



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**3 BOYUTLU DİJİTAL MODELLER ÜZERİNDE YAPILAN  
ÖLÇÜMLERİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE  
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Narin ÖZTÜRK**

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. M. Okan AKÇAM**

**ANKARA  
2020**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**3 BOYUTLU DİJİTAL MODELLER ÜZERİNDE  
YAPILAN ÖLÇÜMLERİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE  
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Narin ÖZTÜRK**

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. M. Okan AKÇAM**

**ANKARA  
2020**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum “3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Adı Soyadı : Narin ÖZTÜRK

Tarih : 14/05/2020

İmza :



Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş, Narin ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından UZMANLIK TEZİ olarak OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

14/05/2020

Prof. Dr. Dilek ERDEM

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Ortodonti A.B.D.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Tuba TORTOP

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Ortodonti A.B.D.

Prof. Dr. M. Okan AKÇAM

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Ortodonti A.B.D.

# İÇİNDEKİLER

<b>Etik Beyan</b>	ii
<b>Kabul ve Onay</b>	iii
<b>İçindekiler</b>	iv
<b>Önsöz</b>	vi
<b>Simgeler ve kısaltmalar</b>	vii
<b>Şekiller</b>	viii
<b>Çizelgeler</b>	ix
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	<b>2</b>
2.1. Ortodontide Tanı	2
2.2. Ortodontide Tanı Modeli	2
2.3. Dental Ölçü Materyallerinin Tarihçesi	4
2.4. Dijital ve Alçı Modellerin Avantaj ve Dezavantajları	6
2.5. Alçı Modellerin Dijital Modellere Dönüştürülmesi	8
2.5.1. Konvansiyonel Yöntemler	8
2.5.2. Yüzey Taraması ile Dijital Model Elde Etme	13
2.5.3. Dijital Model Elde Etmede Diğer Güncel Yöntemler	16
2.5.3.1. Lazer Yüzey Taraması	16
2.5.3.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Dijital Model Elde Etme	19
2.5.3.3. Ölçülerin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Taranması	22
2.5.3.4. Ağız İçi Tarama ile Dijital Model Elde Etme	25
2.6. Ortodontik Dijital Modellerde İletişim ve Depolama	28
2.7. Dijital Tarama Tekniği	30
2.8. Dijital Modellerin Ortodontik Tanı ve Tedavi Planlamasındaki Yeri	31
2.9. Dijital Modellerde Güvenilirlik	35
<b>3. YÖNTEM</b>	<b>38</b>
3.1. Gereç	38
3.2. Alçı ve Dijital Modellerin Hazırlanması ve Gerçekleştirilen Uygulamalar	39
3.3. Yapılan Ölçümler	42
3.3.1. Ark Genişliği Ölçümleri (Transversal)	42
3.3.2. Ark Uzunluğu Ölçümleri (Sagital)	43
3.3.3. Diş Genişliği Ölçümleri	44
3.4. İstatistiksel Değerlendirme	45
<b>4. BULGULAR</b>	<b>46</b>
4.1. Güvenilirlik Bulguları	46
4.2. Doğruluk Bulguları	47
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>58</b>
5.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi	58
5.2. Bulguların Değerlendirilmesi	63

5.2.1. Doğruluk Bulgularının Değerlendirilmesi	63
5.2.2. Güvenilirlik Bulgularının Değerlendirilmesi	67
<b>6. SONUÇLAR</b>	<b>70</b>
<b>ÖZET</b>	<b>72</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>73</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>74</b>
<b>EKLER</b>	<b>82</b>
Ek-1. Etik Kurul Onayı	82
Ek-2. Aydınlatılmış Onam Formu	86
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>88</b>



## ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, gerek bilimsel gerekse manevi açıdan her zaman destek olan, öğrencisi olmaktan gurur ve mutluluk duyduğum, değerli hocam Prof. Dr. M. Okan AKÇAM'a,

Tez çalışmamdaki katkılarından dolayı tez izleme komitesinde yer alan sayın hocalarım Prof. Dr. Dilek ERDEM ve Prof. Dr. Tuba TORTOP'a,

Bana bu mesleği kazandıran ve eğitim aldığım süre boyunca birlikte çalışmaktan gurur duyduğum Anabilim Dalımızın saygıdeğer hocalarına,

Güler yüzleri ve yardımseverlikleriyle hepimizin hayatını kolaylaştıran değerli Ortodonti Anabilim Dalı personeline,

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum başta ablamız Uzm. Dt. Berika Sezer KADIOĞLU, Uzm. Dt. Yasemin YANGINCI, Uzm. Dt. Merve KURT, eşkıdemlim Dt. Alperen YILDIRIM, Dt. Jerina DULE, Dt. Ecem EFE, Dt. Ramin EYYUBOV ve Dt. Özge MÜFTÜOĞLU olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma,

Gülyüzü ve enerjisiyle etrafına ışık saçan, iyi ki tanıdım dediğim Uzm. Dt. Cansu GÖRÜRGÖZ'e,

Hayatımda olduğu için kendimi çok şanslı hissettiğim, desteği ve sevgisiyle bana güç veren Tuna KETENCİ'ye

Hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim, emeklerini asla ödeyemeceğim canım annem Aysel ÖZTÜRK, canım babam Mustafa ÖZTÜRK ve canım abim Mümin ÖZTÜRK'e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>3B</b>	: Üç boyutlu
<b>KIBT</b>	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
<b>BT</b>	: Bilgisayarlı tomografi
<b>PVS</b>	: Polivinil siloksan
<b>CAD/CAM</b>	: Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing
<b>CEREC</b>	: Computer Assisted Ceramic Reconstruction
<b>DICOM</b>	: Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>ABO</b>	: American Board of Orthodontics
<b>PAR</b>	: Peer Assessment Rating
<b>ICON</b>	: Index of Complexity Outcome and Need
<b>STL</b>	: Standard Tessellation Language/ Stereolitografi
<b>VRML</b>	: Virtual Reality Machine Language
<b>AFI</b>	: Akordeon saçak interferometrisi
<b>HD</b>	: High Definition
<b>ANSI</b>	: American National Standards Institute
<b>IEC</b>	: International Electrotechnical Commission
<b>ICC</b>	: Intraclass Correlation Coefficient
<b>SPSS</b>	: Statistical Package for the Social Sciences
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>ss</b>	: Standart sapma
<b>p</b>	: Anlamlılık düzeyi
<b>%</b>	: Yüzde

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1. iTero intraoral tarayıcı ile tüm ağız içi taraması.....	6
Şekil 2.2. Lazer triangülasyon tekniğine dayalı olarak hazırlanmış analiz sistemi. Bir kesik ışınlı lazer projektör, yansıyan görüntülerin kaydı için iki adet CCD video kamera, ölçüyü hareket ettirmek için lineer X düzlemi ve ölçünün konulduğu R tablası.....	18
Şekil 2.3. Dönebilen bir platform, 4 adet kamera ve 2 adet lazer ışık kaynağından oluşan düzenek .....	19
Şekil 2.4. 3Shape R700 tarayıcı.....	23
Şekil 2.5. Bir premolar dişin STL formatında görünümü.....	29
Şekil 2.6. Tarama sırası; A: iTero Tarayıcı, B: 3Shape Tarayıcı.....	31
Şekil 2.7. DICOM formatındaki KIBT verilerinin bir volümetrik çeviri yazılımı ile (InVivoDental) 3B olarak tekrar yapılandırılması sonucu oluşturulmuş dijital ortodontik model .....	33
Şekil 2.8. İki dijital dental modelin karşılaştırılmış hali.....	37
Şekil 3.1. Cinsiyete göre frekans dağılımı .....	38
Şekil 3.2. 3Shape İntraoral tarayıcı ve Ortho Analyzer programı .....	40
Şekil 3.3. Dijital kumpas ile yapılan manuel ölçümler.....	41
Şekil 3.4. Alçı modellerin taranması sonucu elde edilen dijital model .....	41
Şekil 3.5. İntraoral tarama ile elde edilen dijital model.....	41
Şekil 3.6. Ark genişliği ölçümleri .....	43
Şekil 3.7. Ark Uzunluğu Ölçümleri .....	44
Şekil 3.8. Diş genişliği ölçümleri.....	45

## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 2.1.</b> Dijital ve alçı modellerin karşılaştırılması.....	8
<b>Çizelge 2.2.</b> Ağız içi dijital tarayıcıların karşılaştırılması .....	28
<b>Çizelge 4.1.</b> Alt çene sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile dijital ve manuel yöntemlerin karşılaştırılması .....	46
<b>Çizelge 4.2.</b> Üst çene sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile dijital ve manuel yöntemlerin karşılaştırılması .....	47
<b>Çizelge 4.3.</b> Alt çene alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması .....	48
<b>Çizelge 4.4.</b> Alt çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması.....	49
<b>Çizelge 4.5.</b> Alt çene intraoral dijital model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması.....	50
<b>Çizelge 4.6.</b> Üst çene alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması .....	51
<b>Çizelge 4.7.</b> Üst çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması.....	52
<b>Çizelge 4.8.</b> Üst çene intraoral dijital model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması.....	53
<b>Çizelge 4.9.</b> Alt çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının ANOVA testi ile karşılaştırılması .....	54
<b>Çizelge 4.10.</b> Alt çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının çoklu karşılaştırmalar testi ile karşılaştırılması.....	55
<b>Çizelge 4.11.</b> Üst çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının ANOVA testi ile karşılaştırılması .....	56
<b>Çizelge 4.12.</b> Üst çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının çoklu karşılaştırmalar testi ile karşılaştırılması.....	57

# 1. GİRİŞ

Hassas tanı araçları uygun bir ortodontik tedavi planlamasının en temel aşamasını oluşturmaktadır. Dental modellerin değerlendirilmesi ve analizi, başarılı bir ortodontik tedavi planlaması için alınan rutin kayıtlar içerisinde önemli ve öncelikli bir yere sahiptir.

Tarihsel olarak alçı modeller, hastaya ait veriler arasında tek üç boyutlu komponenti oluşturmaktadır. Ortodontik tanıda, arşivlemede, bilimsel tartışmalarda, tedavi planlamasının ve gelişiminin hastaya görsel olarak aktarılmasında yıllardır “altın standart” olmaya devam etmesine rağmen alçı modellerin bazı dezavantajları vardır. Üzerinde sürekli yapılan ölçümler sonucu oluşan aşınmalar ve buna bağlı ölçüm güvenilirliğinin azalması, kırılma riski, saklanması ve depolanması için fiziksel bir alana ihtiyaç duyulması ve taşınma gücünün önemli dezavantajları olarak sayılabilir.

Bilgisayar bilimlerindeki hızlı ve sürekli gelişmeler, modern toplumun tüm seviyelerinde yeni teknolojilerin kullanımının artmasına neden olmuştur. Ortodonti de bu teknolojik gelişmelerden etkilenmiştir. Bilgisayar tabanlı kayıtlar, birçok ortodonti kliniğinde rutin olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Geleneksel alçı modeller ile kıyaslandığında üç boyutlu dijital modellerin önemli avantajları bulunmaktadır. Dijital ortodontik modeller bütünlük ve kalitenin korunabilmesi, depolama kolaylığı, klinikte hızlı ve etkin bir şekilde ulaşılabilmesi, meslektaşlarla veya farklı uzmanlık alanlarıyla iletişimde kolaylık sağlanması ve iyi bir hasta bilgilendirme aracı olarak aydınlatılmış onamı geliştirmesi gibi avantajlarıyla klinik yönetimini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır.

Dijital modellerin bazı dezavantajları ise, zamanla elektronik ortamda saklanan verilerin silinmesi ya da görüntü kalitesinin düşmesi riski ve yazılım için üretici firmanın teknik desteğine bağımlı olunmasıdır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ortodontide Tanı

Ortodonti pratiğinde tanı, temel olarak maloklüzyonun sınıflandırılmasını içermektedir. Proffit ve Ackerman, ilk olarak tıp biliminde tanıya akılcı bir yaklaşım sağlamak için geliştirilen “problem odaklı” yaklaşımı, ortodontik tanıda da savunmuşlardır (Proffit ve Ackerman, 1985).

Ortodontik tanı ve tedavi planlamasında karar verme süreci maloklüzyon ve dentofasiyal deformitenin özelliklerinin tanınmasını, sorunun doğasının veya nedeninin tanımını ve hastanın özel ihtiyaçlarına göre bir tedavi stratejisinin oluşturulmasını içermektedir. Bu sürecin temeli ise bir veri tabanı oluşturmak için gerekli bilgilerin toplanmasıdır.

Tanı ve tedavi planlaması ortodonti pratiğinde önemli bileşenlerdir. Ortodontistlerin analiz ettiği ve tedavi planını belirlemek için kullandığı farklı tanı kayıtları mevcuttur. Genellikle fotoğraflardan, panoramik ve lateral sefalometrik radyografilerden, çalışma modellerinden ve klinik muayeneden oluşan bu kayıtlar, meslektaşları ile hastaya ihtiyaç duymadan farklı tedavi seçeneklerinin tartışılmasında da kullanılabilir (Han ve ark., 1991).

### 2.2. Ortodontide Tanı Modeli

Dijital radyografiler ve fotoğraflar ortodontik tanı materyali olarak ‘norm’ haline gelmiştir. Günümüzdeki son gelişmeler dental modellerin de dijital ortama aktarılmasını sağlamıştır. Tıbbi ve dental anamnezlerimiz, dijital fotoğraflarımız, dijital radyografilerimiz ve dijital formatta tedavi notlarımız olduğundan; dijital çalışma modelleri elde etmek bir gereksinim haline gelmiştir.

Geleneksel ortodontik alçı modeller, rutin bir dental teknikle elde ediliyor olması, üretim kolaylığı, ekonomik olması, hassasiyeti, kolay ölçülebilirliği, artikülatöre sabitlenerek üç boyutlu çalışma olanağı sağlaması ve klinik muayenede görülmesi zor olan açılardan oklüzyonun değerlendirilmesi gibi avantajlarıyla uzun yıllar boyunca “altın standart” olarak kabul görmüştür (Rheude ve ark., 2005; Peluso ve ark., 2004).

Dental çalışma modelleri, bir hastanın okluzal ilişkilerine ait üç boyutlu bilgi sağlamaktadır. Bu da klinisyenin maloklüzyonu klinik muayeneden daha ayrıntılı olarak değerlendirmesine olanak tanır. Ayrıca çalışma modelleri rutin ölçümler için intraoral ölçümlerden daha uygundur (Hunter ve ark., 1960).

Amerikan Ortodonti Derneği (2017)’ne göre, tedavi başlangıcı ve tedavi sonu kayıtları; ekstraoral ve intraoral fotoğrafları, dental modelleri, intraoral ve/veya panoramik radyografileri, sefalometrik radyografileri ve ayrıca endike diğer test veya prosedürleri içermelidir. Bu nedenle, çalışma modelleri ortodontistlerin tanı araçlarının ayrılmaz bir parçasıdır.

Dental modellerden elde edilen bilgiler, ortodontistin maloklüzyonları sınıflandırmasına, dişsel anomalileri tanımlamasına ve tedavi hedeflerini belirlemesine yardımcı olmaktadır. Dental sınıflandırmanın statik bir kaydı olarak modeller, dişlerin kendi arkları içerisinde morfolojisini ve pozisyonunu; ayrıca dişlerin malpozisyon derecesini görselleştirmek için kullanılır. Ek olarak, tedavi seçeneklerinin tanısal set-upları bölümlü modeller kullanılarak gerçekleştirilir (Peluso ve ark., 2004).

Ardışık alınmış ortodontik çalışma modelleri, tedavinin başlangıçtaki durumundan, ara safhasına ve tedavi bitimine kadar ilerlemesini belgelemektedir. Tedavi sonuçlarını, hastalara ve meslektaşlarına sunarken ortodontistler bu modelleri eğitim, değerlendirme, sunum ve araştırma amacıyla kullanabilirler.

Yapılan bir çalışmada tanıya yönelik farklı tipteki kayıtlardan elde edilen bilgilerin tedavi kararlarına olan etkisi değerlendirilmiştir. Olguların %55'inde sadece ortodontik model kullanılarak yapılan tedavi planlamasının yüz fotoğrafları, panoramik radyografi, lateral sefalometri ve sefalometrik çizimin dahil olduğu diğer tanı araçlarıyla yapılan tedavi planlamalarından önemli ölçüde farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Yani olguların önemli bir bölümünde modeller tedavi planlaması için tek başına yeterli olmuştur (Han ve ark., 1991).

Alçı çalışma modellerinin alternatifleri, fotokopilerden, fotoğraflardan, hologramlardan ve alçı çalışma modelinde noktaların sayısallaştırılmasına kadar uzanan bir yelpazede önerilmiştir. Günümüzde, dental alçı modeller, ortodontik tanı ve tedavi planlaması için yaygın olarak kullanılan bir araç olmaya devam etmektedir.

### **2.3. Dental Ölçü Materyallerinin Tarihçesi**

Ağız içi ölçü alma ve dental çalışma modelleri oluşturma yöntemleri 1700'lerin başlarında ortaya çıktıklarından bu yana sürekli gelişmektedir. Balmumu, ölçü almak için kullanılan ilk malzemedir. 1756 yılında ilk defa Philipp Pfaff, dental arkların negatifini elde etmek için ısıtılmış balmumu kullanarak; tek seferde arkın yarısının ölçüsünü alabildiği tekniği açıklamıştır. Sonrasında Paris alçısı kullanarak model elde etmiştir (Glennner, 1997; Starcke, 1975).

1844 yılında ise Paris alçısı ilk defa ölçü maddesi olarak kullanılmıştır. 1857 yılında Charles Stent, oral deformasyonların düzeltilmesi için kendi ismini taşıyan cihazın imalatında kullanılmak üzere stenç ölçü maddesini geliştirmiştir. Bu plastik rezin birleşimi materyal, balmumu ve Paris alçısından farklı olarak bu malzemelerin doğasından kaynaklanan distorsiyon ve kullanım zorluğu gibi sorunlara yol açmamaktaydı (Starcke, 1975).

19. yüzyılın sonlarına kadar yaygın olarak, direkt ağızdan balmumu ya da alçı ile veya kişiye özel balmumu kaşık içerisinde alçı kullanılması ile ölçülerin

oluşturulması sağlanmaktaydı (Starcke, 1975). 1900'lerin başlarında reversible ve irreversible hidrokolloid aljinatların çıkışı, daha önce kullanılan malzemelerin yetersizliklerinin çoğunu ortadan kaldırarak ölçü alınmasında bir devrim yaratmıştır (Peluso ve ark., 2004).

Daha sonraki dönemlerde polieter ve polivinil siloksan (PVS) gibi daha doğru ve boyutsal olarak stabil ölçü malzemeleri ortaya çıkmıştır. Ancak günümüzde bu gelişmelere karşın ortodonti kliniklerinde ölçü materyali olarak irreversible hidrokolloid aljinat ve modellerin üretimi için Tip II dental al en yaygın kullanılan malzemelerdir (Peluso ve ark., 2004).

İntraoral dijital tarayıcılar, bilgisayar destekli tasarım ve retim (CAD / CAM) teknolojisinin gelişmesi ve 1984 yılında bilgisayar destekli seramik yapımının (CEREC) tanıtılması ile ortaya çıkmıştır (Mörmann ve ark.,1985).

1999 yılının sonlarında Cadent, üç boyutlu (3B) dijital modellerin üretimi, sanal kurulumlar ve indirekt bonding taşıyıcıları için OrthoCAD sistemini tanıtımıştır. Bu sistemi 2001 yılında emodel (GeoDigm, Chanhassen, MN, US) takip etmiştir. Bu sistemlerde hastanın al modelleri veya aljinat ölçüleri ortodontistler tarafından tarama merkezlerine gönderilmiş, oluşturulan görüntüler doktorun ofis ağına indirebildiği dijital bir dosya olarak işlenmiştir (Stevens, 2006; Kravitz ve ark., 2014).

2006 yılında Cadent, intraoral tarama yapabilen ofis içi iTero dijital baskı sistemini geliştirmiş, bu cihaz 2008 yılında tüm ark intraoral tarama yapabilecek hale gelmiştir (şekil 2.1). 2009'un sonunda, Cadent iTero kullanıcıları için iOC sistemini başlatmıştır. Align Technology, 2011 yılında Cadent'i satın alarak iOC ile klinisyenlerin Invisalign apareyinin üretimi için fiziksel ölçüler yerine 3B dijital taramalar göndermeye başlamasını sağlamıştır (Kravitz ve ark., 2014).



**Şekil 2.1.** iTero intraoral tarayıcı ile tüm ağız içi taraması.

Ekim 2012' de, 3M ESPE, ortodontistlerin Incognito (kişiyeye özel lingual braketler) üretimi için dijital taramalar göndermelerini sağlayan True Definition tarayıcıyı tanıtmıştır. Altı ay sonra, Ormco, Insignia ve Clearguide sistemleri için Lythos dijital tarama sistemini piyasaya sürmüştür (Kravitz ve ark., 2014).

Dijital modelleri tedarik eden firmaların yanı sıra, bireysel klinik uygulamalar için 3B model tarayıcı ve ortodontik yazılımların satın alınabildiği 3Shape (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark), Laserdenta (Laserdenta AG, Basel, Switzerland) ve INUS Dental Scanning Solution (INUS Technology, Inc, Seoul, Korea) gibi bazı yazılım şirketleri de mevcuttur (Alcan ve ark., 2009).

#### **2.4. Dijital ve Alçı Modellerin Avantaj ve Dezavantajları**

Çalışma modelleri, güvenilir ve yaygın bir tanı kaydı yöntemidir. Dentisyonun boyutsal olarak doğru bir temsili olduklarından, çalışma modellerinden diş boyutu - ark uzunluğu uyumsuzluğu ve daimi diş boyut tahmini gibi birçok ölçüm ve analiz elde edilebilir (Stewart, 2001).

Geleneksel alçı çalışma modelleri uzun yıllardır kullanılmaktadır. Alçı modeller birçok avantaj ve dezavantaja sahiptir. En önemli avantajı modeller üzerinde doğrudan ölçümlerin yapılabilmesi sayılabilir. Depolama problemi, depolama maliyeti, iletişim

problemi, kırılma, yeniden üretim ve erişim zorluğu, alçı modellerin potansiyel dezavantajlarıdır.

Ayrıca alçı çalışma modellerinin kırılma riski vardır. Ölçüm ve analiz için sürekli kullanımında alçı sıyrılabilir. Bu da ölçümlerin hassasiyetini azaltır. Öte yandan alçı modellerin depolanması, hem mekan hem de zaman kaybı problemlerine sebebiyet vermektedir (Peluso ve ark., 2004).

Alçı modeller genellikle hem fiziksel ve kimyasal hasarları önlemek hem de kolay erişim için kutularda tutulur. Aktif çalışan bir ortodonti kliniğinde 1 yıl içinde 300 yeni hastaya kadar başlanabilir ki bu durum model depolaması için ayrı bir oda gerektirir. Zamanla mekan ihtiyacı da artmaktadır. Kayıtlar en az bir malpraktis davasının zaman aşımı süresi kadar tutulmalıdır. Bu süre ABD’de eyaletten eyalete göre 5 ile 15 yıl arasında değişmektedir (Peluso ve ark., 2004). Türkiye Cumhuriyeti’nde ise böyle bir dava için zaman aşımı süresi 5 yıldır. Bu durumda uzun süreli muhafaza sadece klinik veya akademik gereklilik değil, aynı zamanda yasal bir zorunluluktur (Türköz, 2009).

Diğer bir sorun ise taşınabilirliktir. Kırılgan çalışma modelleriyle seyahat etmek ve tek set model varlığında diğer hekimler ve uzmanlarla bilgi alışverişi zorlaşmaktadır. Ayrıca ortodontist alçı modeli dublike etmek zorunda kalabilir. Bu ise zaman gerektiren ve maliyeti arttıran bir işlemdir. Modellerin laboratuvar işlemi ile dublike edilmesi ve uygun muhafaza ile kargoya verilmesi gerekmektedir ki bu esnada modelin kırılması olası bir durumdur (Peluso ve ark., 2004; Türköz, 2009).

Dental modellerin dijital görüntülerinin alçı modellere göre birçok avantajı vardır (Çizelge 2.1.). Bunlar arasında depolama problemlerinin ve model kırılmalarının ortadan kaldırılması sayılabilir. Dijital modeller hastalar ve meslektaşlarla iletişimde kolaylıkla kullanılabilir. Bu nedenle dijital görüntüler ortodontistlerin, meslektaşlarına, yasal durumlarda gerekli kurumlara veya dergilere elektronik olarak mail yoluyla göndermelerini sağlayan uygun bir araçtır (Santoro, 2003).

