



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**AĞIZ İÇİ TARAMA VE MODEL TARAMA
YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN DİJİTAL
MODELLERİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ
DT. ÖZGE KILINÇ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Alev YILMAZ

AYDIN-2017

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**AĞIZ İÇİ TARAMA VE MODEL TARAMA
YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN DİJİTAL
MODELLERİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ
DT. ÖZGE KILINÇ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Alev YILMAZ

AYDIN-2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ortodonti uzmanlık programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından "Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi" olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 14/12/2017

Jüri Başkanı Prof.Dr. Ayça ARMAN
ÖZÇIRPICI

Başkent Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye Prof.Dr. Törün ÖZER

Adnan Menderes Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye Yrd.Doç.Dr. Mine GEÇGELEN
CESUR

Adnan Menderes Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye Yrd.Doç.Dr. Yazgı AY

Adnan Menderes Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye Yrd.Doç.Dr. Baykal YILMAZ

Adnan Menderes Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tezimi hazırlama sürecinde büyük emeği geçen danışman hocam Doç. Dr. Alev YILMAZ'a,

Eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini bizlerle paylaşan anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Törün ÖZER'e, öğretim üyelerimiz Yrd. Doç. Dr. Yazgı AY ve Yrd. Doç. Dr. Mine GEÇGELEN CESUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana yardımcı olan asistan arkadaşlarıma ve bölüm personelimize desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Sevgili ailem, hayatımın her döneminde yanımda olduğunuz ve en büyük destekçim olduğunuz için sizlere minnettarım.



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
EKLER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ortodontik Model.....	3
2.2. Dijital Modellerin Tedavi Planlamasındaki Yeri.....	5
2.2.1. Dijital Set up.....	6
2.2.2. Üç Boyutlu Çakıştırma.....	6
2.2.3. Hastaya Özel Ortodontik Aparey Tasarımı.....	6
2.2.4. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri ile Entegrasyon.....	7
2.3. Dijital Ortodontik Modellerin Saklanması.....	7
2.4. Dijital Model Elde Etme Yöntemleri.....	8
2.4.1. Fotokopi.....	8
2.4.2. Holografî.....	9
2.4.3. Moiré Topografisi	9
2.4.4. Fotostereometrik Teknik.....	9
2.4.5. Yüzey Tarama Yöntemi.....	10
2.4.6. Güncel Dijital Model Elde Etme Yöntemleri.....	11
2.4.6.1. Alçı Model veya Ölçülerin Yüzey Taraması.....	11
2.4.6.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) Görüntülerinin İşlenerek Üç Boyutlu Olarak Tekrar Yapılandırılması.....	19
2.4.6.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) ile Tarama.....	21
2.4.6.4. Direkt Ağız İçi Tarama.....	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	28
3.1. Gereç.....	28

3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Ortodontik Alçı ve Dijital Modellerin Elde Edilmesi... ..	29
3.2.2. Modellerin Değerlendirilmesi ve Yapılan Ölçümler.....	30
3.3. İstatistiksel Değerlendirme.....	35
4. BULGULAR.....	36
4.1. Tekrarlanabilirlik.....	36
4.2. Yöntemler Arası Güvenilirlik ve Süre	36
5. TARTIŞMA.....	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
ÖZET.....	60
SUMMARY.....	62
KAYNAKLAR.....	64
EKLER.....	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo I: Gözlemcinin farklı zamanlarda yapmış olduğu klinik ölçümler yönünden 1. ve 2.değerlendirme arasındaki güvenilirlik düzeyleri.....	39
Tablo II: Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yönteme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri.....	41
Tablo III: Klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yönteme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin yan tutma (bias) düzeyleri.....	44
Tablo IV: Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde işlem süreleri yönünden konvansiyonel yönteme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri.....	47
Tablo V: İşlem süreleri yönünden konvansiyonel yönteme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin bias düzeyleri.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Lazer triangülasyon tekniğine dayalı olarak hazırlanmış analiz sistemi.....	13
Şekil 2: Slit-ray lazer ile iki farklı açıdan 3 boyutlu görüntü oluşumu.....	13
Şekil 3: Multi kamera sistem kurulumu.....	14
Şekil 4: Ağız içi lazer tarayıcı sistemin şematik kurulumu.....	24
Şekil 5: Hastanın ağzına yerleştirilmiş bir intraoral lazer tarayıcının aynaları, lazer diyotu ve CCD kameranın temel düzeni.....	25
Şekil 6: Alt ve üst çenede yapılan ark içi transversal ölçümler.....	34



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KIBT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

CD-R: CD-Room

mb: Megabyte

gb: Gigabyte

CAD-CAM: Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing

STL: Stereolitografi format

VRML: Virtual Reality Machine Language

CCD: Charge Coupled Device

LED: Light Emitting Diode

HATS: Hamilton Arch Tooh System

PAR: Peer Assesment Rating

TME: Temporomandibular Eklem

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

dk: Dakika

sn: Saniye

SKK: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: A. Maestro 3D model tarama cihazı, B. Trios ağız içi tarama cihazı.....	29
Resim 2: A. Konvansiyonel yöntem ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi, B. Konvansiyonel yöntem ile ark içi transversal ölçümlerin yapılması.....	30
Resim 3: Maestro 3D Ortho Studio programı ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi.....	31
Resim 4: Maestro 3D Ortho Studio programı ile mevcut ark uzunluğunun belirlenmesi.....	31
Resim 5: Maestro 3D Ortho Studio programı ile yapılan ark içi transversal ölçümler.....	31
Resim 6: Orthoanalyzer programı ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi.....	32
Resim 7: Orthoanalyzer programı ile mevcut ark uzunluğunun belirlenmesi.....	32
Resim 8: Orthoanalyzer programı ile yapılan ark içi transversal ölçümler.....	32

EKLER DİZİNİ

Ek 1: Etik kurul onay formu.....	73
Ek 2: Etik kurul sonuç raporu.....	74



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Başarılı bir ortodontik tedavi için doğru tanı ve tedavi planlaması çok önemlidir. Bunun için klinik muayenenin yanısıra hastadan tedavi öncesi çeşitli kayıtlar alınmaktadır. Dental modeller de bu kayıtların ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır. Model değerlendirmesi ve analizi teşhis ve tedavi planının oluşturulmasında çok önemli bir yere sahiptir (1, 2).

Geçmişte bu amaçla alçıdan elde edilen modeller tek seçenektir ve bu modeller aynı zamanda var olan kayıtlar arasındaki üç boyutlu tek komponentli (1). Alçı modeller tanı ve tedavi planlamasının yanı sıra interdisipliner iletişimde, vaka sunumlarında, tedavi gelişimi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde, arşivlemede, hastaya uygulanacak tedavi yöntemi ve tedavi seyri hakkında bilgi vermek amaçlı da kullanılmaktadırlar. Bu nedenle tedavinin ara safhası ve bitiminde ortodontik kayıtlarla beraber dental modeller de yenilenmektedir (2-4).

Günümüzde gelişen teknoloji ile hastaların fotoğrafları ve röntgenleri dijital ortamlarda saklanabilmektedir. Alçı modellerin pek çok avantajının yanısıra modellerin kolay kırılması, kaybolması, sürekli ölçüm nedeniyle aşınmanın yol açtığı hata payı, yoğun bir klinik ortamda arşivlenmesi için diğer kayıtlara göre çok daha geniş hacim kaplaması gibi dezavantajları da mevcuttur (2, 3). Tüm bu dezavantajları ortadan kaldırmak için çalışmalar dijital ortamda üç boyutlu dental model elde etmeye yönelmiştir (3).

Gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalar sonucu alçı modellere alternatif olarak dijital ortodontik modellerin elde edildiği çeşitli yöntemler ve cihazlar geliştirilmiştir (2, 3). Alçı modellerin, direkt ölçülerin tarandığı lazer yüzey tarayıcı sistemlerin yanısıra konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT) aracılığıyla da dijital üç boyutlu modeller elde edilebilmektedir. Son olarak ağız içi tarayıcı sistemler geliştirilmiştir (3, 5-7). Bu teknoloji ile hastadan ölçü alma gereksinimi de ortadan kalkmıştır ve ağız içi tarayıcı aracılığıyla görüntüler direkt bilgisayar ortamına aktararak üç boyutlu dijital modeller elde edilmektedir (5, 7). Dijital modellerin pek çok avantajı mevcuttur. Depolama kolaylığı, aşınma, kırılma, kaybolma gibi olumsuz durumların ortadan kalkması, klinik ortamda kolay ulaşılabilir olmaları, konsültasyon amaçlı diğer hekimlere transfer kolaylığı başlıca avantajlarıdır (2, 8). Ayrıca hastanın fotoğrafları, röntgenleri ve modellerinin aynı ortamda saklanabiliyor olması da bir diğer önemli avantajıdır (2). Cihazların ve bilgisayar programlarının maliyetli olması, dijital ortamda saklanan verilerin de kaybolma ihtimalinin bulunması, programların güncellemeleri

için üretici firmanın teknik desteğine ihtiyaç duyulması ise dezavantajları olarak gösterilebilir (2).

Dijital modellerin sayılan avantajlarına rağmen alçı modeller halen “altın standart” olarak kabul görmektedir (3, 9). Günümüzde, dijital modeller üzerinde yapılan ölçümleri güvenilirlik, hassasiyet, tekrarlanabilirlik açısından değerlendirmeye yönelik, alçı modellerle karşılaştırıldıkları pek çok çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda dijital modellerin ortodonti pratiğinde alçı modellere alternatif olabilecekleri yönünde sonuçlar bildirilmiştir. (5, 7, 10-15).

Bu tez çalışmasında bizim amacımız, hafif, orta, şiddetli olmak üzere farklı çapraşıklık gruplarında ağız içi tarayıcı kullanılarak ve alçı modellerin model tarama cihazı ile taranması sonucu elde edilen iki farklı dijital model üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliklerinin alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ortodontik Model

Alçı modeller, hekimlerin klinik muayene sırasında elde edilen izlenimleri daha ayrıntılı olarak değerlendirmesine olanak tanıyan, oklüzyonun üç boyutlu bir görünümünü sağlar. Ağız yumuşak dokularından etkilenmeden, bir vakanın incelenmesini kolaylaştırır (12, 16-18).

Hastadan ölçü alınması ve çalışma modeli elde edilmesinin 1700'lü yılların başından beri süregelen bir prosedür olduğu bildirilmektedir. İlk olarak Philipp Pfaff tarafından mum bazlı bir maddenin ısıtılarak kullanılması ile ölçü alındığı ve model elde edilmesi için paris alçısının kullanıldığı bildirilmiştir. 1839'da Chapin A. Harris mum bazlı ölçüden model elde etmek için kireç yapıda bir materyalin kullanımını savunmuştur. 19.yy'ın ortalarında ölçü materyali olarak paris alçısı, güta perka ve çeşitli termoplastik maddelerin kullanımı popüler bir hal almıştır (19). 1900'lü yılların başında ise boyutsal olarak stabil, kullanımı kolay, maliyet yönünden uygun olan yeni ölçü materyalleri üretildi. Bunlar günümüzde kullandığımız irreversible hidrokolloid (aljinat), polivinilsiloksan, elastik polieter yapısındaki ölçü materyallerinin temelini oluşturmaktadırlar. Günümüzde ortodonti kliniklerinde ölçü materyali olarak aljinat, dental model elde edilmesinde ise tip II dental alçının en sık olarak kullanıldığı belirtilmektedir (2).

2003 yılında Amerikan Ortodonti Derneği tedavi öncesi ve tedavi bitiminde alınması gereken ortodontik kayıtları belirlemiştir. Kayıt materyalleri ekstraoral ve intraoral fotoğraflar, dental modeller, intraoral ve/veya panoramik radyografiler ve sefalometrik radyografi ve gerekli durumlarda ek diğer kayıtlardan oluşmaktadır (2).

Alçı modellerden elde edilen bilgilerin, ortodontistin maloklüzyonları sınıflandırmasına, sapmaları belirlemesine ve tedavi hedeflerini formüle etmesine yardım etmek için çok önemli bir değere sahip olduğu bildirilmiştir. Dişlerin boyutları, dental arktaki konumları, malpozisyonları da alçı modellerden değerlendirilebilmektedir. Ek olarak alçı modeller üzerinde diagnostik set-up işleminin de gerçekleştirileceği bildirilmiştir (2). Yine başka bir kaynakta ortodontik modeller yardımıyla ark formunun ve simetrisinin, Spee ve Wilson eğrilerinin değerlendirilebileceği, Bolton, Peck & Peck, diş boyutu ark uzunluğu uyumsuzluğu analizlerinin yapılabilceği bildirilmiştir (20).

Han ve ark. (1) yaptıkları çalışmada teşhise yönelik farklı tipteki kayıtlardan elde edilen bilgilerin tedavi kararlarına olan etkisini değerlendirmişlerdir. Vakaların %55'inde sadece

ortodontik model kullanılarak yapılan tedavi planlamasının yüz fotoğrafları, panoramik radyografi, lateral sefalometri ve sefalometrik çizimin dahil olduğu diğer tanı araçlarıyla yapılan tedavi planlamalarından önemli ölçüde farklılık göstermediği sonucuna ulaşmışlardır. Vakaların önemli bir bölümünde alçı modellerin tek başına tedavi planlaması için yeterli olabileceğini belirtmişlerdir.

Alçı modeller üzerinde çeşitli yöntemler kullanılarak tanı ve tedaviye yönelik çeşitli ölçümler, analizler yapılabilmektedir. Diş boyutu, ark uzunluğu, ark genişliği ölçümleri bunlara örnektir. Diş boyutlarını saptamaya yönelik ilk çalışma Black (21) tarafından yapılmıştır. İlerleyen yıllarda Neff (22) tarafından 200 ortodonti hastası üzerinde yapılan çalışmada ise anterior diş boyutları saptanmış ve alt-üst anterior diş boyutları arasındaki ilişkiden bahsedilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise maksiller ve mandibular dişler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Bolton tarafından çeşitli çalışmalar yapılmış ve birtakım analizler geliştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda sadece anterior, anterior ve posterior dişlere ait Bolton oranları ve bunların klinik kullanımları tanımlanmıştır (23, 24). Sheridan (25), yaptığı çalışmada Bolton analizinin pratikte en sık kullanılan yöntem olduğunu ve çalışmaya katılan ortodontistlerin %91'inin Bolton analizini kullandıklarını belirtmiştir.

Modeller üzerinde ölçüm yapabilmek için çeşitli araçlara gereksinim vardır. Pergel, cetvel, analog ve dijital kumpaslar, alçı modeller üzerinde ölçüm yaparken kullanılan araçlar olarak gösterilmiştir (26-31).

Alçı modellerin sayılan avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Modellerin kolay kırılması, kaybolması, sürekli ölçüm nedeniyle aşınmanın yol açtığı hata payı, yoğun bir klinik ortamda arşivlenmesi için diğer kayıtlara göre çok daha geniş hacim kaplaması alçı modellerin dezavantajları olarak sayılabilir (2).

İngiltere'de McGuinness ve ark. (32) tarafından yapılan bir çalışmada, alçı modellerin arşivlenmesi ile ilgili fiziksel birtakım dezavantajlardan bahsedilmiştir. Tedavi edilen hasta sayısının çokluğu ile doğru orantılı olarak, modellerin saklanması ile ilgili bazı sorunlar gözlemlendiği ve alçı modellerin kolaylıkla zarar görebilen, kırılabilen bir materyal olduğu bildirilmiştir. 124 ortodontist ile yapılan anket çalışmasında, sayılan sebeplerden dolayı ortodontistlerin yaklaşık %80'i saklama ile ilgili problemler yaşadığını belirtmişlerdir.

Russel ve ark. (33) yaptıkları çalışmada, yoğun bir ortodonti kliniğinde yılda ortalama 300 yeni hastanın tedavisine başlandığını ve hasta kayıtlarının arşivlenmesi ile ilgili yasal kurallar ve malpraktis durumları nedeniyle farklı bölgelerde hasta kayıtlarının 5 ile 15 yıl

arasında saklanması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda ortalama 10 senede ciddi bir model birikimi ve bu modelleri saklamak için ciddi bir alana ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Sayılan dezavantajlar üreticileri üç boyutlu dijital modeller elde etmeye yöneltmiştir. 1990'lı yılların sonuna doğru dijital model elde etmeye yönelik gelişmeler hızlanmıştır ve klinik olarak kullanımları artmıştır. Gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalar sonucu alçı modele alternatif olarak dijital ortodontik modellerin elde edildiği çeşitli yöntemler ve cihazlar geliştirilmiştir (3).

Dijital modellerin geliştirilmesi ile alçı modellerde var olan olumsuz yönlerin çoğu giderilmiştir. Dijital modellerin en büyük avantajı olarak kırılma, aşınma risklerinin bulunmaması ve arşivlenmeleri için bilgisayar ortamında çok az yer kaplamaları gösterilmiştir (2). Dijital modeller bilgisayar ortamında, taşınabilir disklerde veya CD room (CD-R)'larda kolaylıkla saklanabilmektedir. Bir dijital model dosyasının büyüklüğü tarama hassasiyetine ve modeli oluşturan firmaya göre değişmekle birlikte 1-14 megabyte (mb) arasındadır. Bu dosyaları çalıştırmak için gerekli yazılım ise 8-12 mb arasındadır. Bir CD-R'un kapasitesi ortalama 700 mb olarak düşünülürse bir adet cd de ortalama 50-700 hastanın, 80 gigabyte (gb) hafızaya sahip bir taşınabilir bellekte ise ortalama 10 bin hastanın dijital model kayıtlarının saklanabileceği bildirilmektedir (2). Verilerin birden çok bilgisayar, bellek ortamında saklanabilir olması ve gerektiğinde hasta konsültasyonu amaçlı diğer hekimlere transferinin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi de bir diğer avantajı olarak belirtilmiştir (8). Dijital modeller aracılığıyla klinik ortamda hastalara ve hasta yakınlarına tedavi başlangıcı, ilerleyişi ve sonucu ile ilgili kolaylıkla bilgilendirme yapılabileceği de bildirilmiştir (2).

Alçı modeller altın standart kabul edilerek, dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin geçerlilik ve hassasiyetlerinin karşılaştırıldığı pek çok çalışma yapılmıştır (10, 12, 14, 34-36). Bu çalışmalar sonucunda dijital modeller üzerinde gerçekleştirilen iki nokta arası doğrusal ölçümlerin (intermolar, interkanin genişlik gibi) (5, 12, 37-40), diş genişliği ve yüksekliği (35), overjet ve overbite (12, 35, 36) ölçümlerinin, konvansiyonel yöntemle alçı modeller üzerinde gerçekleştirilen ölçümlerle aralarında çok büyük yakınlık bulunmuştur.

2.2. Dijital Modellerin Tedavi Planlamasındaki Yeri

Rutin ortodonti pratiğinde dijital modeller, genellikle elektronik ortamda kolaylıkla arşivlenebilme, teşhis ve tedavi planlamasına yönelik pek çok ölçüm ve analizin dijital

ortamda kolaylıkla yapılabilmesi gibi özellikleriyle tercih edilmektedir. Ancak firmaların kullandıkları sistemler ve tescilli yazılım programları ile sundukları hizmetler dahilinde dijital modeller ortodontide üç boyutlu tedavi planlamasında, diş hareket miktarının üç boyutlu olarak değerlendirilmesinde, hastaya özel aparey tasarımında ve mevcut üç boyutlu görüntü teknolojilerine entegre edilerek kullanılabilir (41, 42).

Dijital ölçümler ve analizler dışında dijital modeller üzerinde yapılabilecek işlemler şunlardır:

2.2.1. Dijital Set up

Konvansiyonel yöntemde hazırlanan bir alçı model üzerinde her dişin kesilerek ayrılması ve kesilen dişlerin mumdan bir katman üzerinde tekrar konumlandırılmaları ile yapılan işlem diagnostik set-up olarak adlandırılmaktadır. Bu işlem dijital yöntemlerin gelişmesi ile bilgisayar ortamında dijital modeller üzerinde de yapılabilmektedir. Dijital modelleme firmasının geliştirdiği yazılımın sunduğu olanaklar dahilinde kullanılabilen bu uygulama ile dişler dijital modeller üzerinde hareket ettirilebilmekte, aksları eğimleri ayarlanabilmektedir. Böylece farklı tedavi seçenekleri etkin ve pratik bir şekilde değerlendirilip, olası tedavi sonuçları öngörülebilme ve bu bilgiler hastanın da dahil olduğu karar verme aşamasında etkili bir görsel iletişim aracı olarak kullanılabilir (43, 44).

2.2.2. Üç Boyutlu Çakıştırma

Tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi için sefalometrik filmler üzerinde yapılan çakıştırma işlemi dijital yöntemlerin gelişmesi ile üç boyutlu olarak dijital modeller üzerinde de yapılabilmektedir (45-47). İki boyutlu sefalometrik röntgenler üzerinde yapılan çakıştırmaya kıyasla tüm dişlerin üç boyutlu olarak hareket miktarlarının görülebilmesi ve hastanın radyasyona maruz kalmaması bu uygulamanın en büyük avantajları olarak gösterilmektedir (47, 48).

2.2.3. Hastaya Özel Ortodontik Aparey Tasarımı

Gelişmiş Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) teknolojisinin ortodonti alanına da dahil olması ile hastadan alınan tek ölçü ile, üç boyutlu tedavi simülasyonunu takiben, bireysel ark telinin ve braket sisteminin üretilmesinin mümkün

olduğu belirtilmektedir (43, 49). Planlama aşamasında tedavi sonucunun net bir şekilde öngörülebilir olması, hastaya özel braket tasarımı ile hekimin her diş üzerinde üç boyutlu olarak kontrol sahibi olabilmesi, dijital ortamda yüksek hassasiyette braket yerleştirme ile braket konumlandırma hatalarının büyük oranda azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması, dolayısıyla tedavinin daha etkin ve öngörülebilir bir şekilde uygulanabilmesi bu sistemin avantajları olarak gösterilmektedir (50, 51).

2.2.4. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri ile Entegrasyon

Çene-yüz yapılarının dental arklar ile birlikte üç boyutlu olarak reproduksiyonu, özellikle dentofasiyal anomalilerin cerrahi tedavi planlamasında hekime büyük kolaylık sağlamaktadır. Fotostereometrik teknik, yüzün üç boyutlu olarak görüntülenmesinde günümüzde kullanılan en popüler yöntemdir. Bu yöntemin, yüzü bir bütün olarak dijital ortama aktarırken yüksek bir çözünürlük sunduğu, ancak yüzün dişleri içeren bölümünde yeteri kadar iyi olmadığı belirtilmektedir (52). Yöntemin bu eksikliğini gidermek için Rangel ve ark. (53) dijital modeli fotostereometrik teknik ile oluşturdukları üç boyutlu yüz fotoğrafı içerisine dahil etmiş ve uyguladıkları tekniğin kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Eşleştirme için üç dijital veri oluşturulmuştur. Bunlar, üç boyutlu dijital model, hastanın dişleri görünür haldeyken alınmiş üç boyutlu fotoğrafı ve hastanın dişleri kapanıştayken alınmiş üç boyutlu fotoğrafıdır. Bu dijital veriler, dental arklar yüz kompleksi içerisinde anatomik olarak doğru konumda olacak şekilde eşleştirilmiştir. Araştırmacılar tanımladıkları teknikle dentisyonun üç boyutlu görüntüsünün üç boyutlu yüz fotoğrafına entegre edilebileceğini belirtmişlerdir.

