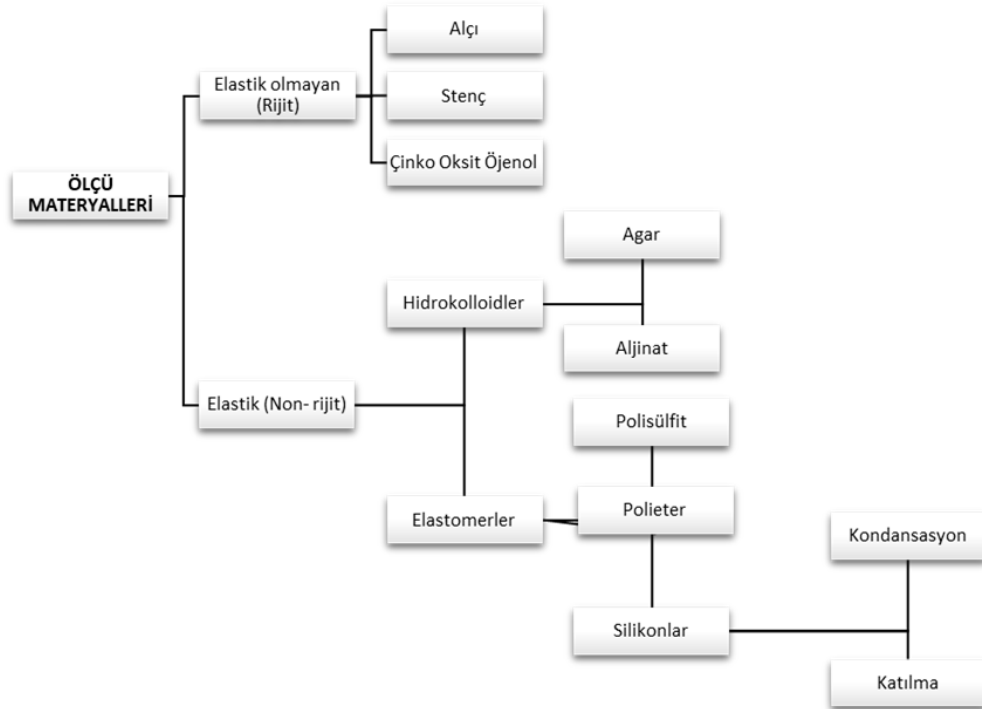
Ölçü, bir cismin negatif görüntüsü veya izi olarak tanımlanabilir. Dental ölçü yarı akışkan, yumuşak materyallerin ağıza yerleştirilmesiyle elde edilmektedir. Materyalin özelliğine göre alınan dental ölçü elastik veya sert olabilmektedir. Yaygın olarak model elde etmekte kullanılan ölçü materyalleri, sertleştikten sonra elastik bir yapıya sahiptirler. Elde edilen çevre dokuların ve dişlerin negatif suretinden pozitif bir kopya ya da model elde edilmektedir (Shillingburg & diğ., 2010).

Ölçü materyalleri, dişlerin şekillerini, birbirleriyle olan ilişkilerini, ağızdaki yumuşak ve sert dokuları kaydetmeyi sağlayan materyallerdir. Restorasyonun üretiminde elde edilen ölçünün netliği, üretilecek restorasyonun doğruluğu açısından önemlidir. Kullanılan ölçü materyalinin boyutsal stabilitesi restorasyonun uyumunu etkileyebilmektedir. Hassas ve doğru çalışma modelinin elde edilmesi, dişler ile birlikte çevre dokuların ölçülerinin de net bir şekilde alınabilmesiyle mümkün olmaktadır. Doğru ölçü tekniği ve ölçü materyali seçimi, ölçüde istenilen netliğin elde edilebilmesinde çok önemlidir. (Braden, 1976; Christensen, 1997; Marković vd., 2012).

İdeal bir ölçü materyalinin modelin hemen elde edilememesi durumu göz önünde bulundurularak uzun süre boyutsal stabilite gösterebilme özelliğine sahip olması gerekmektedir. Buna karşın, sıklıkla kullanılan dental ölçü materyalleri boyutsal değişiklik gösterirler. Bu durum üretilen restorasyonların uyumuna dolayısı ile retansiyonuna etki eder. Böylece restorasyonun başarısına olumsuz yönde etki etmektedir (Gonçalves, 2011). Ölçünün karıştırılma süresi, nem, kaşığa yüklenen ölçü maddesinin kalınlığı ve ölçü alındıktan sonra model elde edilmesine kadar geçen süre ölçü materyalinin boyutsal davranışını etkilemektedir (Kanehira vd., 2006). Ayrıca ölçü materyallerinde ağız içinden dış ortama geçerken doğrusal genişleme katsayıları sebebiyle büzülme meydana gelir (Bassett vd., 1969; Sawyer vd., 1974). Kusursuz bir model elde edilmesindeki en kritik aşama modelin negatifinin elde edilmesidir. Bu nedenle birçok ölçü tekniği ve materyali bildirilmiştir (Hamalian, 2011) (Şekil 1). Ölçü materyalleri, sertleşme özelliklerine, bileşimlerine ve sertleşme reaksiyonlarına göre sınıflandırılabilirler. Ancak genellikle kullanılan sınıflandırma sistemleri ölçü materyallerinin sertleştikten sonra gösterdikleri özelliklerine göre yapılan sınıflandırmalardır. Günümüzde, sabit bölümlü protezlerin yapımında en fazla tercih edilen ölçü materyalleri; kondenzasyon silikonlar, ilave tip silikonlar ve polieterlerdir (Punj vd., 2017).

Şekil 1

Ölçü Materyallerinin Sınıflandırılması (O'Brien, 2002)



Sabit Protetik Diş Tedavisinde Kullanılan Ölçü Materyalleri.

Kondenzasyon Silikonlar. Kondenzasyon silikonu (C Tipi) olarak da bilinmekte olup, esas yapısı polisiloksandır. Bu ölçü materyalleri iki pat şeklinde ya da pat ve likit şeklinde kullanılan, baz ile katalizör bileşenlerinden oluşmaktadırlar. Baz kısmında terminal hidroksil gruplarına sahip dimetilsiloksan, çapraz bağlanma reaksiyonunu geliştirecek doldurucular ve ortoalkilsilikat bulunurken, katalizör kısmında, yağlı çözücüler ve metal organik esterler bulunmaktadır. Polimerizasyon esnasında meydana gelen silikon polimerin uç grupları ile alkil silika arasında üç boyutlu örgü yapısı meydana getiren çapraz bağlanma reaksiyonu elastomerin şekillenmesini sağlar. Bu sırada yan ürün olarak etil alkol açığa çıkar. Açığa çıkan etil alkolün buharlaşması bu materyalin boyutsal stabilitesine etki eden en önemli faktördür (Koski, 1977). Boyutsal stabilitenin korunması amacı ile kondenzasyon silikonu kullanılarak alınmış ölçülerden modellerin hemen elde edilmesi önerilmektedir (Rosenstiel vd., 2006). Kondenzasyon silikonlar hidrofobik yapıda olduklarından dolayı ölçü alınması sırasında dişeti oluşu sıvısının kontrol altına alınması ve preparasyon yüzeyinin kuru olmasını gerektirirler. Bu özellikleri ayrıca modellerin hazırlanmasını da zorlaştırmaktadır. Karşılaşılan sorunlardan biri de, el

ile karıştırma sırasında doğru oranları ayarlamanın zor olmasıdır. Bu sorun, materyalin çalışma ve sertleşme süresini etkileyerek değişmesine neden olabileceği gibi ölçünün kalitesini etkiler (Hamalian, 2011).

İlave reaksiyonlu silikonlar. 1970’li yıllarda piyasaya sürülen ilave reaksiyonlu silikonlar diğer adıyla polivinil siloksan ölçü materyali, kondenzasyon silikonların modifikasyonu olarak ortaya çıkmışlardır (Chee & Donovan, 1992). Polivinil siloksanların (PVS) baz kısmı hidrosilan ile sonlanan bir molekül içermektedir. Katalizör kısmı ise vinil grup ile sonlanan siloksan oligomerler ve platin katalizör içermektedir. Tepkimede ikincil reaksiyon meydana gelmekte ve hidrojen açığa çıkmaktadır fakat yan ürün oluşmamaktadır. Bazı üreticiler bu ölçülerde, alçı modelin hemen elde edilebileceğini iddia etse de model elde edilmeden önce en az 60 dakika beklenmesi önerilir.

Ölçü materyallerinden olan PVS, viskozite seçenekleri ile elastisite, yırtılma direnci ve boyutsal stabilite gibi mekanik özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilen materyallerdendir. Tercih edilme sebeplerinden bir diğeri ise yüksek detay verme özelliğine sahip olmasıdır (Punj vd., 2017). Kullanımı esnasında bu ölçü materyali lateks rubber-dam ya da lateks eldiven ile temas etmemelidir. Çünkü lateks içerisinde bulunan kükürt veya kükürt bileşiği polimerizasyon reaksiyonuna engel olmaktadır. Kükürt veya kükürt bileşiği içeren gingival retraksiyon kordlarının da polimerizasyona engel oldukları bilinmektedir (O’Brien, 2002).

Hidrofobik özellik göstermesine rağmen günümüzde içerisine ilave edilen ekstrinsik aktif maddeler ile hidrofilik olarak etiketlenmektedirler. Vizkozitelerine göre hafif, orta, ağır ve çok ağır olacak şekilde dört gruba ayrılmaktadırlar (O’Brien, 2002).

Polieter. Diş hekimliğinde ölçü maddesi olarak kullanılmak amacıyla geliştirilmiş ilk elastomer olan polieterler 1960’ların sonunda tanıtılmıştır. Baz ve katalizör olmak üzere iki tüp şeklinde bulunur. Baz patın içeriği prepolimer ve doldurucularken, katalizör patında reaksiyon başlatıcılar, doldurucular ve yağ bulunmaktadır (Donovan & Chee, 2004). Bu materyalin sertleşme reaksiyonu; reaktif etilen imin terminal halkalarını açarak yan ürün oluşumu olmayan moleküller ile birleştiren katyonik polimerizasyon oluşmasıyla meydana gelmektedir.

Yüzey netliği iyi olan polieter ölçü materyalleri, hafif, orta ve yoğun viskozite seçenekleri bulunmaktadır (Donovan & Chee, 2004). Hidrofilik olmaları nedeniyle nemli ortamlarda kullanılabilirler ve bu özellik sayesinde alçı model kolaylıkla elde edilebilir (Punj vd., 2017).

En önemli dezavantajlarından biri sertleştiği zaman çok sert olması bu sebeple de kompleks ve uzun köprülerde kullanılmasının zor bulunmasıdır. Diğer bir dezavantajı ise yüksek elastisite modülüne sahip olmasıdır. Ayrıca hafif kıvamlı polisüflitlerin gingival oluk gibi dar sahaların içine akışının iyi olmasına karşın, polieterin dar sahalarla akışı yeteri kadar iyi olmamaktadır. Bu ölçü materyalleri çok iyi elastik özellik göstermelerinin yanında ortalama yırtılma direnci de göstermektedirler. Buna rağmen sertleştiği zaman yüksek elastik modül özelliğinden dolayı ölçüyü ağızdan veya modelden çıkarabilmek için kuvvet uygulama ihtiyacını artırmaktadır. Bu durum, ölçü maddesinin andırkatın fazla olduğu bölgelerde kullanılmasını sınırlamaktadır (Lu vd., 2004).

Vinil Polieter Silikon (Vinil Siloksaneter). Polieter ve polivinil siloksan ölçü materyallerinin karışımı olan vinil polieter silikon ölçü materyali 2009 yılında yeni bir materyal olarak tanıtılmıştır (Enkling vd., 2012). Polieterin hidrofilik özelliği ile polivinil siloksanın ağızdan kolay çıkarılma özelliğinin bir araya getirildiği bu ölçü materyalinin nem kontrolünün zor olduğu dar ve derin diş eti oluşu bulunan bölgeler için kullanılabilir bir seçenek olduğu rapor edilmiştir (Schulein, 2005; Walker vd., 2013). Fakat, bu yeni ölçü materyalinin ölçü doğruluğunu araştıran daha fazla çalışmaya gereksinim vardır (Stober vd., 2010).

Diş Hekimliğinde Ölçü Teknikleri

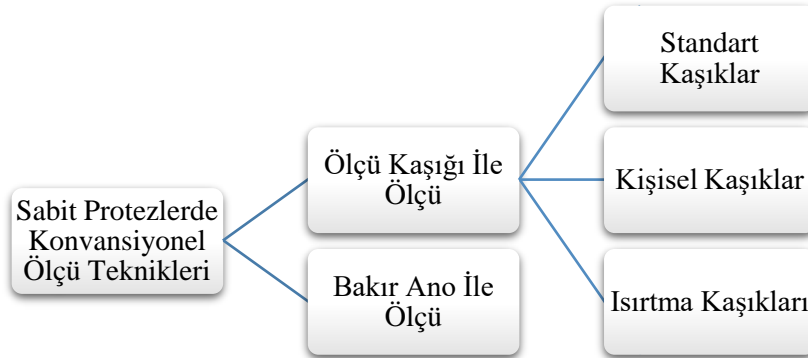
Ölçünün netliğine etki eden en önemli faktörlerden birinin ölçü tekniği olduğu bilinmektedir. Protetik restorasyonlar için alınan ölçülerin netliğini artırmak üzere birçok ölçü yöntemi geliştirilmiştir (Idris vd., 1995; Koski, 1977). Protetik diş tedavisinde ölçü teknikleri konvansiyonel ve dijital ölçü teknikleri olarak iki başlık altında incelenmektedir.

Diş Hekimliğinde Konvansiyonel Ölçü. Konvansiyonel ölçü teknikleri, farklı ölçü kaşıkları ve farklı ölçü materyallerinin kullanımı ile yapılacak protetik

restorasyona göre birçok çeşitlilik göstermektedir. Sabit protezlerdeki konvansiyonel ölçü teknikleri Şekil 2 ve 3'te gösterildiği şekilde özetlenebilir.

Şekil 2

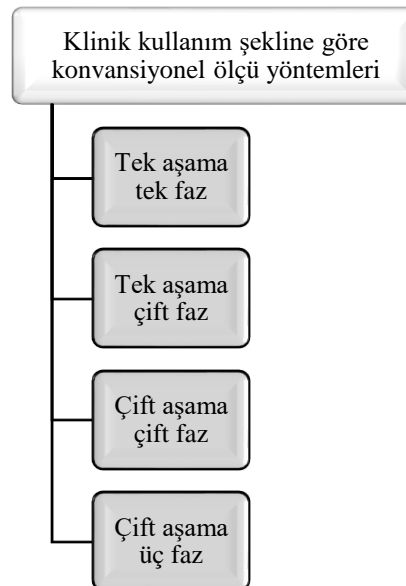
Sabit Protezlerde Konvansiyonel Ölçü Tekniklerinin Sınıflandırılması (Ulusoy & Aydın, 2010)



Ölçü teknikleri klinik kullanım şekline göre yaygın olarak şu şekilde sınıflandırılır (Caputi & Varvara, 2008):

Şekil 3

Klinik Kullanım Şekline Göre Konvansiyonel Ölçü Yöntemlerinin Sınıflandırılması



Bu sınıflandırmada 'aşama' ölçünün ağıza yerleştirilme sayısını, 'faz' ise viskozitesine göre kaç çeşit ölçü materyali kullanıldığını ifade eder.

Diş Hekimliğinde Dijital Ölçü. Son dönemlerde teknolojide meydana gelen gelişmeler ile klinikte ve laboratuvarında dijital ölçü ve dijital üretim teknikleri, uzun yıllardır protetik restorasyonların üretiminde kullanılan konvansiyonel ölçü materyallerinin ve tekniklerinin yerini almaya başlamıştır (Beuer vd., 2008). Dijital ölçüler, konvansiyonel ölçülere kıyasla tedavilerde daha hızlı ilerlemeye dolayısıyla daha az seans sayısına imkan sağlamaktadır (Aragón vd., 2016).

Dijital Ölçünün Avantajları ve Dezavantajları. Dijital ölçünün kolaylık sağlamanın yanı sıra güvenilirliği ve ölçünün doğruluğu ön plana çıkmaktadır. Dijital ölçüleri birbirleriyle ya da konvansiyonel ölçüyle karşılaştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ender & Mehl, 2011). Dijital ölçü yöntemleri kron ve kısa köprülerde konvansiyonel ölçü yöntemlerine klinik olarak kabul edilebilir alternatif bir yöntem olmuşlardır (Ahlholm vd., 2016). Fakat ağız içi dijital ölçülerde bazı engeller ve eksiklikler bulunmaktadır. Sorunlardan biri bazı sistemlerin tarama yapabilmesi için optik spreye (optisprey) ihtiyaç duymasındır. Diş yüzeyine uygulanan optik spreyn kalınlığı homojen olmadığı zaman diş sınırlarının dışına hafifçe çıkabilir (Naidu & Freer, 2013).

Avantajları:

1. Hasta daha rahattır.
2. Öğürme refleksi olan hastalardan rahatlıkla ölçü alınabilir.
3. Diş hekiminin; ölçü kaşığı, ölçü maddesi, alçı gibi materyallere ihtiyacı yoktur.
4. Ölçüler tekrarlanabilir veya sadece ölçünün başarısız olduğu bölgenin ölçüsü tekrarlanabilir.
5. Ölçünün dezenfeksiyon sorunu yoktur.
6. Üç boyutlu model olarak elde edilen ölçü bilgisayar ortamında uzun süre saklanabilir.
7. Üç boyutlu modeller ile tüm yüzeylerin analizi yapılabilir.
8. Elde edilen üç boyutlu modeller farklı cihazlarda üretilerek detaylı incelenebilirler.
9. Tedaviden önce dijital olarak elde edilecek çalışma modelleri üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilir.
10. İnternet üzerinden veri alışverişi sağlanabilir.
11. Konvansiyonel ölçü maddelerinde istenilen çoğu özellikler aranmaz.

12. Tarama sonucu elde edilen dijital veri dosyası evrensel olan STL ve PLY formatlarına dönüştürülerek veriler farklı sistemlerde kullanılabilirler.
13. Dijital modeller bilgisayar ortamında artikülatöre bağlanarak kapanış alınabilir ve planlama yapılabilir (Bakıç vd., 2021).

Dezavantajları:

1. Kan ve tükürük gibi ağız sıvıları taramanın kalitesini etkiler.
2. Doğru kullanım için tecrübe gerektirir.
3. Daha net ölçüler elde edilmesi amacıyla kullanılan tarama spreyleri restorasyonun marjinal uyumsuzluğuna sebep olabilmektedir (Bakıç vd., 2021).
4. Tarama stratejisi, dijital ölçünün kalitesini ve elde edilen verinin doğruluğunu etkileyebilmektedir (Zaruba & Mehl, 2017).
5. Büyük tarama başlığına sahip ağız içi tarayıcılarda posterior bölgenin taranması sırasında hastada öğürme refleksine sebep olabilmektedirler.
6. Parlak ve translüensinin fazla olduğu yüzeylerde başarılı tarama yapılması zordur.
7. Bazı şirketlerin tarayıcılarının kurulumu, bakımı ve program güncellemeleri maliyetlidir.
8. Gingival marjinlerin taranması sırasında net bir ölçü elde etmek için iyi izolasyona ihtiyaç duyulmasından dolayı retraksiyon yapılması gerekebilir (Bakıç vd., 2021).
9. Bazı CAD/CAM firmaları implant üst yapıları gibi dijital tasarımlarını kapalı sistemler içerisinde sunmakta ayrıca veri paylaşımına izin vermemektedirler (Ting-Shu, & Jian, 2015).

CAD/CAM Sistemleri. Biyouyumlu ve estetik olmaları nedeniyle, tam seramik restorasyonlar günümüzde sıklıkla tercih edilmektedirler. Seramik materyallerin çeşitliliği ve kullanım alanları, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ilerleyen teknoloji ile geliştirilmesiyle, daha da genişlemiştir. Geliştirilen yeni materyallerin geleneksel yöntemlerle tam uyumlu olmamalarından dolayı, beraberlerinde yeni üretim teknolojileri ve sistemleri de geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden birisi de bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretimdir (CAD/CAM). CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım); bilgisayar desteği ile bir cismin tasarımının yapılmasıdır. CAM (Computer Aided

Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim); ölçülen ve tasarlanan veriler kullanılarak bilgisayar destekli üretimin yapılmasıdır (Kalaycı & Bayındır, 2015; Zhang vd., 2021).

CAD/CAM teknolojisi ilk kez 1940'lı yıllarda mühendislik ve endüstriyel alanında kullanılmaya başlanmıştır. Diş hekimliği alanında ise Dr. Francois Duret tarafından 1971 yılında preparasyonu yapılan dişin optik olarak ölçüsünün alınması ve alınan ölçüden restorasyon üretilmesi ile başladığı bilinmektedir. Dr. Werner Mormann 1985 yılında ticari olarak kullanılabilir ilk sistem olan CEREC Sistemini kullanıma sunmuştur. Titanyum dökümünün zor olması ve bu sebeple titanyum altyapılarının farklı şekilde üretilmesi amacıyla Dr. Matts Andersson CAD/CAM teknolojisini geliştirmiştir (Aslam & Nadim, 2015). Diş hekimliğinde CAD/CAM sistemlerinin kullanılmaya başlanması ile hasta için özel olarak hazırlanan protetik restorasyonların üretiminde geleneksel ve analog laboratuvar teknolojilerinin kullanımı son bulmuştur (Fasbinder, 2012).

Avantajları:

1. CAD/CAM sistemleri, güncel materyallerin kullanılabilmesine olanak sağlar.
2. Dental laboratuvar işlemleri açısından, çalışma süreçlerini basitleştirir.
3. Daha kısa sürede yüksek kalitede restorasyonlar sağlar.
4. Teknik hataları minimuma indirir.
5. Geleneksel indirekt restorasyon üretimindeki, çapraz kontaminasyon, enfeksiyon gibi riskleri azaltır (Miyazaki vd., 2009).
6. Restorasyonların tek seansta uygulanabilmesi hem hekimlere hem de hastalara zaman kazandırmaktadır. Bunun yanında geçici kron hazırlama gibi zorunluluklar da ortadan kalkmakta ve postoperatif hassasiyet de minimal düzeye indirilmektedir (Ahmed, 2018).

Dezavantajları:

1. Bu sistemlerinin maliyetleri yüksektir.
2. İyi kalitede restorasyon üretiminde finansal kapasite gerektirir (Ting-Shu, & Jian, 2015).

CAD/CAM Sistemleri Sınıflaması

Bilgisayar destekli üretimin klinik veya laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesine bağlı olarak CAD/CAM sistemleri iki sınıfa ayrılabilir. Restorasyonun klinikte direkt olarak tek seansta üretilmesi “chair-side” olarak adlandırılır. Direkt yöntemde, tüm işlemlerin tek seansta yapılması böylece zaman tasarrufu sağlaması en önemli avantajıdır. Eğer restorasyonun tamamlanması için laboratuvar işlemi gerekiyorsa bu “lab-side” olarak adlandırılır. Laboratuvar sisteminin avantajı, cihazların laboratuvarda farklı işlemler için de kullanılabilmesidir (Jedynakiewicz & Martin, 2001).

CAD/CAM Sistemleri Çalışma Prensipleri

CAD/CAM sisteminde, preparasyonu yapılan dişlerin görüntüsü intraoral veya ekstraoral olarak taranır. Taranan veri bilgisayar ortamına aktarılır, sisteme uygun yazılım programında restorasyonun tasarımı tamamlanır. Tasarlanan restorasyon, yazılım programı ile uyumlu çalışan bir frezeleme makinesinde seramik blokların frezelenmesiyle elde edilir (Raigrodski, 2004).

Yüksek dirence sahip alümina ve zirkonya esaslı seramiklerin yalnızca CAD/CAM sistemleri kullanılarak üretilmesi sistemlere olan ilgiyi artırmıştır. CAD/CAM sistemlerinin kullanıldığı bir başka tam seramik grubu da Y-TZP (Yitrium İle Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali) tam seramik restorasyonların üretimidir. CAD/CAM sistemlerinde seramiklerin yanında titanyum alaşımları da kullanılabilirler (Uzun & Bayındır, 2010).

İlk geliştirilen CAD/CAM sistemleri iki eksenle kazıma yapabilmekteydi. Bu sebeple daha az detay oluşturulmakta ve sonuç olarak diş ile restorasyon arasında olan internal uyum iyi bir şekilde sağlanamamaktaydı. Yapılan araştırmalar sonucu, günümüzde de kullandığımız altı eksenle aşındırma yapabilen kazıma sistemleri geliştirilmiştir (Mörmann & Bindl, 2002).

CAD/CAM kullanılarak iki farklı teknik ile zirkonya alt yapılı restorasyonlar üretilmektedir. Bu tekniklerden birincisi önceden sinterlenmiş yüksek yoğunluktaki hazır bloklar ile nihai boyutta alt yapı restorasyonlarının oluşturulmasıdır. Yüksek yoğunlukta olan bu blokların frezelenmesi hem frezeleme cihazının frezlerinde aşınmaya neden olmakta hem de üretimi fazla zaman almaktadır. Bununla birlikte, materyalin mikro yapısında çatlak oluşumuna yol açmaktadır (Kalaycı & Bayındır, 2015).

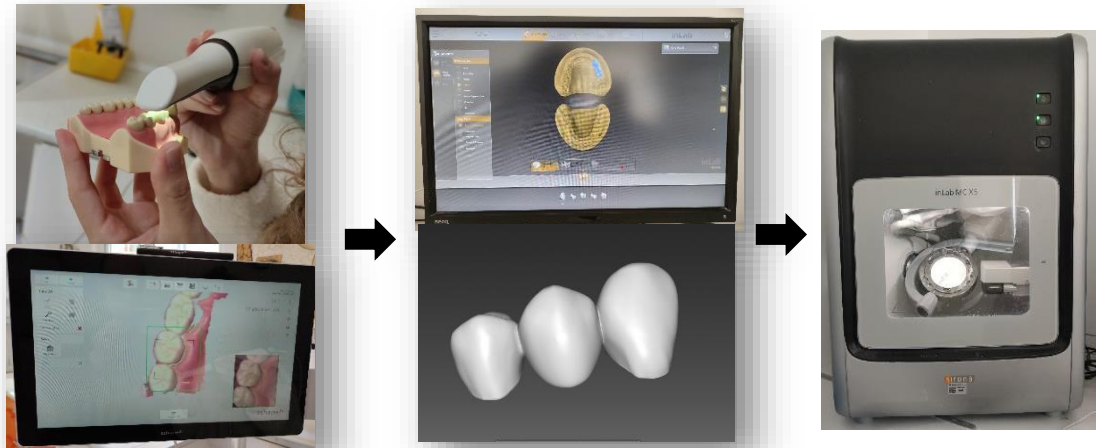
CAD/CAM teknolojisi kullanılarak, zirkonya alt yapı restorasyonlarının üretimindeki ikinci teknikte, restorasyon genellikle sinterlenmemiş veya önceden yarı sinterlenmiş blokların freze edilmesiyle oluşturulmaktadır. Freze edilen alt yapılar daha sonra sinterlenmektedir. Bu şekilde, istenen nihai restorasyon boyutuna büzülerek ulaşmaktadır (Miyazaki vd., 2009).

CAD/CAM Sistemi Komponentleri

CAD/CAM sistemlerinin üç fonksiyonel kısmı bulunmaktadır. Bunlar; verilerin toplanması ve kaydedilmesi olan tarama işlemi, bilgisayar aracılığı ile restorasyonun tasarımının yapılması (CAD) ve restorasyonun üretilmesi (CAM) olarak sayılabilmektedir (Şekil 4) (Strub vd., 2006).

Şekil 4

CAD/CAM Sistemi Komponentleri



A-Görüntü Alma

Görüntünün elde edilmesi; doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilen prepasyonu yapılmış dişlerin ve dişlere komşu dokuların verilerini toplayarak sanal ölçü oluşturmaya yarayan veri toplama birimi ile dijital ölçünün oluşturulması işlemidir (Alghazzawi, 2016).

Klinisyenin iki farklı tarama seçeneği vardır: a) Optik tarayıcılar, b) Mekanik tarayıcılar.

a) Optik tarayıcılar: Bu tip tarayıcıların temeli 'triangulasyon prosedüründe' üç boyutlu yapıların toplanmasıdır. Burada ışık kaynağı (lazer gibi) ve alıcı birim, birbirleriyle olan ilişkilerinde belirli bir açıdadır. Bu açı sayesinde bilgisayar, alıcı

birim üzerindeki görüntüden üç boyutlu bir veri seti hesaplayabilir. Bu tarayıcılara örnek; Lava Scan ST (3M ESPE, beyaz ışık projeksiyonları) ve es1 (etkon, lazer ışını) verilebilir.

b) Mekanik tarayıcılar: Bu tip tarayıcılar bir yakut top aracılığıyla mekanik olarak satır satır okunur ve üç boyutlu yapı ölçülür. Bu tarayıcı türü, yüksek tarama doğruluğu ile ayırt edilir, bu sayede yakut topun çapı, en ince grenli frezeleme sistemine ayarlanır ve sistem tarafından toplanan tüm veriler de frezelenir. Bu tarayıcılara örnek; Procera tarayıcısı verilebilir (Patil 2018).

B-Restorasyonun Tasarlanması

Restorasyonun tasarlanması; konvansiyonel laboratuvar prosedüründe yapılan modelasyona karşılık gelmektedir. Oluşturulan dijital ölçülere göre bilgisayar yazılımı kullanılarak dijital olarak restorasyonların tasarlanması ve freze parametrelerinin ayarlamasının yapıldığı aşamadır.

Elde edilen tarama dosyalarının uyumlu olduğu yazılım programı ile taramalar dijital ortamda incelendikten sonra CAD yazılımı kullanılarak restorasyon tasarımı yapılır. Günümüzde çeşitliliği artan yazılım programları ile kişiye özgü adapte edilmiş restorasyonun dizayn ve üretim aşamaları yapılabilmektedir. CAD yazılımında hazır olarak bulunan şablonları direkt kullanılabilen ya da kullanıcı kendisi tasarım yapabilmektedir. Her yazılım programının genellikle uyumlu olduğu bir CAD/CAM sistemi bulunmaktadır ve bu sistem haricindeki sistemler ile uyumluluk göstermemektedir (Dauti, 2016).

CAD/CAM sistemleri, veri paylaşım kapasitesine göre açık ve kapalı sistemler olarak ikiye ayrılabilirler. Kapalı sistemler; verinin toplanması, tasarımın yapılması ve restorasyonun üretilmesini kapsayan sistemlerdir. Bütün aşamalar aynı sistem içerisinde yapılmaktadır. Farklı sistemlerle veri paylaşımı yapılamamaktadır. Açık sistemler ise; elde edilen dijital verilerin diğer CAD yazılımı ve CAM cihazları tarafından da kullanılabilmesini sağlamaktadır (Correia vd., 2013).

Restorasyonun tasarımı tamamlandığında, sanal model yazılım üzerinden farklı bir formata dönüştürülerek, CAM ünitesinin üretime geçmesi sağlanmaktadır (Strub vd., 2006).

C-Restorasyonun Üretilmesi

Restorasyonun üretilmesi, tasarımı yapılan restorasyonun kullanılacak restoratif materyalin üretim tekniğine göre aşındırma ya da ekleme yöntemi ile final restorasyonunun elde edildiği aşamadır (Van Noort, 2012).

Restorasyonların üretiminde uygulanan iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri eksiltme (milling, frezeleme) yöntemi diğeri ise ekleme (Hızlı Prototip; 3D – 3 boyutlu) yöntemidir. Eksiltme yöntemi; hazır bloklar kullanılarak elmaslar veya elmas disk frezlerle kesme işlemi yapılarak restorasyonun elde edilmesidir. Materyalin büyük bir kısmının ziyan edilmesi bu yöntemin dezavantajıdır. Bu yöntemle bloğun %90'ı eksiltilerek restorasyon üretilmektedir. Alternatif olarak “ilaveli” CAM yaklaşımı olan hızlı prototiplendirmede kullanılan benzer bir teknoloji dental CAD/CAM sistemlerinde kullanılmaktadır. Metal ve seramik restorasyonlar selektif lazer sinterleme yöntemi kullanılarak da üretilmektedir. Sistem materyali metal veya seramik tozlarının bulunduğu haznedeki sinterler ve restorasyon tamamlanana kadar bu işlemi devam ettirir. Üretim/frezeleme teknolojisi, büyük katı bloklardan eksiltme üretim teknolojisini kullanan bir restorasyon üretim tipidir (Abduo vd., 2014; Ersu vd., 2008).

Ekleme ve eksiltme yöntemlerini birlikte kullanan CAD/CAM sistemleri de bulunmaktadır. Bu sistemlere örnek yöntemlerden birinde preparasyonu yapılan dişin metal dayı restorasyonun final halinin sinterizasyondan sonra meydana gelecek büzülme miktarını kompanse etmesi için 3 boyutlu olarak büyütüldükten sonra eksiltme yöntemiyle frezelenmektedir. Kullanılacak materyal, metal day üzerine toz halinde ve basınç ile ekleme yöntemiyle büyük bir blok oluşturacak şekilde uygulanmaktadır. Elde edilen blok, restorasyonun şeklini oluşturmak üzere frezelenmektedir. Normalden büyük hazırlanan restorasyon daydan ayrılır ve nihai boyutuna ulaşması için yoğun sinterizasyon işlemi uygulanır (Benli, 2017).

Başka bir kombine sistemde ise (Wol Ceram, Ludwigshafen, Almanya) sıvı karışım içerisinde bulunan alümina tozlarının elektroforez ekleme yöntemiyle direkt olarak ana model üzerinde bulunan dayın yüzeyine uygulanmaktadır. Marjinlerden taşan fazla materyali laboratuvar teknisyeni uzaklaştırdıktan sonra, hazırlanan restorasyonun dış yüzeyi daydan uzaklaştırıldıktan sonra cam infiltrasyon aşamasına geçilmektedir (Benli, 2017).

Milleme üniteleri, iki sınıfa ayrılır: (A) kuru ve ıslak milleme, bazı milleme materyallerinin kuru milleme işlemine ve bazılarının ıslak milleme işleminin yapılmasına ihtiyacının olması sonucu veya (B) aks (3/4/5 aks) sayılarına göre, 4 akslı ve 5 akslı ünitelerin her ikisinin de farklı eksenler doğrultusunda (x, y, z) doğrusal olarak yukarı ve aşağı doğru hareket eder. Aralarındaki esas fark, rotasyonların sayısıdır. Blok/disk sadece X eksenleri etrafında dönebilme yeteneğine sahipken (A rotasyon), 5 akslı sistemlerde, blok/disk X eksenleri etrafında dönebilmenin (A rotasyon) yanında mil Y eksenlerinin etrafında da dönebilmektedir (B rotasyonu) (Abduo vd., 2014).

Üretim cihazlarının, frezeleme eksen sayılarına göre sınıflandırılması (Beuer vd., 2008):

- **Üç eksenli cihazlar:** 3 düzlemde (x,y,z) sınırlı şekilde hareket edebilmelerinden dolayı restorasyon üzerinde cihazın düzlemleri üzerinde olmayan kompleks geometrili bölgelerde aşındırılma yapılması mümkün değildir. Bu cihazlar düşük maliyetleri, kullanım kolaylıkları ve işlem sürelerinin kısa olması sebebiyle tercih edilmektedirler. Dental alanda kullanılan bu sistemlerin motor kolları restorasyonun iç ve dış yüzeylerini aşındırabilmek amacıyla 180° rotasyon yapabilmektedir. Bu tür cihazlara örnek olarak; Lava (3M ESPE, ABD), Cerec inLab (Sirona, Bensheim, Almanya) gösterilebilir (Borba vd., 2013; Christensen, 2008).
- **Dört eksenli cihazlar:** Bu cihazda bahsedilen 3 düzleme ek olarak materyalin üzerine yerleştirildiği kolda aynı anda hareket etme özelliğine sahiptir. Bu hareket sayesinde yapılacak olan işlem daha hızlı gerçekleştirilebilmektedir. Cerec MC XL (Sirona, Bensheim, Almanya) bu tür cihazlara örnek gösterilebilir (Hamza vd., 2013).
- **Beş eksenli cihazlar:** Bahsedilen x,y,z düzlemlerinin yanı sıra, materyalin yerleştirildiği kol ayrıca freze kollarının olduğu bölge de hareket etme özelliğine sahiptir. Bu özellik sayesinde kompleks geometrili restorasyonların üretilmesine olanak tanır. Bu tür cihazlara örnek olarak; Lava CNC 500 (3M ESPE, ABD), Everest Engine (Kaltenbach & Voigt GmbH, Almanya) gösterilebilir (Chee vd., 1991; Vojdani vd., 2013).

Sistemin ilk iki bölümü olan verilerin taranması ve restorasyonun tasarımı CAD aşamasında rol alırken, üçüncü kısım olan üretim aşaması CAM aşamasından sorumludur. CAD/CAM sistemleri, hasta başı ve laboratuvar sistemleri olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Laboratuvar sistemleri, şirketin kendine ait tarayıcı ve frezeleme ünitelerine sahip olduğu CAD/CAM (Sirona Dental Systems, Amann Girrbach, vhf camfacture AG, Weiland Dental, 3M ESPE, Zirkon Zahn, Pou-Yuen and U-Best Dental, Dentsply Prosthetics, KaVo Dental, Planmeca), sadece tarayıcının mevcut olduğu CAM (Dental Wings; IScan D104, Amann Girrbach; Activity 850 3D, 3 Shape; Dental Wings 7 series, Smart Optics, D2000, Imetric 3D SA; Ceramill Map) ve sadece freze ünitelerinin bulunduğu CAD (Amann Girrbach, Zirkonzahn; Tizian Cut 5 Smart, Sirona; M5, DWX-50, Schütz Dental; S2 Model, Roland DGA Corporation; inLab MC X5, vhf camfacture AG; Ceramill Motion 2) sistemleridir.

Hasta başı CAD/CAM sistemi, şirketin kendisine ait tarayıcısı ve freze cihazının (Sirona ve Planmeca) bulunduğu ya da şirketin tasarlama özelliği olmayan bir tarayıcısının olduğu görüntü yakalama sistemi (örneğin, Sirona; CS 3500, 3Shape; Apollo DI, 3M ESPE; iTero, True Definition Scanner, Inc; Trios, Align Technology, Carestream Dental LLC) olarak da bulunabilmektedir. Bu durumda restorasyon tasarımı yapılabilmesi için açık erişimli bir laboratuvar tarayıcısına bağlanması gerekmektedir (Galhano vd., 2012).