Dijital görüntülerin dezavantajları arasında kullanıcı eğitiminin zaman gerektirmesi ve özellikle ortodontistler için dokunma duyusunun kullanılamaması bulunmaktadır. Diğer dezavantajları arasında teknolojik problemler sayılabilir. Örneğin bu konuda uzmanlaşmış şirket azdır ve dijital sürecin hassasiyeti konusunda bazı sorular da mevcuttur. Bu durum şirketlere ölçüler gönderilirken gereken ek süre sonunda meydana gelen distorsiyon ile ilgili olabilir. Ayrıca ölçülerin ve modellerin kargoda kaybolma ihtimalleri de sorun teşkil edebilmektedir. (Alcan ve ark., 2009).

<b>Çizelge 2.1.</b> Dijital ve alçı modellerin karşılaştırılması		
	<b>Alçı Model</b>	<b>Dijital Model</b>
<b>Maliyet</b>	Daha ucuz	Daha pahalı
<b>Tamamsal setup</b>	Laboratuvar işlemi	Bilgisayarda sanal
<b>Depolama alanı</b>	Maksimum	Minimum
<b>Depolama maliyeti</b>	Pahalı	Minimum
<b>Hızlı ve etkili erişim</b>	Ortalama	Evet
<b>Birden fazla yerde erişim</b>	Hayır	Evet
<b>Fiziksel hasara maruz kalma</b>	Evet	Hayır
<b>Modellerin transferi</b>	Laboratuvarda dublikasyon ve kargolama	Dijital dosya transferi
<b>Ofis yazılımı ile entegrasyon</b>	Hayır	Evet
<b>Hasta eğitimi</b>	Evet	Evet

## **2.5. Alçı Modellerin Dijital Modellere Dönüştürülmesi**

### **2.5.1. Konvansiyonel Yöntemler**

Ortodontistler tarafından alçı çalışma modellerinin depolanması ve sıklıkla kullanımına ihtiyaç duyulması, klinisyenler için büyük bir lojistik sorun teşkil etmektedir. Bu amaçla ortodontik modellerin dijitalizasyonu için pek çok yöntem kullanılmıştır. Dental modellerin 2 boyutlu olarak fotokopileri (Champagne, 1992)

veya fotoğrafları (Nollet ve ark., 2004) çekilerek; üç boyutlu olarak holografi (McGuinness ve Stephens, 1992), Moire topografi (Takasaki,1970) ve stereofotogrametri (Ayoub ve ark., 1997; Bell ve ark., 2003) yöntemleri kullanılarak çoğaltılması sağlanmıştır.

## **Fotokopi**

Bu yöntemi ilk kullanan araştırmacı, Yen'dir (Yen, 1991). Fotokopi çekilmesi veya alçı modellerin direkt olarak taranması, model üzerinde kumpas ile yapılan ölçümlere bir alternatif olarak kendisi tarafından denenmiştir. Dijital tarama, görüntünün dijital analizler için bilgisayar ekranına taşınmasına olanak tanımaktadır. Yapılan asıl işlem, bir alçı modelin ya da oluşturulmuş bir fotokopinin bir tarayıcı makine üzerine yerleştirilip, taranan modelin oklüzal yüzeyine ait bir görüntünün elde edilmesine dayanmaktadır. Bilgisayar yazılımı da, bu işlemlerden sonra oluşturulan model görüntüsü üzerinde uzaklık ölçümü ve analizler için kullanılır. Birçok araştırmada, ölçüm yapmak için iki boyutlu yöntemlerden ve özellikle de model fotokopilerinden yararlanılmıştır (Cordato, 1995; Cordato, 1996; Ferrario ve ark., 1994).

Yapılan bir çalışmada fotokopi makinesinden elde edilen dijitalize modellerde yapılan ölçümler ile alçı modellerde elle yapılan ölçümler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Fotokopi üzerinde kalibre edilmiş manuel ölçümlerin doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir olduğu sonucuna varılmıştır (Champagne, 1992). Fotokopilerin kullanımının kolay olmasına rağmen, bu yöntemin hala geleneksel bir alçı model gerektirmesi ve yalnızca 3 boyutlu bir objenin 2 boyutlu bir resmini sağlaması dezavantajlarıdır.

Parades ve ark. (2006) alçı modellerin yüzey tarayıcıyla model görüntülerini oluşturmuş ve milimetrik grafik kağıtları kullanarak, x ve y düzlemlerinde görüntü kalibrasyonu sağlanmıştır. Tanımlanan bu yöntem sayesinde, Bolton model analizi yapıp, geleneksel yöntem ile karşılaştırılmış ve iki yöntem ile yapılan ölçümlerde, gözlemciye ait ve gözlemciler arası tekrarlanabilirlikler ve güvenilirlikler yakın

bulunmuştur (r: 0.976-0.979). Çalışmanın sonucunda, bu yöntem ile Bolton analizinin hızlı, hassas ve kolay bir şekilde yapılabileceği, oluşturulan görüntülerin de bilgisayar ortamında saklanabileceği sonucuna varılmıştır.

## **Fotoğraf**

Çalışma modellerinin uzun süreli depolanması için alan sorunu yıllardır çözülmeye çalışılmaktadır. İngiltere’de medikolegal amaçlar için, tüm hasta kayıtlarının 11 yıldan az olmamak üzere veya alternatif olarak hasta 26 yaşına gelene kadar saklanması gerekmektedir (Machen, 1991).

Malik ve ark. (2009) medikolegal raporlama amacıyla uzun yıllar depolanması gereken çalışma modellerinin yerine aynı ortodontik bilgilerin çalışma modellerinin fotoğraflarından elde edilip edilemeyeceğini değerlendirmişlerdir. Araştırmacıların daha öznel olarak değerlendirdikleri overbite haricinde diğer tüm parametrelerde benzer bulunmuştur. Medikolegal amaçlı olarak alçı modellerden ve alçı modellerin fotoğraflarından benzer bilgilerin elde edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Nollet ve ark. (2004) dental ark ilişkisinin değerlendirilmesinde çalışma modellerinin yerine fotoğraflarının kullanımının güvenilirliğini araştırmışlardır. 49 adet dudak damak yarıklı çocuğun kayıtları çalışmaya dahil edilmiş; modellerin ön, sağ, sol ve oklüzal yönden fotoğrafları çekilmiştir. Araştırmacılar fotoğrafları Goslon Yardstick indeksine göre skorlamış; sonuçların dental modellerden elde edilen skorlarla aynı aralıkta olduğunu ve fotoğrafların modellere güvenilir bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. Fotoğraf yönteminin güvenilirliğinin kanıtlanmış olmasına rağmen, değerlendirmeler sırasında gözlemciler overjeti değerlendirmede zorluk yaşadıklarını belirtmişlerdir.

## Holografi

Holografi, ilk kez Gabor tarafından 1948'de Nature dergisinde tekrar yapılandırılmış dalga cephesi mikroskopisi tekniği olarak tanıtılmıştır (Gabor, 1948). Leith ve Upatnieks (1965)'in çalışması, lazer ışını uygulamasıyla holografide devrim yaratmıştır. Holografi, birkaç mikrometrede 3 boyutlu yer değiştirmelerin doğrudan ölçümünü sağlamaktadır.

Modelleri kayıt etmek için özel olarak dizayn edilmiş bir kamera ve her model için; oklüzal, önden, sağ bukkal ve sol bukkal olmak üzere 4 adet holografik görüntüye ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Bell ve ark., 2003). Hologramların üretilmesi pahalı ve zordur. Ayrıca; holografi ile yakalanan görüntü üç boyutlu olmasına rağmen, statik bir biçimde depolanır ve çalışma modeli gibi hareket ettirilemez (Bell ve ark., 2003; Harradine ve ark., 1990).

Bu teknikle ilgili en büyük sorun, çalışma modellerinin ayrıntılarını; özellikle de kesici bölgesinde düşük kalitede kaydetmesidir. Holografik filmlerin tıbbi kayıtlarla saklanabilmesi ve çalışma modellerinin arşivlenmesinde ileri bir adım olması gibi avantajlarına rağmen; orjinal modellerin yerini tamamen alabilmesi mümkün görünmemektedir (Bell ve ark., 2003).

Martenson ve Ryden (1992) yaptıkları çalışmada holografik görüntülerin 3 boyutlu ölçümlerinin hassasiyetini değerlendirmişlerdir. "Holodent sistem" adını verdikleri sistemde sadece model-hologram değil aynı zamanda hologram-hologram karşılaştırmasını olanaklı hale getirmişlerdir. Keskin hatlı metal bir obje ile bir üst çene alçı modelinin hologramları üretilip, karşılaştırılan hologramlar üzerinde ölçümler yapılmıştır. Keskin hatlı metal test objelerinin ölçümlerinin x, y ve z koordinatları için 0.02 mm'den 0.11 mm'ye kadar hassasiyette olduğu tespit edilmiş; daha az belirgin konturlara sahip olan alçı modeller kullanıldığında, hassasiyet 0.03 mm ile 0.53 mm arası değerlere kadar düşmüştür. Araştırmacılar hologramların, çalışma modellerinin saklanması ve uzun dönem çalışmalarda dişlerin pozisyonel değişikliklerinin değerlendirilmesi için uygun olabileceğini belirtmişlerdir.

## **Moire Topografisi**

Dijital model replikasyonu için kullanılan diğ er bir yöntem ise; Moire topografisidir (Takasaki, 1970). Moire topografisi; bir kontur haritalama tekniği olup, doğrudan nesne üzerinde ardışık kontur çizgileri üretilmektedir. Özellikle diş morfolojisi için düşük çözünürlüğe sahip olduğundan ve kalitesiz görüntü oluşumu sebebi ile günümüzde pek sık kullanılmamaktadır (Bell ve ark., 2003).

## **Stereofotogrametri**

Ayoub ve ark. (1997) dental çalışma modellerinin dijital formatta arşivlenmesi için stereofotogrametri ya da fotostereometrik tekniğini geliştirmişlerdir. Bu teknik, bilgisayara bir çift stereo video kameranın bağlanıp, özel renkleştirilmiş aydınlatmalar ile alçı modellerin dijital ortamda kayıt edilmesi esasına dayanmaktadır. Depolanan veriler, alçı modelin tekrar yapılandırılması için, stereolitografik formata dönüştürülebilirler. Bu yöntem ile yüzün görüntüsü alınarak, maksilofasiyal değerlendirme ve cerrahi planlama da yapılabilmektedir (Ayoub ve ark.,1998). Lazer ile yüzey tarama, yüzde ve gözlerde potansiyel hasarlar meydana getirebilmesi nedeniyle, fotostereometriklerin yüz taraması için kalite ve kullanılabilirlik faktörlerinin düzenlenmesi halinde, en çok kullanılan yöntem olabileceği düşünölmektedir.

Bell ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada, Ayoub ve arkadaşları tarafından dental çalışma modelinin kaydedilmesinde kullanılan tekniğin doğruluğunu ve hassasiyetini araştırmışlardır. 22 çalışma modelinin 6 noktası üzerinde, toplam 15 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Noktalar arasındaki bu uzaklık ölçümleri; hem alçı, hem de üç boyutlu dijital modeller üzerinde, her biri 8 kere ve her ölçüm arasında en az 1 gün ara olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. 0.90 değerinde olan bir güç değerini seçilmiş ve böylelikle, mevcut olan en küçük farkın bile tespit edilebilmesi hedeflenmiştir. Sonuçlar, alçı ile üç boyutlu görüntü arasındaki ölçüm farklılığın ortalama 0.27 mm olduğunu göstermiştir. Bu değerin de, kullanıcı hatası dağılımı (0.10 – 0.48 mm) içinde olduğ u için, istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir ( $p < 0.05$ ). Dijital

modellerde yapılan ölçümlerdeki 0.02-0.14 mm farklılık, ölçümü yapan kullanıcı ile ilgili olmakla birlikte; bu değerler, alçı modeller üzerinde kumpas ile yapılan ölçüm ile elde edilen 0.14 – 0.48 mm değerlere göre daha küçüktür.

Alçı modellerin dijital hale getirilmesinde kullanılan bu yöntemler pratik olmamaları ve klinik uygulama zorlukları nedeniyle hiçbir zaman popüler hale gelmemiştir.

### **2.5.2. Yüzey Taraması ile Dijital Model Elde Etme**

Yüzey taraması, pek çok şekilde yapılabilen bir yöntemdir. 3B görüntüleme sensörleri genel olarak aktif formda bir nesneye projeksiyon yaparak veya pasif formda ortamdaki elektromanyetik enerjiyi kaydederek çalışır. Yüzey taramada; dört ana yöntemden bahsedilir (Halazonetis, 2001):

- Stereo Analiz Yöntemi
- Gölgeleme Yöntemi
- Fotometrik Stereo Yöntemi
- Yapısal Işıklendirme Yöntemi

Bu yöntemlerin hepsinde çeşitli bilgisayar yazılımları ile, üç boyutlu şekillerden elde edilen veriler, algoritma işlemleri kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılırlar.

#### **Stereo Analiz Yöntemi**

Stereo analiz, insan görüşüne çok benzediği için, anlaşılması en kolay olan yöntemdir. İnsan gözünün algılama prensibi olan ‘stereopsis’ baz alınarak meydana getirilen bu sistem, üç boyutlu görme denilen insanın iki gözüyle cismin farklı kısımlarını farklı yerlerde görerek görüntü derinliği oluşturması mantığı üzerine kurulmuştur. Buna ‘paralaks’ adı verilir. Bu yaklaşım diş hekimliğinde gömülü

dişlerin pozisyonlarının tespiti için kullanılan Clark kuralı veya benzeri radyografi tekniklerinin de temelini oluşturur. Farklı açılı 2 kamera yardımı ile 3 boyutlu görüntü oluşturulur (Türköz, 2009).

Stereoskopik görüntü uygulaması ile düzgün sınırları olan objeler, daha kolay oluşturulsa bile; özellikle, deri veya dişler gibi keskin kenarları olmayan nesnelerin iki farklı açıdan görüntülerini tam eşleştirerek bu nesnelere üç boyutlu hale getirmek için gerekli olan bilgisayar algoritmasını programlamanın zor olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, stereo analizinin derinlik çözünürlüğü, iki kamera arasında ne kadar uzaklık olduğuyla yakından ilişkilidir. Kameralar arasındaki uzaklık ne kadar fazla ise, derinlik çözünürlüğü o kadar yüksek olur. Objeler kameraya yaklaştıkça da, derinlik çözünürlüğü artmaktadır. Ayrıca, kameraya yakın mesafedeki bir obje için, kameraların uzaklığını arttırmak, aynı zamanda görüntüde farklılığın artması sonucunu meydana getirir. Bu durum da bilgisayar yazılımının, oluşan iki görüntüyü birleştirmesinde zorluk yaratır (Halazonetis, 2001).

### **Gölgelendirme Yöntemi**

İnsan beyni 3 boyutlu şekilleri algılayabilmek için, stereoskopik görüntü dışında, o nesneye ait gölge görüntülerini de kullanır. Çevredeki nesnelere gözümüze ulaşan ışık farklı yoğunluktadır. Bu yoğunluk, Global aydınlatma (ışık kaynağının yoğunluğu), Albedo (objenin yansıtma özellikleri), Eğim'e (göz ve ışık kaynağı ile ilgili olarak, obje yüzeyinin eğimi) bağlıdır. Nesnenin mat bir yüzeye sahip olduğu farz edilirse; objenin parlaklığı, obje yüzeyinin ışık kaynağı ile yaptığı açıya bağlıdır. Gölgelendirme yönteminin zorluklarından biri, yüzey üzerinde ışık kaynağının birçok farklı yönelimi sonucu aynı parlaklığın ortaya çıkabileceğidir. Bir diğer sorun ise nesnelerin sabit bir albedoya sahip olmamasıdır. Bu nedenle parlaklıkları yalnızca yüzey yöneliminin işlevi değil, aynı zamanda bu yüzey üzerinde değişen albedoların bir işlevidir (Halazonetis, 2001).

## **Fotometrik Stereo Yöntemi**

Gölgelendirme yönteminin bir başka çeşidi olan fotometrik stereo, aslında stereo analizin tersidir. İki kamera ve bir ışık kaynağı yerine, bu sistemde iki ışık kaynağı ve bir kamera kullanılır. Işık kaynakları arasındaki mesafeye bağlı olarak, objenin her yüzeyine farklı yönlerden ışık gelmektedir. Bu yöntemde kamera sabittir ve bilgisayar değişik parlaklıktaki görüntüleri birleştirerek üç boyutlu görüntü elde eder. Görüntüler arasındaki parlaklık farklılığı, gölgelendirme yöntemine göre daha fazla bilgi edinilmesini sağlar. Bazı mevcut fotometrik yöntemler, albedodan (aklıktan) bağımsızdırlar. İki yerine üç ışık kaynağı kullanmak, nesnelerin farklı albedo ve renge sahip olmasından kaynaklı sorunların eliminasyonunu sağlayabilir (Halazonetis, 2001).

## **Yapısal Işıklandırma Yöntemi**

Yapısal ışıklandırmada obje üzerine bir ışık düzeni yansıtılır ve obje üzerindeki deformasyona bakılır. En basit yöntem tipik olarak bir lazer tarafından üretilen parlak bir ışık noktasının yansıtılmasıdır. Kamera sabittir ve lazer ışığı nesneyi tarar. Düzenegın geometrisi, ışık spotunun düştüğü noktanın basit trigonometri ile derinliğinin hesaplanmasını sağlar. Yapısal ışıklandırma yöntemlerinde çözünürlük doğrudan kullanılan ışığın saflığıyla ilişkilidir.

Işık nokta yönteminin haricinde, ışığın şerit halinde yansıtıldığı yöntemler de mevcuttur. Işık huzmesi, silindirik lensli bir lazerle veya yarık şekilli bir projektörle (ince beyaz şeritli siyah bir slayt) üretilebilir. Nesnenin 3B modeline ulaşmak için, nesne hareketsiz ise lazer ile nesnenin etrafında ya da ışık kaynağı sabit ise nesne bir platform üzerinde döndürülerek taranır. Projektörden hafifçe dışarıda duran bir kamera çizginin şekline bakar ve çizgideki her noktanın mesafesini hesaplamak için triangulasyona benzer bir teknik kullanır.

Nokta veya ışık şeridi kullanılan 2 yöntemde de tüm şekli oluşturabilmek için nesnenin her yönden taranması gerekmektedir. Bu yöntemlere seri yöntemler adı da verilmektedir. Tüm nesneyi kapsayacak şekilde yansıtılabilecek 2 boyutlu bir ışık deseni kullanan paralel yöntemler de mevcuttur. Bu sayede tüm nesne tek bir atışla yakalanabilir ve gerçek zamanlı şekil oluşturmak için kullanılabilir (Halazonetis, 2001).

### **2.5.3. Dijital Model Elde Etmede Diğer Güncel Yöntemler**

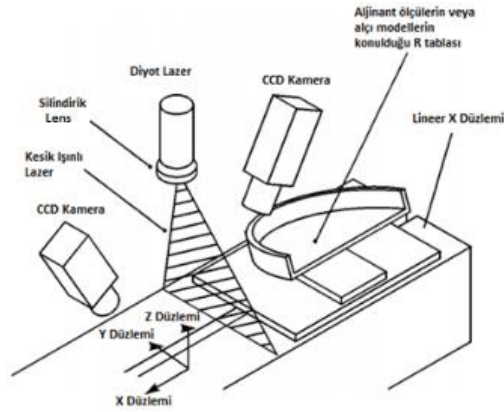
#### **2.5.3.1. Lazer Yüzey Taraması**

Lazer yüzey taraması, endüstride ve tıpta bilgisayarda 3B görüntü oluşturmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem temel olarak “yapısal ışıklandırma” ya dayanır ve lazer triangulasyon tekniğini kullanır. Triangulasyon, yapısal bir aydınlatma kaynağı ile algılama elemanı arasındaki bilinen mesafeyi kullanan bir tekniktir ve bir yüzeyin derinliğini ölçmek için yansıtma açısını kullanmaktadır. Dört bileşene sahiptir: dönen bir platform, bir lazer ışık kaynağı, bir CCD video kamera ve bir bilgisayar. (Xu ve ark,1998) Lazerin bir yüzeye ne kadar uzaktan çarptığına bağlı olarak, lazer noktası kameranın görüş alanında farklı yerlerde görünür. Bu teknik triangulasyon olarak adlandırılır. Çünkü lazer kaynağı, kamera ve lazer noktası bir üçgen oluşturur. Üçgenin bir kenarını oluşturan kamera ve lazer kaynağı arasındaki mesafe ile lazer kaynağının açısı bilinirken kameranın açısı, kameranın görüş alanındaki lazer noktasının konumuna bakarak belirlenebilmektedir. Bu üç bilgi üçgenin şeklinin ve boyutunun tam olarak belirlenmesine olanak sağlar ve üçgenin lazer noktasının konumunu verir (Ebrahim, 2015).

Kuroda ve ark. (1998) ortognatik cerrahi vakalarının tedavi planlamalarında model cerrahisi aşamasını 3B bilgisayar simülasyonu ile yapabilmek için lazer taramanın kullanıldığı bir dental ölçü analiz sistemi geliştirmiştir. Hazırlanan ölçüm aygıtında bir kesik ışınlı lazer projektör, yansıyan görüntüleri kaydetmek için iki adet CCD video kamera, X-Y düzlemlerinde hareket imkanı veren tabla, modelin

çevresinin ölçülmesini sağlayan R tablası, bir görüntü işlemcisi ve veri kontrolü sağlayan bir bilgisayar yerleştirilmiştir. Her noktanın lokasyonunu belirlemede triangülasyon tekniğini kullanan araştırmacılar bu teknik için bir adet CCD kamera yeterli iken iki adet kullanarak model üzerindeki her alana ulaşmayı amaçlamışlardır. Görüntü işlemcisi ile CCD kameralardan alınan analog veriler dijital verilere dönüştürülerek eş zamanlı olarak bilgisayara gönderilmiş, bilgisayarda ise grafiksel koordinatlar 3B hacimsel koordinatlara çevrilmiştir. Elde edilen dijital model üzerinde lineer ve açısal ölçümlerin yanında palatal yüzey alanı ve oral kavite hacmi ölçümlerinin de yapılabileceği belirtilerek bir ortognatik cerrahi vakasının dijital set-up'ı üzerinden tekniğin klinik yönden yapacağı katkı gösterilmiştir. Ancak araştırmacılar undercut'lı alanların taranamaması ve oluşan kör bölgeleri kesik ışıklı projeksiyonun önemli bir dezavantajı olarak göstermişlerdir (Kuroda ve ark., 1996) Araştırmacılar sonraki çalışmalarda, modelin ölçüm aygıtı üzerindeki açısını döndürerek iki farklı yönden tarama yapmışlar ve iki yönden elde ettikleri verileri kombine ederek bu kör bölgelerin oluşumunu en aza indirmişlerdir (Motohashi ve ark., 1999).

Alcañiz ve ark., (1998) dental yapıların kompleks geometrisinin mevcut lazer tarama sistemleriyle detaylı bir şekilde dijital hale getirilemeyeceği kaygısıyla özel olarak aljinat ölçüler için tasarlanmış ve üretilmiş optik bir ölçüm sistemini tanımlamışlardır. Diş hareket simülasyonunun alçı model üzerinde yapılmasının masraflı ve zaman alıcı bir işlem olmasına karşılık geliştirilen sistem ile alçı model oluşturmaksızın sadece hastadan alınan bir çift ölçü kullanılarak 3B ortodontik simülasyon yapılabileceği gösterilmiştir. Optik triangülasyon tekniği kullanılan sistemde kesik ışıklı lazer aljinat ölçü üzerine yansıtılmakta ve ışının deformasyonu ölçünün şekline ilişkin bilgi vermektedir (Şekil 2.2.). Ölçünün sensör başına göre lineer hareketi daha fazla alanın dijitalleştirilmesini ve böylece dentisyonun tam 3B modelinin elde edilebilmesini sağlamaktadır. Fakat kesik ışıklı lazerin kullanıldığı diğer sistemlerde olduğu gibi bu sistemde de kör bölgelerin oluşumunun önüne geçilememekte ve özellikle dişlerin lateral yüzeylerinin detaylı kaydı alınamamaktadır.

