

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**DİREKT VE İNDİREKT DİJİTALİZASYON İLE
ÜRETİLEN 5 ÜYELİ MONOLİTİK ZİRKONYA
RESTORASYONLARIN MARJİNAL VE İTERNAL
UYUMUNUN 3 BOYUTLU KARŞILAŞTIRMASI:
İN VİTRO ÇALIŞMA**

Dt. İrem Gökçe ULUÇ

**Protez Programı
UZMANLIK TEZİ**

ANKARA

2020

ÖZET

ULUÇ İ.G, Direkt ve indirekt dijitalizasyon ile üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya restorasyonların marjinal ve internal uyumunun 3 boyutlu karşılaştırması: İn vitro çalışma. Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2020. Dijital ölçü yöntemleri, indirekt restorasyonların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çok üniteli köprülerin üretiminde dijital ölçü yöntemlerinin hassasiyeti ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Bu in vitro çalışmanın amacı; direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilmiş çok üyeli restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile değerlendirmektir. 12 ve 14 numaralı diş eksikliklerinin taklit edildiği klinik senaryoya göre 11, 13 ve 15 numaralı dişler fantom model üzerinde prepare edilmiştir. Direkt dijitalizasyon için ana model 3Shape Trios 3 ve CEREC Omnicam ağız içi tarayıcıları kullanılarak taranmıştır (3S-İOS ve C-İOS). İndirekt dijitalizasyon için ise polivinil siloksan ölçü maddesi ile geleneksel ölçüler alınmıştır. Bu ölçüler ve ölçülerden elde edilen alçı modeller 3Shape E3 ve CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcıları kullanılarak taranmıştır (3S-ÖLÇÜ, 3S-ALÇI, C-ÖLÇÜ ve C-ALÇI). Dijitalizasyon işlemi sonrası üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya restorasyonların marjinal ve internal uyumları, ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı kullanılarak üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile değerlendirilmiştir (n=10). Sonuçların değerlendirilmesi için Kruskal-Wallis non-parametrik istatistiksel analiz yöntemi kullanılmıştır. Trios 3 ve Omnicam ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen restorasyonların uyumları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilen restorasyonların uyumları benzer bulunmuştur ($p>0.05$). İndirekt dijitalizasyon için ölçü ve alçı model tarama yöntemleri benzer sonuçlar göstermiştir ($p>0.05$). Direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli restorasyonların uyumları benzerdir ve klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindedir ($<120 \mu\text{m}$).

Anahtar Kelimeler: çok üyeli, zirkon, ağız içi tarayıcı, laboratuvar tarayıcısı, marjinal uyum

Destekleyen Kurumlar: H.Ü.B.A.P.K.B (Proje Kodu: THD-2019-17833)

ABSTRACT

ULUÇ İ.G, Comparison of marginal and internal fit of 5-unit monolithic zirconia fixed dental prostheses made with direct and indirect digitalization: An in vitro study. Hacettepe University Faculty of Dentistry, Thesis in Prosthodontics, Ankara, 2020. Digital impressions has been widely used in the manufacturing of indirect restorations. However, the limited number of studies examined the accuracy of the digital scanners in the production of multi-unit restorations. The aim of this in vitro study was to evaluate the marginal and internal discrepancy of 5-unit monolithic zirconia bridges made via direct and indirect digitalization with three-dimensional replica method and optical digitization. A phantom model was designed that mimic the missing of the maxillary lateral and first premolar. Maxillary right central, canine, second premolar were prepared. The reference model was scanned with 3Shape Trios 3 and CEREC Omnicam intraoral scanners for direct digitalization (3S-IOS, C-IOS) and conventional impressions were taken for indirect digitalization with polyvinyl siloxane impression material. The impressions were scanned with 3Shape E3 and CEREC InEosX5 laboratory scanners (3S-IMP, C-IMP). The impressions were then poured, and the stone casts were scanned with same laboratory scanners (3S-CAST, C-CAST). After the digitalization, 5-unit zirconia bridges were manufactured with CAD-CAM (n=10). Marginal and internal discrepancy of the restorations were evaluated with three-dimensional replica method and optical digitization (ATOS Triple Scan). The results were compared using Kruskal-Wallis analysis of variance. No statistically significant difference was observed between the marginal and internal discrepancy of restorations produced using intraoral scanners ($p>0.05$). The restorations manufactured with direct and indirect digitalization, did not reveal a statistically significant difference ($p>0.05$). For indirect digitalization group, impression scan and stone cast scan techniques showed similar results ($p>0.05$). The marginal and internal discrepancy of 5-unit restorations manufactured with direct and indirect techniques were similar and within the acceptable clinical limits. ($<120\ \mu\text{m}$).

Key Words: multi-unit, zirconia, intraoral scanner, extraoral scanner, marginal discrepancy

Supported by: H.Ü.B.A.P.K.B (Proje Kodu: THD-2019-17833)

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELERVE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Ölçü Maddelerinin Tarihçesi ve Sınıflandırması	3
2.1.1. Kondenzasyon Silikon (C Tipi Silikon)	4
2.1.2. İlave Tip Silikon (A Tipi Silikon)	5
2.1.3. Polieter	6
2.1.4. Vinil Polieter Silikon	6
2.2. Geleneksel Ölçü Teknikleri	6
2.2.1. Tek Aşama Tek Faz Tekniği	7
2.2.2. Tek Aşama Çift Faz Tekniği	7
2.2.3. Çift Aşama Çift Faz Tekniği	7
2.2.4. Çift Aşama Üç Faz Tekniği	8
2.3. Dijital Verinin Elde Edilmesi	8
2.3.1. Direkt ve İndirekt Dijitalizasyon	8
2.3.2. Ağız İçi Tarayıcılar	9
2.3.3. Ağız Dışı Tarayıcılar (Laboratuvar Tarayıcıları)	13
2.4. 3Shape Dijital Sistemleri	14
2.5. Sirona Dijital Sistemleri	15
2.6. Dijital Sistemler ile Üretilen Diş Destekli Sabit Restorasyonların Hassasiyeti	16
2.6.1. Tek Üye Diş Destekli Sabit Restorasyonlar	16

2.6.2. Çok Üyeli Diş Destekli Sabit Restorasyonlar	18
2.6.3. Tam Ark Sabit Bölümlü Protezler	21
2.7. Marjinal ve İnternal Uyumu Değerlendirme Yöntemleri	24
2.7.1. Simantasyon Sonrası Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi	24
2.7.2. Silikon Kopyanın Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi	24
2.7.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Verileri	24
2.7.4. Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM	27
3.1. Ana modelin oluşturulması	27
3.2. Çalışma Modellerinin Oluşturulması	29
3.2.1. Ağız İçi Tarayıcı ile Ana Modelin Taranması	29
3.2.2. Ağız Dışı Tarayıcı (Laboratuvar Tarayıcısı) ile Dijital Veri Eldesi	31
3.3. Restorasyonların Üretimi	34
3.4. Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi	36
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	41
4. BULGULAR	42
4.1. Marjinal Uyumun Değerlendirilmesi	42
4.2. Aksiyel Uyumun Değerlendirilmesi	44
4.3. Okluzal Uyumun Değerlendirilmesi	45
4.4. Total Uyumun Değerlendirilmesi	47
5. TARTIŞMA	50
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	68
7. KAYNAKLAR	69
8. ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGE VE KISALTMALAR

CAD	(Computer Aided Design) Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	(Computer Aided Manufacturing) Bilgisayar Destekli Üretim
CBCT	(Cone Beam Computerized Tomography) Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
C-ALÇI	InEosX5 laboratuvar tarayıcısı ile alçı modelin taranması
C-İOS	Omniscam ağız içi tarayıcı ile ana modelin taranması
C-ÖLÇÜ	InEosX5 laboratuvar tarayıcısı ile geleneksel ölçünün taranması
°	Derece
FLA	Bitiş çizgisi doğruluğu
FLD	Bitiş çizgisi farklılığı
µm	Mikron
mm	Milimetre
N	Newton
PLY	Polygon File Format
POI	Points of Interest
PVS	Polivinil Siloksan
RPS	Relative Point System
sn	Saniye
°C	Santigrat Derece
STL	Standard Tessellation Language
3S-ALÇI	E3 laboratuvar tarayıcısı ile alçı modelin taranması
3S-İOS	Trios 3 ağız içi tarayıcı ile ana modelin taranması
3S-ÖLÇÜ	E3 laboratuvar tarayıcısı ile geleneksel ölçünün taranması
%	Yüzde

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Geleneksel ölçü materyallerinin sınıflandırılması.	4
2.2. Ağız içi tarayıcı ile STL dosyası oluşturma: A) STL formatında dosya örneği B) Bir STL dosyasının her bir üçgeni C) Üretim teknolojisinin şematik görseli (33).	10
2.3. Işığın doğası: A) Noktaların izdüşümü B) Ağın iz düşümü C) Ağın, ağız içi tarayıcı ile izdüşümü (33).	11
2.4. Objenin tarama yapan cihaza olan uzaklığının hesaplanması: a) <i>Active triangulation</i> (ışığın üçgenlenmesi) ile görüntü oluşturma b) Konfokal yöntem ile görüntü oluşturma c) <i>Active wavefront sampling</i> (aktif dalga örnekleme) ile görüntü oluşturma d) Stereofotogrametri ile görüntü oluşturma (33).	12
3.1. Çalışmada kullanılan fantom modeller.	27
3.2. Fantom modellerin ana model olarak hazırlanması.	28
3.3. Silikon indeks yardımı ile dış preparasyonu kontrolü yapılması.	28
3.4. Ana modelin 3Shape ağız içi tarayıcısı ile direkt taranması.	30
3.5. Ana modelin CEREC ağız içi tarayıcısı ile direkt taranması.	31
3.6. Hazırlanan kişisel kaşık ile daimi ölçülerin alınması.	32
3.7. Kişisel kaşıklar kullanılarak ana modelden elde edilen geleneksel daimi ölçü.	32
3.8. Daimi ölçülerin E3 ve InEosX5 laboratuvar tarayıcılarında taranması.	33
3.9. Daimi ölçüden üretilen alçı model.	34
3.10. Daimi ölçülerden elde edilen alçı modellerin E3 ve InEosX5 laboratuvar tarayıcılarında taranması.	34
3.11. Köprülerin üretildiği zirkonya diskin görüntüsü.	35
3.12. Çalışmada üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprü.	36
3.13. ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı ile ana modelin taranması.	37
3.14. Endüstriyel tarayıcı ile taranacak olan test modellerinin hazırlanması: A) Ana model B) <i>Light body</i> silikon ile doldurulmuş köprünün ana modele yerleştirilmesi C) Silikon kopya ile kaplı model (test modeli).	37
3.15. Silikon kopya ile kaplı modelin ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı ile taranması.	38
3.16. Ana model ve test modelinin dijital ortamda karşılaştırılma şeması: A) Ana model B) Prepare dişlerin silikon ile kaplı olduğu model (test modeli) C) Karşılaştırma yapılmış sanal model.	39

3.17.	Abutment dişin ölçümlerinin yapıldığı bölgeler.	40
3.18.	İnternal uyumu değerlendirmek için santral dişin insizal bölgesinden ölçüm yapılan ortalama nokta sayısı (669) ve elde edilen ortalama ölçüm değeri (159 μm).	40
4.1.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal uyum değerleri (μm).	43
4.2.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin aksiyel uyum değerleri (μm).	45
4.3.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin okluzal uyum değerleri (μm).	47
4.4.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin total uyum değerleri (μm).	49

TABLolar

Tablo		Sayfa
2.1.	Farklı çalışma prensiplerine sahip ağız içi dijital tarayıcılardan bir kısmının temel özellikleri.	13
4.1.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal uyum değerleri (μm).	43
4.2.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin aksiyel uyum değerleri (μm).	45
4.3.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin okluzal uyum değerleri (μm).	46
4.4.	3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin total uyum değerleri (μm).	48

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde tedavi seçenekleri teknolojik gelişmeler ile birlikte değişiklik göstermiştir. Geçtiğimiz 30 yılda CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) teknolojisi giderek artan bir hızda klinik hayatımıza girmiştir(1). CAD/CAM ile restorasyon üretebilmenin en önemli basamağı, diş ve diş çevresi dokuların üç boyutlu dijital veri kümesine dönüştürülmesidir. Dijital veri, direkt dijitalizasyonda ağız içi tarayıcılarla, indirekt dijitalizasyonda ise ölçü ve alçı modellerin laboratuvar tarayıcısı kullanılarak taranmasıyla elde edilir.

1987'de ilk ağız içi tarayıcı olan CEREC 1 tanıtıldığından bu yana, ağız içi tarayıcılar birçok konuda gelişim göstermiştir. Günümüzde farklı çalışma prensiplerine sahip çok sayıda ağız içi tarayıcı bulunmaktadır; Trios (3Shape, Kopenhag, Danimarka), CEREC Omnicam (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya), iTero Element (Align Technology, Kaliforniya, ABD), PlanScan (Planmeca, Helsinki, Finlandiya), True Definition Scanner (3M, Minnesota, ABD), vs. Benzer şekilde birçok sistem de dijital iş akışını yürütebilmek için kendi laboratuvar tarayıcısını üretmiştir; 3Shape (3Shape, Kopenhag, Danimarka), CEREC (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya), 7 Series (Dental Wings, Montreal, Kanada), Activity 102 (Smart Optics, Bochum, Almanya), Tizian Smart- Scan (Schütz Dental, Rosbach, Almanya), vs. (1). Ağız içi ve laboratuvar tarayıcılarının tarama hassasiyetini değerlendiren çok sayıda çalışmada birbiri ile çelişkili sonuçlar rapor edilmiştir (2-9). Buna ek olarak, literatür araştırmamız sonucunda ağız içi tarayıcılar kullanılarak üretilmiş çok üyeli restorasyonlar ile ilgili yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir (10-12).

Marjinal ve internal uyum, destek diş ile restorasyon arasındaki siman aralığının klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindeki değeridir. Bu değer marjinal uyum için pek çok klinik ve laboratuvar çalışmasına göre <120 µm olarak belirtilmiştir (13). Restorasyonun marjinal ve internal uyumu klinik başarıda önemli bir rol oynar (14). Yetersiz marjinal uyum, plak tutulumunda artışa, periodontal inflamasyona, tekrarlayan çürük veya pulpa lezyonlarının gelişmesine neden olabilir. Restorasyonun marjinal ve internal uyumuna, preparasyon tasarımı, preparasyon bitiş

sınırının yeri (*supragingival* veya *subgingival*), bitiş sınırının şekli, restorasyon materyali, üretim yöntemi, ölçü tekniği gibi birçok faktör etki edebilir (13).

Marjinal ve/veya internal uyumunun değerlendirilmesi için farklı ölçüm yöntemleri önerilmiştir: Simantasyon sonrası çapraz kesit alınması, silikon kopyadan çapraz kesit alınması, mikro bilgisayarlı tomografi ile hacimsel ölçüm (15). Mevcut yöntemlerin sınırlamalarının üstesinden gelebilmek ve kesitsel değerlendirme yerine üç boyutlu değerlendirmeye izin verebilmek için bilgisayar destekli tarama ve karşılaştırma stratejileri denenmektedir. Üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ilk olarak Luthardt tarafından ortaya koyulmuştur (16). Yöntemin önemli avantajları şu şekilde rapor edilmiştir; non-invaziv olması, üç boyutlu değerlendirme yapılabilmesi ve değerlendirilen nokta sayısının oldukça fazla olması (>20000 nokta) (17).

Bu in vitro çalışmanın amacı; farklı çalışma prensiplerine sahip dijital tarayıcılar kullanılarak direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilmiş 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumlarını üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

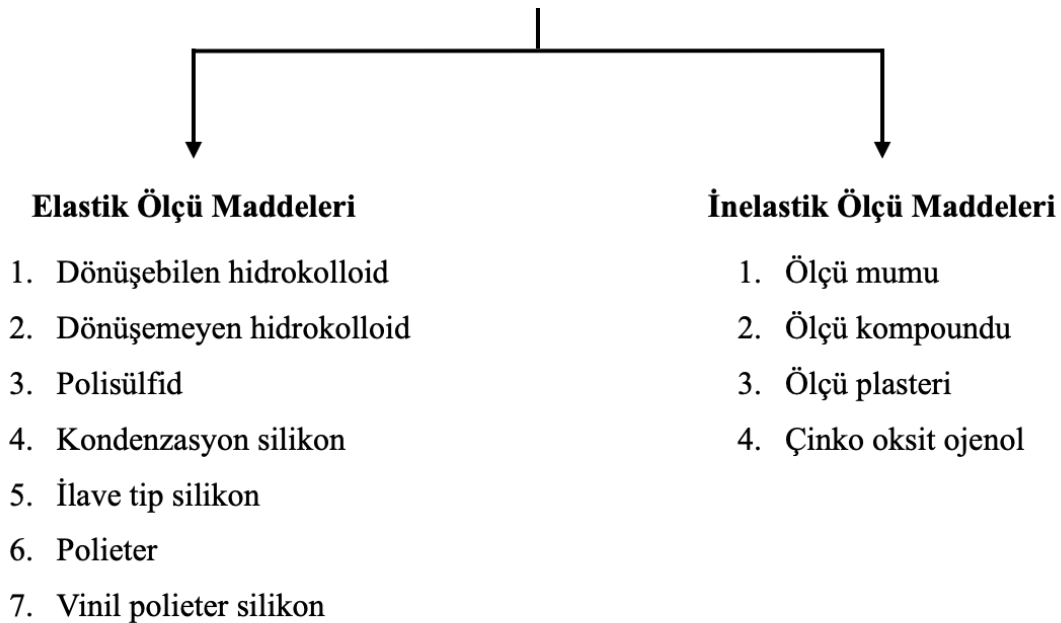
2.1. Ölçü Maddelerinin Tarihçesi ve Sınıflandırması

Ölçü elde etmek için yapılan ilk çalışmalar, on yedinci yüzyılın ortalarında, Alman askeri cerrah Gott-Fried Purman tarafından mum kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra on sekizinci yüzyılda, renklendirici malzeme ile boyanmış olan ağız dokuları üzerine kemik veya fildişi parçasının basılmasını ve renkli kısımların oyulmasını içeren bir ölçü tekniğinin raporlarına rastlanılmaktadır. Philip Pfaff 1756 yılında, iki parça mum ile dişsiz çeneden ölçü elde edip daha sonra bu mumlara alçı dökerek model oluşturan ilk kişi olmuştur (18). Diğer kullanılan ölçü materyali çinko oksit ojenoldür. Ancak kırılma veya bozulma olmadan andırkat (*undercut*) bölgelerinden geçememeleri kullanımlarını kısıtlamıştır (19). Dönüşebilen hidrokolloidlerin 1925'te tanıtılmasının ardından, dönüşemeyen hidrokolloidler 1941'de piyasaya sürülmüştür (20). Hidrokolloidlerin en önemli dezavantajı, su kaybından kaynaklanan büzülmedir. 1950'lerden sonra polisülfid, kondenzasyon silikonları ile birlikte bir ölçü materyali olarak kullanılmıştır. Ancak her ikisi de düşük moleküler ağırlıklı yan ürünlerin buharlaşması nedeniyle birkaç saatlik bir süre içinde önemli miktarda büzülme göstermiştir (20, 21). 1960'ların sonlarında ise, geliştirilmiş mekanik özellikleri ve düşük büzülmesi nedeniyle polieter alternatif bir polimer olarak önerilmiştir (21). 1970'lerde polivinil siloksan (PVS) piyasaya sürülmüştür ve yüksek boyutsal stabilitesi nedeniyle oldukça popüler hale gelmiştir.

İdeal bir ölçü materyali hemen model oluşturulamaması ihtimaline karşı uzun süre boyutsal stabilite göstermelidir. Bununla birlikte, yaygın olarak kullanılan dental ölçü materyalleri boyutsal değişiklikler göstermektedir. Ölçü materyallerinin boyutsal değişiklikleri, üretilen restorasyonların uyum ve retansiyonunu etkiler, bu da dolaylı olarak restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkiler (22). Ölçü materyalinin boyutsal davranışları nemden, ölçünün karıştırılma zamanı ile ölçüden model elde edilmesi arasında geçen süreden ve kaşığa koyulan materyal kalınlığından etkilenmektedir (23). Ayrıca ölçü materyalleri, doğrusal genişleme termal katsayıları nedeniyle ağız içinden dış ortama geçerken meydana gelen sıcaklık değişimi ile büzülürler (24, 25). Kusursuz model elde etmek için en önemli aşama modelin

negatifinin elde edilmesidir. Bu amaca uygun pek çok ölçü materyali ve tekniği rapor edilmiştir (21). Ölçü materyalleri, bileşimlerine, sertleşme reaksiyonlarına ve sertleşme özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Ancak yaygın olarak kullanılan, malzemelerin sertleştikten sonraki özelliklerine göre sınıflandırıldığı sistemdir (18), (Şekil 2.1.). Günümüzde, sabit bölümlü protezler için en popüler ölçü materyalleri; kondenzasyon silikonlar, ilave tip silikonlar ve polieterlerdir (18).

Geleneksel Ölçü Materyallerinin Sınıflandırılması



Şekil 2.1. Geleneksel ölçü materyallerinin sınıflandırılması.

2.1.1. Kondenzasyon Silikon (C Tipi Silikon)

Kondenzasyon silikon (C Tipi) olarak da bilinen silan siloksanlar kondenzasyon reaksiyonu ile polimerize olmalarından dolayı bu adı almışlardır. Bu ölçü materyalinin içindeki baz, alfa-omega-hidroksil grubuyla sonlanan polidimetil siloksan ve dolduruculardan oluşmaktadır. Bu baz ayrıca reaktör tetrafonksiyonel alkoksisilanları içerebilir. Tetrafonksiyonel alkoksisilanlar, dibutil veya stannöz oktat gibi bir katalizörün varlığında, hidroksil grupları ile reaksiyona girerek, etil alkolü ayırırlar ve çapraz bağlanmaya neden olurlar. Sertleştikten sonra, etil alkolün buharlaşması malzemenin büzülmesine neden olur. Yarısı ilk bir saatte olmak üzere, 24 saat içerisinde yaklaşık %0,2-1,0 oranında büzülme gerçekleşir. Polimerizasyon

büzülmesi nedeniyle kondenzasyon silikonların boyutsal doğrulukları olumsuz etkilenir. Üretici firmalar polimerizasyon büzülmesini azaltmak için doldurucu oranını artırıp polimer oranını azaltmışlardır. Kondenzasyon silikonlar hidrofobiktir, bu nedenle ölçü alımı sırasında preparasyon yüzeyinin kuru olmasını ve dişeti oluşu sıvısının kontrolünü gerektirirler. Bu özellikleri aynı zamanda alçı modellerin hazırlanmasını da zorlaştırır. Karşılaşılan diğer bir sorun, elle karıştırma sırasında doğru oranları elde etmenin zor olmasıdır. Bu zorluk, malzemenin çalışma ve sertleşme süresinin değişmesine neden olabilir ve dolaylı olarak ölçünün kalitesini etkiler (21).

2.1.2. İlave Tip Silikon (A Tipi Silikon)

İlave tip silikonlar olarak da bilinen polivinil siloksanların (PVS) baz'ı, hidrosilan ile sonlanan bir molekül içerir. Katalizörü ise vinil grup ile sonlanan siloksan oligomerler ve platin katalizör içermektedir. Tepkimede yan ürün oluşmamasına rağmen genellikle hidrojenin açığa çıktığı ikincil reaksiyon meydana gelir. Bu nedenle bazı üreticiler PVS ölçülerde, alçının hemen dökülebileceğini iddia etse de alçı dökmeden önce en az 60 dakika beklenmesi önerilir.

PVS, gelişmiş mekanik özellikleri (yırılma direnci, elastisite, boyutsal stabilite) ve çeşitli viskozite (akışmazlık) seçenekleri nedeniyle diş hekimliğinde en çok tercih edilen ölçü malzemelerinden biridir. PVS ayrıca yüksek detay verme özelliğine sahiptir (18). Ancak kullanımı sırasında materyalin lateks rubber-dam veya lateks eldiven ile temas etmesi engellenmelidir. Lateks içerisindeki kükürt veya kükürt bileşiği ölçü maddesinin polimerizasyonunu engeller. Aynı şekilde kükürt veya kükürt bileşiği içeren gingival retraksiyon kordları da bu inhibisyona neden olabilir (26).

PVS hidrofobik bir materyal olduğundan, uygulama sırasında nem kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, yeni nesil PVS ölçü materyallerinin hidrofilik özellikte olduğu vurgulanmaktadır. Materyal hidrofilik özelliğini, içerisine eklenen sürfaktan sayesinde kazanmıştır. Bu sayede nemli ortamlarda kullanımı kolaylaşmış, ıslanabilirlikleri artmış ve alçı dökülebilirliği iyileştirilmiştir. Ancak

hidrofilik PVS'lerin, polimerize olmadan önce hala hidrofobik yapıda olduğu ve nem varlığında ıslanma yeteneklerinin tehlikeye girdiği rapor edilmiştir (18).

2.1.3. Polieter

Polieterler 1960'ların sonlarında tanıtılmıştır. Bu materyal için sertleşme reaksiyonu katyonik polimerizasyonla gerçekleşir. Katyonik polimerizasyon, yan ürün oluşumu olmadan reaktif etilen imin terminal halkalarının açılmasıyla meydana gelir. Polieterler, hidrofiliktir ve bu özellikleri sayesinde nemli ortamda kullanılabilirler. Hidrofilik özellikleri ayrıca kolay alçı model elde edilmesini de sağlar. Yeni nesil polieter ölçü malzemeleri, eskilerine göre biraz daha esnektir ve böylece ağızdan çıkarılması kolaylaştırılmıştır. Suyu emen yapısı nedeniyle polieter ölçüler uzun süre dezenfeksiyon solüsyonuna daldırılmamalıdır. Polieterlerin düşük, orta ve yüksek viskozitelerde olan formları mevcuttur. Yaygın olarak karıştırma cihazı ile kullanılan formu tercih edilir (18).