Dijital İş Akışları. Diş hekimliğinde dijital ölçü alınmasının amacı, oluşturulan ağzın üç boyutlu modelinin köprü üretilmesinde kullanılacak CAD/CAM sisteminin yazılım programı ile uyumlu veri formatında yollanabilmesini sağlamaktır. Yapılan dijital taramalarla birlikte daha sonra CAD/CAM cihazları kullanılarak protezlerin üretimi yapılabilmektedir.

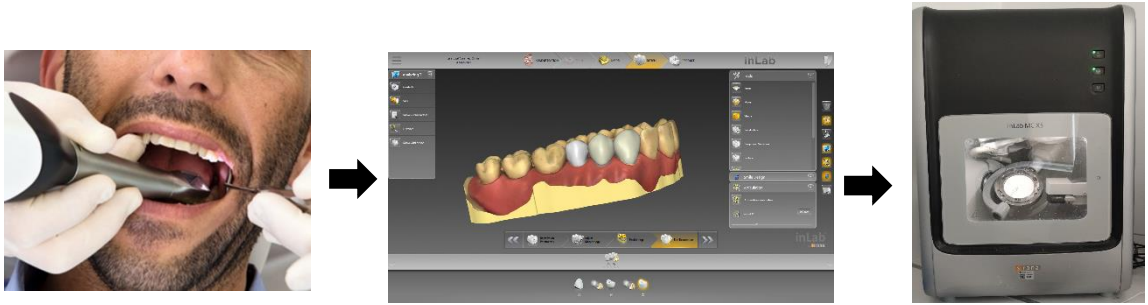
Bilgisayar destekli restorasyon üretiminde esas aşama bilgisayarın işleyebileceği şekilde dijital veriyi meydana getirmektir (Güth vd., 2013). Dijital sistemlerle veri toplanması işlemi; teknisyenin aktif olduğu indirekt teknik ve hekimin aktif olduğu direkt teknik olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir (Almeida e Silva vd., 2014). İndirekt teknikte; laboratuvar tarayıcısı ile konvansiyonel silikon ölçülerden elde edilen alçı modeli veya doğrudan ölçüyü tarayarak elde edilen üç boyutlu dijital veriyi görüntülemekte ve bu aşamayı, bilgisayar destekli tasarım ve üretim prosedürleri izlemektedir. Direkt teknik; doğrudan ağızdan ölçü almayı sağlayan, konvansiyonel ölçü yöntemine gerek

kalmadan, konvansiyonel ölçü materyalleri kullanılmadan ayrıca ölçüde olabilecek hatalar elimine edilerek ölçü alma imkanı sağlayan yöntemdir (Ting-shu & Jian, 2015). Dijital verinin elde edildiği ve işlendiği aşamaya göre dijital iş akışı üç farklı konsept olarak ortaya çıkmıştır.

Tam Dijital İş Akışı. Tam dijital iş akışı konseptinde ağız içi tarayıcılar ile hasta ağızı taranarak direkt dijital veri elde edilir. Oluşturulan dijital veriler dijital ortamda kontrol edilir ve daha sonra bu veri üzerinden tasarım ve üretim aşamaları gerçekleştirilir. Bu tür iş akışının en önemli avantajı insan kaynaklı hataların en az düzeye indirgenmiş olmasıdır. Hekimin hasta ağızını tarayarak oluşturduğu dijital ölçü, teknisyen tarafından dijital ortamda tasarlanır ve restorasyon üretilir (Şekil 5). Bu yöntemle direkt dijitalizasyon adı da verilmektedir (Güth vd., 2013).

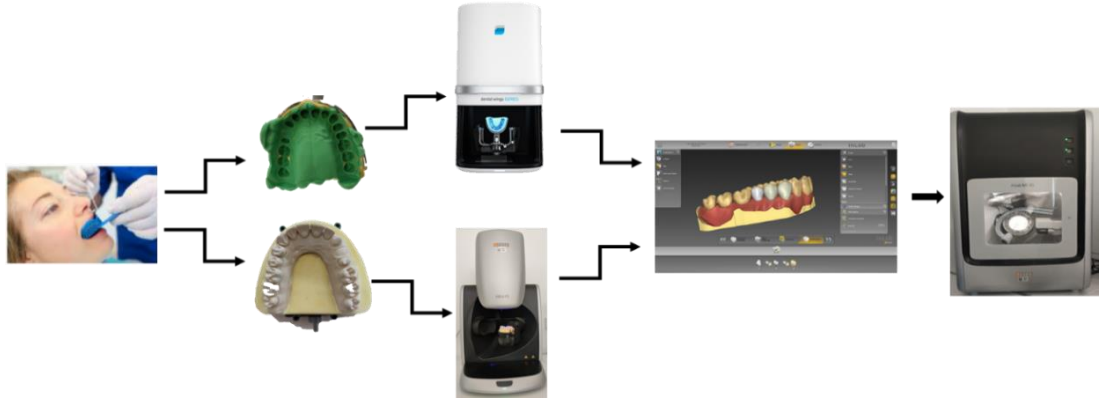
Şekil 5

Tam Dijital İş Akışı



Yarı Dijital İş Akışı. Yarı dijital iş akışında öncelikle konvansiyonel ölçü yöntemleri ile ölçü alındıktan sonra iki yöntemle dijital iş akışı yürütülebilir. Birinci yöntemde, dijital veri konvansiyonel ölçünün laboratuvar tarayıcısında taranması ile elde edilir. İkinci yöntemde ise dijital veri konvansiyonel ölçüden oluşturulan alçı modelin laboratuvar tarayıcısında taranması ile oluşturulur. Bu yöntemde, kullanılan konvansiyonel ölçü tekniği ile ölçünün laboratuvara aktarılma koşulları restorasyonun üretim sürecindeki hassasiyeti doğrudan etkileyebilir (Şekil 6). Bu yöntemle indirekt dijitalizasyon adı da verilmektedir (Güth vd., 2013).

Şekil 6

Yarı Dijital İş Akışı

Hızlı Dijital İş Akışı. Hızlı dijital iş akışı ise ağız içi tarayıcısının klinikte freze makinesi ile birlikte çalıştığı durumlarda yürütülen iş akışıdır. Diş hekimi ağız içi tarayıcısı ile elde ettiği dijital ölçüyü laboratuvara aktarır, CAD yazılımında restorasyonun tasarımı yapıldıktan sonra freze ünitesine gönderilerek üretimi yapılır (Şekil 7). Freze ünitesi aracılığı ile hazırlanan final restorasyonu aynı seansta hastaya teslim edilir.

Şekil 7

Hızlı Dijital İş Akışı

Ağız içi tarayıcıların üretilme amacı diş hekimleri için çalışırken kolaylık ve avantaj sağlamak olmasına rağmen bazı zorlukları ve hassas noktaları da bulunmaktadır. Laboratuvar tarayıcıları kesin ve sabit tarama yapmasına karşın, ağız içi tarayıcılarda taramayı yapan hekimin tecrübesi ve tarayıcının yönlendirilmesine bağlı olarak hassasiyet göstermesi ağız içi tarayıcıların en büyük problemi olarak sayılabilir. Bu bilgiye dayanarak, literatür incelemesi yapıldığında, özellikle ağız içi

dijital tarayıcıların hassasiyet ve doğruluk performansı ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Günümüzde ağız içi tarayıcıların bahsedilen sorunlarını ortadan kaldırmak ve klinik olarak daha başarılı restorasyonlar üretebilmek amacıyla tarayıcıların teknik özellikleri geliştirilmektedir (Ting-shu & Jian, 2015).

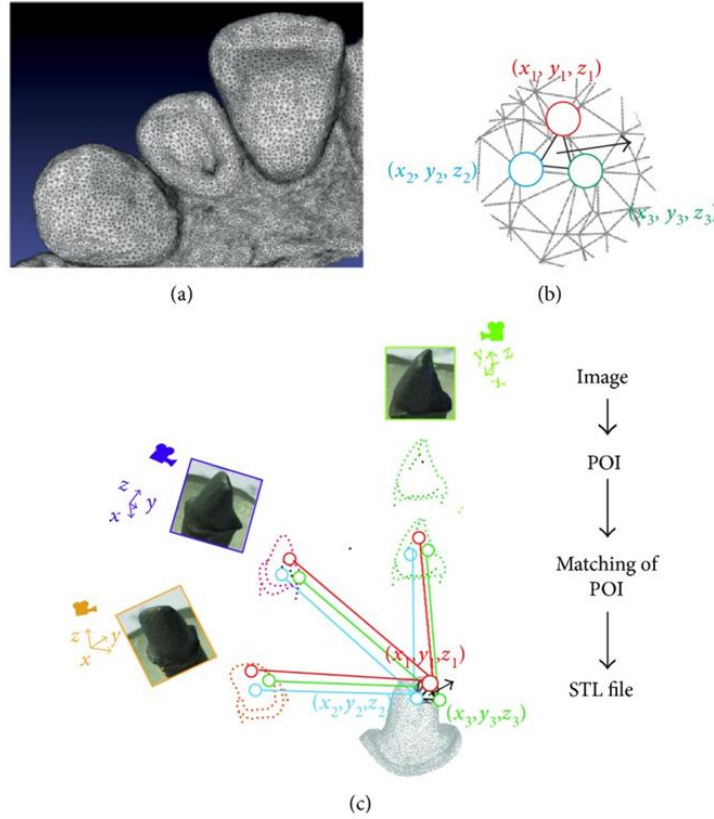
Ağız İçi Tarayıcılar. Kamera ve bilgisayar aracılığı ile hasta ağızını üç boyutlu dijital verilere dönüştürerek elde edilen verilerin işlenmesini ve iletilmesini sağlayan yazılımdan oluşan medikal cihazlara ağız içi tarayıcılar denir (Richert vd., 2017).

Ağız içi dijital tarayıcılar ile diş hekimi dişleri, dişlere komşu yumuşak dokuları ve implantları üç boyutlu olarak tarayarak oluşturduğu dijital modeli anında değerlendirebilir ve laboratuvarla eş zamanlı olarak iletişim sağlayabilir (Kapos & Evans, 2014; Strub vd., 2006).

Ağız içi tarayıcıların kullandığı kameralar, görüntüyü ışık yansımaları yöntemiyle oluştururlar. Işık yansımaları yönteminde, POI (points of interest – ilgi noktaları) tanınmasından sonra yazılım tarafından düzenlenir ve video ya da ayrı ayrı fotoğraf olarak kaydedilir. Görüntü üzerinde her noktanın ilk iki koordinatı (x ve y) değerlendirildikten sonra kamera ile üçüncü koordinat (z) hesaplanır (Şekil 8) (Richert vd., 2017).

Şekil 8

Ağız içi tarayıcı ile bir STL dosyasının oluşturulması. (a) STL dosyası örneği. (b) STL dosyasının her üçgeni, kartezyen koordinatlara (x , y ve z) sahip üç noktadan ve bir normal yüzeyden oluşur. (c) Yeniden yapılandırma teknolojisinin şematik gösterimi: her resim analiz edilir ve yazılım tarafından POI seçilir. Farklı görüntüler arasındaki benzerlik hesaplamasından sonra, çakışan POI eşleşmesi tanımlanır ve projeksiyon matrisi tarafından koordinatlı üçgenler oluşturulur (Richert vd., 2017)



CEREC Sirona Dental System GmbH (Almanya). CEREC 1 sistemi, 1987 yılında Duret sistemi ile birlikte ilk CAD/CAM cihazı ve ağız içi dijital ölçü olarak piyasaya sunulmuştur. Sistem “ışığın üçgenlenmesi” kavramı ile yani üç boyutlu alanda üç lineer ışık demetinin kesişiminin bir noktada odaklanması ile tasarlanmıştır (Mörmann, 2006). Taramanın doğruluğunu etkileyen faktörlerden biri de ışıktır. Bu nedenle ışık dağılımının düzensiz olduğu yüzeylerde tarama doğruluğunu arttırmak için titanyum dioksit opak tozu kullanılarak yüzey kaplamasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu şekilde ışık dağılımı düzenlenerek taramanın doğruluğu arttırılmaktadır (Martínez-Rus vd., 2011). Günümüzde CEREC 1 sistemi kullanılmamaktadır. CEREC 1 sisteminden zaman içerisinde farklı CEREC

sistemleri tanıtılmıştır (Birnbaum vd., 2009). CEREC 2 1994 yılında, CEREC 3 ise 2000 yılında piyasaya sürülmüştür. Geliştirilen bu sistemlerde dijital iş akışı geliştirilmeye çalışılarak görüntü kalitesi de artırılmaya çalışılmıştır. CEREC 3 sisteminde marjinleri belirleme ve algılama özellikleri iyileştirilmeye başlanmıştır. Bu gelişmeler ve yapılan çalışmalardan sonra, 2009 yılında 4. nesil olan CEREC AC Bluecam piyasaya sunulmuştur. Bu tarayıcı görüntüleri elde etmek için LED mavi diyottan yayılmış görünür mavi ışık kullanmaktadır. Bir dakika içinde dijital ölçünün bir çeyreğini ve birkaç saniye içinde ise antagonist çenenin ölçüsünü alabilmektedir. Daha sonra 2012 yılında CEREC AC Omnicam üretilmiştir (Mörmann, 2006). CEREC AC Omnicam tarayıcının görüntüleme tekniği, ardışık olarak veri elde etmenin üç boyutlu model oluşturduğu kesintisiz görüntüleme tekniğini kullanırken, Bluecam tarayıcı tek bir görüntü elde etme yöntemidir. Omnicam tek diş, çeyrek ya da tam arkın taranması amacıyla kullanılabilirken, Bluecam sadece tek bir dişin veya çeyrek arkın taranması amacıyla kullanılabilir. Omnicam'in göze çarpan en belirgin özellikleri arasında optik spreysiz tarama yapabilmesi ve doğal renkli hassas üç boyutlu görüntü oluşturabilmesi sayılabilmektedir (Birnbaum vd., 2009). CEREC sistemi, dijital ölçü verilerini Sirona tarafından desteklenen CEREC In-Lab ve CEREC MC gibi CAM cihazlarında çalışan özel biçimli dosya olarak dışa aktarabilen bir sistemdir (Ting-Shu, & Jian, 2015).

Dijital tarama sırasında, diş hekimi tarayıcı başlığını ve kamerayı taranmış alana doğru yönlendirir. Tarayıcı başlığı taranacak diştten birkaç milimetre uzakta tutulmalı ya da yüzeye hafifçe dokundurulmalıdır. Diş hekimlerinden, ardışık verileri üç boyutlu model olarak üretebilmek amacıyla tarayıcı başlığını dişlere tek bir yönde hafifçe kaydırmaları istenir. Bu şekilde yapılan kesintisiz tarama işlemi, taranan alanın belirgin bir derinliğini belirtebilir. Ayrıca, tarama gerektiği zaman kesintiye uğratılabilir ve tekrardan devam ettirilebilir. Yeni bir sistem olan titreşim algılama teknolojisi, görüntünün yalnızca hareketsiz ve kararlı olduğu anlarda üç boyutlu görüntülerin yakalanmasını sağlayarak taramayı yapan operatörün elinin titremesi durumunda oluşabilecek hatalı verileri engelleyebilmektedir (Galhano vd., 2012).

CEREC sistemlerinin en yenisi olan ve bu sistemi güncelleyen 2019 yılında tanıtılan Primescan tarama cihazıdır. CEREC sistemleri içerisinde hız performansı ve hassasiyeti en yüksek olan cihaz olarak tanıtılmıştır. Yirmi milimetreye kadar

ulaşabilen dinamik derinlik ve yüksek netlik sağlayabilen teknolojiye sahiptir (Şekil 9).

Şekil 9

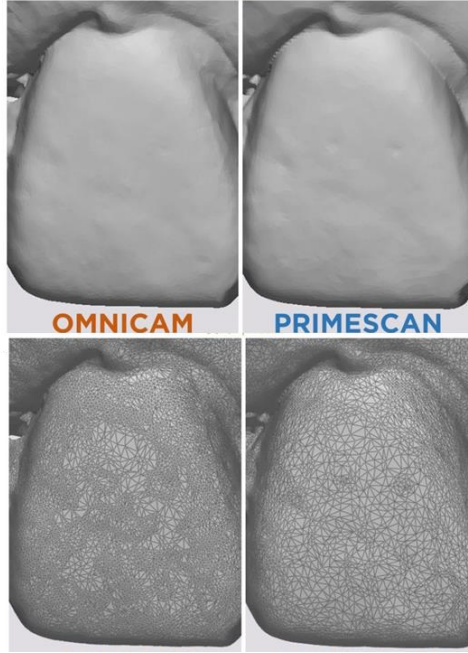
A- CEREC 1 Sistemi, B- CEREC 2 Sistemi, C- CEREC 3 Sistemi, D- CEREC Bluecam Sistemi E- CEREC AC Omnicam Sistemi, F- CEREC Primescan Sistemi



Primescan ile elde edilen görüntü kalitesinin, Omnicam'den çok daha iyi olduğu bildirilmiştir (Şekil 10). Bu tarayıcı mavi LED kullanmaktadır. Translüsens yüzeylerin ve tam arkların taranmasında başarılıdır. Tarama sırasında optik sprey kullanımına ihtiyaç yoktur. Bu tarayıcı ile renkli görüntü elde edilir (Bakıç vd., 2021). Sistemin yeni yazılım güncellemesi ile birlikte, anatomik artefaktların otomatik olarak silinebilmesi gibi yeni özellikler getirilmiştir. Bu yeni özellik sayesinde tarama sırasında istenmeden taranan yanak, dudak ve benzeri yumuşak doku görüntüleri sistem tarafından otomatik olarak silinmektedir (Tablo 1).

Şekil 10

CEREC Omnicam ve CEREC Primescan Sistemleriyle Alınan Tarama Görüntülerindeki Netlik ve Detay Farkı (Hsuan, 2019)



Trios (3SHAPE A/S, Danimarka). 3Shape ilk olarak Nikolaj Deichmann ve Tais Clausen tarafından Danimarka Teknik Üniversitesi ve Kopenhag İşletme Fakültesi'nde 2000 yılında tanıtılmıştır. İlk olarak işleme cihazı endüstrisi üzerinde yoğunlaşmışlardır. Üç boyutlu tarama teknolojisinin gösterdiği büyük potansiyel nedeniyle Nikolaj ve Tais işleme cihazı endüstrisindeki bu teknolojik gelişmeyi dental laboratuvarlarda kullanmayı düşünmüşlerdir. 3Shape 2004 yılında, teknoloji ile ilgilenen dental şirketlerin artan talepleri ile dental iş akışını analogtan dijitalle değiştirmek amacıyla çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Böylece 2005 yılında 3Shape, IDS Cologne'de ilk üç boyutlu dental tarayıcı ve CAD/CAM yazılımını piyasaya sürmüştür. İlerleyen senelerde şirket kullanıcılarını gelişim sürecine dahil ederek, ürünlerini geliştirerek yenilemeye devam etmiştir (Moldenhauer & Diessner, 2011).

3Shape firması tarafından günümüze kadar piyasaya sunulan Trios ağız içi tarayıcı cihazları çeşitlilik göstermektedir. Bazı cihazlar arasında, tutucu saplı format / kalem format, kablolu / kablosuz ve masaüstü model / bilgisayar sistemli model olmak üzere çeşitli farklılıklar görülmektedir.

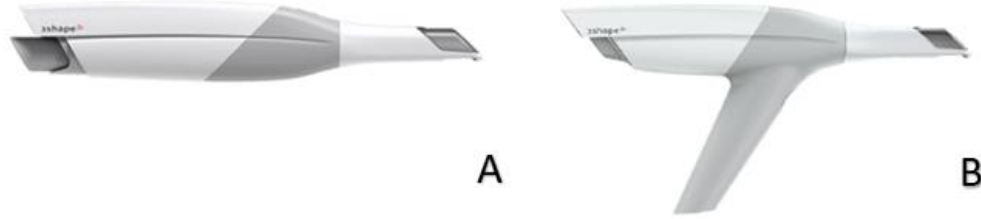
3Shape firması tarafından üretilen ilk ağız içi taramayı, Trios ismi ile 2010 yılında tanıtmış, 2011 yılında ise piyasaya sürülmüştür. Konfokal mikroskopi prensibi ile çalışan bu sistem çok hızlı optik kesit alabilme özelliğine sahiptir. Bu sistem taranan nesne ile tarayıcı arasında sabit bir uzaysal ilişki kurar. Sistem nesnenin taranması sırasında odak düzlemindeki değişimleri odak düzlemi konumlarının aralığı boyunca tanımlar. Tarayıcının saniyede 3000 imaja kadar tarama hızı özelliği tarayıcı başlığı ile taranan dişler arasındaki göreceli hareketlerin etkisini en aza indirir. Sistem oluşturulan çok sayıdaki görüntüyü analiz ederek, taranan dişlerin ve dişetin rengini yansıtacak şekilde dijital bir üç boyutlu model oluşturabilir. Bu tarayıcı tarama sırasında optik spreyci uygulanmasına ihtiyaç duymamaktadır (iTero digital impression system, 2007).

Tarayıcı başlığı direkt olarak dişlerin üzerinde veya dişlerin 2-3 cm uzağında tutularak tarama yapılabilir. Trios sistemi ile elde edilen dijital veriler özel dosya formatında veya STL formatında dışa aktarabilmeyi sağlayan açık bir sistemdir. Özel dosya formatında dışa aktarıldığı zaman sadece 3Shape sistemleri üzerinden restorasyon tasarımı ve üretimi yapılabilir. Fakat STL dosyası olarak dışa aktarıldığı zaman farklı CAD/CAM sistemleriyle çalışabilme şansı sağlamaktadır (Ting-Shu, & Jian, 2015). Dosya uzantısı .dcm'dir. Sistemin kendine ait kazıma cihazı bulunmadığından dosyalar evrensel formata çevrilerek dışa aktarılmaktadırlar. Bu cihaz kron, köprü, veneer, implant modülleri, bar ve ortodontik planlamada kullanılabilir (Mangano vd., 2017).

3Shape A/S tarafından üretilen Trios 3, 2015 yılında piyasaya sürülmüştür ve günümüzde tercih edilen tarayıcılardan biridir. Tutucu saplı ve kalem şeklinde olmak üzere iki model seçeneği bulunmaktadır (Şekil 11). 2017 yılında ise 3Shape kablosuz tarayıcıları tanıtmış (Mangano vd., 2017). Tarayıcı sistemi kurulumunda cart, move+ ve pod kısımlarını içermektedir (Şekil 12). Hızlı optik tarama özelliği 3000 tane iki boyutlu görüntüyü her saniyede fotoğraflar ve daha sonra 1000 tane üç boyutlu görüntü oluşturur. En dikkat çekici özellikleri arasında doğal dişe yakın renk göstergesi ve fotoğraf kalitesi yer almaktadır. Marjinlerin belirlenmesinde başarılıdır (Nedelcu vd., 2018b).

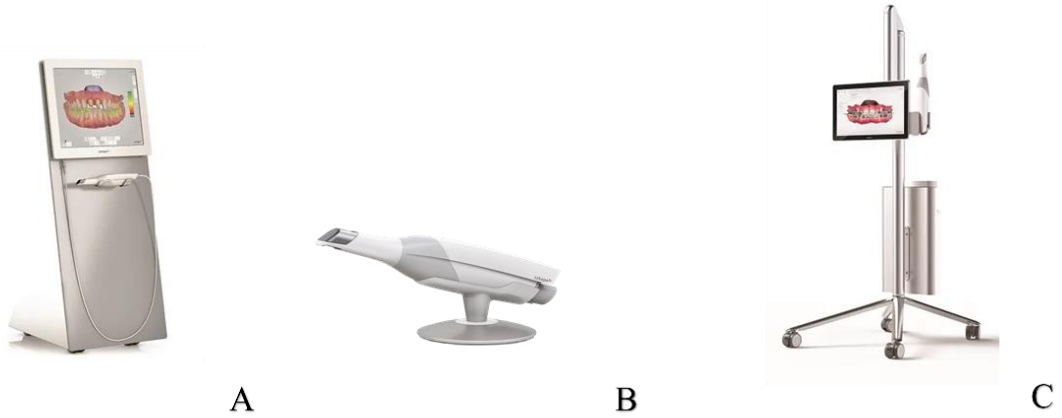
Şekil 11

A- Trios 3 Kalem Formu, B- Trios 3 Tutucu Saplı Formu



Şekil 12

A- Trios 3 Cart, B- Trios 3 Pod, C- Trios 3 Move+



Trios 4; Trios 3'e göre daha uzun batarya ömrüne sahiptir. Trios 4'ün kablolu ve kablosuz olacak şekilde iki seçeneği olup, sadece kalem formu bulunmaktadır. Yine Trios 3'den farklı olarak sistem kurulumunda Move+ ve Pod olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır (Şekil 13, 14). Trios 3 gibi kablosuz 45 dakika süreye kadar tarama yapabilmektedir. Tam ark taramaları ise 25 saniyede yapabilmektedir. Fakat bu sürenin uzunluğu taramayı yapan uygulayıcıya da bağlıdır. Bu cihaz tarama sırasında istenmeden taranan yumuşak doku görüntülerini göz ardı edebilmektedir. Görüntüleme özelliği transillüminasyon görüntüleme tekniğidir. Bu teknik kızılötesi

ışınları içerdiğinden gözle görülemeyen proksimal yüzeydeki çürüklerin teşhisine yardımcı olur (3Shape, 2019; Ahmad Al-Hassiny, 2019). Trios 4' ün kullanım alanları arasında inley, onley, tam ark sabit restorasyonlar, implant vakaları, ortodonti, gülüş tasarımı ve çürük teşhisi yer almaktadır. Bu tarayıcının en geliştirilmiş özelliği ve diğer tarayıcılardan farkı, interproksimal bölgedeki çürüklerin ve olası yüzey çürüklerinin dijital olarak teşhisinde başka bir tarama cihazına ihtiyaç duyulmamasıdır. Tarayıcının başka bir özelliği ise akıllı tarama başlığına sahip olmasıdır. Böylece tarama başlığı anında ısınıp saniyeler içinde taramaya hazır hale gelmektedir. Bu özellik cihazın pil ömrünü % 30 artırmaktadır (Al-Hassiny, 2020) (Tablo 1).

Şekil 13

Trios 4 Move+

Şekil 14

Trios 4 Pod

iTero (Cadent Ltd, İsrail). 2007 yılında Cadent şirketi (Carlstadt, NJ), tarafından piyasaya sürülmüştür. Paralel konfokal görüntüleme sistemini kullanan iTero sistemi, bu şekilde ağız içi dokularını optik ve lazer tarama yöntemi ile tarar (Garg, 2008). iTero sisteminde Element 1, Element 2 ve Element Flex tarayıcılar bulunmaktadır. Element Flex mobil olarak üretilmiştir. Bütün iTero cihazlarında oto kalibrasyon, hızlı tarama, hızlandırılmış görüntüleme özelliği ve network sistemi bulunmaktadır. Tarama sırasında diş yapısının 3 boyutlu görüntüsü 300 odak derinliğinde toplam 100,000 lazer ışığı aracılığı ile oluşturulur. Bu odak derinlik görüntüleri, kameranın diş yüzeylerinin kesin verilerinin oluşturulmasını sağlayarak

yaklaşık 50 µm seviyesinde ayrılır (Kachalia & Geissberger, 2010). iTero sistemi ile paralel konfokal tarama; dişlerin, ağızdaki tüm dokuların ve restorasyonların optik sprej kullanmaya gerek kalmadan görüntülerini elde edebilir (Galhano vd., 2012). Taramada beyaz ışık kullanılmaktadır. Bu ışık kırmızı, yeşil, mavi olacak şekilde 3 farklı lazer ışığından oluşmaktadır. Özel bir dosya sistemi olmasının yanında STL formatı ile dışa aktarım yapılabilmektedir (Medina-Sotomayor vd., 2019). iTero sistemin en son tanıtılan modeli iTero Element 5D'dir. Bu tarayıcı NIRI (Near infrared imaging) teknolojisine sahiptir. NIRI teknolojisi ile tarama sırasında özellikle proksimal bölgede bulunan çürükleri tespit edebilmektedir (Şekil 15) (Bakiç vd., 2021) (Tablo 1).

Şekil 15

A- iTero Element, B- iTero Element 2, C- iTero Element Flex, D- iTero Element 5D



Lava C.O.S. (3m Espe, A.B.D). Lava C.O.S. (Lava Chairside Oral Scanner, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) 2008 yılında piyasaya sürülmüştür. Tarama sırasında mavi lazer kullanılmaktadır (Boeddinghaus vd., 2015). Dokunmatik ekrana sahip mobil ana bilgisayar ile çalışan bu tarayıcının ışık kaynağı olan mavi lazer ışık titreşerek gönderilir (Galhano vd., 2012). Taramaya başlanmadan önce dişlerin yüzeyine optik spreji uygulanmasını gerektirir (Birnbaum vd., 2009). Nesne noktalarının düzlem dışı koordinatlarının örnekleme ve değişik pozisyonlarda devamlı imaj varyasyonları yaratarak üç boyutlu bir hareketin kaydı sonucunda model oluşturur (Aktif Dalga Boyu Örnekleme) (Boeddinghaus vd., 2015). Her taramada 10.000'den fazla veri noktası bulunur ve saniyede yirmi adet üç boyutlu imaj yakalanabilir. Firmaya ait özel bir dosya uzantısı veya STL formatında dışa

aktarım yapılabilir. Kendisine ait kazıma ünitesi bulunmaktadır (Şekil 16) (Medina-Sotomayor vd., 2019) (Tablo 1).

Şekil 16

Lava C.O.S. Ağız İçi Tarayıcı



True Definition (Midmark Corp, A.B.D). True Definition, 3 tane stereo kamera ile çalışmaktadır. Bu kameralar optik yol içerisinde bulunan mercekler ve aynalar aracılığıyla nesnenin derinliğini ve üç boyutlu görüntüsünü oluşturur. Firma kendi sitesinde yazılım programı, sınırsız tarama ve bulut hizmetini ücretsiz olarak verdiğini belirtmektedir (Yun vd., 2017). Aktif dalga cephesi örnekleme teknolojisini kullanan bu sistem, mavi LED ışık ile tarama yapmaktadır (Zimmermann, 2017).

Tarayıcı taşınabilir bilgisayarla birlikte kullanılmaktadır. Tarayıcı başlığı kablo ile bilgisayara bağlanmaktadır. Başlığın küçük ve hafif olması hasta konforunu arttırmaktadır. Başlık kompakt bir yapıya sahiptir. Optik sprey kullanımına ihtiyaç olmasına rağmen tarayıcı başarılı sonuçlar elde etmektedir (Hack vd., 2015) (Tablo 1).

Medit i500 (Medit, Seoul, Kore). Medit i500 sistemleri aktif triangulasyon teknolojisini kullanır. Geleneksel ölçülerin kaşıktan taranması, manuel veya otomatik marjin oluşturma, oklüzyon analizi ve abutment tarama gibi özellikleri bulunmaktadır. Tarama sırasında optik sprey kullanmaya ihtiyaç yoktur. Bu cihaz üç farklı lazer ışınıyla tarama yapmaktadır (Dutton vd., 2020). Projektörden yayılan

ışık, iki stereo vizyon ağız içi tarayıcı tarafından görüntülenmektedir. Optik mercek teknolojisi daha kompakt bir başlık elde edilmesini sağlar (Kim vd., 2019) (Şekil 17) (Tablo 1).

Şekil 17

Medit i500 Ağız İçi Tarayıcı



E4D (D4d Technologies, Llc, ABD). D4D Technologies LLC (Richardson, TX) tarafından 2008 yılının başında tanıtılmıştır. Optik Koherens Tomografi (OCT) teknolojisini kullanmaktadır. Tarama sırasında optik spreye ihtiyaç duyulmaz. Kırmızı lazeri ışık kaynağı olarak kullanır. Ayrıca mikro aynalar saniyede 20.000 devir titreşir. Etkili bir üç boyutlu görüntü elde etmek amacıyla E4D tarayıcısının yüksek hızlı lazeri bulunmaktadır. Ayrıca bu yüksek hızlı lazer dişlerin dijital bir ölçüsünü formüle eder. Bu tarayıcı, lazer teknolojisi ile her açıdan görüntüleri yakalayabilmektedir (Birnbaum vd., 2009). Nesne üzerinde tek bir pozisyonda görüntülenen bir dizi lazer segmenti, aynı örneğin pozisyonunu kullanarak iki veya çoklu üç boyutlu haritalar arasında geçiş yapar (Logozzo vd., 2011). Tasarım merkezi olan bir bilgisayar ve monitör, lazer tarayıcı başlığı ve ayrı bir freze ünitesi içerir (Birnbaum vd., 2009). Bu sistemler kısmen CEREC teknolojisini içerse de daha sonra Planmeca bu sistemleri Planscan-E4D Teknolojisi ve PlanMill-E4D Teknolojisi olarak piyasaya sürmüştür (Park & Shim, 2019).

Diğer sistemlerden farklı olarak oklüzal ilişki kaydı ağız kapalı durumdayken bukkal taraftan taranmasıyla elde edilemez ve kapanış alınması ağıza uygulanan

kayıt materyali ile alınır. Tarayıcının ağıza yerleştirilen kayıt materyallerini taraması ile kapanış dijital ortama aktarılır (Birnbaum vd., 2009) (Şekil 18) (Tablo 1).

Şekil 18

E4D Tarayıcı Sistemi ve Kazıyıcısı



Emerald (Planmeca, Finlandiya). 2017 yılında lazer tarayıcıları tanıtmışlardır. Sistemin Emerald, Emerald S ve PlanScan olmak üzere 3 tarayıcısı bulunmaktadır. Bu tarayıcıların kron, köprü, veneer, inley, onley, bölge tarama, tam ark tarama, ölçü ve model gibi özellikleri mevcuttur. En güncel modeli Emerald S'dir. Kullanılabilirlik, tanılama özelliği ve tarama hızı özellikleri Emerald modeline göre daha iyidir. Triangulasyon tarama yöntemi ile çalışan bu tarayıcı, tarama sırasında optik spreye ihtiyaç duymamaktadır ve mavi, yeşil, kırmızı renklerde lazer teknolojisi ile renkli imajları birleştirir (Planmeca Oy, Finland, 2019a). Kullanım yerine göre ergonomik ve hafif olmak üzere iki tip başlık mevcuttur. Bu sisteme ait diğer bir tarayıcı olan PlanScan; konfokal mikroskopi teknolojisi ile kullanarak mavi lazer kullanarak tarama yapar (Rotar vd., 2019b). Kron, köprü, inley, onley ve veneer yapımında kullanılabilir. Bunun yanında KIBT (Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi) ile senkronize olarak rehber model hazırlanmasında da kullanılabilir. Her bölge için ayrı olarak tasarlanmış dört farklı tarama başlığı bulunmaktadır (Planmeca Oy, Finland, 2019; Mangano vd., 2019).

Emerald sistemlerinin kendine ait freze ünitesi vardır. Dosya uzantısı olarak STL ve PLY formatları kullanılmaktadır (Planmeca Oy, Finland, 2019a). Bu sistem

açıktır; ve bu durum ücretsiz STL'in içe ve dışa aktarmasına izin verdiği anlamına gelir (Hack vd., 2015) (Tablo 1).

Dental Wings® (Kanada). 2015 yılında Kanada'da ortaya çıkan Dwiio tarayıcı çoklu LED ışık ile videolama yöntemini kullanmaktadır (Nedelcu vd., 2018b). Tarama ekranında monokrom renk gösterir. 5 aşamada tarama yapmaktadır. En önemli özelliği hafif ve küçük bir tarama başlığına sahip olmasıdır. Başlangıçta tarama sırasında optik sprej kullanımına ihtiyaç duyan cihaz daha sonra geliştirilen yeni modellerde bu sorunu çözmüştür. Tarayıcı çok hızlıdır, ancak renkleri göstermez. Dosya uzantısı .xorder ve STL formatındadır. Evrensel bir formata sahip olması açık kaynaklı bir kullanım sağlar. Kron, köprü, veneer, inley, onley, parsiyel protez ve cerrahi rehber modellerinin oluşturulmasında kullanılabilir (Mangano vd., 2019).

Daha sonra 2019 yılında Virtuo Vivo piyasaya sürülmüştür. Hafif ve ergonomik bir yapıya sahiptir. Tarayıcı başlıklarının 250 kez steril edilebilme özelliği bulunmaktadır. Gerçekçi renklerde tarama özelliği bulunmaktadır. Tarama esnasında sesle ve el hareketleri ile bilgisayara komut verilebilmektedir. Tarama esnasında optik sprej kullanımına gerek yoktur. Dosya uzantısı STL'dir. Kron, kısa köprü, inley, onley, veneer ve implant üstü protezlerde kullanılabilir (Logozzo vd., 2011) (Tablo 1).

CS 3500®- CS 3600®- CS 3700® (Carestream, A.B.D). CS 3500 tarayıcı fotoğraf tabanlı, CS 3600 tarayıcı ise video tabanlı tarama yapmaktadır (Park vd., 2019). CS 3600'da LED ışık tarayıcısı hızlı taramayı akıllı eşleştirme sistemi ile yapmaktadır. Bu sistem kesintisiz şekilde resimleri birbirine geçirir ve bir imaj yaratır. Tarama sırasında optik sprej ihtiyacı duyulmaz ve renkli tarama yapma özelliğine sahiptir. Triangulasyon yöntemi ve saçak görüntüleme tekniği ile yüzeyin görüntüsü alınır (Kim vd., 2019; Mangano vd., 2019; Wong & Fan, 2019). Bu sistemler tek kron, inley, onley ve veneer üretiminde kullanılabilirler. Dosya uzantıları .csz'dir. Tasarım Carestream CAD kullanılarak yapılabilmektedir (Mangano vd., 2019).

Carestream firmasının en son çıkardığı ağız içi tarayıcısı CS3700 önceki sürümüne kıyasla % 20 daha hızlı tarama yapmaktadır. Firmanın iddiasına göre tam ark taramasını 30 saniyede tamamlayabilmektedir. Ayrıca akıllı tonlama özelliği ile

renk seçiminde kolaylık sağlamaktadır. Ağız içi tarayıcıları estetik restorasyonlarda diş rengini optik olarak belirleyebilmektedirler. Akıllı renk belirleme özelliği “çift yönlü yansıma dağılım fonksiyonu” ile sağlanmaktadır (Wong & Fan, 2012) (Tablo 1).