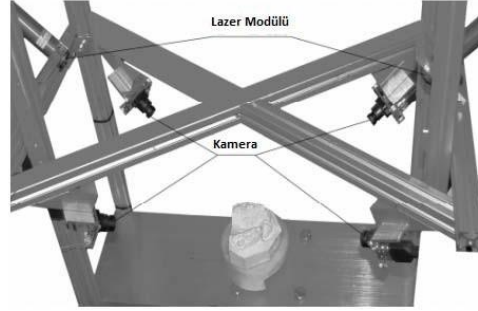


**Şekil 2.2.** Lazer triangülasyon tekniğine dayalı olarak hazırlanmış analiz sistemi. Bir kesik ışınli lazer projektör, yansyan görüntülerin kaydı için iki adet CCD video kamera, ölçüyü hareket ettirmek için lineer X düzlemi ve ölçünün konulduğu R tablası.

Kusnoto ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, lazer yüzey taramasının geçerliliğini ve güvenilirliğini geometrik kalibrasyonlu bir silindir, bir dental model ve bir alçı yüz modeli üzerinde araştırmışlardır. Testler, obje ile lazer tarayıcı arasında 70 cm ve 90 cm'lik mesafeden gerçekleştirilmiş ve bu iki farklı mesafeden taranan objeler üzerinde yapılan ölçümlerde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Tüm objeler üzerinde kumpas ile yapılan direkt ölçümler ile objelerin dijital replikaları üzerinde yapılan ölçümler kıyaslandığında kalibre edilmiş silindirde dikey boyutta 0.5 mm ( $\pm 0.1$  mm) ve yatay boyutta 0.3 mm ( $\pm 0.3$  mm)'lik; dental modelde molarlar arası mesafe için 0.2 mm, damak kubbesi derinliği için 0.7 mm'lik; alçı yüz modelinde ise 1.9 mm'lik doğruluk elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda; lazer yüzey tarayıcıları kullanılarak üç boyutlu verilerin yüksek doğruluk ile elde edilebileceği ve obje ile tarayıcı arasındaki mesafeden bağımsız olarak lazer yüzey tarayıcılarının distorsiyonlarının çok az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, lazer ışığının nesnelere üzerinde yayılmasına bağlı olarak daha küçük olan nesnelere büyük olanlara göre daha hassas çalışılabildiği belirtilmiştir.

Dental ark boyutları ölçümleri üzerinden alçı modeller ile dijital modelleri kıyaslayan başka bir çalışmada "3B Multikamera Model Tarama Sistemi"ni tanımlanmıştır. Araştırmacıların lazer ışınının özellikle undercut'lı alanlara ulaşamayıp oluşan 3B obje üzerinde kayıp alanların oluşmasının önüne geçmek

amacıyla hazırladıkları sistem, temel triangölasyon tekniğinin biraz modifikasyonu, 180° dönebilen bir platform, 4 adet kamera ve 2 adet şerit lazer projektöründen oluşmaktaydı (Şekil 2.3). Araştırmacılar, dijital modellerin rutin ortodonti pratiğinde kullanım için geleneksel alçı modellere geçerli bir alternatif sunabileceği sonucuna varmışlardır (Adaşkevičius ve ark., 2008).



**Şekil 2.3.** Dönebilen bir platform, 4 adet kamera ve 2 adet lazer ışık kaynağından oluşan düzenek.

Lazer yüzey taraması kullanılarak 3B ortodontik dijital modelleme hizmeti vermeye başlanmasını takiben özellikle son on yıl içerisinde dijital modeller bir ortodonti kliniğinin tedavi araçları içerisinde çok önemli bir yer edinmiştir. Günümüzde lazer yüzey taramasıyla modelleme yapan çok sayıda firma mevcuttur. Her firmanın verdiği hizmet kendi gönderi protokolünün uygulanmasını ve tescilli yazılımının kullanılmasını gerektirmektedir.

### **2.5.3.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Dijital Model Elde Etme**

Çene-yüz bölgesi için özel olarak geliştirilen konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) teknolojisi diş hekimliği teşhis araçları içerisinde önemli bir yeniliktir. Bu teknolojinin klinikte kullanımı, çok sayıda görüntünün uzayın üç yönünde reproduksiyonunu ve hastaların 3B olarak değerlendirilebilmesini sağlar

Görüntülemenin kesit veya katmanlar şeklinde yapıldığı klasik bilgisayarlı

tomografi (BT)'nin aksine KIBT, kafa-yüz yapılarını bir tüp-detektör sisteminin 360°'lik rotasyonu ile görüntüler. Rotasyonel tarama sırasında çok sayıda projeksiyon oluşturulur ve bu iki boyutlu görüntüler tekrar yapılandırma algoritması ile bir araya getirilerek direkt 3B veya volümetrik veri setine dönüştürülür (Tarazona ve ark., 2011; Damstra ve ark., 2010).

KIBT görüntüleri ortodontik teşhis ve tedavi planlaması açısından önemli olanaklar sağlamaktadır. Ektopik dişlerin lokalizasyonunun net bir şekilde belirlenmesi, kök rezorbsiyonunun daha ayrıntılı değerlendirilmesi, özellikle asimetrik kapanış bozukluklarının objektif olarak belirlenmesi ve ölçülmesi, havayolu anomalilerinin görüntülenmesi, periodontal yapıların ve TME (temporomandibular eklem) kemiksel yapılarının 3B olarak ayrıntılı analizi, çene-yüz büyüme ve gelişiminin değerlendirilmesi, iskeletsel ankraj aygıtlarının yerleştirme alanlarının planlanması gibi ortodontik teşhis ve planlamadaki kritik uygulamalar KIBT görüntüleri ile kolaylıkla yapılabilmektedir (Larson, 2012).

En önemli soru, bir KIBT görüntüsünün geleneksel lateral sefalometrik radyografi, panoramik radyografi ve gerekli olan ilave filmlere göre radyasyon yüküdür. Minnesota Üniversitesinde yapılan bir araştırmada ortodontik KIBT görüntülemesi sırasında hasta tarafından çeşitli tarama ayarları ile potansiyel olarak absorbe edilen radyasyon miktarını hastanın konvansiyonel 2 boyutlu dijital röntgen cihazından alacağı miktarla karşılaştırmışlardır. Ortodonti hastalarında yaygın olarak kullanılan dozda KIBT görüntülemesinin 65  $\mu$ Sv, lateral sefalometrik film ve panoramik görüntü için yaklaşık 26  $\mu$ Sv olduğu bulunmuştur. Araştırmacılar, KIBT cihazına, tahmini 35 ile 40  $\mu$ Sv dozda gerekli ortodontik tanı bilgilerini sağlayan yeni düşük doz tarama protokolü eklemişlerdir (Larson, 2012).

Tarazona ve ark. (2011) KIBT görüntüleri ile oluşturulan dijital modeller ile alçı modellerin konvansiyonel bir tarayıcı kullanılarak oluşturulan iki boyutlu dijital modellerini güvenilirlik, tekrarlanabilirlik ve doğruluk açısından karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda iki yöntem arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kau ve ark. (2010) KIBT görüntülerinden elde edilen dijital modelleri, ölçülerden geleneksel yöntemlerle elde edilen dijital modellerle karşılaştırmışlardır. 30 hastanın dijital modelleri çalışmaya dahil edilmiştir. KIBT taramalarını analiz etmek için InVivoDental (Anatomage, San Jose, Calif) yazılımı, ölçülerden elde edilen taramaları analiz etmek için OrthoCAD (Cadent, Fairview, NJ) yazılımı kullanılmıştır. Overjet, overbite ve çapraşıklıkta değerlendirildiği doğrusal ölçümler sonucunda KIBT dijital modelleri OrthoCAD dijital modeller kadar doğru bulunmuştur.

Akyalcin ve ark. (2013) farklı kaynaklardan elde edilen 3 boyutlu dijital dental modellerin tanınabilirliğini ve yüzey eşleştirme özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya her bir grupta 30 set olacak şekilde maksiller ve mandibular model dahil edilmiştir. Üç boyutlu stereolitografi model dosyaları, 3 boyutlu bir lazer tarayıcıdan (Ortho-Insight 3D; Motionview Yazılımı, Hixson, Tenn), emodel sisteminden (GeoDigm, Chanhassen, Minn) ve konik ışınli bilgisayarlı tomografiden elde edilmiştir. 3 boyutlu dijital modellerde ark uzunluğu ölçümleri yapılmış ve altın standart olarak kabul edilen alçı modelden elde edilen kumpas ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Tüm dijital model sistemleri, değişik derecelerde kabul edilebilir limitlerde kumpas ölçümlerine benzer tanı bilgileri sağlayabilmiştir. Taranan sanal modeller en az sapma derecesi göstermiştir. Yapılan araştırmada taranan sanal modeller ile emodeller arasında güçlü bir yüzey eşleşmesi gözlemlenmiş ve bunların birbirlerinin yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Teknolojideki ve yazılımdaki gelişmeler, dijital modellerin konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) taramalarından üretilmesini sağlamıştır. Üstelik bu şekilde oluşturulan dijital modellerde dişlerin kronlarının yanı sıra kökleri de izlenebilmektedir. Ortodontist tarafından elde edilen dijital görüntüleme ve iletişim (DICOM) dosyaları, Web sitesine yüklenebilir ve dosyadan dijital bir model elde edilebilir. Model özel bir yazılım tarafından oluşturulduktan sonra ortodontist, firma tarafından sağlanan yazılımı kullanarak modelleri indirebilir, izleyebilir, değiştirebilir ve değerlendirebilir. Bu teknoloji, tarama sırasında yakalanan KIBT görüntüsündeki tüm anatomik yapıların görüntülenmesini sağlar. Bununla birlikte, bu yaklaşımın

dezavantajları, dijital modellerde dişeti dokularının eksik olması ve hastanın radyasyona aşırı maruz kalma olasılığıdır (Lighthouse ve ark., 2012).

### **2.5.3.3. Ölçülerin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Taranması**

Günümüzde dijital ortodontik model elde etmede en yaygın olarak kullanılan yöntem lazer yüzey taraması olsa da, bu yöntemde göre nispeten yeni geliştirilen bir başka yöntem de ortodontik ölçülerin ve kapanış mumunun konik ışınlı bilgisayar tomografi (KIBT) kullanılarak taranması ile oluşturulan modelleme yöntemidir.

Kullanılan yöntemde, lazer yüzey taramasında olduğu gibi alçıdan bir ara model oluşturmaya gerek yoktur. Dijital modeller; aljinat veya silikon ölçüler ve kapanış mumunun doğrudan KIBT ile taranması sonucu elde edilir. Bu teknoloji, ölçü materyali ile radyasyon arasındaki etkileşime dayanmaktadır ve alçı dökme işlemi olmadığı için o esnada meydana gelebilecek herhangi bir hatanın giderileceği görüşü vardır (White ve ark., 2010). Bu teknoloji dijital modelleme ve şeffaf düzelticilerin üretimi için kullanılmaktadır.

Alçı modeller ve aljinat ölçüler, dijital dental modellere dönüştürülmek için lazer ışınlı masaüstü tarayıcılarla veya özel BT tarayıcılarla taranabilir (Breuning ve Kau, 2017). Son dönemde, klinik ortamda hekimin kendisi veya yardımcı personel tarafından kullanılabilen, aljinat ve silikon ölçülerin direkt taranabilmesini sağlayan 3Shape R700™ hizmete sunulmuştur (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** 3Shape R700 tarayıcı.

Kullanıma sunulan yeni cihazlar yeni araştırmalara konu olmuş; hem iki farklı ölçü materyalinin ölçümler üzerindeki etkisini hem de ortodontik ölçülerin ve kapanış kayıtlarının KIBT ile taranmasıyla oluşturulan dijital modellerin geçerliliğini araştıran çalışma yapılmıştır. Plastik bir typodont ark içi ve arklar arası ölçümlerin standardizasyonu için modifiye edilmiş ve hazırlanan typodont üzerinden aljinant ve PVS ölçü materyalleri ile 16'şar ölçü alınmıştır. Her ölçü ile birlikte, typodont maksimum kapanıştayken bakır yapraklı kapanış mumu ile kapanış kaydı da alınmıştır. Toplam 32 set ölçü ve kapanış kayıtları firmanın talimatlarına göre kutulanıp firmaya gönderilmiştir. Ölçüler ve kapanış kayıtlarının KIBT ile taranması sonucu elde edilen dijital modeller üzerindeki ark uzunluğu, ark genişliği ölçümleri ve arklar arası ölçümler firmanın tescilli yazılımı kullanılarak yapılırken typodont üzerindeki direkt ölçümlerde elektronik dijital kumpas kullanılmıştır. Araştırma sonucunda ark içi ölçümler analiz edildiğinde, aljinant ve PVS gruplarındaki ölçümlerin typodont ölçümlerinden yüzdeler olarak farkın %0.1 ile %0.7 aralığında ve düşük olduğu, ölçü grupları arasında da önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Arklar arası ölçümlere bakıldığında ise, aljinant ve PVS gruplarındaki ölçümlerin typodont ölçümlerinden %3.3 ile %10.7 aralığında farklılık gösterdiği, gruplar arasındaki farkın da 0.24-0.72 mm aralığında ve klinik olarak önemli olduğu görülmüştür. Araştırmacılar, aljinant ve PVS ölçü materyalleri üzerinden KIBT ile tarama ile elde edilen dijital modellerin ark içi ölçümlerde geçerliliğinin yüksek olduğu ancak bu KIBT bazlı modelleme şeklinde bakır yapraklı kapanış mumlarının

arklar arası ilişkilerin tutarlı bir şekilde doğru dijital kopyasını sağlamadığı sonucuna varmışlardır (White ve ark., 2010).

Lee ve ark. (2016) aljinat ölçülerin KIBT ile taranması sonucu elde edilen dijital modellerin ölçü alınmasından sonra geçen süreye göre boyutsal değişimlerin doğruluğunu araştırmışlardır. 20 erişkin hastanın üst çene ölçüsü Cavex Impressional (Holland) ve Alginoplast (Germany) marka aljinat ile alınmıştır. Bu ölçüler nemli koşullarda saklanmış olup ölçü alınımından hemen sonra ve 12, 24, 36, 48, 60 ve 72 saatlik saklama sürelerinden sonra KIBT ile taranmıştır. 3 boyutlu dijital dental modellerin oluşturulmasından sonra modeller ölçülmüş ve geçen zamana göre boyutsal değişiklikleri belirlemek için veriler analiz edilmiştir. Aljinatın boyutsal büzülmesine bağlı olarak zaman geçtikçe boyutsal değerlerin azaldığı görülmüştür. Dijital dental modeller, aljinat ölçüleri uzak bir laboratuvara göndermeden, ölçülerin KIBT ile taranması sonucu elde edilebilir. Araştırmacılar ölçülerin 24 saat içinde taranması gerektiğini; aksi halde boyutsal değişikliklerin ciddi ölçüm hatalarına sebebiyet verebileceğini belirtmişlerdir.

Wiranto ve ark. (2013), Lava intraoral tarayıcıdan (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve aljinat ölçülerin KIBT taramalarından elde edilen dijital modellerin geçerliliğini, güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Her bir grup için 22 adet model oluşturulmuş ve altın standart olarak kabul edilen alçı modeller ile diş genişliği ölçümleri ve bolton analizi açısından karşılaştırılmıştır. İki yöntemde de toplam ve anterior bolton oranları alçı modellerden anlamlı derecede farklı bulunmuştur. Ancak modeller arasındaki ölçümlerde farklılık 1,5 mm'yi aşmadığı için klinik olarak önemsiz kabul edilmiştir. İntraoral tarama ve aljinat ölçülerin KIBT taraması, tanı amaçlı dental ölçümleri elde etmede geçerli, güvenilir ve tekrarlanabilir yöntemler olduğu sonucuna varılmıştır.

Gerçek anatomik modeller ile bu modellerin KIBT ile taranıp 3B olarak tekrar yapılandırılmasıyla elde edilen yüzey modellerin karşılaştırıldığı çalışmalarda açısız ve lineer ölçüm geçerliliğinin yüksek olduğu gösterilmiştir (Damstra ve ark., 2010; Brown ve ark., 2009; Periago ve ark., 2008; Lagravère ve ark., 2008).

#### 2.5.3.4. Ağız İçi Tarama ile Dijital Model Elde Etme

Dijital intraoral tarayıcılar, ANSI (American National Standards Institute) / IEC (International Electrotechnical Commission) 60601-1 standartlarına uygun olarak tasarlanmış ve yapılmış Sınıf I tıbbi elektrikli cihazlar olarak kabul edilmektedir. Her tarayıcının üç ana bileşeni vardır: Veri girişini destekleyen kablosuz mobil iş istasyonu; reçete girmek, taramaları onaylamak ve dijital dosyaları incelemek için bir bilgisayar monitörü; hastadan tarama verilerini toplamak için kullanılan bir kameradır. Yüzey veri noktalarının toplanması için, ya lazer ışığından ya da beyaz ışıktan gelen enerji tarayıcı üzerinden nesneye yansıtılır ve bu enerji tarayıcı içerisindeki sensöre veya kameraya geri yansır. Algoritmalara dayanarak, inç başına on veya yüz binlerce ölçüm alınır ve bu sayede nesnenin şeklini 3B olarak gösterir (Kravitz ve ark., 2014).

Tarayıcı içerisinde yüzey verilerini yakalamak için kullandığı teknoloji, tarayıcının ölçüm hızını, çözünürlüğünü ve doğruluğunu belirler. Günümüzde dört tip görüntüleme teknolojisi kullanılmaktadır (Kravitz ve ark., 2014; Lecocq, 2016).

Triangulasyon teknolojisinde, yansıtılan lazer ışığı bilinen noktalardan açıları ve mesafeleri ölçer. Lazer kaynağı ile sensör arasındaki mesafe, lazer ve sensör arasındaki açı bilinmektedir. Işık nesneden yansıtıldıkça, sistem, Pisagor teoremine göre, yansıma açısını ve dolayısıyla lazer kaynağından nesnenin yüzeyine olan mesafeyi belirler. Düzgün ve öngörülebilir ışık dağılımı sağlamak için bu teknoloji hedef dokuya uygulanacak ince opak bir toz kaplama gerektirir ve Sirona'nın CEREC Bluecam sistemlerinde kullanılmaktadır.

Paralel konfokal görüntüleme lazer ışığı bir delikten filtrelenerek hedef dokuya yansıtılır. Sensör, hedefe göre odak içi görüntüleme düzlemine yerleştirilir ve sensörün önündeki küçük bir açıklık, odak düzleminin üstünden veya altındaki herhangi bir ışığın geçişini engeller. Yalnızca hedef dokuyu yansıtılan odaklanmış ışık, filtreye yeniden girer ve işlenmesi için sensöre ulaşır. Böylece odak dışı ışık (hatalı veri) ortadan kalkar ve tarama doğruluğu en üst seviyeye çıkar. Paralel bir konfokal sistem, nesneyi tomografik olarak keser ve nesnenin tam şeklini oluşturmak

için binlerce veri dilimini bir araya getirir. Cadent İtero ve 3Shape Trios sistemleri bu yöntemi kullanmaktadır.

Akordeon saçak interferometrisi'nde (AFI), "saçak modeli" adı verilen üç ışık modelini üretmek için iki ışık kaynağı kullanılmaktadır. Bir saçak deseni yüzeye çarptığında, nesnenin benzersiz eğriliğine bağlı olarak bozulmakta ve yeni bir desen almaktadır. Saçak düzenindeki bu bozulmaya "saçak eğriliği" adı verilir. Saçak eğriliğinin yüzey veri noktaları yüksek çözünürlüklü (HD) bir video kamera ile kaydedilir. Üç adet hassas optik ölçüm arasındaki fark mesafe ölçümünü belirlediğinden, diferansiyel ölçüm dış renklerinden ve malzemedeki değişikliklerden etkilenmez. Ormco'nun Lythos sistemlerinde kullanılmaktadır.

Üç boyutlu hareketli video tekniğinde, dışın üç adet kusursuz görüntüsünü yakalamak için trinoküler (objektiftteki üç minik video kamera) görüntülemeye sahip bir HD video kamera kullanılır. Kameraların arkasındaki tamamlayıcı bir metal oksit yarı iletken (CMOS) sensör, ışık enerjisini elektrik sinyallerine dönüştürür. İki veri noktası arasındaki mesafeler, bir video dizisinde yakalanan ve gerçek zamanlı olarak modellenen 3B verileri belirlemek için iki açıdan aynı anda hesaplanır. Yüzey veri noktalarını yakalamak için pudralama gerekli olmasına rağmen, triangulasyon tekniğine kıyasla daha hafif bir pudralama gerekir. 3M'in True Definition sisteminde kullanılmaktadır.

Triangulasyon ve Akordeon Saçak İnterferometrisi, uzun yıllardır laboratuvarında alçı modelleri taramak kullanılmaktadır. Hem AFI'de hem de 3B hareketli video görüntüleme, sensör yerine HD video kameralar kullanıldığı için görüntüler gerçek zamanlı olarak daha hızlı bir şekilde yakalanır. Paralel konfokal görüntüleme, tüm farklı açılardan ve olukların %85'ine kadar ölçüm yapabilme avantajına sahiptir. Çünkü gelen ve yansıyan ışık huzmeleri aynıdır ve aynı doğrusal yörüngeyi izlemektedir.

Her durumda, taranan yüzeyin yansıtıcılığı (mine, seramik, metal veya dişeti), gelen ışığın yansımalarını sağlamak için yeterli olmalıdır. Yansıtılan ışık çok zayıfsa hiçbir görüntü kaydedilemez. Bu nedenle, tarayıcıları farklı dokular ve tabakalarda test

etmek veya belirli bir tozla pudralayarak yansıtıcılığı standart hale getirmek çok önemlidir (Lecocq, 2016).

Flügge ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmada iTero kullanılarak yapılan intraoral ve ekstraoral taramaların yanı sıra ekstraoral farklı bir model tarayıcının hassasiyeti birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bir hastanın iTero ile 10 kez intraoral taraması yapılmış ve polieter (Impregum Penta; 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile konvansiyonel ölçüsü alınmıştır. Oluşturulan alçı model, ekstraoral bir tarayıcı (D250; 3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve iTero ile 10 kez taranarak dijital modeller elde edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda 3Shape ile model taranan grupta hassasiyet en yüksek iken; intraoral tarama grubunun hassasiyeti en düşük bulunmuştur. Araştırmacılar intraoral koşulların (tükürük, sınırlı alan) taramanın hassasiyetini olumsuz yönde etkilediği sonucuna varmışlardır.

Chun ve ark. (2013) mandibular anterior bölgede diastema varlığında intraoral tarayıcıların doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada kanin-kanin arasında 0 mm, 1 mm, 3 mm ve 5 mm olacak şekilde keserler arasında eşit diastemaya sahip dört mandibular ark modeli kullanılmıştır. Her modelin tüm arkı üreticilerin talimatları doğrultusunda iTero ve Trios ile 10 kez taranmıştır. Görüntüler, referans tarayıcının (Sensable S3) görüntüleriyle Geomagic Verify yazılımı kullanılarak en uygun şekilde karşılaştırılmıştır. Görüntülerin doğruluğundaki farklılıklar her iki intraoral tarayıcı için de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve anterior interdental boşluk arttıkça daha büyük sapma oranları kaydedilmiştir. Trios®'un tüm modellerde ve arkın tüm bölümlerinde iTero'dan daha yüksek bir hassasiyet gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, ortalama sapma miktarları hem iTero'nun hem de Trios'un klinik olarak kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Ticari olarak temin edilebilen birçok intraoral tarayıcı vardır. Bu tarayıcılar kullandığı teknolojiye göre farklı özelliklere sahiptir (Çizelge 2.2) (Kravitz ve ark., 2014).

