



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAYISAL ORTODONTİK MODEL ANALİZİNDE KULLANILAN
FARKLI YAZILIMLARIN TEKRARLANABİLİRLİK,
GÜVENİLİRLİK VE HASSASİYET AÇILARINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

AYDAN COŞKUN ATEŞ
DOKTORA TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Toros ALCAN

İSTANBUL-2011

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Programın seviyesi : Yüksek Lisans () Doktora (X)

Anabilim Dalı : Ortodonti

Tez Sahibi : Aydan COŞKUN ATEŞ

Tez Başlığı : Sayısal Ortodontik Model Analizinde Kullanılan Farklı Yazılımların
Tekrarlanabilirlik, Güvenilirlik ve Hassasiyet Açılarında Karşılaştırılması

Sınav Yeri : Marmara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı

Sınav Tarihi : 16.09.2011

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Toros ALCAN

Kurumu

Marmara Üniversitesi

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Sibel BİREN

Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Ahu ACAR

Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Banu ÇAKIRER

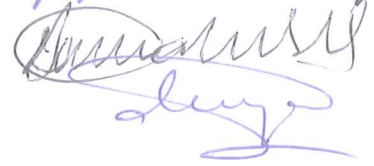
Marmara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Derya GERMEÇ

Yeditepe Üniversitesi

ÇAKAN

İmza



Yukarıdaki jüri kararı Enstitü yönetim Kurulu'nun 22./09./2011 tarih ve 21. sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Gülden Z. OMURTAG

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

10.08.2011

Aydan Coşkun Ateş



ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Ortodonti eğitimim boyunca bana büyük emeği geçen, çalışmalarım süresince her zaman güven telkin eden ve destekleyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Toros Alcan'a,

Doktora eğitimim boyunca bana kılavuzluk eden, bilgilerini paylaşan, teorik ve pratik katkılarını esirgemeyen Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı hocalarım; Prof. Dr. Nejat Erverdi'ye, Prof. Dr. Nazan Küçükkeleş'e, Prof. Dr. Sibel Biren'e, Prof. Dr. Ahu Acar'a, Prof. Dr. Banu Çakırer'e, Doç. Dr. Arzu Arı Demirkaya'ya ve Yrd. Doç. Dr. Şirin Nevzatoğlu'na,

Doktora eğitimim süresince sabır ve anlayışları için, bana her zaman, her konuda destek olan aileme ve sevgili eşim Dr. Mustafa Ateş'e,

Başta; Sevgi Kıyak Havlucu, Buket Coşkuner Gönül, Cihan Yöndem ve Melih Motro olmak üzere, doktora eğitimim süresince desteklerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma,

Bu araştırma süresince, sayısal modellerin hazırlık aşamasındaki teknik desteklerinden dolayı, Dr. Bekir Baysal'a, Yük. Mak. Müh. Noray Set'e, Şevki Irmak'a ve tüm Orthomodel ailesine,

Ve; Bilim İnsanı Destekleme Bursu ile beni destekleyen, katkılarını esirgemeyen TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu)'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

I. ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	I
II. İÇİNDEKİLER	II
III. KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ	IV
IV. ŞEKİLLER, RESİMLER ve TABLOLAR LİSTESİ	V
1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ ve AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Ortodontik Model	5
4.1.1. 2B, 3B tanı ve tedavi planlaması	8
4.1.2. Alçı modellerin sayısal ölçüm yöntemleri	9
4.1.2.1. Fotokopi	10
4.1.2.2. Holografi	11
4.1.2.3. Hare topografisi	13
4.1.2.4. Fotostereometrikler	13
4.1.3. Yüzey taraması	14
4.1.3.1. Stereo analiz yöntemi	15
4.1.3.2. Gölgeleme yöntemi	16
4.1.3.3. Fotometrik stereo yöntemi	16
4.1.3.4. Yapısal ışıklandırma yöntemi	17
4.1.4. Lazer yüzey taraması ve güvenilirliği	19
4.2. Sayısal Ortodontik Model	23
4.2.1. Sayısal modellerin güvenilirliği	33
4.2.2. Sayısal ortodontik model analizi ve arşiv	43
4.2.3. Sayısal ortodontik model ile tanı ve tedavi planı	45
5. GEREÇ ve YÖNTEM	51
5.1. Gereç	51
5.2. Yöntem	52

5.2.1. Ortodontik modellerin elde edilmesi	52
5.2.2. Modellerin değerlendirilmesi	52
5.2.3. Uygulanan ölçümler	54
5.3. İstatistiksel Değerlendirme	57
6. BULGULAR	58
7. TARTIŞMA	78
7.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Tartışılması	78
7.2. Bulguların Tartışılması	101
7.2.1. Gözlemciye ait bulguların tartışılması	101
8. SONUÇ	105
9. KAYNAKLAR	106
10. ÖZGEÇMİŞ	122

III. KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

1. %: Yüzde
2. ABO: American Board of Orthodontics
3. CAD/CAM: Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing
4. CI: Confidence Interval
5. dk: Dakika
6. HATS: Hamilton Ark Diş Sistemi
7. ICC: Intraclass Correlation Coefficient
8. MB: Megabyte
9. mm: Milimetre
10. Ort: Ortalama
11. p: Anlamlılık Değeri
12. PAR: Peer Assesment Rating
13. sn: Saniye
14. SS: Standart Sapma
15. STL: Stereolitografi
16. VRML: Virtual Reality Machine Language
17. yy: Yüzyıl

IV. ŞEKİLLER, RESİMLER ve TABLOLAR LİSTESİ

Şekil 4.1: Holografik görüntü alınması

Şekil 4.2: Stereo analiz yöntemi ile görüntü alınması

Şekil 4.3: Yapısal ışıklandırma yöntemi ile ışık noktası Şeklinde görüntü alınması

Şekil 4.4: Yapısal ışıklandırma yöntemi ile ışık kuşaağı Şeklinde görüntü alınması

Şekil 5.1: Modellerin farklı yazılımlarda oluşturulması

Resim 4.1: Sayısal modelin x, y, z düzlemlerinde hassasiyeti için alçı model kalibrasyonu

Resim 4.2: Alçı modelin görüntülenmeyen bölge kalmaması için 4 farklı açıdan alınması

Resim 4.3: Ağız boşluğunun sayısal görüntüsü

Resim 4.4: Sistem kurulumu

Resim 4.5: Fasiyal aks noktaları

Resim 4.6: Kökler ile beraber tüm dişlerin diğer görüntülerden ayrılmış, bilgisayarlı tomografi görüntüsü

Resim 4.7: Anatomik kök ile modelden elde edilen kuronun birleştirilmesi

Resim 4.8: VRML format (A), Düşük çözünürlüklü STL format (B)

Resim 4.9: Amerikan Ortodontistler Birliği'nin derecelendirme sisteminin, OrthoCad yazılımında mevcut olan yedi kriteri

Resim 5.1: Üst çenede kanin ve 1. büyük azı mesiobukkal tüberkül tepeleri

Resim 5.2: Alt çenede kanin ve 1. büyük azı mesiobukkal tüberkül tepeleri

Resim 5.3: Üst interkanin ve intermolar mesafeler

Resim 5.4: Alt interkanin ve intermolar mesafeler

Resim 5.5: Orthomodel programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması

Resim 5.6: O3DM programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması

Resim 5.7: 3Shape Orthoanalyzer programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması

Resim 7.1: Orthomodel programında ölçüm esnasında oluşan düzlemler

Resim 7.2: 3Shape Orthoanalyzer programında ölçüm esnasında oluşan kesit görüntüsü

Resim 7.3: O3DM programında ölçüm esnasında oluşan düzlemler

Resim 7.4: Orthomodel programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber fantom model üzerinde gösterilmesi

Resim 7.5: 3Shape Orthoanalyzer programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber model üzerinde gösterilmesi

Resim 7.6: 3Shape Orthoanalyzer programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber şema üzerinde gösterilmesi

Resim 7.7: Orthomodel programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü

Resim 7.8: 3Shape Orthoanalyzer programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü

Resim 7.9: O3DM programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü

Resim 7.10: Orthomodel yazılımında ark formunun belirlenmesi

Resim 7.11: 3Shape Orthoanalyzer yazılımında bulunan ark formu alternatifleri

Resim 7.12: O3DM yazılımında bulunan ark formu alternatifleri

Resim 7.13: O3DM yazılımında yer alan farklı analizler

Resim 7.14: 3Shape Orthoanalyzer yazılımında alt ve üst dişlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin ve kapanışın değerlendirilebilmesi için oluşturulabilen oklüzogram

Resim 7.15: Oklüzogram

Resim 7.16: O3DM yazılımında alt ve üst dişlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin ve kapanışın değerlendirilebilmesi için oluşturulabilen oklüzogram

Resim 7.17: O3DM yazılımında mevcut olan grid özelliği

Resim 7.18: O3DM yazılımında mevcut olan set-up özelliği

Resim 7.19: Orthomodel yazılımında açı, uzunluk veya eğri şeklinde gerçekleştirilebilen ölçümler

Resim 7.20: 3Shape Orthoanalyzer yazılımında kesit alınarak overjet ve overbite ölçümü

Tablo 6.1: Metod hatası

Tablo 6.2: Sınıf I olgularda metod hatası

Tablo 6.3: Sınıf II olgularda metod hatası

Tablo 6.4: Sınıf III olgularda metod hatası

Tablo 6.5: Orthomodel 'de metod hatası

Tablo 6.6: O3DM 'de metod hatası

Tablo 6.7: 3Shape 'de metod hatası

Tablo 6.8: Modellerin değerlendirilmesi

Tablo 6.9: Sınıf I olgularda modellerin değerlendirilmesi

Tablo 6.10: Sınıf II olgularda modellerin değerlendirilmesi

Tablo 6.11: Sınıf III olgularda modellerin değerlendirilmesi

Tablo 7.1: Yazılımların özelliklerinin karşılaştırılması

1. ÖZET

Doğru bir teşhis ve tedavi planlaması için, hastalardan elde edilen ortodontik kayıtlara ihtiyaç vardır. Ortodontik çalışma modelleri, bu kayıtların ayrılmaz bir parçasıdır. Model analizleri, yakın zamanlara kadar, standart alçı modeller üzerinde yapılmıştır. Bilgisayar desteğiyle oluşturulan sayısal modeller, sayısal fotoğraflar ve radyografilerle bir araya gelerek, rutinde kayıt amaçlı olarak kullanılan alçı modellerin yerine geçmektedir. Bu çalışmada, sayısal model analizinde kullanılan yazılımların ölçüm farklarının, etkinliklerinin ve ne kadar kullanıcı dostu olduklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmamızın gereğini, Marmara Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı'na başvuran Sınıf I (25 adet), Sınıf II (25 adet) ve Sınıf III (25 adet) maloklüzyonlara sahip bireylerin başlangıç modellerinin taranmasıyla oluşturulan sayısal modeller ve 3 adet yazılım (Orthomodel, O3DM, 3Shape Orthoanalyzer) oluşturmuştur. Olgular seçilirken, dişlerde iki (DO-MO) veya üç yüzlü (MOD) restorasyonların olmamasına; daimi dentisyonun tamamlanmış olmasına; herhangi bir dental anomali, atrizyon veya çürük bulunmamasına dikkat edilmiştir. 28 adet ölçüm, 1 araştırmacı tarafından, 3 farklı yazılım ile oluşturulmuş olan sayısal modellerde yapılarak, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tüm yazılımlarda yüksek sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) tespit edilmiştir. "Orthomodel" 0.904 ile 0.994; "O3DM" , 0.944 ile 0.988 ve "3Shape", 0.968 ile 0.992 arasında ICC değerlerine sahiptir. % 95 güven aralığı ölçümlerinde güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir. Yazılımlardan elde edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$). Çalışmamızın sonucunda, her 3 yazılımın da tekrarlanabilirlik, güvenilirlik ve hassasiyet açısından bir fark göstermedikleri saptanmıştır. Sadece kullanıcı dostluğu açısından bazı küçük farklar gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Alçı Model, Etkinlik, Kullanıcı Dostluğu, Model Analizi, Sayısal Model

2. SUMMARY

Comparison of Accuracy, Reliability, and Reproducibility of 3 Different Digital Model Softwares

For orthodontic diagnosis and treatment planning, orthodontic records are needed. Orthodontic model is an integral part of these records. For model analysis, until recently, plaster models are being used. Digital photography and radiography, as well as together with the digital models, replace with stone models which were routinely used. The aim of the study is to compare the differences between measurements in order to evaluate the effectiveness and user-friendliness of three softwares. This study involves digital models of 75 patients (25 Class II, 25 Class II, 25 Class III), who were presented with different malocclusions. They were selected from the clinical in take of the Orthodontic Department at Marmara University Faculty of Dentistry. In this study, we also used three different softwares (Orthomodel, O3DM, 3Shape Orthoanalyzer). The cases in the study were selected according to some criterias. The cases involved in this study were in permanent dentition, excluding two (DO-MO) or three (MOD) face restorations, dental abnormalities, attrision and caries. One researcher compared 28 different measurements by using 3 different softwares. Intraclass correlation coefficient values were between 0.904 and 0.994 in Orthomodel, 0.944 and 0.988 in O3DM, 0.968 and 0.992 in 3Shape. All of the measurements were in 95% CI. There were no differences between 3 softwares for accuracy, effectiveness and reliability and no statistically significant differences between them ($p>0.05$). Only, there are some differences between the user-friendliness of these softwares.

Key Words: Dental Cast, Digital Model, Effectiveness, Model Analysis, User Friendliness

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Başarılı bir ortodontik tedavi için detaylı bir teşhis ve tedavi planlaması gerekmektedir. Teşhis ve tedavi planlaması için ortodontik kayıtlara ihtiyaç vardır. Ortodontik modeller bu kayıtların ayrılmaz bir parçasıdır ve teşhiste çok önemli bir yere sahiptir. Doğru bir teşhis ve tedavi planlaması için model analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için, yakın zamana kadar alçı modeller kullanılmıştır. Alçı diş modelleri, uzun süredir ortodontik tedavilerin öncesi ve sonrasında alınan kayıtların ayrılmaz bir parçası olarak kabul görmüştür. Alçı modeller kayıt olarak kullanılmalarının yanı sıra; teşhis, tedavi planlaması, interdisipliner iletişim, vaka sunumları, tedavi gelişimi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde de kullanılırlar. Hastaların tedavi öncesi ve sonrası alçı modellerinin ölçülmesi, literatürde uygulanan yöntemlerden biridir. Model ölçümlerinin yapılacağı uzun dönem araştırmalarda, tekrarlayacak ölçümler için alçı modellerin saklanması, korunması ve depolanması önemli bir sorundur.

Günümüzde; hastaların kayıtları, sayısal fotoğrafları ve sayısal radyografilerinin, sayısal bir dosyada saklanabilmeleriyle beraber, alçı modellere de sayısal bir alternatif yaratma ihtiyacı doğurmuştur. Alçı modellerin kolay kırılması, sürekli ölçüm nedeniyle aşınmanın yol açtığı hata payı, yoğun bir ortodonti ortamında arşivlenmesi için diğer kayıtlara göre çok daha geniş hacim kaplaması gibi sorunların ortadan kaldırılabilmesi için etkinliği kanıtlanan, sayısal kayıtlarda eksik olan son halkayı tamamlayan sayısal modeller bir alternatif olabilir. Bu nedenle, yazılımların ve analizlerin altyapısını oluşturmak üzere girişimlerde bulunulmuştur.

Sayısal ortamdaki modeller, çeşitli bilgisayar yazılımlarının desteği ile oluşturulup, teşhis ve tedavi planı, tedavinin etkileri ve oluşabilecek diş hareketleri hakkında bilgi veren kayıtlar olarak günümüzde daha sık kullanılmaya başlanmıştır.

Üç boyutlu sanal ortodontik model fikri, çok umut vaat edici görünmektedir. Hastaların bilgilerinin ve alçı modellerinin elektronik ortamda saklanması; saklama, kırılma, yeniden çoğaltma ve modellerin bakımı gibi sorunları giderecek, klinik yönetimini ve farklı uzmanlıklar arasındaki iletişimi kolaylaştırıp, bu tip dezavantajları ortadan kaldıracaktır.

Sayısal modellerin dezavantajları ise, zamanla elektronik ortamda saklanan verilerin kaybolması, yazılım için üretici firmanın teknik desteğine bağımlı olunmasıdır.

Tanı ve tedavi planlamalarında kullanılan sayısal modellerin alçı modeller ile aynı hassasiyette olduğu birçok araştırmada gösterilmiştir. Bizim amacımız, sayısal ortodontik model analizinde kullanılan 3 farklı yazılımın ölçüm farklarının, programların etkinliğinin ve ne kadar kullanıcı dostu olduklarının değerlendirilmesidir.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Ortodontik Model

Alçı modeller, ortodontik tedavilerin öncesi ve sonrasında alınan kayıtların ayrılmaz bir parçasıdır. Standart kurallara bağlı olarak oluşturulan alçı modeller; altın standart olup, Amerikan Ortodontistler Birliği ve Avrupa Ortodontistler Birliği'nin önerdiği kayıtlara dahil edilmiştir. Alçı modeller ortodontik kayıt olarak kullanılmalarının yanı sıra; teşhis, tedavi planlamaları, interdisipliner iletişim, vaka sunumları ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde de kullanılmaktadırlar. Alçı modeller üzerinde çeşitli yöntemler kullanılarak ölçümler yapılmaktadır. Diş boyutları ile ilgili olarak 1902 yılında Black (19), daha sonra da 1949 yılında Neff (112) tarafından çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Daha sonra ise, maksiler ve mandibular dişler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Bolton tarafından birtakım analizler geliştirilmiştir (20,21). Sheridan (149), yaptığı çalışmada, ortodontistlerin %91'inin diş boyutlarını ölçerken, en çok Bolton analizini kullandıklarını saptamıştır.

Alçı modellerin bu kullanım şekillerinin yanı sıra; birtakım dezavantajları da bulunmaktadır.

İngiltere'de McGuinness ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada; (97) alçı modellerin arşivlenmesi ile ilgili fiziksel birtakım dezavantajlardan bahsedilmiştir. Tedavi edilen hasta sayısının çokluğuna bağlı olarak, saklanması ile ilgili birtakım problemler oluşturmasına ve de kolaylıkla zedelenebilen bir materyal olmasına bağlı olarak, 124 ortodontist ile yapmış oldukları anket çalışmasında, yaklaşık %80 ortodontistin saklama ile ilgili problemler yaşadığını tespit etmişlerdir.

Callahan ve ark. (26), dört ortodontiste tedavi planlaması yapılması için, 20 adet hastanın sayısal fotoğraflarını, panoramik ve lateral sefalometrik radyografilerini vermişlerdir. Alçı modeller olmadan hazırlanan ilk tedavi planlamaları, alçı modeller verildikten sonraki tedavi planlamaları ile aynı sonuçları vermiştir. Han ve ark.'nın (55) yapmış olduğu çalışmada, 57 ortodonti hastasının %55'inde teşhis modellerinin tedavi planlaması aşamasında yeterli olduğu

bulunmuştur. Diğer teşhis kayıt alternatiflerinden elde edilen bilgiler de, küçük farklılıklar göstermiştir.

Shellhart ve ark. (148), 3mm'den fazla çapraşıklığa sahip dentisyonlarda, kumpas ile yapılan manuel ölçümlerde, klinik olarak önemli hataların oluşabileceğinden bahsetmiştir. Bu yöntemlere alternatif olarak kullanılabilen fotokopi, fotoğraf, hologram veya model noktalarının iki boyutlu olarak sayısallaştırılması gibi çeşitli yöntemlerde de yine hataların oluşabileceği gösterilmiştir (29,87,102,137,139,142,146).

Yamamoto ve ark. (172), oluşturulan alçı modeller üzerinde yüzey taraması kullanarak, bilgisayar ile üç boyutlu modeller yaratmak amacıyla optik bir yöntem tanımlamışlardır. Daha sonra alçı modeller, üç boyutlu sanal bir modele aktarılmıştır (4,81,165,108). Hatta ağız içini doğrudan taramaya olanak sağlayan sistemler oluşturmak üzere, başka girişimlerde de bulunulmuştur (31). Sayısal ortamdaki modeller, bilgisayar yazılımları kullanılarak, tedavi etkilerinin ve diş hareketlerinin öngörülmesini kolaylaştıran bir platform oluşturmuşlardır (177).

Leifert ve ark. (84), yaptıkları çalışmada alçı ve sayısal model analizlerini karşılaştırmışlardır. Daimi Sınıf I çapraşık dentisyona sahip 25 bireye ait, 2 set aljinat ölçü alınmıştır. Her hastaya ait alçı model ve de 3 boyutlu sayısal model (OrthoCad, Cadent, Fairview, NJ) oluşturulmuştur. Her iki modelde de en geniş mesiodistal boyutta diş genişlikleri ve ark uzunlukları ölçülmüştür. Alçı modellerde diş genişliği ölçümü sayısal kumpas yardımı ile, ark uzunluğu ölçümü ise bir parça pirinç tel ve de milimetrik bir cetvel yardımı ile yapılmıştır. Sayısal model ölçümleri ise, OrthoCad yazılımı yardımı ile yapılmıştır. Model analizleri, her iki modelde de ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuç olarak, maksiller modellerde 0.4mm'lik ve de klinik olarak önemli olan bir farklılık var iken, mandibular modellerde klinik olarak herhangi bir fark bulunmamıştır ve de sayısal model yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerin alçı modellerde yapılan ölçümlerden herhangi bir farkı olmadığını ve de kabul edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Rheude ve ark. (133), yaptıkları çalışmada teşhis ve tedavi planlamaları açısından alçı modeller ile sayısal modelleri karşılaştırmışlardır. 30 adet vaka içerisinden seçilen yedi vaka, yedi farklı fakülte üyesi ortodontist tarafından, standart bir anket ile değerlendirilmiştir. Bu 7 vaka, erken tedavi maloklüzyonu, yetişkin

maloklüzyonu, daimi diş çekimli Sınıf I olgu, derin kapanış olgusu, Sınıf II Divizyon I olgu, anteroposterior iskeletsel uyumsuzluk ve transversal uyumsuzluk olgularından oluşturulmuştur. Araştırmacıların sayısal model (Geodigm, e-models) yardımıyla oluşturdukları teşhis, tedavi planı ve tedavi mekanikleri daha sonra alçı modeller ile yapılan planlamalarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar; teşhislerin %12.8'inin, tedavi mekaniği prosedürlerinin %12'sinin ve öne sürülen tedavi planlamalarının %6'sının, alçı modelleri değerlendirildikten sonra, değiştirildiğini göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda, araştırmacılar ortodontik teşhis ve tedavi planlamalarında, sayısal modellerin başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Alçı modeller; rutin bir tekniği olması, dublikasyon, düşük maliyet, ölçü alımında kolaylık, kapanış ile olgunun değerlendirilmesi olanağı gibi avantajları nedeniyle, günümüzde altın standart olmuştur (133). Kolay kırılması, sürekli ölçüm nedeniyle aşınmaya bağlı olarak oluşan hata payı, yoğun bir klinikte hacimsel fazlalık nedeniyle arşiv zorluğu ise, alçı modellerin dezavantajları arasında sayılabilir. Ayrıca, tek bir alçı model bulunduğu, interdisipliner tedavi planlamalarında hekimler arası iletişim de zorlaşmakta ve çoğaltma zaman alıcı olmasının yanı sıra ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Bu dezavantajlar göz önünde bulundurularak, günümüzde ortodontik kayıtların ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilen modeller, bilgisayar ortamında oluşturulmaya başlanmıştır (122). Günümüzde hastaların ortodontik kayıtları, sayısal fotoğrafları ve radyografilerinin hastanın elektronik dosyasında bilgisayar ortamında saklanabilmeleriyle birlikte, alçı modellere bir alternatif yaratma ihtiyacı doğurmuştur. Bu nedenle, sayısal modellerin ve bilgisayar ortamında yapılabilecek analizlerin altyapısını oluşturmak üzere girişimlerde bulunulmuştur.

Sayısal modellerin oluşturulması için, hekim tarafından alınan ölçüler, aljinat deformasyonunu engellemek için belirli kurallara bağlı kalarak, sayısal model oluşturan firmalara gönderilmektedir ve özel yazılımlar aracılığıyla elektronik ortamda üç boyutlu modelleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan sayısal model de, kısa zaman içerisinde ortodontiste e-posta olarak bilgisayar ortamından gönderilebilmektedir (122).

Hastaların bilgilerinin ve alçı modellerinin elektronik ortamda saklanması; saklama, kırılma, yeniden çoğaltma ve modellerin bakımı gibi sorunları giderecektir.

Klinik yönetimini ve farklı uzmanlıklar arasındaki iletişimi kolaylaştırması gibi avantajları sebebi ile de, sayısal ortodontik model fikrinin ilerde daha fazla talep göreceği düşünülmektedir (177). Amerika’da yapılan bir araştırmada (72), ortodontistler arasında sayısal model kullanımını %18 oranında artış göstermiştir.

Sayısal modellerin dezavantajları arasında ise, zamanla elektronik ortamda saklanan verilerin kaybolması, yazılım için üretici firmanın teknik desteğine bağımlı kalınması ve sayısal modellerde gerçek üç boyutlu sunumların yer almaması sayılabilir.

4.1.1. 2B, 3B tanı ve tedavi planlaması

1930’lu yıllarda Broadbent (22), standardize edilmiş frontal ve lateral radyografi görüntülerinden kraniyo-fasiyal yapıları analiz edebilmek için, tasarımı kendisine ait olan bir sefalostat kullanmıştır. İki boyutlu yapılar üzerinde çalıştığından, hiçbir zaman hastasının gerçek üç boyutlu yapısını tam olarak görememesine rağmen, oryantatör adını verdikleri bir tabla ile birkaç açıdan alınan görüntüyü birleştirerek, üç boyutlu hale getirebilmek için çok çaba sarfetmiştir.

1940 ve 1950’li yıllarda ise, ortodontistler teşhis amaçlı olarak daha çok lateral sefalometrik röntgenlere güvenmeye başlamışlardır. Ricketts (136), üç boyutlu olarak anatomiyi görüntüleyebilmenin çok önemli olduğunu anlayınca, teşhis için rutine frontal sefalometrik röntgenleri de yerleştirmiştir.

Günümüzde ise, klinisyenler; teşhis için, sefalometrik röntgenlere ilave olarak, panoramik röntgenler, ekstraoral ve intraoral fotoğraflar, sefalometrik çizimler kullanmaktadırlar. Teşhis için yardımcı olan tüm bu materyallere rağmen, tüm görüntüler iki boyutlu olarak incelendiğinden, geometrik, rotasyonel ve de kafa pozisyonuna bağlı olarak meydana gelen bazı sistematik hatalar olabilir. Tüm bunların yanında, kalibrasyon da ciddi bir problem oluşturabilir.

1970 ve 1980’li yıllarda da Baumrind (15,16,17), üç boyutlu görüntülemeyi daha da iyi anlayabilmek için birçok çalışma yapmıştır. İngiltere’de Moss (106,107) üç boyutlu bilgisayarlı tomografi ve lazer tarama teknikleri ile yüzün ve vücudun diğer bölümlerinin üç boyutlu olarak görüntülerinin elde edilebilmesi için, birçok

çalışma yapmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde de Grayson ve ark. da (51), kesin ve doğru üç boyutlu analizin yapılabilmesi için çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

1990'lı yılların ortasında ise üç boyutlu model üretimi için, yeni tarama teknolojileri geliştirilmiştir. Çeşitli teknikler kullanılarak, çalışma modelleri bilgisayar ortamına aktarılmaya başlanmıştır (25,140,142,56,93). Daha sonra da birçok ticari yazılım piyasada yerini almıştır (66,91,92,129,130,131).

Günümüzde ise, üç boyutlu bilgi, rutinde genel olarak, hastaların alçı modellerinden elde edilmektedir. Aslında, alçı modeller ilk zamanlardan beri üç boyutlu olan ilk tanı aracıdır. Fakat bu alçı modeller, teşhis için gerekli olan diğer sayısal bilgiler (sayısal intraoral ve ekstraoral fotoğraflar, sayısal radyografiler vs.) ile tam olarak kalibre edilememektedir. Teşhis ve tedavi planlaması için gerekli olan ölçümler, kumpaslar (154), cetveller veya Korkhaus gridleri, indirekt olarak oluşturulan model fotokopileri (146) veya iki boyutlu modeller (120) ve de üç boyutlu alçı veya sayısal modeller (110) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu nedenle çeşitli teknikler ile oluşturulan sayısal modeller, teşhis ve tedavi planlamasına yardımcı olmaktadır. İki boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılan modeller, üç boyutlu sayısal modellere nazaran daha ucuza mal edilebilirler. Alt ve üst çalışma modellerinde direkt olarak ölçüm yapabilmek için; kumpaslar, Korkhaus gridleri veya Boley gajları kullanılabilir. Tüm bu araçlar, yeni oluşturulan sistemlere karşı altın oran olarak kullanılabilirler (65,23,29,102,141,146). Fakat alçı modeller üzerinde yapılan bu tip ölçümler esnasında; alçı model zarar görebilir, kumpas veya gridi tam olarak yerleştirmek pek mümkün olmayabilir, böyle hatalar da yanlış bilgiler edinilmesine sebep olabilir. Fakat modeller, bilgisayar ortamına taşınırsa tüm bu dezavantajlar ortadan kaldırılabilir (177). Dolayısıyla oluşturulan alçı modelleri, sayısal modellere dönüştürebilmek için, birçok çalışma yapılmıştır (122,132,152,153,166,173).

4.1.2. Alçı modellerin sayısal ölçüm yöntemleri

Yüzey tarama, sayısal ortodontik model firmaları için, ticari amaçlı olarak, en avantajlı ve tek yöntem gibi görünse de, çeşitli sayısal model ölçüm yöntemleri de

bulunmaktadır. Bu ölçümler, alçı modelleri 2 boyuta aktardıktan sonra ölçülmelerine olanak tanımaktadırlar. Belirtilen bu yöntemlerin en başlıcaları;

- Fotokopi,
- Holografi,
- Hare Topografisi,
- Fotostereometrikler'dir.

4.1.2.1. Fotokopi

Bu yöntemi ilk kullanan araştırmacı, Yen'dir. Fotokopi çekilmesi veya alçı modellerin direkt olarak taranması, model üzerinde kumpas ile yapılan ölçümlere bir alternatif olarak kendisi tarafından denenmiştir (174). Bu yöntem, görüntünün sayısal analizler için bilgisayar ekranına taşınmasına olanak tanımaktadır. Yapılan asıl işlem, bir alçı modelin ya da oluşturulmuş bir fotokopinin bir tarayıcı makine üzerine yerleştirilip, taranan modelin oklüzal yüzeyine ait bir görüntünün elde edilmesine dayanmaktadır. Bilgisayar yazılımı da, bu işlemlerden sonra oluşturulan model görüntüsü üzerinde uzaklık ölçümü ve analizler için kullanılır. Birçok araştırmada, ölçüm yapmak için iki boyutlu yöntemlerden ve özellikle de model fotokopilerinden yararlanılmıştır (32,33,41,99,115).

Parades ve ark. (121), yüzey tarayıcıyla model görüntülerini oluşturmuş ve milimetrik grafik kağıtları kullanarak, x ve y düzlemlerinde görüntü kalibrasyonunu sağlamıştır. Tanımladıkları bu yöntem sayesinde, Bolton model analizini yapıp, konvansiyonel yöntem ile karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, iki yöntem ile yapılan ölçümlerde, gözlemciye ait ve gözlemciler arası tekrarlanabilirlikler ve güvenilirlikler yakın bulunmuştur ($r: 0.976-0.979$). Bu çalışmanın sonucunda, bu yöntem ile Bolton analizinin hızlı, hassas ve kolay bir şekilde yapılabileceği, oluşturulan görüntülerin de bilgisayar ortamında saklanabileceği sonucuna varmışlardır.

Fotokopisi alınan modellerin, bilgisayar yazılımı yardımı ile yapılmış ölçümleri, Shirmer ve Wiltshire tarafından (146), kumpas kullanılarak alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Alçı model üzerinde yapılan

ölçümlerde, gözlemciye ait ve gözlemciler arası güvenilirliği 0.2mm olarak tespit etmişlerdir. Fotokopi üzerinde yapılmış ölçümlerde ise, gözlemciye ait güvenilirlikte hemen hemen hiç fark bulunmamış ve sadece bir ölçüm için farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca, gözlemciler arası, alçı model ve fotokopi üzerinde yapılmış ölçümlerde 24 dışın 20'si için, belirgin farklar tespit edilmiştir. Fotokopi üzerinde yapılmış dış ölçümlerinden 19'u daha küçük bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, 3 boyutlu bir çalışma modelinin, 2 boyuta indirgenerek kopyalanmasının doğru ölçümler yapmak için yeterli olmadığı, fotokopi ve alçı model ile yapılan ölçümler arasında farklılık meydana geldiği bulunmuştur (145). Bilgisayar yazılımı yardımı ile yapılan ölçümlerin güvenilir olduğu, ancak doğru mezio-distal ölçümlerin alçı modellerin fotokopilerinden yapılamayacağı sonucuna varılmıştır. Fotokopi üzerinde yapılan ölçümlerin, düşük hassasiyetleri nedeniyle rutinde kullanılan bir yöntem olamayacağını belirtilmişlerdir (29).

4.1.2.2. Holografi

Holografi, alçı model replikasyonu için 1948 yılında sunulan bir diğer üç boyutlu model oluşturma tekniğidir ve tekrar yapılandırılmış olan dalga cephesi mikroskopisi gerektirmektedir (44). Meydana gelen hologramlar, birçok uygulama alanı ve klinik avantaja sahiptir. Hologramlar ile alçı modeller, birçok farklı araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Hologramlar ile alçı modeller arasında olan ölçüm farklılıkları da ilk olarak Ryden ve ark. (142) tarafından gösterilmiştir (Şekil 4.1).

Modelleri kayıt etmek için özel olarak dizayn edilmiş bir kamera ve her model için; oklüzal, önden, sağ bukkal ve sol bukkal olmak üzere 4 adet holografik görüntüye ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (18).

Hologram tekniği, oluşturulan holografinin hasta dosyaları içinde saklanabilmesi ve uygun bir maliyet ile arşivlenebilmesi gibi birtakım avantajlara sahipmiş gibi görünse de; en önemli dezavantajı; alçı modellere ait bazı detayların düşük kaliteli olarak kayıt edilmesidir. Özellikle kesici dişlere ait olan bölgeler de bu sorun daha çok dikkat çekmektedir. Dolayısıyla; sabit görüntüsü, orijinal modelin yerine geçmesine bir engel teşkil etmektedir (18).

ölçmüşlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, holografik görüntü ölçümlerinde 0.05mm ve 0.2mm arasında bir hassasiyet tespit etmişler ve bunun da klinik olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.2.3. Hare topografisi

Sayısal model replikasyonu için kullanılan diğer bir yöntem ise; hare topografisidir (159). Hare topografisi; bir kontur haritalama tekniği olup, takip eden konturların dilimleme adı verilen işlem ile üretimi için tasarlanmıştır. Bilgisayar da, oluşan bu dilimleri, topografik harita gibi bir görüntü üretmek için kaydeder.

Bell ve ark. (18)'na göre, hare topografisi tekniği, özellikle diş morfolojisi için düşük çözünürlüğe sahip olduğundan ve kalitesiz görüntü oluşumu sebebi ile günümüzde pek sık kullanılmamaktadır.

Bu tekniklerde, bilgisayar ortamında sayısal formatların saklanamaması da, yine bir dezavantaj teşkil etmektedir.

4.1.2.4. Fotostereometrikler

Yüzey taraması haricinde, en çok umut vaat eden sayısallaştırma yöntemi Ayoub ve ark. (11) tarafından sunulan fotostereometrikler ya da stereofotogrametridir. Bu teknik, bilgisayara bir çift stereo video kameranın bağlanıp, özel renkleştirilmiş aydınlatmalar ile alçı modellerin sayısal ortamda kayıt edilmesi esasına dayanmaktadır. Depolanan veriler, alçı modelin tekrar yapılandırılması için, stereolitografik formata dönüştürülebilirler. Bu yöntem ile yüzün görüntüsü alınarak, maksilofasiyal değerlendirme ve cerrahi planlama (12) da yapılabilmektedir. Lazer ile yüzey tarama, yüzde ve gözlerde potansiyel hasarlar meydana getirebilmesi nedeniyle, fotostereometriklerin yüz taraması için kalite ve kullanılabilirlik faktörlerinin düzenlenmesi halinde, en çok kullanılan yöntem olabileceği düşünülmektedir.

Rosati ve ark. (138), teşhis ve tedavi protokollerinde invaziv olmayan bir metod olan, üç boyutlu morfolojik fasiyal ve dental analizlerin yapılabilmesi için kullanılan stereofotometrik görüntüleme sistemlerini değerlendirmişlerdir. Bu

çalışmada, 11 yetişkinin üç boyutlu stereofotometrik görüntüleme sistemi (Vectra, Canfield Scientific, Fairfield, NJ) yardımıyla, dental üç boyutlu modelleri ve fasiyal yumuşak doku morfolojileri elde edilmiştir. 3 adet fasiyal referans noktası (Nasion – Sağ frontotemporal – Sol frontotemporal) ve 3 adet dişsel referans noktasının (Keserler arası – Sağ 1. daimi premoların mezio-bukkal tüberkül tepesi – Sol 1. daimi premoların mezio-bukkal tüberkül tepesi) üç boyutlu koordinatları, Vectra yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Dişsel ve fasiyal referans noktaları 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 kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Bell ve ark. (18), aynı alçı modellerin kumpas ile direkt olarak ölçümlerini, fotostereometrikler vasıtası ile meydana getirilen üç boyutlu görüntülerinin ölçümleri ile karşılaştırmak için bir çalışma yapmışlardır. 22 çalışma modelinin 6 noktası üzerinde, toplam 15 ölçüm gerçekleştirmişlerdir. Noktalar arasındaki bu uzaklık ölçümleri; hem alçı, hem de üç boyutlu sayısal modeller üzerinde, her biri 8 kere ve her ölçüm arasında en az 1 gün ara olmak üzere gerçekleştirilmiştir. 0.90 değerinde olan bir güç değeri seçilmiş ve böylelikle, mevcut olan en küçük farkın bile tespit edilebilmesi hedeflenmiştir. Sonuçlar, alçı ile üç boyutlu görüntü arasındaki ölçüm farklılığının ortalama 0.27mm olduğunu göstermiştir. Bu değer de, kullanıcı hatası dağılımı (0.10 – 0.48mm) içinde olduğu için, istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir ($p<0.05$). Sayısal modellerde yapılan ölçümlerdeki 0.02-0.14mm farklılık, ölçümü yapan kullanıcı ile ilgili olmakla beraber; bu değerler, alçı modeller üzerinde kumpas ile yapılan ölçüm ile elde edilen 0.14 – 0.48mm değerlere göre daha küçüktür.