MIA3d™ (Densys3D Ltd, İsrail). MIA3d, Densys3D LTD (Migdal Ha'Emeq, İsrail) tarafından hazırlanan hasta başı kullanılan bir bilgisayar, ekran ve elle kullanılan küçük ağız içi kameradan oluşan bağımsız bir ünedir. 2007 yılında çıkarılan bu sistem, restoratif ve ortodontik tedavilerde kullanılabileceği öne sürülmüştür. Densys3D, Şubat 2012'de Midwinter Chicago Dental Show'da Amerikan pazarında MIA3d sistemini başlatmıştır. Tarama başlığı piyasadaki tarama başlıkları arasında en küçük ve en hafif olan tarama başlığıdır. Ayrıca en kolay uygulama yazılımına da sahiptir. Tarama için optik spreye ihtiyacı vardır. 30 µm boyutuna kadar tarama yapabilmektedir. Stereo (stereoskopik) fotogrametri (stereophotogrammetry) sistemi tabanlı ışık projeksiyonu kullanmaktadır. İki boyutlu görüntüler triangulasyon tekniği ile birleşerek üç boyutlu görüntü elde edilir. Bağlantı kablo ile sağlanır. Elde edilen dijital modeller .ascii formatı ile dışa aktarılabilir (Logozzo vd., 2011) (Tablo 1).

AADVA® (GC, U.K). GC grup tarafından “IOS 100P” ve “IOS 200” modelleri tanıtılmıştır. IOS 100P modeli mobil versiyonudur. Konfokal mikroskopi ile birlikte yapılandırılmış görüntüleme teknolojisini de kullanmaktadır (Kim vd., 2018). Bu sistemin renkli görüntü verme özelliği bulunmamaktadır. Tarama sırasında optik spre kullanma gereksinimi bulunmamaktadır. Açık sistemler olduklarından, STL formatında dışa aktarım yapabilmektedirler. Bu sistemlerin kendilerine ait freze merkezi bulunsa da hasta başında restorasyon üretimi yapamamaktadır. Merkeze internet ağı üzerinden restorasyon gönderilebilmektedir. 2019 yılında tanıtılan IOS 200 ise renkli tarama yapabilmektedir. Mobil olarak bir bilgisayara bağlanma özelliği olmadığından, sistemin kendine ait bilgisayar sistemi bulunmaktadır. Taramalar STL ve PLY olarak aktarılabilir. Her iki tarayıcının yazılımı kullanıcı dostudur (Zimmermann, 2017) (Tablo 1).

Tablo 1.

Ağız içi tarayıcıların özellikleri (Bakıç vd., 2021)

Tarayıcı	Çalışma Biçimi	Işık Kaynağı	Toz	Dosya Uzantısı	Görüntüleme Sistemi	Sisteme Ait Freze Üniti	Kablosuz Model	Çürük Belirleme
CEREC Omnicam*	Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi	Polarize olmayan beyaz LED ışık	Yok	.cs3, .sdt, .cdt, .idt	Video/çoklu imaj kaydı	Var	Yok	Yok
CEREC Bluecam	Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi	Polarize Mavi ışık	Yok	.cs3, .sdt, .cdt, .idt, .stl, .con	Multi İmaj, Yapılandırılmış Işık Görüntüleme	Var	Var	Yok
İOS Fastscan	Aktif Triangulasyon ve Schleimpflug Presnibi	Lazer	Var	.stl	3 İmaj Sistem	Yok	Yok	Yok
Mia3d	Stereo (Stereoskopik) Fotogrametri	Görünür Işık	Var	.ascii	2 İmaj	Yok	Yok	Yok
iTero Element	Paralel Konfokal Mikroskopi	Kırmızı Lazer ve Beyaz LED Emisyon	Yok	Özel yazılım, .stl	Multi imaj	Yok	Yok	Yok
Trios 3*	Konfokal Mikroskopi / 3 boyutlu video	Lazer ve LED Ref	Yok	.dcm, .stl	Multi İmaj, Yapılandırılmış Işık Görüntüleme	Yok	Yok	Yok
Trios 4*	Konfokal Mikroskopi / 3 boyutlu video	Kesin Data Yok	Yok	.dcm, .stl	Multi imaj	Yok	Yok	Var
E4D Nevo	OCT ve Konfokal Mikroskopi	Lazer	yok	.stl	Multi imaj	Var	Yok	Yok
Lava C.O.S.	Aktif Dalga Teknolojisi	Mavi ışık	Var	.stl	Video	Yok	Yok	Yok
Medit i500	Dual Kamera Optik Triangulasyon	Light	Yok	.stl, .obj, .ply	Stereo Vision,3 Boyutlu Hareketli Görüntüleme	Yok	Yok	Yok
CS 3600	Aktif Triangulasyon (Stream Projection)	LED, Amber, Mavi, Yeşil	Yok	.dcm, .ply, .stl	Yapılandırılmış Görüntüleme, Hızlı Video™ Görüntüleme,	Var	Yok	Yok
Emerald	Desen Yansıtma (Projected Pattern Triangulation)	Kırmızı, Yeşil, Mavi Lazer	Yok	.ply, .stl	Çoklu İmajlama	Var	Yok	Yok

Tablo 1 (Devamı).

Emerald S	Projected Pattern Triangulasyon	Kırmızı, Yeşil, Mavi Lazer	Yok	.ply, .stl	Çoklu İmajlama	Var	Yok	Var
Planscan	Konfokal Mikroskopi ile Uyumlu Tomografi	Mavi Lazer	Yok	.ply, .stl	Çoklu İmajlama, Video	Var	Yok	Yok
Dwio	Lazer Triangulasyon	LED	Var	.stl, .xorder	Video	Yok	Yok	Yok
CEREC Primescan*	Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi	Mavi LED	Yok	Kesin Data Yok	Kesin Data Yok	Var	Yok	Yok
iTero Element 5D	Paralel Konfokal Mikroskopi ve NIRI	Kırmızı Lazer ve Beyaz LED Emisyon	Yok	Özel yazılım, .stl	Multi İmaj	Yok	Yok	Var
True Definition	Aktif Dalga Teknolojisi	Mavi LED	Var	.stl	3 Resim Görüntüleme ve Video	Yok	Yok	Yok
CS 3700	Firmanın Son Patent Teknolojisi OCT	Kesin Data Yok	Yok	.ply, .stl	Kesin Data Yok	Var	Yok	Yok
İOS 100P	Konfokal Mikroskopi	Mavi ışık	Yok	.stl	Çoklu İmajlama	Merkezi üretim	Yok	Yok

*Çalışmada kullanılan tarayıcılar

Laboratuvar Tarayıcıları. Laboratuvar tarayıcılarının ağız içi tarayıcılar ile benzer çalışma prensipleri vardır. Bu prensipler; mavi LED tarayıcılar, beyaz LED tarayıcılar ve lazer tarayıcılarıdır. Yakın zamana kadar diş hekimliğinde evrensel olan beyaz LED tarayıcılar, tekrarlanabilirlik ve yüksek hızda tarama gibi avantajları bulunmaktadır. Bunların yanında iki boyutlu modda bir deseni başarılı şekilde yansıtılma özellikleri ve üç boyutlu koordinat verilerini lazer tarayıcılardan daha etkili okuma özellikleri vardır. Ancak dar ve derin alanlarda beyaz LED tarayıcılarda sıklıkla hatalar oluşarak taramada hassasiyet kaybı meydana gelmektedir (Jeon vd., 2015). Lazer tarayıcılar çizgi paterni kullanırlar, fakat yavaş tarama hızı, düşük tarama hassasiyeti ve büyük tarama hataları gibi dezavantajları vardır. Mavi LED tarayıcılar laboratuvar tarayıcılarında görülen bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla üretilmiştir. Mavi LED tarayıcıların, daha fazla tarama hassasiyeti ile daha

az hata gösterdiği bildirilmiştir. Kısa dalga boyuna sahip mavi ışık daha yüksek hassasiyet avantajı sağlamaktadır (Emir & Ayyıldız, 2019).

CEREC inEos X5. inEos X5, manuel veya otomatik olarak ölçünün ve modellerin tümünün veya bir kısmının taranması amacıyla kullanılabilir. Diş teknisyeni için yeni iş akışı konsepti esnekliği artırır. Bu şekilde laboratuvarın iş akışına uygun olarak tarama işlemi entegre edilebilir. Manuel tarama modu ile basit işlemlerde zaman kaybı engellenirken, tam otomatik tarama modunun özellikle detaylı işlemler açısından avantajları vardır. Bu avantajlar arasında çalışma süresinin kısalması ve kullanıcı tarafından uygulanan adımların azalması sayılabilir. Ayrıca, veri hacmi optimize edilir ve bir sonraki hesaplama modeli hızlandırılır. Tek kronu on saniyede, üç üyeli köprü restorasyonunu ise sadece 30 saniyede tarayarak dijitalize edebilir ve tek çeneyi bir dakikadan daha kısa bir zamanda tarayarak dijitalize edebilir.

Dijital desen projeksiyonuna dayanan tarama için tamamıyla yeni bir optik sistem kullanılır: 12 µm'den az doğrulukla geliştirilmiş doğruluk ve kameranın otomatik odaklaması, yüksek derecede hassasiyet gerektiren implant işlemleri gibi işler için de uygun olan yüksek kaliteli tarama verilerini garanti eder. Kameranın derinliği tanımlaması sebebiyle, inEos X5 damak kubbesi dahil tüm çeneyi tarayabilir ve bu durum model elde edilmesinde dijital bir yapı oluşturmayı mümkün hale getirir. CEREC inEos X5, akıllı tarama planlaması ve dönme kolu dahil olmak üzere yenilikçi bir beş eksenli teknoloji ile otomatik olarak tüm göstergelerle modelleri konumlandırır ve tarar. Bu da görüntüleme sürecini hızlandırmasının yanında görüntüleri standartlaştırır ve kullanıcı hatalarını ortadan kaldırır. Beş eksenli teknoloji ve otomatik odaklamayla iş akışı geliştirilmiş ve zamandan tasarruf sağlanmıştır. Cerec inEos X5 hem ölçü hem model tarayabilme özelliğine sahiptir (Logozzo vd., 2014) (Şekil 19).

Şekil 19

inEos X5 Laboratuvar Tarayıcısının Alçı Model ve Ölçü Tarama Özelliği



3Shape. 3Shape sistemi, laboratuvar tarayıcılarını “D ve E serisi” olarak isimlendirerek piyasaya sunmuştur.

-D500 Serisi: Kırmızı lazer ışık teknolojisi kullanılmaktadır. 2 adet kamerası bulunmaktadır ve bu kameralar 1.3 Megapiksel çözünürlüktedirler. Bu tarayıcı hem ölçü hem de alçı model taraması yapabilmektedir. Bu tarayıcının kron ve köprülerdeki hassasiyeti 10 μm 'dir. Alçı model üzerinde bulunan tek bir dayın taranması ortalama 55 saniye, 3 üyeli köprünün taranması ise yaklaşık 185 saniye sürmektedir (3Shape A/S 2014a).

-D700 Serisi: Bu seride D700 ve D710 olarak adlandırılan iki model bulunmaktadır. 1.3 Megapiksel çözünürlüğe sahip 2 tane kamerası olan iki modelin de kron ve köprülerdeki hassasiyeti 10 μm , implant barlarındaki hassasiyeti ise 12 μm 'dir. Bu tarayıcı kırmızı lazer ışık teknolojisi kullanılmaktadır. Bu tarayıcılar hem ölçü ve hem de alçı model taraması yapabilmektedir. Tek day tarama süresi yaklaşık 30 saniye olup, 3 üyeli köprü tarama süresi ise yaklaşık olarak 100 saniyedir. D710 serisinin D700 serisinden farkı çoklu day taraması yapabilme özelliğinin

bulunmasıdır. D700 ve D710 modelleri standart doku taramasının yanında tek renkli taramada yapabilmektedir (3Shape A/S., 2014).

-D800 Serisi: Seriyeye ait 2 model mevcuttur; D800 ve D810. Her iki model de orta-büyük laboratuvarlarda kullanılmak üzere tasarlanan cihazlardır. Beş Megapiksel çözünürlüğe sahip 2 adet kamerası bulunan bu tarayıcılar kırmızı lazer ışığı kullanmaktadırlar. Bu cihazların kron, köprü ve implant bar tarama hassasiyetleri sırasıyla 7µm ve 8µm'dir. Tarama süreleri D700 serisi ile aynıdır. Ayrıca hem model hem de ölçü taraması yapabilmektedirler. D810 modelinin çoklu day taraması özelliği bulunmaktadır. Her ikisi de renkli doku taraması yapabilmektedirler (3Shape A/S., 2014).

-D900 Serisi: Bu serinin modelleri D900 ve D900L olmak üzere iki tanedir. Beş Megapiksel çözünürlükte 4 tane kamerası bulunmaktadır. D800 serisi ile benzer hassasiyet değerleri bulunan bu tarayıcı mavi LED ışık teknolojisi kullanmaktadır. Renkli doku, ölçü ve alçı model taraması yapabilen bu cihazların tek day tarama süresi 19 saniye ve 3 üyeli köprü tarama süreleri ise 70 saniyedir. Elde edilen görüntüler renkli olarak oluşturulmaktadır (3Shape A/S., 2014).

-D1000 Serisi: Mavi ışık teknolojisi kullanmaktadır. Beş Megapiksel çözünürlükte 4 tane kamera bulunmaktadır. Alçı model ve renkli doku taraması yapabilmektedir. Ayrı day taraması yapmaya ihtiyaç duyulmamaktadır (3Shape, 2015).

-D2000 Serisi: Bu model mavi ışık teknolojisi kullanmaktadır. Beş Megapiksel çözünürlükte dört tane kamera bulunmaktadır. Alçı model ve renkli doku taraması yapabilmektedir. Ayrı day taraması yapmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. İçerisinde bulunan iki farklı bölüm sayesinde aynı anda iki farklı modeli tarayabilmektedir (3Shape, 2015).

3Shape sistemi laboratuvar tarayıcılarının diğer bir serisi 'E serisi' E1, E2, E3 ve E4 laboratuvar tarayıcılarını içermektedir. Tam ark ölçü ve model taraması yapabilen bu tarayıcılar iki tane 5.0 Megapiksel kameraya sahiptirler. Tarama hassasiyetleri sırasıyla E1: 10-12 µm, E2: 10-12 µm, E3: 7-10 µm, E4: 5-8 µm şeklindedir. Tarama süreleri geliştirilen her yeni model de azalan bu tarayıcılardan

firmanın en gelişmiş laboratuvar tarayıcısı olan E4’de önceki tarayıcı E3’e göre tarama hassasiyeti ve hızı iki katına çıkarılmıştır. Hem model hem de ölçü tarama özelliği bulunan bu laboratuvar tarayıcısı iki kat daha hızlı tarama özelliği ile tam ark model taramalarını 9 saniyede, tam ark ölçü taramalarını ise 45 saniyede yapabilmektedir. Kendi serisinde bulunan diğer tarayıcılarda 2 tane kamera mevcutken bu tarayıcı 4 adet kameraya sahiptir. Bu sayede dayları tek tek taramak yerine model üzerinde tarayabilmektedir (3Shape, 2018).

KaVo. Yarı veya tam otomatik laboratuvar tarayıcısı olan Arctica Scan (Kaltenbach &Voigt GmbH) triangulasyon prensibi ile çalışmaktadır. Hassasiyeti 20 µm, çözünürlüğünün ise 50 µm olduğu bildirilmiştir. Sistem tarama verilerini STL uzantılı dosya formatında elde etmektedir. Kamera, cihaz içerisinde taramayı yapan bölgenin köşesine sabitlenmiştir. Nesnenin üç boyutlu modellenmesi, ışık kaynağından çıkan fringe projeksiyonu ile ışık çizgilerinin bozulma miktarı ve şekline göre gerçekleştirilir. Farklı açılardan oluşturulan görüntüler sistemin bağlı bulunduğu yazılım aracılığıyla bir araya getirilmektedirler (KaVo Dental GmbH., 2012).

2017 yılında tanıtılan KaVo LS 3 laboratuvar tarayıcısı 4 µm doğrulukla 60 saniyeden az bir sürede tam ark model taramalarını yapabilmektedir. İnce detayları ve renkleri yakalayabilen optik bir sisteme sahiptir. DTX Studio tasarım programı ile uyumludur. X-ray ve optik kaynaklardan gelen 2 boyutlu ve 3 boyutlu verilerin tek bir yazılım kullanılarak yönetilmesine olanak tanır (Zenopa, 2018). 2021 yılında tanıtılan ve dünyanın en hızlı tarayıcısı olduğu idia edilen KaVo LS 100 tarayıcısı 10 saniyede renkli şekilde tam ark taraması yapabilmektedir. Mavi LED ışık teknolojisini kullanan bu tarayıcı 8 µm doğruluğa sahiptir. Açık sisteme sahip bu tarayıcı inley, onley, kron, köprü, custom abutment, hareketli bölümlü ve total protez üretiminde kullanılabilir (BLZ Dental, 2021).

DWOS. Dental Wings firması (Dental Wings, Montreal, Kanada), laboratuvar tarayıcılarını “DWOS 3, DWOS 7 ve DWOS i olarak üç farklı seri olarak piyasaya sürmüştür.

- **DWOS 3 Serisi:** Mavi ışık lazeri kullanan bu sistem, yüksek hızda ölçüm yapabilen bir kameraya ve renkli görüntü kaydı alabilen bir video kamerasına

sahiptir. Sabit restorasyonlarda 12 üyeye kadar alçı model taraması yapabilmektedir. 3 akslı bir tarayıcı olup model taraması da yapabilmektedir. Kron ve köprü restorasyonları, implant destekli protezler, tam protezler, hareketli bölümlü protez altyapıları, cerrahi plaklar ve oklüzal splintlerin üretilmesinde kullanılan alçı modeller taranabilmektedir. Tarama verileri STL uzantılı görüntü formatında elde edilmektedir. DWOS 3 Serisi 15 µm'lik ölçüm hassasiyetine sahiptir (DWOS, 2017).

-DWOS 7 Serisi: Mavi ışık lazeri kullanan bu sistem, renkli görüntü kaydı yapabilen bir video kameraya ve yüksek hızda ölçüm yapan iki tane kameraya sahiptir. 13 dakikada 30 üyeye kadar uzun sabit restorasyonların model taramasını yapabilmektedir. 5 akslı olan bu tarayıcı model ve ölçü taraması yapabilmektedir. İmplant destekli protezler, hareketli bölümlü protez altyapıları, kron ve köprü restorasyonları, oklüzal splintler, tam protezler ve cerrahi plakların üretimi için gereken alçı modellerin taramasında kullanılabilir. Sistemin içerisinde Sam SE artikülör (SAM Präzisionstechnik GmbH, Gauting, Almanya) mevcuttur. Tarama verileri STL uzantılı görüntü formatında elde edilmektedir. DWOS 7 Serisi 15 µm'lik ölçüm hassasiyeti bulunmaktadır (DWOS, 2017).

-DWOS i Serisi: Mavi ışık lazerini kullanan bu sistemin, renkli görüntü kaydı yapabilen bir video kamerası ve yüksek hızda ölçüm yapan iki tane kamerası bulunmaktadır. Ölçü taraması yapabilen bu 5 akslı tarayıcı ile, implant destekli protezler, kron ve köprü restorasyonları, tam protezler, hareketli bölümlü protez altyapıları, cerrahi plaklar ve oklüzal splintlerin üretimi için alınan ölçüler taranabilmektedir. Tarama verileri STL uzantılı görüntü formatında elde edilmektedir. DWOS i Serisi 15 µm'lik ölçüm hassasiyeti bulunmaktadır (DWOS, 2017).

Dijital Ölçü Yöntemlerinde Kullanılan Görüntüleme Teknikleri. Bir objenin dijital olarak ölçüsünün oluşturulabilmesi için, objenin yüzeyinin algılanması gerekmektedir. Bunun için kontakt ya da non-kontakt görüntüleme tekniklerinden bahsedilebilmektedir.

Ağız içi tarayıcılarla veya laboratuvar tarayıcıları ile CAD/CAM sistemlerde bilgisayar destekli tasarımın yapılabilmesi amacıyla gerekli olan dijital ölçüler elde edilir. Farklı çalışma prensibine sahip ağız içi tarayıcılardan bazıları tek kamera ile

dişlerin görüntüsünü elde ederken bazı tarayıcılar ise video kameralar ve bilgisayar yazılımları yardımıyla görüntü kaydı yapmaktadırlar. Laboratuvar tipi ağız dışı tarayıcılar da mekanik (kontak) ve optik (non-kontak) tarayıcılar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Laboratuvarlarda sıklıkla optik okuyuculu tarayıcılar kullanılmaktadır (Zimmermann vd., 2015).

Kontakt görüntüleme teknikleri. Dijital görüntüleme tekniklerinden biri kontakt görüntüleme yöntemidir. Yüzey topografisini dijitalize etmek için kalem ucuna benzer bir alıcının taranacak cismin yüzeyinde gezdirilmesi yöntemidir. Günümüzde gelişen non-kontakt (temassız) görüntüleme teknikleri sebebiyle kontakt görüntüleme teknikleri pek fazla tercih edilmemektedirler.

Non-kontakt (temassız) görüntüleme teknikleri. Ağız içi tarayıcılarda kullanılan görüntüleme tekniği temassız (non-kontakt) görüntüleme sistemleridir. Bunlar (Bakıç vd., 2021);

- A. Paralel Konfokal Lazer Tarama Yöntemi
- B. Triangulasyon Tarama Yöntemi
 - 1. Aktif Stereofotogrametri Yöntemi
 - 2. Scheimpflug Görüntü Prensibi ve Polarizasyon-Bölmeli Çoğullama Yöntemi
 - 3. Yapısal Işık ile Aktif Stereoskopik Görüş Yöntemi
- C. Optikal Koherans Tomografi Yöntemi (OCT)
- D. Aktif Dalga Cephesi Örneklendirilmesi Yöntemi (AWF)
- E. Akordeon Saçak İnterferometri Yöntemi (AFI)
- F. Yakın Kızılötesi (NIR) Görüntüleme Teknolojisi
- G. Yapısal Işık Görüntüleme (Structured-light 3D Surface İmaging)

A.Paralel Konfokal Lazer Tarama Yöntemi: Konfokal görüntüleme tekniğinde odak uzaklığı lensin objeye olan uzaklığına göre belirlenir. Seçilen derinliklerden odaklanmış ve odaklanmamış görüntülerin meydana gelmesini esas alan bir tekniktir (Richert vd., 2017). Konfokal teknik yüksek çözünürlükteki imajların derinlik kontrastını yaratmasıyla çalışır. Bir bölgeden başka bir bölgeye imajları kaydettikten sonra görüntüyü bilgisayar üzerinde oluşturur. Sistemde bir ışık kaynağından objenin üzerine floresan ışık düşürülür (Logozzo vd., 2014). Elde edilen görüntüler noktasal

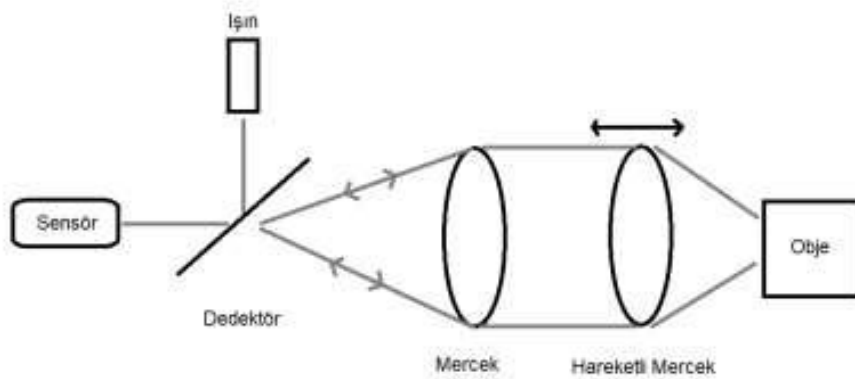
olup bilgisayar ile tekrar yapılandırılmaktadırlar. Bu teknik ile, opak olmayan modellerin iç görüntüsü, opak olan modellerin ise yüzey profili elde edilmektedir.

Paralel konfokal lazer tarama tekniğinde daha yavaş taramalar yapılmasıyla daha yüksek çözünürlükte ve daha iyi bir kontrastta sinyal-görüntü oranı sağlanır. Veriler, farklı odak düzlemlerinden, objektif lensi veya mikroskop kademesi düşürülerek veya yükseltilerek elde edilebilir. Bilgisayar, birbirini izleyen odak düzlemlerinden bu iki boyutlu görüntülerden oluşan yığını bir araya getirerek bir numunenin üç boyutlu bir görüntüsünü oluşturabilir (Pawley, 2006) (Şekil 20).

Bu optik teknolojileri kullanan tarama cihazlarına örnek olarak iTero, 3D Progress, Trios verilebilir (Pawley, 2006).

Şekil 20

Paralel Konfokal Lazer Tarama Yöntemi (Bakıç vd., 2021)



B.Triangulasyon Tarama Yöntemi: Bu sistem ile üç noktadan referans alınarak tarayıcı başlığının temas etmesine gerek kalmadan tarama yapılabilmektedir. Nesne, kamera ve obje arasında üçgensel yapı oluşturur. Yapısal ışık teknolojisiyle birlikte kullanılan bir sistemdir. Bu sistem nesnenin verdiği ve aldığı ışığa bağlı olarak aktif ya da pasif olarak ikiye ayrılır. Aktif triangular teknikte, bir lazer ışını nesneye yollanır ve yansımaları sağlanırken, pasif triangular teknikte ise nesneden gelen ışık iki kamera aracılığıyla görüntüye çevrilir (Logozzo vd., 2014).

Pasif teknik; çevresel yansımaların algılanmasına dayanan bir sistemdir, tarama cihazının yansıtma özelliği yoktur. Stereovision fotografik algoritmalarla yararlanır. Bu sistem açıları ve pozisyonları bilinen iki stereo görüntüyle meydana getirilir. Bilgisayar stereo kamera ve objenin meydana getirdiği üçgensel düzlem

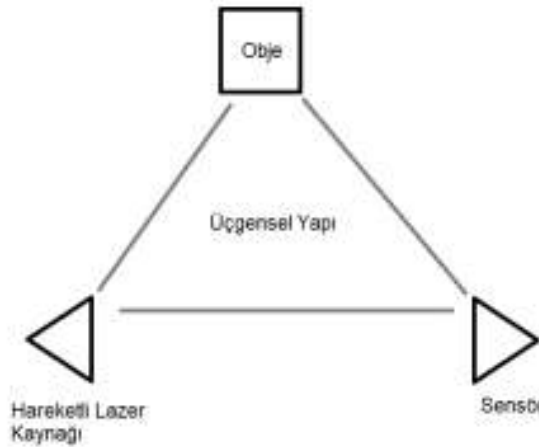
sayesinde derinlik algoritmasını kurar. Sadece kontrastın yüksek olduğu bölgelerde pasif üçgensel teknik yüksek doğruluk sağlar. Belirsizliğin olduğu durumlarda kamera sayısı artırılabilir (Logozzo vd., 2014).

Aktif teknik ile lazer kullanılarak üretilen ışık demeti ayna yardımı ile saptırılır ve hedef nesneye yansıtılır. Bu sistemlerde LED ışını lazer ışını yerine kullanılabilir. Pozisyona duyarlı fotoğraf dedektörü ve objektifden oluşan bir kamera, görüntünün konumunu belirlemek için obje üzerindeki lazer noktayı kullanır. Kameranın görüş alanıyla paralel hareket eden lazer ışını gönderildiğinde yüzeye yakınlığı objenin derinliğini belirler. Yüzeye gönderilen lazer noktanın hareketli olması nedeniyle bu teknik aktif üçgenleme olarak adlandırılmaktadır. Böylece kameralar ve lazer bir üçgensel yapıyı oluşturur (Logozzo vd., 2014) (Şekil 21).

Triangular Tarama Yöntemini kullanan cihazlar: CEREC, MIA3, BlueScan.

Şekil 21

Aktif Triangular Tarama Yöntemi (Bakıç vd., 2021)



1-Aktif Stereofotogrametri Yöntemi: Stereofotogrametri, stratejik olarak farklı konumlara yerleştirilen sensörler ve ışık yayıcı kaynaklar ile taranacak cismin üç boyutlu modelinin elde edilmesini sağlar. Her sensör farklı açılarda yerleştirilerek 360 derecelik görüntü sağlar. Bu sistemde görüntünün doğruluğu sensör sayısı arttıkça artar. Diğer teknolojilere kıyasla bu sistemin ucuz olmasının sebebi sadece sensörlerin kullanılmasıdır. Sadece sensörlerin kullanılmasının sonucunda bu

teknikte hareketlerin kaydının daha iyi alınması beklenir (Atieh, 2017; Pradiés vd., 2014; Richert vd., 2017).

2-Scheimpflug Görüntü Prensibi ve Polarizasyon-Bölmeli Çoğullama Yöntemi:

Bu sistem paralel olarak konumlanmayan iki merceğin bulunduğu durumlarda görüntü oluşturulması için kullanılır. Üç düzlemin tek noktada birleştiği durumlarda da net görüntü elde edebilmektedir. Polarizasyon-bölmeli çoğullama tekniği ile ağız içi kameralarda kullanılan bir tekniktir. Taranan bölgenin topografyası Scheimpflug prensibi aktif triangular ve polarizasyon bölmeli çoğullama tekniği kullanılarak meydana getirir (Atieh, 2017; Pradiés vd., 2014; Richert vd., 2017).

3-Yapısal Işık ile Aktif Stereoskopik Görüş Yöntemi: İnsanların görme

sistemlerinden esinlenerek teknoloji meydana gelmiştir. İnsanların gözleri gibi iki kamera aracılığı ile görüntü iki farklı açılardan taranarak oluşturulur. Görüntü sisteminin meydana getirilmesinde iki boyutlu resimlerden yararlanılır. Yapısal ışık teknolojisi ile görüntünün doğru koordinatları belirlenir. Objeye ve iki tane kamera arasında üçgenel düzlem oluşturulduğundan bahsedilen sistem triangular sistemler arasında yer alır (Atieh, 2017).

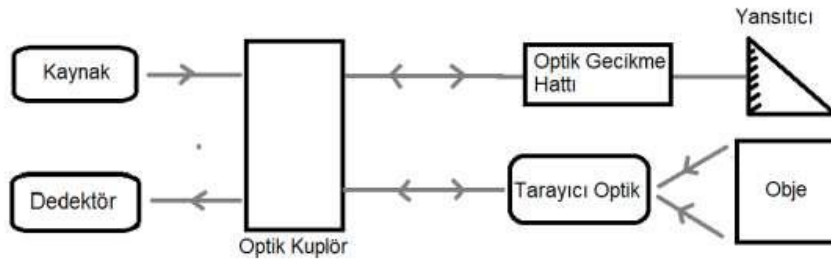
C.Optikal Koherans Tomografi Yöntemi: Bu yöntem interferometrik görüntüleme tekniğidir. Aynı fazdaki ışık dalgalarını kullanan bu yöntemde yayılan ışık fazları birbirleri arasından geçerek ilerlerler. Nesneden yansıyan ışın fazlarından algoritma meydana getirilir (Atieh, 2017). Optikal Koherans Tomografi tarayıcısındaki interferometre; geniş bant kaynak alanını, örnek alana ve referansa ayırır. Örnek alan, objektif lens ve tarama optiği yardımıyla derin doku yüzeyine odaklanır. Fotodetektörün yüzeyi doku yüzeyinin altına uzanan imaj alanı ile etkileşime girer.

Optikal Koherans Tomografi sistemi fiber optik kabloları içeren optik yollardan meydana gelir. İçerisinde; ışık kaynağı, bir alıcı, optik kuplör (ışın demeti ana hatları ayırıcısı), optik gecikme hattı ve reflektörden bulunmaktadır. İlk yolda, ışın demeti kaynaktan çıktıktan sonra kuplöre ulaşır ve ardından optik gecikme hattına (Optical Delay Line) buradan da reflektöre geçer. İkinci yolda ise, gelen imaj tekrar kuplöre döner, buradan alıcıya iletilir. İletilen ışın demeti referans ışın demeti olarak da isimlendirilebilir. Birinci ve ikinci fiber ışın demetleri optik kuplör içinde birleştikten sonra zamansal ve uzaysal yakınlıkları hesaplanır. Hesaplamanın

ardından bilgisayar üzerinde imajın algoritması oluşur (Şekil 22). E4D bu optik teknolojinin kullanıldığı tarama cihazlarından (Logozzo vd., 2014).

Şekil 22

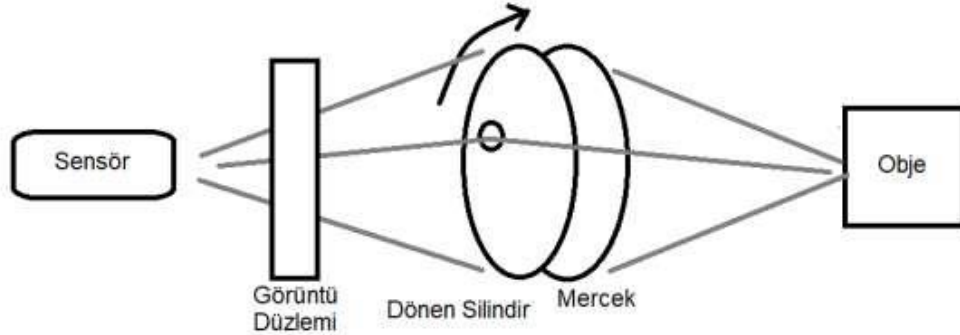
Optikal Koherans Tomografi Yöntemi (Bakıç vd., 2021)



D.Aktif Dalga Cephesi Örneklendirilmesi Yöntemi (AWF): Bu yöntem üç boyutlu yüzey görüntüleme tekniği olup bir aktif dalga cephesi örneklendirilmesi modülü ve tek bir kamera kullanmaktadır. Bu sistemin basit formunda sistemin aktif dalga cephesi örneklendirilmesi modülünü optik eksen çevresinde ışığın geçmesine izin veren ve dairesel yol çizerek hareket eden eksen dışı bir aralık oluşturmaktadır. Bu dairesel hareket hedef noktaların rotasyonunu görüntü planı üzerindeki bir dairede oluşturur. Her bir nokta ile oluşturulan dairesel nokta modelinin çapı kullanılarak hedef noktaların derinlik bilgisine ulaşılabilir. Lava C.O.S. bu optik teknolojinin kullanıldığı tarama cihazlarından biridir (Logozzo vd., 2014) (Şekil 23).

Şekil 23

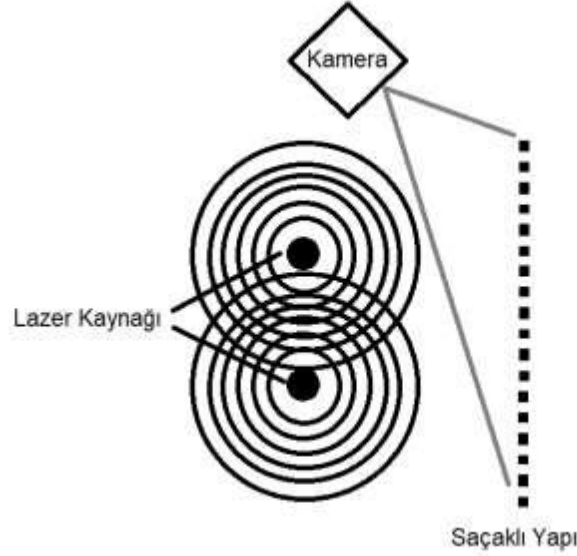
Aktif Dalga Cephesi Örneklendirilmesi Yöntemi (Bakıç vd., 2021)



E.Akordeon Saçak İnterferometri Yöntemi (AFI): Bu sistemler Akordeon Saçak İnterferometri (Accordion Fringe Interferometry) tekniğini kullanarak tarama yapmaktadırlar. Tarama sırasında lazer ışını iki kaynaktan saçılır ve bu saçılan ışınlar yüzeyde paralel çizgili bir yapı başka bir deyişle saçaklı bir yapı meydana getirirler. Daha sonra yüzeyde bulunan tüm düzlemlerin geometrisi kamera aracılığı ile elde edilir. Görünür ışık tarayıcılarından daha fazla avantaja sahip olan akordeon saçak interferometri teknolojisi ortamda bulunan ışığa daha az duyarlılık göstermektedir. Foto grafik sistemlere ihtiyaç duymadan yüzey geometrisi kaydı yapabildiği gibi ayrıca sonsuz projektör alan derinliği kaydı da yapabilmektedir. Kayıt sırasında optik sprej kullanımına gerek duyulmaz. Günümüzde bu sistemlerin dental alanda kullanımı bulunmamaktadır (Atieh, 2017) (Şekil 24).

Şekil 24

Saçaklı Yapı Her Paralel Çizginin Noktasal İfadesi, Akordeon Saçak İnterferometri Sistemi (Bakıç vd., 2021)



F.Yakın Kızılötesi (NIR) Görüntüleme Teknolojisi: Kızıl ötesi; insan gözü ile görülemeyen 700 nm üzeri dalga boylarına denir. Kızıl ötesi görüntüleme olarak adlandırılan yakın kızılötesi teknolojisini, yüksek dalga boyundaki ışınların doku üzerine geldiğinde oluşturduğu farklı enerji miktarını depolayarak bu enerjiyi kullanması esasına dayanarak geliştirilmiştir (Ten Bosch, 1987). Bu teknoloji ağız içi tarayıcıların eklentisi olarak dijital ortamda çürük teşhisinde kullanılmaktadır. Bu özellik son dönemde piyasaya sürülen yeni nesil ağız içi tarayıcılarda bulunmaktadır (Bakıç vd., 2021).

G.Yapısal Işık Görüntüleme (Structured-light 3D Surface Imaging): Yapısal ışık görüntüleme teknolojisi, görüntüleme yöntemlerine dahil edilmektedir. Düz olmayan yüzeylerin görüntüsünü x,y,z eksenlerinde elde edilmesinde kullanılır. Yüzeyde iki boyutlu paralel çizgiler içeren bir deseni bir projektörden yararlanarak oluşturur. Bu paralel yapı girintili bölgelerde bozulur. Kamera kullanarak elde edilen yapısal ışık bilgisayara gönderildikten sonra üç boyutlu algoritması elde edilir. Geliştirilmiş tekniklerde iki boyutlu yüzey desenleri görülebilir. Üç boyutlu görüntünün elde edilmesi için yapısal ışık tekniğinden triangular teknikte de yararlanılabilir (Geng, 2011; Mangano vd., 2019).