**Çizelge 2.2.** Ağız içi dijital tarayıcıların karşılaştırılması.

Model	Teknoloji	Tarama Zamanı (Tüm ağız ve kapanış)	Pudralama	Renk
iTero	Paralel konfokal	10-15 dakika	Yok	Var
True Definition	3B hareketli video	5 dakika	Var	Yok
Lythos	Akordeon saçak interferometrisi	7 dakika	Nadiren	Yok
Trios	Paralel konfokal	8 dakika	Yok	Var
CS3500	Paralel konfokal	<10 dakika	Yok	Yok
Planscan	Triangulasyon	<10 dakika	Nadiren	Yok

**Çizelge 2.2. (Devam)** Ağız içi dijital tarayıcıların karşılaştırılması.

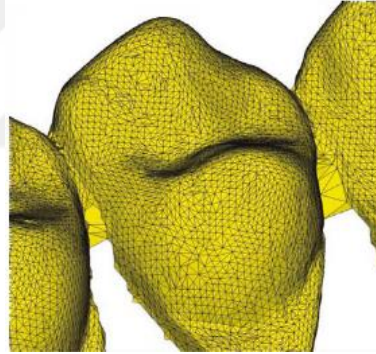
Model	Veri Tipi	Bulut depolama	Entegrasyon			
			SureSmile	İncognito	İnvisalign	İnsignia
iTero	STL	Var	Var	Var	Var	Var
True Definition	STL	Var	Yok	Var	Var	Yok
Lythos	STL	Var	Yok	Yok	Yok	Var
Trios	STL	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
CS3500	STL	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Planscan	STL	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

## 2.6. Ortodontik Dijital Modellerde İletişim ve Depolama

Haberleşme sistemi 3B veri tiplerine bağlıdır. 3B dental model verilerinin kayıtları 3 tipe ayrılmıştır. İlk olarak, endüstriyel CAD / CAM uygulamaları için standart bir format olan STL (Standard Tessellation Language/ Stereolitografi), 3B tarayıcıdan edinilebilir ve veri tabanına yüklenir. Bu formatı görüntülemek için kullanıcıların 3B veri dosyasını kendi bilgisayarlarına indirmeleri ve uygun yazılım aracını kullanmaları gerekir. İkinci olarak VRML (Virtual Reality Machine Language) formatı, VRML eklentisi yüklenmiş olan web tarayıcılarında görüntülenebilir. Bu

format STL formatına kıyasla oldukça büyük olduğundan, kullanıcının bilgisayarına indirmeden sadece internet ağında izlemek için kullanılır. Üçüncüsü, STL düşük çözünürlük, akıllı telefonda modelleri görüntülemek isteyen kullanıcılar için hazırlanmıştır. Küçük bir dosya şeklinde olmasına rağmen, görüntülerde rotasyon yapılabilen ve kullanıcıya yeterli bilgiyi veren bir formattır. Oluşturulan bu formatlar internet ağı aracılığıyla kullanıcılara iletilir. Oluşturulan üç boyutlu görüntüler kullanılarak tanı ve tedavi planlamaları için gerekli analizler yapılabilmektedir (Sinthanayothin ve ark., 2010).

STL formatında, taranan yüzeyler üzerinde farklı boyutlarda üçgenler oluşmaktadır (Şekil 2.5). Daha homojen yüzey alanları daha büyük üçgenlerle ve daha az homojen yüzey alanları daha küçük üçgenlerle temsil edilir (Wiechmann ve ark., 2003).



**Şekil 2.5.** Bir premolar dişin STL formatında görünümü.

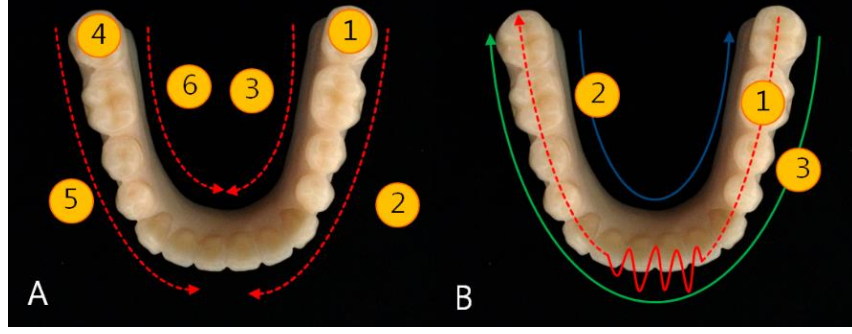
Dijital çalışma modelleriyle depolama, modeli bulup getirme ve taşıma işlemlerinin tümüne elektronik sistemler yoluyla ulaşılabilir. Böylece geniş fiziksel depolama gereksinimleri, eksik ve kırık model sorunları azaltılabilir. Ayrıca denetim ve araştırma için önemli olabilecek ulaşım sorunları elimine edilebilir. Çalışma modellerinin laboratuvarlara apacey yapımı için neredeyse anında çevrimiçi aktarımı, nakliye maliyetlerini ortadan kaldırmak ve birçok uygulama için verimliliği artırmak açısından avantajlıdır.

Okluzyon ile ilgili dijital bilgiler, bir bilgisayarın sabit sürücüsünde veya tarama ünitesinde, taşınabilir depolama aygıtlarında, yerel merkezi sunucularda veya "bulut" alanlarında depolanabilir. Bulut depolama, bir kullanıcının yerel bilgisayarı yerine verilerin depolanması ve işlenmesi için ağ tesislerinin kullanımı, tipik olarak internet üzerinden veri veya hizmetlere erişim olarak tanımlanan bir bilişim şeklidir. Alan genellikle, depolanan verilerin erişilebilirliğini, bakımını ve korunmasını sağlamakla yükümlü olan bir hosting şirketi tarafından yönetilir. Dijital modeller hastanın gizli tıbbi kaydının bir parçasıdır ve bu nedenle Veri Koruma Yasası'na uymalıdır. Dijital model ve alçı model depolaması için benzer saklama süreleri vardır; ancak farklı güvenlik önlemleri dikkate alınmalıdır (Martin ve ark.,2015).

Dijital bir dosyanın boyutu, taranan dental ark boyutuna ve tarayıcının çözünürlüğüne göre değişmektedir. Bu 1-25 megabyte arasında değişebilir. Daha büyük dosyalar daha fazla veri içerebilir ve bu durumda çözünürlük ile depolama alanı arasında bir seçim gerekmektedir. Ek olarak, dijital modelleri görüntülemek ve modellere işlevsellik kazandırmak için tasarlanmış yazılım programları da dijital alan gerektirir ve boyutları 8 - 12 megabayt arasında değişebilir (Martin ve ark., 2015; Peluso ve ark., 2004).

## **2.7. Dijital Tarama Tekniği**

Uygulayıcı, çeşitli görüntüleme sistemlerinin üreticisi tarafından önerilen özel protokolü izlemesine rağmen, doğru bir dijital ölçü elde etmenin temel ilkeleri geleneksel ölçülerde olduğu gibidir (Şekil 2.6). Dolayısıyla, elde edilecek yapı görselleştirilemezse gerçek yapı oluşturulamaz. Toz gerektiren sistemlerde ortamın kuru olması, toz gerektirmeyen sistemlerden daha önemlidir. Bununla birlikte hem dijital kamera hem de geleneksel malzeme kanamayı tolere edemediğinden tüm sistemlerde hemostaz gereklidir.



**Şekil 2.6.** Tarama sırası; A: iTero Tarayıcı, B: 3Shape Tarayıcı

Geleneksel ölçü tekniklerinde olduğu gibi, dijital görüntülemeyi kullanırken, sadece tek bir dişin görüntüsünü yakalanmaz. Genelde, protez için hazırlanan diş ile komşu dişler, bir tam kadran veya bazı durumlarda tüm ark taranabilir. Mevcut tüm sistemler, karşıt ark ve kapanış taramasına izin vererek elde edilen verileri hastanın gerçek intraoral çene ilişkisine mümkün olduğu kadar yakın bir şekilde oluşturulmasını sağlar. Mevcut sistemlerden bazıları, sanal bir artikülörde dijital taramaların hareketlerini simüle etme olanağı da sunmaktadır (Masri ve Driscoll, 2015).

## 2.8. Dijital Modellerin Ortodontik Tanı ve Tedavi Planlamasındaki Yeri

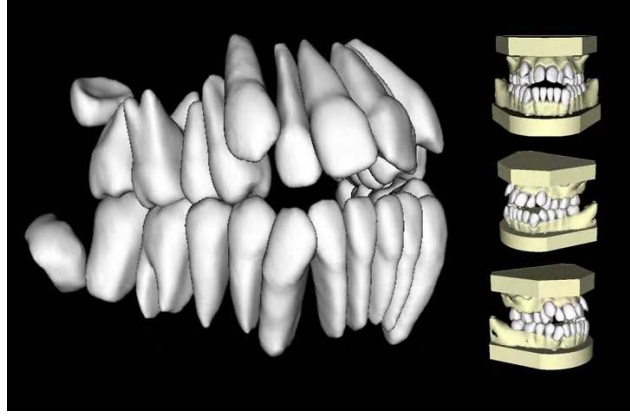
Rutin ortodonti pratiğinde dijital modellerin ağırlıklı olarak elektronik arşivlenebilme, teşhis ve tedavi planlamasına dair çok sayıda ölçümün üzerlerinde yapılabilmesi özelliklerinden yararlanılmaktadır. Dijital tarama ile yapılabilen uygulamalar büyük ölçüde cihazın, yazılımın, klinisyenin ve laboratuvarın yeteneklerine bağlıdır.

Yapılan çalışmalarda tedavi planlaması (Rheude ve diğerleri, 2005), palatal ve lingual özel aparey tasarımı ve yapımı (Wiechmann ve ark., 2003), şeffaf aparey teknolojisi için uygulamalar (Hilliard, 2006), ortognatik cerrahi simülasyon ve rehber plak yapımı (Gateno ve ark., 2007; Cousley ve Turner, 2014) ve dudak damak yarığı anomalisi olan hastalarda cerrahi sonuçların skorlanması (Asquith ve McIntyre, 2012) gibi çeşitli amaçlarda kullanımı tarif edilmiştir.

Dijital modelleme teknolojisinin gelişmeye başlamasından itibaren, bu teknolojinin ilerlemesinde, geleneksel alçı modellerin bilgisayar ortamında depolanması ve etkin bir şekilde ölçülebilmesi ile birlikte bu modellerin 3B tedavi simülasyonu amacıyla kullanımı da araştırmacıları motive edici bir unsur olmuştur.

Geleneksel olarak, hazırlanan bir alçı model üzerinde her dişin kesilerek ayrılması ve kesilen dişlerin mumdan bir katman üzerinde tekrar konumlandırılmaları ile yapılan diagnostik set-up 3B olarak bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. Dijital modelleme firmasının geliştirdiği yazılımın sunduğu hizmet dahilinde kullanılabilen bu uygulama ile farklı tedavi seçenekleri etkin ve pratik bir şekilde değerlendirilip olası tedavi sonuçları öngörülebilmekte ve bu bilgiler, hastanın da dahil olduğu karar verme aşamasında etkili bir görsel iletişim aracı olarak kullanılabilir (Alcañiz ve ark., 1998; Hajeer ve ark., 2004; Macchi ve ark., 2006).

Görüntüleme teknolojilerinin ve volümetrik çeviri yazılımlarının gelişimi ile birlikte araştırmacılar, dijital modelleri çene-yüz bölgesinden elde edilen BT veya KIBT görüntüleri ile birleştirerek sadece kron yapılarının görülebildiği sanal set-up'ı daha da ileriye taşımış, set-up sırasında kök hareketlerinin de simülasyonunu olanaklı hale getirmişlerdir. Hastadan alınan BT tarama görüntüsü, volümetrik çeviri programı ile tekrar yapılandırılmış ve tüm dişleri kökleriyle birlikte izole ettikten sonra dişlerin kron yapıları kesilmiştir. İzole edilmiş olan köklere ait BT görüntüsü hastanın lazer yüzey taraması ile oluşturulmuş dijital modelindeki kron yapıları ile birleştirilmiş ve kronları dijital modellemeden, kökleri ise 3B olarak tekrar yapılandırılmış BT görüntülerinden oluşan, dişlerin köklerinin de görülebildiği bir modelleme prosedürünü tanımlanmıştır (Şekil 2.7). Araştırmacılar, dişlerin kron yapılarının geleneksel dijital modellemeden oluşturulmasının gerekçesini bu yöntemde kron morfolojisinin dişin BT görüntüsüne kıyasla daha detaylı elde edilebilmesi ile açıklamışlardır. Tanımladıkları yöntemle oluşturdukları model üzerinde yapılan set-up ile, planlanan diş hareketlerinde dişler çevrelerindeki kemik dokusu ve anatomik yapılar ile birlikte 3B olarak değerlendirilebilmektedir (Macchi ve ark., 2006).



**Şekil 2.7.** DICOM formatındaki KIBT verilerinin bir volümetrik çeviri yazılımı ile (InVivoDental) 3B olarak tekrar yapılandırılması sonucu oluşturulmuş dijital ortodontik model.

Konik-ışınlı bilgisayarlı tomografiden elde edilen DICOM dosyaları, kuronların, köklerin ve kemiğin 3B görüntülerini oluşturmak için dijital taramalardaki STL dosyalarıyla birleştirilebilmektedir. Bir ortodontist hastayı yüksek radyasyon dozlarına maruz bırakmamak için çoklu BT taramaları almak yerine, basitçe dişleri tarayarak ortodontik tedavinin farklı aşamalarında kök pozisyonlarını doğru şekilde görüntüleyebilmektedir (Lee, 2014).

Son yıllarda ortodontik tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde, dijital modellerin 3B olarak çakıştırılması lateral sefalogramların çakıştırılmasına alternatif olarak gösterilmektedir. İki boyutlu sefalogramlar üzerinde yapılan çakıştırmaya kıyasla dijital model çakıştırması tüm dişlerin 3B olarak hareket miktarlarının görülebilmesi ve hastanın radyasyona maruz kalmaması gibi avantajlar sunmaktadır. Dijital model üzerinde kesme, yer değiştirme, mesafe ölçümleri gibi veri işleme ve analiz imkanı sağlayan bu yazılım sahip olduğu özel algoritma ile yüzeyler arasında mümkün olan en iyi şekilde eşleştirme yapmaktadır (Kihara ve ark., 2012; Thiruvengkatachari ve ark., 2009).

Dijital dental modelin, KIBT'nin ve hastanın yüz taramasının çakıştırılmasıyla hastanın “sanal başı” tanı, tedavi planlaması, bilgisayar destekli tasarımı (CAD) ve bilgisayar destekli imalatı (CAM) için kullanılabilir. Tanı ve tedavi planlaması için

özel yazılım programları (Anatomage, Dolphin ve 3Shape gibi) kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada CAD / CAM tekniği ile oluşturulan stereolitografik splintlerin yüksek derecede hassasiyete sahip olduğu gösterilmiştir. STL splintlerin ağızda uyumu, geleneksel cerrahi splintler ile aynı bulunmuştur (Gateno ve ark., 2003).

Gelişmiş CAD/CAM teknolojilerinin 3B ortodontik tedavi planlamasına dahil olması hastadan alınan tek ölçü ile, 3B tedavi simülasyonunu takiben, bireysel ark telinin ve braket sisteminin fabrikasyonuna olanak sağlamaktadır (Hajeer ve ark., 2004) Yüksek hassasiyete sahip mevcut taramaların en az 0.02 mm çözünürlüğe sahip olması sayesinde, braket tabanlarının dişlerle maksimum uyumda üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle lingual sistemlerde braketlerin bireye özel üretilmesi ile zor yapıştırma veya yeniden yapıştırma prosedürleri, problemler bitirme aşaması ve hasta konforsuzluğu gibi sıklıkla belirtilen sorunları çözmektedir (Wiechman ve ark., 2003).

Bireysel braketler, bireysel braket tabanları ve bireysel tüpler ile transpalatal arklar, headgear tüpleri, hızlı palatal genişleticiler ve Herbst cihazları için ataşmanlar dahil bireysel ortodontik apacey sistemleri ortodontistlerin isteklerine ve gereksinimlerine göre tasarlanabilmektedir. Ticari olarak temin edilebilen ve ortodontide yaygın olarak kullanılan ilk özel tel sistemi, ABD'deki OraMetric firması tarafından üretilen Suresmile sistemidir. Şirket, tedavi sırasında taranan dişlerin dijital görüntüleri üzerinde bilgisayar yazılımı tarafından tasarlanan "bitirme telleri" üretmektedir. Set-up yapıldıktan sonra, uygulayıcı tarafından seçilen boyut, esneklik ve kuvvet değerine sahip teller, tel bükme robotu tarafından üç boyutlu olarak bükülür ve vakayı bitirmek için kullanılabilir (Breuning ve Kau, 2017).

Hareketli retansiyon apaceyleri, dental positionerlar, retainer telleri, cerrahi splintler ve ortodontik hastalar için uyku apnesinin ve horlamanın tedavisinde kullanılan mandibular yeniden konumlandırma apaceyleri de özel yazılımlarla üç boyutlu olarak tasarlanabilir ve üretilebilir. Fiziksel dental modellere ihtiyaç duyulursa, basılı dental modeller kullanılabilir (Wolf ve ark., 2015).

Planlama aşamasında tedavi sonucunun net bir şekilde öngörülebilir olması, hastaya özel braket tasarımı ile hekimin her diş üzerinde 3B olarak kontrol sahibi olabilmesi, yüksek hassasiyette dijital braket yerleştirme ile braket konumlandırma hatalarının büyük oranda azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması, dolayısıyla tedavinin daha etkin ve öngörülebilir bir şekilde uygulanabilmesi gibi avantajlar bu sistem ile ilişkilendirilmektedir (Gracco ve ark., 2011; Scholz ve ark., 2009).

Rheude ve ark. (2005) dijital modellerin alçı çalışma modellerine kıyasla tanı ve tedavi planlama değerini belirlemek ve muayene eden ortodontistin tecrübesinin karar verme sürecine etki edip etmeyeceğini belirlemek amacıyla 30 ortodontik tedavi görmemiş bireyin dijital ve alçı modelleri alınmıştır. Her hastadan ayrı bir dijital model ve alçı model elde etmek için iki ölçü alınmış; dijital model Geodigm firması tarafından oluşturulmuştur. Bu 30 vakadan farklı anomalilere sahip 7 vaka seçilmiştir. 7 değerlendirici ortodonti tecrübelerine göre iki gruba ayrılmıştır. Başlangıçta, her değerlendirici tüm hastaların kayıtlarını ayrı ayrı incelemiştir. Her değerlendirici dijital çalışma modellerini kullanarak tanısını kaydeden bir anket; daha sonra alçı modelleri kullanarak başka benzer bir anket doldurmuştur. Çalışmanın sonucunda birçok parametrede dijital ve alçı modeller istatistik olarak önemli farklılıklar gösterse de klinik olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırma ilerledikçe ve araştırmacılar daha çok dijital model gördükçe alçı ve dijital modeller arasındaki varyasyonlar azalmıştır. Dijital model kullanmak isteyen klinisyenlere başlangıç vakalarında hem alçı hem dijital model kullanmaları tavsiye edilmektedir. Buna ek olarak overjet'in, overbite'in ve dental sınıflamanın klinik olarak kayıt edilmesi faydalı bulunmuştur. Ayrıca cerrahi ve alışılmadık çekim gereken hastalarda alçı model kullanımının daha doğru sonuç verebileceğini belirtmişlerdir.

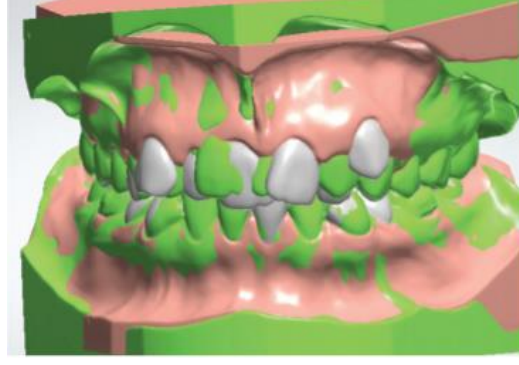
## **2.9. Dijital Modellerde Güvenilirlik**

Çok sayıda çalışmada, alçı modellerin lazer veya ışık taraması, ölçülerin lazer taraması, alçı modellerin ve ölçülerin BT taraması veya intraoral tarama gibi farklı yöntemlerle oluşturulan dijital dental modellerin doğruluğu ve güvenilirliği

değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar farklı tarayıcılar ve farklı yazılım programları kullandığı için sonuçların karşılaştırılma yeteneğini sınırlandırmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda dijital dental modellerde yapılan ölçümlerin alçı modellerde yapılan ölçümlerle karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuş ancak bu ölçüm farklarından çok azı klinik olarak anlamlıdır (Wiranto ve ark., 2014; Grünheid ve ark.,2014, Flügge ve ark.,2013).

Overjet, overbite ve diş boyutu için 0,3 mm'den, transvers ve sagittal parametreler için 0,4 mm'den fazla olan farklar genellikle klinik olarak anlamlı kabul edilmektedir (Fleming ve ark., 2011; Leifert ve ark, 2009). Altı maksiller ve mandibular kesici dişin toplamındaki sapmanın eşik değeri 0.75 mm, 12 dişin toplamında ise eşik değer, 1.5 mm olarak kabul edilmiştir (Tomasetti ve ark., 2001; Wiranto ve ark., 2013). Referans noktalarının lokalizasyonu gözlemciler arasında değiştiğinden doğrudan ölçümün tekrarlanabilirliğini etkilemektedir. Bu nedenle, alçı modeller veya dijital modeller üzerindeki ölçümlerde noktalar tam olarak tanımlanmış olsa bile bir miktar hata otomatik olarak meydana gelecektir. Alçı ve dijital dental modellerde çeşitli ölçümleri tanımlamak için seçilen referans noktaları değiştiğinden ve kumpas veya bilgisayar yazılımı ile yapılan ölçüm metodlarında nokta tanımlama problemi kesin olarak çözülemediğinden; ölçümlerdeki farklılıklar ölçülen mesafelerdeki gerçek farkları temsil edemeyecektir. Buna rağmen dijital modeller büyütülebildiği ve segmental olarak incelenebildiği için referans noktalar daha iyi tanımlanabilmektedir.

Dijital dental modellerin 'Geomagic' ve 'Maxillim' gibi özel yazılımlarla karşılaştırılması, dentisyonun ve alveoler kemiğin boyut ve hacmini karşılaştırmak için alternatif bir yöntemdir. Dijital dental modellerin boyut ve hacmindeki farklılıkları değerlendirmek için bir renk skalası kullanılabilir (Şekil 2.8). Çalışmalar, alçı modellerde yapılan ölçümlerin, ölçü malzemesindeki muhtemel boyutsal değişiklikler ve alçı model elde etme aşamaları nedeniyle gerçek dişlenmeyi temsil edemeyeceğini göstermiştir. İntraoral tarayıcılar sayesinde maksiller ve mandibular dentisyon arasında ilişki doğrudan kayıt altına alınabilmektedir (Breuning ve Kau, 2017).



**Şekil 2.8.** İki dijital dental modelin karşılaştırılmış hali.

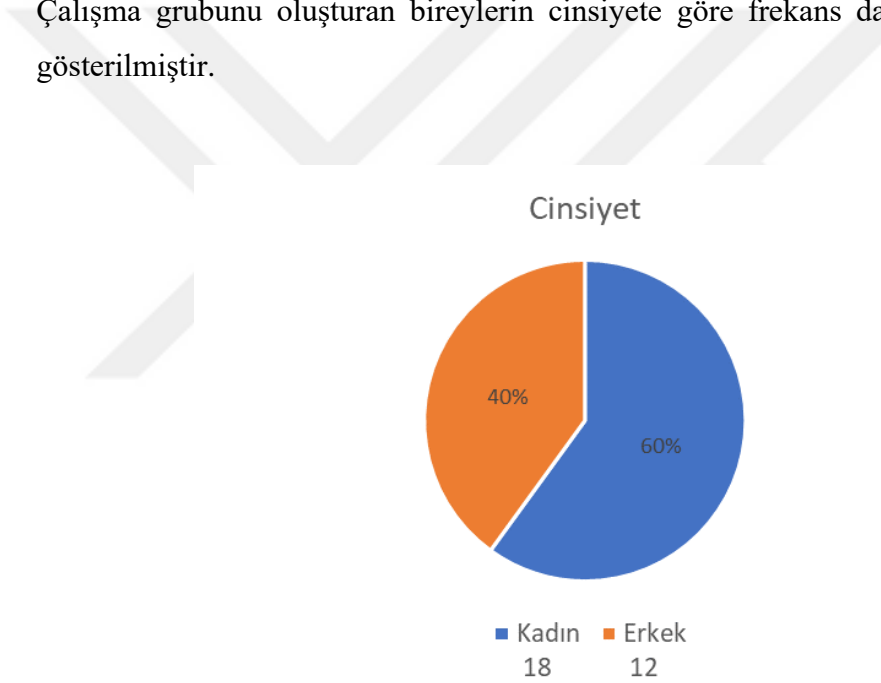
Bazı özel ortodontik apaneylerin planlama ve üretim prosedürleri için ölçülerin diğer ülkelere aktarılması gerekmektedir. Aljinat ölçü malzemesi birkaç günden fazla taşınacak kadar stabil olmaması nedeniyle bu apaneylerin üretimi için PVS ölçüler veya intraoral taramalar alternatif olarak kullanılmalıdır. Tarayıcı tarafından üretilen renkli görüntüler 1: 1 oranına sahiptir ve geleneksel intraoral fotoğrafların yerine kullanılabilir.

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmada amacımız; dijital ortodontik modellerin (direkt ağız içi tarama ve alçı modellerden elde edilen dijital modeller) güvenilirliğini test etmek, geleneksel alçı modeller ile boyutsal hassasiyet karşılaştırılmasını yapmak, böylece rutin ortodontik tanı materyali olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek, ayrıca bilimsel çalışmalarda yeterli hassasiyete sahip olup olmadığını tartışmaktır.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Gereç

Çalışma grubumuzu Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amaçlı başvurmuş bireyler ile Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencileri oluşturmaktadır. 10 Angle Sınıf I, 10 Angle Sınıf II ve 10 Angle Sınıf III; toplam 30 birey çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin yaşları 18-25 arasında değişmekte olup yaş ortalaması ise 21 yıl 6 ay'dır. Çalışma grubunu oluşturan bireylerin cinsiyete göre frekans dağılımı şekil 3.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Cinsiyete göre frekans dağılımı.

Araştırma materyalini;

- 1) Bu bireylerden elde edilen maksiller ve mandibular ortodontik alçı modeller,

- 2) Alçı modellerin 3Shape Trios<sup>1</sup> (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral tarayıcı (Şekil 3.2) ile taranması sonucu elde edilen üç boyutlu dijital modeller,
- 3) 3Shape Trios ile bu bireylerin direkt ağız içi taramaları sonucu elde edilen dijital modeller oluşturmaktadır.

Araştırmamız Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Etik Kurulu izni ile gerçekleştirilmiştir (Ek 1; Toplantı sayısı/Karar tarihi:36290600/49 /05.11.2019).

Çalışmamıza dahil edilmeme kriterleri arasında;

- a. Daimi diş eksikliğinin olması,
- b. Daimi dişlenmenin tamamlanmış olmaması,
- c. Geniş restorasyonların bulunması,
- d. Diş çürüğüne veya parafonksiyonel alışkanlıklara bağlı madde kaybının fazla olması,
- e. Ortodontik tedavi geçmişinin olması,
- f. Herhangi bir sistemik rahatsızlık, konjenital anomali ya da sendrom olması bulunmaktadır.

### **3.2. Alçı ve Dijital Modellerin Hazırlanması ve Gerçekleştirilen Uygulamalar**

Bu araştırmanın materyalini oluşturan ortodontik modeller, aljinat ölçü maddesi (Zhermack, Polesine Badia, Italy) ve plastik ölçü kaşıkları ile elde edilerek hazırlanmıştır. Ölçülere, tip IV sert alçı dökülmüş ve daha sonra ortodontik model haline getirilmiştir. Modeller üzerinde ölçümler 0,01 mm'lik hassasiyete sahip 150

---

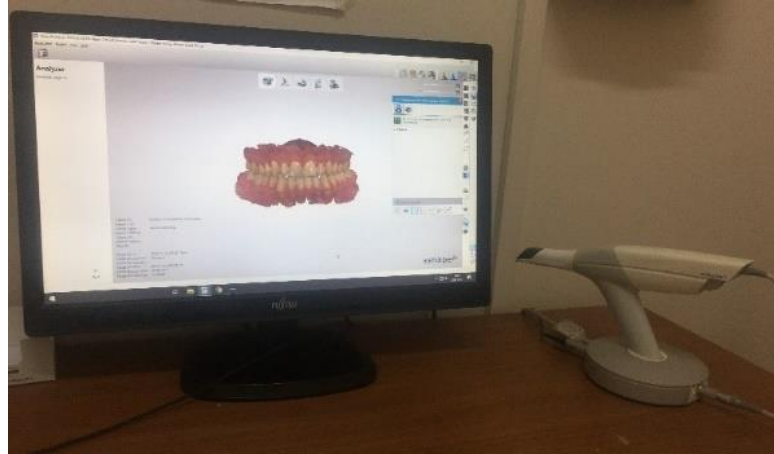
<sup>1</sup> 3 BOYUTLU DİJİTAL MODELLEME, ANKARA ÜNİVERSİTESİ BAP PROJESİ;  
NO 15A0234001, SAĞLIK (ALT YAPI PROJESİ) BAŞVURU TARİHİ 16.05.2016, PROJE, PROJE YÖNETİCİSİ: PROF. DR. M. OKAN AKCAM

mm boyutundaki dijital kumpas ile yapılmıştır (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japan) (Şekil 3.3.).

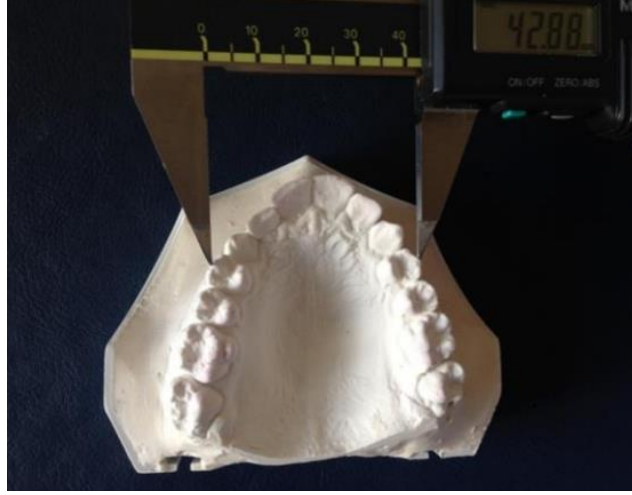
Bireylerden elde edilen ortodontik alçı modeller, 3Shape Trios (TRIOS POD, 3Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral tarayıcı ile taranarak üç boyutlu dijital modeller elde edilmiştir. Elde edilen veriler 3Shape Ortho Analyzer (Copenhagen, Denmark) programına aktarılmış ve dijital ölçümler bu programda yapılmıştır (Şekil 3.4.).

Bireylerin ağız içi taramaları 3Shape Trios (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral tarayıcı ile elde edilmiştir. Elde edilen veriler 3Shape Ortho Analyzer (Copenhagen, Denmark) programına aktarılmış ve dijital ölçümler bu programda yapılmıştır (Şekil 3.5.).

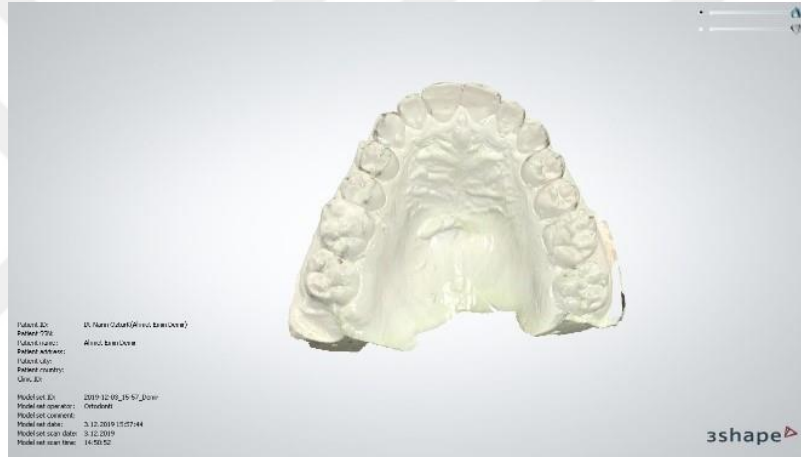
Dijital kumpas ile ölçülen ortodontik alçı modeller “**altın standart**” kabul edilerek gruplar tüm parametreler açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca gruplar kendi içlerinde tüm parametreler için dijital kumpas ve Ortho Analyzer (Copenhagen, Denmark) dijital model ölçüm yöntemlerinin tutarlılığı açısından karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.2. 3Shape İntraoral tarayıcı ve Ortho Analyzer programı.



Şekil 3.3. Dijital kumpas ile yapılan manuel ölçümler.



Şekil 3.4. Alçı modellerin taraması sonucu elde edilen dijital model



Şekil 3.5. İntraoral tarama ile elde edilen dijital model

### 3.3. Yapılan Ölçümler

Çalışmamızda üst ve alt modellerde olmak üzere her bir dental arkta toplam 22 adet ölçüm yapılmıştır. Yapılan tüm ölçümler 4 hafta sonra tekrarlanmıştır. Tüm ölçümler tek bir araştırmacı tarafından yapılmıştır (N.Ö.).

#### 3.3.1. Ark Genişliği Ölçümleri (Şekil 3.6.) (Transversal)

- Sağ üst santral kesicinin insiziv kenarının orta noktası ile sol üst santral kesicinin insiziv kenarının orta noktası arası mesafe (UR1-UL1)
- Sağ üst lateral kesicinin insiziv kenarının orta noktası ile sol üst lateral kesicinin insiziv kenarının orta noktası arası mesafe (UR2-UL2)
- Sağ üst kaninin tüberkül tepesinin orta noktası ile sol üst kaninin tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (UR3-UL3)
- Sağ üst birinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol üst birinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (UR4-UL4)
- Sağ üst ikinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol üst ikinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (UR5-UL5)
- Sağ üst birinci moların meziyobukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol üst birinci moların meziyobukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (UR6-UL6)
  
- Sağ alt santral kesicinin insiziv kenarının orta noktası ile sol alt santral kesicinin insiziv kenarının orta noktası arası mesafe (LR1-LL1)
- Sağ alt lateral kesicinin insiziv kenarının orta noktası ile sol alt lateral kesicinin insiziv kenarının orta noktası arası mesafe (LR2-LL2)
- Sağ alt kaninin tüberkül tepesinin orta noktası ile sol alt kaninin tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (LR3-LL3)

- Sağ alt birinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol alt birinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (LR4-LL4)
- Sağ alt ikinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol alt ikinci küçük azının bukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (LR5-LL5)
- Sağ alt birinci moların meziyobukkal tüberkül tepesinin orta noktası ile sol alt birinci moların meziyobukkal tüberkül tepesinin orta noktası arası mesafe (LR6-LL6)



Şekil 3.6. Ark genişliği ölçümleri.

### 3.3.2. Ark Uzunluğu Ölçümleri (Şekil 3.7.) (Sagital)

- Üst santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile üst sağ kanin dişin distal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-13 distal)
- Üst santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile üst sol kanin dişin distal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-23 distal)
- Üst santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile üst sağ 1. molar dişin meziyal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-16 meziyal)
- Üst santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile üst sol 1. molar dişin meziyal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-26 meziyal)

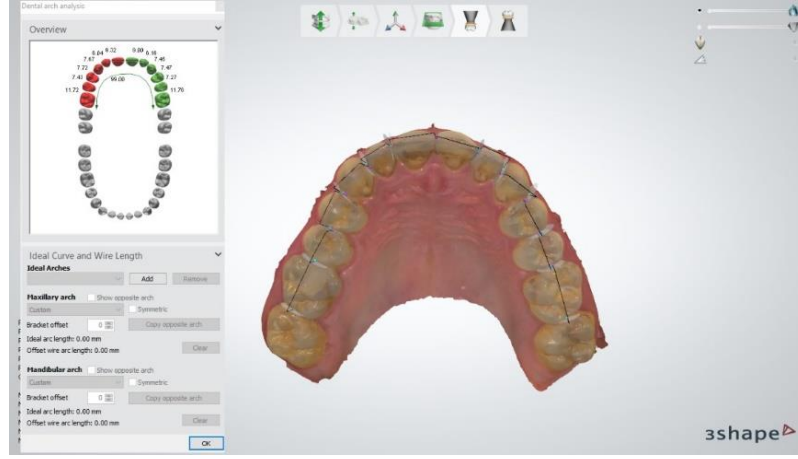
- Alt santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile alt sol kanin dişin distal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-33 distal)
- Alt santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile alt sağ kanin dişin distal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-43 distal)
- Alt santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile alt sol 1. molar dişin meziyal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-36 meziyal)
- Alt santral kesici dişlerin meziyal temas noktası ile alt sağ 1. molar dişin meziyal temas noktası arasındaki mesafe (Orta hat-46 meziyal)



**Şekil 3.7.** Ark Uzunluğu Ölçümleri.

### 3.3.3. Diş Genişliği Ölçümleri (Şekil 3.8.)

- Üst dental ark üzerinde 1. molar dişlerden santral kesicilere kadar tüm dişlerin meziyal ve distal temas noktaları arasındaki maksimum mesafe ölçümleri (MD11, MD12, MD13, MD14, MD15, MD16, MD21, MD22, MD23, MD24, MD25, MD26)
- Alt dental ark üzerinde 1. molar dişlerden santral kesicilere kadar tüm dişlerin meziyal ve distal temas noktaları arasındaki maksimum mesafe ölçümleri (MD31, MD32, MD33, MD34, MD35, MD36, MD41, MD42, MD43, MD44, MD45, MD46) yapılmıştır.



Şekil 3.8. Diş genişliği ölçümleri.

### 3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin analizi SPSS 22 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: USA) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle veri kontrolü yapılmış uç değer ve kayıp değerlere rastlanmamıştır. İlk ve ikinci ölçümler arasında fark olup olmadığı bağımlı gruplar t-testi ile analiz edilmiştir. İlk ve ikinci ölçüm ortalamalarının gruplar arasında alt çene ve üst çeneye göre karşılaştırılmasında Varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Bu yöntem bir gruba ilişkin en az üç ölçüm ortalamaları arasında farklılık olup olmadığını gösteren parametrik bir yöntemdir. Yapılan 'Power' analizine göre veri sayısı yeterli büyüklüktedir (n=30). Elde edilen farkların hangi ölçümler arasında olduğunu çoklu karşılaştırmalar testleri (post hoc) ile incelenmiştir. Çoklu karşılaştırma fark çıkan ölçümleri ikili olarak karşılaştırmakta ve hangi ölçümler arasında fark olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda bu testlerden en çok kullanılan 'Bonferroni' yöntemi kullanılmıştır. Anlamlılık seviyesi olarak 0.05 kullanılmış olup,  $p < 0.05$  olması durumunda anlamlı farklılığın olduğu,  $p > 0.05$  olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

İki ölçüm arasındaki uyum sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC-Intraclass correlation coefficient) ile incelenmiştir ve bu değer 1'e yaklaştıkça ölçümler güvenilirdir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Güvenilirlik Bulguları

Alt çeneye ilişkin ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ICC (Intraclass correlation coefficient) değerleri alçı model, dijitalize alçı model ve intraoral dijital model gruplarında 0.80'den yüksek olarak elde edilmiştir ve alt çene ölçümleri güvenilirdir (Çizelge 4.1.).

**Çizelge 4.1.** Alt çene sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile dijital ve manuel yöntemlerin karşılaştırılması

Değişkenler	Alçı model	Dijitalize alçı model	İntraoral dijital model
	ICC	ICC	ICC
LR1-LL1	0.964	0.933	0.892
LR2-LL2	0.982	0.993	0.983
LR3-LL3	0.996	0.993	0.99
LR4-LL4	0.996	0.997	0.994
LR5-LL5	0.997	0.999	0.997
LR6-LL6	0.997	0.996	0.98
Orta hat-33 distal	0.966	0.961	0.982
Orta hat-43 distal	0.981	0.98	0.985
Orta hat-36 mezial	0.996	0.996	0.997
Orta hat-46 mezial	0.989	0.985	0.993
MD31	0.977	0.969	0.977
MD32	0.975	0.967	0.934
MD33	0.969	0.92	0.931
MD34	0.983	0.941	0.957
MD35	0.977	0.916	0.944
MD36	0.953	0.968	0.919
MD46	0.970	0.927	0.947
MD45	0.975	0.968	0.915
MD44	0.946	0.982	0.955
MD43	0.921	0.888	0.9
MD42	0.977	0.947	0.942
MD41	0.970	0.941	0.954

Üst çeneye ilişkin ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ICC değerleri alçı model, dijitalize alçı model ve intraoral dijital model gruplarında 0.80'den yüksek olarak elde edilmiştir ve üst çene ölçümleri güvenilirdir (Çizelge 4.2.).

**Çizelge 4.2.** Üst çene sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile dijital ve manuel yöntemlerin karşılaştırılması

Değişkenler	Alçı model	Dijitalize alçı model	İntraoral dijital model
	ICC	ICC	ICC
UR1-UL1	0.977	0.969	0.973
UR2-UL2	0.995	0.996	0.993
UR3-UL3	0.996	0.998	0.995
UR4-UL4	0.998	0.997	0.997
UR5-UL5	0.997	0.999	0.998
UR6-UL6	0.978	0.995	0.993
Orta hat-13 distal	0.983	0.988	0.979
Orta hat-23 distal	0.977	0.991	0.994
Orta hat-16 mezial	0.988	0.997	0.996
Orta hat-26 mezial	0.990	0.997	0.997
MD11	0.993	0.99	0.981
MD12	0.964	0.981	0.972
MD13	0.877	0.952	0.928
MD14	0.951	0.957	0.925
MD15	0.952	0.872	0.878
MD16	0.953	0.93	0.966
MD26	0.950	0.88	0.831
MD25	0.960	0.964	0.948
MD24	0.965	0.943	0.934
MD23	0.901	0.96	0.927
MD22	0.964	0.971	0.965
MD21	0.981	0.989	0.982

#### 4.2. Doğruluk Bulguları

‘İlk ve son ölçümler arasında değişkenlere göre fark var mıdır?’ sorusuna cevap aramak amacıyla her bir değişkenin ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark bağımlı gruplar t-testi ile incelenmiştir. Bu analiz yöntemi aynı gruba ilişkin iki ölçüm ortalamalarını karşılaştırmada kullanılan parametrik bir yöntemdir. Veri sayısı yeterli büyüklüktedir (n=30).

**Çizelge 4.3.** Alt çene alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
LR1-LL1	5.35	±	0.363	5.35	±	0.379	0.971
LR2-LL2	16.00	±	1.108	16.07	±	1.054	0.077
LR3-LL3	26.26	±	1.835	26.32	±	1.843	<b>0.042*</b>
LR4-LL4	34.19	±	2.220	34.21	±	2.173	0.483
LR5-LL5	39.77	±	2.598	39.78	±	2.605	0.871
LR6-LL6	46.18	±	2.595	46.21	±	2.562	0.435
Orta hat-33 distal	17.36	±	0.898	17.44	±	0.879	0.089
Orta hat-43 distal	17.03	±	1.114	17.15	±	1.027	<b>0.003*</b>
Orta hat-36 mezial	29.55	±	1.766	29.60	±	1.814	0.104
Orta hat-46 mezial	29.32	±	1.542	29.32	±	1.480	0.93
MD31	5.49	±	0.411	5.47	±	0.415	0.204
MD32	5.96	±	0.412	5.97	±	0.391	0.779
MD33	6.80	±	0.393	6.83	±	0.398	0.121
MD34	7.10	±	0.500	7.09	±	0.486	0.378
MD35	7.19	±	0.429	7.18	±	0.423	0.749
MD36	11.08	±	0.532	11.02	±	0.569	0.077
MD46	10.97	±	0.557	10.94	±	0.551	0.273
MD45	7.13	±	0.465	7.12	±	0.438	0.657
MD44	7.05	±	0.430	7.05	±	0.440	0.929
MD43	6.72	±	0.388	6.73	±	0.364	0.828
MD42	5.99	±	0.396	5.99	±	0.409	0.66
MD41	5.53	±	0.369	5.52	±	0.376	0.662

\* $p < .05$

Alt çene alçı model ölçümleri incelendiğinde LR3-LL3 ve orta hat-43 distal ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Fark çıkan değişkenler için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre alt çene alçı model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre alt çene alçı model ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.3.).

**Çizelge 4.4.** Alt çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
LR1-LL1	5.45	±	0.376	5.42	±	0.337	0.357
LR2-LL2	16.17	±	1.080	16.21	±	1.074	<b>0.041*</b>
LR3-LL3	26.31	±	1.816	26.33	±	1.846	0.662
LR4-LL4	34.21	±	2.149	34.24	±	2.150	0.349
LR5-LL5	39.76	±	2.701	39.78	±	2.676	0.439
LR6-LL6	46.26	±	2.576	46.30	±	2.548	0.296
Orta hat-33 distal	17.53	±	0.889	17.51	±	0.920	0.709
Orta hat-43 distal	17.18	±	1.055	17.24	±	1.012	0.165
Orta hat-36 mezial	29.64	±	1.787	29.61	±	1.768	0.201
Orta hat-46 mezial	29.46	±	1.452	29.47	±	1.440	0.783
MD31	5.49	±	0.367	5.52	±	0.393	0.087
MD32	5.97	±	0.383	6.00	±	0.382	0.12
MD33	6.84	±	0.372	6.86	±	0.381	0.432
MD34	7.13	±	0.437	7.10	±	0.452	0.196
MD35	7.21	±	0.373	7.14	±	0.426	<b>0.031*</b>
MD36	11.10	±	0.541	10.99	±	0.565	<b>.000*</b>
MD46	11.00	±	0.597	10.94	±	0.558	0.115
MD45	7.10	±	0.431	7.10	±	0.431	0.779
MD44	7.08	±	0.446	7.01	±	0.413	<b>.000*</b>
MD43	6.78	±	0.350	6.77	±	0.376	0.800
MD42	5.99	±	0.399	6.00	±	0.374	0.72
MD41	5.52	±	0.373	5.53	±	0.354	0.706

\* $p < .05$

Alt çene alçı model dijital ölçümleri incelendiğinde LR2-LL2, MD35, MD36 ve MD44 ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Fark çıkan değişkenlerden LR2-LL2 ve MD35 için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksek iken MD36 ve MD44 için ilk ölçüm ortalaması daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre alt çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre alt çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.5.** Alt çene intraoral dijital model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
LR1-LL1	5.44	±	0.391	5.41	±	0.341	0.46
LR2-LL2	16.11	±	1.089	16.18	±	1.074	0.077
LR3-LL3	26.30	±	1.864	26.31	±	1.841	0.822
LR4-LL4	34.16	±	2.237	34.18	±	2.182	0.687
LR5-LL5	39.78	±	2.674	39.80	±	2.675	0.528
LR6-LL6	46.26	±	2.614	46.24	±	2.745	0.817
Orta hat-33 distal	17.48	±	0.883	17.52	±	0.890	0.174
Orta hat-43 distal	17.13	±	0.996	17.26	±	0.995	<b>.000*</b>
Orta hat-36 mezial	29.61	±	1.781	29.58	±	1.798	0.247
Orta hat-46 mezial	29.41	±	1.477	29.38	±	1.440	0.286
MD31	5.46	±	0.380	5.47	±	0.401	0.425
MD32	5.97	±	0.325	5.99	±	0.378	0.601
MD33	6.87	±	0.352	6.84	±	0.389	0.222
MD34	7.15	±	0.436	7.12	±	0.415	0.166
MD35	7.16	±	0.423	7.17	±	0.435	0.474
MD36	11.08	±	0.530	11.04	±	0.562	0.280
MD46	11.04	±	0.530	10.96	±	0.564	<b>0.022*</b>
MD45	7.10	±	0.440	7.09	±	0.425	0.855
MD44	7.08	±	0.426	7.02	±	0.402	<b>0.009*</b>
MD43	6.78	±	0.342	6.78	±	0.351	0.972
MD42	6.03	±	0.373	6.00	±	0.374	0.273
MD41	5.53	±	0.367	5.52	±	0.363	0.558

\* $p < .05$

Alt çene intraoral dijital model ölçümleri incelendiğinde orta hat-43 distal, MD46 ve MD44 ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Fark çıkan değişkenlerden orta hat-43 distal için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksek iken MD46 ve MD44 için ilk ölçüm ortalaması daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre alt çene intraoral dijital model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre alt çene intraoral dijital model ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.6.** Üst çene alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
UR1-UL1	8.53	±	0.786	8.59	±	0.757	0.077
UR2-UL2	22.63	±	1.791	22.66	±	1.759	0.473
UR3-UL3	34.07	±	2.280	34.18	±	2.297	<b>0.006*</b>
UR4-UL4	41.10	±	2.669	41.17	±	2.695	<b>0.039*</b>
UR5-UL5	47.21	±	3.013	47.29	±	3.017	0.053
UR6-UL6	53.10	±	2.654	53.24	±	2.592	0.190
Orta hat-13 distal	22.26	±	1.274	22.44	±	1.241	<b>.000*</b>
Orta hat-23 distal	22.09	±	1.277	22.30	±	1.230	<b>.000*</b>
Orta hat-16 mezial	34.34	±	1.738	34.41	±	1.740	0.147
Orta hat-26 mezial	34.36	±	1.828	34.41	±	1.748	0.352
MD11	8.66	±	0.575	8.66	±	0.585	0.732
MD12	6.75	±	0.581	6.76	±	0.573	0.709
MD13	7.86	±	0.345	7.87	±	0.322	0.608
MD14	7.01	±	0.432	7.00	±	0.405	0.649
MD15	6.76	±	0.356	6.80	±	0.372	<b>0.041*</b>
MD16	10.51	±	0.551	10.49	±	0.495	0.487
MD26	10.34	±	0.456	10.31	±	0.470	0.254
MD25	6.81	±	0.362	6.80	±	0.360	0.845
MD24	7.00	±	0.392	7.01	±	0.415	0.76
MD23	7.74	±	0.325	7.77	±	0.328	0.216
MD22	6.71	±	0.475	6.71	±	0.478	0.843
MD21	8.63	±	0.576	8.62	±	0.581	0.680

\* $p < .05$

Üst çene alçı model ölçümleri incelendiğinde UR3-UL3, UR4-UL4, orta hat-13 distal, orta hat-23 distal ve MD15 ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Fark çıkan tüm bu değişkenler için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre üst çene alçı model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre üst çene alçı model ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.6.).