4.1.3. Yüzey taraması

Yüzey taraması, pek çok şekilde yapılabilen bir yöntemdir. Görüntülerden 3 boyutlu şekillerin elde edilmesi amacıyla, bu yöntemlerden yararlanılmaktadır. Yüzey tarama; Halazonetis (53) tarafından özetlenen dört ana yöntemden çıkmıştır:

- Stereo Analiz Yöntemi
- Gölgeleme Yöntemi

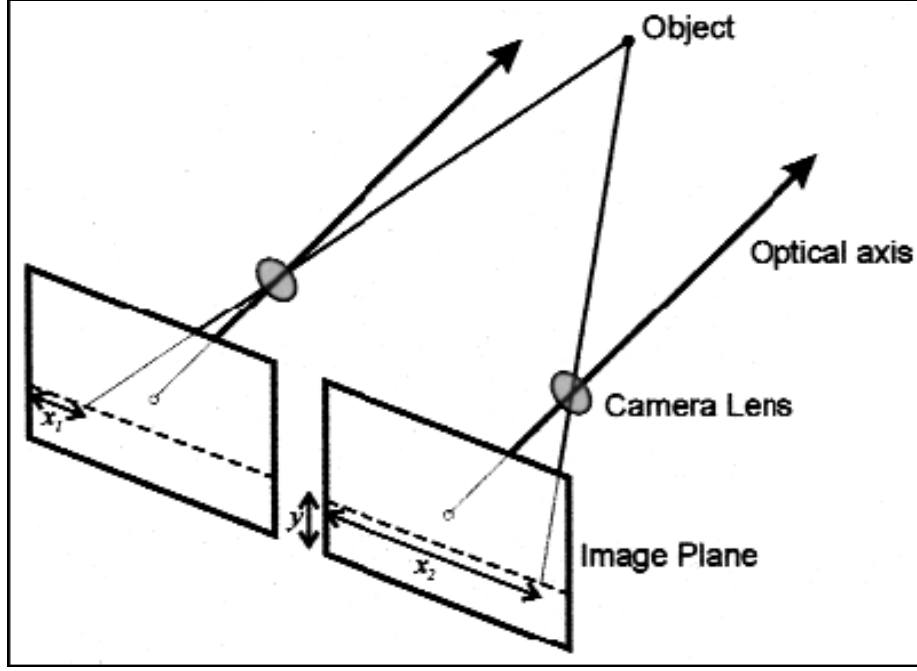
- Fotometrik Stereo Yöntemi
- Yapılanmış Işıklandırma Yöntemi

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

4.1.3.1. Stereo analiz yöntemi

Stereo analiz, insan görüşüne çok benzediği için, anlaşılması en kolay olan yöntemdir. Stereoskopik görüntü ya da iki göz yolu ile binoküler görüntü kullanır ve birbirleri arasında çok az fark bulunan iki görüntünün bir araya getirilmesi ile saha derinliği yaratır (Şekil 4.2). Her bir görüntüdeki fark, gözlemleyenin pozisyonunda meydana gelen değişiklik nedeni ile bir nesnenin pozisyon görünüşünde olan değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Diş hekimliği, yaygın olarak bu yöntemi Clark'ın kuralı veya S.L.O.B. şeklinde (Aynı = Lingual, Karşıtı = Bukkal), radyografik görüntülerde gömük dişlerin pozisyonlarını tam olarak belirleyebilmek amacıyla kullanır. S.L.O.B. kuralı ile; birbirinden farklı açılar ile çekilen iki radyograf, bir görüntünün, komşu nesnelere olan bukkal veya lingual pozisyonunu belirlemek için kullanılır.

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



Şekil 4.2: Stereo analiz yöntemi ile görüntü alınması (Halazonetis D.J., AJODO 119: 556-560, 2001)

4.1.3.2. Gölgeleme yöntemi

İnsan beyni 3 boyutlu şekilleri algılayabilmek için, stereoskopik görüntü dışında, o nesneye ait gölge görüntülerini de kullanır.

Nesne gölgeleme, üç ana faktöre bağlıdır:

- Global aydınlatma (ışık kaynağının yoğunluğu)
- Albedo (objenin yansıtma özellikleri)
- Eğim (göz ve ışık kaynağı ile ilgili olarak, obje yüzeyinin eğimi)

Nesnenin net bir bitimi olduğu farz edilerek; objenin parlaklığı, obje yüzeyinin ışık kaynağı ile yaptığı açıya bağlıdır. Bu yöntemde, nesne içi ve nesnelere arası farklı yansımalar da hassasiyete gölge düşürmektedir (53).

4.1.3.3. Fotometrik stereo yöntemi

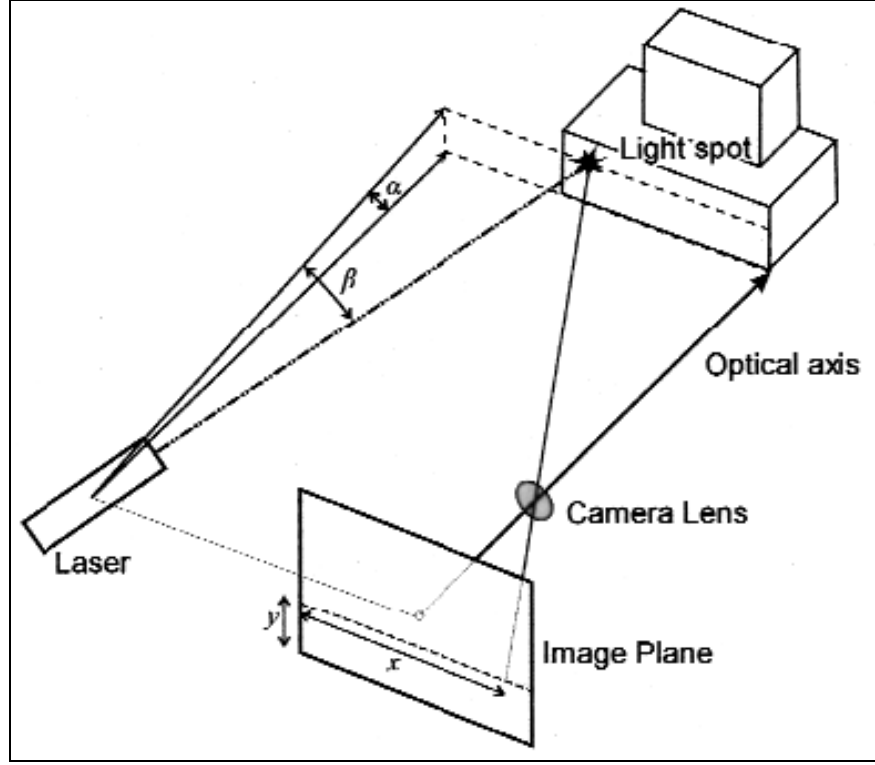
Gölgeleme yönteminin bir başka çeşidi olan fotometrik stereo, aslında stereo analizin tersidir. İki kamera ve bir ışık kaynağı yerine, bu sistemde iki ışık kaynağı ve bir kamera kullanılır. Stereo analizde oluşan korespondans

problemlerinden sakınmak için, kamera hareket ettirilmemektedir. Işık kaynakları arasındaki mesafeye bağlı olarak, objenin her yüzeyine farklı yönlerden ışık gelmektedir. Böylece bilgisayar, değişen parlaklıkta olan iki veya daha fazla resmi kolaylıkla birleştirir. Görüntüler arasındaki parlaklık farklılığı, gölgelendirme yöntemine göre daha fazla bilgi edinilmesini sağlar. Bazı mevcut fotometrik yöntemler, albedodan (aklıktan) bağımsızdırlar. İki yerine üç ışık kaynağı kullanmak, nesnelerin şekil ve renginin daha doğru oluşmasına yardımcı olmaktadır.

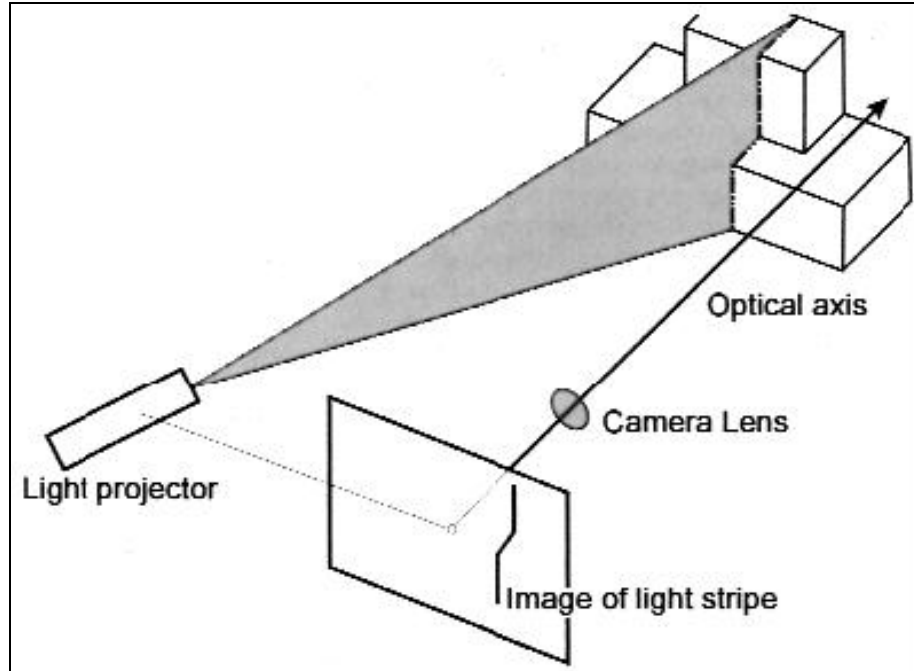
4.1.3.4. Yapısal ışıklandırma yöntemi

Yapısal ışıklandırma yönteminde, kullanılacak ışık, taranacak nesnenin üzerine bir ışık noktası (Şekil 4.3) veya bir ışık kuşağı şeklinde (Şekil 4.4) yöneltilir. Işık kaynağı nesneyi tararken, kamera sabit durmaktadır. Nesne döner bir tablanın üzerine de yerleştirilebilir. Kullanılan ışık kaynağı da genelde lazerdir.

Yapısal ışıklandırma yönteminde çözünürlük, kullanılan ışık kaynağının saflık derecesi ile yakından ilişkilidir. Orametrix tarafından yapılan 'The SureSmile OraScanner' (Dallas, TEKSAS, www.orametrix.com) yapısal ışıklandırma yöntemi ile taramanın bir örneğidir. Ağız boşluğunu tarayan özel bir tarayıcı sayesinde, dişler ve alveolar yapıların üç boyutlu imajları oluşturulmaktadır.



Şekil 4.3: Yapısal ışıklandırma yöntemi ile ışık noktası şeklinde görüntü alınması (Halazonetis D.J., AJODO 119: 556-560, 2001)



Şekil 4.4: Yapısal ışıklandırma yöntemi ile ışık kuşağı şeklinde görüntü alınması (Halazonetis D.J., AJODO 119: 556-560, 2001)

4.1.4. Lazer yüzey taraması ve güvenilirliği

Bilgisayar ortamında üç boyutlu objelerin oluşturulabilmesi için kullanılan bir diğer yöntem de, lazer yüzey tarama yöntemidir. Yansıyan lazer ışığı ve taranan yüzey arasındaki mesafeyi farklı açılardan görerek; lazer yüzey tarayıcı, sadece objenin uzunluğunu belirlemekle kalmaz, aynı zamanda derinliğini de belirler. Lazer yüzey tarayıcıların kullanım kolaylığı, birçok laboratuvar ve klinik çalışmada kullanılmasına olanak sağlar.

Kusnoto ve Evans (82), yaptıkları çalışmada, Minolta Vivid700 3-B yüzey lazer tarayıcısı kullanarak (Minolta USA, Ramsey, NJ), lazer yüzey taramasının güvenilirliğini ve hassasiyetini araştırmışlardır. Kullanılan nesnelere; geometrik kalibrasyonlu bir silindir, alçı diş modeli ve alçı yüz modelidir. Testler, obje ile tarayıcı arasındaki uzaklık 70 ile 90cm olacak şekilde yürütülmüş ve de bu iki farklı mesafe arasında hiçbir şekilde hassasiyet farklılığı tespit edilmemiştir. Tarama sonrası elde edilen görüntüler, bilgisayar ortamında ölçülmüş ve objenin 0.5mm'lik hassasiyete sahip olan direkt kumpas ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Kalibre edilmiş olan silindir 141mm yüksekliğinde ve 46mm genişliğinde olup, yapılan ölçümler ise dikey boyutta 0.5mm (± 0.1 mm) ve yatay boyutta 0.3mm (± 0.3 mm) hassasiyete sahiptir. Alçı diş modelinde ise; intermolar mesafe için 0.2mm, damak kubbesi derinliği için ise 0.7mm'lik bir hassasiyet tespit edilmiştir. Alçı yüz modelinde ise, 1.9mm'lik bir doğruluk elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda; lazer yüzey tarayıcılar kullanılarak, doğru üç boyutlu verilerin elde edilebileceği, obje ile tarayıcı arasındaki mesafeden bağımsız olarak lazer yüzey tarayıcıların distorsiyonlarının çok az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, lazer ışığının nesnelere üzerine yayılmasına bağlı olarak, daha küçük olan nesnelere, büyük olan nesnelere göre daha hassas çalışmasını sağladığı da belirtilmiştir.

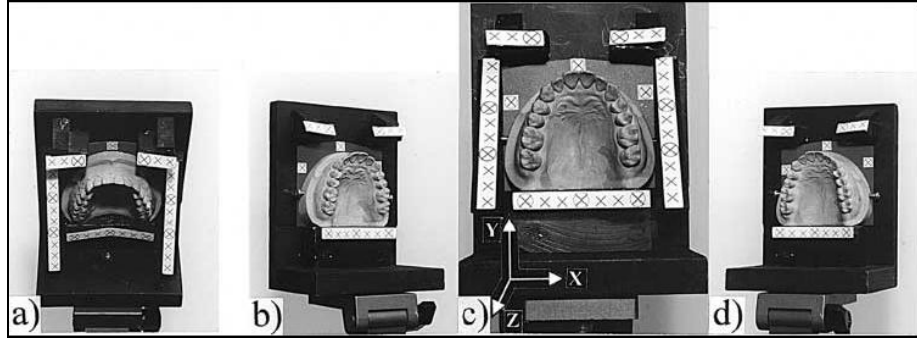
Sohmura ve ark. (152) da, yüzey tarama işleminde herhangi bir sayısal görüntü bozulması olup olmadığını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, Minolta Vivid700 3D (Minolta Inc, Osaka, Japan) lazer yüzey tarayıcı kullanılmıştır. Nesne ile tarayıcı arasındaki mesafe 700mm olacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Her ne kadar, bir alçı model taranıp makalede resimlenmiş ise de, sayısal modelde yapılmış herhangi bir ölçüm yoktur (Resim 4.1). Yüzey tarama işlemi, döner bir

sehpa üzerinde bulunan nesnenin sabit lazer taraması ile yapılabileceği gibi, sabit nesnenin etrafında dönen bir lazer ile de yapılabilir.

Birbirini takip eden çoklu taranan görüntüler, bir bilgisayar yazılımı ve bir algoritma vasıtası ile birleştirilirler. Çünkü, sayısal hale getirilen alçı modelde verilmiş olan herhangi bir nokta, bir veya daha çok adette taranmış olan veri setlerinin ürünü olacaktır. Araştırmacılar, birleştirme işleminde herhangi bir uyumsuzluk meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Sohmura ve ark., bir taramayı tamamlamak için 30 dereceden 60 dereceye kadar değişen 4 farklı açı kullanmıştır (Resim 4.2). Posterior dişlerin bukkal ve lingual yüzleri için 30 derecelik bir açı yeterli olurken, anterior dişler için 60 dereceye yakın bir açı kullanılmıştır. Modelin düz alanındaki ölçümünde bulunan standart sapma değeri; z ekseninde, 0.015mm; 75 derece eğimli düzlemde bile 0.070mm doğrulukta bulunmuştur ve bu değer de klinik olarak kabul edilebilir diye değerlendirilmiştir. Bununla beraber, x ve y eksenleri hassasiyetinin de 0.4mm olduğu belirtilmiş ve bu değer oklüzal yüzeylerdeki fissürler gibi karmaşık yapılar için çok büyük bir değer olduğu vurgulanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, standart sapma değerinin, düz yüzeylerde en çok 0.08mm ve eğimli yüzeylerde de maksimum 0.35mm olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, ortodontide alçı modellerin yerine bilgisayarlı 3 boyutlu modellere geçilebileceği belirtilmiştir.



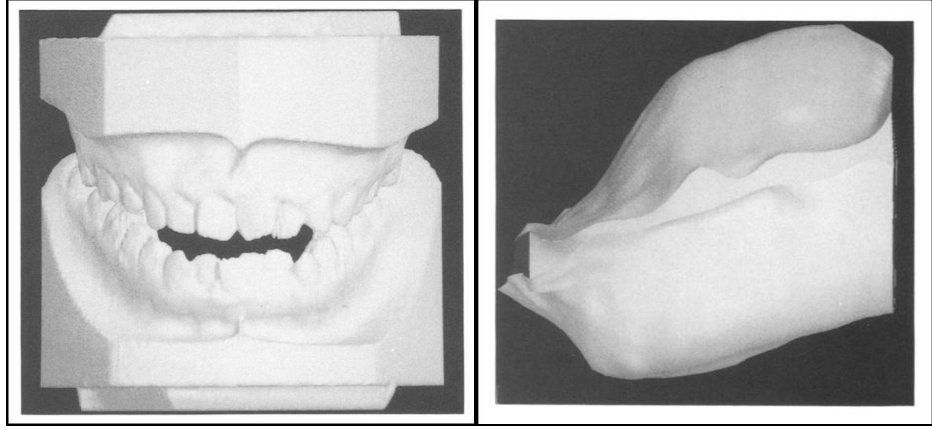
Resim 4.1: Sayısal modelin x, y, z düzlemlerinde hassasiyeti için alçı model kalibrasyonu (Sohmura T. Journal of Prosthetic Dentistry 84(3) : 345-52; 2000)



Resim 4.2: Alçı modelin görüntülenmeyen bölge kalmaması için 4 farklı açıdan alınması (Sohmura T. Journal of Prosthetic Dentistry 84(3) : 345-52; 2000)

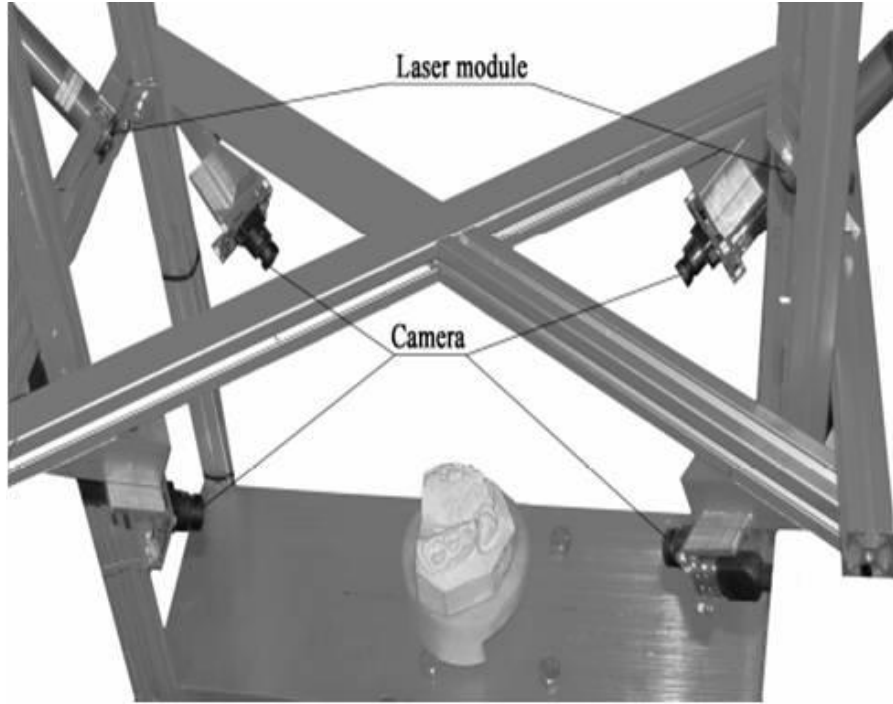
Kuroda ve ark. (81), 1996 yılında yaptıkları çalışmada, yarık ışıklı (slit-ray) tarayıcı ile (3D-VMS250R, UNISN Inc., Osaka, Japan) yüzey taramanın güvenilirliğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, 0.05mm'den bile daha az ölçüm hatası bulmuşlardır. Bu çalışmada; taranan datayı, oral boşluğun sayısal görüntüsünü oluşturmak için kullanmışlardır (Resim 4.3). Bu bilgilerin, dil itimi veya uyku apnesi araştırmaları için faydalı olabileceğini de belirtmişlerdir.

1999 yılında Motohashi ve Kuroda (108), teşhis ve tedavi planlamasında kullanılan dental modellerin oluşturulması için aynı lazer yüzey tarayıcıyı kullanmışlardır. Bu sistem; yüzey tarama yöntemiyle dental modelden üç boyutlu bilgi almayı sağlayan ölçüm ünitesi ve üç boyutlu grafikleri elde etmeyi sağlayan bir bilgisayardan oluşmaktadır. Sayısal modellerde diğ boyutlarını 5 defa x, y ve z koordinatlarında ölçmüşler (her iki arkta da ikinci büyük azı dışından, ikinci büyük azı dişine) ve bu ölçümleri, alçı modellerde 5 defa tekrarlanmış kumpas ölçümleri ile karşılaştırmışlardır (ölçüm doğruluğu 0.05mm). Her yapılan ölçümde, %1 seviyesinde fark bulmuşlar, fakat istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Alçı ve sayısal modeller arasındaki farklılığı da maksimum 0.2mm olarak bildirmişlerdir. Lazer yüzey tarayıcıların en önemli dezavantajının, anterior vestibül bölge gibi (undercut) görünmesi zor bölgelerin taranmasında yarattığı zorluklar olduğunu da belirtmişlerdir.



Resim 4.3: Ağız boşluğunun sayısal görüntüsü (Kuroda T. ve ark. AJODO 110 (4):365-9; 1996)

2008 yılında, Adaskevicius ve Vasiliauskas (2) tarafından, 3 boyutlu model oluşturmada kullanılan multi kamera sistemi değerlendirilmiştir. Sistemi kurarken, lazerin açıldırılmasından faydalanmışlardır. Açıldırma metodu, ışık kaynağı ile nesne arasındaki bilinen uzaklığı ve yüzeyin derinliğini belirlemek için yansımanın oluşturduğu açıyı kullanır (171). Sistem; dönen bir platform, lazer ışık kaynağı, video kamera ve bir bilgisayardan oluşmaktadır. Döner platform, üzerine alçı modelin rahatça oturabileceği düz bir zemine sahiptir. Lazer ışığı, nesnenin üzerine düşürülür. Kamera ile bilgisayar birbirine bağlıdır. Döner platform, bilgisayar tarafından kontrol edilir ve nesnenin hangi bölümü görüntülenmek isteniyorsa, o açıda sabitlenir. Bazı durumlarda, alçı model üzerine düşen lazer ışığı nesne tarafından engellenir ve bu durumda objenin tümüne lazer ışığı düşürmek zorlaşabilir. Bu problemi çözmek için; döner platform, 4 adet kamera ve 2 adet lazer kaynağı bulunan bir düzenek oluşturmuşlardır (Resim 4.4). Döner tabla, yaklaşık 180 derece dönebilmektedir. Çalışmanın sonunda, bu şekilde oluşturulan sayısal modellerin, ortodonti pratiğinde rahatlıkla kullanılabileceğini ve de yapılan ölçümlerin alçı model ölçümlerinden çok farklı olmadığını vurgulamışlardır.



Resim 4.4: Sistem kurulumu (Adaskevicius-Vasiliauskas. Electronics and Electrical Engineering Medicine Technology No. 2(82); 2008)

4.2. Sayısal Ortodontik Model

Alçı modellerin birtakım dezavantajlarının bulunması nedeniyle, günümüzde sayısal modeller ile çalışılmaya başlanmıştır. Özel tarayıcılar vasıtası ile oluşturulup, üç boyutlu olarak bilgisayar ortamında çalışma imkanı sağlayan sayısal modellerin ise birçok avantajı bulunmaktadır (133,66,47,48, 122,155,91,92,130,85).

Sayısal modellerin avantajları;

- Depolama: Modellerin hepsi bilgisayar ortamında arşivlenebilmektedir.
- Kolay erişim: Hasta modellerine, internet aracılığı ile yazılımın yüklü olduğu bilgisayardan ücretsiz olarak ulaşılabilmektedir.
- Arşivleme: Hasta kayıtları, hizmet veren firmalar tarafından belli bir süre korunduğu için, datanın kaybolması halinde tekrar aynı bilgiye erişim söz konusudur.
- İnterdisipliner iletişim: Diş hekimleri arasında, e-posta yoluyla hasta kayıtları kolaylıkla paylaşılabilir.

- Hız: Firmalar tarafından oluşturulan sayısal modeller, çok fazla zamana gereksinim olmadan kolaylıkla indirilebilir.
- Zaman: Konvansiyonel alçı modellere göre daha düzenli bir arşivleme yöntemi olduğu için, bilgiye kolaylıkla erişilebilmekte ve bu da hem hekim, hem de personele zaman tasarrufu sağlamaktadır.
- Teşhis ve tedavi planlamaları: Bilgisayar ortamında kayıtlar üç boyutlu olarak incelendiğinden; hastaya tanı konmasında ve hekime tedavi planlamasını yapmada yardımcı olmaktadır (167).

Bu avantajlarının yanı sıra; sayısal modeller ile çalışmanın sunduğu bir diğer kolaylık da, yapılan ölçümlerin alçı modellere göre daha kesin sonuçlar verebilmesidir (86,126). Çünkü sayısal modeller ile ölçüm yapıldığında, neredeyse milimetrenin 1000'de 1'ine kadar ölçüm yapılabileceğini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (18,108,152,81). Yakın zamanda yapılan birçok çalışmada da, sayısal modellerde yapılan ölçümler ile alçı modellerde yapılan ölçümler arasında klinik olarak önemli bir fark olmadığı da gösterilmiştir (161,154,103,167,177,145,126,46,28,8,50,128,59).

Çeşitli ölçümler yapabilmek için, sayısal modellerden yararlanan ilk isimlerden biri Hoffman'dır (62). Yer darlığını ölçmek için kullandığı program, diş boyutu için cinsiyet farklılıkları gösteren ve de 90sn'den daha kısa bir sürede ölçüm yapabilen bir program olan 'Easy Space Predictor' olmuştur.

Redmond (129) yapmış olduğu çalışmada, OrthoCad ile yapılan ölçümlerde 0.1mm'lik hassasiyete kadar ölçüm yapılabildiğini göstermiştir; buna karşılık e-model yazılımı ile hassasiyetin 0.01mm'ye kadar çıkabildiği de bilinmektedir (90). Bu kadar hassas ölçümler klinik olarak çok büyük önem taşıyorsa bile, özellikle dentisyonun her açıdan ölçülmesinde, sayısal modeller alçı modellere göre hassas ölçüm yapabilme kapasitesi nedeni ile daha avantajlıdır (119).

Ackerman ve Proffit (1); tüm kraniyofasial yapıların hem statik, hem de dinamik olarak sayısal ortama aktarılabilceğini ve düzenlemelerin bilgisayar ekranında mum modelaja göre çok daha kolay yapılabileceğini vurgulamışlardır. Sayısal modellerin sadece alçı modellerin yerini almakla kalmayıp, aynı zamanda artikülasyonların de yerine kullanılabileceklerinden bahsetmişlerdir.

Şu anda, sayısal ortodontik model oluşturan birçok firma ve bu firmalara ait çeşitli bilgisayar yazılımları mevcuttur. Bu firmaların ilki; OrthoCad, 1999 yılının başında bu hizmeti vermeye başlamıştır. GeoDigm firmasına ait e-model ise, 2001 yılında kullanıma sunulmuştur (122). Her iki firma da benzer prosedürler izlemektedir ve ikisi de Amerika da yer almaktadır. Amerika'da bulunan 3. firma da, 2003 yılında kurulmuş olan Orthocast'tir. Avrupa'da yer alan sayısal model üreticileri ise; Hollanda'da OrthoProof, Polonya'da 2003 yılında üretime geçmiş olan O3DM, Danimarka'da 3Shape ve Türkiye'de 2007 yılında hizmet vermeye başlamış olan Orthomodel'dir.

Konik ışınli tomografi yardımı ile oluşturulan ilk sayısal model ise, 2006 yılında Anatomage firması tarafından oluşturulan Anatomodel'dir. Konik ışınli tomografi kullanılarak oluşturulan bir başka sayısal model de Suresmile'dır. Bu yöntemin diğerlerine göre üstünlüğü de; ölçü alınmayıp, sadece tomografi görüntülerinin firmaya gönderilmesi ile elde edilebiliyor olmasıdır. Aynı zamanda, köklerin durumu ve formasyonları hakkında da bilgi vermektedir.

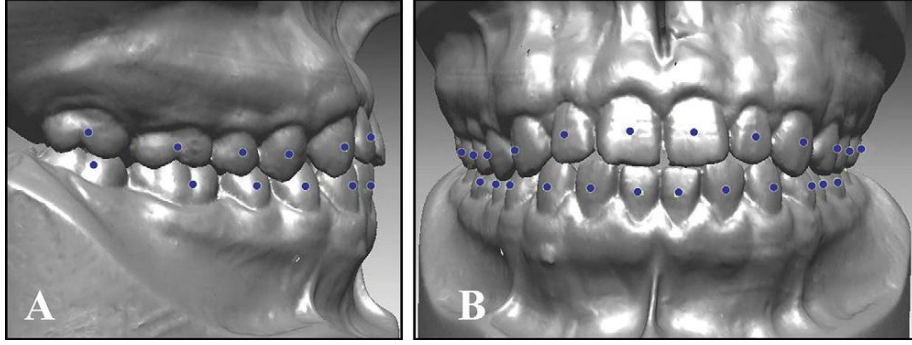
Rutinde hastadan aljinat ile ağızlarının ölçüleri alınır ve sayısal model oluşturan bu firmalara 24 saat içinde gönderilir. Firmanın çalışma protokolü gereği; kayıtlar, alçı modelleri hazırlamak üzere geldiği gün dökülür. Modelleri taramak için lazer yüzey taraması kullanılır. Tarama süreci, oluşturulan alçı modellere zarar veren bir süreç değildir. OrthoCad ve e-models 0.1mm'lik bir hassasiyet sağlamaktadır (90). Sayısal model üreticileri tarafından sağlanan yazılımlar, izlenebilen ve ölçülebilen modeller oluşturmak için, taramadan alınan verileri kullanır ve bir firma tarafından oluşturulan modeller, bir başka firmanın yazılımı ile okunamamaktadır. Tüm firmalar, yazılımlarını ücretsiz olarak temin eder (94). Eğer talep olursa, ek bir ücret karşılığında, alçı modeller de oluşturularak, firma tarafından hekime geri gönderilebilir.

Sayısal 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 sağlamaktadırlar. Modeller, gözlem ve ölçüm için her yöne döndürülebilir, her düzlemde kesit alınabilir. İlave özellikler, oklüzal kontak noktalarının statik ya da dinamik olarak, fonksiyonel hareketlerde detaylı bir şekilde

gözlemlenebilmesini sağlamaktadır. Ürüne göre, ilave özellikler; ya yazılımla birlikte ücretsiz olarak, ya da ek bir ücret karşılığında firmadan temin edilebilmektedir. Günümüzde yazılımların gelişmesiyle birlikte, bilgisayar ortamında indirekt braketleme ve kişiye özel braketleme için set up da yapılabilmektedir (66).

Üç boyutlu sayısal modeller yardımıyla, ark formu ve boyutu ile overjet ve overbite gibi parametreler de değerlendirilebilmektedir. Bu tip yazılımlar olmadan önce, ölçümler 2 boyutlu fotokopi yöntemleri ile gerçekleştirilmekteydi (32,33,41,99,115). 3 boyutlu yazılımlar geliştirildikten sonra ise, aynı ölçümler, alçı modellerde yapılan ölçümler kadar doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmiştir (126, 86).

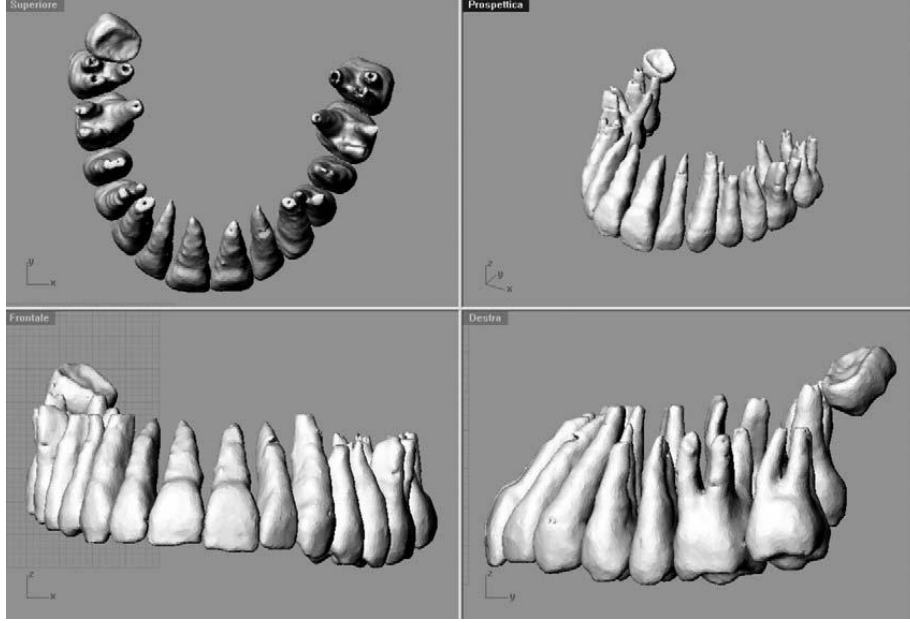
Ark formları, birçok araştırmacı tarafından kategorize edilmiştir. Eğimli, oval, kare, yuvarlak gibi farklı ark şekillerinden bahsedilmiştir (78,114,175). Kim ve ark. (76) da, yapmış oldukları çalışmada, 3 boyutlu sayısal modeller üzerinde, fasiyal aks noktalarını kullanarak, 3 farklı ark formunda anterior ve posterior segmentlerde overjet miktarını ölçmeyi amaçlamışlardır. 97 adet, normal oklüzyonlu bireyin modelleri elde edilmiştir. Olgular; Sınıf I kapanışı olan, normal overjet ve overbite'a sahip, 3mm'den daha az çapraşıklığı olan, 2mm'den daha az Spee eğrisine sahip, bukkal çapraz kapanışı ve orta hat uyumsuzluğu olmayan, daimi dentisyona sahip, temas noktaları, tüberkül tepeleri veya insizal kenarlara kadar uzanan restorasyonları olmayan bireylerden seçilmiştir. Overjet miktarı, 3 ark tipinde de değerlendirilmiştir. Alt ve üst modeller, maksimum ilişki halindeyken, modeller lazer tarayıcı ile taranmıştır. Fasiyal aks noktaları da, dişler üzerinde Rapidform 2006 yazılımı (INUS Technology, Seoul, Korea) kullanılarak oluşturulmuştur (Resim 4.5). Transvers boyut x aksı olarak, anteroposterior boyut y aksı olarak, x ve y düzlemlerine dik olan aks da z aksı olarak değerlendirilmiştir. Fasiyal aks noktaları için; x ve y koordinatları oluşturulduktan sonra, arka en uygun olan ark formu çizilmiştir (interkanin ve intermolar mesafe transversal boyutu oluşturur iken, interkanin ve intermolar derinlik de anteroposterior boyutu oluşturmuştur). Alt ve üst çenede, her bir diş için fasiyal aks noktaları arasında kalan en kısa mesafe, overjet olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye alınan eğimli, oval ve kare ark formları içerisinde; keser bölgesi hariç, en fazla overjet'in eğimli ark formunda olduğu sonucuna varılmıştır.



Resim 4.5: Fasiyal aks noktaları (Kim BI. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 139: e253-e260; 2011)

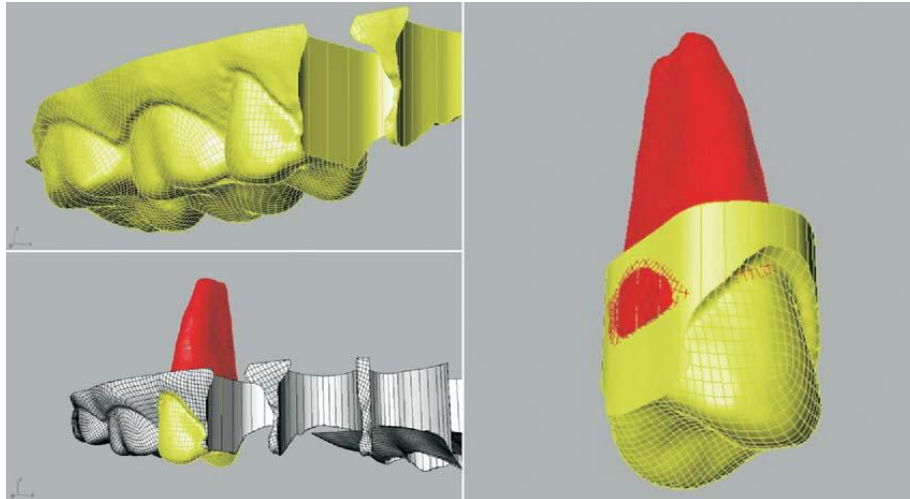
Son zamanlarda; sayısal modeller, hastanın tüm kraniofasiyal yapısının üç boyutlu olarak görüntülenmesinin istendiği durumlarda da, konik ışınlı bilgisayar tomografileri, üç boyutlu fotoğraflamalar ve sayısal modeller ile bir arada incelenebilmektedir (89,127).

