



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**BRAKETLERİN 3 BOYUTLU DİJİTAL
MODELLER ÜZERİNDE YAPILAN
ÖLÇÜMLERİN GÜVENİLİRLİĞİNE OLAN
ETKİSİ**

Esra TUHAN KUTLU

UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Nurver KARSLI

TRABZON-2023



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**BRAKETLERİN 3 BOYUTLU DİJİTAL
MODELLER ÜZERİNDE YAPILAN
ÖLÇÜMLERİN GÜVENİLİRLİĞİNE OLAN
ETKİSİ**

Esra TUHAN KUTLU
ORCID: 0000-0002-3944-9089

UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Nurver KARSLI
ORCID: 0000-0003-3585-9440

TRABZON-2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının, KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eseri olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kaynakların kaynak listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını beyan ederim.

Esra TUHAN KUTLU

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, yardımını esirgemeden destek olan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurver KARSLI'ya,

Uzmanlık eğitimimde emeği geçen, tecrübeleri ile bana katkı sağlayan sevgili hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış BAŞER'e, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Buket PALA MUTLU'ya

İstatistiksel yöntem ve analizlerin belirlenmesinde katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tamer TÜZÜNER'e

Asistanlığa başladığım andan itibaren çok şey paylaştığımız, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım arkadaşlarım Merve BÖLÜKBAŞI ve Zeynep MUTLU'ya

Uzmanlık eğitimimize birlikte başlayıp, pek çok anı biriktirdiğimiz sevgili arkadaşlarım Tuğba ÇARKACI, Merve ATAĞ, Hikmet GULİYEV, Emre ÇİMEN ve Burak SEVİNÇ'e

Tez yazımı aşamasında problem çözme yeteneğinden çokça kez faydalandığım canım kuzenim Nazım TUHAN'a

Bu günlere gelmemde en büyük katkıya sahip olan, sevgilerini, ilgilerini ve desteklerini her daim hissettiğim canım anne ve babama, çok sevdiğim kardeşlerim Furkan ve Selim'e

Her zorluk ve güzelliği birlikte paylaştığımız, desteğini bir an bile esirgemeyen canım eşime ve doğmak için gün sayan varlığını öğrendiğim andan itibaren tarifsiz duygular yaşatan canım kızım Bilge'ye,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK SAYFASI

BEYAN

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER

iv

TABLolar DİZİNİ

vi

ŞEKİLLER DİZİNİ

vii

RESİMLER DİZİNİ

viii

KISALTMA, SİMGELER DİZİNİ

ix

ÖZET

x

SUMMARY

xi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

1

2. GENEL BİLGİLER

3

2.1. Ortodontide Tanı

3

2.2. Ortodontik Model

3

2.3. Dijital ve Alçı Modellerin Avantaj ve Dezavantajları

4

2.4. Dijital Modellerin Elde Edilme Yöntemleri

6

2.4.1. Fotokopi

6

2.4.2. Holografi

6

2.4.3. Moiré topografisi

7

2.4.4. Stereofotogrametri

7

2.4.5. Yüzey Taraması ile Dijital Model Elde Etme

8

2.4.6. Güncel Dijital Model Elde Etme Yöntemleri

9

2.4.6.1. Lazer Yüzey Taraması

9

2.4.6.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Dijital Model Elde Etme 12

2.4.6.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Tarama	13
2.4.6.4. Ağız İçi Tarama ile Dijital Model Elde Etme	14
2.4.6.4.1. Ağız İçi Tarama Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları	16
2.5. Dijital Modellerin Tedavi Planlamasındaki Yeri	17
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1. Gereç	19
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Dijital Modellerin Oluşturulması	22
3.2.1. Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümler	24
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	26
4. BULGULAR	27
4.1. İntraoral tarama yapılan olguların değerlendirilmesi	27
4.2. Model tarama yapılan olguların değerlendirilmesi	28
4.3. Braketsiz tarama yapılan olguların değerlendirilmesi	29
4.4. Braketli tarama yapılan olguların değerlendirilmesi	30
5.TARTIŞMA	33
5.1. Amacın Tartışması	33
5.2. Materyal ve Metodun Tartışması	37
5.3. Bulguların Tartışması	40
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
7. KAYNAKLAR	44

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No		Sayfa
Tablo 1:	İntraoral tarama yapılan olguların ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi	27
Tablo 2:	Model tarama yapılan olguların ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi	28
Tablo 3:	Braketsiz olgularda ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi	29
Tablo 4:	Braketli olgularda ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi	31



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.	Lazer triangölasyon tekniğine dayalı olarak hazırlanmış analiz sistemi.	10
Şekil 2.	Multi kamera sistem kurulumu	11
Şekil 3.	Hastanın ağzına yerleştirilmiş bir intraoral lazer tarayıcının aynaları, lazer diyotu ve CCD kameranın temel düzeni	15
Şekil 4.	Cinsiyete bağılı demografik dağılım	19
Şekil 5.	Çalışma gruplarının dağılımı	21
Şekil 6.	Braketsiz tarama şekillerine göre üst ark çevresi dağılımı	30
Şekil 7.	Braketsiz tarama şekillerine göre alt ark çevresi dağılımı	30
Şekil 8.	Braketli tarama şekillerine göre üst ark çevresi dağılımı	32
Şekil 9.	Braketli tarama şekillerine göre alt interkanin dağılımı	32

RESİMLER DİZİNİ

Resim No		Sayfa
Resim 1.	A. 3Shape Trios3 ağız içi tarayıcı B. 3Shape R700 model tarayıcı	21
Resim 2.	Model tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller	22
Resim 3.	Model tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller	23
Resim 4.	İntraoral tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller	23
Resim 5.	İntraoral tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller	23
Resim 6.	Braketli ve braketli modeller üzerinde ark uzunluğu, interkanin, interpremolar, intermolar ölçümleri	25
Resim 7.	Braketli intraoral taramalar üzerinde ark uzunluğu, interkanin, interpremolar, intermolar ve ark çevresi ölçümleri	25
Resim 8.	Braketli model taramalar üzerinde ark uzunluğu, interkanin, Interpremolar, intermolar ve ark çevresi ölçümleri	25

KISALTMA, SİMGE VE FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

CAD/CAM	Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
BT	Bilgisayarlı Tomografi
STL	Stereolitografi Format
CCD	Charge Coupled Device
LED	Light Emitting Diode
PAR	Peer Assesment Rating
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
3D	Üç Boyutlu
2D	İki Boyutlu

Simgeler

mW	Miliwatt
n	Örnek Sayısı
p	Önem Düzeyi
m³	Metreküp
<	Küçüktür
>	Büyüktür
%	Yüzde

ÖZET

Ortodonti alanında maloklüzyonun teşhis ve tedavi planlaması için dental modeller, intraoral ve ekstraoral fotoğraflar, klinik ve radyolojik muayene yöntemlerinden yararlanılır. Maloklüzyonun incelenmesinde ortodontik alçı modeller, geçmişten günümüze altın standart kabul edilse de bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte dijital modeller artık ortodontik teşhis ve tedavi planlamasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, ortodontik braketlerin 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan lineer ölçümler üzerindeki etkisinin değerlendirilmesidir. Hastalardan ortodontik tedavi öncesi braketsiz ve ortodontik tedavinin başladığı seans braketlerin yerleştirilmesinden sonra ark teli takılmadan önce Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) aljinat ölçü maddesi ile alt ve üst çene ölçüleri alınmıştır. Alınan ölçüler bekletilmeden Zhermack Elite Rock Tip IV (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) dental alçı ile dökülerek dental modeller elde edilmiştir. Braketsiz ve braketli dental alçı modeller 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarayıcı kullanılarak dijital modele çevrilmiştir. Hastaların intraoral modelleri ise ortodontik tedavileri başlamadan önce ve ortodontik tedavinin başladığı seans braketli olarak 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı ile oluşturulmuştur. Dijital modeller Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) programına transfer edilerek dental ölçümler bu program aracılığı ile yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, braketli ve braketsiz olarak alınan intraoral taramalarda ve model taramalarında yapılan ölçümlerde anlamlı fark bulunmamıştır. Ortodontik tedavinin başlangıç aşamasında teşhis ve tedavi planlaması için sıklıkla kullanılan bu tarama yöntemleri tedavinin ara aşamalarının değerlendirilmesinde de hekimler açısından güvenle kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dental model, ortodontik braket, dental ölçüm

SUMMARY

Dental models, intraoral and extraoral photographs, clinical and radiological examination methods are used for diagnosis and treatment planning of malocclusion in orthodontics. Although orthodontic plaster models have been accepted as the gold standard in the examination of malocclusion, digital models have now been widely used in orthodontic diagnosis and treatment planning with the developments in computer technology. The aim of this study is to evaluate the effect of orthodontic brackets on linear measurements made on 3D digital models. Dental impression were taken with Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) alginate material from the patients without brackets before orthodontic treatment and at the beginning of orthodontic treatment with brackets. Dental models were obtained by using Zhermack Elite Rock Type IV (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) dental plaster without waiting from the measurements taken. Bracketless and bracketed dental plaster models were converted to digital models using the 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model scanner. Intraoral models of the patients were created with the 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) intraoral scanner before orthodontic treatment started and when orthodontic treatment started. Digital models were transferred to the Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) program and measurements were made through this program.

As a result of the study, no significant difference was found in the measurements made in the intraoral scans and model scans taken with and without brackets. It is thought that these scanning methods, which are frequently used for diagnosis and treatment planning at the initial stage of orthodontic treatment, can be used safely for physicians in the evaluation of the intermediate stages of treatment.

Keywords: Digital dental model, orthodontic brackets, dental measurement

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Ortodonti alanında maloklüzyonun tanımlanması ve tedavi planının oluşturulması için kullanılan teşhis araçları dental modeller, intraoral ve ekstraoral fotoğraflar, klinik ve radyolojik muayene yöntemleridir (1). Hastalanın ağız içi ölçülerinin alınmasıyla üretilen dental modeller, vakayı hekime üç boyutlu olarak sunarak ayrıntılı değerlendirmesine yardımcı olur (2).

Altın standart kabul edilen dental alçı modeller, maloklüzyonun değerlendirilmesinde çok uzun yıllardır kullanılmaktadır (3). Bu alçı modellerin kullanımında bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Modellerin kullanımı sonucu üzerinde meydana gelen aşınma, kopma ve bu sebeplerden ölçümlerde hatalı sonuçlar, alçının kırılma riski, depolanması için yer ihtiyacının olması önemli dezavantajları olarak sayılabilir (4).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte günümüzde dijital dental modeller ortodontik teşhis ve tedavi planlamasında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (5). Dijital dental modeller, dolaylı veya doğrudan tekniklerle oluşturulabilir. Dolaylı yöntemler, alijinat ölçülerle elde edilen alçı modellerin lazer taramasını içerirken, doğrudan yöntemler ise; hastanın ağız içi taramasını içerir (6,7). Bu dijital tarama modellerinin, depolama problemlerinin olmaması ve model kırılma riskini ortadan kaldırması gibi alçı modellere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır (8). Ayrıca dijital modeller hastalar ve diğer meslektaşlarla olan fikir alışverişinde kolaylık sağlamaktadır (9,10).

Başarılı ortodontik tedavi, yalnızca ilk tanıya değil aynı zamanda tedavi sürecinin doğru değerlendirilmesine de bağlıdır. Klinisyenler genellikle ortodontik tedavinin devam eden aşamalarında oklüzyonu analiz etmek ve diş hareketlerini değerlendirmek için hastalardan dijital ya da geleneksel olarak model alırlar (11).

Ağız içi tarayıcılardaki son gelişmelerle birlikte tedavi başlangıcında, dijital ağız içi tarama diş hekimliğinde geleneksel ölçü almaya alternatif olarak yaygın olarak kullanılmaya başlandı ve güvenilirliği önceki çalışmalarla rapor edildi (12–14). Buna karşılık olarak, ortodontik tedavinin devam eden aşamalarında dijital taramalar dişler üzerindeki ortodontik braketler varlığında yapılmaktadır.

Literatürde baretlerin 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğine olan etkisi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Tüm bu bilgiler ve çalışmalar

ışığında amacımız ortodontik braket varlığında 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan lineer ölçümler arasındaki farklılığın değerlendirilmesidir. Bu alışma ile ortodontik tedavinin ara aşamalarında alınan dijital ölçüler üzerinde braketlerin etkisi araştırılarak bu bilgiler ışığında hastaya karşı daha dikkatli ve bilinçli yaklaşımının sağlanması hedeflenmektedir.



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Ortodontide Tanı

Tanı; baş, yüz, çeneler veya diş dizilerine ait herhangi bir bölgede mevcut olan semptomları klinik, radyolojik ve laboratuvar araçlarından yararlanarak inceleyip maloklüzyonun şiddeti ve yönü hakkında bilimsel bir sonuca varmaktır. Ortodontik tedavi planlaması oluştururken süreç, maloklüzyonun özelliklerinin belirlenmesini, etiyojisinin tanımlanmasını ve bir tedavi stratejisinin belirlenmesini içerir (1).

Ortodontik uygulamada teşhis maloklüzyonun sınıflandırılmasını içerir ve kapsamlı bir bilgi sentezi gerektirir (15). Ortodontistlerin tedavi planını belirlemek için kullandığı birden çok tanı araçları mevcuttur. Direkt tanı yöntemi olarak anamnez, ağız içi ve ağız dışı detaylı muayene yapılırken; indirek tanı yöntemi olarak ortodontik modeller, ağız içi ve ağız dışı röntgenler, cephe ve profil fotoğrafları kullanılır.

2.2. Ortodontik Model

Alçı modeller okluzal ilişkilerin tedavi öncesi, sırası ve tedavi sonrası değerlendirilmesinde önemli bir rol oynayarak hekimlerin klinik muayene sırasında elde edilen izlenimlerini daha ayrıntılı olarak değerlendirmesine olanak tanıyan, oklüzyonun üç boyutlu bir görünümünü sağlar. Ağız yumuşak dokularından etkilenmeden, bir vakanın incelenmesini kolaylaştırır (15–17). Ekstraoral ve intraoral fotoğraflar, dental modeller, intraoral ve/veya panoramik radyografiler, sefalometrik radyografiler, çalışma modelleri, Amerikan Ortodonti Derneği (2017)'ne göre, ortodontik tedavinin başlangıcında ve sonunda rutin kayıtlar olarak sayılır ve ortodontistler için vazgeçilmez tanı araçlarıdır (4).

1700'lü yıllardan başlayan hastadan ölçü alarak çalışma modeli elde edilme işlemi, ilk olarak Philipp Pfaff tarafından mum bazlı bir ölçü maddesi ve paris alçısı kullanılarak yapıldığı bildirilmiştir (18). 1900'lerin başından itibaren irreversible hidrokolloid (aljinat) polivinilsiloksan, elastik polieter gibi boyutsal stabilite, kullanım kolaylığı ve maliyet yönünden daha uygun olan yeni ölçü materyallerinin üretimine başlanmıştır. Bu materyallerin birçoğu günümüzde de rutin olarak kullanılmaya devam etmektedir (4).

Dişlerin boyutlarının, ark içerisindeki konumlarının, malpozisyonlarının belirlenmesinde ve maloklüzyonun sınıflandırılmasında alçı modeller klinik rutinde çok önemli bir yere sahiptir. Ortodontistin tedavi planlaması yapmasında yardımcı bir araç olarak görev yapar (4). Dental alçı modeller, Spee ve Wilson eğrilerinin yumuşak dokular

olmadan daha rahatlıkla gözlenebilmesine ve Bolton, ark boyut uyumsuzluğu gibi analizlerin yapılabilmesine olanak tanır.

Ortodontik tedavinin başlangıç, ara ve bitim safhalarında alınan ortodontik modeller, tedavinin başından sonuna kadar olan değişimi hem hastalarla hem de diğer hekimlerle paylaşabilme imkanı sağlar.

Yapılan bir çalışma tedavi planlaması oluşturmak için sadece ortodontik model kullanımı ile panoramik röntgenler, lateral sefalometrik filmler, yüz fotoğraflarının kullanımını karşılaştırmış ve vakaların %55'inde önemli ölçüde farklılık göstermediği sonucuna varılmıştır. Bu durum ortodontik modellerin tedavi planlaması için önemini ortaya koymaktadır (1).

Ortodontik model elde etmek için 1700'lerden 1900'lara kadar bal mumu, paris alçısı, stenç gibi distorsiyona uğrayan ve kullanım zorluğu oluşturan ölçü maddeleri kullanılmıştır (18,19). 1900'lardan itibaren reversible ve irreversible hidrokolloid aljınatların üretimi, geçmiş dönemde kullanılan ölçü maddelerinin yetersizliklerinin çoğunu ortadan kaldırarak ölçü alınmasında ciddi kolaylık sağlayarak yeni bir çıkış açmıştır (20). Günümüzde reversible ve irreversible hidrokolloidlerden boyutsal stabilitesi daha yüksek olan polieter ve polivinil siloksan (PVS) gibi ölçü malzemeleri ortaya çıkmış olsa da ortodontik ölçü materyali olarak kliniklerde irreversible hidrokolloidler ve bu ölçülerden model üretimi için Tip II dental alçı en sık kullanılan malzemelerdir (20).

Teknolojinin gelişmesiyle, geleneksel ölçü materyallerinin dezavantajlarını önlemek için dijital model elde etmeye yönelik gelişmeler hızlanmıştır (21). Hastanın alçı modelleri veya aljınat ölçülerinden üç boyutlu (3B) dijital dental modellerin üretimi, Cadent firması tarafından OrthoCAD sisteminin tanıtılmasıyla başlamıştır. Bu sistemde alçı modeller veya aljınat ölçüler tarama merkezlerine gönderilmiş, oluşturulan görüntüler dijital bir dosya olarak dönüştürülmüştür (22,23). Cadent daha sonraki yıllarda iTero dijital baskı sistemini geliştirmiş bu sayede intraoral taramalarla dijital ortodontik modeller üretilmeye başlanmıştır (23).

2.3. Dijital ve Alçı Modellerin Avantaj ve Dezavantajları

Diş hekimliğinde, alçı modeller okluzal ilişkilerin tedavi öncesi, sırası ve tedavi sonrası değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu modeller, tedavi sonuçlarının kaydını sağlamanın yanı sıra klinisyen için yardımcı bir teşhis aracı görevi de

görür (24). Bunlara ilaveten çalışma modelleri, vaka sunumlarında, tedavi ilerlemesinin değerlendirilmesinde ve hasta dokümantasyonu için önemlidir (25).

Birçok avantaj ve dezavantaja sahip geleneksel alçı modeller uzun yıllardır kullanılmaktadır. Tanı ve tedaviye yönelik olarak alçı modeller üzerinde çeşitli yöntemler kullanılarak doğrudan ölçümler yapılabilmektedir. Diş boyutu, ark uzunluğu, ark genişliği, yer darlığı ve Bolton analizi gibi ölçümler bunlara örnektir. Black, dişlerin boyutlarını ölçtüğü ilk çalışmayı yayınlamış ve ilerleyen yıllarda Neff, alt-üst anterior diş boyutları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır (26,27).

Alçı modellerin kullanımı yaygındır ancak başlıca kırılma, kayıp ve depolama gereklilikleri gibi çeşitli problemlerle ilişkilidir (24). Yasal dokümantasyon için diş alçılarını saklama ihtiyacı, diş hekimleri arasında uzun vadeli depolama sorunları yaratmıştır (28). Her bin hasta için geleneksel modellerin saklanması için gereken alanın 17 m³ olduğu bildirilmiştir (28). Alçı modellerin kırılğan yapısı nedeniyle taşınmaları sorun oluşturmaktadır. Bu durum diğer hekimlerle bilgi alışverişinde aksaklıklara neden olmaktadır. Bazı durumlarda modelin çoğaltılması gerektiğinde ek laboratuvar işlemi gerektirir bu da zaman alan ve maliyeti arttıran bir durumdur (20,29).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte dijital dental modeller artık ortodontik tanı ve tedavi planlamasında yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Dijital modellerin kullanımı ile saklama yükü, kırılma riski ve diğer klinisyenlerle verilerin paylaşılmasındaki zorluklar dahil olmak üzere, geleneksel ölçülerden üretilen alçı modellerin birçok engeli ve zorluğu azalmıştır (8,30). Dijital modeller, bir depolama alanından alçı modellerin alınmasına gerek kalmadan 3B verilere anında erişilebilirlik sağlar, diğer hekimlere danışma için başka dosya biçimlerine aktarılabilir ve sanal görüntüler sayesinde anında yönlendirme yapılabilir (21).

3 boyutlu modellerin doğruluğunu değerlendirmek için yapılan çalışmalar, hem doğrusal hem de açısal ölçümlerin alçı modeller üzerinde yapılan ölçümlerle karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir (10,31–34). Dijital modellerin doğruluğunu destekleyen kanıtlarla, ortodontik uygulamalara adaptasyonları giderek artmaktadır.

Dijital model elde etmek için kullanıcı eğitiminin zaman alması, teknolojik gelişmelerin her an takip edilmesinin gerekmesi ve modellerin elde edilmeleri için gereken sürenin geleneksel ölçü yöntemlerine göre daha uzun olması dezavantajları olarak sayılabilir (35).

2.4. Dijital Modellerin Elde Edilme Yöntemleri

Gelişen teknoloji ve geleneksel modellerin dezavantajları, dental model oluşturmak için alternatif yöntemler üzerine araştırmaları teşvik etmiş ve birçok yöntem geliştirilmiştir. Fotokopi (17), holografı (36), Moiré topografisi (37), stereofotogrametri teknik (38) geliştirilen yöntemlerdendir.

2.4.1. Fotokopi

1991 yılında Yen tarafından uygulanan bu yöntem, alçı modellerden fotokopi çekilerek dijital görüntüler elde edilme işlemidir. Bir dental alçı modelin tarayıcı makineye yerleştirilip, dental modelin taranmasına ve oklüzal yüzeyinin görüntüsünün elde edilmesine dayanmaktadır. Yen, alçı modeller üzerindeki manuel ölçümleri bu dijital görüntüler üzerindeki ölçümlerle karşılaştırmış ve anlamlı fark olmadığını bildirmiştir (17). Daha sonraki yıllarda 3 boyutlu bir modelin iki boyuta indirgenmesinin ölçümlerde güvenli sonuçlar vermediğini, fotokopiler üzerinde yapılan ölçümlerin daha küçük değerler olduğunu savunan çalışmalar yapılmıştır (39). 2006 yılında fotokopi yöntemi ile geleneksel yöntemi karşılaştıran bir çalışmada modeller üzerinde Bolton analizi yapılmış sonuçlarda anlamlı farklılık olmadığı gözlenmiştir (40).

2.4.2. Holografı

Holografı 1948’de tekrar yapılandırılmış dalga cephesi mikroskopisi tekniği olarak Gabor tarafından tanıtılmıştır (41). Lazer ışını uygulamasıyla holografide devrim yaratan Leith ve Upatnieks’in çalışması olmuştur (42). Holografı, birkaç mikrometrelik 3 boyutlu yer değiştirmelerin doğrudan ölçülmesine olanak tanır (43–45). Hologram yapı, iki ışık kaynağından saçılan ışınların birbirleriyle olan etkileşimleri neticesinde, yüksek netlik ve hassasiyette bölgenin tam olarak karartılmasıyla oluşur (46).

Dental modelleri kaydetmek için özel tasarımı bir holografı kamerası gerekli olup her model için oklüzal, ön, sağ bukkal ve sol bukkal holografik görüntü alınır. Hologramların üretilmesi pahalı ve zordur. Görüntüler 3 boyutlu olmasına rağmen, statik bir biçimde saklanır ve bir çalışma modelinde olduğu gibi manipüle edilemez.

Bu yöntemle ilgili en büyük sorun, özellikle kesici diş bölgesinde olmak üzere çalışma modellerinin ayrıntılarının kayıt kalitesinin düşük olmasıdır (47). Holografının bir avantajı, filmlerin tıbbi kayıtlarla birlikte saklanabilmesi ve dental çalışma modellerinin

arşivlenmesine yönelik ileri bir adım olmasıdır. Ancak, orijinal modellerin yerini tamamen alamayacağı düşünülmektedir.

2.4.3. Moiré topografisi

Moiré Topografisi, diş hekimliği araştırmacıları tarafından çalışma modellerini depolamak için kullanılmıştır (48,49). Bu yöntem, doğrudan bir nesne üzerinde ardışık kontur çizgileri üretmek için tasarlanmış bir kontur haritalama tekniğidir. Özellikle diş morfolojisi için çözünürlük zayıftır. Ayrıca, çalışma modellerinin kişisel bir bilgisayarda saklanabilen dijital formatta kaydedilmesi için bir yönteme ihtiyaç duyulması dezavantajı olarak sayılabilir.

2.4.4. Stereofotogrametri

Stereofotogrametri, nesneden eşit mesafe uzaklıkta bulunan 2 kamera ile farklı birkaç noktadan alınan görüntülerin rekonstrükte edilmesiyle nesnenin görüntüsünün 3 boyutlu olarak algılanması yöntemidir (50) Tek düzlem üzerinde alınmış iki fotoğrafın birleşimini ifade eder (50,51).

Tıbbi açıdan ilk kez Dr. Holmes, Amerikan iç savaşı nedeniyle protez bacak yapımında kullanmıştır. Bu alanda ilk yayın Finsterawlder tarafından 1899 yılında yayınlanmıştır (52).

Bu teknik zaman içerisinde geliştirilerek, kayıt işleminde önceden kalibre olmuş kameralar ve CCD sensörleri kullanılmış ve dijital ortama aktarılabilmektedir. Yazılımlar sayesinde bu dijital görüntülerin analizlerinin manuel yöntemlerle karşılaştırmasını içeren çalışmalar yapılmıştır (53). Bu teknik ile, bir çift stereo video kamera bilgisayara bağlanmış, 10 özel renklendirilmiş aydınlatmalar ile dental alçı modellerin dijital ortama aktarılması sağlanarak 3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir (54).

Dental modeller elde etme ve fasiyal yumuşak doku görüntüleri oluşturmak için stereofotogrametrik yöntemin kullanıldığı bir çalışmada, Vectra (Canfield Scientific, Fairfield, NJ) yazılım programı ile üç boyutlu koordinatları oluşturulan 3'er adet fasiyal ve dişsel referans noktası arasında 7 doğrusal ölçüm yapılmıştır. Sonuç olarak, stereofotometrik yöntemle elde edilen üç boyutlu görüntülerin klinik kullanımlarının uygun olduğu bildirilmiştir (55).

Kameraların gelişmesiyle görüntü çözünürlüğü artmaya başlamış böylece daha detaylı veriler elde edilmeye başlanmıştır (56). Bu yöntem ile elde edilen görüntüler STL

(Standard Tessellation Language/ Stereolitografi) vb. formatlarla başka hekimlere gönderilerek bilgi alışverişinde bulunulabilir (57).

Stereofotogrametri yöntemi, çoklu kamera sistemi ile çalıştığından cihazlarda kullanılan kameraların hassas bir şekilde kalibre edilmesi alınan görüntülerin güvenilirliğini etkilemekte bu nedenle her çekimden sonra kameraların tekrar kalibre edilmesi gerekmektedir (58).

2.4.5. Yüzey Taraması ile Dijital Model Elde Etme

Günümüzde kullanılan sistemlerin gelişmesinde yüzey tarama yöntemleri önemli rol oynamaktadır. Çalışma prensiblerinde görüntüleme sensörleri veya ortamdaki elektromanyetik enerji kullanılır (59).

En sık kullanılan yüzey tarama yöntemleri 4'e ayrılır.

- Stereo Analiz Yöntemi
- Gölgeleştirme Yöntemi
- Fotometrik Stereo Yöntemi
- Yapısal Işıklendirme Yöntemi

Stereo Analiz Yöntemi

Bu yöntemde değişik açılardan çekim yapan 2 kamera kullanılır. İnsan gözünün görme mekanizmasıyla aynı prensipte çalışır. Üç boyutlu görüntüsü istenilen objenin, tek düzlem üzerinde farklı açılardan görüntüsü alınıp o görüntülere derinlik kazandırılmasıyla oluşturulur.

Gölgeleştirme Yöntemi

Beyin nesneleri algımlarken stereoskopik görüntüyü ve nesneye ait gölge görüntülerini kullanır. Cisimlerden gözümüze ulaşan ışık yoğunluğu farklıdır. Bu yoğunluk, ışık kaynağının yoğunluğuna (global aydınlatma), nesnenin yansıtma özelliğine (albedo), nesnenin eğimine bağlıdır. Işık kaynağının cisim üzerine düşme açısı ile cismin parlaklığı değişebilir (59).

Fotometrik Stereo Yöntemi

Bu yöntem gölgeleştirme yöntemine benzerken, stereo analiz yöntemine ters prensipte çalışır. Stereo analizden farklı olarak 2 ışık kaynağı ile birlikte 1 kamera kullanılır.

Sabit bir kamera ile farklı parlaklıktaki görüntüler elde edilir ve bilgisayar tarafından üç boyutlu olarak şekillendirilir. 3 boyutlu görüntüsü istenilen nesnenin özellikleri etkisizdir. 2'den fazla ışık kaynağı kullanmanın cisimlerin farklı özelliklerinden kaynaklanan sorunlara alternatif çözüm olacağı bildirilmiştir (59).

Yapısal Işıklandırma Yöntemi

Genellikle lazer ışık kümesinin kullanıldığı bu yöntemde, kamera sabitken ya lazer cisim etrafında ya da cisim kendi etrafında dönmektedir. Günümüzdeki dijital dental modeller sunan firmalar genel olarak bu yöntemi kullanır.

2.4.6. Güncel Dijital Model Elde Etme Yöntemleri

2.4.6.1. Lazer Yüzey Taraması

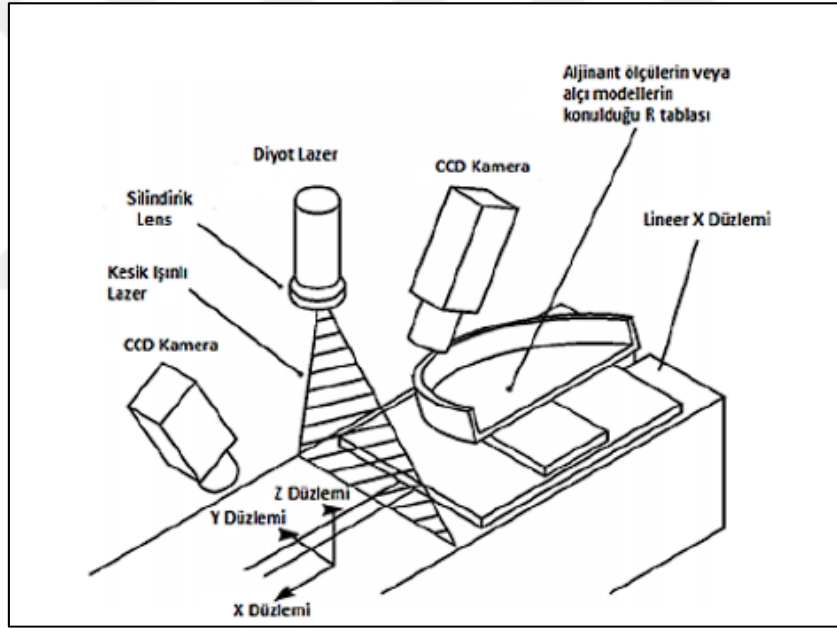
Alçı modellerin ve alınan dental ölçülerin dijitalle dönüştürülmesinde günümüzde sıklıkla yüzey tarama yöntemleri kullanılmaktadır. Yapısal ışıklandırma tekniğini kullanan bu yöntemin 4 unsuru mevcuttur: dönme özelliği olan bir platform, ışık kaynağı, görüntüyü kaydeden bir video kamera ve bilgisayar. 180°dönme özelliği olan platforma alçı model yerleştirilir. Model üzerine gönderilen ışık ile model taranırken, video kameranın kaydettiği görüntü bilgisayara aktarılır (60). Birçok ışık kaynağı türü olsa da en sık lazer ve Light Emitting Diode (LED) kullanılır (61).

Dental modelin tüm yüzeylerinin taranması ve ışığın kalitesi görüntünün çözünürlüğünü etkilediği bildirilmiştir. Bu teknikte nesnelerin sadece uzunlukları değil derinlikleri de belirlenebilir (59).

Yapılan bir çalışmada ortognatik cerrahi vakalarının planlanmasının model cerrahisi aşamasını bilgisayar yazılımıyla yapabilmek için dental ölçü analiz sistemi geliştirilmiştir. Ölçüm cihazı, yarık ışınlı bir lazer projektör, yansıyan görüntüleri yakalamak için iki CCD video kamera, X-Y nesne tabloları, nesnenin çevresini ölçmek için bir R-tablosu, bir görüntü işlemci ve veri denetleyicisi olarak kullanılan kişisel bilgisayardan oluşur. Dental alçı, dönen bir çokgen ayna aracılığıyla 3 mW'da 670 nm dalga boyuna sahip bir yarık lazer ışını ile yansıtılır ve taranır. Bu yarık ışın, X-Y düzleminde projekte edilir. Ölçülecek nesne döner tabla üzerine sabitlenir ve x tablası yarık ışın düzleminde hareket ettirilir. X eksenini yansıyan lazer ışınları aynı anda iki CCD video kamera ile alınır bunun nedeni girintili alanların yeterli örnekleme sağlanmasıdır. Bu teknik ile bilgisayarda üç boyutlu model görüntüsü elde edilmiştir.

Elde edilen dijital model üzerinde lineer ve açısal ölçümlerin yapılabileceği gösterilerek klinik kullanıma sunulmuştur. Ancak undercutlı bölgelerin tam olarak taranamaması çalışmanın dezavantajı olarak gösterilmiştir (62).

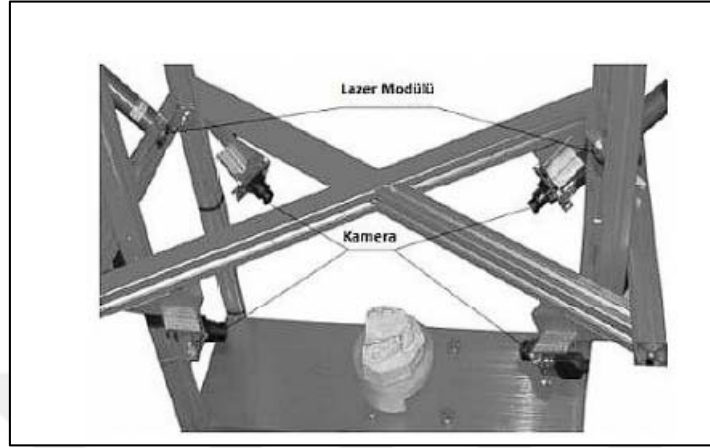
Alcañiz ve ark., (1998) aljinat ölçülerin dijital taranması için optik bir ölçüm sistemi tanımlamışlardır. Alınan ölçülerden alçı model oluşturulmasının masraflı ve zaman alıcı olması nedeniyle direkt ölçüler üzerinden 3B ortodontik modelleme yapılabileceği gösterilmiştir. Optik triangülasyon tekniikle hazırlanan sistemde kesik ışınlı lazerler dental aljinat ölçü üzerine yansıtılmış ve ışının deformasyonundan ölçünün şekline ilişkin bilgiler elde edilmiştir (Şekil 1). Bu yöntemde de undercutlı bölgelerin net olarak görüntülenememesi dezavantaj olarak bildirilmiştir (63).



Şekil 1: 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 (63).

Alçı ve dijital modeller üzerinde yapılan ark boyu ölçümlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada “3B Multikamera Model Tarama Sistemi” tanımlanmıştır. Dijital görüntülerin undercutlı alanlarda net olmamasının önüne geçmek amacıyla önceki yöntemler geliştirilerek bu sistem, 180° dönebilen bir platform, 4 adet kamera ve 2 adet şerit lazer

projektöründen oluşmaktaydı (Şekil 2). Araştırmacılar, dijital modellerin alçı modellere geçerli bir alternatif olabileceği sonucuna varmışlardır (60).



Şekil 2: Multi kamera sistem kurulumu (60).

Gelişen teknoloji ile dijitalleşme diş hekimliği kliniklerinde giderek artmaktadır. Yaygın kullanılmaya başlanan dijital ortodontik modellere ait firmalar ilk olarak Amerika’da kurulmaya başlamıştır. 1999 yılında Cadent firmasına ait OrthoCAD (Cadent, Carlstadt, NJ), 2001 yılında GeoDigm firmasına ait emodels (GeoDigm, Chanhassen, Minn) yazılım programları piyasaya sürülmüştür (4). DigiModel (OrthoProof, Nieuwegein, The Netherlands), O3DM (OrthoLab, Poznan, Poland), Maestro 3D Ortho Studio (AGE Solutions S.r.l., Pisa, Italy), OrthoAnalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) ise Avrupa firmalarıdır (64). Türk mühendis ve diş hekimlerinin geliştirdiği Orthomodel (Orthomodel, İstanbul, Türkiye) 2007 yılında tanıtılmıştır (65).

Alçı modellerden lazer taraması ile dijital dental modellerinin oluşturulması genel olarak “lazer tahribatlı tarama” ve “lazer tahribatsız tarama” olarak özetlenebilir. Lazer tahribatlı taramada, alçı model şeffaf bir reçine matrisi ile çevrelenir ve daha sonra modelin ince dilimleri bilgisayarlı bir kesici tarafından çıkarılır. Her dilimin kaldırılmasından sonra, maruz kalan alanın dijital bir görüntüsü yakalanır. Taranan katmanlar, orijinal geometri modelini yeniden oluşturmak için elektronik olarak birleştirilir. Bu durumda alçı model bozulur. Lazer tahribatsız taramada, lazer tarayıcının yaydığı ışık, alçı modelin yüzeyinden yansıtılır. Ortaya çıkan dağılım modeli, bir optik sensör tarafından yakalanır ve orijinal

geometri, matematiksel algoritmalar kullanılarak yeniden oluşturulur. Bu durumda alçı model bozulmaz (66).

Alcan ve ark. (67), 3Shape D250 tarayıcıdan elde edilen dijital modeller ile geleneksel modellerin farklı depolama sürelerinin sonundaki doğruluklarını araştırmıştır. Benzer şekilde Sousa ve ark. (68), 3Shape D250 tarayıcıdan elde edilen dijital modellerde yapılan ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirmek için bir çalışma yürütmüşler ve doğrudan döküm modeller ile dijital modeller üzerinde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Dijital modellerin tatmin edici bir doğruluk ve tekrarlanabilirlik derecesi ile kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Yapılan bir çalışmada geleneksel alçı modeller ile dijital modeller üzerinde anterior ve toplam Bolton analizleri karşılaştırılmıştır. Alçı modellerin dijitalle dönüştürülmesinde Orthomodel (Orthomodel, İstanbul, Türkiye) tarama sistemi kullanılmıştır. Sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı birçok sonuç bulunmasına rağmen bunların klinik olarak önemsiz olduğu ve dijital ölçümlerin güvenilirliği bildirilmiştir (69).

Asquith ve ark. (70), alçı ve dijital modeller üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırdığı çalışmada 11 lineer ölçümden 4'ü için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bildirmişlerdir. Dijital ölçümle maksiller ark uzunluğunda 4.7 mm daha fazla ortalama fark bildirmişlerdir.

2.4.6.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Dijital Model Elde Etme

1990'ların sonunda konik ışınli bilgisayarlı tomografinin (KIBT) piyasaya sürülmesi, ortodontik teşhiste büyük bir ilerlemeyi temsil ediyordu. Maksillofasiyal bölge için özel olarak geliştirilen KIBT, diş implantlarının konumlandırılmasından solunum sisteminin incelenmesine kadar çok sayıda klinik uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, geleneksel bilgisayarlı tomografiye göre daha kısa taramalar yapması ve daha az radyasyon dozu ile yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesini sağlar (71).

KIBT görüntüleri, üç boyutlu kraniofasial görüntüler üzerinde analizler ve karşılaştırmaların yapılabilmesi, gömülü dişlerin lokalizasyonu ve komşu anatomik yapılarla olan ilişkisinin değerlendirilmesi, supernumerer dişler ve kök morfolojilerinin incelenmesi, kökteki rezorpsiyonların gözlenmesi, alveol kemiğin derinliği ve yüksekliğinin ölçülebilmesi, damak-dudak yarıklı hastalarda defektin büyüklüğünün incelenmesi, TME

ve havayolu morfolojilerinin ve patolojilerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (72).

Günümüzde bilgisayar yazılımındaki gelişmeler sayesinde KIBT görüntülerinden dijital ortodontik modeller oluşturulabilmektedir. Bu şekilde oluşturulan dijital modellerin diğer dijital modellerden farkı dişlerin kronlarının yanında köklerinin de izlenebilmesidir. Hastadan elde edilen KIBT görüntüleri dijital modelleme yapan ilgili firmanın internet sitesine Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında yüklenir. Hekim tarafından bu modellere firmanın internet sitesi üzerinden erişim sağlanır (15,71,73). Bu yöntemin dezavantajı olarak KIBT'nin yumuşak dokuları net olarak gösteremediğinden diş eti formlarının görüntülenememesi ve yüksek radyasyon dozu örnek olarak verilebilir (74).

30 hastanın KIBT görüntüleri üzerinde InVivoDental program ve OrthoCad (Cadent, Carlstadt, NJ), tarayıcı ile elde edilen dijital modeller üzerinde diş ölçümleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (75).

Kim ve ark. (76), alçı modeller ve bu modellerin Ortho Insight 3D (Motionview Software LLC., Hixson, TN, USA) lazer tarayıcı ile elde edilen dijital modelleri ile I-Cat (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) KIBT görüntülerinden elde edilen dijital modelleri karşılaştırmışlardır. 50 hastaya ait modeller üzerinde Bolton analizi ölçümleri yapılmış ve sonuç olarak iki dijital model üzerinde yapılan ölçümlerin geleneksel alçı üzerinde yapılan ölçümlerle karşılaştırıldığında güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır.

2.4.6.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Tarama

Günümüzde en sık lazer yüzey taraması kullanılsa da alçı modellerin veya ölçülerin kapanış mumu ile beraber KIBT kullanılarak taranması ile dijital model eldesi kullanılan bir diğer güncel yaklaşımdır (77,78). Görüntüler aljinat veya silikon ölçülerin doğrudan KIBT ile taranması sonucu elde edilir. Modeller ölçü materyalinden de üretilebileceğinden alçı dökme işlemi kaldırılarak zamandan tasarruf sağlar. Daha çok günümüzde şeffaf plakların üretiminde kullanılmaktadır.

Bu yöntemde, hastaların dental ölçüleri ilgili şirkete gönderilir ve ölçüler firmaya özgü teknolojiler kullanılarak taranır. Taranan bu görüntüler firmanın yazılımına yüklenir ve 3B modellerin görüntülenmesi sağlanır. Hekim şirketin yazılım programını kullanarak

bu görüntülere erişebilir. Program ayrıca hekimin modeller üzerinde ölçümler yapmasına ve modelleri manipüle etmesine izin verir (78).

KIBT ile genellikle ölçülerin taranmasına dayanan çalışmalar çoğunluktadır. Bir çalışmada 2 farklı aljinat markasıyla ölçüler alınmış ve 12'şer saat aralıklarla KIBT ile taranmıştır. Oluşturulan dijital modeller üzerinde ölçümler yapılmış ve geçen zamana göre aljinat ölçülerin boyutsal stabilitesi değerlendirilmiştir. Zaman geçtikçe alınan taramalarda boyutsal stabilitenin azaldığı sonucu bildirilmiştir (79).

Başka bir çalışmada, Lava intraoral tarayıcıdan (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve aljinat ölçülerin KIBT taramalarından elde edilen dijital modeller üzerinde diş genişlik ölçümleri ve bolton analizi yapılmıştır. 22 adet modelden elde edilen görüntüler geleneksel alçı üzerinde yapılan ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Bolton ölçümleri alçı modelde yapılan ölçüme göre her iki grupta da anlamlı olarak farklı çıkmasına rağmen 1,5 mm'yi geçmediğinden klinik olarak önemsiz olduğu, intraoral tarama ve aljinat ölçülerin KIBT taraması, dental ölçümler elde etmede geçerli, güvenilir yöntemler olduğu sonucuna varılmıştır (10).

2.4.6.4. Ağız İçi Tarama ile Dijital Model Elde Etme

Dijital teknoloji, 1973'te CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture) sisteminin piyasaya sürülmesiyle diş hekimliği ve ortodonti ofislerine girmeye başladı (80). İntraoral tarama, konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve 3B baskı gibi yeni buluşlar, diş hekimliğinde dijital çağı başlatmıştır. İntraoral tarayıcılar diş hekimliğinde doğrudan optik ölçüleri yakalamak için üretilmiş cihazlardır (81,82). 1987'de Sirona Dental Systems (Chairside Economical Restoration for Esthetics Ceramics (CEREC) sistemi) tarafından restoratif diş hekimliğinde dijital ölçü almada kullanılacak bir prototip cihaz üretildi ve tam ark taraması yapabilen ilk ofis dijital ölçü sistemi (Cadent iTero) 2008 yılında dental pazarda kullanıma sunuldu (83,84). O zamandan beri teknoloji büyük ölçüde gelişti ve birkaç şirket tarafından farklı intraoral tarayıcı modelleri piyasaya sürüldü (82).

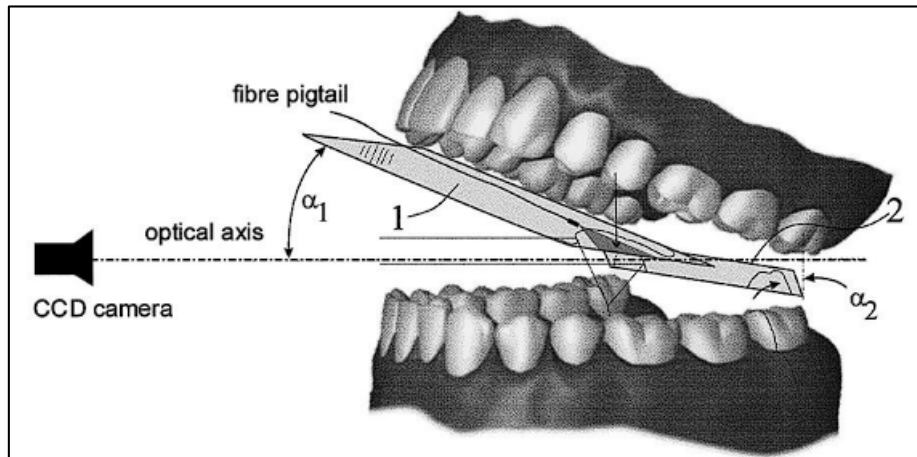
Lazer tarayıcıların veri toplama hızı saniyede yaklaşık 5.000 veri noktası olduğundan, bir bilgisayarda kısa sürede büyük miktarda veri yakalamak için etkili, temassız bir optik yöntemi temsil ederler. Bir çenenin görüntüsünün bir bilgisayar ekranına doğrudan üç boyutlu olarak aktarılması, verilere anında erişim, yüzey rekonstrüksiyonu

veya üç boyutlu diş hareketlerinin belirlenmesi gibi sayısal hesaplamaların anında yürütülmesine olanak tanır.

Ağız içi tarama sistemleri aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- Çizgisel fiber ışın üreten diod lazer
- İki düz ayna
- Lazer ve aynalardan oluşan sistemi çalıştıran basamak motoru
- Basamaklı motora atış üretmek için motor yükseltici
- Basamaklı motorun yazılımını çalıştıran tek levhalı bilgisayar
- CCD kamera ve video sinyallerini alarak bilgisayara transfer eden ara kart
- Bilgisayar (85).

Ağız içi taramada operatör ışık kaynağını ağız içerisinde tüm alanı içerecek şekilde gezdirir. Kaynaktan çıkan doğrusal ışık dişler üzerine düşer, dişlere çarpan ışık distorsiyona uğrar ve bunu kaynak içerisinde bulunan CCD video kamera kaydeder (Şekil 3). Sistemde iki ayna kullanılmasının nedeni aynı anda objenin iki farklı plandan (fasiyal, dorsal) görüntüsünün alınabilmesidir. Tarayıcı ağız içinde tüm alanları kaydedecek şekilde yavaşça gezdirilir. Taramanın süresi literatürde, tarama yapan kişinin tecrübesine ve cihazın modeline göre değişse de 5-15 dakikalık süreler bildirilmiştir. Bilgisayara aktarılan bu çok sayıda görüntü belirli tekniklerle işlenir, birleştirilir ve ilgili firmaya gönderilir. Veri dosyası transferlerinde genellikle STL format kullanılır (85,86). Işık kaynağı değişiklik gösterse de lazer, LED, mavi ışık sık kullanılanlar olarak bildirilmektedir (83).



Şekil 3: Hastanın ağızına yerleştirilmiş bir intraoral lazer tarayıcının aynaları, lazer diyotu ve CCD kameranın temel düzeni (85).

Trios (3Shape, Copenhagen, Denmark), Lava Chairside Oral Scanner (Lava COS) (3M ESPE, Seefeld, Germany), Planmeca Planscan (Planmeca, Helsinki, Finlandiya), iTero (Align Technologies, San Jose, Calif), iOC (Cadent, Carlstadt, NJ), Lythos (Ormco, California, USA), Dwio (Dental Wings, Montreal, Canada) günümüzde kullanılmakta olan intraoral tarayıcı sistemlerindendir (87).

Burzynski ve ark. (88), intraoral tarama ve geleneksel aljinat ölçü alımı sırasında hasta memnuniyeti ve geçen süreyi araştırmışlardır. 60'ar hastadan iTero (Align Technologies, San Jose, Calif), TRIOS (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve geleneksel aljinat ölçü alınmıştır. Ölçüler alınırken geçen süre kaydedilmiş ve hastalara memnuniyet anketi yapılmıştır. Ağız içi taraması yapılan hastaların dijital ölçüleri tercih ettiği, aljinat ölçüsü alınan hastaların ölçü tercihi konusunda nötr olduğu ve süre olarak aljinat ölçü alımının daha kısa olduğu bildirilmiştir.

Flügge ve ark. (33), iTero ile ağız içi ve ağız dışı taramanın yanı sıra bir model tarayıcı ile ağız dışı taramanın hassasiyetini incelenmişlerdir. 1 hastadan iTero (Align Technologies, San Jose, Calif) tarayıcı ile intraoral ve model taraması 10'ar kez tekrarlanmış, yine aynı hastanın modeli 3 Shape D250 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) tarayıcı ile 10 kez taranmış ve taranan görüntüler stereolitografik modele dönüştürülerek kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak iTero ile ağız içi tarama, D250 ile model taramaya göre daha az hassas bulunmuş, bu durumu hastayla ilgili faktörlerin tarama sürecini etkileyebileceğine bağlamışlardır. Ayrıca maksillanın taranması, mandibulanın taranmasından daha az doğru olduğu bildirilmiştir.

Burhardt ve ark. (89), genç hastaların 2 farklı intraoral tarayıcı ve aljinat ölçü yöntemlerine yönelik algılarını ve tercihlerini değerlendirdikleri çalışmada, aljinat ölçülerin hasta başında geçen süre açısından en kısa olduğunu buna rağmen dijital tarayıcı yöntemlerinin daha tercih edilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

2.4.6.4.1. Ağız İçi Tarama Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Ağız içi tarama hastaya anında müdahale edebilmeyi sağlar. Geleneksel yöntemle alınan ölçülerde ya da alçı modellerde hatalar geç fark edilir bu durum hastanın yeniden kliniğe çağırılması gibi sorunlar ortaya çıkarabilir. Intraoral taramalar anında görüntü veren sistemler oldukları için, eksik çıkan bölgelerin aynı seans fark edilerek tekrar taranması ile düzeltilebilir. Geleneksel yöntemde hatanın fark edilmesiyle yeniden ölçü karıştırıp alçı dökme gibi klinik yükü arttıran durumlar dijital yöntemle giderilmiş olur.

Ağız içi tarayıcıların tarama uçları bazı sistemlerde tek kullanımlıkken, çoğu sistemde kolaylıkla dezenfekte edilebilir olarak üretilmiştir. Klinikte ölçü alımı alımı sonrası bu ölçünün laboratuvara taşınması ve alçı dökülmesi gibi işlemler sırasında oluşabilecek çapraz enfeksiyon durumu ağız içi tarayıcılarla ortadan kalkmıştır.

Dijital modeller üzerinden yaptırılacak olan restorasyonlar için bir laboratuvara aktarılma işlemi internet üzerinden kolaylıkla yapılabilir. Ölçülerin ya da alçı modellerin transferinde kargoda meydana gelen hasar, kayıp, bozulma gibi dezavantajlar ortadan kalkar (90). Modellerin depolanması için yer ayrılmasına gerek olmadan bilgisayar üzerinde saklanabilir.

Ağız içi tarayıcı sistemlerindeki yazılım programları sayesinde anında dişsel ölçümler yapılabilir bu da tedavi planlamasında ve ilerlemesinde hekime yardımcı olur. Geleneksel modellerden farklı olarak dişetin de görünmesi ağız yapıların bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlar (91). Dijital sistemlerin birbirleriyle entegre edilebilmesi (KIBT, yüz tarama sistemleri vb.) ortognatik cerrahi planlama gibi hastanın maksillofasial bölgesini ilgilendiren geniş çaplı tedavilerde hastanın bir bütün olarak değerlendirilmesinde yardımcı olur (92).

Ağız içi tarayıcıların birçok avantajı bulunmasına rağmen birkaç dezavantajı da mevcuttur. Bu sistemleri kullanmadan önce hekimin ya da teknisyenin cihazı tanınması, parçalarının işlevlerini ve kullanımını bilmesini gerektirir. Bu da cihaz kullanımı öncesinde tecrübeli kişiler ya da firma yetkilileri tarafından eğitim alınmasını zorunlu kılar (93). Operatörün tecrübe kazanması ile birlikte tarama şekli, sekansları gelişir ve ilk seanslara göre daha hızlı dijital veriler elde edilir.

Dijital modellerin en önemli eksikliklerinden biri hastanın lateral ve protrüziv hareketlerini gösterememesidir. Oysa alçı modellerin gelişmiş artikülatöre bağlanmasıyla bu hareketler izlenebilir (94). Bu durum daha çok dijital modeller üzerinden protetik restorasyonların yapımı sırasında kısıtlılık oluşturmaktadır. Bu cihazların kullanımı yaygınlaşsa da teknolojik ürünler olmaları sebebiyle hala maliyetleri yüksektir.

2.5. Dijital Modellerin Tedavi Planlamasındaki Yeri

Diagnostik set-up işlemi alçı model üzerinde dişlerin tek tek kesilerek, yeniden konumlandırılması işlemidir. Dijital tarayıcılardaki yazılım programları sayesinde bu işlem hızlı bir şekilde yapılarak tedavi planlamasında hekime yardımcı olmaktadır. Ayrıca

hastaya tedavi sonucunun görmesine olanak tanıyarak bu süreçte ek motivasyon sağlamaktadır.

Ortodontik tedavi esnasında yer darlığı, diastema, diş boyut uyumsuzlukları gibi problemler tedavinin başlangıç aşamasında değerlendirilerek, planlamaya dahil edilmesi gerekmektedir. Bu problemlerin teşhisi dijital modeller üzerinden yazılım programları aracılığıyla kolaylıkla yapılabilmektedir.

Ortodontik tedavinin özellikle ortognatik cerrahi tedavi planlama kısmında maksillofasial bölgenin dental yapılarla bir bütün olarak değerlendirilmesi tedavi sonuçlarının iyileştirilmesine büyük oranda katkı sağlar. Gelişen teknoloji ile birlikte yazılım programları sayesinde KIBT ya da bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri ile ağız içi tarama görüntüleri entegre edilebilir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, maksillofasiyal bölgenin BT taraması alınmış, hem kemik yapıları hem de dişlerin 3 boyutlu olarak görüntülenebilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bilgisayar yazılımı kullanılarak BT taramasından kökleri içeren anatomik dişler kesilmiştir. Aynı zamanda hastanın alçı modelleri lazer tarama işlemine tabi tutularak dijital ortama aktarılmıştır. Daha sonra kronlar BT taramasından çıkarılıp, kökler ayrılmış ve modellerden elde edilen ayrılmış kuronlarla birleştirilmiştir. Dişlerin kron yapılarının BT görüntüsü yerine dijital modelden elde etmelerinin nedeni olarak görüntü kalitesinin daha iyi olmasına dayandırmışlardır (95).

Bilgisayar sistemlerinin ortodonti pratiğinde sık kullanılmaya başlanmasıyla geleneksel bonding tekniklerinden indirekt bonding tekniklerine geçiş başlamıştır. Firmalar indirekt bonding için transfer kaşıkların üretimini üç boyutlu CAD/CAM sistemleri ile üretmektedir. Suresmile (Orametrix Inc., Dallas, ABD) sisteminde ağız içi dijital olarak taranmakta ve yazılım program aracılığıyla braketler dişler üzerinde uygun bölgelere bilgisayar üzerinde yerleştirilmektedir. Bu sistemle aynı zamanda bireye özgü ark teli üretimi de yapılabilmektedir (96).

İntraoral tarayıcıların radyasyon gibi yan etkilerinin olmaması nedeniyle hastalardan seanslar arasında sıklıkla tarama görüntüsü alınarak çakıştırma işlemi yapılabilmekte ve bu sayede tedavinin ilerleyişi hakkında hekime bilgi vermekte ayrıca hastaya da görsel veri sunmaktadır.

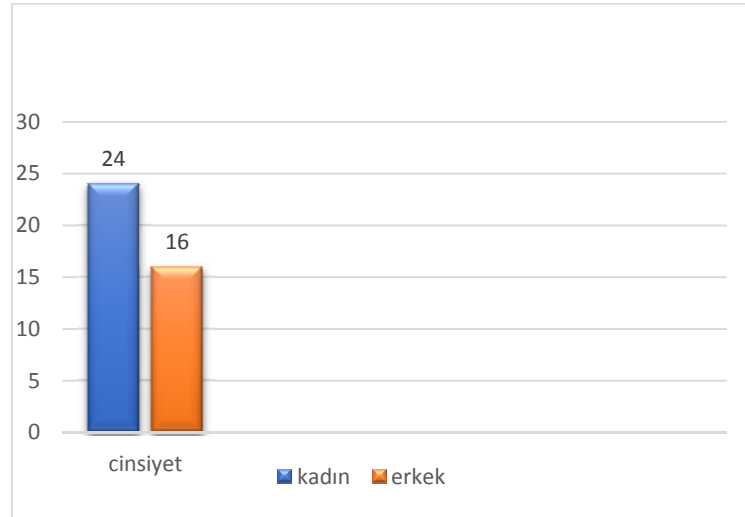
3.GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız için gerekli olan etik kurul onayı Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'ndan alınmıştır (Tarih: 27.10.2022 Protokol no:2022/17).

Çalışmaya katılan tüm hastalara ve hastaların velilerine araştırmanın içeriği hakkında hem sözlü hem de yazılı bilgi verilmiş ardından Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'nca onaylanan "Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu" tüm hasta ve ebeveynleri tarafından doldurularak imzalanmıştır.

3.1. Gereç

Çalışmamıza Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na ortodontik tedavi amacıyla başvurmuş 13-18 yaş aralığında, toplam 40 hasta (24 kadın, 16 erkek) dâhil edilmiştir. Çalışma öncesi, sonuçların istatistiksel olarak anlamlı veriler ortaya koyabilmesi açısından power analizi ile alfa hata=0.05 beta hata=0.20, etki boyutu 0.5 alınarak belirlenmiştir (97). Çalışmaya dahil edilen hastaların cinsiyete bağlı demografik veri dağılım grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Cinsiyete bağlı demografik dağılım

Çalışmaya dahil edilme kriterleri şunlardır;

- Daha önceden ortodontik tedavi görmemiş olması
- 13 - 18 yaş aralığında olması

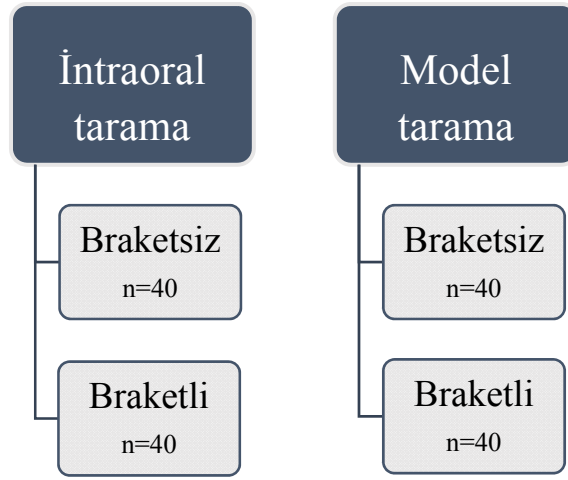
- Herhangi bir periodontal hastalığının bulunmaması
- Daimi dentisyonun tamamlanmış olması ve 1. molar diştten karşı ark 1. molar dişe kadar daimi diş eksikliğin bulunmaması

Hariç tutulma kriterleri ise şunlardır;

- Dişlerde geniş restorasyonların varlığı
- Daimi diş eksikliği bulunması
- Konjenital anomali ve sendrom olması

Çalışma grupların şeması Şekil 5'te gösterilmiştir ve çalışmada kullanılan modeller şu şekildedir;

1. Ortodontik tedavi öncesi 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı kullanılarak elde edilen dijital ortodontik modeller
2. Ortodontik tedavi öncesi 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarayıcı kullanılarak elde edilen dijital ortodontik modeller
3. Ortodontik tedavinin başladığı seans alt ve üst braketler yerleştirildiğinde, ark teli takılmadan 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı kullanılarak elde edilen dijital ortodontik modeller
4. Ortodontik tedavinin başladığı seans alt ve üst braketler yerleştirildiğinde, ark teli takılmadan 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarayıcı kullanılarak elde edilen dijital ortodontik modeller



Şekil 5: Çalışma gruplarının dağılımı

Çalışmamızda kullanılan 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı ve 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarayıcı Resim 1’de gösterilmiştir.



Resim 1: A. 3Shape Trios3 ağız içi tarayıcı

B. 3Shape R700 model tarayıcı

3.2. Yöntem

3.2.1. Dijital Modellerin Oluşturulması

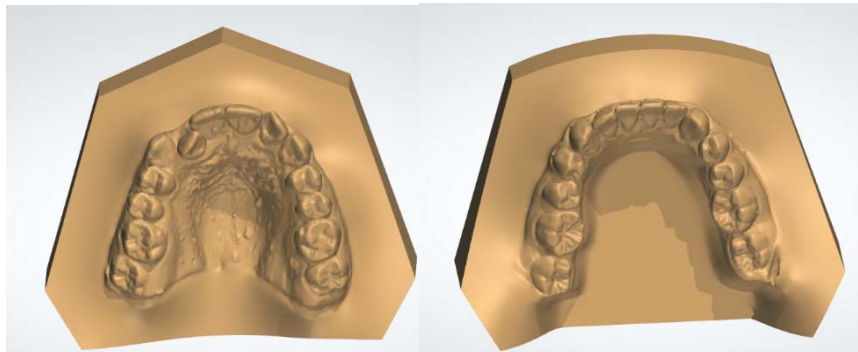
Hastaların ortodontik tedavileri için 0.022" slota sahip Roth sistem paslanmaz çelik üst ve alt çene braketleri ve molar tüpleri (Mini Master Series, American Orthodontics, ABD) kullanılmıştır.

Hastalardan ortodontik tedavi öncesi braketless ve ortodontik tedavinin başladığı seans braketlerin yerleştirilmesinden sonra ark teli takılmadan önce plastik ölçü kaşıkları kullanılarak Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) aljinat ölçü maddesi ile alt ve üst çene ölçüleri alınmıştır. Alınan ölçüler bekletilmeden fakültemiz ortodonti laboratuvarında Zhermack Elite Rock Tip IV (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) dental alçı ile dökülerek dental modeller elde edilmiştir.

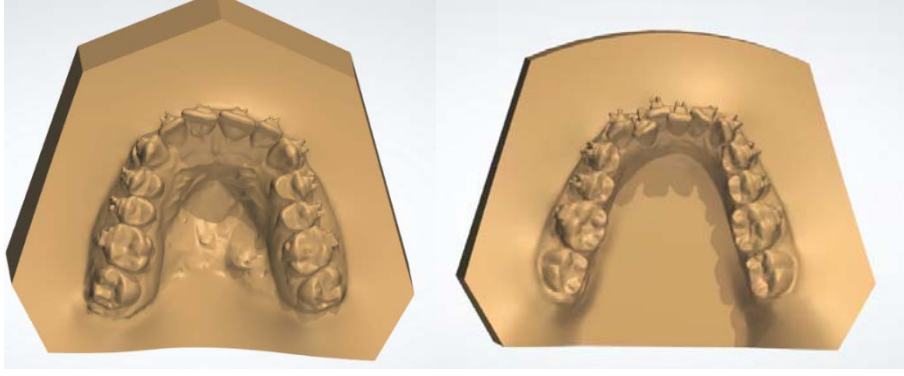
Braketless ve braketli modeller 3Shape R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarayıcı kullanılarak dijital modele çevrilmiştir. Dijital modeller Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) programına transfer edilerek ölçümler bu program aracılığı ile yapılmıştır (Resim 2-3).

Hastaların intraoral modelleri ise ortodontik tedavileri başlamadan önce ve ortodontik tedavinin başladığı seans braketli olarak 3Shape Trios3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) ağız içi tarayıcı ile oluşturulmuştur. Dijital modeller Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) programına transfer edilerek ölçümler bu program aracılığı ile yapılmıştır (Resim 4-5).

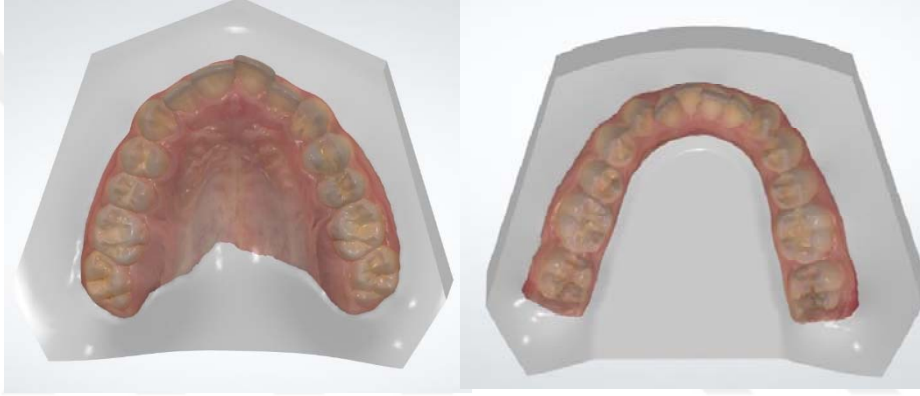
Alçı modellerden dijital model elde edilmesi sırasında dişler üzerinde alçı fazlalığı ya da eksikliğin olmamasına ve model üzerindeki dişlerin net olmasına özen gösterilmiştir.



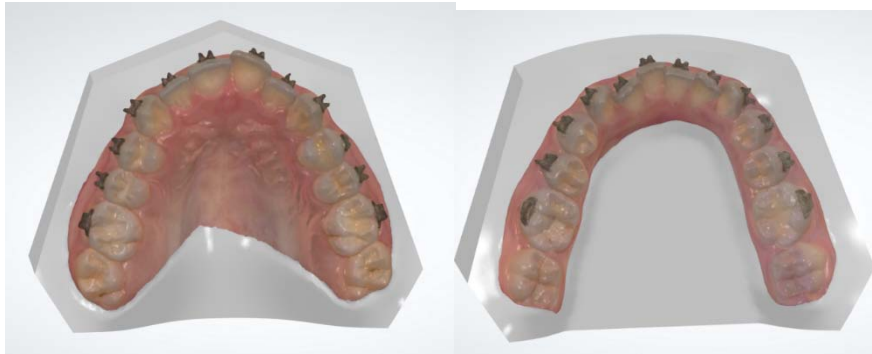
Resim 2: Model tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketless modeller



Resim 3: Model tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller



Resim 4: İntraoral tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketsiz modeller



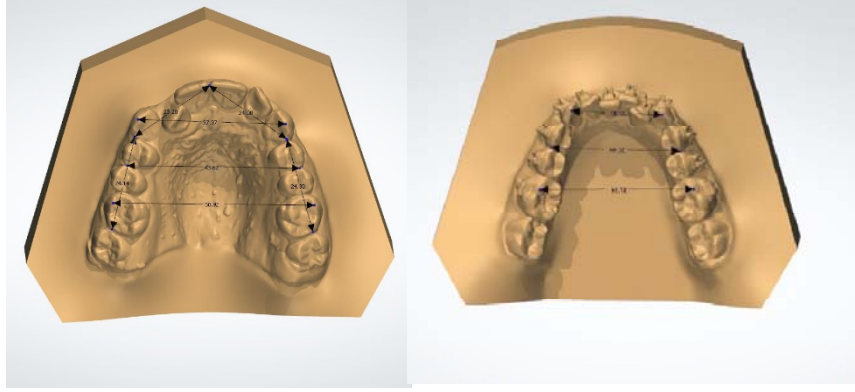
Resim 5: İntraoral tarama sonucu elde edilen üst ve alt çene braketli modeller

3.2.1. Dijital Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümler

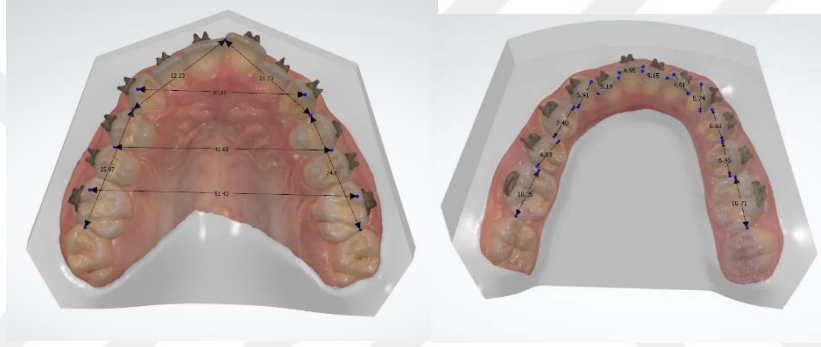
Çalışmamızda dijital modeller üzerindeki ölçümler Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) program aracılığıyla yapılmış olup alt ve üst çene olmak üzere toplam 10 adet lineer ölçüm yapılmıştır (Resim 6-8). Ölçümler aynı kişi (ETK) tarafından yapılmış olup 30 gün sonra tekrarlanmıştır.

Dijital dental modeller üzerinde yapılan ölçümler şunlardır:

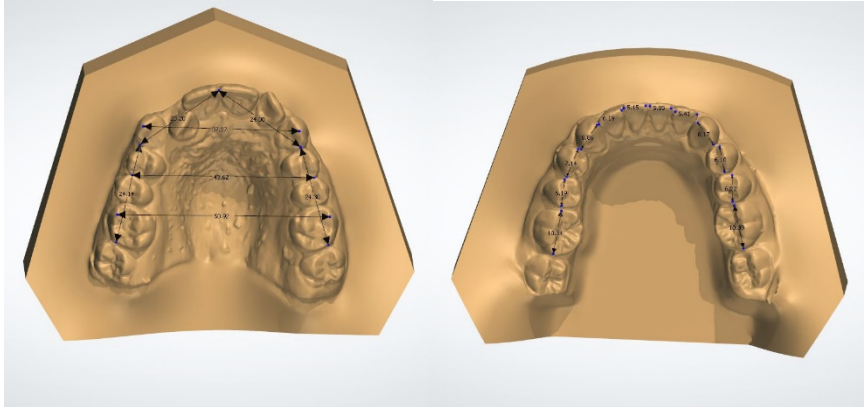
- *Üst ark çevresi:* Üst çene sağ 1.molar dişin distalinden sol 1. molar dişin distaline kadar olan tüm dişlerin tek tek mesiodistal boyutlarının toplamıdır.
- *Üst ark uzunluğu:* Ark uzunluğu segment ark yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Üst santral dişlerin temas noktasından sağ ve sol kanin dişlerin distal temas noktasına kadar olan mesafeler ile sağ ve sol kanin dişlerin distal temas noktalarından sağ ve
- *Üst interkanin mesafe:* Üst çene sağ ve sol kanin tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.
- *Üst interpremolar mesafe:* Üst sağ ve sol 1. ve 2. premolarların meziobukkal kontakt noktaları arasındaki mesafedir.
- *Üst intermolar mesafe:* Üst sağ ve sol 1.molar dişlerinin meziobukkal tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.
- *Alt ark çevresi:* Alt çene sağ 1.molar dişin distalinden sol 1. molar dişin distaline kadar olan tüm dişlerin tek tek mesiodistal boyutlarının toplamıdır.
- *Alt ark uzunluğu:* Ark uzunluğu segment ark yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Alt santral dişlerin temas noktasından sağ ve sol kanin dişlerin distal temas noktasına kadar olan mesafeler ile sağ ve sol kanin dişlerin distal temas noktalarından sağ ve sol 1. molar dişlerin distal temas noktalarına kadar olan mesafelerin toplamıdır.
- *Alt interkanin mesafe:* Alt çene sağ ve sol kanin tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.
- *Alt interpremolar mesafe:* Alt sağ ve sol 1. ve 2. premolarların meziobukkal kontakt noktaları arasındaki mesafedir.
- *Alt intermolar mesafe:* Alt sağ ve sol 1.molar dişlerinin meziobukkal tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.



Resim 6: Braketsiz ve braketli modeller üzerinde ark uzunluğu, interkanin, interpremolar, intermolar ölçümleri



Resim 7: Braketli intraoral taramalar üzerinde ark uzunluğu, interkanin, interpremolar, intermolar ve ark çevresi ölçümleri



Resim 8: Braketsiz model taramalar üzerinde ark uzunluğu, interkanin, interpremolar, intermolar ve ark çevresi ölçümleri

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel analizler için SPSS 26 (*Statistical Package for the Social Sciences*) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodlar (ortalama, standart sapma, medyan, frekans, yüzde, minimum, maksimum) kullanıldı. Nicel verilerin normal dağılıma uygunlukları Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk testi ve grafiksel incelemeler ile sınanmıştır. Normal dağılım gösteren nicel değişkenlerin karşılaştırmalarında Bağımlı gruplar t testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen nicel değişkenlerin karşılaştırmalarında Wilcoxon signed-ranks test kullanıldı. Tekrarlayan ölçümler arasındaki uyum sınıf içi korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. İstatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ olarak kabul edildi.



4.BULGULAR

Çalışmamız Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Kliniği'nde toplam 40 olguyla yapılmıştır. Sınıf içi korelasyon katsayıları $>0,962$ bulunmuş olup ölçümlerin güvenilirliği doğrulanmıştır.

4.1. İntraoral tarama yapılan olguların değerlendirilmesi

Braketsiz ve braketli intraoral tarama yapılan olguların üst ve alt ark çevresi, üst ve alt ark uzunluğu, üst ve alt interkanin, üst ve alt interpremolar, üst ve alt intermolar ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 1: İntraoral tarama yapılan olguların ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

	Grup	Ortalama	SD	Medyan (Min-Maks)	p
Üst ark çevresi	Braketsiz	86,99	4,29	87,7 (79,2-96,2)	^a 0,373
	Braketli	87,3	3,99	86,7 (79,3-95,1)	
Alt ark çevresi	Braketsiz	80,66	3,91	81,6 (71,8-87,9)	^a 0,564
	Braketli	80,42	4,47	80,7 (70,7-89,6)	
Üst ark uzunluğu	Braketsiz	93,34	4,99	93,8 (83,1-103,4)	^a 0,823
	Braketli	93,4	5,17	93,6 (82,5-105,5)	
Alt ark uzunluğu	Braketsiz	84,48	4,99	84,9 (74,3-96,8)	^a 0,544
	Braketli	84,29	4,52	84,2 (75-94,8)	
Üst interkanin	Braketsiz	34,12	2,72	34,7 (25,2-38,3)	^a 0,614
	Braketli	34,27	2,35	34,5 (29,3-37,4)	
Alt interkanin	Braketsiz	26,79	2,43	26,4 (22,5-34,6)	^a 0,845
	Braketli	26,85	2,9	26,6 (22,7-37,1)	
Üst interpremolar	Braketsiz	42,48	2,74	42,6 (36,2-48,2)	^a 0,243
	Braketli	42,78	2,78	42,5 (36,2-48,4)	
Alt interpremolar	Braketsiz	36,32	3,08	36,6 (29,9-42,3)	^a 0,641
	Braketli	36,13	3,68	35,8 (26,4-46,5)	
Üst intermolar	Braketsiz	51,5	3,45	51,7 (44,6-60,5)	^a 0,045
	Braketli	51,73	3,36	51,9 (44,6-60,8)	
Alt intermolar	Braketsiz	45,13	3,45	45,3 (37,2-53,6)	^a 0,230
	Braketli	44,64	3,98	44,5 (37,5-55)	

^aPaired Samples Test

4.2. Model tarama yapılan olguların değerlendirilmesi

Braketsiz ve braketli model tarama yapılan olguların üst ve alt ark çevresi, üst ve alt ark uzunluğu, üst ve alt interkanin, üst ve alt interpremolar, üst ve alt intermolar ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 2: Model tarama yapılan olguların ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

	Grup	Ortalama	SD	Medyan (Min-Maks)	p
Üst ark çevresi	Braketsiz	85,59	4,28	86,3 (76,3-92,3)	^a 0,329
	Braketli	85,26	3,98	84,9 (76,9-93,2)	
Alt ark çevresi	Braketsiz	79,88	3,77	80,5 (72,8-87,8)	^a 0,608
	Braketli	80,04	3,91	80,1 (70,4-89,3)	
Üst ark uzunluğu	Braketsiz	92,94	5,73	93,1 (80-106)	^a 0,834
	Braketli	92,83	5,4	93,5 (82,9-106)	
Alt ark uzunluğu	Braketsiz	84,13	4,44	84,2 (75,7-95,5)	^a 0,081
	Braketli	84,47	4,76	84 (75,4-97,3)	
Üst interkanin	Braketsiz	34,08	2,3	34,4 (29,1-37,8)	^a 0,979
	Braketli	34,09	2,31	34,4 (28,8-37,1)	
Alt interkanin	Braketsiz	26,67	2,02	26,6 (22,8-30,3)	^b 0,260
	Braketli	27,26	3,74	26,9 (22,9-46,8)	
Üst interpremolar	Braketsiz	42,52	2,78	42,6 (35,9-47,4)	^a 0,180
	Braketli	42,82	3,24	42,9 (36,5-54,3)	
Alt interpremolar	Braketsiz	36,4	2,81	36,3 (29,5-42,1)	^a 0,301
	Braketli	36,08	2,86	36,1 (28,6-41,4)	
Üst intermolar	Braketsiz	51,58	3,56	51,2 (44,8-61,1)	^a 0,503
	Braketli	51,26	3,63	51,5 (40,7-60,1)	
Alt intermolar	Braketsiz	45,18	3,41	45,7 (37,7-53,3)	^a 0,489
	Braketli	45,09	3,38	45,8 (36,9-54,2)	

^aPaired Samples Test

^bWilcoxon Signed Ranks Test

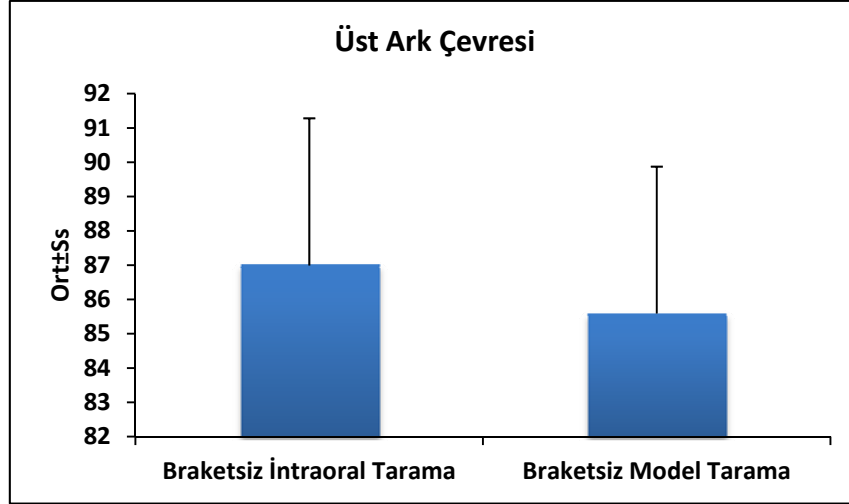
4.3. Braketsiz tarama yapılan olguların değerlendirilmesi

Braketsiz intraoral tarama yapılan olguların üst ark çevresi değerleri, braketsiz model tarama yapılan olgulara göre anlamlı düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$).

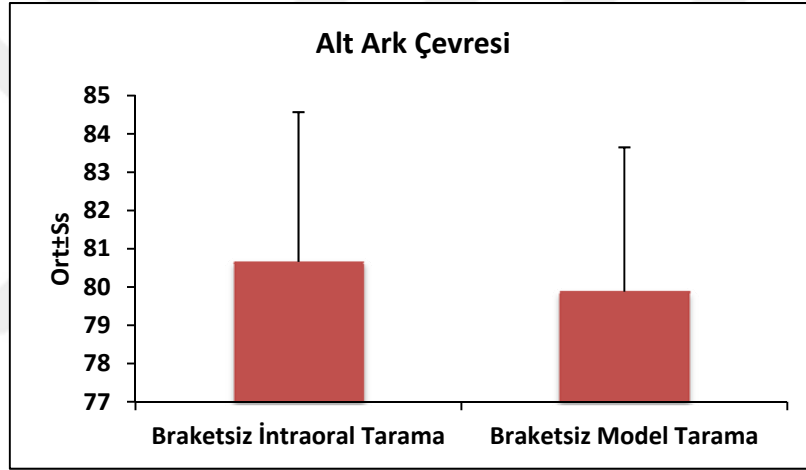
Braketsiz intraoral tarama yapılan olguların alt ark çevresi değerleri, braketsiz model tarama yapılan olgulara göre anlamlı düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,022$; $p<0,05$).

Tablo 3: Braketsiz olgularda ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

	Grup	Ortalama	SD	Medyan (Min-Maks)	p
Üst ark çevresi	İntraoral tarama	86,99	4,29	87,7 (79,2-96,2)	^a 0,001**
	Model tarama	85,59	4,28	86,3 (76,3-92,3)	
Alt ark çevresi	İntraoral tarama	80,66	3,91	81,6 (71,8-87,9)	^a 0,022*
	Model tarama	79,88	3,77	80,5 (72,8-87,8)	
Üst ark uzunluğu	İntraoral tarama	93,34	4,99	93,8 (83,1-103,4)	^a 0,362
	Model tarama	92,94	5,73	93,1 (80-106)	
Alt ark uzunluğu	İntraoral tarama	84,48	4,99	84,9 (74,3-96,8)	^a 0,128
	Model tarama	84,13	4,44	84,2 (75,7-95,5)	
Üst interkanin	İntraoral tarama	34,12	2,72	34,7 (25,2-38,3)	^a 0,885
	Model tarama	34,08	2,3	34,4 (29,1-37,8)	
Alt interkanin	İntraoral tarama	26,79	2,43	26,4 (22,5-34,6)	^a 0,613
	Model tarama	26,67	2,02	26,6 (22,8-30,3)	
Üst interpremolar	İntraoral tarama	42,48	2,74	42,6 (36,2-48,2)	^a 0,882
	Model tarama	42,52	2,78	42,6 (35,9-47,4)	
Alt interpremolar	İntraoral tarama	36,32	3,08	36,6 (29,9-42,3)	^a 0,692
	Model tarama	36,4	2,81	36,3 (29,5-42,1)	
Üst intermolar	İntraoral tarama	51,5	3,45	51,7 (44,6-60,5)	^a 0,834
	Model tarama	51,58	3,56	51,2 (44,8-61,1)	
Alt intermolar	İntraoral tarama	45,13	3,45	45,3 (37,2-53,6)	^a 0,836
	Model tarama	45,18	3,41	45,7 (37,7-53,3)	
^a Paired Samples Test		* ^a p<0,05	** ^a p<0,01		



Şekil 6: Braketsiz tarama şekillerine göre üst ark çevresi dağılımı



Şekil 7: Braketsiz tarama şekillerine göre alt ark çevresi dağılımı

Braketsiz intraoral ve braketsiz model tarama yapılan olguların üst ve alt interkanin, üst ve alt interpremolar, üst ve alt intermolar ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

4.4. Braketli tarama yapılan olguların değerlendirilmesi

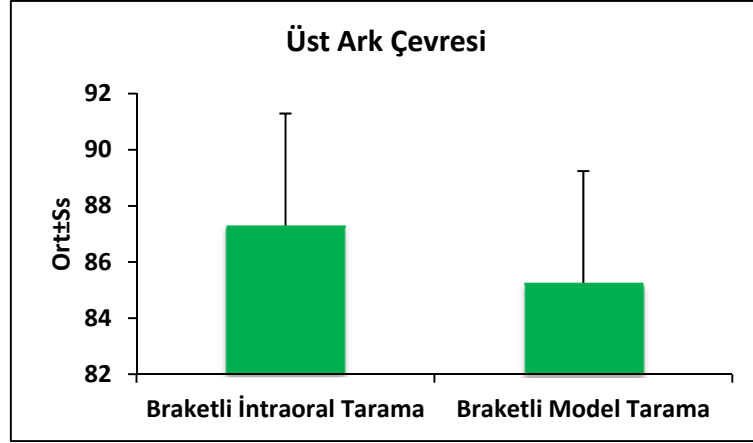
Braketli intraoral tarama yapılan olguların üst ark çevresi değerleri, braketli model tarama yapılan olgulara göre anlamlı düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$).

Tablo 4: Braketli olgularda ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

	Grup	Ortalama	SD	Medyan (Min-Maks)	p
Üst ark çevresi	İntraoral tarama	87,3	3,99	86,7 (79,3-95,1)	^a 0,001**
	Model tarama	85,26	3,98	84,9 (76,9-93,2)	
Alt ark çevresi	İntraoral tarama	80,42	4,47	80,7 (70,7-89,6)	^a 0,427
	Model tarama	80,04	3,91	80,1 (70,4-89,3)	
Üst ark uzunluğu	İntraoral tarama	93,4	5,17	93,6 (82,5-105,5)	^a 0,205
	Model tarama	92,83	5,4	93,5 (82,9-106)	
Alt ark uzunluğu	İntraoral tarama	84,29	4,52	84,2 (75-94,8)	^a 0,474
	Model tarama	84,47	4,76	84 (75,4-97,3)	
Üst interkanin	İntraoral tarama	34,27	2,35	34,5 (29,3-37,4)	^a 0,528
	Model tarama	34,09	2,31	34,4 (28,8-37,1)	
Alt interkanin	İntraoral tarama	26,85	2,9	26,6 (22,7-37,1)	^b 0,013*
	Model tarama	27,26	3,74	26,9 (22,9-46,8)	
Üst interpremolar	İntraoral tarama	42,78	2,78	42,5 (36,2-48,4)	^a 0,861
	Model tarama	42,82	3,24	42,9 (36,5-54,3)	
Alt interpremolar	İntraoral tarama	36,13	3,68	35,8 (26,4-46,5)	^a 0,928
	Model tarama	36,08	2,86	36,1 (28,6-41,4)	
Üst intermolar	İntraoral tarama	51,73	3,36	51,9 (44,6-60,8)	^a 0,271
	Model tarama	51,26	3,63	51,5 (40,7-60,1)	
Alt intermolar	İntraoral tarama	44,64	3,98	44,5 (37,5-55)	^a 0,246
	Model tarama	45,09	3,38	45,8 (36,9-54,2)	

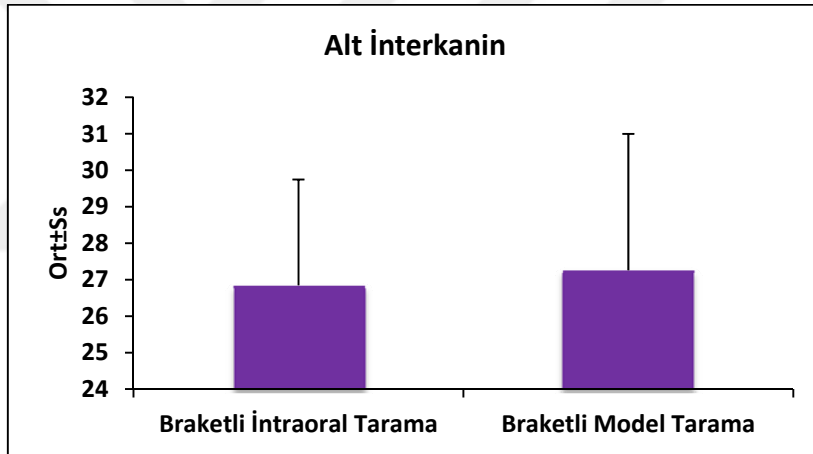
^aPaired Samples Tes^bWilcoxon Signed Ranks Test *p<0,05

**p<0,01



Şekil 8: Braketli tarama şekillerine göre üst ark çevresi dağılımı

Braketli intraoral tarama yapılan olguların alt interkanin değerleri, braketli model tarama yapılan olgulara göre anlamlı düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,013$; $p<0,05$).



Şekil 9: Braketli tarama şekillerine göre alt interkanin dağılımı

Braketli intraoral ve braketli model tarama yapılan olguların üst ark çevresi, üst interkanin, üst ve alt interpremolar, üst ve alt intermolar ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

5.TARTIŞMA

5.1. Amacın Tartışması

Ortodontik teşhis ve tedavi planı için ortodontik kayıtlar gereklidir (98). Kayıtlar ortodontik tedavi sırasında yüz büyümesinin ve gelişiminin izlenmesi ayrıca araştırmalar ve klinik işleyiş için önemli bir rol oynar (99). Geleneksel olarak bu amaçla dental alçılar, ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, iki veya üç boyutlu radyografik filmler ve klinik ölçümler kullanılmaktadır.

Dijitalleştirilmiş dental modeller, ortodontik tedavinin sonucunu önceden görmek için dijital dental yazılımların kullanımı ve yüzün üç boyutlu görüntülenmesi gibi alternatif seçenekler sunmaktadır. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi ve düşük dozlu konik ışıklı bilgisayarlı tomografinin geliştirilmesiyle, seçilmiş vakalarda ortodontik teşhis ve tedavi planlaması için yeni ve değerli araçlar kullanıma sunulmuştur (100). Geleneksel iki boyutlu (2B) kayıtlar hala yaygın olsa da, bu yeni gelişmeler ortodontik tanı ve tedavi planlamasını optimize etmek için daha kişiselleştirilmiş kayıtlar olarak kliniklerde kullanımı başlanmıştır.

Diş hekimliğinde, alçı modeller okluzal ilişkilerin tedavi öncesi, sırası ve tedavi sonrası değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dental modeller, tedavi sonuçlarının kaydını sağlamanın yanı sıra klinisyen için yardımcı bir teşhis aracı görevi de görür (24). Ayrıca bu modeller, tedavi ilerlemesinin değerlendirilmesi ve vaka dokümantasyonu için önemlidir (25). Alçı modellerin kullanımı yaygın olsa da kırılma, kaybolma ve depolama zorunluluğu gibi çeşitli problemler oluşturur (24).

Dijital modeller, geleneksel alçı modellere göre bazı avantajları olabilecek farklı tekniklerle üretilmiştir. Ağız içi tarayıcılar, dijital diş modellerini diş ölçülerine gerek kalmadan doğrudan hastadan elde etme avantajını sunmak ve böylece hasta muayenesi ile teşhis arasında gereken süreyi kısaltmak için geliştirilmiştir. Dijital dökümlerin avantajları arasında daha verimli depolama ve erişim, artan teşhis çok yönlülüğü, daha kolay aktarılabilirlik, üstün dayanıklılık ve azaltılmış işlem süresi yer alır. Ölçünün laboratuvara gönderilmesi, model dökümü gibi işlemler ortadan kalkmıştır (90). Dijital modeller pratik kullanımları dolayısıyla ortodontik tedavinin ara seanslarında da tedavinin ilerleyişini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır.

Literatürde braketlerin 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğine olan etkisi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Tüm bu bilgiler ve çalışmalar ışığında amacımız ortodontik braket varlığında 3 boyutlu dijital modeller ve geleneksel alçı modeller üzerinde yapılan lineer ölçümler arasındaki farklılığın değerlendirilmesidir. Bu çalışma ile ortodontik tedavinin ara aşamalarında alınan dijital ölçülerin geleneksel ölçülere kıyasla farklılık oluşturup oluşturmadığı gözlenerek bu bilgiler ışığında hastaya karşı daha dikkatli ve bilinçli yaklaşımının sağlanması hedeflenmektedir.

Ortodontik tedavinin hem teşhis hem de tedavi aşamasında birçok analiz kullanılmaktadır. Yer darlığı/diastema varlığı, Bolton analizi, Hayes-Nance analizi, dişlerin mesiodistal genişlik ölçümleri gibi pek çok ölçüm tedaviye başlamadan kaydedilmeli ve tedavi planlaması ona göre belirlenmelidir. Ayrıca tedavinin ilerleyen seanslarında da bu ölçümlerin tekrarlanarak tedavinin seyrinin değerlendirilmesi gerekebilmektedir. Dental alçı modeller çok eski yıllardan beri bu ölçümlerin yapılabilmesine imkan sunarak ortodontistlere tedavi planlaması oluşturmada yol gösterici olmuştur. Artan estetik algısı nedeniyle ortodontik tedaviye olan ilgi artmıştır. Bu durum ortodontistlerin klinik yükünü azaltacak yöntemler arayışına neden olmuştur. Dijital dental modeller üzerinde de bilgisayar yazılım programları aracılığıyla bu ölçümler yapılabilmektedir ve bu modeller ölçü alma işlemini ortadan kaldırarak klinik işleyişi kolaylaştırmaktadır.

Ayrıca geleneksel ölçü alma işleminde hastalardaki öğürme refleksi, diş tedavilerinin uygulanmasını zorlaştırmaktadır (101). 1980'lerin ortalarında tanıtılan ağız içi tarayıcılar diş hekimlerine önemli kolaylık sağlamak ve hastaların konforunu arttırmaktadır (102).

Literatüre bakıldığında dijital dental modeller birçok yönden geleneksel alçı modeller ile karşılaştırılmıştır. Lemos ve ark. (103), alçı modeller ile bu modellerin 3 Shape R700 model tarayıcı ile taranması sonucu elde edilen 26 model üzerinde interkanin, intermolar, kanin, maksiller 1. molar, sağ maksiller santral dişin bukkolingual mesafesi, maksiller ve mandibular santral keser papillaları arasındaki mesafe ve overjeti içeren 6 adet lineer ölçümü karşılaştırmış ve 3 Shape R700 model tarayıcı üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğini araştırmışlardır. Fleming ve ark. (21), alçı ve dijital modeller üzerindeki ölçümlerin karşılaştırıldığı bir derleme yayınlamışlardır. 17 çalışmanın dahil edildiği derlemede, alçı ve dijital modeller üzerinde yapılan doğrudan ve dolaylı ölçümler arasında

klinik olarak anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir. Mayers ve ark. (104) PAR indeksinin dijital modeller üzerinde geçerli ve güvenilir bir ölçü olup olmadığını araştırdıkları çalışmalarında 48 model üzerinde ölçümler yapmışlardır. Dijital modellerden elde edilen PAR skorlarının, geçerli ve güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır. Sousa ve ark. (68), lazer yüzey tarayıcı (D-250; 3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile elde edilen 3 boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirdiği çalışmasında 20 dental model üzerinde 15 anatomik nokta belirlemişler, ark uzunluğu ve genişliği de dahil olmak üzere toplam 11 lineer ölçüm yapmışlardır. Doğrudan alçı üzerinde yapılan ölçümler ile dijital modeller üzerinde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Zilberman ve ark. (105), alçı ve dijital modeller üzerinde çeşitli maloklüzyonlara sahip 20 dental model kullandıkları çalışmalarında, dijital kumpas ve OrthoCAD (Cadent, Carlstadt, NJ) aracılığı ile meziodistal diş boyutunun yanı sıra interkanin ve intermolar genişlik ölçümleri yapmışlardır. OrthoCAD (Cadent, Carlstadt, NJ) ölçüm aracı ile yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik gösterilmiş, ancak dijital kumpasla alçı modellerde yapılan ölçümlerden daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Üç boyutlu dijital modeller üzerinde yapılan diş boyutu-ark uzunluğu uyumsuzluk analizi ölçümlerinin güvenilirliğini değerlendirmek ve bu ölçümleri alçı modellerden elde edilen ölçümlerle karşılaştırmak nedeniyle yapılan çalışmalar da mevcuttur (22,106).

Alçı modeller ile yapılan karşılaştırmaların yanı sıra, model tarama ve intraoral taramaları karşılaştıran çalışmalar da mevcuttur. Wiranto ve ark. (10), Lava Chairside Oral tarayıcı (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve aljinat ölçülerinin konik ışıklı bilgisayarlı tomografi taramalarından elde edilen dijital modeller üzerinde Bolton analizi ve diş genişlik ölçümlerinin geçerliliğini, güvenilirliğini ve tekrar üretilebilirliğini değerlendirmişlerdir. 22 adet model üzerinde yapılan ölçümlerde, dijital modellerde ve ağız içi taramalarda her bir dişin diş genişliği ölçümleri, alçı modeller üzerindeki ölçümlerden anlamlı olarak farklı değildi. 2 tip dijital modelden elde edilen Bolton oranları, alçı model ölçümlerinden önemli derecede farklıydı, ancak bu fark 1,5 mm'yi geçmediği için klinik olarak önemsiz kabul edilebileceğini bildirilmişlerdir. Sun ve ark. (5), intraoral bir tarayıcı kullanarak in-vivo ve ex-vivo taramaların tekrar üretilebilirliğini değerlendirdikleri çalışmalarında, 20 hastadan aljinat ölçüler alınıp alçı modeller elde edilmiş ve TRIOS tarayıcı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile intraoral taramaları alınmış. 2 hafta sonra hem ağız içi taramalar hem de model taramalar tekrar alınmıştır.

Dijital görüntüler OrthoAnalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) yazılım prrogramı aracılığı ile belirli noktalar üzerinde üst üst karşılaştırılarak ortalama yüzey deviasyonu belirlenmiştir. Sonuç olarak, in-vivo taramanın tekrar üretilebilirliği, ex-vivo taramayla karşılaştırıldığında küçük bir fark (0,02 mm) göstermesine rağmen, ex-vivo taramayla karşılaştırılabilir düzeyde olduğu bulunmuştur. Akyalçın ve ark. (90), dijital modellerin teşhis doğruluğunu araştırmışlardır. Çalışma örneği 60 kuru kafatasından oluşuyordu. Her kafatasının üst ve alt çene dental arkları bir Cadent iTero tarayıcı (Align Technology, San Jose, Calif) ile taranmış ve bir CS 9300 ünitesi (Carestream Health, Atlanta, Ga) ile çekilen bir konik ışınlı bilgisayarlı tomografi taraması yapılmıştır. Her dental arkta lineer ölçümler, kuru kafatasları üzerinde manuel olarak kumpasla ve KIBT ile taranan üç boyutlu modeller üzerinde ise dijital olarak hem maksiller hem de mandibular arklar için diş boyu-ark uzunluk analizi yapılmıştır. Sonuçların her iki yöntemin de ortodontik tanı ve tedavi planlamasında kullanım için yeterli olduğunu göstermektedir.

Dental modeller gerek alçı gerekse dijital olsun ortodontik tedavinin sadece başlangıcında alınmayıp, tedavinin ara seanslarında da gerekli olmaktadır. Ortodontik tedavinin ilerleyişinin değerlendirilmesinde, ortognatik cerrahi tedavi planlanmasında sıklıkla ara seanslarda bu modellerden faydalanılmaktadır. Literatür gözden geçirildiğinde braketler ağızdayken alınan modellerin değerlendirildiği çok az çalışmaya rastlanmıştır. Kang ve ark. (11), 2021 yılında diş yüzeylerine yapıştırılan ortodontik braketlerin ağız içi taramalara etkisini değerlendirdikleri çalışmalarını yayınlamışlardır. Ortodontik tedavi ihtiyacı olan 30 hastayı çalışmaya dahil etmişlerdir. Braketlerin yapıştırılmasından önce ve sonra hem iTero (Align Technology, San Jose, Calif) hem de Trios (3Shape, Kopenhag, Danimarka) tarayıcılarla, üreticilerin tavsiyelerine göre tek bir araştırmacı tarafından ağız içi taramalar yapılmıştır. iTero tarayıcıdan taranan tüm veriler, bir stereolitografi (STL) dosya formatında indirilmek üzere yeniden işlendiği Align Technology'ye aktarılmış, Trios ile elde edilen taranmış veriler OrthoAnalyzer™ (3Shape) yazılım programına aktarılmıştır. iTero ile alınan braketsiz görüntüler, Trios ile alınan braketsiz görüntülerle ve iTero ile taranan braketli görüntüler, Trios ile alınan braketli görüntülerle karşılaştırılmıştır. Braketsiz taramalarda belirlenen yüzey farklılıkları ile braketli taramalardan belirlenen yüzey farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Braketlerin varlığında modeller üzerinde yapılan lineer ölçümlerin güvenilirliğini içeren çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmamızda ortodontik braketler varlığında

alınan modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirmeyi amaçladık. Çalışmamızda hastalardan ortodontik tedavi öncesi braketli ve ortodontik tedavinin ilk seansında braketli olacak şekilde hem ağız içi tarayıcı ile hem de model taramasıyla dijital modeller elde edilmiştir. Dijital modeller üzerinde yapılan lineer ölçümlere braketlerin etkisi değerlendirilmiştir.

5.2. Materyal ve Metodun Tartışması

Daha önceki çalışmalar göz önüne alınarak çalışmamızın dahil edilme kriterleri belirlenmiştir. Dahil edilen hastalar 13-18 yaş aralığında bireylerdi. Alt sınır olarak 13 yaş kabul edilmesinin nedeni bireylerin daimi dentisyonda olmasını sağlamaktır. Ortodontik tedavi her yaşta uygulanmasına rağmen kliniğimize daha çok genç bireyler başvurmaktadır. Gruplar arasında yaş dağılımının fazla olmaması nedeniyle üst sınır 18 yaş kabul edilmiştir. Periodontal hastalıklar ortodontik tedavinin ilerleyişini zorlaştırmaktadır. İleri düzeyde periodontal harabiyet, braketli ve braketli model alımı arasında geçen sürede dişleri etkileyebileceğinden ölçümlerin güvenilirliğine olumsuz etki yapacağı düşünülmüş bu nedenle periodontal problemi olan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Yine aynı şekilde geniş restorasyonlar da ölçümlerde hatalara sebep olabileceğinden hariç tutulma kriteri sayılmıştır. Yapılacak olan ölçümlerin standardizasyonu için hastalarda diş eksikliğinin bulunmaması ve daimi dentisyonun tamamlanmış olmasına dikkat edilmiştir. Hastadan ölçü alımı işlemi sırasında kooperasyon sorunu ile karşılaşılması için konjenital anomali ve sendromu olan bireyler hariç tutulmuştur.

Dişler ve çevresindeki dokuların net olarak yansıtıldığı ölçülerle hassas modeller elde edilebilmektedir. Ortodontide ölçü alma işlemi tanı modeli elde etme, aparey üretimi için çalışma modeli elde etme gibi durumlarda kullanılır. Günümüzde birçok farklı ölçü maddesi bulunmaktadır bunların avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi, yapılacak işleme göre seçilmesi tedavinin başarısını arttırması açısından önemlidir (107). Tanı modeli oluşturmada yaygın olarak geri dönüşümsüz hidrokolloidler (aljinatlar) kullanılmaktadır. Maliyetinin uygun olması, kolay kullanımı, hassasiyetinin kabul edilebilir olması sık kullanım nedenlerindendir. En önemli dezavantajları ise boyutsal stabilitelerinin iyi olmamasıdır. Yapılan çalışmalar hidrokolloid ölçü maddelerinin hemen ya da en geç 12 dakika içinde dökülmesinin boyutsal stabilite açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir

(108). Buna karşın üzerlerinin nemli tutulmasıyla 1 saat bekletilmesinde boyutsal açıdan sorun oluşturmayacağını bildiren çalışmalar da mevcuttur (109,110).

Gümüş ve ark. (111), yaptıkları çalışmada 5 farklı marka hidrokolloid ölçü materyalinin döküm sürelerine göre boyutsal stabilitelerini değerlendirmişlerdir. Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) ile alınan ölçülerin 120 saat sonra dökülmesiyle hemen dökülmesi arasında boyutsal olarak anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda model taraması yapılabilmesi için hastalardan alt ve üst çene braketli ve braketsiz Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) ile ölçü alınması uygun bulunmuştur. Alınan ölçülerin boyutsal stabilizasyon kaybına uğramaması için bekletilmeden fakültemiz ortodonti laboratuvarında Zhermack Elite Rock Tip IV (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) dental alçı ile dökülerek modeller elde edilmiştir. Sert alçı kullanılarak modellerde aşınma, kırık, pöröz gibi olumsuzlukların önlenmesine böylece yapılacak model taramasının net olmasına özen gösterilmiştir.

Saleh ve ark.(112), yaptıkları çalışmada akrilik, alçı, dijital çalışma modelleri üzerindeki doğrusal ölçümlerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliğini incelemişlerdir. Model tarayıcı olarak 3Shape R700 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) model tarama cihazını kullanılmışlardır. 3Shape R700 model tarayıcının, dental modellerin yüzey ayrıntılarını ve aljinat ölçülerini 3B dijital formatta yakalamak için güvenilir bir cihaz olduğu sonucuna varmışlardır. Bizim de çalışmamızda model tarayıcı olarak 3Shape R700 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) cihazını kullanılmıştır.

3Shape TRIOS3 intraoral tarayıcı, sorunsuz tarama, planlama ve tasarım sunar. Gerçeğe yakın renklerde yüksek kaliteli dijital izlenimler oluşturur ve tedaviyi değerlendirmek ve hastalarla kaliteli iletişimi etkinleştirmek için görseller sunar. Çalışmamızda intraoral tarama için 3Shape TRIOS3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) cihazı kullanılmıştır. Renne ve ark. (113), 7 farklı dijital tarayıcının doğruluğunun değerlendirilmesi ile ilgili 3 boyutlu in vitro analiz çalışması yayınlamışlardır. Çalışmalarında, yedi farklı dijital ölçü sistemi değerlendirildi: CEREC Omnicam (Dentsply Sirona), Cadent iTero (Align Technology), Planmeca Planscan (Planmeca ABD), CEREC Bluecam (Dentsply Sirona), Carestream 3500 (Carestream Dental), 3Shape TRIOS 3 (3Shape Kuzey Amerika) ve 3Shape D800 model tarayıcı (3Shape Kuzey Amerika). Tarayıcılar, total ark taramalarının hızı, doğruluğu ve kesinliği açısından farklılık

göstermiş olup, 3Shape TRIOS 3 en iyi hız, doğruluk ve kesinlik kombinasyonu sağladığı belirtilmiştir.

Çalışmamızda maksilla ve mandibulada 5'er adet olmak üzere toplamda 10 adet lineer ölçüm karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmamızın öncekilerden farkı, dijital modeller üzerinde yapılan lineer ölçümlerin braketli ve braketsiz olarak karşılaştırılmasıdır. Literatürde dijital olarak braketli modeller üzerinde lineer ölçümlerin braketsiz modellerle karşılaştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Önceki çalışmalarda dental alçı modeller üzerinde birçok parametre ölçülmüş ve bunların dijital modellerle karşılaştırması yapılmıştır (15,24,67,103). Bu parametreler arasında çoğunlukla mesio-distal diş genişlikleri (10,73,76), ark uzunlukları (15,24,114), Hayes-Nance analizi (15,114), Bolton analizi (22,115) yer almaktadır.

Dişlerin mesio-distal mesafesini ölçen önceki çalışmalara bakıldığında, bir dişin komşu dişlerle olan kontak noktaları arasındaki en geniş mesafe olarak ölçülmüştür. Çalışmamız önceki çalışmalara ilave olarak alt ve üst çene 1. molar diştten karşı ark 1. molar dişe kadar tek tek dişlerin mesio-distal mesafesi ölçülüp toplanmış ve ark çevresi olarak kaydedilmiştir.

Önceki çalışmalarda ark genişliği ölçümlerinde interkanin, intermolar ölçümler bakılmıştır. Bu ölçümler yapılırken referans olarak kanin diş için bukkal tüberkül tepeleri kullanılırken molar dişler için ise mesiobukkal tüberkül tepeleri kullanılmıştır (15,114,116). Çalışmamızda bu transversal ölçümlere ilave olarak interpremolar mesafe dahil edilmiştir. İnterpremolar mesafe ölçülürken 1. ve 2. premolarların bukkal kontak noktaları referans nokta olarak belirlenmiştir.

Quimbly ve ark. (15), bilgisayar tabanlı dijital modeller üzerinde ölçümlerin doğruluğunu araştırdığı çalışmasında ark uzunluğunu segment ark tekniği ile ölçülmüştür. Biz de çalışmamızda bu makaleyi referans alarak ark uzunluğu ölçümlerini segment ark tekniği ile ölçtük.

Literatürde dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerden biri de overjet-overbite'dir (15,22,117). Çalışmamızda braketlerin yerleştirildiği ilk seansta taramalar alınarak modeller üzerinde ölçüm yapıldığından dişlerin braketlere olan teması overbite-overjet ölçümlerinde hatalara sebep olabileceğinden dahil edilmemiştir.

5.3. Bulguların Tartışması

Dijital modellere artan talep, bu cihazlar üzerinde yapılan ölçümlerinin güvenilirliği ve doğruluğu ile ilgili pek çok çalışma yapılmasına neden olmuştur. Literatürde farklı marka dijital intraoral tarayıcıların karşılaştırıldığı, intraoral tarayıcılarla model tarayıcılarının karşılaştırıldığı ve bu dijital sistemlerin geleneksel alçı modellerle karşılaştırıldığı pek çok çalışma mevcuttur.

Ortodontik tedavinin başarısı ilk teşhisin doğruluğuna bağlı olduğu kadar, tedavinin ilerleyen aşamalarının da dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir. Literatür incelendiğinde ağız içerisinde braketlerin varlığında alınan dijital modeller üzerinde yapılan lineer ölçümlerin doğruluğunu in vivo olarak değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır.

Song ve ark. (118), 2020 yılında farklı marka ağız içi tarayıcı modellerle taranan braketli modellerin doğruluğunu yapay tükürük varlığında değerlendirdikleri in vitro çalışma yayınlamışlardır. Çalışmalarında dentiform model (dentiform, Fuchushi, Japonya) kullanmışlardır. Metal braketler, seramik braketler, rezin braketler ve braketsiz model olmak üzere 4 üst çene çalışma modeli hazırlamışlardır. Braketler sağ 1. molar diştten sol 1. molar dişe kadar toplam 12 diş üzerine yapıştırılmıştır. Ortodontik hastaların ağız ortamını simüle etmek için klinik olarak kullanılan yapay tükürük diş yüzeylerine ve braketlere uygulanmıştır. Her bir çalışma modeli daha sonra 4 intraoral tarayıcı tarafından art arda 10 kez taranmış: CS3600 (Carestream Dental, Atlanta, ABD), i500 (Medit Corp., Seul, Kore), Trios3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ve Omnicam (Sirona, Bensheim, Almanya). Tüm görüntüler STL dosya formatına dönüştürülmüş ve 3D yazılım programı ile analiz edilmiştir. Görüntüler üst üste çakıştırılarak, tutarsızlık değerleri hem intraoral tarayıcıya göre hem de braketlerin çeşidine göre değerlendirilmiştir. Rezin ve metal braketler gibi ışığı daha fazla yansıtan braketlere sahip modeller, daha yüksek tutarsızlık değerleri gösterme eğilimindeydiler. Braketsiz modellerin çakıştırılması tüm intraoral tarayıcılar içerisinde en az tutarsızlık gösteren verilerdi.

Kang ve ark. (11), diş yüzeylerine yapıştırılan ortodontik braketlerin ağız içi taramalara olan etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında braketlerin yapıştırılmasından önce ve sonra hem iTero hem de Trios intraoral tarayıcılar kullanılarak 30 hastada ağız içi tarama yapmışlardır. Her hastanın braketli ve braketsiz ağız içi taramaları iki kez tarandı ve dijital görüntüler uygun algoritma kullanılarak üst üste çakıştırıldı. Daha sonra bu

çakıştırmalar üzerinde üç boyutlu yüzey analizi yapıldı. Braketli ve braketsiz taramalarda interkanin ve intermolar genişlikler de ölçüldü. Braketli ve braketsiz modellerde yapılan transversal ölçümler 0,04 mm ile 0,25 mm arasında değişmiştir. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildi. Bu çalışmanın sonuçları braketli ağız içi taramaların doğruluğunun ortodontide klinik olarak kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda bu çalışmanın sonuçlarını destekler şekilde braketsiz ve braketli 3Shape TRIOS3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) intraoral tarayıcı ile tarama yapılan olguların üst ve alt interkanin, üst ve alt interpremolar, üst ve alt intermolar ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Wironto ve ark. (10), model taraması ve intraoral tarama yaptığı 22 hastada diş genişlik ölçümlerini alçı model üzerindeki ölçümlerle karşılaştırmışlardır. Bazı diş genişlik ölçümleri için model taraması ve alçı modeller arasında anlamlı farklılıklar vardı. Ancak, bu farklar 0,2 mm'den daha küçük olduğundan klinik olarak anlamsız kabul edildi. İntraoral tarama modelleri ile alçı modeller arasında tüm ölçümlerde anlamsız fark bulundu. Aynı şekilde toplam Bolton oranı için ağız içi tarama yöntemiyle konvansiyonel yöntem arasında $0,75\pm0,74$ mm, model taramasıyla konvansiyonel yöntem arasında $1,03\pm0,84$ mm farktan söz etmişlerdir. Literatürde 12 dişin mesiodistal toplamında klinik olarak anlamlı kabul edilen eşik değeri 1.5 mm olarak kabul edilmiştir (10). Bizim çalışmamızda da bu çalışma ile benzer şekilde braketsiz intraoral tarama yapılan olguların üst ark çevresi değerleri ile alt ark çevresi değerleri, braketsiz model tarama yapılan olgulara göre anlamlı düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,022$; $p<0,05$), ($p=0,001$; $p<0,01$). Fakat model tarama ve intraoral taramalar arasındaki fark 1.5 mm den küçük olduğundan klinik olarak kabul edilebilir bulunmuştur.

Flügge ve ark.(33), 1 hastanın intraoral taramalarını iTero (Align Technologies, San Jose, Calif) ağız içi tarayıcı ile alçı model taramalarını ise hem iTero (Align Technologies, San Jose, Calif) hem de D250 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) model tarayıcı ile tarayarak 3 grup oluşturdu. Tüm taramalar 10'ar kez taranıp üst üste çakıştırılarak modellerin kendi içlerinde en fazla tutarsızlık gözlenen alanları belirlendi. iTero ağız içi ve model tarama görüntülerinde sapmalar en fazla maksiller dişlerin facial yüzeylerinde gözlenmiş olup mandibuladaki sapmalar maksillaya oranla önemli ölçüde daha düşüktü. Bizim çalışmamızda Flügge ve ark. yaptığı çalışmayı destekler şekilde braketli intraoral tarama yapılan olguların üst ark çevresi değerleri, braketli model tarama yapılan olgulara göre

anlamli düzeyde yüksek saptanmıştır ($p=0,001$; $p<0,01$). Braketli intraoral tarama ve model taramasında üst ark çevresi ölçümleri arasındaki fark 2.04 mm bulunmuştur. Bu fark 1,5 mm'den büyük olduğundan klinik olarak anlamli olan tek bulgumuzdu.

Çalışmamızda braketsiz model tarama ve intraoral taramalar arasında yapılan karşılaştırmalarda üst ve alt ark çevresi ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamli farklar bulunmuştur. Üst ark çevresi ortalama 1.4 mm alt ark çevresi ise ortalama 0.7 mm farkla intraoral taramada daha fazla ölçülmüştür. Braketli model tarama ve intraoral taramalar arasında yapılan karşılaştırmalarda üst ark çevresi ve alt interkanin ölçümleri istatistiksel olarak anlamli farklar bulunmuştur. Alt interkanin ölçümleri ortalama 0.4 mm model taramasında fazla ölçülmüştür. Bu fark klinik olarak önemsizdir.

Literatür incelendiğinde tek bir intraoral tarayıcı ile hastanın hem ağız içi hem de alçı modellerinin taramasıyla yapılan bir çalışmada bu taramaların tekrarlanabilirliği araştırılmıştır. 20 kişinin dahil edildiği çalışmada alınan aljinat ölçülerinden alçı modeller elde edilmiştir. Her model TRIOS tarayıcı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile 2 hafta aralıklarla taranmış aynı şekilde bireylerin intraoral taramaları da 2 hafta arayla aynı tarayıcı ile taranmıştır. Elde edilen görüntüler yazılım program aracılığıyla çakıştırılmıştır. İlk ve ikinci görüntüler karşılaştırıldığında intraoral tarama görüntülerindeki yüzey farklılıkları modellerin tarama görüntüsünden daha fazla bulunmuştur (5).

Jung ve ark. (119), dört farklı dijital ağız içi tarayıcının doğruluğunu ve bukkal braketlerin ve ortodontik telin etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu alışma için, üç set model (Kontrol modeli, bukkal braketli model, bukkal braketli ve ortodontik telli model) dört farklı tipte ağız içi tarayıcı kullanılarak tarandı: E4D dentist, iTero, Trios ve Zfx IntraScan. Dört tarayıcı ile alınan görüntüler üzerinde dişlerin meziodistal genişliği, interkanin genişlik ve intermolar genişliği karşılaştırıldı. Sonuç olarak transversal değişkenler, bukkal braketlerin ve ortodontik telin varlığından çok az etkilenmiştir. Bukkal braketlerin ve ortodontik telin intraoral tarayıcılar tarafından alınan üç boyutlu görüntüler üzerindeki etkisi klinik olarak anlamli olmadığını bildirmişlerdir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında braketli ve braketsiz intraoral tarama ile model taraması görüntüleri üzerinde yapılan ölçümlerde fark olup olmadığı incelenmiştir ve elde edilen sonuçlar şöyledir;

1. Braketli ve braketsiz olarak taranan intraoral taramalarda yapılan ölçümlerde anlamlı fark bulunmamıştır.
2. Braketli ve braketsiz olarak taranan model taramaları üzerinde yapılan ölçümlerde anlamlı fark gözlenmemiştir.
3. Braketli olarak taranan intraoral tarama görüntüleri ile braketli olarak taranan model görüntüleri üzerinde yapılan ölçümlerde üst ark çevresi ve alt interkanin mesafelerde anlamlı farklılık bulunmuştur.
4. Braketsiz olarak taranan intraoral tarama görüntüleri ile braketsiz olarak taranan model görüntüleri üzerinde yapılan ölçümlerde üst ve alt ark çevresi ölçümlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur.

Gelişen teknoloji ile kullanımları giderek artan tarayıcı sistemlerin braketlerin varlığında bile güvenli sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ortodontik tedavinin başlangıç aşamasında teşhis ve tedavi planlaması için sıklıkla kullanılan bu tarama yöntemleri tedavinin ara aşamalarının değerlendirilmesinde ve analizlerin yapılabilmesinde hekimler açısından güvenli kullanılabileceği düşünülmektedir.

7.KAYNAKLAR

1. Han UK, Vig KWL, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1991 Sep;100(3):212–9.
2. Stuart Hunter W, Priest WR. Errors and Discrepancies in Measurement of Tooth Size. *J Dent Res*. 1960 Mar 9;39(2):405–14.
3. Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod*. 2005 May;75(3):300–4.
4. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: An introduction. *Semin Orthod*. 2004 Sep;10(3):226–38.
5. Sun L, Lee JS, Choo HH, Hwang HS, Lee KM. Reproducibility of an intraoral scanner: A comparison between in-vivo and ex-vivo scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018 Aug;154(2):305–10.
6. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of Intra-Oral Dental Scanners in the Digital Workflow of Implantology. *PLoS One*. 2012 Aug 22;7(8):e43312.
7. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study. *Int J Comput Dent*. 2011;14(1):11–21.
8. Christensen GJ. Will Digital Impressions Eliminate the Current Problems With Conventional Impressions? *The Journal of the American Dental Association*. 2008 Jun;139(6):761–3.
9. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003 Jul;124(1):101–5.
10. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Jan;143(1):140–7.
11. Kang SJ, Kee YJ, Lee KC. Effect of the presence of orthodontic brackets on intraoral scans. *Angle Orthod*. 2021 Jan 1;91(1):98–104.
12. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2016 Aug;116(2):184-190.e12.

13. Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *The European Journal of Orthodontics*. 2016 Aug;38(4):429–34.
14. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *The European Journal of Orthodontics*. 2016 Aug;38(4):422–8.
15. Quimby ML VKRRFAR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *The Angle Orthodontist* . 2004;74(3)::298-303.
16. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Jin J, Niblett TB, Urquhart C, et al. A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1997;12(1):79–84.
17. Yen CH. Computer-aided space analysis. *J Clin Orthod*. 1991 Apr;25(4):236–8.
18. Glenner RA. Dental impressions. *J Hist Dent*. 1997 Nov;45(3):127–30.
19. Starcke EN. A historical review of complete denture impression materials. *J Am Dent Assoc*. 1975 Nov;91(5):1037–41.
20. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: An introduction. *Semin Orthod*. 2004 Sep;10(3):226–38.
21. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2011 Feb;14(1):1–16.
22. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. 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*. 2006 Jun;129(6):794–803.
23. Kravitz ND, Groth C, Jones PE, Graham JW, Redmond WR. Intraoral digital scanners. *J Clin Orthod*. 2014 Jun;48(6):337–47.
24. Abizadeh N, Moles DR, O'Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they? *J Orthod*. 2012 Sep;39(3):151–9.
25. Shastry S, Park JH. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *Angle Orthod*. 2014 Jan;84(1):62–7.
26. Black GV. Descriptive anatomy of the human teeth: SS White Manufacturing Company. 1902.
27. Neff CW. Tailored occlusion with the anterior coefficient. *Am J Orthod*. 1949;35(4):309–13.

28. McGuinness NJ, Stephens CD. Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *Br J Orthod*. 1992 Aug;19(3):227–32.
29. TÜRKÖZ Ç. Dijital Ortodontik Modeller. *GÜ Diş Hek Fak Derg*. 2009;26(3):181-187.
30. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014 Dec 30;14(1):10.
31. Fleming P, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2011 Feb;14(1):1–16.
32. Hayashi K, Sachdeva AUC, Saitoh S, Lee SP, Kubota T, Mizoguchi I. Assessment of the accuracy and reliability of new 3-dimensional scanning devices. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Oct;144(4):619–25.
33. Flügge T V., Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Sep;144(3):471–8.
34. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014 Nov;146(5):673–82.
35. Patzelt SBM, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners. *The Journal of the American Dental Association*. 2014 Jun;145(6):542–51.
36. Schwaninger B, Schmidt RL, Hurst R V. Holography in dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1977 Oct;95(4):814–7.
37. Kanazawa E, Sekikawa M, Ozaki T. Three-dimensional measurements of the occlusal surfaces of upper molars in a Dutch population. *J Dent Res*. 1984 Nov;63(11):1298–301.
38. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Jin J, Niblett TB, Urquhart C, et al. A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1997;12(1):79–84.
39. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Dec;112(6):676–80.
40. Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. Determination of Bolton tooth-size ratios by digitization, and comparison with the traditional method. *Eur J Orthod*. 2006 Apr;28(2):120–5.
41. GABOR D. A New Microscopic Principle. *Nature*. 1948 May 15;161(4098):777–8.
42. Leith EN UJ. Photography by laser. *Scient Am*. 1965;212:24–35.

43. Rydén H, Bjelkhagen H, Mårtensson B. Tooth position measurements on dental casts using holographic images. *Am J Orthod*. 1982 Apr;81(4):310–3.
44. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. *J Prosthet Dent*. 1977 Aug;38(2):216–25.
45. Wedendal PR, Bjelkhagen HI. Dental holographic interferometry in vivo utilizing a ruby laser system II. Clinical applications. *Acta Odontol Scand*. 1974;32(5):345–56.
46. Ovryn B. Holographic interferometry. *Crit Rev Biomed Eng*. 1989;16(4):269–322.
47. Harradine N, Ortho. M, Suominen R, Stephens C, Ortho. M, Hathorn I, et al. Holograms as substitutes for orthodontic study casts: A pilot clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1990 Aug;98(2):110–6.
48. Takasaki H. Moiré topography. *Appl Opt*. 1970 Jun 1;9(6):1467–72.
49. Kanazawa E, Sekikawa M, Ozaki T. Three-dimensional Measurements of the Occlusal Surfaces of Upper Molars in a Dutch Population. *J Dent Res*. 1984 Nov 8;63(11):1298–301.
50. Tzou CHJ, Frey M. Evolution of 3D surface imaging systems in facial plastic surgery. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2011 Nov;19(4):591–602, vii.
51. Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. *Angle Orthod*. 1995;65(3):233–9.
52. ÖĞRENİM M, GEÇGELEN CESUR M. Ortodontide 3 Boyutlu Stereofotogrametri. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*. 2017 Dec 1;
53. Deacon AT, Anthony AG, Bhatia SN, Muller JP. Evaluation of a CCD-based facial measurement system. *Med Inform (Lond)*. 1991;16(2):213–28.
54. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Jin J, Niblett TB, Urquhart C, et al. A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1997;12(1):79–84.
55. Rosati R, De Menezes M, Rossetti A, Sforza C, Ferrario VF. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Jul;138(1):84–8.
56. van der Meer WJ, Dijkstra PU, Visser A, Vissink A, Ren Y. Reliability and validity of measurements of facial swelling with a stereophotogrammetry optical three-dimensional scanner. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2014 Dec;52(10):922–7.
57. de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, Sforza C. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010 Sep;68(9):2129–35.

58. Heike CL, Upson K, Stuhaug E, Weinberg SM. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med*. 2010 Jul 28;6:18.
59. Halazonetis DJ. Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001 May;119(5):556–60.
60. Adaškevičius R VA. 3D Multicamera Dental Cast Scanning System. *Electronics & Electrical Engineering*. 2008;2(82).
61. Martin CB, Chalmers E V, McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: what's available? *J Orthod*. 2015 Jun;42(2):136–43.
62. Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata K. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996 Oct;110(4):365–9.
63. Alcañiz M, Montserrat C, Grau V, Chinesta F, Ramón A, Albalat S. An advanced system for the simulation and planning of orthodontic treatment. *Med Image Anal*. 1998 Mar;2(1):61–77.
64. Westerlund A, Tancredi W, Ransjö M, Bresin A, Psonis S, Torgersson O. Digital casts in orthodontics: a comparison of 4 software systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Apr;147(4):509–16.
65. Ateş AC. Sayısal ortodontik model analizinde kullanılan farklı yazılımların tekrarlanabilirlik, güvenilirlik ve hassasiyet açılarından karşılaştırılması [Doktora tezi]: Türkiye Cumhuriyeti Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü . Türkiye Cumhuriyeti Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü . 2011;
66. Kuo E, Miller RJ. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003 May;123(5):578–81.
67. Alcan T, Ceylanoglu C, Baysal B. The Relationship between Digital Model Accuracy and Time-Dependent Deformation of Alginate Impressions. *Angle Orthod*. 2009 Jan 1;79(1):30–6.
68. Sousa MVS, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012 Aug;142(2):269–73.
69. Erdinç AME DSDB. Digital modellerde güvenilirlik. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2008;29:99-103.
70. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *The European Journal of Orthodontics*. 2007 Oct 1;29(5):517–22.
71. Tarazona B, Llamas JM, Cibrian R, Gandia JL, Paredes V. A comparison between dental measurements taken from CBCT models and those taken from a Digital Method. *The European Journal of Orthodontics*. 2013 Feb 1;35(1):1–6.

72. Larson BE. Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Apr;141(4):402, 404, 406 passim.
73. Kim J, Heo G, Lagravère MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014 May 1;84(3):443–50.
74. Lighthart KG, English JD, Kau CH, Akyalcin S, Bussa HI, McGrory KR, et al. Surface analysis of study models generated from OrthoCAD and cone-beam computed tomography imaging. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2012 Jun;141(6):686–93.
75. Kau CH, Littlefield J, Rainy N, Nguyen JT, Creed B. Evaluation of CBCT Digital Models and Traditional Models Using the Little's Index. *Angle Orthod.* 2010 May;80(3):435–9.
76. Kim J, Lagravère MO. Accuracy of Bolton analysis measured in laser scanned digital models compared with plaster models (gold standard) and cone-beam computer tomography images. *The Korean Journal of Orthodontics.* 2016;46(1):13.
77. White AJ, Fallis DW, Vandewalle KS. 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.* 2010 Apr;137(4):456.e1-9; discussion 456-7.
78. Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A, et al. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod.* 2010 Jul;80(4):474–81.
79. Lee SM, Hou Y, Cho JH, Hwang HS. 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 Dentofacial Orthop.* 2016 Feb;149(2):287–94.
80. Mangano A, Beretta M, Luongo G, Mangano C, Mangano F. Conventional Vs Digital Impressions: Acceptability, Treatment Comfort and Stress Among Young Orthodontic Patients. *Open Dent J.* 2018;12:118–24.
81. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *J Prosthodont.* 2015 Jun;24(4):313–21.
82. Martin CB, Chalmers E V, McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: what's available? *J Orthod.* 2015 Jun;42(2):136–43.
83. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkyänen A. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng.* 2014 Mar;54:203–21.
84. Morris JB. CAD/CAM options in dental implant treatment planning. *J Calif Dent Assoc.* 2010 May;38(5):333–6.

85. Commer P, Bourauel C, Maier K, Jäger A. Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions. *Med Eng Phys.* 2000 Nov;22(9):625–35.
86. Hurt AJ. Digital technology in the orthodontic laboratory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Feb;141(2):245–7.
87. Flügge T V., Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2013 Sep;144(3):471–8.
88. Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW, Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2018 Apr;153(4):534–41.
89. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2016 Aug;150(2):261–7.
90. Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Dec;144(6):916–22.
91. Zaruba M, Ender A, Mehl A. New applications for three-dimensional follow-up and quality control using optical impression systems and OraCheck. *Int J Comput Dent.* 2014;17(1):53–64.
92. Reiz SD, Neugebauer J, Karapetian VE, Ritter L. Cerec meets Galileos--integrated implantology for completely virtual implant planning. *Int J Comput Dent.* 2014;17(2):145–57.
93. Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int J Comput Dent.* 2013;16(1):11–21.
94. Mehl A. A new concept for the integration of dynamic occlusion in the digital construction process. *Int J Comput Dent.* 2012;15(2):109–23.
95. Macchi A, Carrafiello G, Cacciafesta V, Norcini A. Three-dimensional digital modeling and setup. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2006 May;129(5):605–10.
96. Sachdeva R, Frugé JF, Frugé AM, Ingraham R, Petty WD, Bielik KL, et al. SureSmile: a report of clinical findings. *J Clin Orthod.* 2005 May;39(5):297–314; quiz 315.

97. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. 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*. 2013 Jan;143(1):140–7.
98. Proffit WR FHJSD. Contemporary orthodontics, fourth edition. 2007. 167–233 p.
99. Cobourne MT DA. Handbook of orthodontics. Philadelphia: Mosby Elsevier. 2011. 125–179 p.
100. van Vlijmen OJC, Kuijpers MAR, Berge SJ, Schols JGJH, Maal TJJ, Breuning H, et al. Evidence supporting the use of cone-beam computed tomography in orthodontics. *The Journal of the American Dental Association*. 2012 Mar;143(3):241–52.
101. Zotelli VLR, Grillo CM, de Sousa M da LR. Nausea Control by Needling at Acupuncture Point Neiguan (PC6) During an Intraoral Impression-Taking Procedure. *J Acupunct Meridian Stud*. 2014 Dec;7(6):318–23.
102. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2017 Jun 2;17(1):92.
103. Lemos LS, Rebello IMCR, Vogel CJ, Barbosa MC. Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3Shape R700 scanner. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2015 Jul;44(6):20140337.
104. Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KWL. Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005 Oct;128(4):431–4.
105. Zilberman O, Huggare JA V, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*. 2003 Jun;73(3):301–6.
106. Correia GDC, Habib FAL, Vogel CJ. Tooth-size discrepancy: a comparison between manual and digital methods. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(4):107–13.
107. Marković D, Puškar T, Hadžistević M, Potran M, Blažić L, Hodolič J. THE DIMENSIONAL STABILITY OF ELASTOMERIC DENTAL IMPRESSION MATERIALS. *Contemp Mater*. 2012 Oct 19;1(3).
108. Phoe-nix RD CDDCF. The first diagnostic appointment. In: Stewart's clinical removable partial prosthodontics. 4th ed. Chicago: Quintessence Publishing . 2008. 147–8 p.
109. Schleier PE, Gardner FM, Nelson SK, Pashley DH. The effect of storage time on the accuracy and dimensional stability of reversible hydrocolloid impression material. *J Prosthet Dent*. 2001 Sep;86(3):244–50.

110. ÖZKALAYCI N, KÖROĞLU A, BÖREKÇİ Ç. Saklama Şartlarının ve Sürelerinin İrreversible Hidrokolloid Ölçü Maddelerinin Boyutsal Stabilitesi Üzerine Etkileri. Cumhuriyet Dental Journal. 2017 May 7;30–30.
111. Gümüş HÖ, Dinçel M, Büyük SK, Kılınç Hİ, Bilgin MS, Zortuk M. The effect of pouring time on the dimensional stability of casts made from conventional and extended-pour irreversible hydrocolloids by 3D modelling. J Dent Sci. 2015 Sep;10(3):275–81.
112. Saleh WK, Ariffin E, Sherriff M, Bister D. Accuracy and reproducibility of linear measurements of resin, plaster, digital and printed study-models. J Orthod. 2015 Oct 2;42(4):301–6.
113. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent. 2017 Jul;118(1):36–42.
114. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. J Orofac Orthop. 2017 May;78(3):211–20.
115. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013 Aug;144(2):304–10.
116. Cuperus AMR, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JGJH, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: A validation study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2012 Sep;142(3):308–13.
117. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: digital vs plaster dental casts. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007 Jan;131(1):51–6.
118. Song J, Kim M. Accuracy on Scanned Images of Full Arch Models with Orthodontic Brackets by Various Intraoral Scanners in the Presence of Artificial Saliva. Biomed Res Int. 2020 Feb 27;2020:1–8.
119. Jung YR, Park JM, Chun YS, Lee KN, Kim M. Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic brackets and wire. Int J Comput Dent. 2016;19(3):203–15.