**Çizelge 4.7.** Üst çene dijitalize alçı model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
UR1-UL1	8.64	±	0.704	8.68	±	0.745	0.207
UR2-UL2	22.55	±	1.745	22.67	±	1.742	<b>.000*</b>
UR3-UL3	34.05	±	2.236	34.13	±	2.231	<b>0.005*</b>
UR4-UL4	41.11	±	2.672	41.15	±	2.659	0.28
UR5-UL5	47.18	±	2.970	47.24	±	2.956	<b>0.036*</b>
UR6-UL6	53.11	±	2.600	53.20	±	2.619	0.09
Orta hat-13 distal	22.31	±	1.239	22.41	±	1.255	<b>0.008*</b>
Orta hat-23 distal	22.19	±	1.142	22.25	±	1.180	<b>0.031*</b>
Orta hat-16 meziyal	34.27	±	1.709	34.35	±	1.720	<b>0.004*</b>
Orta hat-26 meziyal	34.42	±	1.733	34.48	±	1.739	<b>0.018*</b>
MD11	8.69	±	0.610	8.69	±	0.583	0.781
MD12	6.74	±	0.578	6.78	±	0.566	0.100
MD13	7.89	±	0.334	7.90	±	0.331	0.636
MD14	7.06	±	0.397	7.03	±	0.407	0.151
MD15	6.82	±	0.308	6.78	±	0.361	0.223
MD16	10.54	±	0.510	10.48	±	0.478	0.095
MD26	10.36	±	0.411	10.32	±	0.459	0.321
MD25	6.83	±	0.365	6.83	±	0.367	0.660
MD24	7.03	±	0.391	7.05	±	0.411	0.532
MD23	7.76	±	0.362	7.78	±	0.331	0.195
MD22	6.70	±	0.461	6.69	±	0.494	0.584
MD21	8.62	±	0.586	8.67	±	0.596	<b>0.006*</b>

\*p<.05

Üst çene dijitalize alçı model ölçümleri incelendiğinde UR2-UL2, UR3-UL3, UR5-UL5, orta hat-13 distal, orta hat-23 distal, orta hat-16 meziyal, orta hat-26 meziyal ve MD21 ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<.05). Fark çıkan tüm bu değişkenler için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre üst çene dijitalize model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>.05). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre üst çene dijitalize ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.7.).

**Çizelge 4.8.** Üst çene intraoral dijital model ilk ve son ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	İlk Ölçüm(mm)			Son Ölçüm(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
UR1-UL1	8.66	±	0.758	8.63	±	0.774	0.269
UR2-UL2	22.51	±	1.709	22.61	±	1.720	<b>0.01*</b>
UR3-UL3	34.13	±	2.260	34.15	±	2.249	0.581
UR4-UL4	41.12	±	2.621	41.18	±	2.686	0.189
UR5-UL5	47.26	±	3.036	47.31	±	2.995	0.147
UR6-UL6	53.26	±	2.646	53.26	±	2.612	0.977
Orta hat-13 distal	22.33	±	1.226	22.39	±	1.196	0.196
Orta hat-23 distal	22.22	±	1.222	22.30	±	1.260	<b>0.003*</b>
Orta hat-16 meziyal	34.29	±	1.783	34.38	±	1.821	<b>0.009*</b>
Orta hat-26 meziyal	34.49	±	1.809	34.49	±	1.787	1.00
MD11	8.66	±	0.595	8.69	±	0.620	0.16
MD12	6.73	±	0.591	6.78	±	0.576	0.102
MD13	7.89	±	0.329	7.90	±	0.316	0.489
MD14	7.06	±	0.385	7.07	±	0.377	0.732
MD15	6.83	±	0.394	6.80	±	0.343	0.392
MD16	10.53	±	0.504	10.48	±	0.472	0.065
MD26	10.46	±	0.621	10.32	±	0.489	<b>0.029*</b>
MD25	6.84	±	0.395	6.83	±	0.381	0.771
MD24	7.07	±	0.437	7.04	±	0.393	0.34
MD23	7.76	±	0.360	7.77	±	0.339	0.696
MD22	6.70	±	0.472	6.71	±	0.479	0.568
MD21	8.59	±	0.588	8.66	±	0.613	<b>0.005*</b>

\*p<.05

Üst çene intraoral dijital model ölçümleri incelendiğinde UR2-UL2, orta hat-23 distal, orta hat-16 meziyal, MD26 ve MD21 ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<.05). Fark çıkan tüm bu değişkenlerden UR2-UL2, orta hat-23 distal, orta hat-16 meziyal ve MD21 için son ölçüm ortalaması ilk ölçüm ortalamasından daha yüksek iken; MD26 için ilk ölçüm ortalaması daha yüksektir. Diğer değişkenlere göre üst çene intraoral dijital model ilk ve son ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>.05). Yani bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre üst çene intraoral dijital model ilk ve son ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.8.).

**Çizelge 4.9.** Alt çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının ANOVA testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	Alçı model(mm)			Dijitalize alçı model(mm)			İntraoral dijital model(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
LR1-LL1	5.35	±	0.368	5.44	±	0.351	5.43	±	0.357	<b>0.008*</b>
LR2-LL2	16.04	±	1.077	16.19	±	1.075	16.15	±	1.077	<b>.000*</b>
LR3-LL3	26.29	±	1.838	26.33	±	1.828	26.31	±	1.848	0.45
LR4-LL4	34.20	±	2.194	34.23	±	2.149	34.18	±	2.206	0.307
LR5-LL5	39.78	±	2.600	39.78	±	2.688	39.79	±	2.672	0.889
LR6-LL6	46.20	±	2.576	46.28	±	2.559	46.25	±	2.667	0.108
Orta hat-33 distal	17.40	±	0.880	17.52	±	0.896	17.51	±	0.882	<b>0.002*</b>
Orta hat-43 distal	17.09	±	1.067	17.21	±	1.028	17.20	±	0.992	<b>0.006*</b>
Orta hat-36 mezial	29.57	±	1.788	29.63	±	1.775	29.59	±	1.788	0.101
Orta hat-46 mezial	29.32	±	1.507	29.47	±	1.441	29.40	±	1.456	<b>0.001*</b>
MD31	5.48	±	0.410	5.51	±	0.377	5.47	±	0.388	0.124
MD32	5.97	±	0.399	5.99	±	0.379	5.98	±	0.347	0.137
MD33	6.81	±	0.393	6.85	±	0.369	6.86	±	0.365	<b>0.003*</b>
MD34	7.10	±	0.491	7.12	±	0.437	7.14	±	0.421	0.068
MD35	7.19	±	0.423	7.18	±	0.392	7.17	±	0.423	0.725
MD36	11.05	±	0.544	11.05	±	0.549	11.06	±	0.535	0.776
MD46	10.96	±	0.550	10.97	±	0.567	11.01	±	0.540	0.058
MD45	7.12	±	0.448	7.10	±	0.427	7.10	±	0.423	0.394
MD44	7.05	±	0.430	7.05	±	0.428	7.05	±	0.409	0.94
MD43	6.73	±	0.369	6.78	±	0.353	6.78	±	0.338	0.026
MD42	5.99	±	0.400	6.00	±	0.382	6.02	±	0.369	0.468
MD41	5.53	±	0.371	5.53	±	0.358	5.53	±	0.361	0.994

\* $p < .05$

Alt çene ölçümleri incelendiğinde LR1-LL1, LR2-LL2, orta hat-33 distal, orta hat 43-distal, orta hat-46 mezial ve MD33 ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Diğer değişkenlere göre alt çene ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Fark çıkan değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre alt çene alçı model, alt çene dijitalize alçı model ve alt çene intraoral dijital model ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.9.). Fark çıkan değişkenlerin hangi ölçümler arasında olduğu Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Alt çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının çoklu karşılaştırmalar testi ile karşılaştırılması

	1 ile 2	1 ile 3	2 ile 3
	<b>p</b>	<b>p</b>	<b>p</b>
<b>LR1-LL1</b>	<b>0.005*</b>	<b>0.015*</b>	1.000
<b>LR2-LL2</b>	<b>.000*</b>	<b>0.003*</b>	0.145
<b>Orta hat-33 distal</b>	<b>0.003*</b>	<b>0.003*</b>	1.000
<b>Orta hat-43 distal</b>	<b>0.006*</b>	<b>0.009*</b>	1.000
<b>Orta hat-46 mezial</b>	<b>0.001*</b>	0.116	0.012
<b>MD33</b>	<b>0.005*</b>	<b>0.015*</b>	1.000

**1: Alçı model, 2: Dijitalize alçı model, 3: İntraoral dijital model**

**\* $p < .05$**

Alt çene ölçümlerine göre fark çıkan tüm değişkenlerde alçı model ile dijitalize alçı model ölçüm ortalamaları arasında fark anlamlıdır ( $p < .05$ ). LR1-LL1, LR2-LL2, orta hat-33 distal, orta hat-43 distal, orta hat-46 mezial ve MD33 dijitalize alçı model ölçüm ortalaması; alçı model ölçüm ortalamasına göre daha yüksektir. LR1-LL1, LR2-LL2, orta hat-33 distal, orta hat-43 distal ve MD33 alçı model ölçümleri ile intraoral dijital model ölçümleri arasında fark anlamlıdır ( $p < .05$ ) ve dijital ölçüm ortalamaları alçı model ortalamalarına göre daha yüksektir. Dijitalize alçı model ve intraoral dijital model ölçümleri arasında tüm parametrelerde fark anlamlı değildir ( $p > .05$ ) (Çizelge 4.10.).

**Çizelge 4.11.** Üst çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının ANOVA testi ile karşılaştırılması

Değişkenler	Alçı model(mm)			Dijitalize alçı model(mm)			İntraoral dijital model(mm)			p
	Ort	±	ss	Ort	±	ss	Ort	±	ss	
UR1-UL1	8.56	±	0.766	8.66	±	0.719	8.65	±	0.760	<b>0.003*</b>
UR2-UL2	22.65	±	1.773	22.61	±	1.742	22.57	±	1.711	<b>0.047*</b>
UR3-UL3	34.13	±	2.285	34.09	±	2.232	34.14	±	2.252	0.418
UR4-UL4	41.14	±	2.681	41.13	±	2.663	41.15	±	2.652	0.851
UR5-UL5	47.25	±	3.013	47.21	±	2.962	47.29	±	3.015	0.212
UR6-UL6	53.17	±	2.608	53.16	±	2.607	53.26	±	2.625	0.338
Orta hat-13 distal	22.35	±	1.252	22.36	±	1.244	22.36	±	1.206	0.954
Orta hat-23 distal	22.20	±	1.247	22.22	±	1.159	22.26	±	1.239	0.106
Orta hat-16 mezial	34.38	±	1.735	34.31	±	1.713	34.34	±	1.801	0.226
Orta hat-26 mezial	34.39	±	1.783	34.45	±	1.734	34.49	±	1.796	<b>0.039*</b>
MD11	8.66	±	0.580	8.69	±	0.595	8.67	±	0.604	0.045
MD12	6.76	±	0.572	6.76	±	0.569	6.76	±	0.580	0.934
MD13	7.87	±	0.324	7.90	±	0.328	7.90	±	0.316	0.082
MD14	7.00	±	0.414	7.05	±	0.397	7.06	±	0.374	<b>0.020*</b>
MD15	6.78	±	0.359	6.80	±	0.325	6.81	±	0.358	0.549
MD16	10.50	±	0.517	10.51	±	0.485	10.51	±	0.484	0.978
MD26	10.32	±	0.457	10.34	±	0.423	10.39	±	0.536	0.324
MD25	6.81	±	0.357	6.83	±	0.362	6.84	±	0.383	0.288
MD24	7.01	±	0.401	7.04	±	0.395	7.06	±	0.408	<b>0.031*</b>
MD23	7.76	±	0.318	7.77	±	0.343	7.77	±	0.343	0.583
MD22	6.71	±	0.472	6.70	±	0.474	6.71	±	0.470	0.573
MD21	8.62	±	0.576	8.65	±	0.588	8.63	±	0.597	0.275

\* $p < .05$

Üst çene ölçümleri incelendiğinde UR1-UL1, UR2-UL2, orta hat-26 mezial, MD14 ve MD24 ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < .05$ ). Diğer değişkenlere göre üst çene ölçüm ortalamaları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > .05$ ). Yani fark çıkan bu değişkenler haricindeki diğer değişkenlere göre üst çene alçı model, üst çene dijitalize alçı model ve üst çene intraoral dijital model ölçüm değerleri benzerdir (Çizelge 4.11.). Fark çıkan değişkenlerin hangi ölçümler arasında olduğu Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Üst çene gruplar arası ölçüm ortalamalarının çoklu karşılaştırmalar testi ile karşılaştırılması

	<b>1 ile 2</b>	<b>1 ile 3</b>	<b>2 ile 3</b>
	<b>p</b>	<b>p</b>	<b>p</b>
<b>UR1-UL1</b>	<b>0.003*</b>	<b>0.014*</b>	1
<b>UR2-UL2</b>	0.677	<b>0.038*</b>	0.461
<b>Orta hat-26 meziyal</b>	0.158	<b>0.035*</b>	0.795
<b>MD14</b>	<b>0.031*</b>	<b>0.032*</b>	1
<b>MD24</b>	0.055	<b>0.042*</b>	1

**1: Alçı model, 2: Dijitalize alçı model, 3: İntraoral dijital model**

**\*p<.05**

Üst çene ölçümlerine göre UR1-UL1 ve MD14 ölçümleri için alçı model ile dijitalize alçı model ölçüm ortalamaları arasında fark anlamlıdır ( $p<.05$ ). UR1-UL1 ve MD14 dijitalize alçı model ölçüm ortalaması alçı model ölçüm ortalamasına göre daha yüksektir. Fark çıkan tüm değişkenlere göre alçı model ölçümleri ile dijital ölçümleri arasında fark anlamlıdır ( $p<.05$ ). UR1-UL1, orta hat-26 meziyal. MD14 ve MD24 dijital ölçüm ortalamaları alçı model ortalamalarına göre daha yüksektir. UR2-UL2 değişkeni için ise alçı model ölçüm ortalaması intraoral dijital model ölçüm ortalamasına göre daha yüksektir. Son olarak bu değişkenler için dijitalize alçı model ve intraoral dijital model ölçümleri arasında fark anlamlı değildir ( $p>.05$ ) (Çizelge 4.12.).

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi

Ortodontik tedaviler için detaylı bir tanı ve tedavi planlaması gerekmektedir. Yakın bir geçmişe kadar bu amaçla yalnız ortodontik alçı modeller kullanılmaktaydı. Alçı modeller hasta arşivi oluşturulmasının yanı sıra; tanı, tedavi planlaması, interdisipliner iletişim, olgu sunumları, tedavi ara safha ve sonuçlarının değerlendirilmesinde de kullanılmaktadırlar. Tedavi öncesi ve sonrası alçı modeller üzerinde boyutsal ölçümlerin yapılmasının yanı sıra aktif tedavi için gerekli ortodontik apareylerin ve tedavi sonrası retansiyon plaklarının üretilmesinde, indirekt bonding gibi laboratuvar işlemlerinde alçı modeller sıklıkla kullanılmaktadır.

Dijital ortodontik modeller ise arşivleme ve erişim kolaylığı, kırılma ve aşınma riskinin olmaması, hekimler arası aktarılabilişirliğinin kolay olması ve alçı modellerle eşit veya daha iyi tanısal bilgiler elde edilmesi gibi avantajlara sahiptir.

Han ve ark. (1991) yaptıkları çalışmada vakaların %55'inde, sadece ortodontik alçı modellerden elde edilen bilgilerin tedavi planlamasında yeterli olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak dijital modellerin güvenilir bir tanı aracı olarak kullanılabilmesi için alçı dental model analizleri ile doğrulunun karşılaştırılması gereklidir. Son zamanlarda, üç boyutlu (3B) dijital modeller ortodontik tanının yanı sıra ortodontik tedavilerin planlanmasında ve ortodontik apareylerin üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu nedenle 3B dijital modellerin doğruluğu daha fazla önem kazanmaktadır.

Literatürde, dijital modellerin güvenilirliğini değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılmıştır. Birçok çalışmada (Hajeer ve ark., 2014; Akyalcin ve ark., 2013; Naidu ve Freer., 2013; Nalcaci ve ark., 2013; Wiranto ve ark., 2013; Sousa ve ark., 2012; Tarazona ve ark., 2012; Horton ve ark., 2010; Leifert ve ark., 2009; Watanebo-Kane ve ark., 2009; Keating ve ark., 2008; Mullen ve ark., 2007; Stevens

ve ark., 2006; Mayers ve ark., 2005; Quimby ve ark., 2004; Okunami ve ark., 2004; Bell ve ark., 2003; Santoro ve ark., 2003; Tomassetti ve ark., 2001) dijital modeller alçı modeller ile karşılaştırılırken; 2 çalışmada (Lighthouse ve ark. 2012; De Waard ve ark. 2014) KIBT, 1 çalışmada (Kau ve ark., 2010) özel bir yazılım ile KIBT'den elde edilen modeller, 1 çalışmada (Wiranto ve ark., 2013) hem KIBT hem de alçı modeller kullanılmıştır. Bu çalışmalarda modeller; diş boyutları, ark genişlikleri, ark uzunlukları, Bolton analizi, çapraşıklık, Little'ın düzensizlik indeksi, PAR indeksi, ICON indeksi ve ABO skor sistemleri, çeşitli doğrusal ölçümler, overjet, overbite, gözlemci içi ve gözlemciler arası tekrarlanabilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda ise direkt ağız içi tarama ve alçı modellerin taranması ile elde edilen dijital modeller alçı modeller ile hassasiyet ve güvenilirlik yönünden karşılaştırılmıştır.

Çalışmamız, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amacıyla başvuran hastalar ve Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencileri arasından rastgele seçilen 10 Angle Sınıf I, 10 Angle Sınıf II, 10 Angle Sınıf III maloklüzyona sahip toplam 30 bireyden elde edilen alçı ve dijital modeller üzerinde yapılmıştır. Farklı maloklüzyonlara sahip bireylerin çalışmaya dahil edilmesinin amacı ortalama ortodonti hasta popülasyonu grubu oluşturmaktır. 30 bireyden elde edilen geleneksel alt ve üst alçı model (n=30), alçı modellerin taranmasıyla elde edilen dijitalize modeller (n=30) ve direkt intraoral tarama ile elde edilen 3B modeller (n=30) olmak üzere toplam 90 adet alt-üst ortodontik model çalışmamızda kullanılmıştır.

Dijital modellerde geçerliliğin ve güvenilirliğin değerlendirildiği çalışmalara baktığımızda Stevens ve ark. (2006) 24, Mullen ve ark. (2007) 30, Naidu ve Freer. (2013) 30, Wiranto ve ark. (2013) 22, Reuschl ve ark. (2016) 19, Lemos ve ark. (2015) 26, Quimby ve ark. (2004) 50, Sousa ve ark. (2012) 20, Akyalcin ve ark. (2013) 30 model üzerinde üzerinde çalışmışlardır. Ağır çapraşıklık, dudak-damak yarığı, şiddetli derin ve açık kapanış, süt/karışık dişlenme gibi olgularının da dahil edilmesinin yararlı olacağı düşünülmele birlikte bu çalışmada diğer geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarına yakın sayıda 30 birey dahil edilmiştir.

Çalışmamıza, maksiller ve mandibular 3. büyük azı dişleri hariç tüm daimi dişlerin mevcut olduğu bireyler dahil edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda diğer çalışmalarda olduğu gibi seçim kriterleri arasında ortodontik tedavi geçmişi olmayan, geniş restorasyonlar, dental anomaliler, atrizyon veya abrazyon gibi kurunun morfolojisini değiştirebilecek durumları olmayan bireyler dahil edilmiştir. (Naidu ve Freer., 2013; Quimby ve ark., 2004; Nalcaci ve ark., 2013; Wiranto ve ark., 2013; Leifert ve ark., 2013) Böylece sağlıklı daimi dişler kullanılarak, anatomik referans noktalarının belirlenmesi sırasında yaşanabilecek hataların minimuma indirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmacılar genellikle spesifik bir maloklüzyonu dahil etme kriteri olarak kullanmamışlardır. (Mullen ve ark., 2007; Lemos ve ark., 2015; Wiranto ve ark., 2013; Quimby ve ark., 2004). Leifert ve ark. (2013) ile Flügge ve ark. (2013) daimi dişlenmede olan ve sadece Angle Sınıf I çapraşıklığa sahip hastaları çalışmalarına dahil etmişlerdir. Bu çalışma ise rutin olarak klinisyenlere başvurabilecek farklı maloklüzyona sahip bireyler eşit dağılım gösterecek şekilde planlanmıştır.

Boyutsal stabilite, Nicholls (1977) tarafından 'bir malzemenin zaman içinde doğruluğunu koruyabilme yeteneği' olarak tanımlanmıştır. Dental aljinatlar diğer hidrokolloidlere benzer şekilde su kaybettikçe (buharlaştırma ve sineresis yoluyla) veya kazandıkça (imbibisyon yoluyla) bozulma eğilimindedir. Aljinat ölçüler, %100 nem koşullarında depolandığında bile, dehidrasyon dışındaki süreçler, polimerizasyon ve sineresis dahil olmak üzere ölçülerin büzülmesine yol açmaktadır. Tüm bu olumsuz özelliklerine rağmen, düşük maliyeti, manipülasyon kolaylığı, hidrofilik özellikleri, yüzeyinden tükürük ve kanın kolaylıkla uzaklaştırılabilmesi ve hasta konforunun nispeten iyi olması sebebiyle ortodontide en çok kullanılan ölçü maddesidir. Bu sebeple çalışmamızda, ulaşılması kolay ve maliyeti düşük olan aljinat ölçü maddesi kullanılmıştır.

Alcan ve ark. (2009) aljinat ölçülerin zamana bağlı deformasyonunu ve dijital model doğruluğu ile ilişkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada 1 ile 4 günlük saklama periyotları arasında farklı değerlerde deformasyon izlenmiştir. Dijital

modeller ile aljinat modeller arasında en yüksek korelasyon hemen dökülen grupta kaydedilmiştir. Aynı şekilde Coleman ve ark. (1979) ile Cohen ve ark. (1995) farklı markalar ve farklı saklanma koşullarında aljinat materyallerinin boyutsal stabilitelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında en yüksek doğruluk markadan bağımsız olarak hemen dökülen gruplarda kaydedilmiştir. Çalışmamızda da aljinat ölçülerin alınmasından itibaren 15 dakika içerisinde alçı modeller dökülmüştür. Aljinatta meydana gelebilecek sineresis ve imbibisyon gibi olumsuz etkiler minimize edilmeye çalışılmıştır.

Flügge ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada klinik koşullar altında dijital intraoral taramanın hassasiyetini değerlendirmeyi ve intraoral dijital modelleri, ekstraoral tarama sonucu elde edilen dijital modellerle karşılaştırmayı hedeflemişlerdir. Sonucunda, taranmış alçı modellerin daha yüksek bir doğruluğa sahip olduğu bildirilmiştir. Yazarlar intraoral taramadaki düşük hassasiyetin, tarama sırasında hastanın hareketi, sınırlı intraoral boşluk, nem ve tükürük varlığı ve yetersiz ağız içi tarama tekniği de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda klinik koşulların dijital taramayı etkileyip etkilemediğini değerlendirmek amacıyla alçı model ve intraoral tarama grubu haricinde alçı modellerin taranmasıyla elde edilen dijital bir grup daha eklenmiştir.

Sousa ve ark. (2012), Bell ve ark. (2003), Quimby ve ark. (2004), Zilberman ve ark. (2003), Lighthead ve ark. (2012), El-Zanaty ve ark. (2008), Kim ve ark. (2014), Koretsi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmalarda enine boyutsal ölçümler kullanmışlardır. Çalışmalarda genel olarak mandibular ve maksiller interkanin, interpremolar ve intermolar genişlikleri içermektedir. Çalışmamız ise bu çalışmalardan farklı olarak maksilla ve mandibulada keser ve lateral dişler arası, kanin dişler arası, 1.premolar ve 2. premolar dişler arası ve 1. molar dişler arası olmak üzere 6 adet transversal ölçüm içermektedir.