Tarayıcıların Dijital Olarak Kayıtları. Tarayıcılar ile taranan bölgenin dijital kopyası; renkli olarak PLY, renksiz olarak STL ve OBJ formatında veya geliştirici şirketin piyasaya sürdüğü özel formatta bilgisayara aktarılabilir. Tarama sonucunda elde edilen dijital modeller üzerinde yapılacak tasarım PLY ve STL formatlarında herhangi bir CAD sistemi kullanılarak yapılabilir (Mangano vd., 2019). Elde edilen dijital verinin saklanması ve iletilmesinde sıklıkla STL uzantılı dosya formatı kullanılır (Richert vd., 2017). Üzerinde tasarım yapılan modelin dosya uzantısının üretim yapacak kazıyıcı tarafından tanınması gerekir. Fakat bazı şirketlerin yazılım sistemlerinin kaynak kodu kapalı tutulmaktadır. Bunun sonucunda üretim tek bir cihazda yapılabilmektedir. Üç boyutlu tarayıcıların evrensel kayıt formatı PLY ve STL olarak bilinmektedir. Bu sebeple PLY veya STL formatlarından birini kullanan sistemlere “açık sistemler”, bu formatlardan birini kullanmayan sistemlere ise “kapalı sistemler” denilmektedir (Zimmermann vd., 2015).

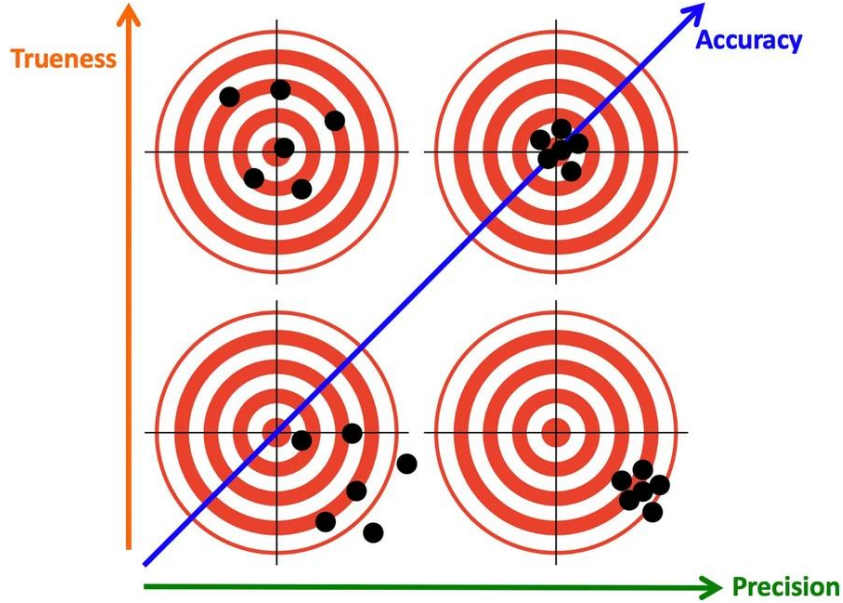
Taranan veri x,y,z düzlemlerini birleştirerek poligonal bir yapı ortaya koyar. Elde edilen poligonal yapının miktarı arttıkça niteliği de o kadar artar. Fakat bu yapının fazla olması yüksek işlem gücüne sahip bilgisayar gereksinimini artırmakta ve tarama süresinin uzamasına neden olmaktadır (Kim vd., 2018). Yavaş yapılan taramalar daha yüksek kontrast ve çözünürlük elde edilmesini sağlar. Bilgisayarda, tarama sonucunda art arda elde edilen videolar veya iki boyutlu fotoğraflar birleştirilerek üç boyutlu model oluşturulur. Taramada kullanılan tarayıcının teknolojisi, ayrıntıların kaydedilmesini ve derinliği doğrudan etkilemektedir (Bakıç vd., 2021).

Ağız İçi Tarayıcılarda Doğruluk ve Hassasiyet

Uluslararası Standart Organizasyonu'nun (ISO) 1994 yılında yaptığı tanıma göre “doğruluk (accuracy)”, “kesinlik (truness)” ve “hassasiyet (precision)”in birleşimini ifade etmektedir. Doğruluk; çok sayıda test sonucunun aritmetik ortalaması ile gerçek veya kabul edilen referans değeri arasındaki uyuşma yakınlığı olarak tanımlanmaktadır. Kesinlik ise; farklı test sonuçları arasındaki uyuşmanın yakınlığı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 25) (Sanda vd., 2021).

Şekil 25

ISO (1994) Tarafından Tanımlanan Doğruluk, Kesinlik ve Hassasiyet Arasındaki İlişkinin Kavramsal Görüntüsü. Hedefin Merkezi, Referans Verileri Tarafından Sağlanan "Gerçek Değeri" Temsil Eder. Siyah Noktalar, Tekrarlanan Ölçümlerle Elde Edilen Test Verilerini Temsil Eder (Sanda vd., 2021)



Ağız içi tarayıcıların doğruluğunu ve hassasiyetini etkileyen faktörler:

Çalışma prensibi: Her tarayıcı, tarama başlığının boyutunu ve ağırlığını etkileyen özel teknoloji ve tutucular içerir (Zimmermann vd., 2015). Örneğin, konfokal veya AWS gibi teknolojiler, büyük ölçüde hacimli bileşenler gerektiren donanımlara sahiptirler. Ancak yapılan çalışmalarda aynı teknolojiyi kullanan ağız içi tarayıcılar arasında klinik farklılıklar bildirilmiştir (Yüzbaşıoğlu vd., 2014).

Optik sprey: Dental dokular, mine kristalleri veya cilalı yüzeylerin ışık yansımaya sebep olmaları nedeniyle yazılım tarafından POI eşleşmesini bozabilecek birçok yansıtıcı yüzeye sahiptirler. Bunu önlemek için operatör, yansıyan ışığı önlemek için kameranın yönünü değiştirebilir. Bu sorunu çözmek için bazı sistemler tarafından kullanılan başka bir strateji, polarize filtreli kameralar kullanmaktır. Diğer tarayıcılar için ise, yansıtmayı azaltmak için tarama işlemi sırasında 20 - 40 µm optik sprey kullanmak gerekmektedir. Teorik olarak, toz kalınlığı operatörler arasında değişebilir ve tarama doğruluğunu azaltabilir (Burgner vd., 2013).

Tarama stratejisi: Tarama doğruluğunu artırmak için ağız içi tarayıcının başlığı belirli bir harekete göre kullanılmalıdır. Ağız sıvıları ile kontaminasyon ve diş ile tarayıcı başlığı arasındaki uygun mesafe korunmalıdır (Creodent, 2022). Her firma tarayıcılar için farklı tarama stratejisi sunmaktadır (Müller vd., 2016).

Mesh kalitesi: Ağız içi tarayıcıların yazılımı, değişen mesh yoğunluklarına sahip dosyalar oluşturabilirler. Bununla birlikte, yüksek hesaplama süresi nedeniyle tüm diş için yüksek mesh yoğunluğu önemli değildir. Morfolojik yapısı girintili-çukuntulu yüzeyler yoğun mesh kalitesi yani yüksek doğruluk sağlarken, düz yüzeyler daha az mesh kalitesi meydana getirmektedir. Ortaya çıkış profilini tam olarak takip etmek için çok sayıda triangular gerekliyken, az sayıda triangular ile marjinlerin düzenlenmesine yeterli olabilmektedir. Ağız içi tarama sırasında, dil veya çenenin hareketi sonucu periferik yumuşak dokuların yanlışlıkla taranmasına neden olabilecek hasta hareketliliğini kontrol etmek oldukça zordur (Taneva vd., 2015). Benzer şekilde, kan, tükürük veya diş eti oluşu sıvısının varlığı da taramanın doğruluğunu olumsuz şekilde etkileyebilmektedir (Aubreton vd., 2013).

Saçılma: Yansıtıcı yüzey nedeniyle saçılmayı önlemek için; kameranın oryantasyonu değiştirilerek dağılan ışık miktarının artırılabilir, polarize filtreye sahip kameralar kullanılabilir ve bazı tarayıcı sistemlerde optik sprey (20 – 40 µm boyutunda) kullanılmaktadır (Creodent, 2022).

Tarama hızı: Ağız içi tarayıcılar farklı tarama hızlarına sahiptir ve yeni nesil tarayıcılar genellikle eskilerinden daha hızlıdır. Tarama hızı sadece tarayıcıya değil, klinisyenin deneyimine bağlıdır (Creodent, 2022).

Tarama başlığı boyutu: Özellikle posterior bölgenin taranmasında tarayıcı başlığının boyutu önemlidir. Daha büyük başlığa sahip tarayıcılar posterior bölgelerde mükemmel tarama sağlar (Creodent, 2022).

Taranan dişin bölgesi ve morfolojisi: Yapılan bir çalışmada molar diş preparasyonun kesici diş preparasyonu taramasından daha doğru olduğunu bildirmiştir (Su & Sun, 2015).

Yayıma etkisi: Tarama aralığı arttıkça doğruluk ve hassasiyette azalma olduğu rapor edilmiştir. Mehl vd. (2009) tek diş taramasının kadrın taramasından daha doğru olduğunu bildirmişlerdir (Mehl vd., 2009).

Diş dizilimi: Yapılan bir çalışma dişlerdeki çapraşıklığın proksimal yüzeylerde ölçünün doğruluğunun azaldığını bildirmiştir (Anh vd., 2016). Başka bir çalışmada ise çene kavsinin dar, orta ya da geniş olmasının ölçünün doğruluğunu ve hassasiyetini etkilediğini bildirmişti. Bu çalışmaya göre kavsin genişliği arttıkça ölçünün doğruluğu ve hassasiyeti azalmaktadır (Gan vd., 2016).

Bu faktörler haricinde tasarım aşamasında özel formatta veya STL formatında kullanılan dosya tipi (Erozan & Ozan, 2020), basamak seviyesi (Son & Lee, 2021), taranan dişin ıslak, nemli veya kuru olup olmadığı (Chen vd., 2021), ortamın aydınlatma koşulları (Revilla-León vd., 2020), farklı optik sistemlerin kullanımı (Chen vd., 2021) ölçünün doğruluğunu ve hassasiyetini etkilemektedir.

Protetik Restorasyonların Marjinal ve İnternal Uyumu

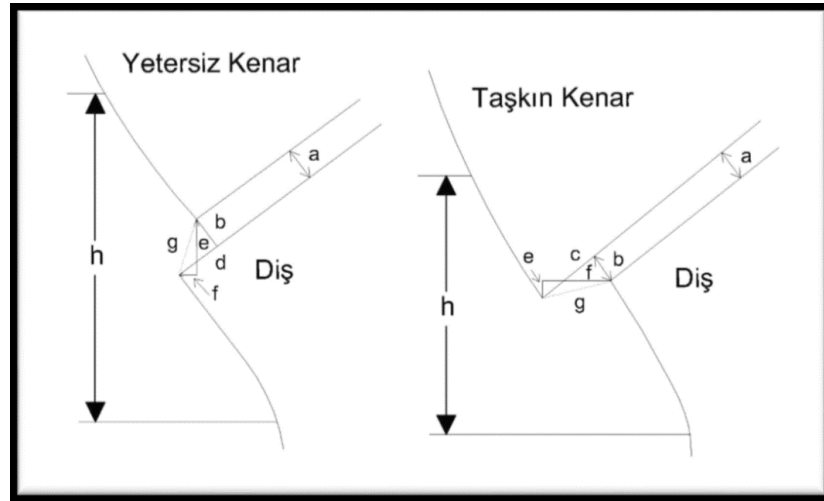
Protetik restorasyonlarda çevre dokuların prognozu ve restorasyonun uzun dönem başarısı bakımından marjinal ve internal uyum önem taşımaktadır. Yapılmış olan herhangi bir restorasyonun uyumundan söz edilirken o restorasyonun marjinal ve internal uyumundan bahsedilmektedir. İdeal marjinal aralığın sağlanması; sekonder çürük olma ihtimalinin daha az olmasını, daha az diş eti irritasyonunu ve uyumsuzluğa bağlı marjinde olan aralık sonucu olabilecek marjinal renklenme ihtimalini azaltacaktır. Ayrıca kronun mekanik özelliklerini artırarak dayanıklılığını da kuvvetlendirecektir (Abduo vd., 2010). Marjinlerdeki uyumsuzluklar gingival sulkustan sıvı akışına, plak birikimine, periodontal hastalıklara, kemik kaybına, sekonder çürüklere, marjinlerde sızıntıya, siman materyalinin çözünmesine sebep olurlar. (Jacobs & Windeler, 1991).

Restorasyonların uyumundan bahsederken kullanılan referans noktaları ve terminoloji, literatürde yapılan çalışmalar arasında değişkenlik göstermesinden dolayı konu ile ilgili karışıklığa neden olmaktadır. Bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak ve standardizasyon sağlamak amacıyla 1989 yılında Holmes vd. terminolojik bir açıklama gerektiğini savunarak bir çalışma yapmışlardır. Holmes vd. terimleri Şekil 26'deki gibi açıklamışlardır.

Şekil 26

Holmes vd. Yaptıkları Çalışmaya Göre Uyumsuzluk Terminolojisi

a. İnternal aralık b. Marjinal aralık c. Taşkın kenar d. Yetersiz kenar e. Vertikal marjinal açıklık f. Horizontal marjinal açıklık g. Mutlak marjinal açıklık h. Oturma uyumsuzluğu (Holmes vd., 1989)



Holmes vd., internal aralığı prepare edilmiş dişin aksiyel duvarı ile restorasyonun internal duvarı arasındaki mesafe, marjinal aralığı ise bu mesafenin marjinlerdeki ölçümü olarak tanımlamışlardır (Holmes ve ark. 1989). Ölçü ne kadar doğru alınırsa restorasyon ile dayanak dişin arasındaki aralık o kadar az, böylece marjinal ve internal uyum o kadar başarılı olacaktır (Fransson vd., 1985; Karlsson, 1993).

Her ne kadar marjinal uyum sabit protezlerin klinik başarısında önemli bir faktör olsa da, klinik olarak kabul edilebilir marjinal aralık değeri konusunda fikir birliği yoktur. Terminolojideki karmaşıklıktan biri de kabul edilebilir aralık değerinde yaşanmaktadır. Klinik olarak kabul edilebilir marjinal aralık değeri 120 µm olarak belirtilmiştir (McLean & von Fraunhofer, 1971). Ayrıca 60 - 120 µm arasında değişen marjinal aralık değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Abduo vd., 2010; Akın vd., 2015; Baig vd., 2010; Ben- İzhak vd., 2021; Ender vd., 2016; Syrek vd., 2010). Marjinal aralık değeri 120 µm'den daha fazla olan ve yetersiz marjinal uyumu olan restorasyonlar, simanın ağız ortamı ile temas etmesiyle ağız sıvıları ve kimyasal-mekanik kuvvetler etkisiyle daha hızlı çözünmesine sebep olmasıyla kısa ömürlü olmaktadır (Reich vd., 2008).

Kalın siman tabakası restorasyonun iç kısmında ve tabakalama ile yapılmış seramik kısmında çatlak oluşturabilecek gerilimlere sebep olabilir (Syrek vd., 2010).

Marjinal uyum uygun olsa da restorasyonla diş arasında mikroskobik bir aralık bulunur. Bu aralık siman ajanının çözünmesine sebep olabilir. Bu problemi minimum düzeye indirebilmek amacıyla restorasyonun preparasyona göre marjinal uyumunun mümkün olduğu kadar hassas bir şekilde uyumlanmalıdır. Diş preparasyonunun dizaynı, restorasyonun üretilmesinde kullanılan teknik ve materyal, internal uyumlama tekniği, simantasyon prosedürü ve mesleki tecrübe restorasyonun marjinal uyumunun ve minimum siman kalınlığının sağlanmasında etkili olan faktörler arasında sayılabilirler (Balkaya vd., 2005; Ushiwata & de Moraes, 2000).

Siman film kalınlığını etkileyen faktörler vardır. Bu faktörler arasında;

1. Restorasyonun preparasyon yapılmış diş ile olan uyumu,
2. Restorasyonun yerleştirilmesi sırasında uygulanan kuvvet
3. Restorasyonun yerleştirilmesi sırasında uygulanan kuvvetin şekli,
4. Restorasyonun oturmasını engelleyen veya simanın akışkanlığını sağlayan konfigürasyon varlığı sayılabilir (Anusavice, 2003).

Prepare edilen dişin proksimal duvarının eğim derecesi, kenar bitim şekli, simantasyon süresi, protezin oturacağı bölgenin geometrik şekli restorasyon ile preparasyonu yapılan dişin arasındaki uyumu etkileyen diğer önemli faktörlerdir (Alkumru vd., 1988).

Marjinal ve İnternal Uyumu Değerlendirme Yöntemleri. Restorasyon uyumu hem in-vitro hem de in-vivo olarak değerlendirilebilmektedir. İn-vivo incelemeler klinik sonuçları doğrudan yansıtabilir, ancak çiğneme dinamikleri, çevresel faktörler ve restorasyon geometrisi gibi parametreler sebebiyle sonuçların standardizasyonunun sağlanması zordur (Kaleli & Saraç, 2017). İn-vitro çalışmaların klinik araştırmaya yardımcı olabilmesi için, klinik koşulları mümkün olduğunca taklit etmesi ve sonuçları en az değişkenlerle kolay şekilde tekrarlanabilir şekilde olması gerekmektedir.

Çalışmadaki örnek sayısı, örnek başına yapılan ölçüm sayısı ve aralığın simantasyondan önce veya sonra ölçülmesi gibi faktörler sebebiyle elde edilen sonuçlar oldukça değişkendir. Ayrıca restorasyonun üretildiği materyalin ve üretim

şeklinin farklılığı restorasyon uyumunu etkileyen faktörlerdir (Martinez-Rus vd., 2011; Pera vd., 1994; Suarez vd., 2003).

Marjinal ve internal aralığın ölçülmesinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar;

Simantasyon Sonrası Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi. Çapraz kesit alma yöntemi üretilen restorasyonun model üzerinde değerlendirilmesinin yapılmasının ardından alçıya veya epoksiye gömülerek sabitlenmesini içerir. Daha sonra restorasyon, enine kesitleri incelemek amacıyla özel bir makine yardımı ile kesilir. Bu yöntem ile diş ile restorasyon arasında kalan boşluğu doğrudan ölçebildiğimiz için güvenilir sonuçlar elde edilir. Fakat ağız içindeki uyumu ölçemediğimizden dolayı ve üretilen restorasyonun kesilmesi gibi invaziv bir aşamayı içermesinden kaynaklı kullanımı popülerliğini kaybetmiştir. Dezavantajları arasında üç boyutlu değerlendirme yapmaya elverişli olmaması ve ölçümün çok fazla noktadan yapılamaması da sayılabilir (Kim vd., 2014).

Silikon Replikanın Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi. Silikon replika, birçok çalışmada kullanılan güvenilirliği ve doğruluğu kanıtlanmış bir yöntemdir. Bu yöntemde öncelikle restorasyonun içerisine akıcı kıvamlı silikon ölçü materyali uygulanmaktadır. Daha sonra restorasyon master model üzerine yerleştirilir. Böylece simantasyon işlemi simüle edilmiş ve siman kalınlığı replike edilmiş olacaktır. Silikon ölçü materyalinin sertleşmesinin ardından restorasyon dikkatlice ana model üzerinden uzaklaştırılmaktadır. Elde edilen replika ince bir yapıda olduğundan ve yeterli stabilizasyona sahip olmadığından ağır kıvamlı silikon ölçü materyali kullanılarak stabilizasyonu artırılır. Böylece bistüri ile kesilebilecek stabilizasyon sağlanır ve istenilen bölgeden kesit alınarak restorasyonun aralık değerlerinin ölçümü yapılabilir (Kim vd., 2014; Kocaağaoğlu vd., 2016; Nawafleh vd., 2013; Vojdani vd., 2016).

Silikon replika tekniği çeşitli noktalardan tekrarlanabilir doğru ölçümler yapılmasını sağlayan, maliyeti düşük, invaziv olmayan, restorasyonların marjinal ve internal uyumlarının incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Kim vd., 2013; Park vd., 2016). Bu teknik in-vivo çalışmalarda indirekt protetik restorasyonların değerlendirmelerinde de tercih edilmektedir. Literatürde silikon replika tekniğinde uygulanan parmak basıncının standardizasyonu sağlanamasa da, yerleştirme

kuvvetinin restorasyonların aralık değerleri üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (Quante vd., 2008). Ancak bu teknik birkaç limitasyona sahiptir. Elastomerik ölçü materyalinin restorasyondan uzaklaştırılması sırasında zarar görebilmesi, kron kenarlarının ve bitiş çizgisinin tanımlanmasındaki zorluklar, kesitlerin doğru alınmaması limitasyonlar arasında sayılabilmektedirler (Nawafleh vd., 2013). Buna ek olarak kullanılan ölçü materyalinin distorsiyonu hassasiyeti etkilemesinden dolayı materyalin boyutsal stabilitesi önemlidir. Ayrıca hafif kıvamlı ölçü materyalinin miktarı da ölçüme etki etmektedir. Restorasyonun iç kısmına fazla miktarda ölçü materyali uygulanması sonucu hidrostatik basınç ortaya çıkabilmekte bu da restorasyonun destek dişlere tam olarak oturmamasına neden olmaktadır (Boening vd., 2000; Reich vd., 2005).

Mikro Bilgisayarlı Tomografi. Bu yöntem marjinal ve internal aralığının ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Mikro-BT, destek diş veya alçı model zarar görmeden birçok noktadan tekrarlanabilen ölçümler yapmayı sağlayan, mikrometre (μm) aralığında piksel boyutuna sahip nesnelerin sanal olarak yeniden yapılandırılmasında kullanılan üç boyutlu görüntüleme tekniğidir. Literatürde mikro bilgisayarlı tomografi yönteminin kullanıldığı birçok araştırma ve değerlendirildiği sistematik derlemeler bulunmaktadır. Örnek boyutlarının küçük olduğu durumlarda mikro bilgisayarlı tomografiler kullanılabilir. Bu nedenle çok üyeli restorasyonların değerlendirilmesinde kullanımı sınırlıdır. Diğer dezavantajları arasında ise maliyetinin fazla olması ve ölçümlerin fazla zaman alması sayılabilmektedir (Contrepolis vd., 2013; Pimenta vd., 2015; Seo vd., 2009).

Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi. Son yıllarda, kullanılan ölçüm yöntemlerinin sınırlamaları sebebiyle yeni bir ölçüm yöntemi olan bilgisayar yardımı ile üç boyutlu ölçüm yöntemleri denenmiştir. İlk olarak Luthardt vd. (2004) tarafından ortaya koyulan bu yeni üç boyutlu değerlendirme yöntemi ile hem daha kolay ölçüm yapılabilmekte hem de restorasyon ya da alçı modele zarar verilmemektedir. Bu yöntem dayanağın tüm yüzey morfolojisini belirleyebilir ve bu sebeple internal aralık dağılımını tam olarak yansıtabilir (Liu vd., 2018; Luthardt vd., 2004). Daha önce yapılan çalışmalarda da bu yöntemin doğruluğu ve güvenilirliği bildirilmiştir (Kim vd., 2014; Luthardt vd., 2003). Bu yöntem ile tek bir

restorasyonun uyumunu değerlendirirken 30.000 noktadan ölçüm yapılabildiği bildirilmiştir (Moldovan vd., 2011).

BÖLÜM III

Yöntem

Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışma gruplarının oluşturulması, verilerin toplanması, verilerin toplanmasında kullanılan araçlar, elde edilen verilerin analizi ve çalışma planına yer verilmektedir. Bu çalışmanın model hazırlığı Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Kliniği'nde yapılmış olup, taramalar DentX Zeytinlik Diş Kliniği, Erozan Diş Kliniği, Temelci Diş Kliniği, Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Laboratuvarı ve Euro Opal Dental Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Üretim aşaması Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ölçümler Doğu Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyolojik Bilimler Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışma Modelinin Hazırlanması

Çalışmada alt ve üst çene tyodont fantom çene modelleri (AG-3 WOK, Frasaco, Tettnang, Almanya) ana model olarak kullanılmıştır. 24 numaralı diş eksik olacak şekilde 23 ve 25 numaralı dişler 3 üyeli monolitik zirkonya restorasyon yapılması için prepare edilmiştir (Şekil 27). Sol birinci premolar dişin eksik olduğu bölgede diş çekimi sonrası kret iyileşmesini taklit etmek amacı ile boşluk, silikon ölçü materyali ile doldurulmuştur. Dişler 1.5 mm oklüzal redüksiyon, 1 mm aksiyal redüksiyon, 360° 1 mm derinlikte shoulder marjinal kenar ve yuvarlak internal açılı oluşturulmaya çalışılarak prepare edilmiştir (Şekil 28). Preparasyon tamamlandıktan sonra ağız içi tarayıcı ile preparasyon kontrolü yapılmıştır. Giriş yoluna uygun olmayan andırkat alanları düzeltilip tekrar kontrol edilmiştir (Şekil 29).

Şekil 27

Çalışmada Kullanılan Typodont Frasaco Ana Model ve Preparasyonlar



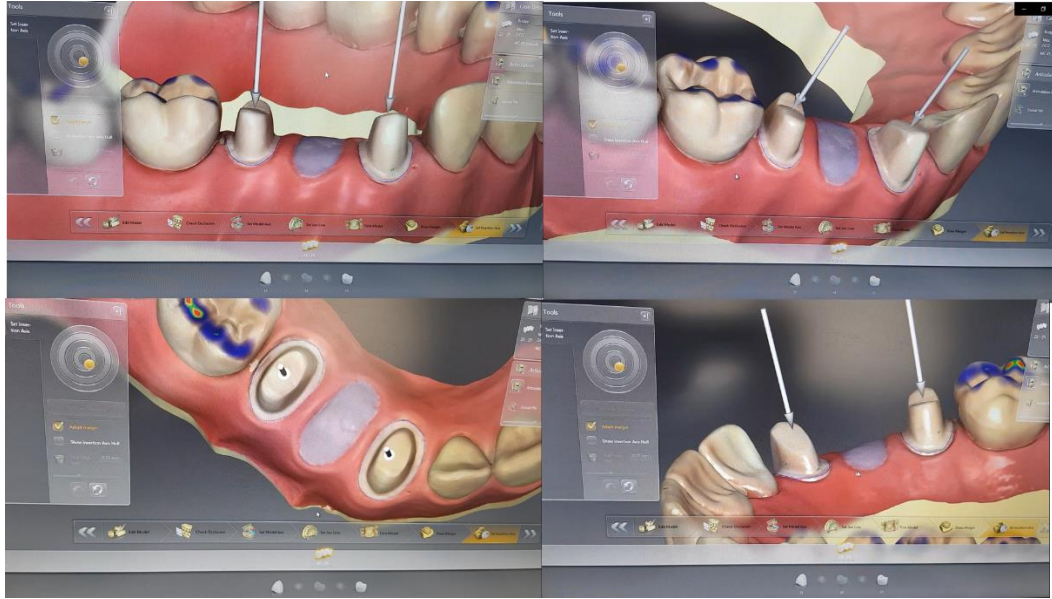
Preparasyon sırasında, siyah, kırmızı ve sarı chamfer frezler (881H-FG- 806 314 141 544 super coarse, 881F-FG- 806 314 141 514 fine, 881C-FG- 806 314 141 504 extra fine, Hager & Meisinger, Almanya) kullanılmıştır. Tüm frezler 1 mm genişliğinde seçilerek basamak genişliği 1 mm olarak standardize edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 28

Preparasyonların Bukkal, Palatinal ve Oklüzal Görüntüleri

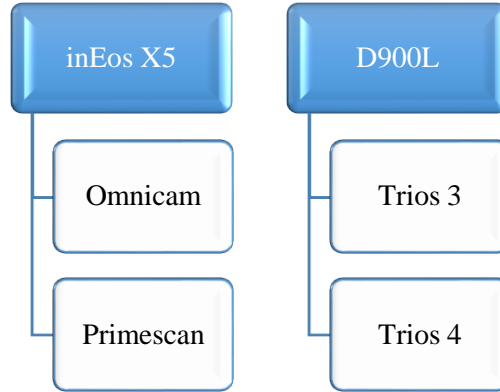


Şekil 29

Preparasyonların Andırkat Alanı Kontrolü**Çalışma Grupları**

Çalışmada ağız içi tarayıcı olarak dört farklı tarayıcı kullanılmıştır; 3Shape Trios 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka), 3Shape Trios 4 (3Shape, Kopenhag, Danimarka), CEREC AC Omnicam (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) ve CEREC Primescan AC (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya). Laboratuvar tarayıcıları olan Cerec inEos X5 (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) ve 3Shape D900L (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ise kontrol grupları olarak belirlenmiştir. Omnicam ve Primescan ağız içi tarayıcı grupları için kontrol grubu olarak inEos X5 laboratuvar tarayıcısı, 3Shape Trios 3 ve Trios 4 ağız içi tarayıcı grupları için ise 3Shape D900L laboratuvar tarayıcısı kontrol grubu olarak belirlenmiştir (Şekil 30).

Şekil 30

Kontrol Grupları ve Test Grupları**Çalışma Planı***Ağız İçi Tarayıcı ile Ana Modelin Taranması*

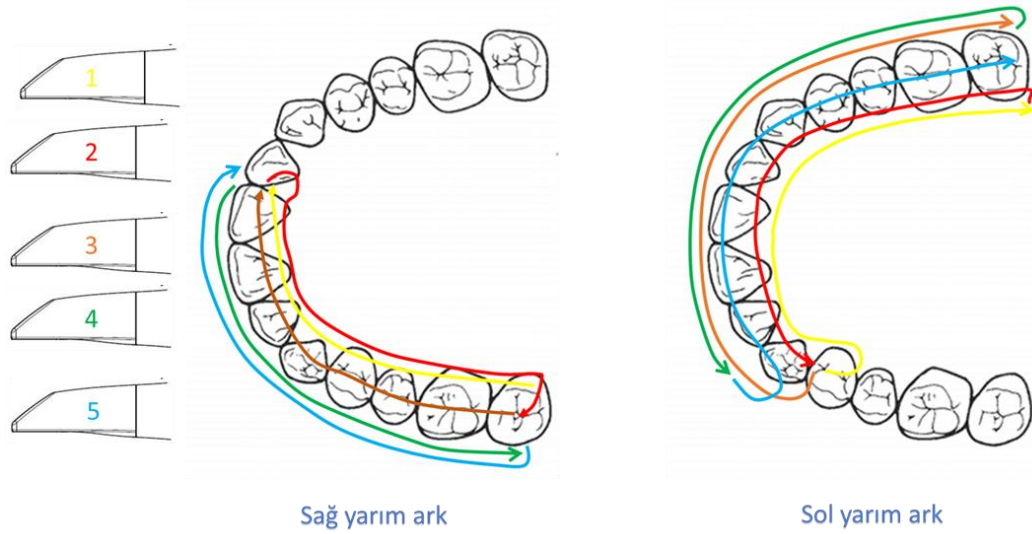
Yapılan power analizi sonucunda her grubun örneklem büyüklüğü 12 olarak belirlenmiştir ($n = 12$) ve tarama sırasında firmaların önerdiği tarama yolu stratejisine göre her tarayıcı için 12 kez olacak şekilde tam ark taraması yapılmıştır. Taramalar üst çene, alt çene ve kapanış olacak şekilde yapılmıştır.

Omnicam tarayıcısı ile yapılan tam ark taramalarda firmanın önerisi ile uyumlu olarak sağ arkın en distalindeki dişin oklüzal yüzeyi taranmıştır. Daha sonra tarayıcı palatinal yönde 45° eğimlendirilerek distalden meziale doğru orta hatta kadar tarama yapılmıştır. Daha sonra tarayıcı palatinal yönde 45° daha eğimlendirilerek tekrardan distale doğru tarama yapılmıştır. Başlangıç noktası olan dişin oklüzal yüzeyine geldiğinde dişe 90° açı ile tutulan tarayıcı başlığı mezial yönde tekrardan anterior bölgeye kadar hareket ettirilmiştir. Daha sonra anterior dişlerin labialine 45° eğimlendirilen tarayıcı başlığı aynı yarım arkın distaline doğru hareket ettirilerek taranmıştır. Ardından tarayıcı 45° daha eğimlendirilerek (toplamda 90°) tekrardan mezial yönde hareket ettirilmiştir. Böylece sağ yarım arkın taraması tamamlanmıştır. Sol yarım arkın taraması için cihaz daha önce taranmış olan yarım arktaki premolar dişin oklüzal yüzeyine yerleştirilerek taramaya başlanmıştır. Kamera palatinal yönde 90° eğimlendirilerek sol arkın en distalindeki dişe doğru yönlendirilmiştir. Sol arkın en distalindeki dişe geldiğinde kamera hafifçe 45° eğimlendirilmiş ve distalden mezialdeki anteriora doğru tarama yapılmıştır. Böylece sol yarım arkın palatinal taraması da tamamlanmıştır. Anterior dişlerin olduğu bölgeye geldiğinde kamera

bukkal yönde 45° eğimlendirilmiş ve mezialden distal yöne doğru tarama yapılmıştır. Distal bölgeye ulaşıncaya, kamera bukkale doğru 45° daha eğimlendirilmiş (toplamda 90°) ve distalden mezial yöne doğru taramaya devam edilmiştir. Anterior diş bölgesine tekrar gelindikten sonra, kamera oklüzal yönde eğimlendirilmiş ve en distaldeki dişe doğru oklüzal tarama yapılmıştır (Şekil 31).

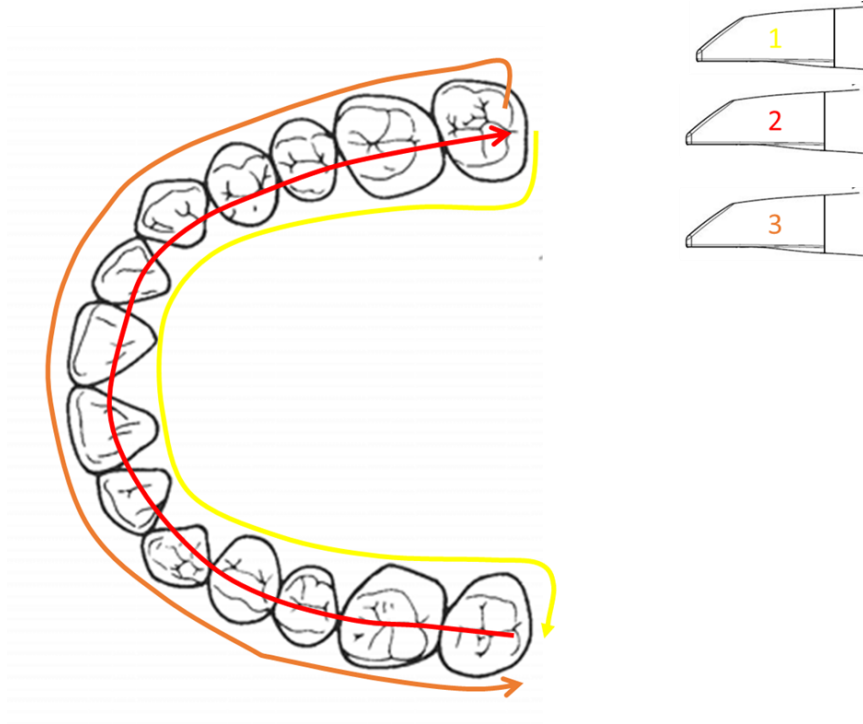
Şekil 31

Omniscam Sağ ve Sol Ark Tarama Yolu Stratejisi



Primescan tarayıcı ile firmanın önerdiği tarama stratejisine göre sağ yarım arkın en distalindeki dişin oklüzal yüzeyinden taramaya başlanmıştır. Ardından tarayıcı ucu 60° palatinale yönlendirilmiş ve sol arkın en distalindeki dişe kadar taranmıştır. Daha sonra bitiş yerinin oklüzal yüzeyinden arkın tersi yönünde en distale kadar tarama yapılmıştır. En son aşama olarak ise yine taramanın bittiği noktadan tarayıcı 60° bukkal yönde eğimlendirilerek tüm ark en distale kadar taranmıştır. Böylece tam ark taraması tamamlanmıştır. Kapanış taraması da yapıldıktan sonra dijital ölçü tamamlanmıştır (Şekil 32).

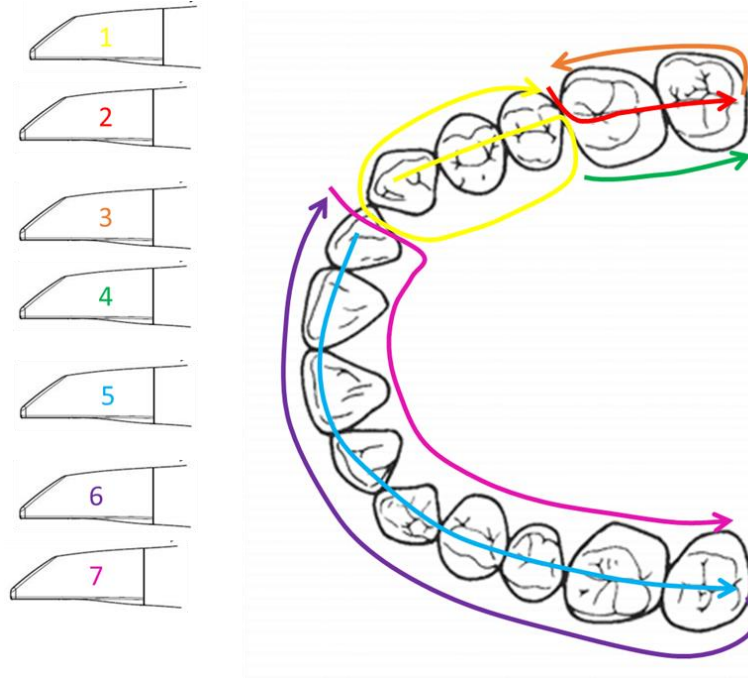
Şekil 32

Primescan Tarama Yolu Stratejisi

Trios 3 ve 4 ağız içi tarayıcıları ile firmanın önerdiği tarama stratejisine göre taramaya preparasyon yapılan bölge olan 23-25 numaralı dişlerin bölgesinden başlanmıştır. Tarayıcı ucu oklüzal yüzeyden düz bir şekilde tutulup taramaya başlanılmış ardından tarayıcı ucu palatinal ve bukkal yüzeylere eğimlendirilmiştir. Proksimal yüzeyler için tarayıcı ucu mezial ve distale 90° açı ile çevirilerek tekrardan oklüzal yüzeye gelinmiştir. Ardından sol yarım arkın en distale kadar oklüzal yüzey taraması yapılmıştır. Daha sonra tarayıcı ucu 45-90° arası açı ile eğimlendirilerek sol yarım arkın bukkal yüz taraması tamamlanmış ve aynı açı ile palatinal yüzey taraması yapılarak sol yarım arkın taraması tamamlanmıştır. Daha sonra sağ yarım arkın en distalindeki dişin oklüzal yüzeyinden başlanarak sağ yarım arkın oklüzal yüz taraması yapılmış ve aynı açı ve sıra ile sağ yarım arkında bukkal ve palatinal yüzeylerinin taraması yapılarak tarama tamamlanmıştır. Kapanış taramasının ardından ölçü tamamlanmıştır (Şekil 33).