2.1.4. Vinil Polieter Silikon

Vinil polieter silikon veya vinil siloksan eter, 2009 yılında yeni bir ölçü materyali olarak piyasaya sürülmüştür. Bu ölçü materyali, polieter ve PVS ölçü materyallerinin karışımı şeklindedir (27). PVS'nin elastikiyeti ile polieterin hidrofilikliği birleştirilmiştir. Böylece nem kontrolünün zorlaştığı *undercut*'lı alanlarda kullanım kolaylığı sunulmuştur. Ancak, bu yeni materyalin doğruluğu hakkındaki literatür sınırlıdır (28).

2.2. Geleneksel Ölçü Teknikleri

Ölçünün hassasiyeti ölçü materyalinden olduğu kadar, ölçü tekniğinden de etkilenmektedir. Ölçü teknikleri klinik kullanım şekline göre yaygın olarak şu şekilde sınıflandırılır (29):

- 1- Tek aşama tek faz
- 2- Tek aşama çift faz
- 3- Çift aşama çift faz
- 4- Çift aşama üç faz

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

2.2.1. Tek Aşama Tek Faz Tekniği

Uygulanması en basit tekniktir. Kaşığa yerleştirilen belirli viskozitedeki bir ölçü materyali ile tek seferde ölçü alınır. Bu teknikte hem ölçü maddesinin kaşıktan akıp gitmesini engellemek, hem de yüzey ayrıntılarını elde edebilmek için *medium* (orta) viskoziteli ölçü materyalleri kullanılmaktadır. Tekniğin uygulanması basit olmakla beraber, boyutsal doğruluk ve yüzey detaylarını vermede başarısız olduğu rapor edilmiştir. Çünkü *medium* viskoziteli ölçü materyali ayrıntıların elde edilmesi için yeterli akışkanlığa sahip değildir ve bu durum özellikle sabit protez yapımında sıkıntı oluşturur (29).

2.2.2. Tek Aşama Çift Faz Tekniği

Teknik tek seferde iki farklı viskozitede materyalin aynı anda kullanılmasını içerir. Bu materyallerden bir tanesi yoğun kıvamlı (yüksek viskoziteli-*putty*) iken, diğer ölçü materyali akışkan kıvamlıdır (düşük viskoziteli-*light body*). İki materyal aynı anda karıştırılır ve yoğun kıvamlı materyal altta, akışkan materyal üstte kalacak şekilde kaşığa yerleştirilir. Klinik uygulamada bu tekniğin uygulanabilmesi için mutlaka bir yardımcı gerekir. Yardımcı personel yoğun kıvamlı ölçü materyalini (*putty*) hazırlarken, hekim akışkan kıvamlı ölçü materyalini (*light body*) hazırlar ve prepare dişler ile *putty* üzerine enjekte eder. Aynı anda sertleşme reaksiyonu gerçekleşecek şekilde ağıza yerleştirir.

2.2.3 Çift Aşama Çift Faz Tekniği

Bu teknikte yine iki farklı viskozitede ölçü materyali kullanılır. Ancak bu sefer materyallerin ayrı ayrı polimerize olması sağlanır. En önemli avantajı yardımcı olmadan da uygulanabilmesidir. İlk olarak ölçü kaşığına yoğun kıvamlı ölçü materyali (*putty*) yerleştirilir ve ağız içinde polimerize olması beklenir. *Putty* polimerize olduktan sonra kaşık ağızdan uzaklaştırılır. Sertleşen ölçü yıkanır, kurutulur ve içerisine akışkan kıvamlı materyal (*light body*) eklenerek tekrar ağıza yerleştirilir.

Literatürde çift aşama çift faz ölçü tekniğinin hassasiyetini arttırmak için bazı değişiklikler yapılması gerektiği rapor edilmiştir. *Putty* ölçü materyali ağıza yerleştirilmeden önce ikinci ölçü materyali için boşluk oluşturacak bir tabaka kullanılması önerilmiştir (30). Bu tekniğe kontrollü rölyef ölçü tekniği adı verilir. Teknikte polietilenden yapılan ince şeffaf bir tabaka, boşluk oluşturmak için kullanılır. Önerilen başka bir uygulama ise, akışkan ölçü maddesinin dişler üzerinde yayılabilmesi için, sertleşen birinci faz ölçü materyalinde prepare dişlere komşu olan yüzeylerde oluklar açılmasıdır (29). Literatürde bu uygulamalardan en doğru sonuçları veren yöntemin kontrollü rölyef ölçü tekniği olduğu bildirilmiştir (30).

2.2.4. Çift Aşama Üç Faz Tekniği

Detayların elde edilmesinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için önerilen bir tekniktir. İlk olarak tek aşama çift faz ölçü tekniğindeki basamaklar uygulanır sonrasında prepare dişlerin olduğu bölgeye ölçü kaşığından açılan bir delik ile ekstra *light body* (aşırı akışkan ölçü maddesi) enjekte edilir. Birinci aşamadaki eksiklikler, ikinci aşamada ekstra *light body* uygulaması ile giderilir (31).

2.3. Dijital Verinin Elde Edilmesi

2.3.1. Direkt ve İndirekt Dijitalizasyon

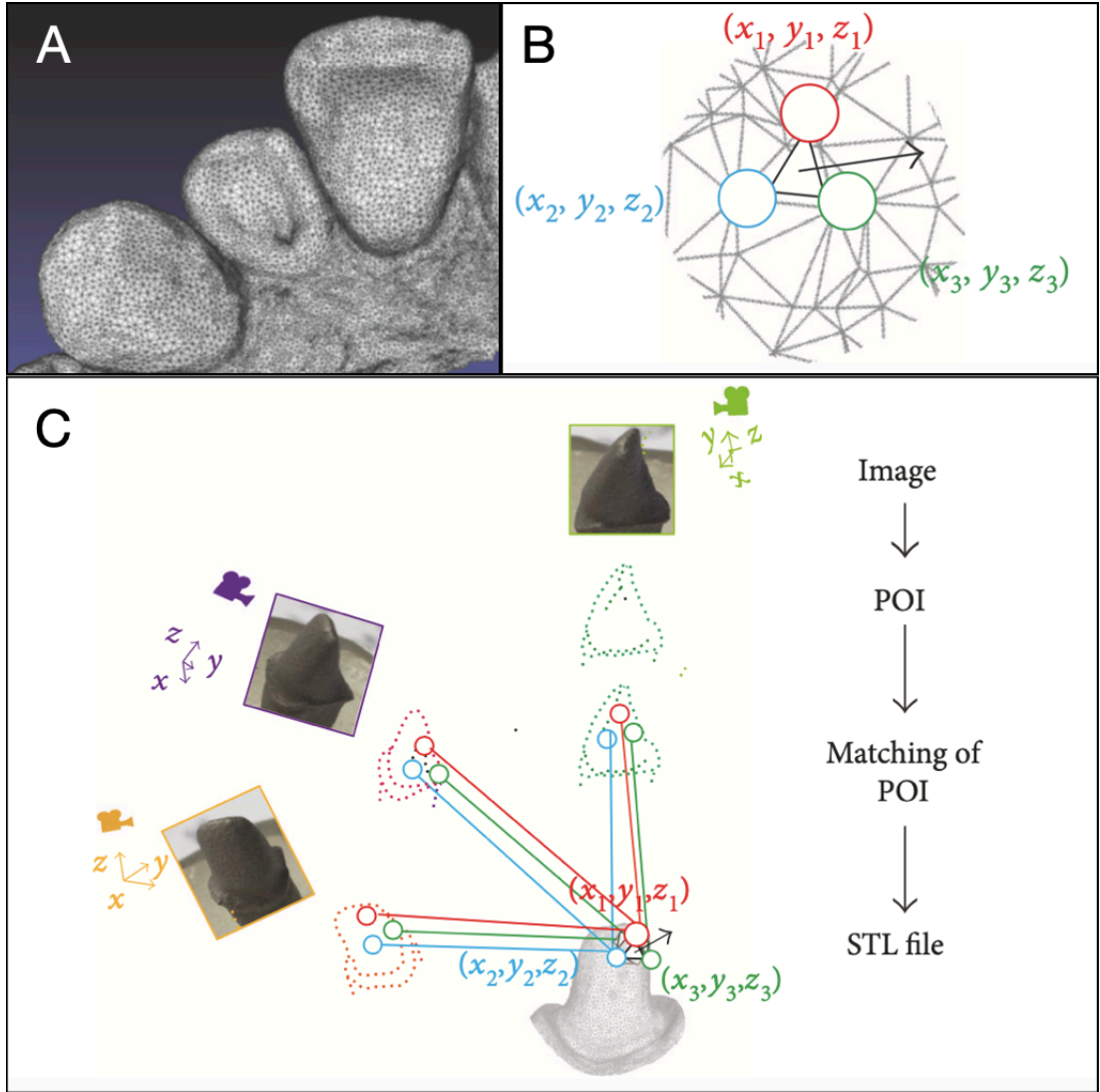
Diş hekimliğinde, 40 yılı aşkın süredir bilgisayar destekli üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli üretimde temel aşama bilgisayarın işleyebileceği dijital veriyi oluşturmaktır. Dijital veri geleneksel ölçüden ve alçı modelden indirekt olarak elde edilebileceği gibi, direkt olarak ağız içerisinden de elde edilebilir. Dijital verinin hangi aşamada elde edildiği ve işlendiği iki farklı kavramı ortaya çıkarmıştır; tam dijital iş akışı ve yarı-dijital iş akışı (32). Tam dijital iş akışında ağız içi tarayıcılar kullanılarak hasta ağzından direkt dijital veri elde edilir. Bu veriler daha sonra yine dijital ortamda kontrol edilir. Tasarım ve üretim aşamaları da bu veri üzerinden gerçekleştirilir. Bu tür iş akışında insan kaynaklı hatalar en az düzeye indirgenmiştir. Hekim tarafından alınan dijital ölçü, teknisyen tarafından dijital ortamda tasarlanır ve üretilir. Bu yöntem direkt dijitalizasyon olarak da adlandırılır. Yarı dijital iş akışında ise ilk olarak geleneksel ölçü yöntemleri ile ölçü alınır. Sonrasında ise iki farklı dijital

iş akışı uygulanabilir. Birinci yöntemde, ölçü laboratuvar tarayıcısında taranarak dijital veri elde edilir. İkinci yöntemde ise ölçüden elde edilen alçı model laboratuvar tarayıcısında taranarak dijital veri elde edilir. Bu yöntemde, geleneksel ölçü tekniği ve ölçünün laboratuvara aktarılma koşulları ile ilgili etkenler üretim sürecindeki hassasiyeti etkileyebilir. Bu yöntem indirekt dijitalizasyon olarak da adlandırılır (32).

Dijitalizasyonda, belki de en önemli aşama dijital verinin doğru, güvenilir ve kolay bir şekilde elde edilmesidir. Dijital teknolojiye dayalı üretimde, hassasiyetin değerlendirilebilmesi için dijital verinin elde edilme şekli, verinin aktarılması, verinin işlenmesi ve üretimin gerçekleştirilmesi süreçlerini içeren çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Özellikle ağız içi tarayıcılardaki gelişim ile diş hekimliğinin ve diş teknisyenliğinin uygulama alanlarında yeni yaklaşımlar gündeme gelmiştir.

2.3.2. Ağız İçi Tarayıcılar

Ağız içi tarayıcılar; kamera, bilgisayar ve dijital verinin işlenmesini ve iletilmesini sağlayan yazılımdan oluşan medikal cihazlardır. Amaçları bir objenin üç boyutlu geometrisini hassas bir şekilde kaydetmektir. Elde edilen dijital verinin saklanması ve iletilmesinde en yaygın olarak STL uzantılı dosya formatı kullanılır (Şekil 2.2A.). STL (*Standard Tessellation Language*) formatı, 3 nokta ve bir yüzeyden oluşan üçgenlerin diziliminden oluşmaktadır. Bir STL dosyasının her bir üçgeni, koordinatlar (x, y ve z) içeren 3 noktadan ve normal bir yüzeyden oluşur (Şekil 2.2B.). Birçok endüstriyel alanda STL dosyaları kullanılmaktadır. Bununla birlikte dental dokuların rengini, transparanlığını veya yapısını kaydetmek için başka dosya biçimleri de geliştirilmiştir (örn: *polygon file format*; PLY) (33). Ağız içi tarayıcılarda kullanılan tüm kameralar, ışık yansıması ile görüntü elde ederler. Işık yansıması, POI (*points of interest*) tanındıktan sonra yazılım tarafından derlenir ve ayrı ayrı fotoğraf veya video olarak kaydedilir. Her noktanın ilk iki koordinatı (x ve y) görüntü üzerinde değerlendirilir ve daha sonra kamera ile üçüncü koordinat (z) hesaplanır (Şekil 2.2C.).



Şekil 2.2. Ağız içi tarayıcı ile STL dosyası oluşturma: A) STL formatında dosya örneği B) Bir STL dosyasının her bir üçgeni C) Üretim teknolojisinin şematik görseli (33).

Ağız içi tarayıcılar görüntüyü oluşturma yöntemlerine göre farklı çalışma prensiplerine sahiptir:

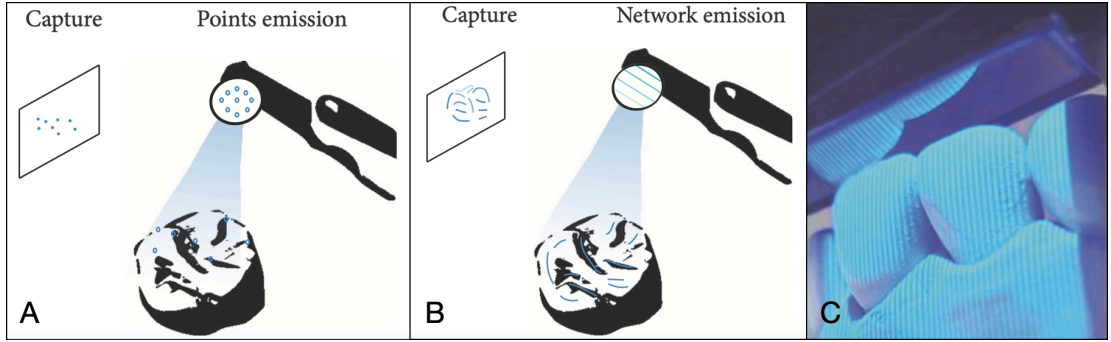
1- Işık Yansıması ve Görüntü Yakalama

2- Objenin Tarama Yapan Cihaza Olan Uzaklığı

- *Active Triangulation* (Işığın Üçgenlenmesi)
- Konfokal
- *Active Wavefront Sampling* (Aktif Dalga Örnekleme)
- Stereofotogrametri

Işık Yansımaları ve Görüntü Yakalama

Üç boyutlu görüntünün oluşturulmasında pasif ve aktif teknikler arasında açık bir ayrım vardır. Pasif ışık yansımaları tekniğinde, ağız içi dokuları aydınlatmak için sadece ortam aydınlatması kullanılır ve objenin yüzey yapısına bağımlıdır. Aktif ışık yansımaları tekniğinde ise kameradan objenin üzerine yansıtmak için dokuların yüzey yapısına daha az bağımlı olan beyaz, kırmızı veya mavi ışık kullanılır. Aktif teknikte parlak nokta objenin üzerine yansıtılır ve objeye olan uzaklığı *triangulation* (üçgenleme) yöntemi ile hesaplanır (Şekil 2.3A). Diğer bir alternatif ise nokta yerine çizgi veya ağ şeklinde ışık yansıtmasıdır (Şekil 2.3B. ve 2.3C.). Yüzey görüntüsü, bir saniyede çekilen çok sayıda fotoğraflar ile veya video ile elde edilebilir (33).

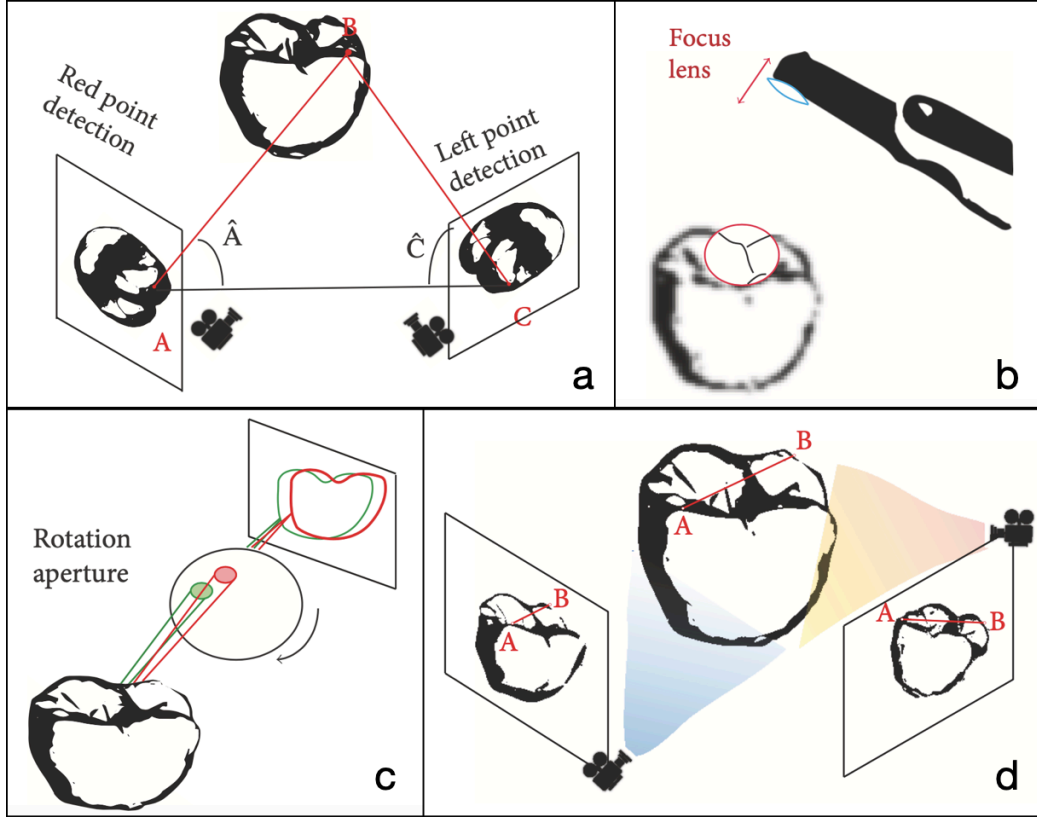


Şekil 2.3. Işığın doğası: A) Noktaların iz düşümü B) Ağın iz düşümü C) Ağın, ağız içi tarayıcı ile iz düşümü (33).

Objenin Tarama Yapan Cihaza Olan Uzaklığı

Active Triangulation (Işığın Üçgenlenmesi)

Işığın üçgenlenmesi tekniğinin temel mantığı, eğer bir üçgende iki tane nokta arasındaki uzaklık ve açı biliniyorsa, üçgenin üçüncü noktasının konumunun da hesaplanabileceği ilkesine dayanmaktadır. Bunu ağız içi tarayıcıların çalışma mekanizması için anlatacak olursak, iki kameranın birbirine uzaklığı ve açısı biliniyorsa üçüncü noktada olan objenin kameralara olan uzaklığı da hesaplanabilir ve böylece yüzey topografisi de ağız içi tarayıcılar tarafından oluşturulabilir (Şekil 2.4a). Burada iki kamera yerine prizma kullanan tek kamera veya farklı noktalardan yakalanmış iki görüntü de kullanılabilir. Işığın üçgenlenmesi yöntemi genellikle fotoğraf çeken ağız içi tarayıcılarda kullanılmaktadır (33).



Şekil 2.4. Objenin tarama yapan cihaza olan uzaklığının hesaplanması: a) *Active triangulation* (ışığın üçgenlenmesi) ile görüntü oluşturma b) Konfokal yöntem ile görüntü oluşturma c) *Active wavefront sampling* (aktif dalga örnekleme) ile görüntü oluşturma d) Stereofotogrametri ile görüntü oluşturma (33).

Konfokal

Konfokal görüntüleme tekniğinde genellikle odak uzaklığı lensin objeye olan uzaklığına göre belirlenir. Seçilen derinliklerden odaklanmış ve odaklanmamış görüntülerin elde edilmesini temel alan bir tekniktir (Şekil 2.4b.). Bu teknoloji objeye olan mesafeyi saptayabilmek için görüntünün netlik alanını belirleyebilir. Bir dişin görüntüsü, objenin farklı açılarından, farklı fokus ve apertura değerleri ile ve art arda çekilmiş fotoğraflar tarafından elde edilebilir. Görüntünün netliği, hareket bulanıklığından etkilenir ve bu da hekimin el becerisi ile doğrudan ilişkilidir. Bu teknik klinik uygulamada zorluklara yol açabilecek büyük optikler gerektirir (33).

Active Wavefront Sampling (Aktif Dalga Örnekleme)

Aktif dalga örnekleme tekniğinde kamera sürekli titreşim halindedir ve görüntü yakalayarak net olan yerleri belirler. Aslında bunu odak uzaklığını

belirleyerek gerçekleştirir. Yani objenin kameraya hangi uzaklıklarda netlendiğini bulur ve böylece bir yüzey topografisi çıkartabilir (Şekil 2.4c.). Genellikle video çeken ağız içi kameralarda kullanılan bir tekniktir (33).

Stereofotogrametri

Bu yöntemde, tüm koordinatlar (x, y, z) yalnızca görüntülerin algoritmik analizleri ile tahmin edilir (Şekil 2.4d.). Stereofotogrametri; aktif ışık yansımaları ve donanım yerine, pasif ışık yansımaları ve yazılıma dayanan bir tekniktir. Bu nedenle kamera nispeten küçüktür, kullanımı daha kolaydır ve üretimi daha ucuzdur (33).

Son on yılda farklı teknolojileri temel alan birçok ağız içi tarayıcı klinik kullanıma sunulmuştur. Çalışma prensibi, ışık kaynağı, pudra kullanımı gerekliliği ve çıktı dosyası formatı gibi temel özellikler bakımından birbirlerinden farklıdırlar (34), (Tablo 2.1.).

Tablo 2.1. Farklı çalışma prensiplerine sahip ağız içi dijital tarayıcılardan bir kısmının temel özellikleri.

Ağız İçi Tarayıcı	CEREC Omnicam	3Shape Trios 3	iTero	TM Lava C.O.S.
Üretici Firma	Sirona Dental System (Bensheim, Almanya)	3Shape (Kopenhag, Danimarka)	Align Technology (Kaliforniya, ABD)	3M ESPE (Minnesota, ABD)
Çalışma Prensibi	<i>Active triangulation</i> (Işığın üçgenlenmesi)	Konfokal mikroskopi	Paralel konfokal mikroskopi	<i>Active wavefront sampling</i> (Aktif dalga örnekleme)
Görüntüleme Türü	Video	Çoklu fotoğraf	Çoklu fotoğraf	Video
Pudra Uygulaması	Hayır	Hayır	Hayır	Evet

2.3.3. Ağız Dışı Tarayıcılar (Laboratuvar Tarayıcıları)

Laboratuvar tarayıcılarının ağız içi tarayıcılar ile benzer çalışma prensipleri bulunmaktadır; beyaz LED tarayıcılar, lazer tarayıcılar ve mavi LED tarayıcılar. Diş

hekimliğinde yakın zamana kadar evrensel olan beyaz beyaz LED tarayıcılar, iyi tarama hızı ve tekrarlanabilirlik gibi avantajlara sahiptirler. Ayrıca iki boyutlu modda bir deseni etkili şekilde yansıtırlar ve üç boyutlu koordinat verilerini lazer tarayıcılardan daha iyi okurlar. Ancak beyaz LED tarayıcılarda, dar ve derin alanlarda sıklıkla hatalar meydana gelmekte ve taramada hassasiyet kaybı oluşmaktadır (35). Lazer tarayıcılar çizgi paterni kullanırlar, ancak yavaş tarama hızı, büyük tarama hataları ve düşük tarama hassasiyeti gibi dezavantajlara sahiptirler. Laboratuvar tarayıcılarında görülen bu olumsuzlukları elimine edebilmek için mavi LED tarayıcılar üretilmiştir. Mavi LED tarayıcıların, daha az hata ve daha fazla tarama hassasiyeti gösterdiği rapor edilmiştir. Kullandıkları mavi ışık, kısa dalga boyuna sahiptir ve bu da daha yüksek hassasiyet avantajı sağlamaktadır (36).

Diş hekimliğinde kullanılan dijital tarayıcıların, yukarıda sözü edilen yazılımsal ve donanımsal teknik özellikleri her marka için değişkenlik gösterebilmektedir. Bizim çalışmamızda, Trios 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC Omnicam (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) dijital tarayıcı sistemleri kullanılmıştır.

2.4. 3Shape Dijital Sistemleri

3Shape ilk olarak 2000 yılında, Danimarka Teknik Üniversitesi ve Kopenhag İşletme Fakültesi'nde, Tais Clausen ve Nikolaj Deichmann tarafından piyasaya sürülmüştür. 2000'li yıllarda Clausen üç boyutlu tarama teknolojisi üzerine tez çalışması yürütürken, Deichmann finans ve ekonomi üzerine yüksek lisans yapmaktaydı. 'Venture Cup' iş planı yarışmasına katılmış ve ikincilik elde etmişlerdi. Yarışma boyunca, teknolojinin nasıl ticari hale getirilebileceği konusunu tartışan ikili sonunda 3Shape'i başlatma fikrini ortaya koymuşlardır. İlk olarak işitme cihazı endüstrisi üzerinde yoğunlaşmışlardır. İşitme cihazlarının da dental restorasyonlara benzer şekilde hastanın işitme kanalına özel olarak uyumu gerekmektedir. Bunun için geleneksel yöntemler zaman almaktadır. Clausen ve Deichmann işitme cihazı endüstrisindeki analog yöntemler yerine dijital sistemlere geçiş için çalışmışlardır. Günümüzde tüm işitme cihazlarının yaklaşık %90'ı 3Shape teknolojisi kullanılarak üretilmektedir. Tais ve Nikolaj, üç boyutlu tarama teknolojisinin sahip olduğu büyük

potansiyel sayesinde işleme cihazı endüstrisindeki bu gelişmeyi dental laboratuvarlara da taşımayı düşünmüşlerdir. 2004 yılında 3Shape, teknoloji ile ilgilenen dental şirketlerden artan miktarda talep almaya başlamıştır ve bu şekilde de dental işleyişi analogtan dijitale çevirmek için gerekli çalışmaları yapmaya başlamışlardır. Böylece IDS Cologne 2005'te 3Shape, ilk üç boyutlu dental tarayıcı ve CAD / CAM yazılımı tanıtmıştır. İlerleyen yıllarda şirket müşterilerini gelişim sürecine dahil ederek, ürünlerini geliştirmeye devam etmiştir (37). 2010 yılında 3Shape yeni bir ağız içi tarayıcı sistemi olan TRIOS'u tanıtmış ve 2011 yılında da piyasaya sürmüştür. Bu sistem saniyede 3000 fotoğraf çekme, kullanım kolaylığı, renkli görüntü elde etme ve pudrasız kullanım gibi çeşitli avantajları beraberinde getirmiştir. Tarayıcı direkt dişlerin üzerinde veya 2-3 cm uzakta tutularak kullanılabilir. Trios sistemi, dijital verileri STL dosyası veya özel bir dosya olarak dışa aktarabilen açık bir sistemdir. Özel bir dosya olarak dışa aktarıldığında sadece 3Shape sistemleri üzerinden tasarım ve üretim yapılmaktadır. Ancak STL dosyası olarak dışa aktarıldığında diğer CAD/CAM sistemleriyle çalışabilme imkanını sunmaktadır (34).