Noh ve ark. (54) ise KIBT görüntüsüne, dişlerin yüzey detaylarının çok daha net yakalanabildiği lazer tarama ile elde edilmiş dijital modelleri dahil etmişler ve entegrasyonun minimum hata ile yapılabilindiğini göstermişlerdir.

2.3. Dijital Ortodontik Modellerin Saklanması

Rutin olarak kullanılan alçı modeller, daha önce de bahsedildiği gibi, kırılma riskine sahip olduklarından, arşivleme esnasında zarar görebilmektedirler. Dijital modeller ise, bu problemi ortadan kaldırmaktadırlar (2). Üç boyutlu dijital model dataları, 3 formatta oluşturulabilir. Bunlar;

1. Stereolitografi format (STL)
2. Virtual Reality Machine Language (VRML)
3. Düşük çözünürlüklü stereolitografi (STL) (55).

STL format, tüm endüstriyel CAD/CAM uygulamaları için standart olan formattır. Kullanıcının, üç boyutlu görüntüyü elde edebilmesi için, kendi bilgisayarına yazılımı yüklemesi gerekmektedir. VRML formatı ise, yine aynı şekilde internet üzerinden görüntülemek için kullanılır, fakat bu format STL formata göre çok daha fazla yer kapladığından, kullanıcının bilgisayarına yüklenmeden, sadece internet ağı üzerinden görüntülediği bildirilmektedir. Düşük çözünürlüklü STL format ise, kullanıcıların cep telefonlarında da üç boyutlu görüntüyü elde edebilmek için oluşturulmuş bir formattır. Küçük bir dosya şeklinde olmasına rağmen, kullanıcıya yeterli bilgi verebilen bir formattır ve istenildiği takdirde görüntülere rotasyon yaptırılabilir (55).

2.4. Dijital Model Elde Etme Yöntemleri

Ortodontik modellerin dijitalleştirilmesine yönelik çalışmalar sonucunda pek çok yöntem geliştirilmiştir. Fotokopi (18), holografi (56), Moiré topografisi (57, 58), fotostereometrik teknik (16) geliştirilen yöntemlerdendir.

1990'lı yılların sonundan itibaren ise dijital model elde etmeye yönelik gelişmeler hızlanmış ve günümüzde kullandığımız tekniklerin temelini oluşturan yöntemler geliştirilmiştir (3). Günümüzde en yaygın kullanılan yöntem lazer yüzey taraması ile yapılan yöntemdir (59).

2.4.1. Fotokopi

Bu yöntem ilk defa 1991 yılında Yen (18) tarafından uygulanmıştır. Alçı modellerden fotokopi yöntemi ile dijital görüntüler elde edilmiş ve bu görüntüler üzerindeki ölçümlerle alçı model üzerinde kumpas ile yapılan ölçümler karşılaştırılmıştır. Ölçümler arasında belirgin fark gözlenmediği ve dijital ortamda ölçümlerin daha kolay yapıldığı belirtilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra Champagne (27) fotokopi yönteminin ark uzunluğu ölçümlerinde ve yer analizlerinde güvenilir olmayan bir yöntem olduğunu ancak alçı modellerin fotokopilerinin tedavi öncesi ve sonrası ark formlarının kıyaslamasında, tedavi sırasında başlangıç ark formunun kontrolünde ve diğer disiplinler ile iletişimde yararlı olabileceğini belirtmiştir.

Schirmer ve Wiltshire (60) bilgisayar ortamına aktarılan model fotokopilerinde yapılan dijital ölçümleri, model üzerinde yapılan manuel ölçümlerden daha küçük bulmuştur. Bu farklılığın üç boyutlu olan bir dental modelin iki boyuta indirgenerek kopyalanmasından kaynaklanabileceği belirtilerek fotokopi ile sayısallaştırmanın rutin kullanım için güvenli olmadığı bildirilmiştir (60).

Paredes ve ark. (61) ise fotokopi yöntemi ve geleneksel yöntem ile uygulanan Bolton indeksi ölçümlerini karşılaştırdıkları çalışmanın sonucunda fotokopi yönteminin geleneksel yöntem kadar hassas ve doğru olduğu sonucuna varmışlardır (61).

2.4.2. Holografi

Holografi, ilk defa 1948 yılında, yeniden yapılandırılmış dalga cephesi mikroskobu içeren bir yöntem olarak tanıtılmıştır (62). Bununla birlikte, Leith ve Upatnieks (63) bu yöntemde lazer ışınının kullanılmasını sağlayarak holografi yönteminde devrim yaratmışlardır. Holografi yöntemi ile birkaç mikrometrelik mesafelerin bile üç boyutlu ortamda ölçümlerinin yapılabileceği bildirilmiştir (64-66).

Dental modellerin kaydı için gerekli holografik kamera özel olarak tasarlanmıştır ve her model için dört holografik görüntü alınması gerekmektedir. Bunlar; okluzal, frontal, sağ ve sol bukkal görüntülerdir. Holografi yöntemi dental çalışma modellerinin sayısal hale getirilerek depolanabilmesini sağlarken, modellerin detaylarını kaydetmede kalitesinin kötü olması, pahalı bir uygulama olması ve yakalanan görüntülerin üç boyutlu olmasına rağmen sadece statik formda olması, dolayısıyla modellerin her açıdan detaylı analizinin yapılamaması gibi dezavantajlara sahiptir (67). Görüntü kalitesinin özellikle keser dişler bölgesinde kötü olduğu da belirtilmiştir (68).

2.4.3. Moiré Topografisi

Alçı modellerden dijital ortamda görüntü elde etmek için geliştirilen bir başka yöntem de Moiré Topografisi'dir. Yöntem, bir obje üzerinde doğrudan kontur hatları oluşturmak üzere tasarlanmış bir kontur haritalama tekniğine dayanmaktadır (57, 58). Bu teknik, özellikle diş morfolojisi için düşük çözünürlüğe sahip olması ve kalitesiz görüntü oluşumu sebebiyle günümüzde pek sık kullanılmamaktadır (67).

2.4.4. Fotostereometrik Teknik

Alçı modellerin üç boyutlu olarak görüntülenmesine ilişkin bu teknik Ayoub ve ark.(16) tarafından tanımlanmıştır. Bu teknik, bilgisayara bir çift stereo video kameranın bağlanıp,

özel renklendirilmiş aydınlatmalar ile alçı modellerin dijital ortamda kayıt edilmesi esasına dayanmaktadır.

Görüntüleri yakalamak için bireysel bir bilgisayara bağlı bir çift stereo video kamera kullanılır. Kameralar alçı modelden 500 mm, birbirlerinden 100 mm mesafede olacak şekilde konumlandırılırlar. Kameraların çözünürlüğü 576 x768 monokrom piksel olarak bildirilmiştir. Yakalanan görüntüler dijital hale getirilerek otomatik olarak bilgisayara gönderilir ve dijital formattaki veriler aracı bir yazılım kullanılarak üç boyutlu olarak tekrar yapılandırılır. Sonuçta oluşan sayısal model bilgisayar üzerinde herhangi bir açıda veya pozisyonda incelenebilir (16). Bu teknikte depolanan veriler, gerekirse çalışma modelinin yeniden yapılandırılması için stereolitografik (STL) formatta depolanabilirler. Bu yöntem, yüzün görüntüsü alınarak, maksillofasiyal değerlendirme ve cerrahi planlamada kullanılabilir (69).

Rosati ve ark. (52), 11 yetişkinin üç boyutlu stereofotometrik görüntüleme sistemi yardımıyla, üç boyutlu dental modelleri ve fasiyal yumuşak doku morfolojilerini elde etmiştir. Vectra (Canfield Scientific, Fairfield, NJ) yazılımı kullanılarak üç boyutlu koordinatları oluşturulan 3 adet fasiyal ve 3 adet dişsel referans noktası arasında 7 adet lineer ölçüm yapılmıştır. Sonuç olarak, ölçümlerde %1,2'den daha küçük hata bulunmuştur ve stereofotometrik yöntemle oluşturulan üç boyutlu görüntülerin klinik olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (52).

Bell ve ark. (67), 22 alçı model üzerinde kumpas ile yapılan ölçümlerle, aynı modellerin fotostereometrik yöntem ile elde edilen üç boyutlu görüntüleri üzerinde yapılan tekrarlı ölçümleri ile karşılaştırmışlardır. Alçı ile üç boyutlu görüntü arasındaki ölçüm farklılığı ortalama 0,27 mm bulunmuş ve bu değer istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, fotostereometrik yöntemin rutinde kullanılabilirliği bildirilmiştir (67).

2.4.5. Yüzey Tarama Yöntemi

Yüzey tarama yöntemi günümüzde kullanılan sistemlerin temelini oluşturmaktadır. Yöntemin temeli Halazonetis (59) tarafından tanımlanmıştır. Araştırmacı üç boyutlu dijital görüntüler elde etmek için dört farklı teknik tanımlamıştır. Bunlar;

- Stereo analiz yöntemi
- Gölgeleme yöntemi
- Fotometrik stereo yöntemi
- Yapısal ışıklandırma yöntemleridir.

2.4.6. Güncel Dijital Model Elde Etme Yöntemleri

Günümüzde üç boyutlu dijital model oluşturabilmek için sıklıkla 4 yöntem kullanılmaktadır:

- Alçı modellerin veya ölçülerin yüzey taraması
- Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinin işlenerek üç boyutlu olarak tekrar yapılandırılması
- Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile tarama
- Direkt ağız içi tarama (3, 5-7).

2.4.6.1. Alçı Model veya Ölçülerin Yüzey Taraması

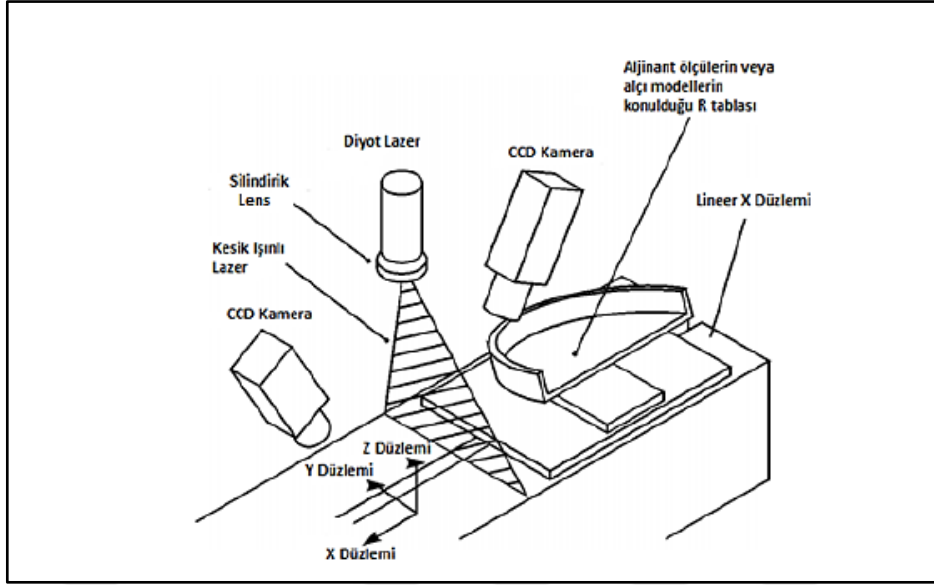
Yüzey tarama yöntemi günümüzde alçı modellerden üç boyutlu dijital model elde etmek için en sık kullanılan yöntemdir. Yöntemin temelini “yapısal ışıklandırma” tekniği oluşturmaktadır. Bu sistemlerde genelde 4 ana komponent mevcuttur: dönebilen bir platform, bir ışık kaynağı, bir Charge Coupled Device (CCD) video kamera ve bir bilgisayar. Alçı model dönebilen platform üzerine yerleştirilir. Platform 180° rotasyon hareketi yapmaktadır. Platformun hareketleri bilgisayara bağlı basamaklı bir motorla kontrol edilmektedir. Video kamera da bilgisayara bağlıdır. Nesne üzerine yönlendirilen ışık ile nesne taranırken, videoda çekilen görüntüler bilgisayara aktarılıp, işlenmektedir (70). Kullanılan sisteme göre ışık kaynağı türü değişmektedir. Lazer ve Light Emitting Diode (LED) en sık kullanılan ışık kaynaklarıdır (4). Çözünürlüğün doğrudan kullanılan ışığın kalitesi ile ilişkili olduğu ve taranan nesnenin tam bir dijital görüntüsünün oluşması için ışığın nesnenin tüm yüzeylerini taraması gerektiği bildirilmektedir. Yüzey tarayıcı, yansıyan ışığı ve taranan yüzey arasındaki mesafeyi farklı açılardan görerek, sadece objenin uzunluğunu belirlemekle kalmaz, aynı zamanda derinliğini de belirler (59).

Kuroda ve ark. (71) ortognatik cerrahi vakalarının model cerrahisi aşamasını üç boyutlu bilgisayar simülasyonu ile yapabilmek için lazer taramanın kullanıldığı bir dental ölçü analiz sistemi geliştirmişlerdir. Hazırladıkları ölçüm aygıtında bir kesik ışınlı lazer projektör, yansıyan görüntüleri kaydetmek için iki adet CCD video kamera, X-Y düzlemlerinde hareket imkanı veren tabla, modelin çevresinin ölçülmesini sağlayan R tablası, bir görüntü işlemcisi ve veri kontrolü sağlayan bir bilgisayar bulunmaktadır. Her noktanın lokasyonunu belirlemede triangülasyon tekniğini kullanan araştırmacılar iki adet CCD kamera kullanarak model üzerindeki her alana ulaşmayı amaçlamışlardır. Görüntü işlemcisi ile CCD

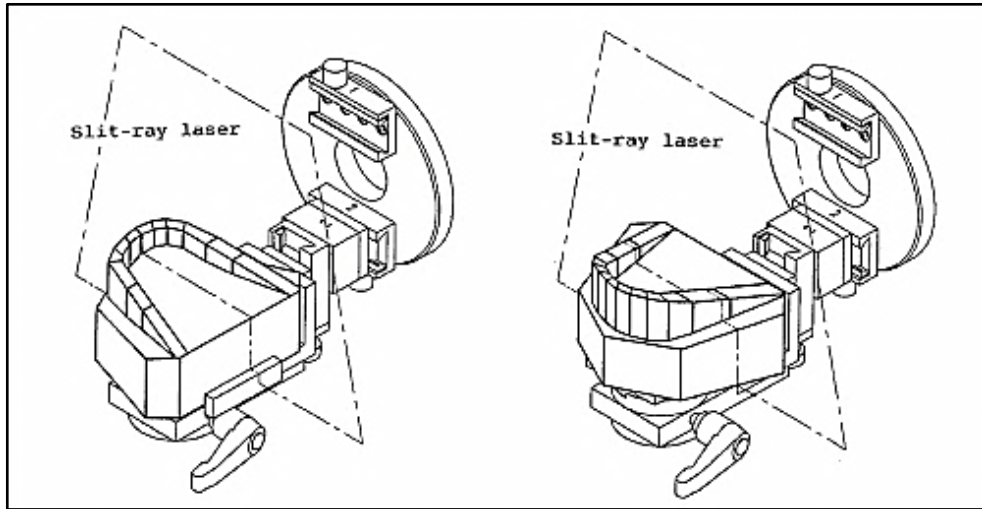
kameralardan alınan analog veriler dijital verilere dönüştürülerek eş zamanlı olarak bilgisayara gönderilmiş, bilgisayarda ise grafiksel koordinatlar üç boyutlu hacimsel koordinatlara çevrilmiştir. Elde edilen dijital model üzerinde lineer ve açısal ölçümlerin yanında palatal yüzey alanı ve oral kavite hacmi ölçümlerinin de yapılabileceği belirtilmiştir. Ancak araştırmacılar undercutli alanların taranamamasını ve oluşan kör bölgeleri kesik ışınli projeksiyonun önemli bir dezavantajı olarak bildirilmiştir.

Alcañiz ve ark. (72) aljinat ölçüler için tasarlanmış optik bir ölçüm sistemini tanımlamışlardır. Geliştirdikleri sistem ile alçı model oluşturmaksızın sadece hastadan alınan bir çift ölçüyü kullanarak üç boyutlu ortodontik simülasyon yapılabileceğini belirtmişlerdir. Optik triangülasyon tekniğini kullandıkları sistemde kesik ışınli lazeri aljinat ölçü üzerine yansıtılmışlar ve ışının deformasyonuna göre ölçünün şekline ilişkin bilgi edinilmiştir (Şekil 1). Ancak araştırmacılar kesik ışınli lazerin kullanıldığı diğer sistemlerde olduğu gibi bu sistemde de kör bölgelerin oluşumunun önüne geçilemediğini, özellikle dişlerin lateral yüzeylerinin detaylı kaydının alınamadığını bildirmişlerdir.

Motohashi ve ark. (73) kesik ışınli lazer projektör (3D-VMS250R UNISN, Inc. Osaka, Japan) ile alçı dental modelleri tararken modelin ölçüm aygıtı üzerindeki açısını döndürerek iki farklı açıdan tarama yapmışlardır (Şekil 2). Alçı modeller üzerinde ve dijital görüntüler üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırdıklarında aralarında anlamlı bir fark bulunmadığını ve dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin klinik olarak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca farklı iki açı ile elde ettikleri verileri kombine ederek kör bölgelerin oluşumunu azalttıklarını bildirmişlerdir.



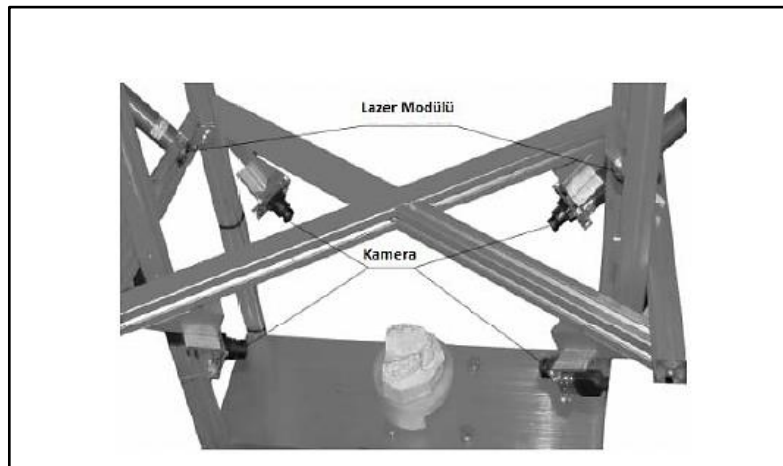
Şekil 1: Lazer triangülasyon tekniğine dayalı olarak hazırlanmış analiz sistemi. Bir kesik ışınlı lazer projektör, yansıyan görüntülerin kaydı için iki adet CCD video kamera, ölçüyü hareket ettirmek için lineer X düzlemi ve ölçünün bulunduğu R tablası (72).



Şekil 2: Slit-ray lazer ile iki farklı açıdan 3 boyutlu görüntü oluşumu (73).

Kusnoto ve Evans (74) yaptıkları çalışmada, Minolta Vivid700 3D (Minolta USA, Ramsey, NJ) lazer yüzey tarayıcısı kullanarak lazer yüzey taramasının geçerliliğini ve güvenilirliğini geometrik kalibrasyonlu bir silindir, bir dental model ve bir alçı yüz modeli üzerinde araştırmışlardır. Testler, obje ile lazer tarayıcı arasındaki uzaklık 70 cm ve 90 cm olacak şekilde yürütülmüş ve bu iki farklı mesafeden taranan objeler üzerinde yapılan ölçümlerde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Çalışmanın sonucunda; lazer yüzey tarayıcıları kullanılarak üç boyutlu verilerin kolaylıkla ve yüksek doğrulukla elde edilebileceği ve obje ile tarayıcı arasındaki mesafeden bağımsız olarak lazer yüzey tarayıcılarının distorsiyonlarının çok az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, lazer ışığının nesnelere yayılmasına bağlı olarak daha küçük olan nesnelere büyük olanlara göre daha hassas çalışılabildiği belirtilmiştir.

Adaskevicius ve Vasiliauskas (70) tarafından üç boyutlu model oluşturmada kullanılan “multi kamera sistemi” tanıtılmıştır. Araştırmacılar, sistemi kurarken lazerin açıldırılmasından faydalanmışlardır. Açıldırma metodunda, ışık kaynağı ile nesne arasındaki bilinen uzaklık ve yüzeyin derinliğini belirlemek için yansımanın oluşturduğu açı kullanılmaktadır. Sistem; döner platform, dört adet kamera ve iki adet lazer kaynağından oluşmaktadır. Döner platform, üzerine alçı modelin rahatça oturabileceği düz bir zemine sahiptir ve yaklaşık 180 derece dönebilmektedir (Şekil 3). Sonuç olarak, bu şekilde oluşturulan dijital modellerin, ortodonti pratiğinde rahatlıkla kullanılabileceğini ve yapılan ölçümlerin alçı model ölçümlerinden çok farklı olmadığını belirtmişlerdir.



Şekil 3: Multi kamera sistem kurulumu (70).

Günümüzde dijital ortodontik model oluşturmaya yönelik birçok firma ve bu firmalara ait çeşitli bilgisayar yazılımları mevcuttur. İlk olarak 1999 yılının başında Cadent firmasına ait OrthoCAD (Cadent, Carlstadt, NJ), 2001 yılının başında ise GeoDigm firmasına ait emodels (GeoDigm, Chanhassen, Minn) programları piyasaya sürülmüştür. Her iki firma da benzer prosedürler izlemektedir ve ikisi de Amerika da yer almaktadır (2). 2003 yılında kurulmuş olan OrthoCast (Ortho Cast INC, MS, NJ) programı da yine bir Amerika firmasıdır. Avrupa'da yer alan dijital model üreticileri ise; DigiModel (OrthoProof, Nieuwegein, The Netherlands), O3DM (OrthoLab, Poznan, Poland), Maestro 3D Ortho Studio (AGE Solutions S.r.l.,Pisa,Italy),OrthoAnalyzer (3Shape,Copenhagen,Denmark) firmalarıdır (75). Orthomodel (Orthomodel, İstanbul, Türkiye) firması piyasaya 2007 yılında girmiştir ve Türk mühendisler ve diş hekimleri tarafından oluşturulmuş dijital model elde etmeye yönelik kurulmuş ilk firma olarak belirtilmektedir (76).