Yapılan taramalar sonucunda elde edilen dijital veriler üretim için laboratuvara gönderilmiştir.

Şekil 33

Trios 3 ve 4 Tarama Yolu Stratejisi***Laboratuvar Tarayıcısı ile Dijital Ölçü Alınması***

Laboratuvar tarayıcısı ile dijital model elde edebilmek için ana model üzerinden konvansiyonel ölçü alınmıştır. Üst çene modelinde fabrikasyon deliksiz metal kaşık kullanılmıştır. Öncelikle ölçü kaşığına ölçü materyalinin adezivi (Universal Tray Adhesive, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) uygulanmıştır. Daha sonra polivinil siloksan ölçü materyali (Hydrorise Maxi Heavy Body ve Hydrorise Light Body, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) kullanılarak çift aşama çift faz ölçü yöntemi kullanılarak konvansiyonel ölçü alınmıştır. Alt çene modelinden de fabrikasyon delikli metal ölçü kaşığı ve dönüşemeyen hidrokolloid ölçü materyali (Zhermack, Badia Polesine, İtalya) kullanılarak konvansiyonel ölçü alınarak kapanış modeli oluşturulmuştur. Alınan ölçülere taranabilir Tip IV sert alçı (Elite Rock, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) dökülerek alçı modeller elde edilmiştir (Şekil 34).

Şekil 34

Ana Modelden Elde Edilen Üst Çene Ölçü ve Ölçüden Elde Edilen Alçı Model



Taramalar için inEos X5 ve D900L olmak üzere iki farklı laboratuvar tarayıcısı kullanılmıştır. inEos X5 laboratuvar tarayıcısında 12 kez ve D900L laboratuvar tarayıcısında da 12 kez olacak şekilde alt ve üst alçı modeller taranmıştır (Şekil 35,36). Kullanılan model alçısı taranabilir özellikte olduğu için alçı modellere optik sprey uygulaması yapılmamıştır.

Şekil 35

Alçı Modelin inEos X5

Laboratuvar Tarayıcısında Taranması



Şekil 36

Alçı Modelin D900L

Laboratuvar Tarayıcısında Taranması



Tasarım

Taramalar sonucunda 4 farklı ağız içi ve 2 farklı laboratuvar tarayıcısının her birinden 12 adet olmak üzere toplam 72 adet dijital ölçü elde edilmiştir. Elde edilen dijital verilerde veri kaybı olmaması amacı ile (Erozan & Ozan, 2020) tasarımlar yapılırken her tarayıcının kendi özel formatındaki dosyalar kullanılmıştır. Böylece tasarımlar için her markanın kendi tasarım programları kullanılmıştır. CEREC grubundan olan Omnicam ve Primescan ağız içi tarayıcıları ve inEos X5 laboratuvar tarayıcısından elde edilen dijital veriler CEREC inLab SW tasarım programı kullanılarak dizayn edilirken (Şekil 37), 3Shape grubundan olan Trios 3 ve Trios 4 ağız içi tarayıcıları ile D900L laboratuvar tarayıcısından elde edilen dijital veriler 3Shape Dental System tasarım programı kullanılarak dizayn edilmiştir. Elde edilen tarama verileri kullanılarak her bir sanal model üzerinde 23 ve 25 numaralı dişlerin destek olduğu 3 üyeli monolitik zirkonya köprüler aynı araştırmacı tarafından tasarlanmıştır.

Şekil 37

CEREC inLab SW Tasarım Programında 3 Üyeli Monolitik Zirkonya Köprü Tasarımı



Tasarımlarda standardizasyonun sağlanması için ana model üzerinde mum modelaj yapıp model inEos X5'te taranarak mum modelajın STL dosyası elde edilmiştir ve tasarımlar yapılırken elde edilen STL dosyası ile karşılaştırılmıştır (Şekil 38).

Her bir örnek için aynı olmak üzere radyal ve oklüzal siman aralığı 50 µm ve minimal kalınlık 500 µm olacak şekilde preparasyon parametre değerleri belirlenmiş ve uygulanmıştır.

Şekil 38

Tasarımlarda Kullanılmak Üzere Hazırlanan Köprü Mü Modelajı



Üretim

Ağız içi ve laboratuvar tarayıcılarının her birinden 12 adet olacak şekilde toplamda 72 sanal modele tasarlanan 3 üyeli monolitik zirkonya restorasyonların üretimi için Whitepeaks CopraSupreme Zr-I HT-S (Whitepeaks Dental Solutions GmbH, Essen, Germany) zirkonya diskler kullanılmıştır. Kazıma işleminde Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Laboratuvarı bünyesinde bulunan inLab MC (Dentsply Sirona, NC, ABD) kazıma cihazı kullanılmıştır (Şekil 39). Kazıma sırasında frez ömrüne bağlı olarak frezde meydana gelecek aşınma sebebiyle standardizasyonun bozulmaması amacıyla her gruptan dörder tane olacak şekilde sırayla kazıma yapılmıştır (Oyar vd., 2022). Kazıma işleminden sonra zirkonya köprüler Sirona inFire HTC speed (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) cihazında 90 dakika süreyle 1500 °C’de sinterlenmiştir. Sinterleme işleminden sonra örnekler Programat P300 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) glaze fırınında 900 °C’de, 10 dakika süreyle glaze işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 40). Örnekler için ayrıca bir uyumlama işlemi yapılmamıştır.

Şekil 39

Kazıma Cihazı Dentsply Sirona inLab MC ve Whitepeaks Coprasupreme Zr-I HT-S Zirkonya Disk



Şekil 40

Sirona inFire HTC Speed Cihazı ve Glaze İşlemi Uygulanmış Örnekler



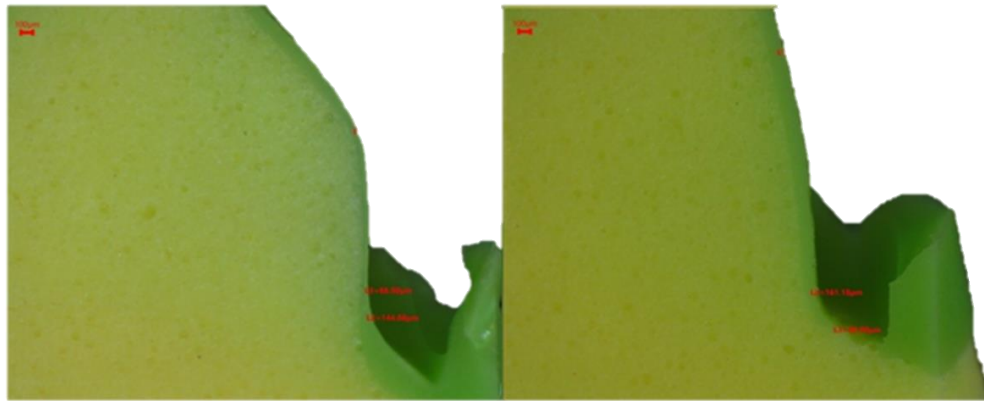
Silikon Replika Yöntemi ile Verilerin Toplanması

Üretilen 3 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumlarının değerlendirilebilmesi için silikon replika yöntemi kullanılmıştır. Tüm örnekler buharla temizlenip kurutulduktan sonra silikon replika yöntemi ile ölçümler yapılmıştır. Restorasyon ile preparasyon yüzeyi arasındaki siman aralığını dublike edebilmek amacıyla hafif kıvamlı silikon ölçü materyali (Elite HD + Light body Fast Setting; Zhermack, Polesine, İtalya) otomatik karıştırma tabancası ile restorasyon içerisine uygulandıktan sonra restorasyon ana model üzerine yerleştirilmiştir. Her köprü restorasyonu üzerine özel olarak tasarlanmış yük mekanizması kullanılarak 50 Newton (≈ 5 kg) oklüzal kuvvet uygulanmıştır. Hafif kıvamlı silikon ölçü materyalinin 3 dakikalık polimerizasyonu beklendikten sonra zirkonya restorasyonlar ana modelden dikkatli bir şekilde ayrılmıştır. Ancak bu aşamada elde edilen replika çok ince olduğu için kesit alma sırasında yeterli stabilizasyonu sağlamak ve replikayı desteklemek amacıyla ağır kıvamlı silikon ölçü materyali (Elite HD + Putty Soft Fast Setting; Zhermack, Polesine, İtalya) replikanın içerisine doldurularak replika güçlendirilmiştir. Daha sonra meziodistal ve bukkopalatinal olacak şekilde kesitlere ayrılmıştır (Şekil 41).

Marjinal, oklüzal, aksiyal ve aksiyal-oklüzal aralık değerlerini ölçmek için kanin dişte bukkopalatinal yönde 8, meziodistal yönde 9 olmak üzere toplam 17 standart ölçüm noktası ve ikinci premolar diş için ise, bukkopalatinal yönde 11, mesiodistal yönde 11 olmak üzere toplam 22 adet standart ölçüm noktası belirlenmiştir (Şekil 42).

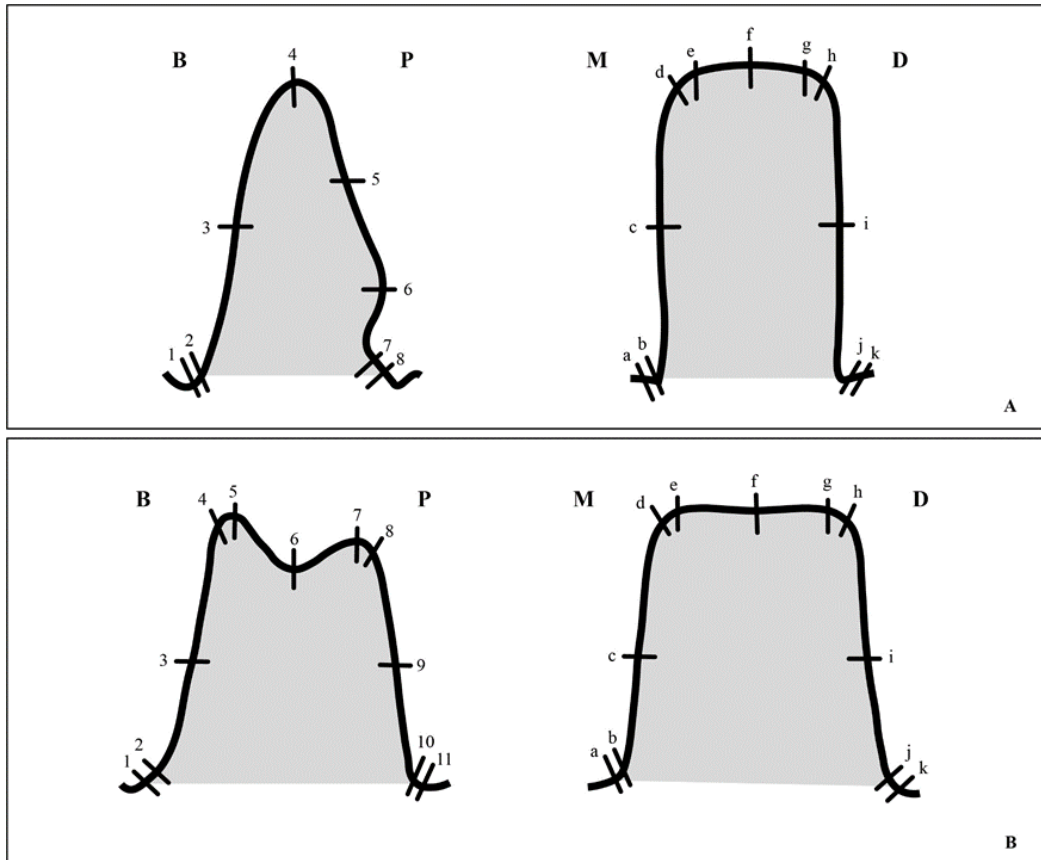
Şekil 41

Silikon Replika Kesiti Örneği



Şekil 42

A, Marjinal ve İnternal Aralıklar Kanin Diş Üzerinde Bukkopalatinal Kesitte 8 ve Meziyodistal Kesitte 11 Noktadan Ölçülmüştür. Marjinal Bölge: 1,2,7,8,a,b,j,k. Aksiyal Bölge: 3,5,6,c,i. Aksiyo-oklüzal Bölge: d,e,g,h. Oklüzal Bölge: 4,f,b, Marjinal ve İnternal Aralıklar Premolar Dişte Bukkolingual Kesitte 11 ve Meziyodistal Kesitte 11 Noktadan Ölçülmüştür. Marjinal Bölge: 1,2,10,11,a,b,j,k. Aksiyal Bölge: 3,9,c,i. Aksiyo-oklüzal Bölge: 4,5,7,8,d,e,g,h. Oklüzal Bölge: 6,f (Özal & Ulusoy, 2021)



Ölçümler Doğu Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyolojik Bilimler Laboratuvarı bünyesinde bulunan bir stereomikroskop (Olympus SZ61TR; Olympus Corporation, Shinjuku, Tokyo, Japonya) ile x40 magnifikasyon büyütmede gerçekleştirilmiştir ve dijital görüntüler (CMEX-10 Pro; Euromex, Arnhem, Hollanda) elde edildikten sonra (Şekil 43) dahili ölçüm yazılımı (Image Focus Alpha Software; Euromex, Arnhem, Hollanda) ile aralık değerleri mikrometre cinsinden (μm) kaydedilmiştir (Şekil 44). Toplamda 2.808 nokta ölçülmüştür.

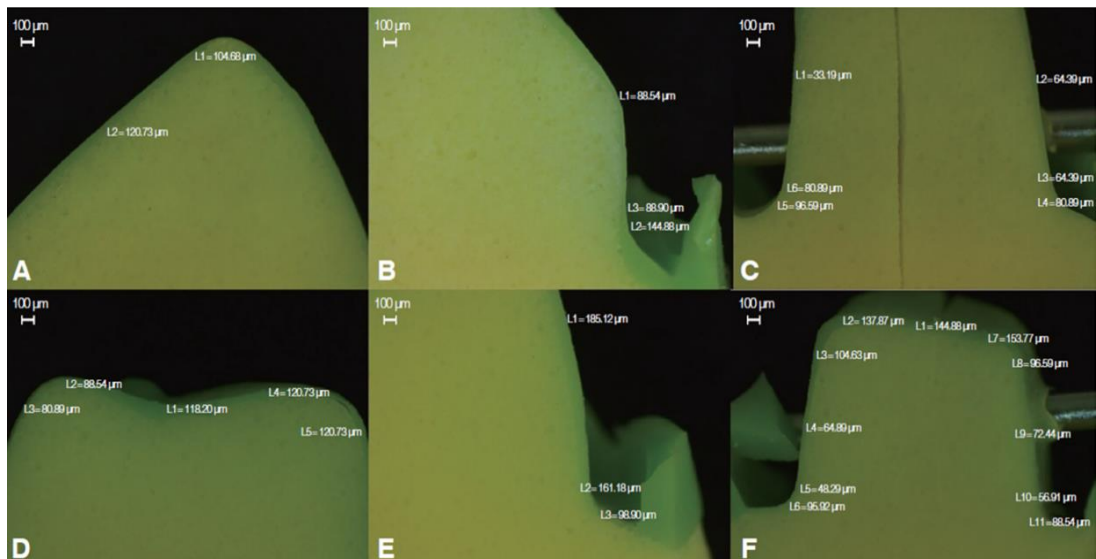
Şekil 43

Olympus SZ61TR; Olympus Corporation Stereomikroskop ve CMEX-10 Pro; Euromex Kamera



Şekil 44

Bukkopalatinal ve Meziyodistal Kesitlerde Marjinal, Aksiyal, Aksiyo-oklüzal ve Oklüzal Ölçüm Noktalarının Temsili Fotomikrografları. Orijinal Büyütme $\times 40$. A, inEos X5 Grup Örnek No. 2 Bukkopalatinal Kesit. B, D900L Grup Örnek No. 1 Bukkopalatinal Kesit. C, Primescan Grup Örnek No. 2 Meziyodistal Kesit. D, Omnicam Grup Örnek No. 1 Bukkopalatinal Kesit. E, Trios 3 Grup Örnek No. 1 Bukkopalatinal Kesit. F, Trios 4 Grup Örnek No. 2 Meziyodistal Kesit



Verilerin Analizi ve Yorumlanması

IBM SPSS Statistics V23-Demo (IBM Corporation, Amerika) programı kullanılarak veriler analiz edilmiştir. Shapiro-Wilk testiyle normal dağılıma uygunluk incelenmiştir. Gruplara göre normal dağılan aralık değerlerinin karşılaştırılmasında Tek yönlü varyans analizi ve Welch testi kullanılmıştır ve gruplar arasında çoklu karşılaştırmalar Tukey HSD ve Tamhane's T2 testiyle gerçekleştirilmiştir. Gruplara göre normal dağılmayan aralık değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testinden yararlanılmış ve çoklu karşılaştırmalar Dunn testiyle incelenmiştir. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama \pm standart sapma ve ortanca (minimum – maksimum) şeklinde sunulmuştur. Önem düzeyi $P < 0.05$ olarak alınmıştır.

BÖLÜM IV

Bulgular

Bu bölümde araştırmanın sonucunda ağız içi tarayıcılarının kendi kontrol grubuna kıyasla marjinal ve internal uyumlarının karşılaştırılması, ayrıca ağız içi tarayıcıların birbirlerine göre marjinal ve internal uyumlarının karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmektedir.

İstatiksel Analiz Sonuçları ve Bulgular

Çalışmamızda ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları kullanılarak alınan dijital ölçülerden elde edilen modeller üzerinde yapılan 3 üyeli monolitik zirkonya restorasyonların tarayıcıların birbirlerine göre marjinal ve internal (aksiyal, aksiyo-oklüzal ve oklüzal) uyumları incelenmiştir ve Tablo 2 ve 3'te aralık değerleri ve standart sapmaları gösterilmiştir. Tablolardaki ve şekillerdeki tüm değerler mikrometre (μm) cinsinden belirtilmiştir. Elde edilen verilere göre laboratuvar tarayıcıları ile ağız içi tarayıcıları arasında marjinal ve internal aralık değerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P<0.05$). Ağız içi tarayıcıların kendi aralarındaki marjinal aralık değerinde farklılık bulunmazken ($P>0.05$), internal aralık değerinde bazı anlamlı farklılıklar ($P<0.05$) ortaya çıkmıştır.

Tarayıcıların Birbirlerine Göre Marjinal ve İnternal Uyumlarının Karşılaştırılması

Kanin Restorasyonunun Marjinal ve İnternal Uyumunun Değerlendirilmesi.

Farklı tarayıcı tipleri kullanılarak kanin bölgesinde elde edilen marjinal ve internal (aksiyal, aksiyo-oklüzal ve oklüzal) aralık ölçüm değerleri ve standart sapmaları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.

Gruplara Göre Kanin Diş Restorasyonunun Marjinal ve İnternal Aralık Değerlerinin (μm) Karşılaştırılması

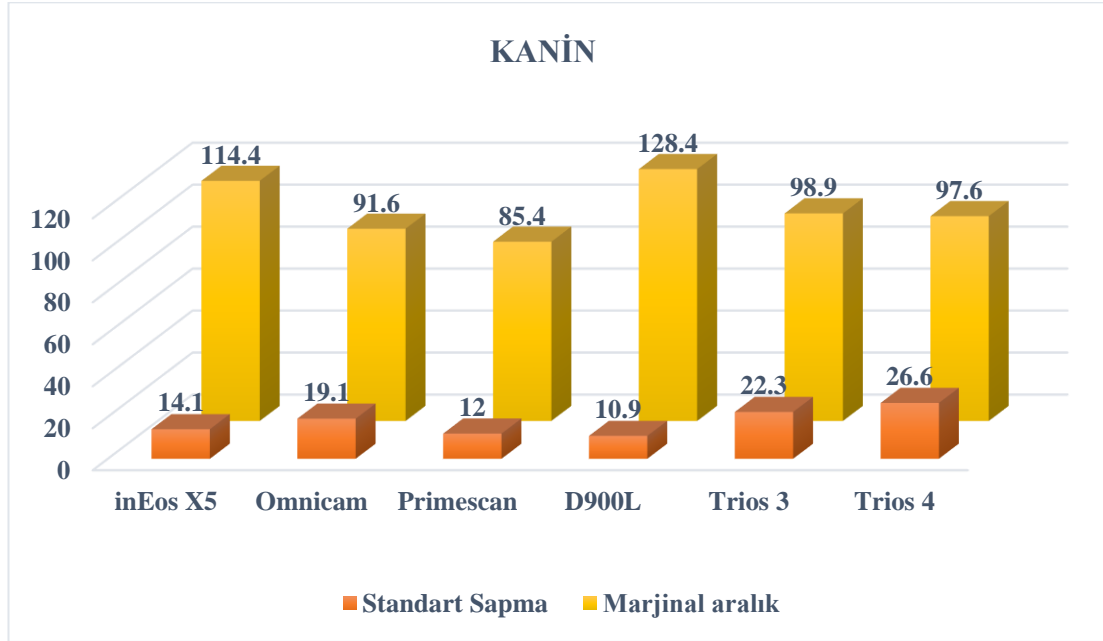
	inEos X5	Omnica	Primescan	D900L	Trios 3	Trios 4	Test istatistiği	p
Marjinal	114.4±14.1 ^{bc}	91.6±19.1 ^a	85.4±12.0 ^a	128.4±10.9 ^b	98.9±22.3 ^{ac}	97.6±26.6 ^{ac}	F=18.237	<0.001
	108,2 (100,6 - 139,8)	85.9 (65.6 – 118.3)	86.0 (67.6 – 104.5)	131.6 (105.8 – 140.0)	107.9 (58.2 – 128.3)	102.9 (51.4 – 126.6)		
Aksiyal	125.6±14.6	100.5±9.0	98.8±11.2	129.5±16.5	95.7±25.7	99.0±13.9	$\chi^2=30.082$	<0.001
	123.3 (104.5 – 146.1) ^b	97.4 (86.5 – 116.0) ^a	100.3 (69.5 – 108.7) ^a	132.8 (95.8 – 148.0) ^b	84.8 (67.1 – 137.7) ^a	103.1 (76.1 – 115.1) ^a		
Aksiyo- oklüzal	112.5±20.7	117.8±22.0	114.1±7.2	127.2±19.0	99.2±31.4	90.9±22.9	$\chi^2=19.286$	0.002
	116.9 (84.9 – 144.9) ^{ab}	127.4 (69.1 – 139.5) ^b	113.9 (100.8 – 125.3) ^{ab}	134.1 (88.9 – 148.9) ^b	109.6 (40.0 – 136.9) ^{ab}	86.2 (47.9 – 121.5) ^a		
Oklüzal	101.7±24.3	97.8±16.5	106.2±12.5	97.9±12.8	86.4±28.5	90.0±22.9	F=1.556	0.202
	94.7 (68.4 – 148.9)	92.7 (69.2 – 128.8)	106.7 (88.7 – 129.0)	96.6 (76.5 – 119.0)	89.0 (48.3 – 137.2)	97.0 (53.8 – 118.9)		
İnternal	113.3±16.9 ^{ab}	105.4±13.7 ^{ab}	106.4±8.2 ^a	118,2±8,3 ^b	93.8±26.9 ^{ab}	93.3±16.2 ^a	F=5.966	0.001
	111.3 (92.6 – 142.0)	108.1 (80.1 – 125.3)	105.7 (88.9 – 121.0)	119.5 (105.2 – 131.7)	95.5 (55.8 – 137.2)	93.1 (70.0 – 116.0)		

F: Tek yönlü varyans analizi test istatistiği (Welch), χ^2 : Kruskal Wallis test istatistiği, ^{a-b}: Aynı üst küçük harfe sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (P>0.05), ortalama \pm s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Gruplara göre marjinal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.001$) (Şekil 45).

Şekil 45

Kanin Diş Restorasyonunda Marjinal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

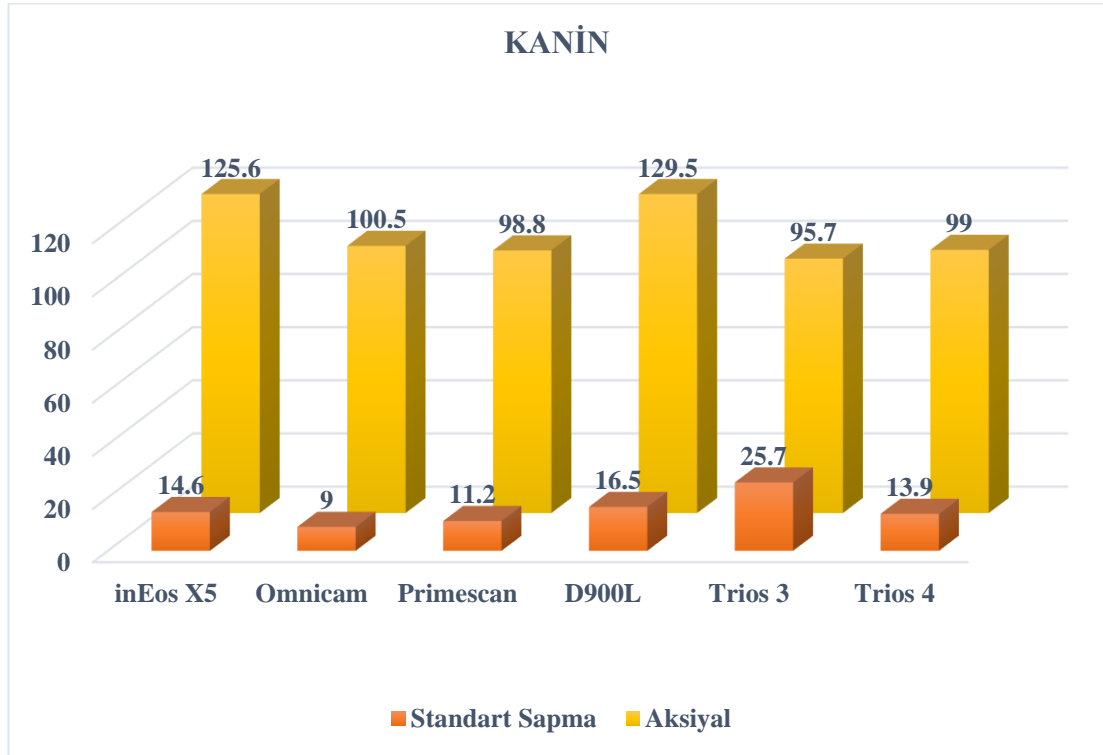


Kanin diş restorasyonu için Şekil 45’de verilen değerler incelendiğinde Primescan ve Omnicam gruplarının kontrol grubu inEosX5’e göre marjinal aralığı istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre marjinal aralığı daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Primescan’ın en düşük marjinal ($85.4\pm 12.0 \mu\text{m}$), D900L’nin ise en yüksek marjinal ($128.4\pm 10.9 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür. D900L dışındaki diğer gruplarda çıkan marjinal aralık değerleri kabul edilebilir marjinal aralık değeri $120 \mu\text{m}$ ’nin içerisinde olduğu görülmüştür.

Gruplara göre aksiyal aralık ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.001$) (Şekil 46).

Şekil 46

Kanın Diş Restorasyonunda Aksiyal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

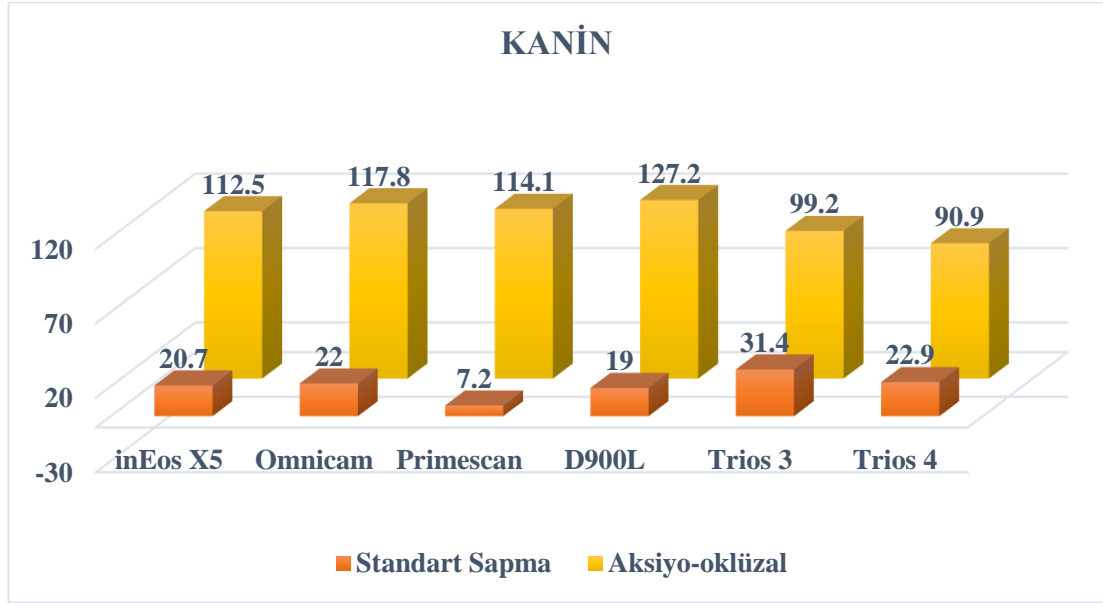


Kanın diş restorasyonu için Şekil 46’da verilen değerler incelendiğinde Primescan ve Omnicam gruplarının kontrol grubu inEosX5’e göre aksiyal aralığı istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre aksiyal aralığı daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Trios 3’ün en düşük aksiyal ($95.7\pm 25.7 \mu\text{m}$), D900L’nin ise en yüksek aksiyal ($129.5\pm 16.5 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür.

Gruplara göre aksiyo-oklüzal aralık ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P=0.002$) (Şekil 47).

Şekil 47

Kanin Diş Restorasyonunda Aksiyo-oklüzal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

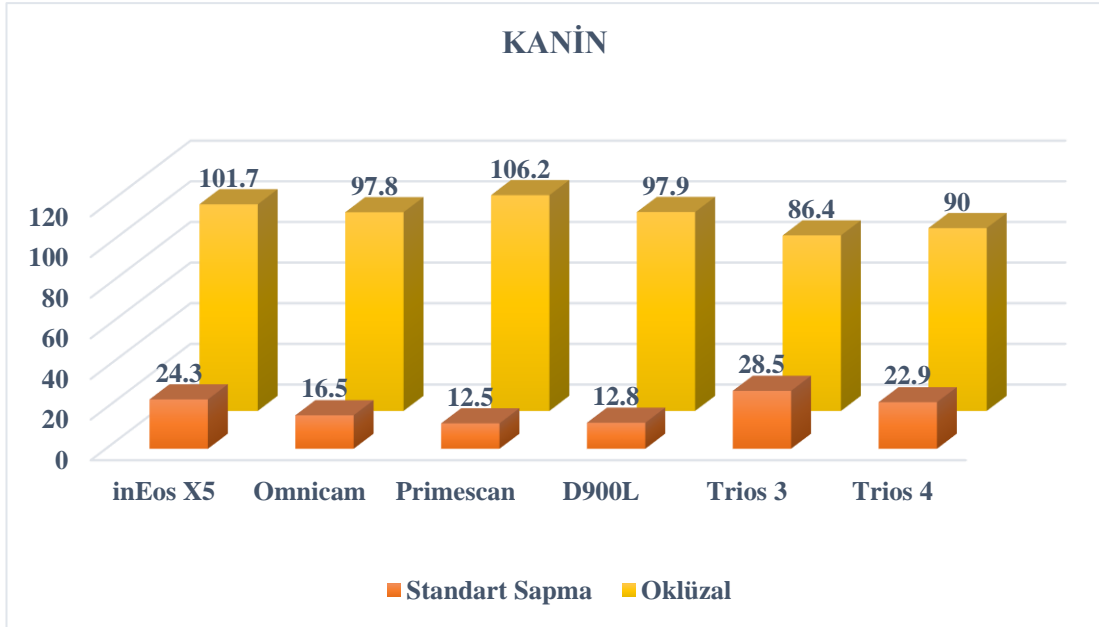


Aksiyo-oklüzal aralık değerleri incelendiğinde gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre Trios 4'ün kontrol grubu D900L ve Omnicam'e göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük aralık değeri gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Değerler incelendiğinde Trios 4 ($90.9\pm 22.9 \mu\text{m}$) en düşük, D900L ($127.2\pm 19.0 \mu\text{m}$) ise en yüksek aksiyo-oklüzal aralığa sahiptir.

Gruplara göre oklüzal aralık ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 48).

Şekil 48

Kanin Diş Restorasyonunda Oklüzal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

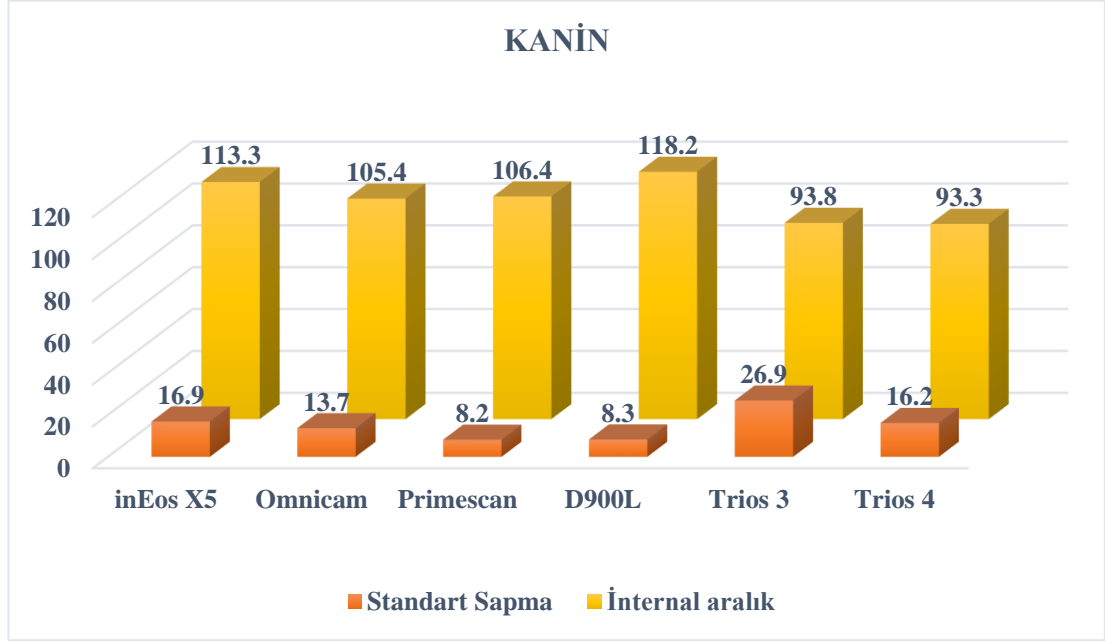


En düşük oklüzal aralık değeri Trios 3'te ($86.4 \pm 28.5 \mu\text{m}$) en yüksek ise Primescan'da ($106.2 \pm 12.5 \mu\text{m}$) görülmüştür.

Gruplara göre internal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P=0.001$) (Şekil 49).

Şekil 49

Kanin Diş Restorasyonunda İnternal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri



Çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre Primescan ile D900L gruplarının ortalama aralık değerleri arasında istatistiksel anlamlı bir fark bulunmuştur ($P=0.030$). D900L ile Trios 4 gruplarının ortalama aralık değerleri arasında istatistiksel anlamlı bir fark bulunmuştur ($P=0.003$).

Premolar Dişin Marjinal ve İnternal Uyumunun Değerlendirilmesi.

Farklı tarayıcı tipleri kullanılarak premolar bölgesinde elde edilen marjinal ve internal (aksiyal, aksiyo-oklüzal ve oklüzal) aralık ölçüm değerleri ve standart sapmaları Tablo 3'te gösterilmektedir.

Table 3.

Gruplara Göre Premolar Diş Restorasyonunun Marjinal ve İnternal Aralık Değerlerinin (μm) Karşılaştırılması

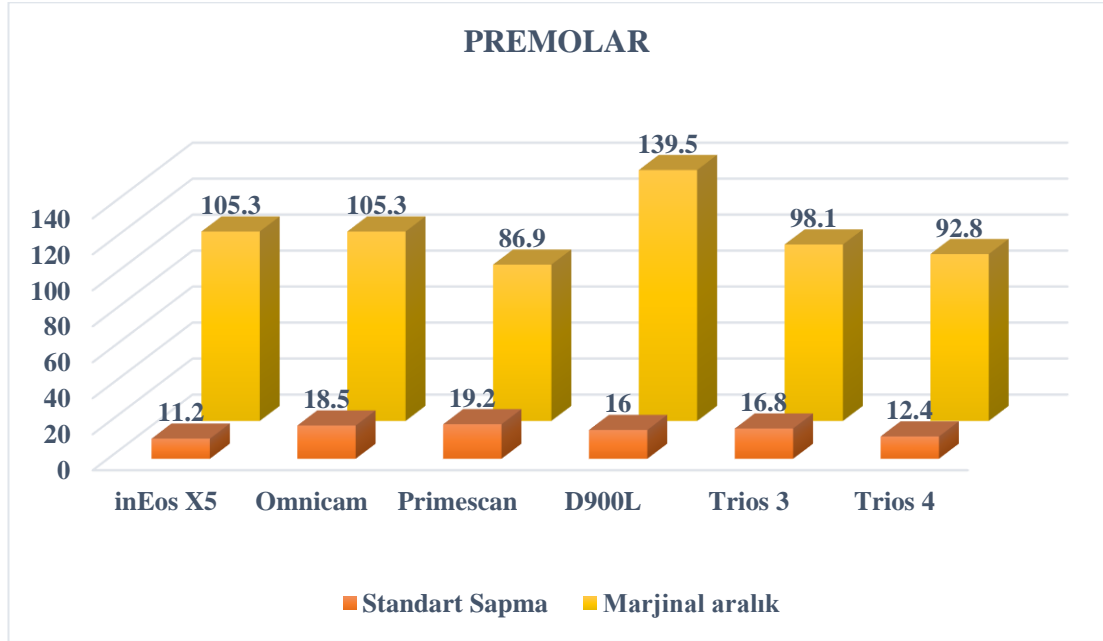
	inEos X5	Omnicaam	Primescan	D900L	Trios 3	Trios 4	Test istatistiği	p
Marjinal	105.3 \pm 112 ^a 104.7 (91.6 – 125.8)	105.3 \pm 18.5 ^a 98.0 (81.6 – 132.2)	86.9 \pm 19.2 ^a 80.1 (66.7 – 126.8)	139.5 \pm 16.0 ^b 142.0 (108.7 – 161.5)	98.1 \pm 16.8 ^a 104.0 (72.6 – 121.5)	92.8 \pm 12.4 ^a 92.0 (67.1 – 116.6)	F=16.214	<0.001
Aksiyal	112.7 \pm 13.6 ^{bc} 110.7 (90.6 – 142.5)	97.9 \pm 17.0 ^{ac} 99.7 (68.7 – 125.5)	92.4 \pm 14.8 ^a 88.9 (75.4 – 120.3)	120.0 \pm 7,8 ^b 122.1 (106.6 – 129.3)	101.4 \pm 16.0 ^{ac} 99.1 (81.9 – 137.9)	99.1 \pm 12.1 ^{ac} 96.3 (80.8 – 125.1)	F=6.663	<0.001
Aksiyo- oklüzal	121.6 \pm 11,9 ^{bc} 118.3 (106.7 - 143.0)	121.1 \pm 20.5 ^{bc} 115.2 (93.8 – 154.1)	116.4 \pm 7.2 ^c 113.8 (107.8 – 128.9)	135.1 \pm 14.6 ^b 139.6 (112.8 – 154.0)	92.6 \pm 21.2 ^a 88.1 (63.2 – 120.0)	89.4 \pm 15.6 ^a 95.1 (58.8 – 115.2)	F=13.506 ^a	<0.001
Oklüzal	133.9 \pm 29.9 134.9 (48.5 – 165.0) ^b	121.3 \pm 25.3 122.7 (76.9 – 149.3) ^{ab}	134.7 \pm 22.0 135.2 (97.9 – 169.0) ^b	141.2 \pm 12.2 145.6 (108.7 – 153.1) ^b	101.2 \pm 20.1 103.1 (64.9 – 127.1) ^a	89.1 \pm 13.9 89.1 (60.6 – 107.4) ^a	$\chi^2=35.18$	<0.001
internal	122.7 \pm 13.7 ^{bd} 126.4 (90.3 – 141.6)	113.4 \pm 17.4 ^{bc} 106.9 (91.2 – 142.4)	114.5 \pm 12.0 ^{cd} 114.0 (95.0 – 131.5)	132.1 \pm 6.1 ^b 130.2 (124.9 – 142.4)	98.4 \pm 16.8 ^{ac} 92.7 (70.0 – 119.0)	92.5 \pm 11.1 ^a 91.5 (70.5 – 109.2)	F=26.504 ^a	<0.001

F: Tek yönlü varyans analizi test istatistiği (^aWelch), χ^2 : Kruskal Wallis test istatistiği, , ^{a-d}: Aynı üst küçük harfe sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (P>0.05), ortalama \pm s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Gruplara göre marjinal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P < 0.001$) (Şekil 50).

Şekil 50

Premolar Diş Restorasyonunda Marjinal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

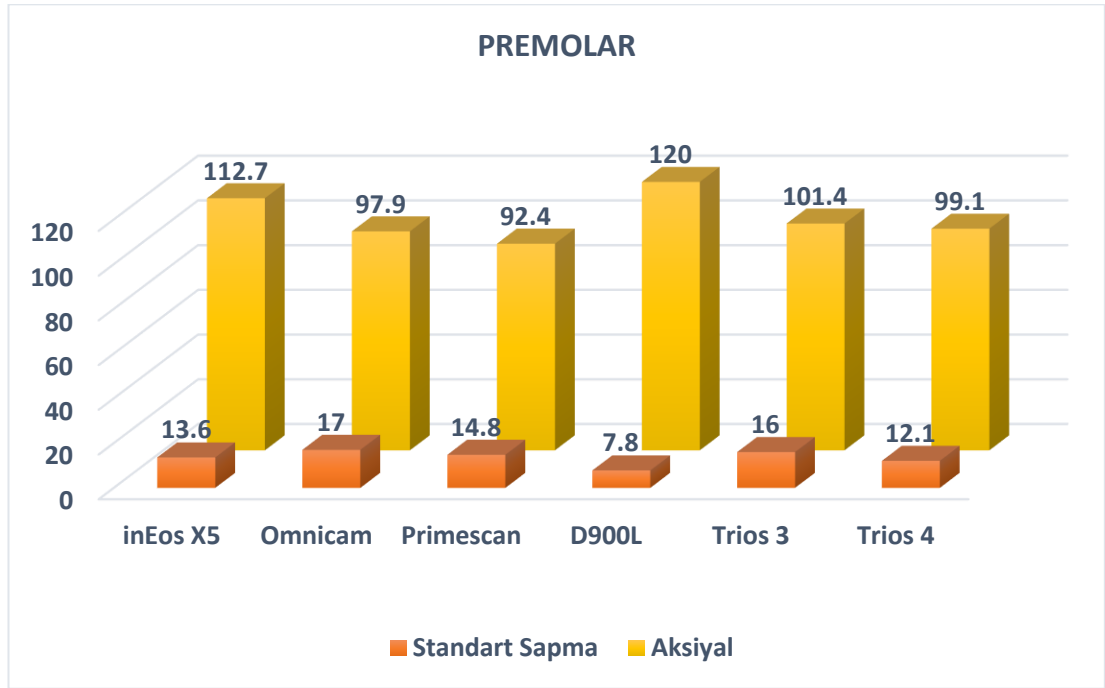


Premolar diş restorasyonu için Şekil 50’de verilen değerler incelendiğinde kontrol grubu inEos X5 ile Omnicam ve Primescan arasında marjinal aralık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($P > 0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre marjinal aralık değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P < 0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Primescan’ın en düşük marjinal ($86.9 \pm 19.2 \mu\text{m}$), D900L’ nin ise en yüksek marjinal ($139.5 \pm 16 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür. Klinik olarak kabul edilebilir marjinal aralık değeri sınırlarına göre en düşük aralık değeri gösteren grubun Primescan ($86.9 \pm 19.2 \mu\text{m}$) ve en yüksek aralık değeri gösteren grubun ise D900L ($139.5 \pm 16.0 \mu\text{m}$) olduğu belirlenmiştir.

Gruplara göre aksiyal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.001$) (Şekil 51).

Şekil 51

Premolar Diş Restorasyonunda Aksiyal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

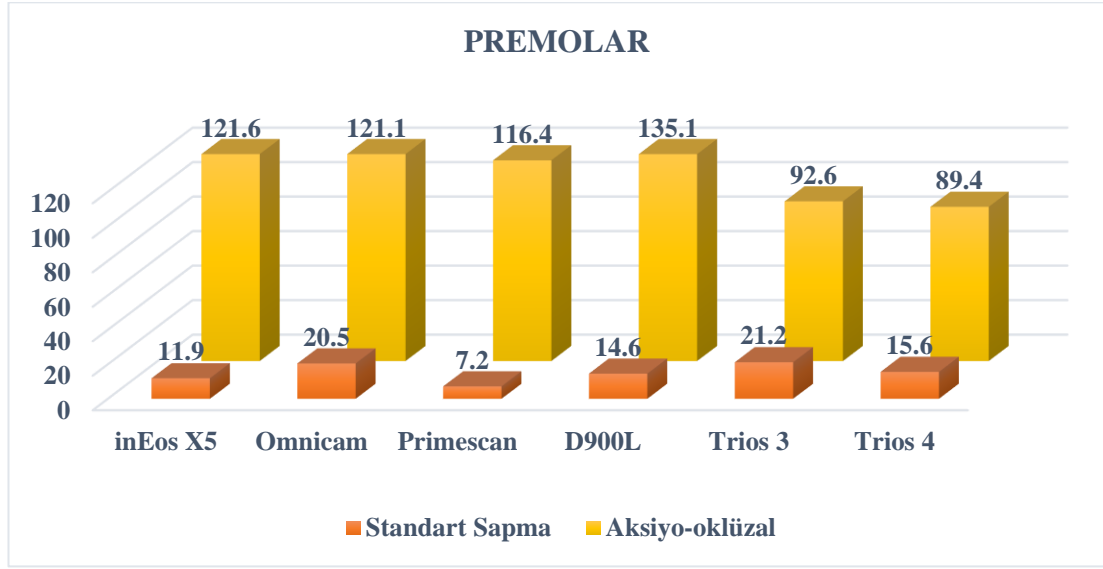


Premolar diş restorasyonu için Şekil 51’de verilen değerler incelendiğinde aksiyal aralık değerleri açısından Primescan, kontrol grubu inEosX5’e göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük değerler göstermiştir ($P>0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre aksiyal aralık değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Primescan’ın en düşük aksiyal ($92.4\pm 14.8 \mu\text{m}$), aralığa sahip olduğu, D900L’ nin ise en yüksek aksiyal ($120\pm 7.8 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür.

Gruplara göre aksiy-oklüzal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.001$) (Şekil 52).

Şekil 52

Premolar Diş Restorasyonunda Aksiy-oklüzal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

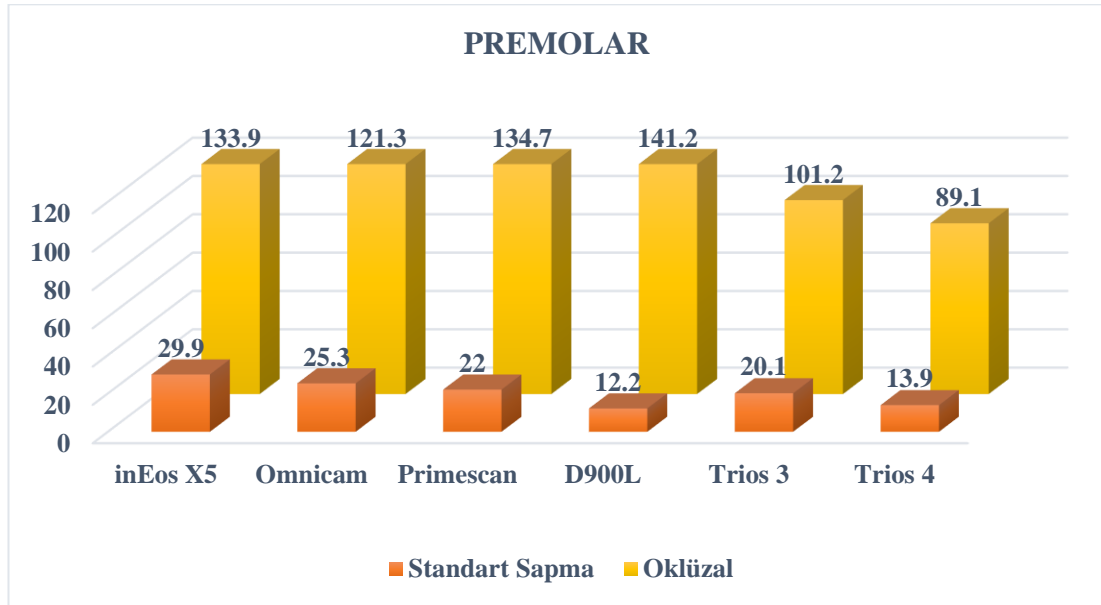


Premolar diş restorasyonu için Şekil 52’de verilen değerler incelendiğinde kontrol grubu inEos X5 ile Omnicam ve Primescan arasında aksiy-oklüzal aralık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($P>0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre aksiy-oklüzal aralık değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Trios 4’ün en düşük aksiy-oklüzal ($89.4\pm 15.6 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu, D900L’ nin ise en yüksek aksiy-oklüzal ($135.1\pm 14.6 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür.

Gruplara göre oklüzal aralık ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.001$) (Şekil 53).

Şekil 53

Premolar Diş Restorasyonunda Oklüzal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

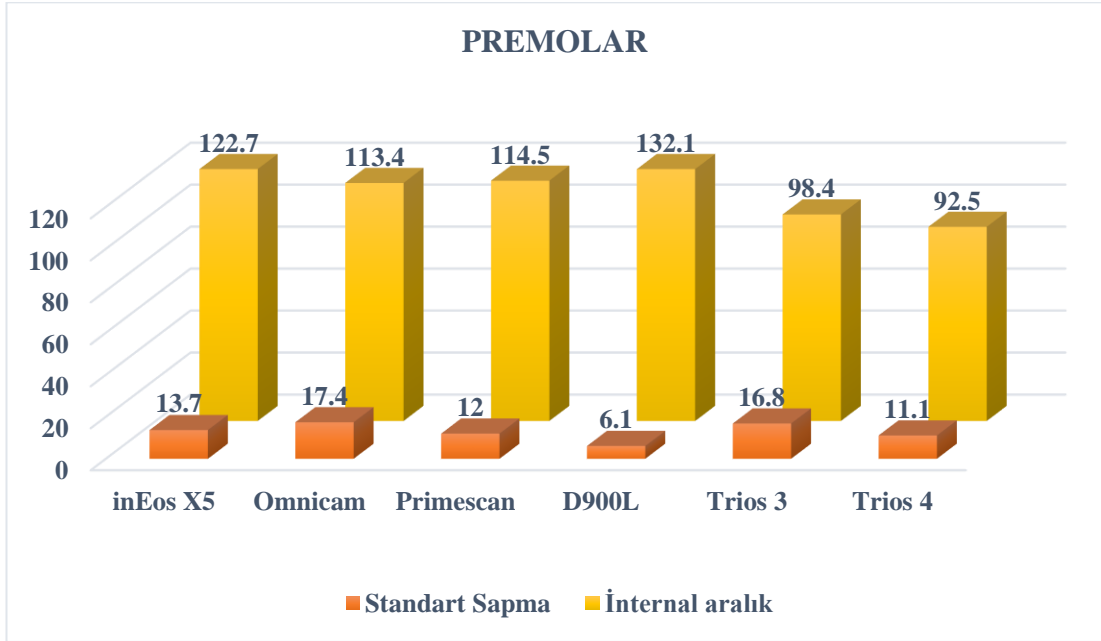


Premolar diş restorasyonu için Şekil 53’de verilen değerler incelendiğinde kontrol grubu inEos X5 ile Omnicam ve Primescan arasında oklüzal aralık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($P>0.05$). Trios 3 ve Trios 4 gruplarının kontrol grubu D900L’ye göre oklüzal aralık değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arası çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde Trios 4’ün en düşük oklüzal ($89.1\pm 13.9 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu, D900L’ nin ise en yüksek oklüzal ($141.2\pm 12.2 \mu\text{m}$) aralığa sahip olduğu görülmüştür.

Gruplara göre internal aralık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P < 0.001$) (Şekil 54).

Şekil 54

Premolar Diş Restorasyonunda İnternal Aralığın Ortalama ve Standart Sapma Değerleri



BÖLÜM V

Tartışma

Bu bölümde, elde edilen bulgular literatürde yer alan araştırmalar çerçevesinde tartışılmıştır.

Bu çalışmada, 4 farklı ağız içi ve 2 farklı laboratuvar tarayıcıları kullanılarak elde edilen veriler ile üretilen 3 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları silikon replika yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre kontrol grupları ile test grupları arasında marjinal ve internal uyumda farklılıklar gözlenmiştir. Bu nedenle birinci sıfır hipotezimiz reddedilmiştir. Test gruplarının kendi aralarındaki marjinal aralık değerlerinde anlamlı farklılık bulunmazken ($P>0.05$), internal aralık değerlerinde bazı anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ikinci sıfır hipotezimiz kısmen reddedilmiştir.

Ölçüm noktaları, daha önceki çalışmalarla karşılaştırılabilirlik sağlamak için literatüre göre belirlenmiştir (Bosniac vd., 2019; Lee vd., 2018; Su & Sun, 2016). Holmes vd. (1989) yapmış oldukları çalışma referans alınarak ölçümler 4 bölgede (marjinal, aksiyal, aksiyo-oklüzal ve oklüzal) gerçekleştirilmiştir (Holmes vd., 1989).

CAD/CAM ile üretilmiş bir restorasyonun marjinal ve internal uyumu, elde edilen üç boyutlu görüntünün kalitesinden etkilenir. Bu nedenle, prepare edilen dişin sanal modelinin doğru şekilde oluşturulması restorasyonun tasarımında önemli bir etkidir (Flügge vd., 2013). Bunun yanında, karmaşık bir geometrik forma sahip dişin yüzeyinin taranması zorlu bir işlemdir (Persson vd., 2006). Bu sebeple, CAD/CAM sistemlerinin sunduğu sınırlı çözünürlük sebebiyle yuvarlatılmış kenarlar meydana gelebilir ve bu durum final restorasyonda yüksek internal aralıklara sebep olabilir. Klinik olarak, bu başarısızlıklar sonucunda restorasyonda uyumsuzluk ve yetersiz oklüzal temaslar meydana gelebilir (Vojdani, 2013).

CAD/CAM ile üretilen restorasyonların marjinal aralık ile ilgili yapılan çalışmalarda, 10 μm kadar küçük ve 110.3 ± 7.2 μm kadar büyük, çoğu 80 μm 'den az olan marjinal aralıklar bildirilmiştir. İnternal aralık değerlerinin ise oklüzal alanlarda aksiyal alanlara göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Beuer vd., 2008; Boitelle vd., 2014; Colpani vd., 2013; Hmaidouch vd., 2011; Kokubo vd., 2005; Komine vd., 2007; Matta vd., 2012; Ortega vd., 2015; Son vd., 2019; Syrek vd., 2010; Yıldız vd., 2013). Mevcut literatüre göre, oklüzal aralığın kabul edilebilir aralığı 100 - 200

μm 'dir (Kocaağaoğlu vd., 2017); buna göre, mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kanin ve premolar dişteki oklüzal aralık değerleri kabul edilebilir sınırlar dahilinde olup, premolar dişte Trios 3 ($101.2 \pm 20.1 \mu\text{m}$) ve Trios 4 ($89.1 \pm 13.9 \mu\text{m}$) ağız içi tarayıcılarının oklüzal aralık değerleri laboratuvar tarayıcılarına (inEos X5: $133.9 \pm 29.9 \mu\text{m}$ D900L: $141.2 \pm 12.2 \mu\text{m}$) göre anlamlı olarak daha düşük olduğu; ayrıca ağız içi tarayıcıları kendi içlerinde karşılaştırdığımızda, bu tarayıcıların Primescan'a ($134.7 \pm 22.0 \mu\text{m}$) göre de anlamlı olarak düşük olduğu görülmektedir.

Literatürde ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları kullanılarak üretilmiş restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalarda çoğunlukla tek kron restorasyonlar dikkat çekse de son zamanlarda yapılan çalışmalarda köprü restorasyonlarda marjinal ve internal uyum incelenmeye başlanmıştır fakat monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Literatürde dijital ve konvansiyonel ölçü tekniklerini marjinal uyum açısından karşılaştıran in-vitro çalışmalar incelendiğinde, dijital ölçü tekniklerinin polivinil siloksan ölçülere kıyasla üstün (Ng vd., 2014; Pedroche vd., 2016; Tidehag vd., 2014;), benzer (Abdel-Azim vd., 2015) veya polivinil siloksan ölçülerin daha başarılı (An vd., 2014; Anadioti vd., 2014; Seelbach vd., 2013) bulunduğunu bildiren sonuçlar görülmektedir. Restorasyonların internal uyumları ile ilgili in-vitro çalışmalar değerlendirildiğinde, dijital ölçü tekniklerinin polivinil siloksan ölçülere kıyasla üstün (Alfaro vd., 2015; Pedroche vd., 2016; Yang vd., 2015) veya benzer (Anadioti vd., 2015; Tidehag vd., 2014) uyum gösterdiklerini rapor eden çalışmalar bulunmaktadır.

Ağız içi tarama yoluyla üretilen restorasyonların, laboratuvar tarayıcıları ile üretilen restorasyonlarla karşılaştırılabilir veya daha üstün bir uyum kesinliği sağlayıp sağlamadığı tartışması halen devam etmektedir (Almeida e Silva vd., 2014; Arezoobakhsh vd., 2020; Benic vd., 2019; Su & Sun, 2016). Ağız içi taramaya dayalı CAD/CAM tarafından oluşturulan restorasyonların marjinal uyumu ile ilgili olarak, bazı in-vitro çalışmalar, laboratuvar tarayıcıları ile üretilen restorasyonlardan daha düşük marjinal aralık değeri gösterdiğini belirtmiştir (Almeida e Silva vd., 2014; Arezoobakhsh vd., 2020; Malaguti vd., 2017; Su & Sun, 2016). Bu, klinik çalışma bulgularıyla desteklenmektedir (Berrendero vd., 2016). Buna karşılık, ağız içi

tarayıcı ve laboratuvar tarayıcısı restorasyon grupları karşılaştırıldığında, marjinal uyum açısından önemli farklılıklar göstermeyen in-vitro çalışmalar da vardır (Benic vd., 2019; Bosniac vd., 2019; Nedelcu vd., 2018b; Rödiger vd., 2017). Üç farklı ağız içi tarama cihazını karşılaştıran bir klinik çalışma (Boeddinghaus vd., 2015), test edilen üç ağız içi tarayıcı sistemi arasında marjinal ve internal uyumda önemli farklılıklar göstermiş, böylece kullanılan ağız içi tarayıcı sisteminin önemli bir etkisini ortaya çıkarmıştır.

Su ve Sun, (2016) yaptıkları in-vitro çalışmada ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları kullanılarak üretilmiş 3 üyeli zirkonya altyapıların uyumlarını incelemişlerdir. Trios Cart ağız içi ve 3Shape D800 laboratuvar tarayıcısının kullanıldığı klinik senaryoda 24 numaralı diş eksikliği taklit edilmiştir. Ağız içi tarayıcısı ile üretilen restorasyonların marjinal ve internal uyumunun daha iyi olduğu rapor edilmiştir. Arkın uzunluğu ve kavsi dikkate alınırca, taranılan bölge çalışmamızdaki sonuçları desteklemektedir. Sonuçlar mevcut çalışmayı destekler nitelikte olup ayrıca ağız içi tarayıcı olarak Trios 3 ve Trios 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ve her iki tarayıcısında laboratuvar tarayıcılarından istatistiksel olarak daha iyi olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışma ile bizim çalışmamızın sonuçlarının tutarlı olmasının sebebi kullanılan tarayıcıların aynı görüntüleme sistemine sahip olmasından kaynaklanabilmektedir.

Arezoobakhsh vd. (2020) yaptığı in-vitro çalışmada üst çene fantom model üzerinde 24 ve 26 numaralı dişler, prepare edilmiş ve 3 üyeli zirkonya köprüler üretilmiştir. Modelin taranmasında Trios 2 ve CS3600 ağız içi tarayıcıları ile Deluxe scanner (Open Technologies) laboratuvar tarayıcısı kullanılmıştır. Deluxe scanner laboratuvar tarayıcısında hem ölçüler hem de ölçülerden elde edilen alçı modeller taranmıştır. Silikon replika yöntemi kullanılarak yapılan marjinal ve internal aralık değerlendirmesi sonucunda, Trios 2 ve CS3600 ağız içi tarayıcıları ile üretilen zirkonya restorasyonların marjinal, aksiyal, aksiyo-oklüzal ve oklüzal uyumunun, ölçü ve ölçüden elde edilen alçı model taraması ile üretilen restorasyonlara göre anlamlı olarak daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Alçı modelin taranması ile üretilen restorasyonların marjinal uyum için en olumsuz sonuçları verdiği belirtilirken, ağız içi tarayıcıları olan Trios 2 ve CS3600 kullanılarak üretilen restorasyonların marjinal uyumlarının ise benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir.

Aksiyal aralık değerlerinde ağız içi tarayıcılar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Aksiyo-oklüzal aralıkta ise en düşük değeri molar dişte Trios 2 göstermiştir. Oklüzal aralık değerine bakıldığında premolar dişte ağız içi tarayıcılar anlamlı olarak daha iyi oldukları, molar dişte ise en düşük aralık değerini Trios 2 tarayıcısının gösterdiği bulunmuştur. Sonuçlar bizim çalışmamızla tutarlı olup bizim çalışmamızda da marjinal aralık değerlerinde ağız içi tarayıcıları laboratuvar tarayıcılarına göre daha iyi olduğu, ayrıca ağız içi tarayıcılarının birbirleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Aksiyo-oklüzal aralıkta bu çalışmanın sonuçları ile tutarlı olarak Trios 2 ağız içi tarayıcısının laboratuvar tarayıcılarından anlamlı şekilde daha düşük aralık değeri gösterdiği bulunurken, premolar dişte Trios 3 ve Trios 4 arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Söz konusu çalışma ile çalışmamızın tutarlı sonuçlar göstermesinin sebebi uygulanan methodların benzerliğinden kaynaklanmaktadır.

Nedelcu vd. (2018a) in-vivo olarak yaptıkları çalışmada konvansiyonel yöntemden yararlanılarak üretilen alçı modelin taranması ile elde edilen dijital model taramalarını ve ağız içi taramaları karşılaştırmışlardır. Alçı model polieter ölçü maddesi kullanılarak tek aşamada elde edilen ölçüden oluşturulmuştur. Ağız içi tarayıcısı olarak 3M True Definition, CEREC Omnicam ve Trios 3 kullanılırken, laboratuvar tarayıcısı olarak 3Shape D1000 kullanılmıştır. Hastanın kendisinin referans model olduğu çalışmada üst çene premolar dişler arasındaki bölge klinik ortamda ATOS Core 80 endüstriyel tarayıcısı kullanılarak taranmıştır. Oluşturulan dijital verilerin tümü best fit algoritması kullanılarak çakıştırılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda ağız içi ve laboratuvar tarayıcısı kullanılan yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada ağız içi tarayıcısı olarak Omnicam ve Trios 3, laboratuvar tarayıcısı olarak ise D900L kullanılmış ve internal aralık açısından Nedelcu vd. çalışması ile benzer sonuçlar vermiştir. Fakat marjinal aralık açısından farklı sonuçlar görülmüştür. Omnicam ve Trios 3'te laboratuvar tarayıcısı D900L'ye göre anlamlı olarak daha düşük aralık değerleri elde edilmiştir. Bu farklılığın nedeni tercih edilen konvansiyonel ölçü tekniğinden ve kullanılan ölçü materyali farklılığından olabileceği gibi verilerin karşılaştırma yönteminin farklılığından veya kullanılan laboratuvar tarayıcısının farklılığından kaynaklanmış olabilir. Diğer bir yandan taranılan bölgenin uzunluğu arttıkça ağız içi tarayıcılar ile oluşturulan verilerin daha çelişkili sonuçlar gösterdiği,

üye sayısının artması ile birlikte ağız içi tarayıcıların doğruluğunun ve hassasiyetinin değiştiği bildirilmiştir (Wismeijer vd., 2018). Bu sebepten dolayı yapılan çalışmada ağız içi tarayıcıların doğruluğunun etkilenmesi sebebi ile sonuçlarda fark bulunmadığı düşünülmektedir.

Benic vd. (2019) yapmış oldukları klinik çalışmada 10 hastaya, posterior bölgede 3 üyeli restorasyon yapmışlardır. 3 üyeli zirkonya altyapılı restorasyonları dijital (Lava Chairside, iTero, ve Cerec Bluecam) ve konvansiyonel iş akışına göre marjinal aralığı ve 4 farklı noktada internal aralığı silikon replika yöntemi ile değerlendirmiştir. Marjinal aralık değerini açısından Lava ($106.4 \pm 103.7 \mu\text{m}$), iTero ($91.4 \pm 95.2 \mu\text{m}$), ve Cerec Bluecam ($108.3 \pm 93.8 \mu\text{m}$) arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Aksiyal aralığa bakıldığında, iTero ($93.1 \pm 28.5 \mu\text{m}$), Lava ($105.8 \pm 37.7 \mu\text{m}$) ve Bluecam ($114.7 \pm 57 \mu\text{m}$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir. Aksiyal-oklüzal aralıkta ise Bluecam ağız içi tarayıcı ($142.4 \pm 68.7 \mu\text{m}$) Lava ağız içi tarayıcısına ($175.7 \pm 82.2 \mu\text{m}$) göre anlamlı olarak daha düşük değer göstermiştir. Oklüzal aralıkta ise iTero ($153.5 \pm 66.8 \mu\text{m}$), Lava ($203.3 \pm 127.9 \mu\text{m}$) ve Bluecam'e ($179.7 \pm 63.1 \mu\text{m}$) göre daha düşük değerler göstermiştir. Bu çalışma ile benzer olarak çalışmamızda kullandığımız ağız içi tarayıcılar arasında marjinal ve aksiyal aralıkta fark görülmemiştir. Aksiyal-oklüzal olarak kanin dişte Trios 4 ($86,2 \mu\text{m}$), Omnicam'e ($127.4 \mu\text{m}$) göre, premolar dişte ise Trios 3 ($95,1 \mu\text{m}$) ve Trios 4 ($89,4 \mu\text{m}$) Omnicam ($121,1 \mu\text{m}$) ve Primescan'a ($113,8 \mu\text{m}$) kıyasla anlamlı olarak daha iyi sonuçlar vermiştir. Oklüzal aralık değerlerinde kanin dişte tarayıcılar arasında anlamlı fark görülmemesine karşın premolar dişte Trios 3 ($103,1 \mu\text{m}$) ve Trios 4 ($89,1 \mu\text{m}$) Primescan'a ($135,2 \mu\text{m}$) göre anlamlı olarak daha iyi bulunmuştur. Benic vd. çalışmasındaki tarayıcıların aralık değerleri ile karşılaştırıldığında bizim çalışmamızda kullanılan tarayıcıların daha düşük sonuçlar verdiğini görmekteyiz. Bu durum tarayıcının tipinden kaynaklanmış olabileceği gibi uygulanan yöntemlerin uygulanma şekillerinden de kaynaklı olabilir. Ayrıca bahsedilen farkın söz konusu çalışmanın zirkonya altyapılı restorasyonlarda yapılmış olması mevcut çalışmamızın ise monolitik zirkonya restorasyonlarda yapılmasından kaynaklı olabileceği düşünülebilir.

Shembesh vd. (2017) tarafından yapılan in-vitro çalışmada çürüksüz, restore edilmemiş, çekilmiş insan dişleri kullanmıştır. Epoksi rezin içerisine gömülen alt

birinci premolar ve birinci molar dişlerin preparasyonu sonrası Caden iTero ve Lava True Definition ağız içi tarayıcıları kullanılarak taramaları yapılmıştır. Zirkonya üç üyeli monolitik olarak üretilen köprülerin marjinal uyumu, optik karşılaştırıcı ile her dişin dört noktasından değerlendirilmiştir. Lava True Definition tarayıcısı kullanılarak üretilen restorasyonların daha düşük marjinal aralık değeri gösterdiği rapor edilmiştir. Bu çalışmanın aksine bizim yaptığımız çalışmada kullanılan ağız içi tarayıcılar arasında marjinal aralık değerlerinde anlamlı farklılık görülmemiştir. Bu farklılığın sebebi kullanılan ölçüm yöntemlerinin farklılığından ya da kullanılan cihazların farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Belgin vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada, birinci molar eksik olacak şekilde fantom model üzerine monte ettikleri sol maksiller ikinci premolar ve ikinci molar insan dişlerini prepare etmişlerdir. Daha sonra model laboratuvar tarayıcısı olan D900L ve KIBT tarayıcısı i-CAT; Imaging Sciences ile taramış ve elde edilen taramalar STL formatına dönüştürülerek üç boyutlu modeller elde edilip 3 üye zirkonya alt yapılı köprü protezler tasarlayıp üretilmişlerdir. Marjinal aralık için belirli noktalardan kesit alınarak steromikroskop altında incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre KIBT'nin aralık değerleri D900L'ye göre daha yüksekti. Ayrıca molar dişte premolar dişe göre daha yüksek aralık değerleri gözlemlendiği belirtilmiştir.

Almeida e Silva vd. (2014) in-vitro olarak yaptıkları çalışmada dijital ve konvansiyonel ölçü teknikleri ile üretilen 4 üyeli zirkonya sabit protezlerin marjinal ve internal uyumlarını değerlendirmişlerdir. Titanyum ana model birinci premolar ve ikinci molar dişler destek olacak şekilde hazırlanmıştır. Dijital ölçü grubu için Lava COS ağız içi tarayıcısı, geleneksel ölçü grubu için ise polietil ölçü maddesi kullanılmıştır. Restorasyon ile diş arasındaki aralık değerleri hafif kıvamlı silikon ölçü materyali kullanılarak mikroskobik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. CAD/CAM sistemi kullanılarak yapılan ölçümlerde premolar dişin mezial ve molar dişin distalinde daha düşük marjinal ve internal aralık değeri göstermesi ile sonuçlanmasına rağmen Lava COS dijital ölçü grubu ile polietil (Impregum, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ölçü maddesi kullanılarak yapılan konvansiyonel ölçü grubu arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Her iki grubun sonuçları da klinik olarak kabul edilebilir sınırlar dahilinde bulunmuştur ve dijital

ölçü alınıp silikon replika yöntemi ile ölçüm yapılmıştır. Mevcut çalışmamız Almeida vd. yapmış olduğu çalışmanın sonuçları ile uyumludur.

Uluç vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada üst sağ lateral ve 1. molar dişin eksik olduğu senaryoda üst sağ santral, kanin ve ikinci molar dişlerin destek olarak kullanıldığı 5 üyeli monolitik zirkonya köprüler için, dişler önce 3Shape Trios 3 ve CEREC Omnicam ağız içi tarayıcılar ile taranmışlardır. Daha sonra polivinil siloksan ölçü materyali kullanılarak alınan konvansiyonel ölçü ve ölçüden elde edilen alçı model 3Shape E3 ve CEREC inEos X5 laboratuvar tarayıcıları ile taranmışlardır. Elde edilen dijital veriler STL formatına dönüştürülmüş ve tarayıcıların kendi CAD programlarında tasarımları yapıldıktan sonra üretim yapılmıştır. Marjinal ve internal aralığın ölçülmesinde üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Marjinal ve internal aralığın karşılaştırıldığı çalışmanın sonucunda, ağız içi tarayıcıları arasında marjinal bölgede anlamlı fark bulunmadığı belirtilmiştir, bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçları ile tutarlıdır. Fakat bizim çalışmamızdan farklı olarak oklüzal ve aksiyal yüzeylerde anlamlı farklılık olduğu rapor edilmiştir. Ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları karşılaştırıldığında ise anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir ve bu durum bizim çalışmamızın sonuçları ile tutarsızdır. Sonuçlardaki tutarsızlıkların sebebinin elde edilen tarama verilerinin söz konusu çalışmada STL formatında kullanılırken bizim verileri özel formatlarda kullanmamızdan kaynaklı olabilir. Çünkü veriler STL formatına çevrilerek tarayıcılar arasındaki farklılık ortadan kaldırılmıştır. Erozan ve Ozan'ın (2020) yapmış oldukları çalışma bu durumu desteklemektedir. Ayrıca tutarsızlığın başka bir sebebi de ölçüm yöntemi farklılığından kaynaklanabilmektedir.

Bosniac vd. (2019) yaptıkları in-vitro çalışmada 23 hastanın toplamda 63 dişi dahil edilerek, Trios 4 ve Omnicam ağız içi tarayıcıları ile dijital ölçüsü alınan tek kron restorasyonların marjinal aralığı silikon replika yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda marjinal aralık açısından dijital sistemlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin olmadığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmamızda tyodont frasco fantom modeli kullanılarak tek kron yerine köprü restorasyonunda Trios 4 ve Omnicam ağız içi tarayıcılarını marjinal uyum açısından karşılaştırılmıştır ve sonucunda Bosniac vd. sonuçlarına benzer olarak Trios 4 ve Omnicam'ın marjinal aralık değerlerinde anlamlı farklılık tesbit edilmemiştir. Fark

olmamasının olası sebebi, tarayıcıların mesh kalitesinin ve doğruluğunun az üyeli köprülerde anlamlı olarak etkilenmemesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Berrendero vd. (2016) 30 hasta üzerinde posterior dişler kullanılarak üretilen zirkonya tek kronların marjinal ve internal aralığını değerlendirmiştir. Direkt dijitalizasyon yönteminde ağız içi tarayıcısı Trios (Standard Cart Model), indirekt dijitalizasyon yöntemi için ise alçı modeller laboratuvar tarayıcısı 3Shape D700 kullanılarak taranmıştır. Kronların marjinal ve internal aralığı silikon replika yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kronların uyumu değerlendirildiğinde kullanılan ağız içi ve laboratuvar tarayıcılarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı rapor edilmiştir. Benzer bir çalışmada, Rödiger vd. (2017) aynı diş için Trios 4 ağız içi tarayıcısını ve laboratuvar tarayıcısı olan D700 ile üretilen zirkonya kron restorasyonlarının uyumları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmediği bildirilmiştir. Malaguti vd. (2017) Berrendero ve Rödiger'in çalışmalarından farklı olarak üst 1. molar diş üzerine Dental Wings Series 7 ve MHT tarayıcı kullanarak üretilen zirkonya kronlarda en iyi marjinal ve internal uyumun ağız içi tarayıcılar ile elde edildiğini, ölçü ve alçı modellerin taranmasıyla yapılan üretimlerin ise daha başarısız olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmada Malaguti vd. benzer olarak ağız içi tarayıcıların laboratuvar tarayıcılarına göre marjinal ve internal aralık değerlerinin anlamlı olarak daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ağız içi tarayıcıların anlamlı olarak daha iyi çıkmasının sebebi laboratuvar tarayıcısında taranacak modelin hazırlanmasında kullanılan konvansiyonel ölçünün ve ölçüden elde edilen alçı modelin doğruluğunun etkilenmesinden kaynaklı olabilir. Bu sebeple bizim çalışmamızda da benzer sonuçlar görülmüş olabilir.

Shimizu vd. (2017) yapmış oldukları in-vitro çalışmada molar diş için üretilen tek kronların doğruluk ve hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Çalışmada ana model olarak molar diş formunda prepare edilmiş çelik model kullanılmıştır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı ana modelin hem ağız içi tarayıcısı (3Shape Trios ve CEREC Omnicam) ile hem de laboratuvar tarayıcısı (3Shape D810) ile doğrudan taranmış olmasıdır. Sanal olarak tasarlanmış kronların marjinal ve internal aralıkları, koordinat ölçüm cihazı aracılığı ile karşılaştırılmıştır. Doğruluk değerlendirmesinde laboratuvar tarayıcılarının daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Ağız içi tarayıcılar arasında anlamlı fark bulunmazken, kullanılan üç

tarayıcının da tutarlılık değerlerinin benzediği rapor edilmiştir. Bu çalışmadan farklı olarak mevcut çalışmada köprü restorasyonu yapılmış ve laboratuvar tarayıcısı olarak D900L kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarının bizim çalışmamızın sonuçları ile benzerlikleri ağız içi tarayıcılar arasında anlamlı fark bulunmamasıdır.