2.5. Sirona Dijital Sistemleri

CEREC 1 sistemi ilk ağız içi dijital ölçü ve CAD/CAM cihazı olarak Duret sistemi ile birlikte 1987 yılında piyasaya sunulmuştur. Bu sistem, üç lineer ışık demetinin kesişiminin üç boyutlu alanda belirli bir noktaya odaklandığı "ışığın üçgenlenmesi" kavramı ile tasarlanmıştır. Düzgün olmayan ışık dağılımına sahip yüzeyler, taramaların doğruluğunu olumsuz yönde etkiler ve azaltır. Bu nedenle homojen ışık dağılımı üretmek ve tarama doğruluğunu arttırmak için titanyum dioksit toz pudrasının ağız iç kullanımını gerektirir. Zaman içerisinde farklı CEREC sistemleri tanıtılmıştır. 1994 yılında CEREC 2 ve 2000 yılında CEREC 3 piyasaya sürülmüştür (38). 2009 yılında CEREC AC Bluecam tanıtıldıktan sonra 2012 yılında CEREC AC Omnicam üretilmiştir. Omnicam görüntüleme tekniği, ardışık veri edinme ile üç boyutlu model oluşturulmasını sağlayan sürekli görüntüleme stildir ancak Bluecam görüntüleme ile tek bir görüntü elde edilir. Omnicam tek diş, tek kadran veya tam ark için kullanılabilir iken Bluecam yalnızca tek diş veya tek kadran için kullanılabilir. Pudrasız tarama ve doğal renklere sahip hassas üç boyutlu görüntüler Omnicam'in en göze çarpan özelliklerindedir. Tarama sırasında tarayıcı uç, diş

yüzeyinden birkaç milimetre uzakta olmalı veya yüzeye hafifçe dokunmalıdır. CEREC sistemi, dijital ölçü verilerini Sirona tarafından desteklenen CEREC MC ve CEREC In-Lab gibi CAM cihazlarında çalışan özel biçim bir dosya olarak dışa aktaran bir sistemdir (34).

2.6. Dijital Sistemler ile Üretilen Diş Destekli Sabit Restorasyonların Hassasiyeti

2.6.1. Tek Üye Diş Destekli Sabit Restorasyonlar

Tek üye indirekt restorasyonların üretiminde geleneksel ölçü teknikleri ile elastomerik ölçü materyalleri kullanımını altın standart olarak kabul edilmektedir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte ağız içi tarayıcıların kullanımı yaygınlaşmıştır (39), (40). Ağız içi tarayıcıların ilk tanıtıldığı yıllardan bu zamana kadar geçen sürede dijital sistemlerin en sık kullanıldığı alan tek üyeli parsiyel ve tam kron restorasyonlar olmuştur. İlk yıllarda klinik pratikte aynı gün restorasyon üretimi konsepti benimsenmiş ve bu konuda gelişmeler yaşanmıştır (38). Zaman içerisinde dijital sistemlerle üretilen materyal çeşitliliğinin artması bu konudaki çalışmalara yön vermiştir. Bu nedenle literatürde dijital sistemler ile üretilmiş tek kronlar ile ilgili çok sayıda in vitro ve klinik çalışma dikkati çekmektedir (1, 6, 8, 13-15, 41-48).

Yapılan ilk çalışmalarda direkt dijital üretim yöntemleri ile geleneksel ölçü yöntemleri karşılaştırılmış ve sonucunda direkt dijital ölçü yöntemi ile üretilen restorasyonların klinik kabul edilebilir sonuçlar gösterdiği rapor edilmiştir. Son yıllarda ise, ağız içi tarayıcılar ile üretilen tek kron restorasyonların marjinal ve internal uyumunun geleneksel ölçüden üretilen tek kronlara göre anlamlı olarak daha iyi olduğu rapor edilmiştir (14, 15, 41, 42, 47).

Nedelcu ve arkadaşlarının (48) 2018'de yaptığı bir in vitro çalışmada tek kron restorasyon üretilmemiş ancak fantom model üzerinde *supra* ve *subgingival* basamaklar içeren bir diş preparasyonu yapılmıştır. Daha sonra bu model referans tarayıcı (ATOS) ve 7 tane ağız içi tarayıcı (3M, CS3500, CS3600, DWIO, Omnicam, Planscan, Trios) ile taranmıştır. Ayrıca fantom modelden geleneksel yöntem ile ölçü elde edilmiştir. Bu ölçüye tip IV alçı dökülerek alçı model elde edilmiş ve laboratuvar

tarayıcısı ile taranmıştır. Daha sonra bu taramalar üç boyutlu olarak bilgisayar ortamında karşılaştırılmış, bitiş çizgisi farklılığı (FLD) ve bitiş çizgisi doğruluğu (FLA) değerlendirilmiştir. Sonuç olarak ağız içi tarayıcı cihazların markaları arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Çözünürlük açısından sıralama yapıldığında en yüksek değerleri Trios vermiştir. Trios'u sırasıyla geleneksel ölçü, DWIO, Omnicam, CS3500, 3M, CS3600 ve Planscan izlemiştir. Trios en yüksek FLD'yi ve CS3600 ise en yüksek FLA'yı göstermiştir. FLD ve FLA değişkenlik gösterse de Planscan dışındaki tüm ağız içi tarayıcıların, karşılaştırılabilir genel doğruluğa sahip olduğu görülmüştür. 3M ve DWIO'nun, genel olarak düşük FLD ve *subgingival* alanlarda düşük FLA'ya sahip olduğu belirlenmiştir. Planscan supra ve *subgingival* alanların her ikisinde de en düşük değerleri göstermiştir. Ayrıca rengin eklenmesi ile Trios, Omnicam ve CS3600'deki bitiş çizgisinin belirlenmesi daha iyi hale getirilmiştir (48).

Malaguti ve arkadaşları (4) yaptıkları in vitro çalışmada dijital ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş 20 tane zirkonya altyapının uyumunu karşılaştırmışlardır. Çalışma için şiddetli periodontitis hikayesi ile çekilme endikasyonu konulmuş üst 1.molar diş kullanılmıştır. 4 farklı ölçü yöntemi kullanılarak tek kronlar elde edilmiştir; 3D Progress Scanner ağız içi tarayıcı (Medical High Technologies, Verona, İtalya) ile tarama, 7 Series laboratuvar tarayıcısı (Dental Wings, Montreal, Kanada) ile modelin direkt taranması (diğer 3 grubun kontrolü için kullanılmak amaçlı), polieter ölçü maddesi ile elde edilmiş geleneksel ölçünün laboratuvar tarayıcısında taranması, geleneksel ölçüden elde edilen alçı modelin laboratuvar tarayıcısında taranması. Üretilen kronların marjinal uyumları dijital fotoğraf yöntemi ile değerlendirilirken, internal uyumları silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bütün gruplar içinde ölçü ve alçı tarama grupları, marjinal ve internal uyum için istatistiksel olarak anlamlı derecede en olumsuz sonuçları göstermişlerdir. Dört grup içinde en iyi internal uyum ağız içi tarayıcılar için bulunmuştur (4).

Bu konuyla ilgili yapılan klinik çalışmalarda, in vitro çalışmalara benzer olarak direkt dijital ölçü ile üretilen tek kronların anlamlı olarak daha iyi sonuçlar verdiği veya her iki yöntemde klinik kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu gösterilmiştir (1, 6, 8, 13, 43-46). Bosniac ve arkadaşlarının (8) yaptığı klinik çalışmada 23 hastada,

63 diş üzerine yapılan tek kronlar incelenmiştir. Kronları üretmek için ağız içi tarayıcılar (CEREC Omnicam ve 3Shape Trios) ve taranabilen polivinil siloksan ölçü maddesi (Flexitime Fast & Scan Putty, Kulzer, Hanau, Almanya) kullanılmıştır. Ağız içi tarayıcılar ile ölçüler alındıktan sonra, geleneksel ölçüler alınmıştır ve bu ölçüler 3Shape D700 laboratuvar tarayıcısı ile taranarak dijitalize edilmiştir. Üretilen zirkonya altyapıların marjinal uyumu silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak CEREC Omnicam ve 3Shape Trios ağız içi tarayıcıları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ve marjinal uyumsuzluk $100\ \mu\text{m}$ 'nin altında bulunmuştur. Ancak geleneksel ölçülerin laboratuvar tarayıcısında taranması ile üretilen zirkon altyapıların marjinal uyumsuzlukları $100\ \mu\text{m}$ 'dan daha fazla olarak rapor edilmiştir (8). Bu sonuçlara benzer olarak Berrendero ve arkadaşlarının (13) 2019'da yaptığı başka bir klinik çalışmada 30 hastada, 15 adet molar ve 15 adet premolar destek dişe toplam 30 adet zirkon-seramik kron yapılmıştır. Kronlar ağız içi tarayıcı (Trios, 3shape) ve çift aşama çift faz geleneksel ölçü yöntemi ile üretilmiştir. Marjinal uyumun değerlendirmesi dışardan iki kör-operatör tarafından yapılmıştır. Sonuç olarak iki grup arasında marjinal uyum açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ve ağız içi tarayıcı kullanılarak üretilmiş kronların daha iyi marjinal uyuma sahip olduğu belirtilmiştir (6).

Günümüzde tek üye indirekt restorasyonların üretiminde direkt dijital iş akışı öngörülebilir ve tekrarlanabilir doğru sonuçlar vermektedir ve klinik rutinde kullanımı desteklenmektedir (13).

2.6.2. Çok Üyeli Diş Destekli Sabit Restorasyonlar

Tek üyeli restorasyonlardan farklı olarak çok üyeli sabit restorasyonların üretiminde ölçünün veya ölçüden elde edilen modelin distorsiyona uğrama olasılığı daha yüksektir. Dişsiz bölgenin yeri, dişsiz alanın uzunluğu, *pire* abutment varlığı, protezin giriş yolu gibi çok sayıda faktör etkilidir (49, 50). Distorsiyon, üretim aşamasında da gerçekleşebilmektedir. Literatürde direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilen diş destekli restorasyonların marjinal ve internal uyumunun karşılaştırıldığı in vivo ve in vitro çalışmalar 3 ve 4 üyeli restorasyonlar ile sınırlıdır (3, 5, 9, 51, 52).

Arezoobakhsh ve arkadaşlarının (9) 2019 yılında yaptığı in vitro çalışmada üst çene fantom model üzerinde 24 ve 26 numaralı dişler, 25 numaralı diş eksikliğinin taklit edildiği klinik senaryoya göre prepare edilmiş ve 2 dayanak dişten oluşan 3 üyeli zirkon köprüler üretilmiştir. Zirkon köprülerin üretiminde ağız içi tarayıcılar (Trios ve CS3600) ve geleneksel ölçü yöntemleri kullanılmıştır. Geleneksel ölçüler polivinil siloksan ölçü maddesi kullanılarak çift aşama çift faz ölçü yöntemi ile elde edilmiştir. İlk olarak ölçüler Deluxe Scanner laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Daha sonra geleneksel ölçülerden alçı modeller elde edilmiş ve alçı modeller de aynı laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Marjinal ve internal uyum değerlendirmesi silikon kopya yöntemi ile yapılmıştır. Sonuç olarak Trios ve CS3600 ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen zirkon restorasyonların marjinal ve internal uyumunun, ölçü ve alçı taraması ile elde edilen restorasyonlara göre anlamlı olarak daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Alçı taraması ile üretilen restorasyonların marjinal uyumunun en olumsuz sonuçları verdiği belirtilirken, Trios ve CS3600 ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen restorasyonların marjinal uyumlarının ise benzer sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (9). Bu sonuçlara benzer olarak Su ve arkadaşları (3) tarafından yapılmış başka bir in vitro çalışmada, üst çenede sol birinci premolar diş eksikliği klinik senaryosu taklit edilerek sol kanin ve ikinci premolar diş prepare edilerek, 2 dayanak dişten oluşan 3 üyeli zirkon altyapılar üretilmiştir. Restorasyonların üretiminde direkt dijital ölçü yöntemi için ağız içi tarayıcı kullanılmıştır. Geleneksel yöntemle üretim için ise, polivinil siloksan ölçü maddesi kullanılarak alınan ölçülerden elde edilen alçı modeller laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Üretilen restorasyonlar marjinal ve internal uyum açısından değerlendirilmiş ve dijital yöntemler ile elde edilen restorasyonların geleneksel ölçü ile elde edilenlere göre daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (3).

Benzer sonuçlar Shembesh ve arkadaşlarının (5) 2015 yılında yaptığı in vitro çalışmada da elde edilmiştir. Çalışmada çürüğü olmayan, restore edilmemiş, çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır. Alt çenede bulunan sol birinci premolar ve birinci molar dişler epoksi resin içerisine, ikinci premolar diş eksikliği klinik senaryosunu taklit edecek şekilde gömülmüştür. 2 dayanak diş üzerine 3 üyeli zirkon restorasyonlar 4

farklı ölçü yöntemi kullanılarak üretilmiştir. 1. grupta polivinil siloksan ölçü materyali ile elde edilen geleneksel ölçüler laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır, 2. grupta geleneksel ölçülerden elde edilen alçı modeller laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır, 3. grupta Cadent iTero ağız içi tarayıcısı ile ve 4. grupta Lava True Definition ağız içi tarayıcısı ile taramalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda Lava True Definition ağız içi tarayıcısı kullanılarak üretilen restorasyonların en iyi marjinal uyuma sahip olduğu görülmüştür (5).

Sözü edilen çalışmalarda sonuçlarda görüldüğü gibi direkt ve indirekt dijital yöntemler ile üretilen 3 üyeli restorasyonların marjinal ve internal uyumlarının değerlendirildiği in vitro çalışmalarda, direk dijital sistemler daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Bu konu ile ilgili yapılan klinik çalışmalarda da benzer sonuçlar görülmektedir. Benic ve arkadaşlarının (7) 2018 yılında yaptığı klinik çalışmada 10 hastaya, 3 üyeli restorasyon yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen köprüler posterior bölgededir. Her hastada 4 farklı yöntem kullanılarak restorasyonlar üretilmiştir. İlk üç grupta zirkon yapılar, direkt dijital yöntemle, Lava, iTero ve Cerec InfiniDent systems ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilmiştir. Dördüncü grupta ise geleneksel yöntemle metal alt yapı üretilmiştir. Üretilen restorasyonların uyumları silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak marjin bölgesinde dijital sistemler, geleneksel yöntem ile benzer veya daha iyi sonuçlar göstermişlerdir. Aynı zamanda dijital sistemler arasında da benzerlik olduğu görülmüştür. Ancak okluzal bölgede geleneksel yöntem ile üretilen restorasyonlar dijital yöntemlerle üretilenlere göre daha iyi uyum göstermiştir (7). Bu sonuçlara benzer olarak Ahrberg ve arkadaşları (2) 2019 yılında yaptıkları klinik çalışmada 25 hastada 17 tek kron ve 8 adet 3 üyeli zirkon seramik restorasyonlar üretmişlerdir. Her hastada iki farklı ölçü yöntemi kullanılmıştır; Lava C.O.S. ağız içi tarayıcı ile alınan dijital ölçüler ve polieter ölçü maddesi ile geleneksel ölçü. Üretilen alt yapıların marjinal ve internal uyumu silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Her iki bölgenin uyumu için de dijital yöntemler geleneksel ölçü yöntemine göre anlamlı olarak daha iyi sonuç göstermiştir (2). Yukarıda atfedilen çalışmalarda da belirtildiği gibi direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile

üretilmiş 3 üyeli restorasyonların uyumu benzer sonuçlar göstermektedir. Sonuçlar anterior ve posterior 3 üyeli sabit bölümlü protez üretiminde ağız içi tarayıcıların kullanımını destekler niteliktedir.

Ancak literatürde ağız içi tarayıcılar kullanılarak üretilmiş, 4 veya daha fazla üye sayılı restorasyonlar ile ilgili yapılan çalışmalar yetersizdir (10-12). Buna ek olarak, direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilmiş hem anterior hem de posterior bölgeyi içeren çok üyeli restorasyonların marjinal ve internal uyumu ile ilgili çalışmaların eksikliği dikkati çekmektedir (3).

2.6.3. Tam Ark Sabit Bölümlü Protezler

Literatürde ağız içi dijital tarayıcı kullanılarak üretilmiş tam ark-tek parça diş destekli sabit restorasyonlarla ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar, restorasyon üretimi olmadan ölçü doğruluğunun karşılaştırıldığı ortodontik aparey üretimini veya tam ark-tek parça implant destekli restorasyon/altyapıları içermektedir. Tam ark restorasyon gerektiren çenelerden, direkt dijital ve geleneksel ölçü yöntemleri ile elde edilmiş ölçüler karşılaştırıldığında, direkt dijital sistemlerin geleneksel ölçü yöntemlerine göre daha üstün sonuçlar verdiğini bildiren sınırlı sayıda in vitro çalışma bulunmaktadır (53, 54). 2019 yılında Keul ve arkadaşlarının (54) yaptığı in vitro çalışmada üst çeneden direkt dijital ve indirekt dijital yöntemler ile ölçüler elde edilmiştir. İndirekt dijital ölçü grubu kendi içinde ikiye ayrılmıştır; geleneksel olarak alınan ölçünün taranması, geleneksel ölçüden elde edilen alçının taranması. Bu yöntemlerin doğruluğunu karşılaştırabilmek için ölçü alınmadan önce referans model üzerinde her iki kadrındaki ikinci molar dişler arasına metal bar sabitlenmiştir. Daha sonra dijital ortamda ölçüler arası sapmalar karşılaştırılmıştır. En az sapmayı direkt dijital ölçü yöntemi gösterirken en fazla sapmayı ise ölçü taramasının yapıldığı grup göstermiştir (54). Guth ve arkadaşlarının (53) 2015 yılında yaptığı başka bir in vitro çalışmada alt çene modelleri üzerinden direkt ve indirekt dijital ölçüler alınmıştır. İndirekt dijital grup, geleneksel yöntem ile polieter ölçü materyali kullanılarak ölçü alınmasından sonra elde edilen alçı modellerin laboratuvar tarayıcısı ile taranmasından oluşmaktadır. Ölçüler alınmadan önce referans modelde, Keul ve arkadaşlarının (54) yaptığı gibi her iki kadrındaki ikinci molar dişler arasına

metal bir bar sabitlenmiştir. Daha sonra ölçülerin dijital ortamdaki karşılaştırılması bu bar üzerinden yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında, direkt dijital yöntemle elde edilen ölçülerin geleneksel yöntemlere göre benzer hatta daha yüksek doğruluk gösterdiği sonucuna varılmıştır (53).

Yukarıda belirtilen in vitro çalışmalarda direkt dijital yöntemlerle elde edilen ölçülerin geleneksel yöntemle benzer veya daha iyi sonuçlar verdiği vurgulanmış olsa da literatürde bu konudaki bilgiler yetersizdir ve çelişkiler içermektedir. Geleneksel ölçülerin tam ark ölçü eldesinde daha başarılı olduğunu gösteren pek çok in vitro çalışma bulunmaktadır (55-59). Bu çalışmalarda direkt dijital ölçü modellerinde sapmalar görülmektedir. Sapmalar sıklıkla; posterior bölgelerde, arkın distal sonlanım bölgesinde ve dişlerin eğimli yüzeylerinde meydana gelmiştir. Bu çalışmaların ışığında direkt dijital ölçü yöntemlerinin, artan tarama alanı ile hassasiyetinin azaldığı bildirilmiştir. Direkt dijital ölçü yönteminde hassasiyetin, tarama alanının dental arkın yarısını kapsadığında klinik kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu belirtilmiştir. Ancak indirekt dijital ölçü yönteminde sonuçların, arkın tamamında veya herhangi bir yerinde klinik kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu söylenmektedir (57).

Tam ark çeneler için direkt ve indirekt dijital ölçü yöntemlerinin karşılaştırıldığı klinik çalışmalarda da in vitro çalışmalara benzer olarak çelişkili sonuçlar rapor edilmiştir. Direkt dijital yöntemin indirekt dijital yöntemle göre benzer veya daha iyi sonuçlar verdiğini belirten sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin 2016 yılında Aragon ve arkadaşlarının (60) hazırladığı, dört tane klinik vakadan oluşan sistematik derlemede tam ark çenelerdeki inter-ark ve intra-ark arası ölçümler değerlendirilmiştir. Çalışmaların sonucunda direkt dijital sistemlerin geleneksel ölçülere göre daha güvenilir ve doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir (60). Literatürde bu konu ile alakalı yapılan diğer klinik çalışmalarda, dijital ve geleneksel sistemlerin benzer sonuçlar verdiği ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı belirtilmiştir (61, 62). Ancak dijital ölçülerde bazı sapmaların görüldüğü tespit edilmiş ve bu sapmaların daha çok molar bölgede olduğu bildirilmiştir (61).

Direkt dijital sistemlerle ilgili klinik olarak yapılmış bu çalışmalardaki pozitif sonuçların aksine Ender ve arkadaşlarının (63) 2016 yılında yaptığı bir

çalışmada direkt dijital sistemlerin neden olduğu sapmalar dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmada tam ark ölçülerin hassasiyeti karşılaştırılmıştır ve bunun için direkt dijital ve geleneksel ölçü yöntemleri kullanılmıştır. Dijital ölçüler için 7 farklı marka ağız içi tarayıcı kullanılmıştır; CEREC Bluecam, CEREC Omnicam, Cadent iTero, Lava True Definition Scanner, Lava COS, 3Shape Trios ve 3Shape Trios Color. Geleneksel ölçüler için ise 5 farklı ölçü materyali kullanılmıştır; poliyeter, vinil siloksan eter, direkt taranabilen vinil siloksan eter, dijitalize edilmiş direkt taranabilen vinil siloksan eter ve dönüşemeyen hidrokolloid. Elde edilen bütün tam ark ölçüler dijital ortamda karşılaştırılmıştır. Geleneksel ölçü yöntemleri, dönüşemeyen hidrokolloid hariç bütün materyallerde, direkt dijital ölçülerden daha doğru sonuçlar göstermiştir. Dijital ölçülerin arkın posterior bölgelerinde ve distal sonlanımlarında sapmalara neden olduğu gösterilmiştir (63).

Direkt dijital sistemlerde, tam ark restorasyon veya altyapılarının doğruluğunun karşılaştırıldığı diğer çalışmalarda implant üstü rehabilitasyonları içermektedir. Bu konu ile ilgili literatürde in vitro ve klinik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak var olan in vitro ve klinik çalışmalardaki restorasyonlar, 4 veya 6 implant üzerine yapılan hibrit protezlerin metal iskeletlerini veya bar alt yapısını içermektedir (64-69). Sonuç olarak bu restorasyonlar tam arkı içermeyip, premolar dişler arasındaki daha dar bir alanı kapsamaktadır. Tam ark bir tedavi sunulmuş olmasına rağmen doğruluk karşılaştırmasının yapıldığı metal iskelet bölgesi tam arkı içermemektedir. Bu nedenle bu çalışmaların sonuçlarının, direkt dijital ve geleneksel yöntemin karşılaştırılmasında tam ark restorasyon sonuçları olarak değerlendirilmemesi gerektiği düşüncesindeyiz.

Direkt dijital ölçü sistemlerinin doğruluğu, yarım ark ölçülerde geleneksel ölçü ile benzerdir. Ancak tam ark ölçülerde, geleneksel ölçü yöntemi direkt dijital yöntemle göre daha doğru sonuçlar vermektedir ve dijital yöntemde molar bölgeye gidildikçe hata payı artmaktadır. Bu nedenle literatürdeki çalışmalar dijital taramaların tek üniteli ve kısa-çok üniteli sabit protezler ile sınırlı kalması gerektiğini önermektedir (70). Ayrıca literatürde, klinik koşullar altında ağız içi tarayıcıların tam ark taramalarda kullanımı hakkında yorum yapmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. Ağız içi

tarayıcıların güvenilirliğini, doğruluğunu, tekrarlanabilirliğini ve tarama sürelerini uygun şekilde değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (71).

2.7. Marjinal ve İnternal Uyumu Değerlendirme Yöntemleri

2.7.1. Simantasyon Sonrası Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi

Çapraz kesit alma yöntemi üretilen restorasyonun model üzerinde değerlendirildikten sonra epoksi veya alçıya gömülerek sabitlenmesini içerir. Daha sonra restorasyon, enine kesitleri gözlemlenmek için özel bir makine kullanılarak kesilir. Bu yöntem ile restorasyon ve abutment arasındaki boşluğu doğrudan ölçebildiğimiz için sonuçlar güvenilirdir. Ancak ağız içindeki uyumu ölçemediğimiz için ve üretilen restorasyonun kesilmesi gibi invaziv bir aşamayı içerdiği için kullanımı popülerliğini yitirmiştir. Ayrıca ölçümün çok fazla noktadan yapılamaması ve üç boyutlu değerlendirmenin mümkün olmaması da diğer dezavantajlarından (72).