Macchi ve ark. (89), yapmış oldukları çalışmada maksilla ve mandibulayı konik ışınlı bilgisayar tomografisi yardımıyla görüntüledikten sonra, dişlerde tek tek set up işlemini gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmada konik ışınlı bilgisayarlı tomografi yöntemi ile lazer yüzey tarama işlemleri bir arada kullanılmıştır. İki yöntemin bir arada kullanılmasının nedeni, radyasyon dozunu azaltmaktır. Tomografi görüntüsü oluşturulduktan sonra; sadece dişler, kapanış ve kökleri de içeren görüntü diğer kısımlardan ayrılmıştır (Resim 4.6). Aynı zamanda, hastanın alçı modelleri de lazer yüzey tarama ile taranmıştır.



Resim 4.6: Kökler ile beraber tüm dişlerin diğer görüntülerden ayrılmış, bilgisayarlı tomografi görüntüsü (Macchi A. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 129:605-10. 2006)

Daha sonra; bilgisayarlı tomografi görüntülerindeki kuronlar, köklerinden ayrılmış ve modellerden elde edilen ayrı kuronlarla birleştirilmiştir. Yani anatomik kökler ile modellerden elde edilen kuronlar bir araya getirilmiştir (Resim 4.7).



Resim 4.7: Anatomik kök ile modelden elde edilen kuronun birleştirilmesi (Macchi A. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 129:605-10. 2006)

Aynı çalışmada, 2 adet premoların çekilmesi halinde bir set up oluşturulmuştur. Meydana gelen yer kapatılmış ve dişler seviyelenmiştir. Sayısal modellerden elde edilen kuronlar ile anatomik köklerin, çevreleyen kemik doku ile ilişkileri ve kemikte diş hareketi esnasında herhangi bir fenestrasyon meydana gelip gelmediği incelenmiştir. Bu şekilde, 1 veya 1'den fazla dişe tork hareketi verildiği takdirde, yine kemikte herhangi bir defektin meydana gelip gelmediğinin gözlenebileceğini de bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, üç boyutlu sayısal modeller ile bilgisayarlı tomografi görüntülerinin kombine olarak kullanılması halinde, dentisyonun belli bölgelerinin daha iyi değerlendirilebileceği bildirilmiştir. Örneğin; retraksiyon veya tork hareketleri esnasında, üst keser dişlerin köklerinin damağın lingual korteks sınırı ile olan ilişkisi, molar distalizasyonu esnasında, maksillanın posteriorunda olan kemik miktarı, boşluk kapatma veya ekspansiyon esnasında, maksiler bukkal segmentlerdeki kemik miktarı, üst posterior diş köklerinin maksiler sinüs ile ilişkileri, atrofiye olmuş alveol kemiklerinin üç boyutlu olarak hacimsel değerlendirmesi ve alt keser dişlerin köklerinin bukkal kortikal kemik ile ilişkileri değerlendirilebilmektedir. Yapılan set up işlemlerinin de, klinisyene teşhis ve tedavi planlamalarında çok yardımcı olacağını bildirmişlerdir. Ama, bu çalışmada kullanılan programda, kullanıcının deneyimli olması gerektiğini de vurgulamışlardır.

Üç boyutlu modeller ile yapılan çalışmalar, daha doğru bir teşhis ve tedavi planlaması için, birtakım yüz analizleri de geliştirmişlerdir (70,13,79,88,104). Sayısal modeller ile yumuşak doku birleştirilerek, bu analizlerin yardımıyla maloklüzyonun iskeletsel boyutu da değerlendirilebilmektedir. Özellikle bu şekilde kombine kayıtlar, sendromik hastaların tedavisinde daha fazla önem kazanmaktadır (88,127,147,54).

Sayısal ortodontik model oluşturabilmek için, genel olarak 4 yöntem kullanılmaktadır:

- Alçı modellerin lazer taraması
- Ölçülerin lazer taraması
- Ölçü veya alçı modellerin konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri
- Direkt intraoral tarama

Konik ışınli tomografi, tüm kraniyofasiyal yapıları olduğu gibi, çeneleri de 3 boyutlu ve ayrıntılı bir şekilde görüntülememize yardımcı bir yöntemdir (169,170,6,164). Ama yine de, çeneleri ve dişleri detaylı bir şekilde görüntülemek istersek, bazen en yüksek çözünürlüğe sahip bilgisayarlı tomografi teknikleri bile yetersiz kalabilir (143,144). Özellikle, hastanın ağızında braket benzeri materyaller varsa, oluşabilecek artefaktlardan dolayı, detaylardan da başka dişlerin şeklini bile ayırt etmek imkansızlaşabilir (113). Dolayısıyla birçok araştırmacı, bu dezavantajları ortadan kaldırmak için, bilgisayarlı tomografi görüntüleri ile sayısal dental modelleri kombine etmeye çalışmıştır. Böylece hem dişlerin, hem oklüzyonun, hem de tüm kraniyofasiyal iskelet yapının görüntüsü elde edilmiş olacaktır. Bilgisayarlı tomografi görüntüleri ile sayısal dental modelleri kombine edebilmek için, alçı model, lazer ya da direkt olarak bilgisayarlı tomografi ile taranır ve oluşan sayısal model, kraniyofasiyal yapıyla birleştirilir (73,157). Birçok araştırmada, sayısal dental modeller ile bilgisayarlı tomografi görüntüleri kombine edilmiştir (157,74,49,163).

Aljinat veya vinilpolisiloksan ölçülerden oluşturulan alçı modellerin lazer yüzey taramaları ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, direkt olarak aljinat ölçülerin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile taranmaları konusunda henüz çok fazla çalışma yapılmamıştır. Alçı modellerin lazer yüzey taramalarında olduğu gibi, aljinat ölçülerin ve de ısırma mumunun konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile taranması işlemi için de, firma tarafından genelde iki günlük bir gönderi süresi istenmektedir (OrthoProof). Ölçüden direkt olarak sayısal model oluşturmak için, Hytec (IMTEC Ardmore Okla) Flash CT teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bu işlemde alçı dökme işlemi olmadığı için, o esnada meydana gelebilecek herhangi bir hatanın giderileceği görüşü vardır. Yapılan işlemin sonucunun hatasız olabilmesi için, OrthoProofUSA firması, 100 saat boyunca boyutsal stabilitesini koruyan aljinat veya vinilpolisiloksan ölçü materyallerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Üç boyutlu sektöründe farklı ürünler üreten 3Shape firması da, klinik ortamında direkt olarak ölçü tarayabilen bir tarayıcıyı kullanıma sunmuştur.

White ve ark. (168) tarafından yapılan çalışmada da, 100 saat stabil kalan ve de aynı gönderi sürelerine sahip aljinat ile vinilpolisiloksan ölçü materyallerinden konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile elde edilen sayısal modeller arasında herhangi bir fark olup olmadığı araştırılmıştır. İnterark ve intraark ölçümlerin standardize

edilebilmesi için, plastik bir fantom çene üzerinde referans noktaları işaretlenmiştir. Alt ve üst olmak üzere, toplam 16 set aljinat ve vinilpolisiloksan ölçü materyallerinden sayısal model oluşturulmuştur. Ölçümler, hem sayısal kumpaslar vasıtası ile fantom çene üzerinde, hem de OrthoProofUSA firmasına ait DigiModel yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ile elde edilen sayısal modellerde, aljinat ve vinilpolisiloksan arasında herhangi bir fark olmadığı ve de sonuçların güvenilir olduğu tespit edilmiştir. 100 saat stabilitesini koruyabilen ölçü materyallerinin kullanılması tavsiye edilmiştir. Fakat, bakır-mum ısıрма plaklarının, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ile oluşturulan sayısal modellerin interark ilişkilerini yansıtmada yeterli olmadığı da vurgulanmıştır.

Aljinat ile vinilpolisiloksan karşılaştırıldığında ise, vinilpolisiloksan ölçü materyali, boyutsal stabilitesi ve de en küçük detayları bile ölçüye yansıtması açısından, aljinata göre daha avantajlı bir ölçü materyalidir (37,95,35). Ölçü alındıktan sonra, 1 hafta süreyle dökülme bile, boyutsal stabilitesinde herhangi bir değişiklik oluşmamaktadır (160). Ortodontik vinilpolisiloksan ölçülerin boyutsal stabilitesi ve netliği, Invisalign sisteminin çalışmalarında da gösterilmiştir (83,80). Vinilpolisiloksanın en önemli dezavantajları ise, pahalı bir materyal olması ve de ulaşılması zor olan bölgelere (undercut) takılan bir ölçü materyali olmasıdır. Bu sebeplerden dolayı, ortodonti alanında en çok kullanılan ölçü materyali aljinattır. Ucuz olması, manipulasyon kolaylığı, hidrofilik özellikleri, ölçü kaşığında rahat bir şekilde taşınabilmesi, hastada çalışması rahat olması gibi avantajları nedeni ile daha çok aljinat tercih edilmektedir (116). Aljinatın en önemli dezavantajı ise, zaman içerisinde deformasyona uğrayan bir ölçü materyali olmasıdır. Buharlaşıma ile çok çabuk suyunu kaybedebilir veya aşırı neme maruz kalırsa da su absorbe edebilir. Tüm bunlar, boyutsal stabiliteyi kötü etkilemektedir. Konvansiyonel aljinat ölçü materyallerinin 30dk içinde dökülmediği takdirde, klinik olarak tekrarlanması gerektiği literatürde yer almıştır (123). Fakat, Alcan ve ark. (3) yapmış oldukları çalışmada, 3 farklı aljinat ölçü materyalinin de hava almayacak biçimde muhafaza edilmesi halinde, 4 güne kadar boyutsal stabilitesini muhafaza edeceğini bildirmişlerdir. KromopanUSA firması, kromopanın yıkanıp durulandıktan sonra, plastik bir kapta muhafaza edildiği takdirde, 100 saate kadar distorsiyona uğramadan,

stabilitesini koruyabildiğini bildirmiştir (9). Fakat, destekleyecek bilimsel bir literatür henüz yayınlanmamıştır. Straw ve ark. (156), Kromopan 100 ile Jeltrate (Dentsply International, York, Pa) aljinatlarını karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlar ve konvansiyonel aljinatta zamana bağlı olarak ciddi bir distorsiyon olduğu, fakat Kromopan 100 ile herhangi bir sorun yaşanmadığı sonucuna varmışlardır.

Tüm kraniyofasiyal yapıların üç boyutlu olarak incelenmesi, uzun zamandır ilgi konusudur (127). 1980'li yıllarda kraniyofasiyal yapıların üç boyutlu modelleri oluşturulmaya başlanmıştır. Kullanılan teknikler; lazer yüzey tarama (96), bilgisayarlı tomografi, stereolitografi ile tarama (105), Moire topografisi (71), stereofotometridir (10) ve tüm bu yöntemlerin bazı dezavantajları bulunmaktadır. 3dMDface (3dMD LLC, Atlanta, Ga) ve di3D (Dimensional Imaging, Glasgow, Scotland, United Kingdom)'nin kullanıma girmeleriyle, üç boyutlu fotoğraflar hasta kayıtlarında yerlerini almaya başlamıştır. (10,52) Yumuşak doku ve sert dokunun bir arada olduğu görüntüler oluşturabilmek için de yeni yöntemler geliştirilmiştir. Orijinal sefalogram ile bu yöntemleri karşılaştıran iki çalışma bulunmaktadır (176,111). Zhang ve ark. (176) yapmış oldukları çalışmada, iki boyutlu yüz fotoğrafları ve konvansiyonel lateral sefalometrik röntgenler üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırmışlar ve çalışmanın sonucunda, yüz fotoğraflarının sefalometrik filmler kadar güvenilir olabileceklerini, fakat yine de lateral kafa filmlerinin tanı koyarken değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. 2003 yılında Nagasaki ve ark. (111) ise, ölçümlerin direkt olarak hasta yüzünde yapıldığı, radyografiye ihtiyacı olmayan bir sefalometrik sistem geliştirmişlerdir. Hastaya radyasyon verilmemesi, bu sistemin en büyük avantajıdır. Hastanın yüzünde ölçümlerde kullanılacak olan noktalar işaretlendikten sonra, yazılım üç boyutlu bir koordinat sistemi oluşturur. Bu çalışmanın sonucunda da, yine lateral kafa filmleri ile bu üç boyutlu sistem arasında herhangi bir farka rastlanmamıştır. 20. yy'ın sonlarında, sayısal modellerin de kullanıma girmeleri ile, üç boyutlu kayıtlar, yumuşak doku, sert doku ve de dentisyon kombinasyonu şeklinde oluşturulmaya başlanmıştır (122,81,126). Curry ve ark. (36), üç boyutlu yüz fotoğrafları, sayısal modeller, anteroposterior ve lateral kafa filmlerinden oluşan üç boyutlu bir kayıt seti geliştirmişlerdir. Dentisyon, oluşturulan üç boyutlu fotoğraf içine doğru bir biçimde yerleştirilebilirse, hastalardan

lateral kafa filmi almaya da gerek kalmayacağı için, Rangel ve ark. (127), sayısal modellerin üç boyutlu fotoğraflar ile kombinasyonunu araştırmışlardır. Bu çalışmada; kayıt olarak, sayısal dental modeller, dişlerin görüldüğü üç boyutlu yüz fotoğrafları ve de dişlerin oklüzyonda olduğu üç boyutlu yüz fotoğrafları kullanılmıştır. Hem sayısal modellerde, hem de dişlerin görüldüğü üç boyutlu fotoğraflarda anterior bölgede çeşitli referans noktaları oluşturulmuş ve bu noktalar karşılaştırılarak, karşılaştırılan sistemler arasındaki uzaklık değerlendirilmiştir. Karşılaştırılan sistemler arasında yaklaşık 0.35mm'lik bir mesafe saptanmıştır ve bu da klinik olarak böyle bir sistemin oluşturulabileceğini göstermiştir. Bu şekilde üç boyutlu sistemlerin bir arada kullanılabilmesi, teşhis ve tedavi planlamalarında önemli bir yere sahiptir.

4.2.1. Sayısal modellerin güvenilirliği

Sayısal modellerin güvenilirliğini tespit etmek için, birçok araştırma yapılmıştır. Leifert ve ark. (84), Erdinç ve ark. (40), Fleming ve ark. (42) Zilberman ve ark.(177), Sjögren ve ark. (151), Mullen (110), Garino ve ark. (46), Quimby ve ark.(126) ve Maldenovic ve ark. (101), alçı ve sayısal modellerden elde edilen dişsel uzunluk ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Horton ve ark.(64), dişlerin mezio-distal ölçümlerinin, ölçüm şekillerine göre nasıl değiştiğini ve yine alçı modeller ile sayısal modeller arasında ne gibi farklılıklar olduğunu değerlendirmişlerdir. Santoro ve ark. (145) ile Gallao ve ark. (45), diş boyutları, overjet ve overbite gibi sayısal değerler açısından alçı modeller ile sayısal modelleri karşılaştırırken; Tomassetti ve ark.(161) ile Mullen ve ark. (110) alçı ve sayısal modeller üzerinde Bolton analizlerini karşılaştırmıştır. Rheude ve ark. (133), sayısal modelleri, teşhis ve tedavi planlamaları açısından alçı modellerle karşılaştırmıştır. Whetten ve ark.(167), Sınıf II maloklüzyonlardaki teşhis ve tedavi planlaması kararlarının nasıl etkilendiğini değerlendirmiştir. Mayers ve ark. (94), sayısal modeller üzerinde par skorlarını (peer assesment rating) incelemişlerdir. Costalos ve ark.(34), Amerikan Ortodontistler Birliği'nin sayısal modeller üzerindeki nesnel değerlendirme sisteminin başarısını değerlendirmiştir. Alcan ve ark.(3) ile Torassian ve ark.(162) ise, aljinat ölçülerin bekleme sürelerinin, sayısal modellerin hassasiyetine bir etkisi olup olmadığını

araştırmışlardır. Miller ve ark. (100) ile Choi ve ark. (30), sayısal modellerde palatal çakıştırmanın ne kadar güvenilir olduğunu araştırmışlardır. El-Zanaty ve ark. (38) da, alçı modeller üzerinde yapılan ölçümler ile dentisyonun bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde kullanılan ölçüm programı ile yapılan ölçümlerin ne kadar benzer olduğunu araştırmışlardır.

Leifert ve ark. (84), yaptıkları çalışmada alçı ve sayısal model analizlerini karşılaştırmışlardır. Daimi Sınıf I çapraşık dentisyona sahip 25 bireye ait 2 set aljinat ölçü alınmıştır. Her hastaya ait alçı model ve üç boyutlu sayısal model (OrthoCad, Cadent, Fairview, NJ) oluşturulmuştur. Her iki modelde de, en geniş mezio-distal boyutta diş genişlikleri ve ark uzunlukları ölçülmüştür. Alçı modellerde diş genişliği ölçümü sayısal kumpas yardımı ile, ark uzunluğu ölçümü ise bir parça pirinç tel ve de milimetrik bir cetvel yardımı ile yapılmıştır. Sayısal model ölçümleri ise, OrthoCad yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Model analizleri, her iki modelde de ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuç olarak, maksiller modellerde 0.4mm'lik ve de klinik olarak önemli olan bir farklılık var iken, mandibular modellerde klinik olarak herhangi bir fark bulunmamıştır ve klinik olarak sayısal model yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerin, alçı modellerde yapılan ölçümlerden herhangi bir farkı olmadığını ve de kabul edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Erdoğan ve ark. (40), yapmış oldukları çalışmada sayısal modellerde yapılan model analizleri ile alçı model üzerinde yapılan model analizlerini karşılaştırarak, ölçümlerin güvenilirliklerini araştırmışlardır. Çalışmada, üniversite arşivinde bulunan toplam 30 hastanın tedavi öncesi modelleri kullanılmıştır. Tüm alçı ve sayısal modeller üzerinde anterior Bolton ve toplam Bolton oranlarının analizleri yapılarak, elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Alçı modeller üzerinde yapılan tüm ölçümlerde, 0.01mm'lik hassasiyete sahip sayısal kumpas kullanılırken; sayısal modellerde ise, Orthomodel yazılımı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. İki yöntem arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak eşleştirilmiş t testi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, alçı ve sayısal modellerde yapılan ölçümlerin korelasyon katsayıları yüksek ve anlamlı bulunmuş ve iki yöntem arasında da maksiller 1. büyük azıların ve 1. küçük azıların, mandibular sağ 1. küçük azı ve 1. büyük azı dişlerinin mezio-distal boyutlarında ($p<0.05$), maksiller 12 diş ve mandibular 12 diş toplamında ($p<0.01$), maksiller 6 diş ve mandibular 6 diş toplamında ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli

farklılıklar bulunmuştur. Ancak, bu farkların klinik olarak önemsiz olabileceği de vurgulanmıştır. Bu çalışmada, Orthomodel sayısal model yazılımı ile yapılan ölçümlerin güvenilir olduğu, ortodontik tedavi planlamalarında ve arşivlemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Zilberman ve ark.(177), alçı ve sayısal (OrthoCad) modellerde, diş boyutları ile interkanin ve intermolar genişlik ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, alçı model ölçümleri sayısal bir kumpas yardımı ile yapılırken, sayısal model analizleri için OrthoCad firmasının yazılımı kullanılmıştır. 20 modelden oluşan örnekler, yapay set-up'lardan oluşmuştur. Bu sayede, alçı ve sayısal ölçümlerin geçerliliğini belirlemek için, set up haricinde dışın doğrudan ölçülebilmesine olanak sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen sonuçlar, her iki yöntemin de, diş boyutları ve ark genişliği açısından geçerli ve tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir. Alçı modeller üzerinde sayısal kumpas kullanılarak elde edilen ölçümler, yüksek bir kesinlik ve tekrarlanabilirlik gösterirken; sayısal model ölçümlerinde de klinik olarak kabul edilebilir bulgular elde edilmiştir. Sayısal kumpaslar kullanılarak alçı model üzerinde yapılan ölçümler, bilimsel çalışmalar için daha uygun gibi düşünülse de, sayısal modellerin hassasiyetinin de klinik açıdan kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Sjögren ve ark. (151), sayısal modeller üzerinde yapılan açısal ölçümler ile alçı modeller üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırarak, bu iki yöntem arasında bir standart oluşturmayı amaçlamışlardır. Sayısal modeller, O3DM yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Erken karışık dişlenme döneminde olan 20 hasta modeli, 2 ortodontist tarafından, 2'şer kere ölçülmüştür. Keser rotasyonları, angulasyon ve çapraşıklık, ark genişliği, ark boyutu uzunluğu, overjet ve overbite incelenen parametreler olmuştur. Konvansiyonel alçı modeller üzerinde yapılan açısal ölçümlerde, sayısal modellere göre daha az farklılık bulunurken, lineer ölçümlerde overbite dışında iki metod arasında çok büyük farklılık saptanmamıştır. Genel olarak, konvansiyonel alçı modeller üzerinde yapılan açısal ve lineer ölçümler, tekrarlanabilirlik açısından, üç boyutlu sayısal modellere göre daha kesin sonuçlar vermiştir. Bilimsel yayınlar için alçı modeller üzerinde ölçümlerin yapılması gerektiğini öngörseler de, O3DM yazılımı kullanılarak oluşturulan sayısal

modellerin, klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar oluşturabildiğini de vurgulamışlardır.

Mullen (110), 2007 yılında yapmış olduğu tez çalışmasında, alçı modeller ile sayısal modeller üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırmıştır. Sayısal model oluşturabilmek için, e-model yazılımı kullanılmıştır. Ark uzunlukları ve diş genişlikleri, ölçülen parametrelerdir. Çalışmanın sonunda, diğer çalışmalarda olduğu gibi, e-model ile yapılan ölçümlerin, konvansiyonel alçı modellerde kullanılan kumpas ile yapılan ölçümlerden, klinik olarak çok farklı olmadığı ve sayısal modellerin de alçı modeller yerine güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sayısal model kullanılarak yapılan ölçümlerde, klinisyenin zaman kazandığı da vurgulanmıştır.

Fleming ve ark.'nın (42), diş boyutları, ark uzunluğu, ark genişliği, çapraşıklık indeksleri gibi birtakım ölçümler yapılırken, konvansiyonel alçı modeller ile sayısal modeller arasında herhangi bir fark olup olmadığını araştırmak için yapmış oldukları çalışmada; hem lineer, hem de açısal ölçümlerin yer aldığı literatürler kullanılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı hasta modelleri, tedavi edilmiş veya hiç ortodontik tedavi görmemiş, hem maloklüzyonlu, hem de maloklüzyonsuz olacak şekilde karışık seçilmiştir. Ölçülen kriterler; diş boyutları, transversal boyutlar, çapraşıklık indeksi, ark genişliği, ark uzunluğu, Bolton oranları, çeneler arası oklüzal ilişkiler olmuştur. Aynı zamanda, alçı modelleri ve sayısal modelleri ölçerken geçen süre 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 sayısal modeller arasında klinik açıdan önemli bir fark olmadığı ve de sayısal modellerin günümüzde daha da popüler olmaya başlayacağı sonucuna varılmıştır.

Garino ve ark. (46), 24'ü erkek ve 16'sı kız, 40 adet hasta üzerinde bir çalışma yapmıştır. Bu hastaların yaşları 8 ile 16 arasında değişmektedir. Aynı doktor, aynı gün içerisinde silikon ile ölçü almış ve bu ölçülerden bir tanesini OrthoCAD'e sayısal model oluşturulması için gönderirken, diğerinden de alçı model oluşturulmuştur. Her iki modelde de, interkanin ve intermolar mesafeler ile mezio-

distal diş geniflikleri, 2 ayrı zamanda ve en az 2 hafta ara ile ölçölmüştür. Alçı modellerde yapılacak ölçömler için, 0.5mm'lik hassasiyete sahip sayısal kumpas kullanılırken, OrthoCAD'in hassasiyeti 0.1mm olarak tespit edilmiştir. Yapılan ölçömlerde, sayısal modellerin daha güvenilir olduğunu bulmuşlardır, ancak alçı modeller ile sayısal modeller arasındaki farkların klinik açıdan önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Alçı modeller ve sayısal modeller doğrudan karşılaştırılıp, değerlendirilmemiştir.

Quimby ve ark.(126)'nın, sayısal (OrthoCad) modeller üzerinde yapılan ölçömlerin doğruluğunu, tekrarlanabilirliğini, güvenilirliğini ve geçerliliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmaya ait ölçömlerde, yedi parametre kullanılmıştır. Ölçölen parametreler; dişlerin mezio-distal geniflikleri, ark genifliği, ark uzunluğu, gereken ark uzunluğu, mevcut ark uzunluğu, overbite ve overjet'tir. 10 adet alçı ve sayısal model üzerinde ölçömler yapılmış ve altın standart olarak kabul edilen fantom modelde yapılan ölçömler ile karşılaştırmışlardır. Sayısal model ölçömleri ile alçı model ölçömleri arasında, overbite ve overjet hariç, ölçölen parametrelerde farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farkların da, klinik olarak kabul edilebilir farklar olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı çalışmada, güvenilirlik için, 2 ayrı araştırmacı tarafından 50 adet model ölçölmüştür. Bütün parametrelerde, grup içi korelasyon katsayıları oldukça yüksek (>0.90) bulunmuş ve güvenilirlik çok iyi olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, sayısal modellerde yapılan ölçömler, overbite ve overjet dışında alçı modeller üzerinde yapılan ölçömlerden daha büyük bulunmuştur. Gerekli ark uzunluğu dışındaki tüm ölçömler arasındaki farklar, 0.7mm'den küçüktür. Etkinliklerinin saptanması amacıyla da, 10 araştırmacı tarafından, 10 alçı ve 10 sayısal model iki ayrı zamanda ölçölmüştür. Alt çene interkanin geniflik dışındaki bütün parametrelerde, alçı ve sayısal modeller arasında anlamsız fark bulunmuştur. Overbite ve overjet dışında bütün parametrelerde, sayısal modellerde yapılan ölçömler, anlamsız farklar göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, sayısal modellerin konvansiyonel alçı modellere alternatif olarak kullanılabilereğini belirtmişlerdir (126).

Mladenovic ve ark. (101), alt ve üst teşhis modellerinde yapılan ölçömler ile sayısal modeller üzerinde yapılan ölçömleri karşılaştırmışlardır. Çalışmanın amacı,

üst dişler ile damak orta hattı ve alt dişler ile mandibula orta hattı arasında yapılan ölçümleri; hem alçı, hem de sayısal modeller üzerinde gerçekleştirip, karşılaştırmaktır. 17 adet alt ve üst olmak üzere, toplam 34 model, rastgele olacak şekilde seçilmiştir. Alçı modeller üzerinde ölçüm yapabilmek için, kumpas ve Korkhaus gridi kullanılmıştır. Yapılan ölçümleri sınırlandıran bazı kriterler bulunmaktadır. Kumpas ve grid doğru yerleştirilmelidir. Gridin çok az da olsa, hatalı pozisyonlandırılması ile, yanlış sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca, Korkhaus gridindeki çizgileri görmek de, çok güç olabilmektedir. Sayısal modeller, bu tip problemleri ortadan kaldırmıştır. Modellerin oklüzal yüzeyleri bilgisayar ortamına iki boyutlu olacak şekilde aktarılmış ve de XPA3 Ortho yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamındaki ölçümler yapılmıştır. Aynı ölçümler, alçı modeller üzerinde Korkhaus gridi ve sayısal kumpas kullanılarak tekrarlanmıştır. Ölçümler, istatistiksel olarak uyumsuz çıkmıştır. Bu uyumsuzluğun üstesinden gelebilmek için de, yazılımın özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği ve modellerin sayısal ortama aktarılmasının daha doğru bir şekilde yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Horton ve ark. (64), yaptıkları çalışmada sayısal modellerde mezio-distal diş genişliklerini ölçmek için, en iyi tekniği bulmaya çalışmışlardır. 32 adet alçı model ve aynı modellerin sayısal ortamda (e-models, GeoDigm) oluşturulmuş versiyonlarında maksiler ve mandibular 1. molar dişler arasında, tek tek dişlerin mezio-distal genişlikleri ölçülmüştür. Sayısal modellerde, 5 farklı teknik kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Bu teknikler; oklüzalden ölçüm, oklüzalden yakınlaştırarak ölçüm, istenilen şekilde rotasyonla önden ölçüm, 3 standart pozisyon (sağ bukkal, fasiyal, sol bukkal) kullanılarak önden ölçüm ve istenilen şekilde modeli döndürerek yapılan ölçüm şeklinde olmuştur. Ölçümler, en az 1 hafta arayla, 3 kere tekrar edilmiştir. Her set ölçümü tamamlamak için gerekli olan operatör süresi de kaydedilmiştir. Sonuç olarak, sayısal model ölçümlerinde en doğru tekniğin, oklüzal ölçüm tekniği olduğunu bulmuşlardır.

Santoro ve ark. (145), sayısal modeller ile alçı modeller üzerinde yapılan ölçümleri karşılaştırmak için, 76 hastanın OrthoCad yazılımı ile oluşturulan sayısal modelleri ve alçı modelleri üzerinde, dişlerin mezio-distal boyutlarını, overbite ve overjet miktarlarını ölçmüşlerdir. Bu ölçümleri, birbirinden bağımsız, 2 ayrı araştırmacı yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, 2 grupta da dişlerin boyutları ve

overbite açısından, istatistiksel olarak büyük bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Sayısal model üzerinde yapılan ölçümler, alçı model üzerinde yapılan ölçümlerden küçüktür. Bu farklılıklar, 0.16-0.49mm arasında olup, klinik açıdan önemsiz olarak değerlendirilmiştir. Overjet ölçümünde ise, 2 grup arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Sonuç olarak, sayısal modellerin de, ortodontik uygulamalarda alçı modeller gibi klinik açıdan kabul edilebilir olabileceğini bildirmişlerdir.

Tomasetti ve ark. (161), Bolton analizlerini farklı ölçüm yöntemleri kullanarak karşılaştırmışlardır. Çalışmaya 3mm'den az çapraşıklığı bulunan, tedavi öncesi 11 adet ve tedavi sonrası 11 adet olmak üzere, toplam 22 adet model dahil edilmiştir. Alçı modeller, sayısal kumpas ile en az 2 haftalık aralar olmak üzere, 1 aylık periyot içerisinde 3 kez ayrı ayrı ölçülmüş ve ortalaması altın standart olarak alınmıştır. QuickCeph, Hamilton Ark Diş Sistemi (HATS), ve OrthoCAD olmak üzere, 3 farklı yöntem kullanılarak Bolton analizleri yapılmıştır. QuickCeph programı, 1:1 ölçekli olan video ile alınmış görüntüyü kullanarak dişlerin mezio-distal genişliklerini ölçerek, Bolton analizi yapma özelliğine sahiptir. HATS ise bilgisayara kabloyla bağlanmış sayısal kumpaslar aracılığıyla, Bolton analizi'nin anında yapılmasına olanak sağlar. Sayısal model oluşturmak için, 3. yöntem olarak OrthoCAD kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, Bolton değerleri için, sayısal modeller alçı modellerden ortalama 1.2mm farklı bulunmuştur. Üç yöntem arasında, istatistiksel olarak büyük bir fark saptanmamıştır.

Mullen ve ark.(110), ark uzunluğu ölçümü ve Bolton analizi ölçümlerinin ne kadar güvenilir olduklarını araştırmak ve ölçüm zamanlarını değerlendirmek için yapmış oldukları çalışmada, alçı modeller ile sayısal modelleri (e-model, GeoDigm) karşılaştırmışlardır. 30 hastanın ölçümleri, her 2 yöntem ile de yapılmış ve süreleri kaydedilmiştir. Alçı modellerde yapılan ölçümler, 0.1mm'lik hassasiyete sahip sayısal kumpas kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, sayısal model oluşturulurken, herhangi bir magnifikasyon olup olmadığını değerlendirebilmek için, 6.35mm (çeyrek inç) çapındaki toplar modellerle beraber taranmış ve ölçülmüştür. Bu topların çaplarının sayısal modellerde normal ölçüldüğünde 0.054mm, görüntü büyütülerek ölçüldüğünde 0.013mm gibi farklar olduğu belirtilmiştir. Bu farklar yapılan ölçümlerden çıkarıldığında da; üst çenede yapılan ölçümlerde 0.012mm, alt çenede ise 0.014mm'lik fark tespit edilmiştir. Her iki yöntem arasında, istatistiksel olarak

anlamli bir fark bulunamamıştır. Çalışmacılar, ark uzunluğu ve diş boyutlarının, sayısal model ile ortalama 1.5mm daha az bulunduğunu ve bu sonucun da, metod hatası sınırlarında olduğunu belirtmişlerdir. Gözlemciler arası fark; alçı modellerde üst çene için 0.93mm, alt çene için 1.4mm olarak bildirmişlerdir. Alçı modeller ile sayısal modeller arasında ölçüm zamanını da değerlendirmişlerdir ve çalışmanın sonucunda, yapılan Bolton analizinin sayısal modeller ile yapılan ölçümlere göre, alçı modellerde ortalama 65sn daha kısa zamanda gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir.

Gallao ve ark. (45), 2011 yılında yaptıkları çalışmada, sayısal kumpas ile yapılan alçı model ölçümlerini, sayısal modellerde yapılan ölçümler ile karşılaştırmışlardır. Alçı model ve dublikasyonlarında yapılan dental ölçümler ile O3DM yazılımı kullanılarak yapılan ölçümler arasında herhangi bir fark olup olmadığını araştırmayı amaçlamışlardır. Yaşları 12-17 arasında olan öğrencilerden, 34 set model elde edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan modellerde aranan kriterler; normal oklüzyon, daimi dişlenme, daha önce ortodontik tedavi görülmemiş olması, protetik restorasyon bulunmaması, 2mm'ye kadar çapraşıklık veya aralık olması ve birinci büyük azıların arasında hiç eksik diş olmamasıdır. Orijinal modellerden dublikasyonları elde edildikten sonra, her model sayısal kumpas ile ölçülmüştür. Sayısal modeller de, O3DM yazılımı kullanılarak oluşturulduktan sonra, aynı yazılım aracılığıyla ölçümleri yapılmıştır. Alçı, dublike ve sayısal modellerin hepsi; 1'er hafta ara ile aynı araştırmacı tarafından 2'şer kere ölçülmüştür. Orijinal modeller ile dublikasyonları ve dublikasyon modeller ile sayısal modeller arasında karşılaştırma yapılmıştır. 11, 21, 16, 26, 31, 41, 36, 46 numaralı dişlerin mezio-distal ölçümleri, üst ve alt interkanin mesafe, üst ve alt birinci molarların bukkal yüzleri arasında kalan intermolar mesafe, üst ve alt santral keserlerin kontak noktalarından molarların en posterior noktasına kadar olan mesafe, overbite ve overjet, çalışmada ölçülen parametrelerdir. Bütün ölçümlerin karşılaştırmalarında, çok yüksek oranda korelasyon tespit edilmiştir. Orijinal ve dublike modeller ile dublike ve sayısal modeller arasında mükemmel benzerlik bulunurken, tekrarlanabilirlik açısından da yine birbirleri arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Sayısal kumpas ile O3DM sayısal model yazılımı arasında ölçümler açısından küçük farklılıklar bulunsa da, bu farkların klinik olarak kabul edilebilir farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

Alcan ve ark.(3), yaptıkları çalışmada, fantom üst çene modelinden 3 farklı aljinat ile aldıkları ölçüleri hemen, 1., 2., 3. ve 4. günlerde dökerek, aljinat ölçülerin sayısal model üretici firmalarına gönderilirken meydana gelebilecek deformasyonunu ve bekleme sürelerinin, sayısal model hassasiyeti üzerine bir etkisi olup olmadığını incelemiştir. Referans olan fantom model üzerinde, standart ölçüm yapabilmek için, 5 nokta işaretlenmiş ve bu modelden 3 farklı marka aljinat ile toplam 105 adet ölçü alınmıştır. Alınan ölçüler; hemen, 1.gün, 2.gün, 3.gün, 4.gün olmak üzere farklı zamanlarda dökülmüştür. Oluşturulan alçı modellerden elde edilen sayısal modeller, referans üst çene modeli ve orijinal alçı modeller, 3 farklı araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir. Ayrıca; 4 gün sonunda, 3 aljinat markasında da belirgin deformasyonlar meydana geldiği görülmüştür. Sayısal modellerin referans modele daha çok benzediğini bildirmişlerdir. Çalışmanın sonunda, sayısal modellerin konvansiyonel alçı modeller kadar güvenilir olduğu ve gelecekte, kliniklerde de rutin olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.

Torassian ve ark. (162), yaptıkları çalışmada 4 farklı ölçü materyalinin boyutsal stabilitesi ile OraMetrix sayısal modeller ve alçı modelleri karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada, 2 aljinat (Identice ve imprEssix) maddesi ve 2 de aljinat yerine geçen malzeme (Alginot FS ve Position PentaQuick) kullanılarak, maksiler tyodonttan birçok ölçü alınmıştır. Her ölçü materyali ile 15 ölçü alınmış ve 72 saat, 120 saat ve 1 hafta sonra dökülerek, alçı modelleri oluşturulmuştur. Bütün ölçü maddeleri kullanılarak, 5'er ölçü alınmış ve 72 saat sonra sayısal model oluşturulması için OrthoProof'a gönderilmiştir. Daha sonra sayısal modeller, OraMetrix yazılımında da oluşturulmuştur. Alçı ve sayısal modellerde, anteroposterior, transvers ve de vertikal boyutlarda ölçümler yapılmıştır. Kontrol tyodontu ve alçı modellerdeki ölçümler, sayısal kumpas aracılığıyla ölçülürken, sayısal model ölçümleri, OraMetrix yazılımında yapılmıştır. Sonuç olarak, Identice ölçü materyali ile oluşturulan modellerde, 72 saat sonunda her üç boyutta da istatistiksel olarak önemli değişiklikler olduğu görülmüştür ve hemen dökülmediği takdirde kullanılmaması gerektiğini bulmuşlardır. Ayrıca, imprEssix ölçü materyalinde de, vertikal ve interkanin mesafe ölçümlerinde istatistiksel olarak önemli değişiklikler olduğunu bildirmişlerdir. Sayısal modeller, alçı modeller ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm ölçümlerde daha küçük değerler

göstermişlerdir. Aljinat yerine geçen malzemelerin ise, her 3 zamanda da boyutsal olarak stabil oldukları görülmüştür. OraMetrix tarafından oluşturulan sayısal modellerin de, alçı modeller ile karşılaştırıldıklarında, klinik olarak kabul edilebilir olmadığını bulmuşlardır.