Klinik ortamda tarama cihazının olmadığı durumlarda hekimler ölçüleri veya alçı modelleri firmaya gönderirler. Alınan ölçüler veya elde edilen modeller kapanış mumu ile birlikte kargoyla firmaya gönderilir. Ölçü gönderildiği durumlarda firma tarafından ölçülere alçı dökülerek bir ara model elde edilir ve bu model üzerinden lazer taramasıyla dijital modeller elde edilir. Oluşturulan sanal veri internet aracılığı ile hekime gönderilir ve firmanın kendi yazılımı kullanılarak hekim tarafından bilgisayarda her açıdan görüntülenebilir ve üzerinde ölçüm yapılabilir (2, 77).

Dijital model üreten firmalara ait yazılımlar ile birçok ölçüm, analiz ve değerlendirme yapılabilmektedir. Bilgisayar ortamında; dişlerin mezio-distal genişlikleri, ark uzunluğu, ark genişlikleri, overjet, overbite, Bolton analizi gibi ölçümlerin yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Modeller, gözlem ve ölçüm için her yöne döndürülebilir, her düzlemde kesit alınabilir. Oklüzal kontak noktalarının statik ya da dinamik olarak, fonksiyonel hareketlerde detaylı bir şekilde gözlemlenebilmesini sağlayan ilave özellikler; ya yazılımla birlikte ücretsiz olarak, ya da ek bir ücret karşılığında firmadan temin edilebilmektedir. Yazılımların gelişmesiyle birlikte, bilgisayar ortamında indirekt braketleme ve kişiye özel braketleme için set up işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir. (78).

Lazer yüzey taraması ile elde edilen dijital modellerin güvenilirlik, tekrarlanabilirlik ve hassasiyetlerinin ölçüldüğü pek çok çalışma yapılmıştır. Tomasetti ve ark. (79) yaptıkları çalışmada anterior ve toplam Bolton analizlerini farklı ölçüm yöntemleri kullanarak karşılaştırmışlardır. Çalışmaya 3 mm'den az çapraşıklığı bulunan 22 adet model dahil

edilmiştir. Alçı modellerden dijital kumpas ile yapılan ölçümler altın standart olarak alınmıştır. Dijital ölçümlerde ise 3 farklı yöntem kullanılmıştır. QuickCeph programında, 1:1 ölçekli video ile alınmış görüntü üzerinde, Hamilton Arch Tooth System (HATS) programında ise bilgisayara kabloyla bağlanmış dijital kumpaslar aracılığıyla Bolton analizi yapılmıştır. Dijital model oluşturmak için 3. yöntem olarak OrthoCad (Cadent, Fairview, NJ) sistemi kullanılmıştır. Ölçümler yapılırken harcanan süreler de kaydedilmiştir. Süre açısından en hızlı ölçümler QuickCeph programı ile yapılmış, bunu sırasıyla HATS, OrthoCAD ve elle yapılan ölçümler izlemiştir. Yöntemler karşılaştırıldığında HATS programı ile yapılan ölçümler elle yapılan ölçümlerle büyük tutarlılık göstermiştir. Bunu OrthoCAD ve QuickCeph programları izlemiştir. Var olan farklılıkların ise klinik açıdan önemsiz olduğunu vurgulamışlardır. Dijital ölçümlerin alçı modeller üzerinde yapılan ölçümlere alternatif olabileceği ve zaman açısından da daha verimli olduğu belirtilmiştir (79).

Zilberman ve ark. (15), alçı ve dijital modeller üzerinde diş boyutları ile interkanin ve intermolar genişlik ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Dijital model eldesinde ve ölçümlerde OrthoCad (Cadent, Fairview, NJ) firmasının yazılımı, elde yapılan ölçümlerde ise dijital kumpas kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler yüksek bir kesinlik ve tekrarlanabilirlik gösterirken; dijital model ölçümlerinin de klinik olarak kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (15).

Santoro ve ark. (13), tedavi görmemiş 76 hastanın alçı modelleri üzerinde yapılan ölçümler ile OrthoCad (Cadent, Fairview, NJ) sistemi ile oluşturulmuş dijital modelleri üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırmışlardır. Dişlerin mezio-distal genişlikleri, overbite ve overjet miktarları bağımsız iki araştırmacı tarafından ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, diş boyutları ve overbite ölçümlerinde dijital ölçümler, alçı modeller üzerinde yapılan ölçümlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede küçük bulunmuştur. Bu farklılıklar 0,16-0,49 mm arasında olup, klinik açıdan önemsiz olarak değerlendirilmiştir. Overjet ölçümünde ise herhangi bir farklılık görülmemiştir. İki farklı araştırmacı tarafından yapılan ölçümlerin sonucu da tutarlılık göstermiştir (13).

Quimby ve ark. (12), 10 adet alçı ve OrthoCad (Cadent, Fairview, NJ) firmasının cihazı ile elde edilen dijital modeller üzerinde dişlerin mezio-distal genişlikleri, ark genişliği, ark uzunluğu, overjet, overbite, gereken ve mevcut ark uzunluğu ölçümlerinin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Ölçümler arasında, overbite ve overjet hariç, anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Dijital modellerde yapılan ölçümler, alçı modeller üzerinde

yapılan ölçümlerden daha büyük bulunmuştur. Ancak farkların klinik olarak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan ölçümlerde tüm parametrelerde, grup içi korelasyon katsayıları oldukça yüksek ($ICC > 0,90$) bulunmuş ve güvenilirlik çok iyi olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, dijital ölçümlerin konvansiyonel yönetime alternatif olabileceği bildirilmiştir (12).

Mullen ve ark. (10), 30 hastadan elde edilen alçı ve dijital modeller üzerinde dişlerin mesiodistal genişliklerini ve Bolton oranını ölçmüşlerdir. Dijital modeller için emodels (GeoDigm, Chanhassen, Minn) yazılımı kullanmışlardır. Her iki yöntemde ölçüm için harcanan süre kaydedilmiştir. Çalışmanın sonunda dijital ve konvansiyonel ölçümlerin klinik olarak çok farklı olmadığını ve dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin daha kısa sürede tamamlanarak hekime zaman kazandırdığını belirtmişlerdir (10).

Erdoğan ve ark. (80) 30 hastanın alçı ve alçı modellerden Orthomodel (Orthomodel, İstanbul, Türkiye) tarama sistemi kullanılarak elde edilen dijital modelleri üzerinde anterior ve toplam Bolton analizlerini karşılaştırmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, bir çok ölçümde istatistiksel olarak önemli ancak, klinik olarak göz ardı edilebilecek miktarda farklılıklar bulunmuşlardır. Diğer bir çok araştırmacı gibi dijital ölçümlerin güvenilir olduğu ve ortodontik tedavi planlamalarında kullanılabilirliğini bildirmişlerdir (80).

Yapılan bir başka çalışmada yine alçı modeller ve OrthoCad yazılımı ile elde edilen dijital modeller üzerinde dişlerin mesiodistal genişlikleri ve ark uzunlukları ölçülmüştür. Sonuç olarak, maksiller modellerde 0,4 mm'lik, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuş ancak klinik olarak göz ardı edilmiştir. Mandibular modellerde ise bir fark bulunmamıştır ve klinik olarak dijital model yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerin kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (36).

2011 yılında Fleming ve ark. (3) tarafından yayımlanan bir sistematik derlemede alçı modeller ve dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin karşılaştırıldığı çalışmalar ele alınmıştır. Bu çalışmalarda ölçülen kriterler; diş boyutları, transversal boyutlar, çapraşıklık, ark genişliği, ark uzunluğu, Bolton oranları, çeneler arası oklüzal ilişkiler olmuştur. Aynı zamanda, alçı modeller ve dijital modeller üzerinde ölçüm yaparken harcanan süreler de karşılaştırılmıştır. Araştırılan anahtar kelimeler ile 40 adet makale bulunmuştur. Tüm literatüre ulaşmak istendiğinde ise, bu sayı 29'a düşmüştür. 12 tanesi de aranan kriterleri içermediğinden; kriterlere uyan 17 adet çalışma değerlendirmeye alınmıştır. Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde; sonuç olarak, konvansiyonel alçı modeller ile dijital modeller

arasında klinik açıdan önemli bir fark olmadığı ve dijital modellerin gün geçtikçe daha da çok tercih edileceği bildirilmiştir.

Dijital modellerde mezio-distal diş genişliklerini ölçmek için, en iyi tekniği bulmayı hedefleyen bir çalışmada beş farklı teknik kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Bu teknikler; oklüzalden ölçüm, oklüzalden yakınlaştırarak ölçüm, istenilen şekilde rotasyonla fasiyalden ölçüm, üç standart pozisyon (sağ bukkal, fasiyal, sol bukkal) kullanılarak fasiyalden ölçüm ve istenilen şekilde modeli döndürerek yapılan ölçümdür. Sonuç olarak, hem süre, hem de tutarlılık açısından oklüzalden ölçüm tekniğinin en avantajlı yöntem olduğu bildirilmiştir (35).

Malokluzyonun şiddetini, tedavi sonucunu, tedavideki ilerlemeyi değerlendirmek amacıyla alçı modeller üzerinde uygulanan Peer Assessment Rating (PAR) indeksinin üç boyutlu dijital modellerde uygulandığında geçerli ve güvenilir olup olmadığını araştıran çalışmaların sonucunda alçı modeller ve dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca dijital modellerde yapılan ölçümlerin yüksek oranda tekrarlanabilir olduğu ve PAR indeksinin dijital modellerde kullanımının geçerli ve güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır (29, 65).

Reuschl ve ark. (42) tedavisine başlanmamış 19 hastanın alçı ve dijital modellerini oluşturmuşlardır. Dijital modellerin eldesinde D-800 (3Shapedental, Copenhagen, Denmark) tarayıcısı ve ölçümlerde Orthoanalyzer programı kullanılmıştır. Alçı modeller üzerindeki ölçümler ise dijital kumpas aracılığıyla yapılmıştır. Ölçümler iki araştırmacı tarafından aralarında en az üç gün olacak şekilde üçer kez tekrarlanmıştır. 2.molar dişler dahil olmak üzere dişlerin mezio-distal genişlikleri, alt-üst çene interark genişlikleri, overbite, overjet, orta hat sapması ölçülmüş ve ölçümlerin aldığı süre kaydedilmiştir. Sonuçta dişlerin mezio-distal genişliklerinde ve overjet ölçümünde araştırmacılar ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunurken, diğer ölçümlerde hem araştırmacılar arası hem yöntemler arası yüksek tutarlılık gözlenmiştir. Süre açısından da dijital ölçümler daha kısa sürede tamamlanmıştır. Bulunan farkların klinik olarak önemsiz olduğu, dijital ölçümlerin yüksek oranda tekrarlanabilir oldukları ve alçı modeller üzerindeki manuel ölçümlere alternatif olabilecekleri bildirilmiştir (42).

Cesur ve ark. (81) yaptıkları çalışmalarında aljinat ölçülerin ve bu ölçülerden elde edilen alçı modellerin taranması sonucu elde edilen dijital modeller ile alçı modeller üzerindeki ölçümleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada aljinat ölçüler hemen, 1 gün ve 2 gün

bekletilerek taranmışlar ve bu ölçülere alçı dökülmüştür. Böylece aynı çalışmada aljinat ölçülerde zamana bağlı meydana gelen deformasyon da incelenmiştir. Çalışmada dijital modeller Maestro 3D Dental Scanner (MSD 350 serisi, AGE Solutions S.r.l., Pisa, Italy) ile elde edilmiş, ölçümler ise Maestro 3D Ortho Studio (AGE Solutions S.r.l., Pisa, Italy) programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde aljinat ölçülerin taranması ile elde edilen dijital modeller üzerindeki ölçümler, alçı modellerden elde edilen dijital modeller üzerinde ve konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterse de bunların klinik olarak kabul edilebileceği bildirilmiştir. Aljinat ölçülerin kilitli plastik poşetlerde 2 gün bekletilmesinin de ölçümleri etkilemediği ve direkt aljinat ölçülerin taranmasının pratik bir yöntem olabileceği belirtilmiştir.

2.4.6.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) Görüntülerinin İşlenerek Üç Boyutlu Olarak Tekrar Yapılandırılması

1990'lı yılların sonunda konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin diş hekimliği alanına girmesi ile pek çok gelişme olmuştur. Özellikle maksillofasiyal bölge için geliştirilen KIBT, implantların konumlandırılmasından havayolunun değerlendirilmesine kadar çok sayıda klinik uygulanma alanına sahiptir. Ayrıca, klasik bilgisayarlı tomografiye göre daha kısa tarama süresi ve daha az radyasyon ile yüksek kalitede görüntülerin eldesi en büyük avantajı olarak belirtilmektedir. KIBT ortodonti alanına da büyük yenilikler getirmiştir ve sıklıkla kullanılmaktadır (82).

KIBT görüntüleri ortodontik teşhis ve tedavi planlaması açısından önemli olanaklar sağlamaktadır. Ektopik ve gömülü dişlerin lokalizasyonunun, komşu dişlerle ilişkilerinin net bir şekilde belirlenmesi, kök rezorbsiyonlarının değerlendirilmesi, özellikle asimetrik kapanış bozukluklarının objektif olarak belirlenmesi ve ölçülmesi, havayolu anomalilerinin görüntülenmesi, temporomandibular eklem (TME)'in üç boyutlu olarak ayrıntılı analizi, çene-yüz büyüme ve gelişiminin değerlendirilmesi, iskeletsel ankraj aygıtlarının yerleştirme alanlarının planlanması esnasında KIBT görüntüleri çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır (83, 84).

Günümüzde teknoloji ve bilgisayar yazılımındaki ilerlemeler sayesinde KIBT görüntülerinden dijital ortodontik modeller oluşturulabilmektedir. Üstelik bu şekilde oluşturulan dijital modellerde dişlerin kronlarının yanı sıra kökleri de izlenebilmektedir. Hastadan elde edilen KIBT görüntüleri dijital modelleme yapan ilgili firmanın internet

sitesine Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında yüklenir. Firmada, ortodontik modelleme için gerekli olan bölgeyi diğer bölgelerden izole etmek için segmentasyon yapılır ve bir volümetrik çeviri yazılımı kullanılır. Bu yazılım ile KIBT görüntüleri, her yazılımın kendine özgü algoritması ile üç boyutlu olarak tekrar yapılandırılarak yüzey modelleri elde edilir. Modeller hazır hale geldikten sonra hekim tarafından firmanın internet sitesinden kişisel bir bilgisayara yüklenir ve firmanın tescilli yazılımı kullanılarak görüntülenip ölçülebilir (12, 82, 85).

KIBT görüntülerinden elde edilen dijital modellerin geçerliliğinin değerlendirildiği pek çok çalışma mevcuttur. Kau ve ark. (6) 30 hastanın alçı modellerinden OrthoCAD (Cadent Inc, Fairview, NJ) sistemi kullanılarak, KIBT görüntülerinden de InVivoDental (Anatomage, San Jose, Calif) yazılımı kullanılarak üç boyutlu dijital modeller elde etmişlerdir. Modeller üzerinde Little indeksi, overjet ve overbite ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında araştırmacılar arasında ve dijital modelleme yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ve yöntemlerin klinik açıdan kullanılabilir oldukları belirtilmiştir (6).

Tarazona ve ark. (82) KIBT görüntüleri ile oluşturulan dijital modeller üzerinde yapılan ölçümleri, iki boyutlu dijital modeller üzerinde yapılanlar ile karşılaştırmışlardır. 27 hastadan oluşan çalışma grubunda bir tarayıcı sistemi kullanılarak alçı modellerin dijital görüntüleri, InVivoDental (Anatomage, San Jose, Calif) yazılımı kullanılarak da hastaların KIBT görüntülerinden dijital modelleri elde edilmiştir. 1.molarlar arası dişlerin meziodistal genişlikleri, interkanin, intermolar mesafeler ve ark uzunluğu ölçülen parametrelerdir. Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde iki yöntem arasında istatistiksel farklılıkların bulunduğu fakat klinik olarak önemsiz kabul edilebileceği belirtilmiştir (82).

Lightheart ve ark. (86) ise KIBT görüntülerinden elde edilen dijital modelleri OrthoCAD (Cadent Inc, Fairview, NJ) model tarama yöntemiyle elde edilen dijital modeller ile dijital bir karşılaştırma yöntemi kullanarak karşılaştırmışlardır. Her iki yöntemle elde edilen dijital veriler Rapidform yazılımı (Inus Technology, Seoul, South Korea) kullanılarak karşılaştırılmış ve karşılaştırılan yüzeyler arasındaki korelasyon miktarları araştırılmıştır. Sonuç olarak yüzey alanları arasındaki çakışma miktarlarının ortalama olduğu ve KIBT görüntülerinden elde edilen modeller üzerinde yapılan lineer ölçümlerin doğruluğunun oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir (86).

Kim ve ark. (87) 50 hastaya ait alçı modeller, alçı modellerin Ortho Insight 3D (Motionview Software LLC., Hixson, TN, USA) lazer tarayıcı ile taranmasıyla elde edilen dijital modeller ve her hastadan I-Cat (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) KIBT tomografi sistemi ile alınan tomografilerden elde edilen dijital modelleri karşılaştırmışlardır. Sonuçta her iki dijital yöntemle elde edilen sonuçların konvansiyonel yöntemle elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında güvenilir ve tutarlı oldukları belirtilmiştir.

KIBT teknolojisinin sunduğu önemli klinik avantajlara rağmen, ortodontik teşhis araçları içerisinde rutin olarak yerinin olup olmadığı özellikle yüksek maliyet ve yüksek radyasyon dozu gibi konular nedeniyle tartışılmaktadır. KIBT kaynaklı dijital modeller için ölçüye ihtiyaç duyulmaması ve tüm teşhis kayıtlarının hastanın tek KIBT görüntüsü ile toplanabilmesi çok büyük bir avantaj olarak belirtilmektedir (6, 83, 86). Ancak tomografideki scatterlerden dolayı istenen kalitede görüntü elde edilemeyeceği (6) ve KIBT verilerinden elde edilen dijital modellerde dişeti dokusunun ve bukkal alveolar kemik dokusunun yeterli düzeyde görüntülenememesi (86, 88) yöntemin dezavantajları olarak bildirilmektedir. Hastada amalgam veya protetik restorasyon mevcutsa veya ortodontik aparey taşıyorsa artefaktlardan dolayı net bir görüntü elde edilemeyeceği; eğer net bir okluzal görüntü isteniyorsa ek KIBT görüntüleri veya ağız içi tarayıcılar ile elde görüntüler ile mevcut KIBT görüntülerinin desteklenmesi gerektiği bildirilmiştir (89).

2.4.6.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) ile Tarama

Alçı modellerin veya ölçülerin kapanış mumu ile beraber KIBT kullanılarak taranması ile dijital model eldesi günümüzde kullanılan bir diğer güncel yaklaşımdır. Yöntemde, doğrudan ölçülerin taranması daha çok tercih edilmektedir. Bu teknoloji, ölçü materyali ile radyasyon arasındaki etkileşime dayanmaktadır ve alçı dökme işlemi olmadığı için o esnada meydana gelebilecek herhangi bir hatanın giderileceği belirtilmektedir (90, 91).

Digimodel (Orthoproof, Nieuwegein, NL ve Albuquerque, NM, USA) sistemi bu teknolojiyi kullanarak dijital model üreten bir firmadır. Invisalign (Align Technologies, Santa Clara, Calif) firması ise aynı teknolojiyi şeffaf plaklarla tedavide plakların üretimi aşamasında kullanmaktadır. Orthoproof firması bu işlem için IMTEC (Ardmore, Okla) şirketine bağlı Hytec'in tescilli Flash CT teknolojisini kullanmaktadır ve işlemin optimal sonuç vermesi için 100 saat boyunca boyutsal stabilitesini koruyan aljinat veya polivinilsiloksan ölçü materyallerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir (90, 91).

Yüzey taraması ile dijital modelleme yapan diğer firmalarda olduğu gibi ölçülerin ideal bir şekilde alınması ve firmanın gönderi talimatlarına uyularak paketlenmesi başarılı bir modellemede büyük öneme sahiptir. Alınan ölçüler dezenfeksiyonu takiben kapanış mumu ile birlikte plastik bir poşet içerisine yerleştirilir ve poşetin ağzı sıkıca kapatılarak firma tarafından sağlanan özel kutu içerisine konulur. Genellikle modelleme firmasının anlaşmalı olduğu ve iki günlük gönderi sürecini izleyen kargo aracılığıyla modeller firmaya işlenmek üzere ulaştırılır. Hekim, firma tarafından oluşturulan dijital veriye ya kendi hesabıyla firmanın internet sitesine girerek ya da firmanın e-mail yoluyla veriyi doğrudan kendisine gönderilmesi yoluyla ulaşabilir. Firmanın tescilli yazılımı kullanılarak sayısal model istenilen açıdan görüntülenip üzerinde ölçüm yapılabilir (91).

White ve ark. (91) 100 saat stabil kalan ve de aynı gönderi sürelerine sahip aljinat ile polivinilsiloksan ölçü materyallerinden KIBT ile elde edilen dijital modeller arasında herhangi bir fark olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, ölçü maddeleri arasında herhangi bir fark olmadığı ve sonuçların güvenilir olduğu bulunmuştur. Ancak kullanılacak ölçü materyalinin uzun süre stabil kalabilmesinin önemli olduğu, kullanılan bakır-mum ısırma plaklarının ise KIBT ile oluşturulan dijital modellerin interark ilişkilerini yansıtmada yeterli olmadığı da vurgulanmıştır (91).

Torassian ve ark. (90) yaptıkları çalışmada, iki geleneksel aljinat, iki aljinat benzeri olmak üzere dört farklı ölçü materyalinin boyutsal stabilitesini değerlendirmişler ve ölçülerin KIBT ile taranması sonucu elde edilen dijital modelleri alçı modeller ile karşılaştırmışlardır. Her ölçü materyali ile 20'şer ölçü alınmış ve bunların her grupta 5'er tane olmak üzere 15'er tanesi 72 saat, 120 saat ve 1 hafta sonra dökülerek, alçı modelleri oluşturulmuştur. Geri kalan 5'er ölçü ise 72 saat sonra dijital model oluşturulması için Digimodel (Orthoproof, Albuquerque, NM,USA) firmasına gönderilmiştir. Ölçü materyali üzerinden tarama ile oluşturulan dijital modeller SureSmile V5.6 (OraMetrix, Richardson, Tex) yazılımı ile görüntülenip ölçümler yapılmıştır. Alçı ve dijital modellerde, anteroposterior, transvers ve vertikal boyutlarda ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak geleneksel aljinat ölçü materyali ile oluşturulan modellerde, 72 saat sonunda her üç boyutta da istatistiksel ve klinik olarak önemli değişiklikler olduğu görülmüştür ve hemen dökülmediği takdirde kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Aljinat benzeri malzemelerin ise değerlendirilen üç farklı zamanda da boyutsal olarak stabil oldukları görülmüştür. Digimodel (Orthoproof, Albuquerque, NM,USA) tarafından oluşturulan dijital modeller ile alçı modeller karşılaştırıldıklarında, dijital modeller

üzerinde yapılan ölçümlerin alçı modeller üzerinde yapılanlardan genel olarak daha küçük olduğu ve bu farkın 0,5 mm'den büyük ve klinik olarak önemli olduğu, üretilen dijital modellerin klinik kullanıma uygun olmadıkları belirtilmiştir (90).