2.7.2. Silikon Kopyanın Çapraz Kesit ile Ölçüm Yöntemi

Silikon kopya, doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmış ve birçok çalışmada araştırılmış bir yöntemdir. Bu yöntem ile restorasyonun içine silikon uygulandıktan sonra restorasyon ağız içindeki veya alçı modeldeki abutment dişe sabit kuvvet uygulayarak oturtulur. Üretilen silikon kopyalar restorasyondan ayrıldıktan sonra kesitler halinde kesilir ve mikroskop altında kalınlığı ölçülür. Silikon kopya yöntemi, kesme yöntemine göre daha basittir ve restorasyona veya alçı modele herhangi bir zarar verilmez. Ayrıca klinik çalışmalarda ölçüme izin vermesi de önemli avantajlarından biridir. Ancak kesme yönteminde olduğu gibi ölçümlerin çok fazla noktadan yapılamaması bir dezavantajdır (72).

Groten ve arkadaşları (73) tek bir dişin uyumunun değerlendirilebilmesi için en az 50 noktadan ölçüm yapılması gerektiğini belirtmiştir. Ancak kesme yöntemi veya silikon kopya yöntemi ile bu koşullar tam olarak sağlanamayabilir (72).

2.7.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Verileri

Mikro bilgisayarlı tomografi, marjinal ve internal uyumun değerlendirilmesi için kullanılan diğer yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile restorasyona, abutment dışı veya alçı modele zarar vermeden birçok noktadan tekrarlanabilen ölçümler yapmak mümkündür (74). Literatürde mikro bilgisayarlı tomografi yöntemi kullanılarak yapılmış çok sayıda çalışma ve sistematik derleme mevcuttur (75-78).

Mikro bilgisayarlı tomografileri kullanabilmek için örnek boyutları küçük olmalıdır. Bu nedenle çok üniteli restorasyonların değerlendirilmesinde kullanımı sınırlıdır. Ayrıca maliyet ve ölçümlerin uzun zaman alması da diğer dezavantajlarındanır.

2.7.4. Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi

Son yıllarda, mevcut ölçüm yöntemlerinin sınırlamalarının üstesinden gelmek için bilgisayar yardımı ile üç boyutlu yeni ölçüm yöntemleri denenmiştir. Üç boyutlu değerlendirme ilk olarak Luthardt tarafından ortaya koyulmuştur (16). Bu yöntem ile ölçüm yapmak daha kolaydır, restorasyon veya alçı modele zarar verilmez. Bu yöntem dayanağın tüm yüzey morfolojisini belirleyebilir ve bu nedenle iç boşluk dağılımını tam olarak gösterebilir (79). Daha önceki çalışmalarda da bu yöntemin doğruluğu ve güvenilirliği rapor edilmiştir (72, 80). Bu yöntem ile tek bir restorasyonun uyumunu değerlendirirken 30.000 noktadan ölçüm yapılabildiği bildirilmiştir (17).

Literatürde çok üniteli restorasyonların üretiminde tam ve yarı dijital iş akışı kullanılmasının üretim hassasiyetine etkisini değerlendiren çalışmalar son derece sınırlıdır (3, 5, 9, 51, 52). Bunun yanı sıra, farklı sistemlerin ağız içi tarayıcılarının karşılaştırılmasında çok üniteli restorasyon üretimine ilişkin bilgiler de yetersizdir (5, 7, 9). Çalışmamızda, iki farklı dijital sistemin (3Shape ve CEREC) ağız içi ve laboratuvar tarayıcılarının üretim hassasiyetine etkisi incelenecektir. Bu amaçla, direkt dijitalizasyon (ağız içi tarayıcı kullanılması) ve indirekt dijitalizasyon (geleneksel ölçünün ve aynı ölçüden elde edilen alçı modelin laboratuvar tarayıcısı ile taranması) yöntemleri ile çok üyeli sabit bölümlü restorasyonlar üretilecektir. Üretilen

restorasyonların marjinal ve internal uyumu üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile değerlendirilecektir.

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızın iki sıfır hipotezi şu şekilde belirlenmiştir:

1- Direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilen restorasyonların uyumları benzerdir.

2- Farklı çalışma prensiplerine sahip dijital tarayıcılar kullanılarak üretilen restorasyonların uyumları arasında fark bulunmamaktadır.

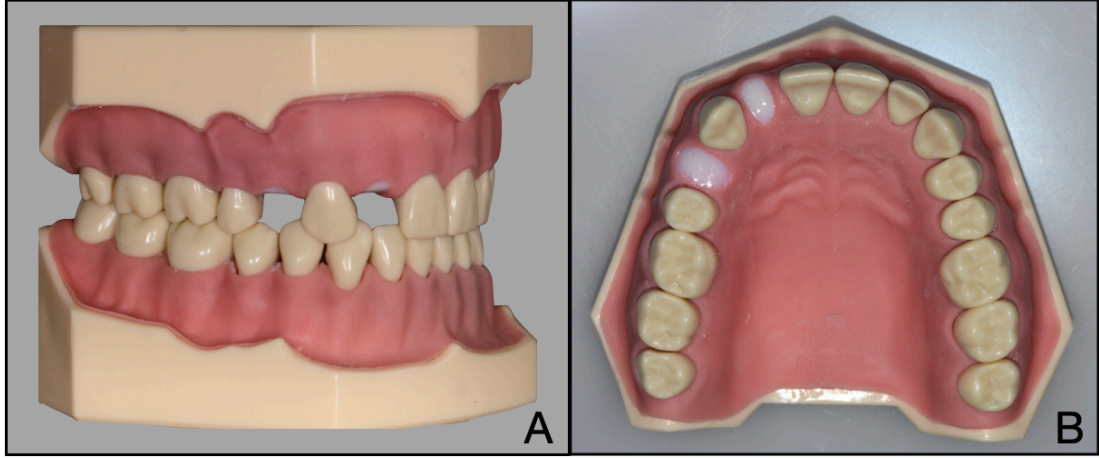
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Ana modelin oluşturulması

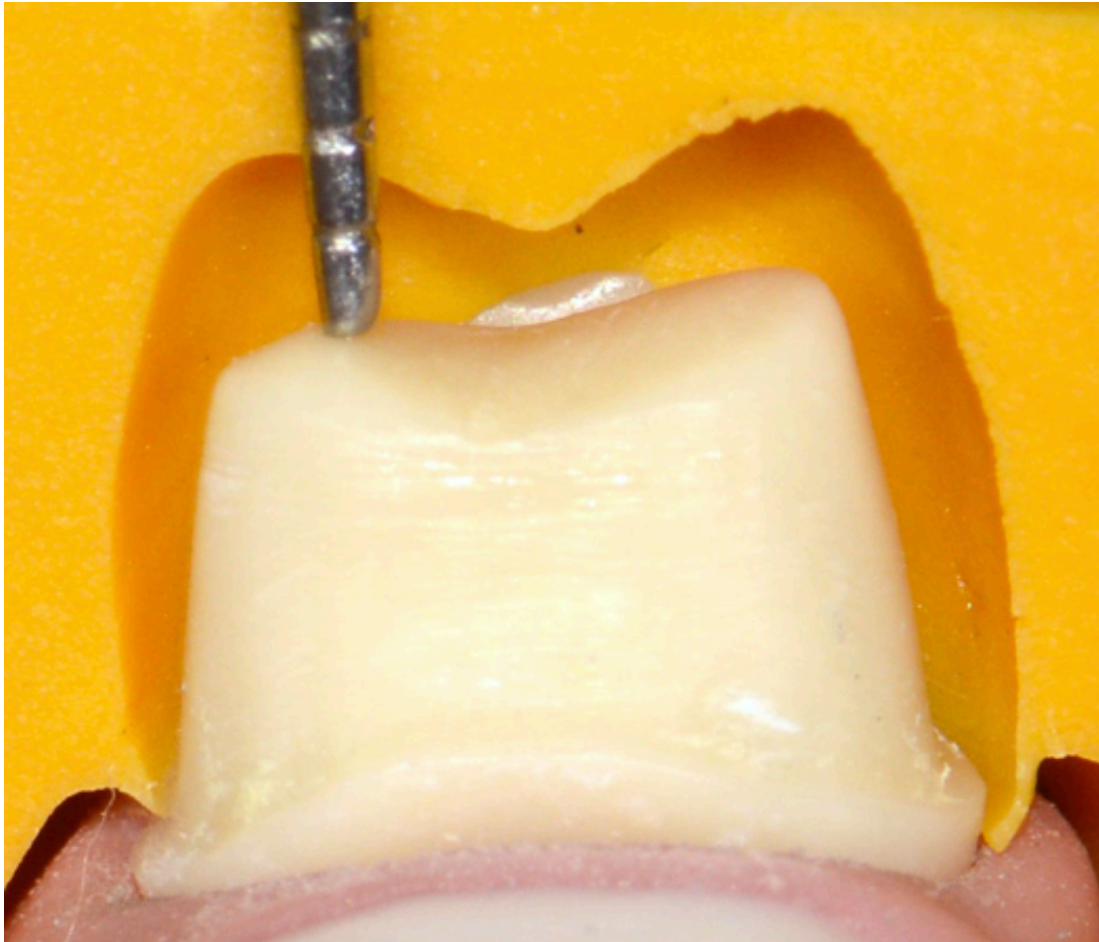
Çalışmada üst ve alt çene *typodont frasco* fantom modelleri (AG3 model) ana model olarak kullanıldı (Şekil 3.1.). 12 ve 14 numaralı dişlerin eksikliğinin taklit edildiği klinik senaryoya göre 11-13-15 numaralı dişler dayanak olacak şekilde 5 üyeli köprü planlaması yapıldı. Bunun için 12 ve 14 numaralı dişler modelden uzaklaştırıldı. Kök bölgesinde kalan boşluklar, diş çekimi sonrası kret iyileşmesini taklit edecek şekilde modelasyon mumu ile dolduruldu (Şekil 3.2.). 11, 13, 15 numaralı dişler silikon indeks rehberliğinde preparasyon ilkelerine göre prepare edildi (Şekil 3.3.). Dişleri prepare ederken daralma açısının 10-20°, insizal ve okluzal preparasyon derinliğinin 2 mm, aksiyel preparasyon derinliğinin 1,5 mm olmasına dikkat edildi. Bitiş sınırı, 1 mm genişlikte, *chamfer* basamak şeklinde ve 0.5 mm diş eti üzerinde (*supragingival*) oluşturuldu. Preparasyon tamamlandıktan sonra ağız içi tarayıcı ile preparasyon kontrolü yapıldı. Giriş yoluna uygun olmayan undercut alanları düzeltilip tekrar kontrol edildi. Gerekli düzeltmeler tamamlandıktan sonra diğer aşamaya geçildi.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan fantom modeller.



Şekil 3.2. Fantom modellerin ana model olarak hazırlanması.



Şekil 3.3. Silikon indeks yardımı ile diş preparasyonu kontrolü yapılması.

3.2. Çalışma Modellerinin Oluşturulması

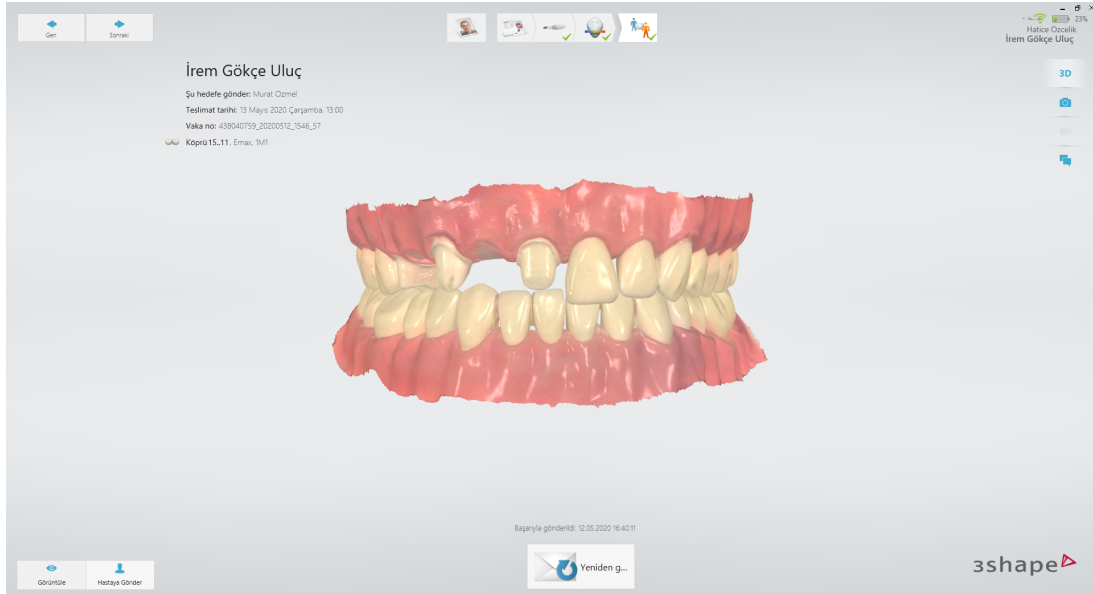
Ana model hazırlığı ve preparasyon sonrası, aşağıda belirtilen gruplara göre çalışma modelleri elde edildi;

3S-İOS:	Trios 3 ağız içi tarayıcı ile ana modelin taranması
3S-ÖLÇÜ:	E3 laboratuvar tarayıcısı ile geleneksel ölçünün taranması
3S-ALÇI:	E3 laboratuvar tarayıcısı ile alçı modelin taranması
C-İOS:	Omniscam ağız içi tarayıcı ile ana modelin taranması
C-ÖLÇÜ:	InEosX5 laboratuvar tarayıcısı ile geleneksel ölçünün taranması
C-ALÇI:	InEosX5 laboratuvar tarayıcısı ile alçı modelin taranması

3.2.1. Ağız İçi Tarayıcı ile Ana Modelin Taranması

Çalışmada ağız içi tarayıcı ile ölçü almak için iki farklı sistem kullanıldı; Trios 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC Omnicam (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya). Ölçüler, ağız içindeki fiziksel şartları taklit edilebilmek için simülasyon ünitesinde alındı. Dijital ölçüler her sistem için 10 defa tekrarlandı ve tam ark tarama yapıldı.

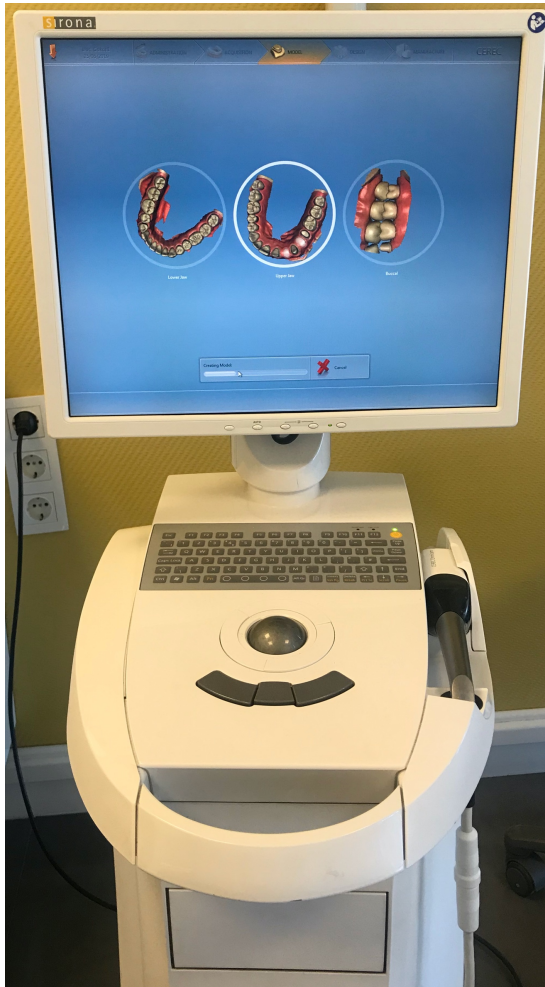
Tarama sırasında firmaların önerdiği tarama yolu stratejisi izlendi. 3Shape ağız içi tarayıcısı ile yapılan taramalarda üst çene için en distalde bulunan 27 numaralı dişin okluzal bölgesinden başlanarak 17 numaralı dişin okluzal bölgesine kadar okluzal tarama yapıldı. Daha sonra bukkale 60-90° açıyla dönülüp bukkal tarama tamamlandı ve son olarak da palatal taramanın tamamlanmasıyla üst çene tam ark taraması bitirildi. 3Shape ağız içi tarayıcısı ile yapılan taramalarda alt çene için ise en distalde bulunan 37 numaralı dişin okluzal bölgesinden başlanarak 47 numaralı dişin okluzal bölgesine kadar okluzal tarama yapıldı. Daha sonra linguale 60-90° açıyla dönülüp lingual tarama tamamlandı ve bukkal taramanın tamamlanmasıyla alt çene taraması bitirildi. Son olarak kapanış için taramalar yapıldıktan sonra 3Shape ağız içi tarayıcısı ile alınan dijital ölçüler tamamlandı (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Ana modelin 3Shape ağız içi tarayıcısı ile direkt taraması.

CEREC ağız içi tarayıcısı ile yapılan tam ark taramalarda da benzer şekilde üretici firma önerisine uyuldu; 17 numaralı dişin okluzal yüzeyi tarandı. Daha sonra kamera palatinal yönde 45° eğimlendirildi ve anterior bölgeye kadar yarım ark tarama tamamlandı. Anterior dişlere gelindiğinde kamera palatinal yönde 45° daha eğimlendirildi ve anteriordan başlangıç bölgesine doğru distal yönde gidilerek palatinal tarama yapıldı. Başlangıç dişe gelindiğinde kamera bukkal yönde 90° eğimlendirildi ve mezial yöne doğru tarama için ilerletildi. Anterior dişlere gelindiğinde kamera 45° daha bukkal yönde eğimlendirildi ve distale doğru geri hareket ettirildi böylece yarım arkın bukkal bölgesinin taraması da tamamlanmış oldu. Diğer yarım arkın taraması için cihaz daha önce taranmış olan yarım arktaki premolar dişin okluzal yüzeyine yerleştirilerek taramaya başlandı. Kamera palatinal/lingual yönde 90° eğimlendirilerek sol arkın en distalindeki dişe doğru yönlendirildi. Sol arkın en distalindeki dişe gelindiğinde kamera hafifçe 45° eğimlendirildi ve distalden mezialdeki ön dişlere doğru tarama yapıldı. Böylece ikinci yarım arkın palatinal/lingual taraması tamamlandı. Anterior dişlerin olduğu bölgeye gelindiğinde kamera bukkal yönde 45° eğimlendirildi ve mezialden distal yöne doğru tarama yapıldı. Distal bölgeye ulaşıncaya, kamera bukkale doğru 45° (toplam 90°) daha eğimlendirildi ve distalden mezial yöne doğru taramaya devam edildi. Anterior diş bölgesine tekrar gelindikten sonra, kamera okluzal yönde eğimlendirildi ve en distaldeki dişe doğru okluzal tarama yapıldı. Böylece tam ark tarama bitirildi. Kapanış

taramaları da yapıldıktan sonra CEREC ağız içi tarayıcısı ile alınacak olan ölçüler tamamlandı (Şekil 3.5.).

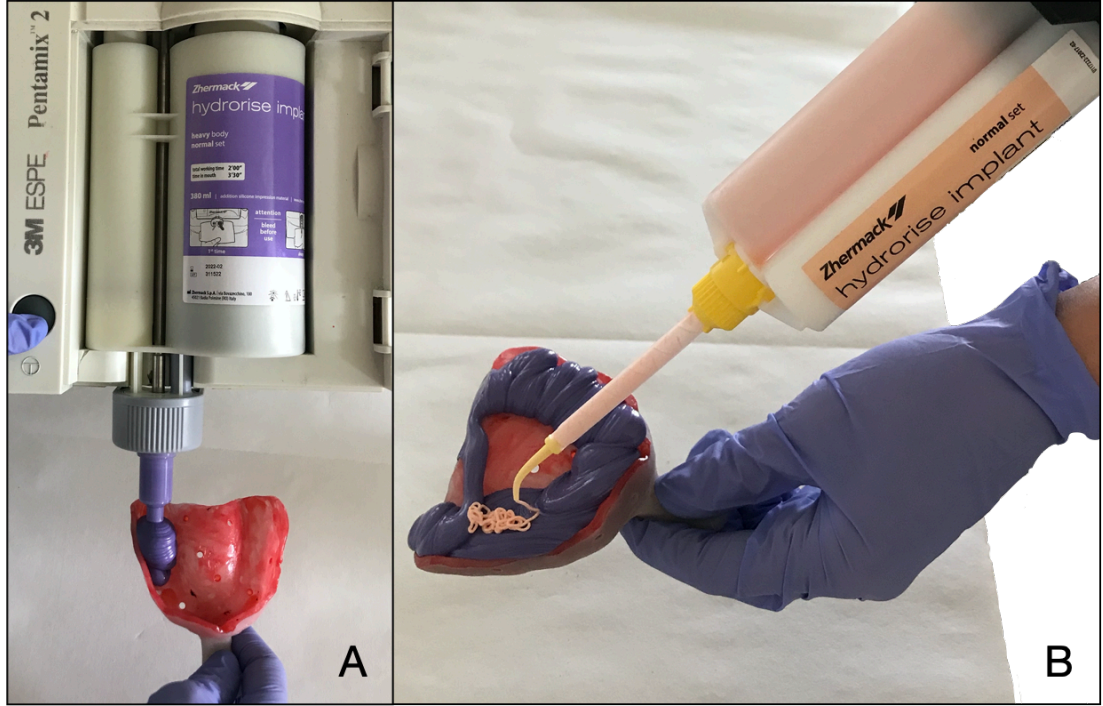


Şekil 3.5. Ana modelin CEREC ağız içi tarayıcısı ile direkt taranması.

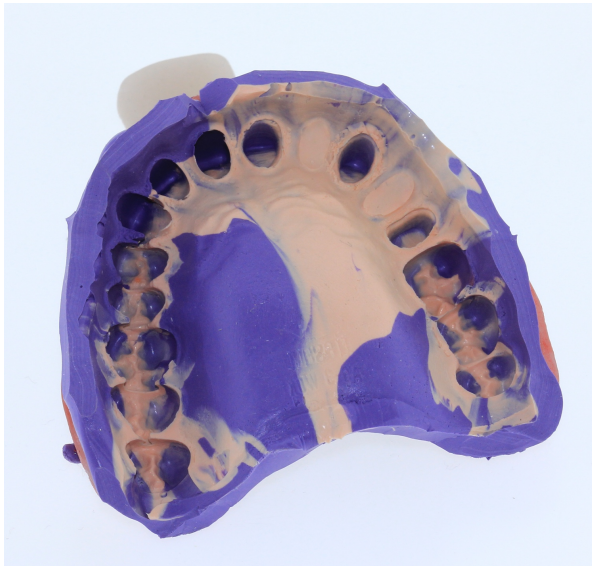
3.2.2. Ağız Dışı Tarayıcı (Laboratuvar Tarayıcısı) ile Dijital Veri Eldesi

Bu yöntem için öncelikle ana model üzerinden 10 adet geleneksel ölçü elde edildi. Ölçüler ağız içindeki fiziksel şartları taklit edebilmek için simülasyon ünitesinde alındı ve kişisel kaşık ile tek aşama çift faz ölçü tekniği kullanıldı. Kişisel kaşık üretimi için ana model üzerinden hazır metal kaşıklar kullanılarak 10 tane üst çeneden ve 10 tane alt çeneden, dönüşemeyen hidrokolloid ölçü malzemesi kullanılarak ölçü alındı. Ölçülerden 10 tane üst çene ve 10 tane de alt çene alçı modeli elde edildi. Hazırlanan alt çene alçı modelleri kapanış modeli olarak kullanıldı. Her üst çene modelinin üzerine ise daimi ölçü için toplam 10 tane kişisel kaşık üretildi. Kişisel kaşıklara,

kullanılacak ölçü materyalinin adezivi (*Universal Tray Adhesive*, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) uygulandı. Ölçü materyali olarak polivinil siloksan kullanıldı. Bunun için taranabilen *Hydrorise Implant Heavy Body* (Zhermack, Badia Polesine, İtalya) ve *Hydrorise Implant Light Body* (Zhermack, Badia Polesine, İtalya) tabancalı sistemleri tercih edildi (Şekil 3.6.). Kişisel kaşıklar kullanılarak toplam 10 tane daimi ölçü elde edildi (Şekil 3.7.).

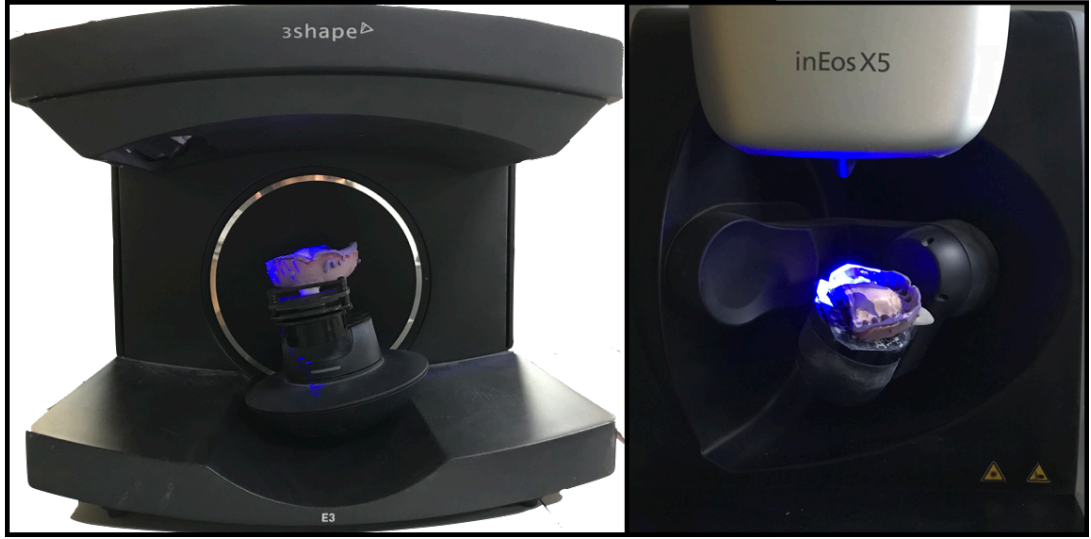


Şekil 3.6. Hazırlanan kişisel kaşıklar ile daimi ölçülerin alınması.