Invisalign, 1999'dan beri piyasada yer alan plak destekli bir ortodontik tedavi seçeneğidir. Bu tedavinin temelde dayandığı iki önemli kriter vardır. Dişlerin başlangıç pozisyonlarından son pozisyonlarına kadar, hastanın yer değiştiren dişlerinin bilgisayar grafik görüntüleri ve bu görüntülerin stereolitografik modellerinden elde edilen şeffaf plastik apareyler, tedavinin esasını oluşturmaktadır. Miller ve ark. (100), Invisalign esnasında, üç boyutlu sayısal ortamda yapılan çakıştırmanın ne kadar güvenilir olduğunu araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Invisalign üreticileri, bu çakıştırma için bir yazılım oluşturmuşlar ve bu çalışmada da, bahsedilen yazılım kullanılarak, iki aynı sayısal model palatal ruga bölgesinden 12 noktadan çakıştırıldığında ve bu işlem 10'dan fazla tekrarlandığında aynı sonucun elde edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Bu çalışmada, morfolojik değişiklikler değil, sadece meydana gelen rotasyon ve translasyon hareketlerini gözlemlemek amaçlanmıştır. Sonuç olarak, sayısal model çakıştırmaları sonucunda, beklenen tüm hareketlerin gerçekleştiğini ve palatal ruga bölgesinin stabil bir referans düzlem olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Daha önce de, normal alçı modellerde, çakıştırma için palatal ruga bölgesi çok kullanılmıştır (7,5,14,63,158,68,135,39). Yapılan diş hareketine bağlı olarak, palatal ruga bölgesi stabil bir referans noktası olarak kabul görmüştür (134,67,58,69).

Choi ve ark. (30), meydana gelen diş hareketleri esnasında, referans noktası olarak kullanılan palatal düzlem üzerinde çakıştırma yaparak, sayısal modeller ile konvansiyonel alçı modeller arasında herhangi bir fark meydana gelip gelmediğini araştırmışlardır. 20 hastaya ait, üst çene modelleri çalışmaya dahil edilmiştir. Sağ ve sol kanin, premolar ve molarlar dişeti sınırından kesilerek, mum içerisine gömülmüşlerdir. Oluşturulan bu modeller, sayısal modellerini oluşturmak amacıyla taranmıştır. Bu modelin üzerinde gömülü olan dişlerden bazıları daha sonra rastgele çıkarılarak, 2. bir model oluşturulmuştur. Bu modelin de sayısal modeli aynı yöntemle taranarak oluşturulduktan sonra, meydana gelen iki sayısal model palatal bölgelerden çakıştırılmıştır. Meydana gelen diş hareketi ölçülmüştür. Referans ölçüm

aleti kullanılarak, aynı diş hareketleri, alçı model üzerinde de ölçülmüştür. Değerler karşılaştırıldığında, sayısal modeller ile elde edilen çakıştırmalarda, kesin ve güvenilir sonuçların elde edildiği sonucuna varılmıştır. Ama yine de, palatal yüzeyin, ortopedik tedavi veya büyüme ile değişip, değişmediği konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu da vurgulamışlardır.

El-Zanaty ve ark. (38), rutin kullanılan kumpaslar ile alçı modeller üzerinde yapılan ölçümleri, bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde kullanılan bir ölçüm programının yaptığı ölçümler ile karşılaştırmışlar ve bir fark olup, olmadığını araştırmışlardır. Araştırmada, toplam 34 hastaya ait alçı model kullanılmıştır. Alçı modeller üzerinde; kumpas kullanılarak, dişlerin mezio-distal genişlikleri, ark genişlikleri, ark uzunlukları, ark perimetreleri ve de palatal derinlik ölçülmüştür. Daha sonra, bu hastaların bilgisayarlı tomografi görüntüleri de elde edildikten sonra; aynı parametreler, bu görüntüler üzerinde kullanılan bir ölçüm programı (3DD, Biodent, Kahire, Mısır) ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda; uzayın üç boyutunda da alçı modeller ile bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde yapılan ölçümlerin çok benzer olduğunu ve 3DD'nin alçı modellere bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

4.2.2. Sayısal ortodontik model analizi ve arşiv

Rutin olarak kullanılan alçı modeller, daha önce de bahsedildiği gibi, kırılğan bir yapıya sahip olduklarından, arşivleme esnasında zarar görebilmektedirler. Sayısal modeller ise, bu problemi ortadan kaldırmaktadırlar. Taranan alçı modeller üç boyutlu modeller haline gelmeden, ilk olarak STL ve VRML formatlarında üretilirler (150). Daha sonra, oluşturulan sayısal modeller, bilgisayar ortamına aktarılır ve geniş internet ağı aracılığı ile kullanıcılara iletilir. Böylece, kullanıcılar da bilgisayar üzerinde teşhis ve tedavi planlamaları için gerekli olan analizleri gerçekleştirebilmektedirler. Analiz, arşivleme ve iletişim için kullanılan programlardan bir tanesi de Anadent3D'dir. Arşivleme sistemi, 3 bölümden oluşmaktadır. İlki, hastalara ait iki boyutlu kayıtlardır. Bu kayıtlar; frontal rest ve frontal gülümseme fotoğrafları ile frontal, sağ, sol, üst oklüzal ve alt oklüzal ağız içi fotoğraflar, panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler ve de sentrik oklüzyonda

ortodontik çalışma modelleridir (77). Daha sonra ise, hastanın üç boyutlu modelleri yüklendikten sonra, teşhis için sayısal ortamda arşivlenmektedir. Üçüncü ve son olarak da, analiz sonuçlarını içeren hasta kayıtları yüklenmektedir.

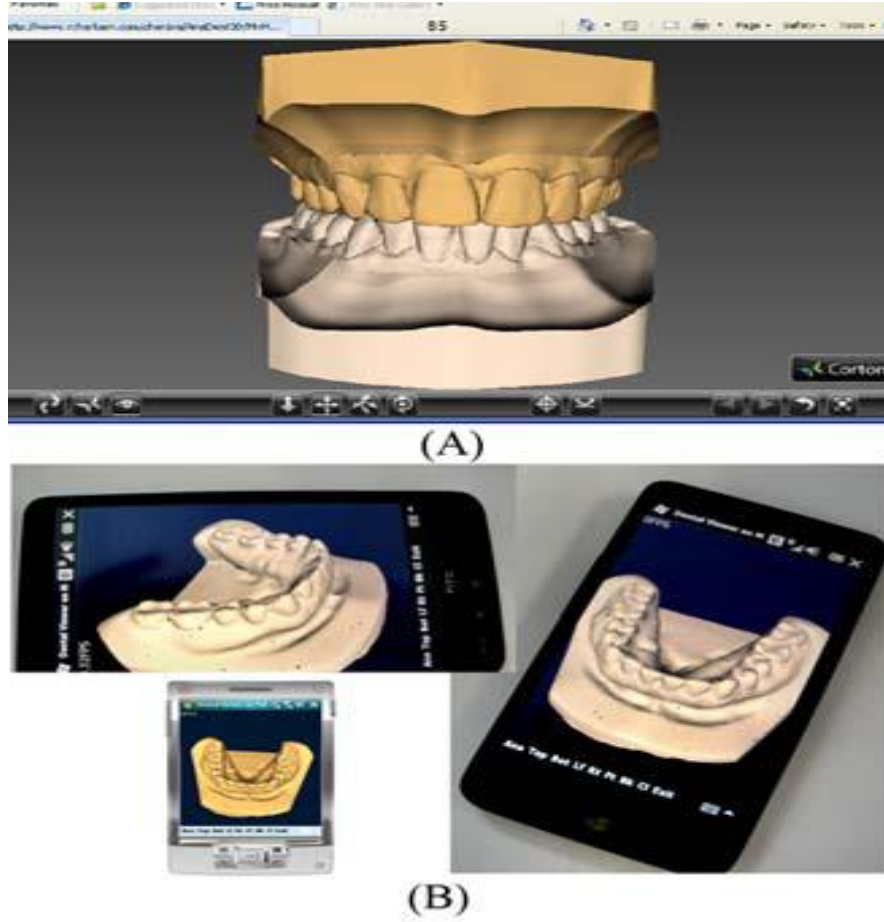
İletişim sistemi ise, kullanılan üç boyutlu data tipine bağlıdır. Üç boyutlu sayısal model dataları, 3 formatta oluşturulabilir. Bunlar;

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

STL format, tüm endüstriyel CAD/CAM uygulamaları için standart olan formattır. Kullanıcı, üç boyutlu görüntüyü elde edebilmek için, kendi bilgisayarına yazılımı yüklemek zorundadır.

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 üzerinde görüntülenmektedir (Resim 4.8A).

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, istenildiği takdirde rotasyon da yaptırılabilen bir formattır (Resim 4.8B).



Resim 4.8: VRML format (A), Düşük çözünürlüklü STL format (B) (Sinthanayothin C. International Conference on Electronics and Information Engineering. 2010)

4.2.3. Sayısal ortodontik model ile tanı ve tedavi planı

Bilgisayar ortamında elde edilen sayısal modellerde de, alçı modellerde olduğu gibi, teşhis ve tedavi planını oluşturabilmek için, dişlerin morfolojileri ve pozisyonları, tüm dental ark içerisinde birbirleri ile olan ilişkileri, alveolar yapılar, bir bütün olarak incelenebilmektedir.

Whetten ve ark. (167), yaptıkları çalışmada, sayısal modelleri tedavi planlamaları açısından değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Farklı şiddette, Sınıf II maloklüzyona sahip, 10 hastanın tüm kayıtları, daha önce hiç sayısal model kullanmamış 20 ortodontist tarafından değerlendirilmiş, sayısal modeller ve alçı

modeller üzerinde 2 ayrı zamanda ölçüm yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, her bir ortodontistin yapmış oldukları tedavi planlamaları karşılaştırılmıştır. 11 ortodontist de, kontrol grubunu oluşturmuştur. Ortodontistlere standart bir anket verilmiş; araştırmacıların tanı, tedavi planı ve tedavi mekanikleri kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda, alçı modeller ile yapılan tedavi planlamalarında, daha fazla çekimli tedavi planı önerildiği, fakat bu farkın istatistiksel olarak, çok da anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Sayısal modellerin, Sınıf II maloklüzyonlarda ortodontik tanı ve tedavi planı için, alçı modellere göre geçerli bir alternatif olarak başarıyla kullanılabilceğini vurgulamışlardır.

Rheude ve ark. (133), 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada, tanı ve tedavi planlamasında, sayısal modeller ile alçı modellerin kullanımlarını karşılaştırmışlardır. Rastgele seçilen, 30 model seti içerisinde, Amerikan Ortodontistler Birliği kriterlerine göre 7 adet vaka seçilmiştir. Seçilen yedi vaka, yedi ortodontist tarafından, standart bir anket ile değerlendirilmiştir. Bu 7 araştırmacı, ortodonti tecrübelerine göre, 2 gruba ayrılmıştır. Araştırmacıların, sayısal modele (e-models Geodigm) göre yaptıkları tanı, tedavi planı ve tedavi mekanikleri, daha sonra alçı modeller ile yapılan planlamalarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, teşhislerin %12.8'inin, tedavi mekaniği prosedürlerinin %12'sinin ve önerilen tedavi planlamalarının da %6'sının, alçı modelleri değerlendirdikten sonra, değiştirildiğini göstermiştir. Araştırmacılar, sayısal modellerin, ortodontik teşhis ve tedavi planlamalarında başarıyla kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Mayers ve ark. (94), alçı modeller üzerindeki ölçümlerde, güvenilir bir metod olan PAR indeksinin, sayısal modeller üzerinde de geçerli ve güvenilir bir ölçüm olup olmadığını belirlemek amacıyla, bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 48 adet alçı ve 48 adet sayısal (OrthoCad) model incelenmiştir. Alçı ve sayısal modellerin genel PAR skorları arasında herhangi bir farklılık görülmemiş ve skorlar arasındaki korelasyon değerleri yüksek tespit edilmiştir. Sınıf içi güvenilirlik; hem alçı, hem de sayısal modeller açısından mükemmel olarak saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda, sayısal modellerden elde edilen PAR skorlarının, oklüzyon ölçümlerinde geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Joffe, (66) 2004 yılında yapmış olduğu yayında, OrthoCad yazılımının avantajlarından, dezavantajlarından, teşhis ve tedavi planlamalarındaki yerinden ve

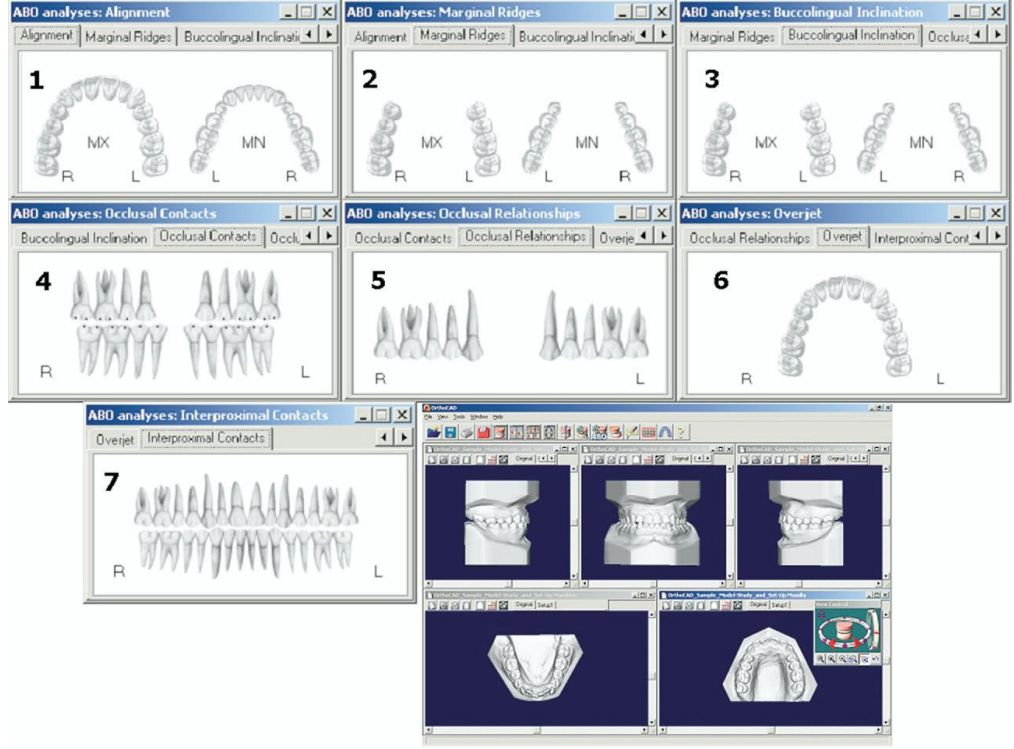
de yazılımın çeşitli özelliklerinden bahsetmiştir. Cadent firması tarafından ölçüler tarandıktan sonra, alçı modellerinin dublikasyonu bilgisayar ortamında oluşturulur. Oluşturulan sayısal modeller, her açıda bilgisayarda döndürülerek incelenebilir ve üzerinde çeşitli ölçümler yapılabilir. İsteğe göre yaklaştırılıp, uzaklaştırılabilir. Vertikal, horizontal ve transversal yönde kesitler alınarak, incelenebilir. Oklüzal temasları gösteren, oklüzogram oluşturulabilir ve çene ilişkileri bu şekilde değerlendirilebilir. Dişlerin mezio-distal genişlikleri, çapraşıklık indeksleri, Moyers, Tanaka-Johnston ve Bolton analizleri, ark genişliği ve ark uzunluğu ölçümleri, overbite ve overjet ölçümleri yapılabilmektedir. Elde edilen ölçümler, otomatik olarak yazılım içerisinde de arşivlenmektedir. Avantajları ise; alçı modellere göre saklamanın daha kolay olması, yapılan ölçümlerin daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılıp, sayısal ortamda saklanabilmesidir. Tek dezavantajı ise, hasanın tempero-mandibular eklemine uygun olacak şekilde artikülatöre alabilmenin mümkün olmamasıdır. Braket yerleştirme için de, çeşitli uygulama kolaylıkları sağlamaktadır. Sonuç olarak, OrthoCad gibi sayısal model yazılımlarının, alçı modellerin yerine geçebileceğinden ve de birçok avantaj sağladıklarından bahsetmiştir.

Tedavi alternatiflerini belirlemede de, sayısal modeller, konvansiyonel olanlara göre daha avantajlıdır. Harrell ve ark. (57), kassal ilişkileri, kapanış ve artikülsyon hareketlerini bilgisayar ortamında değerlendirerek, zaman kazandıklarını belirtmişlerdir. Sayısal ortamda oluşturulan dinamik model, tüm anatomik yapıların (diş, kas, yumuşak dokular vs.) tek tek incelenmesine de olanak sağlamaktadır. Tedavi alternatifleri ve son tedavi planlaması, bu şekilde ortodontist tarafından daha doğru ve daha az zaman harcayarak yapılabilmektedir.

Amerikan Ortodontistler Birliği'nin nesnel değerlendirme sistemine göre hastaların ortodontik tedavi sonrası kapanışlarında yedi oklüzal kriter göz önünde bulundurulup, ABO cetveli ile alçı modeller üzerinde ölçülmektedir. Bu kriterler; dişlerin sıralanması, marjinal kenarların vertikal pozisyonları, posterior dişlerin bukko-lingual eğimleri, oklüzal ilişki, oklüzal temaslar, overjet ve interproksimal temaslardır. Costalos ve ark. (34) da, 2005 yılında yaptıkları çalışmada, bu değerlendirme sistemini sayısal modeller üzerinde kullanmayı amaçlamışlardır. 24 hastanın tedavi sonrası alçı ve sayısal modelleri (OrthoCad) elde edilmiştir. Yedi oklüzal kriter, alçı ve sayısal modellerin tümünde ölçülmüştür. Yedi okluzal kriterin

ikisinde (bukko-lingual eğim ve dişlerin sıralanması), önemli derecede fark saptamışlardır. Alçı ve sayısal modeller, yedi kriterin beşi için benzer değerler göstermiştir. Çalışmanın sonunda, dişlerin sıralanması ve bukko-lingual eğim kriterleri için, OrthoCad yazılımının geliştirilmesinin gerekmesine rağmen, Amerikan Ortodontistler Birliği'nin değerlendirmesi için, sayısal modellerin alçı modellere göre uygun bir alternatif olarak görülebileceği sonucuna varılmıştır.

Okunami ve ark. da (117), 2007 yılında yaptıkları bir çalışmada, Amerikan Ortodontistler Birliği'nin nesnel derecelendirme sistemini, sayısal modeller üzerinde denemiştir (Resim 4.9). Bu çalışmada da, OrthoCad yazılımı kullanılarak oluşturulan sayısal modeller üzerinde, bilgisayar ortamında gerçekleştirilen derecelendirme sistemini değerlendirmek amaçlanmıştır. 30 adet tedavi sonrası alçı model, OrthoCad yazılımı kullanılarak taranmış ve aynı modellerin sayısal örnekleri elde edilmiştir. Hem alçı, hem de sayısal modeller, Amerikan Ortodontistler Birliği'nin geçerli olan derecelendirme sistemine ait kriterler kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonunda, oklüzal temaslar ve oklüzal ilişkiler için önemli farklar bulunmakla beraber; diş sıralanması, marjinal kenarlar ve overjet açısından bulunan farkların klinik olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. OrthoCad yazılımının desteğinin yetersiz olmasına bağlı olarak; bukko-lingual eğim, bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, kullanılan OrthoCad (Versiyon 2.2) yazılımının, Amerikan Ortodontistler Birliği'nin derecelendirme sisteminin tüm kriterlerini yerine getirebilmek için yeterli olmadığı kanısına varılmıştır. Çünkü, bu çalışmada kullanılan OrthoCad yazılımı, oklüzyon halinde iken, modellerin artikülasyon temaslarını göstermede yetersiz kalmıştır.



Resim 4.9: Amerikan Ortodontistler Birliği'nin derecelendirme sisteminin, OrthoCad yazılımında mevcut olan yedi kriteri (Okunami T. ve ark. AJODO 2007;131:51-6)

Hildebrand ve ark. (60) da, Amerikan Ortodontistler Birliği'nin kriterlerini hem alçı, hem de sayısal modeller üzerinde ölçerek, karşılaştırma yapmayı amaçlamışlardır. 36 adet, bitmiş ortodonti hastasının alçı modelleri ve sayısal modelleri (OrthoCad) çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada, 2 yöntem kullanılmıştır. Yöntemlerden biri, alçı modeller üzerinde kullanılmak üzere tasarlanmış ABO cetveli ve diğeri ise, ABO kriterlerini sağlayan OrthoCad yazılımıdır. Hem alçı, hem de sayısal modeller için, sınıf içi güvenilirlik oldukça yüksek çıkmıştır. Tüm skorların ortalaması karşılaştırıldığında ise, alçı modeller ve sayısal modeller arasında önemli farklar tespit edilmiştir. Sayısal modellerden elde edilen skorlar, alçı modellerden elde edilen skorları ortalama; 9.0 ± 5.4 puan geçmiştir. Bu farklılık, 3 adet kriterde daha çok kendini göstermektedir. Bu kriterler; diş sıralanması, oklüzal temaslar ve overjet'tir. Sonuç olarak, OrthoCad (Versiyon 2.66) alçı modeller üzerinde kullanılmak üzere tasarlanmış ABO cetveli ile aynı sonuçları verememektedir. Test edilen programda, sayısal modeller kapanış sırasında doğru

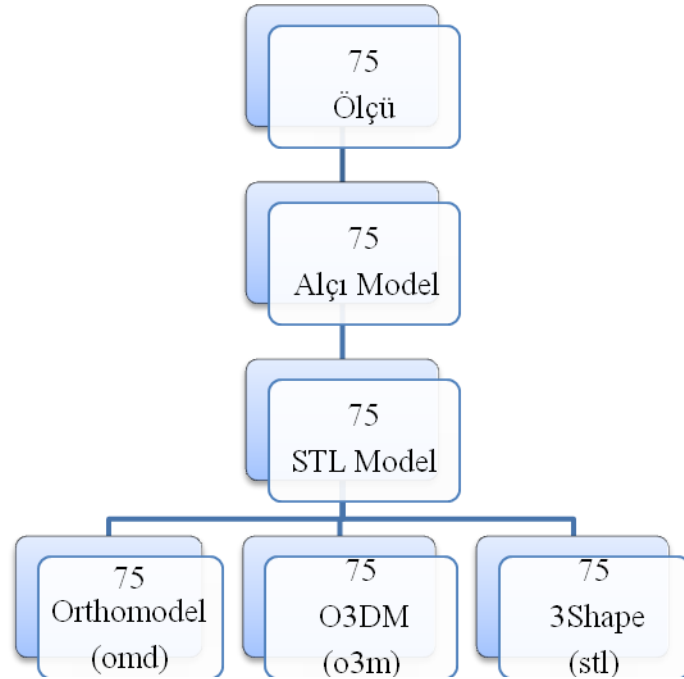
sonuçlar vermemektedir. Bu durum, overjet ve oklüzal temaslar gibi diş ilişkileri ve ölçümlerde de hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Dolayısıyla, OrthoCad yazılımının değerlendirme sistemi, manuel ABO cetveli ile aynı sonuçları veremediğinden, bazı ölçümler için kullanılması sakıncalıdır.

Tanı ve tedavi planlamalarında kullanıma girmiş olan sayısal modellerin, alçı modeller ile aynı hassasiyette olduğu birçok araştırmada gösterilmiştir (133,167). Günümüze kadar araştırmacılar, sadece tek bir programın özellikleri ile analizlerini veya alçı modeller ile sayısal modellerin farklarını incelemişlerdir ve aynı materyal üzerinde farklı yazılımlar kullanılarak ölçümler gerçekleştirmemişlerdir. Bu çalışmada, aynı hasta grubuna ait modellerin farklı yazılımlarda incelenmesiyle, yazılımların olası farklılıklarının ortaya çıkarılması ve sayısal ortodontik model analizinde kullanılan 3 farklı yazılımın etkinliğinin ve ne kadar kullanıcı dostu olduklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Gereç

Araştırmamızın gerecini, Marmara Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi için başvuran, Sınıf I (25 adet) , Sınıf II (25 adet) ve Sınıf III (25 adet) maloklüzyonlara sahip bireylerin başlangıç, alt ve üst sayısal modelleri ve 3 adet yazılım (Orthomodel, O3DM, 3Shape Orthoanalyzer) oluşturmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Modellerin farklı yazılımlarda oluşturulması

Araştırma grubu oluşturulurken, olgular, aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurularak seçilmiştir:

- Bireylerin eksiksiz daimi diş dizilimine sahip olmaları,
- İki (DO-MO) veya üç yüzlü (MOD) dolgu veya protetik uygulamaların olmaması,
- Dişlerde herhangi bir dental anomali, atrizyon veya çürük bulunmaması,

- Daha önce herhangi bir ortodontik tedavi görmemiş olmaları.

5.2. Yöntem

5.2.1. Ortodontik modellerin elde edilmesi

Hastalara uygun, dişli, plastik ölçü kaşıkları seçilerek, aljinat ölçü maddesi (Cavex, Holland) ile alt ve üst çenelerden ölçüler alınmıştır. Modeller hazırlanırken, alt ve üst çenelerin ilişkilerini belirlemek amacıyla, pembe mum ile kapanış alınmıştır.

Elde edilen ölçüler, sayısal ortodontik model elde edilebilmesi amacıyla, kapanışlarıyla birlikte firma tarafından gönderilen özel kutularla paketlenerek, sayısal modeli hazırlayacak olan Orthomodel'e (Türkiye) kargoyla gönderilmiştir. Firmaya yollanan ölçülerin alçıları laboratuvarda dökülmüş ve dökülen modeller, lazer tarayıcıyla taranmıştır. 3Shape R700 lazer yüzey tarayıcısı, alçı modelin şeklini, hareket ettirerek ve yüksek çözünürlükte 3 eksenli, 2 kamera ve 1 lazer kullanarak tek taramada kayıt etmektedir. Tek çene alçı modelin taranması, yaklaşık 60-75sn sürmektedir.

Elde edilen ölçülerin, firmanın eline ulaşmasından 3 iş günü sonra, sayısal modeller internet ortamından yüklenmiştir. Kargo aracılığıyla gönderilen aljinat ölçülerden elde edilen alçı modellerin taranmasıyla oluşturulan sayısal modellerin STL formatları kullanılarak, aynı sayısal modeller 3Shape Orthoanalyzer (Danimarka) ve O3DM (Polonya) firmaları tarafından da oluşturulmuştur. Ölçümler 1 araştırmacı tarafından, 1'er hafta arayla, 3 kez tekrarlanmıştır.

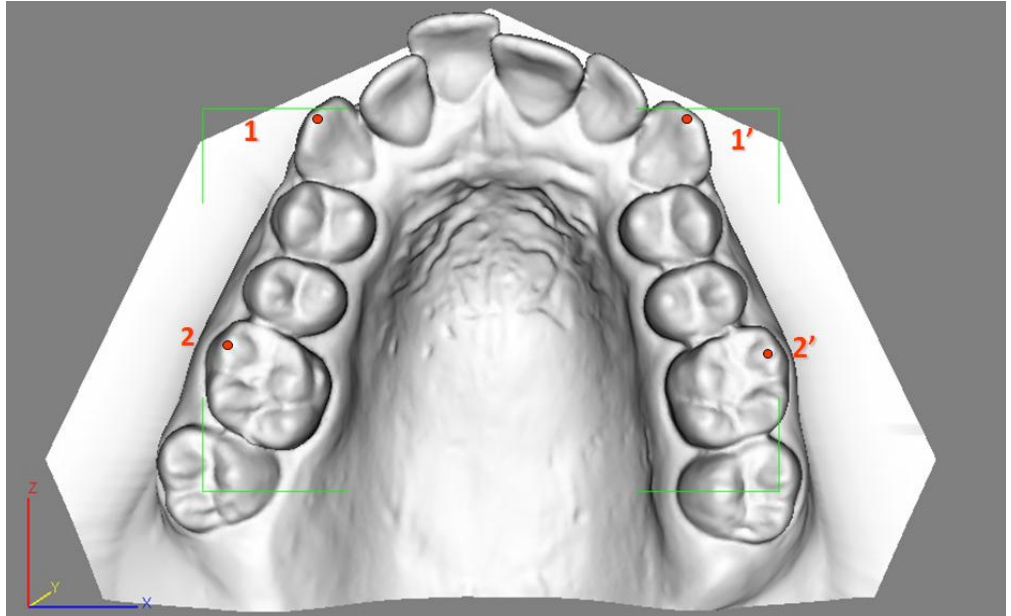
5.2.2. Modellerin değerlendirilmesi

Altın standart oluşturabilmek için, bu çalışmanın öncesinde bir pilot çalışma yapılmıştır. Alçı modeller ile sayısal model yazılımları karşılaştırılarak, araştırmacının güvenilir olduğu ispatlanmıştır. Pilot çalışmada, 10 adet alçı model ve de aynı modellerin sayısal modelleri kullanılmıştır. Kullanılan sayısal model yazılımları; Orthomodel ve O3DM'dir. Ölçülen parametreler; dişlerin mezio-distal

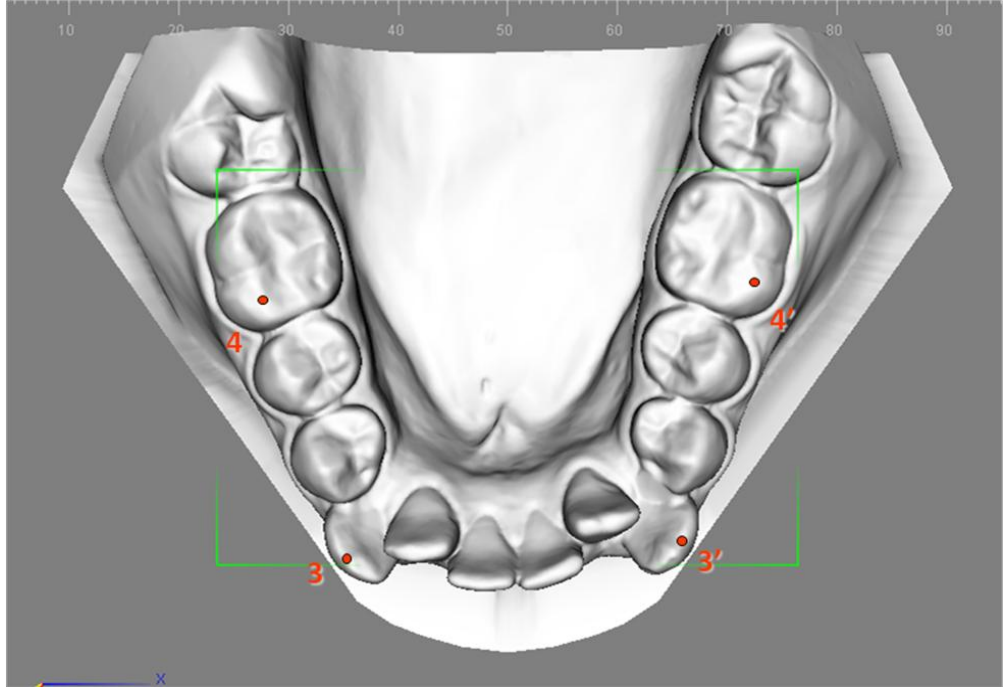
genişlikleri ile üst ve alt interkanin ve intermolar mesafeler olmuştur. Ölçümler, 2 araştırmacı tarafından, en az 2 hafta arayla, toplamda 3 kez tekrarlanmıştır. Araştırmacılardan biri, 3 yıllık ortodonti doktora öğrencisi iken, diğer araştırmacı da 2 senelik ortodonti uzmanı olmuştur. Alçı modellerdeki ölçümler, yaklaşık 0.01mm'lik hassasiyete sahip sayısal kumpas ile yapılmıştır. Sayısal modellerde de, yaklaşık aynı hassasiyette ölçümler yapıldıktan sonra; sonuçlar alçı model ölçümlerinin, interkanin ve intermolar mesafeler dışında, sayısal model ölçümlerinden daha büyük olduğunu göstermiştir. Fakat, meydana gelen bu farklılığın, klinik olarak önemli olmadığı belirtilmiştir.

Çalışmamızda, modellerin değerlendirilmesinde, üst ve alt çenede toplam 56 adet nokta kullanılmıştır.

1. Ü3T: Üst sağ ve sol 3 no'lu dişlerin tüberkül tepeleridir (Resim 5.1).
2. Ü6BT: Üst sağ ve sol 6 no'lu dişlerin mezio-bukkal tüberkül tepeleridir (Resim 5.1).
3. A3T: Alt sağ ve sol 3 no'lu dişlerin tüberkül tepeleridir (Resim 5.2).
4. A6BT: Alt sağ ve sol 6 no'lu dişlerin mezio-bukkal tüberkül tepeleridir (Resim 5.2).



Resim 5.1: Üst çenede kanin ve 1. büyük azı mesiobukkal tüberkül tepeleri



Resim 5.2: Alt çenede kanin ve 1. büyük azı mesiobukkal tüberkül tepeleri

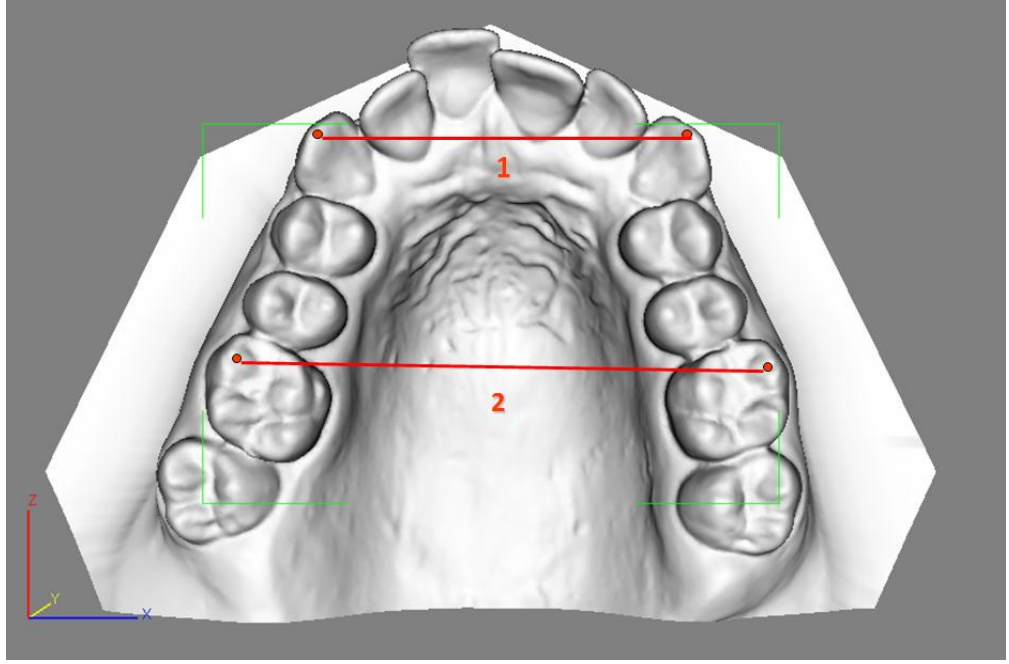
5.2.3. Uygulanan ölçümler

Çalışmamızda, toplam 28 adet ölçüm, 1 araştırmacı tarafından, 1 hafta arayla, 3'er kere yapılmıştır. Sayısal ortodontik model ölçümleri; Orthomodel, 3Shape Ortoanalyzer ve O3DM programları ile 1280x800 çözünürlükte ekran, 64 bit işletim sistemi, 2.27GHz işlemci, 4.00 GB RAM (3.86 kullanılabilir yüklü bellek)'e sahip dizüstü bilgisayarda yapılmıştır. Ölçümler yapılırken, özel bir mouse kullanılmıştır. Kullanılan mouse, Logitech MX 1100 kablosuz lazer mouse'tır. Pikseller şeklinde görüntüyü ayırabilecek, ayarlanabilir dpi lazer özelliği bulunmaktadır.

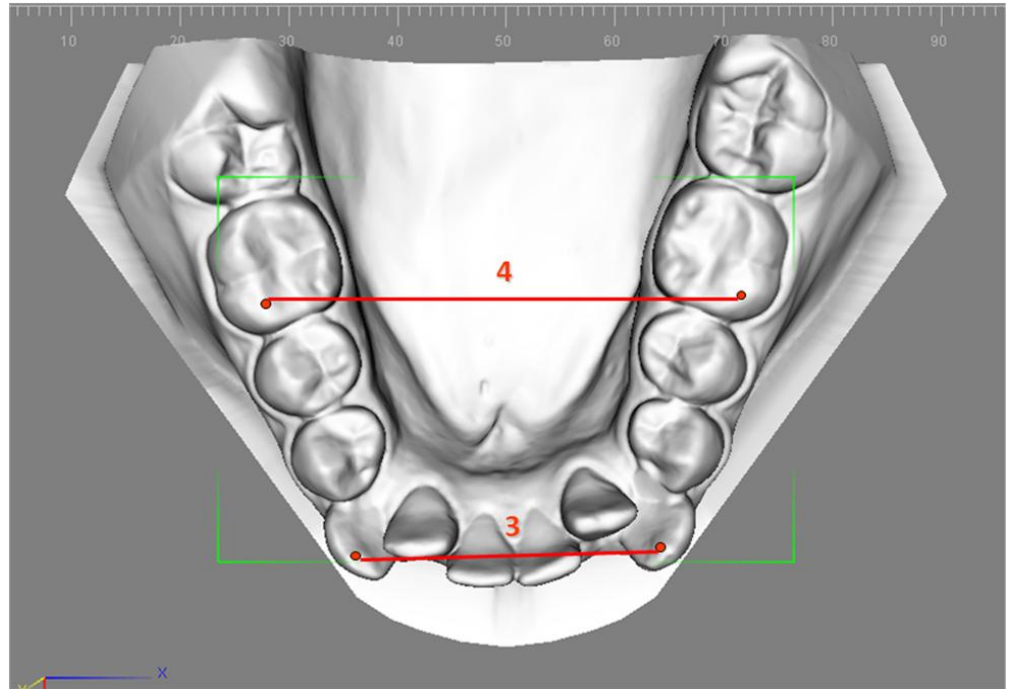
İnterkanin ve intermolar mesafeler;

1. Sağ ve sol Ü3T noktaları arası mesafedir (Resim 5.3).
2. Sağ ve sol Ü6BT noktaları arası mesafedir (Resim 5.3).
3. Sağ ve sol A3T noktaları arası mesafedir (Resim 5.4).
4. Sağ ve sol A6BT noktaları arası mesafedir (Resim 5.4).