Laboratuvar tarayıcısı sonuçları çalışmamızda anlamlı olarak daha kötü bulunmuştur. Shimizu vd. laboratuvar tarayıcısı ile elde ettikleri sonuçların daha iyi olması ise yöntem farklılığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ana modelin konvansiyonel ölçü alınmadan, laboratuvar tarayıcısı ile doğrudan taranması kullanılan laboratuvar tarayıcılarının hassasiyetinin ölçülmesinde geçerli olabilir ancak klinik uygulamasında indirekt dijitalizasyon yöntemiyle restorasyon üretimi iş akışında, konvansiyonel ölçünün ya da bu ölçüden elde edilen alçı modelin taranması gerekmektedir. Geleneksel yöntemler kullanılarak ölçü alınması ve alınan konvansiyonel ölçüden alçı model elde edilmesi sırasındaki aşamalarda hassasiyetin kaybedilebileceği bilinmektedir. Bu nedenle Shimizu vd. yapmış oldukları çalışmada bu aşamalar elimine edilerek referans modelin doğrudan laboratuvar tarayıcısında taranması ile elde edilen sonuçların istatistiksel olarak daha doğru değerler ortaya koyduğu düşünülmektedir.

Seelbach vd. (2013) yapmış oldukları in-vitro çalışmada tek kron restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını değerlendirmişlerdir. Farklı ölçü teknikleri ile üretilen kronların marjinal ve internal aralığa etkisini üç boyutlu koordinat ölçüm tekniği ile değerlendirmişlerdir ve internal aralık bakımından gruplar arasında farklılık bulunmadığını fakat marjinal aralık açısından polivinil siloksan ölçü materyalinin kullanıldığı çift fazlı tek aşamalı ölçü tekniği ile Lava COS ağız içi tarayıcı gruplarının polivinil siloksan ölçü materyalinin kullanıldığı çift fazlı tek aşamalı ölçü tekniğine göre daha başarılı sonuç verdiğini rapor etmişlerdir.

Laboratuvar tarayıcısı D900L hariç tüm tarayıcıların marjinal aralığı klinik olarak kabul edilebilir sınır dahilindeydi. En yüksek marjinal aralık değerleri sırasıyla laboratuvar tarayıcıları olan D900L ve inEos X5 gruplarında görülmüştür. Bunun nedeninin ise ölçü materyali ya da model taraması gibi farklı parametrelerin elde edilen verilerin doğruluğuna etki etmesi kaynaklı olduğu söylenebilir (Dutton vd., 2020). Ayrıca preparasyonu yapılan dişlerden ölçünün çıkarılması ve Tip IV alçıların sahip olduğu %0.06 ile %0.5 arasında lineer bir genişlemeye bağlı alçının

kendisinin deformasyonu restorasyonun marjinal uyumunu etkileyebildiği bildirilmiştir (Abdel-Azim vd., 2015).

Marjinal ve internal uyum, ölçü tekniğinin yanı sıra üretim tekniğinden de etkilenir (Rinke vd., 2012). Bu nedenle, ağız içi tarama ile üretilene benzer bir karşılaştırılabilir veri seti oluşturmak amacıyla laboratuvar tarayıcısıyla taranabilir bir ana model üretmek için konvansiyonel ölçü kullanılmıştır. Her iki ölçü tekniği için üretim sürecinde herhangi bir yanlışlıktan kaçınmak ve veri kaybına sebep olmamak için tarayıcıların özel formatlardaki verileri değiştirilmeden kendi tasarım programlarında tasarımları yapılarak, aynı zirkonya materyali ve aynı frezeleme tekniği kullanılmıştır. Bununla birlikte, mevcut çalışmanın tüm süreç zincirinin doğruluğunu, yani ölçü alma, model doğruluğu, tasarım yapılması, frezeleme süreci ve manuel uyarlamayı değerlendirdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, en iyi marjinal ve internal uyumu sağlamak yalnızca tek bir faktöre, örneğin tarama cihazının doğruluğuna bağlamak zordur (Benic vd., 2019).

Hamza ve Sherif (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, 30 monolitik zirkonya kronu, prepare edilmiş premolar diş formunda hazırlanan bir paslanmaz çelik analog üzerinde imal edilmiştir. Kullanılan monolitik zirkonya kron tipine ve kullanılan CAD/CAM sistemi frezeleme cihazına göre örnekler 5 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; MCXL frezeleme cihazı ile kazınmış Incoris TZI zirkonya TZ grubu; Ceramil Motion frezeleme cihazı ile kazınmış Ceramill Zolid zirkonya CZ grubu; Wieland frezeleme cihazı ile kazınmış Zenostar zirkonya ZZ grubu, Zirkozahn M1 frezeleme cihazı ile kazınmış Prettau zirkonya PZ grubu, S1 frezeleme cihazı ile kazınmış Bruxzir zirkonya BZ grubudur. Marjinal aralık, x100 orjinal büyütmede binoküler mikroskop ile ölçülmüştür. En yüksek marjinal aralık TZI grubunda ölçülmüştür ($39.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$). En düşük marjinal aralık ise BZ grubunda ölçülmüştür ($22.8 \pm 8.9 \mu\text{m}$). TZI grubunun sonuçları istatistiksel anlamlı olarak diğer gruplardan yüksek çıkmıştır ($P < 0.05$). PZ, BZ, ZZ, CZ grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P > 0.05$). TZI grubunun frezelendiği MXCL frezeleme cihazı 4 eksenli olup, çalışmada kullanılan diğer tüm cihazlar 5 eksenlidir. Bu sonuçlar, 5 eksenli bir CAD/CAM freze makinesinin bir restorasyonu yapmak için 4 eksenli bir freze makinesinden daha fazla zaman almasına rağmen, marjinal uyum açısından daha doğru restorasyonlar ürettiğini göstermektedir. Bu çalışmanın önemli bir

limitasyonu, farklı CAD/CAM sistemleri ile farklı materyaller kullanılmasıdır. Tarama ünitesi standardize edilmiş olsa da, freze üniteleri arasındaki farklar, restorasyonların üretim aşamasının standardizasyonunu bozmuş ve marjinal uyumunun tespit edilmesinde karışıklığa sebep olmuştur. Bunun önüne geçmek için bizim çalışmamızda, tek bir frezeleme cihazı kullanılarak, frezeleme cihazlarına bağlı değişkenleri ortadan kaldırılmıştır.

Seramik restorasyonların marjinal uyumunu belirlemek amacıyla in-vivo ve in-vitro olarak çok sayıda çalışma yapılmaktadır. İn-vivo yöntemle yapılan marjinal ve internal uyum çalışmalarında standardizasyonun sağlanması mümkün değildir. Teknik sebeplerden dolayı, in-vivo olarak uygulanabilen tek marjinal aralık ölçüm tekniği silikon replika tekniğidir. Fakat in-vitro olarak uygulanabilen x-ışını mikro tomografisi gibi farklı yöntemler kullanılarak elde edilen veriler kadar kesin veriler elde edilememektedir. Bunun yanında erişilebilirlik ve diş preparasyonunun görüş açısı gibi sebeplerden dolayı in-vivo yöntemler daha karmaşık ve zor hale gelebilmektedir (Boening vd., 2000). Ölçü kalitesi, hastanın uyumu, periodontal sağlık, kenar bitim sınırı, ölçü sırasında sulkusta meydana gelen kanama ve tükürük akışının hızı gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir (Syrek vd., 2010). Çevresel faktörlerin etkisini en aza indirebilmek amacıyla, optimal klinik koşullar sağlanarak sistemin doğruluğu test edilmelidir. İyi tasarlanmış in-vitro çalışmalar ile bu durum sağlanabilmektedir (Gassino vd., 2004). İn-vitro yöntemlerle ölçülen marjinal aralık değerleri, klinik uygulamalara rehber olabilecek bilgiler sağlamaktadır (Gemalmaz vd., 2001). Bu sebeple çalışmamız in-vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Restoratif materyalin marjinal bölgedeki hacmini belirleyen marjinal preparasyon tasarımı, restorasyonun marjinal uyumuna etki etmektedir. Sabit protetik restorasyonlarda farklı kenar bitim şeklinin marjinal uyum üzerine etkisi detaylı bir şekilde araştırılmıştır. (Belser vd., 1985; Gavelis vd., 1981; Quintas vd., 2004; Shillingburg vd., 1973; Suarez vd., 2003; Wöstmann vd., 2005) Ancak, bu konudaki çalışmaların sonuçlarının çelişkili olduğu görülmektedir. Gavelis vd. (1981) kenar bitim şeklinin marjinal aralık üzerinde olabilecek etkisinin simantasyon uygulaması sırasında meydana geldiğini savunmaktadırlar. Destek dişin aksiyal duvarının restorasyonun iç yüzeyinin aksiyal duvarı ile temas etmesi simanın kaçış yolunun azalmasına sebep olmaktadır. Bu durumda restorasyon içinde oluşan hidrostatik

basınç artar ve hastanın ısırma kuvvetiyle oluşan basınç hidrostatik basınca eşit olana kadar restorasyonun daha fazla oturması engellenmektedir. Eğer siman materyalinin sertleşmesi tam olarak tamamlanmamışsa, aksiyal duvarlardaki siman parçacıkları restorasyonun daha fazla oturmasını engelleyene kadar siman materyalinin kaçıışı devam etmektedir. Shoulder kenar bitim şeklinin restorasyonun oklüzal kuvvetlere direncini arttırdığı ve restorasyonda kırık oluşumuna sebep olabilecek gerilmeleri en az düzeye indirgemektedir. Estetik başarı ve sağlıklı restorasyon sınırları için alan oluşturmaktadır. Ayrıca shoulder basamak tipi daha net kenar bitim şekline sahip olduğundan simantasyon sırasında siman kaçıışına daha erken izin vererek restorasyonun uyumunu daha iyi sağladığı savunulmaktadır (Gavelis vd., 1981). Komine vd. (2007) chamfer, shoulder ve iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar bitim şeklinin restorasyonun marjinal aralığı üzerine olan etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığını rapor etmişlerdir. Ancak shoulder ve yuvarlatılmış shoulder kenar bitim şekillerinin chamfer kenar bitim şekline göre daha az marjinal aralık oluşturduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Memari vd., 2019). Bu nedenle çalışmamızda destek diş preparasyonunda iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar bitim şekli tercih edilmiştir.

Yapılan çalışmalar, üç üyeli zirkonya sabit protezlerin aksiyal ve oklüzal arasındaki siman boşluğunun 30 veya 50 μm 'ye ayarlanmasının kabul edilebilir bir marjinal aralık değeri sağladığını bildirmiştir (Suzuki vd., 2020).

Özçelik vd. (2018) farklı siman aralıklarına sahip restorasyonların marjinal uyumlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada 20-60 μm siman aralığına sahip grubun en düşük marjinal aralık değerlerini gösterdiklerini bildirmişlerdir. Farklı çalışmalar da benzer şekilde görüş bildirmişlerdir (Euán vd., 2014; Suzuki vd., 2020). 50 μm 'lik siman aralığı ile üretilen restorasyonlarda vertikal marjinal aralık için 59-68 μm ve 53-64 μm aralığında değerler elde edildiği bildirilmiştir (Euán vd., 2014; Suzuki vd., 2020). Üç üyeli zirkonya restorasyonlarda yapılan çalışmalar aksiyal ve oklüzal arasındaki siman boşluğunun 30 veya 50 μm 'ye ayarlanmasının kabul edilebilir bir marjinal aralık sağladığını bildirmiştir. Yapılan bir çalışmada ayarlanan siman aralığının 40 μm 'den az olduğu durumlarda marjinal aralıkların fazla olduğu görüldüğü ve siman aralığı ile marjinal uyum arasında negatif bir ilişki bulunduğu

rapor edilmiştir (Wilson, 1994). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda üretilen 3 üyeli zirkonya köprü restorasyonların marjinal ve internal uyumunu karşılaştırmak için siman aralığı değeri 50 µm olarak ayarlanmıştır.

Watanabe vd. (2003) aksiyalde yetersiz siman aralığının tutucunun iç yüzeyi ile destek dış arasında etkileşime neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, aksiyaldeki aralık değeri, kanin dişte inEos X5, Omnicam, D900L, Trios 3 ve Trios 4 tarayıcıları için oklüzaldekinden daha fazlaydı. Bu sonuçlar, siman aralığının kanin dişte yeterli olduğunu göstermektedir.

Simantasyon işleminin, restorasyonun marjinal aralığının ölçüm sonuçları üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir (Okutan vd., 2006; Stappert vd., 2004; Suarez vd., 2003; Wolfart vd., 2003). Marjinal aralık sıklıkla simantasyon işleminden sonra artmaktadır (Quintas vd., 2004). Simantasyon şartları sebebiyle simante edilen restorasyon yerine tam olarak oturamayıp marjinal uyumun bozulmasına sebep olabilmektedir (Gavelis vd., 1981; Gu & Kern 2003).

Jorgensen ve Petersen (1963) simantasyonun marjinal uyumda problem oluşturabileceğini fakat ince taneli simanların nispeten daha iyi sonuçlar verebileceğini rapor etmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalar simantasyon işleminden sonra marjinal aralık değerlerinin arttığını bildirmişlerdir (Beschnidt & Strub 1999; Okutan vd., 2006; Pera vd., 1994; Quintas vd., 2004; Stappert vd., 2004; Suarez vd., 2005; Ural vd., 2010; Wolfart vd., 2003). Ek olarak, restorasyon içerisine simanın fazla doldurulması ya da kontrolsüz parmak basıncı uygulanması gibi simantasyon işlemleri, aksiyel duvarların birinde kalın siman tabakasının oluşmasına, karşı duvarında ise ince siman tabakasının oluşmasına sebep olabilmektedir (Pilo & Cardash, 1998). Ayrıca, kullanılan siman materyali tipinin restorasyon uyumu üzerinde etkili bir faktör olduğu bildirilmiştir (Clark, 1995; Olivera & Saito, 2006; White & Kipnis, 1993).

Simantasyon esnasında destek dışın marjinal kenarının zarar görebileceği ve mevcut olan marjinal aralıktan daha büyük bir marjinal aralık meydana getirebileceği savunulmaktadır (Borba vd., 2011; Pak vd., 2010). Simantasyon işleminden sonra yapılan ölçümler, kullanılan ölçü tekniğinin marjinal uyum üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine imkan sağlamadığı bildirilmiştir (Groten vd., 1997).

Değerlendirmenin restorasyonlar simante edilmeden önce yapılması daha uygun

görülmektedir ve birçok araştırmacı çalışmalarını bu şekilde yürütmektedir (Contrepolis vd., 2013). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda tek bir ana model oluşturularak ve tekrarlayan simantasyonlar ile yüzey özelliklerinin değişebileceği ayrıca siman kalıntılarının marjinal ve internal uyumu etkileyebileceği göz önünde bulundurularak restorasyonlar simante edilmeden uyum değerlendirilmesi yapılmıştır.

Klinik çalışmalarda, restorasyonun uyum kalitesi intraoral radyografiler, dokusal değerlendirme ve replika tekniği ile tahmin edilebilir. Özellikle, replika tekniği, bir mikroskop kullanılarak diş ve restorasyon arasındaki aralığın silikon bir replikanın ölçülmesini içerir ve konumdan bağımsız olarak siman kalınlığının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesini sağlar (Park vd., 2020).

Doğru ölçüm sağlayan güvenilir ve noninvaziv bir yöntem olan bu teknik kullanıldığında, polivinil siloksan ölçü materyali restorasyon içerisine doldurulduğunda kronların dayanak diş üzerinde tutulması için parmak ile basınç uygulanabilir. Bu deneysel düzenleme klinik duruma benzer olsa da, bu durum kronlar üzerinde değişken kuvvetlere neden olabilir ve bu nedenle sonuçların değişkenliğini artırabilir (Arezoobakhsh vd., 2020). Bu sebepten dolayı mevcut çalışmamızda Kokubo vd. (2011) in-vitro çalışmasına göre restorasyonları dişlere oturtmak için güvenilir bir yöntem olan ve başka çalışmalarda da uygulanan, aynı zamanda standardizasyonu sağlayarak ve veri değişkenliği olasılığını ortadan kaldırmak için destek dişler üzerine özel bir düzenek ile 50 Newton (≈ 5 kg) ağırlığında kuvvet uygulanmıştır.

Pattamavilai ve Ongthiemsak (2022) yapmış oldukları çalışmada dört farklı tarama stratejisi (zig-zag, oklüzal-palatinal-bukkal, oklüzal-bukkal-palatinal, kanin-molar) ile Trios 3, Dental Wings ve True Definition ağız içi tarayıcıları ile tam ark taraması yapmışlardır. Üst çene modelin dört farklı bölgesine yerleştirilen 4 metal kürenin merkezleri arasındaki 6 mesafe ölçülmüştür. Çalışmanın sonucuna göre tarama stratejisinin ağız içi tarayıcıların doğruluk ve hassasiyetini etkilediği rapor edilmiştir. Ayrıca bazı tarayıcıların tüm tarama stratejileri ile kullanılabilceğini, bazılarının ise uygun tarama stratejisi ile kullanıldığında daha iyi doğruluk sağladığını bildirmişlerdir. Bu sebeple çalışmamızda herhangi bir yanlıktan

kaçınmak ve standardizasyon sağlamak amacıyla her firmanın önerdiği kendi tarama stratejisi kullanılmıştır.

Yapılan çalışmalar ağız içi tarayıcılar ile alınan ölçülerde hatalar oluşabileceğini bildirmektedir (Takeuchi vd., 2018; Rudolph vd., 2016). Bu hataların daha çok dik eğimli ve yüzeyi dar olan anterior dişlerde görülen sapmalar olduğu rapor edilmiştir (Mehl vd., 2009; Ender & Mehl, 2013). Bu sonuçlara göre bizim çalışmamızda kanin dişte oklüzal bölgede fark bulunmamasının ve premolar dişte ise Trios 3 ve Trios 4 tarayıcılarının daha iyi sonuçlar vermesi açıklanabilmektedir.

Chen vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada saf su ve yapay tükürük kullanarak dişin kuru, nemli ve ıslak olduğu durumları taklit etmişler ve Trios 3 ile Primescan ağız içi tarayıcıların doğruluk ve hassasiyetini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda en yüksek doğruluk ve hassasiyetin dişin kuru olduğu durumlarda elde edilebileceğini, en düşük doğruluk ve hassasiyetin ise dişin ıslak olduğu durumlarda meydana geldiğini bildirmiştir. Tarama doğruluğunu etkileyen bir diğer faktör de ışıklandırma koşullarıdır. Revilla-Leon vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada Trios 3 ağız içi tarayıcı ile ortalama doğruluk ve hassasiyetin doğal ışık (500 lux) koşullarında sağlanabileceğini rapor etmişlerdir. Ölçünün doğruluğunda etkili olan bu faktörler bizim çalışmamızda dikkate alınmadığından ağız içi tarayıcılar laboratuvar tarayıcılarına kıyasla daha doğru sonuçlar vermiş olabilir.

Farklı aydınlatma koşullarında ağız içi tarayıcıların mesh kalitesinin etkilendiği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada Trios 3'ün farklı ortamlarda daha yüksek doğruluk ve daha yüksek mesh kalitesi sağladığı, Omnicam'in ise daha düşük mesh kalitesi sağladığı bildirmiştir (Revilla-Leon vd., 2020). Çalışmamızda farklı bölgelerde ağız içi tarayıcılar arasında meydana gelen aralık değeri farklılıkları farklı ortamlarda yaptığımız taramalardaki aydınlatma koşulunun farklılığından ortaya çıkmış olabilir. Bu bilgiler doğrultusunda yapmış olduğumuz çalışmada premolar dişin aksiyo-oklüzal bölgesinde Trios 3 tarayıcının Omnicam'e göre daha iyi çıkması Trios 3'ün aydınlatma koşullarına bağlı mesh kalitesinin daha iyi olması ile açıklanabilir.

Yapılan on çalışmada polieter ve polivinil siloksan ölçü materyalleri arasında doğruluk açısından fark bulunamazken, yapılan çalışmaların sadece birinde polivinil siloksanın daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Akça, & Cehreli, 2004; Assuncao

vd., 2004; Cehreli, & Akça, 2006; Dauodi vd., 2001; Holst vd., 2007; Khan vd., 2021; Lee vd., 2008; Özkan vd., 2006; Rose vd., 2021; Wee, 2000; Wenz & Hertrampf, 2008). Her ne kadar polieter ölçü materyali rijiditesi bakımından implant ölçülerinde sıkça önerilse de yapılan çalışmalarda polivinil siloksan ile aralarında anlamlı fark bulunmamıştır. Bu ölçü materyalleri arasında doğruluk açısından fark olmamasından ve modelden polietere kıyasla daha kolay çıkarılabileceğinden dolayı çalışmamızda polivinil siloksan ölçü materyali tercih edilmiştir.

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde araştırmanın bulgularına dayalı olarak elde edilen sonuçlara ve bu sonuçlar doğrultusunda geliştirilen önerilere yer verilmiştir.

Sonuç

Bu karşılaştırmalı in-vitro çalışmanın sınırlamaları dahilinde;

1. D900L dışındaki tüm tarayıcıların marjinal aralık değerleri klinik kabul edilebilirlik aralığında ($<120 \mu\text{m}$) bulunmuştur.
2. Marjinal ve aksiyal aralık değerlerinin genellikle ağız içi tarayıcılarda laboratuvar tarayıcılarına göre daha düşük ($P<0.05$) ve birbirine benzer ($P>0.05$) olduğu görülmüştür.
3. En düşük marjinal aralık değeri Primescan'da, en yüksek aralık değeri ise D900L'de bulunmuştur. Oklüzal alanda her iki dayanak dişte de Primescan'da en yüksek uyumsuzluk değeri gözlenirken; kanin dişte en düşük uyumsuzluk Trios 3'te ve premolar dişte Trios 4'te gözlenmiştir.

Çalışmamızın tüm sonuçları değerlendirildiğinde, D900L laboratuvar tarayıcısı dışında kullanılan diğer tarayıcıların klinik olarak kabul edilebilir sınırlar dahilinde sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca en iyi sonuçların ağız içi tarayıcılarda olduğu belirlenmiştir. Ağız içi tarayıcıların laboratuvar tarayıcılarına iyi bir alternatif olarak önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

Öneriler

Araştırma Sonuçlarına Yönelik Öneriler

Ağız içi tarayıcılar kullanılarak üretilen 3 üyeli monolitik zirkonya köprü restorasyonları üstün bir uyum göstermektedir. Bu nedenle geleneksel protokollere alternatif olarak ağız içi tarayıcıların kullanılması önerilmektedir.

İleride Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler

Çalışmamız in-vitro bir çalışmadır. Bu sebeple gelecekte benzer senaryoların hastalar üzerinde ağız koşullarında yapılacak klinik çalışmalarda kanıta dayalı bir

yaklaşım sunulmalıdır. Literatürdeki çalışmaların çoğunluğu tek üye restorasyonların marjinal ve internal uyumunu incelemektedir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalar daha uzun monolitik köprü restorasyonların uyumlarını değerlendirmelidir. Hassas ölçüm yapmaya imkan sağlayan non-invaziv ölçüm tekniği olan üç boyutlu ölçüm tekniği kullanılmalıdır.

Kaynakça

- 3Shape A/S. (2014) Dental System Easy and Productive CAD/CAM Workflow. <https://docplayer.net/29911803-Dental-system-easy-and-productivecad-cam-workflows.html> (Erişim tarihi: 11.10.2021).
- 3Shape User manual | 3Shape Scanner User Manual. (June 2015). <https://manualzz.com/doc/6575993/3shape-scanner-user-manual> (Erişim tarihi: 12.10.2021).
- 3Shape. (2018). 3Shape E4. https://www.3shape.com/en/scanners/e4?gclid=Cj0KCQjwpImTBhCmARIsAKr58cxp836lQuT5JEgzpNbD5mW62fNI91PR7Br7v9XIYsQidiDguz6j3kcaAq8NEALw_wcB (Erişim tarihi: 22.04.2022).
- 3Shape. (2019). 3shape trios 4 intraoral scanner wins cellerant “best of class” award: 3shape A/S Denmark. <https://www.3shape.com/en/press/2019/3shape-trios-4-intraoral-scanner-wins-cellerant-best-of-class-award> (Erişim tarihi: 14.10.2021).
- Abdel-Azim, T., Rogers, K., Elathamna, E., Zandinejad, A., Metz, M., ve Morton, D. (2015). 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*, 114(4), 554–559. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.04.001>
- Abduo, J., Lyons, K., ve Bennamoun, M. (2014). Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *International journal of dentistry*, 2014, 783948. <https://doi.org/10.1155/2014/783948>
- Abduo, J., Lyons, K., ve Swain, M. (2010). Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *Journal of oral rehabilitation*, 37(11), 866–876. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02113.x>
- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., ve Kotiranta, U. (2018). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of prosthodontics*, 27(1), 35–41. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527>

- Ahmad Al-Hassiny. (March 20, 2019). Review of the Intraoral Scanners at IDS 2019. <https://instituteofdigitaldentistry.com/ids-2019/review-of-the-intra-oral-scanners-at-ids-2019/> (Erişim tarihi: 14.10.2021).
- Ahmed, K., E. (2018). We're Going Digital: The Current State of CAD/CAM Dentistry in Prosthodontics. *Primary dental journal*, 7(2), 30–35. <https://doi.org/10.1177/205016841800700205>
- Akça, K., ve Cehreli, M. C. (2004). Accuracy of 2 impression techniques for ITI implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 19(4), 517–523.
- Akın, A., Toksavul, S., ve Toman, M. (2015). Clinical marginal and internal adaptation of maxillary anterior single all-ceramic crowns and 2-year randomized controlled clinical trial. *J Prosthodont*, 24(5), 345-350. [10.1111/jopr.12217](https://doi.org/10.1111/jopr.12217)
- Alfaro, D., P., Ruse, N., D., Carvalho, R., M., ve Wyatt, C., C. (2015). Assessment of the Internal Fit of Lithium Disilicate Crowns Using Micro-CT. *Journal of prosthodontics*, 24(5), 381–386. <https://doi.org/10.1111/jopr.12274>
- Alghazzawi, T., F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of prosthodontic research*, 60(2), 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.01.003>
- Alkumru, H., Hullah, W., R., Marquis, P., M., ve Wilson, H., J. (1988). Factors affecting the fit of porcelain jacket crowns. *British dental journal*, 164(2), 39–43. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4806339>
- Almeida e Silva, J., S., Erdelt, K., Edelhoff, D., Araújo, É., Stimmelmayer, M., Vieira, L., C., ve Güth, J., F. (2014). Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clinical oral investigations*, 18(2), 515–523. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-0987-2>
- An, S., Kim, S., Choi, H., Lee, J., H., ve Moon, H., S. (2014). Evaluating the marginal fit of zirconia copings with digital impressions with an intraoral

digital scanner. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(5), 1171–1175.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.024>

Anadioti, E., Aquilino, S., A., Gratton, D., G., Holloway, J., A., Denry, I., Thomas, G., W., ve Qian, F. (2014). 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. *Journal of prosthodontics*, 23(8), 610–617.
<https://doi.org/10.1111/jopr.12180>

Anh, J. W., Park, J. M., Chun, Y. S., Kim, M., ve Kim, M. (2016). A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction. *The Korean Journal of Orthodontics*, 46(1), 3-12.

Anusavice, K., J. (2003). *Phillips' Science of Dental Materials*. 11. Baskı.
Philadelphia: W.B. Saunders Company.

Aragón, M., L., Pontes, L., F., Bichara, L., M., Flores-Mir, C., ve Normando, D. (2016). Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 38(4), 429–434. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjw033>

Arezoobakhsh, A., Shayegh, S., S., Jamali Ghomi, A., ve Hakimaneh, S. (2020). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(1), 105–112.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.10.023>

Assuncao, W. G., Filho, H. G., ve Zaniquelli, O. (2004). Evaluation of transfer impressions for osseointegrated implants at various angulations. *Implant Dentistry*, 13(4), 358–366. <https://doi.org/10.1097/01.id.0000144509.58901.f7>

Atieh, M., A., Ritter, A., V., Ko, C., C., ve Duqum, I. (2017). Accuracy evaluation of intraoral optical impressions: A clinical study using a reference appliance. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(3), 400–405.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.10.022>

- Aubreton, O., Bajard, A., Verney, B., ve Truchetet, F. (2013). Infrared system for 3D scanning of metallic surfaces. *Machine vision and applications*, 24(7), 1513-1524.
- Baig, M., R., Tan, K., B., C., ve Nicholls. J., I. (2010). Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. *J Prosthet Dent*, 104, 216-227.
- Bakıç, H., Kocacıklı, M., ve Korkmaz, T. (2021). Diş hekimliğinde güncel intraoral tarayıcılar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 289-304. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.713422>
- Balkaya, M., C., Cinar, A., ve Pamuk, S. (2005). Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all-ceramic crown systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(4), 346–355. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.02.003>
- Bassett, R., W., Vander Heide, J., D., ve Smith, D., D. (1969). Clinically oriented tests comparing accuracy of elastic impression materials. *Journal - Southern California Dental Association*, 37(2), 47–57.
- Belgin, H., B., Kale, E., Özçelik, T., B., ve Yilmaz, B. (2021). Marginal fit of 3-unit CAD-CAM zirconia frameworks fabricated using cone beam computed tomography scans: an experimental study. *Odontology*, 10.1007/s10266-021-00668-3. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10266-021-00668-3>
- Belser, U., C., MacEntee, M., I., ve Richter, W., A. (1985). Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo: a scanning electron microscope study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 53(1), 24–29. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(85\)90058-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(85)90058-7)
- Benic, G., I., Sailer, I., Zeltner, M., Gütermann, J., N., Özcan, M., ve Mühlemann, S. (2019). Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part III: Marginal and internal fit. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(3), 426–431. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.05.014>

- Ben-İzhak, G., Shely, A., Koton, O., Meirowitz, A., Levartovsky, S., ve Dolev, E. (2021). (In-Vitro Comparison between Closed Versus Open CAD/CAM Systems) Comparison between Closed and Open CAD/CAM Systems by Evaluating the Marginal Fit of Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic Crowns. *Applied Sciences*, 11(10)4534. [10.3390/app11104534](https://doi.org/10.3390/app11104534)
- Benli, M. (2017). Dijital ölçü yöntemlerinin protetik restorasyonların marjinal ve internal uyumlarına etkisinin değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Uzmanlık Eğitimi Bitirme Tezi, 2017, İstanbul (Danışman: Doç. Dr. Bilge Gökçen-Rohlig).
- Bernhard Moldenhauer, Matthias Diessner. (May 19, 2011). Moving the dental world from analog to digital – 3Shape’s success story continues. <https://la.dentaltribune.com/news/moving-the-dental-world-from-analog-to-digital-3shapes-success-story-continues-4/> (Erişim tarihi: 09.10.2021).
- Berrendero, S., Salido, M., P., Valverde, A., Ferreiroa, A., ve Pradíes, G. (2016). Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clinical oral investigations*, 20(9), 2403–2410. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1714-6>
- Beschmidt, S., M., ve Strub, J., R. (1999). Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *Journal of oral rehabilitation*, 26(7), 582–593. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1999.00449.x>
- Beuer, F., Schweiger, J., ve Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*, 204(9), 505–511. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350>
- Birnbaum, N., S., Aaronson, H., B., Stevens, C., ve Cohen, B. (2009). 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside Dentistry*, 5(4), 70-4.
- BLZ Dental. (2021). Dental lab scanner LS100. https://www.blz-dental.com/lab-scanner/?gclid=CjwKCAjwx46TBhBhEiwArA_DjNcV1uuryaDX8WXQdV

LEb705YgKNPCR3CHbWhr8fymr9Z56y3Rra9hoC5UMQAvD_BwE
(Erişim tarihi: 23.04.2022)

- Boeddinghaus, M., Breloer, E., S., Rehmann, P., ve Wöstmann, B. (2015). Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clinical oral investigations*, 19(8), 2027–2034. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1430-7>
- Boening, K., W., Wolf, B., H., Schmidt, A., E., Kästner, K., ve Walter, M., H. (2000). Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 84(4), 419–424. <https://doi.org/10.1067/mpr.2000.109125>
- Boitelle, P., Mawussi, B., Tapie, L., ve Fromentin, O. (2014). A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *Journal of oral rehabilitation*, 41(11), 853–874. <https://doi.org/10.1111/joor.12205>
- Borba, M., Cesar, P., F., Griggs, J., A., ve Della Bona, Á. (2011). Adaptation of all-ceramic fixed partial dentures. *Dental materials*, 27(11), 1119–1126. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.08.004>
- Borba, M., Miranda, W., G., Jr, Cesar, P., F., Griggs, J., A., ve Bona, A., D. (2013). Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. *Brazilian oral research*, 27(5), 396–402. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242013000500003>
- Bosniac, P., Rehmann, P., ve Wöstmann, B. (2019). Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clinical oral investigations*, 23(5), 2421–2427. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2679-4>
- Braden, M. (1976). The quest for a new impression rubber. *Journal of dentistry*, 4(1), 1–4. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(76\)90062-2](https://doi.org/10.1016/0300-5712(76)90062-2)
- Burgner, J., Simpson, A. L., Fitzpatrick, J. M., Lathrop, R. A., Herrell, S. D., Miga, M. I., ve Webster III, R. J. (2013). A study on the theoretical and practical accuracy of conoscopic holography-based surface measurements: toward

- image registration in minimally invasive surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 9(2), 190-203.
- Caputi, S., ve Varvara, G. (2008). Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophasic, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 99(4), 274–281. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60061-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60061-X)
- Cehreli, M. C., ve Akça, K. (2006). Impression techniques and misfit-induced strains on implant-supported superstructures: an in vitro study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 26(4), 379–385.
- Chee, W., W., Donovan, T., E., ve Kahn, R., L. (1991). Indirect inhibition of polymerization of a polyvinyl siloxane impression material: a case report. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985), 22(2), 133–135.
- Chee, W., W., ve Donovan, T., E. (1992). Polyvinyl siloxane impression materials: a review of properties and techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*, 68(5), 728–732. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90192-d](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90192-d)
- Chen, Y., Zhai, Z., Li, H., Yamada, S., Matsuoka, T., Ono, S., ve Nakano, T. (2021). Influence of liquid on the tooth surface on the accuracy of intraoral scanners: An in vitro study. *Journal of prosthodontics*, 10.1111/jopr.13358. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/jopr.13358>
- Christensen G., J. (1997). What category of impression material is best for your practice? *Journal of the American Dental Association*, 128(7), 1026–1028. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1997.0312>
- Christensen G., J. (2008). In-office CAD/CAM milling of restorations: the future? *Journal of the American Dental Association*, 139(1), 83–85. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0025>
- Clark, M. T., Richards, M. W., & Meiers, J. C. (1995). Seating accuracy and fracture strength of vented and nonvented ceramic crowns luted with three cements. *The Journal of prosthetic dentistry*, 74(1), 18–24. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(05\)80223-9](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(05)80223-9)

- Colpani, J., T., Borba, M., ve Della Bona, A. (2013). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. *Dental materials*, 29(2), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.10.012>
- Contrepolis, M., Soenen, A., Bartala, M., ve Laviolle, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 110(6), 447–454.e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.08.003>
- Correia, A., R., M., Fernandes, J., C., A., S., Cardoso, J., A., P., ve Silva, C., F., C., L. (2013). CAD-CAM: informatics applied to fixed prosthodontics. *Revista de Odontologia da UNESP*, 35(2), 183-189.
- Creodont. (2022). A Review of Digital Impression Technology. <https://creodontal.com/a-review-of-digital-impression-technology/> (Erişim tarihi: 23.04.2022)
- Daoudi, M. F., Setchell, D. J., ve Searson, L. J. (2001). A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. *The International journal of prosthodontics*, 14(2), 152–158.
- Dauti, R., Cvikl, B., Franz, A., Schwarze, U. Y., Lilaj, B., Rybaczek, T., ve Moritz, A. (2016). Comparison of marginal fit of cemented zirconia copings manufactured after digital impression with lava™ C.O.S and conventional impression technique. *BMC oral health*, 16(1), 129. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0323-8>
- Donovan, T., E., ve Chee, W., W. (2004). A review of contemporary impression materials and techniques. *Dental clinics of North America*, 48(2), vi–470. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.014>
- Dutton, E., Ludlow, M., Mennito, A., Kelly, A., Evans, Z., Culp, A., Kessler, R., ve Renne, W. (2020). The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 32(2), 204–218. <https://doi.org/10.1111/jerd.12528>

- DWOS. (2017). Laboratory Solutions. <http://www.dwos.co.kr/brochures/DW2017-03.pdf> Saunders. (2003). Phillips' science of dental materials|Science of dental materials. St. Louis, Mo.
- Emir, F., Ayyıldız, S. (2019). Evaluation of the trueness and precision of eight extraoral laboratory scanners with a complete-arch model: a three-dimensional analysis. *Journal Of Prosthodontic Research*, 63(4), 434-439. doi: 10.1016/j.jpor.2019.03.001
- Ender, A., ve Mehl, A. (2011). Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study. *International journal of computerized dentistry*, 14(1), 11–21.
- Ender, A., ve Mehl, A. (2013). Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *The Journal of prosthetic dentistry*, 109(2), 121-128.
- Ender, A., Zimmermann, M., Attin, T., ve Mehl A. (2016). In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig*, 20(7), 1495-504. 10.1007/s00784-015-1641-y
- Ender, A., Zimmermann, M., ve Mehl, A. (2019). Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International journal of computerized dentistry*, 22(1), 11–19.
- Enkling, N., Bayer, S., Jöhren, P., ve Mericske-Stern, R. (2012). Vinylsiloxanether: a new impression material. Clinical study of implant impressions with vinylsiloxanether versus polyether materials. *Clinical implant dentistry and related research*, 14(1), 144–151. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2009.00240.x>
- Erozan, Ç., ve Ozan, O. (2020). Evaluation of the Precision of Different Intraoral Scanner-Computer Aided Design (CAD) Software Combinations in Digital Dentistry. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 26, e918529. <https://doi.org/10.12659/MSM.918529>

- Ersu, B., Yüzügüllü, B., ve Canay, R., Ş. (2008). Sabit restorasyonlarda CAD/CAM uygulamaları. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 32(2), 58-72.
- Euán, R., Figueras-Álvarez, O., Cabratosa-Termes, J., ve Oliver-Parra, R. (2014). Marginal adaptation of zirconium dioxide copings: influence of the CAD/CAM system and the finish line design. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.10.012>
- Farjood, E., Vojdani, M., Torabi, K., ve Khaledi, A., A. (2017). Marginal and internal fit of metal copings fabricated with rapid prototyping and conventional waxing. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(1), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.04.010>
- Fasbinder, D. (2012). Using digital technology to enhance restorative dentistry. *Compendium of continuing education in dentistry*, 33(9):666-668.
- Fisker R, Öjelund H, Kjær R, Van Der Poel M, Qazi A., A, ve Hollenbeck K., J. Focus scanning apparatus. International Publication. Patent 2010/145669 A1.
- Flügge, T., V., Schlager, S., Nelson, K., Nahles, S., ve Metzger, M., C. (2013). Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 144(3), 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.04.017>
- Fransson, B., Oilo, G., ve Gjeitanger, R. (1985). The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study. *Dental materials*, 1(5), 197–199. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(85\)80019-1](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(85)80019-1)
- Galhano, G., Á., Pellizzer, E., P., ve Mazaro, J., V. (2012). Optical impression systems for CAD-CAM restorations. *The Journal of craniofacial surgery*, 23(6), e575–e579. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e31826b8043>
- Gan, N., Xiong, Y., ve Jiao, T. (2016). Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PLoS One*, 11(7), e0158800.

- Gassino, G., Barone Monfrin, S., Scanu, M., Spina, G., ve Preti, G. (2004). Marginal adaptation of fixed prosthodontics: a new in vitro 360-degree external examination procedure. *The International journal of prosthodontics*, 17(2), 218–223.
- Gavelis, J., R., Morency, J., D., Riley, E., D., ve Sozio, R., B. (1981). The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 45(2), 138–145.
[https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90330-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90330-9)
- Gemalmaz, D., Ozcan, M., ve Alkumru, H., N. (2001). A clinical evaluation of ceramic inlays bonded with different luting agents. *The journal of adhesive dentistry*, 3(3), 273–283.
- Geng, J. (2011). Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. *Advances in Optics and Photonics*, 3(2), 128-160.
- Goldberg, A., J. (1990). Deterioration of restorative materials and the risk for secondary caries. *Advances in dental research*, 4, 14–18.
<https://doi.org/10.1177/08959374900040010201>
- Gonçalves, F., S., Popoff, D., A., Castro, C., D., Silva, G., C., Magalhães, C., S., ve Moreira, A., N. (2011). Dimensional stability of elastomeric impression materials: a critical review of the literature. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*, 19(4), 163–166.
- Grant, G., T., Campbell, S., D., Masri, R., M., Andersen, M., R., ve American College of Prosthodontists Digital Dentistry Glossary Development Task Force. (2016). Glossary of Digital Dental Terms: American College of Prosthodontists. *Journal of prosthodontics*, 25(2), S2–S9.
<https://doi.org/10.1111/jopr.12532>
- Groten, M., Girthofer, S., ve Pröbster, L. (1997). Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *Journal of oral rehabilitation*, 24(12), 871–881.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1997.00592.x>

- Gu, X., H., ve Kern, M. (2003). Marginal discrepancies and leakage of all-ceramic crowns: influence of luting agents and aging conditions. *The International journal of prosthodontics*, 16(2), 109–116.
- Güth, J., F., Keul, C., Stimmelmayer, M., Beuer, F., ve Edelhoff, D. (2013). Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical oral investigations*, 17(4), 1201–1208. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0795-0>
- Hack, G., D., ve Patzelt, S., B., M. (2015). Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: an in-vitro investigation. *American Dental Association*, 10(4), 1-5.
- Hamalian, T., A., Nasr, E., ve Chidiac, J., J. (2011). Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *Journal of prosthodontics*, 20(2), 153–160. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00673.x>
- Hamza, T., A., Ezzat, H., A., El-Hossary, M., M., Katamish, H., A., Shokry, T., E., ve Rosenstiel, S., F. (2013). Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 109(2), 83–87. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60020-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60020-7)
- Hamza, T., A., ve Sherif, R., M. (2017). In vitro evaluation of marginal discrepancy of monolithic zirconia restorations fabricated with different CAD-CAM systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(6), 762–766. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.011>
- Herbert T. Shillingburg., Sumiya, H., Lowell D., W., Susan E., B. (2010). *Sabit Protezin Temelleri 3. Baskı*.
- Hmaidouch, R., Neumann, P., ve Mueller, W., D. (2011). 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*, 14(3), 219–226.

- Holmes, J., R., Bayne, S., C., Holland, G., A., ve Sulik, W., D. (1989). Considerations in measurement of marginal fit. *The Journal of prosthetic dentistry*, 62(4), 405–408. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90170-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90170-4)
- Holmes, J., R., Sulik, W., D., Holland, G., A., ve Bayne, S., C. (1992). Marginal fit of castable ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 67(5), 594–599. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90153-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90153-2)
- Holst, S., Blatz, M. B., Bergler, M., Goellner, M., ve Wichmann, M. (2007). Influence of impression material and time on the 3-dimensional accuracy of implant impressions. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985), 38(1), 67–73.
- Hsuan. (2019). New kid on the block: Primescan and what it means for current and potential users. <https://www.cerecdigest.net/2019/02/06/new-kid-on-the-block-primescan-and-what-it-means/> (Erişim tarihi: 15.10.2021)
- Hung, S., H., Hung, K., S., Eick, J., D., ve Chappell, R., P. (1990). Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *The Journal of prosthetic dentistry*, 63(1), 26–31. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90260-j](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90260-j)
- Idris, B., Houston, F., ve Claffey, N. (1995). Comparison of the dimensional accuracy of one- and two-step techniques with the use of putty/wash addition silicone impression materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 74(5), 535–541. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(05\)80358-0](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(05)80358-0)
- In Anusavice, K. J., Phillips, R. W., In Shen, C., & In Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials*. Elsevier/Saunders.
- Irfan, U., Aslam, K., ve Nadim, R. (2015). A review on cad cam in dentistry. *Journal of pakistan dental association*, 24(03), 112.
- Jacobs, M., S., ve Windeler, A., S. (1991). An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65(3), 436–442. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(91\)90239-s](https://doi.org/10.1016/0022-3913(91)90239-s)

- James B. Pawley. (2006). *Handbook Of Biological Confocal Microscopy*. 3 ed. New York: Springer.
- Jedynakiewicz, N., M., ve Martin, N. (2001). CEREC: science, research, and clinical application. *Compendium of continuing education in dentistry*, 22(6), 7–13.
- Jeon, J., Choi, B., Kim, C., Kim, J., Kim, H., Kim, W. (2015). Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light scanners. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*, 114(4), 549-553. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.04.019
- Jesús Suárez, M., Lozano, J., F., Paz Salido, M., ve Martínez, F. (2005). Marginal fit of titanium metal-ceramic crowns. *The International journal of prosthodontics*, 18(5), 390–391.
- Jorgensen, K., D., ve Petersen, G., F. (1963). The grain size of zinc phosphate cements. *Acta odontologica scandinavica*, 21, 255–270.
<https://doi.org/10.3109/00016356308993960>
- Kachalia, P., R., ve Geissberger, M., J. (2010). Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *Journal of the California Dental Association*, 38(5), 323–330.
- Kalaycı, B., B., ve Bayindir, F. (2015). Güncel dental bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim sistemleri. *Atatürk üniversitesi diş hekimliği fakültesi dergisi*, 25, 129-136.
- Kaleli, N., ve Saraç, D. (2017). Influence of porcelain firing and cementation on the marginal adaptation of metal-ceramic restorations prepared by different methods. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(5), 656–661.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.08.016>
- Kanehira, M., Finger, W., J., ve Endo, T. (2006). Volatilization of components from and water absorption of polyether impressions. *Journal of dentistry*, 34(2), 134–138. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.05.003>

- Kang, B., Son, K., ve Lee, K. (2020). Accuracy of five intraoral scanners and two laboratory scanners for a complete arch: A comparative in vitro study. *Applied Science* 2020;10:74. <https://doi.org/10.3390/app10010074>
- Kapos, T., ve Evans, C. (2014). CAD/CAM technology for implant abutments, crowns, and superstructures. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 29, 117–136. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g2.3>
- Karlsson, S. (1993) The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand*, 51(3), 129-134.
- KaVo Dental GmbH. (2012). KaVo Arctica Scan Operator's manual. https://www.kavo.com/download-center?f%5B0%5D=field_resource_product%3A2416&f%5B1%5D=field_resource_language%3A573 (Erişim tarihi: 08.10.2021).
- Khan, S. A., Singh, S., Neyaz, N., Jaiswal, M. M., Tanwar, A. S., ve Singh, A. (2021). Comparison of Dimensional Accuracy of Three Different Impression Materials Using Three Different Techniques for Implant Impressions: An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 22(2), 172-178.
- Kim, K., B., Kim, J., H., Kim, W., C., Kim, H., Y., ve Kim, J., H. (2013). 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*, 5(2), 179–186. <https://doi.org/10.4047/jap.2013.5.2.179>
- Kim, K., B., Kim, J., H., Kim, W., C., ve Kim, J., H. (2014). Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(6), 1432–1436. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.07.002>
- Kim, R., J., Benic, G., I., ve Park, J., M. (2019). Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position. *PloS one*, 14(11), e0222070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222070>

- Kim, R., J., Park, J., M., ve Shim, J., S. (2018). Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(6), 895–903.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.01.035>
- Kocaağaoğlu, H., Kılınç, H., I., Albayrak, H., ve Kara, M. (2016). In vitro evaluation of marginal, axial, and occlusal discrepancies in metal ceramic restorations produced with new technologies. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(3), 368–374. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.013>
- Kocaağaoğlu, H., Kılınç, H., I., ve Albayrak, H. (2017). Effect of digital impressions and production protocols on the adaptation of zirconia copings. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(1), 102–108.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.06.004>
- Kokubo, Y., Tsumita, M., Kano, T., Sakurai, S., ve Fukushima, S. (2011). Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramic crowns. *Journal of prosthodontic research*, 55(1), 40–43.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2010.09.001>
- Komine, F., Iwai, T., Kobayashi, K., ve Matsumura, H. (2007). Marginal and internal adaptation of zirconium dioxide ceramic copings and crowns with different finish line designs. *Dental materials journal*, 26(5), 659–664.
<https://doi.org/10.4012/dmj.26.659>
- Koski, R., E. (1977). Comparative study of selected alginate materials and devices. *Journal of the American Dental Association*, 94(4), 713–716.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1977.0342>
- Lee, B., Oh, K., C., Haam, D., Lee, J., H., ve Moon, H., S. (2018). Evaluation of the fit of zirconia copings fabricated by direct and indirect digital scanning procedures. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(2), 225–231.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.08.003>
- Lee, H., Ercoli, C., Funkenbusch, P. D., ve Feng, C. (2008). Effect of subgingival depth of implant placement on the dimensional accuracy of the implant

impression: an in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 99(2), 107–113. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60026-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60026-8)

- Liu, Y., Ye, H., Wang, Y., Zhao, Y., Sun, Y., ve Zhou, Y. (2018). Three-Dimensional analysis of internal adaptations of crowns cast from resin patterns fabricated using computer-aided design/computer-assisted manufacturing technologies. *The International journal of prosthodontics*, 31(4), 386–393. <https://doi.org/10.11607/ijp.5678>
- Logozzo, S., Franceschini, G., Kilpelä, A., Caponi, M., Governi, L., ve Blois, L. (2011). A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*, 5(1), 1-18.
- Logozzo, S., Zanetti, E., M., Franceschini, G., Kilpelä, A., ve Mäkyänen, A. (2014). Recent advances in dental optics–Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 54, 203-221.
- Lu, H., Nguyen, B., ve Powers, J. M. (2004). Mechanical properties of 3 hydrophilic addition silicone and polyether elastomeric impression materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 92(2), 151–154. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.05.016>
- Luthardt, R., G., Bornemann, G., Lemelson, S., Walter, M., H., ve Hüls, A. (2004). An innovative method for evaluation of the 3-D internal fit of CAD/CAM crowns fabricated after direct optical versus indirect laser scan digitizing. *The International journal of prosthodontics*, 17(6), 680–685.
- Luthardt, R., G., Kühmstedt, P., ve Walter, M., H. (2003). A new method for the computer-aided evaluation of three-dimensional changes in gypsum materials. *Dental materials*, 19(1), 19–24. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(02\)00013-1](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(02)00013-1)
- Malaguti, G., Rossi, R., Marziali, B., Esposito, A., Bruno, G., Dariol, C., ve DI Fiore, A. (2017). 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), 21–27. <https://doi.org/10.11138/orl/2016.9.1S.021>

- Mangano, F., G., Hauschild, U., Veronesi, G., Imburgia, M., Mangano, C., ve Admakin, O. (2019). Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. *BMC oral health*, 19(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0792-7>
- Marchack, B., W., Sato, S., Marchack, C., B., ve White, S., N. (2011). Complete and partial contour zirconia designs for crowns and fixed dental prostheses: a clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*, 106(3), 145–152. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60112-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60112-1)
- Marković, D., Puškar, T., Hadžistević, M., Potran, M., Blažić, L., ve Hodolič, J. (2012). The dimensional stability of elastomeric dental impression materials. *Contemporary materials*, 3(1), 105-110.
- Martínez-Rus, F., Suárez, M., J., Rivera, B., ve Pradiés, G. (2011). Evaluation of the absolute marginal discrepancy of zirconia-based ceramic copings. *The Journal of prosthetic dentistry*, 105(2), 108–114. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60009-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60009-7)
- Matta, R., E., Schmitt, J., Wichmann, M., ve Holst, S. (2012). Circumferential fit assessment of CAD/CAM single crowns--a pilot investigation on a new virtual analytical protocol. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)*, 43(9), 801–809.
- McLean, J., W., ve von Fraunhofer, J., A. (1971). The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *British dental journal*, 131(3), 107–111. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4802708>
- Medina-Sotomayor, P., Pascual-Moscardo, A., ve Camps A., I. (2019). Accuracy of 4 digital scanning systems on prepared teeth digitally isolated from a complete dental arch. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(5), 811–820. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.08.020>
- Mehl, A., Ender, A., Mörmann, W., ve Attin, T. H. (2009). Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *International journal of computerized dentistry*, 12(1), 11-28.

- Memari, Y., Mohajerfar, M., Armin, A., Kamalian, F., Rezayani, V., ve Beyabanaki, E. (2019). Marginal Adaptation of CAD/CAM All-Ceramic Crowns Made by Different Impression Methods: A Literature Review. *Journal of prosthodontics*, 28(2), e536–e544. <https://doi.org/10.1111/jopr.12800>
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., ve Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*, 28(1), 44–56. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.44>
- Moldenhauer B., Diessner M. (2011). Moving the dental world from analog to digital. *CAD/CAM TRIBUNE*. <https://la.dental-tribune.com/news/moving-the-dental-world-from-analog-to-digital-3shapes-success-story-continues-4/> (Erişim tarihi: 12.10.2021)
- Moldovan, O., Luthardt, R., G., Corcodel, N., ve Rudolph, H. (2011). Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dental materials*, 27(12), 1273–1278. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.006>
- Mörmann, W., H. (2006). The evolution of the CEREC system. *Journal of the american dental association* (1939), 137, 7S–13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>
- Mörmann, W., H., ve Bindl, A. (2002). All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dental clinics of North America*, 46(2), 405–426. [https://doi.org/10.1016/s0011-8532\(01\)00007-6](https://doi.org/10.1016/s0011-8532(01)00007-6)
- Müller, P., Ender, A., Joda, T., ve Katsoulis, J. (2016). Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. *Quintessence international*, 47(4).
- Naidu, D., ve Freer, T., J. (2013). The evidence supporting methods of tooth width measurement: Part II. Digital models and intra-oral scanners. *Australian orthodontic journal*, 29(2), 164–169.
- Nawafleh, N., A., Mack, F., Evans, J., Mackay, J., ve Hatamleh, M., M. (2013). Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of

crowns and FDPs: a literature review. *Journal of prosthodontics*, 22(5), 419–428. <https://doi.org/10.1111/jopr.12006>

Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., Rydén, J., ve Thor, A. (2018a). Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *Journal of dentistry*, 69, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.12.006>

Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., ve Thor, A. (2018b). Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC oral health*, 18(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0489-3>

Ng, J., Ruse, D., ve Wyatt, C. (2014). A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(3), 555–560. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.002>

O'Brien, W. (2002). *Dental Materials and Their Selection*, Third edition. Quintessence publishing Inc.Co. 90-119.

Oh, K., C., Park, J., M., ve Moon, H., S. (2020). Effects of scanning strategy and scanner type on the accuracy of intraoral scans: A new approach for assessing the accuracy of scanned data. *Journal of prosthodontics*, 29(6), 518–523. <https://doi.org/10.1111/jopr.13158>

Okutan, M., Heydecke, G., Butz, F., ve Strub, J., R. (2006). Fracture load and marginal fit of shrinkage-free ZrSiO₄ all-ceramic crowns after chewing simulation. *Journal of oral rehabilitation*, 33(11), 827–832. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2006.01637.x>

Olivera, A., B., ve Saito, T. (2006). The effect of die spacer on retention and fitting of complete cast crowns. *Journal of prosthodontics*, 15(4), 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00113.x>

Önöral, Ö., Ulusoy, M., Seker, E., ve Etikan, İ. (2018). Influence of repeated firings on marginal, axial, axio-occlusal, and occlusal fit of metal-ceramic

- restorations fabricated with different techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(3), 415–420. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.11.022>
- Ortega, R., Gonzalo, E., Gomez-Polo, M., ve Suárez, M., J. (2015). Marginal and internal discrepancies of posterior zirconia-based crowns fabricated with three different cad/cam systems versus metal-ceramic. *The International journal of prosthodontics*, 28(5), 509–511. <https://doi.org/10.11607/ijp.4359>
- Oyar, P., Ulusoy, M., ve Durkan, R. (2022). Effects of repeated use of tungsten carbide burs on the surface roughness and contact angles of a CAD-CAM PMMA dentures bade resin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.11.032>
- Özal, Ç., Ulusoy, M. (2021). In-vitro evaluation of marginal and internal fit of 3-unit monolithic zirconia restorations fabricated using digital scanning technologies. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 13(6), 373-384. <https://doi.org/10.4047/jap.2021.13.6.373>
- Özçelik, T., B., Yilmaz, B., Şeker, E., ve Shah, K. (2018). Marginal adaptation of provisional cad/cam restorations fabricated using various simulated digital cement space settings. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(5), 1064–1069. <https://doi.org/10.11607/jomi.6271>
- Özkan, Y., Özcan, M., Akalin, F., Özkan, Y.K., Valandro, F., Faria, R. (2006). Evaluation of the methods used for impression making for different implant systems in prosthetic dentistry. *Cienc Odontol Bras*, 9:21-33
- Pak, H., S., Han, J., S., Lee, J., B., Kim, S., H., ve Yang, J., H. (2010). Influence of porcelain veneering on the marginal fit of Digident and Lava CAD/CAM zirconia ceramic crowns. *The journal of advanced prosthodontics*, 2(2), 33–38. <https://doi.org/10.4047/jap.2010.2.2.33>
- Park, G., H., Son, K., ve Lee, K., B. (2019). Feasibility of using an intraoral scanner for a complete-arch digital scan. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(5), 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.07.014>

- Park, J., M., ve Shim, J., S. (2019). Optical impression in restorative dentistry. In *Computer Vision in Dentistry*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84605>
- Park, J., S., Lim, Y., J., Kim, B., Kim, M., J., ve Kwon, H., B. (2020). Clinical evaluation of time efficiency and fit accuracy of lithium disilicate single crowns between conventional and digital impression. *Materials*, 13(23), 5467. <https://doi.org/10.3390/ma13235467>
- Park, S., H., Yoo, Y., J., Shin, Y., J., Cho, B., H., ve Baek, S., H. (2016). Marginal and internal fit of nano-composite CAD/CAM restorations. *Restorative dentistry & endodontics*, 41(1), 37–43. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.1.37>
- Patil, M., Kambale, S., Patil, A. ve Mujawar, K. (2018). Digitalization in Dentistry: CAD/CAM - A Review. *Acta Scientific Dental Sciences* 2(1),12-16.
- Pattamavilai, S., ve Ongthiemsak, C. (2022). Accuracy of intraoral scanners in different complete arch scan patterns. *The Journal of prosthetic dentistry*, S0022-3913(22)00046-4. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.12.026>
- Pawley, J., B. (2006). *Handbook Of Biological Confocal Microscopy* (3rd ed.) Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45524-2>
- Pedroche, L., O., Bernardes, S., R., Leão, M., P., Kintopp, C., C., Correr, G., M., Ornaghi, B., P., ve Gonzaga, C., C. (2016). Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods. *Brazilian oral research*, 30(1), e113. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0113>
- Pera, P., Gilodi, S., Bassi, F., ve Carossa, S. (1994). In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 72(6), 585–590. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(94\)90289-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(94)90289-5)
- Persson, A., Andersson, M., Oden, A., ve Sandborgh-Englund, G. (2006). A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *The Journal of prosthetic dentistry*, 95(3), 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.01.003>

- Pilo, R., ve Cardash, H., S. (1998). In vivo retrospective study of cement thickness under crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 79(6), 621–625. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(98\)70067-8](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(98)70067-8)
- Pimenta, M., A., Frasca, L., C., Lopes, R., ve Rivaldo, E. (2015). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.02.002>
- Planmeca Oy (Finland). (2019b). Accurate intraoral scanner for chairside CAD/CAM. <https://www.planmeca.com/cadcam/dental-scanning/planmeca-planscan/technical-specifications/> (Erişim tarihi: 12.10.2021).
- Planmeca Oy, Finland. (2019a). Technical specifications. <https://www.planmeca.com/cadcam/dentalscanning/planmeca-emerald-s/technical-specifications/> (Erişim tarihi: 12.10.2021).
- Pradíes, G., Ferreiroa, A., Özcan, M., Giménez, B., ve Martínez-Rus, F. (2014). Using stereophotogrammetric technology for obtaining intraoral digital impressions of implants. *Journal of the American Dental Association*, 145(4), 338–344. <https://doi.org/10.14219/jada.2013.45>
- Punj, A., Bompolaki, D., ve Garaicoa, J. (2017). Dental Impression Materials and Techniques. *Dental clinics of North America*, 61(4), 779–796. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.004>
- Quante, K., Ludwig, K., ve Kern, M. (2008). Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dental materials*, 24(10), 1311–1315. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.02.011>
- Quintas, A., F., Oliveira, F., ve Bottino, M., A. (2004). Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. *The Journal of prosthetic dentistry*, 92(3), 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.06.023>

- Raigrodski A., J. (2004). Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*, 92(6), 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.09.015>
- Reich, S., Kappe, K., Teschner, H., ve Schmitt, J. (2008). Clinical fit of four-unit zirconia posterior fixed dental prostheses. *European journal of oral sciences*, 116(6), 579–584. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2008.00580.x>
- Reich, S., Wichmann, M., Nkenke, E., ve Proeschel, P. (2005). Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *European journal of oral sciences*, 113(2), 174–179. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00197.x>
- Revilla-León, M., Jiang, P., Sadeghpour, M., Piedra-Cascón, W., Zandinejad, A., Özcan, M., ve Krishnamurthy, V., R. (2020). Intraoral digital scans-Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(3), 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.003>
- Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J., C., Fages, M., ve Ducret, M. (2017). Intraoral scanner technologies: A review to make a successful impression. *Journal of healthcare engineering*, 2017, 8427595. <https://doi.org/10.1155/2017/8427595>
- Rinke, S., Fornefett, D., Gersdorff, N., Lange, K., ve Roediger, M. (2012). Multifactorial analysis of the impact of different manufacturing processes on the marginal fit of zirconia copings. *Dental materials journal*, 31(4), 601–609. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-017>
- Rödiger, M., Heinitz, A., Bürgers, R., ve Rinke, S. (2017). Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions-a clinical comparative study. *Clinical oral investigations*, 21(2), 579–587. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1924-y>
- Rose, S., Aravindakshan, S., Mohamed Usman, J. A., Mohamed, R., Menon, S., Shafiullah, R. S., ve Salloum, M. G. (2021). Comparative Evaluation of Surface Detail Reproduction and Dimensional Stability of Poly Ether, Vinyl

- Siloxane, and Vinyl Siloxane Ether Impression Materials: An In vitro Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 13(Suppl 1), S851–S856.
https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_819_20
- Rosenstiel, S., F., Land, M., F., ve Fujimoto, J. (2006). *Contemporary Fixed Prosthodontics* (4th ed.), St. Louis, MO, Mosby, 180-186.
- Rotar, R., N., Jivanescu, A., Ille, C., Podariu, A., C., Jumanca, D., E., Matichescu, A., M., Balean, O., ve Rusu, L., C. (2019). Trueness and precision of two intraoral scanners: A comparative in vitro study. *Scanning*, 2019, 1289570.
<https://doi.org/10.1155/2019/1289570>
- Rubel, B., S. (2007). Impression materials: a comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. *Dental clinics of North America*, 51(3), 629–642. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.03.006>
- Rudolph, H., Salmen, H., Moldan, M., Kuhn, K., Sichwardt, V., Wöstmann, B., ve Luthardt, R. G. (2016). Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. *Journal of Applied Oral Science*, 24, 85-94.
- Sanda, M., Miyoshi, K., Baba, K. (2021). *International Journal of Implant Dentistry*. *International Journal of Implant Dentistry*, 7(1), 1-25.
- Sawyer, H., F., Dilts, W., E., Aubrey, M., E., ve Neiman, R. (1974). Accuracy of casts produced from the three classes of elastomer impression materials. *Journal of the American Dental Association*, 89(3), 644–648.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1974.0428>
- Schaefer, O., Kuepper, H., Sigusch, B., W., Thompson, G., A., Hefti, A., F., ve Guentsch, A. (2013). Three-dimensional fit of lithium disilicate partial crowns in vitro. *Journal of dentistry*, 41(3), 271–277.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.11.014>
- Schulein, T., M. (2005). Significant events in the history of operative dentistry. *Journal of the history of dentistry*, 53(2), 63–72.

- Seelbach, P., Brueckel, C., ve Wöstmann, B. (2013). Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical oral investigations*, 17(7), 1759–1764. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0864-4>
- Seo, D., Yi, Y., ve Roh, B. (2009). The effect of preparation designs on the marginal and internal gaps in Cerec3 partial ceramic crowns. *Journal of dentistry*, 37(5), 374–382. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.01.008>
- Shembesh, M., Ali, A., Finkelman, M., Weber, H., P., ve Zandparsa, R. (2017). An in vitro comparison of the marginal adaptation accuracy of cad/cam restorations using different impression systems. *Journal of prosthodontics*, 26(7), 581–586. <https://doi.org/10.1111/jopr.12446>
- Shillingburg, H., T., Hobo, S., Lowell, D., Whitsett, L., D., Jacobi, R., Brackett, S., E. Sabit Protezin Temelleri (3. Basım). (2010). Çeviren: Ünsal, M., K., Üşümez, A., Quintessence Yayıncılık, İstanbul, s: 145-147.
- Shillingburg, H., T., Hobo, S., Whitsett, L., D., Jacobi, R., Brackett, S., E. (1997) *Fundamentals of fixed prosthodontics* (3rd ed.). Chicago: Quintessence Publishing.
- Shillingburg, H., T., Jr, Hobo, S., ve Fisher, D., W. (1973). Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 29(3), 276–284. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(73\)90007-3](https://doi.org/10.1016/0022-3913(73)90007-3)
- Shimizu, S., Shinya, A., Kuroda, S., ve Gomi, H. (2017). The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dental materials journal*, 36(4), 402–407. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-326>
- Silva, N., R., Bonfante, E., A., Zavanelli, R., A., Thompson, V., P., Ferencz, J., L., ve Coelho, P., G. (2010). Reliability of metaloceramic and zirconia-based ceramic crowns. *Journal of dental research*, 89(10), 1051–1056. <https://doi.org/10.1177/0022034510375826>

- Son, K., ve Lee, K., B. (2021). Effect of finish line locations of tooth preparation on the accuracy of intraoral scanners. *International journal of computerized dentistry*, 24(1), 29–40.
- Stappert, C., F., Dai, M., Chitmongkolsuk, S., Gerds, T., ve Strub, J., R. (2004). Marginal adaptation of three-unit fixed partial dentures constructed from pressed ceramic systems. *British dental journal*, 196(12), 766–780. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811390>
- Strub, J., R., Rekow, E., D., ve Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289–1296. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0389>
- Su, T. S., ve Sun, J. (2015). Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *Journal of prosthodontic research*, 59(4), 236–242.
- Su, T., S., ve Sun, J. (2016). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(3), 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.018>
- Suárez, M., J., González de Villaumbrosia, P., Pradíes, G., ve Lozano, J., F. (2003). Comparison of the marginal fit of Procera AllCeram crowns with two finish lines. *The International journal of prosthodontics*, 16(3), 229–232.
- Suzuki, S., Katsuta, Y., Ueda, K., ve Watanabe, F. (2020). Marginal and internal fit of three-unit zirconia fixed dental prostheses: Effects of prosthesis design, cement space, and zirconia type. *Journal of prosthodontic research*, 64(4), 460–467. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.12.005>
- Syrek, A., Reich, G., Ranftl, D., Klein, C., Cerny, B., ve Brodesser, J. (2010). Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of dentistry*, 38(7), 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.03.015>

- Takeuchi, Y., Koizumi, H., Furuchi, M., Sato, Y., Ohkubo, C., ve Matsumura, H. (2018). Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *Journal of Oral Science*, 60(1), 1-7.
- Taneva, E., Kusnoto, B., ve Evans, C. A. (2015). 3D scanning, imaging, and printing in orthodontics. *Issues in contemporary orthodontics*, 148(5), 862-7.
- Ten Bosch, J., J. (1987). General aspects of optical methods in dentistry. *Advances in dental research*, 1(1), 5–7. <https://doi.org/10.1177/08959374870010011201>
- Tidehag, P., Ottosson, K., ve Sjögren, G. (2014). Accuracy of ceramic restorations made using an in-office optical scanning technique: an in vitro study. *Operative dentistry*, 39(3), 308–316. <https://doi.org/10.2341/12-309-L>
- Ting-Shu, S., ve Jian, S. (2015). Intraoral digital impression technique: A review. *Journal of prosthodontic*, 24(4), 313–321. <https://doi.org/10.1111/jopr.12218>
- Tinschert, J., Natt, G., Hassenpflug, S., ve Spiekermann, H. (2004). Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. *International journal of computerized dentistry*, 7(1), 25–45.
- Uluç, İ., G., Guncu, M., B., Aktas, G., ve Turkyilmaz, I. (2021). Comparison of marginal and internal fit of 5-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated with CAD/CAM technology using direct and indirect digital scans. *Journal of Dental Sciences*, 17(2022), 63-69.
- Ulusoy, M., M., Aydın, K. (2010). *Diş Hekimliğinde Hareketli Bölümlü Protezler* (3. Baskı). Yurtmim yayıncılık.
- Ural, C., Burgaz, Y., ve Saraç, D. (2010). In vitro evaluation of marginal adaptation in five ceramic restoration fabricating techniques. *Quintessence international*, 41(7), 585–590.
- Ushiwata, O., ve de Moraes, J. V. (2000). Method for marginal measurements of restorations: accessory device for toolmakers microscope. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(3), 362–366. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)70141-7](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)70141-7)

- Uzun, İ., H., ve Bayındır, F. (2010). Dental uygulamalarda titanyum ve özellikleri. Atatürk üniversitesi diş hekimliği fakültesi dergisi, 2010(3), 213-220.
- van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental materials*, 28(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
- Vojdani, M., Torabi, K., Farjood, E., ve Khaledi, A. (2013). Comparison the marginal and internal fit of metal copings cast from wax patterns fabricated by CAD/CAM and conventional wax up techniques. *Journal of dentistry*, 14(3), 118–129.
- Walker, M., P., Alderman, N., Petrie, C., S., Melander, J., ve McGuire, J. (2013). Correlation of impression removal force with elastomeric impression material rigidity and hardness. *Journal of prosthodontics*, 22(5), 362–366. <https://doi.org/10.1111/jopr.12011>
- Watanabe, T., Goto, H., Masuda, M., Wakami, M., Sakurada, T., Toyoshima, A., et al. (2003) Conformity accuracy of the crown coping by the difference in the cement space in a CAD/CAM system. *Nihon University Journal Oral Science*, 29, 142–149.
- Wee A. G. (2000). Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(3), 323–331. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)70136-3](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)70136-3)
- Wenz, H. J., ve Hertrampf, K. (2008). Accuracy of impressions and casts using different implant impression techniques in a multi-implant system with an internal hex connection. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 23(1), 39–47.
- White, S., N., ve Kipnis, V. (1993). Effect of adhesive luting agents on the marginal seating of cast restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 69(1), 28–31. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(93\)90235-g](https://doi.org/10.1016/0022-3913(93)90235-g)
- Wilson, P., R. (1994). Effect of increasing cement space on cementation of artificial crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 71(6), 560–564. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(94\)90437-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(94)90437-5)

- Wismeijer, D., Joda, T., Flügge, T., Fokas, G., Tahmaseb, A., Bechelli, D., Bohner, L., Bornstein, M., Burgoyne, A., Caram, S., Carmichael, R., Chen, C. Y., Coucke, W., Derksen, W., Donos, N., El Kholly, K., Evans, C., Fehmer, V., Fickl, S., Fragola, G., ... Wu, V. (2018). Group 5 ITI Consensus Report: Digital technologies. *Clinical oral implants research*, 29(16), 436–442. <https://doi.org/10.1111/clr.13309>
- Wolfart, S., Wegner, S. M., Al-Halabi, A., ve Kern, M. (2003). Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. *The International journal of prosthodontics*, 16(6), 587–592.
- Wong, V., Fan, C. (2019). U.S. Patent Application No. 16/060,853.
- Wöstmann, B., Blösser, T., Gouentenoudis, M., Balkenhol, M., ve Ferger, P. (2005). Influence of margin design on the fit of high-precious alloy restorations in patients. *Journal of dentistry*, 33(7), 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.01.002>
- Yang, X., Lv, P., Liu, Y., Si, W., ve Feng, H. (2015). Accuracy of digital impressions and fitness of single crowns based on digital impressions. *Materials*, 8(7), 3945–3957. <https://doi.org/10.3390/ma8073945>
- Yildiz, C., Vanlioğlu, B., A., Evren, B., Uludamar, A., ve Ozkan, Y., K. (2013). Marginal-internal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM crown restorations. *Dental materials journal*, 32(1), 42–47. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-148>
- Yun, Z., Stegall, D., B., Scott, S., D., Graham, I., J., L., ve Sevcik, P., A. (2017). U.S. Patent No. 9,591,286. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Yuzbasioglu, E., Kurt, H., Turunc, R., ve Bilir, H. (2014). Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC oral health*, 14(1), 1-7.

- Zaruba, M., ve Mehl, A. (2017). Chairside systems: a current review. *International journal of computerized dentistry*, 20(2), 123–149.
- Zenopa. (2018). Nobel Biocare launches new KaVo LS 3 desktop scanner.
<https://www.zenopa.com/news/801844982/nobel-biocare-launches-new-kavo-ls-3-desktop-scanner> (Erişim tarihi: 23.04.2022)
- Zhang, Y., Sun, M., J., ve Zhang, D. (2012). Designing functionally graded materials with superior load-bearing properties. *Acta biomaterialia*, 8(3), 1101–1108.
<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.11.033>
- Zimmermann, M. (2017). Intraoral scanning systems: Purchase decisions and system overview. *Magyar Fogorvos*, 2017(1), 6-14.
- Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W., H., ve Reich, S. (2015). Intraoral scanning systems - a current overview. *International journal of computerized dentistry*, 18(2), 101–129.

Ekler

Ek 1. İntihal Raporu

Doktora Tezi

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	acikbilim.yok.gov.tr Internet Source	6%
2	dergipark.org.tr Internet Source	2%
3	www.doa.gov.tr Internet Source	2%
4	docs.neu.edu.tr Internet Source	1%
5	jap.or.kr Internet Source	1%
6	earsiv.anadolu.edu.tr Internet Source	1%
7	hemsirelik.ege.edu.tr Internet Source	<1%
8	earsiv.atauni.edu.tr Internet Source	<1%
9	hdl.handle.net Internet Source	<1%

10	acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080 Internet Source	<1 %
11	avesis.erciyes.edu.tr Internet Source	<1 %
12	Goran I. Benic, Irena Sailer, Marco Zeltner, Janine N. Gütermann, Mutlu Özcan, Sven Mühlemann. "Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part III: Marginal and internal fit", The Journal of Prosthetic Dentistry, 2018 Publication	<1 %
13	abakus.inonu.edu.tr Internet Source	<1 %
14	KURT, Seval and YEŞİLTAŞ, Mehmet. "Otel İşletmelerinde Kurumsallaşma Düzeyinin Stratejik Yönetim Araçlarının Kullanımı Üzerindeki Etkisi: Ankara Örneği", Gazi Üniversitesi, Turizm Fakültesi, 2016. Publication	<1 %
15	acikerisim.dicle.edu.tr Internet Source	<1 %
16	turkiyeklinikleri.com Internet Source	<1 %
17	fas.emu.edu.tr	

	Internet Source	<1 %
18	www.isarder.org Internet Source	<1 %
19	www.sporbilimleri.org.tr Internet Source	<1 %
20	Çise Özal, Mutahhar Ulusoy. " evaluation of marginal and internal fit of 3-unit monolithic zirconia restorations fabricated using digital scanning technologies ", The Journal of Advanced Prosthodontics, 2021 Publication	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 5 words

Exclude bibliography On

Özgeçmiş

Adı	Çise	Soyadı	Özal
Doğum yeri	K. Kaymaklı/Lefkoşa	Doğum tarihi	06.10.1995
Uyruğu	KKTC	Tel.	05338479422
E-mail	ciseozal@gmail.com		

Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora	Yakın Doğu Üniversitesi	2022
Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi	2018
Yüksek Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi	2018
Lise	Bülent Ecevit Anadolu Lisesi	2013

İş Deneyimi

Görev	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Araştırma Görevlisi	Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2013-2022

Yabancı Diller	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Orta	Orta	Orta

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi*
Microsoft Word	Çok İyi
Microsoft Excel	Çok İyi
Microsoft Power Point	Çok İyi

*Çok iyi, İyi, Orta, Zayıf olarak değerlendiriniz.

Diğer Bilimsel Faaliyetler

1. Uluslararası Hakemli Dergilerdeki (SCI, SCI-Expanded) Yayınlar

Özal, Ç., Ulusoy, M. (2021). In-vitro evaluation of marginal and internal fit of 3-unit monolithic zirconia restorations fabricated using digital scanning technologies. Journal of Advanced Prosthodontics, 13(6), 373-384.

2. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

a. Poster Sunumları

Özal Ç, Ulusoy MM. Ektodermal Displazili Hastanın Protetik Açından Rehabilitasyonu: Olgu Sunumu (Poster). TDB 25. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, İstanbul, 2019.