Çalışmamızda değerlendirdiğimiz dişlerin M-D genişlik ve ark uzunluğu ölçümleri bilimsel literatürlerden referans alınarak belirlenmiştir. (Naidu ve Freer., 2013; Kim ve ark., 2014; El-Zanaty ve ark., 2008; Santoro ve ark., 2003). Bu ölçümler

alçı modelde, alçı modelin uzayın 3 yönünde döndürülerek referans noktalarının en doğru şekilde tespit edilebilmesi amaçlanarak gerçekleştirilmiştir. Dijital modellerde de aynı referans noktalarının bulunabilmesi amacıyla; ölçümler OrthoAnalyzer programında dijital modellerin istenilen yöne döndürülmesiyle yapılmıştır.

Horton ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, dijital modeller üzerinde dişlerin meziyo-distal genişliklerinin en doğru ölçülebileceği tekniği belirlemeyi amaçlamışlardır. 32 adet alçı modelde ve aynı modellerin dijital kopyalarında, 5 farklı teknikle 1. büyük azı dişleri arasında bulunan tüm dişlerin meziyo-distal genişliklerini ölçmüşlerdir. İlk olarak standart oklüzal yüzden, 2. olarak oklüzal yüzden her bir diş için yakınlaştırıp uzaklaştırarak, 3. olarak bukkal yüzden yaklaşıp her bir diş için gerektiğinde aksiyal yönünde rotasyon yapılarak, 4. olarak yine bukkal yüzden ve standart 3 pozisyon olan; sağ bukkal, sol bukkal ile anterior bukkalden, 5. olarak istenilen düzlemde istenilen yönde rotasyon yapılarak ölçülmüştür. Tüm ölçümler en az 1 hafta arayla, tüm metodlar için 2 defa tekrarlanmıştır. Ölçümler sonucunda standart oklüzal yüzden yaklaşımın en doğru, en güvenilir ve de en hızlı ölçüm yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda ise dijital modeller sadece oklüzal yönden değil, alçı modellerde olduğu gibi uzayın 3 yönünde döndürülerek ölçülmüştür. Bunun sebebi, oklüzalden bakıldığında, undercut ve benzeri morfolojik oluşumların bilgisayar ekranında dişin meziyal ve distal kenarlarının net olarak tespitini zorlaştırabileceğinin düşünülmesidir.

Yapılan bir derlemede, bu tür çalışmalardaki en büyük rastgele hata kaynağının, ölçüm cihazları için referans olarak kullanılacak noktaları belirlemede yaşanan zorluklar olduğu ve bunun da tekrarlanabilirlikte sorunlara yol açtığı belirtilmiştir (Houston. 1983). Bu nedenle, Lemos ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada ölçümler sırasında cihazın aynı referans noktalara yerleştirilebilmesi amacıyla alçı model üzerinde delikler açmışlardır.

Hayashi ve ark. (2013), standardizasyonun 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliğine etkisini incelemişlerdir. Standardizasyon yapılan grupta, yapılmayan gruba oranla tüm yöntemlerde ölçüm farklılıkları önemli

ölçüde daha düşük bulunmuştur. Çalışmamızda herhangi bir standardizasyon yapılmamıştır. Ölçümler sırasında hem alçı modelde hem de dijital modellerde benzer referans noktalarının alınması beklenildiği için standardizasyon yapılması planlanmamıştır.

Gary ve ark. (2015) iTero (Align Technology, San Jose,CA), True Definition (3M ESPE, St. Paul, MN), the PlanScan (Planmeca/E4D Technologies, Richardson, TX), the CS 3500 (Carestream Health, Rochester, NY), TRIOS (3Shape A/S, Copenhagen,Denmark) ve CEREC AC Omnicam (Sirona Dental Systems, Bensheim,Germany) olmak üzere 6 intraoral tarayıcıyı karşılaştırmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda doğruluk karşılaştırılmasında en küçük sapma TRIOS için bulunurken bunu sırasıyla CS3500, iTero, TrueDefinition, PlanScan ve CEREC OmniCam izlemiştir Hassasiyet karşılaştırılmasında ise en hassas ölçümü TRIOS yaparken bunu, True Definition, iTero, CS3500, CEREC OmniCam ve PlanScan izlemiştir. 3Shape tarama cihazının doğruluk ve hassasiyetinin diğer tarayıcılara oranla daha yüksek olduğu ve klinik olarak daha kabul edilebilir sonuçlar verdiği için çalışmamızda kullanılması tercih edilmiştir.

## **5.2. Bulguların Değerlendirilmesi**

### **5.2.1. Doğruluk Bulgularının Değerlendirilmesi**

Birçok çalışmada alçı modeller altın standart olarak kabul edilerek çeşitli ölçümlerle dijital modellerin doğruluğu değerlendirilmiştir. Quimby ve ark. (2004) dentoform adı verilen plastik model, alçı veya bilgisayar tabanlı modellerin üretilmesiyle ilişkili sistematik hataları değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada dentoform modeller ‘altın’ veya ‘gerçek’ standart olarak adlandırılmıştır. Colton'a göre “doğruluk” hem tarafsızlığı hem de hassasiyeti kapsamaktadır. Bu nedenle tıbbi veriler tarafsız olabilir ancak hassas olmayabilir veya tam tersi de geçerlidir (Stevens ve ark., 2006). Çalışmamızda da alçı modeller doğruluğu değerlendirmek için altın standart olarak kabul edilmiştir. Zira altın standart olarak

kullanılacak kesin diş ölçümlerini in-vivo elde etmek etik ve klinik açıdan mümkün değildir.

Literatürde overjet, overbite ve diş boyutlarında (dişin yarıçapı ve yüksekliği) görülen 0.3 mm'den az sapmaların klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmektedir. Bununla beraber araştırmacılar inceledikleri çalışmalar içinde transversal yöndeki sapmanın ortalama 0.4 mm olduğunu ve bunun klinik olarak önemsiz olduğunu bildirmektedirler (Fleming ve ark., 2011; Leifert ve ark., 2009; Naidu ve Freer., 2013). Altı maksiller ve mandibular kesici dişin toplamındaki sapmanın eşik değeri 0.75 mm, 12 dişin toplamında ise eşik değer 1.5 mm olarak kabul edilmiştir (Tomassetti ve ark., 2001; Wiranto ve ark., 2013). Çalışmamızda grupların kendi içerisinde karşılaştırıldığı tablolarda (Çizelge 4.3.; Çizelge 4.4.; Çizelge 4.5.; Çizelge 4.6; Çizelge 4.7.; Çizelge 4.8) istatistiksel olarak anlamlı bulunan en yüksek farkın 0.21 mm olduğu ve bu farkın klinik olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Maksiller ve mandibular interkanin, interpremolar ve intermolar mesafenin değerlendirildiği çalışmalarda ortalama farklılıklar 0.04 ile 0.4 mm arasında değişmektedir (Fleming ve ark., 2011). Çalışmamızda transversal ölçümlerde 3 grup arasında farklar 0.01 ile 0.17 mm arasında değişmektedir. Hem grupların kendi içerisinde hem de gruplar arası karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmasına karşın bu farkların klinik olarak anlamlı olmadığı söylenebilir.

Alt çene gruplar arası ölçüm ortalamaları arasında transversal yöndeki karşılaştırmalarda LR1-LL1, LR2-LL2 parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Detaylı olarak incelendiğinde ölçümlerdeki farkların genel olarak alçı model ve dijital model grupları arasında olduğu, dijital model gruplarının karşılaştırılmasında fark olmadığı görülmüştür. Fark çıkan parametrelerde intraoral dijital model ve dijitalize alçı model ölçümlerinin ortalama değerleri, alçı model grubundan yüksek bulunmuştur. Farklı yöntemlerin kullanılmasının doğal bir sonucu olarak görebileğimiz bu farkın kalibrasyon ve dijital tarama tekniklerinin geliştirilmesi sonucu minimize edilebileceği düşünülebilir.

Üst çene gruplar arası ölçüm ortalamaları arasında transversal yöndeki karşılaştırmalarda UR1-UL1, UR2-UL2 parametrelerinde istatistiksel olarak fark anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Detaylı olarak incelendiğinde genel olarak alçı model ve dijital model grupları arasında anlamlı fark olduğu, dijital modellerin kendi aralarında farkın anlamlı olmadığı görülmüştür. Dijital modellerde çıkan bu farklılığın sebebinin, programın özelliklerinden biri olarak, anterior bölgede yakınlaştırma yapıldığında kesici kenarın yüzey şeklinde görülmesi ve bir düzlem üzerinde ideal referans noktasının bulunmasının zorlaşması olduğu düşünülmektedir.

Ark uzunluğu açısından 3 grubun karşılaştırılmasında en yüksek fark 0.15 mm olup klinik olarak anlamlı değildir. Alt çene ilk ölçümlerinde alçı model ve dijitalize alçı model arasında orta hat-33 distal, orta hat-43 distal, orta hat-46 mezial parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p<0.05$ ). Alçı model ve intraoral tarama grubu arasında orta hat-33 distal ve orta hat-46 mezial değişkenlerinde farklılık bulunmuştur. Farklılık bulunun tüm parametrelerde dijital gruplarda ölçüm ortalamaları daha yüksektir. Dijital gruplarda ölçüm değerlerinin daha yüksek olmasının sebebinin kumpasla ölçümden farklı olarak dijital modeller üzerinde ölçüm noktalarının yerleştirilmesinde fiziksel bir engelin bulunmaması olduğu söylenebilir.

Üst çene ark uzunluğu açısından orta hat-26 mezial ölçümünde alçı model ile intraoral tarama grubu arasında fark bulunmuştur. Diğer tüm ark uzunluğu ölçümlerinde gruplar arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Üst çenede ark uzunluğu ölçümleri, alt çene ölçümlerine oranla daha doğru bulunmuştur.

Yapılan sistematik bir derlemede diş boyutunun doğrusal ölçümleri için, diş boyutundaki ortalama farklılıklar modeller arasında 0.01 ile 0.45 mm arasında değişmektedir (Rossini ve ark., 2016). Fleming ve ark. (2012) yaptığı derlemede genel olarak, meziyo-distal diş boyutunda 0.01-0.3 mm ortalama farklılıklar rapor edilmiştir. Çalışmamızda ise diş boyutu farklılıkları açısından 0.01-0.06 mm arasında klinik olarak anlamlı olmayan bir bulgu elde edilmiştir.

Üst çenede 3 grup arasında diş genişliği ölçümleri değerlendirildiğinde MD14 ve MD24 parametrelerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur ( $p<.05$ ). Bu farklar alçı model ve dijital model grupları arasındadır. Aynı parametreler için dijital model grupları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Koretsi ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada manuel ve dijital yöntemler arasında premolar dişlerin meziodistal genişlik ölçüm uyumunu, kesici dişlerin genişlik ölçüm uyumuna kıyasla genel olarak düşük bulmuşlardır. Yazarlar ölçülen anatomik yapının şeklinin referans noktasının belirlenmesinde rol oynadığını; kenar bölgede bulunan noktaların kavisli yapılar üzerinde bulunan noktalara göre daha saptanabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda alt çenede gruplar arasında diş genişliği ölçümlerinde MD33 değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p<.05$ ). Detaylı olarak bakıldığında farkın alçı model ve dijital model grupları arasında olduğu gözlenmiştir.

Dijitalize alçı model grubu ile intraoral dijital model grubu arasında bakılan parametrelerin tamamında istatistiksel olarak anlamlı fark çıkmamıştır ( $p>0.05$ ). Dijital model grupları ile alçı model grubu arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı olsa da klinik olarak anlamlı olmayan sonuçlar bulunmuştur. Bu durum dijital modellerle alçı modellerin benzer sonuçlar verdiğini, temel olarak yöntem farkından yani bir grupta dijital kumpas diğer gruplarda bilgisayar yazılımı kullanılmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

3 Shape TRIOS tarayıcısı kullanılarak yapılan bir çalışmada kontrol grubu olarak geleneksel alçı modeller, deney grubu olarak da aynı hastaların ağız içi tarama verileri kullanılmıştır. Alçı modeller ve dijital modeller arasında doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (Xie YL ve Shen G., 2016).

Sun ve ark. (2018) bir intraoral tarayıcı kullanarak in-vivo ve ex-vivo taramaların tekrarlanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya 3.büyükazı diş

haricinde diş eksikliği olmayan 20 birey dahil edilmiştir. Bu bireylerin ilk olarak aljinat ile ölçüleri alınmiş ve alçı modelleri oluşturulmuştur. Her bireyin 2 hafta arayla TRIOS tarayıcı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile iki kez intraoral taraması yapılmış ve alçı modeller de aynı tarayıcı ile aynı aralıktaki taramıştır. Her taramanın ilk görüntüleri, yüzey tabanlı kayıtlar kullanılarak ikinci taramanın görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Birinci ve ikinci görüntüler arasında in-vivo taramaların ortalama yüzey farklılıkları (0.04 mm) ex-vivo taramalardan (0.02 mm) daha büyük bulunmuştur. Yapılan çalışmada en fazla hata molar bölgelerde bulunmuş ve bu hatanın sağ molar bölgede soldan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yazarlar, üreticinin önerileri doğrultusunda taramaya sol bölgeden başlanması ve bunun sonucu olarak görüntülerin birleştirilmesi sırasında hataların sağ arka bölgede birikmesine sebep olabileceğini belirtmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada doğruluk bulguları değerlendirildiğinde bazı parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmasına rağmen bu farklar klinik olarak anlamsızdır. Flügge ve ark.'nın çalışmasından farklı olarak 3Shape tarayıcı kullanılarak yapılan ağız içi taramanın kan, tükürük veya nem gibi ortam koşullarından etkilenmediği ve dijital modellerin doğruluğunun yüksek olduğu bulunmuştur.

### **5.2.2. Güvenilirlik Bulgularının Değerlendirilmesi**

Güvenilirlik, bir ölçümün tutarlılığını ifade etmektedir. Roberts ve Richmond (1997), 0.4'ün altındaki bir ICC değerinin düşük güvenilirliğe sahip olduğunu, 0.4 ile 0.75 arasında orta-iyi olduğunu ve 0.75'in üzerinde mükemmel olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda güvenilirlik değerlendirilmesinde bu ölçek kullanılmıştır.

Üst ve alt çenede bakılan tüm parametreler için ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ICC değerlerinin tüm gruplarda oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. (ICC>0.80)

Üst çene alçı model için en düşük ICC değerleri MD13 ve MD23 ölçümlerinde tespit edilmiştir. Kanin dişin kurvatür hizasında bulunmasından kaynaklı kumpas ile ölçümünün daha zor olabileceği düşünülmektedir. Dijitalize alçı ve intraoral tarama gruplarında en düşük ICC değerleri MD15 ve MD26 ölçümlerinde olduğu görülmüştür. Sebebi olarak bu dişlerin kavisli anatomik yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Alt çene intraoral dijital model grubu için LR1-LL1, dijitalize alçı model grubu için MD43 ölçümlerinin güvenilirliği en düşük bulunmuştur.

Üst çene ve alt çene ICC değerlerinin tüm gruplarda çoğu parametre için 0.90'nın üstünde olması, kumpas veya Orthoanalyzer programı ile ölçümlerin oldukça güvenilir olduğunu göstermektedir.

Bootvong ve ark. (2010) OrthoCad dijital modellerin güvenilirliklerini araştırdıkları çalışmalarında, 80 model çiftinden 10 adedini tekrar ölçmüş, hem alçı model hem de dijital modellerde yaptıkları tüm ölçümlerde gözlemciye ait güvenilirliğin yüksek olduğunu ( $ICC > 0.80$ ) belirtmişlerdir.

Stevens ve ark. (2006) emodel (GeoDigm, Chanhassen, MN, US) yazılımı kullanarak yaptıkları çalışmada alçı model ölçümleri için 0.923; dijital model ölçümleri için 0.882 uyum korelasyon katsayısı bildirmişlerdir.

Naidu ve Freer (2013) iOC ağız içi tarayıcının (Cadent, Carlstadt, NJ) ve tarayıcıya özel olan OrthoCAD yazılımının (Cadent), diş genişliği ve Bolton oran ölçümlerinde geçerliliğini, güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla 30 bireyin aljinat ölçüleri alınıp alçı modeller elde edildikten sonra iOC ağız içi tarayıcı ile direkt dijital modelleri oluşturulmuştur. Diş genişliği ölçümleri için ICC değerleri sırasıyla alçı model grubunda 0.96, dijital model grubunda 0.99 bulunurken; Bolton değerleri için alçı model grubunda 0.87 ve dijital model grubunda 0.93 bulunmuştur. Araştırmacılar iOC / OrthoCAD sisteminin klinik olarak kabul edilebilir

olduğunu; kumpas ve alçı model kullanımına bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Diğer intraoral tarama doğruluğunun veya güvenilirliğinin değerlendirildiği çalışmalara baktığımızda Grunheid ve ark. (2014) Lava COS (3M ESPE), Wiranto ve ark. (2013) Lava COS (3M ESPE), Flügge ve ark. (2013) iTero (Align Technologies) cihazlarını klinik koşullar altında test etmişlerdir. Bu çalışmalarda intraoral tarayıcılar klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar vermiştir.



## 6. SONUÇLAR

Çalışmamızda geleneksel dental alçı modeller, 3Shape Trios cihazı ile alçı modellerin taranması sonucu elde edilen dijitalize alçı modeller ve direkt ağız içi tarama ile elde edilen intraoral dijital model grupları olmak üzere 3 grubun karşılaştırılması yapılmıştır. 3 farklı dişsel maloklüzyona sahip 30 bireyden elde edilen 90 alt ve 90 üst model üzerinde toplam 22 parametre ölçülmüş; 4 hafta sonra tüm ölçümler tekrarlanmıştır.

1. Üst ve alt çenede bakılan tüm parametreler için ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ICC değerlerinin tüm gruplarda oldukça yüksek olduğu bulunmuştur (ICC>0.80). Hem manuel hem dijital yöntemin oldukça güvenilir ve tekrarlanabilir olduğu tespit edilmiştir.
2. Geleneksel alçı model, dijitalize alçı model ve intraoral dijital model ölçümleri karşılaştırıldığında, bazı parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır. Ancak bu farklar klinik olarak anlamlı değildir (0.01-0.17 mm). Fark saptanan parametrelerde dijital modellerin ortalama değerleri geleneksel alçı modellerden daha yüksek bulunmuştur.
3. Dijitalize alçı model ve intraoral dijital model grupları karşılaştırıldığında, bakılan tüm parametrelerde ölçüm sonuçları benzer, farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Dolayısıyla klinik koşulların (nem, tükürük vs.) ağız içi tarama yöntemi ile elde edilen dijital model ölçümlerini etkilemediği söylenebilir.

Çalışmamızın sonucunda, 3Shape (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı ile elde edilen dijital model ölçümlerinin hassas ve güvenilir olduğu saptanmıştır. Alçı modellerin yer ihtiyacı, ulaşım zorluğu, kırılma ve kaybolma riski gibi dezavantajları göz önüne alındığında mevcut hasta arşivinin dijitalleştirilmesinde 3B tarayıcılar güvenle kullanılabilir. Geleneksel ölçü

yöntemlerine alternatif olan 3B ağız içi tarayıcılar kullanılarak elde edilen direkt dijital modellerin, bilimsel araştırmalar ve klinik ölçümler açısından yeterli doğruluğa ve güvenilirliğe sahip olduğu, ayrıca arşivlerde bulunan dental alçı modellerin 3B tarayıcı ile dijitalize edilerek bilgisayar ortamına aktarılması ile elde edilen verilerin hassas ve güvenilir olduğu sonucuna varılabilir.



## ÖZET

### 3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı; dijital ortodontik modellerin güvenilirliğini test etmek, geleneksel alçı modeller ile boyutsal hassasiyet karşılaştırılmasını yapmak, böylece bilimsel çalışmalar ve klinik değerlendirmelerde yeterli hassasiyete sahip olup olmadığını değerlendirmektir. Bu amaçla çalışmaya 18'i kadın, 12'si erkek; 10 Angle Sınıf I, 10 Angle Sınıf II ve 10 Angle Sınıf III toplam 30 birey dahil edilmiştir. Araştırma materyalini; bu bireylerden elde edilen maksiller ve mandibular ortodontik alçı modeller, alçı modellerin 3Shape Trios (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral tarayıcı ile taranması sonucu elde edilen üç boyutlu dijital modeller ve 3Shape Trios ile bu bireylerin direkt ağız içi taramaları ile elde edilen dijital modeller oluşturmaktadır.

Çalışmamızda üst ve alt modellerde toplam 22 adet ölçüm yapılmıştır. Geleneksel alçı modeller üzerinde ölçümler bir dijital kumpas (Mitutoyo Corp., Tokyo, Japan) kullanılarak, dijital modeller üzerinde ölçümler ise 3Shape Ortho Analyzer (Copenhagen, Denmark) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm ölçümler 4 hafta sonra tekrarlanmış olup, ölçümler tek bir araştırmacı tarafından uygulanmıştır. İlk ve ikinci ölçümler arasında farklar bağımlı gruplar t-testi ile analiz edilmiştir. İlk ve ikinci ölçüm ortalamalarının çalışma grupları arasında alt çene ve üst çeneye göre karşılaştırılmasında Varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Fark çıkan parametreler çoklu karşılaştırmalar testleri (post hoc) ile incelenmiştir. Yöntemlerin güvenilirliğinin değerlendirilmesinde ICC (intraclass correlation coefficient) değerleri kullanılmıştır.

Üst ve alt çenede bakılan tüm parametreler için ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ICC değerleri tüm gruplarda 0.80 üzerinde saptanmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada, istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklar klinik olarak anlamlı bulunmamıştır. Fark saptanan parametrelerde dijital modellerin ortalama değerleri, geleneksel alçı modellerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dijital model grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. 3Shape (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen Denmark) ağız içi tarayıcı ile elde edilen dijital model ölçümlerinin hassas ve güvenilir olduğu tespit edilmiştir. Dijital modellerin bilimsel ve klinik çalışmalarda geleneksel alçı modellerin yerine kullanılabilmesi sonucuna varılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital model, alçı model, 3Shape ağız içi tarayıcı, güvenilirlik

## SUMMARY

### **Evaluation of the Reliability and Reproducibility of Measurements on 3 Dimensional Digital Models**

The aim of this study was to test the reliability of digital orthodontic models and to compare its dimensional accuracy with traditional plaster models to evaluate whether they are precise enough for scientific studies and clinical evaluations. For this purpose, 18 female and 12 male; a total of 30 individuals including 10 Angle Class I, 10 Angle Class II and 10 Angle Class III were included. The research material consisted of maxillary and mandibular orthodontic plaster models obtained from the subjects, three-dimensional digital models obtained by scanning the plaster models with 3Shape Trios (TRIOS POD, 3Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral scanner and digital models obtained by direct intra-oral scanning with 3Shape Trios.

In our study, a total of 22 measurements were utilized in the upper and lower models. Measurements on traditional plaster models were done using a digital caliper (Mitutoyo Corp., Tokyo, Japan), and measurements on digital models were made using the 3Shape Ortho Analyzer (Copenhagen, Denmark) program. All measurements were repeated after 4 weeks and were performed by the same researcher. The differences between the first and second measurements were analyzed by dependent groups t-test. Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare the first and second measurement means between the study groups. Parameters with differences were analyzed by multiple comparison tests (post hoc). ICC (Intraclass correlation coefficient) values were used to evaluate the reliability of each method.

The ICC values between the first and second measurements for all parameters in the upper and lower jaw were above 0.80 in all groups. Statistically significant differences between the groups were not clinically significant. The mean values of digital models were observed higher than the traditional plaster models regarding the parameters showing difference.

There was no statistically significant difference between the digital model groups. Measurements of digital models obtained by 3Shape (TRIOS POD, 3 Shape, Copenhagen Denmark) intraoral scanner were found to be precise and reliable. Digital models can be used instead of traditional plaster models in scientific and clinical studies.

**Keywords:** Digital model, plaster model, 3Shape intraoral scanner, reliability

## KAYNAKLAR

- ADAŠKEVIČIUS R, VASILIAUSKAS A. (2008). 3D multicamera dental cast scanning system. *Electronics and Electrical Engineering*, **82**: 49-52.
- AKYALCIN S., J DYER D., ENGLISH, J., SAR, C. (2013). Comparison of 3-dimensional dental models from different sources: Diagnostic accuracy and surface registration analysis. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.* **144**: 831-837.
- ALCAN T., CEYLANOGLU C., BAYSAL B. (2009) The relationship between digital model accuracy and time-dependant deformation of alginate impressions. *Angle Orthod.* **79**: 30-36.
- ALCAÑIZ M., MONTSERRAT C., GRAU V., CHINESTA F., RAMON A., ALBALAT S. (1998) An advanced system for the simulation and planning of orthodontic treatment. *Medical Image Analysis.* **2**:61-77.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ORTHODONTISTS. (2017) Clinical Practice Guidelines for Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Erişim adresi: <https://www.aaoinfo.org/d/apps/get-file?fid=12939>.
- AYOUB AF., SIEBERT P., MOOS KF., WRAY D., URQUHART C., NIBLETT TB. (1998). A vision-based three-dimensional capture system for maxillofacial assessment and surgical planning. *Br J Oral Maxillofac Surg*, **36(5)**: 353-357.
- AYOUB AF., WRAY D., MOOS KF., JİN J., NIBLETT TB., URQUHART C., MOWFORTH P., SIEBERT P. (1997). A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: A preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, **12(1)**: 79-84.
- BELL A., AYOUB AF., SIEBERT P. (2003). Assessment of the accuracy of a three dimensional imaging system for archiving dental study models. *Journal of Orthod*, **30**: 219-223.
- BOOTVONG K., LIU Z., MCGRATH C., H"AGG U., WONG RW., BENDEUS M. (2010). Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *Eur J Orthod.* **32**: 589-95.
- BREUNING KH., KAU CH. (2017) Digital Planning and Custom Orthodontic Treatment. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons Inc.
- BROWN AA., SCARFE WC., SCHEETZ JP., SİLVEİRA AM., FARMAN AG. (2009) Linear accuracy of cone beam CT. derived 3D images. *Angle Orthod.* **79**:150-9.
- CHAMPAGNE M. (1992) Reliability of measurements from photocopies of study models. *J Clin Orthod.* **10**: 648-650.
- CHUN, J.; TAHK, J.; CHUN, Y.S.; PARK, J.M.; KIM, M. (2017) Analysis on the Accuracy of Intraoral Scanners: The Effects of Mandibular Anterior Interdental Space. *Appl. Sci.* **7(7)**:717-719.

- COHEN BI., PAGNILLO M., DEUTSCH AS., MUSIKANT BL. (1995). Dimensional accuracy of three different alginate impression materials. *J Prosthodont.* **4(3)**:195-9.
- COLEMAN RM., HEMBREE JH., WEBER FN. (1979). Dimensional stability of irreversible hydrocolloid impression material. *Am J Orthod.* **75**:438–446.
- CORDATO MA. (1995). A simple mathematical study of anterior dental relations: Part I. *Aust Orthod J.* **13**: 249-52.
- CORDATO MA. (1996). A simple mathematical study of anterior dental relations: Part II, incisor and canine overjet. *Aust Orthod J.* **14**: 143-9.
- DAMSTRA J., FOURIE Z., SLATER JJRH., REN Y. (2010). Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **137**:16-17.
- DE WAARD O., RANGEL FA., FUDALEJ PS., BRONKHORST EM., KUIJPERS-JAGTMAN AM., BREUNING KH. (2014). Reproducibility and accuracy of linear measurements on dental models derived from cone-beam computed tomography compared with digital dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **146**:328-36.
- EBRAHİM MAB. (2015). 3D laser scanners' techniques overview. *Int. J. Sci. Res.* **4**: 323-331.
- EL-ZANATY HM., EL-BEIALY AR., ABOU EL-EZZ AM., ATTIA KH., EL-BIALY AR., MOSTAFA YA. (2010) Three-dimensional dental measurements: an alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **137**:259-65.
- FERRARIO VF., SFORZA C., MIANI A JR., TARTAGLIA G. (1994). Mathematical definition of the shape of dental arches in human permanent healthy dentitions. *Eur J Orthod.* **16**: 287-294.
- FLEMING PS., MARINHO V., JOHAL A. (2011). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: A systematic review. *Orthod Craniofacial Res.* **14(1)**:1-16.
- FLÜGGE TV., SCHLAGER S., NELSON K., NAHLES S., METZGER MC. (2013). Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.*, **144(3)**: 471–478.
- GABOR G. (1948). A new microscopic principle. *Nature*, **161**: 777-778.
- GARY D., HACK, SEBASTIN B., PATZEL M. (2015). Evaluation of the Accuracy of Six Intraoral Scanning Devices: An in-vitro Investigation. *American Dental Association* **10(4)**:1-5.
- GATENO J., XIA J., TEICHGRAEBER JF., ROSEN A., HULTGREN B., VADNAIS T. (2003) The precision of computer-generated surgical splints. *J Oral Maxillofac Surg.* **61**:814-7.

- GATENO J, XIA JJ, TEICHGRAEBER JF, CHRISTENSEN AM, LEMOINE JJ, LIEBSCHNER MAK. (2007) Clinical feasibility of computer-aided surgical simulation (CASS) in the treatment of complex cranio-maxillofacial deformities. *J Oral Maxillofac Surg.* **65**:728-34.
- GLENNER RA. (1997) Dental impressions. *J Hist Dent* **45**:127-130.
- GRACCO A., TRACEY S. (2011). The Insignia system of customized orthodontics. *J Clin Orthod.* **45**:442-451.
- GROTH C., KRAVITZ ND., JONES PE., GRAHAM JWÇ, REDMOND WR. (2014). Three-Dimensional Printing Technology. *J Clin Orthod.* **48(8)**:475-485.
- GRÜNHEID T., MCCARTHY SD., LARSON BE. (2014). Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **146(5)**:673-682.
- HAJEER MY. (2014). Assessment of dental arches in patients with Class II division 1 and division 2 malocclusions using 3D digital models in a Syrian sample. *Eur J Paediatr Dent.* **15**:151-7.
- HALAZONETIS DJ. (2001). Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod.* **119(5)**: 556-560.
- HAN KU., VIG KW., WEINTRAUB JA., VIG PS., KOWALSKI CJ. (1991). Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **100**:212-219.
- HARRADINE N., STEPHENS C. (1990). Holograms as substitutes for orthodontic study casts: a pilot clinical trial. *Am J Ortho Dentofac Orthod.* **98**: 110–116
- HAYASHI K., CHUNG O., PARK S., LEE SP., SACHDEVA RCL., MIZOGUCHI I. (2015). Influence of standardization on the precision (reproducibility) of dental cast analysis with virtual 3-dimensional models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **147(3)**:373-380.
- HORTON HM., MILLER JR., GAILLARD PR., LARSON BE. (2010). Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod.* **2010**;80:254-61.
- HOUSTON WJ. (1983). The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod.* **83**: 382–90
- HUNTER WS., PRIEST WR. (1960) Errors and discrepancy in measurement of tooth sizes. *J Dent Res.* **39**:405–414.
- JOFFE L. (2004) Current products and practices. Orthocad: digital models for a digital era. *J Orthod.* **31**: 344-347.
- KAU CH., LITTLEFIELD J., RAINY N., NGUYEN JT., CREED B. (2010). Evaluation of CBCT digital models and traditional models using the Little's Index. *Angle Orthod.* **80**:435-439.

- KEATING AP., KNOX J., BIBB R., ZHUROV AI. (2008). A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod.* **35**:191-201.
- KIHARA T., TANIMOTO K., MICHIDA M., YOSHIMI Y., NAGASAKI T., MURAYAMA T., TANNE K., NIKAWA H. (2012). Construction of orthodontic setup models on a computer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **141**:806-13.
- KORETSI V., TINGELHOFF L., PROFF P., KIRSCHNECK C. (2018). Intra-observer reliability and agreement of manual and digital orthodontic model analysis. *Eur J Orthod.* **40(1)**:52-57.
- KRAVITZ ND., GROTH C., JONES PE., GRAHAM JW., REDMOND WR. (2014). Intraoral Digital Scanners. *J Clin Orthod.* **48(6)**: 337-347.
- KURODA T., MOTOHASHI N, TOMINAGA R, IWATA K. (1996). Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **110**: 365-369.
- KUSNOTO B., EVANS CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. (2002). *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **122**:342-8.
- LAGRAVÈRE MO., CAREY J., TOOGOOD RW., MAJOR PW. (2008). Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **134**:112-16.
- LARSON BE. (2012). Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **141**:402-410.
- LECOCQ, G. (2016). Intraoral digital scanner: selection and integration in clinics. *J Dentofacial Anom Orthod.* **19**:402.
- LEE R.J., PHAM J., CHOY M., WEISSHEIMER A., DOUGHERTY H.L. JR., SAMESHIMA G.T., TONG H. (2014). Monitoring of tyodont root movement via crown superimposition of single cone-beam computed tomography and consecutive intraoral scans, *Am. J. Orthod.* **145**:399-409.
- LEE S. M., HOU Y., CHO J.H., HWANG H.S. (2016) Dimensional accuracy of digital dental models from cone-beam computed tomography scans of alginate impressions according to time elapsed after the impressions. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.* **149(2)**: 287-294.
- LEIFERT MF, LEIFERT MM, EFSTRATIADIS SS, CANGIALOSI TJ. (2009) Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **136**:16.e1-16.e4.
- LEITH EN, UPATNIEKS J. (1965). Photography by laser. *Scient Am.* **212**: 24–35.
- LEMONS, L.S., REBELLO, I.M., VOGEL, C.J. AND BARBOSA, M.C. (2015) Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3Shape R700 scanner. *Dentomaxillofacial Radiology.* **44(6)**.

- LIGHTHEART KG., ENGLISH JD., KAU CH., AKYALCIN S., BUSSA HI JR., MCGRORY KR. (2012). Surface analysis of study models generated from OrthoCAD and cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **141**:686-93.
- MACCHI A., CARRAFIELLO G., CACCIAFESTA V., NORCINI A. (2006). Three-dimensional digital modeling and setup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **129**:605-10.
- MACHEN DE. (1991). Legal aspects of orthodontic practice: risk management concepts. *British Association of Orthodontists.* **91** : 4.
- MALİK OH., MAND A., MANDALL NA. (2009). An alternative to study model storage. *Eur J Orthod.* **31**: 156-159.
- MARTENSSON B., RYDEN H. (1992). The holodent system, a new technique for measurement and storage of dental casts. *Am J Orthod.* **102(2)**:113-119.
- MARTIN C., CHALMERS E., MCINTYRE G., COCHRANE H., MOSSEY P. (2015). Orthodontic scanners: What's available? *J. Orthod.* **42**: 136–143.
- MAYERS M., FIRESTONE AR., RASHID R., VIG KW. (2005). Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **128**:431-4.
- MCGUINNESS N J., STEPHENS CD. (1992) Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *British Journal of Orthodontics.* **19**: 227 – 232.
- MOTOHASHI N., KURODA T.A. (1999). 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *Eur J Orthod.* **21**:263-274.
- MORMANN W.H., BRANDESTINI M., FERRU A., LUTZ F., KREJCI I. (1985). Marginale Adaptation von adhäsiven Porzellaninlays in vitro. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* **95**:1118-1129.
- MULLEN SR., MARTIN CA., NGAN P., GLADWIN M. (2007). Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **132**:346-52.
- NAIDU D., FREER TJ. (2013). Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **144**:304-10.
- NALCACI R., TOPCUOGLU T., OZTURK F. (2013). Comparison of Bolton analysis and tooth size measurements obtained using conventional and three-dimensional orthodontic models. *Eur J Dent.* **7(Suppl 1)**:66-70.
- NICHOLLS J. (1977). The measurement of distortion: theoretical considerations. *J Prosthet Dent.* **37**:578–586.
- NOLLET PJPM., KATSAROS C., VAN'T HOF MA. (2004). Photographs of study casts: An alternative medium for rating dental arch relationships in unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate-Craniofacial J.* **41(6)**:646-650.

- OKUNAMI TR., KUSNOTO B., BEGOLE E., EVANS CA., SADOWSKY C., FADAVI S. (2007). Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **131**:51-6.
- PAREDES V., GANDIA JL., CIBRIAN RM. (2006). Determination of Bolton tooth size ratios by digitization, and comparison with the traditional method. *Eur J Orthod.* **28**: 120-125.
- PELUSO MJ., JOSELL SD., LEVINE SW., LOREI BJ. (2004). Digital models: An introduction. *Semin Orthod.* **10**:226-238.
- PERIAGO DR., SCARFE WC., MOSHIRI M., SCHEETZ JP., SILVEIRA AM., FARMAN AG. (2008). Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod.* **78**:387-395.
- PROFFIT WR., ACKERMAN JL. (1985). Diagnosis and treatment planning in orthodontics. In: Graber TM, Swain SB, eds. *Orthodontics: current principles and techniques*. St. Louis: CV Mosby.
- QUIMBY ML., VIG KW., RASHID RG., FIRESTONE AR. (2004). The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod.* **74**:298-303.
- REUSCHL RP., HEUER W., STIESCH M., WENZEL D., DITTMER MP. (2016). Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *Eur J Orthod.* **38**, 22–26.
- RHEUDE B., LIONEL PS., FERRIERA A., JACOBSON A. (2005). An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod.* **75**:300-304.
- ROBERTS CT., RICHMOND S. (1997). The design and analysis of reliability studies for the use of epidemiological and audit indices in orthodontics. *Br J Orthod.* **24**:139–47.
- ROSSINI G., PARRINI S., CASTROFLORIO T., DEREGIBUS A., DEBERNARDI CL. (2016). Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **149**(2):161-170.
- SANTORO M., GALKIN S., TEREDESAI M., NICOLAY OF., CANGIALOSI TJ. (2003). Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **124**: 101-105.
- SCHOLZ RP., SARVER DM. (2009). Interview with an Insignia doctor: David M. Sarver. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **136**:853-6.
- SINTHANAYOTHIN C., PHICHITCHAIPHAN N., WONGWAEN N., BHOLSITHI W. (2010). System for archiving, communication and analyzing of 3d dental cast model. *International Conference on Electronics and Information Engineering (ICEIE)*, **V1**-258-262.

- SOUSA MV., VASCONCELOS EC., JANSON G., GARIB D., PINZAN A. (2012). Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **142**:269-73.
- STARCKE EN. (1975). A historical review of complete denture impression materials, *J Am Dent Assoc.* **91**(5):1037-41.
- STEVENS DR., FLORES-MÍR C., NEBBE B., RABOUD DW., HEO G., MAJOR PW. (2006). Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **129**: 794-803.
- STEWART MB. (2001). Dental models in 3D. *Orthod Prod.* 21-24.
- SUN L., LEE J., CHOO H., HWANG H., LEE K. (2018). Reproducibility of an intraoral scanner: A comparison between in-vivo and ex-vivo scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **154**(2):305-310.
- TAKASAKI H. (1970). Moire topography. *Appl Optics.* **9**: 1467–1472.
- TARAZONA B., LLAMAS JM., CIBRIAN R., GANDIA JL. PAREDES, VA. (2011). Comparison between dental measurements taken from CBCT models and those taken from a Digital Method. *Eur J Orthod.* **10**:1-6.
- TARAZONA B., LLAMAS JM., CIBRIAN R., GANDIA JL., PAREDES VA. (2012). Evaluation of the validity of the Bolton Index using cone-beam computed tomography (CBCT). *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* **17**:878-83.
- THIRUVENKATACHARI B., AL-ABDALLAH M., AKRAM NC., SANDLER J., O'BRIEN K. (2009). Measuring 3-dimensional tooth movement with a 3-dimensional surface laser scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **135**:480-5.
- TOMASSETTI JJ., TALOUMIS LJ., DENNY JM., FISCHER JR JR. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod.* **71**:351-7.
- TORASSIAN G., KAU CH., ENGLISH JD., POWERS J., BUSSA HI., SALAS-LOPEZ AM., CORBETT JA. (2010). Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod.* **80**: 662–669.
- TÜRKÖZ Ç. (2009). Dijital Ortodontik Modeller, *GÜ Diş Hek Fak Derg.* **26**(3): 181-187.
- WATANABE-KANNO GA., ABRÃO J., MÍASIRO H JR., SANCHEZ-AYALA A., LAGRAVERE MO. (2009). Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Cencil3 digital models. *Braz Oral Res.* **23**:288-95.
- WHITE AJ., FALLIS DW., VANDEWALLE KS.(2010). Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **137**:456.e1-456.e9.

- WIECHMANN D., RUMMEL V., THALHEIM A., SIMON J.S., WIECHMANN L. (2003). Customized brackets and archwires for lingual orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **124**: 593–599.
- WIRANTO MG., ENGELBRECHT WP., TUTEIN NOLTHENIUS HE., VAN DER MEER WJ., REN Y. (2013). Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **143**:140-7.
- WOLF M., SCHUMACHER P., JAGER F. (2015). Novel lingual retainer created using CAD/CAM technology: evaluation of its positioning accuracy. *J. Orofac. Orthop.* **76** (2): 164–174.
- XIE YL., SHEN G. (2016). Accuracy and reproducibility of intraoral scanning in vivo. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* **25**(5):593- 599.
- XU B., CUMINATO D.F., KEYES NM. (1998). Evaluating Fabric Smoothness Appearance with a Laser Profilometer. *Textile Research Journal.* **68**(12): 900–906.
- YEN CH. (1991). Computer-aided space analysis. *J Clin Orthod.* **25**(4): 236-238.
- ZILBERMAN O., HUGGARE JA., PARIKAKIS KA. (2003). Evaluation of the validity of tooth size and arch measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod.* **73**: 301-306.

## EKLER

### Ek-1. Etik Kurul Onayı



T.C.  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Konu : Etik Kurul Hk.  
Sayı : 36290600/49

05.11.2019

Sayın Prof. Dr. Okan AKÇAM  
A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi  
Ortodonti Anabilim Dalı  
Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Okan AKÇAM tarafından gönderilen “3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi” konulu çalışma, Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş ve araştırma etiği açısından uygun bulunmuştur. Bilgilerinizi saygılarımla rica ederim.

  
Prof. Dr. Murat AKKAYA  
Ankara Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Klinik Araştırmalar Etik Kurul  
Başkanı

Eki: 3 sayfa

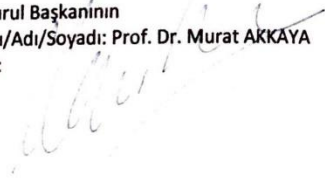
## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

+ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
	AÇIK ADRESİ:	A.Ü. DIŞ HEK. FAKÜLTESİ BEŞEVLER / ANKARA
	TELEFON	296 57 37
	FAKS	
	E-POSTA	disetik@ankara.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	PROF. DR. M. OKAN AKÇAM/ DT. NARİN ÖZTÜRK			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	A.Ü. DIŞ HEK. FAK. ORTODONTİ ANABİLİM ADALI			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	ANKARA			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1			
		FAZ 2			
		FAZ 3			
		FAZ 4			
		Gözlemsel ilaç çalışması			
		Tıbbi cihaz klinik araştırması			
		Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulaması			
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları			
İlaç dışı klinik araştırma			X		
İlaç dışı girişimsel olmayan araştırma					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ X	ÇOK MERKEZLİ	ULUSAL	ULUSLARARASI	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA  
İmzası:



## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	20.09.2019	1	Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama		
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ			
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>		
	İLAN	<input type="checkbox"/>		
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>		
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>		
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>		
	DİĞER:	<input type="checkbox"/>		
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 12/6	Tarih: 23.10.2019		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.			
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU				
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu			
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Murat AKKAYA			

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
			E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Murat AKKAYA	Periodontoloji	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. T. Ufuk TOYGAR MEMİKOĞLU	Ortodonti	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA  
İmzası:

## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

Prof. Dr. Fatma Gül ZIRAMAN	Endodonti	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Serpil ALTUNDOĞAN	Ağız, Diş, Çene Cerrahisi	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. A. Sadullah ÜÇTAŞLI	Protetik Diş Ted.	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Şaziye SARI	Pedodonti	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Adil NALÇACI	Diş Hast. Ve Tedavisi	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Bilge PEHLİVANOĞLU	Fizyoloji	H.Ü. Tıp F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Sevil Özger İLHAN	Farmakoloji	G.Ü. Tıp F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Sevilay KARAHAN	Bioistatistik	H.Ü. Tıp F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Şafak PARLAK BÖRÜ	Hukuk	A.Ü. Hukuk Fak.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Kim. Müh. Orhan YILMAZ	Bilgisayar	A.Ü. Diş H.F.	E <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA  
İmzası:

\*:Toplantıda Bulunma

## Ek-2. Aydınlatılmış Onam Formu



### ANKARA ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ORTODONTİ ANABİLİM DALI

#### ASGARİ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizden “**3 Boyutlu Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümlerin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi**” isimli araştırmaya katılmanız istenmektedir. Çalışmaya sizinle birlikte 30 kişi katılacaktır.

Size invaziv bir işlem yapılmayacak olup sadece tedavinize başlanmadan önce ağız içi tarama cihazı ve aljinat ile dijital ve alçı modeller elde edilecektir. Ağız içi tarama hasta için zararsız bir prosedür olup görüntülemeler, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilecektir.

Yukarıda bahsedilen işlemin size herhangi bir zarar vermesi söz konusu değildir. Çalışmanın size getireceği bir yarar yoktur; bu çalışma ile bilime katkıda bulunacaksınız.

Çalışma nedeniyle sizin veya sosyal güvenlik kurumunun herhangi bir ödeme yapması istenmeyecektir. Çalışmaya katılıp katılmama konusunda tamamen özgürsünüz. İstedığınız zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilirsiniz.

İlgili mevzuat gereğince kimliğinizi ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacak, kamuoyuna açıklanmayacak, araştırma sonuçlarının yayımlanması halinde dahi kimliğiniz gizli kalacaktır. İzleyiciler, yoklama yapan kişiler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin orijinal tıbbi kayıtlarınıza doğrudan erişimleri bulunabilecek, ancak bu bilgileriniz gizli tutulacaktır.

Araştırma ile ilgili her türlü bilgiyi edinebileceğiniz araştırmacıların iletişim bilgileri aşağıda verilmiştir.

“Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ve ilgili ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekimler tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı,

istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.”

Hasta Adı ve Soyadı:

Velinin Adı ve Soyadı:

İmza:

İmza:

Tarih:

Tarih:

Prof. Dr. M.Okan Akçam : [okanakcam@gmail.com](mailto:okanakcam@gmail.com)

Dt. Narin Öztürk : [narinoztrk@gmail.com](mailto:narinoztrk@gmail.com)

## ÖZGEÇMİŞ

### I. Bireysel Bilgiler

Adı : NARİN  
Soyadı : ÖZTÜRK  
Doğum Yeri, Tarihi : Bakırköy, 08.07.1991  
Uyruğu : T.C.  
Yabancı Diller : İngilizce  
Medeni Durumu : Bekar  
İletişim Adresi : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti  
Anabilim Dalı 06500 Beşevler /Ankara  
Elektronik posta : narinoztrk@gmail.com

### II. Eğitim

2016-2020 Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti ABD - Ankara  
2009-2014 İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi - İstanbul  
2005-2009 Vefa Anadolu Lisesi - İstanbul

### III- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

- Türk Ortodonti Derneği

### IV. Bilimsel Etkinlikler

#### Yayınlar ve Tebliğler

#### Poster Sunumları

- Armin Mokhtari Tavana, Pelin Yasemin Mokhtari Tavana, Narin Öztürk. Tempromandibular Eklem Rahatsızlığı Olan Sınıf II Bölüm 2 Maloklüzyon Hastanın Multidisipliner Yaklaşımla Tedavisi: Vaka Raporu. 24.Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, 27-30 Eylül 2018, Ankara, Türkiye.

#### Seminer Sunumları

- Ortodontide Ultrasonografi Kullanımı. Seminer Sunumu, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Haziran 2017.

- Aksiyografi. Seminer Sunumu, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Nisan 2018.

### **Yayınlar**

- Öztürk N., Akçam MO. (2019) Ağız İçi Dijital Tarayıcı ile Elde Edilen Dental Modellerin Geleneksel Alçı Modeller ile Karşılaştırılması. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg.* 46 (3): 151-157

### **Kongre ve Sempozyum Katılımları:**

- 15. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, 5-7 Kasım 2017, Ankara, Türkiye.
- 15. Türk Ortodonti Derneği Bölgesel Toplantısı, 7-8 Nisan 2019, Ankara, Türkiye.
- Türk – Japon Dental Çalıştayı – Turkish – Japanese Dental Workshop, 10 Şubat 2019, İstanbul, Türkiye.

### **Kurs Katılımları**

- Invisalign Sertifikasyon Eğitimi, 8-9 Mayıs 2019, Ankara, Türkiye
- Damon Master Class, 13 Haziran 2019, Ankara, Türkiye.