Şekil 3.7. Kişisel kaşıklar kullanılarak ana modelden elde edilen geleneksel daimi ölçü.

Alçı model elde edilmeden önce ölçüler laboratuvar tarayıcısı ile tarandı. Taramalar için iki farklı tarayıcı kullanıldı; E3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC InEosX5 (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) (Şekil 3.8.). Kullanılan ölçü maddeleri taranabilen özellikte olduğu için ölçülere tarama için pudra veya sprey uygulaması yapılmadı.

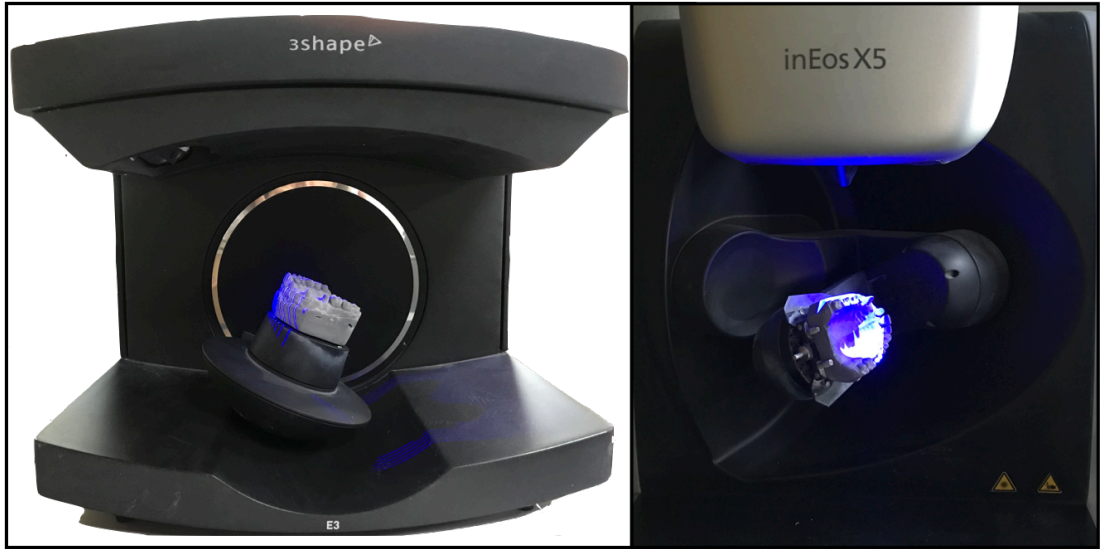


Şekil 3.8. Daimi ölçülerin E3 ve InEosX5 laboratuvar tarayıcılarında taranması.

Ölçüler tarandıktan sonra bekletilmeden *Rocky Mountain Scannable* tip-IV sert alçı (Klasse 4 Dental, Augsburg, Almanya) ile modeller elde edildi (Şekil 3.9.). Alçı modellerin taramaları için de geleneksel ölçülerin taranmasında kullanılan laboratuvar tarayıcıları kullanıldı; E3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC InEosX5 (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya), (Şekil 3.10.). Kullanılan model alçısı taranabilir nitelikte olduğu için alçı modellere pudra veya sprey uygulaması yapılmadı.



Şekil 3.9. Daimi ölçüden üretilen alçı model.



Şekil 3.10. Daimi ölçülerden elde edilen alçı modellerin E3 ve InEosX5 laboratuvar tarayıcılarında taranması.

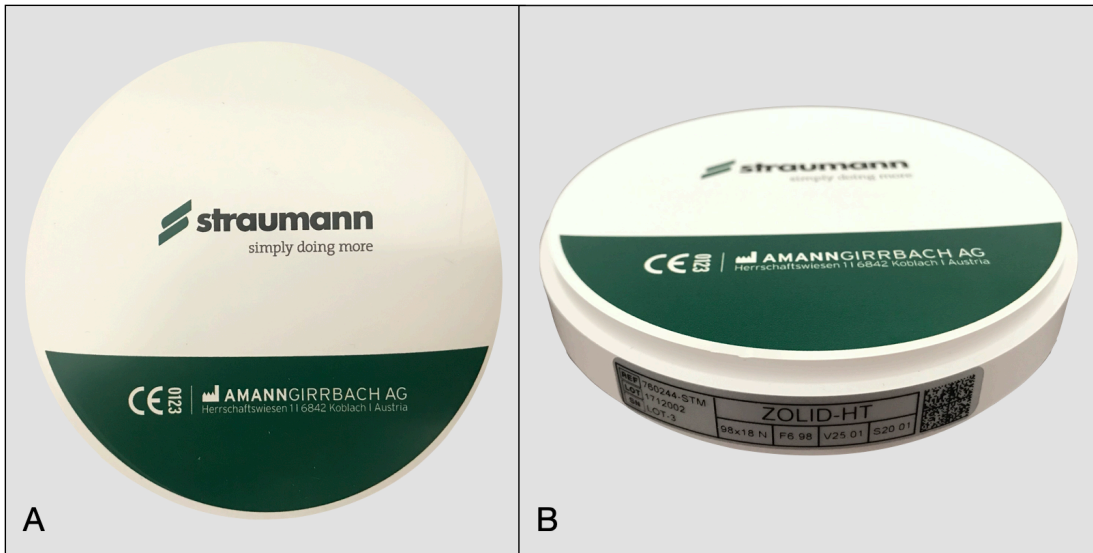
3.3. Restorasyonların Üretimi

Direkt ve indirekt dijitalizasyon işlemleri bittikten sonra 3Shape dijital sistemleri için 30 tane ve CEREC dijital sistemleri için 30 tane olmak üzere toplam 60 adet dijital tarama verisi (sanal model) elde edilmiş oldu. 60 adet sanal modelin her biri için 11, 13 ve 15 numaralı dişlerin destek olduğu 5 üyeli monolitik zirkonya köprüler aynı teknisyen tarafından tasarlandı. 12 ve 14 numaralı dişlerin olduğu bölgelerde pontik dizaynı modifiye ridge lap olarak tasarlandı. Köprüler alt yapı olarak

değil, tam kontur restorasyonlar olarak tasarlandı. Siman boşluğu 50 µm olarak belirlendi. Tasarımlar için her markanın kendi tasarım programları kullanıldı (3Shape Dental System ve CEREC inLab SW).

Tasarım işlemleri bittikten sonra üretim aşamasına geçildi. Köprülerin üretiminde 'ZOLID-HT 98x18' zirkonya diskler (Straumann, Basel, İsviçre) kullanıldı (Şekil 3.11.). Zirkonya diskler REDON Hybrid (Redon Technology, İstanbul, Türkiye) kazıma cihazı ile kazındı. Bu cihaz 5 eksenle kazıma yapmaktadır. Ayrıca zirkonya disklerin kazınmasında kullanılan yöntem olan kuru kazıma işlemi bu cihazla yapılabilmektedir.

Kazıma işleminden sonra zirkonya köprüler sinterlendi. Bu işlem için Straumann sinterleme fırını (Straumann Therm, Basel, İsviçre) kullanıldı. Bütün zirkonya köprüler 1450 °C'de, 9 saat 40 dakika sinterlendi. Sinterleme işleminden sonra Programat P510 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) glaze fırınında 830 °C'de, 40 dakika glaze işlemi uygulandı. Köprüler için ayrıca bir uyumlama işlemi yapılmadı. Yalnızca 1 bar basınçta 10 mm mesafeden 20 sn süre boyunca 50 mikron Al₂O₃ ile kumlama yapıldı (81), (Şekil 3.12.).



Şekil 3.11. Köprülerin üretildiği zirkonya diskin görüntüsü.



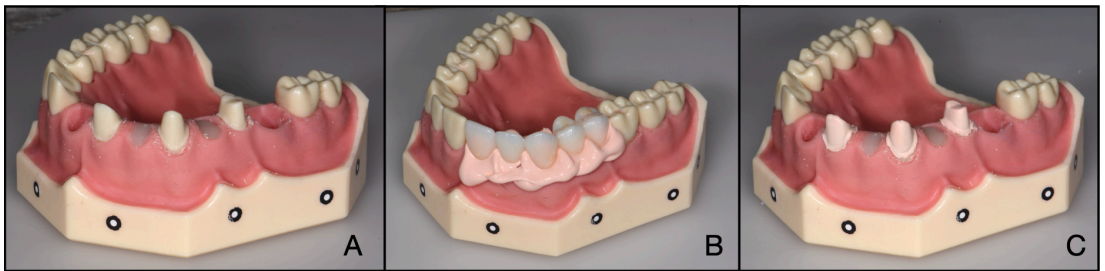
Şekil 3.12. Çalışmada üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprü.

3.4. Üç Boyutlu Kopyalama ve Optik Dijitalizasyon Yöntemi

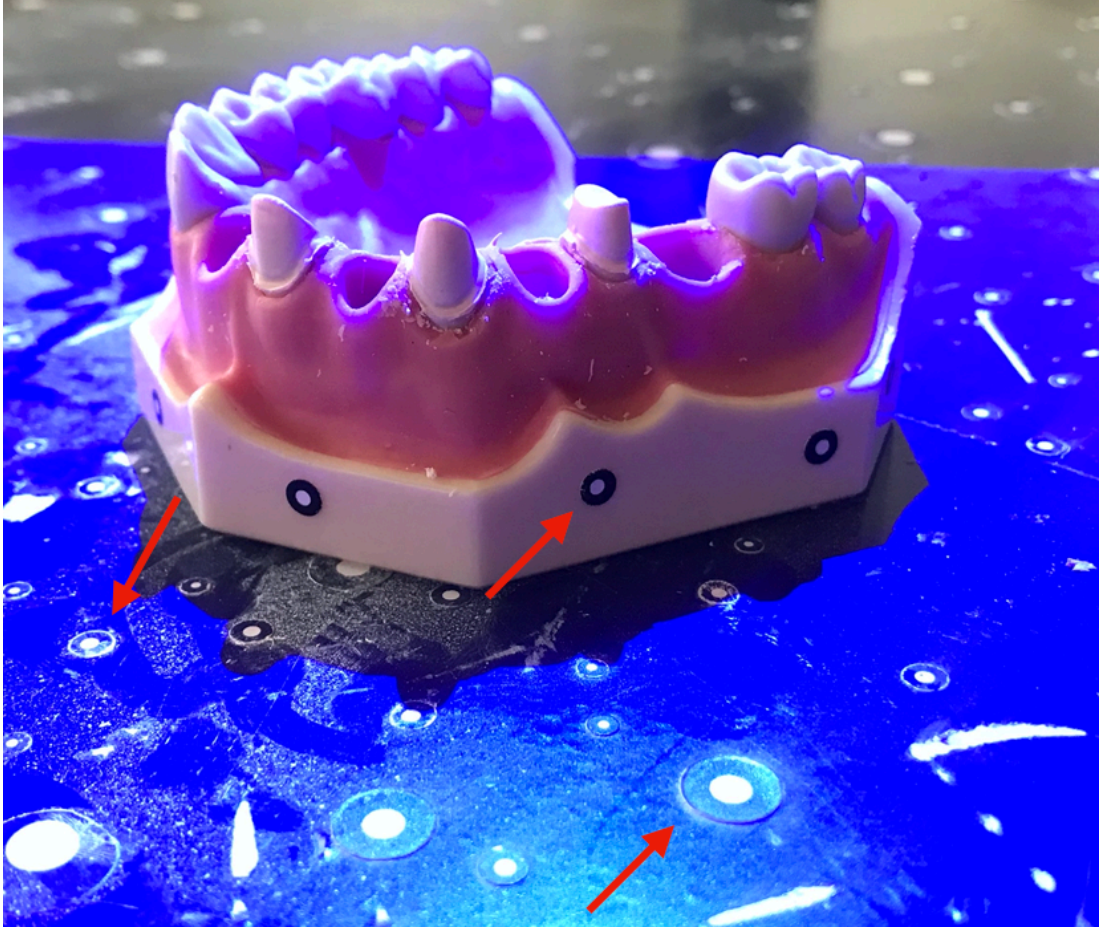
Marjinal ve internal uyumun değerlendirmesi için üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi kullanıldı. Bu yöntem için ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı (GOM, Braunschweig, Almanya) kullanıldı. ATOS Triple Scan, tasarım süreçlerinin optimizasyonu için hızlı, hassas ve üç boyutlu ölçüm verileri sağlayarak endüstriyel üretim süreçlerini iyileştiren yüksek çözünürlüklü, optik bir tarayıcıdır. Bu cihaz birçok endüstriyel alanda ve diş hekimliğinde de kullanılmaktadır (36, 48, 61, 82, 83). Çalışmamızda ilk olarak ana model, ATOS endüstriyel tarayıcısı ile tarandı (Şekil 3.13.). Taramadan elde edilen veri ‘ana model’ olarak dijital ortamda kaydedildi. Daha sonra köprünün destek dişlerinin iç yüzeyi yüksek basınçlı hava ile kurutulan ince bir silikon yağ tabakası ile kaplandı. Destek dişlerin içine *light body* silikon yerleştirildi ve ana model üzerine oturtuldu (Şekil 3.14B.). 50 N yük köprü üzerine 5 dakika boyunca uygulandı (84). Polimerizasyon tamamlandıktan sonra, fazla silikon bistüri ile dikkatlice temizlendi. Böylece ana modeldeki dayanak dişler ile köprünün iç yüzeyi arasındaki siman aralığının silikon kopyası oluşturulmuş oldu. Daha sonra köprü ana modelden uzaklaştırıldı ancak silikon kopya ana model üzerinde kaldı (Şekil 3.14C.). Silikon kopya ile kaplı model aynı optik tarayıcı kullanılarak tekrar tarandı (Şekil 3.15.).



Şekil 3.13. ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı ile ana modelin taranması.

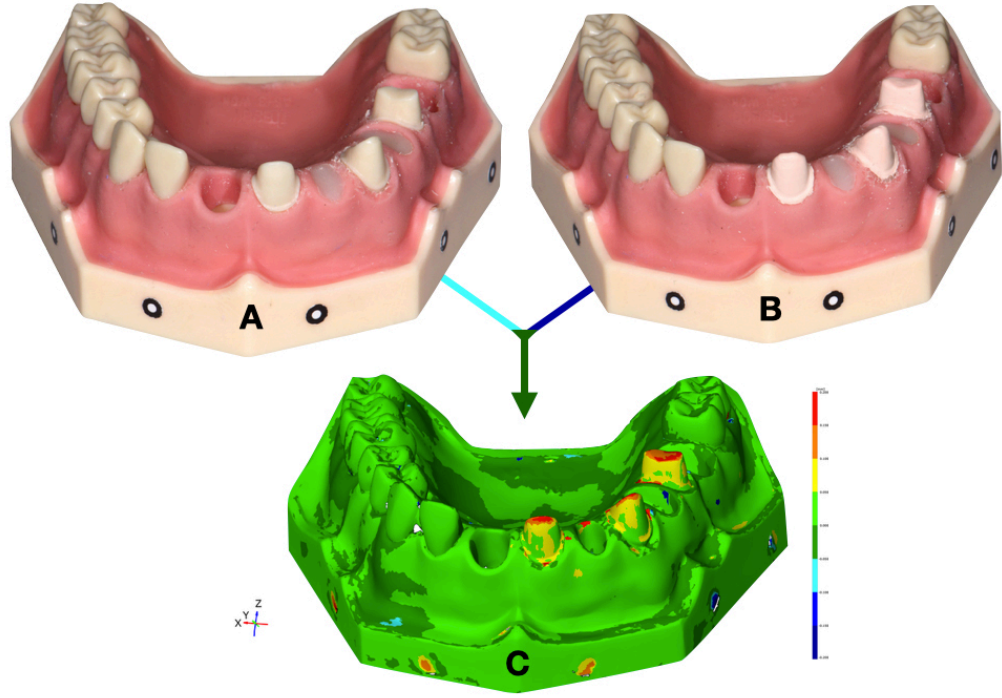


Şekil 3.14. Endüstriyel tarayıcı ile taranacak olan test modellerinin hazırlanması: A) Ana model B) *Light body* silikon ile doldurulmuş köprünün ana modele yerleştirilmesi C) Silikon kopya ile kaplı model (test modeli).



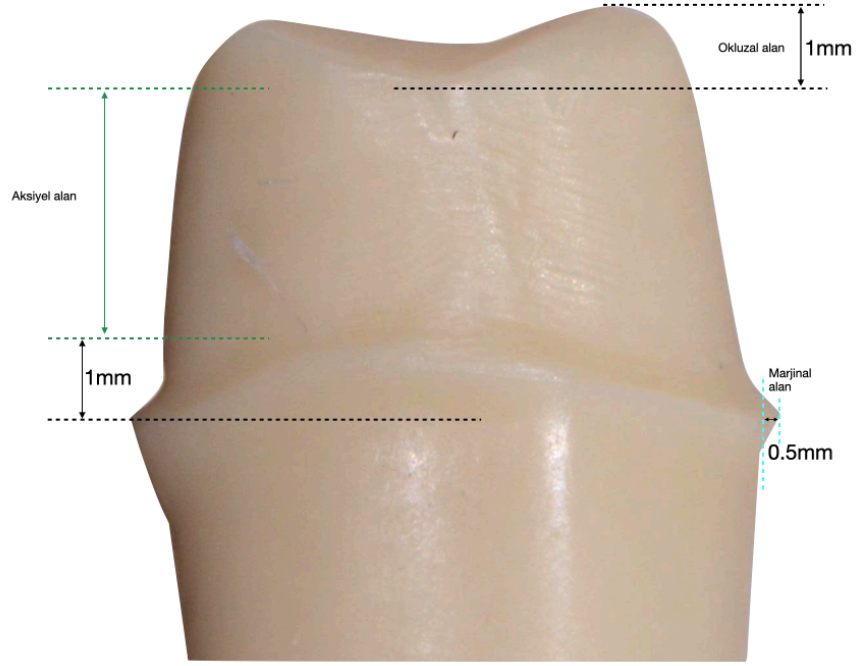
Şekil 3.15. Silikon kopya ile kaplı modelin ATOS Triple Scan endüstriyel tarayıcısı ile taranması.

Taramadan elde edile veri ‘test modeli’ olarak kaydedildi. Ana model ve test modeli yazılım programına (GOM Inspect Professional 2017, Braunschweig Almanya) aktarıldı. Ana model ve test modellerinin karşılaştırılmasında, ana model ve taramanın yapıldığı tablanın üzerine yerleştirilen noktalama işaretleri kullanıldı (Şekil 3.15.). Kullanılan noktalamalar Şekil 3.15.’de kırmızı ok işaretleri ile gösterilmiştir. Daha sonra ana model ve test modeli ‘*Relative Point System (RPS)*’ komutu kullanılarak karşılaştırıldı (Şekil 3.16.).

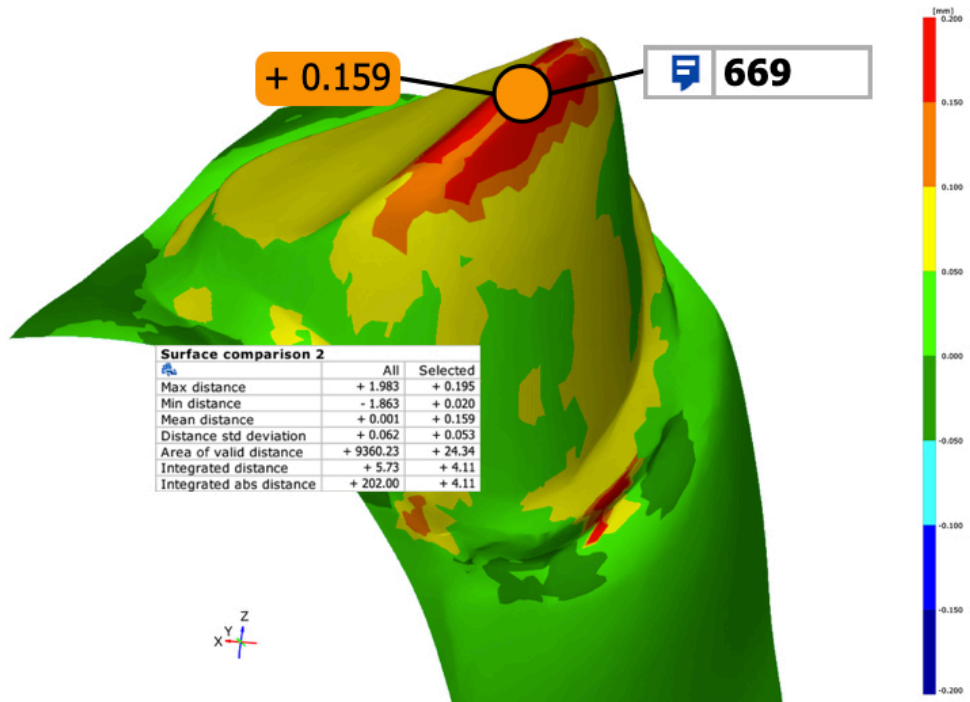


Şekil 3.16. Ana model ve test modelinin dijital ortamda karşılaştırılma şeması: A) Ana model B) Prepare dişlerin silikon ile kaplı olduğu model (test modeli) C) Karşılaştırma yapılmış sanal model.

Ölçümler üç ayrı bölüme ayrıldı: Marjinal bölge (basamak bitiş çizgisinden itibaren 0,5 mm basamak genişliğini içeren alan), aksiyel bölge (marjin sınırının 1 mm insizali ve insizal bölge arasında kalan aksiyel yüzey) ve insizal / okluzal bölge (preparasyonun en tepe noktası ile bu noktanın 1 mm servikali arasında kalan alan) (Şekil 3.17.). Her dişin total uyumunu değerlendirmek için ortalama 1888 noktadan ölçüm yapıldı (Şekil 3.18.).



Şekil 3.17. Abutment dişin ölçümlerinin yapıldığı bölgeler.



Şekil 3.18. İnternal uyumu değerlendirmek için santral dişin insizal bölgesinden ölçüm yapılan ortalama nokta sayısı (669) ve elde edilen ortalama ölçüm değeri (159 μ m).

3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada gruplar arasındaki istatistiksel farklılıklar test edilmeden önce değişkenlerin normalliğini ve eşitliğini test etmek için Shapiro-Wilk normallik testi yapıldı. Sonuçların değerlendirilmesi için Kruskal-Wallis non-parametrik analizi yapıldı ve gruplar arasındaki farklılıkları test etmek için Conover testi uygulandı. İstatistiksel anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilen restorasyonların uyumunu ve farklı çalışma prensiplerine sahip dijital tarayıcılar kullanılarak üretilen restorasyonların marjinal ve internal uyumları arasındaki farkları değerlendirmek amacıyla marjinal, aksiyel, okluzal ve toplam siman aralığı değerlerinin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

4.1. Marjinal Uyumun Değerlendirilmesi

Marjinal uyum, dayanak dişler ile restorasyon arasında kalan marjinal bölgenin siman aralığı değerini ifade etmektedir. Elde edilen veriler Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.

Trios 3 ağız içi tarayıcısı (3S-IOS) kullanılarak üretilen zirkonya köprülerin ortalama marjinal uyum değeri 79.33 μm olarak bulunmuştur. Geleneksel ölçü (3S-ÖLÇÜ) ve alçı model (3S-ALÇI) üzerinden E3 laboratuvar tarayıcısı kullanarak üretilen restorasyonların ortalama marjinal uyum değerleri ise sırasıyla 82.50 μm ve 82.83 μm olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Omniscam ağız içi tarayıcısı (C-IOS) ve InEosX5 laboratuvar tarayıcısı (C-ÖLÇÜ ve C-ALÇI) kullanılarak üretilen restorasyonlar için ortalama marjinal uyum değerleri sırasıyla 80.33 μm , 82.83 μm ve 83.16 μm olarak bulunmuştur. Değerler arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0.05$).

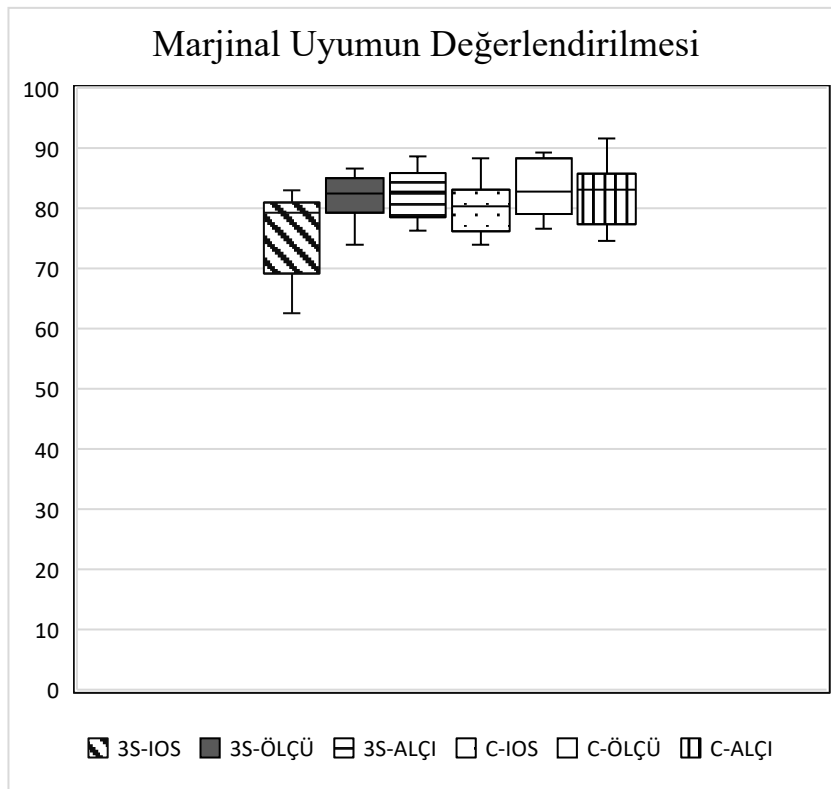
Ağız içi tarayıcılar karşılaştırıldığında, 3S-IOS ve C-IOS grupları arasında marjinal uyum için anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.873$).

Laboratuvar tarayıcılarının ölçüyü tarama hassasiyetleri karşılaştırıldığında ise 3S-ÖLÇÜ ve C-ÖLÇÜ grupları marjinal uyum açısından benzer değerler göstermiştir ($p=0.993$).

Laboratuvar tarayıcılarının alçı model tarama hassasiyetleri arasında da (3S-ALÇI ve C-ALÇI) fark bulunamamıştır ($p=1.00$).

Tablo 4.1. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal uyum değerleri (μm).

	N	Ortanca	%25	%75	En küçük	En büyük	Ortanca (Alt)	Ortanca (Üst)	Ortalama sıra
3S-İOS	10	79.3333	72.0000	80.5833	62.6667	83.0000	71.5000	81.3333	17.7500
3S-ÖLÇÜ	10	82.5000	81.2500	84.4167	74.0000	86.6667	78.0000	84.6667	32.9500
3S-ALÇI	10	82.8333	79.1667	85.2500	76.3333	88.6667	79.4999	86.0000	34.8000
C-İOS	10	80.3333	77.1667	82.9167	74.0000	88.3333	76.8333	83.3334	26.1500
C-ÖLÇÜ	10	82.8333	79.6667	88.1667	76.6667	89.3333	79.6666	88.0000	37.2000
C-ALÇI	10	83.1667	78.4167	84.5000	74.6667	91.6667	78.8333	86.6667	34.1500



Şekil 4.1. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal uyum değerleri (μm).

4.2. Aksiyel Uyumun Değerlendirilmesi

Aksiyel uyum, dayanak dişler ile restorasyon arasında kalan aksiyel bölgenin siman aralığı değerini ifade etmektedir. Elde edilen veriler Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.

Trios 3 ağız içi tarayıcısı (3S-IOS) kullanılarak üretilen zirkonya köprülerin ortalama aksiyel uyum değeri 81.66 μm olarak bulunmuştur. Geleneksel ölçü (3S-ÖLÇÜ) ve alçı model (3S-ALÇI) üzerinden E3 laboratuvar tarayıcısı kullanarak üretilen restorasyonların ortalama aksiyel uyum değerleri ise sırasıyla 89.66 μm ve 87.50 μm olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Omniscam ağız içi tarayıcısı (C-IOS) ve InEosX5 laboratuvar tarayıcısı (C-ÖLÇÜ ve C-ALÇI) kullanılarak üretilen restorasyonlar için ortalama aksiyel uyum değerleri sırasıyla 73.16 μm , 80.83 μm ve 82.33 μm olarak bulunmuştur. Değerler arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0.05$).

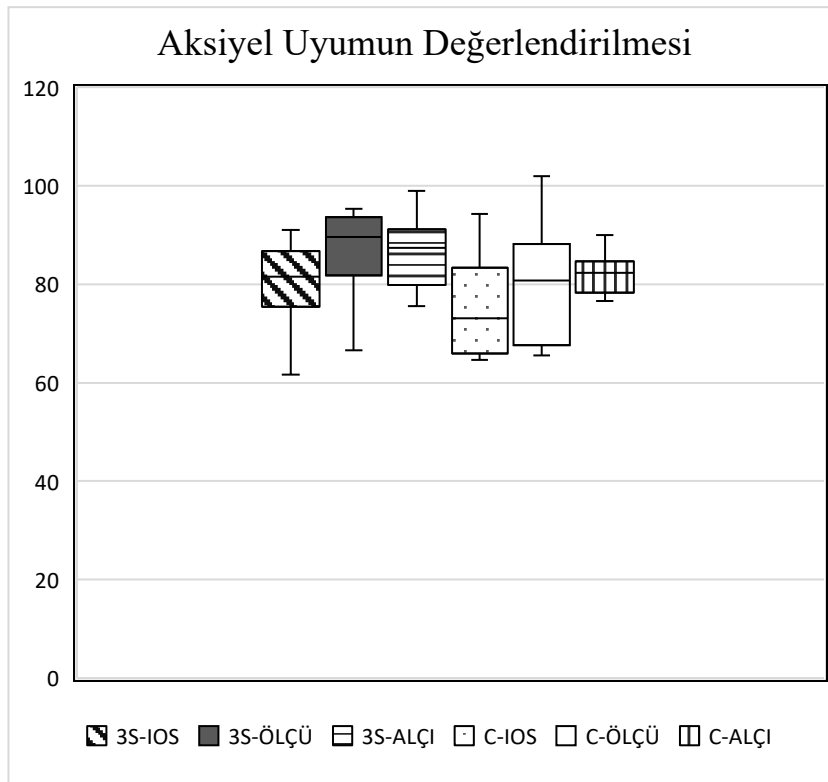
Ağız içi tarayıcılar karşılaştırıldığında, 3S-IOS ve C-IOS grupları arasında aksiyel uyum için anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.847$).

Laboratuvar tarayıcılarının ölçüyü tarama hassasiyetleri karşılaştırıldığında ise 3S-ÖLÇÜ ve C-ÖLÇÜ grupları aksiyel uyum açısından benzer değerler göstermiştir ($p=0.406$).

Laboratuvar tarayıcılarının alçı model tarama hassasiyetleri arasında da (3S-ALÇI ve C-ALÇI) fark bulunmamıştır ($p=0.792$).

Tablo 4.2. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin aksiyel uyum değerleri (μm).

	N	Ortanca	%25	%75	En küçük	En büyük	Ortanca (Alt)	Ortanca (Üst)	Ortalama sıra
3S-İOS	10	81.6667	77.0833	85.3333	61.6667	91.0000	73.8332	86.0000	27.2000
3S-ÖLÇÜ	10	89.6667	83.3333	93.0000	66.6667	95.3333	80.0000	92.8334	41.2500
3S-ALÇI	10	87.5000	81.9167	90.0000	75.6667	99.0000	81.6666	91.8334	39.0500
C-İOS	10	73.1667	67.1667	82.0000	64.6667	94.3333	67.3333	82.1667	18.6000
C-ÖLÇÜ	10	80.8333	69.3333	85.0000	65.6667	102.0000	70.6666	90.3334	27.2500
C-ALÇI	10	82.3333	79.0833	84.6667	76.6667	90.0000	79.6666	84.8334	29.6500



Şekil 4.2. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin aksiyel uyum değerleri (μm).

4.3. Okluzal Uyumun Değerlendirilmesi

Okluzal uyum, dayanak dişler ile restorasyon arasında kalan okluzal bölgenin siman aralığı değerini ifade etmektedir. Elde edilen veriler Tablo 4.3. ve Şekil 4.3.'te gösterilmektedir.

Trios 3 ağız içi tarayıcısı (3S-İOS) kullanılarak üretilen zirkonya köprülerin ortalama okluzal uyum değeri 154.50 μm olarak bulunmuştur. Geleneksel ölçü (3S-ÖLÇÜ) ve alçı model (3S-ALÇI) üzerinden E3 laboratuvar tarayıcısı kullanarak üretilen restorasyonların ortalama okluzal uyum değerleri ise sırasıyla 151.33 μm ve 143.00 μm olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Omniscam ağız içi tarayıcısı (C-İOS) ve InEosX5 laboratuvar tarayıcısı (C-ÖLÇÜ ve C-ALÇI) kullanılarak üretilen restorasyonlar için ortalama okluzal uyum değerleri sırasıyla 142.33 μm , 140.16 μm ve 144.00 μm olarak bulunmuştur. Değerler arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0.05$).

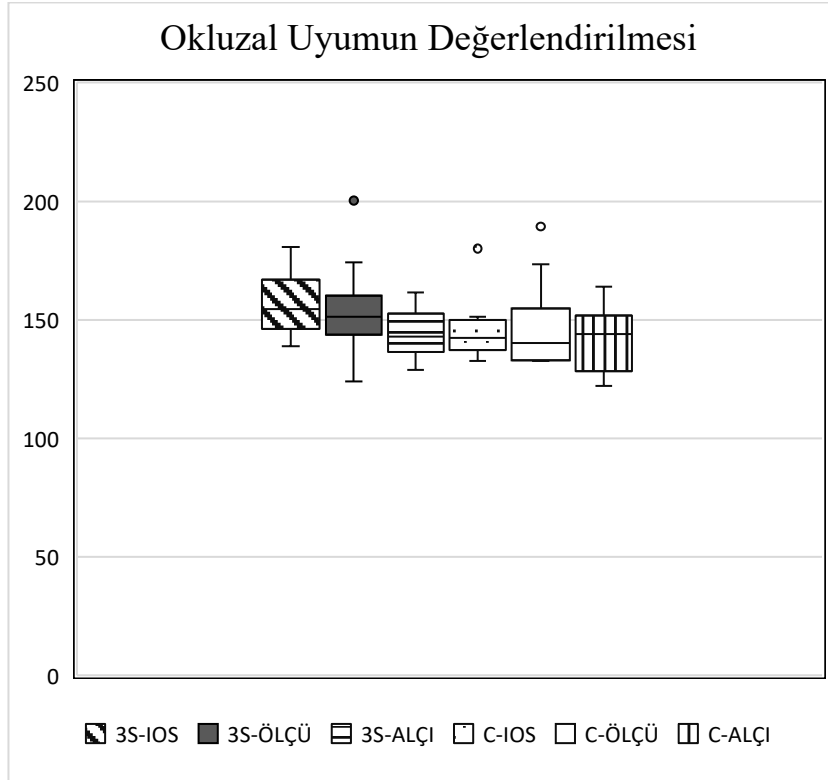
Ağız içi tarayıcılar karşılaştırıldığında, 3S-İOS ve C-İOS grupları arasında okluzal uyum için anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.334$).

Laboratuvar tarayıcılarının ölçüyü tarama hassasiyetleri karşılaştırıldığında ise 3S-ÖLÇÜ ve C-ÖLÇÜ grupları okluzal uyum açısından benzer değerler göstermiştir ($p=0.534$).

Laboratuvar tarayıcılarının alçı model tarama hassasiyetleri arasında da (3S-ALÇI ve C-ALÇI) fark bulunmamıştır ($p=0.999$).

Tablo 4.3. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin okluzal uyum değerleri (μm).

	N	Ortanca	%25	%75	En küçük	En büyük	Ortanca (Alt)	Ortanca (Üst)	Ortalama sıra
3S-İOS	10	154.5000	149.2500	163.5833	139.0000	180.6667	147.1666	167.3333	42.1500
3S-ÖLÇÜ	10	151.3333	145.7500	155.3333	124.0000	200.3333	141.3333	172.5001	38.0000
3S-ALÇI	10	143.0000	138.4167	150.9167	129.0000	161.6667	136.8333	152.1667	26.8500
C-İOS	10	142.3333	138.0833	149.3333	132.6667	180.0000	137.8333	158.3334	26.9000
C-ÖLÇÜ	10	140.1667	134.3333	147.0000	132.6667	189.3333	135.6667	161.1667	25.250
C-ALÇI	10	144.0000	128.8333	147.3333	122.0000	164.0000	129.3334	154.1667	23.8500



Şekil 4.3. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin okluzal uyum değerleri (μm).

4.4. Total Uyumun Değerlendirilmesi

Total uyum, dayanak dişler ile restorasyon arasındaki toplam siman aralığı değerini ifade etmektedir. Elde edilen veriler Tablo 4.4 ve Şekil 4.4'te gösterilmektedir.

Trios 3 ağız içi tarayıcısı (3S-İOS) kullanılarak üretilen zirkonya köprülerin ortalama total uyum değeri $105.27 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Geleneksel ölçü (3S-ÖLÇÜ) ve alçı model (3S-ALÇI) üzerinden E3 laboratuvar tarayıcısı kullanarak üretilen restorasyonların ortalama total uyum değerleri ise sırasıyla $108.00 \mu\text{m}$ ve $103.55 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Omnicam ağız içi tarayıcısı (C-İOS) ve InEosX5 laboratuvar tarayıcısı (C-ÖLÇÜ ve C-ALÇI) kullanılarak üretilen restorasyonlar için ortalama total uyum

değerleri sırasıyla 97.50 μm , 100.50 μm ve 101.66 μm olarak bulunmuştur. Değerler arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0.05$).

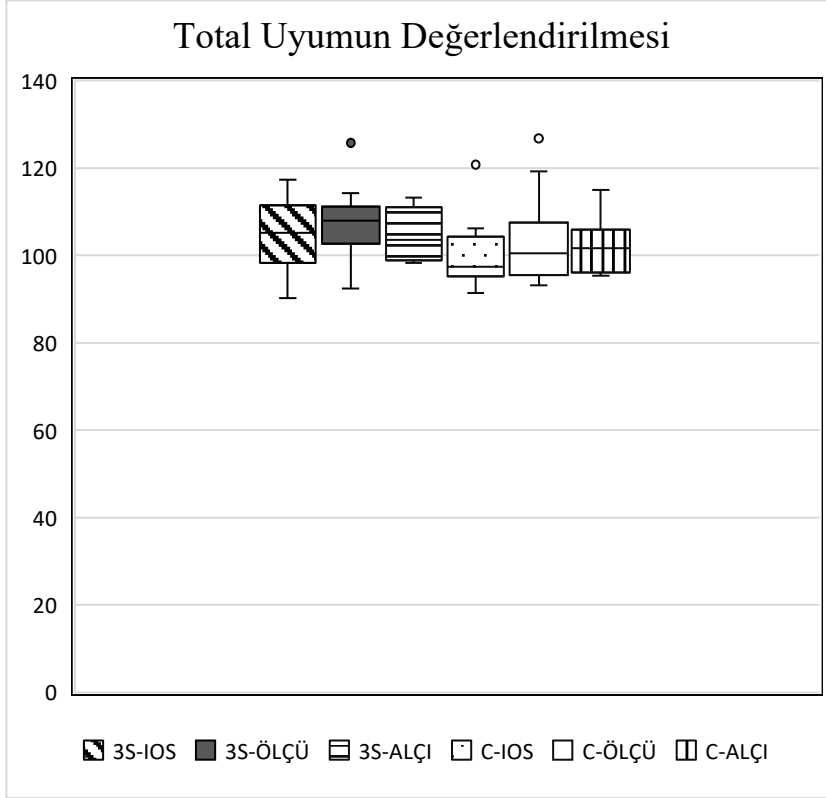
Ağız içi tarayıcılar karşılaştırıldığında, 3S-İOS ve C-İOS grupları arasında total uyum için anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.706$).

Laboratuvar tarayıcılarının ölçüyü tarama hassasiyetleri karşılaştırıldığında ise 3S-ÖLÇÜ ve C-ÖLÇÜ grupları total uyum açısından benzer değerler göstermiştir ($p=0.567$).

Laboratuvar tarayıcılarının alçı model tarama hassasiyetleri arasında da fark bulunmamıştır ($p=0.989$).

Tablo 4.4. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin total uyum değerleri (μm).

	N	Ortanca	%25	%75	En küçük	En büyük	Ortanca (Alt)	Ortanca (Üst)	Ortalama sıra
3S-İOS	10	105.2778	100.5556	109.6667	90.2222	117.3333	97.7777	110.8889	33.2500
3S-ÖLÇÜ	10	108.0000	103.7222	110.1389	92.5556	125.8889	101.3889	114.3334	39.5500
3S-ALÇI	10	103.5556	99.3611	109.2222	98.3333	113.2222	99.7222	108.2778	33.0500
C-İOS	10	97.5000	95.7778	103.3056	91.4444	120.8889	95.1666	107.5556	22.1500
C-ÖLÇÜ	10	100.5000	96.1111	103.7500	93.1111	126.8889	96.5000	111.5000	26.7500
C-ALÇI	10	101.6667	97.0000	105.5000	95.4444	115.0000	97.8889	106.0556	28.2500



Şekil 4.4. 3Shape ve CEREC dijital sistemleri ile direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin total uyum değerleri (μm).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı dijital tarayıcı sistemleri kullanılarak direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilmiş beş üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın birinci hipotezi ‘direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri ile üretilen restorasyonların uyumları benzerdir’ kabul edilmiştir. Ağız içi tarayıcı ile direkt model taramasından üretilen restorasyonlar ile geleneksel ölçü ve alçı modelin laboratuvar tarayıcısında taranması ile üretilen restorasyonların marjinal ve internal uyumları benzerdir ($p>0.05$). Çalışmanın ikinci hipotezi ‘farklı çalışma prensiplerine sahip dijital tarayıcılar kullanılarak üretilen restorasyonların uyumları arasında fark bulunmamaktadır’ kabul edilmiştir. Trios 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC Omnicam (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) ağız içi tarayıcıları ile üretilen çok üniteli restorasyonların marjinal ve internal uyumları benzer sonuçlar göstermiştir ($p>0.05$). Ayrıca, E3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve CEREC InEosX5 (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) laboratuvar tarayıcılarının geleneksel ölçü ve alçı modeli tarama hassasiyetleri de benzer sonuçlar göstermiştir ($p>0.05$).

Literatürde direkt ve indirekt dijitalizasyon ile üretilmiş restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalarda çoğunlukla tek kronlar ve üç üniteli köprüler dikkati çekmektedir. Berrendero ve arkadaşları (45) posterior dişler için üretilen zirkonya tek kronların uyumunu 30 hasta üzerinde değerlendirmiştir. Direkt dijitalizasyon için Trios ağız içi tarayıcısı kullanılmıştır. İndirekt dijitalizasyon için ise alçı modeller D700 laboratuvar tarayıcısı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile taranmıştır. Kronların uyumu silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kronların total uyumu değerlendirildiğinde yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (45). Benzer bir çalışmada, Rodiger ve arkadaşları (46) aynı diş için dijital ve geleneksel yöntemle üretilen zirkonya kronların uyumları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını rapor etmiştir. Berrendero ve Rodiger’in çalışmalarındaki sonuçlar bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ile paralellik göstermektedir (45, 46). Bununla birlikte, Malaguti ve arkadaşları (4) üst 1. molar diş

üzerine yapılan zirkonya kronlarda en iyi marjinal ve internal uyumun ağız içi tarayıcılar ile elde edildiğini, ölçü ve alçı model üzerinden yapılan üretimlerin ise daha başarısız olduğunu bildirmiştir.

Su ve arkadaşları (3) yaptıkları in vitro çalışmada direkt ve indirekt dijitalizasyon ile üretilmiş 3 üyeli zirkonya altyapıların uyumlarını değerlendirmiştir ve ağız içi tarayıcı kullanılarak elde edilen restorasyonların total uyumunun daha iyi olduğunu rapor etmiştir. 24 numaralı diş eksikliğinin taklit edildiği klinik senaryoda ağız içi tarayıcı olarak 3Shape, laboratuvar tarayıcısı olarak da 3Shape D800 kullanılmıştır. İndirekt dijitalizasyonda yalnızca geleneksel ölçüden elde edilen alçı modellerin taraması gerçekleştirilmiştir. Uyumun değerlendirilmesinde ise silikon kopya tekniği kullanılmıştır (3). Arezoobakhsh ve arkadaşlarının (9) 2019 yılında yaptığı in vitro çalışmada üst çene fantom model üzerinde 24 ve 26 numaralı dişler, 25 numaralı diş eksikliğinin taklit edildiği klinik senaryoya göre prepare edilmiş ve 2 dayanak dişten oluşan 3 üyeli zirkon köprüler üretilmiştir. Zirkon köprülerin üretiminde ağız içi tarayıcılar (Trios ve CS3600) ve geleneksel ölçü yöntemleri kullanılmıştır. Geleneksel ölçüler polivinil siloksan ölçü maddesi kullanılarak çift aşama çift faz ölçü yöntemi ile elde edilmiştir. İlk olarak ölçüler Deluxe scanner laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Daha sonra geleneksel ölçülerden alçı modeller elde edilmiş ve alçı modeller de aynı laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Marjinal ve internal uyum değerlendirmesi silikon kopya yöntemi ile yapılmıştır. Sonuç olarak Trios ve CS3600 ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen zirkon restorasyonların marjinal ve internal uyumunun, ölçü ve alçı taraması ile elde edilen restorasyonlara göre anlamlı olarak daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Alçı taraması ile üretilen restorasyonların marjinal uyum için en olumsuz sonuçları verdiği belirtilirken, Trios ve CS3600 ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen restorasyonların marjinal uyumlarının ise benzer sonuçlar verdiği görülmüştür (9). Benzer olarak Silva ve arkadaşları (10) direkt ve indirekt dijitalizasyon ile üretilmiş 4 üyeli zirkonya restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını karşılaştırdıkları çalışmada 14 ve 17 numaralı dişlerin prepare edildiği ana modeli kullanmıştır. Direkt dijitalizasyon için ana model LAVA C.O.S. ağız içi tarayıcısı ile taranmıştır. İndirekt dijitalizasyon için ise polieter ölçü materyali ile alınan geleneksel ölçüler, Lava Scan ST laboratuvar

tarayıcısı ile taranmıştır. Restorasyonların uyumları silikon kopya tekniği ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak marjinal uyum açısından direkt ve indirekt dijitalizasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. İnternal uyum için ise direkt dijitalizasyon ile üretilen restorasyonlar istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi sonuçlar göstermiştir (10).

Direkt ve indirekt dijitalizasyonun değerlendirildiği klinik bir çalışmada Ahrberg ve arkadaşları (2) 25 hastada, 17 kron ve 8 adet 3 üyeli sabit restorasyonun marjinal ve internal uyumlarını karşılaştırmışlardır. Her hastaya geleneksel ve dijital yöntemler ile 2 adet restorasyon yapılmıştır. Direk dijitalizasyon için LAVA C.O.S. ağız içi tarayıcısı kullanılmıştır. İndirekt dijitalizasyon için ise polieter ölçü maddesi ile alınan geleneksel ölçüler Lava Scan ST laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Taramalar bittikten sonra zirkonya altyapılar üretilmiştir. Restorasyonların uyumları silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak marjinal uyum açısından direkt dijitalizasyon ile üretilen restorasyonlar istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi sonuçlar göstermişlerdir. İnternal uyum için ise direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri benzer sonuçlar gösterirken okluzal bölgenin merkezinden elde edilen sonuçlara göre direkt dijitalizasyon yöntemi ile daha iyi değerler elde edilmiştir (2).

Yukarıda atfedilen çalışmalarda rapor edilen sonuçlar göstermektedir ki ağız içi tarayıcılar ile elde edilen tek ve kısa üniteli restorasyonların uyumu son derece başarılıdır. Hatta bazı durumlarda indirekt dijitalizasyon (geleneksel yöntemler) ile karşılaştırıldığında hassasiyetin daha da iyi olduğu vurgulanmıştır. Çalışmamızda da direkt ve indirekt yöntemler arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, literatürde direkt ve indirekt dijitalizasyonun çok üniteli restorasyonlar üzerinden değerlendirebileceği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle geniş alanlar için yapılan değerlendirmeler restorasyon varlığı olmadan dişli arkın taranması şeklindedir.

Nedelcu ve arkadaşları (61) yaptıkları klinik çalışmada direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Direkt dijitalizasyon için 3 farklı ağız

içi tarayıcı kullanılmıştır (3M True Definition, CEREC Omnicam, Trios 3). İndirekt dijitalizasyon için ise geleneksel ölçüden elde edilen alçı model, 3Shape D1000 laboratuvar tarayıcısı kullanılarak taranmıştır. Referans model hastanın kendisidir ve bunun için üst çene premolar dişler arasındaki alan klinik ortamda ATOS Core 80 endüstriyel tarayıcısı ile taranmıştır. Elde edilen tüm dijital veriler *best fit* algoritması ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Sonuç olarak direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir (61). Ark kavsi ve uzunluk dikkate alınır, taranılan alan çalışmamızdaki sonuçları destekler niteliktedir.

Bununla birlikte, restorasyon varlığı olmadan değerlendirme yapılan bazı çalışmalarda ise sonuçlar bundan farklıdır. Ender ve arkadaşları (85) direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemlerinin klinik hassasiyetini yarım ark tarama verileri üzerinden değerlendirdikleri çalışmalarında 7 farklı ağız içi tarayıcı kullanmışlardır; Lava True Definition, Lava Chairside Oral Scanner, Cadent iTero, 3Shape Trios, 3Shape Trios Color, CEREC Bluecam, CEREC Omnicam. İndirekt dijitalizasyon için ise geleneksel ölçüden elde edilen alçı model, CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Referans model üzerinden taramalar yapıldıktan sonra elde edilen sanal modeller *best fit* algoritması ile karşılaştırılıp, gruplar arası hassasiyetler değerlendirilmiştir. İndirekt dijitalizasyonun yapıldığı grup, tüm ağız içi tarayıcıların kullanıldığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha hassas sonuçlar vermiştir. Ayrıca Lava True Definition, 3Shape Trios ve 3Shape Trios Color gibi daha yeni sistemler Cadent iTero, CEREC Bluecam ve Lava Chairside Oral Scanner gibi eski sistemlere göre daha hassas sonuçlar göstermiştir (85). Geleneksel ölçü alınarak laboratuvar tarayıcısı ile gerçekleştirilen indirekt dijitalizasyon yönteminin daha iyi olduğu rapor edilmiştir.