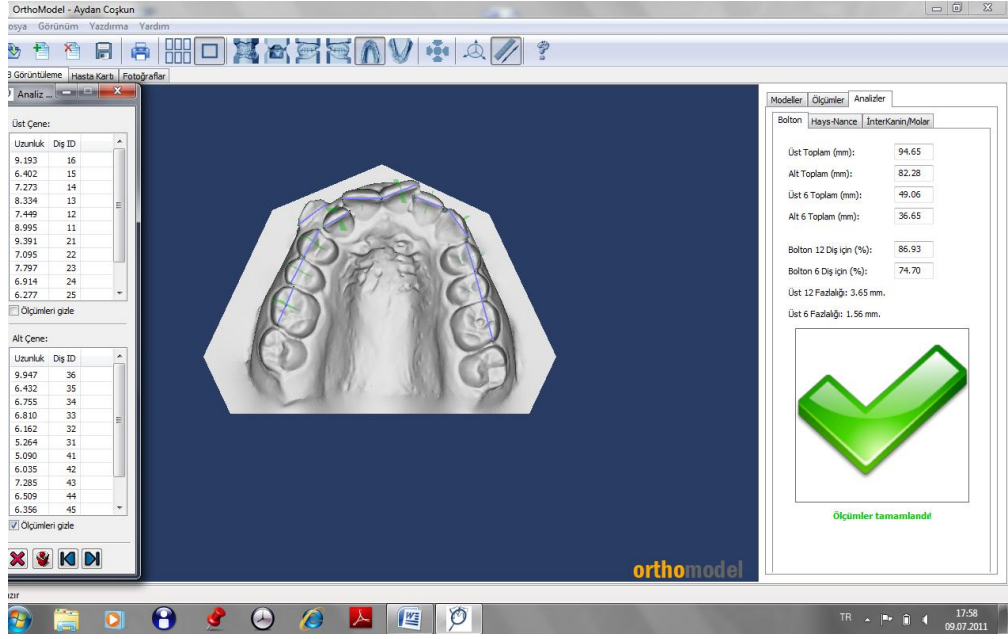
Birinci büyük azılar arasındaki her dişin mezio-distal genişliği de, ölçümlere dahil edilmiştir.



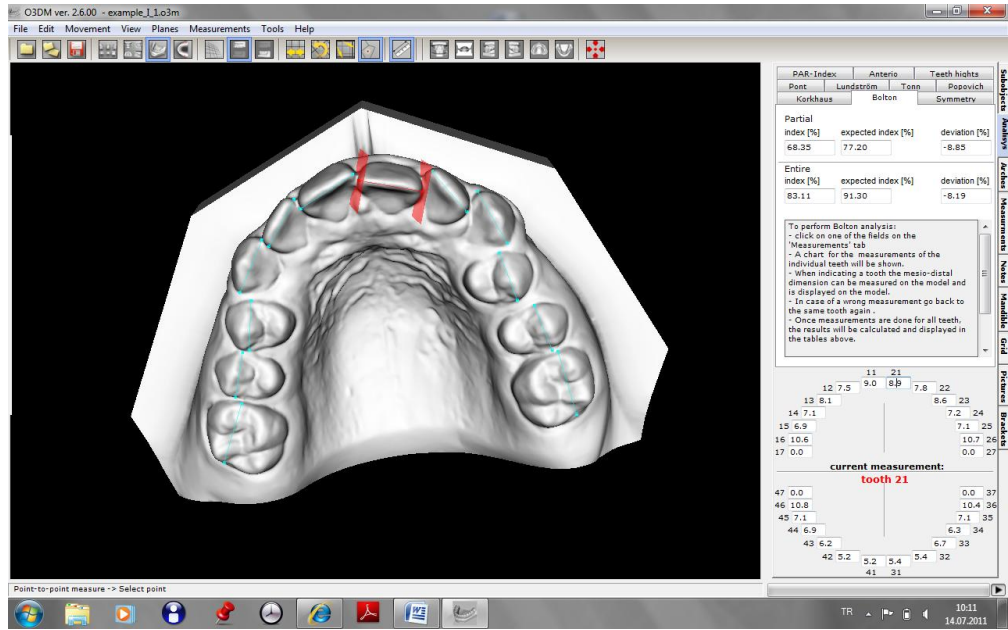
Resim 5.3: Üst interkanin ve intermolar mesafeler



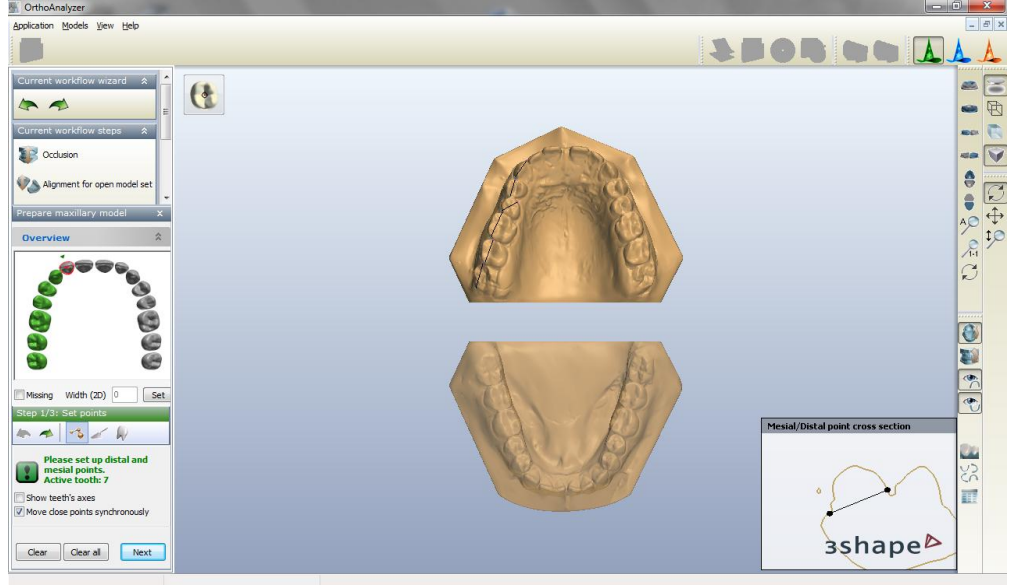
Resim 5.4: Alt interkanin ve intermolar mesafeler



Resim 5.5: OrthoModel programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması



Resim 5.6: O3DM programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması



Resim 5.7: 3Shape OrthoAnalyzer programı ile sayısal model ölçümlerinin yapılması

5.3. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için, NCSS 2007&PASS 2008 Statistical Software (Utah, USA) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken, parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında, Oneway Anova testi kullanılmıştır. Metod hatasının tespitinde, two way random intraclass correlation coefficient (ICC) katsayısı hesaplanmıştır. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

6. BULGULAR

Sayısal modellerde araştırmacı tarafından yapılan ölçümlerde, gözlemciye ait korelasyon katsayısının, hem üst hem de alt çene ölçümlerinde 0.863 ile 1.000 değerleri arasında olduğu ve %95 güven aralığı değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. En düşük güven aralığı ölçümlerinin, üst sol birinci büyük azı mezio-distal genişlikte olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.1).

Tablo 6.1: Metod hatası

Diş No	Orthomodel		O3DM		3Shape	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,993	0,990- 0,995	0,981	0,973- 0,987	0,991	0,987- 0,994
12	0,992	0,988- 0,995	0,984	0,977- 0,990	0,990	0,985- 0,993
13	0,994	0,991- 0,996	0,986	0,979- 0,990	0,990	0,985- 0,993
14	0,986	0,980- 0,991	0,973	0,961- 0,982	0,977	0,967- 0,985
15	0,987	0,981- 0,991	0,965	0,949- 0,976	0,980	0,970- 0,986
16	0,986	0,979- 0,991	0,969	0,955- 0,979	0,970	0,957- 0,980
21	0,992	0,989- 0,995	0,984	0,977- 0,989	0,992	0,988- 0,994
22	0,991	0,986- 0,994	0,981	0,973- 0,968	0,987	0,982- 0,992
23	0,985	0,977- 0,990	0,974	0,962- 0,983	0,979	0,969- 0,986
24	0,987	0,981- 0,991	0,971	0,957- 0,980	0,981	0,972- 0,987
25	0,978	0,968- 0,985	0,944	0,919- 0,962	0,970	0,956- 0,980
26	0,904	0,863- 0,904	0,988	0,982- 0,988	0,991	0,987- 0,994

		0,935		0,992		0,994
31	0,981	0,973- 0,988	0,968	0,954- 0,979	0,975	0,964- 0,984
32	0,987	0,982- 0,992	0,972	0,960- 0,981	0,981	0,973- 0,987
33	0,987	0,981- 0,991	0,968	0,953- 0,978	0,981	0,972- 0,987
34	0,981	0,973- 0,987	0,975	0,964- 0,984	0,975	0,964- 0,983
35	0,983	0,976- 0,989	0,972	0,960- 0,981	0,979	0,970- 0,986
36	0,992	0,988- 0,994	0,979	0,969- 0,986	0,988	0,983- 0,992
41	0,976	0,965- 0,984	0,947	0,923- 0,964	0,968	0,954- 0,979
42	0,978	0,968- 0,985	0,959	0,941- 0,973	0,978	0,968- 0,986
43	0,988	0,983- 0,992	0,979	0,969- 0,985	0,981	0,92- 0,987
44	0,987	0,982- 0,992	0,976	0,966- 0,984	0,977	0,966- 0,984
45	0,985	0,978- 0,990	0,972	0,960- 0,982	0,979	0,970- 0,986
46	0,987	0,981- 0,991	0,982	0,973- 0,988	0,988	0,983- 0,992
Üst interkanin	0,998	0,998- 0,999	0,999	0,998- 0,999	0,999	0,998- 0,999
Üst intermolar	1,000	1,000- 1,000	0,999	0,999- 0,999	0,999	0,999- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,999- 0,999	0,998	0,998- 0,999	0,999	0,998- 0,999
Alt intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,999- 1,000	0,999	0,998- 0,999

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

Tüm modellerde yüksek sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) tespit edilmiştir. Mezio-distal genişliklerde, “Orthomodel”, 0.904 ile 0.994 arasında, “O3DM” , 0.944 ile 0.988 arasında ve “3Shape” de, 0.968 ile 0.992 arasında ICC değerlerine sahiptir. İnterkanin ve intermolar mesafe ölçümlerinde de, sınıf içi korelasyon katsayıları 0.998 ile 1.000 arası değerlere sahiptir. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.1).

Tablo 6.2: Sınıf I olgularda metod hatası

Diş No	Sınıf I					
	Orthomodel		O3DM		3Shape	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,994	0,987- 0,997	0,993	0,987- 0,997	0,992	0,985- 0,996
12	0,994	0,988- 0,997	0,992	0,984- 0,996	0,992	0,984- 0,996
13	0,995	0,990- 0,998	0,995	0,989- 0,997	0,990	0,981- 0,995
14	0,981	0,963- 0,991	0,984	0,969- 0,992	0,978	0,958- 0,990
15	0,985	0,970- 0,993	0,978	0,958- 0,990	0,970	0,943- 0,986
16	0,965	0,934- 0,983	0,982	0,966- 0,991	0,929	0,867- 0,965
21	0,992	0,985- 0,996	0,993	0,986- 0,996	0,993	0,987- 0,997
22	0,991	0,983- 0,996	0,990	0,981- 0,995	0,989	0,978- 0,995
23	0,986	0,94- 0,994	0,991	0,983- 0,996	0,983	0,968- 0,992
24	0,989	0,978- 0,995	0,988	0,977- 0,994	0,978	0,958- 0,990
25	0,972	0,947- 0,987	0,970	0,943- 0,986	0,961	0,926- 0,981
26	0,958	0,953- 0,994	0,988	0,977- 0,994	0,975	0,953- 0,992

		0,966		0,994		0,988
31	0,990	0,980- 0,995	0,990	0,981- 0,995	0,982	0,965- 0,991
32	0,988	0,977- 0,994	0,984	0,970- 0,992	0,978	0,958- 0,989
33	0,983	0,968- 0,992	0,979	0,959- 0,990	0,976	0,954- 0,989
34	0,980	0,962- 0,991	0,988	0,977- 0,994	0,975	0,953- 0,988
35	0,985	0,971- 0,993	0,985	0,971- 0,993	0,976	0,955- 0,989
36	0,993	0,987- 0,997	0,986	0,972- 0,993	0,986	0,973- 0,993
41	0,976	0,954- 0,989	0,970	0,942- 0,985	0,962	0,928- 0,982
42	0,974	0,951- 0,988	0,984	0,969- 0,992	0,975	0,952- 0,98
43	0,992	0,984- 0,996	0,990	0,981- 0,995	0,989	0,978- 0,995
44	0,983	0,967- 0,992	0,988	0,976- 0,994	0,980	0,961- 0,990
45	0,985	0,971- 0,993	0,990	0,980- 0,995	0,972	0,947- 0,987
46	0,979	0,960- 0,990	0,992	0,984- 0,996	0,988	0,976- 0,994
Üst interkanin	0,997	0,994- 0,999	0,999	0,999- 1,000	0,999	0,998- 0,999
Üst intermolar	1,000	1,000- 1,000	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,998- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,998- 1,000	0,999	0,999- 1,000	0,998	0,996- 0,999
Alt intermolar	1,000	0,999- 1,000	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,999- 1,000

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

Mezio-distal genişlikler değerlendirildiğinde; Sınıf I olgularda, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri, “Orthomodel” yazılımında, 0.958 ile 0.995 arasında, “O3DM” yazılımında, 0.970 ile 0.995 arasında ve “3Shape” yazılımında da, 0.929 ile 0.993 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafe ölçümlerinde de, sınıf içi korelasyon katsayıları, 0.997 ile 1.000 arasında değişmektedir. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.2).

Tablo 6.3: Sınıf II olgularda metod hatası

Diş No	Sınıf II					
	Orthomodel		O3dm		3Shape	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,993	0,986- 0,997	0,981	0,963- 0,991	0,989	0,979- 0,995
12	0,991	0,982- 0,996	0,985	0,971- 0,993	0,987	0,974- 0,994
13	0,995	0,990- 0,997	0,989	0,979- 0,995	0,989	0,978- 0,995
14	0,988	0,977- 0,994	0,979	0,960- 0,990	0,967	0,938- 0,984
15	0,981	0,964- 0,991	0,957	0,919- 0,979	0,972	0,946- 0,986
16	0,992	0,985- 0,996	0,984	0,969- 0,992	0,984	0,969- 0,992
21	0,994	0,989- 0,997	0,985	0,970- 0,993	0,992	0,985- 0,996
22	0,990	0,980- 0,995	0,978	0,958- 0,989	0,980	0,962- 0,991
23	0,985	0,972- 0,993	0,977	0,956- 0,989	0,973	0,948- 0,987
24	0,981	0,964- 0,991	0,956	0,917- 0,979	0,970	0,944- 0,986
25	0,979	0,960- 0,990	0,966	0,936- 0,984	0,967	0,938- 0,984
26	0,996	0,993- 0,999	0,993	0,987- 0,999	0,996	0,993- 0,999

		0,998		0,997		0,998
31	0,943	0,892- 0,972	0,909	0,833- 0,956	0,942	0,891- 0,972
32	0,988	0,976- 0,994	0,971	0,944- 0,986	0,975	0,953- 0,988
33	0,988	0,977- 0,994	0,967	0,938- 0,984	0,976	0,954- 0,989
34	0,981	0,963- 0,991	0,964	0,932- 0,983	0,964	0,931- 0,983
35	0,985	0,971- 0,993	0,970	0,943- 0,986	0,981	0,963- 0,991
36	0,991	0,982- 0,996	0,978	0,958- 0,989	0,988	0,977- 0,994
41	0,961	0,927- 0,982	0,906	0,827- 0,954	0,930	0,870- 0,966
42	0,975	0,953- 0,988	0,966	0,935- 0,984	0,973	0,948- 0,987
43	0,985	0,971- 0,993	0,982	0,966- 0,992	0,971	0,944- 0,986
44	0,989	0,978- 0,995	0,971	0,945- 0,986	0,977	0,956- 0,989
45	0,980	0,962- 0,991	0,956	0,916- 0,979	0,971	0,945- 0,986
46	0,993	0,986- 0,997	0,976	0,955- 0,989	0,983	0,967- 0,992
Üst interkanin	0,999	0,998- 1,000	0,998	0,995- 0,999	0,998	0,997- 0,999
Üst intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,998	0,996- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,997- 0,999	0,996	0,993- 0,998	0,999	0,997- 0,999
Alt intermolar	0,999	0,998- 1,000	0,998	0,997- 0,999	0,995	0,991- 0,998

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

Mezio-distal genişlikler değerlendirildiğinde; Sınıf II olgularda, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri, “Orthomodel” yazılımında, 0.943 ile 0.996 arasında, “O3DM” yazılımında, 0.906 ile 0.993 arasında ve “3Shape” yazılımında da, 0.942 ile 0.996 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafe ölçümlerinde de, sınıf içi korelasyon katsayısının, 0.995 ile 1.000 arasında değiştiği görülmüştür. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3).

Tablo 6.4: Sınıf III olgularda metod hatası

Diş No	Sınıf III					
	Orthomodel		O3DM		3Shape	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,993	0,986- 0,997	0,968	0,939- 0,985	0,991	0,983- 0,996
12	0,991	0,982- 0,995	0,975	0,953- 0,988	0,990	0,981- 0,995
13	0,989	0,978- 0,995	0,962	0,928- 0,982	0,989	0,979- 0,995
14	0,988	0,976- 0,994	0,959	0,923- 0,981	0,987	0,975- 0,994
15	0,989	0,979- 0,995	0,946	0,898- 0,974	0,988	0,976- 0,994
16	0,991	0,983- 0,996	0,927	0,864- 0,965	0,982	0,966- 0,991
21	0,990	0,982- 0,995	0,975	0,951- 0,988	0,989	0,979- 0,995
22	0,990	0,980- 0,995	0,973	0,948- 0,987	0,990	0,981- 0,995
23	0,977	0,955- 0,989	0,935	0,879- 0,969	0,974	0,950- 0,987
24	0,986	0,973- 0,993	0,956	0,918- 0,979	0,987	0,975- 0,994
25	0,978	0,959- 0,990	0,886	0,794- 0,944	0,981	0,963- 0,991

26	0,994	0,988- 0,997	0,974	0,951- 0,988	0,992	0,985- 0,996
31	0,975	0,952- 0,968	0,931	0,871- 0,966	0,970	0,942- 0,986
32	0,987	0,974- 0,994	0,960	0,925- 0,981	0,989	0,978- 0,995
33	0,989	0,979- 0,995	0,959	0,923- 0,980	0,988	0,978- 0,995
34	0,981	0,964- 0,991	0,970	0,943- 0,970	0,982	0,966- 0,991
35	0,981	0,964- 0,991	0,962	0,928- 0,982	0,981	0,963- 0,991
36	0,991	0,983- 0,996	0,973	0,949- 0,987	0,991	0,983- 0,996
41	0,976	0,954- 0,989	0,938	0,884- 0,970	0,980	0,961- 0,990
42	0,984	0,969- 0,992	0,935	0,879- 0,969	0,986	0,974- 0,994
43	0,985	0,971- 0,993	0,953	0,912- 0,978	0,981	0,964- 0,991
44	0,989	0,979- 0,995	0,973	0,948- 0,987	0,972	0,947- 0,987
45	0,986	0,974- 0,993	0,964	0,932- 0,983	0,989	0,978- 0,995
46	0,991	0,983- 0,996	0,970	0,944- 0,986	0,992	0,984- 0,996
Üst interkanin	0,999	0,999- 1,000	0,999	0,998- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Üst intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,998- 1,000	1,000	0,999- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,999- 1,000	0,998	0,997- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Alt intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,998- 1,000	1,000	0,999- 1,000

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

Mezio-distal genişlikler değerlendirildiğinde; Sınıf III olgularda, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri, “Orthomodel” yazılımında, 0.975 ile 0.994 arasında, “O3DM” yazılımında, 0.886 ile 0.975 arasında ve “3Shape” yazılımında da, 0.970 ile 0.992 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafe ölçümlerinde de, sınıf içi korelasyon katsayısı değerlerinin, 0.998 ile 1.000 arası değiştiği gözlenmiştir. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.4).

Tablo 6.5: Orthomodel ‘de metod hatası

Diş No	Orthomodel					
	Sınıf I		Sınıf II		Sınıf III	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,994	0,987- 0,997	0,993	0,986- 0,997	0,993	0,986- 0,997
12	0,994	0,988- 0,997	0,991	0,982- 0,996	0,991	0,982- 0,995
13	0,995	0,990- 0,998	0,995	0,990- 0,997	0,989	0,978- 0,995
14	0,981	0,963- 0,991	0,988	0,977- 0,994	0,988	0,976- 0,994
15	0,985	0,970- 0,993	0,981	0,964- 0,991	0,989	0,979- 0,995
16	0,965	0,934- 0,983	0,992	0,985- 0,996	0,991	0,983- 0,996
21	0,992	0,985- 0,996	0,994	0,989- 0,997	0,990	0,982- 0,995
22	0,991	0,983- 0,996	0,990	0,980- 0,995	0,990	0,980- 0,995
23	0,986	0,940- 0,994	0,985	0,972- 0,993	0,977	0,955- 0,989
24	0,989	0,978- 0,995	0,981	0,964- 0,991	0,986	0,973- 0,993
25	0,972	0,947- 0,987	0,979	0,960- 0,990	0,978	0,959- 0,990

26	0,958	0,953- 0,966	0,996	0,993- 0,998	0,994	0,988- 0,997
31	0,990	0,980- 0,995	0,943	0,892- 0,972	0,975	0,952- 0,968
32	0,988	0,977- 0,994	0,988	0,976- 0,994	0,987	0,974- 0,994
33	0,983	0,968- 0,992	0,988	0,977- 0,994	0,989	0,979- 0,995
34	0,980	0,962- 0,991	0,981	0,963- 0,991	0,981	0,964- 0,991
35	0,985	0,971- 0,993	0,985	0,971- 0,993	0,981	0,964- 0,991
36	0,993	0,987- 0,997	0,991	0,982- 0,996	0,991	0,983- 0,996
41	0,976	0,954- 0,989	0,961	0,927- 0,982	0,976	0,954- 0,989
42	0,974	0,951- 0,988	0,975	0,953- 0,988	0,984	0,969- 0,992
43	0,992	0,984- 0,996	0,985	0,971- 0,993	0,985	0,971- 0,993
44	0,983	0,967- 0,992	0,989	0,978- 0,995	0,989	0,979- 0,995
45	0,985	0,971- 0,993	0,980	0,962- 0,991	0,986	0,974- 0,993
46	0,979	0,960- 0,990	0,993	0,986- 0,997	0,991	0,983- 0,996
Üst interkanin	0,997	0,994- 0,999	0,999	0,998- 1,000	0,999	0,999- 1,000
Üst intermolar	1,000	1,000- 1,000	1,000	0,999- 1,000	1,000	0,999- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,998- 1,000	0,999	0,997- 0,999	0,999	0,999- 1,000
Alt intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,999	0,998- 1,000	1,000	0,999- 1,000

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

Orthomodel yazılımında, mezio-distal genişlikler karşılaştırıldığında, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri; “Sınıf I” modellerde, 0.958 ile 0.995 arasında, “Sınıf II” modellerde, 0.961 ile 0.995 arasında ve “Sınıf III” modellerde de, 0.975 ile 0.994 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafeler değerlendirildiğinde, sınıf içi korelasyon katsayılarının da, 0.997 ile 1.000 arasında değiştiği görülmüştür. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.5).

Tablo 6.6: O3DM ‘de metod hatası

Diş No	O3DM					
	Sınıf I		Sınıf II		Sınıf III	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,993	0,987- 0,997	0,981	0,963- 0,991	0,968	0,939- 0,985
12	0,992	0,984- 0,996	0,985	0,971- 0,993	0,975	0,953- 0,988
13	0,995	0,989- 0,997	0,989	0,979- 0,995	0,962	0,928- 0,982
14	0,984	0,969- 0,992	0,979	0,960- 0,990	0,959	0,923- 0,981
15	0,978	0,958- 0,990	0,957	0,919- 0,979	0,946	0,898- 0,974
16	0,982	0,966- 0,991	0,984	0,969- 0,992	0,927	0,864- 0,965
21	0,993	0,986- 0,996	0,985	0,970- 0,993	0,975	0,951- 0,988
22	0,990	0,981- 0,995	0,978	0,958- 0,989	0,973	0,948- 0,987
23	0,991	0,983- 0,996	0,977	0,956- 0,989	0,935	0,879- 0,969
24	0,988	0,977- 0,994	0,956	0,917- 0,979	0,956	0,918- 0,979
25	0,970	0,943- 0,986	0,966	0,936- 0,984	0,886	0,794- 0,944
26	0,988	0,977- 0,994	0,993	0,987- 0,994	0,974	0,951- 0,988

		0,994		0,997		0,988
31	0,990	0,981- 0,995	0,909	0,833- 0,956	0,931	0,871- 0,966
32	0,984	0,970- 0,992	0,971	0,944- 0,986	0,960	0,925- 0,981
33	0,979	0,959- 0,990	0,967	0,938- 0,984	0,959	0,923- 0,980
34	0,988	0,977- 0,994	0,964	0,932- 0,983	0,970	0,943- 0,970
35	0,985	0,971- 0,993	0,970	0,943- 0,986	0,962	0,928- 0,982
36	0,986	0,972- 0,993	0,978	0,958- 0,989	0,973	0,949- 0,987
41	0,970	0,942- 0,985	0,906	0,827- 0,954	0,938	0,884- 0,970
42	0,984	0,969- 0,992	0,966	0,935- 0,984	0,935	0,879- 0,969
43	0,990	0,981- 0,995	0,982	0,966- 0,992	0,953	0,912- 0,978
44	0,988	0,976- 0,994	0,971	0,945- 0,986	0,973	0,948- 0,987
45	0,990	0,980- 0,995	0,956	0,916- 0,979	0,964	0,932- 0,983
46	0,992	0,984- 0,996	0,976	0,955- 0,989	0,970	0,944- 0,986
Üst interkanin	0,999	0,999- 1,000	0,998	0,995- 0,999	0,999	0,998- 0,999
Üst intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,998	0,996- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Alt interkanin	0,999	0,999- 1,000	0,996	0,993- 0,998	0,998	0,997- 0,999
Alt intermolar	1,000	0,999- 1,000	0,998	0,997- 0,999	0,999	0,998- 1,000

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

O3DM yazılımında, mezio-distal genişlikler karşılaştırıldığında, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri; “Sınıf I” modellerde, 0.970 ile 0.995 arasında, “Sınıf II” modellerde, 0.906 ile 0.993 arasında ve “Sınıf III” modellerde de, 0.886 ile 0.975 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafeler değerlendirildiğinde, sınıf içi korelasyon katsayılarının da, 0.998 ile 1.000 arasında değiştiği görülmüştür. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de, güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.6).

Tablo 6.7: 3Shape ‘de metod hatası

Diş No	3Shape					
	Sınıf I		Sınıf II		Sınıf III	
	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI	ICC	%95 CI
11	0,992	0,985- 0,996	0,989	0,979- 0,995	0,991	0,983- 0,996
12	0,992	0,984- 0,996	0,987	0,974- 0,994	0,990	0,981- 0,995
13	0,990	0,981- 0,995	0,989	0,978- 0,995	0,989	0,979- 0,995
14	0,978	0,958- 0,990	0,967	0,938- 0,984	0,987	0,975- 0,994
15	0,970	0,943- 0,986	0,972	0,946- 0,986	0,988	0,976- 0,994
16	0,929	0,867- 0,965	0,984	0,969- 0,992	0,982	0,966- 0,991
21	0,993	0,987- 0,997	0,992	0,985- 0,996	0,989	0,979- 0,995
22	0,989	0,978- 0,995	0,980	0,962- 0,991	0,990	0,981- 0,995
23	0,983	0,968- 0,992	0,973	0,948- 0,987	0,974	0,950- 0,987
24	0,978	0,958- 0,990	0,970	0,944- 0,986	0,987	0,975- 0,994
25	0,961	0,926- 0,981	0,967	0,938- 0,984	0,981	0,963- 0,991
26	0,975	0,953- 0,996	0,996	0,993- 0,996	0,992	0,985- 0,996

		0,988		0,998		0,996
31	0,982	0,965- 0,991	0,942	0,891- 0,972	0,970	0,942- 0,986
32	0,978	0,958- 0,989	0,975	0,953- 0,988	0,989	0,978- 0,995
33	0,976	0,954- 0,989	0,976	0,954- 0,989	0,988	0,978- 0,995
34	0,975	0,953- 0,988	0,964	0,931- 0,983	0,982	0,966- 0,991
35	0,976	0,955- 0,989	0,981	0,963- 0,991	0,981	0,963- 0,991
36	0,986	0,973- 0,993	0,988	0,977- 0,994	0,991	0,983- 0,996
41	0,962	0,928- 0,982	0,930	0,870- 0,966	0,980	0,961- 0,990
42	0,975	0,952- 0,98	0,973	0,948- 0,987	0,986	0,974- 0,994
43	0,989	0,978- 0,995	0,971	0,944- 0,986	0,981	0,964- 0,991
44	0,980	0,961- 0,990	0,977	0,956- 0,989	0,972	0,947- 0,987
45	0,972	0,947- 0,987	0,971	0,945- 0,986	0,989	0,978- 0,995
46	0,988	0,976- 0,994	0,983	0,967- 0,992	0,992	0,984- 0,996
Üst interkanin	0,999	0,998- 0,999	0,998	0,997- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Üst intermolar	0,999	0,998- 1,000	0,999	0,998- 1,000	1,000	0,999- 1,000
Alt interkanin	0,998	0,996- 0,999	0,999	0,997- 0,999	0,999	0,998- 1,000
Alt intermolar	0,999	0,999- 1,000	0,995	0,991- 0,998	1,000	0,999- 1,000

ICC: Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

CI: Confidence Interval (Güven aralığı)

3Shape yazılımında ise, mezio-distal genişlikler karşılaştırıldığında, sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri; “Sınıf I” modellerde, 0.929 ile 0.993 arasında, “Sınıf II” modellerde, 0.930 ile 0.996 arasında ve “Sınıf III” modellerde de, 0.970 ile 0.992 arasında değişmektedir. İnterkanin ve intermolar mesafeler değerlendirildiğinde, sınıf içi korelasyon katsayılarının, 0.995 ile 1.000 arasında değiştiği görülmüştür. % 95 güven aralığı ölçümlerinde de güven aralığının yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.7).

Tablo 6.8: Modellerin değerlendirilmesi

	Orthomodel	O3DM	3Shape	F	p
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS		
11	8,27±0,62	8,27±0,61	8,28±0,61	0,011	0,989
12	6,70±0,60	6,69±0,61	6,70±0,61	0,002	0,998
13	7,64±0,65	7,64±0,66	7,64±0,65	0,000	1,000
14	6,92±0,48	6,91±0,48	6,92±0,47	0,016	0,984
15	6,54±0,47	6,54±0,46	6,55±0,46	0,002	0,998
16	9,63±0,52	9,61±0,51	9,64±0,52	0,071	0,932
21	8,27±0,59	8,25±0,60	8,27±0,60	0,015	0,985
22	6,46±0,56	6,45±0,56	6,45±0,57	0,010	0,990
23	7,28±0,48	7,27±0,48	7,28±0,49	0,012	0,988
24	6,62±0,46	6,61±0,46	6,63±0,46	0,028	0,972
25	6,37±0,41	6,37±0,39	6,37±0,41	0,001	0,999
26	9,76±0,67	9,75±0,66	9,77±0,65	0,017	0,983
31	5,18±0,43	5,20±0,43	5,19±0,43	0,017	0,983
32	5,63±0,46	5,61±0,47	5,62±0,46	0,029	0,971
33	6,65±0,47	6,64±0,47	6,65±0,48	0,014	0,986
34	6,83±0,45	6,82±0,46	6,83±0,46	0,024	0,976
35	6,87±0,45	6,86±0,45	6,86±0,45	0,011	0,989
36	10,56±0,58	10,55±0,57	10,57±0,57	0,026	0,974
41	5,10±0,35	5,09±0,35	5,09±0,34	0,025	0,975
42	5,54±0,41	5,53±0,40	5,54±0,40	0,021	0,979
43	6,59±0,49	6,58±0,49	6,59±0,50	0,010	0,990
44	6,74±0,52	6,73±0,53	6,74±0,52	0,012	0,988
45	6,89±0,49	6,88±0,48	6,88±0,47	0,009	0,992

46	10,67±0,59	10,61±0,65	10,67±0,59	0,188	0,829
Üst interkanin	33,50±2,43	33,50±2,43	33,51±2,42	0,000	1,000
Üst intermolar	49,81±3,27	49,79±3,27	49,81±3,27	0,001	0,999
Alt interkanin	25,91±2,20	25,91±2,22	25,91±2,21	0,000	1,000
Alt intermolar	44,31±2,97	44,28±2,98	44,30±2,97	0,002	0,998

F: Oneway ANOVA testi kullanılmıştır.

Model yazılımlarından elde edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 6.8).

Tablo 6.9: Sınıf I olgularda modellerin değerlendirilmesi

	Sınıf I			F	p
	Orthomodel	O3DM	3Shape		
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS		
11	8,32±0,67	8,33±0,66	8,34±0,67	0,005	0,995
12	6,74±0,69	6,75±0,70	6,74±0,70	0,001	0,999
13	7,74±0,64	7,75±0,66	7,74±0,64	0,002	0,998
14	6,99±0,43	6,97±0,44	6,98±0,42	0,019	0,981
15	6,62±0,46	6,63±0,45	6,63±0,44	0,012	0,988
16	9,63±0,45	9,61±0,44	9,64±0,45	0,015	0,985
21	8,28±0,59	8,27±0,59	8,28±0,60	0,001	0,999
22	6,53±0,61	6,51±0,61	6,53±0,61	0,005	0,995
23	7,44±0,53	7,46±0,52	7,46±0,52	0,010	0,990
24	6,75±0,49	6,74±0,48	6,75±0,49	0,010	0,990
25	6,41±0,39	6,41±0,37	6,42±0,38	0,008	0,992
26	9,86±0,55	9,90±0,50	9,90±0,48	0,042	0,959
31	5,26±0,56	5,27±0,58	5,27±0,57	0,003	0,997
32	5,67±0,47	5,66±0,47	5,65±0,46	0,012	0,988
33	6,72±0,47	6,73±0,45	6,74±0,47	0,006	0,994

34	6,86±0,44	6,86±0,45	6,88±0,45	0,022	0,978
35	6,85±0,45	6,86±0,46	6,86±0,44	0,007	0,993
36	10,67±0,55	10,66±0,53	10,68±0,54	0,008	0,992
41	5,17±0,35	5,16±0,34	5,16±0,34	0,005	0,995
42	5,52±0,40	5,51±0,39	5,52±0,40	0,001	0,999
43	6,67±0,56	6,66±0,55	6,68±0,56	0,009	0,991
44	6,77±0,48	6,77±0,48	6,79±0,47	0,015	0,985
45	7,05±0,50	7,04±0,50	7,03±0,49	0,003	0,997
46	10,75±0,64	10,75±0,64	10,76±0,65	0,001	0,999
Üst interkanin	34,11±2,53	34,13±2,48	34,13±2,49	0,000	1,000
Üst intermolar	51,15±3,37	51,13±3,38	51,15±3,38	0,000	1,000
Alt interkanin	26,15±2,25	26,17±2,27	26,16±2,25	0,001	0,999
Alt intermolar	44,61±3,37	44,57±3,39	44,60±3,39	0,001	0,999

F: Oneway ANOVA testi kullanılmıştır.

Sınıf I olgularda, model yazılımlarından elde edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 6.9).

Tablo 6.10: Sınıf II olgularda modellerin değerlendirilmesi

	Sınıf II			F	p
	Orthomodel	O3DM	3Shape		
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS		
11	8,31±0,58	8,30±0,59	8,31±0,58	0,007	0,993
12	6,76±0,56	6,78±0,58	6,77±0,58	0,004	0,996
13	7,76±0,75	7,75±0,75	7,77±0,76	0,003	0,997
14	6,97±0,52	6,96±0,49	6,96±0,50	0,005	0,995
15	6,69±0,38	6,68±0,37	6,70±0,37	0,013	0,987
16	9,83±0,58	9,82±0,56	9,85±0,57	0,028	0,973
21	8,34±0,63	8,34±0,62	8,34±0,62	0,000	1,000

22	6,56±0,50	6,55±0,49	6,55±0,50	0,009	0,991
23	7,27±0,48	7,22±0,46	7,26±0,48	0,069	0,933
24	6,69±0,38	6,69±0,38	6,70±0,37	0,014	0,986
25	6,47±0,43	6,48±0,42	6,47±0,43	0,011	0,989
26	9,79±0,85	9,74±0,85	9,78±0,86	0,020	0,980
31	5,29±0,25	5,30±0,25	5,29±0,25	0,018	0,982
32	5,71±0,43	5,70±0,42	5,70±0,44	0,003	0,997
33	6,73±0,44	6,68±0,46	6,72±0,46	0,074	0,929
34	6,93±0,41	6,92±0,40	6,92±0,40	0,004	0,996
35	6,91±0,45	6,89±0,44	6,91±0,45	0,020	0,980
36	10,57±0,56	10,56±0,56	10,58±0,57	0,007	0,993
41	5,20±0,25	5,17±0,26	5,19±0,24	0,086	0,917
42	5,59±0,39	5,58±0,39	5,60±0,38	0,010	0,990
43	6,64±0,51	6,63±0,51	6,64±0,51	0,003	0,997
44	6,82±0,55	6,77±0,57	6,81±0,55	0,064	0,938
45	6,82±0,40	6,80±0,40	6,80±0,40	0,013	0,987
46	10,77±0,54	10,76±0,53	10,78±0,54	0,014	0,986
Üst interkanin	33,29±1,99	33,27±2,00	33,29±1,98	0,001	0,999
Üst intermolar	49,50±2,53	49,47±2,49	49,49±2,53	0,001	0,999
Alt interkanin	26,62±1,61	26,58±1,61	26,62±1,63	0,004	0,996
Alt inetrmolar	44,96±1,96	44,94±1,99	44,94±1,95	0,001	0,999

F: Oneway ANOVA testi kullanılmıştır.