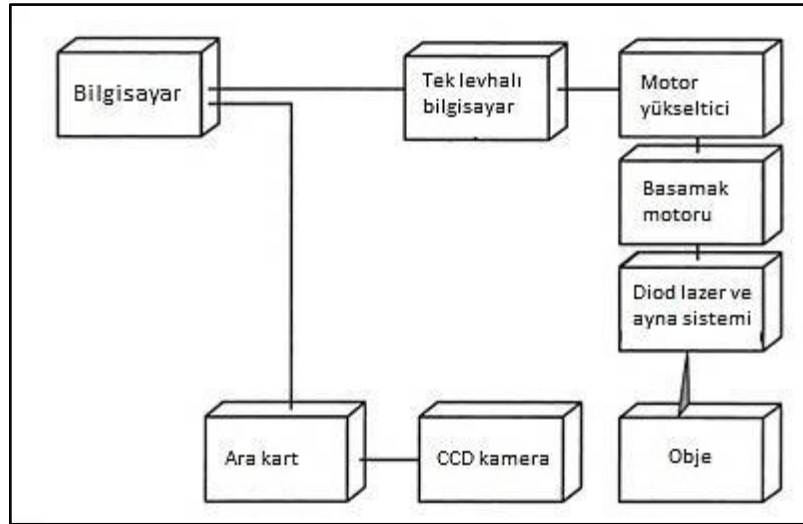
2.4.6.4. Direkt Ağız İçi Tarama

Gelişen teknoloji ile lazer tarayıcı sistemlerin ortodonti alanında kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak cihazların tasarımından dolayı kullanım alanları alçı modellerin taranması sonucu üç boyutlu modellerin elde edilmesi ile sınırlıydı (92). Dijital ortamda restoratif uygulamalar için geliştirilen ve preparasyonu yapılan dişlerin üç boyutlu olarak detaylı görüntülerinin alınıp bunun üzerinden bilgisayar destekli restorasyon üretimine dayanan CAD/CAM tekniklerinin gelişmesi ile diş hekimliği pratiğinde önemli gelişmeler olmuştur. Bu tekniklerin pratik bir şekilde klinik diş hekimliğine entegre edilmesine yönelik çok sayıda firma tarafından yapılan çalışmalar bu teknolojinin daha da gelişmesini sağlamıştır. Bunun sonucunda hekim tarafından klinik ortamda uygulanabilen ve birkaç dakika içerisinde dişlerin üç boyutlu olarak dijital görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlayan direkt ağız içi tarama sistemleri geliştirilmiştir (93). Bu sistemlerin gelişmesi ile ölçünün deforme olması, ölçünün alınmasından kaynaklı doğabilecek sıkıntılar, alçı modelin kırılması, aşınması gibi problemlerin de önüne geçileceği bildirilmiştir (7). Direkt ağız içi tarama sistemleri şu komponentlerden oluşmaktadır:

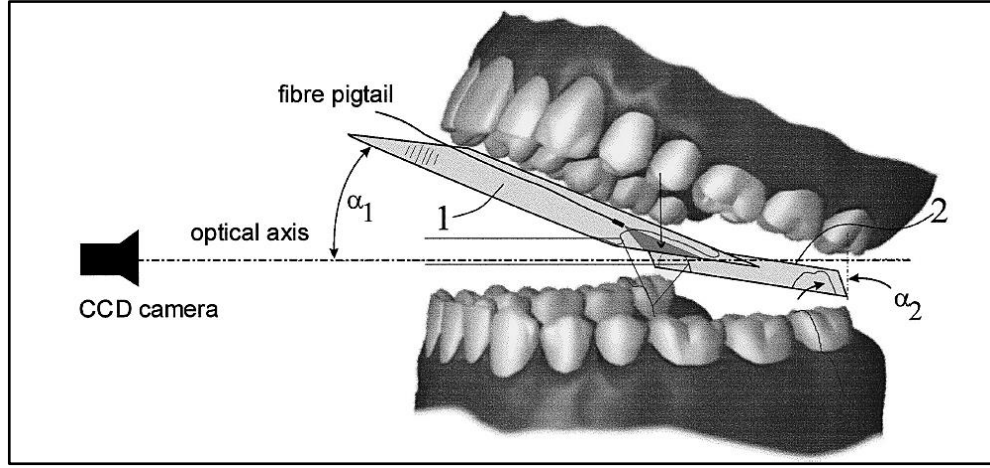
- Çizgisel fiber ışın üreten diod lazer
- İki tabaka ayna
- Lazer ve aynalardan oluşan kurulumu çalıştıran basamak motoru
- Basamaklı motora puls üretmek için motor yükseltici
- Basamaklı motorun yazılımını çalıştıran tek levhalı bilgisayar
- CCD kamera ve video sinyallerini alan ve bilgisayara transfer eden ara kart
- Kontrol yazılımını çalıştıran bir kişisel bilgisayar (Şekil 4) (92).

Teknik, alçı modellerin yüzey taramasında olduğu gibi yapısal ışıklandırma yöntemine dayanır. Yapısal ışıklandırmada bir objenin şeklini çıkartmak için obje üzerine bir ışık kaynağı tarafından üretilen parlak bir ışık yansıtılır. Direkt ağız içi taramada elle dişler etrafında gezdirilen ışık kaynağı dişler üzerine doğrusal ışıklar gönderir ve oluşan ışık

distorsiyonları elle tutulan tarayıcı içerisinde dahil edilmiş olan video kamera ile kaydedilir. Sistemde iki ayna kullanılması ile aynı anda obje iki farklı plandan (fasiyal, dorsal) görüntülenebilmektedir. CCD kamera aracılığı ile de üzerine ışın yollanan objenin görüntüleri belli bir açıdan kaydedilmektedir (Şekil 5). Tarayıcı, undercutlı alanlar dahil tüm dış yüzeyleri görüntülenecek şekilde hareket ettirilir. Bu tarama süreci operatöre ve kullanılan sisteme göre farklılık göstermektedir ve 5-15 dakika (dk)'lık süreler bildirilmektedir. İşlem sırasında çok sayıda ve üst üste binmiş görüntüler bilgisayara aktarılır. Aktarılan görüntüler sofistike veri kaydı teknikleriyle işlenerek bir araya getirilir ve oluşan veri dosyası ilgili firmaya internet yoluyla gönderilir. Taramadaki boşluklar, firmanın kullandığı dental morfolojiyi tanımlayan veri arşivindeki bilgiler ile doldurularak dental arkların tam bir üç boyutlu görüntüsü elde edilir. Firma tarafından gönderilen veri dosyası ile, bir software kullanılarak model üç boyutlu olarak görüntülenip ölçülebilir. Genellikle STL formatında olan veri dosyası ile ortodontik laboratuvarlarda epoksi rezinden fiziksel bir model oluşturulup (printing) bu model üzerinden ortodontik aparey tasarımı da yapılabilmektedir (49, 92). Kullanılan ışık kaynağı sisteme göre değişiklik göstermektedir. Mavi ışık, LED, lazer sistemde kullanılan ışık kaynakları olarak bildirilmektedir (93).



Şekil 4: Ağız içi lazer tarayıcı sistemin şematik kurulumu (92)



Şekil 5: Hastanın ağızına yerleştirilmiş bir intraoral lazer tarayıcının aynaları, lazer diyotu ve CCD kameranın temel düzeni (92).

2001 yılında piyasaya sürülen OraScanner (OraMetrix Inc, Dallas, USA) sistemi ilk ağız içi tarayıcı sistemdir. iTero (Align Technologies, San Jose, Calif), Lava Chairside Oral Scanner (Lava COS) (3M ESPE, Seefeld, Germany), Trios (3Shape, Copenhagen, Denmark), iOC (Cadent, Carlstadt, NJ), Lythos (Ormco, California, USA), Planmeca Planscan (Planmeca, Helsinki, Finlandiya), CS 3500 (Carestream Dental, New York, USA) sistemleri de daha sonra geliştirilmiş ve günümüzde kullanılmakta olan diğer ağız içi tarayıcı sistemlerdir (4, 94).

Son yıllarda ortodonti alanında ağız içi tarayıcı sistemler ile elde edilen dijital modeller üzerindeki ölçümlerin değerlendirildiği pek çok çalışma yapılmıştır.

Wiranto ve ark. (7) 22 hastadan elde edilen alçı modeller üzerindeki ölçümler altın standart kabul edilerek, birisi KIBT ile taranarak, diğeri Lava COS (3M ESPE, Seefeld, Germany) direkt ağız içi tarayıcısı ile taranarak elde edilen iki farklı dijital model üzerindeki ölçümleri karşılaştırmış, geçerlilik, güvenilirlik ve tekrarlanabilirliği değerlendirmiştir. Konik ışınlı bilgisayar tomografide DigiModel (OrthoProof, Nieuwegein, The Netherlands) sistemi kullanılmıştır. 1.molar dişler arası dişlerin mezio-distal genişlikleri ölçülmüş, anterior ve toplam Bolton oranları hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümlerle karşılaştırıldıklarında geçerli, güvenilir ve tekrarlanabilir oldukları belirtilmiştir.

Naidu ve ark. (11) yaptıkları çalışmada model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri ile elde edilen dijital modeller üzerindeki ölçümleri, alçı modeller üzerindeki ölçümlerle

geçerlilik, güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik açısından değerlendirmişlerdir. 30 hastadan OrthoCad (Cadent, Fairview, NJ) model tarama sistemi ve iOC (Cadent, Carlstadt, NJ) ağız içi tarama sistemi kullanılarak dijital modelleri elde edilmiştir. Üç araştırmacı tarafından yapılan ölçümlerde her iki dijital model elde etme ve ölçüm sistemi konvansiyonel metotla karşılaştırıldığında klinik olarak ortodonti pratiğinde kullanılabilirlikleri belirtilmiştir (11).

Direkt ağız içi tarama yöntemini doğruluk, ve zamanın yanı sıra hasta kabulü açısından da değerlendiren bir çalışmada 15 hastadan tek bir araştırmacı tarafından Lava COS (3M ESPE, St Paul, Minn) ağız içi tarayıcı sistemi, KIBT (OrthoProof, Albuquerque, NM) ile aljinat ölçüler taranarak dijital modeller elde edilmiştir. Ek olarak çalışmaya dahil edilen 5 hastanın alçı modelleri de üretilmiş ve R700 (3Shape, Copenhagen, Denmark) model tarama sistemiyle de dijital modelleri oluşturulmuştur. Model tarayıcısı ile elde edilen verilerle, ağız içi tarayıcı ile elde edilen veriler oryante edilmiş ve emodel (version 9.0; GeoDigm, Falcon Heights, Minn) yazılımı ile karşılaştırılmışlardır. Karşılaştırılan görüntüler arasında yüksek uyumluluk gözlenmiştir. Ağız içi tarayıcı ve KIBT ile elde edilen dijital modeller üzerinde ise çeşitli ölçümler yapılmış ve her iki yöntem arasında yüksek tutarlılık gözlenmiştir. Harcanan süre karşılaştırıldığında ağız içi taramada klinikte geçen sürenin fazla, dijital veri elde etme süresinin kısa olduğu; ölçü alımında ise klinikte geçen sürenin kısa veri elde etme süresinin ise uzun olduğu belirtilmiştir. Toplam zaman değerlendirildiğinde ise iki yöntemde de süreler benzer bulunmuştur. Hastalar tarafından yapılan değerlendirmede, ölçü alma yönteminde koltukta geçen süre daha kısa olduğundan bu yöntemin kendileri için daha kolay olduğunu belirtmişlerdir (38).

Flügge ve ark. (94) ağız içi tarayıcı ve model tarama ile elde edilen dijital modellerin hassasiyetlerini değerlendirdikleri çalışmalarında Sınıf I malokluzyona sahip bir hastanın iTero (Align Technologies, San Jose, Calif) cihazı ile 10 kez ağız içi taramasını yapmış ve dijital modeller elde etmişlerdir (grup 1). Aynı hastadan elde edilen alçı model iTero ağız içi tarama (grup 2) ve D250 model tarama (grup 3) sistemleri kullanılarak 10'ar kez taranmış ve dijital modelleri elde edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ölçümlerde en büyük sapma grup 1'de gözlenmiştir. En tutarlı ise grup 3 bulunmuştur. En büyük sapmanın ağız içi tarama grubunda olmasının tükürük, kısıtlı alan gibi ağız içi ortamdan kaynaklı sorunlarla ilgili olabileceği bildirilmiştir. iTero tarayıcı sistemlerinin biraz daha geliştirilmesi gerektiği ve yine de klinik olarak tedavi planlamasında ve kişisel aparey üretiminde kullanılabilirlikleri bildirilmiştir (94).

60 tane insan kuru kafası kullanılan bir çalışmada Cadent iTero (Align Technology, San Jose, Calif) ağız içi tarayıcısı ile alt-üst çeneler taranarak, CS 9300 (Carestream Health, Atlanta, Ga) KIBT sistemi ile de çeneler bölgesinin tomografisi alınıp görüntüler rekonstrükte edilerek dijital modeller elde edilmiştir. Verilerin işlenip dijital modellerin tomografi yönteminde 5 dk, ağız içi tarama yönteminde ise ortalama 2 dk içerisinde elde edildikleri belirtilmiştir. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde ağız içi tarayıcı ile elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümler elle yapılan ölçümlerle mükemmel tutarlılık göstermiştir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografiden elde edilen modeller üzerindeki ölçümlerle elle yapılan ölçümler arasında istatistiksel anlamlı fark bulunduğu fakat bunun klinik olarak önemsiz olduğu her iki yönteminde elle yapılan ölçümlere alternatif olabileceği bildirilmiştir (95).

Ağız içi tarayıcıların üretici firmaların tavsiyelerine uyularak kullanılması gerektiği bildirilmektedir. Hastalar dik oturur pozisyonda olmalıdırlar ve yeterli tükürük kontrolü sağlanmalıdır. Tükürük emici pedler, yanak ekartörleri ve titanyum diokside pudralar aracılığıyla tükürük kontrolünün sağlanabileceği belirtilmektedir (38).

Ağız içi tarayıcılar ile alt-üst çenenin tarama süresi cihaza, firmaya göre değişiklikler göstermektedir. Wiranto ve ark. (96) çalışmalarında ortalama 23 dk, Garino ve ark. (97) ortalama 11 dk 58 sn, Vasudavan ve ark.(98) ortalama 26 dk, Grünheid ve ark. (38) ortalama 20dk 27 sn'lik tarama süreleri bildirmişlerdir.

Ağız içi tarama teknolojisi hasta başında basitçe uygulanabilen birkaç dakikalık bir tarama işlemi ile ağız ortamının üç boyutlu olarak görüntülenip kaydedilebilmesi, elde edilen verilerden bir ortodontik dijital model oluşturulup bu model üzerinde ölçüm yapılabilmesi, verilerin elektronik olarak bir laboratuvara gönderilip her türlü ortodontik apareyin tasarlanarak üretilebilmesi gibi pek çok avantaja sahiptir. Üstelik tüm bunların, ölçü işlemi ve gönderi protokolleri olmadan hızlı ve pratik olarak yapılabilmesi yoğun bir ortodonti kliniği için çok önemlidir. Ancak bu teknolojinin diğer dijital model elde etme yöntemlerine kıyasla yüksek maliyeti nedeniyle henüz yaygın kullanılır bir yöntem olmadığı bildirilmektedir (49).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız için gerekli etik kurul onayı Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih: 08.09.2016, Protokol no: 2016/978).

3.1.Gereç

Çalışmamızın materyalini Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda tedavi görmekte olan 183 hastaya ait alçı ve iki farklı yöntemle elde edilen dijital modeller oluşturmaktadır. Hasta sayısı power analizinde %90 güç ve interkorelasyon sayısı (ICC) 0,75 olarak kabul edilerek belirlenmiştir. Hastalar her grupta 61 hasta olacak şekilde, alt ve üst çene yer darlığı miktarlarına göre 3 gruba ayrılmıştır. Yer darlığı gruplaması Proffit ve ark. (99) sınıflandırması esas alınarak yapılmıştır:

Grup I: Az çapraşıklık grubu (0-4 mm)

Grup II: Orta çapraşıklık grubu (5-9 mm)

Grup III: Şiddetli çapraşıklık grubu (10 mm ve üzeri)

Hastalar çalışmaya aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurularak dahil edilmişlerdir:

1. Alt ve üst çenede 1.molar dişler arası eksiksiz daimi dentisyona sahip olması
2. Tüm dişlerin normal morfolojiye sahip olması, dişlerde atrizyon, geniş çürük, restorasyon, protez bulunmaması
3. Öncesinde ortodontik tedavi hikayesinin bulunmaması

Seçilen hastaların tedavi öncesi alçı modellerinin yanı sıra kliniğimizde bulunan model tarama cihazı ve ağız içi tarayıcı ile oluşturulmuş dijital modelleri çalışmaya dahil edilmiştir. Model tarayıcı olarak Maestro 3D Dental Scanner (MSD 350 serisi, AGE Solutions S.r.l., Pisa, Italy), ağız içi tarayıcı olarak Trios (3Shape, Copenhagen, Denmark) cihazları kullanılmıştır (Resim 1).



Resim 1: **A.** Maestro 3D model tarama cihazı, **B.** Trios ağız içi tarama cihazı

3.2.Yöntem

3.2.1. Ortodontik Alçı ve Dijital Modellerin Elde Edilmesi

Çalışmaya dahil edilen hastalardan uygun ölçü kaşığı ve Zhermack Hydrocolor 5 (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) aljinat ölçü maddesi kullanılarak ölçüleri ve mum kapanışları alınmıştır. Alınan ölçülere bekletilmeden Zhermack Elite Rock Tip IV (Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) dental alçı dökülerek alçı modeller elde edilmiştir. Alçı modeller kapanış mumu ile beraber Maestro 3D Dental Scanner model tarayıcı ile taranarak dijital ortodontik modeller oluşturulmuştur. Yine her hastadan tedavi öncesi Trios ağız içi tarayıcı

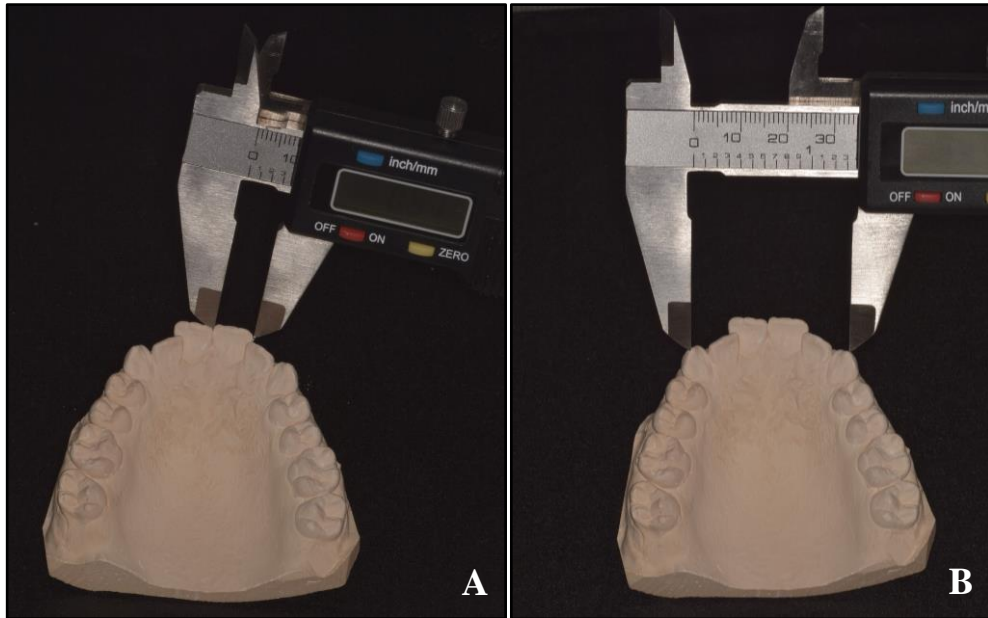
kullanılarak dijital ortodontik modeller elde edilmiştir. Alçı modellerin fiziksel olarak sağlam, net olmalarına ve dijital modellerinde görüntülerinde, kalitesinde bir problem olmamasına dikkat edilmiştir.

3.2.2. Modellerin Değerlendirilmesi ve Yapılan Ölçümler

Çalışmada yapılan tüm ölçümler aynı araştırmacı (ÖK) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırma öncesinde ölçümlerde standardizasyon sağlayabilmek ve araştırmacının yazılımlara alışabilmesi için çalışmaya dahil olmayan 10 hastaya ait alçı ve dijital model üzerinde ölçümler yapılmıştır.

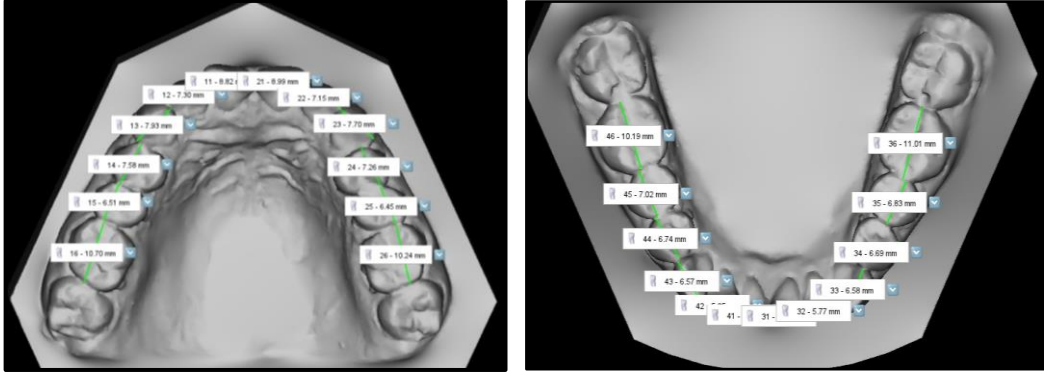
Çalışmada alçı modeller üzerindeki ölçümler 0,01 mm'lik hassasiyete sahip dijital kumpas ile elde ölçülerek yapılmıştır (Resim 2). Dijital modeller üzerindeki ölçümler ise Maestro 3D Ortho Studio (AGE Solutions S.r.l., Pisa, Italy) (Resim 3-5) ve Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) (Resim 6-8) yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

Dijital ortodontik model ölçümleri Maestro 3D Ortho Studio ve Orthoanalyzer yazılımları kullanılarak 1920x1080 çözünürlükte ekran, 64 bit işletim sistemi, 3,40 GHz işlemci, 16,0 GB RAM'e (15.8 GB kullanılabilir yüklü bellek) sahip masaüstü bilgisayarda yapılmıştır.

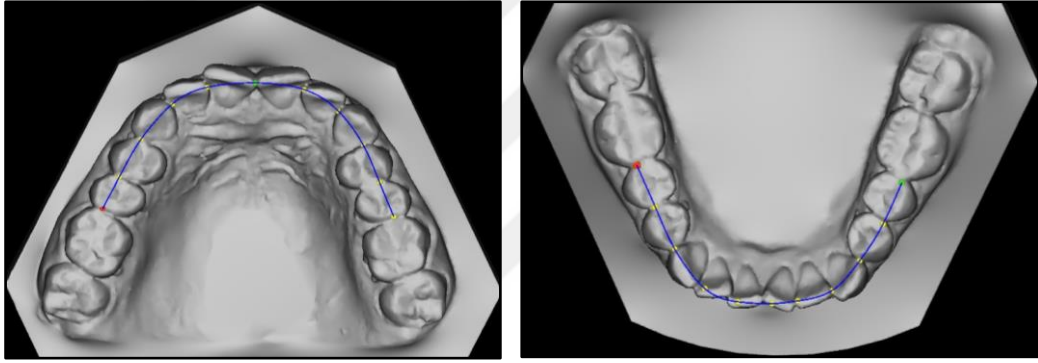


Resim 2: A. Konvansiyonel yöntem ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi

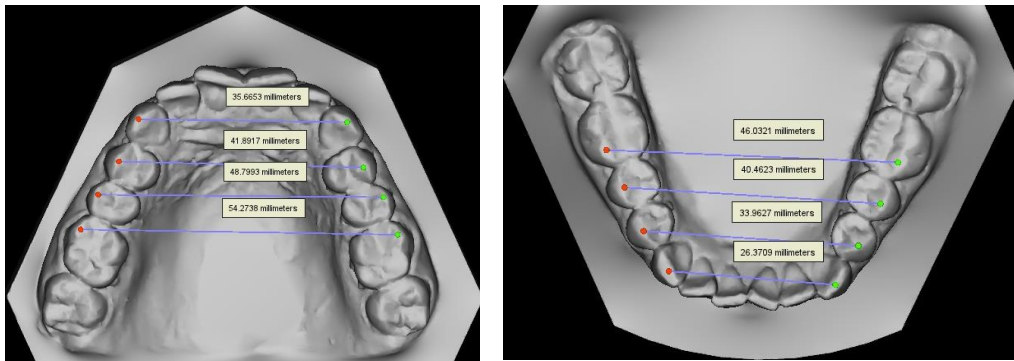
B. Konvansiyonel yöntem ile ark içi transversal ölçümlerin yapılması



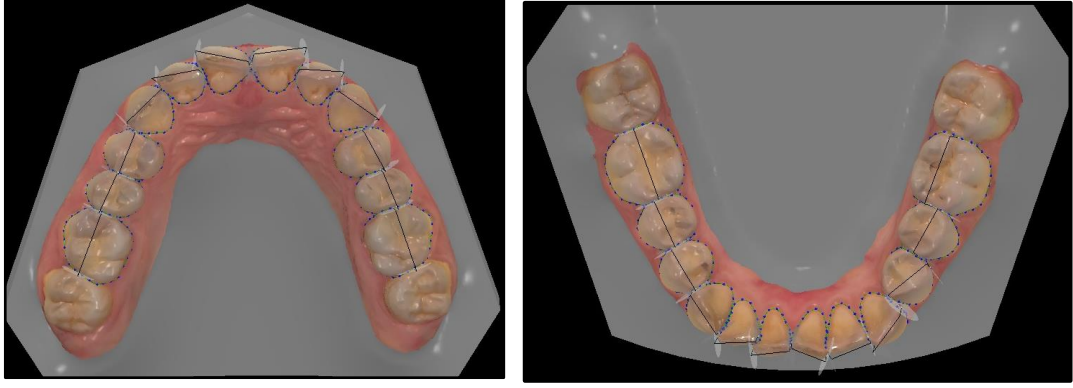
Resim 3: Maestro 3D Ortho Studio programı ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi



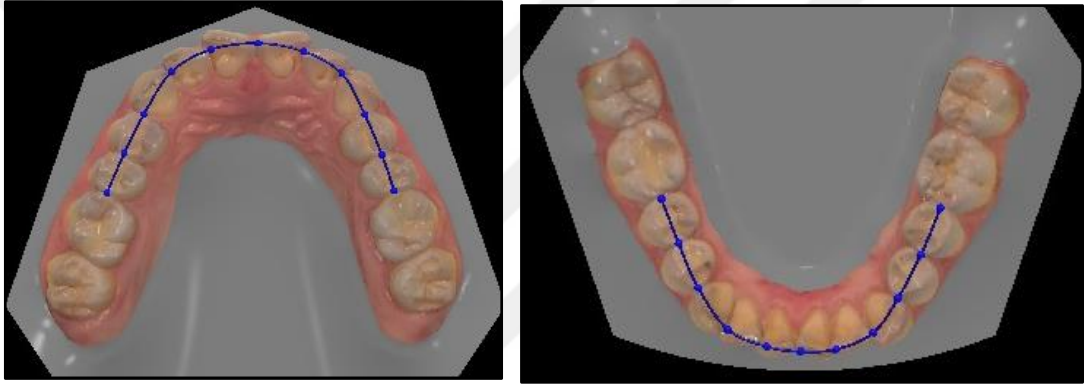
Resim 4: Maestro 3D Ortho Studio programı ile mevcut ark uzunluğunun belirlenmesi



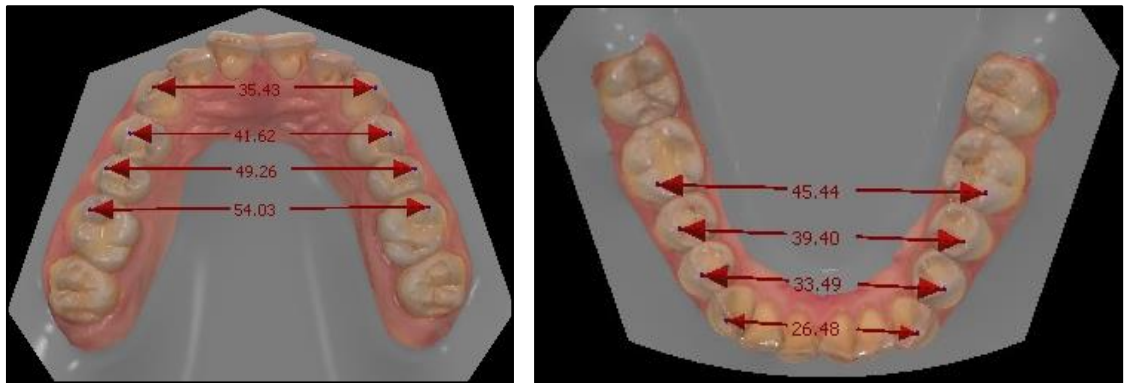
Resim 5: Maestro 3D Ortho Studio programı ile yapılan ark içi transversal ölçümler



Resim 6: Orthoanalyzer programı ile dişlerin mezio-distal boyutlarının belirlenmesi



Resim 7: Orthoanalyzer programı ile mevcut ark uzunluğunun belirlenmesi



Resim 8: Orthoanalyzer programı ile yapılan ark içi transversal ölçümler

En az 2 hafta aralıkla her gruptan rastgele 30'ar hasta seçilerek aynı araştırmacı tarafından ölçümler tekrarlanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan ölçümler şunlardır (şekil 6):

1- *Üst interkanin mesafe (Üst 3-3)*: Üst çenede sağ ve sol kanin dişlerin tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir. Aynı ölçüm alt çene için de tekrarlanmıştır.

2- *Üst 1. premolarlar arası mesafe (Üst 4-4)*: Üst çenede sağ ve sol 1.premolar dişlerin bukkal tüberkülleri arasındaki mesafedir.

3- *Üst 2. premolarlar arası mesafe (Üst 5-5)*: Üst çenede sağ ve sol 2.premolar dişlerin bukkal tüberkülleri arasındaki mesafedir.

4- *Üst intermolar mesafe (Üst 6-6)*: Üst çenede sağ ve sol 1.büyük azı dişlerinin mezio bukkal tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.

5- *Alt interkanin mesafe (Alt 3-3)*: Alt çenede sağ ve sol kanin dişlerin tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.

6- *Alt 1. premolarlar arası mesafe (Alt 4-4)*: Alt çenede sağ ve sol 1.premolar dişlerin bukkal tüberkülleri arasındaki mesafedir.

7- *Alt 2. premolarlar arası mesafe (Alt 5-5)*: Alt çenede sağ ve sol 2.premolar dişlerin bukkal tüberkülleri arasındaki mesafedir.

8- *Alt intermolar mesafe (Alt 6-6)*: Üst çenede sağ ve sol 1.büyük azı dişlerinin mezio bukkal tüberkül tepeleri arasındaki mesafedir.

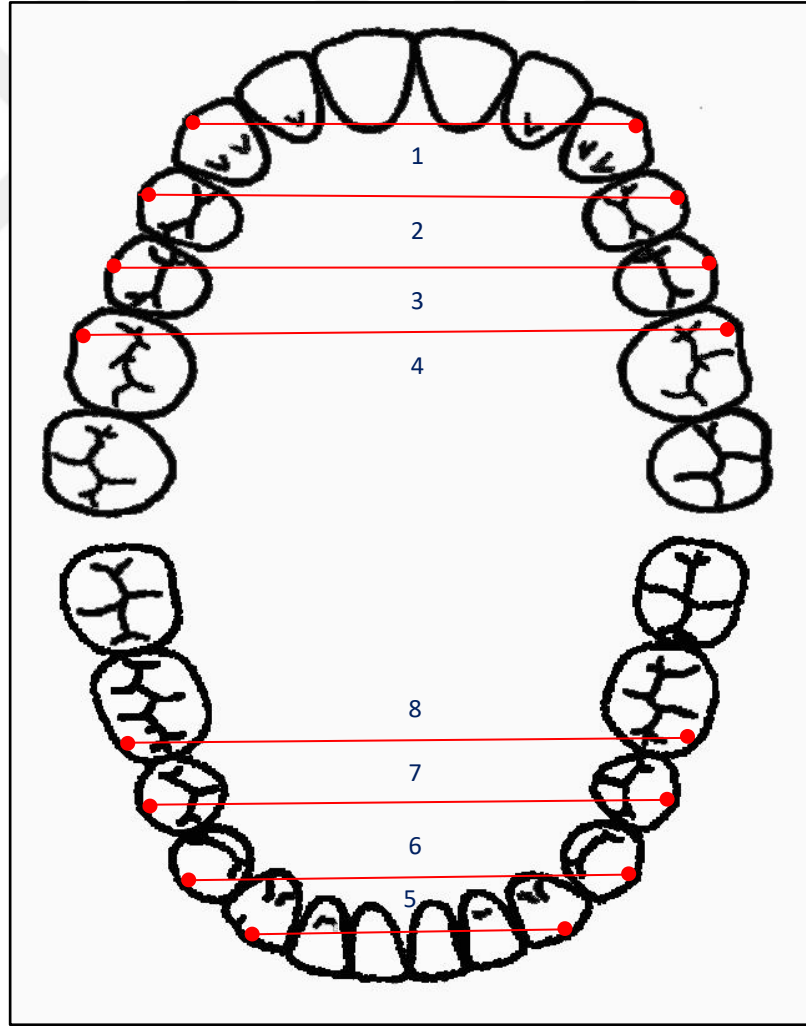
9- *Yer darlığı*: Alt ve üst çene de mevcut ark uzunluğundan gerekli ark uzunluğu çıkartılarak mm cinsinden hesaplanmıştır. Mevcut ark uzunluğu alçı model üzerinde ince bir messing teli kullanılarak hesaplanmıştır. Tele ark formu verilerek 1.molar dişlerin mezyal kontakt noktasından, premolar dişlerin kontakt noktalarından, kanin dişlerin tüberkül tepeleri ve en normal kesici diş veya dişlerin insizal kenarlarından geçecek şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra tel düz hale getirilerek uzunluğu ölçülmüştür. Gerekli ark uzunluğu ise premolar, kanin ve kesici dişlerin kumpas yardımıyla mezio-distal boyutlarının ölçölüp toplanmasıyla hesaplanmıştır. Aynı ölçümler dijital modeller üzerinde de yazılımlar aracılığıyla, mevcut ark

formu için bahsi geçen noktaların belirlenmesi ve gerekli ark boyu için dişlerin mesial ve distal noktalarını işaretlenmesi ile yapılmıştır.

10- *Anterior Bolton oranı*: Alt çene ön altı dişin mezio-distal boyutları toplamının, üst çene ön altı dişin mezio-distal boyutlarının toplamına oranının 100 ile çarpımıdır.

11- *Toplam Bolton oranı*: Alt çenede 1.molar dişler arasındaki tüm dişlerin mezio-distal boyutları toplamının, üst çenede 1.molar dişler arasındaki tüm dişlerin mezio-distal boyutlarının toplamına oranının 100 ile çarpımıdır.

12- *Süre*: Dişlerin mezio-distal boyutlarının ölçülmesi ile başlayıp tüm ölçümlerin bitirilmesine kadar geçen süredir. Bir kronometre aracılığıyla dakika, saniye cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil 6: Alt ve üst çenede yapılan ark içi transversal ölçümler

3.3.İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin analizi MedCalc, version 11.1.1.0 (MedCalc software, Broekstraat 52, B-9030 Mariakerke, Belgium) istatistik paket programında yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler sürekli sayısal değişkenler için ortalama \pm standart sapma şeklinde gösterilirken kategorik değişkenler gözlem sayısı ve yüzde (%) biçiminde ifade edilmiştir.

Gözlemcinin konvansiyonel, model tarama ve ağız içi tarama yöntemleriyle farklı zamanlarda yapmış olduğu klinik ölçümlerin tutarlılığı (güvenirliği) Sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ve %95 güven aralıkları hesaplanarak değerlendirilmiştir. SKK düzeyinin; 0.0 - 0.40 arasında olması "1. ve 2. ölçümlerin uyumlu (tutarlı) olmadığı", 0.40 - 0.60 arasında olması "1. ve 2. ölçümlerin uyumunun (tutarlılığının) düşük olduğu", 0.60 - 0.80 arası olması "1. ve 2. ölçümlerin yeterince uyumlu (tutarlı) olduğu", 0.80 - 1.00 arasında olması ise "1. ve 2. ölçümlerin oldukça yüksek uyumlu (tutarlılığa sahip) olduğu" şeklinde kabul edilmiştir.

Her bir çapraşıklık derecesi grubu içerisinde klinik ölçümler yönünden sırasıyla; konvansiyonel yöntem ile model tarama yöntemi arasındaki ve konvansiyonel yöntem ile ağız içi tarama yöntemi arasındaki uyumun önemliliği Bland-Altman metoduyla araştırılmıştır. Yöntemler arası ölçüm farklarının [alternatif yöntem - altın standart] ortalaması (bias), farkların ortalamalarına ilişkin standart sapma değerleri ve %95 güven aralığında uyum düzeylerinin alt ve üst sınırları hesaplanmıştır.

Konvansiyonel yöneme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin ortalama fark (bias) miktarları açısından az, orta ve şiddetli çapraşıklık grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığı Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile araştırılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarının önemli bulunması durumunda post-hoc Tukey HSD testi kullanılarak farka neden olan grup(lar) tespit edilmiştir. Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde konvansiyonel yöneme göre model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin birbirleri arasında ortalama fark (bias) miktarları açısından farkın önemliliği ise Bağımlı t-testiyle değerlendirilmiştir.

Aksi belirtilmedikçe $p < 0.05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Ancak olası tüm çoklu karşılaştırmalarda Tip I hatayı kontrol edebilmek için Bonferroni Düzeltmesi yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Tekrarlanabilirlik

Her çapraşıklık grubundan rastgele seçilen 30'ar hastada yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin değerlendirildiği sınıf içi korelasyon katsayıları (intraclass correlation coefficient) ve %95 güven aralığına dayanan sonuçlar tablo I'de gösterilmiştir. Mevcut sonuçlara göre 1. ve 2. ölçümler arasında oldukça yüksek uyumun (tutarlılığın) olduğu görülmüştür.

4.2. Yöntemler Arası Güvenilirlik ve Süre

Her çapraşıklık grubunda model tarama ve ağız içi tarama yöntemleriyle yapılan ölçümlerin konvansiyonel yöntemle karşılaştırıldığı Bland-Altman methoduna göre uyum düzeyleri tablo II'de gösterilmiştir.

Üst çenede yapılan ölçümler değerlendirildiğinde; kaninler arası (Üst 3-3), 1.premolarlar (Üst 4-4) ve 2.premolarlar arası (Üst 5-5) mesafe ölçümlerinin hiçbirinde farklı çapraşıklık grupları arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmazken, az ve orta çapraşıklık gruplarında yöntemler arasında anlamlı farklılık gözlemlendi. Buna göre, her iki grupta da ağız içi tarama yönteminin konvansiyonel yöntemle arasındaki fark model tarama yönteminin konvansiyonel yöntemle arasındaki farktan daha yüksek bulundu ($p < 0,0167$). Az çapraşıklık grubunda üst 3-3 ölçümü için ağız içi tarama yönteminin konvansiyonel yöntemle arasındaki fark $0,427 \pm 0,598$ mm, üst 4-4 ölçümü için $0,297 \pm 0,512$ mm, üst 5-5 ölçümü için ise $0,288 \pm 0,451$ mm bulundu. Aynı çapraşıklık grubunda model tarama yönteminin fark (bias) değeri incelendiğinde üç ölçüm için fark değerleri sırasıyla $0,149 \pm 0,533$, $0,110 \pm 0,516$ ve $0,145 \pm 0,391$ mm olarak hesaplandı (Tablo III).

Üst çenede 1.molarlar arası (Üst 6-6) mesafede az ve şiddetli çapraşıklık gruplarında model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin konvansiyonel yöntemle aralarındaki fark ortalamaları istatistiksel olarak benzer bulundu. Orta çapraşıklık grubunda ise ağız içi tarama yönteminin fark (bias) değeri ($0,241 \pm 0,554$ mm) model tarama yöntemine ($-0,012 \pm 0,392$ mm) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p < 0,001$) (Tablo III). %95 uyum aralığı içinde alt ve üst sınırları değerlendirdiğimizde konvansiyonel yöntemle olan fark model tarama yönteminde $-0,781$ ile $0,757$ mm, ağız içi tarama yönteminde ise $-0,844$ ile $1,327$ mm arasında bulundu (Tablo II).

Alt çene kaninler arası (Alt 3-3) mesafe ölçümleri değerlendirildiğinde üç farklı çapraşıklık grubunda da her iki dijital yöntemin konvansiyonel yöntemle aralarındaki fark ortalamaları arasında istatistiksel fark bulunmadı ($p>0,025$). Ayrıca her iki dijital yöntemin fark ortalamaları açısından farklı çapraşıklık grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p>0,0167$) (Tablo III).

Alt çenedeki 1.premolarlar arası (Alt 4-4) genişlik ölçümleri açısından dijital yöntemler kendi içinde değerlendirildiğinde çapraşıklık miktarına bağlı farklılığa rastlanmadı ($p>0,025$). Ancak her iki dijital yöntemin konvansiyonel yöntemle aralarındaki fark ortalamaları arasında orta ($p=0,013$) ve şiddetli ($p=0,016$) çapraşıklık gruplarında anlamlı fark gözlendi. Bu farklılıklar orta çapraşıklık grubunda %95 uyum aralığında model tarama için $-0,895$ ile $0,943$ mm arasında (ortalama $0,024\pm0,469$ mm), ağız içi tarama için $-0,801$ ile $1,117$ mm arasında (ortalama $0,158\pm0,489$ mm) bulundu. Şiddetli çapraşıklık grubunda ise %95 uyum aralığında model tarama için alt sınır $-0,550$ mm, üst sınır $0,925$ mm (ortalama $0,188\pm0,376$ mm), ağız içi tarama için alt sınır $-0,975$ mm, üst sınır $1,048$ mm (ortalama $0,037\pm0,516$ mm) bulundu (Tablo II, III).

2.premolarlar arası (Alt 5-5) mesafede yöntemler arası ölçüm değerleri benzer bulunurken, model tarama yönteminde orta ve şiddetli çapraşıklık grupları arasında, ölçümler orta çapraşıklık grubunda konvansiyonel yöntemle daha uyumlu olacak şekilde, anlamlı farklılık gözlendi ($p=0,015$). Konvansiyonel yöntemle göre ölçüm farklılığı ortalaması orta çapraşıklık grubunda $-0,059\pm0,456$ mm iken, şiddetli çapraşıklık grubunda $0,182\pm0,428$ mm bulundu (Tablo III).

Alt 1.molarlar arası (Alt 6-6) mesafe değerleri incelendiğinde sadece az çapraşıklık grubunda iki dijital yöntem arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,014$). Bu fark model tarama yönteminde ortalama $0,063\pm0,471$ mm, ağız içi tarama yönteminde ise ortalama $-0,119\pm0,688$ mm hesaplandı. Model tarama yöntemi ile yapılan alt çene molarlar arası mesafe ölçümleri orta ve şiddetli çapraşıklık grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi ($p=0,007$) (Tablo III).

Hem alt hem de üst çenedeki yer darlığı miktarı açısından her üç çapraşıklık grubunda da konvansiyonel ve model tarama yöntemleri arasındaki fark ortalaması ile konvansiyonel ve ağız içi tarama yöntemleri arasındaki fark ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Aynı parametrelere ait, her iki dijital yöntemin konvansiyonel yöntemle

aralarındaki fark ortalamaları az, orta ve şiddetli çapraşıklık grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmadı (Tablo III).

Anterior ve toplam Bolton oranları değerlendirildiğinde üç farklı çapraşıklık grubunda da model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin konvansiyonel yöntemle aralarındaki fark ortalamaları istatistiksel olarak benzer bulundu. Ayrıca her iki dijital yöntemin konvansiyonel yöntemle aralarındaki fark ortalamaları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo III).

Farklı çapraşıklık gruplarında konvansiyonel yöntemle göre model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin ölçüm süresi yönünden Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri tablo IV'te gösterilmiştir.

Az, orta ve şiddetli çapraşıklık gruplarının her biri kendi içinde ölçüm süresi yönünden değerlendirildiğinde konvansiyonel yöntem ile model tarama yöntemi arasındaki zaman farkının ortalaması ile konvansiyonel yöntem ile ağız içi tarama yöntemi arasındaki zaman farkının ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,001$). Tüm çapraşıklık gruplarında ağız içi tarama yönteminin işlem süresi model tarama yönteminin işlem süresine göre daha uzun ölçüldü. Konvansiyonel yöntem ile model tarama yöntemi arasındaki işlem süresi farkına ait ortalama değer açısından az, orta ve şiddetli çapraşık grupları arasında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ($p = 0,038$). Aynı şekilde konvansiyonel yöntem ile ağız içi tarama yöntemi arasındaki zaman farkına ait ortalama değer açısından da farklı çapraşıklık grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ($p = 0,108$) (Tablo V).

Tablo I: Gözlemcinin farklı zamanlarda yapmış olduğu klinik ölçümler arasındaki güvenilirlik düzeyleri

	AZ (n=30)	ORTA (n=30)	ŞİDDETLİ (n=30)
Üst (3-3)			
Konvansiyonel	0,983 (0,966 - 0,992)	0,991 (0,981 - 0,996)	0,984 (0,967 - 0,992)
Model tarama	0,992 (0,984 - 0,996)	0,995 (0,990 - 0,998)	0,994 (0,987 - 0,997)
Ağız içi tarama	0,976 (0,951 - 0,989)	0,991 (0,982 - 0,996)	0,991 (0,981 - 0,996)
Üst (4-4)			
Konvansiyonel	0,975 (0,949 - 0,988)	0,886 (0,777 - 0,944)	0,991 (0,982 - 0,996)
Model tarama	0,987 (0,974 - 0,994)	0,995 (0,990 - 0,998)	0,996 (0,991 - 0,998)
Ağız içi tarama	0,756 (0,551 - 0,875)	0,977 (0,953 - 0,989)	0,986 (0,971 - 0,993)
Üst (5-5)			
Konvansiyonel	0,988 (0,975 - 0,994)	0,990 (0,978 - 0,995)	0,992 (0,983 - 0,996)
Model tarama	0,989 (0,976 - 0,995)	0,979 (0,958 - 0,990)	0,995 (0,990 - 0,998)
Ağız içi tarama	0,981 (0,961 - 0,991)	0,986 (0,971 - 0,993)	0,993 (0,986 - 0,997)
Üst (6-6)			
Konvansiyonel	0,986 (0,972 - 0,993)	0,990 (0,978 - 0,995)	0,995 (0,989 - 0,997)
Model tarama	0,974 (0,947 - 0,988)	0,993 (0,986 - 0,997)	0,997 (0,993 - 0,998)
Ağız içi tarama	0,982 (0,962 - 0,991)	0,978 (0,955 - 0,989)	0,994 (0,988 - 0,997)
Alt (3-3)			
Konvansiyonel	0,982 (0,963 - 0,991)	0,953 (0,904 - 0,977)	0,981 (0,961 - 0,991)
Model tarama	0,989 (0,978 - 0,995)	0,994 (0,988 - 0,997)	0,991 (0,981 - 0,996)
Ağız içi tarama	0,971 (0,941 - 0,986)	0,988 (0,975 - 0,994)	0,978 (0,956 - 0,990)
Alt (4-4)			
Konvansiyonel	0,976 (0,950 - 0,988)	0,986 (0,971 - 0,993)	0,990 (0,980 - 0,995)
Model tarama	0,986 (0,971 - 0,993)	0,993 (0,986 - 0,997)	0,995 (0,989 - 0,997)
Ağız içi tarama	0,976 (0,950 - 0,988)	0,965 (0,929 - 0,983)	0,991 (0,981 - 0,996)

Sonuçlar; Sınıf içi korelasyon katsayısı ve %95 Güven Aralığı biçiminde sunulmuştur.

Tablo I (Devam): Gözlemcinin farklı zamanlarda yapmış olduğu klinik ölçümler arasındaki güvenilirlik düzeyleri

	AZ (n=30)	ORTA (n=30)	ŞİDDETLİ (n=30)
Alt (5-5)			
Konvansiyonel	0,977 (0,953 - 0,989)	0,977 (0,953 - 0,989)	0,977 (0,953 - 0,989)
Model tarama	0,992 (0,984 - 0,996)	0,993 (0,985 - 0,996)	0,994 (0,988 - 0,997)
Ağız içi tarama	0,983 (0,964 - 0,992)	0,991 (0,981 - 0,996)	0,994 (0,988 - 0,997)
Alt (6-6)			
Konvansiyonel	0,977 (0,952 - 0,989)	0,983 (0,964 - 0,992)	0,993 (0,986 - 0,997)
Model tarama	0,986 (0,972 - 0,993)	0,991 (0,981 - 0,996)	0,994 (0,988 - 0,997)
Ağız içi tarama	0,991 (0,981 - 0,996)	0,986 (0,972 - 0,993)	0,987 (0,973 - 0,994)
Yer darlığı A.Ç.			
Konvansiyonel	0,903 (0,808 - 0,952)	0,889 (0,782 - 0,945)	0,899 (0,800 - 0,950)
Model tarama	0,926 (0,852 - 0,964)	0,884 (0,773 - 0,943)	0,922 (0,844 - 0,962)
Ağız içi tarama	0,918 (0,837 - 0,960)	0,919 (0,839 - 0,961)	0,930 (0,860 - 0,966)
Yer darlığı Ü.Ç.			
Konvansiyonel	0,780 (0,591 - 0,889)	0,936 (0,871 - 0,969)	0,891 (0,786 - 0,946)
Model tarama	0,824 (0,665 - 0,912)	0,940 (0,880 - 0,971)	0,885 (0,775 - 0,943)
Ağız içi tarama	0,854 (0,718 - 0,928)	0,926 (0,851 - 0,964)	0,905 (0,812 - 0,954)
Anterior Bolton			
Konvansiyonel	0,923 (0,845 - 0,962)	0,901 (0,804 - 0,951)	0,915 (0,832 - 0,959)
Model tarama	0,900 (0,803 - 0,951)	0,822 (0,661 - 0,911)	0,599 (0,313 - 0,786)
Ağız içi tarama	0,826 (0,669 - 0,913)	0,789 (0,606 - 0,893)	0,747 (0,537 - 0,871)
Toplam Bolton			
Konvansiyonel	0,898 (0,798 - 0,950)	0,882 (0,769 - 0,942)	0,941 (0,881 - 0,971)
Model tarama	0,892 (0,787 - 0,947)	0,761 (0,559 - 0,878)	0,903 (0,809 - 0,953)
Ağız içi tarama	0,802 (0,627 - 0,900)	0,790 (0,607 - 0,894)	0,728 (0,506 - 0,860)

Sonuçlar; Sınıf içi korelasyon katsayısı ve %95 Güven Aralığı biçiminde sunulmuştur.

Tablo II: Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri

	AZ ÇAPRAŞIK				ORTA ÇAPRAŞIK				ŞİDDETLİ ÇAPRAŞIK			
	Bias	ss	%95 Uyum Aralığı		Bias	ss	%95 Uyum Aralığı		Bias	ss	%95 Uyum Aralığı	
			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır
Üst (3-3)												
Model tarama	0,149	0,533	-0,896	1,194	0,154	0,411	-0,652	0,960	0,248	0,445	-0,624	1,121
Ağız içi tarama	0,427	0,598	-0,745	1,599	0,319	0,495	-0,650	1,289	0,205	0,542	-0,857	1,268
Üst (4-4)												
Model tarama	0,110	0,516	-0,900	1,120	0,011	0,459	-0,890	0,911	0,039	0,864	-1,654	1,733
Ağız içi tarama	0,297	0,512	-0,707	1,301	0,317	0,557	-0,776	1,409	0,344	0,531	-0,698	1,385
Üst (5-5)												
Model tarama	0,145	0,391	-0,621	0,911	-0,013	0,463	-0,921	0,895	0,107	0,396	-0,670	0,883
Ağız içi tarama	0,288	0,451	-0,597	1,173	0,199	0,414	-0,612	1,009	0,169	0,379	-0,575	0,912
Üst (6-6)												
Model tarama	0,118	0,426	-0,717	0,954	-0,012	0,392	-0,781	0,757	-0,057	1,302	-2,610	2,495
Ağız içi tarama	0,141	0,598	-0,835	1,116	0,241	0,554	-0,844	1,327	0,058	0,518	-0,958	1,073

Bias: Model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki ve ağız içi tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki klinik ölçümlerin farkları ortalaması [Alternatif yöntem - Altın standart], ss: Klinik ölçüm farklarının ortalamalarına ilişkin standart sapma değerleri.

Tablo II (Devam): Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri

	AZ ÇAPRAŞIK				ORTA ÇAPRAŞIK				ŞİDDETLİ ÇAPRAŞIK			
	Bias	ss	%95 Uyum		Bias	ss	%95 Uyum		Bias	ss	%95 Uyum	
			Aralığı				Aralığı				Aralığı	
			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır
Alt (3-3)												
Model tarama	0,133	0,399	-0,650	0,916	0,100	0,490	-0,860	1,059	0,117	0,367	-0,603	0,837
Ağız içi tarama	0,163	0,479	-0,775	1,102	0,262	0,575	-0,865	1,388	0,074	0,438	-0,785	0,933
Alt (4-4)												
Model tarama	0,158	0,427	-0,678	0,994	0,024	0,469	-0,895	0,943	0,188	0,376	-0,550	0,925
Ağız içi tarama	0,044	0,428	-0,796	0,883	0,158	0,489	-0,801	1,117	0,037	0,516	-0,975	1,048
Alt (5-5)												
Model tarama	0,037	0,482	-0,908	0,982	-0,059	0,456	-0,953	0,836	0,182	0,428	-0,658	1,021
Ağız içi tarama	-0,027	0,466	-0,941	0,887	0,062	0,474	-0,867	0,992	0,141	0,534	-0,906	1,188
Alt (6-6)												
Model tarama	0,063	0,471	-0,861	0,986	-0,066	0,556	-1,155	1,023	0,206	0,373	-0,526	0,937
Ağız içi tarama	-0,119	0,688	-1,467	1,230	-0,0002	0,502	-0,986	0,982	0,130	0,611	-1,068	1,328

Bias: Model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki ve ağız içi tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki klinik ölçümlerin farkları ortalaması [Alternatif yöntem - Altın standart], ss: Klinik ölçüm farklarının ortalamalarına ilişkin standart sapma değerleri.

Tablo II (Devam): Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri

	AZ ÇAPRAŞIK				ORTA ÇAPRAŞIK				ŞİDDETLİ ÇAPRAŞIK			
	Bias	ss	%95 Uyum Aralığı		Bias	ss	%95 Uyum Aralığı		Bias	ss	%95 Uyum Aralığı	
			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır			Alt sınır	Üst sınır
Yer darlığı A.Ç.												
Model tarama	-0,144	0,560	-1,242	0,954	-0,151	0,591	-1,308	1,007	-0,320	0,557	-1,412	0,773
Ağız içi tarama	-0,138	0,622	-1,358	1,081	-0,059	0,636	-1,305	1,187	-0,180	0,862	-1,869	1,508
Yer darlığı Ü.Ç.												
Model tarama	-0,021	0,447	-0,898	0,855	-0,169	0,552	-1,252	0,914	0,013	0,769	-1,495	1,521
Ağız içi tarama	0,103	0,652	-1,175	1,381	-0,103	0,698	-1,471	1,264	0,118	0,811	-1,471	1,707
Anterior Bolton												
Model tarama	-0,122	1,489	-3,039	2,796	0,107	1,351	-2,541	2,754	0,270	1,113	-1,910	2,451
Ağız içi tarama	-0,266	1,643	-3,486	2,954	0,262	1,400	-2,481	3,006	0,166	1,125	-2,040	2,371
Toplam Bolton												
Model tarama	-0,308	1,208	-2,676	2,060	-0,154	1,175	-2,458	2,150	0,008	0,847	-1,652	1,668
Ağız içi tarama	-0,421	1,232	-2,835	1,993	0,170	1,310	-2,397	2,738	-0,100	1,251	-2,552	2,352

Bias: Model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki ve ağız içi tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki klinik ölçümlerin farkları ortalaması [Alternatif yöntem - Altın standart], ss: Klinik ölçüm farklarının ortalamalarına ilişkin standart sapma değerleri.

Tablo III: Klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin fark (bias) düzeyleri

	AZ (n=61)	ORTA (n=61)	ŞİDDETLİ (n=61)	p-değeri †
Üst 3-3				
<i>Model tarama</i>	0,149±0,533	0,154±0,411	0,248±0,445	0,417
<i>Ağız içi tarama</i>	0,427±0,598	0,319±0,495	0,205±0,542	0,083
p-değeri ‡	<0,001	0,008	0,505	
Üst 4-4				
<i>Model tarama</i>	0,110±0,516	0,011±0,459	0,039±0,864	0,677
<i>Ağız içi tarama</i>	0,297±0,512	0,317±0,557	0,344±0,531	0,888
p-değeri ‡	<0,001	<0,001	0,022	
Üst 5-5				
<i>Model tarama</i>	0,145±0,391	-0,013±0,463	0,107±0,396	0,098
<i>Ağız içi tarama</i>	0,288±0,451	0,199±0,414	0,169±0,379	0,258
p-değeri ‡	0,010	<0,001	0,138	
Üst 6-6				
<i>Model tarama</i>	0,118±0,426	-0,012±0,392	-0,057±1,302	0,475
<i>Ağız içi tarama</i>	0,141±0,498	0,241±0,554	0,058±0,518	0,155
p-değeri ‡	0,710	<0,001	0,516	

Veriler; ortalama ± standart sapma biçiminde gösterildi.

† Çapraşıklık dereceleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,025$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

‡ Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Bağımlı t-testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,0167$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Tablo III (Devam): Klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin fark (bias) düzeyleri

	AZ (n=61)	ORTA (n=61)	ŞİDDETLİ (n=61)	p-değeri †
Alt 3-3				
<i>Model tarama</i>	0,133±0,399	0,100±0,490	0,117±0,367	0,909
<i>Ağız içi tarama</i>	0,163±0,479	0,262±0,575	0,074±0,438	0,120
p-değeri ‡	0,557	0,023	0,375	
Alt 4-4				
<i>Model tarama</i>	0,158±0,427	0,024±0,469	0,188±0,376	0,080
<i>Ağız içi tarama</i>	0,044±0,428	0,158±0,489	0,037±0,516	0,294
p-değeri ‡	0,022	0,013	0,016	
Alt 5-5				
<i>Model tarama</i>	0,037±0,482	-0,059±0,456 ^a	0,182±0,428 ^a	0,015
<i>Ağız içi tarama</i>	-0,027±0,466	0,062±0,474	0,141±0,534	0,173
p-değeri ‡	0,319	0,048	0,462	
Alt 6-6				
<i>Model tarama</i>	0,063±0,471	0,066±0,556 ^b	0,206±0,373 ^b	0,007
<i>Ağız içi tarama</i>	-0,119±0,688	-0,002±0,502	0,130±0,611	0,079
p-değeri ‡	0,014	0,374	0,249	

Veriler; ortalama ± standart sapma biçiminde gösterildi.

† Çapraşıklık dereceleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,025$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

‡ Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Bağımlı t-testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,0167$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

a: Orta çapraşık grup ile şiddetli çapraşık grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p=0,011$).

b: Orta çapraşık grup ile şiddetli çapraşık grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p=0,005$).

Tablo III (Devam): Klinik ölçümler yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin fark (bias) düzeyleri

	AZ (n=61)	ORTA (n=61)	ŞİDDETLİ (n=61)	p-değeri †
Yer darlığı A.Ç.				
<i>Model tarama</i>	-0,144±0,560	-0,151±0,591	-0,320±0,557	0,159
<i>Ağız içi tarama</i>	-0,138±0,622	-0,059±0,636	-0,180±0,862	0,637
p-değeri ‡	0,925	0,177	0,095	
Yer darlığı Ü.Ç.				
<i>Model tarama</i>	-0,021±0,447	-0,169±0,552	0,013±0,769	0,213
<i>Ağız içi tarama</i>	0,103±0,652	-0,103±0,698	0,118±0,811	0,171
p-değeri ‡	0,120	0,391	0,295	
Anterior Bolton				
<i>Model tarama</i>	-0,122±1,489	0,107±1,351	0,270±1,113	0,263
<i>Ağız içi tarama</i>	-0,266±1,643	0,262±1,400	0,166±1,125	0,090
p-değeri ‡	0,449	0,260	0,372	
Toplam Bolton				
<i>Model tarama</i>	-0,308±1,208	-0,154±1,175	0,008±0,847	0,280
<i>Ağız içi tarama</i>	-0,421±1,232	0,170±1,310	-0,100±1,251	0,037
p-değeri ‡	0,447	0,048	0,472	

Veriler; ortalama ± standart sapma biçiminde gösterildi.

† Çapraşıklık dereceleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,025$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

‡ Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Bağımlı t-testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,0167$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Tablo IV: Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde işlem süreleri yönünden konvansiyonel yöntemle göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin Bland-Altman metoduna göre uyum düzeyleri

	Bias	ss	%95 Uyum Aralığı	
			Alt sınır	Üst sınır
AZ ÇAPRAŞIK				
Model tarama	0,149	0,872	-1,560	1,858
Ağız içi tarama	0,477	0,993	-1,469	2,424
ORTA ÇAPRAŞIK				
Model tarama	-0,361	1,245	-2,802	2,079
Ağız içi tarama	0,823	0,872	-0,886	2,533
ŞİDDETLİ ÇAPRAŞIK				
Model tarama	-0,044	1,152	-2,302	2,214
Ağız içi tarama	0,828	1,240	-1,602	3,259

Bias: Model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki ve ağız içi tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasındaki klinik ölçümlerin farkları ortalaması [Alternatif yöntem - Altın standart], ss: Klinik ölçüm farklarının ortalamalarına ilişkin standart sapma değerleri..

Tablo V: İşlem süreleri yönünden konvansiyonel yönteme göre sırasıyla; model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin fark (bias) düzeyleri

	AZ (n=61)	ORTA (n=61)	ŞİDDETLİ (n=61)	p-değeri †
Süre				
<i>Model tarama</i>	0,149±0,872	-0,361±1,245	-0,044±1,152	0,038
<i>Ağız içi tarama</i>	0,477±0,993	0,823±0,872	0,829±1,240	0,108
p-değeri ‡	<0,001	<0,001	<0,001	

Veriler; ortalama ± standart sapma biçiminde gösterildi.

† Çapraşıklık dereceleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,025$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

‡ Her bir çapraşıklık derecesi içerisinde model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalar, Bağımlı t-testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0,0167$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

5. TARTIŞMA

Doğru bir tanı koyabilmek ve başarılı bir ortodontik tedavi yapabilmek için iyi bir klinik muayenenin yanı sıra tam alınmış kayıtlara ihtiyaç vardır (1). Alçı modeller oklüzyonun üç boyutlu görünümünü sağlayarak, hekimlerin klinik muayene sırasında elde edilen izlenimleri daha ayrıntılı olarak değerlendirebilmesine olanak tanır ve ağız yumuşak dokularından etkilenmeden, bir vakanın incelenmesini kolaylaştırır (12, 16-18).

Alçı modellerden elde edilen bilgiler, ortodontistin maloklüzyonları sınıflandırmasına, sapmaları belirlemesine ve tedavi hedeflerini formüle etmesine yardım etmek için çok önemli bir değere sahiptir. Dişlerin boyutlarının, dental arktaki konumlarının, malpozisyonların değerlendirilmesine ek olarak, alçı modeller üzerinde diagnostik set up işlemi de gerçekleştirilebilmektedir (2, 100). Tanı ve tedavi planlamasında büyük öneme sahip olan alçı modellerin kolay kırılması, kaybolması, sürekli ölçüm nedeniyle aşınmanın yol açtığı hata payı, yoğun bir klinik ortamda arşivlenmesi için diğer kayıtlara göre çok daha geniş hacim kaplaması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır (2, 3, 33). Sayılan bu olumsuzluklar üreticileri 3 boyutlu dijital modeller elde etmeye yöneltmiştir. Gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalar sonucu alçı modele alternatif olarak dijital ortodontik modellerin elde edildiği çeşitli yöntemler ve cihazlar geliştirilmiştir (3).

Alçı modeller altın standart kabul edilerek, dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin geçerlilik ve hassasiyetlerinin karşılaştırıldığı pek çok çalışma yapılmıştır (10, 12-14, 34-36). Bu çalışmalar sonucunda dijital modeller üzerinde gerçekleştirilen doğrusal ölçümlerin (12), diş genişliği, yüksekliği (35), overjet ve overbite ölçümlerinin (12, 35, 36) alçı modeller üzerinde gerçekleştirilen ölçümlerle aralarında çok büyük yakınlık bulunduğu bildirilmiştir.

Literatürde model tarama ve ağız içi tarama yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda çalışmaya dahil edilen hastaların ağız içi çapraşıklık miktarlarına göre değerlendirme yapılmamıştır (11, 38, 94). Ancak Abizadeh ve ark. (39) model tarama ve konvansiyonel yöntemleri karşılaştırdıkları çalışmalarında çapraşıklık miktarına göre farklı gruplar oluşturmuşlardır. Dental çapraşıklığın dişlerin kontak noktalarının belirlenmesini zorlaştırarak ölçümleri etkileyebileceğini bildiren çalışmalar mevcuttur (39, 101). Bu nedenle biz çalışmamızda farklı çapraşıklık gruplarında, alçı modeller üzerinde konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek, model tarama ve ağız içi tarama yöntemleri ile elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümleri güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik açısından karşılaştırmayı amaçladık. Çalışmamızda hastalar alt ve üst çenedeki çapraşıklık

miktarlarına göre gruplandırılmış ve dijital yöntemlerle yapılan ölçümler farklı çapraşıklık gruplarında değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın amacı göz önüne alındığında, ölçümlerde referans noktalarının tespitini zorlaştıran kron dismorfolojisine sahip, atrizyona uğramış, geniş çürük harabiyeti olan veya restorasyonlu dişlere sahip hastaların çalışmaya dahil edilmemesine dikkat edilmiştir.

Rutin ortodonti pratiğinde uygun ölçü maddesinin seçimi, uygun maliyette kaliteli ölçü elde edebilmek açısından oldukça önemlidir. Polivinilsiloksan, boyutsal bütünlüğü ve detayları yüksek hassasiyette kaydedebilme özellikleri nedeniyle bazı dijital model çalışmalarında özellikle tercih edilmiştir. Bu ölçü maddesinin yüksek detay yansıtma özelliğinin yanı sıra, gecikmiş veya ikinci kez yapılan alçı dökümlerinden çok az etkilendiği, ağızdan çıkartıldıktan 1 hafta sonra döküldüğünde dahi güvenilir olduğu belirtilmektedir (91, 102).

White ve ark.(91) yaptıkları çalışmada polivinilsiloksan ve aljinat ölçü maddelerini dijital ölçümler üzerindeki etkileri açısından kıyasladıkları çalışmalarında iki ölçü maddesi arasında önemli bir farklılığın olmadığı, iki ölçü maddesinin de KIBT taramaya dayalı dijital modelleme yöntemiyle kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Aljinat düşük maliyeti, manipülasyon kolaylığı, hidrofilik özellikleri, yüzeyinden tükürük ve kanın kolaylıkla uzaklaştırılabilmesi ve hasta konforunun nispeten iyi olması ile ortodontide en sık kullanılan ölçü maddesidir. En büyük dezavantajı ise zamanla boyutsal bütünlüğünü kaybetmesidir. Geleneksel aljinat ölçülerin 30 dakika içerisinde dökülmedikleri zaman klinik olarak kabul edilemeyeceği ve tekrarlanması gerekebileceği belirtilmektedir. Bu boyutsal stabilite problemi, aljinat ölçülerin, alçı dökülmeden ölçü halinde yüzey taraması yapılmak üzere uzak mesafedeki bir dijital modelleme laboratuvarına gönderilmesi gereken durumlarda çok önemli bir problemdir; çünkü ölçünün alınması ile dijital modelleme işleminin yapılması arasında geçen süre 2-3 günü bulabilmektedir (91).

Alcan ve ark.(103) aljinat ölçülere farklı zamanlarda alçı dökerek model elde etmişlerdir. Bu modellerden elde edilen dijital modeller üzerindeki ölçümler, aljinat ölçülerde istatistiksel olarak belirgin bir deformasyon meydana geldiğini göstermiştir. Ancak araştırmacılar deformasyon miktarının klinik olarak göz ardı edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Cesur ve ark. (81) aljinat ölçü maddesinden elde edilen ölçüleri bekletmeden, 1 ve 2 gün ağız kilitli poşetlerde beklettikten sonra ölçülerin taranması ile elde ettikleri dijital modeller

üzerindeki ölçümler ile bu ölçülerden elde edilen alçı modellerin taranması ile oluşturulan dijital modeller ve alçı modeller üzerindeki ölçümleri karşılaştırmışlardır. Sonuçta aljinat modellerin direkt taranması ile elde edilen dijital modeller üzerindeki ölçümlerin, alçı modellerden elde edilen dijital modeller ve alçı modeller üzerindeki ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı fark gösterse de bunların klinik olarak göz ardı edilebileceğini bildirmişlerdir. Aljinat ölçülerin kilitli poşetlerde oda sıcaklığında iki gün bekletilmesinin ise dijital model eldesini etkilemediğini ve zamana bağlı boyutsal deformasyon gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda, ölçüler bekletilmeden hemen dökülmüş ve alçı modeller elde edilmiştir. Meydana gelebilecek zamana bağlı boyutsal stabilite sorunu bu şekilde çözülmüş ve maliyeti de göz önünde bulundurularak ölçü alımında aljinat ölçü maddesi tercih edilmiştir.

Literatürde dijital modellerle ilgili yapılan çalışmalarda dijital yöntemleri konvansiyonel yöntemle karşılaştırabilmek için çok çeşitli parametreler ölçülmüştür. Bunların arasında sıklıkla anterior ve toplam Bolton oranları (10, 11, 14, 79, 96), dişlerin mezio-distal genişlikleri (25, 84, 86, 88, 96), ark içi doğrusal ölçümler (5, 12, 37-40), yer darlıkları (5, 12, 36, 95, 104) ve ölçüm süreleri (25) yer almıştır. Bizim çalışmamızda benzer şekilde anterior ve toplam Bolton oranları, yer darlıkları, kanin, premolar ve molarlar arası ark içi doğrusal ölçümler tercih edilmiştir. Lemos ve ark. (101) inklinasyon, rotasyon ve dental çapraşıklıkta ölçümleri etkileyebileceğini, bunun da dişlerin mezio-distal noktalarını belirlemedeki zorluktan kaynaklanacağını belirtmişlerdir. Abizadeh ve ark. (39) çapraşıklık miktarının referans noktalarının belirlenmesini etkileyebileceğini bildirmişlerdir ve çalışmalarında çapraşıklık miktarına göre (0-3 mm, 3-6 mm, >6 mm) farklı gruplar oluşturmuşlardır. Bizim çalışmamızda da ölçümler her yöntem için 3 farklı çapraşıklık grubunda yapılmıştır. Ölçümlerin yanı sıra ölçüm süresi de parametre olarak kaydedilmiştir. Ölçüm süresi, dişlerin mezio-distal boyutlarının ölçülmesi ile başlayıp tüm ölçümlerin bitirilmesine kadar geçen süre olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda alçı modeller üzerindeki ölçümler, literatürdeki pek çok çalışmada da olduğu gibi (10-14, 37, 79, 96), dijital kumpas aracılığıyla yapılmıştır. Dijital modeller üzerindeki ölçümler ise uygun bilgisayar programları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Konu ile ilgili yapılmış pek çok çalışmada ölçümler hekimler tarafından gerçekleştirilmiştir (7, 11, 12, 14, 15, 39, 81). Bizim çalışmamızda da tüm ölçümler hekimin kendisi tarafından yapılmıştır.

Dişlerin mezio-distal boyutları ölçülürken, konu ile ilgili önceki çalışmalarda yapıldığı şekilde (7, 10, 11, 14, 37, 87, 96), dişlerin kontakt noktaları arasındaki maksimum mezio-distal genişlik esas alınmıştır. Yapılan çalışmalarda, ark içi transversal ölçümlerde interkanin ve intermolar ölçümler yapılmış ve referans noktalar kanin dişlerin ve 1.molar dişlerin meziobukkal tüberkül tepeleri olarak belirlenmiştir (5, 12, 37, 40). Bizim çalışmamızda kanin ve 1.molar dişlere ek olarak premolar dişler arasındaki mesafe de ölçüldü ve tespit etme kolaylığı açısından kanin dişlerin, premolar dişlerin bukkal ve 1.molar dişlerin meziobukkal tüberkül tepeleri referans noktalar olarak belirlendi.

Literatürde dijital modellerle ilgili yapılan çalışmalarda yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliği değerlendirildiğinde sınıf içi korelasyon katsayıları genel olarak yüksek bulunmuş ve yöntemlerin tekrarlanabilir olduğu belirtilmiştir (7, 11, 12, 37, 96, 104). Abizadeh ve ark. (39) model tarama ile konvansiyonel yöntemi karşılaştırdıkları çalışmalarında tekrarlanan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Ancak, mm cinsinden düşünüldüğünde bu farklılığın klinik açıdan önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak orta ve şiddetli çapraşıklıkla sahip çenelerde de ölçümler yapılmıştır. Her gruptan rastgele seçilen 30 hastada tekrarlanan ölçümler sonucu hem model tarama hem de ağız içi tarama yöntemi değerlendirilmiştir. Her üç çapraşıklık grubunda da tekrarlanan ölçümler sonucunda sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK>0.70) olarak hesaplanmış, yöntemlerin tutarlı ve tekrarlanabilir oldukları gözlenmiştir.

Çalışmamızda model tarama ve ağız içi tarama yöntemiyle elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümler alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek karşılaştırılmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre üst çenede yapılan ark içi transversal ölçümlerden kaninler arası (Üst 3-3), 1.premolar (Üst 4-4) ve 2.premolarlar arası (Üst 5-5) mesafe ölçümlerinin hiçbirinde farklı çapraşıklık grupları arasında istatistiksel anlamlı fark bulunamazken, az ve orta çapraşıklık gruplarında yöntemler arasında anlamlı fark gözlemlendi. Değerler incelendiğinde, her üç parametrede de alçı modellerde yapılan ölçümlere göre ağız içi tarama yönteminde yapılan ölçümlerdeki farklılık daha yüksek bulundu. Bu farklılıklar en fazla, kaninler arası mesafe için az çapraşıklık grubunda 0,427 mm, 1.premolarlar arası mesafe için orta çapraşıklık grubunda 0,317 mm, 2.premolarlar arası mesafe için ise az çapraşıklık grubunda 0,288 mm olarak ölçüldü. Üst çenede 1.molarlar arası (Üst 6-6)

mesafede yöntemler arası farklılık sadece orta çapraşıklık grubunda bulundu. Orta çapraşıklık grubunda üst molarlar arası mesafe ağız içi tarama yöntemiyle konvansiyonel yöntemle göre ortalama 0,241 mm uzun ölçüldü. Üst çenede yapılan transversal doğrusal ölçümlerde yöntemler arası gözlenen istatistiksel farklılıkların tümü, model tarama ile elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin altın standart kabul ettiğimiz alçı model üzerinde yapılan ölçümlere daha yakın olduğunu göstermiştir. Ancak özellikle ağız içi tarama yöntemi için %95 uyum aralığı içinde ölçülen farkların üst sınırları 1-1,5 mm'ye ulaşsa da ortalama değerleri 0,5 mm'den daha küçük bulundu (Tablo II).

Alt çenedeki doğrusal ölçümler değerlendirildiğinde kaninler arası (Alt 3-3) mesafe ölçümünde hem farklı çapraşıklık grupları arasında hem de farklı dijital model elde etme yöntemleri arasında istatistiksel bir farka rastlanmadı. Alt 1.premolarlar arası (Alt 4-4) mesafe ölçümleri için orta ve şiddetli çapraşıklık gruplarında, alt 1.molarlar (Alt 6-6) arası mesafe ölçümü için ise az çapraşıklık grubunda iki dijital yöntem arasında anlamlı farklılıklar bulundu. Bu farklılıkların %95 uyum aralığı içinde alt ve üst sınırları incelendiğinde -1,5 mm ile 1,3 mm arasında olduğu görülmektedir. Ancak fark ortalamaları bu iki parametre için en büyük farkın yaklaşık 0,2 mm olduğunu göstermektedir (Tablo II).

Çalışmamızda dijital model elde etme yöntemleri arasında gözlenen farkların çoğu model tarama yönteminde yapılan ölçümlerin alçı model üzerindeki ölçümlerle daha uyumlu olduğunu göstermiştir. Ağız içi tarama yönteminde yapılan ölçümlerde farkların daha yüksek bulunmasının nedeni tarama anında hastaya bağlı faktörlerden dolayı dijital görüntünün etkilenmesi olabilir. Literatürde de ağız içi tarama esnasında hastanın hareket etmesi, hasta uyumsuzluğu, yetersiz ağız açıklığı, var olan tükürük akışı gibi faktörlere bağlı olarak dijital görüntülerin etkilenebildiği bildirilmektedir (94).

Camardella ve ark. (5) ağız içi tarayıcı kullanarak yaptıkları çalışmada dijital ve konvansiyonel yöntemler arasında alt çenede kaninler arası mesafe ve 1.molarlar arası mesafe ölçümlerinde, üst çenede ise kaninler arası mesafe ölçümünde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Dijital ölçümler, alt çenede kaninler arası mesafe için ortalama 0,3 mm, 1.molarlar arası mesafe için ise ortalama 0,4 mm; üst çene de ise kaninler arası mesafe için ortalama 0,4 mm daha yüksek bulunmuş ancak bu değerler klinik olarak göz ardı edilmiştir. Bu farklılığın dijital ortamda dişlerin tüberkül tepelerinin belirlenmesinde meydana gelen hatadan dolayı oluşabileceğini bildirmişlerdir.

Grünheid ve ark. (38) ağız içi tarama yöntemini değerlendirdikleri çalışmalarında ark içi transversal ölçümlerde bizim çalışmamızda olduğu gibi 1. ve 2.premolarlar arası mesafeyi de ölçmüşlerdir. Alt çenedeki ark içi transversal ölçümlerde dijital yöntemle konvansiyonel yöntem arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmazken, üst çenedeki ark içi transversal ölçümlerde 1.molarlar arası mesafe ölçümünde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulmuşlardır ve ortalama 0,32 mm'dir. Bu farklılığın klinik olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir ve 0,5 mm'ye kadar olan farklılıkların klinik olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Quimby ve ark. (12) model tarama yöntemini değerlendirdikleri çalışmalarında alt ve üst çenedeki transversal ark içi ölçümlerde dijital ve konvansiyonel yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır ($p<0,0001$). Dijital ölçümlerde konvansiyonel ölçümlere göre alt çenede 1.molarlar arası mesafe ölçümünde ortalama 0,5 mm, üst çenede kaninler arası mesafe ölçümünde ortalama 0,22 mm, 1.molarlar arası mesafe ölçümünde ise ortalama 0,5 mm fazla değerler bulduklarını ancak bunların klinik olarak önemsiz sayılabileceğini bildirmişlerdir.

Cuperus ve ark. (37) yaptıkları çalışmada interkanin ve intermolar genişlik ölçümlerinde ağız içi tarayıcı ile elde edilen dijital modeller ile konvansiyonel ölçümler arasında alt ve üst çenedeki ölçümlerde 0,1 mm' den az fark bulmuşlardır. Yine aynı çalışmalarında ark genişliği ölçümlerinde 1 mm'ye kadar olan sapmaların klinik olarak göz ardı edilebileceğini belirtmişlerdir.

Model tarama yönteminin değerlendirildiği diğer çalışmalarda ark içi transversal ölçümlerde konvansiyonel ve dijital ölçümler arasında 0,04-0,62 mm fark bulunduğu bildirilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş olsa da bu aralıktaki farklılıklar klinik olarak önemsiz sayılmıştır (105, 106). Luu ve ark. (107) 17 makaleyi değerlendirerek yaptıkları derlemede alt ve üst çenede kaninler arası ve 1.molarlar arası ark içi transversal ölçümlerde model tarama yöntemi ile alçı modeller üzerindeki ölçümlerden daha yüksek değerler elde edildiğini ancak farkın 1 mm'yi geçmediğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin ise klinik olarak önemsiz olduğunu kabul etmişlerdir.

Literatürde dijital modeller konusunda yapılan çalışmaların çoğunda ölçümler arasında bulunan farklar istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen klinik olarak önemsiz olarak değerlendirilmiştir (3, 29-31, 101-103). Çalışmaların bazıları bulunan fark 0,5 mm'ye kadar olduğunda (5, 12, 38), bazıları ise 1 mm'ye kadar olduğunda (37, 107) klinik olarak göz ardı

edilebileceğini bildirmektedir. Bizim çalışmamızda yapılan doğrusal ölçümler açısından farklı dijital model yöntemlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklılıklar incelendiğinde, bu fark değerlerinin üst çene için 0,011 mm ile 0,427 mm arasında, alt çene için 0,024 mm ile 0,188 mm arasında olduğu görüldü. Sonuçta 0,5 mm'nin altında kalan bu farklar, her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bulunsa da, klinik olarak göz ardı edilebilecek düzeydedir.

Abizadeh ve ark. (39) farklı çapraşıklık gruplarında yaptıkları çalışmalarında üst çenedeki kaninler arası ve 1. molarlar arası mesafe ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulduklarını, alt çene de ise anlamlı farklılık bulamadıklarını bildirmişlerdir. Model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntemin değerlendirildiği bu çalışmada üst çene kaninler arası mesafe için -0,59 ile 0,86 mm, 1.molarlar arası mesafe için ise -1,05 ile 1,34 mm arasında farklılık bulunmuştur. Bu değerlerin klinik olarak önemsiz olduğunu ve çapraşıklık miktarına bağlı bir farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda farklı çapraşıklık miktarlarına göre istatistiksel anlamlı fark gösteren parametreler sadece alt 2.premolarlar (Alt 5-5) ve 1.molarlar (Alt 6-6) arası mesafelerdir. Her iki parametrede de model tarama yönteminde orta ve şiddetli çapraşıklık grupları arasında anlamlı fark gözlenmiştir. Anlamlı bulunan bu farklar Alt 5-5 ölçümü için orta çapraşıklık grubunda -0,059 mm, şiddetli çapraşıklık grubunda 0,182 mm iken; Alt 6-6 ölçümü için orta çapraşıklık grubunda 0,066 mm, şiddetli çapraşıklık grubunda 0,206 mm'dir. Ölçülen bu farklar 0,5 mm'yi bile bulmadığı için klinik olarak önemsiz sayılabilecek düzeydedir.

Dijital teknolojide, ağız içi tarama cihazları ile elde edilen dijital modeller üzerinde hastaya özgü aparey tasarımı ve bunların uygun CAD/CAM, printer cihazları aracılığı ile üretilmesi bu alandaki son gelişmelerdendir (108). Graf ve ark. (108) çalışmalarında 3 hastada ağız içi tarama yöntemi ile elde edilen dijital modeller üzerinde hyrax tipi hızlı genişletme apareyi tasarlayıp, CAD/CAM aracılığı ile üretmişlerdir. Apareyi tasarlarlarken siman boşluğu olarak 0,05 mm boşluk bıraktıklarını bildirmişler ve bundan daha büyük boşlukların simantasyon problemine yol açacağını veya apareyin ağıza uyumu açısından başarısızlık sebebi olacağını bildirmişlerdir (108).

Klinik olarak önemsiz kabul ettiğimiz doğrusal ölçümlerdeki farklılıklar, aparey tasarımı ve üretimi gibi daha hassas uygulamalar açısından ele alındığında klinik açıdan da önemli kabul edilecek düzeydedirler.

Cuperus ve ark. (37) ağız içi tarama yöntemini değerlendirdikleri çalışmalarında alt ve üst çene de yer darlığı ölçümünde dijital ve konvansiyonel yöntem arasında anlamlı farklılık bulamamışlardır. Bizim çalışmamızda alt ve üst çene yer darlıkları açısından hem üç farklı çapraşıklık grubu arasında hem de iki farklı dijital model yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Literatür incelendiğinde, model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntem arasında, alt ve üst çene yer darlığı ölçümlerinde bizim bulgularımızla uyumlu şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamayan çalışmalar çoğunluktadır (14, 34, 39, 104, 105).

Quimby ve ark. (12) ve Leifert ve ark. (36) ise model tarama yöntemi ile konvansiyonel yöntemi karşılaştırdıkları çalışmalarında yer darlığı ölçümlerinde iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Quimby ve ark. (3) üst çene için 0,69 mm, alt çene için ise 0,61 mm fark bulurken, Leifert ve ark. (26) ise sadece üst çene için $-0,42 \pm 0,16$ mm fark bulmuştur. Her iki araştırmada da bu değerlerin, istatistiksel olarak anlamlı bulunsa da, klinik olarak göz ardı edilebileceği bildirilmiştir.

Model tarama yöntemi ile alçı modeller üzerinde konvansiyonel yöntemin karşılaştırıldığı bir çok çalışmada anterior ve toplam Bolton oranları da değerlendirilmiş ve her iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç bulunmadığı, dijital ölçümlerin klinik açıdan güvenilir oldukları bildirilmiştir (10, 14, 39, 79). Bizim çalışmamızda da anterior ve toplam Bolton oranları değerlendirildiğinde hem üç farklı çapraşıklık grubu arasında hem de iki farklı dijital model yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Naidu ve ark. (11) ağız içi tarama yöntemiyle konvansiyonel yöntemi karşılaştırdıkları çalışmalarında anterior ($p < 0,0001$) ve toplam Bolton ($p = 0,0354$) oranları ölçümünde iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulmuşlardır. Konvansiyonel yöntem göre ağız içi tarama yönteminde toplam Bolton oranı %0,911, anterior Bolton oranı ise %0,217 oranında yüksek hesaplanmıştır. Ancak bu oransal farklılığın klinik olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Wiranto ve ark. (7) ağız içi tarama yöntemi ve KIBT taraması ile elde ettikleri dijital modeller üzerinde ölçtükleri anterior ve toplam Bolton oranları ile alçı modeller üzerinde yaptıkları ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Anterior Bolton oranı için ağız içi tarama yöntemiyle konvansiyonel yöntem arasında $0,44 \pm 0,44$ mm (%-0,86) fark bulmuşlardır. Aynı şekilde toplam Bolton oranı için ağız içi tarama yöntemiyle

konvansiyonel yöntem arasında $0,75\pm 0,74$ mm (%-1,08) farktan söz etmişlerdir. Sonuç olarak elde edilen istatistiksel farkların klinik olarak önemsiz olduğunu ve göz ardı edilebileceğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda her bir çapraşıklık grubu kendi içinde ölçüm süresi yönünden değerlendirildiğinde iki dijital yöntemin konvansiyonel yöntem ile aralarındaki zaman farkı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi ($p<0.001$). Bu farka göre ağız içi tarama yönteminin işlem süresi, model tarama yönteminin işlem süresine göre daha uzun bulundu. Model tarama yönteminde en büyük fark orta çapraşıklık grubunda gözlemlenmiş olup, ölçüm süresi konvansiyonel yöntemle göre $0,361\pm 1,245$ dk daha düşük ölçülmüştür. Ağız içi tarama yönteminde ise ölçüm süresi üç çapraşıklık grubunda da konvansiyonel yöntemle ölçüm süresine göre daha uzun olarak kaydedilmiş olup en büyük fark şiddetli çapraşıklık grubunda $0,829\pm 1,240$ dk olarak ölçülmüştür.

Tomasetti ve ark. (79) çalışmalarında ölçüm sürelerini de değerlendirmişler ve model tarama yönteminde ölçüm süresinin konvansiyonel yöntemle göre ortalama 2,7 dk daha kısa sürede tamamlandığını bildirmişlerdir. Horton ve ark. (35) aynı şekilde model tarama yönteminde ölçüm süresinin konvansiyonel yöntemle göre ortalama 2 dk daha kısa sürede tamamlandığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer farklılıklarla orta ve şiddetli çapraşıklık grubunda model tarama yönteminde ölçüm süreleri daha kısa sürede tamamlanmıştır.

Literatürde ağız içi tarama yönteminin değerlendirildiği çalışmalarda ölçüm süresinin kaydedildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda ağız içi tarama yönteminde ölçüm süresinin konvansiyonel yöntemle göre daha uzun sürede tamamlanması ilgili bilgisayar programının işleyiş hızı ve işlem basamakları ile ilgili olabilir.

Grünheid ve ark. (38) klinik ortamda ölçü alma aşamasının, ağız içi tarama için geçen süreye kıyasla oldukça kısa sürede tamamlandığını ve ölçü alımının hastaların büyük çoğunluğu tarafından daha kolay ve hızlı olarak tanımlandığını belirtmişlerdir. Ağız içi tarama yönteminde ise hastaların koltukta geçirdikleri süre fazladır (38).

Ağız içi tarayıcılar ile alt-üst çenenin tarama süresi cihaza, firmaya göre değişiklikler göstermektedir. Wiranto ve ark. (7) çalışmalarında ortalama 23 dk, Garino ve ark. (97) ortalama 11 dk 58 sn, Vasudavan ve ark. (98) ortalama 26 dk, Grünheid ve ark. (38) ortalama 20dk 27 sn tarama süreleri bildirmişlerdir.

Klinik deneyimlerimize dayanarak hastadan ölçü alımı ve alçı model eldesine kadar geçen süre ve buna ek olarak alçı modelin model tarama cihazında taranarak dijital model elde etmek için geçen toplam sürenin, ağız içi tarama yöntemi ile dijital model elde etmeye göre oldukça uzun olduğunu söyleyebiliriz. Bu çalışmada sürenin sadece alçı modeller ve elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümler için harcanan süreyi içermesi, bu modellerin elde edilmesine kadar olan kısmı kapsamaması çalışmanın bir eksikliği olarak değerlendirilebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hafif, orta, şiddetli çapraşıklık gruplarında model tarama ve ağız içi tarama kullanılarak iki farklı yöntemle elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliklerinin alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek değerlendirildiği çalışmamızda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Farklı üç çapraşıklık grubunda tekrarlanan ölçümler sonucunda her iki dijital yöntemin tutarlı ve tekrarlanabilir ($SKK > 0.70$) olduğu gözlemlendi.
2. Doğrusal ölçümler açısından farklı dijital model yöntemlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklılıklar incelendiğinde, bu fark değerlerinin üst çene için 0,011 mm ile 0,427 mm arasında, alt çene için 0,024 mm ile 0,188 mm arasında olduğu görüldü. Sonuçta 0,5 mm'nin altında kalan bu farklar, her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bulunsa da, bizim açımızdan klinik olarak göz ardı edilebilecek düzeydedir.
3. Alt ve üst çenedeki çapraşıklık miktarı, anterior ve toplam Bolton oranı açısından değerlendirildiğinde farklı çapraşıklık grupları arasında ve dijital yöntemler arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmadı.
4. Ölçüm süreleri açısından değerlendirildiğinde ise, model tarama ve ağız içi tarama yöntemi arasında istatistiksel anlamlı fark gözlenmiş olup, ağız içi tarama yöntemi ile işlem süresi daha uzun ölçülmüştür.

Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak ve dijital modellerin beraberinde getirdikleri avantajları da dikkate alınarak, çalışmamızda kullanılan her iki dijital model elde etme yöntemi ve yazılımlarıyla yapılan ölçümler, alçı modeller üzerinde konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümlere alternatif olabilirler ve rutin ortodonti pratiğinde kullanılmak yönünde umut vaad edicidirler.

ÖZET

AĞIZ İÇİ TARAMA VE MODEL TARAMA YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN DİJİTAL MODELLERİN GÜVENİLİRLİĞİ VE TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tez çalışmasında amaç, hafif, orta, şiddetli olmak üzere farklı çapraşıklık gruplarında ağız içi tarayıcı kullanılarak ve alçı modellerin model tarama cihazı ile taranması sonucu elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliklerinin alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek değerlendirilmesidir.

Bu amaçla kliniğimizde tedavi görmekte olan 183 hastaya ait alçı ve iki farklı yöntemle elde edilen dijital modeller oluşturulmuştur. Hastalar her grupta 61 hasta olacak şekilde, alt ve üst çene yer darlığı miktarlarına göre; az çapraşıklık grubu (0-4 mm), orta çapraşıklık grubu (5-9 mm), şiddetli çapraşıklık grubu (10 mm ve üzeri) şeklinde 3 gruba ayrılmışlardır. Elde edilen dijital ve alçı modeller üzerinde kanin, 1. ve 2.premolar, 1.molar dişler arası inter ark mesafeler, alt-üst çene yer darlığı miktarı, anterior ve toplam Bolton oranı ölçülmüş ve ölçüm süreleri kaydedilmiştir. Her gruptan rastgele seçilen 30 hastanın ölçümleri 2 hafta aralıkla tekrarlanmıştır. Alçı modeller üzerinde konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümler altın standart kabul edilerek iki farklı yöntemle elde edilen dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirlik ve tekrarlanabilirlikleri değerlendirilmiştir.

Her üç çapraşıklık grubunda da tekrarlanan ölçümler sonucunda yöntemlerin tutarlı ve tekrarlanabilir oldukları gözlenmiştir. Doğrusal ölçümler açısından sonuçlar değerlendirildiğinde her iki dijital yöntem arasında istatistiksel anlamlı farklar bulunmuştur. Ağız içi tarama yöntemine kıyasla, model tarama yöntemi ile yapılan ölçümlerde konvansiyonel yöntemle daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ağız içi tarama yöntemi ile yapılan ölçüm değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu farklılıklar klinik olarak göz ardı edilebilecek düzeydedir. Alt ve üst çenedeki çapraşıklık miktarı, anterior ve toplam Bolton oranı açısından değerlendirildiğinde farklı çapraşıklık grupları arasında ve her iki dijital yöntem arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Ölçüm süreleri açısından değerlendirildiğinde ise, model tarama ve ağız içi tarama yöntemi arasında istatistiksel anlamlı fark gözlenmiş olup, ağız içi tarama yöntemi ile işlem süresi daha uzun ölçülmüştür.

Dijital yöntemler ile yapılan ölçümlerin güvenilir ve tekrarlanabilir olması gelecekte dijital modellerin alçı modellere alternatif olabilecekleri yönünde umut vaad edicidir. Dijital

modeller ayrıca, aşınma, kırılma risklerinin olmaması, kolaylıkla saklanabilmeleri ve yedeklenebilmeleri, kayıtların hekimler arasında konsültasyon amaçlı kolaylıkla aktarılabilmesi gibi pek çok avantajı da beraberinde getirmektedirler.

Anahtar Sözcükler: Alçı model, dijital model, model tarayıcı, ağız içi tarayıcı, güvenilirlik, tekrarlanabilirlik.



SUMMARY

EVALUATION OF THE RELIABILITY AND REPRODUCIBILITY OF THE DIGITAL MODELS OBTAINED FROM INTRAORAL SCANNING AND MODEL SCANNING METHODS

The aim of this study is to evaluate the reliability and reproducibility of the measurements made on the digital models obtained from scanning the plaster models with the model scanner and using the intraoral scanner in different crowding groups such as mild, moderate and severe, by taking the measurements made on the plaster models as the gold standard.

For this purpose, plaster and digital models obtained from two digital methods were created of 183 patients treated in our clinic. Patients were selected to have 3 groups of 61 patients in each group, with a mild (0-4 mm), moderate (5-9 mm), and a severe (10 mm and over) degree of crowded according to the amount of lower and upper arch length discrepancy. On the digital models and plaster models, the arch length discrepancy, anterior and overall Bolton ratio, the inter arch transversal distances between the canine teeth, 1st and 2nd premolar teeth, 1st molar teeth were measured and the measurement times were recorded. The measurements of 30 randomly selected patients from each group were repeated at 2 week intervals. The reliability and reproducibility of the measurements made with both digital methods were evaluated by taking the measurements made on the plaster models as the gold standard and the methods were compared in terms of duration.

As a result of repeated measurements, it has been observed that in all three groups, the methods were consistent and reproducible. When the results were evaluated in terms of linear measurements, statistically significant differences were observed between the two digital methods. Compared with the intraoral scanning method, the results obtained with the conventional method are more similar to obtained with the model scanning method. Measurements made by intraoral scanning method were found higher. However, this differences are at a level that can be ignored clinically. There was no significant difference in the arch length discrepancy, in anterior and overall Bolton ratio, at different crowding groups when compared with conventional measurements. When evaluated in terms of measurement durations, there was a statistically significant difference between the model scanning and the

intraoral scanning method, and the duration of the procedure was measured longer by the intraoral scanning method.

Reliable and reproducible measurements made with digital methods are promising in the future that digital models can be an alternative to plaster models. Also, digital models offer many advantages, such as the absence of risk of wear and breaking, the ability to store and back up easily, and the easy transfer of records between physicians for consultation.

Key Words: Plaster model, digital model, model scanner, intraoral scanner, reliability, repeatability.



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;100(3):212-9.
2. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: an introduction. *Seminars in Orthodontics*. 2004;10:226-38.
3. Fleming P, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2011;14(1):1-16.
4. Martin CB, Chalmers EV, McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: what's available? *Journal of Orthodontics*. 2015;42(2):136-43.
5. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2017;78:211-20.
6. Kau CH, Littlefield J, Rainy N, Nguyen JT, Creed B. Evaluation of CBCT digital models and traditional models using the Little's Index. *Angle Orthodontist*. 2010;80(3):435-9.
7. Wiranto M, Engelbrecht W, Tutein NH, van der Meer W, 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;143(1):140-7.
8. Redmond WR, Redmond WJ, Redmond MJ. Clinical implications of digital orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000;117(2):240-1.
9. Akyalcin S. Are digital models replacing plaster casts. *Dentistry*. 2011;1(2):e102.
10. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007;132(3):346-52.
11. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(2):304-10.

12. Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *The Angle Orthodontist*. 2004;74(3):298-303.
13. 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;124(1):101-5.
14. 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. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006;129(6):794-803.
15. Zilberman O, Huggare J, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *The Angle Orthodontist*. 2003;73(3):301-6.
16. Ayoub A, Wray D, Moos K, Jin J, Niblett T, Urquhart C, et al. A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: a preliminary report. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*. 1996;12(1):79-84.
17. Matsui RH, Ortolani CLF, Castilho JCdM, Costa C. Análise de modelos ortodônticos pelo método digitalizado. *Journal of the Health Sciences Institute*. 2007;25(3):285-90.
18. Yen C-H. Computer-aided space analysis. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1991;25(4):236.
19. Glenner RA. Dental impressions. *Journal of the History of Dentistry*. 1997;45(3):127-30.
20. Hou H-M, Wong RW-K, Hagg E. The uses of orthodontic study models in diagnosis and treatment planning. *Hong Kong Dental Journal*. 2006;3(2):107-15.
21. Black GV. *Descriptive anatomy of the human teeth*: SS White Manufacturing Company; 1902.
22. Neff CW. Tailored occlusion with the anterior coefficient. *American Journal of Orthodontics*. 1949;35(4):309-13.
23. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *The Angle Orthodontist*. 1958;28(3):113-30.
24. Bolton WA. The clinical application of a tooth-size analysis. *American Journal of Orthodontics*. 1962;48(7):504-29.

25. Sheridan JJ. The Readers' Corner-Topics are tooth-size discrepancies and extractions. *Journal of Clinical Orthodontics*. 2000;34(10):593-7.
26. Brook A, Pitts N, Yau F, Sandar P. An image analysis system for the determination of tooth dimensions from study casts: comparison with manual measurements of mesio-distal diameter. *Journal of Dental Research*. 1986;65(3):428-31.
27. Champagne M. Reliability of measurements from photocopies of study models. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1992;26(10):648.
28. Mok KH, Cooke MS. Space analysis: a comparison between sonic digitization (DigiGraph™ Workstation) and the digital caliper. *The European Journal of Orthodontics*. 1998;20(6):653-61.
29. Musich DR, Ackerman JL. The catenometer: a reliable device for estimating dental arch perimeter. *American Journal of Orthodontics*. 1973;63(4):366-75.
30. Rudge S, Jones P, Hepenstal S, Bowden D. The reliability of study model measurement in the evaluation of crowding. *The European Journal of Orthodontics*. 1983;5(3):225-31.
31. Stuart Hunter W, Priest WR. Errors and discrepancies in measurement of tooth size. *Journal of dental research*. 1960;39(2):405-14.
32. McGuinness NJ, Stephens CD. Storage of orthodontic study models in hospital units in the UK. *British Journal of Orthodontics*. 1992;19(3):227-32.
33. Russell M. Destroying Patient Records. 2002.
34. Goonewardene RW, Goonewardene MS, Razza JM, Murray K. Accuracy and validity of space analysis and irregularity index measurements using digital models. *Australian Orthodontic Journal*. 2008;24(2):83.
35. Horton HM, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(2):254-61.
36. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;136(1):16.e1-e4.
37. Cuperus AM, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JG, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012;142(3):308-13.

38. 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;146(5):673-82.
39. Abizadeh N, Moles DR, O'Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they? *Journal of Orthodontics*. 2012;39(3):151-9.
40. Czarnota J, Hey J, Fuhrmann R. Measurements using orthodontic analysis software on digital models obtained by 3D scans of plaster casts. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2016;77(1):22-30.
41. 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;38(4):422-78.
42. Reuschl RP, Heuer W, Stiesch M, Wenzel D, Dittmer MP. Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *The European Journal of Orthodontics*. 2016;38(1):22-6.
43. Hajeer M, Millett D, Ayoub A, Siebert J. Current Products and Practices: Applications of 3D imaging in orthodontics: Part II. *Journal of Orthodontics*. 2004;31(2):154-62.
44. Macchi A, Carrafiello G, Cacciafesta V, Norcini A. Three-dimensional digital modeling and setup. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006;129(5):605-10.
45. Cho M-Y, Choi J-H, Lee S-P, Baek S-H. Three-dimensional analysis of the tooth movement and arch dimension changes in Class I malocclusions treated with first premolar extractions: a guideline for virtual treatment planning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;138(6):747-57.
46. Park T-J, Lee S-H, Lee K-S. A method for mandibular dental arch superimposition using 3D cone beam CT and orthodontic 3D digital model. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2012;42(4):169-81.
47. Thiruvengkatachari B, Al-Abdallah M, Akram NC, Sandler J, O'brien K. Measuring 3-dimensional tooth movement with a 3-dimensional surface laser scanner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;135(4):480-5.
48. Kihara T, Tanimoto K, Michida M, Yoshimi Y, Nagasaki T, Murayama T, et al. Construction of orthodontic setup models on a computer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012;141(6):806-13.

49. Hurt AJ. Digital technology in the orthodontic laboratory. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012;141(2):245-7.
50. Gracco A, Tracey S. The insignia system of customized orthodontics. *Journal of Clinical Orthodontics*. 2011;45(8):442.
51. Scholz RP, Sarver DM. Interview with an Insignia doctor: David M. Sarver. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;136(6):853-6.
52. Rosati R, De Menezes M, Rossetti A, Sforza C, Ferrario VF. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;138(1):84-8.
53. Rangel FA, Maal TJ, Bergé SJ, van Vlijmen OJ, Plooij JM, Schutyser F, et al. Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;134(6):820-6.
54. Noh H, Nabha W, Cho J-H, Hwang H-S. Registration accuracy in the integration of laser-scanned dental images into maxillofacial cone-beam computed tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011;140(4):585-91.
55. Sinthanayothin C, Phichitchaiphan N, Wongwaen N, Bholsithi W, editors. System for archiving, communication and analyzing of 3D dental cast model. *Electronics and Information Engineering (ICEIE), 2010 International Conference On*; 2010: IEEE.
56. Schwaninger B, Schmidt RL, Hurst RV. Holography in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 1977;95(4):814-7.
57. Kanazawa E, Sekikawa M, Ozaki T. Three-dimensional measurements of the occlusal surfaces of upper molars in a Dutch population. *Journal of Dental Research*. 1984;63(11):1298-301.
58. Takasaki H. Moiré topography. *Applied Optics*. 1970;9(6):1467-72.
59. Halazonetis DJ. Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2001;119(5):556-60.
60. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997;112(6):676-80.
61. Paredes V, Gandia J, Cibrian R. Determination of Bolton tooth-size ratios by digitization, and comparison with the traditional method. *The European Journal of Orthodontics*. 2006;28(2):120-5.

62. Gabor D. A new microscopic principle. *Nature*. 1948;161(4098):777-8.
63. Leith EN, Upatnieks J. Photography by laser. *Scientific American*. 1965;212(6):24-35.
64. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1977;38(2):216-25.
65. Wedendal PR, Bjelkhagen H. Dental holographic interferometry in vivo utilizing a ruby laser system: I. Introduction and development of methods for precision measurements on the functional dynamics of human teeth and prosthodontic appliances. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1974;32(2):131-45.
66. Rydén H, Bjelkhagen H, Mårtensson B. Tooth position measurements on dental casts using holographic images. *American Journal of Orthodontics*. 1982;81(4):310-3.
67. Bell A, Ayoub A, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *Journal of Orthodontics*. 2003;30(3):219-23.
68. Harradine N, Ortho M, Suominen R, Stephens C, Hathorn I, Ortho D, et al. Holograms as substitutes for orthodontic study casts: a pilot clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1990;98(2):110-6.
69. Ayoub A, Siebert P, Moos K, Wray D, Urquhart C, Niblett T. A vision-based three-dimensional capture system for maxillofacial assessment and surgical planning. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1998;36(5):353-7.
70. Adaškevičius R, Vasiliauskas A. 3D Multicamera Dental Cast Scanning System. *Electronics & Electrical Engineering*. 2008;2(82).
71. Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata K. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1996;110(4):365-9.
72. Alcañiz M, Montserrat C, Grau V, Chinesta F, Ramón A, Albalat S. An advanced system for the simulation and planning of orthodontic treatment. *Medical Image Analysis*. 1998;2(1):61-77.
73. Motohashi N, Kuroda T. A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *The European Journal of Orthodontics*. 1999;21(3):263-74.

74. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002;122(4):342-8.
75. Westerlund A, Tancredi W, Ransjö M, Bresin A, Psonis S, Torgersson O. Digital casts in orthodontics: a comparison of 4 software systems. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015;147(4):509-16.
76. Ateş AC. Sayısal ortodontik model analizinde kullanılan farklı yazılımların tekrarlanabilirlik, güvenilirlik ve hassasiyet açılarından karşılaştırılması [Doktora tezi]: Türkiye Cumhuriyeti Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2011.
77. Freshwater M. 3D digital dental models using laser technology. *Journal of Clinical Orthodontics*. 2003;37(2):101-3.
78. Joffe L. Current products and practices OrthoCAD™: digital models for a digital era. *Journal of Orthodontics*. 2004;31(4):344-7.
79. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer Jr JR. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *The Angle Orthodontist*. 2001;71(5):351-7.
80. Erdinç AME, Doğan S, Dinçer B. Digital modellerde güvenilirlik. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2008;29:99-103.
81. Cesur M, Omurlu I, Ozer T. Evaluation of digital model accuracy and time dependent deformation of alginate impressions. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2017;20(9):1175-81.
82. 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. *European Journal of Orthodontics*. 2013;35(1):1-6.
83. Larson B. Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Northwest Dentistry*. 2013;93(3):17-20.
84. Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;133(5):640. e1-. e5.
85. Kim J, Heo G, Lagravère MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*. 2013;84(3):443-50.

86. Lighthouse 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;141(6):686-93.
87. 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):13-9.
88. Patcas R, Müller L, Ullrich O, Peltomäki T. Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012;141(1):41-50.
89. Hernández-Soler V, Enciso R, Cisneros GJ. The virtual patient specific-model and the virtual dental model. *Seminars in Orthodontics*. 2011;17(1):46-8.
90. Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(4):662-9.
91. 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. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;137(4):456. e1-. e9.
92. Commer P, Bourauel C, Maier K, Jager A. Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions. *Medical Engineering & Physics*. 2000;22(9):625-35.
93. Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. 2008;5(1):1-18.
94. Flugge TV, 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;144(3):471-8.
95. Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(6):916-22.

96. Wiranto MG, Tutein Nolthenius HE, Van der Meer WJ, Engelbrecht WP, Ren Y. Validity and reliability of digital diagnostic measurements on digital three-dimensional dental models. *Nederlands Tijdschr Tandheelkd.* 2012;119(2):78-83.
97. Garino F, Garino GB, Castroflorio T. The iTero intraoral scanner in Invisalign treatment: a two-year report. *Journal of Clinical Orthodontics.* 2014;48(2):98-106.
98. Vasudavan S, Sullivan S, Sonis A. Comparison of intraoral 3D scanning and conventional impressions for fabrication of orthodontic retainers. *Journal of Clinical Orthodontics.* 2010;44(8):495.
99. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM, Ackerman JL. *Contemporary Orthodontics.* 5th ed: Elsevier Health Sciences; 2013. 224 p.
100. Stewart M. Dental models in 3D. *Orthod Prod.* 2001;2:21-4.
101. Lemos L, Rebello I, Vogel C, Barbosa M. Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3Shape R700 scanner. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2015;44:20140337.
102. Mandikos MN. Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. *Australian Dental Journal.* 1998;43(6):428-34.
103. Alcan T, Ceylanoğlu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. *The Angle Orthodontist.* 2009;79(1):30-6.
104. Correia GDC, Habib FAL, Vogel CJ. Tooth-size discrepancy: A comparison between manual and digital methods. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2014;19(4):107-13.
105. Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hägg U, Wong RW, Bendeus M, et al. Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *The European Journal of Orthodontics.* 2010;32(5):589-95.
106. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *Journal of Orthodontics.* 2008;35(3):191-201.
107. Luu NS, Nikolcheva LG, Retrouvey J-M, Flores-Mir C, El-Bialy T, Carey JP, et al. Linear measurements using virtual study models: a systematic review. *The Angle Orthodontist.* 2012;82(6):1098-106.
108. Graf S, Cornelis MA, Gameiro GH, Cattaneo PM. Computer-aided design and manufacture of hyrax devices: Can we really go digital? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2017;152(6):870-4.

EKLER

Ek 1: Etik kurul onay formu



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi Dekanlığı
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 53043469-050.04.04
Konu : Kararlar

Sayın Doç.Dr. Alev YILMAZ
Öğretim Üyesi

Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 08.09.2016 tarihinde yapılan olağan toplantısında çalışmanızla ilgili alınan 7 nolu karar aşağıda sunulmuştur.
Bilgilerinize sunarım.

e-imzalıdır
Prof.Dr. Nefati KIYLIOĞLU
Kurul Başkanı

KARAR 7

Protokol No : 2016/978
Sorumlu Yürütücü : Doç.Dr. Alev YILMAZ
Diş Hek. Fak. Ortodonti AD

Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç.Dr. Alev YILMAZ'ın "Ağız içi tarama ve model tarama yöntemleri ile elde edilen dijital modellerin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesi" konulu yukarıda bilgileri verilen klinik araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına oy birliğiyle karar verilmiştir.

Yine sorumlu araştırmacıya; Form 2'nin 14.1.'in son bölümünde taahhüt edilen **çalışma bittikten sonra nihai raporun**, [Sonuç Raporu (web'te), BGOF (Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu-gönüllüler tarafından bizzat kendilerinin kendi adı-soyadını yazması ve imzalamasının sağlanması ile adreslerinin eksiksiz olarak formlara yazılmasına dikkat edilmelidir.) ve ORF (Olgu Rapor Formu/Anket)] lerin **gönderilmesi gerektiğinin hatırlatılmasına** ve sorumlu yürütücülerinin bu hususa özen göstermesi gerektiğinin bir kez daha vurgulanmasına oy birliğiyle karar verilmiştir.

Ek 2: Etik kurul sonuç raporu



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi Dekanlığı
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 53043469-050.04.04
Konu : Kararlar

Sayın Doç.Dr. Alev YILMAZ
Öğretim Üyesi

Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 12.10.2017 tarihinde yapılan olağan toplantısında çalışmanızla ilgili alınan 13 nolu karar aşağıda sunulmuştur.
Bilgilerinize sunarım.

e-İmzalıdır
Prof.Dr. Mustafa Selim ÖZKÖK
Kurul Başkanı

KARAR 13

Protokol No : 2016/978
Sorumlu Yürütücü : Doç.Dr. Alev YILMAZ
Diş Hek. Fak. Ortodonti AD

Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nca 08.09.2016 tarihinde onay verilen; Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç.Dr. Alev YILMAZ'ın "**Ağız içi tarama ve model tarama yöntemleri ile elde edilen dijital modellerin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesi**" konulu araştırmasının sonuç raporu hakkındaki 10.10.2017 tarihli dilekçesi görüşüldü.

Dilekçesinde çalışmanın tamamlandığı ve sonuç raporunun ekli olduğu görülmüştür. Sonuçta çalışmanın etik kurallar içinde yürütüldüğü ve tamamlandığı, istenen belgelerin tam olduğu anlaşıldı.

Çalışmanın **Etik Kurul Uygunluk Onayını** almasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Evrakı Doğrulamak İçin: <https://ebys.adu.edu.tr/enVision/Dogrula/NN3CJL0>

Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Kampüs Tıp Fakültesi Merkez Kampüs Kepez
Mevki 09010 Efeler/Aydın
Telefon No: 0256 225 31 66 / 4506 Faks No: 0256 212 31 69
E-Posta: goetik@adu.edu.tr İnternet Adresi:

Bilgi İçin: Necla Yıldız

Unvan: Memur