Tarama alanı arttıkça ağız içi tarayıcılar ile elde edilen veriler daha çelişkili sonuçlar göstermektedir. Üye sayısının artması ile ağız içi tarayıcıların doğruluk ve hassasiyetinin değiştiği bildirilmiştir (86). Malik ve arkadaşları (59) yaptıkları in vitro çalışmada tam ark taramalar için dijital ve geleneksel ölçü yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Bunun için üzerinde 7 tane diş ve 5 tane referans parçalardan oluşan gümüş kaplı üst çene modeli kullanılmıştır. Ana model Incise laboratuvar tarayıcısı (Renishaw PLC, Gloucestershire, United Kingdom) ile referans modeli

oluşturmak için taranmıştır. Geleneksel ölçüler tek aşama çift faz tekniği kullanılarak polivinil siloksan ölçü materyali ile alınmıştır. Bu ölçülerden elde edilen alçı modeller aynı laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Dijital ölçüler ise Trios ve CEREC Omnicam ağız içi tarayıcıları ile elde edilmiştir. Bütün ölçüler tamamlandıktan sonra sanal modeller bilgisayar yazılımı (Geomagic Control, 3D Systems) kullanılarak çakıştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak geleneksel ölçü grubu, dijital ölçü grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha doğru ve hassas sonuçlar göstermiştir. Trios ve Omnicam ağız içi tarayıcıları ise birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. Çalışmada Omnicam tarayıcı ile elde edilen ölçüler, molar dişlerin palatal yüzeyleri ve anterior dişlerin insizal köşelerinde sapmalar göstermiştir. Benzer olarak Trios ile alınan ölçülerde de molar dişlerin palatal yüzeylerinde sapmalar görülmekle birlikte okluzal yüzeylerde de sapmalar meydana geldiği bildirilmiştir (59). Ender ve arkadaşlarının (63) yaptığı klinik çalışmada ise direkt dijital sistemlerin neden olduğu sapmalar dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmada tam ark ölçülerin hassasiyeti karşılaştırılmıştır ve bunun için direkt dijital ve geleneksel ölçü yöntemleri kullanılmıştır. Dijital ölçüler için 7 farklı marka ağız içi tarayıcı kullanılmıştır; CEREC Bluecam, CEREC Omnicam, Cadent iTero, Lava True Definition Scanner, Lava COS, 3Shape Trios ve 3Shape Trios Color. Geleneksel ölçüler için ise 5 farklı ölçü materyali kullanılmıştır; polieter, vinil siloksan eter, direkt taranabilen vinil siloksan eter, dijitalize edilmiş direkt taranabilen vinil siloksan eter ve dönüşemeyen hidrokolloid. Elde edilen bütün tam ark ölçüler dijital ortamda karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak geleneksel ölçüler içinde dönüşemeyen hidrokolloid en az hassasiyeti gösterirken diğer 4 ölçü maddesi benzer sonuçlar göstermiştir. Geleneksel ölçü yöntemleri, dönüşemeyen hidrokolloid hariç bütün materyallerde, direkt dijital ölçülerden daha doğru sonuçlar göstermiştir. Lava COS hariç bütün ağız içi tarayıcılar benzer hassasiyet göstermişlerdir. Lava COS ise bütün geleneksel ölçülerden ve Trios Color'dan daha az hassas değerler ortaya koymuştur. Trios, Trios Color ve Omnicam dijital ölçü grupları, geleneksel ölçü grupları ile (dönüşemeyen hidrokolloid hariç) aynı hassasiyeti göstermiştir. Video çekerek görüntü oluşturan ağız içi tarayıcılar (Omnicam, Lava COS, Lava True Definition, Trios ve Trios Color) dental arkın anterior bölgesinden distale doğru deformasyon göstermişlerdir. Fotoğraf çekerek görüntü oluşturan ağız içi tarayıcılar ise (Bluecam, Cadent iTero) arkın distal

bölgesine doğru artan lokal sapmalar göstermişlerdir. Buna karşılık, geleneksel ölçüler de lokal sapmalar göstermişlerdir ancak bu sapmalar arkın distal bölgesine doğru artış göstermemiştir (63). Direkt dijital ölçü sistemlerinin doğruluğu, yarım ark ölçülerde geleneksel ölçü ile benzerdir. Ancak tam ark ölçülerde, geleneksel ölçü yöntemi direkt dijital yöntemle göre daha doğru sonuçlar vermektedir ve dijital yöntemde molar bölgeye gidildikçe hata payı artmaktadır. Bu nedenle literatürdeki çalışmalar dijital taramaların tek üniteli ve kısa-çok üniteli sabit protezler ile sınırlı kalması gerektiğini önermektedir (70). Ayrıca literatürde, klinik koşullar altında ağız içi tarayıcıların tam ark taramalarda kullanımı hakkında yorum yapmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. Ağız içi tarayıcıların güvenilirliğini, doğruluğunu, tekrarlanabilirliğini ve tarama sürelerini uygun şekilde değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (71).

Çalışmamızın ikinci hipotezi olan ‘farklı çalışma prensiplerine sahip dijital tarayıcılar kullanılarak üretilen restorasyonların uyumları arasında fark bulunmamaktadır’ ifadesi kabul edilmiştir. Bu hipotez kapsamında hem ağız içi tarayıcıların hem de laboratuvar tarayıcıların, cihazın çalışma prensipleri üzerinden karşılaştırması yapılmıştır. Total siman aralığı değerlendirildiğinde, her iki tür tarayıcı için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ağız içi tarayıcılarının veri toplama ve çalışma prensipleri yaygın olarak dört farklı sınıfta gruplanır; *active triangulation* (ışığın üçgenlenmesi), konfokal, *active wavefront sampling* (aktif dalga örnekleme), stereofotogrametri. Çalışmamızda kullanılan 3Shape Trios 3 ağız içi tarayıcıları konfokal yöntemi kullanır ve fotoğraf çekerek görüntüyü yakalar. Çalışmamızda kullanılan diğer ağız içi tarayıcısı olan CEREC Omnicam ise *active triangulation* (ışığın üçgenlenmesi) yöntemini kullanır ve görüntüyü video çekerek elde eder. CEREC Omnicam ağız içi tarayıcısının kullandığı ışığın üçgenlenmesi tekniğinin temel mantığı, eğer bir üçgende iki tane noktanın konumu biliniyorsa, üçgenin üçüncü noktasının konumunun da hesaplanabileceği ilkesine dayanmaktadır. Bunu ağız içi tarayıcıların çalışma mekanizması için anlatacak olursak iki kameranın birbirine uzaklığı ve açısı biliniyorsa üçüncü noktada olan objenin kameralara olan uzaklığı da hesaplanabilir ve böylece yüzey topografisi de ağız içi tarayıcılar tarafından oluşturulabilir (33). 3Shape Trios 3 ağız içi tarayıcısının kullandığı konfokal

görüntüleme tekniğinde ise genellikle odak uzaklığı sensörün objeye olan uzaklığına göre belirlenir. Seçilen derinliklerden odaklanmış ve odaklanmamış görüntülerin elde edilmesini temel alan bir tekniktir. Bu teknoloji objeye olan mesafeyi saptayabilmek için görüntünün netlik alanını belirleyebilir. Bir dişin görüntüsü, objenin farklı açılarından, farklı fokus ve apertura değerleri ile ve art arda çekilmiş fotoğraflar tarafından elde edilebilir (33).

Seelbach ve arkadaşları (87) farklı görüntü yakalama teknolojilerine sahip ağız içi tarayıcıları karşılaştırdıkları çalışmada, üst molar dişin prepare edildiği ana model üzerinden dijital ölçüler almıştır. Çalışmada kullanılan ağız içi tarayıcılardan Lava C.O.S. *active wavefront sampling* (aktif dalga örnekleme) tekniğini, CEREC AC *active triangulation* (ışığın üçgenlenmesi) yöntemini ve iTero ise konfokal tekniğini kullanmaktadır. Ölçüler alındıktan sonra her tarayıcı için firmanın önerdiği zirkonya bloklardan restorasyonlar üretilmiştir (Lava C.O.S. için Lava Zirconia, iTero için Copran Zr-i ve CEREC için IPS Empress CAD). Restorasyonların marjinal ve internal uyumlarının değerlendirmesi, üç boyutlu koordinat ölçüm sistemi ile yapılmıştır. Marjinal uyum açısından 3 farklı ağız içi tarayıcısının birbirine benzer değerler gösterdiği tespit edilmiştir. İnternal uyum için ise iTero ve Lava benzer sonuçlar gösterirken CEREC ile üretilen kronların internal aralık değerleri daha yüksek bulunmuştur (87). Ancak çalışmada dikkati çeken farklılık, restorasyonun üretildiği materyalden kaynaklanmış olabilir. Bosniac ve arkadaşlarının (8) yaptıkları klinik çalışmada farklı ağız içi tarayıcılar ile üretilen 63 tek kron incelenmiştir. Direkt dijitalizasyonda CEREC Omnicam ve Cara Trios ağız içi tarayıcıları kullanılmıştır. Üretilen zirkonya altyapıların marjinal uyumu silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak CEREC AC Omnicam ve Cara Trios ağız içi tarayıcıları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ve marjinal uyumsuzluk 100 µm'nun altındadır (8). Bununla birlikte, Boeddinghaus ve arkadaşlarının (44) yaptıkları klinik çalışmada daha farklı sonuçlar gösterilmiştir. 24 hastada üç farklı ağız içi tarayıcı (CEREC Omnicam, Heraeus Cara Trios ve 3M Lava True Definition) karşılaştırılmıştır. Restorasyonların marjinal uyumları silikon kopya tekniği ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar; Lava True Definition için 88 µm, Trios için 112 µm, geleneksel ölçü için 113 µm ve CEREC Omnicam için ise 149 µm olarak belirtilmiştir.

CEREC Omnicam ve diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (44).

Kim ve arkadaşları (15) ise yaptıkları klinik çalışmada dijital yöntemlerle üretilmiş lityum disilikat kronların uyumlarını değerlendirmiştir. Bunun için alt çene fantom model üzerinde birinci molar diş prepare edilmiştir ve ana model olarak kullanılmıştır. Dijital ölçüler CS3500 (Carestream Dental) ve Trios (3Shape) ağız içi tarayıcıları kullanarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan ağız içi tarayıcılardan CS3500 *active triangulation* (ışık üçgenlenmesi) yöntemi ile görüntü elde ederken, Trios ağız içi tarayıcısı konfokal yöntem ile görüntü oluşturmaktadır. Üretilen lityum disilikat kronlar çinko fosfat siman ile simante edildikten sonra marjinal ve internal uyumları mikro bilgisayarlı tomografi yöntemi ile değerlendirilmiştir. CS3500 grubu Trios grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi marjinal ve internal uyum değerleri göstermiştir (15).

Farklı ağız içi tarayıcılar ile üretilen tek kronlar için sonuçlar çelişkilidir. Benzer durum çok üniteli restorasyonlar için de geçerlidir. Shembesh ve arkadaşları (5) yaptıkları in vitro çalışmada çürüğü olmayan, restore edilmemiş, çekilmiş insan dişleri kullanmıştır. Alt çenede bulunan birinci premolar ve birinci molar dişler epoksi rezin içerisine, ikinci premolar diş eksikliği klinik senaryosunu taklit edecek şekilde gömülmüştür. Preparasyon sonrası Cadent iTero ve Lava True Definition ağız içi tarayıcısı ile taramalar yapılmıştır. Cadent iTero ağız içi tarayıcısı konfokal yöntemi ile görüntü oluştururken, Lava True Definition ağız içi tarayıcısı ise *active wavefront sampling* yöntemi (aktif dalga örnekleme) ile görüntü oluşturmaktadır. Monolitik tam kontur tasarlanan zirkonya üç üyeli köprülerin marjinal uyumu, her dişin dört noktasından optik karşılaştırıcı ile değerlendirilmiştir. Lava True Definition ağız içi tarayıcısı kullanılarak üretilen restorasyonların daha iyi marjinal uyuma sahip olduğu görülmüştür (5).

Benzer olarak Benic ve arkadaşlarının (7) yaptıkları klinik çalışmada 10 hastaya, 3 üyeli restorasyon yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen köprüler posterior bölgededir. Her hastada 3 farklı ağız içi tarayıcısı kullanılarak restorasyonlar

üretilmiştir (Lava, iTero ve Cerec InfiniDent systems). Üretilen zirkonya altyapıların uyumları silikon kopya yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 3 farklı ağız içi tarayıcısı ile üretilen restorasyonların marjinal uyumları birbirlerine benzer bulunmuştur. İnternal uyum için ise Lava ve Cerec ağız içi tarayıcıları, iTero ağız içi tarayıcısına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek değerler göstermiştir (7).

Literatürde farklı ağız içi tarayıcılarının tarama hassasiyetinin değerlendirildiği diğer çalışmalar da restorasyon üretimi olmadan yapılan çalışmalardır. Resende ve arkadaşları (88) 3Shape ve CEREC ağız içi dijital tarayıcıların tarama hassasiyetini karşılaştırdıkları in vitro çalışmada, arkın yarısını taradıklarında sistemler arası fark bulmazken, tam ark taramada 3Shape sisteminin daha iyi sonuçlar ortaya çıkardığını vurgulamıştır. Aynı çalışmanın bir diğer önemli bulgusu da deneyimli hekimlerin (2 yıl - günde 3 tarama yapan), az deneyimli (1 yıl - haftada 1 tarama yapan) ve deneyimi olmayan (sadece eğitimini görmüş) hekimlere göre tarama hassasiyetinin daha iyi olduğudur (88). Yarım ark taraması sonuçları çalışmamız ile benzerdir ancak tam ark taramada 3Shape sisteminin daha iyi sonuçlar gösterdiği rapor edilmiştir. Tam ark tarama hassasiyeti ile ilgili Osnes ve arkadaşları (89) yaptıkları in vitro çalışmada 3Shape ve CEREC ağız içi tarayıcılarının da içinde olduğu 6 adet ağız içi tarayıcıyı birbirleri ile karşılaştırmışlardır; Trios, CEREC Omnicam, Lava True Definition, Planmeca Emerald, Dentalwings, Aadvia iOS100. Tam dişsiz üst çene modelleri bu tarayıcılar ile taranmış ve karşılaştırma için geleneksel ortalama sapma değerleri ve üst sınır sapma değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak 3Shape, CEREC, Aadvia ve Lava'nın klinik kullanım için potansiyel olarak uygun taramalar ürettiği bildirilirken, Planmeca ve Dentalwings'in üst sınır sapma değerlerinde 0,3 mm'den daha büyük hatalar meydana getirdiği gösterilmiştir (89). Çalışmanın sonucunda markalar arası farklılıklar bulunmakla birlikte, 3Shape ve CEREC ağız içi tarayıcıları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Tam ark (fantom dişli model) tarama hassasiyetinin değerlendirildiği başka bir in vitro çalışmada, Latham ve arkadaşları (90) CEREC Omnicam cihazının tüm tarama stratejilerinde daha düşük doğruluk ve tutarlılık gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca 3Shape farklı tarama stratejilerinden etkilenmezken,

Omnicam cihazının doğruluk ve tutarlılığı tarama stratejisine göre değişiklik göstermiştir (90).

Ağız içi tarayıcıların, sanal modelin doğruluğunu artırmak için belirli bir harekete göre kullanılması gerekmektedir. Bu hareket sırasında izlediği yola tarama yolu (*scanning paths*) denir. Taranan nesne, nesnenin etrafında en uygun küreyi oluşturmak için tarama alanının ortasına yerleştirilmelidir. Uygulayıcı tarama sırasında her zaman taranan nesneyle sabit mesafeyi korumalıdır. Ayrıca akıcı bir hareketle taranan nesneyi merkezde konumlandıracak şekilde taramayı sürdürmelidir. Tarayıcı uç taranan yüzeye 5 ila 30 mm arasında tutulmalıdır. Bu mesafe tarayıcılara ve teknolojilere bağlı olarak değişir. Bu işlem özellikle posteriordan anteriora geçiş sırasında ve dişlerde çapraşıklık varlığında eksen değişimi nedeniyle zorlayıcı bir durumdur. Bazı üreticiler rehber olarak tanımlanan, uygulayıcıların mesafeyi korumasını sağlayan ve çevredeki dokuyu kameranın görüş alanından uzak tutmayı amaçlayan parçalar önermektedir (33).

Konfokal teknoloji kullanan ağız içi tarayıcılar için tam ark taramada kullanılabilen farklı tarama stratejileri üreticiler tarafından tanımlanmaktadır. Bu yöntemlerden biri tüm okluzal-palatal yüzeylerin ve ardından bukkal yüzeylerin taranmasıdır. Bir başka yöntem her bir dişin 'S' şeklinde bir taramayla bukkal-okluzal-palatal bölgelerinin aynı anda taranmasını içerir. Birinci yöntem başlangıç pozisyonunda taramayı bitirerek uzaysal distorsiyonu sınırlar ve genel olarak tek yönlü bir hatadan kaçınılmasını sağlar. Ancak düz ilerleme sırasında interproksimal alanların taraması yeterli şekilde yapılamaz. Bu teknik interproksimal alanlarda, prepare diş bulunan bölgelerde, anterior dişlerin fazla kurvatüründe ve kaninlerin etrafındaki eksen değişimi gibi zorlayıcı durumlarda alternatif geliştirilmesini gerektirebilir (33). Latham ve arkadaşları (90) tarama stratejisinin, ağız içi tarayıcılarının doğruluk ve hassasiyeti üzerine etkisi olup olmadığını değerlendirdikleri çalışmalarında 4 farklı tarama stratejisi kullanmışlardır. Bu tarama stratejileri 3Shape Trios 3 ve CEREC Omnicam ağız içi tarayıcıları için ayrı ayrı denenmiştir. Sonuç olarak 3Shape Trios 3 ağız içi tarayıcısı farklı tarama stratejilerinden etkilenmezken CEREC Omnicam ağız içi tarayıcısı farklı tarama stratejilerinde farklı sonuçlar göstermiştir (90). Tarama

stratejisinin, ağız içi tarayıcıların doğruluk ve hassasiyetini etkileyebildiği söylenebilir. Bu nedenle ağız içi tarayıcıları kullanılırken her firmanın kendi önerdiği tarama stratejisinin kullanılmasına dikkat edilmesi önemlidir.

Çalışmamızda farklı laboratuvar tarayıcıları (3Shape E3 ve CEREC InEosX5) ile üretilen restorasyonların marjinal ve internal uyumları karşılaştırılmış ve aralarında fark gözlenmemiştir. Laboratuvar tarayıcıları optik tarama kaynağına göre farklı çalışma prensibine sahiptir; beyaz LED tarayıcılar, lazer tarayıcılar ve mavi LED tarayıcılar. Bizim çalışmamızda kullandığımız laboratuvar tarayıcılarından 3Shape E3 mavi LED ışık kaynağını, CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcısı mavi ışık radyasyon kaynağını kullanmaktadır. Diş hekimliğinde yakın zamana kadar yaygın olarak kullanılan beyaz LED tarayıcılar, yüksek tarama hızı ve hassasiyet gibi avantajlara sahiptirler. Ayrıca iki boyutlu modda bir deseni etkili şekilde yansıtır ve üç boyutlu koordinat verilerini lazer tarayıcılardan daha iyi okurlar. Ancak beyaz LED tarayıcılarda, dar ve derin alanlarda sıklıkla hatalar meydana gelmektedir (35). Lazer tarayıcılar çizgi deseni kullanırlar, ancak yavaş tarama hızı, büyük tarama hataları ve düşük tarama hassasiyeti gibi dezavantajlara sahiptirler. Laboratuvar tarayıcılarında görülen bu olumsuzlukları elimine edebilmek için mavi LED tarayıcılar üretilmiştir. Mavi LED tarayıcıların, daha az hata ve daha fazla tarama tekrarlanabilirliği ürettiği düşünülmektedir. Kullandıkları mavi ışık, kısa dalga boyuna sahiptir ve bu da daha yüksek hassasiyet avantajı sağlamaktadır (36).

Alqahtani ve arkadaşları (91) yaptıkları in vitro çalışmada 2 farklı laboratuvar tarayıcısı ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş lityum disilikat kronların uyumlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada prepare edilmiş molar diş modeli ana model olarak kullanılmıştır. Geleneksel ölçüler polivinil siloksan ölçü materyali kullanılarak alınmıştır ve bu ölçülerden alçı modeller elde edilmiştir. Alçı modeller iki farklı laboratuvar tarayıcısı ile taranmış ve kronlar üretilmiştir; CEREC Omnicam CAD/CAM sistemi ile Trios CAD ve Wieland CAM. Geleneksel yöntemler için ise alçı modeller üzerinden *lost-wax* tekniği ile kronlar üretilmiştir. Kronların uyumları elektron mikroskobu ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 3 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. En iyi marjinal uyumu 3Shape laboratuvar tarayıcısı

ile üretilen kronlar gösterirken, en yüksek marjinal uyum değerlerini CEREC laboratuvar tarayıcısı ile üretilen grup göstermiştir (91).

Bohner ve arkadaşları (92) yaptıkları in vitro çalışmada 3Shape D250 ve CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcılarının hassasiyetini karşılaştırmışlardır. Tam dişli referans modelden elde edilen alçı modeller laboratuvar tarayıcıları ile taranmıştır. Sonuç olarak her iki laboratuvar tarayıcısının da benzer hassasiyete sahip olduğu gösterilmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde ettiğimiz verileri destekler niteliktedir (92). Laboratuvar tarayıcılarının hassasiyetlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada Emir ve arkadaşları (36) 8 farklı marka laboratuvar tarayıcısının (Dental Wings 7 Series, 3Shape D640, 3Shape D710, 3Shape D2000, Activity 102, Tizian Smart Scan, NeWay, Cerec InEosX5) hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Çalışmada 6° konverjans açılı, 1 mm shoulder bitiş sınırlı ve 10,15 mm yüksekliğinde hazırlanmış prepare dişi taklit eden 5 dayanağın yerleştirildiği ana model taramalarda kullanılmıştır. Taramalardan elde edilen STL dosyaları üç boyutlu yazılım programında karşılaştırılmış ve laboratuvar tarayıcılarının doğruluk ve tutarlılıkları değerlendirilmiştir. D2000 ve NeWay laboratuvar tarayıcıları diğer laboratuvar tarayıcılarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha doğru sonuçlar gösterirken, 3Shape markasının daha yeni sürümü olan D2000 laboratuvar tarayıcısı, 3Shape D710 ve CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcılarından anlamlı olarak daha iyi sonuçlar göstermiştir (36). Bizim çalışmamızda ise 3Shape E3 laboratuvar tarayıcısı ile CEREC InEosX5 laboratuvar tarayıcıları karşılaştırılmıştır ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Shimizu ve arkadaşları (47) yaptıkları in vitro çalışmada molar diş için üretilen tek kronların doğruluk ve hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Çalışmada prepare molar diş formundaki çelik model, ana model olarak kullanılmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak ana model hem ağız içi tarayıcı (3Shape Trios ve CEREC Omnicam) ile hem de laboratuvar tarayıcısı (3Shape D810) ile doğrudan taranmıştır. Tarama sonrası elde edilen sanal model verileri kullanılarak siman aralığı 120 µm olan dijital kronlar üretilmiştir. Sanal kronların marjinal ve internal boyutları, koordinat ölçüm cihazı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Doğruluk değerlendirmesinde laboratuvar tarayıcılarının daha iyi olduğu rapor edilmiştir. Ağız içi tarayıcılar arasında anlamlı fark bulunmazken, kullanılan üç tarayıcının da tutarlılık

değerleri benzerdir (47). Sonuçların çalışmamız ile benzerlikleri ağız içi tarayıcılar arasında anlamlı fark olmamasıdır. Laboratuvar tarayıcısı ile elde edilen sonuçların daha iyi olması ise yöntem farklılığından kaynaklanmış olabilir. Ana model, geleneksel ölçü alınmadan, doğrudan laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Bu yöntem laboratuvar tarayıcılarının hassasiyetini değerlendirmede geçerli olabilir ancak klinik pratiğinde indirekt dijitalizasyon ile restorasyon üretiminin iş akışında, geleneksel ölçünün veya bu ölçüden elde edilen alçı modelin taranması gerekir. Geleneksel yöntemler ile ölçü alma ve bu ölçüden alçı model elde etme sırasında birçok aşamada hassasiyetin kaybedilebileceği bilinmektedir. Bu nedenle Shimizu ve arkadaşlarının (47) çalışmasında bu aşamalar elimine edilerek referans modelin doğrudan laboratuvar tarayıcısında taranması ile elde edilen sonuçların istatistiksel olarak daha doğru değerler ortaya koyduğu düşünülmektedir.

Laboratuvar tarayıcılarının kullanımında, dental alçıların yansıtıcılığını artırmak için görüntüleme tozu (*imaging powder*) uygulaması tavsiye edilmektedir. Görüntüleme tozunun bileşimindeki en yaygın kimyasal bileşiklerden biri, ışığı yansıtan ve ışık saçılımını en aza indiren opak bir toz olan titanyum dioksittir. Benzer olarak ölçünün dijitalleştirilmesinde; derin *undercut* alanları ve küçük çaptaki objeler gölge oluşmasına neden olduğu için tarama cihazı, ölçünün bu bölgelerine ulaşamayabilir. Bazı optik ölçü sistemleri, daha doğru bir yansıma oluşturmak için diş yüzeyinin titanyum dioksit ile opaklaştırılmasını gerektirir. Bu uygulama, ölçünün kalitesini artırır (93). Literatürde yapılan birçok çalışmada geleneksel ölçü veya alçı model laboratuvar tarayıcısında taranmadan önce sprej uygulaması yapılmaktadır (53, 94). Ancak ölçünün veya alçının her yerinde eşit kalınlıkta sprej uygulamak neredeyse imkansızdır (94). Bu nedenle sprej uygulamasından kaçınmak için günümüzde, taranabilen ölçü maddeleri ve taranabilen dental alçılar üretilmiştir. Bizim çalışmamızda da taranabilen ölçü maddesi (*Hydrorise Implant Heavy Body* ve *Light Body*) ve taranabilen dental alçı (*Rocky Mountain Scannable* tip-IV sert alçı) kullanılmıştır. Bu ölçü materyalleri ve dental alçılar sahip oldukları renk seçenekleri ve özellikleri ile sprej uygulamasına ihtiyaç duymadan taranabilme seçeneğini sunmaktadır. Bizim çalışmamızdaki sonuçlar da taranabilir ölçü maddelerinin ve dental alçıların klinik dijital iş akışında kullanabileceğini destekler niteliktedir.

Literatürde taranabilir ölçü materyalleri ve dental alçılar ile ilgili yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu konu ile ilgili Martinez ve arkadaşları (95) yaptıkları in vitro çalışmada 2 farklı ölçü maddesinin laboratuvar tarayıcısında doğruluk ve hassasiyetini karşılaştırmışlardır. Bunun için çalışmada fantom premolar diş prepare edilmiştir ve ana model olarak kullanılmıştır. Geleneksel ölçüler vinil siloksan eter içerikli ölçü maddesinin hem standart versiyonu hem de taranabilen versiyonu ile alınmıştır. Daha sonra ölçüler 3Shape D700 laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır ve STL dosyaları olarak dijital ortamda kaydedilmiştir. Ölçülerin değerlendirmesi dijital ortamda *best fit* yöntemi ile yapılmıştır. Sonuç olarak taranabilen ölçü materyali, standart ölçü materyaline göre daha doğru ve hassas sonuçlar göstermiştir (95).

Literatürdeki çalışmalarda taranabilen ölçü maddelerine veya dental alçılara spreyleme yapılması durumunda sonuçların nasıl etkileneceği de değerlendirilmemiştir. Ayrıca normal ölçü maddesi veya dental alçının da spreylenecek ve spreylenecek seçeneklerinin karşılaştırıldığı çalışmalar eksiktir. Bu konu ile ilgili Peng ve arkadaşları (96) yaptıkları in vitro çalışmada CBCT (Cone Beam Computerized Tomography) ve laboratuvar tarayıcıları ile taranan ölçülerin spreylenecek ve spreylenecek olmasının ölçü doğruluğuna etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada dişsiz üst çene modelleri referans model olarak kullanılmıştır. Referans model üzerinden alınan geleneksel ölçüler (polivinil siloksan ölçü maddesi) sprey uygulanmadan Dental Wings Series7 laboratuvar tarayıcısı ve CBCT ile ayrı ayrı taranmıştır. Daha sonra geleneksel ölçülerin üzerine ortalama partikül büyüklüğü 2.8 µm olan parlama önleyici sprey uygulanmıştır. Sprey uygulamasından sonra ölçüler aynı tarayıcılar ile tekrar taranmıştır. Taramalar STL dosyası olarak dijital ortamda karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak sprey uygulaması CBCT taramalarında anlamlı bir fark yaratmazken, laboratuvar tarayıcısı ile yapılan taramalarda sprey uygulaması anlamlı olarak daha doğru tarama sonuçları göstermiştir (96). Alghazzawi ve arkadaşları (97) benzer şekilde alçı modellerin taramasında sprey uygulamanın etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada üç tip alçı (CEREC alçı, Lean Rock XL5 alçı ve Jade alçı) kullanmışlardır. Alçı modeller ilk olarak spreylenemeden laboratuvar tarayıcısında (3Shape D900) taranmıştır. Daha sonra modeller spreylenecek ve aynı laboratuvar tarayıcısında tekrar taranmıştır. Taramalardan üretilen monolitik zirkonya

kronların marjinal uyumu değerlendirilmiştir ve gruplar arası anlamlı fark bulunmamıştır (97). Dental materyallere sprey uygulanması veya uygulanmaması ile ilgili yapılan çalışmalarda Peng ve Alghazzawi'nin (96, 97) farklı sonuçlar bulmasına karşın bu konu literatürde hala eksiklikler içermektedir. Sprey uygulaması, sprey uygulamasını gerektirmeyen dental malzemelerin kullanımı veya sprey uygulamasını gerektirmeyen dental malzemelerin sprey uygulanarak kullanılmasının karşılaştırıldığı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

İndirekt dijitalizasyon iş akışında geleneksel ölçüler doğrudan laboratuvar tarayıcısında taranabildiği gibi, bu ölçülerden elde edilen alçı modeller de laboratuvar tarayıcısında taranarak dijital veri elde edilebilmektedir. Çalışmamızda indirekt dijitalizasyon için her iki yöntemle de restorasyon üretimi yapılmıştır. Sonuç olarak ölçü tarama ve alçı tarama ile yapılan indirekt dijitalizasyonlardan üretilen restorasyonların uyumları birbirleri ile benzer bulunmuştur. Literatürde benzer olarak yapılan bir çalışmada Runkel ve arkadaşları (94) laboratuvar tarayıcılarının ölçü ve alçı tarama hassasiyetini ve doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada yarım ark model kullanılmıştır ve modelde 4 üniteli sabit bölümlü protez için dayanak olacak şekilde prepare edilmiş 14 ve 17 numaralı dişler bulunmaktadır. Farklı ölçü materyalleri (polieter ve polivinil siloksan) kullanılarak geleneksel ölçüler alınmıştır. Bu ölçüler 3Shape D810 laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Daha sonra ölçülerden alçı modeller elde edilmiştir ve bu alçı modeller de aynı laboratuvar tarayıcısı ile taranmıştır. Taramalar bittikten sonra restorasyon üretimi olmadan, sanal modeller üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Ölçü ve alçı tarama hassasiyetinin ölçü materyaline göre değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir (94). Çalışmamızda ise tek tip ölçü materyali kullanılmış, ölçü ve alçı tarama hassasiyeti benzer bulunmuştur. Çalışmalar arasındaki metodoloji farkı dikkati çekmektedir.

Marjinal ve internal uyum, sabit protezlerin tatmin edici bir fonksiyon sağlayabilmesi ve ağız içerisinde uzun ömürlü sürelerde kalabilmesi için en önemli faktörlerdendir (72). Bu uyum, sabit protez ve dayanak diş arasındaki boşluk olarak tanımlanabilir. Yapılan çalışmalarda sabit protezlerin marjinal uyumunu değerlendirmek için dayanak dişin 50'den fazla noktasının ölçülmesi gerektiği

bildirilmiştir (73). Ancak üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi dışında kullanılan diğer yöntemler (simantasyon sonrası çapraz kesit ile ölçüm yöntemi, silikon kopyanın çapraz kesit ile ölçüm yöntemi, mikro bilgisayarlı tomografi verileri) ile yapılan çalışmaların çoğunda hem marjinal hem de internal uyum için bu sayıya ulaşamamıştır. Üç boyutlu kopyalama ve optik dijitalizasyon yöntemi ile tek bir kronun uyumu değerlendirilirken 30.000'den fazla noktanın ölçülebileceği bildirilmiştir (17). Silikon kopya tekniği sıklıkla internal uyumun değerlendirilmesinde kullanılır ancak yapılan ölçümler yaklaşık 50 noktada veya çok daha az değerlerde gerçekleştirilebilir. Örneğin Su ve arkadaşları (3) restorasyonların total uyumlarını silikon kopya tekniği ile değerlendirirken her bir abutment diş için 16 noktadan ölçüm yapmışlardır. Benzer olarak Berrendero ve arkadaşları (45) çalışmalarında ürettikleri kronların uyumunu silikon kopya yöntemi ile değerlendirmişlerdir ve her diştten 40 noktada ölçüm yapılmıştır. Rodiger ve arkadaşları (46) ise çalışmalarında ürettikleri zirkon kronların total uyumunu silikon kopya tekniği ile her diş için 64 noktada ölçmüşlerdir. Bizim çalışmamızda ise her dişin total uyumunu değerlendirmek için ortalama 1888 noktadan ölçüm yapılmıştır. Bu sayı silikon kopya tekniği ile ulaşabileceğimiz sayıların çok daha üstündedir. Üç boyutlu değerlendirme yönteminin dezavantajı ise marjin bölgesindeki sınırlamalar olarak belirtilmiştir. Marjin bölgesi bir yüzey değil de çizgi olduğu için mutlak marjinal tutarsızlığın ölçülemeyeceği bildirilmiştir (72).

Sanal modellerin doğruluk ve tutarlılığının değerlendirilmesinde sıklıkla *best fit* çakıştırma algoritması kullanılırken, restorasyonların uyumu üzerinden bir değerlendirme yapılması düşünüldüğünde silikon kopya tekniği tercih edilmektedir. Çalışmamızda iki tekniğin bir kombinasyonu kullanılmıştır. Restorasyon üretimi sonrası uyumun değerlendirilmesi için siman boşluğunu dolduran silikon katmanın üç boyutlu ölçümü *Relative Point System (RPS alignment)* algoritması ile yapılmıştır. Her bir diş için ortalama 1888 noktadan ölçüm yapılmıştır. Ölçüm bölgeleri 3 kısma ayrılmıştır; marjinal, aksiyel ve insizal/okluzal bölge. Üç bölgeden elde edilen toplam değerler, total siman aralığı olarak ayrıca değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmedeki sınırlamalardan ilki marjinal aralık değerlendirmesidir. 'Kesin marjinal aralık' (*absolute marginal discrepancy*) bir yüzey değil bir çizgidir ve çalışmamızdaki

yöntemle marjinal yüzeydeki uyumsuzluklar değerlendirilebilir ancak 'kesin marjinal aralık'ın tam olarak ölçülmesi mümkün değildir. Bununla birlikte, silikon kopya tekniği ile karşılaştırıldığında, ölçüm yapılan nokta sayısı silikon kopya tekniğinden çok daha fazladır ve ölçüm üç boyutludur. Çakıştırma algoritmaları iki veya daha fazla farklı dijital veri seti arasındaki tutarsızlığın kolay bir şekilde karşılaştırılmasını sağlar. Çakıştırma sonrası elde edilen bilgi, dijital veriler arasındaki en büyük tutarsızlığı gösterir ancak tutarsızlığın yönü ile ilgili bilgi vermez (47). Çalışmamızda ise çakıştırma doğruluğu tek ana model kullanılarak ve bu model üzerinde yapılan *tripod* işaretlemeler ile sağlanmıştır. Pilot çalışmada makine hassasiyeti 10 µm olarak kaydedilmiştir.

Ölçü sistemi değerlendirilirken kavramlar arası ufak farklılıklar dikkati çekmektedir. ISO-5725 tanımlamasına göre hassasiyet; doğruluk ve tutarlılık kavramlarının bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Doğruluk, sonuçların gerçek değere yakınlığını ifade etmektedir. Tutarlılık ise, tekrarlanan ölçümlerle elde edilen grup içi sapmaların ortalamaya yakınlığını tanımlamaktadır (98). Bir başka deyişle elde edilen verilerdeki standart sapma miktarı tutarlılığın değerlendirilmesinde kullanılır. Yüksek hassasiyetteki bir yöntem ya da teknik, tekrarlanan uygulamalarda gösterdiği yüksek doğruluk ve standart sapmadaki küçük değişiklikler ile değerlendirilebilir. Direkt ve indirekt dijitalizasyon ile üretilen 5 üyeli zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumunun değerlendirildiği çalışmamızın en önemli sınırlaması in vitro olmasıdır. Özellikle ölçü çalışmalarında ağız içerisindeki nem, ısı ve tükürük gibi birçok faktör sonucu etkileyebilir. Benzer bir klinik çalışma ile sonuçların değerlendirilmesi gerekir. Çalışmamızda değerlendirmeler son ürün üzerinden yapılmıştır. Literatürde bu konu ile ilgili çalışmalar temel anlamda ikiye ayrılmıştır: Sanal model analizi ve restorasyonun değerlendirilmesi. Restorasyon üretim aşamaları hassasiyeti etkileyebilir. Kullanılan zirkonya diskler, kazıma cihazı, sinterleme prosedürleri ve glaze işlemleri gibi birçok faktör de üretilen restorasyonların uyumlarında etkili olmaktadır. Bununla birlikte, tüm gruplar için benzer aşamalar uygulandığı da dikkate alınmalıdır. Direkt dijitalizasyon ile üretilen çok üyeli restorasyonların uyumunu değerlendiren çalışmalar son derece sınırlıdır. İleride çok üyeli restorasyonlarda, restorasyonun uzunluğunun ve ark kavsinin

restorasyonun uyumuna etkileriyle ilgili gerçekleştirilecek çalışmalar ile bu konular net bir biçimde aydınlatılmalıdır ve ağız içi tarayıcıların yaygın bir biçimde klinik kullanımını ile ilgili olarak kanıta dayalı bir yaklaşım ortaya koyulmalıdır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1- Trios 3 ve Omnicam ağız içi tarayıcıları kullanılarak üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları benzerdir.

2- Direkt ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri (ölçü tarama ve alçı tarama) ile üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları benzerdir.

3- İndirekt dijitalizasyon için ölçü tarama ve alçı tarama yöntemleri ile üretilen 5 üyeli monolitik zirkonya köprülerin marjinal ve internal uyumları benzerdir.

7. KAYNAKLAR

1. Sakornwimon N, Leevailoj C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *J Prosthet Dent.* 2017;118(3):386-91.
2. Ahrberg D, Lauer HC, Ahrberg M, Weigl P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical oral investigations.* 2016;20(2):291-300.
3. Su TS, Sun J. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):362-7.
4. Malaguti G, Rossi R, Marziali B, Esposito A, Bruno G, Dariol C, et al. In vitro evaluation of prosthodontic impression on natural dentition: a comparison between traditional and digital techniques. *Oral Implantol (Rome).* 2016;9(Suppl 1/2016 to N 4/2016):21-7.
5. Shembesh M, Ali A, Finkelman M, Weber HP, Zandparsa R. An In Vitro Comparison of the Marginal Adaptation Accuracy of CAD/CAM Restorations Using Different Impression Systems. *J Prosthodont.* 2017;26(7):581-6.
6. Berrendero S, Salido MP, Ferreira A, Valverde A, Pradies G. Comparative study of all-ceramic crowns obtained from conventional and digital impressions: clinical findings. *Clinical oral investigations.* 2019;23(4):1745-51.
7. Benic GI, Sailer I, Zeltner M, Gutermann JN, Ozcan M, Muhlemann S. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part III: Marginal and internal fit. *J Prosthet Dent.* 2019;121(3):426-31.
8. Bosniac P, Rehmann P, Wostmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clinical oral investigations.* 2019;23(5):2421-7.
9. Arezoobakhsh A, Shayegh SS, Jamali Ghomi A, Hakimaneh SMR. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. *J Prosthet Dent.* 2019.
10. Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araujo E, Stimmelmayer M, Vieira LC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clinical oral investigations.* 2014;18(2):515-23.
11. Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F, Edelhoff D, Guth JF. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization--a laboratory study. *Dent Mater.* 2014;30(4):400-7.
12. Ueda K, Beuer F, Stimmelmayer M, Erdelt K, Keul C, Guth JF. Fit of 4-unit FDPs from CoCr and zirconia after conventional and digital impressions. *Clinical oral investigations.* 2016;20(2):283-9.

13. Tsirogiannis P, Reissmann DR, Heydecke G. Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):328-35.e2.
14. Alfaro DP, Ruse ND, Carvalho RM, Wyatt CC. Assessment of the Internal Fit of Lithium Disilicate Crowns Using Micro-CT. *J Prosthodont.* 2015;24(5):381-6.
15. Kim JH, Jeong JH, Lee JH, Cho HW. Fit of lithium disilicate crowns fabricated from conventional and digital impressions assessed with micro-CT. *J Prosthet Dent.* 2016;116(4):551-7.
16. Luthardt RG, Bornemann G, Lemelson S, Walter MH, Huls A. 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.* 2004;17(6):680-5.
17. Moldovan O, Luthardt RG, Corcodel N, Rudolph H. Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dent Mater.* 2011;27(12):1273-8.
18. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. *Dent Clin North Am.* 2017;61(4):779-96.
19. Rubel BS. Impression materials: a comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):629-42, vi.
20. Schulein TM. Significant events in the history of operative dentistry. *J Hist Dent.* 2005;53(2):63-72.
21. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *J Prosthodont.* 2011;20(2):153-60.
22. Goncalves FS, Popoff DA, Castro CD, Silva GC, Magalhaes CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression materials: a critical review of the literature. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2011;19(4):163-6.
23. Kanehira M, Finger WJ, Endo T. Volatilization of components from and water absorption of polyether impressions. *J Dent.* 2006;34(2):134-8.
24. Sawyer HF, Dilts WE, Aubrey ME, Neiman R. Accuracy of casts produced from the three classes of elastomer impression materials. *J Am Dent Assoc.* 1974;89(3):644-8.
25. Bassett RW, Vander Heide JD, Smith DD. Clinically oriented tests comparing accuracy of elastic impression materials. *J South Calif Dent Assoc.* 1969;37(2):47-57.
26. Boening KW, Walter MH, Schuette U. Clinical significance of surface activation of silicone impression materials. *J Dent.* 1998;26(5-6):447-52.
27. Enkling N, Bayer S, Jhren P, Mericske-Stern R. Vinylsiloxanether: a new impression material. Clinical study of implant impressions with vinylsiloxanether versus polyether materials. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(1):144-51.
28. Stober T, Johnson GH, Schmitter M. Accuracy of the newly formulated vinyl siloxanether elastomeric impression material. *J Prosthet Dent.* 2010;103(4):228-39.

29. Caputi S, Varvara G. 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. *J Prosthet Dent*. 2008;99(4):274-81.
30. Nissan J, Rosner O, Bukhari MA, Ghelfan O, Pilo R. Effect of various putty-wash impression techniques on marginal fit of cast crowns. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2013;33(1):e37-42.
31. Varvara G, Murmura G, Sinjari B, Cardelli P, Caputi S. Evaluation of defects in surface detail for monophasic, 2-phase, and 3-phase impression techniques: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2015;113(2):108-13.
32. Güth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical oral investigations*. 2013;17(4):1201-8.
33. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng*. 2017;2017:8427595.
34. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *J Prosthodont*. 2015;24(4):313-21.
35. Jeon JH, Choi BY, Kim CM, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light scanners. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):549-53.
36. Emir F, Ayyildiz S. Evaluation of the trueness and precision of eight extraoral laboratory scanners with a complete-arch model: a three-dimensional analysis. *J Prosthodont Res*. 2019;63(4):434-9.
37. Moldenhauer B, Diessner M. Moving the dental world from analog to digital. *CAD/CAM TRIBUNE*. 2011;1.
38. Mormann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006;137 Suppl:7s-13s.
39. Abdel-Azim T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):554-9.
40. Dauti R, Cvikl B, Franz A, Schwarze UY, Lilaj B, Rybaczek T, et al. Comparison of marginal fit of cemented zirconia copings manufactured after digital impression with lava C.O.S and conventional impression technique. *BMC Oral Health*. 2016;16(1):129.
41. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent*. 2014;112(3):555-60.
42. An S, Kim S, Choi H, Lee JH, Moon HS. Evaluating the marginal fit of zirconia copings with digital impressions with an intraoral digital scanner. *J Prosthet Dent*. 2014;112(5):1171-5.

43. Pradies G, Zarauz C, Valverde A, Ferreira A, Martinez-Rus F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *J Dent.* 2015;43(2):201-8.
44. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wostmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clinical oral investigations.* 2015;19(8):2027-34.
45. Berrendero S, Salido MP, Valverde A, Ferreira A, Pradies G. Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clinical oral investigations.* 2016;20(9):2403-10.
46. Rodiger M, Heinitz A, Burgers R, Rinke S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions-a clinical comparative study. *Clinical oral investigations.* 2017;21(2):579-87.
47. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J.* 2017;36(4):402-7.
48. Nedelcu R, Olsson P, Nystrom I, Thor A. Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):27.
49. Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clinical oral investigations.* 2014;18(2):515-23.
50. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016;116(2):184-90.e12.
51. Svanborg P, Skjerven H, Carlsson P, Eliasson A, Karlsson S, Ortorp A. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. *Int J Dent.* 2014;2014:534382.
52. Ahlholm P, Sipila K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont.* 2018;27(1):35-41.
53. Guth JF, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. *Clinical oral investigations.* 2016;20(7):1487-94.
54. Keul C, Guth JF. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison. *Clinical oral investigations.* 2019.
55. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent.* 2013;109(2):121-8.
56. Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int.* 2015;46(1):9-17.

57. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *J Prosthodont Res.* 2015;59(4):236-42.
58. Kuhr F, Schmidt A, Rehmann P, Wostmann B. A new method for assessing the accuracy of full arch impressions in patients. *J Dent.* 2016;55:68-74.
59. Malik J, Rodriguez J, Weisbloom M, Petridis H. Comparison of Accuracy Between a Conventional and Two Digital Intraoral Impression Techniques. *The International journal of prosthodontics.* 2018;31(2):107-13.
60. Aragon ML, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2016;38(4):429-34.
61. Nedelcu R, Olsson P, Nystrom I, Ryden J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *J Dent.* 2018;69:110-8.
62. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, Di Corato F, Trovati F, Scribante A. Computerized Casts for Orthodontic Purpose Using Powder-Free Intraoral Scanners: Accuracy, Execution Time, and Patient Feedback. *Biomed Res Int.* 2018;2018:4103232.
63. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent.* 2016;115(3):313-20.
64. Abdel-Azim T, Zandinejad A, Elathamna E, Lin W, Morton D. The influence of digital fabrication options on the accuracy of dental implant-based single units and complete-arch frameworks. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(6):1281-8.
65. Gherlone EF, Ferrini F, Crespi R, Gastaldi G, Cappare P. Digital impressions for fabrication of definitive "all-on-four" restorations. *Implant Dent.* 2015;24(1):125-9.
66. Gherlone E, Cappare P, Vinci R, Ferrini F, Gastaldi G, Crespi R. Conventional Versus Digital Impressions for "All-on-Four" Restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31(2):324-30.
67. Pesce P, Pera F, Setti P, Menini M. Precision and Accuracy of a Digital Impression Scanner in Full-Arch Implant Rehabilitation. *The International journal of prosthodontics.* 2018;31(2):171-5.
68. Monaco C, Ragazzini N, Scheda L, Evangelisti E. A fully digital approach to replicate functional and aesthetic parameters in implant-supported full-arch rehabilitation. *J Prosthodont Res.* 2018;62(3):383-5.
69. Monaco C, Arena A, Pallotti G, di Fiore A, Scheda L. Digital bar prototype technique for full-arch rehabilitation on implants. *J Am Dent Assoc.* 2019;150(6):549-55.
70. Sailer I, Muhlemann S, Fehmer V, Hammerle CHF, Benic GI. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part I: Time efficiency of complete-arch digital scans versus conventional impressions. *J Prosthet Dent.* 2019;121(1):69-75.

71. Khraishi H, Duane B. Evidence for use of intraoral scanners under clinical conditions for obtaining full-arch digital impressions is insufficient. *Evid Based Dent.* 2017;18(1):24-5.
72. Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim JH. Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1432-6.
73. Groten M, Axmann D, Probster L, Weber H. Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in-vitro testing. *J Prosthet Dent.* 2000;83(1):40-9.
74. Pimenta MA, Frasca LC, Lopes R, Rivaldo E. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *J Prosthet Dent.* 2015;114(2):223-8.
75. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 2008;139 Suppl:8s-13s.
76. Seo D, Yi Y, Roh B. The effect of preparation designs on the marginal and internal gaps in Cerec3 partial ceramic crowns. *J Dent.* 2009;37(5):374-82.
77. Pelekanos S, Koumanou M, Koutayas SO, Zinelis S, Eliades G. Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings. *Eur J Esthet Dent.* 2009;4(3):278-92.
78. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2013;110(6):447-54.e10.
79. Liu Y, Ye H, Wang Y, Zhao Y, Sun Y, Zhou Y. 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.* 2018;31(4):386-93.
80. Luthardt RG, Kuhmstedt P, Walter MH. A new method for the computer-aided evaluation of three-dimensional changes in gypsum materials. *Dent Mater.* 2003;19(1):19-24.
81. Özcan M, Bock T. Protocol for Removal of Clinically Relevant Contaminants from Zirconium Dioxide Fixed Dental Prostheses. *J Adhes Dent.* 2015;17(6):576-7.
82. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent.* 2017;118(1):36-42.
83. Kirschneck C, Kamuf B, Putsch C, Chhatwani S, Bizhang M, Danesh G. Conformity, reliability and validity of digital dental models created by clinical intraoral scanning and extraoral plaster model digitization workflows. *Comput Biol Med.* 2018;100:114-22.
84. Liu Y, Ye H, Wang Y, Zhao Y, Sun Y, Zhou Y. 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.* 2018;31(4):386-93.

85. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clinical oral investigations*. 2016;20(7):1495-504.
86. Wismeijer D, Joda T, Flugge T, Fokas G, Tahmaseb A, Bechelli D, et al. Group 5 ITI Consensus Report: Digital technologies. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29 Suppl 16:436-42.
87. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical oral investigations*. 2013;17(7):1759-64.
88. Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, Tavares LDN, Rizzante FAP, George FM, et al. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *J Prosthet Dent*. 2020.
89. Osnes CA, Wu JH, Venezia P, Ferrari M, Keeling AJ. Full arch precision of six intraoral scanners in vitro. *J Prosthodont Res*. 2020;64(1):6-11.
90. Latham J, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Renne W. Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners. *J Prosthet Dent*. 2020;123(1):85-95.
91. Alqahtani F. Marginal fit of all-ceramic crowns fabricated using two extraoral CAD/CAM systems in comparison with the conventional technique. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2017;9:13-8.
92. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marcio BS, Lagana DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *J Prosthet Dent*. 2017;118(5):617-23.
93. Dehurtevent M, Robberecht L, Behin P. Influence of dentist experience with scan spray systems used in direct CAD/CAM impressions. *J Prosthet Dent*. 2015;113(1):17-21.
94. Runkel C, Guth JF, Erdelt K, Keul C. Digital impressions in dentistry-accuracy of impression digitalisation by desktop scanners. *Clinical oral investigations*. 2020;24(3):1249-57.
95. Garcia-Martinez I, CaceresMonllor D, Solaberrieta E, Ferreiroa A, Pradies G. Accuracy of digitization obtained from scannable and non-scannable elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent*. 2020.
96. Peng L, Chen L, Harris BT, Bhandari B, Morton D, Lin WS. Accuracy and reproducibility of virtual edentulous casts created by laboratory impression scan protocols. *J Prosthet Dent*. 2018;120(3):389-95.
97. Alghazzawi TF, Al-Samadani KH, Lemons J, Liu PR, Essig ME, Bartolucci AA, et al. Effect of imaging powder and CAD/CAM stone types on the marginal gap of zirconia crowns. *J Am Dent Assoc*. 2015;146(2):111-20.
98. Sim JY, Jang Y, Kim WC, Kim HY, Lee DH, Kim JH. Comparing the accuracy (trueness and precision) of models of fixed dental prostheses fabricated by digital and conventional workflows. *J Prosthodont Res*. 2019;63(1):25-30.