Sınıf II olgularda, model yazılımlarından elde edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 6.10).

Tablo 6.11: Sınıf III olgularda modellerin değerlendirilmesi

Sınıf III					
	Orthomodel	O3DM	3Shape	F	p
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS		
11	8,20±0,60	8,18±0,60	8,19±0,60	0,005	0,995
12	6,59±0,54	6,55±0,54	6,59±0,53	0,029	0,972
13	7,41±0,48	7,41±0,50	7,40±0,49	0,003	0,997
14	6,82±0,48	6,81±0,50	6,82±0,49	0,001	0,999
15	6,32±0,48	6,30±0,47	6,31±0,48	0,008	0,992
16	9,44±0,46	9,40±0,47	9,44±0,46	0,048	0,953
21	8,18±0,58	8,15±0,60	8,19±0,58	0,030	0,970
22	6,29±0,57	6,29±0,57	6,27±0,57	0,011	0,989
23	7,13±0,41	7,13±0,41	7,12±0,41	0,008	0,992
24	6,43±0,45	6,40±0,46	6,42±0,45	0,016	0,985
25	6,24±0,38	6,23±0,36	6,23±0,38	0,006	0,994
26	9,64±0,58	9,61±0,57	9,63±0,56	0,019	0,981
31	4,99±0,36	5,02±0,34	5,02±0,36	0,022	0,978
32	5,51±0,47	5,47±0,49	5,51±0,46	0,044	0,957
33	6,51±0,49	6,51±0,51	6,50±0,50	0,005	0,995
34	6,69±0,49	6,67±0,50	6,69±0,51	0,012	0,988
35	6,84±0,46	6,82±0,47	6,81±0,47	0,025	0,975
36	10,46±0,62	10,43±0,61	10,45±0,60	0,014	0,986
41	4,92±0,37	4,94±0,38	4,91±0,37	0,028	0,973
42	5,51±0,44	5,48±0,43	5,50±0,43	0,017	0,983
43	6,46±0,40	6,47±0,39	6,47±0,41	0,000	1,000
44	6,62±0,54	6,64±0,54	6,61±0,52	0,016	0,984
45	6,82±0,52	6,82±0,51	6,81±0,50	0,001	0,999
46	10,49±0,57	10,48±0,54	10,48±0,56	0,002	0,998
Üst interkanin	33,11±2,71	33,09±2,72	33,11±2,71	0,000	1,000
Üst intermolar	48,78±3,49	48,78±3,51	48,79±3,48	0,000	1,000
Alt interkanin	24,97±2,42	24,96±2,43	24,95±2,41	0,000	1,000

Alt intermolar	43,35±3,24	43,33±3,25	43,35±3,24	0,000	1,000
-----------------------	------------	------------	------------	--------------	--------------

F: Oneway ANOVA testi kullanılmıştır.

Sınıf III olgularda, model yazılımlarından elde edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 6.11).

7. TARTIŞMA

7.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Tartışılması

Ortodontik modeller, intraoral ve ekstraoral fotoğrafların değerlendirilmeleri, klinik ve radyolojik muayene; teşhis ve tedavi planlamasında önemli rol oynayan adımlardır. Teşhis modelleri, hastanın kapanışının her açıdan değerlendirilmesine olanak tanıdığı için, maloklüzyonun belirlenmesinde ortodontiste çok detaylı bir şekilde bilgi verebilmektedir. Teşhis edip, tedavi planlamasını belirleyebilmek için, alçı modeller üzerinde birtakım ölçümler yapılmalıdır. Yeni yöntemler kullanılmaya başlanmadan önce, ölçümleri yapabilmek için; pergel, cetvel, Boley gajı gibi aletler kullanılmaktaydı (146,29,141,23). Fakat artık çoğu ortodontist, konvansiyonel yöntemler yerine, sayısal kayıtları kullanmaya başlamıştır.

Alçı modeller yerine kullanılacak olan sayısal modellerin oluşturulabilmesi için, çeşitli bilgisayar yazılımları bulunmaktadır. Bu programlardan, güvenilirlikleri çeşitli literatürlerde ispat edilmiş olanları, Amerika Birleşik Devletleri merkezli firmalara aittir (129,161,90,177,145,66,133,94,34,110,84). Bu firmaların başlıcaları, OrthoCAD ve e-model'dir. Literatürde bu yazılımlar kullanılarak, alçı ve sayısal modeller; diş boyutları, ark genişlikleri, ark uzunlukları, Bolton analizi, PAR indeksi ölçümleri, tanı ve tedavi planlamaları bakımından karşılaştırılmışlardır (84,151,126,177,46,145,45,161,110,94,133,167). Avrupa'da ise bu konuda çalışan ve literatürde daha seyrek kullanılan (168); OrthoProof (Hollanda), Ortolab (Polonya), 3Shape Orthoanalyzer isimli üç firma, sayısal model üretimi yapmaktadır. Türkiye'de ise sayısal model hizmeti veren tek firma, Orthomodel'dir.

Bu yazılımların hassasiyetleri ve güvenilirlikleri birçok çalışmada araştırılmıştır (84,177,46,126,145). Bu çalışmada ise, literatürde de eksik olan, sayısal ortodontik model analizinde kullanılan 3 farklı bilgisayar yazılımının ölçüm farkları, programların etkinliği ve de ne kadar kullanıcı dostu olduklarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu yazılımlar; Orthomodel, 3Shape Orthoanalyzer ve O3DM olmuştur. 3 farklı yazılımı karşılaştırmayı amaçlamamızın nedeni ise, daha önce yapılan çalışmalarda alçı modeller ile sayısal modellerin birçok kere

karşılaştırılması; ancak, farklı sayısal model yazılımlarının hiç karşılaştırılmamış olmasıdır. Bu yazılımları tercih etmemizin sebebi ise, Orthomodel yazılımının ülkemizde rahatlıkla erişilebilir olması ve 3Shape'in de, en çok tercih edilen programlardan biri olmasıdır. O3DM yazılımı da, Orthomodel gibi ücretsiz bir yazılıma sahip olduğu için, bu çalışmada kullanılan yazılımlardan bir tanesidir. 3Shape ise, ücretli bir yazılımdır. Tarayıcısı ile beraber satın alındığı takdirde, 3Shape yazılımı da ücretsiz olarak kullanıcıya verilmektedir.

Sayısal model üretici firmaları, sayısal model oluşturmak amacıyla taranacak olan aljinat ölçülerin nemli kağıt havlulara sarılmış bir şekilde ve en geç 1 gün içinde ellerinde olacak şekilde gönderilmesi gerektiğini bildirmektedirler. Gönderilen ölçüler, firma tarafından alçı model haline getirildikten sonra, özel tarayıcılar vasıtasıyla tarama işleminden geçirilip, bilgisayar ortamına aktarılmaktadırlar (66,145). Alcan ve ark. (3) ise, yapmış oldukları çalışmada, alınan aljinat ölçülerin hidrofilik olmalarından yola çıkarak, ölçülerde ekspansiyon meydana gelmemesi için, nemli kağıtlara sarılmaması gerektiğini, kapalı bir kap içerisinde muhafaza edilebileceğini belirtmişlerdir. Kapalı bir plastik kutu içerisinde 4 güne kadar aljinat ölçülerde herhangi bir deformasyon meydana gelmediğini de göstermişlerdir.

Alcaniz ve ark. (4), sayısal model oluşturabilmek için, direkt olarak, ölçü üzerinden tarama yapmışlardır. Elde ettikleri görüntülerde, tarama sırasında meydana gelen kör noktalar nedeniyle, dişlerin servikal bölgeleri ve kontak noktalarını net olarak elde edemediklerini bildirmişlerdir. Ortocad (Cadent) firması da, ölçüleri direkt olarak tarayabildiklerini belirttiyse de (66), direkt ölçünün tarandığı az sayıda çalışma bulunmakla beraber, bu çalışmalardan bir tanesi de White ve ark. (168) tarafından 2010 yılında yapılan çalışmadır. Bu çalışmada, aljinat ve vinilpolisiloksan ölçü materyallerinin taranmasıyla elde edilen sayısal modellerde herhangi bir fark olup olmadığı ve de aljinat deformasyonları karşılaştırılmıştır. Sonucunda da, bu iki farklı materyal arasında klinik olarak anlamlı bir fark olmadığı ve sayısal model oluşturabilmek için, boyutsal stabilitesini en az 100 saat koruyabilen bir ölçü materyalinin tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Çeşitli araştırmacılar (126,145), hastalardan 2 adet aljinat ölçü ve kapanış kaydı almışlar ve ölçülerin birinden kendileri alçı model oluştururken, diğerini üretici firmaya yollamışlardır. Tomassetti ve ark. (161) ise, klinikten seçtikleri 20 alçı

modelin ölçülerini alarak, onları firmaya göndermişlerdir. Zilberman ve ark. (177), hazırlanmış plastik diş modellerinden alçı model elde etmek için aljinat ölçü almışlar, üretici firmaya ise çift aşamalı polivinilsiloksan ölçü alıp göndermişlerdir. Bu çalışmada ise, boyutsal deformasyonun önüne geçmek amacıyla, 1 gün içerisinde, kapalı bir kap içinde muhafaza edilecek şekilde, Orthomodel'e kargo aracılığıyla ulaştırılan aljinat ölçüler kullanılmıştır. Bu ölçülerden alçı modeller elde edilip, model tarama yöntemi ile aynı alçı modellerden STL formatlar meydana getirilmiştir. Ölçümlerin 3 yazılım ile aynı model üzerinde yapılmasını sağlamak ve sayısal model üretebilmek için, aljinat ölçülerin, Orthomodel firmasında alçı modelleri hazırlandıktan sonra, özel tarayıcılar vasıtasıyla oluşturulan alçı modeller taranmış ve de 75 modele ait STL formatlar oluşturulmuştur. Oluşturulan STL formatlardan da herbir yazılıma ait sayısal modeller meydana getirilmiştir. Halbuki OrtoCad (Cadent Inc. New Jersey, A.B.D.) kullanılan çalışmalarda, tarama sırasında zarar gördükleri belirtildiğinden, modeller kopyalanmış ve 2 farklı ölçüden elde edilmiş farklı modellerde ölçüm yapılmıştır (46,126,161,177). E-model (Geodigm) yazılımı kullanılarak yapılan çalışmalarda (110,154) ise; ölçümler, taranan modellerin üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada ise, tüm sayısal modellerin STL formatlardan oluşturulmasının nedeni, ölçü veya alçıya bağımlı kalınmayıp, sadece yazılımların farklılıkları üzerinde yoğunlaşmak istenmesidir. Tüm modeller, alçı ile döküldükten sonra, bir kere lazer yüzey tarayıcı ile taranmış ve oluşturulan STL formatlar, tüm yazılımlarda, kendi formatlarına göre sayısal modellere çevirilmiştir.

Çalışmada; 25 adet Sınıf I, 25 adet Sınıf II ve 25 adet Sınıf III olgu olmak üzere, toplamda 75 adet model çifti kullanılmıştır. Her bir olgu grubu için (Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III), 25'er adet model araştırılmıştır ve özellikle Sınıf III vakalarda, kriterlere uyan vaka bulmak çok güç olduğundan, sayı 75 ile sınırlandırılmıştır. Literatür incelendiğinde de, Quimby ve ark. (126) yaptıkları çalışmada 50 model, Zilberman ve ark. (177) 20 model, Mullen ve ark. (110) ise 30 model kullanmışlardır.

Araştırma kriterlerimiz;

- Bireylerin eksiksiz daimi diş dizilimine sahip olmaları,
- İki (DO-MO) veya üç yüzlü (MOD) dolgu veya protetik uygulamaların olmaması,

- Dişlerde herhangi bir dental anomali, atrizyon veya çürük bulunmaması,
- Daha önce herhangi bir ortodontik tedavi görmemiş olmaları, olmuştur.

Ölçülen parametreler, alt ve üst çenede birinci büyük azılar arasında kalan tüm dişlerin mezio-distal genişlikleri ve üst interkanin, üst intermolar, alt interkanin ve alt intermolar uzaklıklardır. Ölçümlerin, 3 yöntem ile de aynı model üzerinde yapılmasını sağlayabilmek için, Orthomodel tarafından oluşturulan STL formatlar, hem Orthomodel, hem de diğer 2 yazılım ile şifreli formata çevirilip, sayısal modeller oluşturulmuştur. Böylece ölçü veya alçı modele bağımlı kalınmadan, sadece yazılımlar karşılaştırılabilmiştir. Sayısal model oluşturulana kadar meydana gelebilecek metod hataları da, bu şekilde ortadan kaldırılmıştır. Tüm modellerde eşit şekillerde ölçüm yapabilmek için, hiçbir yazılımda ölçümler esnasında, yazılımların yaklaştırma veya uzaklaştırma gibi fonksiyonlarından yararlanılmamıştır.

Mullen ve ark. (110), sayısal modellerde ölçüm yaparken en geniş mezio-distal genişliği bulmak için görüntünün büyütülebildiğini, fakat çözünürlüğün de yüksek olduğu bu modellerde, iki diş arasındaki kontak noktasını seçmenin kolay olamayabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, alçı ve sayısal modeller üzerinde dişlerin mezio-distal genişliklerinin ölçümünde bulunan farklara bağlı olarak maksiller ve mandibular 6 ve 12 diş toplamlarında, istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuş olmasına rağmen, Bolton analizlerinin sonuçları etkilenmemiştir.

Horton ve ark. (64) ise, yapmış oldukları çalışmada, sayısal modeller üzerinde, dişlerin mezio-distal genişliklerinin en doğru ölçülebileceği tekniği geliştirmeyi amaçlamışlardır. 32 adet alçı modelde ve aynı modellerin sayısal kopyalarında, birinci büyük azı dişleri arasında bulunan tüm dişlerin mezio-distal genişlikleri ölçülmüştür. Sayısal modeller üzerinde ölçüm yaparken, 5 farklı teknik kullanılmıştır. İlk olarak, oklüzal yüzden yaklaştırma, uzaklaştırma veya rotasyon yapmadan ölçümler yapılmıştır. Daha sonra da, her diş oklüzal yüzden tek tek yaklaştırılarak ölçümler yapılmıştır. İstenildiği gibi modeli döndürüp, bukkal yüzden ve standart 3 pozisyon olan, sağ bukkal, sol bukkal ile anterior bukkalden de aynı ölçümler tekrarlanmıştır. Son olarak da, ihtiyaca göre modeli döndürerek, her yönden ölçümler yapılmıştır. Ölçümler, 1'er hafta ara ile, 3 kere tekrarlanmıştır. Bu çalışmada, ölçüm yapılırken kullanılan zaman da değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, oklüzal yönden yaklaştırma, uzaklaştırma veya rotasyon yapmadan

yapılan ölçüm sonuçlarının en doğru, en güvenilir ve de en hızlı oldukları sonucuna varılmıştır.

Yapmış olduğumuz çalışmada da, ölçümlerimizi yaparken bu literatürde kanıtlandığı gibi, dişlerin mezio-distal ölçümleri oklüzal yüzden yaklaştırmadan veya uzaklaştırmadan gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, tüm ölçümler 1'er hafta ara ile, 3 kere tekrarlanmıştır. Tüm ölçümler, sadece 1 araştırmacı tarafından yapıldığı için ve doğru ölçümler yapabilmek için, zaman parametresi değerlendirmeye alınmamıştır.

Schirmer ve Wiltshire (146), fotokopi yöntemi ile sayısal hale getirdikleri modellerde, diş boyutlarının daha küçük olduğunu ve de üç boyutlu teşhis modellerinin fotokopilerinin çekilmesiyle sayısal hale getirilmesinin doğru sonuçlar vermediğini belirtmişlerdir. Alçı modellerin, bilgisayar ortamında çeşitli yazılımlar ile sayısal hale getirilmesi, ortodontistin, hastanın dentisyonunu ve maloklüzyonunu çeşitli parametreler ile değerlendirmesine olanak sağlamaktadır. Alçı modeller ve sayısal modeller üzerinde yapılan model analizlerini karşılaştıran çalışmalardan; Proffit (125), diş boyutu ölçümlerindeki farkın 1.5mm'den daha az olması halinde, bu farkın klinik olarak anlamlı olmayacağından bahsetmiştir. Asquith ve ark. (8), yaptıkları çalışmada alçı ve sayısal modeller üzerinde yapılan ölçümler arasındaki farkın 0.5mm'den daha az olduğunu ve bu farkın klinik olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir. Quimby ve ark. (126), alçı modeller üzerinde yapılan ölçümlerin, overbite ve overjet dışında, sayısal modellerde yapılan ölçümlere göre daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Ölçümleri karşılaştırdıkları zaman, bulunan farkın istatistiksel olarak anlamlı ama klinik olarak anlamsız olmasına bağlı olarak, sayısal modellerin de, alçı modeller gibi rutinde kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Santoro ve ark. (145) da, sayısal modellerde yapılan ölçümlerin, alçı modellere göre daha küçük olduğunu belirtmişler; bulunan farkın da, alınan aljinat ölçünün firmaya transferi esnasında, aljinatta meydana gelen boyutsal değişikliğe bağlı olabileceğini ve üç boyutlu görüntüleme ile kontak noktalarının yakınlaştırılıp, büyütülmesi ile seçilen noktalar arasında yapılan ölçümlerin, ölçümü yapan kişinin deneyimine bağlı olabileceğini vurgulamışlardır.

Sayısal modeller üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilir olması, ölçümleri yaparken daha az süre harcanması ve alçı modellerin sahip olduğu dezavantajların

(kırılma, saklama sıkıntısı vs.) ortadan kalkmasına bağlı olarak, sayısal modeller rutinde kullanılmaya başlanmıştır. Diğer çalışmalarda da bahsedildiği gibi; sayısal modeller, alçı modeller yerine kullanılabilir (161,177,133,118).

Sayısal ortodontik model yazılımları kullanılarak yapılan çalışmalarda, alçı model tarama süreleri konusunda detaylı bilgi verilmemektedir. Cadent firması tarafından hazırlanan OrtoCad yazılımında, çalışmalarda belirtilen tek detay, modelin tarama işlemi esnasında zarar görebileceği ve bu nedenle de 2 alçı model hazırlandığıdır (46,94,126,161,177). Alcan ve ark. (3), yaptıkları çalışmada, sayısal model firmalarının üretim ve yazılım altyapılarında kullandıkları 3Shape D250 tarayıcıyı ve 3Shape Orthoanalyzer yazılımını kullanmışlardır. Bu çalışmada ise, 3Shape R700 model tarayıcı kullanılmıştır.

OrthoCad firması tarafından oluşturulan sayısal modellerin kullanıldığı çalışmalarda, 0.1mm'lik hassasiyete sahip ölçümler yapılmıştır (161,126,177). Bu çalışmada ise, 0.02mm (20 mikron)'lik hassasiyete sahip ölçümler yapılmıştır.

Literatürü incelediğimiz zaman, genelde alçı modeller ile çeşitli sayısal model yazılımlarının, birtakım ölçümler yapılarak karşılaştırıldıklarını görmekteyiz (126,177,84,145,46,110,167). Alçıdan bağımsız olarak, sayısal model yazılımlarını karşılaştıran herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmadığı için, bu boşluğu doldurmak amacıyla, bizim çalışmamızda, 3 farklı sayısal model yazılımı karşılaştırılmıştır. Rutin ortodonti kliniklerinde kullanılabilecek olan yazılımların tekrarlanabilirlikleri ve güvenilirliklerini belirlemek amacıyla ölçümler yapılmış ve de elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Altın standart oluşturabilmek için de, bu çalışmanın öncesinde bir pilot çalışma yapılmış ve alçı modeller ile sayısal model yazılımları karşılaştırılarak, araştırmacının güvenilir olduğu ispatlanmıştır. Bu pilot çalışmada, 10 adet alçı model ve aynı modellere ait sayısal modeller kullanılmıştır. Kullanılan sayısal model yazılımları; Orthomodel ve O3DM olmuştur. Ölçülen parametreler; dişlerin mezio-distal genişlikleri ile üst ve alt interkanin ve intermolar mesafeler olmuştur. Ölçümler, 2 araştırmacı tarafından, en az 2 hafta arayla, toplamda 3 kez ölçülmüştür. Araştırmacılardan biri, 3 yıllık ortodonti doktora öğrencisi iken, diğer araştırmacı da 2 senelik ortodonti uzmanı olmuştur. Alçı modellerdeki ölçümler, yaklaşık 0.01mm'lik hassasiyete sahip sayısal kumpas ile yapılmıştır. Sayısal modellerde de, yaklaşık aynı hassasiyette ölçümler yapıldıktan

sonra; sonuçlar alçı model ölçümlerinin interkanin ve intermolar mesafeler dışında sayısal model ölçümlerinden daha büyük olduğunu göstermiştir. Fakat, meydana gelen bu farklılığın klinik olarak önemli olmadığı belirtilmiştir.

Gelecek yıllarda daha da sıklıkla kullanılacağını düşündüğümüz sayısal modellerin güvenilirlikleri ve hassasiyetleri daha önce birçok çalışmada ispat edilmiş olduğu için, bu çalışmada, her 3 yazılımın da kullanıcı dostluğu açısından benzerliklerine ve farklarına bakılmıştır (46,177,126,151). Amacımız, her 3 yazılımın da, tek bir grup materyal için aynı hassasiyette olup olmadığını gözlemlemek olmuştur.

Bu çalışmada, ölçümler için referans noktalarının belirlenmesinde, daha önce yapılan çalışmalar kaynak alınarak; dişlerin mezio-distal genişlikleri, kaninlerin tüberkül tepeleri arasındaki mesafe, büyük azı dişlerin mezio-bukkal tüberkül tepeleri arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Literatürü incelediğimizde de, model ölçümlerinde, ölçüm noktası olarak tüberkül tepeleri arası mesafeler ve mezio-distal genişliklerin sıklıkla tercih edildiği görülmektedir (110,177,46,145,84,3). Bu çalışmada da, klinisyenlerin rutinde en fazla kullandığı ölçümler, piyasada bulunan 3 farklı yazılım üzerinde değerlendirilmiştir; bu 3 yazılımın farkları ve ne kadar kullanıcı dostu oldukları üzerinde durulmuştur.

Quimby ve ark. (126)'nın yapmış oldukları çalışmada, ölçüler ikinci kez alınmış farklı bir aljinat ölçüden oluşturulurken, White ve ark. (168) tarafından yapılan çalışmada da, sayısal model üretiminde, 100 saat stabilitesini koruyabilen ölçü materyallerinin kullanılması tavsiye edilmiştir. White ve ark.'nın çalışmasında, alt ve üst olmak üzere, toplam 16 set aljinat ve vinilpolisiloksan ölçü materyalinden sayısal model oluşturulmuştur. Ölçümler, hem sayısal kumpaslar vasıtası ile fantom çene üzerinde, hem de OrthoProofUSA firmasına ait DigiModel yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile elde edilen sayısal modellerde, aljinat ve vinilpolisiloksan arasında herhangi bir fark olmadığı ve sonuçların güvenilir olduğu tespit edilmiştir. 100 saat stabilitesini koruyabilen ölçü materyallerinin kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu çalışmada ise, tek bir ölçü alınmış ve tüm modeller, bu ölçüden oluşturulmuştur. Dolayısıyla, çalışmamızda modellerin elde edilme protokolü, Quimby ve ark. (126)'den farklıdır. Tek bir ölçüden tüm modelleri elde ettiğimiz için, boyutsal

deformitelere bağlı ölçüm farklarının oluşması engellenmiştir. 100 saat stabilitesini koruyabilen bir ölçü materyali olan vinilpolisiloksan ise, pahalı bir materyal olması nedeni ile bu çalışmada kullanılmamıştır. Ayrıca, Alcan ve ark. (3) tarafından yapılan çalışmada da, aljinat materyali kullanılsa bile, ölçülerin kilitli ve hava sızdırmayan bir poşet veya kapalı bir kap içerisinde muhafaza edildiği sürece, yine 4 gün boyunca boyutsal deformiteye uğramayıp, stabil kalacağından bahsedilmiştir.

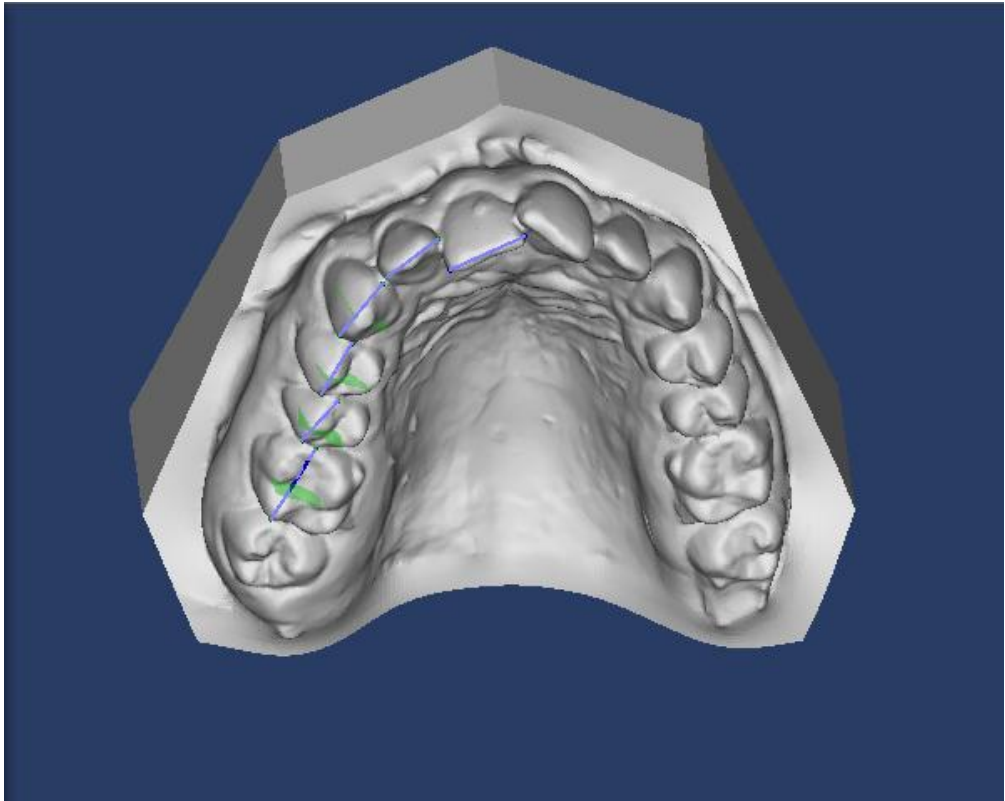
Tomasetti ve ark. (161) yapmış oldukları çalışmada, QuickCeph, Hamilton Ark Diş Sistemi (HATS), ve OrthoCAD kullanarak Bolton analizlerini karşılaştırmışlardır. Her modelin ölçümü yapılırken, ölçüm esnasında harcanan zaman da değerlendirmeye alınmıştır. HATS sisteminin ölçüm sonuçları ($r= 0.885$) ile alçı model ölçüm sonuçları birbirine çok benzerken, OrthoCad ölçümlerinin sonuçları ($r= 0.715$) ile alçı model ölçümleri arasında daha az korelasyon olduğu gözlenmiştir. QuickCeph yönteminde, Bolton analizi daha kısa bir sürede tamamlanmasına rağmen, korelasyon değerleri çok daha düşük bulunmuştur ($r= 0.432$). Çalışmamızda ise, kullandığımız yöntemlerdeki korelasyon değerleri arasında büyük farklılıklar saptanmamıştır.

3 yöntem içerisinde, Quick Ceph programında yapılan ölçümlerin en hızlı ($1.85\pm 0.27dk$), kumpas ile alçı model ölçümlerinin ise en çok zaman alan yöntemler ($8.06\pm 0.54dk$) olduğunu belirtmişlerdir. Sayısal modellerde yapılan ölçümlerde ise, ortalama $5.37\pm 0.87dk$ 'lık bir zaman harcandığı sonucuna varmışlardır. Zilberman ve ark.(177), ölçüm yöntemlerinin süre olarak değerlendirilmesinin, ölçüm hassasiyetini azalttığını belirtmişlerdir. Bu literatür ışığında, bu çalışmada da, ölçümleri daha dikkatli ve hassas yapabilmek amacıyla, ölçüm süreleri göz önüne alınmamıştır.

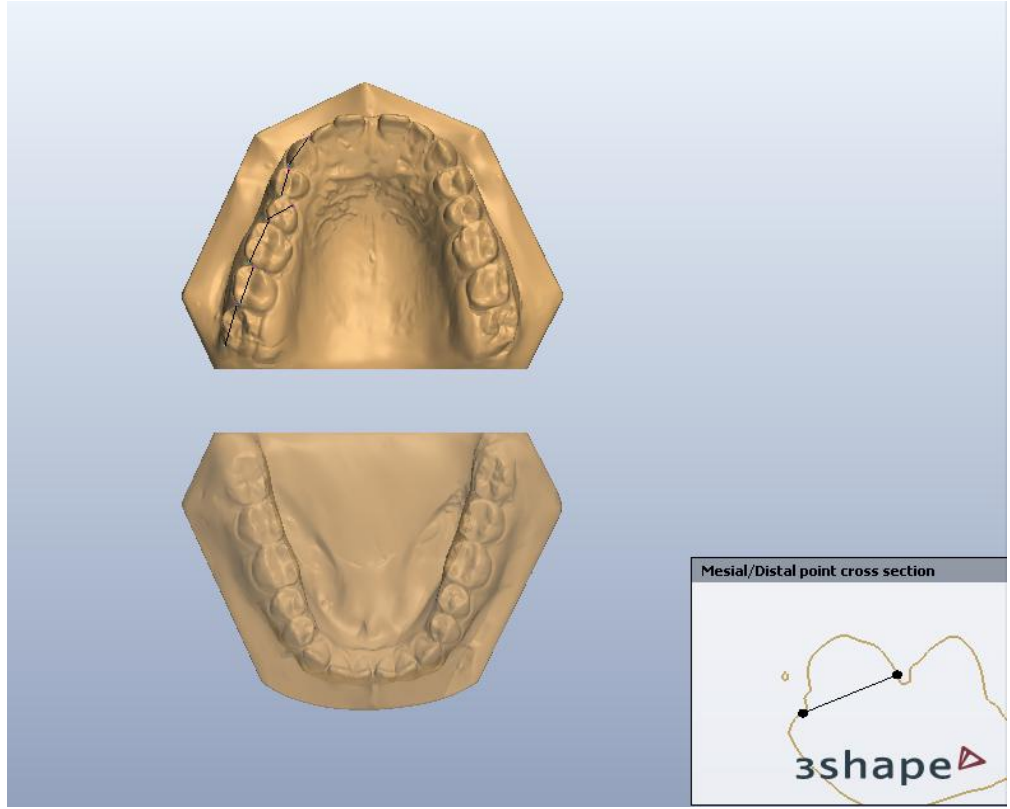
Yapılan çalışmalarda, genelde ölçülen parametreler arasında gerekli ark uzunluğu, overjet ve overbite gibi ölçümler de bulunmaktadır (126,154,145,46). Bu çalışmada ise, gerekli ark uzunluğu; ark parabolünün oluşturulması esnasında sorunlar oluşabileceği için, ölçülen parametrelerden biri olmamıştır. Aynı zamanda, çalışmada kullanılan yazılımlardan biri olan Orthomodel Version 1.01'de kesit alamamıza bağlı olarak, overjet ve overbite ölçemediğimiz için, yine bu parametreler de çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Çalışmamız esnasında, programların ne kadar kullanıcı dostu oldukları da değerlendirilmeye çalışılmıştır. 3 programın da avantajlarının ve dezavantajlarının bulunduğu tespit edilmiştir.

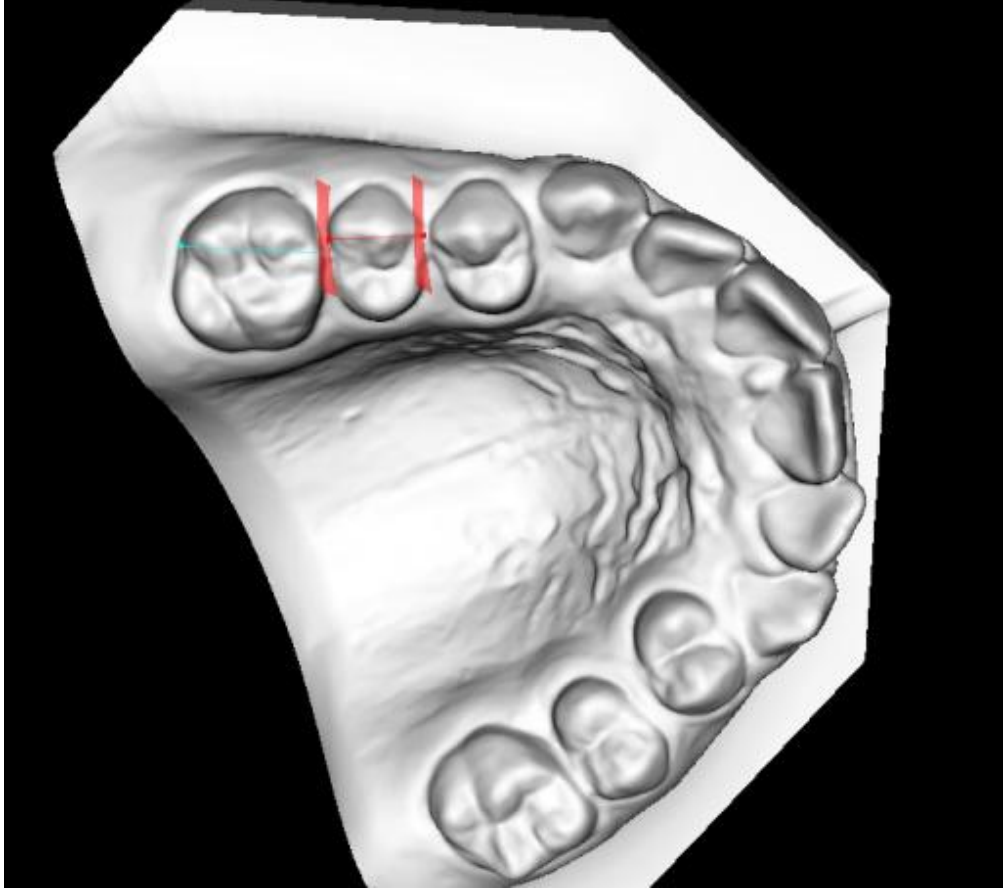
Ölçümler esnasında, O3DM ve 3Shape Orthoanalyzer programlarında, noktalar işaretlendiğinde, mesafenin sınırları 2 adet plaka ile gösterilmektedir. Orthomodel Version 1.01’de ise, noktalar işaretlendiğinde buna benzer olarak, dişin tam ortasında bir plaka meydana gelmektedir. Plakanın yine aksı değerlendirilip, ölçümler yapılırken, modele tam dik olarak bakılıp, bakılmadığı da anlaşılabilir (Resim 7.1, 7.2, 7.3). Bu şekilde, araştırmacı plakaların akslarına göre, dik veya açılı ölçtüğünü anlayabilmektedir. Bu özellik de, kullanıcının daha rahat ve doğru bir şekilde ölçüm yapabilmesini sağlamaktadır.



Resim 7.1: Orthomodel programında ölçüm esnasında oluşan düzlemler



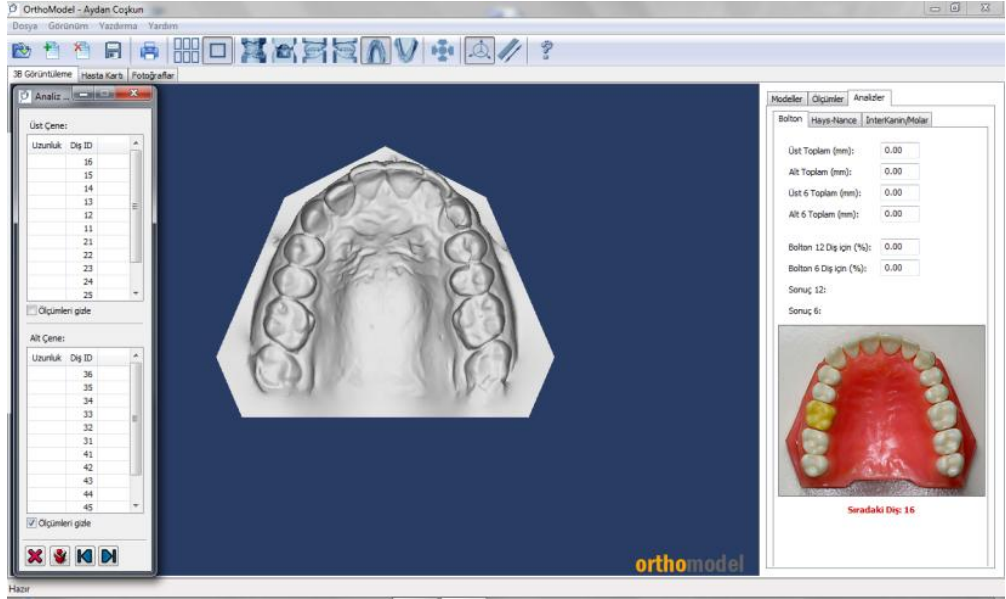
Resim 7.2: 3Shape Orthoanalyzer programında ölçüm esnasında oluşan kesit görüntüsü



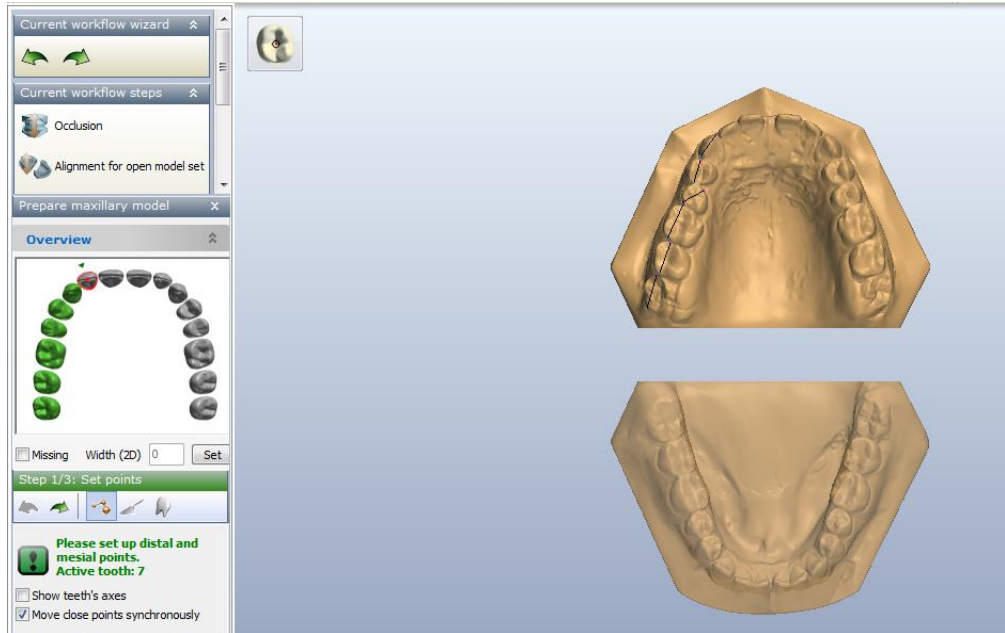
Resim 7.3: O3DM programında ölçüm esnasında oluşan düzlemler

Ayrıca, O3DM'in bir diğer kullanıcı dostu özelliği de, özellikle mezio-distal diş genişlikleri ölçülürken, modeli kullanıcının en rahat ölçeceği pozisyona göre, her diş için otomatik olarak döndürebiliyor olmasıdır. Diğer yazılımlarda, böyle bir özellik mevcut değildir.

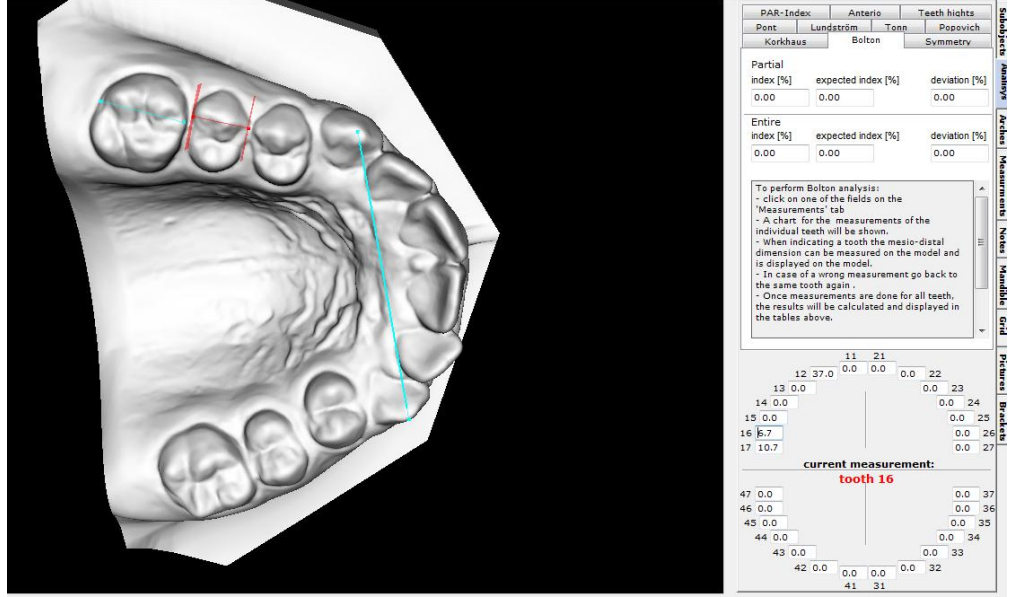
Orthomodel yazılımında, yapılacak olan ölçümler, fantom model üzerinde kullanıcıya gösterilmektedir (Resim 7.4). 3Shape yazılımında da model üzerinde gösterilirken; O3DM yazılımında ise, bir şema üzerinde gösterilmektedir (Resim 7.5, 7.6). Ayrıca, ölçüm yapılırken, program kendiliğinden diğer ölçüme geçmektedir. O3DM yazılımında ise, bir diş ölçümünden diğer diş ölçümüne bile geçerken, kullanıcının her ölçümden önce, ölçüm yapılacak dişi işaretlemesi gerekmektedir.



Resim 7.4: Orthomodel programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber fantom model üzerinde gösterilmesi

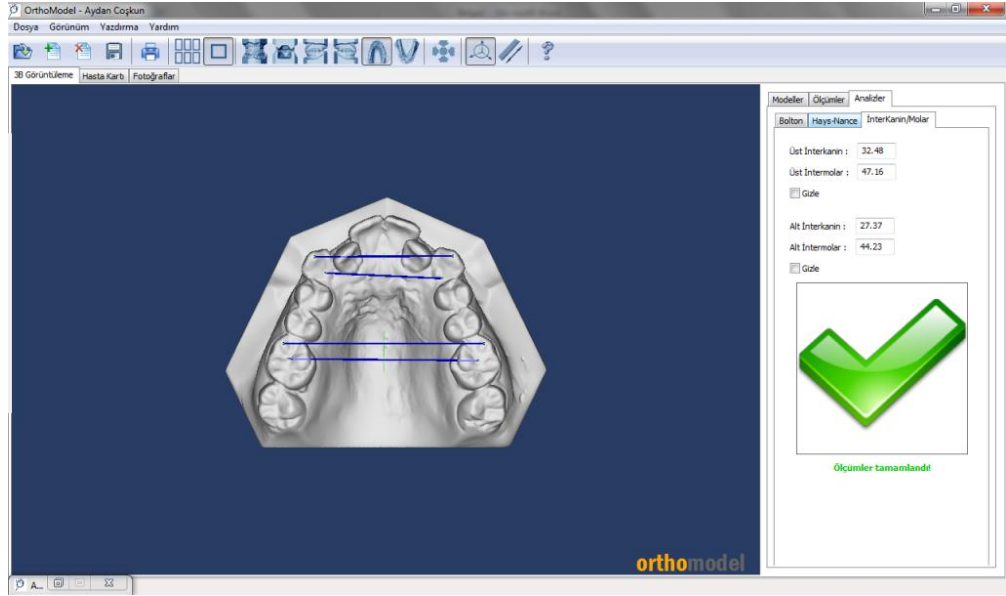


Resim 7.5: 3Shape Orthoanalyzer programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber model üzerinde gösterilmesi

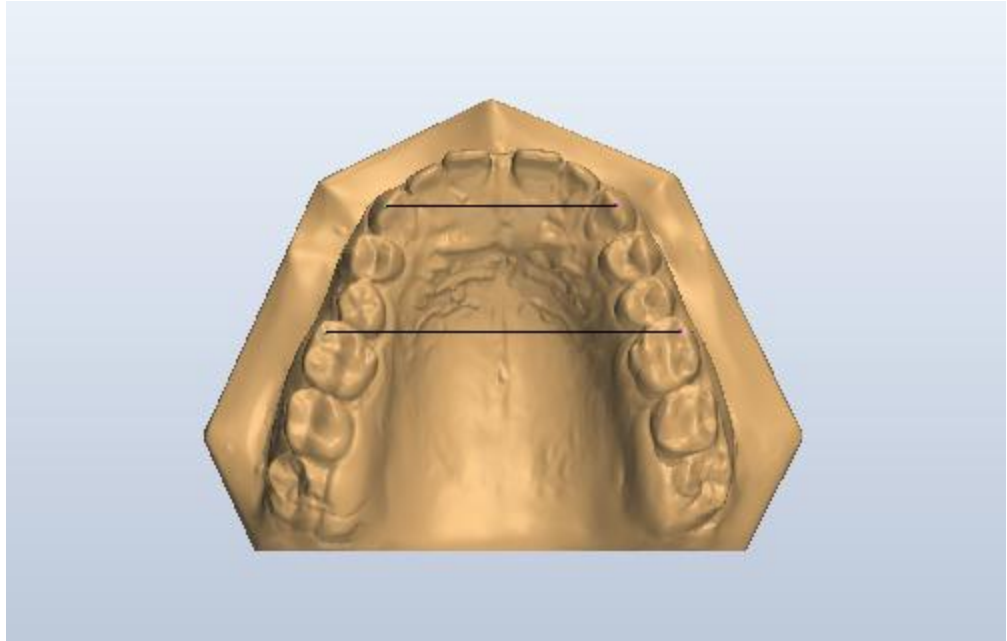


Resim 7.6: 3Shape Orthoanalyzer programında yapılacak olan ölçümlerin, rehber şema üzerinde gösterilmesi

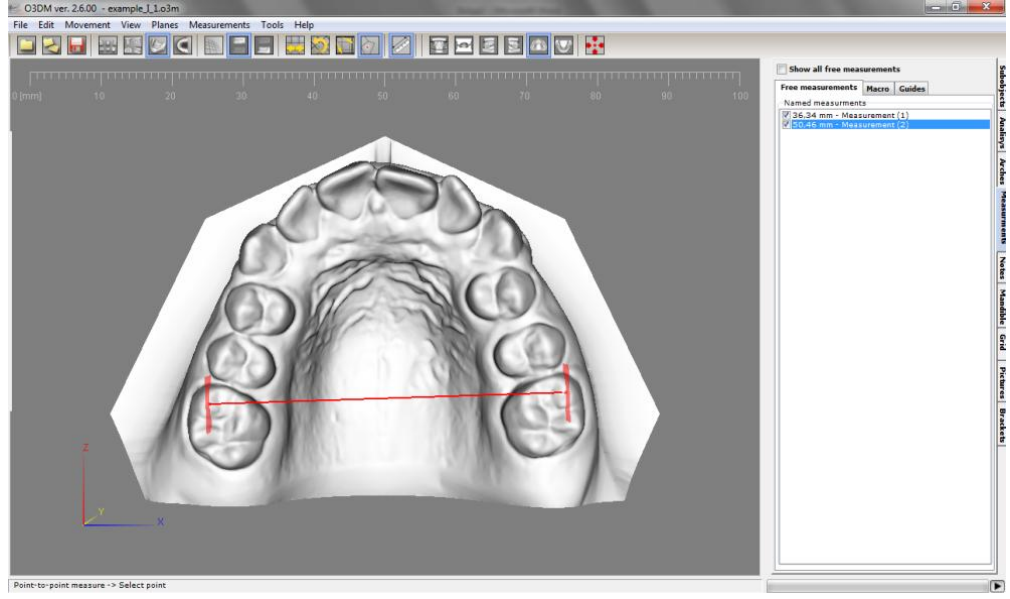
Kullanılan Orthomodel yazılımında, interkanin veya intermolar gibi uzunluk ölçümleri yapılırken, herhangi bir hata meydana geldiğinde, yapılan ölçüm silinemediği için, başka bir uzunluk olarak, tekrar ölçülmesi gerekmektedir. Ölçümler yapıldıktan sonra alt ve üst çeneler tek tek incelendiğinde, birbirleri üzerindeki izdüşümleri de rahatlıkla görülebilmektedir (Resim 7.7). Aynı şekilde, izdüşümlerin gözlenmesi O3DM programında da mümkündür. O3DM yazılımında ve 3Shape yazılımında da, interkanin veya intemolar mesafeler gibi ölçümler, serbest uzunluk ölçümleri adı altında gerçekleştirilmektedir (Resim 7.8, 7.9).



Resim 7.7: Orthomodel programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü



Resim 7.8: 3Shape Orthoanalyzer programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü



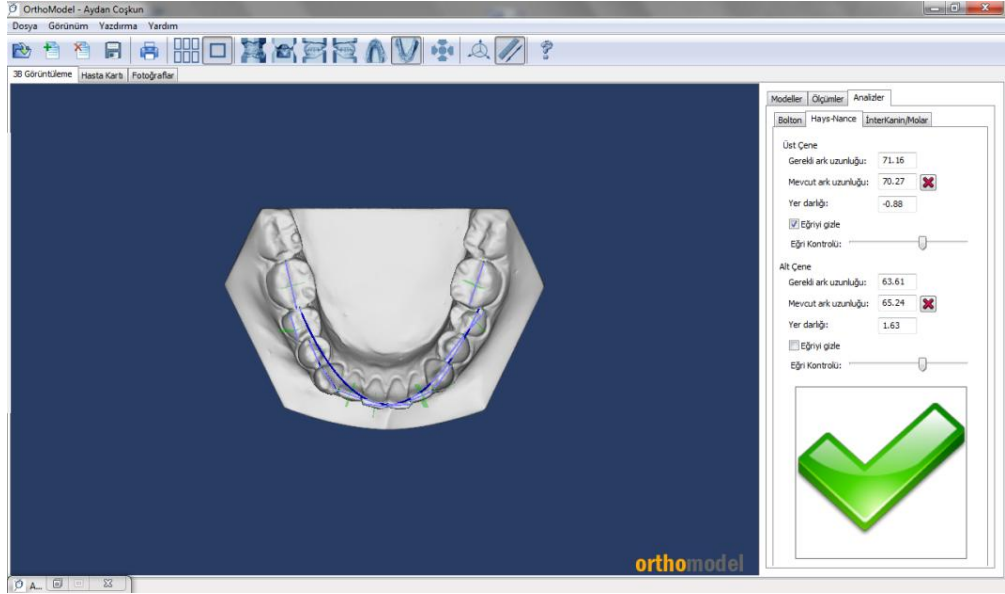
Resim 7.9: O3DM programında interkanin ve intermolar mesafe ölçümü

O3DM ve 3Shape Orthoanalyzer yazılımlarında, istendiği takdirde, ikinci büyük azılar da ölçüme dahil edilebilirken, Orthomodel’de böyle bir şey söz konusu değildir.

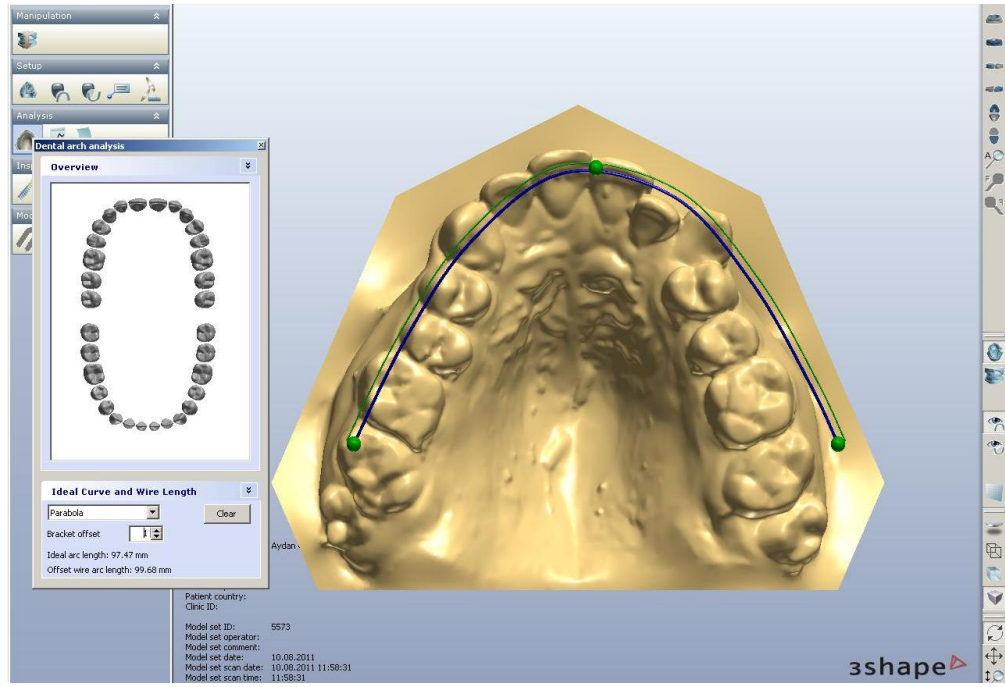
Orthomodel yazılımında ark formunu belirleyen parabolik eğri, modele göre manuel olarak şekillendirilebilmektedir (Resim 7.10). Fakat Orthomodel yazılımında, ark formunu belirleyen eğri, her zaman dişlerin üzerinden geçecek şekilde programlanmıştır. Halbuki, dişler çok prokline durumda ise, eğrinin aynı şekilde, dişlerin üzerinden geçmesi bir dezavantaj oluşturacaktır ve ölçüm hatası meydana gelecektir.

3Shape Orthoanalyzer yazılımında da, mevcut olan değişik ark alternatiflerinden yararlanarak, kullanıcı mevcut ark uzunluğunu ölçebilmektedir (Resim 7.11).

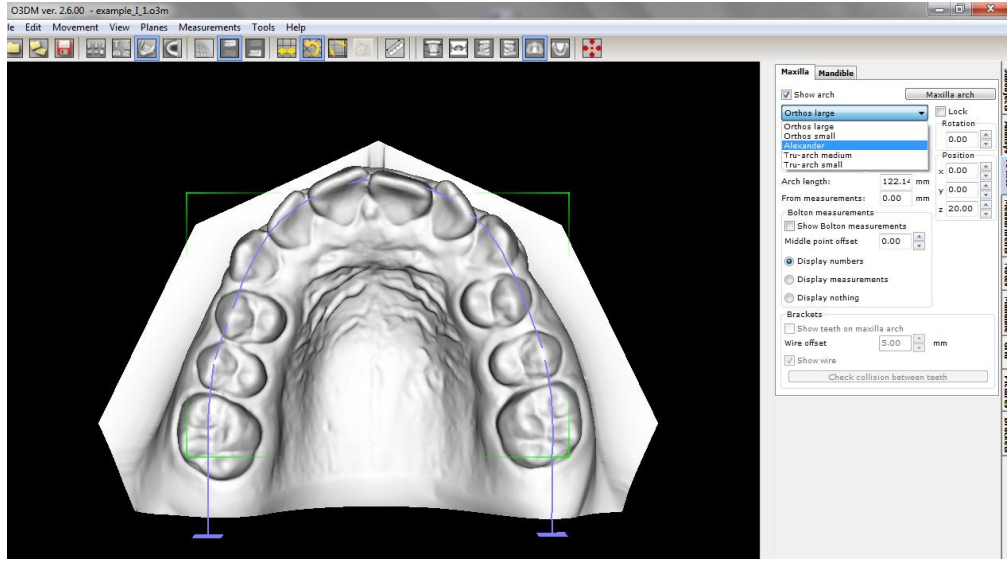
O3DM yazılımında, yine ark formunun işaretleneceği durumlarda, olguya uygun olan arkın seçilebilmesi için, birçok alternatif bulunmaktadır (Resim 7.12).



Resim 7.10: Orthomodel yazılımlında ark formunun belirlenmesi

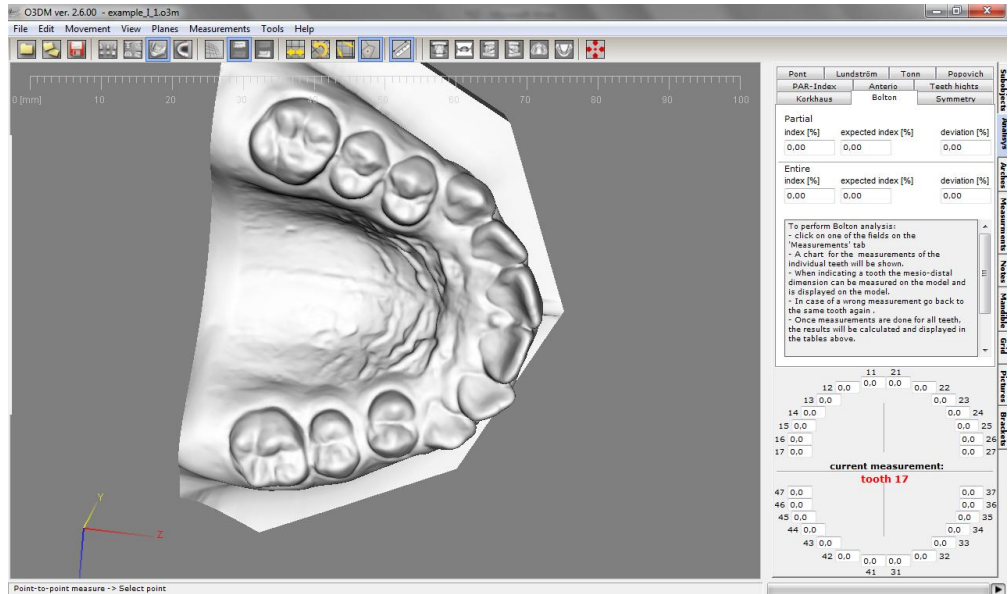


Resim 7.11: 3Shape Orthoanalyzer yazılımlında bulunan ark formu alternatifleri



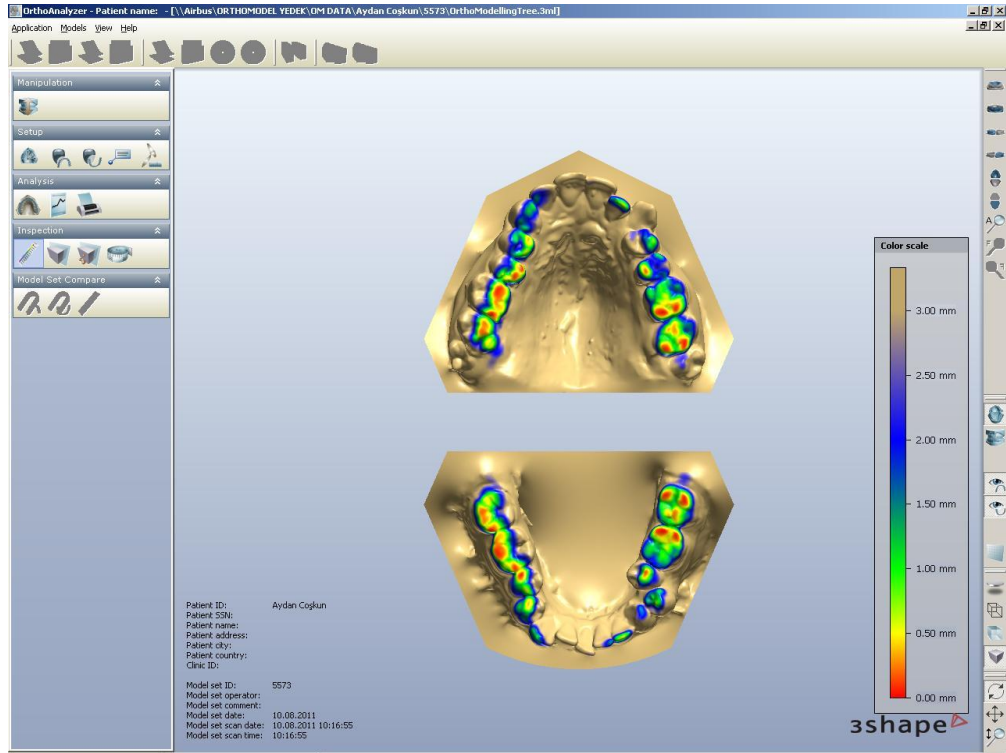
Resim 7.12: O3DM yazılımında bulunan ark formu alternatifleri

Yazılımların bazılarında, birbirinden farklı analizler bulunmaktadır. O3DM yazılımında da, aynı şekilde birkaç analiz alternatifi yer almaktadır (Resim 7.13).

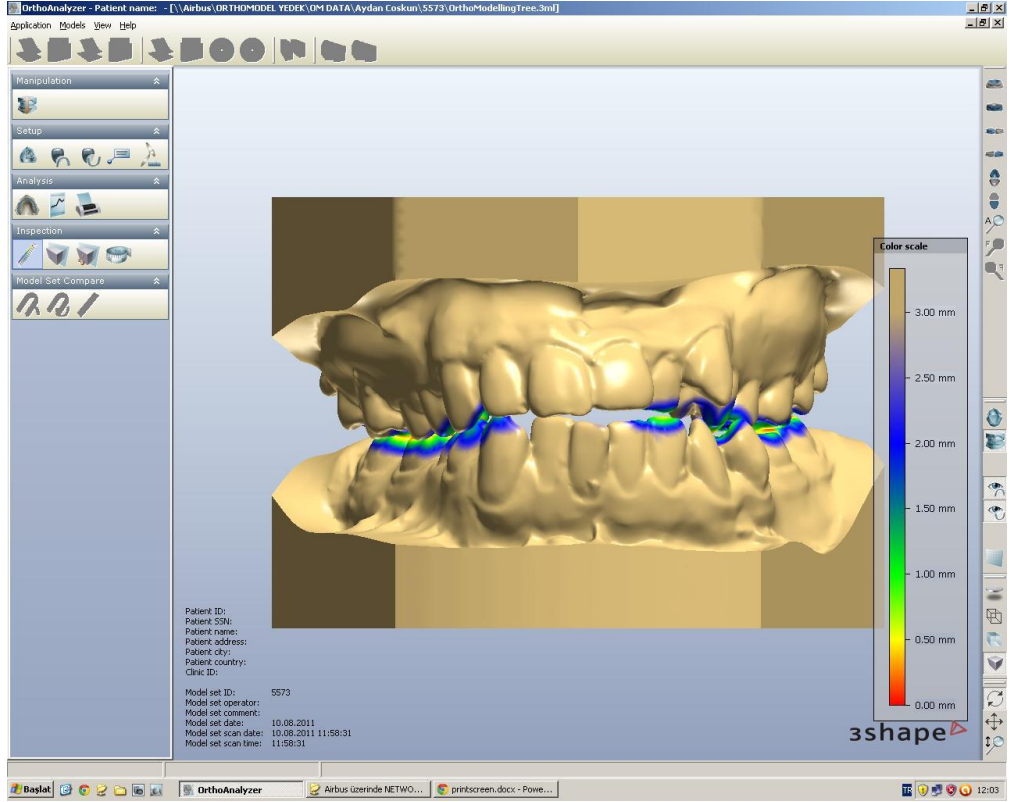


Resim 7.13: O3DM yazılımında yer alan farklı analizler

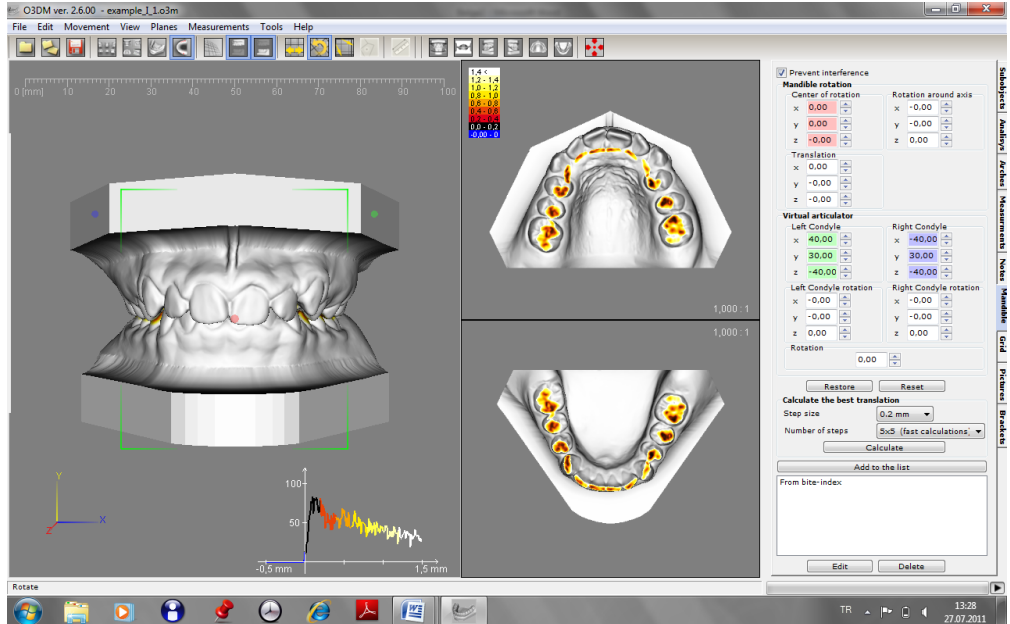
Kullanıcıların işine yarayacak bir başka özellik ise, 3shape Orthoanalyzer yazılımında mevcut olan oklüzogram ile kapanışın ve çenelerin birbirleri ile olan ilişkilerinin değerlendirilebilmesidir. Bu özellik kullanılarak, artikülasyon ve primer temaslar kolaylıkla kontrol edilebilmektedir (Resim 7.14, 7.15). Aynı özellik, O3DM programında da mevcuttur (Resim 7.16).



Resim 7.14: 3Shape Orthoanalyzer yazılımında alt ve üst dişlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin ve kapanışın değerlendirilebilmesi için oluşturulabilen oklüzogram

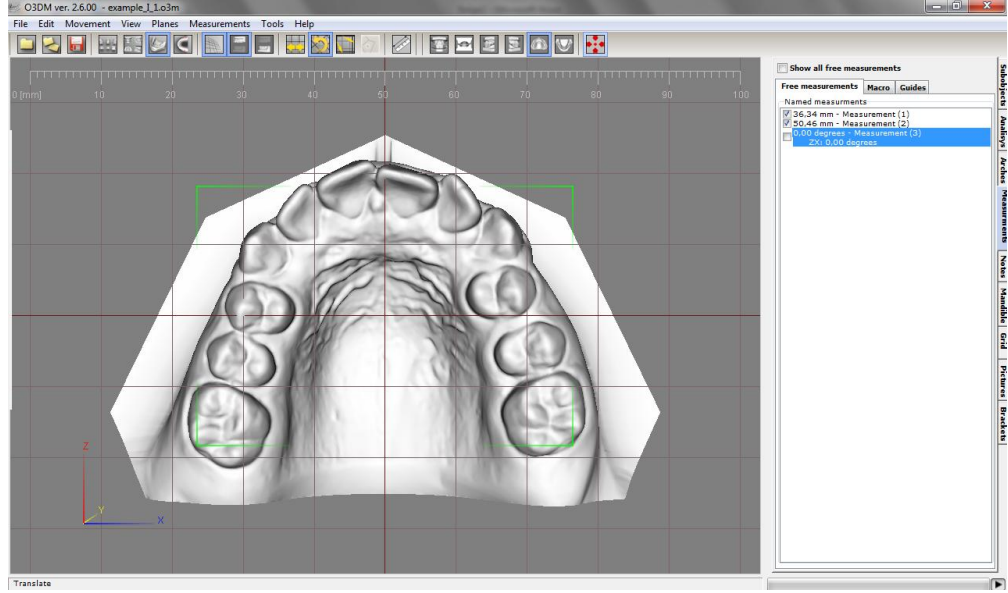


Resim 7.15: Oklüzogram



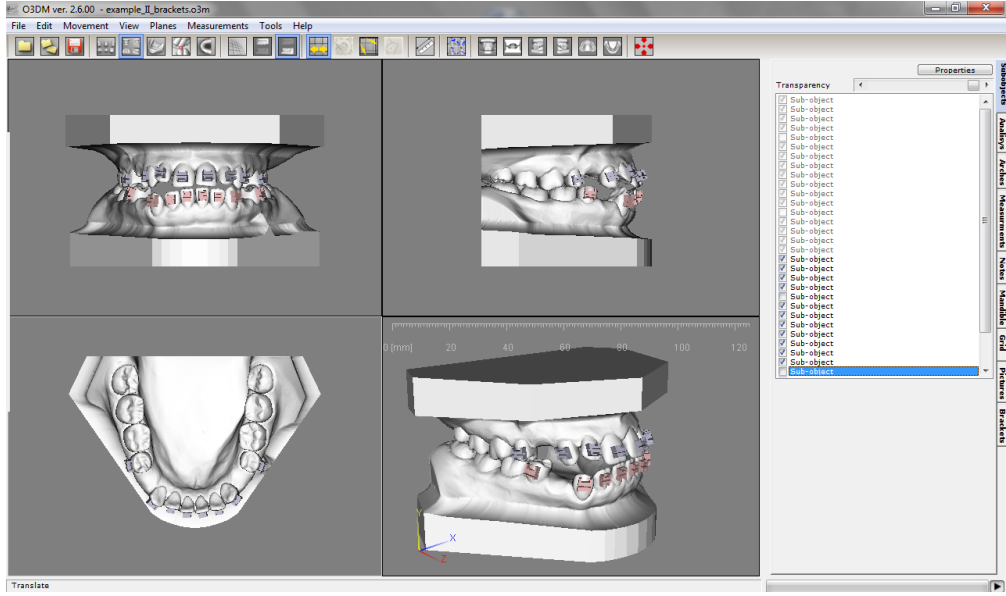
Resim 7.16: O3DM yazılımında alt ve üst dişlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin ve kapanışın değerlendirilebilmesi için oluşturulabilen oklüzogram

O3DM yazılımında, ölçümlerin daha rahat ve doğru yapılabilmesi için, grid özelliği de bulunmaktadır (Resim 7.17).



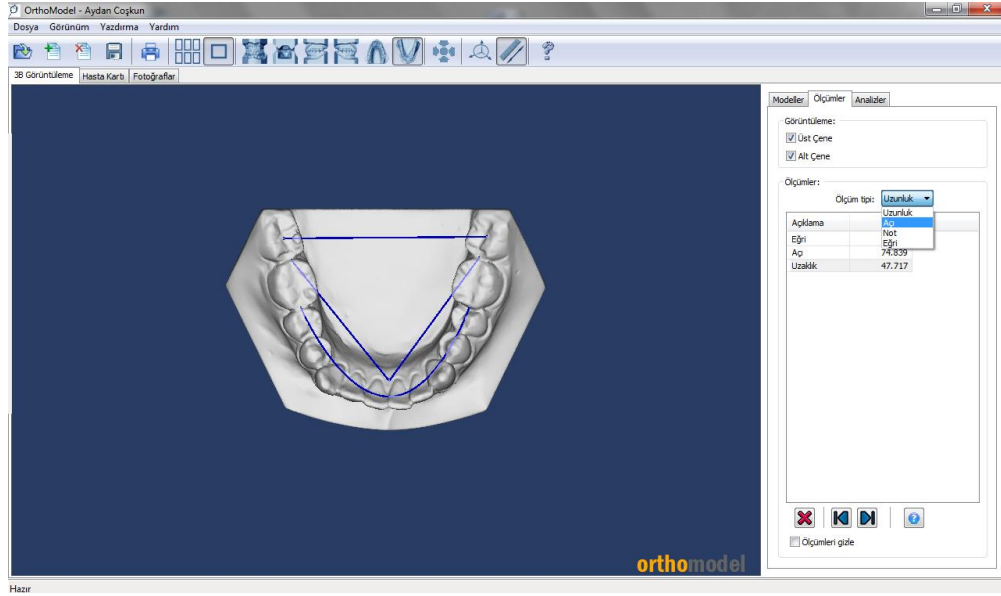
Resim 7.17: O3DM yazılımında mevcut olan grid özelliği

Gözlemlediğimiz bir başka önemli özellik de, O3DM ve 3Shape Orthoanalyzer yazılımlarında mevcut olan sanal set-up özelliğidir (Resim7.18). Bu özellik, uygulanacak tedavi planlaması hakkında, hekimin daha doğru karar vermesini sağlamaktadır.



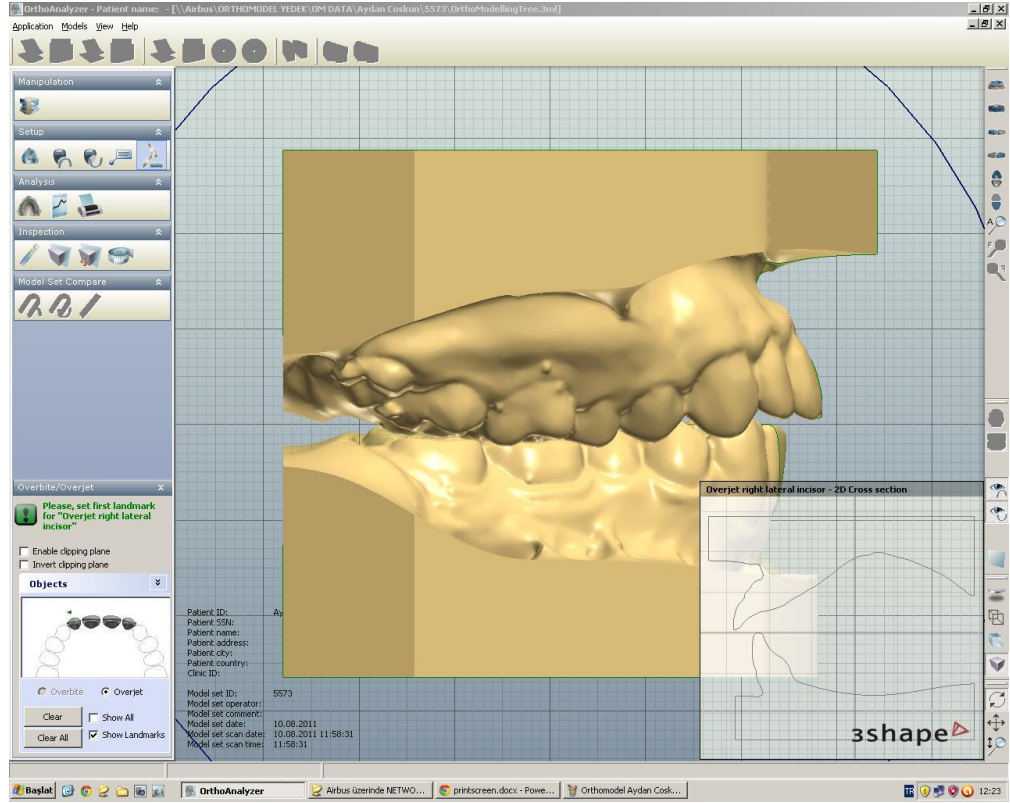
Resim 7.18: O3DM yazılımında mevcut olan set-up özelliği

Orthomodel yazılımında, açı, uzunluk veya eğri şeklinde ölçümler de gerçekleştirilebilmektedir (Resim 7.19).



Resim 7.19: Orthomodel yazılımında açı, uzunluk veya eğri şeklinde gerçekleştirilebilen ölçümler

Overjet ve overbite gibi bazı ölçümleri yaparken, yazılımı kullanarak kesit alınabilmesi de önemli bir özelliktir. 3Shape Orthoanalyzer ve O3DM yazılımlarında, bu özellik mevcut iken, Orthomodel yazılımında kesit alınarak overjet ve overbite ölçümleri yapılamamaktadır (Resim 7.20).



Resim 7.20: 3Shape Orthoanalyzer yazılımında kesit alınarak overjet ve overbite ölçümü

Yazılımların fiyatları karşılaştırıldığında ise, Orthomodel ve O3DM yazılımları ücretsiz olarak temin edilebilirken, 3Shape yazılımı için ücret talep edilmektedir. 3Shape yazılımında, kullanıcı tarayıcıyı satın aldığı takdirde, yazılım yine ücretsiz olarak kullanılabilir. Tüm yazılımlarda hizmet bedeli olarak ücret talep edilmektedir.

Yazılımları oluşturan firmalar, ihtiyaçlar doğrultusunda, programlarına yeni uygulamalar ekleyerek, kullanıcılara yardımcı olmaya çalışmaktadırlar. Gelecekte programlara eklenmesi düşünülebilecek uygulamalar, ölçüm noktalarının otomatik

olarak yazılım tarafından tanınıp, ölçümlerin bilgisayar tarafından gerçekleştirilmesi, sayısal olarak braket pozisyonlandırılması ve direkt ağızıçi tarayarak, anında sayısal model oluşturulması gibi uygulamalar olabilir.

7.2. Bulguların Tartışılması

7.2.1. Gözlemciye ait bulguların tartışılması

Farklı 3 sayısal model yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerin, yazılımlar arasındaki güvenilirlikleri karşılaştırıldığında, sınıf içi korelasyon katsayısı değerlerinin %88'in üzerinde ve %95 güven aralığı içinde olduğu bulunmuş ve böylece 3 yazılımın da ölçüm güvenilirliği ispatlanmıştır.

Ölçüm değerlerine bakıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, 3 sayısal model yazılımı arasında, sınıf içi korelasyon katsayısı en yüksek olan yazılım, Orthomodel yazılımı olmuştur. Bu sonucun, araştırmacının Orthomodel yazılımını daha önceden rutinde kullanmaya alışık olmasına bağlı olabileceği düşünülebilir. Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III olgular üzerinde yapılan ölçümlerde ise, sınıf içi korelasyon katsayıları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ve sınıf içi korelasyon katsayıları benzerdir. Literatür incelendiğinde, yapılan çalışmalarda genelde alçı modeller ile sayısal model yazılımları karşılaştırılmış ve sonuç olarak da sayısal model üzerinde yapılan ölçüm değerleri, alçı modellerde yapılan ölçümlere göre daha büyük bulunmuştur (126). Santoro ve ark. (145) ise, alçı model üzerinde yapılan ölçümlerin, sayısal model üzerinde yapılan ölçümlere göre daha büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Sayısal model yönteminde yapılan ölçümler, geleneksel yöntemde olduğu gibi referans noktaları araştırmacının kendisi tarafından belirlenerek yapılır ve dolayısıyla gözlemciye ait ve gözlemciler arası birtakım farklılıklar meydana gelebilir (18).

Bu çalışmada da, metod hatası payını düşürebilmek amacıyla ve Anabilim Dalı'mızda, sayısal model ölçümlerinde belli bir tecrübeye sahip 1'den fazla araştırmacı bulunamadığı için, tüm ölçümler tek 1 araştırmacı tarafından yapılmıştır. Başka çalışmalarda, yazılımlar birkaç araştırmacı tarafından da karşılaştırılabilir.

Çalışmamızda, gözlemciye ait korelasyon katsayılarının %88'in üzerinde olduğu ve %95 güven aralığı ölçüm değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, Quimby ve ark. da (126), yapmış oldukları çalışmada, gözlemciye ait sınıf içi korelasyon katsayılarının %90'dan daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Ölçüm

değerlerine bakıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış ve 3 sayısal model yazılımı arasında, sınıf içi korelasyon katsayısı en yüksek, Orthomodel bulunmuştur ve bu durum, kullanıcının bu yazılıma daha önceden alışık olmasına bağlanmıştır. Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III olguları üzerinde yapılan ölçümlerde ise, sınıf içi korelasyon katsayıları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Zilberman ve ark. (177), üst çenede kanin dişlerin tüberkül tepeleri ve 1. büyük azı dişlerin mezio-bukkal tüberkül tepeleri arası mesafeler ile alt çenede lingual dişeti arası mesafeleri ölçmüştür. Alçı modeller ile sayısal modeller arasında, oldukça yüksek bir korelasyon katsayısı değeri bulmuşlardır ($r= 0.998-1$). Ark genişliği ölçümlerinde, metod hatası değerleri, diğer dişsel ölçümlere göre yüksek bulunmuş ve bu durumun, ölçülen mesafenin büyüklüğünden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Yaptığımız çalışmada ise, korelasyon katsayısı en yüksek olan ölçümler, interkanin ve intermolar mesafeler olmuştur. Bu durum, tüberkül tepelerini işaretlemenin daha kesin ve doğru bir şekilde yapılabileceği ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada da, Zilberman ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmada olduğu gibi, premolar ve molar dişlerin bulunduğu posterior bölgede yapılan mezio-distal diş genişliği ölçümlerinin sonuçları, santral veya lateral dişler gibi anterior bölge dişlerinin mezio-distal genişlik ölçüm sonuçlarından daha fazla metod hatası içermektedir.

Garino ve ark. (46) ise; hem üst, hem de alt çenede interkanin ve intermolar mesafeleri ölçmüşlerdir. Ölçümler, kanin dişlerin tüberkül tepeleri ile molar dişlerin mezio-bukkal tüberkül tepeleri arasında yapılmıştır. Kullanıcıların 1. ve 2. ölçümleri arasında, alçı modellerde ortalama 0.127-0.270mm değerleri arasında farklar bulunurken, sayısal modellerde 0.0925mm-0.1075mm değerleri arasında farklar bulunmuştur. Araştırmacılar, ölçümler arası farkların 0.025mm'den büyük olduğu durumlarda, 2. ölçümü kabul edilebilir bulana kadar tekrarlamışlardır.

Leifert ve ark. (84), çalışmalarında alçı ve sayısal model analizlerini karşılaştırmışlardır. En geniş mezio-distal boyutta diş genişlikleri ve ark uzunlukları ölçülmüştür. Alçı model ölçümleri, sayısal kumpas ile yapılırken, sayısal model ölçümleri OrthoCad yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, maksiller modellerde 0.4mm'lik ve klinik olarak önemli olan bir farklılık tespit edilirken, mandibular modellerde klinik olarak herhangi bir fark bulunmamıştır.

Sayısal model yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerin, alçı modellerde yapılan ölçümlerden herhangi bir farkı olmadığını ve kabul edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda, tüm sayısal model yazılımlarında yapılan ölçümlerin sonuçları, istatistiksel olarak benzer bulunmuş ve bunun sonucunda, klinik olarak 3 yazılımın da kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada, aynı zamanda, yazılımlar; Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III gibi farklı olgu grupları arasında da değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu farklı olgular arasında da istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür.

Tablo 7.1: Yazılımların özelliklerinin karşılaştırılması

YAZILIM- ÖZELLİKLER	ORTHOMODEL	3SHAPE	O3DM
Servis ücreti	+	-	+
Yazılım bedeli	-	Tarama cihazı ile ücretsiz	-
Dosya hacmi	11 MB	19,7 MB	3,7 MB
Yazılım hacmi	7,60 MB	77,4 MB	35,6 MB
Alçı model gönderimi	+	+	+
Diş ölçümü için düzlemler	+	+	+
Ölçüm rehberi	+	+	+
Otomatik rotasyon	-	-	+
Ark formu alternatifleri	-	+	+
Ark analizi alternatifleri	-	-	+
Bolton analizi	+	+	+
Okluzogram	-	+	+
Sanal setup	-	+	+
Overjet-Overbite ölçümü	-	+	+
Noktalararası ölçüm	+	+	+
Ark uzunluğu ölçümü	+	+	+
Kesit alma özelliği	-	+	+

8. SONUÇ

Literatürü incelediğimizde, sayısal modellerin farklı ölçüm teknikleriyle karşılaştırıldığı görülürken, farklı sayısal model yazılımlarını karşılaştıran çalışmalara rastlanmamıştır.

Bu araştırmada, 3 farklı sayısal model yazılımı (Orthomodel-Türkiye, 3Shape Orthoanalyzer-Danimarka, O3DM-Polonya), 1 araştırmacı tarafından, 1'er hafta ara ile yapılan ve 3 kere tekrarlanan ölçümler aracılığıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada yapılan ölçümler; dişlerin mezio-distal genişlikleri, üst interkanin ve intermolar mesafeler ile alt interkanin ve intermolar mesafeler olmuştur. 25 adet Sınıf I, 25 adet Sınıf II ve 25 adet Sınıf III olgu olmak üzere, toplam 75 adet model üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Sayısal model ölçümleri karşılaştırıldığında, sınıf içi korelasyon katsayısı değerlerinin % 88'in üzerinde olduğu ve % 95 güven aralığı içinde olduğu bulunmuş, böylece 3 yazılımın da ölçüm güvenilirliği kanıtlanmıştır.

Çalışmamızın sonucunda, 3 farklı sayısal model yazılımı kullanılarak elde edilen ölçüm sonuçlarının klinik olarak anlamlı bir fark meydana getirmediği göz önünde bulundurularak, sayısal modellerin ve her 3 yazılımın, uzun dönem klinik çalışmalarda alternatif bir yöntem olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.

9. KAYNAKLAR

1. Ackerman J, Proffit W. (2002). What price progress? *Am J Orthod*, 121:243.
2. Adaskevicius R, Vasiliauskas A. (2008). 3D multicamera dental cast scanning system. *Electronics and Electrical Engineering*, No:2(82).
3. Alcan T, Ceylanoglu C, Baysal B. (2009). The relationship between digital model accuracy and time dependent deformation of alginate impressions. *Angle Orthod*, 79:30–36.
4. Alcaniz M, Montserrat C, Grau V, Chinesta F, Ramon A, Albalat S. (1998). An advanced system for the simulation and planning of orthodontic treatment. *Med Image Anal*, 2: 61-77.
5. Almeida M, Philips C, Kula K, Tulloch C. (1995). Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod*, 65: 43-8.
6. Altobelli DE, Kikinis R, Mulliken JB, Cline H, Lorensen W, Jolesz F. (1993). Computer-assisted three-dimensional planning in craniosurgical planning. *Plast Reconstr Surg*, 92: 576-85.
7. Ashmore JL, Kurland BF, King GJ, Wheeler TT, Ghafari J, Ramsay DS. (2002). A three-dimensional analysis of molar movement during head-gear treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 121: 18-30.
8. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. (2007). Three dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod*, 29: 517-522.
9. Aurum Classic Product Collection. (2007). Kromopan 100 alginate. Available at: <http://aurumgroup.com>.
10. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Siebert P, Jin J, Niblett TB, et al. (1996). Three-dimensional modeling for modern diagnosis and planning in maxillofacial surgery. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 11: 225-33.
11. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Jin J, Niblett TB, Urquhart C, Mowforth P, Siebert P. (1997). A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: A preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 12(1): 79-84.

12. Ayoub AF, Siebert P, Moos KF, Wray D, Urquhart C, Niblett TB. (1998). A vision-based three-dimensional capture system for maxillofacial assessment and surgical planning. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 36(5): 353-357.
13. Ayoub A, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, et al. (2003). Validation of a vision-based three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J*, 40: 523-9.
14. Bailey L, Esmailnejan A, Almeida M. (1996). Stability of palatal rugae landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. *Angle Orthod*, 66: 73-8.
15. Baumrind S. (1972). Mapping the skull in 3D. *J Calif Dent Assoc*, 48: 22-31.
16. Baumrind S, Moffitt FH, Curry S. (1983). Three dimensional x-ray stereometry from paired coplanar images: A progress report. *Am J Orthod*, 84: 292-312.
17. Baumrind S, Moffitt FH, Curry S. (1983). The geometry of three dimensional measurement from paired coplanar x-ray images. *Am J Orthod*, 84: 313-22.
18. Bell A, Ayoub AF, P Siebert. (2003). Assessment of the accuracy of a three dimensional imaging system for archiving dental study models. *Journal of Orthod*, 30: 219-223.
19. Black GV. (1902). Descriptive anatomy of the human teeth. 4th ed. Philadelphia, Pa: SS. *White Dental Mfg Co*.
20. Bolton WA. (1958). Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod*, 28: 113-130.
21. Bolton WA. (1962). The clinical application of a tooth-size analysis. *Am J Orthod*, 48: 504-529.
22. Broadbent BH. (1931). A new x-ray technique and its applications to orthodontia. *Angle Orthod*. 1: 45-66.
23. Brook AH, Pitts NB, Yau F, Sandar PK. (1986). An image analysis system for the determination of tooth dimensions from study casts: Comparison with manual measurements of mesiodistal diameter. *J Dent Res*, 65: 428-431.
24. Brosky ME, Pesun IJ, Lowder PD, DeLong R, Hodges JS. (2002). Laser digitization of casts to determine the effect of tray selection and cast formation technique on accuracy. *J Prosthet Dent*, 87(2): 204-209.

25. Burstone CJ, Dr. Charles J. (1979). Burstone on the uses of the computer in orthodontic practice (part I). *J Clin Orthod*, 13: 442-453.
26. Callahan C, Sadowsky PL, Ferreira A. (2005). Diagnostic value of plaster models in contemporary orthodontics. *Semin Orthod*, 11: 94-97.
27. Casco J, Vaden J, Kokich V, Damone J, James R, Cangialosi T et al. (1998). Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 114:589–599.
28. Cha BK, Choi JI, Jost-Brinkman PG, Jeong YM. (2007). Applications of three-dimensionally scanned models in orthodontics. *Int J Comput Dent*, 10: 41-52.
29. Champagne M. (1992). Reliability of measurements from photocopies of study models. *J Clin Orthod*, 10: 648-650.
30. Choi D, Jeong Y, Jank I, Jost-Brinkmann P, Cha B. (2010). Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. *Angle Orthod*, 80:685-691.
31. Commer P, Bourauel C, Maier K, Jager A. (2000). Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions. *Med Eng Phys*, 22: 625-635.
32. Cordato MA. (1995). A simple mathematical study of anterior dental relations: Part I. *Aust Orthod J*, 13: 249-52.
33. Cordato MA. (1996). A simple mathematical study of anterior dental relations: Part II, incisor and canine overjet. *Aust Orthod J*, 14: 143-9.
34. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. (2005). Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 128: 624-629.
35. Craig RG. (1977). A review of properties of rubber impression materials. *J Mich Dent Assoc*, 59: 254-61.
36. Curry S, Baumrind S, Carlson S, Beers A, Boyd RL. (2001). Integrated three-dimensional mapping at the Craniofacial Research Instrumentation Laboratory/University of the Pacific. *Semin Orthod*, 7: 258-65.

37. Eames WB, Wallace SW, Suway NB, Rogers LB. (1979). Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent*, 41: 517-21.
38. El-Zanaty H, El-Beialy A, El-Ezz A, Attia K, El-Bialy A, Mostafa Y. (2010). Three- dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 137: 259-65.
39. English W, Robison S, Summitt J, Oesterle L, Brannon R, Morlang W. (1988). Individuality of human palatal rugae. *J Forensic Sci*, 33: 718-26.
40. Erdiñç A, Dođan S, Diñçer B. (2008). Sayısal modellerde güvenilirlik. *E Diřhek Fak Derg*, 29: 99-103.
41. Ferrario VF, Sforza C, Miani A Jr, Tartaglia G. (1994). Mathematical definition of the shape of dental arches in human permanent healthy dentitions. *Eur J Orthod*, 16: 287-294.
42. Fleming PS, Marinho V, Johal A. (2010). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: A systematic review. *Orthod Craniofac Res*, 14: 1-16.
43. Freeman JE, Maskeroni AJ, Lorton L. (1996). Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 110:24-27.
44. Gabor G. (1948). A new microscopic principle. *Nature*, 161: 777-778.
45. Gallao S, Faltin Jr K, Santos-Pinto L, Santos-Pinto A, Parsekian Martins L. (2011). Dental model measurements: From digital calipers to the digital system.
46. Garino F, Garino GB. (2002). Comparison of dental arch measurement between stone and digital casts. *World J Orthod*, 3: 250-254.
47. Garino F, Garino G. (2003). From digital casts to digital occlusal set-up: An enhanced diagnostic tool. *World J Orthod*, 4: 162-6.
48. Garino F, Garino G. (2004). Digital treatment objectives: procedure and clinical application. *Prog Orthod*, 5: 248-56.
49. Gateno J, Xia J, Teichgraeber J, Rosen A. (2003). A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg*, 61: 222-7.

50. Gracco A, Buranello M, Cozzani M, Siciliani G. (2007). Digital and plaster models: A comparison of measurement and time. *Prog Orthod*, 8: 252-9.
51. Grayson B, Cutting C, Bookstein FL, Kim H, McCarthy JG. (1988). The three-dimensional cephalogram: Theory, technique, and clinical application. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 94: 327-37.
52. Hajeer MY, Mao Z, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. (2005). A new three-dimensional method of assessing facial volumetric changes after orthognathic treatment. *Cleft Palate Craniofac J*, 42: 113-20.
53. Halazonetis DJ. (2001). Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod*, 119(5): 556-560.
54. Hammond P, Hutton TJ, Allanson JE, Campbell LE, Hennekam RC, Holden S, et al. (2004). 3D analysis of facial morphology. *Am J Med Genet A*, 126A: 339-48.
55. Han KU, Vig KWL, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. (1991). Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 100:212-219.
56. Harradine N, Suominen R, Stephens C, Hathorn I, Brown I. (1990). Holograms as substitutes for orthodontic study casts: A pilot clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 98: 110-116.
57. Harrell WE, Hatcher D, Bolt R. (2002). In search of anatomic truth: 3-dimensional digital modeling and the future of orthodontics. *Am J Orthod*, 122:325-330.
58. Hauser G, DaPonte A, Roberts M. (1989). Palatal rugae. *J Anat*, 165: 237-49.
59. Hayasaki H, Martins RP, Gandini LG, Saitoh I, Nonaka K. (2005). A new way of analyzing occlusion 3 dimensionally. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 128: 128-32.
60. Hildebrand J, Palomo J, Palomo M, Sivik M, Hans M. (2008). Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 133:283-9.
61. Hirogaki Y, Sohmura T, Takahashi J, Noro T, Takada K. (1998). Construction of 3-D shape of orthodontic dental casts measured from two directions. *Dent Mater J*, 17: 115-124.

62. Hoffman P. (1985). Aterior space prediction with a microcomputer. *J Clin Orthod*, 35.
63. Hoggan B, Sadowsky C. (2001). The use of palatal rugae fort he assesment of anteroposterior tooth movements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119: 482-88.
64. Horton H, Miller J, Gaillard P, Larson B. (2010). Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod*, 80:254–261.
65. Hunter WS, Priest P. (1960). Errors and discrepancies in measurements of tooth size. *J Dent Res*, 39: 405-414.
66. Joffe L. (2004). Current products and practices Ortocad: Digital model for digital era. *J Orthod*, 31: 1-4.
67. Jones M, Richmond S. (1985). The performance and use of a 3D cast analysis system. *Br J Orthod*, 13: 54.
68. Jones M. (1991). A comparison of orthodontic treatment changes as measured form study casts and cephalometric radiographs. *Br J Orthod*, 18: 99-103.
69. Kapali S, Townsend G, Richards L, Parish T. (1997). Palatal rugae patterns in Australian Aborigenes and Caucasians. *Aust Dent J*, 42: 129-33.
70. Kau CH, Richmond S, Incrapera A, English J, Xia JJ. (2007). Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphplogy and their application to maxillofacial surgery. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg*, 3: 97-110.
71. KawanoY. (1987). Three dimensional analysis of the face in respect of zygomatic fractures and evaluation of the surgery with the aid of Moire topography. *J Craniomaxillofac Surg*, 15: 68-74.
72. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. III. (2008). JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, part 1: Results and trends. *J Clin Orthod*, 42: 625-40.
73. Kim BC, Park WS, Kang YH, Yi CK, Yoo HS, Kang SJ, et al. (2007). Accuracy of digital dental model surgery for orthognathic surgery: A preclinical evaluation. *J Korean Maxillofac Plast Reconstr Surg*, 29: 520-6.

74. Kim BC, Lee CE, Park WS, Kang JW, Yi CK, Lee SH. (2008). Image fusion accuracy for the integration of digital dental model and 3D CT images by the point-based surface best fit algorithm. *J Korean Oral Maxillofac Surg*, 34: 555-61.
75. Kim BC, Lee CE, Park W, Kang SH, Zhengguo P, Yi CK, Lee SH. (2010). Integration accuracy of digital dental models and 3-dimensional computerized tomography images by sequential point- and surface-based markerless registration. *Basımda*.
76. Kim BI, Bayome M, Kim Y, Baek SH, Han SH, Kim SH, Kook YA. (2011). Comparison of overjet among 3 arch types in normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139; e253-e260.
77. Komolpis R, Johnson RA. (2002). Web-based orthodontic instruction and assessment. *J Dent Educ*, 66(5): 650-658.
78. Kook YA, Nojima K, Moon HB, McLaughlin RP, Sinclair PM. (2004). Comparison of arch forms between Korean and North American white populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 126: 680-6.
79. Krimmel M, Kluba S, Bacher M, Dietz K, Reinert S. (2006). Digital surface photogrammetry for anthropometric analysis of the cleft infant face. *Cleft Palate Craniofac J*, 43: 350-5.
80. Kuo E, Miller RJ. (2003). Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 123: 578-81.
81. Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata K. (1996). Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 110: 365-369.
82. Kusnoto B, Evans CA. (2002). Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 122(4): 342-348.
83. Lee H, Wu B, Ting K. (2002). Preliminary studies on Invisalign tray fabrication. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 122: A1.
84. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. (2009). Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136(1):16.e1-4; discussion 16.

85. Lemay M. (2007). Logistics in digital orthodontic models. *Int J Orthod*, 18: 25-8.
86. Lim MY, Lim SH. (2009). Comparison of model analysis measurements among plaster model, laser scan digital model, and cone beam CT image. *Korean J Orthod*, 39: 6-17.
87. Lowey MN. (1993). The development of a new method of cephalometric and study cast mensuration with a computer controlled, video image capture system. Part II: Study cast mensuration. *Br J Orthod*, 20: 315-331.
88. Maal TJ, Plooij JM, Rangel FA, Mollemans W, Schutyser FA, Berge SJ. (2008). The accuracy of matching three-dimensional photographs with skin surfaces derived from cone-beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 37: 641-6.
89. Macchi A, Carrafiello G, Cacciafesta V, Norcini A. (2006). Three-dimensional digital modeling and setup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129: 605-10.
90. Mah J, Freshwater M. (2003). 3D digital dental models using laser technology. *J Clin Orthod*, 37:101-103.
91. Marcel TJ. (2001). Three-dimensional on-screen virtual models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119: 666-668.
92. Marcel T. (2001). Our digital model experience: a six month Ortho-cad user report: Practice management diary. *PCSO Bull*, 73: 1 and 4.
93. Martensson B, Ryden H. (1992). The holodent system, a new technique for measurement and storage of dental casts. *Am J Orthod*, 102(2):113-119.
94. Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KWL. (2005). Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 128: 431-434.
95. McCabe JF, Wilson HJ. (1978). Addition curing silicone rubber impression materials. An appraisal of their physical properties. *Br Dent J*, 145: 17-20.
96. McCance AM, Moss JP, Wright WR, Linney AD, James DR. (1992). A three-dimensional soft tissue analysis of 16 skeletal Class III patients following bimaxillary surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 30: 221-32.

97. McGuinness NJ, Stephens CD. (1992). Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *Br J Orthod*, 19:227-232.
98. McNamara JA, Brudon WL. (2002). Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. *Needham Press Inc. Michigan*.
99. Merz ML, Isaacson RJ, Germane N, Rubenstein LK. (1991). Tooth diameters and arch perimeters in a black and a white population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 100: 53-8.
100. Miller KJ, Kuo E, Choi W. (2003). Validation of align technology's Treat IITM digital model superimposition tool and its case application. *Orthod Craniofacial Res* 6, p: 143-149.
101. Mladenovic D, Popovic L, Mihailovic B, Jankovic A, Stoiljkovic M, Zivkovic D, Miladinovic M. (2009). Comparison of measurements made on digital 2D models and study casts. *Acta Fac Med Naiss*, 26 (4): 187-194.
102. Mok K, Cooke M. (1998). Space analysis: A comparison between sonic digitization(DigiGraph™ Workstation) and the digital caliper. *Eur J Orthod*, 20: 653-661.
103. Mok CW, Zhou L, McGrath C, Hagg U, Bendeus M. (2007). Digital images as an alternative to orthodontic casts in assessing malocclusion and orthodontic treatment need. *Acta Odontol Scand*, 65: 362-8.
104. Moro A, Correra P, Boniello R, Gasparini G, Pelo S. (2009). Three-dimensional analysis in facial assymetry: Comparison with model analysis and conventional two-dimensional analysis. *J Craniofac Surg*, 20: 417-22.
105. Moss JP, Grindrod SR, Linney AD, Arridge SR, James D. (1988). A computer system for the interactive planning and prediction of maxillofacial surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 94: 469-75.
106. Moss JP, Linney AD, Lowery MN. (1995). The use of three-dimensional techniques in facial esthetics. *Semin Orthod*, 1: 94-104.
107. Moss JP. (2000). 2D or not 2D? That is the question. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 117: 580-1.
108. Motohashi N, Kuroda T. (1999). A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *Eur J Orthod*, 21:263-274.

109. Moyers RE. (1980). *Handbook of Orthodontics, Third Edition, Year Book Medical Publishers Inc., Amerika.*
110. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. (2007). Accuracy of space analysis with e-models and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 132(3): 346-352.
111. Nagasaki S, Fujimura T, Segoshi K. (2003). Development of a non-radiographic cephalometric system. *Eur J Orthod*, 25: 77-85.
112. Neff CW. (1949). Tailored occlusion with the anterior coefficient. *Am J Orthod*, 35: 309-314.
113. Nkenke E, Zachow S, Benz M, Maier T, Veit K, Kramer M, et al. (2004). Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. *Dentomaxillofac Radiol*, 33: 226-32.
114. Nojima K, McLaughlin RP, Isshiki Y, Sinclair PM. (2001). A comparative study of Caucasian and Japanese mandibular clinical arch forms. *Angle Orthod*, 71: 195-200.
115. Nummikoski P, Prihoda T, Langlais RP, McDavid WD, Welander U, Tronje G. (1988). Dental and mandibular arch widths in three ethnic groups in Texas: A radiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 65: 609-17.
116. O'Brien W. (1997). Dental materials and their selection. 2nd ed. *Ann Arbor, MI: Quintessence* p: 130-131.
117. Okunami T, Kusnoto B, BeGole E, Evans C, Sadowsky C, Fadavi S. (2007). Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: Digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 131:51-6.
118. Özer T, Genç C. (2008). Ortodontik diagnozda sayısal modellerin doğruluğu. *Türk Ortod Derg*, 21: 25-32.
119. Pair J, Luke J, White S, Atchknison K, Englehart R, Brennan R. (2001). Variability of study cast assessment among orthodontics. *Am J Orthod*, 120:629-638.

120. Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. (2005). New, fast and accurate procedure to calibrate a 2-dimensional digital measurement method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 127(4): 518-9.
121. Paredes V, Gandía JL, Cibrian RM. (2006). Determination of Bolton tooth size ratios by digitization, and comparison with the traditional method. *Eur J Orthod*, 28: 120-125.
122. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. (2004). Digital models: An introduction. *Semin Orthod*, 10: 226-238.
123. Powers J, Sakaguchi R. (2006). Craig's restorative dental materials. *12th ed. St Louis: Mosby*. P: 270-8.
124. Proffit WR, Fields HW. (1993). Contemporary orthodontics second edition. *Mosby Year Book Inc., USA*.
125. Proffit W. (2000). Contemporary orthodontics. *St Louis: Mosby*. p: 118-120.
126. Quimby M, Vig K, Rashid R, Firestone A, Mayers M. (2004). The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*, 74: 298-303.
127. Rangel FA, Maal TJ, Berge SJ, van Vlijmen OJ, Plooij JM, Schutyser F, et al. (2008). Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134: 820-6.
128. Redlich M, Weinstock T, Abed Y, Schneor R, Holdstein Y, Fischer A. (2008). A new system for scanning, measuring and analyzing dental casts based on a 3D holographic sensor. *Orthod Craniofac Res*, 11: 90-5.
129. Redmond WR.(2001) Digital models: A new diagnostic tool. *Journal of Clinical Orthodontics*, 35:386-387.
130. Redmond WR. (2001). Digital orthodontic office. *Semin Orthod*, 7: 266-273.
131. Redmond WR. (2001). Wireless orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 120: 325-327.
132. Redmond WJ, Redmond MJ, Redmond WR. (2004). The OrthoCAD bracket placement solution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 125: 645-6.

133. Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. (2005). An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod*, 75(3): 300-304.
134. Richmond S, Jones M. (1985). The development of a 3D cast analysis system. *Br J Orthod*, 13: 53.
135. Richmond S. (1987). Recording the dental cast in three dimensions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 92: 199-206.
136. Ricketts RM. (1961). Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod*, 31: 141-56.
137. Romeo A, Canal F, Roma M, de la Higuera B, Ustrell JM, von Arx JD. (1995). Holograms in orthodontics: a universal system for the production, development, and illumination of holograms for the storage and analysis of dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 108(4): 443-447.
138. Rosati R, Menezes M, Rossetti A, Sforza C, Ferrario V. (2010). Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: A technical evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 138:84-8.
139. Rossouw PE, Benator M, Stander I, Wynchank S. (1991). A critical comparison of three methods for measuring dental models. *J Dent Assoc S Afr*, 46: 223-226.
140. Rudge SJ. (1982). A computer program for the analysis of study models. *Eur J Orthod*, 4: 269-273.
141. Rudge SJ, Jones PT, Bowden DEJ. (1983). The reliability of study model measurement in the evaluation of crowding. *Br J Orthod*, 5: 225-231.
142. Ryden H, Bjelkhagen H, Martensson B. (1982). Tooth position measurements on dental casts using holographic images. *Am J Orthod*, 81(4): 310-313.
143. Santler G, Karcher H, Ruda C. (1998). Indications and limitations of three-dimensional models in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg*, 26: 11-6.
144. Santler G. (1998). The Graz hemisphere splint: a new, precise, noninvasive method of replacing the dental arch of 3D models by plaster models. *J Craniomaxillofac Surg*, 26: 169-73.

145. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay O, Cangialosi T. (2003). Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124: 101-105.
146. Schirmer UR, Wiltshire WA. (1997). Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 112: 676-680.
147. Sforza C, Peretta R, Grandi G, Ferronato G, Ferrario VF. (2008). Soft tissue facial planes and masticatory muscle function in skeletal Class III patients before and after orthognathic surgery treatment. *J Oral Maxillofac Surg*, 66: 691-8.
148. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. (1995). Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod*, 65: 327-334.
149. Sheridan JJ. (2000). The reader's corner. *J Clin Orthod*, 34: 593-597.
150. Sinthanayothin C, Phichitchaiphan N, Wongwaen N, Bholsithi W. (2010). System for archiving, communication and analyzing of 3d detal cast model. *International Conference on Electronics and Information Engineering (ICEIE)*.
151. Sjogren A, Lindgren J, Huggare J. (2010). Orthodontic Study Cast Analysis-Reproducibility of Recordings and Agreement Between Conventional and 3D Virtual Measurements. *Journal of Digital Imaging*, Vol 23, No 4, pp 482-492.
152. Sohmura T, Kojima T, Wakabayashi K, Takahashi J. (2000). Use of an ultrahighspeed laser scanner for constructing three-dimensional shapes of dentition and occlusion. *J Prosthet Dent*, 84: 345-352.
153. Sohmura T, Kojima T, Wakabayashi K, Lowmunkong R, Hojo H, Kusumoto N, Okuda H ve ark. (2004). 3D shape measurement of dental casts using medical x-ray CT. *Dent Mater J*, 23: 121-8.
154. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Rabbaud DW, Heo G, Major PW. (2006). Validity, reliability and reproducibility vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129: 794-803.

155. Stewart M. (2001). Dental models in 3D. *Orthod Prod*, 2: 21-4.
156. Straw J, Iuorno F, Findauer S. (2003). Dimensional stability of Kromopan, an irreversible hydrocolloid impression material. *J Dent Res*, Abstr 290, 82: Special Issue A.
157. Swennen G, Barth E, Eulzer C, Schutyser F. (2007). The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate anatomic virtual augmented model of the skull. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 36: 146-52.
158. Takada K, Lowe A, DeCou R. (1983). Operational performance of the Reflex Metrograph and its applicability to the three-dimensional analysis of dental casts. 83: 195-9.
159. Takasaki H. (2004). Moire topography. *Applied Optics*, 9: 1467-1472, 1970.
160. Tjan AHL, Whang SB, Tjan AH, Sarkissian R. (1986). Clinically oriented evaluation of the accuracy of commonly used impression materials. *J Prosthet Dent*, 56: 4-8.
161. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer JR Jr. (2001). A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod*, 71: 351-357.
162. Torassian G, How Kau C, English J, Powers J, Bussa H, Lopez A, Corbett J. (2010). Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod*, 80: 662-669.
163. Uechi J, Okayama M, Shibata T, Muguruma T, Hayashi K, Endo K, et al. (2006). A novel method for the 3-dimensional simulation of orthognathic surgery by using a multimodal image-fusion technique. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 130: 786-98.
164. Vannier MW, Marsh JL. (1996). Three-dimensional imaging, surgical planning, and image-guided therapy. *Radiol Clin North Am*, 24: 545-63.
165. Wakabayashi K, Sohmura T, Takahashi J, Kojima T, Akao T, Nakamura T, Takashima F, Maruyama T. (1997). Development of the computerized dental cast formanalyzing system—three dimensional diagnosis of dental arch form and the investigation of measuring condition. *Dent Mater J*, 16: 180-190.

166. Wang B, Li S, Zhou L. (2000). Development of a video system for three-dimensional cephalometry and dental cast analysis. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 35: 230-2.
167. Whetten JL, Williamson PC, Heo G. (2006). Variations in orthodontic treatment planning decisions of Class II patients between virtual 3-dimensional models and traditional plaster study models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 130(4): 485-91.
168. White A, Fallis D, Vandewalle K. (2010). Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 137: 456.e1-456.e9.
169. Xia J, Ip HH, Samman N, Wang D, Kot CS, Yeung RW et al. (2000). Computer-assisted surgical planning and simulation: 3D digital osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 29: 11-7.
170. Xia J, Samman N, Yeung RW, Shen SG, Wang D, Ip HH et al. (2000). Three-dimensional digital reality surgical planning and simulation workbench for orthognathic surgery. *Int J Adult Orthod Ortognath Surg*, 14: 265-82.
171. Xu B, Cuminato D. F. (1998). Evaluation of fabric smoothness appearance using a laser profilometer. *Textile Research Journal*, Vol. 68(12). P. 900-906.
172. Yamamoto K, Toshimitsu A, Mikami T, Hayashi S, Harada R, Nakamura S. (1989). Optical measurement of dental cast profile and application to analysis of threedimensional tooth movement in orthodontics. *Front Med Biol Eng*, 1: 119-130.
173. Yamamoto K, Hayashi S, Nishikawa H, Nakamura S, Mikami T. (1991). Measurements of dental cast profile and three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *Trans Biomed Eng*, 38:360-365.
174. Yen CH. (1991). Computer-aided space analysis. *J Clin Orthod*, 25(4): 236-238.
175. Yun YK, Kook YA, Kim SH, Mo SS, Cha KS, Kim JG, et al. (2004). Mandibular clinical arch forms in Koreans with normal occlusions. *Korean J Orthod*, 36: 481-7.

176. Zhang X, Hans MG, Graham G, Kirchner HL, Redline S. (2007). Correlations between cephalometric and facial photographic measurements of craniofacial form. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 131: 67-71.
177. Zilberman O, Huggare J, Parikakis K. (2003). Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*, 73: 301-306.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Aydan	Soyadı	COŞKUN ATEŞ
Doğum Yeri	Şişli, İSTANBUL	Doğum Tarihi	19.03.1983
Uyruğu	T.C.	Tel	0533 438 80 33
E-mail	aydancoskun@superonline.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD	2011
Yüksek Lisans	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2006
Lisans	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2006
Lise	Kabtaş Erkek Lisesi	2000

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1. Doktora öğrencisi	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD	2006 - 2011
2.		-
3.		-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Çok iyi	İyi	Çok iyi

* Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

Yabancı Dil Sınav Notu #								
KPDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	87.500				217			

Başarılmış birden fazla sınav varsa, tüm sonuçlar yazılmalıdır

KPDS: Kamu Personeli Yabancı Dil Sınavı; ÜDS: Üniversitelerarası Kurul Yabancı Dil Sınavı; IELTS: International English Language Testing System; TOEFL IBT: Test of English as a Foreign Language-Internet-Based Test TOEFL PBT: Test of English as a Foreign Language-Paper-Based Test; TOEFL CBT: Test of English as a Foreign Language-Computer-Based Test; FCE: First Certificate in English; CAE: Certificate in Advanced English; CPE: Certificate of Proficiency in English

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	90.450	91.022	91.201
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	İyi
Nemoceph	Çok iyi
Orthomodel, 3Shape Orthoanalyzer, O3DM	Çok iyi

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin