T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN ATAŞMANLARIN HASSASİYETİNE FARKLI VİSKOZİTEDEKİ KOMPOZİT MATERYALLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Dt. Kübra YILDIZ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2023

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN ATAŞMANLARIN HASSASİYETİNE FARKLI VİSKOZİTEDEKİ KOMPOZİT MATERYALLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Dt. Kübra YILDIZ

Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Kübra Gülnur TOPSAKAL

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ
ANKARA/2023

TEZ KABUL ONAYI

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Ana Bilim Dalında/Programında Kübra YILDIZ tarafından hazırlanan 'Şeffaf Plak Tedavisinde Kullanılan Ataşmanların Hassasiyetine Farklı Viskozitedeki Kompozit Materyallerin Etkisinin İncelenmesi'

Başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman/Başkan Ünvanı Adı SOYADI İMZA

Üniversite Adı, Ana Bilim Dalı Adı ...……

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

İMZA

Üye: Ünvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı, Ana Bilim Dalı Adı ...……

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

İMZA

Üye: Ünvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı, Ana Bilim Dalı Adı ...……

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

İMZA

Üye: Ünvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı, Ana Bilim Dalı Adı ...……

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

İMZA

Tez Savunma Sınavı Tarihi: ...../……/……

Jüri üyeleri tarafından YÜKSEK LİSANS/DOKTORA tezi olarak uygun görülmüş olan bu tez Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Gülhane/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdür

BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, • Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

KÜBRA YILDIZ
TARİH

ÖZET

ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN ATAŞMANLARIN HASSASİYETİNE FARKLI VİSKOZİTEDEKİ KOMPOZİT MATERYALLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Amaç: Bu tez çalışmasının amacı, viskozitesi düşük (akışkan) ve vizkozitesi yüksek (restoratif) 2 farklı kompozitin şeffaf plak tedavisinde kullanılan farklı ataşman tasarımlarındaki hassasiyetini 3 boyutlu (3B) olarak değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda fakültemiz bünyesinde bulunan fantom çene modeli ağız içi tarayıcı ile taranarak .stl (standart mozaikleme dili) formatında dosya elde edilmiştir. Elde edilen bu .stl verisi bilgisayar programına aktarılarak dişler üzerine ataşmanlar yerleştirilmiştir. Ataşman eklenen modeller ve ataşmansız modeller DLP (dijital ışık işleme) tipi baskı teknolojisine sahip 3B yazıcıdan üretilmiştir. Ataşmanlı modeller üretildikten sonra ağız içi tarayıcı ile taranıp referans olan modellerin .stl formatında dosyası elde edilmiştir. Ataşmanlı modeller üzerinde termoform plaklar yüksek ısı ve basınç altında şekillendirilerek ataşman rehber plaklar üretilmiştir. Ataşmansız modellere 2 farklı tip (vizkositesi düşük ve vizkositesi yüksek) kompozit kullanılarak rehber plaklar ile ataşmanlar uygulanmıştır. Ataşman uygulanan modeller ağız içi tarayıcı ile taranıp deney modellerinin .stl dosyaları elde edilmiştir. Bilgisayar programı aracılığı ile modellerdeki ataşmanlar ayrılmıştır. Referans ve deney modellerinde bulunan ataşmanların .stl dosyaları 3B yüzey karşılaştırma programında çakıştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kareköklerinin ortalaması (RMS) verileri elde edilmiş ve ayrıca ataşmanların derinlik, genişlik ve yükseklik doğrusal boyutsal ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin analizinde tanımlayıcı istatistik kullanılmıştır. Gruplarda normal dağılım sağlandığı için ataşman şekilleri arası karşılaştırmalarda Tek Yönlü Varyans analizi, post hoc karşılaştırmalarda ise Tukey testi kullanılmıştır. Grup karşılaştırmalarında ise Eşleştirilmiş gruplarda t testi kullanılmıştır.

Bulgular: Dijital 3B karşılaştırma verilerine göre akışkan kompozit ile yapılan ataşmanların RMS ortalaması (0,06±0,01), restoratif grubun RMS ortalamasından (0,07±0,02) istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür. Yapılan doğrusal ölçüm

verilerine göre genişlik, yükseklik ve derinlik ölçümlerinin ortalamaları akışkan grupta sırasıyla: (1,89±0,06, 2,93±0,07, 1,02±0,08) restoratif gruptan (1,96±0,03, 2,96±0,03, 1,07±0,09) istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0,05$).

Sonuç: Çalışmamızda kullanılan akışkan kompozit restoratif kompozite göre daha net sonuçlar verse de, her 2 kompozit tipi de klinik olarak kullanılabilir hassasiyettedir.

Anahtar kelimeler: Şeffaf plak, Ataşman, Kompozit, 3B karşılaştırma, Hassasiyet

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COMPOSITE MATERIALS WITH DIFFERENT VISCOSITY ON THE SENSITIVITY OF ATTACHMENTS USED IN CLEAR ALIGNER TREATMENT

Objective: The aim of this thesis study is to evaluate the sensitivity of 2 different composites with low viscosity (flow) and high viscosity (restorative) in different attachment designs used in the treatment of clear aligner treatment in 3D (3D).

Materials and Methods: In our study, the phantom jaw model in our faculty was scanned with an intraoral scanner and a file in .stl (standard mosaic language) format was obtained. This .stl data obtained was transferred to a computer program and attachments were placed on the teeth. Models with attachments and models without attachments are produced from a 3D printer with DLP (digital light processing) type printing technology. After the models with attachments were produced, they were scanned with an intraoral scanner and the .stl format file of the reference models was obtained. Attachment guide plates are produced by shaping thermoform plates under high temperature and pressure on models with attachments. Guide plates and attachments were applied to the models without attachments by using 2 different types (low viscosity and high viscosity) composites. Attached models were scanned with an intraoral scanner and .stl files of the experimental models were obtained. The attachments in the models are separated by means of a computer program. The .stl files of the attachments in the reference and experimental models were overlaid and compared in the 3D surface comparison program. As a result of the comparison, the mean square root (RMS) data were obtained and also the linear dimensional measurements of the depth, width and height of the attachments were made. Descriptive statistics were used in the analysis of the measurements. Since the groups were normally distributed, one-way analysis of variance was used for comparisons between attachment shapes, and Tukey test was used for post hoc comparisons. Paired groups t test was used for group comparisons.

Results: According to the digital 3D comparison data, the RMS mean of the attachments made with flowable composite (0.06±0.01) was statistically significantly lower than the RMS mean of the restorative group (0.07±0.02). According to the linear measurement data, the mean of the width, height and depth measurements in the fluid group: (1.89±0.06, 2.93±0.07, 1.02±0.08) in the restorative group (1.96±0, respectively). 03, 2.96±0.03, 1.07±0.09) was statistically significantly lower ($p<0.05$).

Conclusion: Although the flowable composite used in our study gives clearer results than the restorative composite, both composite types are clinically usable.

Keywords: Clear aligner treatment, Attachment, Composite, 3D comparison, Precision

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgisini esirmeyen Anabilim Dalı Başkanı sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ' ye,

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresinde bilgisini, şefkatini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam ve ablam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kübra Gülnur TOPSAKAL'a

Tez çalışmamda bilgisini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Gökhan Serhat DURAN'a,

Eğitimimde bilgisini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Berat Serdar AKDENİZ'e,

Beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum asistan arkadaşlarım, uzman abi ve ablalarım ve tüm bölüm çalışanlarına,

Tez modellerimin üretiminde emeği geçen CA Digital Ortodonti Laboratuarı çalışanları ve desteğini esirgemeyen sevgili Cdt. Kübra YILDIRIM İNCİ'ye,

Hayatım boyunca her zaman yanımda hissettiğim en büyük manevi destekçim canım annem Sebiha YILDIZ ve her an desteği ile yanımda olan canım babam Mehmet YILDIZ'a,

En yakın arkadaşlarım olan canım kardeşlerim Mustafa YILDIZ ve Zeynep YILDIZ'a

Desteğini yakından hissettiğim nişanlım Furkan ERKUŞ'a

Çok teşekkür ederim.

KÜBRA YILDIZ

Ankara, Mayıs 2023

İÇİNDEKİLER

1

ÖZET viii
ABSTRACT xi
TEŞEKKÜR xiii
İÇİNDEKİLER xv
RESİMLERİN LİSTESİ xviii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ xxi
TABLOLARIN LİSTESİ xxii
1 GİRİŞ VE AMAÇ 1
2 GENEL BİLGİLER 3
2.1 Estetiğin Tarihçesi 3
2.1.1 Diş Hekimliğinde Estetik 3
2.1.2 Ortodontik Tedavide Estetik 3
2.2 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Tarihçesi 3
2.2.1 Birinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar 5
2.2.2 İkinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar 5
2.2.3 Üçüncü Jenerasyon Şeffaf Plaklar 6
2.3 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Avantajları Ve Dezavantajları: 7
2.3.1 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Avantajları 7
2.3.2 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Dezavantajları 7
2.4 Şeffaf Plaklar ile Konvansiyonel Braket Sistemlerinin Farkları 8
2.5 Ataşmanlar 10
2.5.1 Fonksiyonlarına Göre Ataşmanların Sınıflandırılması 11
2.6 Viskozitelerine Göre Kompozitlerin Sınıflandırılması 15
2.6.1 Akışkan Tip Kompozit 15
2.6.2 Tepilebilir Tip Kompozit 16
2.7 Şeffaf Plaklarla Tedavi Sistemleri: 16
2.7.1 Essix Sistemleri 16
2.7.2 CAD/CAM Sistemleri 17
2.8 Şeffaf Plakların Üretimi 19
2.8.1 Dijital Veri Eldesi 19

2.8.2 CAD/CAM Yöntemiyle Bilgisayar Destekli Tasarım 23
2.8.3 3B Yazıcılar Kullanılarak Modellerin Üretilmesi 24
2.8.4 Şeffaf Plakların Üretilmesi 25
2.8.5 Şeffaf Plakların Uygulanması 26
2.9 Şeffaf Plaklarla Diş Hareketi 27
2.9.1 Termopliers Yöntemi 28
2.9.2 Mounding Yöntemi 28
3 GEREÇ VE YÖNTEM 29
3.1 ATAŞMANLARIN TASARLANMASI VE BİLGİSAYAR ORTAMINDA YERLEŞTİRİLMESİ 31
3.2 MODELLERİN HAZIRLANMASI 37
3.3 MODELLERİN 3B YAZICILARDA ÜRETİMİ 38
3.4 ŞEFFAF PLAKLARIN ÜRETİLMESİ 44
3.5 ATAŞMANLARIN UYGULANMASI 47
3.6 MODELLERİN TARANMASI VE 3B ÇAKIŞTIRMA 52
3.7 BOYUTSAL ÖLÇÜM ANALİZLERİNİN YAPILMASI 63
4 BULGULAR 66
5 TARTIŞMA 73
5.1 GEREÇ VE YÖNTEMİN TARTIŞILMASI 74
5.1.1 Model Seçimi 74
5.1.2 Metot Seçimi 75
5.2 BULGULARIN TARTIŞILMASI 80
5.2.1 RMS Değerlerinin Tartışılması 80
5.2.2 Boyutsal Ölçümlerin Tartışılması 83
6 SONUÇ 89
7 KAYNAKÇA 91
8 ÖZGEÇMİŞ 103

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B :	3 Boyutlu
2B:	2 Boyutlu
CAD/CAM :	Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli imalat
.stl :	Standart Mozaikleme Dili
RMS:	Kareköklerinin Ortalaması
DLP :	Digital Light Processing
UV:	Ultraviyole
SEM:	Taramalı Elektron Mikroskobu
DLP:	Dijital Işık Kürleme
µm :	Mikrometre
IPR:	İnterproksimal Redüksiyon

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 3.1. Fantom çene modelinin Itero(Align Technology, ABD) tarayıcı ile taranması 31
Resim 3.2. Taranan modelin Maestro 3B Dental Studio programına aktarılması 32
Resim 3.3 Dikdörtgen ataşmanın programdaki gösterimi 33
Resim 3.4. Eğimli ataşmanın programdaki gösterimi 33
Resim 3.5. Elips ataşmanın programdaki gösterimi 34
Resim 3.6 Köşegenli ataşmanın programdaki gösterimi 34
Resim 3.7. Ortası eğimli ataşmanın programdaki gösterimi 35
Resim 3.8. Dikdörtgen ataşmanın yerleştirilmesi 35
Resim 3.9. Eğimli ataşmanın yerleştirilmesi 36
Resim 3.10. Elips ataşmanın yerleştirilmesi 36
Resim 3.11. Köşegenli ataşmanın yerleştirilmesi 36
Resim 3.12. Ortası eğimli ataşmanın yerleştirilmesi 37
Resim 3.13. Modellerin baskı işlemine hazırlanması 37
Resim 3.14. Modellerin Asiga Composer programında 3B üretime hazırlanması 38
Resim 3.15. Asiga (Asiga, Sidney, Australia) 3 boyutlu yazıcı ve Imprimo Lc Model Reçine (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) Reçine 39
Resim 3.16. 3B modellerin üretimi 39
Resim 3.17. Destek yapıların uzaklaştırılması 40
Resim 3.18. LC-6 Light Oven (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) cihazında modellerin polimerizasyon işlemi 41
Resim 3.19. Üretilen 3B ataşmanlı rehber modeller 41
Resim 3.20. Üretilen 3B modeldeki dikdörtgen ataşman 42
Resim 3.21. Üretilen 3B modeldeki elips ataşman 42
Resim 3.22. Üretilen 3B modeldeki ortası eğimli ataşman 43
Resim 3.23. Üretilen 3B modeldeki eğimli ataşman 43
Resim 3.24. Üretilen 3B modeldeki köşegenli ataşman 44
Resim 3.25. CA-yumuşak (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) şeffaf plak materyali 44
Resim 3.26. Biostar (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) 45
Resim 3.27. Termoform plağın ısıtılması işlemi 45
Resim 3.28. Isının ardından yüksek basınç uygulanması 46

Resim 3.29. Plağın fazlalıklardan temizlenmesi 46
Resim 3.30. Üretilen ataşmanlı 3B model ve ataşman rehber plağı 47
Resim 3.31. Üretilen ataşmansız model 47
Resim 3.32. 3M ESPE Filtek Supreme Ultra Universal Restorative Body Shade kompozit (Minn, Amerika) 48
Resim 3.33. 3M Filtek Supreme Flowable Restorative kompozit (Minn, Amerika) . 48
Resim 3.34. Ağız spatülü 49
Resim 3.35. Valo Cordless LED (Ultradent, ABD) 49
Resim 3.36. Adhesive Transbond XT Primer (Minn, Amerika) ve Dentaurum (Ispringen, Almanya) kuvvet ölçer 49
Resim 3.37. A. Bondun fırçaya alınması B. Bond uygulanması C. Akışkan kompozitin şablona yerleştirilmesi D. Rehber plağın modele yerleştirilmesi E. Presel ile plağın adapte edilmesi F. Kuvvet uygulanması G. Işık ile polimerizasyon işlemi H. Plağın modelden çıkarılması 51
Resim 3.38. A. Bondun fırçaya alınması B. Bond uygulanması C. Restoratif kompozitin ağız spatülü ile alınması D. Kompozitin rehber plağa yerleştirilmesi E. Rehber plağın modele yerleştirilmesi F. Presel ile plağın adapte edilmesi G. Kuvvet uygulanması H. Işık ile polimerizasyon işlemi I. Plağın modelden çıkarılması 52
Resim 3.39. Deney modellerinin Itero (Align Technology, ABD) tarayıcı ile taranması. 53
Resim 3.40. Taranan test elipsoid ataşmanlı model 54
Resim 3.41. İzole edilen elips ataşman 54
Resim 3.42. 3B karşılaştırma öncesi best-fit hizalama yapılması 55
Resim 3.43. Dikdörtgen ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 56
Resim 3.44. Eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 57
Resim 3.45. Elips ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 57
Resim 3.46. Köşegenli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 58
Resim 3.47. Ortası eğimli ataşmanın yandan 3B çakıştırma görüntüsü 58
Resim 3.48. Ortası eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüleri 59
Resim 3.49. Dikdörtgen ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 59
Resim 3.50. Eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 60
Resim 3.51. Elips ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü 60

Resim 3.52. Köşegenli ataşmanın önden 3B çakıştırma görüntüsü 61
Resim 3.53. Köşegenli ataşmanın yandan 3B çakıştırma görüntüsü 61
Resim 3.54. Ortası eğimli ataşmanın önden 3B çakıştırma görüntüsü 62
Resim 3.55. Ortası eğimli ataşmanın üstten 3B çakıştırma görüntüsü..... 62
Resim 3.56. MeshLab(v2022.02, İtalya) programında ataşmanın yükseklik ölçümü 63
Resim 3.57. MeshLab (v2022.02, İtalya) programında ataşmanın genişlik ölçümü 64
Resim 3.58. MeshLab(v2022.02, İtalya) programında ataşmanın derinlik ölçümü.. 64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3.1. Tez gruplarının şematik gösterimi 30
Şekil 4.3. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular……..68

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo 4.1. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerleri, Genişlik, Derinlik Ve Yükseklik Ölçümlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular 66
Tablo 4.2. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular 67
Tablo 4.3. Genişlik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular 69
Tablo 4.4. Derinlik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular 70
Tablo 4.5. Yükseklik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular 71

1 GİRİŞ VE AMAÇ

Ortodontik tedavi, gelişen teknolojiyi takiben değişen yaşam tarzı ve artan sosyal farkındalık ile birlikte sadece çocuklar için olan bir tedavi yöntemi olmaktan çıkmış ve erişkin ortodonti tedavisi de yıllar içerisinde artan bir popülarite kazanmıştır (1). Estetik beklentinin artması, hastaları az fark edilen veya fark edilmeyen ortodontik tedavi seçeneklerine yöneltmiştir. Buna bağlı olarak plastik ve seramik braketlerin üretimi başlamış, sonrasında bu tedavilerde kullanılmak üzere plastik, zirkon, polikarbonat, vinil ya da seramik braket ve teflon ile kaplanmış teller piyasaya sunulmuştur (2). Rengi diş rengine yakın üretilen bu braket ve tellerle estetik ihtiyaçları tam olarak karşılanamayan hastalar, ortodontistleri dişin lingual yüzeyine yapıştırılan ve fark edilmeyen lingual braketler veya daha az fark edilen şeffaf plakların kullanımına yönlendirmiştir. Bu yöntemlerle tedavi edilmiş hastalarda, tatmin edici estetik görünümün kişilerin özgüvenlerinde artışa neden olduğu gözlenmektedir (3).

Şeffaf plaklarla ortodontik tedavi, 1997 yılında tanıtılan ve 1999'da kullanılmaya başlanan Invisalign firmasının şeffaf plakları ile gündeme gelmiş ve birçok firma tarafından üretilmeye başlanmıştır (4,5). 2003'te yapılan bir çalışmaya göre, Kanada ve ABD'de 6.000 ortodontist ve 40.000 hasta bu sistemi kullanmaktadır (6). Günümüzde en yaygın kullanılan sistemler, Invisalign (Align Technology, California, ABD), CA-Clear Aligner (ScheuPDental GmbH, ECligner (eClear International, Seoul, Korea), MTM Clear Aligner (Dentsply International, NY, ABD), Iserlohn, Germany), ASO Aligner (ASO International, Tokyo, JAPAN) ve ClearPath (ClearPath Orthodontics, ABD)'dır (6–9). Bu sistemler genel olarak birbirlerine benzeseler de, 3 Boyutlu (3B) yazılım sistemleri, üretim biçimleri, plak kullanım süreleri, üretilen malzemeler, hasta ve hekime olan yaklaşımları açısından aralarında farklılıkları bulunmaktadır.

Şeffaf plak tedavisinin avantajları olarak estetik beklentiyi karşılaması, kullanılabilirliğinin kolaylığı, kısa randevu süresi, ağrı ve yemek kısıtlılığı gibi hastaya huzursuzluk veren durumların az olması ve ağız hijyeninin daha kolay sürdürülebilmesi gibi kolaylıklar sayılabilir (10,11). Rossini ve ark. yaptıkları sistematik çalışmalarında, şeffaf plaklarla tedavi edilen hastaların konvansiyonel braket sistemleriyle tedavi edilenlere göre periodontal sağlığı gösteren indekslerde

önemli iyileşmeler olduğunu belirtmişlerdir (12). Ayrıca şeffaf plaklarla tedavi edilen hastaların, konvansiyonel braket sistemleri ile tedavi edilen hastalara kıyasla daha az kök rezorpsiyonu yaşayabileceği ve beyaz nokta lezyonları (BNL) geliştirme riskinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (13,14). Bu avantajların yanı sıra, kök paralelliğini sağlamadaki kısıtlılığı, rotasyon hareketindeki limitli düzeltim miktarı, ekstrüzyon hareketinde kontrolün limitli olması, çeneler arası düzeltimin kısıtlı olması, hekimin gözetimi dışında gelişen bazı diş hareketleri ve maliyetinin fazlalığı gibi dezavantajları bulunmaktadır (4,11).

Şeffaf plak tedavisi, şeffaf plakların dişleri kaplayan şeffaf bir polimerden imal edilmiş bir seri plak dizisine dayanması bakımından konvansiyonel braket sistemlerinden farklıdır. Her bir dişe farklı miktarlarda düzeltmeler elde etmek için bilgisayar destekli bir tasarımla hareket planlanır ve üretime hazırlanır. Şeffaf plak ataşmanları, plaktan dişe gelen kuvveti aktarmak için önemli bir araçtır. Çoğunlukla ataşmanlar, bilgisayar algoritması tarafından dişin belirlenen konumlarına otomatik olarak yerleştirilir ve kuvvetin uygulama noktasını, yönünü ve miktarını kontrol eder. Ataşmanlar, tutuculuğu artırmaya yardımcı olmak ve gerektiğinde belirli diş hareketlerinin daha iyi kontrol edilmesini sağlamak için farklı şekillere sahiptir.

Bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, şeffaf plak tedavisinde planlanan diş hareketlerinin öngörülebilir bir şekilde aktarılmasını sağlayacak olan şeffaf plak ataşmanlarını en hassas aktaran kompozit materyalini belirleyip klinik uygulamaya dahil etmektir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Estetiğin Tarihçesi

Estetik, kökeni Yunanca' dan gelen ve ilk Gottlieb Bavmgarten tarafından kullanılan bir terimdir. Bu şekliyle estetik, duyusal bilgi bilimidir. Güzel olan şeyi aramak olarak da ifade edilmektedir (15).

2.1.1 Diş Hekimliğinde Estetik

Diş hekimliğinde estetik, dişlerin ve dişeti dokularının sağlığı, dinlenme hali ve gülme sırasında diş, dişeti ve dudakların yüz ile bütünlük içinde olmasıdır (16,17). Estetik bir gülümseme, yüz güzelliğini arttırarak kişinin özgüveninin artmasını sağlamaktadır.

2.1.2 Ortodontik Tedavide Estetik

Estetik, diş hekimliği ve ortodontide önem verilen bir kavramdır ve bireylerdeki sağlıklı dişler ile birlikte estetik bir gülümse ve yüz görünümüne sahip olma isteği, bireylerin daha estetik apareyler ile yapılan ortodontik tedavi arayışına girmelerine neden olmuştur (18). Bu beklenti doğrultusunda plastik, polikarbon, zirkon, seramik, vinil braketler ve teflon ile kaplanmış teller üretilmiştir ve bu bağlamda seramik ve plastik braketler üretilmiş olan ilk braketlerdir (2). Fakat hekimler, bu braketlerle estetik beklentisi tam olarak karşılanmamış hastalar için braketlerden daha az görünen şeffaf plaklar ya da dişlerin lingual yüzeylerine yapıştırılan ve hiç görünmeyen lingual braketler gibi estetik materyallerin kullanımına yönlenmiştir.

2.2 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Tarihçesi

10 yıldan fazladır şeffaf plak teknolojisi ile hareketli apareyler üretilmesine rağmen aslında hareketli aparey kavramı çok eskilere dayanmaktadır (19). 20. yy'ın

ilk yarısına kadar hareketli apareylerden öncelikli beklenti dişleri düzeltmesi değildi. Kesling 1944'de, debondingten sonra final aşamada kullanılan 'positioner' olarak isimlendirilen apareyi üretmiş ve hastanın tedavisinin son aşamalarında alınmış ölçülerde set up ile planlanan ve malzemesi kauçuk olan bu aparey ile dişlere hareket verebileceği fark edince şeffaf plakları keşfetmiştir (20). Şeffaf plak uygulamaları, 1959'da Marshall & Horvay'in ürettiği basınç ile vakumlama aygıtının kullanılmasıyla birlikte devam etmiştir. 1960'da Nahoum, '*Vacuum Former'* cihazı ile ilk 'aligner'ı üretmiş ardından da hastada uygulamıştır (21). Şeffaf apareyler arasında en çok duyulan ise Raintree Essix'in geliştirdiği essix plaktır (Dentsply, Raintree Essix, Metairie, LA, ABD) (21) . Ponitz 1971'de , 'invisible retainer' isimli bir aparey tanıtarak bu aparey ile limitli diş hareketi sağlayabildiğini rapor etmiştir (22). Sheridan ve ark. ise *airrotor stripping* işlemi ile birlikte şeffaf essix apareyi kullanarak dişlerde düzelme sağladıklarını bildirmişlerdir (23). Bu teknik Kesling'in önerisine dayanmaktadır ancak yeni diş hareketi elde edebilmek için tekrardan bir set up hazırlanması gerekliliği ciddi zaman gerektirmektedir.

1997 yılında tanıtılan ve 1999'da ortodontistler tarafından kullanılmaya başlanan Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisiyle üretilen plaklar Kesling'in önerisine göre çok daha pratiktir ve birçok firma tarafından da üretilmeye başlanmıştır. Bu teknolojiyle her bir randevuda ölçü alarak set up yapmadan 3B modeller üretilmektedir (4,5). Günümüzde en çok kullanılan sistemler, Invisalign (Align Technology, San Jose, California, ABD), ECligner (eClear International, Seoul, Korea),CA-Clear Aligner (ScheuPDental GmbH, Iserlohn, Germany), MTM Clear Aligner (Dentsply International, NY, ABD)ClearPath (ClearPath Orthodontics, ABD), ve ASO Aligner (ASO International, Tokyo, JAPAN)'dır (7–10). Bu sistemler genel olarak birbirlerine benzemektedirler ancak 3B yazılım sistemleri, üretim biçimleri, plak kullanım süreleri, üretilen malzemeler, hasta ve hekime olan yaklaşımları açısından aralarında farklılıklar bulunmaktadır.

Bu sistemlerde termoplastik özellikteki plağın katılık özelliği sayesinde tek bir şeffaf plakla limitli de olsa diş hareketi elde edilebilir. Aynı plaktan ek hareket isteniyorsa mevcut şeffaf plak tekrar şekillendirilmeli ya da yeni bir şeffaf plak üretilmelidir. Belirlenmiş bir sıcaklığa kadar ısıtılabilen özel şekillendirici pensler

kullanılarak plağın şekli değiştirilebilir ve bu sayede ek diş hareketi sağlanabilir. Bunun maliyeti yeni plak üretimine göre oldukça düşüktür, ancak pensler ile şekillendirme yaparken termoplastik şeffaf plaklara uygulanabilecek gerilim en fazla 3 mm kadardır; bundan da fazlasını uygulamak şeffaf plağı incelterek kuvvet uygulayamayacak hale getirir. Bunun için özel pensler yardımıyla tekrardan şekillendirilen şeffaf plaklarla kısıtlı ve fakat kontrolsüz bir hareket sağlanır. Bu şekilde kompleks sorunlara çözüm bulamadığından fazla hareket gerektiren durumlarda aşamalı hareket gerçekleştirebilen şeffaf plak teknikleri geliştirilmiştir (24).

Şeffaf plak sistemleri 3 jenerasyona ayrılarak incelenebilir:

2.2.1 Birinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Şeffaf plaklar ilk piyasaya çıktığında sadece seviyeleme yapmak için kullanılmış ve yardımcı elemanlar dahil edilmemiştir. Detaylı diş hareketleri bu sistemler ile elde edilememiştir. Bu nedenle birinci jenerasyon şeffaf plaklarla gerçekleştirilen diş hareketlerine ilişkin çok az araştırma yapılmıştır. Djeu ve ark. şeffaf plaklarla ve konvansiyonel braket sistemleri ile tedavi edilen hastaları karşılaştırdıkları çalışmalarında, marjinal sırt seviyelenmesi ve kök angulasyon düzeltimlerinin her iki tedavininde de benzer sonuçlar gösterdiğini bildirmişler ancak okluzal ilişki, bukkolingual inklinasyon, overjet değişimi ve okluzal temasların konvansiyonel braketlerle daha iyi düzeltildiğini belirtmişlerdir (25).

2.2.2 İkinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

İkinci jenerasyon şeffaf plak sistemleri ile elde edilmesi istenen diş hareketlerinin ağız içerisindeki yansımasını artırmak amacıyla çeşitli ataşmanlar kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu ataşmanlar, diş hareketi ve elastik kullanımında da kolaylık sağlamaktadır. Kravitz ve ark. ataşman kullanılan ve interproksimal redüksiyon yapılan plak tedavilerinin klinik sonuçlarını yazılım üzerinden planlanan tedavi sonucu ile karşılaştırmışlardır ve interproksimal redüksiyon yapılan ve ataşman kullanılan şeffaf plak tedavi sonuçları bilgisayar ortamında planlanan sonuçlar ile

yakın bulunmuştur (26). Kravitz ve ark. yaptıkları farklı diş hareketlerinin sağlanabilirliğini araştırdıkları diğer çalışmalarında ise, genel diş hareketlerinin öngörülebilirliğini %41 bulurken, ekstrüzyon hareketi için bu oranın %29,6 olduğunu bildirilmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre gerçek klinik diş hareketleri ile sanal öngörülen sonuçlar arasında belirgin farklılık dikkat çekmiştir ve diş hareketlerinin sağlanabilirliğinin ikinci jenerasyon şeffaf plaklarda ataşman kullanılarak da iyileştirilemediği düşünülmüştür (27).

Drake ve ark.'nın yaptıkları çalışmalarında, 1 hafta plak kullanımının ardından aynı işlemlerle hazırlanan yeni bir plak kullanılması ile elde edilen diş hareketlerinin öngörülebilirliğini araştırmışlardır. Sadece maksiller anterior bölgedeki basit çapraşıklıkların incelendiği bu çalışmada %55 oranında öngörülen diş hareketlerinin elde edildiği bildirilmiştir. Şeffaf plaklarla daha yüksek öngörülebilir diş hareketleri elde etmek için geliştirilmesi gereken noktalar olduğu da bu çalışmanın sonuçlarındandır.

2.2.3 Üçüncü Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Üçüncü jenerasyon şeffaf plaklarla tedavide, diş hareketlerini daha iyi kontrol edebilmek ve tedavi sonuçlarını iyileştirmek için uygulanan kuvvetin şeklinde farklılıklar yapılmıştır. Bu jenerasyonda ataşmanlar sanal platformda yazılım sistemleri tarafından yerleştirilmektedir ve sonrasında hekim tarafından da modifiye edilebilmektedir. Günümüzde aktif olarak üçüncü jenerasyon şeffaf plaklar kullanılmaktadır.

Kök torkunun gerekli olduğu durumlarda, plaklarda girintiler üretilmektedir. Hekimler, diş hareketlerini iyileştireceğini düşündüğü dişler üzerine hassas olmayan ataşmanların yerleştirilmesini talep edebilmektedir.

Sıklıkla kullanılan 3 ataşman çeşidi vardır; dikdörtgen, elipsoid ve eğimli ataşman. Dikdörtgen ataşmanlar çoğunlukla meziodistal diş hareketlerinde kullanılmaktadır. Elipsoid ataşmanlar tek olarak kullanıldığında rotasyonları düzletmek, çift olarak kullandıklarında ise kuvvet çifti ile kök hareketi elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Eğimli ataşmanlar ise ekstrüzyon hareketi için sıklıkla kullanılmaktadır. Şu anda halen kullanılmakta olan plaklar 3. jenerasyon plaklardır.

2.3 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Avantajları Ve Dezavantajları:

2.3.1 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Avantajları

1. Şeffaf oldukları için estetik görünüm sağlarlar (28).
2. Kullanımlarının kolay olması hasta tarafından kabulünü artırır (29).
3. Hasta başında geçirilen zaman kısadır (29).
4. Acil durumları çok azdır (30).
5. Konvansiyonel braket sistemlerine göre ağrı ve rahatsızlık daha azdır (29).
6. Plakların okluzal yüzeylerde oluşturduğu kalınlıklar dişlerdeki parafonksiyonel aşınmaları önler.
7. Tedavi sonundaki durum 3B tasarım sayesinde tedavi başında tahmin edilebilirdir.
8. Daha az plak birikiminden dolayı dekalsifikasyon ve çürük oluşturma riski azdır ve periodontal problemi olan hastalara özellikle önerilmektedir (12,31).
10. Tedavi sırasında plaklarla beyazlatma yapılabilir.

2.3.2 Şeffaf Plaklarla Tedavinin Dezavantajları

1. Sıklıkla tipping hareketi elde edilir (4).
2. Kök hareketinin başarısı kron hareketine göre daha düşüktür (32).
3. Apereyin var olan kalınlığı posterior bölgede intrüzyon hareketine neden olur (4).
4. Rotasyon kontrolü, ekstrüzyon, uprighting ve paralel kök hareketlerinin gerçekleşmesi daha kısıtlıdır. Bu hareketlerin ağız içine yansıyabilmesi için diş yüzeyine ataşman yerleştirilmesi ve ek mekanikler uygulanması gerekir (4,11,32).
5. Relaps riski daha fazladır (33).
6. Çeneler arası düzeltme sınırlıdır ve şiddetli bozukluklarda fonksiyonel tedavi ya da ortognatik cerrahi gerekebilmektedir.
7. Tedavi başarısı hastanın plakları düzenli kullanmasına bağlıdır (30).

2.4 Şeffaf Plaklar ile Konvansiyonel Braket Sistemlerinin Farkları

Şeffaf plak teknolojisi son yıllarda önemli gelişme göstermeye başlamıştır ve hastalar şeffaf plakları, estetik ve yüksek konfor nedeniyle geleneksel tedaviye tercih etme eğilimindedir. Bu nedenle ortodontistlerin hastaların beklentilerini karşılayabilmek için ortodontinin temel prensiplerini şeffaf plak tekniğine uygulamayı öğrenmeleri gerekmektedir.

Şeffaf plaklarla ortodontik tedavi, geleneksel braket sistemindeki biyomekanik prensipleri, kemik biyolojisini, ankraj ve okluzyon ilkelerini esas almaktadır. Seviyeleme aşamasında Nikel Titanyum (NiTi) tellerin esnekliğine bağlı olarak dişlere çekme kuvveti uygulayan veya boşlukları kapatmak için elastomerik zincirler kullanarak dişleri hareket ettiren konvansiyonel braket sistemlerinin aksine, şeffaf plaklar dişlere itme şeklinde kuvvet uygular. Plak yerleştirildiğinde, hareketi beklenen ilgili dişin ağız içi konumu ile plakta olması planlanan konumu arasında çok küçük farklılıklar olur, bu nedenle plak dişlerin üzerinde deforme olur ve plak materyalindeki elastikiyet dişlere bir itme kuvveti uygular ve dişler planlanan yeni yerine doğru hareket eder (34).

Konvansiyonel braket sistemlerinde üç düzlemdeki tip, tork ve in-out değerleri, telin braketin slotuna yerleştirilmesi ile dişlere iletilir. Şeffaf plaklarda ise plak materyalinin kuvveti dişe iletebilmesi için dişi en fazla miktarda sarması gereklidir. Bu sayede plak ile diş arasındaki bağlantı daha iyi olur ve dolayısıyla daha fazla kuvvet iletilerek istenen diş hareketi sağlanmış olur. Başka bir deyişle, klinik kron boyu uzun ve yüzey alanı daha büyük olan dişlerde plak dişleri daha iyi sararak daha iyi kuvvet uygular ve daha öngörülen diş hareketi gözlenir. Aynı şekilde kısa klinik krona ve daha az yüzey alanına sahip dişlerde plak dişi daha az sarar ve daha az diş hareketi gözlenir. Bu dişlerde yüzey alanı artırılarak daha iyi diş hareketi elde edilebilir (34).

Şeffaf plakların ilk kullanıldığı zamanlarda, çoğu hekim plakları sadece küçük interproksimal aşındırma gerektiren hafif çapraşıklığı olan Sınıf I vakaların tedavisi için uygun olduğunu düşürken, şeffaf plaklar günümüzde artık farklı malokluzyonları düzeltebilen bir ortodontik tedavi tekniği haline gelmiştir (35). Bununla birlikte, plak tedavisinin bir sınırlaması, karmaşık maloklüzyon için öngörülebilir ve etkili ortodontik tedavinin olmamasıdır. Bu nedenle tork, rotasyon, intrüzyon ve çekim

boşluğunu kapatma gibi belirli hareketlerde konvansiyonel braket sistemlerine göre daha az etkili olduğu ve doğruluğunu artırmak için ataşmanlar ve ek mekaniklerin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (36,37).

Şeffaf plaklar ilk ortaya çıktıklarında geleneksel braket sistemleri kadar bütün diş hareketlerinde etkili değillerdi ve diş hareketinin tipi şeffaf plak tedavisinin doğruluğunda önemli bir rol oynamaktaydı. Şeffaf plak tedavisinin en zorlayıcı diş hareketlerinden biri, özellikle kanin ve premolarlar olmak üzere, rotasyonlu konik dişlerin düzeltilmesidir (26). Boyd şeffaf plaklarla ilgili yaptığı 3 çalışmasında, şeffaf plakların derin kapanış, çapraz kapanış ve çekim yapılan vakaları tedavi ederken başarılı sonuçlar elde edebildiğini belirtmiştir (38–40). Maksimum ankraj, brakisefalik hastalarda molar dişlerin intrüzyonu, maksimum ankraj ile retraksiyon, açık kapanış vakaları veya mandibular azı dişlerinin distalizasyonu gibi daha zorlu diş hareketlerine yardımcı olmak için şeffaf plaklarla birlikte geçici ankraj cihazları (TAD'ler) kullanılabilir (41–43). Ayrıca Simon ve ark., premolar rotasyonlarının düzeltilmesi ile üst kesicilerdeki tork hareketinin diğer diş hareketleri arasında %40-42 ile en düşük doğruluğa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca molar distalizasyonu, kesici diş torku ve premolar de-rotasyon gibi gövdesel diş hareketlerinin ataşmanlar yardımıyla gerçekleştirilebileceğini de belirtmişlerdir (44).

Kravitz ve ark., şeffaf plak tedavisinin etkinliğini değerlendirmek için şeffaf plak sistemini kullanarak bir çalışma yürütmüşler ve diş hareketinin genel doğruluğunun %41 olduğunu ve en doğru diş hareketinin %47,1 oranında lingual konstrüksiyon olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, en az doğru diş hareketi %29,6 ile ekstrüzyon olarak bildirilirken bunu maksiller lateral dişlerin ve kaninlerin rotasyonu izlemiştir. Ayrıca mandibular kanin dişlerin kontrolü en zor dişler olduğu belirtilmiştir. 15 dereceden fazla rotasyon düzeltmesi yapılması gerekiyorsa kanin rotasyon düzeltme doğruluğunun %32,2'ye düştüğü bulunmuştur. Bunun nedeni, konik dişlerin interproksimal undercutlara sahip olmaması ve sonuç olarak plağın döndürme girişiminde bulunulurken kayma eğilimi göstermesi olduğu düşünülmektedir. Herhangi bir diş hareketi için aynı tipteki maksiller ve mandibular dişler arasında doğruluk açısından fark bulunmamıştır (27).

Konvansiyonel braket sistemleri ve şeffaf plaklardaki tedavi süresi ile ilgili olarak, Djeu ve ark. Invisalign ile tedavi süresi (1 yıl 2 ay) ile geleneksel edgewise

braketler (1 yıl 5 ay) arasında anlamlı bir fark bulmuşlardır. Ancak Invisalign'ın nihai sonuçlarının, tedavi süresinin kısalmasına neden olan bitirme aşamasının dahil olmaması nedeniyle ideal olmadığını belirtmişlerdir (25). Buschang ve ark. Invisalign sistemi ile konvansiyonel braketler arasındaki farkları araştırdıkları çalışmalarında, Invisalign hastalarında konvansiyonel braket hastalarına göre %50 daha az seans başı zaman harcandığını ve bunun da gün içinde ortodontist tarafından daha fazla hastanın görülmesini sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca, Invisalign hastalarının toplam koltuk süresi de daha az ayarlama randevusu olması ve bitirme aşaması olmaması nedeniyle daha kısadır. Bu, Invisalign grubunda konvansiyonel braket grubuna göre %67 daha az olan tedavi sırasında gerekli olan toplam ziyaret sayısına doğrudan yansır. Ayrıca yazarlar şeffaf plak tedavisinde acil durum ziyaretlerinin yaygın olmadığını, çünkü konvansiyonel braket sistemlerinin aksine kırılma olasılığı olan az sayıda yardımcı parça olduğunu belirtmişlerdir (45).

Bildirilen dezavantajları karşılamak ve plak etkinliği ile öngörülebilir diş hareketini artırmak için şeffaf plaklara yıllar içinde plakların kenar tasarımından, uzantısından, malzeme kalınlığından ve farklı plakların dahil edilmesinden başlayarak dişler üzerindeki temasını artırmak için birçok modifikasyon yapılmıştır. Bu amaçla çeşitli şekil ve boyutlarda diş yüzeyine yapıştırılan '*ataşman*' lar plakların diş üzerinde saracağı yüzey alanını arttıran önemli elemanlardandır.

2.5 Ataşmanlar

Ataşmanlar, belirlenen diş yüzeyleri üzerindeki stratejik konumlara "bağlanan" ve şeffaf plak tarafından kavranacak diş yüzey alanını artıran, özel olarak şekillendirilmiş kompozit reçine çıkıntılarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Plak tedavisinin başarısında uygun ataşmanların kullanılması önemli yer tutmaktadır. Önceden belirlenmiş ataşman formları, çeşitli ortodontik CAD yazılımlarında tasarlanır. Ayrıca Meshmixer (Kaliforniya, ABD), Rhinoceros (Seattle, ABD) veya Blender (Hollanda) gibi diğer 3B yazılımlarda ayrı ayrı tasarlanabilir ve CAD yazılımına aktarılabilir.

Optimize edilmiş ataşmanların küçük boyutu ve özelleştirilmesi göz önüne alındığında, bunların tam boyut, şekil ve konumlarına sahip bir şablon kullanılarak yapıştırılması çok önemlidir, çünkü bağlantılarındaki herhangi bir hata, planlanan bir

hareketin aksamasına veya planlanmayan bir hareketle sonuçlanmasına neden olabilir (46).

Gomez ve ark. yaptıkları sonlu elemanların analizi çalışmalarında, ataşman kullanılmadan gerçekleştirilen kanin distalizasyonunun kontrolsüz tipping e neden olduğunu ve ataşmanların varlığının paralel hareketi sağlamada etkili olduğunu bildirmişlerdir (47). Savignano ve ark. şekil ve konum bakımından üç farklı ataşman tasarımı (dikdörtgen-palatal, dikdörtgen-bukkal ve elipsoid-bukkal ataşman) kullanarak şeffaf plakların üst santral dişe ekstrüzyon hareketi uygulamadaki performansını ataşman kullanmayan grup ile karşılaştırmışlardır. Yazarlar, ataşman olmadan üst santral diş ekstrüzyonunun elde edilemeyeceği ve dikdörtgen-palatal ataşman konfigürasyonunun kesici diş ekstrüzyonu uygulamak için en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır (48).

Zhouyan ve ark., maksiller kanin dişin rotasyonunu düzeltmek için hiçbir ataşman kullanılmamasına kıyasla dikdörtgen ataşmanların kullanımının etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, dikdörtgen ataşmanların kullanımının periodontal ligamentte daha büyük bir stres değeri ortaya çıkardığı ve bunun da ataşmansız gruba göre daha fazla diş hareketini sağladığı sonucuna varmışlardır (49).

2.5.1 Fonksiyonlarına Göre Ataşmanların Sınıflandırılması

Şeffaf plak tedavisinde ataşmanlar üç ana amaca hizmet edecek şekilde sınıflandırılabilir;

1. Plak retansiyonu
2. Diş hareketi
3. Ankraj

2.5.1.1 Plak Retansiyonu

Ataşmanların klinik olarak en yaygın kullanıldığı durum şeffaf plağın tutuculuğunun sağlanmasıdır. Planlanan hareketlerin tam olarak dişe yansıması için plağın dişlere tam olarak oturması gerekmektedir. Şeffaf plağın distal kısımlarının dişe tam oturmasını sağlamak için sıklıkla molar dişlere tutucu ataşmanlar yerleştirilir.

Elastik kullanımı gereken durumlarda, elastiğin dikey kuvvet bileşeni plağı yerinden oynatma etkisine sahiptir ve bunu engellemek için retansiyon amaçlı ataşman yerleştirilmesi gereklidir (50). Bu nedenle retansiyon ataşmanları her zaman pasiftir ve tek amaçları plağın dişe tutunmasını arttırmaktır. Bu amaç için iki geleneksel ataşman sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlardan ilki geleneksel bağlantı sağlayan elipsoid ataşmandır. Bu ataşman çeşidi şeffaf plakların ilk zamanlarından itibaren kullanılmaktadır. Özellikle üst lateral dişlerin labial yüzeyi gibi diş yüzey alanının kısıtlı olduğu durumlarda hala kullanılmaktadır. İkinci geleneksel ataşman ise dikey veya yatay dikdörtgen ataşmandır. Dikey dikdörtgen ataşman, kök kontrolü gereken hareketlerde de kullanılır. Yatay dikdörtgen ataşman ise, kısa klinik kronun olduğu dişlerde veya oklüzal interferenslerin dikey dikdörtgen ataşmanın yerleştirilmesine izin vermediği durumlarda kullanılır. Dasy ve ark.'nın şeffaf plaklara ataşman eklenmesinin tutuculuk üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, iki farklı ataşman (elipsoid ve eğimli) uygulanan grup ile ataşmansız tedavi edilen kontrol grubu karşılaştırılmıştır. Ataşman eklenmesinin, ataşmanların kullanılmamasına kıyasla plaklardaki tutuculuğu artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca yazarlar eğimli ataşmanların elipsoid ataşmanlardan önemli ölçüde üstün olduğunu da belirtmişlerdir (51). Bu bulgu, Noor ve ark.'nın, eğimli ataşmanların retansiyonu önemli ölçüde artırdığını bildirdikleri çalışma ile de örtüşmektedir (52).

2.5.1.2 Diş Hareketi

Ataşmanların kullanılmasının ikinci amacı, dişleri itme için aktif bir yüzey oluşturarak diş hareketini kolaylaştırmaktır, bu da istenen diş hareketini ifade etmek için üretilen momentleri artıracaktır (53). Bu amaçla kullanılan ataşmanların yüzey geometrisi, şeffaf plağın aynı anda ekstrüzyon yaparken, rotasyon düzeltirken veya kök kontrolü sağlarken istenen kuvvetleri iletmek için dişi iteceği aktif düz bir yüzey sağlamak üzere modifiye edilmiştir. Ataşmanın eğimli yüzeyi aktif yüzeyken bu eğim şeffaf plağın istenen diş hareketini sağlaması için düz bir yüzey sağlar. Ekstrüziv diş hareketleri için, diş etine eğimli yatay bir ataşman eklenmesi de etkili olacaktır. Aynı şekilde, molar intrüzyon için, okluzal olarak eğimli bir yatay ataşmanın kullanılması da tavsiye edilir (54). Hemi-elipsoid ataşmanlar ise rotasyon düzeltmek veya kök

hareketi elde etmek için çift olarak kullanılan, distalizasyon sırasında premolar ve kaninlerin köklerini upright etmek bir çift mometin üretilmesine izin veren ataşmanlardır (54).

Literatürde, diş hareketlerinde plakların etkinliğini değerlendirmek için yapılan çalışmalarda, diş hareketlerinin doğruluğunu ve tedavi öngörülebilirliğini iyileştirmek için ataşmanların kullanımı desteklenmektedir (53,55). Rossini ve ark. , farklı ortodontik diş hareketlerini kontrol etmek için şeffaf plakların etkinliği hakkında sistematik bir inceleme yürütmüşlerdir (53). Şeffaf plakların ataşmanlar olmadan tek başlarına kullanıldıklarında anterior intrüzyonu kontrol etmede etkili oldukları fakat anterior ekstrüzyonu kontrol etmede etkili olmadıkları, posterior dişlerin bukkolingual eğimini kontrol etmede etkili oldukları ancak anterior dişlerin bukkolingual eğimini kontrol etmede etkili olmadıkları, üst molar dişin yaklaşık 1,5mm paralel hareketinde etkili oldukları ve özellikle yuvarlak krona sahip dişlerin rotasyonu düzeltmede etkili olmadıkları sonucuna varmışlardır. Bu nedenle ortodontik hareketlerin öngörülebilirliğini artırmak için ataşmanların kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır (56).

Ravera ve ark. ile Garino ve ark.'nın yaptıkları çalışmalarında sınıf II tedavilerde molar distalizasyonu sırasında kök kontrolünü iyileştirmek için posterior dişlerde dikey dikdörtgen ataşmanların kullanılması gerektiği vurgulanmış ve molar ekstrüzyonunu kontrol etme, distal kron devrilme ve anterior ankraj kaybını azaltmada da faydalı olduğu belirtilmiştir (55,56).

Elkholy ve ark. yaptıkları çalışmalarında üç farklı ataşman şeklinin (çeyrek küre, dikey elipsoid ve piramidal) mandibular kanin dişinin rotasyonu sırasında uygulanan 3B kuvvet ve moment değerleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çeyrek küre şekilli ataşmanın genel olarak en iyi mekanik özelliklere sahip olduğunu belirten yazarlar, rotasyon sırasında istenmeyen intrüziv kuvvetlere karşı koymanın yanı sıra nispeten yüksek rotasyon momentini de indüklendiğini vurgulamışlardır (57).

Goto ve ark., çekim boşluğunu kapatırken kanin distalizasyonuna ataşmanların şeklinin, boyutunun ve konumunun değiştirilmesinin olası etkisini analiz ettikleri çalışmalarında bağlantı şeklinin, boyutunun veya konumunun değiştirilmesinin, çekim boşluğunun kapatılması sırasında kanin dişin tippingi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Ancak bu çalışma, ataşmanların yalnızca kanin dişin bukkal yüzeyine

yerleştirilmesini araştırmıştır (58). Buna karşılık, Zhouyan ve ark., maksiller kanin dişlerin rotasyonunu düzeltmek için dikdörtgen ataşmanların kalınlıklarını ve konumlarını değiştirmenin etkisini karşılaştırmışlardır ve sonuçlar, ataşman kalınlığının artmasının periodontal liflerin stres değeri ve dolayısıyla kanin dişin yer değiştirmesi ile doğrudan bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, ataşman konumunun dikey olarak değiştirilmesinin kanin dişin rotasyonunun kontrolünde önemli bir etkiye sahip olduğu, oklüzal yerleştirilmiş ataşmanın apikal olarak yerleştirilmiş olanlara göre daha iyi kontrol sağladığı, mesial ve distal yönlerdeki değişikliklerin ise düzensiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, lingual yüzeyi ele almadan araştırmayı yalnızca bukkal yüzeyin farklı konumlarındaki ataşmanları incelemek bu çalışmaların sınırlamalarındandır (49). Buna karşılık, Kim ve ark., hem bukkal hem de lingual yüzeylerde ekstrüzyon, intrüzyon, rotasyon ve tork hareketleri sırasında mandibular kanin dişe yerleştirilecek ataşmanların optimal şeklini ve konumunu incelemiştir. Yazarlar ataşmanların dişin bukkal yüzeyi yerine lingual yüzeyine yerleştirilmesinin, optimal tork kontrolü ve etkili diş hareketi sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca, silindirik ataşmanın kullanımının ataşman ile plak arasında daha iyi bir temas açısı ve dolayısıyla daha iyi bir stres dağılımı sağlaması da çalışmanın sonuçlarındandır (59).

Savignano ve ark. yaptıkları çalışmalarında şekil ve konum bakımından üç farklı ataşman tasarımının (dikdörtgen damak, dikdörtgen bukkal ve elipsoid bukkal ataşman) üst santral dişe ekstrüzyon hareketi uygulamadaki performansını ataşman kullanmayan grupla karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları ataşmanlar olmadan üst santral dişin ekstrüzyonunun elde edilemeyeceğini göstermiş ve dikdörtgen ataşmanın palatinalde kullanılmasının kesici diş ekstrüzyonu uygulamak için plakların etkinliğini artıracağı vurgulanmıştır. Ayrıca ataşman pozisyonunun, şekline kıyasla sonuç üzerinde daha güçlü bir etki gösterdiği de çalışmanın diğer sonuçlarındandır (48). Bu çıkarımı destekleyen Cai ve ark. ’nın çalışmalarında da, ataşmanların verdiği kuvvet sistemi analiz edilmiş ve ataşmanın dişin etkili bir şekilde hareket etmesine yardımcı olacak şekilde optimize edilebileceğini gösterilmiştir. Ataşmanın verimliliğini etkileyen en önemli faktörün, hareketin ihtiyaç duyduğu moment-kuvvet oranıyla optimize edilebilen aktif yüzey yönü olduğu da belirtilmiştir (60) .

2.5.1.3 Ankraj

Ankraj, ortodontik tedavilerde uygulanan kuvvetin istenmeyen reaktif diş hareketlerine karşı direnç olarak tanımlanabilir (61). Ataşmanların diğer bir kullanım alanı da istenmeyen hareketleri önlemek için ankraj sağlamak ve şeffaf plak yerinden çıkmadan diğer hareketlerin gerçekleşmesine izin vermektir.

Ataşmanlar, şeffaf plaklardaki ortodontik diş hareketini kolaylaştırmak, kontrol etmek ve ankraj ünitelerini yönetmek için kullanılan kompozitten yapılan yardımcı yapılardır. Ankraj ünitesinde, boşlukları kapatırken, ön segment retraksiyonu sırasında, posterior dişlerin ardışık distalizasyonunda veya dijital planın sadece mandibular keserlerin intrüzyonunu içeren spee eğrisinin seviyelenmesi sırasında yerleştirilebilirler (34,50,55,56). Aktif bir yüzeye sahip olmaları ile diş hareketlerine destek olmaktadırlar. Anterior dişlerin retraksiyonu sırasında posterior ankrajı güçlendirmek için ankraj ünitesine dikdörtgen ataşmanlar eklenebilir (55,56). Mantovani ve ark., ankraj ataşmanı üzerindeki plak bağlantısını analiz ettiği çalışmasında, plakların termoplastik malzeme bileşimindeki farklılıklara rağmen, incelenen her şeffaf plağın ankraj ataşmanlarına takılmasının oldukça iyi olduğunu göstermişlerdir (62).

2.6 Viskozitelerine Göre Kompozitlerin Sınıflandırılması

2.6.1 Akışkan Tip Kompozit

Kompozitler içerik olarak organik, inorganik ve bağlayıcı fazdan oluşurlar. Birçok kompozit organik fazda viskoz yapıda olan uretan di metaklirat (UDMA) ve bisfenol glisidil metaklirat (BisGMA) içermektedir. Bu iki monomerin oluşturduğu viskoziteyi azaltmak için kompozitlere trietilen glikol di metaklirat (TEGDMA) eklenmektedir.

Akışkan kompozitler, hibrit kompozitlere göre daha küçük partikül boyutuna ve daha az partikül oranına sahip kompozitlerdir. Doldurucu miktarının az olması ile organik matriks oranı arttığı için bu kompozitlerin elastik modülü ve viskozitesi daha

düşüktür. Akıcı özelliğinden dolayı özellikle pit ve fisssür alanlarında, kaide materyali olarak ve Class V kavitelerde kullanılmaları önerilmektedir (104).

2.6.2 Tepilebilir Tip Kompozit

Amalgamın alternatifi olarak piyasaya sürülen viskozitesi yüksek olan kompozitlerdir. Yüksek miktarda doldurucu partikül oranına sahiptir ve partikül boyutları artırılmıştır. Posterior bölgedeki yüksek çiğneme kuvvetlerini karşılayabilecek dayanıklılıkta olduklarından bu alanlarda kullanılmaları özellikle önerilmektedir (104). Estetik özelliklerinin çok iyi olmaması ve tabakaları kondanse ederken arada hava kabarcıklarının kalması dezavantajlarındandır.

2.7 Şeffaf Plaklarla Tedavi Sistemleri:

2.7.1 Essix Sistemleri

Essix, Sheridan tarafından 1993'te ilk kez tanıtılmış ve Raintree Essix tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde alçıdan elde edilen model üzerinde basınç ve ısı ile şekil verilen şeffaf plaklar kullanılmaktadır. Ayrıca essix plaklar; eklem plağı, beyazlatma plağı, anterior geçici köprü, yer tutucu, alışkanlık kırıcı gibi birçok alanda da kullanılmıştır. Bu plakların kullanımına pekiştirme amaçlı başlansa da zamanla aktif hareket elde etme amacıyla kullanılmaya devam etmiştir (63). Kullanımı kolay, maliyeti minimal, estetik bir aparey olmasının yanında en önemli dezavantajı her bir aşamada ölçü alma gerekliliğidir.

Sheridan'ın belirttiğine göre diş hareketini gözlemleyebilmek için uygun süre, boşluk ve kuvvet gerekmektedir. Essix sisteminde kuvvet, diş yüzeyine kompozit materyalden çıkıntılar yapılarak ya da Hilliard Thermoplier (Dr. Keith Hilliard, Lakeland, Florida) pens ile plakta oluşturulan çıkıntılarla sağlanmaktadır. Diş hareketi için modellerde block out yapılarak yer sağlanmakta ya da düşük devirli motorlarla plağın içerisinde bir alan oluşturulmaktadır. Ortodontik hareket elde etmek için plaklar yemek yeme dışında tüm gün takılmalıdır (63). Essix sisteminde ayda 1 mm diş

hareketi istenir ve bu sistem ile tipping, rotasyon, ekstrüzyon, intrüzyon ve tork hareketleri elde edilebilir (64).

2.7.2 CAD/CAM Sistemleri

Bu sistemlerin çalışma prensibi, CAD/CAM teknolojisini laboratuvardaki işlemleri ile birleştirerek şeffaf plaklarla diş hareketinin elde edilmesidir (4,6,27,65). Şeffaf plakların tasarımı ve üretimi Kesling'in model set-up fikrini temel almaktadır. Model set-up tekniğinde dişler segmente edilir ve olması gereken ideal yerine getirilir. Fakat her randevuda yeni ölçü gerekmesi pratik ve konforlu değildir. CAD/CAM teknolojisinde ise çene modelleri ya da ağız içi dijital olarak taranır, 3B yazılım programlarında sanal tedavi planı oluşturulur ve sistemden doktor onayı gerçekleştikten sonra plaklar seri olarak üretime başlanmaktadır (9,11).

Günümüzde, CAD/CAM teknolojisini kullanarak üretim gerçekleştiren çok sayıda sistem vardır. Plaklar tek tip sertlikte ve kalınlıkta bir aşamalı olabilirken, yumuşaktan serte doğru sertliği ve kalınlığı değişen üç aşamalı teknik de olabilir. Tek aşamalı teknikte, EonAligner ve Invisalign sistemleri varken, üç aşamalı teknik ile çalışan Clear Aligner (CA), ECligner ve Clearfix sistemleri bulunmaktadır.

2.7.2.1 Invisalign

Invisalign sistemi ilk kez 1997 yılında Kaliforniya'da tanıtılmıştır (9). Hekimin önerileri doğrultusunda, CAD/CAM teknolojisi ile plakların üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu plaklar splinte benzemekte, marjinal dişetini ve klinik kronları kaplamaktadır. Her şeffaf plak, en fazla 0,25-0,3 mm diş hareketi sağlamakta ve belli bir sıra ile kullanılmaktadır. Etkin tedavinin elde edilebilmesi için her plak günde 20-22 saat kullanılmalı ve 2 haftada bir değiştirilmelidir (4,66,67). Genel olarak bir Invisalign tedavisi 25 plak ve 50 haftadan oluşmakta ancak vakanın şiddetine göre 10-50 plak arasında değişiklik gösterebilmektedir. Bir haftalık ve iki haftalık aktivasyon sürelerinin ve materyal sertliklerinin değerlendirildiği iki çalışmada da iki haftalık periyodlarla kullanılan şeffaf plakların daha başarılı sonuçlar ürettiği rapor edilmiştir (68,69).

Bu sistemde kullanılan plaklar, metilen difenil diizosiyanat ve 1,6 heksanediol eklenmiş poliüretan yapısındadır. Difenil yapı, gereken dayanıklılığı sağlamaktadır (70) ve plakların kalınlığı 0,8mm dir (9). Özellikle yetişkin hastalar tarafından kullanım kolaylığı ve dişlerin kolay temizlenebilir olma avantajları ile şeffaf plaklarla ortodontik tedavi yöntemi olarak tercih edilmektedir.

2.7.2.2 EonAligner

2011 yılında kurulan EonAligner (EON Dental, Minneapolis, USA) sisteminde de plak materyali FDA onaylı poliüretan yapıdadır. Diğer sistemler ile benzer kullanım özellikleri vardır. Plak kalınlığı 0,3 mm'dir ve Invisalign plaklarına göre daha ince yapıdadır.

2.7.2.3 CA-Clear Aligner

1998'de Kim tarafından tanıtılan Clear Aligner (Scheu-Dental, Germany) sisteminde ilk seansta alınan ölçü ile bütün plaklar üretilmektedir. Bu yöntemde hastanın ölçüleri üzerinde 3 haftada bir set-up işlemi gerçekleştirilir. Model üzerinde yumuşak, orta ve sert olmak üzere farklı kalınlıklardaki (0,5 mm-yumuşak, 0,625 mm-orta, 0,75 mm-sert) plaklar (Duran, Scheu-dental, Germany), basınç (Biostar, Scheu-dental, Germany) veya vakum (Essix, Dentsply, Raintree Essix, Metairie, LA) cihazlarıyla şekillendirilebilir (71). Bu sistem ile farklı kalınlıklarda kullanılan plaklarla fizyolojik ve kontrollü diş hareketi hedeflenmektedir (72). Plakların çalışabilmesi için yetişkin hastalar gün içerisinde minimum 17 saat, 14 yaş altındaki çocuk hastaların ise günde minimum 8-10 saat kullanılması gerekmektedir ve plaklar haftada bir kez değiştirilmektedir (8). Bu sistemdeki plaklar tek aşamalı sistemlerden farklı olarak 2mm'lik diş etini de kaplamaktadır.

2.7.2.4 ECligner

ECligner (eClear International, Seoul, Korea) sisteminde hastanın modelleri taranarak bilgisayar ortamına aktarılarak set-up ları yapılmaktadır. CA-Clear Aligner

(Scheu-dental, Germany)'dan daha farklı bir sistemi vardır. İnternet üzerinden hekimlerin tedavi aşamalarına erişim ve tedavi planında değişiklik yapabilme imkanı vardır. Hekim sistemdeki tedavi planını onaylayınca plaklar stereolitografi yöntemiyle üretilmekte ve 3 haftada hekime gönderilmektedir. Kullanılan plaklar CA-Clear Aligner sistemindeki plaklarla aynı kalınlık ve sertliğe sahiptir. Yetişkinler için günlük plak kullanım süresi minimum 17 saat iken 14 yaşından küçük hastalar için bu süre 8-10 saattir. (8).

2.7.2.5 Clearfix

Clear Aligner ve ECligner sistemleri ile benzer materyal ve kullanım özelliklerine sahip Clearfix (Ortho-fix, Istanbul, Türkiye) plakları 3 farklı kalınlığa sahiptir (0,5 mm; 0,6 mm; 0,75 mm'dir) ve plakların sınırı dişetinin 2 mm üzerine kadar çıkmaktadır.

2.8 Şeffaf Plakların Üretimi

Şeffaf plaklarla ortodontik tedavi, istenen düzeltmeleri elde etmek için ardışık kullanılan plak dizileri ile özel bir protokolü izleyen, planlama ve üretim açısından hassas bir tekniğe dayalı tedavi yöntemidir. Tekniğin hassasiyeti, dişlere tam oturan plakların üretilmesi gerekliliğine dayanır. Plak üretimi için sırasıyla gerekli aşamalar şunlardır:

- Digital verinin elde edilmesi
- CAD yazılımı ile bilgisayar destekli tasarım
- 3B yazıcılar kullanılarak modellerin üretilmesi
- Şeffaf plakların imalatı

2.8.1 Dijital Veri Eldesi

Uzun yıllardır kullanılan geleneksel ölçü yönteminde, ölçü alımından model elde edilinceye kadar çok aşamalı bir süreçten geçilmektedir ve bu aşamalar birçok hata ihtimalini de beraberinde getirmektedir. Kullanılan ölçü materyali, alınan ölçü

yöntemi, dezenfeksiyon işleminde kullanılan materyallerin kimyasal özellikleri, taşıma işlemi, kullanılan alçı tipi, alçı karıştırma ve dökme işlemi, alçı modelin ölçüden ayrılması sırasında olabilecek sorunlar gibi faktörler ölçünün doğruluğunu etkilemektedir (73).

Geleneksel yöntem ile alınan ölçü materyalleri, ağız içini en doğru şekilde aktarabilmek için sürekli bir değişime uğramıştır. Biyouyumluluk, boyutsal stabilite ve yırtılma direnci gibi kimyasal ve fiziksel özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bütün bu iyileştirmelere rağmen hekim becerisi, klinik şartları, ölçünün distorsiyonu ve kaşıktan kopması, ölçü üzerindeki sıvı kontaminasyonlar ve saklama şartları gibi birçok durum ölçü başarısızlığına sebep olmaktadır (74). Bu başarısızlıkları elimine etmek için diş hekimliğinde geleneksel ölçünün yerini alan dijital ölçü yöntemi son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Yapılan son çalışmalarda, dijital ölçü yönteminin geleneksel yöntem ile alınan ölçülere göre daha hızlı, rahat ve daha hassas aktarım sağladığı gösterilmiştir (73). En sık kullanılan tarayıcılardan bazıları; iTero Align Technology (San Jose, CA), True Definition 3M ESPE (Minn, Amerika), Lythos Ormco Corporation (Orange, CA), CS 3500 Carestream Dental (Atlanta, GA), TRIOS, 3Shape (Kopenhag, Danimarka), FastScan, IOS Technologies (San Diego, California), 3 boyutlu Progress, MHT Optic Research (Zürih, İsviçre) ve Planmeca Plan Scan E4D Technologies (Richardson, TX)' dir.

Ortodontik tedaviye başlamadan önce hastanın rutin muayenesi yapıldıktan sonra panoramik ve sefalometrik radyografiler, alt-üst çene modelleri, sentrik okluzyon kayıtları, ağız içi ve ağız dışı fotoğraf kayıtları alınmaktadır. Şeffaf plakların üretiminde en önemli basamak dental arkların dijital olarak eksiksiz ölçüsünün alınmasıdır. Ölçüler, direkt olarak dijital ağız içi tarayıcılar ile elde edilebildiği gibi indirekt olarak geleneksel yöntem olan polivinil siloksan ölçü materyali kullanılarak da elde edilebilir. Geleneksel yöntemlerle alınan ölçüler tarayıcılar kullanılarak 3B görüntüye dönüştürülüp kullanılabilir. Ancak bu verilerle tedavi planlamasını takiben plak tasarımı yapılacağı için ölçüde bütün dişlerin net izlenmesi çok önemlidir (11,75). Ölçülerdeki deformasyonu minimuma indirmek için geliştirilmiş sert alçı ile dökülmesi gerekir (76). Model, fazla alçı kalıntılarından uzaklaştırılmasını takiben plak basımı için hazırlanmış olur (7).

2.8.1.1 Ağız Dışı Tarayıcılar

Ağız dışı tarayıcılar bir ışık yayıcı ile kameralardan veya bir sensörden oluşur. Bir nesnenin 3B geometrisinin optik taraması üç adımda gerçekleşir. Hem ağız içi tarayıcılar hem de ağzı dışı tarayıcılar aynı temel öncül üzerinde çalışır. İlk aşama, ışığı yüzeye yansıtmayı ve x ve y koordinatlarında iki boyutlu (2B) fotoğraflar oluşturmak için yansıyan ışığın deformasyonlarını analiz etmeyi içerir. Fotoğraf çekmek için bu aşama pasif ve aktif olmak üzere iki türe ayrılabilir. İkisi arasındaki fark, veri toplamak için kullanılan aydınlatma türüdür. Aktif bir yakalama, kodlar olarak bilinen sabit veya salınımlı (zamanla değişen veya darbeli) desenleri yansıtmak için genellikle bir lazer veya ışık yayan diyot (LED) olan tutarlı bir yapılandırılmış ışık kaynağı kullanırken, pasif bir yakalama tutarlı olmayan ışık kullanır. Kodlar, elde etme sürecini hızlandırmak için nesnenin yüzeyine yansıtılan tek bir nokta, çoklu nokta, çizgi veya şerit, kafes veya ızgara olabilir (77).

İkinci aşama, bir 3B yorumlama oluşturmak için üçüncü z koordinatını kaydetmektir. Sabit bir nesnenin yüzeyi boyunca hareket ettirilen elde tutulan ağız içi tarayıcının aksine, ağız dışı tarayıcı da yüzeyini çeşitli açılardan yakalamak için nesneyi farklı yönlerde döndüren döner tabla aracılığıyla nesneyi hareket ettirerek gerçekleştirilir (112). Sensor veya kamera art arda durağan görüntüler kaydedebilir (tek çekim) veya sürekli video (çoklu çekim) çekimi için kullanılabilir.

Bir sonraki adım, yüzeydeki ilgi noktaları (POI) arasındaki mesafeyi hesaplamak için üçgenleme gibi mesafe ölçüm teknolojilerini kullanmaktır. Nirengi, fiziksel olarak dokunmak zorunda kalmadan iki şey arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanılan bir tekniktir. Kullanılan ışık kaynağına bağlı olarak üçgenleme pasif veya aktif olabilir. Daha önce belirtildiği gibi, pasif üçgenleme (PT), ortamdaki, tutarlı olmayan bir ışık kaynağı kullanırken, aktif üçgenleme (AT), nesneye yansıtılan lazer veya LED gibi yapılandırılmış bir ışık kaynağı kullanır. Yayıcı(lar), nesne ve sensör(ler) bir üçgen şeklinde düzenlenmiştir(78). Yüzey rekonstrüksiyon yazılımı, yüzeyin şeklini, dokusal değişiklikleri ve topografyayı yeniden oluşturmak için nokta bulutu verilerini kullanır. Nokta bulutu, bir nesnenin 3B yüzeyini x, y ve z boyutlarında temsil eden hacimsel bir veri kümesidir. Bir nokta bulutunun dijital verileri inanılmaz derecede kesindir, ancak CAD yazılımında kullanılabilmesi için önce bir ağ veya

yüzey modeline dönüştürülmesi gerekir. Bu, nokta bulutunu CAD modelleri için elverişli olan üçgen veya dörtlü ağlara dönüştürerek gerçekleştirilir. Ancak oluşturulan ağlar yüksek yoğunluğa sahip olduğu için çok fazla bilgisayar işlem gücü gerektirir ve bu da tasarım sürecini yavaşlatır. İşlem sürelerinden tasarruf etmek için, yüksek yoğunluklu ağlar düşük yoğunluklu ağlara indirgenir, ancak kaliteden ödün verilmemesini sağlamak için kenar koruma ayrıntıları bulunur (79).

2.8.1.2 Ağız İçi Tarayıcılar

İlk ağız içi tarayıcı 1980'lerin sonunda Drs. Werner Mormann ve Marco Brandestini tarafından tanıtılmıştır. Piyasaya CEREC1 olarak sunularak dijital ortodontinin laboratuvardan hasta başına taşınması sağlanmıştır (80).

Dijital tarama teknolojisinin patentlenmesi ile teknisyenlerin geleneksel döküm modellerin yerine dijital modellerle çalışmasına imkân tanınmıştır. Dijital modellerle çalışmanın birçok avantajı vardır; tedavi seans süresi kısalır, modellerin fiziksel olarak saklanması gerekmez. Ayrıca bir depolama alanından alçı modellerin alınmasına gerek kalmadan 3B bilgilere anında erişim imkânı, sanal görüntüleri anında yönlendirme veya danışma için dünyanın herhangi bir yerine aktarılabilme sağlar. Geleneksel ölçüdeki yırtılma, bozulma, hava kabarcığı, eksiklikler vb. gibi sorunlar yoktur. Ağız içi tarayıcılardan elde edilen dijital ölçü, özellikle öğürme refleksi, trismus veya mobil dişleri olan hastalarda hasta konforunu artırabilir. Aynı zamanda hasta modellerinin zaman içinde hasar görmemesini, kaybolmamasını veya karışmamasını da sağlar (81,82).

2.8.1.3 Ağız İçi ve Ağız Dışı Tarayıcı Farkları

Piyasada hem ağız dışı hem de ağız içi tarayıcılar mevcuttur ve ağız dışı tarayıcılar mevcut olan ilk tarayıcı türüdür. Genel bir kural olarak ağız dışı tarayıcı, taramanın oral sıvı ile kontaminasyon olmaksızın kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmesi, hasta uyumu ve kalifiye bir operatör gerekliliğini ortadan kaldırması nedeniyle ağız içi tarayıcı ile karşılaştırıldığında daha yüksek hassasiyet sağlar (83). Birçok çalışma, ağız dışı tarayıcının sırasıyla ortalama 5-25 μm ve 50 μm

ile ağız içi tarayıcıdan daha yüksek doğruluk sağladığı sonucuna varmıştır. Bir in-vivo çalışma, ağız içi tarayıcı (iTero, Align Technology, ABD) kullanılarak ağız içi sayısallaştırmanın kesinliğini değerlendirmiş ve bunu iTero ağız içi tarayıcı ve bir D250 masaüstü model tarayıcı kullanılarak ağız dışı sayısallaştırmanın kesinliği ile karşılaştırmıştır. ITero ile hem ağız içi hem de ağız dışı taramanın, D250 model tarayıcı ile taramaya göre daha az doğru olduğu bildirilmiştir. Ek olarak, iTero ile ağız içi taramanın, iTero ile model taramaya göre daha az doğru olduğu bulunmuştur (84). Bir in-vitro çalışma, bir ağız dışı tarayıcı ve iki ağız içi tarayıcı arasında kuru bir çene üzerindeki ölçümleri karşılaştırmıştır. Araştırmacılar aralarındaki farklılıkların klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir (85). Sason ve ark., ağız içi ve ağız dışı tarayıcı ile yaptıkları çalışmalarında her iki tarayıcının da klinik olarak kabul edilebilir aralıklar içinde olmasına rağmen, ağız içi tarayıcının ağız dışı tarayıcıya kıyasla daha yüksek hassasiyet ve doğruluk değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir (86).

Sonuç olarak, dijital modeli elde etmek için geleneksel bir ölçü ve/veya ölçü modeli gerektiren ağız dışı tarayıcının aksine, bugünlerde daha doğru, güvenilir, daha hızlı ve daha kullanıcı dostu ağız içi tarayıcı piyasaya sunulmakta ve tam bir dijital iş akışına olanak sağlamaktadır (86). İş akışına bir adım daha eklemek çalışma zinciri boyunca oluşacak hata riskini artırır. Bu nedenle, ölçü veya dökülen modelde herhangi bir bozulma hatası varsa, bu ağız dışı tarayıcı taramasını tehlikeye atacaktır.

2.8.2 CAD/CAM Yöntemiyle Bilgisayar Destekli Tasarım

Direkt tarayıcıdan aktarılan dijital tarama dosyasının 3B yazıcılarda yazdırılmaya hazır hale gelebilmesi için bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle çeşitli yazılım programları kullanılmaktadır. Diş segmentasyonu, diş hareket aşamaları ve ardından dişlerin sıralı hareketlerle istenen düzene taşınmasını sağlayan CAD yazılımı kullanılarak dijital tedavi planı hazırlanır. Planlamada görevli teknisyenler, doktorun tedavi hedefi doğrultusunda modelleri programda 0,075 mm' lik katmanlara bölmekte ve bunları tekrardan model üzerinde yerleştirerek malokluzyon sanal ortamda düzeltilmektedir (40). Ardından planlanan bu hareketlerin gerçekleşmesine destek olacak ataşmanlar hareket ve işlevine göre dişler üzerinde planlanan yerlerine yerleştirilir. Her plak üretimi için 3B baskı teknolojisi kullanılarak

modellerin üretilmesi gerekmektedir. Tasarlanmış model yazdırılmaya hazır olduğunda, modeli yazıcıya göndermeden önce CAD dosyası genellikle .stl formatı gibi bir 3B dosya formatına dönüştürülmesi gerekmektedir.

2.8.3 3B Yazıcılar Kullanılarak Modellerin Üretilmesi

3B yazıcıların tarihi, Charles Hull'un 3B bir nesne üretmek için ilk 3B stereolitografiyi icat ettiği 1984 yılına kadar uzamaktadır. Bu, 3B nesneyi UV ışığını kullanarak katman katman oluşturan bir baskı yöntemidir (87). Daha sonra bu teknolojiyi daha da geliştirmek ve daha ticari hale getirmek için 1986'da 3B sistemi kurulmuş ve bu sistem ilk kez 1988'de satılmıştır (88). Başlangıçta bu teknolojinin yeni ve pahalı olması nedeniyle öncelikle araştırma ve çalışmalar için ilk tasarımların üretiminde kullanılmıştır. 1990'ların sonlarında, bilim adamlarının mesane cerrahisinde 3B yazıcılarda üretilen yapının kullanılmasının transplantasyon komplikasyonlarında azalmaya neden olacağı belirtilmiş ve tıpta uygulanmaya başlanmıştır. 21.yüzyılda ise 3B baskı teknolojisi çok gelişmiştir ve birkaç mikron içinde hassasiyet sağlayabilecek hale gelmiştir (89). Doğruluğun çok önemli olduğu diş hekimliğinde de bu teknolojinin popülerlik kazanması çok uzun sürmemiştir. Farklı şirketlerin teknolojik gelişmedeki hızlanmaya birbirleriyle senkronize olma çabası, yoğun birçok iş akışının tamamen dijital iş akışı ile değiştirmesini sağlamıştır (90).

3B baskı ile gereksinimlere göre özelleştirilmiş modifikasyonlar elde edilebilir. Ayrıca bu teknoloji atık malzeme miktarının azaltılmasına izin verir. Bu sayede üretim maliyeti azaltılabilir. Geleneksel laboratuvar üretimi ile karşılaştırıldığında, 3B baskı kullanımı ile model doğruluğu artmış, üretim süresi azalmış, karmaşık geometride cisimleri üretebilmesi kolaylaşmış ve insan kaynağı ihtiyacı azalmıştır. 3B baskı teknolojisi ile daha düşük ağırlıkta, daha düşük hasar olasılığı olan, daha iyi dayanıklılık ve daha yüksek aşınma direnci gösteren modeller üretilmektedir. Ancak, baskı malzemelerinin yüksek maliyetinin yanı sıra bazı 3B yazıcı tekniklerinde son işlem aşamasında duyulan ihtiyaç ve cihaz bakım gereksinimleri için eklenen ekstra maliyet de dezavantajları arasındadır (91). 3B yazıcıların teknik, malzeme ve uygulamalar ile ilgili sorunlarda tek bir çözüm yolunun olmaması ise limitasyonlarındandır. Kullanıcılara göre bir 3B yazıcı seçerken göz önünde

bulundurulması gereken en önemli hususlar zaman, maliyet ve kullanıcının ihtiyacını en kolay karşılayacak işlevselliktir. Süreçlerin hiçbiri her bakımdan mükemmel değildir. Her işlemin kendine özgü özellikleri ve fiyat, malzeme, geometri, boyut ve doğruluk tarafından dayatılan kısıtlamaları vardır (92,93).

Baskıyla üretilen nesneler, 3B yazıcının doğruluğuna göre sapmalara sahiptir. Bu nedenle, bir 3B yazıcı seçimi, uygulamaya ve yazıcının amaçlanan kullanımına göre olmalıdır. Bu amaçla en doğru kararın verilmesinde yararlı olabilecek dört kriter vardır. Birincisi, her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları dikkate alınarak daha önce tartışılan tarama yönteminin (ağız içi tarayıcı veya ağız dışı tarayıcı) doğruluğu iken ikinci faktör 3B yazıcının çözünürlüğüdür. Farklı 3B baskı teknolojileri farklı çözünürlükler sunabilir. Üreticinin bildirdiği bir 3B yazıcı çözünürlüğü, aynı zamanda katman kalınlığı ve mikron (µm) cinsinden belirli bir değere karşılık gelen inç başına nokta sayısı (dpi) ile ölçülen dikey çözünürlüğü ifade eder. Daha yüksek çözünürlük veya başka bir deyişle; µm'ye göre daha büyük veya daha küçük bir değer, daha yüksek doğruluğu gösterir (94). Daha sonra CAD tasarımının karmaşıklığı gelmektedir. Bir nesnenin geometrik karmaşıklığı, yazdırma doğruluğunu etkileyebileceği için önemlidir.

Dikkat edilmesi gereken son öğe, kullanılan baskı malzemesinin türü ve özellikleri ile baskı tekniğidir. Dental pazarda aktif olan ana teknolojiler; Stereolithography Apparatus (SLA), digital light processing (DLP), fused deposition modelling (FDM), selective laser sintering (SLS), selective laser melting (SLM), material jetting (MJ)/ PolyJet/multi-jet modelling (MJM) and binder jet (BJ).

2.8.4 Şeffaf Plakların Üretilmesi

Şeffaf plakları üretilmesinde geleneksel yöntem, hastanın ağız içi ölçüsünün elde edilmesinin ardından çene modelinin elde edilmesini ve daha sonra bu model üzerinde biyouyumlu şeffaf plak materyalinin yüksek ısı ve basınç ile şekillendirilmesiyle şeffaf plaklar elde edilir (95). Geleneksel yöntemlerde, ölçü alırken, alçı dökümü sırasında ve şeffaf plak materyallerinin şekillendirilmesi esnasında hatalar oluşabilmektedir. Ayrıca geleneksel yöntemle üretim süreçleri

zaman alıcıdır. Ölçü prosedürleri sırasında karşılaşılan yanlışlıkları ortadan kaldırmak için ağız içi tarayıcıların tanıtılması ile daha doğru ölçüler elde edilmeye başlanmıştır.

Şeffaf plak üretiminde diğer seçenek plakların direkt olarak üretilmesidir. Hızlı prototipleme teknolojilerinin ortaya çıkışı, CAD/CAM yazılımı kullanılarak ölçülerin modellenmesi ve 3D baskı yoluyla hataların en aza indirilmesine olanak sağlamıştır. Hızlı prototipleme, CAD yazılımı kullanarak bir nesnenin 3B modelini çoğaltmak için 3B baskı kavramını veya eklemeli katman üretim teknolojisini kullanan bir tekniktir (96). Hızlı prototipleme, tarayıcılarla birleştirildiğinde, taranan görüntülerin 3B baskısı ile diş ölçülerini yüksek doğrulukla modellere dönüştürmek için seçenekler sunar ve ardından plakları elde etmek için aynı vakumlu termoform işlemi gelmektedir. Ancak ısıyla şekillendirme sırasında ortaya çıkan yanlışlıklar devam edebilir. Jindal ve ark. şeffaf plakların üretiminde en uygun seçenek olarak şeffaf plakların doğrudan hastalar üzerinde kullanılabilecek sanal olarak tasarlanmış modellerden direkt olarak 3 boyutlu olarak yazdırılması olduğunu bildirmişlerdir (97).

2.8.5 Şeffaf Plakların Uygulanması

Ortodontist tarafından tedavi onayı verildikten sonra hastanın tüm şeffaf plakları üretilir ve kenarları düzeltilerek dezenfekte edilip hekime kargolanır (9). Tedaviye başlanan ilk randevuda başlangıç ve ataşman transfer plağı takılarak uyumuna ve rahatlığına bakılır. Ataşman transfer plağı ile dişler üzerine ataşmanlar yerleştirilir ve tedavi planına göre gerekiyorsa airrotor stripping yapılır. Hastaya plakları nasıl kullanması gerektiği ve temizliği ile ilgili gerekli bilgilendirme yapılır (40).

Tek aşamalı sistemle üretilen plaklarda, hastaya tek tip kalınlıktaki (0,3 mm) plak teslim edilir ve hastaya plakları 3 hafta kullanacağı söylenir. 4. haftada hasta kontrol için çağrılır. Üç aşamalı sistemde, hastaya üç plak teslim edilir (yumuşak (0,5 mm), orta (0,6 mm), sert (0,75 mm)) . Yumuşaktan serte doğru sırasıyla her hafta plakları değiştirerek kullanması söylenir. Hasta takibi 3 hafta ara ile yapılır. Kontrol randevularında hastadaki diş hareketinin sanal simülasyonu takip edip etmediği karşılaştırılarak incelenir (19).

2.9 Şeffaf Plaklarla Diş Hareketi

Brezniak'ın 2008 yılında yayınlanan makalesinde, şeffaf plaklarla elde edilen diş hareketlerini biyomekanik açıdan incelemiş ve elde edilebilen ve edilemeyen diş hareketlerini açıklamıştır (98). Brezniak, şeffaf plakların ağıza yerleştirilmesi ile birlikte plağın elastik özelliği sebebiyle hareketi istenen diş tarafından yukarıya doğru itilmektedir. Bu kuvvet, karpuz çekirdeğine işaret parmağı ve başparmak ile kuvvet uygulandığında karpuz çekirdeğinin fırlamasına benzetildiğinden '*watermelon seed effect (karpuz çekirdeği etkisi*)' olarak isimlendirilmiştir. Böylece dişten uzaklaşmaya başlayan plak çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle tekrar dişlere doğru yaptığı baskı kuvveti ile 'sekonder intrüzyon hareketi (post-terapötik intrüzyon)' oluşturmaktadır. Apareye dişetine doğru kuvvet uygulandığında gingival alanda dişten ayrılmakta ve paralel hareketin gerçekleşmesi de zorlaşmaktadır. Oluşan bu etkiyi minimuma indirmek için ataşmanların kullanılması gerekmektedir. Ataşmanlar, plağın yüzey alanını daha da arttırarak tutuculuğa katkı sağlarken aynı zamanda kron ve kök hareketlerinin kontrolüne de yardımcı olur. Şeffaf plaklarla genellikle intrüzyon ve tipping hareketleri elde edilmesi kolayken, ekstrüzyon hareketi ve paralel hareketin elde edilmesi daha zordur. Kuvvetin, gingivalden uygulanması ile paralel hareket, insizalden uygulanması ile tipping hareketi elde edilebilir. Mezial taraftan uygulandığında distal vertikal eksende, distal taraftan uygulandığında ise mezial vertikal eksende hareket oluşmaktadır.

İdeal bir ortodontik tedavide maksimum diş hareketi elde edecek fakat aynı zamanda da doku hasarına yol açmayacak biyolojik kuvvet miktarı uygulanmalıdır. Şeffaf plak ile tedavide elde edilen diş hareketinde de kuvvet uygulanan dişe elastik özellikteki plağın istirahat konumuna geçerken ortaya çıkardığı kuvvet etkir. Bu açıdan yeterli miktarda diş hareketi sağlayabilmek için plağın esneklik özellikleri oldukça önemlidir. Plakların uyguladığı kuvvet miktarı plak aktivasyon miktarına da bağlıdır. Aktivasyon miktarı her aşamada her firmaya göre değişmektedir (26,27,33,99–103).

Şeffaf plaklarla diş hareketlerinde kullanılan yöntemlerden;

2.9.1 Termopliers Yöntemi

Özel şekillendirici pensleri belirli sıcaklıklara kadar ısıtıp plağı ısıyla şekillendirme (*spot termoforming*) işlemi ile plağın değiştirilmesidir. Bu şekilde ek hareketler elde edilebilir ve farklı hareketler elde etmek için farklı pensler kullanılmaktadır. Yapılan şekillendirmeler, kuvvet oluşturabilmek için her zaman diş yüzeyine doğru olmalıdır. Isıyı ölçmek için dijital termometre kullanılmaktadır (6). Pensin plakta değişiklik yapabilmesi için ucu 80-90°C'ye kadar ısıtılması gerekmektedir, daha az ısıtıldığında plak sıkışarak kuvvet oluşturamamaktadır ve fazla ısıtıldığında ise plak yanmaktadır. Bu işlemin maliyeti tekrardan plak üretmeye göre oldukça düşüktür ancak penslerle ile plaklara uygulanabilecek gerinim miktarı sınırlıdır ve eğer fazla uygulanırsa plak incelerek dişte kuvvet uygulayamayacak hale gelir. Bu şekilde sınırlı miktarda ve kontrolsüz kuvvet uygulanmaktadır. Bu şekilde kompleks sorunlara çözüm bulamadığından fazla hareket gerektiren durumlarda aşamalı hareket gerçekleştirebilen şeffaf plak teknikleri geliştirilmiştir.

2.9.2 Mounding Yöntemi

Plakta herhangi bir değişiklik oluşturmadan dişin farklı yüzeylerine kompozitten eklemeler yapılarak kuvvet oluşturma yöntemidir. Eklenen kompozit miktarının 1 mm olması gerekmektedir ve bu kalınlık 'Boley Gauge' ile ölçülmektedir. Kontrol randevularında da eklenen kompozit miktarı 1mm'yi geçmemelidir. Fazla miktarda kompozit eklenirse plağın dişler üzerindeki uyumu bozulabilir ve tam oturmayabilir. Dişlerin hareket edebileceği alan oluşturmak için 2 yöntem kullanılır; plak içinde *block out* işlemi ile boşluk oluşturma ve ark içerisinde *interproksimal redüksiyon (IPR)* ile boşluk oluşturmadır (6).

Şeffaf plaklarla ortodontik tedavide diş hareketi elde etmek için kullanılan yöntemlerden termopliers ve mounding yöntemi şeffaf plaklar ile tedavinin ilk zamanlarında kullanılan eski yöntemlerdir. Günümüzde teknolojisinin ilerlemesi ile bu yöntemler artık kullanılmayarak bilgisayardan tasarım yapılan üretim modeli yaygın olarak kullanılmaktadır.

3 GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez Projesi; Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2022/065 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Tezin planlanması ve deney aşamaları Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda yürütülmüştür. Ayrıca CA dijital ortodonti laboratuvarı Ltd. Şti'de modellerin üretim işlemi gerçekleştirilmiştir.

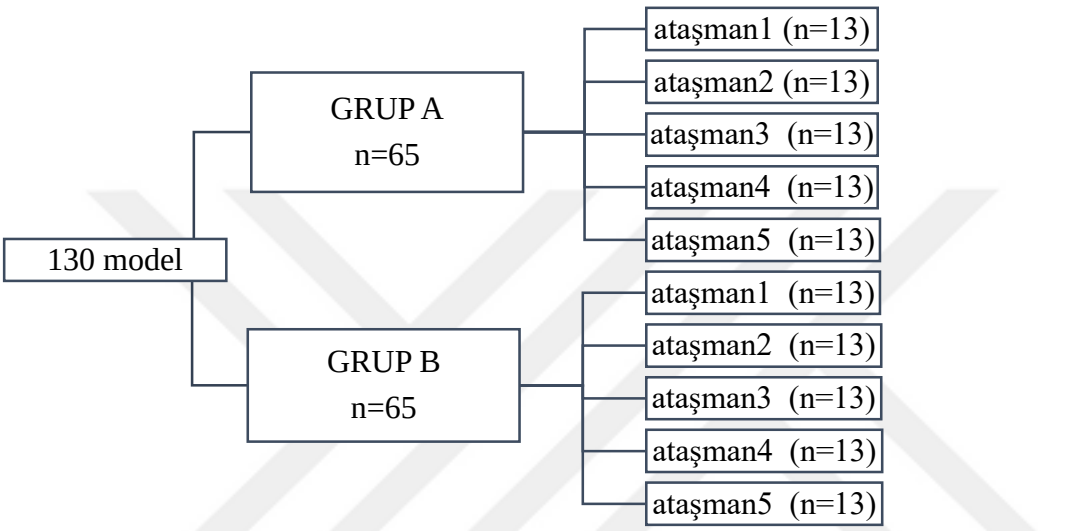
Araştırmanın gücünü hesaplamak için tablo 3.1 de görülen G*Power 3.1.9.7 yazılımı ile 0,4 etki büyüklüğü, 0,05 α hata düzeyi ve 102 adet örneklem büyüklüğü ile yapılan hesaplamada araştırmanın gücü 0,90 olarak belirlenmiştir. Analize göre her grup için gerekli model sayısı 10'dur. Ancak deney aşamasındaki veri kaybını her grup için 3 model olarak öngörerek gruplardaki model sayısı 13 olarak belirlenmiştir.

F tests - ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions	
Analysis:	Post hoc: Compute achieved power
Input:	Effect size f = 0.4 α err prob = 0.05 Total sample size = 102 Number of groups = 10
Output:	Noncentrality parameter λ = 16.3200000 Critical F = 2.4706812 Numerator df = 4 Denominator df = 92 Power (1-β err prob) = 0.90

Çizelge 3.1. Güç Analizi

Çalışmamızda viskositesi yüksek (A grubu) ve viskozitesi düşük (B grubu) kompozitlerle ataşman uygulamasının hassasiyetinin karşılaştırılacağı 2 ana grup oluşturulmuştur. Her grup 5 alt gruba ayrılmaktadır ve bu alt gruplar kullanılan farklı ataşman şekillerine göre sınıflandırılmıştır. A ve B grubunda aynı şekillerdeki ataşmanlar kullanılarak standardize edilmiştir. Çalışmamız toplam 10 gruptan

oluşmaktadır. Amacımız araştırdığımız konuyu en iyi yansıtabilecek yüzey özellikleri birbirinden farklı ataşmanları seçmektir. Bu amaçla öncelikli olarak şeffaf plaklarla ortodontik tedavide en sık kullanılan 3 ataşman (dikdörtgen, eğimli ve elips) ve yüzey özellikleri birbirinden farklı ve çok girintili çıkıntılı olmalarına göre 2 ataşman (köşegenli ve ortası eğimli) seçilmiştir.



Şekil 3.1. Tez gruplarının şematik gösterimi

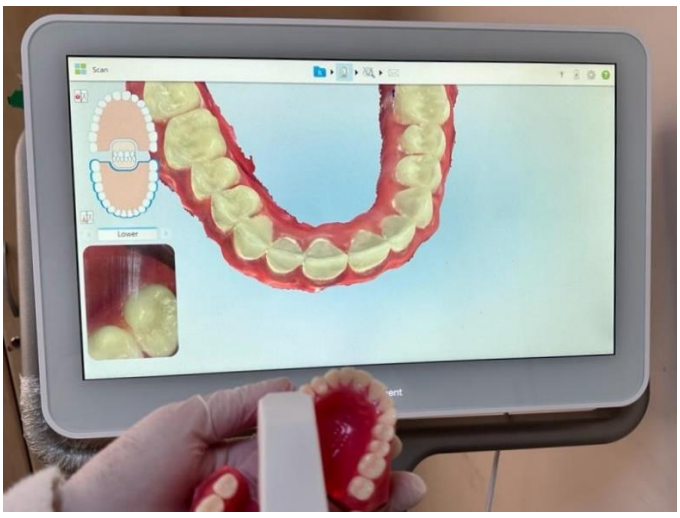
- Ataşman 1: Dikdörtgen ataşman;
- Ataşman 2: Eğimli ataşman;
- Ataşman 3: Elips ataşman;
- Ataşman 4: Köşegenli ataşman;
- Ataşman 5: Ortası Eğimli ataşman;

Tez çalışmamız 7 aşamadan oluşmaktadır:

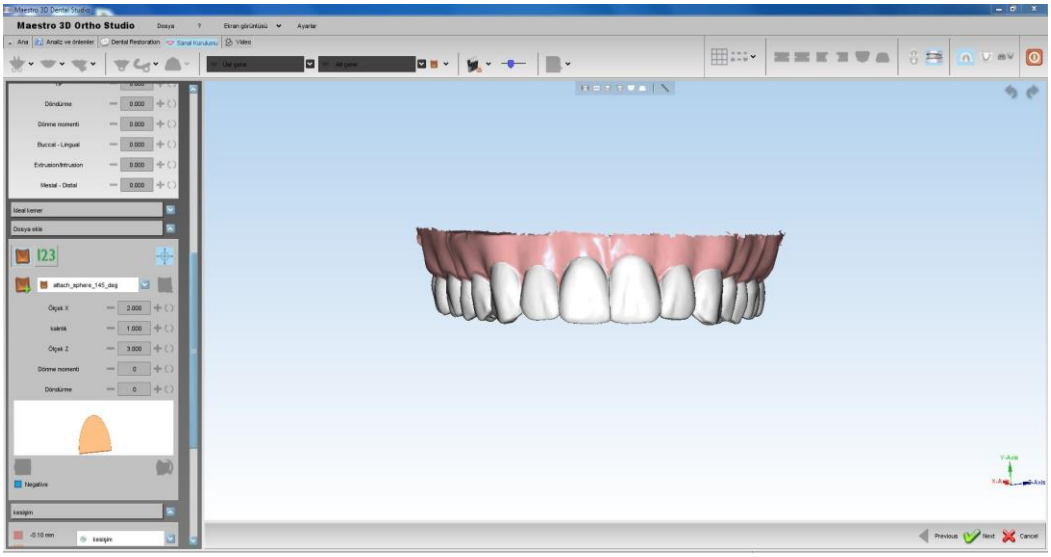
- 1.aşama: Ataşmanların tasarlanması ve yerleştirilmesi
- 2.aşama: Modellerin yazdırma işlemine hazırlanması
- 3.aşama: Modellerin 3B yazıcılarda üretimi
- 4.aşama: Şeffaf plakların üretilmesi
- 5.aşama: Ataşmanların uygulanması
- 6.aşama: Modellerin taranması ve 3B çakıştırma işlemi
- 7.aşama: Boyutsal ölçüm analizlerinin yapılması

3.1 ATAŞMANLARIN TASARLANMASI VE BİLGİSAYAR ORTAMINDA YERLEŞTİRİLMESİ

Fakültemiz arşivinde bulunan fantom çene modeli, iTero Element 2 Intraoral Scanner System (Align Technology, ABD) ile taranmıştır (Resim 3.1). Taranan model, .stl dosya formatında dışarı aktarılarak Maestro 3B Dental Studio programına aktarılmıştır (Resim 3.2). Bütün ataşmanlar, standardizasyonu sağlamak için her çene modelinde üst 2.premolar dişlerin bukkal yüzeyinin orta üçlü bölgesine yerleştirilmiştir.



Resim 3.1. Fantom çene modelinin Itero(Align Technology, ABD) tarayıcı ile taranması

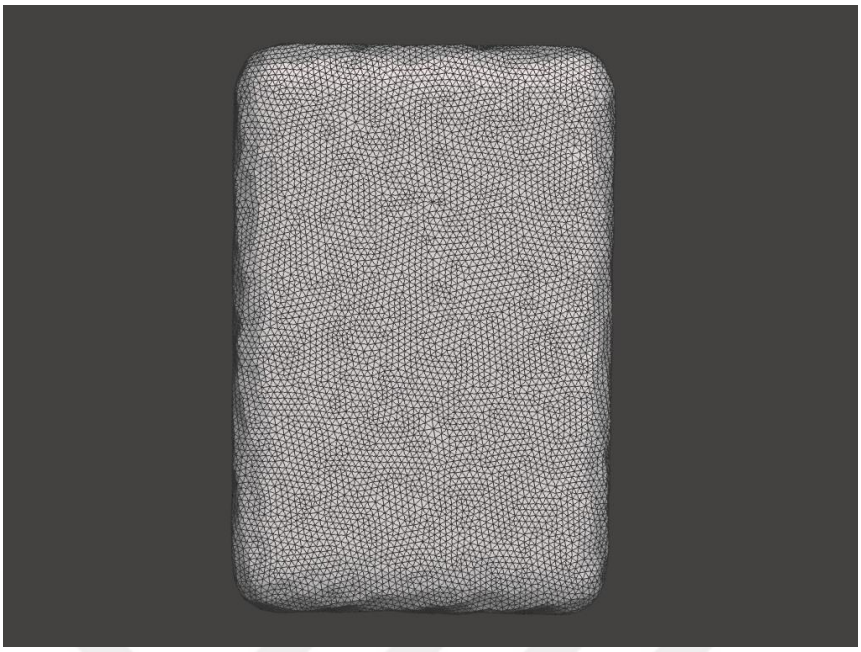


Resim 3.2. Taranan modelin Maestro 3B Dental Studio programına aktarılması

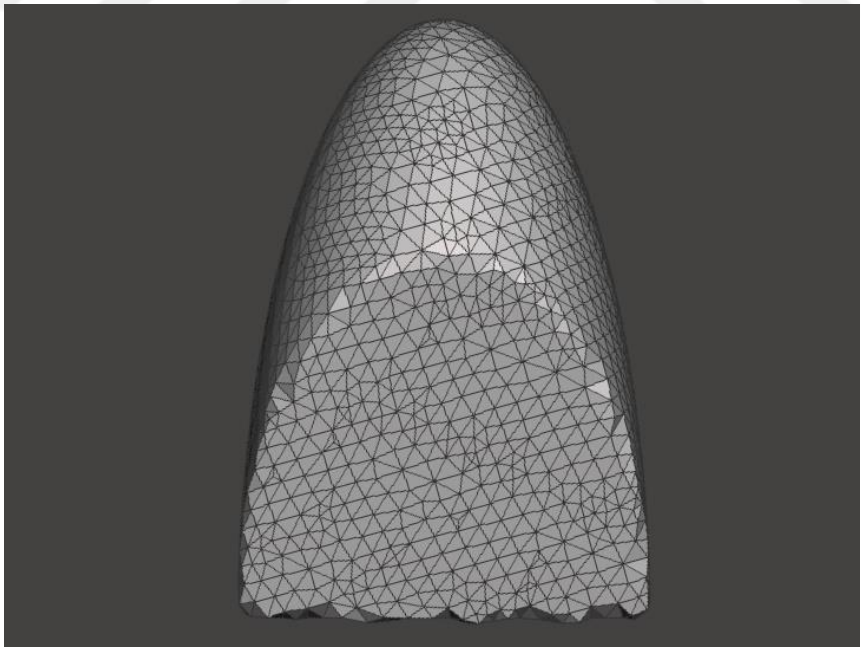
Çalışmamız için 5 farklı tip ataşman seçilmiştir. ‘Dikdörtgen’, ‘eğimli’ ve ‘elips’ ataşmanlar şeffaf plaklarla ortodontik tedavide en sık kullanılan ataşmanlardan olduğu için tercih edilmiştir. Yüzey özellikleri en fazla çeşitlilik gösteren ataşmanların çalışmamızın amacını en doğru şekilde yansıtabileceğini düşündüğümüz için de ‘köşegenli’ ve ‘ortası eğimli’ ataşmanlar tercih edilmiştir.

Tercih edilen 5 farklı tip ataşman ve boyutları (105);

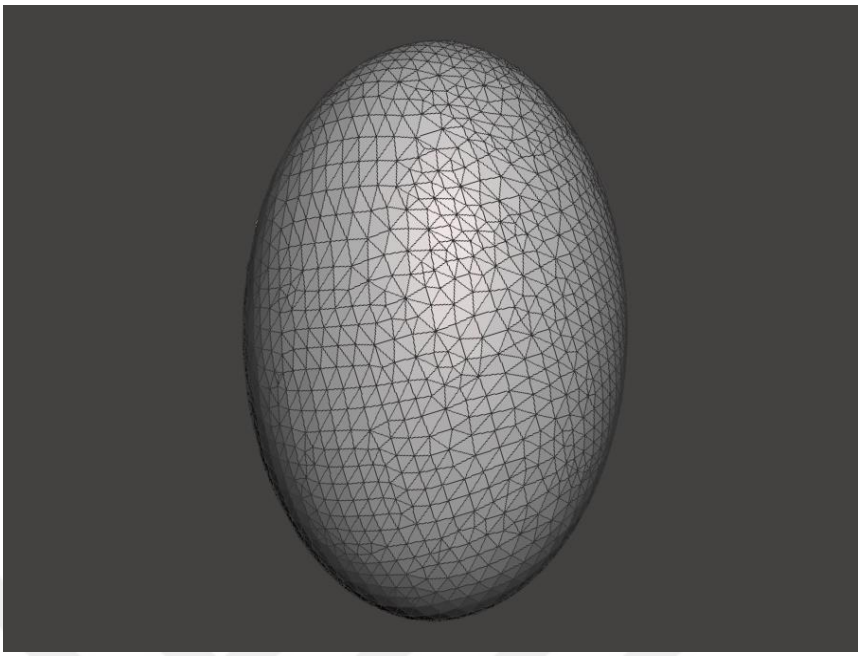
- Dikdörtgen ataşman; genişlik 2 mm, derinlik 1 mm, yükseklik 3 mm (Resim 3.3)
- Eğimli ataşman; genişlik 2 mm, derinlik 1 mm, yükseklik 3 mm (Resim 3.4)
- Elips ataşman; genişlik 2 mm, derinlik 1 mm, yükseklik 3 mm (Resim 3.5)
- Köşegenli ataşman; genişlik 2 mm, derinlik 1 mm, yükseklik 3 mm (Resim 3.6)
- Ortası Eğimli ataşman; genişlik 2 mm, derinlik 1 mm, yükseklik 3 mm(Resim 3.7)



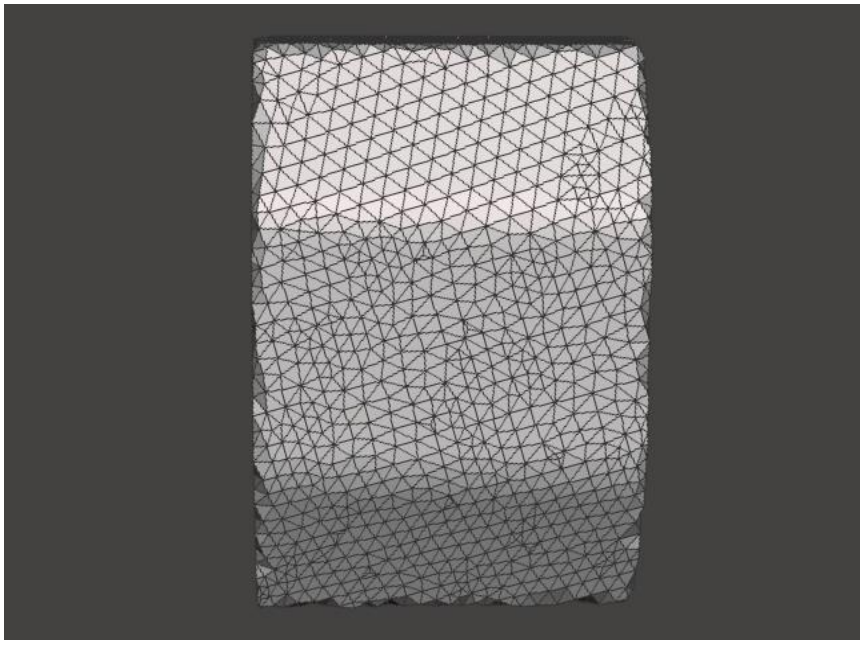
Resim 3.3 Dikdörtgen ataşmanın programdaki gösterimi



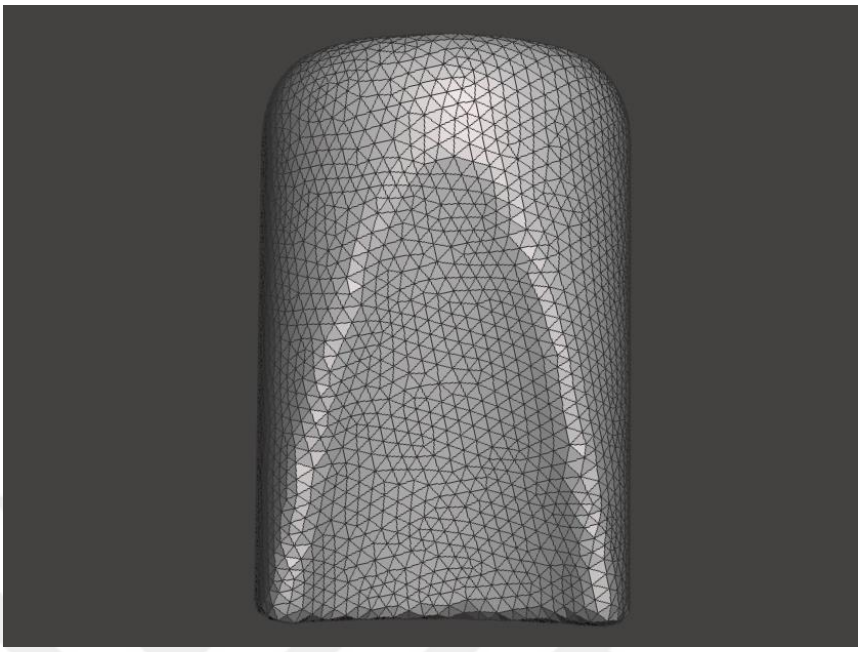
Resim 3.4. Eğimli ataşmanın programdaki gösterimi



Resim 3.5. Elips ataşmanın programdaki gösterimi

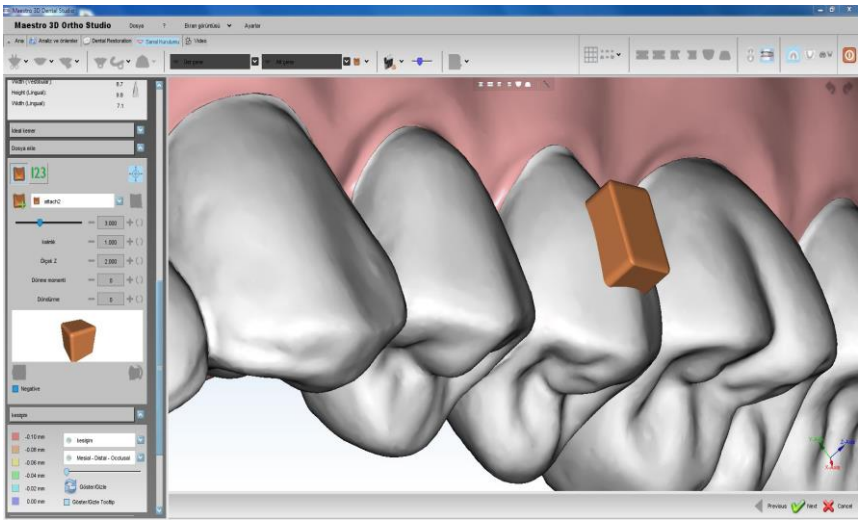


Resim 3.6 Köşegenli ataşmanın programdaki gösterimi

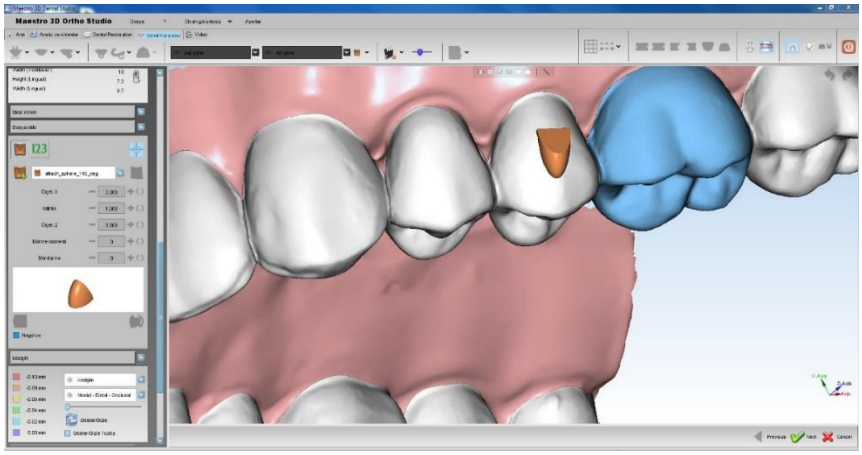


Resim 3.7. Ortası eğimli ataşmanın programdaki gösterimi

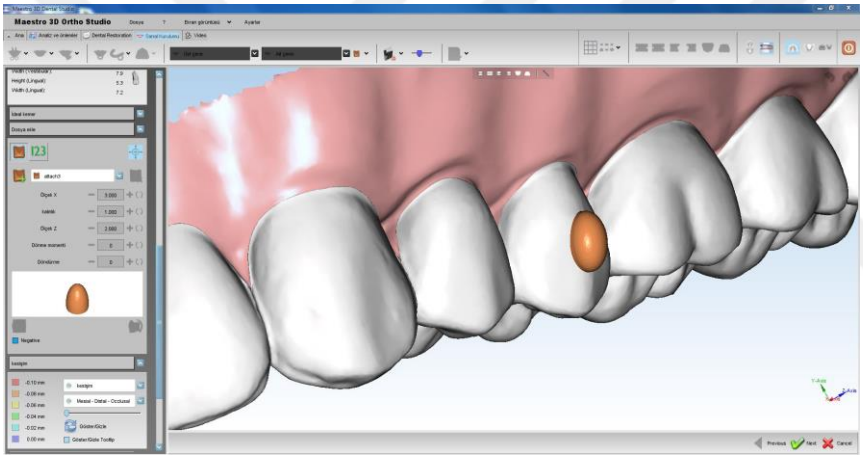
Maestro 3B Dental Studio Programında Ataşmanların Yerleştirilmesi



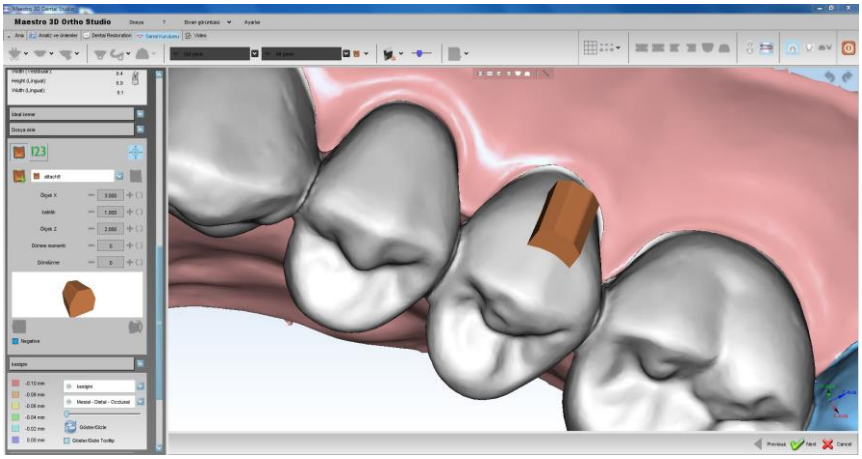
Resim 3.8. Dikdörtgen ataşmanın yerleştirilmesi



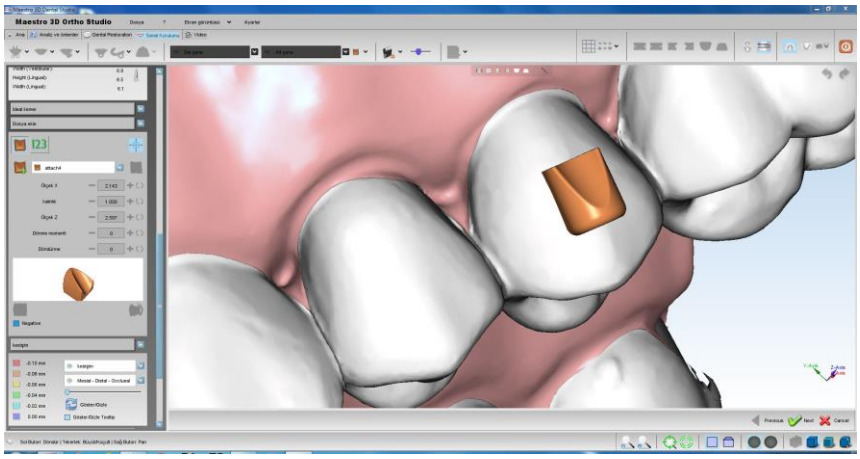
Resim 3.9. Eğimli ataşmanın yerleştirilmesi



Resim 3.10. Elips ataşmanın yerleştirilmesi



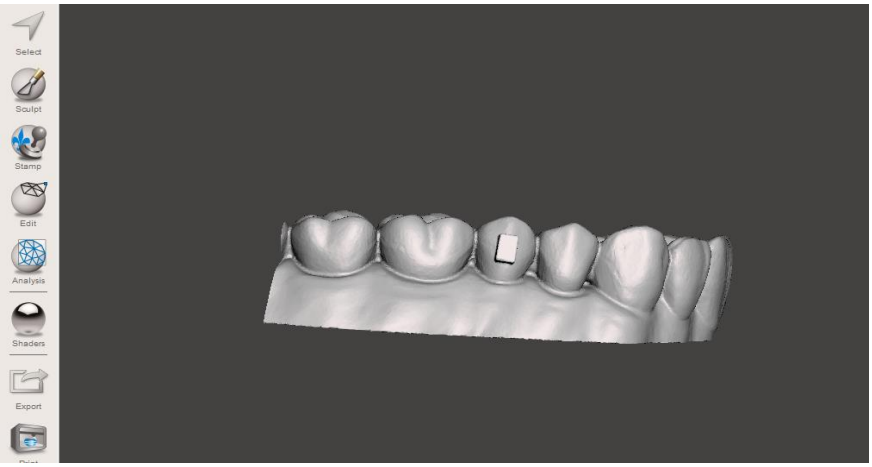
Resim 3.11. Köşegenli ataşmanın yerleştirilmesi



Resim 3.12. Ortası eğimli ataşmanın yerleştirilmesi

3.2 MODELLERİN HAZIRLANMASI

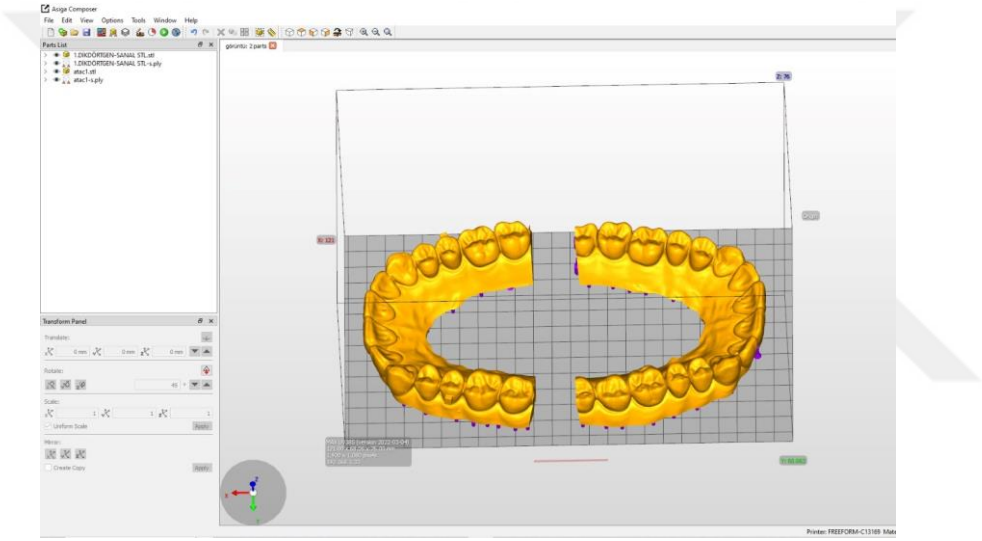
Ataşmanlar yerleştirildikten sonra elde edilen .stl formatı üretim yapılacak olan 3B yazıcı programı ile uyumlu olmadığı için, modellerin üretime gönderilmeden önce ek bir işlemden geçirilmesi gereklidir. Bu nedenle ataşmanlı modeller, Autodesk Meshmixer (Version 3.5.474, California, ABD) programı kullanılarak baskı işlemine uygun hale getirilmiştir (Resim 3.13).



Resim 3.13. Modellerin baskı işlemine hazırlanması

3.3 MODELLERİN 3B YAZICILARDA ÜRETİMİ

Baskı işlemine hazırlanan .stl formatındaki dosyalar, CA Dijital Ortodonti Laboratuvarında bulunan DLP teknolojisi ile üretim sağlayan Asiga® (Asiga, Sidney, Australia) marka 3B yazıcı bağlantılı Asiga Composer (Asiga, Sidney, Australia) programına aktarılmıştır. Tüm modellerin basımında Asiga (Asiga, Sidney, Australia) marka 3B yazıcı ve Imprimo Lc Model Reçine (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) model üretiminde kullanılmıştır (Resim 3.15). Tüm çene modelleri platforma okluzal düzleme paralel olacak şekilde yerleştirilip baskıya gönderilmiştir (Resim 3.14).



Resim 3.14. Modellerin Asiga Composer programında 3B üretime hazırlanması

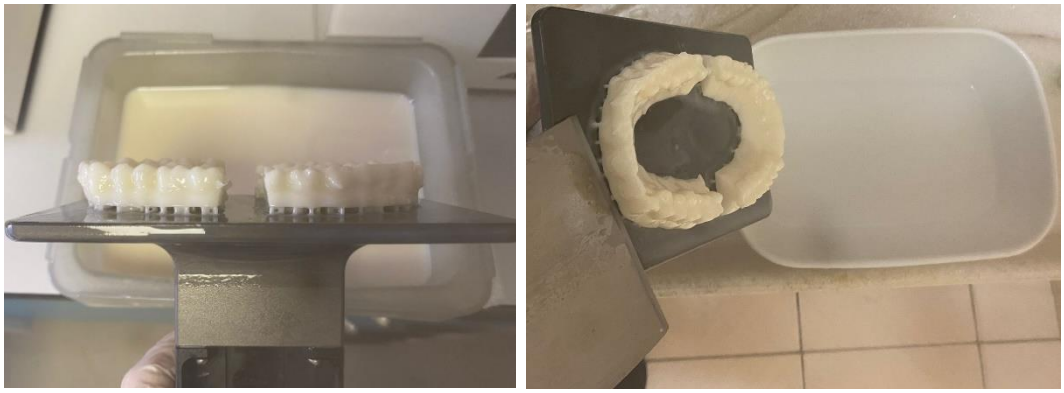


Resim 3.15. Asiga (Asiga, Sidney, Australia) 3 boyutlu yazıcı ve Imprimo Lc Model Reçine (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) Reçine

3B yazıcıda 385 µm LED dalga boyunda 0.10 mm baskı katman kalınlığında üretim gerçekleşmiştir (Resim 3.16). Modele desteklik veren yapılar model tabanına dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Baskı işlemi sonrasında tabladan modeller ayrılıp destek yapılar spatula yardımıyla uzaklaştırılmıştır (Resim 3.17).



Resim 3.16. 3B modellerin üretimi



Resim 3.17. Destek yapıların uzaklaştırılması

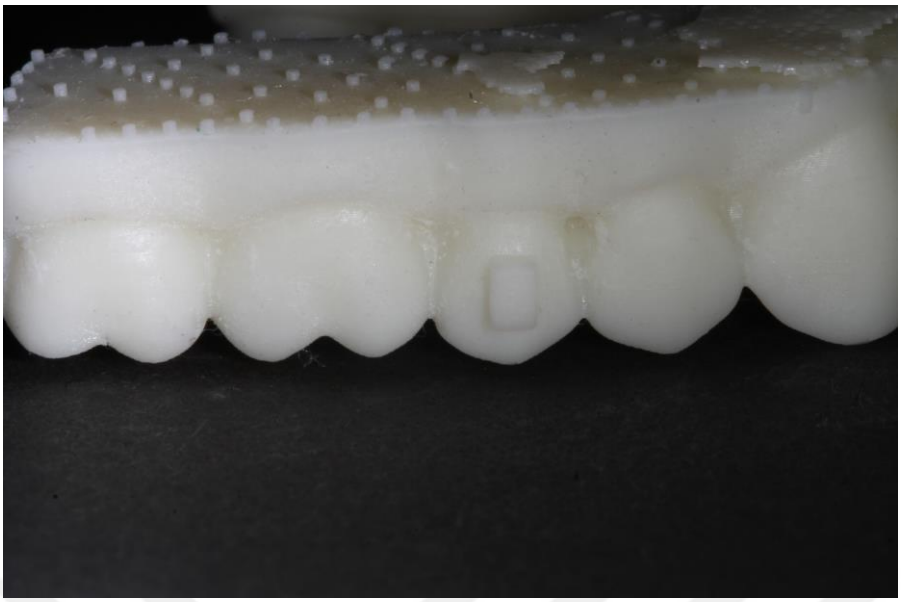
Üretim sonrasında kürlenmeden kalan reçinenin uzaklaştırılması için modeller %99,8 izopropoil alkol kullanılarak 10 dk süre ile ultrasonik banyoda temizlenmiştir. Ardından modeller LC-6 Light Oven (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) marka UV polimerizasyon ünitesinde 10 dk. boyunca polimerize edilmiştir (Resim 3.18) 3B yazıcıda üretim sonucunda toplamda 5 tane ataşmanlı model ve 60 tane ataşmansız model elde edilmiştir. Üretilen 5 ataşmanlı model, 60 ayrı ataşman rehber plağı elde edilmek için kullanılacaktır. Üretilen 60 ataşmansız model ise rehber plaklar kullanılarak ataşman uygulama işlemi gerçekleştirilecek deney modelleridir.



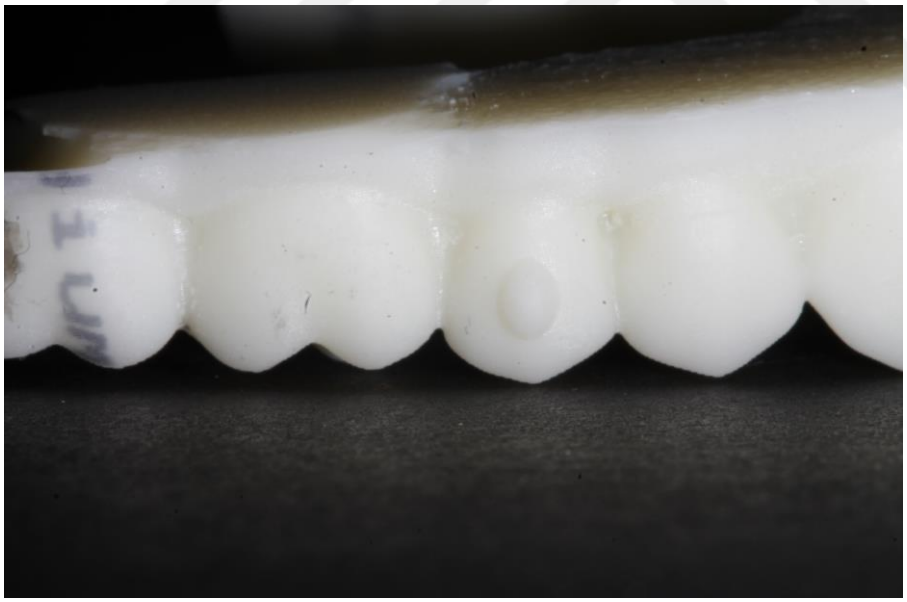
Resim 3.18. LC-6 Light Oven (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) cihazında modellerin polimerizasyon işlemi



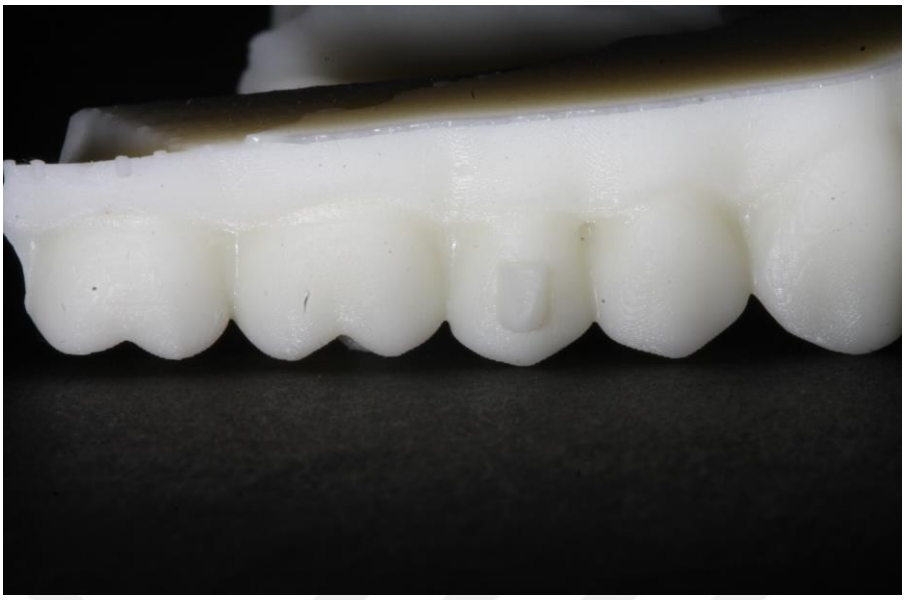
Resim 3.19. Üretilen 3B ataşmanlı rehber modeller



Resim 3.20. Üretilen 3B modeldeki dikdörtgen ataşman



Resim 3.21. Üretilen 3B modeldeki elips ataşman



Resim 3.22. Üretilen 3B modeldeki ortası eğimli ataşman



Resim 3.23. Üretilen 3B modeldeki eğimli ataşman



Resim 3.24. Üretilen 3B modeldeki köşegenli ataşman

3.4 ŞEFFAF PLAKLARIN ÜRETİLMESİ

Rehber plakların hazırlanması için 0.5x125mm kalınlığında glikol ile modifiye edilmiş polietilen tereftalattan tasarlanan CA-yumuşak (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) plaklar kullanılmıştır (Resim 3.25) (51). 3B yazıcılarda üretilen modellerin üzerine ataşman rehber plakları hazırlamak için termoform plaklar, Biostar (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya) cihazında 5.0 bar basınç ve 22° sıcaklık altında 25 sn süre ile şekillendirilmiştir (Resim 3.27 ve Resim 3.28). Plaklar her işlem sırasında aşırı ısınmayı ve tutarsızlığı önlemek için üretim koduna göre ısıyla şekillendirilmiştir.



Resim 3.25. CA-yumuşak (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya**)** şeffaf plak materyali



Resim 3.26. Biostar (Scheu-Dental, Iserlohn, Almanya)



Resim 3.27. Termoform plağın ısıtılması işlemi



Resim 3.28. Isının ardından yüksek basınç uygulanması



Resim 3.29. Plağın fazlalıklardan temizlenmesi

Çalışmamızda



Resim 3.30. Üretilen ataşmanlı 3B model ve ataşman rehber plağı



Resim 3.31. Üretilen ataşmansız model

3.5 ATAŞMANLARIN UYGULANMASI

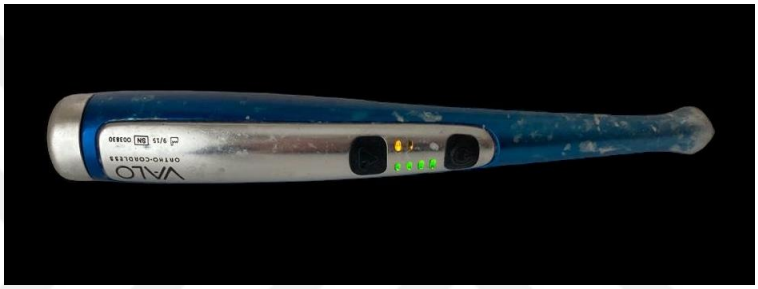
Üretilen modellerin yarısına ‘3M Filtek Supreme Flowable Restorative (Minn, Amerika)’ diğer yarısına da ‘3M ESPE Filtek Supreme Ultra Universal Restorative Body Shade (Minn, Amerika)’ kompozit kullanılarak ataşmanlar uygulanmıştır (Resim 3.32. ve Resim 3.33). Uygulama öncesi adezyonu artırmak için ‘Adhesive Transbond XT Primer (Minn, Amerika)’ bond fırçası yardımıyla yüzeye uygulanmıştır

(Resim 3.37.B. ve Resim 3.38.B.). ‘3M ESPE Filtek Supreme Ultra Universal Restorative Body Shade (Minn, Amerika)’ uygulanan grupta kompozit ağız spatülü yardımıyla rehber şablondaki ataşman haznesine yerleştirilmiştir (Resim 3.38.D.). Standardizasyonu sağlamak için tüm deney modellerinde polimerizasyon sırasında Dentaurum (Ispringen, Almanya) kuvvet ölçer ile ataşman yüzeyine 50gr’lık kuvvet uygulanmıştır. Kompozitlerin polimerizasyonu Valo Cordless LED (Ultradent, ABD) ışık cihazı ışık cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Resim 3.35.G. ve Resim 3.38.H.).

Resim 3.32. 3M ESPE Filtek Supreme Ultra Universal Restorative Body Shade kompozit (Minn, Amerika)

Resim 3.33. 3M Filtek Supreme Flowable Restorative kompozit (Minn, Amerika)

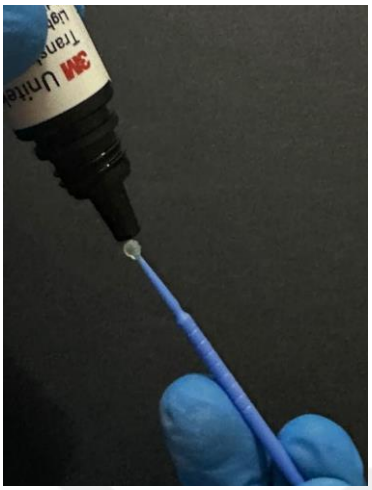
Resim 3.34. Ağız spatülü

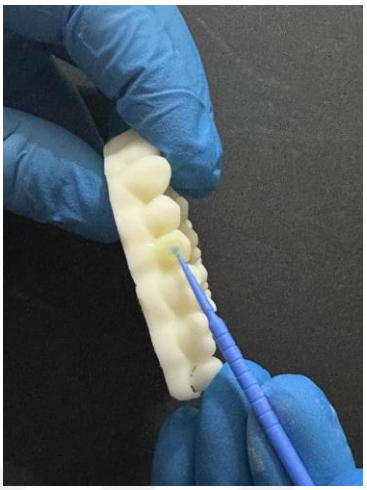


Resim 3.35. Valo Cordless LED (Ultradent, ABD)

Resim 3.36. Adhesive Transbond XT Primer (Minn, Amerika) ve Dentaurum (Ispringen, Almanya) kuvvet ölçer

Akışkan Kompozit Uygulama Aşamaları



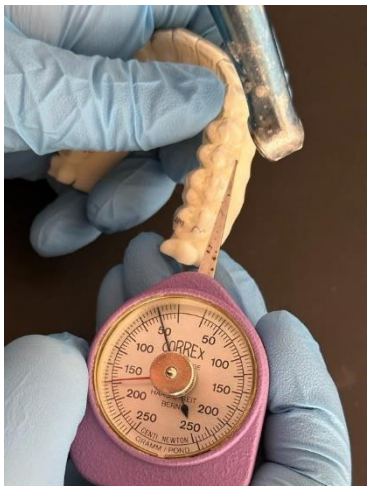




A B C







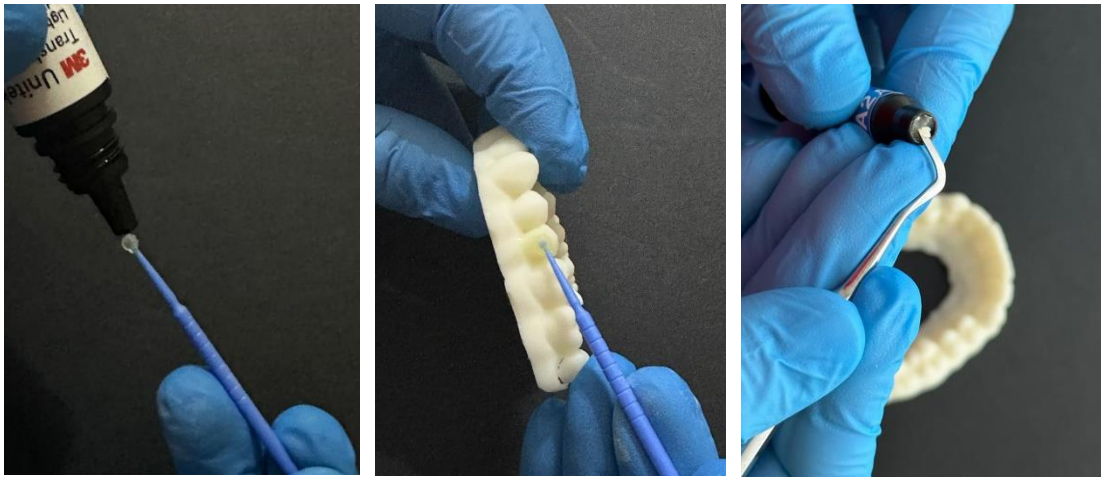
D E F



G H

Resim 3.37. A. Bondun fırçaya alınması B. Bond uygulanması C. Akışkan kompozitin şablona yerleştirilmesi D. Rehber plağın modele yerleştirilmesi E. Presel ile plağın adapte edilmesi F. Kuvvet uygulanması G. Işık ile polimerizasyon işlemi H. Plağın modelden çıkarılması

Restoratif Kompozit Uygulama Aşamaları



A B C



D E F



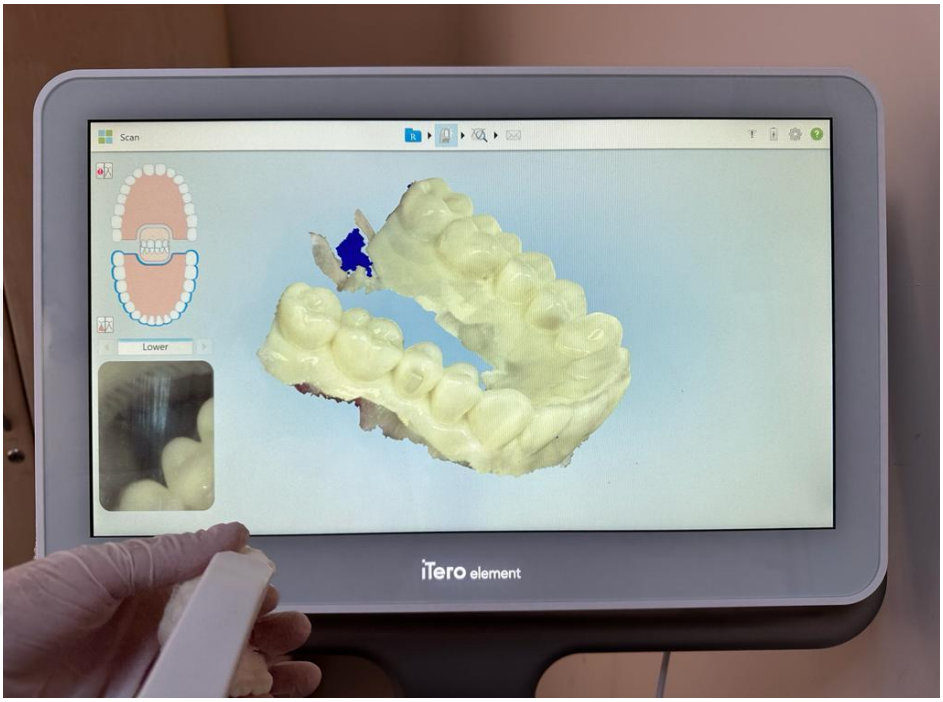
G H I

Resim 3.38. A. Bondun fırçaya alınması **B.** Bond uygulanması **C.** Restoratif kompozitin ağız spatülü ile alınması **D.** Kompozitin rehber plağa yerleştirilmesi **E**. Rehber plağın modele yerleştirilmesi **F.** Presel ile plağın adapte edilmesi **G.** Kuvvet uygulanması **H.** Işık ile polimerizasyon işlemi **I.** Plağın modelden çıkarılması

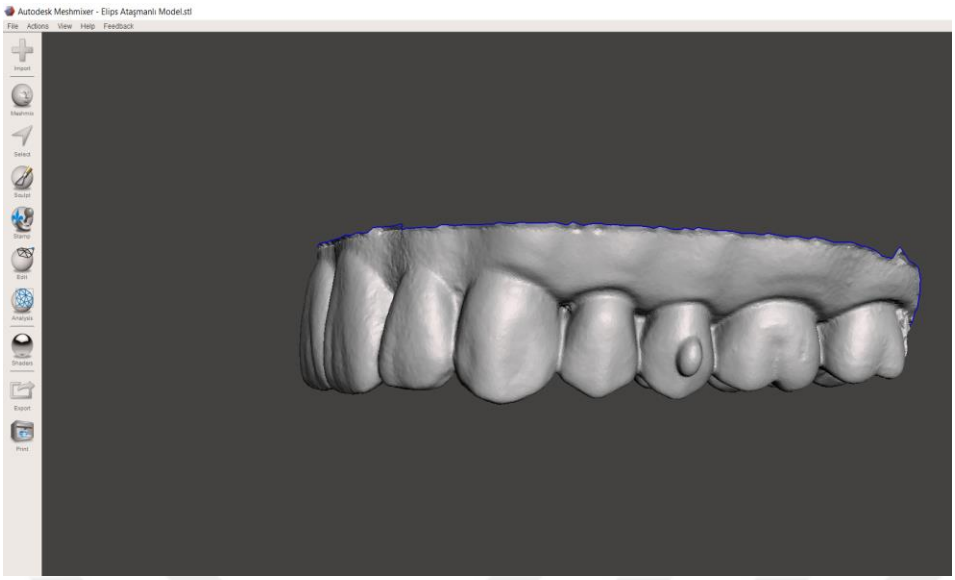
3.6 MODELLERİN TARANMASI VE 3B ÇAKIŞTIRMA

Ataşman uygulanan modeller iTero (Align Technology, ABD) tarayıcı ile taranarak .stl formatında veriler elde edilmiştir (Resim 3.39) . Elde edilen dosyalardaki çene modellerinden ataşmanları izole etmek için Meshmixer (California,U.S)

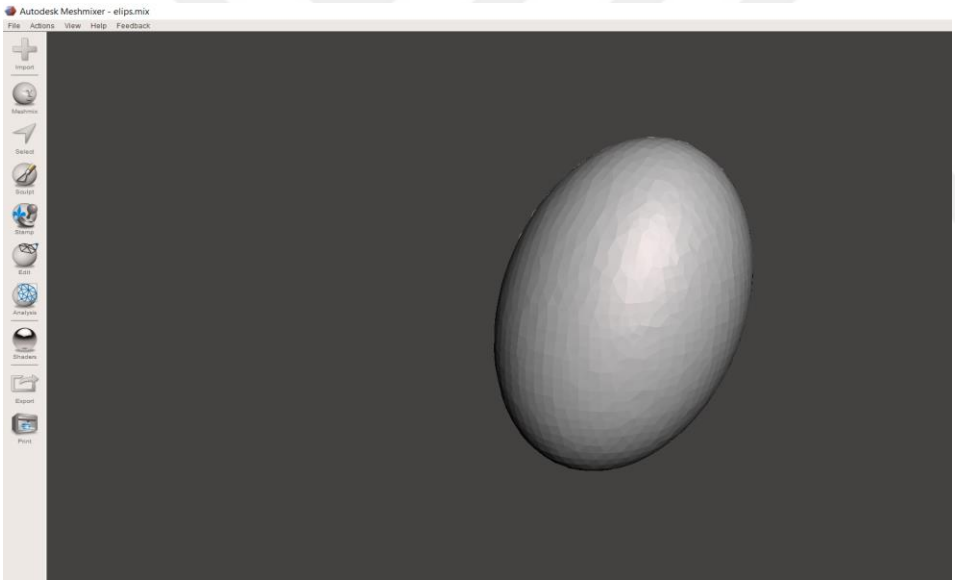
programı kullanılmıştır. Bu işlem tüm modellere uygulanmış ve ana referans modellerdeki ataşmanlar da bu yöntemle izole edilmiştir (Resim 3.40 ve Resim 3.41). Çakıştırma işlemi ve boyutsal ölçüm analizleri, izole edilen ataşmanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.39. Deney modellerinin Itero (Align Technology, ABD) tarayıcı ile taranması**.**



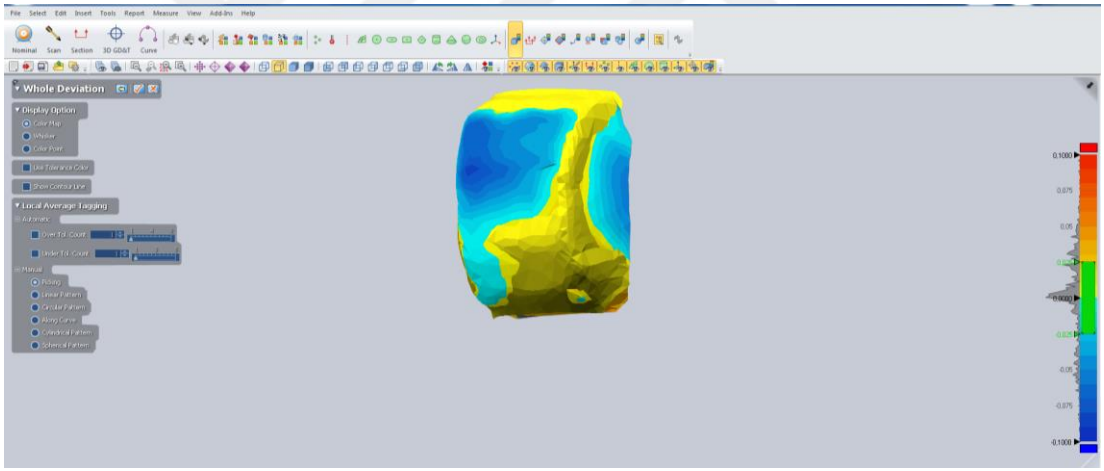
Resim 3.40. Taranan test elipsoid ataşmanlı model



Resim 3.41. İzole edilen elips ataşman

İzole edilen ataşman .stl verileri çakıştırma işleminin yapılabilmesi için Rapidform XOV/Verifier (Rapidform, Inus Technology, Güney Kore) programına yüklenmiştir. Referans model dosyaları deney işlemine uğramamış sanal ortamda planlanan ana modellerdir. Referans modeller kontrol grubu, işlem uygulanmış modeller ise deney grubu olarak belirlenmiştir. Referans model ve deney modeli

programa aktarılıp başlangıç hizalaması yapılmış ve akabinde best-fit hizalama seçeneği ile tekrar hizalanmıştır (Resim 3.42) . Hem başlangıç hizalaması hem de en uygun hizalama, olası kullanıcı hatalarını ortadan kaldırmak ve modellerin en doğru hizalanmasını sağlamak için yazılım tarafından otomatikleştirilerek standardize edilmiştir. Revilla ve ark., best-fit hizalama sonrası 3B karşılaştırma yönteminin kullanıcı tarafından manuel olarak nokta yerleştirilerek yapılanlara kıyasla en yüksek doğruluk gösterdiğini bildirmişlerdir (106). Bu şekilde yapılan çakıştırma işlemi öncesinde referans ve deney modelleri arasında koordinat düzleminde uzayın 3 yönünde de benzerlik gösteren noktalar program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Bu noktaların yoğunluk gösterdiği sabit olan noktalardan yüzeyler oluşmaktadır ve modeller bu yüzeyler üzerinde otomatik olarak üst üste yerleştirilir. Çakıştırma işlemi için 3B karşılaştırma aracı kullanılmıştır.



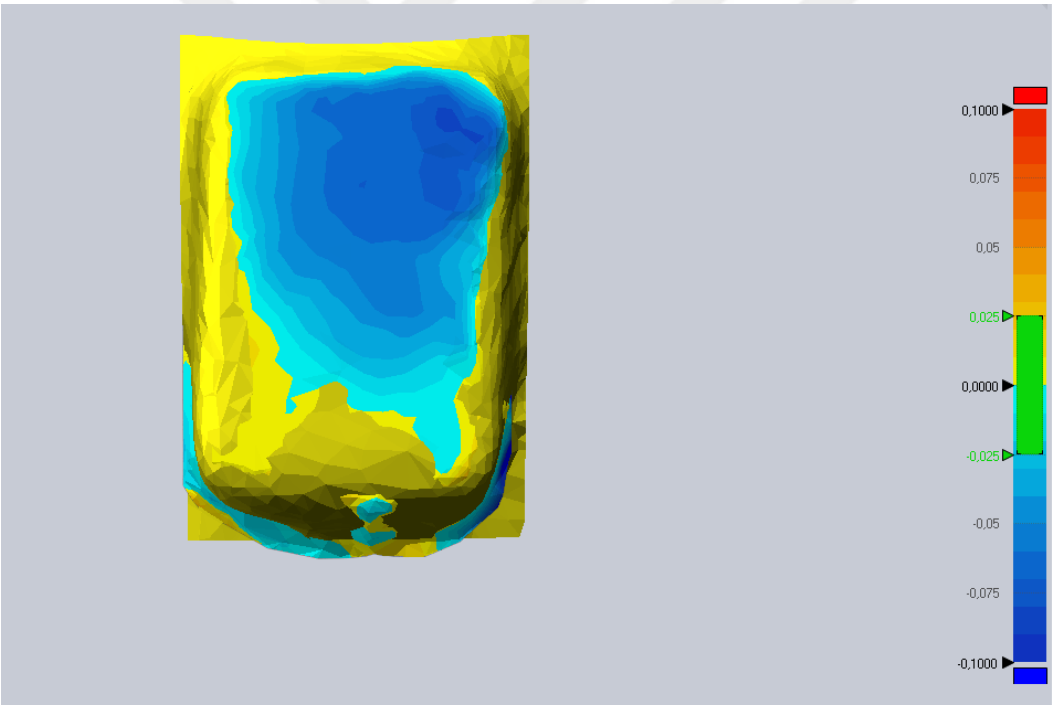
Resim 3.42. 3B karşılaştırma öncesi best-fit hizalama yapılması

Karşılaştırma işlemindeki tüm noktalar arası mesafe ile yüzey verileri, karesinin ortalamasının karekökü (RMS) değerine çevrilmiştir. RMS, aynı koordinat sistemini kullanarak iki grubunu karşılaştırıp farkların ortalamasını gösteren bir değerdir. Tek bir ölçek kullanılarak deney grubunun doğruluğu ölçülebilir. Yüksek RMS, yüksek bir sapmayı yani deney ve referans grubu arası sapmayı gösterir.

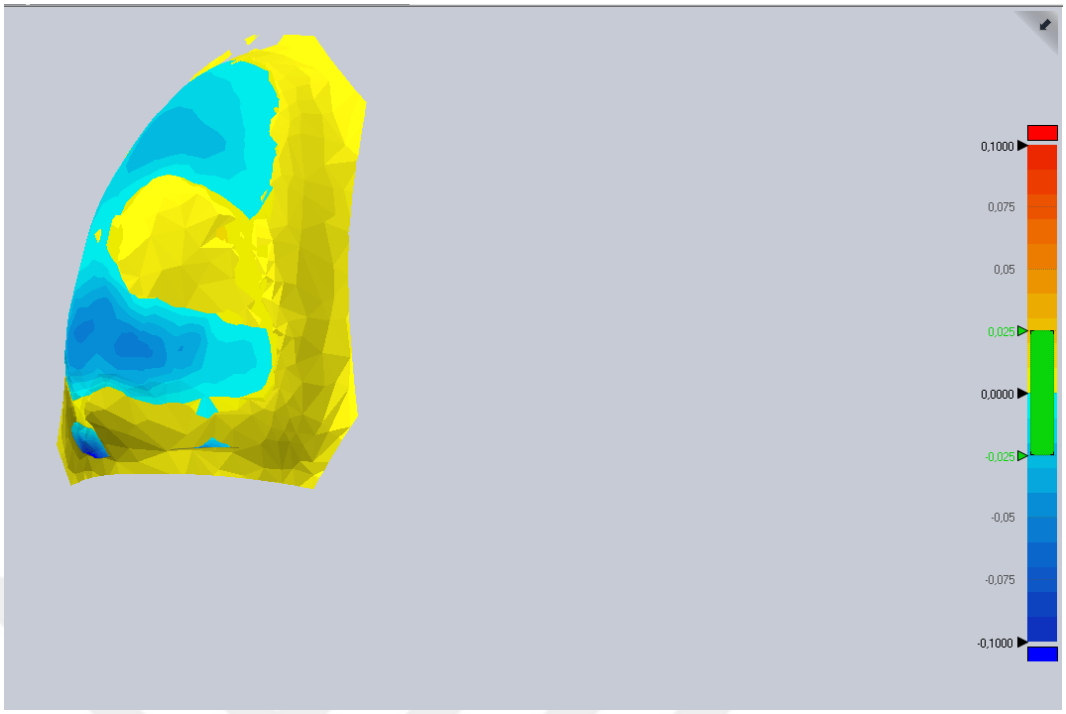
$$RMS = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{1,i} - x_{2,i})^2}$$

Formüldeki N değeri bütün ölçüm noktalarının sayısını, X1,i referans grubun veri noktası ve X2,i deney grubunun veri noktasını göstermektedir.

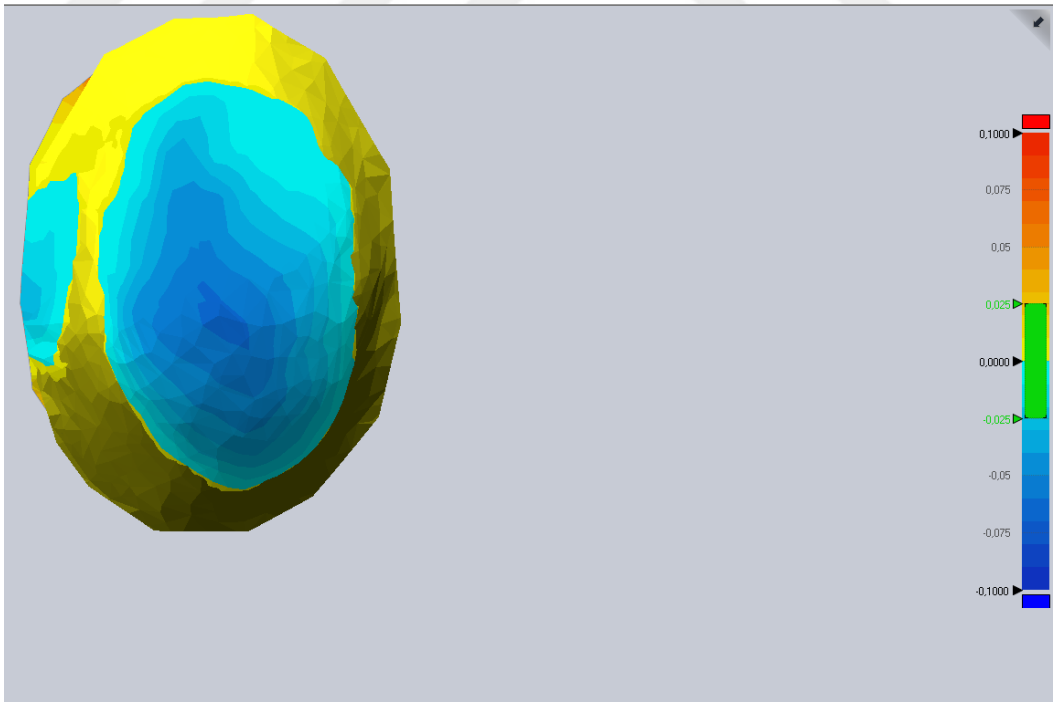
Akışkan Kompozit Grubunun 3B Çakıştırma Görüntüleri



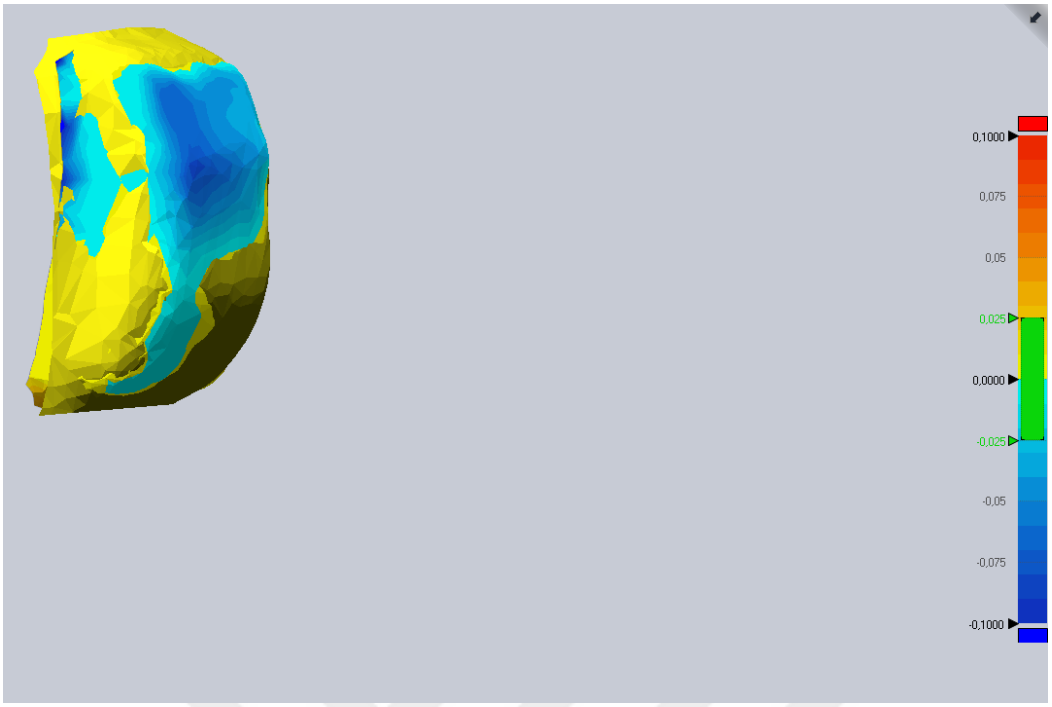
Resim 3.43. Dikdörtgen ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



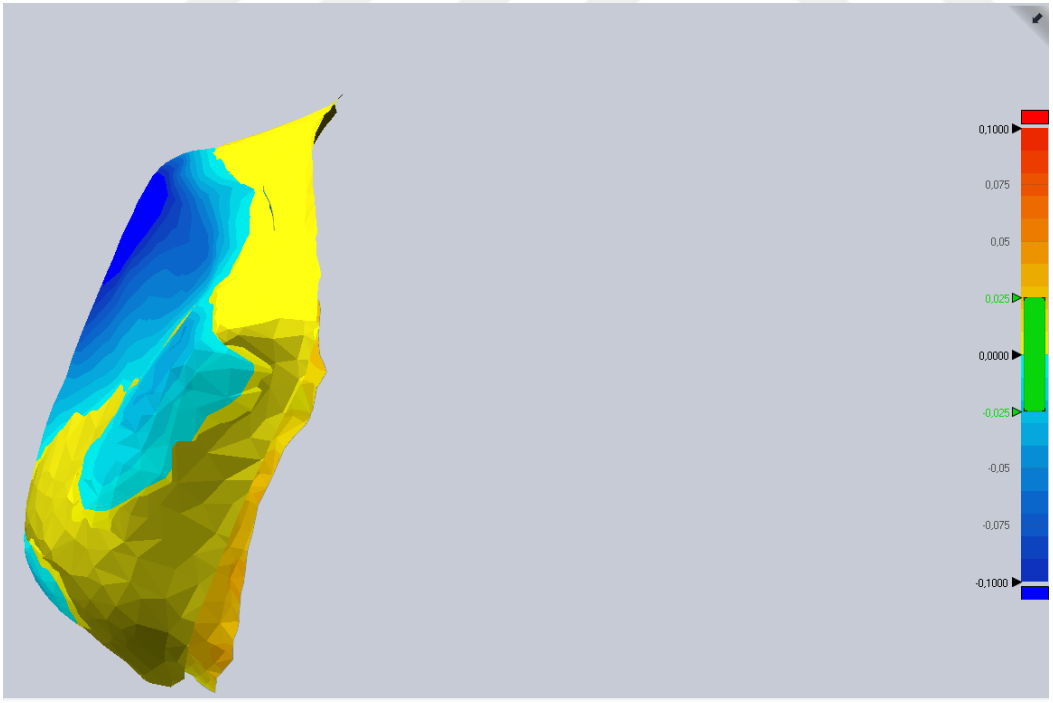
Resim 3.44. Eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



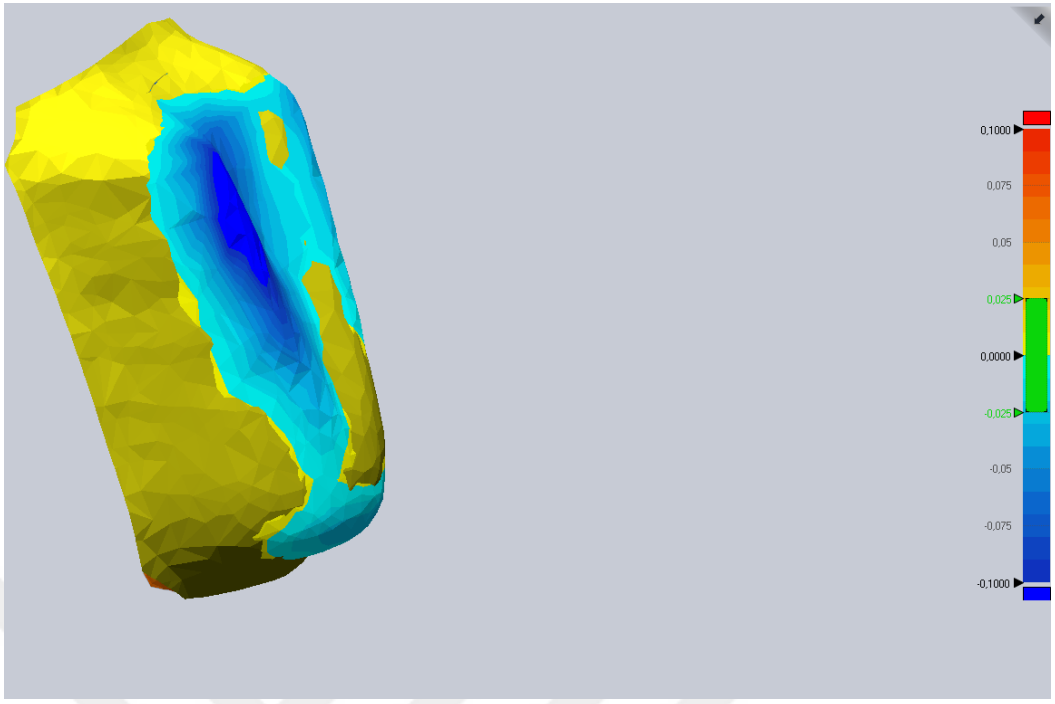
Resim 3.45. Elips ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



Resim 3.46. Köşegenli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü

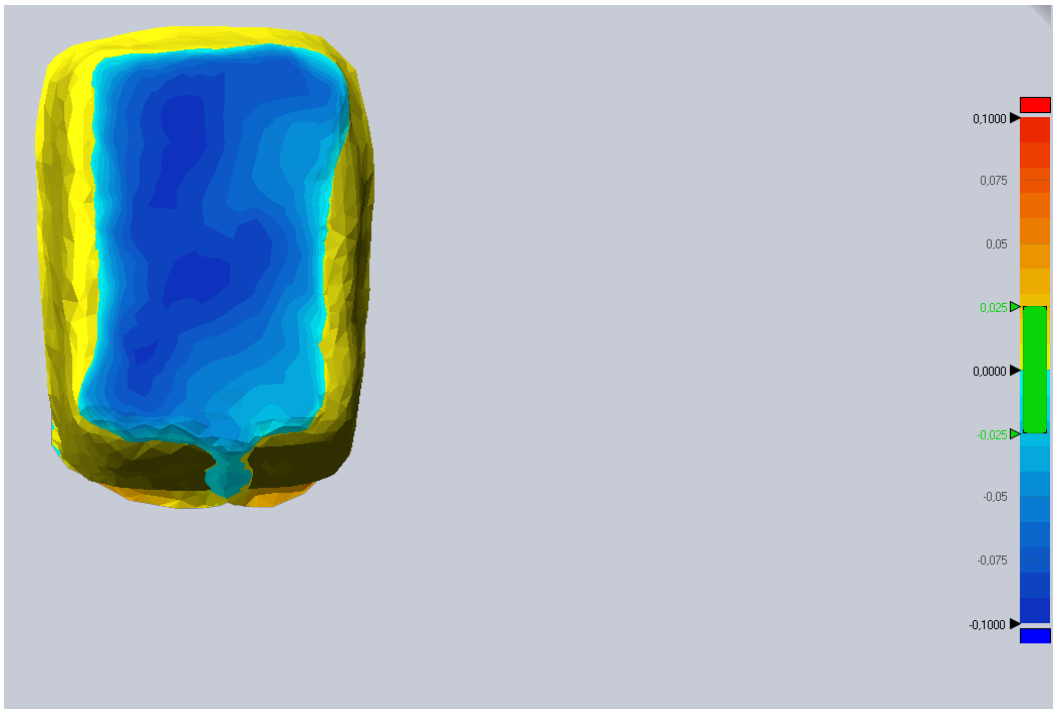


Resim 3.47. Ortası eğimli ataşmanın yandan 3B çakıştırma görüntüsü

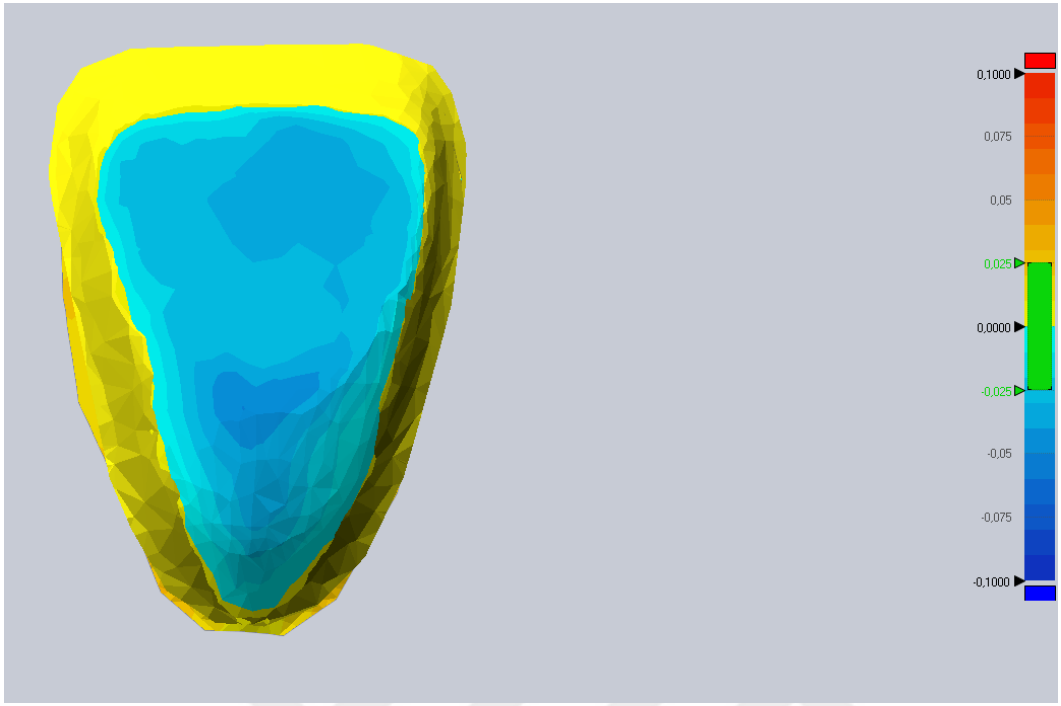


Resim 3.48. Ortası eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüleri

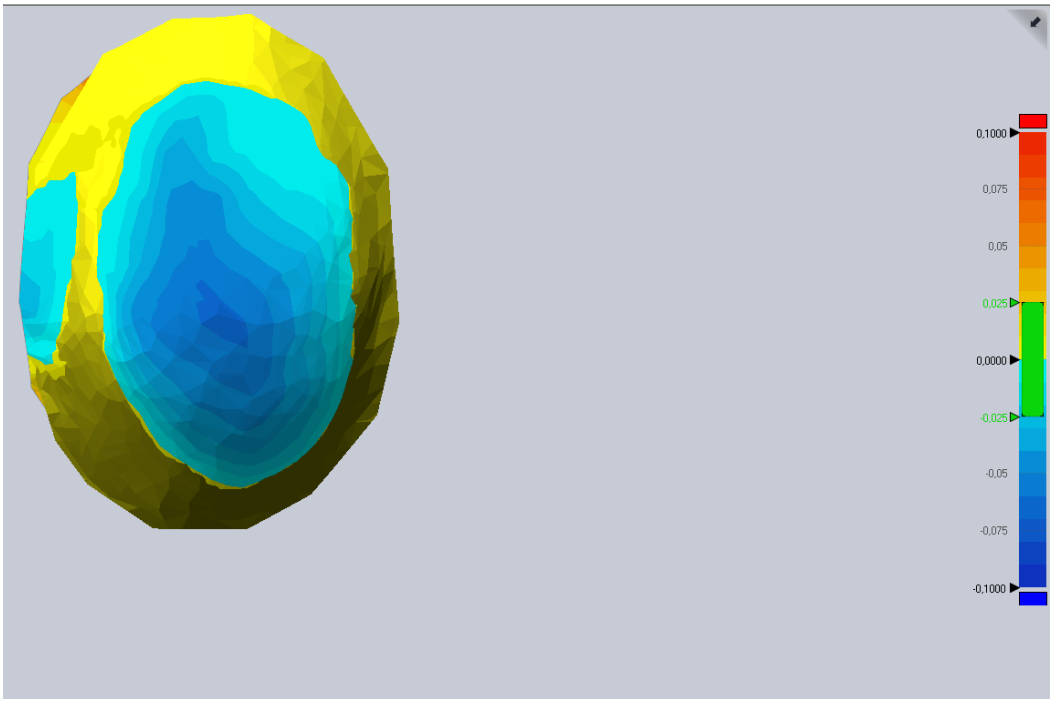
Restoratif Kompozit Grubunun 3B Çakıştırma Görüntüleri



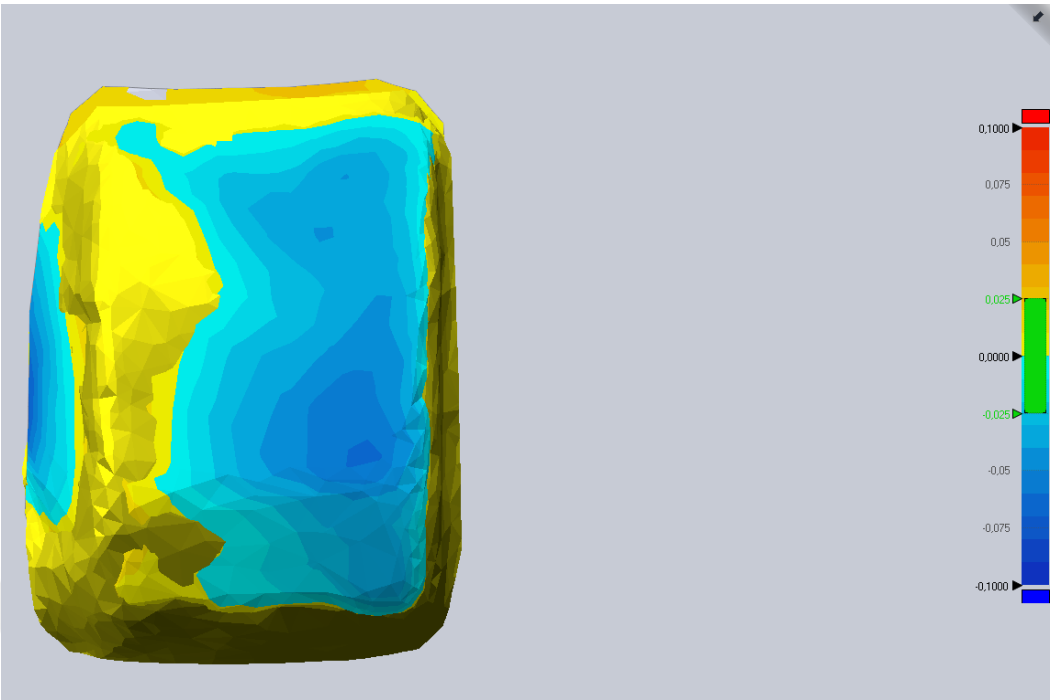
Resim 3.49. Dikdörtgen ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



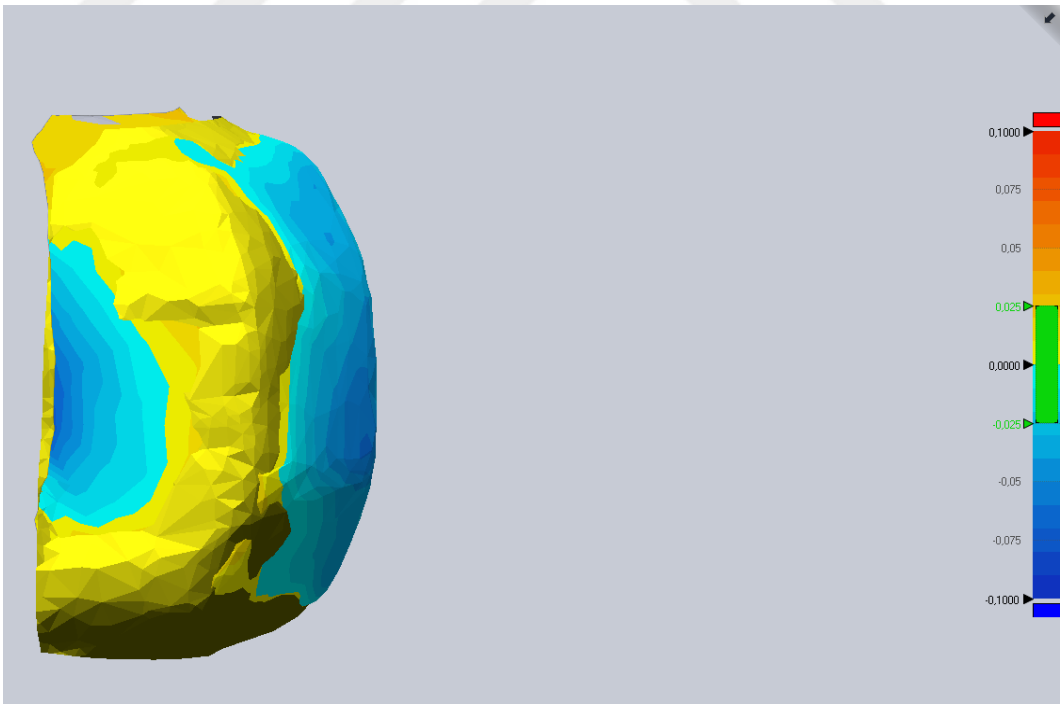
Resim 3.50. Eğimli ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



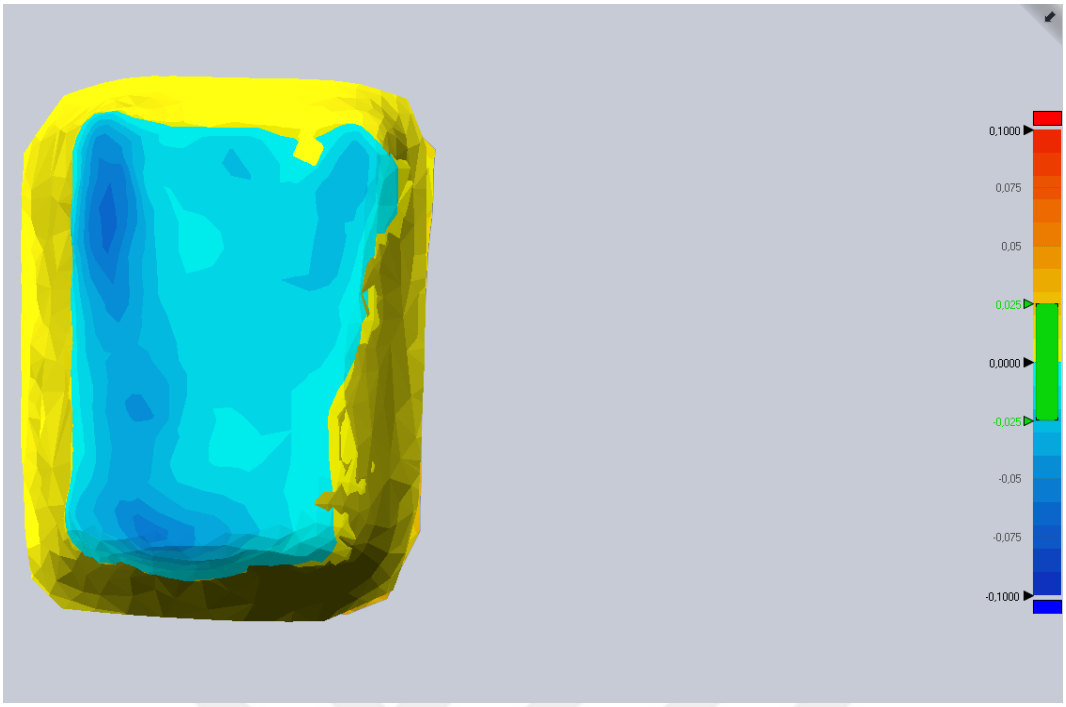
Resim 3.51. Elips ataşmanın 3B çakıştırma görüntüsü



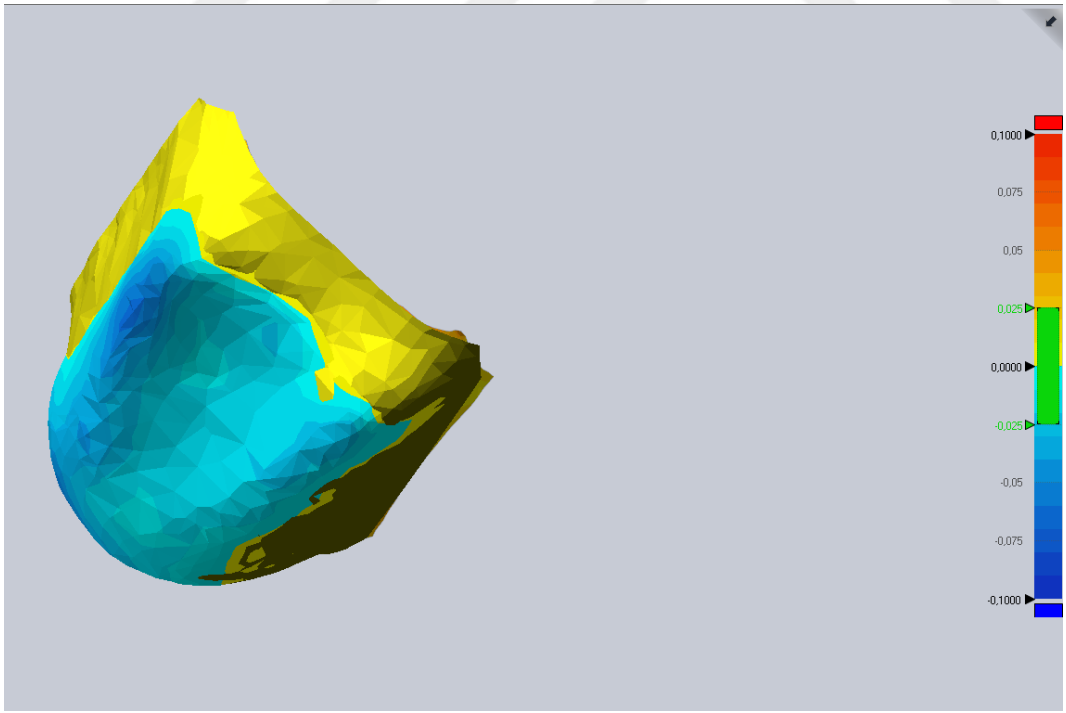
Resim 3.52. Köşegenli ataşmanın önden 3B çakıştırma görüntüsü



Resim 3.53. Köşegenli ataşmanın yandan 3B çakıştırma görüntüsü



Resim 3.54. Ortası eğimli ataşmanın önden 3B çakıştırma görüntüsü



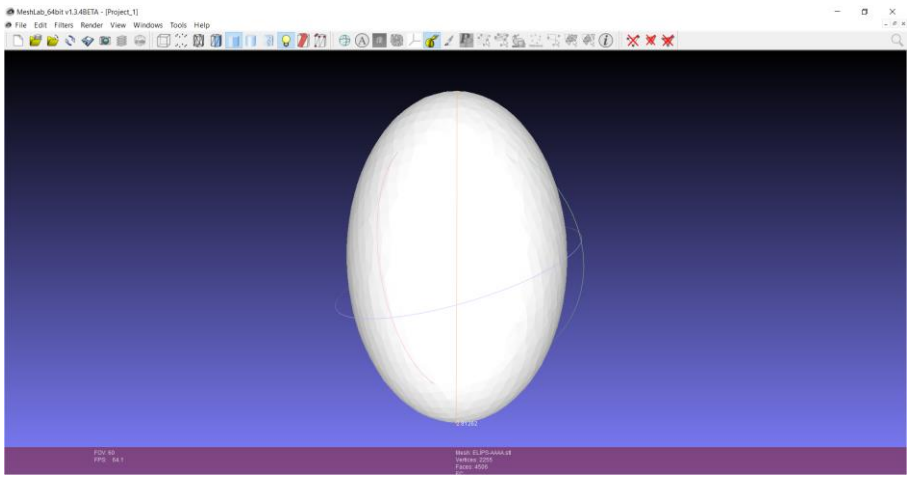
Resim 3.55. Ortası eğimli ataşmanın üstten 3B çakıştırma görüntüsü

3B karşılaştırmayı kullanarak çakıştırmadan sonra renkli yüzey haritaları oluşturulmuştur. Maksimum kritik değer ±0.1 mm ve renk haritası için maksimum nominal değer ±0.1 mm olarak belirlenmiştir. Renk haritası, referans ataşman .stl dosyası ile deney ataşman .stl dosyası arasındaki sapmanın derecesini ve konumunu göstermektedir.

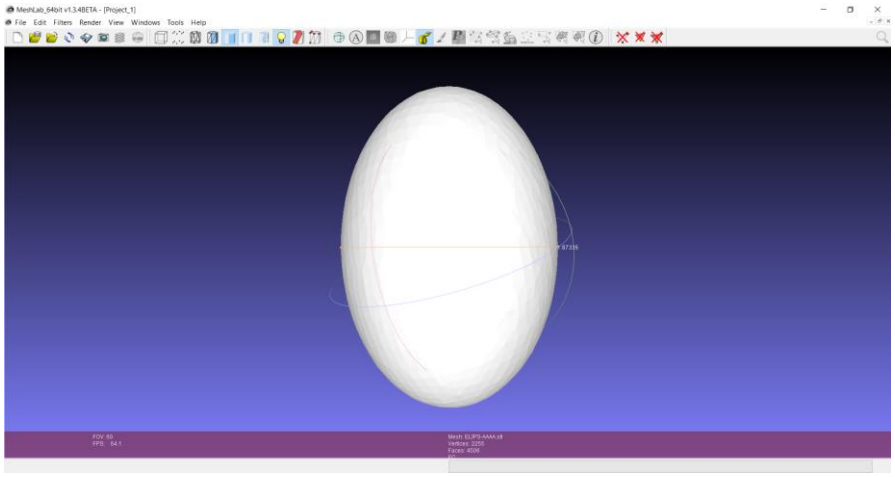
Hirogaki ve ark., dental alçı modellerin 3B görüntüsünü elde etmek için, yüksek hızlı çizgi lazer ölçüm sistemi kullanarak alçı modeli dört yönden ölçerek yaptıkları çalışmalarında, ortodontide tanı modelinde 0,3 mm ye kadar sapmanın tolere edilebileceğini bildirmişlerdir (107).

3.7 BOYUTSAL ÖLÇÜM ANALİZLERİNİN YAPILMASI

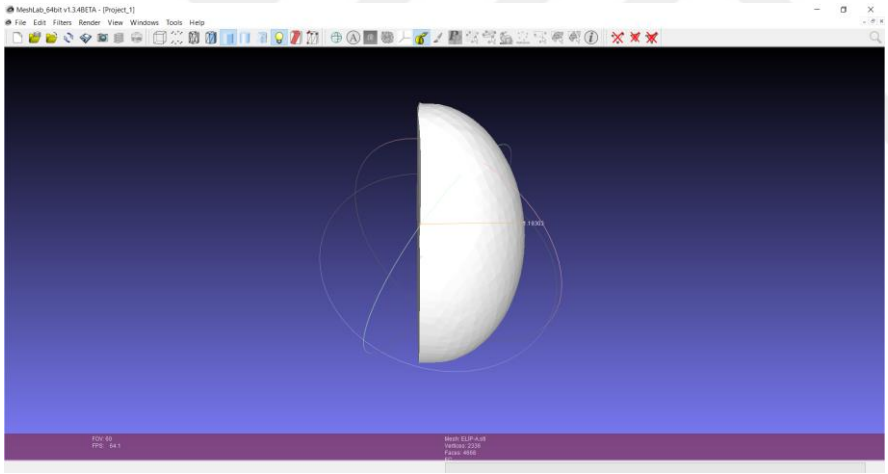
Ataşmanların boyutsal ölçüm analizlerini gerçekleştirmek için MeshLab (v2022.02, İtalya) programı kullanılmıştır. Her ataşman için sırasıyla yükseklik, genişlik ve derinlik ölçümü yapılmıştır (sırasıyla; Resim 3.56, Resim 3.57, Resim 3.58). Ataşmanlara cepheden bakıldığında sağ ve soldaki en uç kısımlarına yerleştirilen 2 nokta arası uzaklık mm cinsinden genişlik ölçümünü, üst ve alt kısmında en uç kısımlara yerleştirilen 2 nokta arası uzaklık mm cinsinden yükseklik ölçümünü, ataşmanlara yandan bakıldığında ön ve arka yöndeki en sınır kısımlara yerleştirilen 2 nokta arası uzaklık mm cinsinden derinlik ölçümünü göstermektedir.



Resim 3.56. MeshLab(v2022.02, İtalya) programında ataşmanın yükseklik ölçümü



Resim 3.57. MeshLab (v2022.02, İtalya) programında ataşmanın genişlik ölçümü



Resim 3.58. MeshLab(v2022.02, İtalya) programında ataşmanın derinlik ölçümü

İstatistiksel Analiz

Araştırma kapsamına alınan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum kullanılmıştır. Gruplararası karşılaştırmalara geçmeden önce, gruplarda normal dağılım varsayımı Shapiro Wilk testi ile değerlendirilmiştir (108). Gruplarda normal dağılım sağlandığı için şekiller

arası karşılaştırmalarda Tek Yönlü Varyans analizi, post hoc karşılaştırmalarda ise Tukey testi kullanılmıştır (109). Akışkan ve restoratif grup karşılaştırmalarında ise Eşleştirilmiş gruplarda t testi kullanılmıştır.

Akışkan ve restoratif gruplardaki referans ölçümden sapma değeri (Ölçüm-Referans Değer) formülü ile hesaplanmıştır. Referans değerden sapma değerinin "0" dan farklı olup olmadığı ise Tek Örneklem T testi ile değerlendirilmiştir. Akışkan ve restoratif grup arasında sapma değer karşılaştırmalarında ise Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi kullanılmıştır (110,111). İstatistik analizlerde SPSS 26 yazılımı kullanılmıştır (112). $p<0,05$ istatistiksel anlamlı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda referans veriler sabit olduğu için ICC değeri ölçümüne gerek kalmamıştır.

4 BULGULAR

Tablo 4.1'de restoratif ve akışkan grupları açısından RMS değerleri, genişlik, derinlik ve yükseklik ölçümlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

Tablo 4.1. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerleri, Genişlik, Derinlik Ve Yükseklik Ölçümlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Değerler	n	Akışkan Grubu			Restoratif Grubu			*p*
		Min-Maks	Ort.	(±Ss.)	Min-Maks	Ort.	(±Ss.)	
RMS	60	0,04-0,1	0,06	0,01	0,03-0,13	0,07	0,02	**0,034**
GENİŞLİK	60	1,75-2	1,89	0,06	1,85-2,05	1,96	0,03	**<0,001**
YÜKSEKLİK	60	2,78-3,09	2,93	0,07	2,82-3	2,96	0,03	**0,007**
DERİNLİK	60	0,84-1,20	1,02	0,08	0,9-1,3	1,07	0,09	**0,001**

p1: Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi, p<0,05 istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 4.1.'de görülüğü üzere akışkan grubun RMS değer ortalaması (0,06±0,01), restoratif grubun RMS ortalamasından (0,07±0,02) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Genişlik ölçümlerinin değer ortalaması akışkan grupta (1,89±0,06), restoratif gruptan (1,96±0,03) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Yükseklik ölçümlerinin değer ortalaması akışkan grupta (2,93±0,07), restoratif gruptan (2,96±0,03) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Derinlik ölçümlerinin değer ortalaması akışkan grupta (1,02±0,08), restoratif gruptan (1,07±0,09) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05).

Tablo 4.2'de restoratif ve akışkan grupları açısından RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

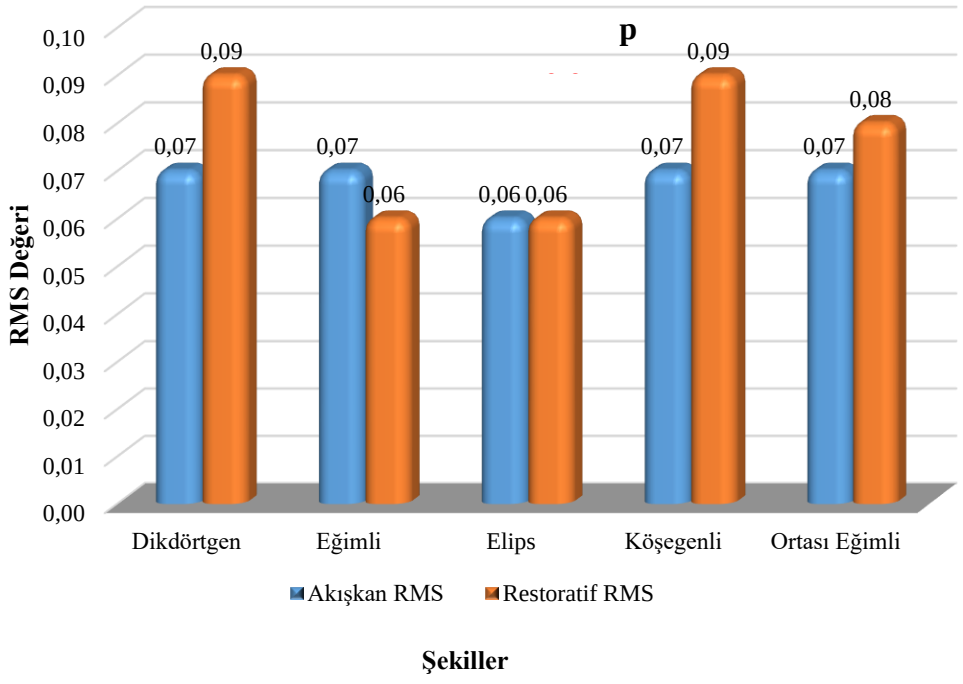
Tablo 4.2. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

		Akışkan RMS			**Restoratif RMS**			**p[1]**
Şekil	**n**	**Min-Maks**	**Ort.**	**(±Ss.)**	**Min-Maks**	**Ort.**	**(±Ss.)**	
Dikdörtgen[1]	12,00	0,07-0,08	0,07	<0,01	0,08-0,10	0,09	<0,01	**<0,001**
Eğimli[2]	12,00	0,05-0,10	0,07	0,02	0-0,5-0,07	0,06	0,01	**0,030**
Elips[3]	12,00	0,04-0,07	0,06	0,01	0,03-0,12	0,06	0,03	0,844
Köşegenli[4]	12,00	0,05-0,08	0,07	0,01	0,06-0,14	0,09	0,02	**0,004**
Ortası Eğimli[5]	12,00	0,06-0,09	0,07	0,01	0,07-0,12	0,08	0,02	0,083
	p[2]		**0,003**			**<0,001**		
	Post Hoc		1-3** 3-5**		3-4***	1-2*** 1-3*** 2-4*** 2-5** 3-5**		

p1: Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi, p2:Tek Yönlü Varyans Analizi, Post Hoc: Tukey Testi
****p<0,001, **p<0,01, *p<0,05*

Tablo 4.2 ve Şekil 1'de görülüğü üzere dikdörtgen ve köşegenli şekillerde restoratif grubun RMS değer ortalamaları sırasıyla (0,09±<0,01, 0,09±0,02), akışkan grubun RMS ortalamalarından sırasıyla: (0,07±<0,01, 0,07±0,01) istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca eğimli şekillerde akışkan grubun RMS değer ortalamaları (0,07±<0,01), restoratif grubun RMS ortalamalarından (0,06±0,01) istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek seviyede tespit edilmiştir (p<0,05).

Akışkan grupta şekillerin RMS değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p=0,003). Akışkan gruptaki elips şekillerin RMS değer ortalamaları (0,06±0,01), dikdörtgen (0,07±<0,01) ve ortası eğimli (0,07±0,01) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Benzer şekilde restoratif grupta şekillerin RMS değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p<0,001). Restoratif gruptaki dikdörtgen şekillerin RMS değer ortalamaları (0,09±<0,01), eğimli (0,06±<0,01) ve elips (0,06±0,03) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca restoratif gruptaki eğimli şekillerin RMS değer ortalamaları (0,06±<0,01), köşegenli (0,09±<0,02) ve ortası eğimli (0,08±0,02) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Ek olarak restoratif gruptaki elips şekillerin RMS değer ortalamaları (0,06±0,03), köşegenli (0,09±<0,02) ve ortası eğimli (0,08±0,02) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05).



Şekil 4.3. Restoratif ve Akışkan Grupları Açısından RMS Değerlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Tablo 4.3.'de genişlik sapma değerlerinin akışkan ve restoratif gruplar açısından karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

Tablo 4.3. Genişlik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Şekil		Akışkan Genişlik Sapma		Restoratif Geniştik Sapma		
		Ort.	**(±Ss.)**	**Ort.**	**(±Ss.)**	***p*[1]**
Dikdörtgen (n=12)		-0,20	0,03	-0,02	0,03	0,093
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,014**		
Eğimli (n=12)		-0,12	0,06	-0,04	0,05	0,124
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,015**		
Elips (n=12)		-0,08	0,06	-0,04	0,03	0,658
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,004**		
Köşegenli (n=12)		-0,10	0,04	-0,03	0,03	0,171
	***p*[2]**	**0,001**		**0,002**		
Ortası eğimli (n=12)		-0,06	0,05	-0,06	0,04	0,285
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,001**		

p*[1]*: *Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi,* ***p*[2]*:*** *Tek Örneklem T-Testi (Test Değeri=0)*

Tablo 4.3.'de görüldüğü üzere akışkan ve restoratif gruptaki tüm şekillerde genişlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca tüm şekillerde genişlik

ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında akışkan ve restoratif grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (p>0,05).

Tablo 4.3.'te derinlik sapma değerlerinin akışkan ve restoratif gruplar açısından karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

Tablo 4.4. Derinlik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Şekil		Akışkan Derinlik Sapma		Restoratif Derinlik Sapma		p^1
		Ort.	(±Ss.)	Ort.	(±Ss.)	
Dikdörtgen (n=12)		0,13	0,05	-0,04	0,04	0,533
	p^2	**<0,001**		**0,014**		
Eğimli (n=12)		0,05	0,08	0,10	0,08	0,622
	p^2	0,051		**0,001**		
Elips (n=12)		-0,01	0,06	0,07	0,07	**0,040**
	p^2	0,544		**0,003**		
Köşegenli (n=12)		-0,06	0,05	0,06	0,10	0,693
	p^2	**0,004**		0,091		
Ortası eğimli (n=12)		-0,03	0,03	0,16	0,07	0,991
	p^2	**0,004**		**<0,001**		

***p^1:** Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi, **p^2:**Tek Örneklem T-Testi (Test Değeri=0)*

Tablo 4.4'de görüldüğü üzere akışkan gruptaki dikdörtgen, köşegenli, ortası eğimli ve restoratif gruptaki dikdörtgen, eğimli, elips ve ortası eğimli derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Ancak akışkan gruptaki eğimli, elips ve restoratif gruptaki köşegenli derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma

ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).

Ayrıca dikdörtgen, eğimli, köşegenli ve ortası eğimli şekillerde derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında akışkan ve restoratif grup arasında istatistiksel anlamlı olarak farklılık tespit edilmemiştir (p>0,05). Ancak restoratif gruptaki elips şekillerin derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında (0,07±0,07), akışkan grup ortalamalarına göre (-0,01±0,06) istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek seviyede tespit edilmiştir (p<0,05).

Tablo 4.5.'te yükseklik sapma değerlerinin akışkan ve restoratif gruplar açısından karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

Tablo 4.5. Yükseklik Sapma Değerlerinin Akışkan ve Restoratif Gruplar Açısından Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Şekil	**Akışkan Yükseklik Sapma**		**Restoratif Yükseklik Sapma**		***p*[1]**
	Ort.	**(±Ss.)**	**Ort.**	**(±Ss.)**	
Dikdörtgen (n=12)	-0,11	0,05	-0,06	0,04	**0,001**
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,008**	
Eğimli (n=12)	-0,12	0,06	-0,05	0,05	0,172
	***p*[2]**	**<0,001**		**0,013**	
Elips (n=12)	-0,01	0,07	-0,03	0,02	0,534
	***p*[2]**	0,511		**0,002**	
Köşegenli (n=12)	-0,08	0,06	-0,03	0,02	0,822
	***p*[2]**	**0,001**		**<0,001**	
Ortası eğimli (n=12)	-0,02	0,03	-0,01	0,01	0,901
	p	**0,001**		**0,002**	

p*[1]*: *Eşleştirilmiş Gruplarda T Testi,* ***p*[2]*:*** *Tek Örneklem T-Testi (Test Değeri=0)*

Tablo 4.5.'de görüldüğü üzere akışkan gruptaki dikdörtgen, eğimli, köşegenli, ortası eğimli ve restoratif gruptaki tüm şekillerin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak akışkan gruptaki, elips şeklinin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Ayrıca eğimli, elips, köşegenli ve ortası eğimli şekillerde yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında akışkan ve restoratif gruplar arasında istatistiksel anlamlı olarak farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ancak restoratif gruptaki dikdörtgen şekillerin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamaları -0,06(±0,04), akışkan grup ortalamalarına göre -0,11(±0,06) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Ataşmanlar üzerinde yaptığımız genişlik, derinlik ve yükseklik ölçümlerinde değerlendirici içi güvenilirliğin değerlendirilmesinde %95 güven aralığında sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Bunun için, toplam 24 örnek üzerinde her iki ölçüm de aynı araştırmacı tarafından 2 hafta sonra yinelendi. Her iki ölçüm arasında yüksek güvenirlilik saptandı.

5 TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, şeffaf plaklarla ortodontik tedavide kullanılan farklı ataşmanlar üzerinde vizkositesi farklı 2 kompozitin hassasiyet ve doğruluğu karşılaştırılması amaçlanmıştır. Son yıllarda artan sosyal farkındalık ve estetik kaygı ile birlikte bireyler daha estetik ortodontik tedavi arayışı içine girmişlerdir ve bu estetik tedavi yaklaşımları gittikçe daha popüler hale gelmiştir. Yıllar içinde ortodontik konvansiyonel braket sistemleri daha küçük ve estetik açıdan daha kabul edilebilir hale gelmelerine rağmen, estetik olmayan görünümleri ve kullanım zahmetleri nedeniyle şeffaf plaklardan daha fazla eleştiri almaktadırlar. Ayrıca konvansiyonel braket sistemlerine göre estetik ve periodontal avantajları ile birlikte karmaşık diş hareketlerinin şeffaf plaklarla yapılabilmesi sayesinde de bu sistemler gittikçe yaygınlaşmaktadır (56,113) .

Dijital ortodontinin de diş hekimliği pratiğinde çok hızlı yükselmesiyle birlikte dijital veri eldesi ile tedavi sonunu öngören yazılımlar sayesinde, hastaların bu estetik tedavi yaklaşımlarına talep ve kabulü artmıştır. Şeffaf plak sistemlerinin estetik, hasta konforu, kullanım kolaylığı, ağız hijyeninde kolaylık gibi avantajları nedeniyle gün geçtikçe ortodontik tedavide kullanımı artmaktadır.

Şeffaf plakların ilk ortaya çıktıkları zamandan günümüze kadar klinik öngörülebilirliğini artırmak için materyal türleri, kenar tasarımları, kalınlıkları ve ataşman kullanımı gibi birçok konuda iyileştirme yapılmıştır. Birçok çalışmada da vurgulandığı gibi, öngörülebilir diş hareketi için ataşman kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Ataşmanların hassas bir şekilde yapıştırılması, hedeflenen diş hareketlerini elde etmek için oldukça önemlidir. Bu aktarım sürecine odaklanan çok az araştırma vardır ve çoğu betimleyici çalışmalardır. Bu nedenle bu tez çalışmamızda, şeffaf plaklarla ortodontik tedavide kullanılan ataşmanlar için en uygun kompoziti belirlemek amacıyla 5 farklı ataşman tipi üzerinde 2 farklı vizkositedeki kompozit karşılaştırılmıştır.

Şeffaf plaklar için ataşmanların gerekli olduğu açık olsa da, literatürde klinik uygulama için hangi kompozit reçinenin en uygun olduğunu araştıran az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Mantovani ve ark., Tetric EvoCeram Bulk Fill ve Tetric EvoFlow kompozit ile oluşturulan ataşmanların plak uyumu üzerindeki etkisini analiz etmek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanmıştır(62). Yazarlar geleneksel

bulk-fill kompozit kullanımının ataşmanlar için daha yüksek bir kesinliğe sahip olduğu ve aşınmanın ataşmanların ankraj kontrolünü etkileyebileceği sonucuna varmışlardır. Barreda ve ark. , 3M Filtek Z350XT ve Amelogen Plus TW kompozit reçine ile yapılan ataşmanların 6 aylık bir süre boyunca yüzey aşınmasını değerlendirdikleri çalışmalarında, 3M Filtek Z350XT'nin Amelogen Plus TW'den daha az aşınma sergilediğini göstermişlerdir (114). Chen ve ark.'nın 3M Filtek Z350XT, 3M Filtek Z350XT akışkan ve Kerr SonicFill kompozit reçine ile yaptıkları ataşmanların kopma dayınımı, aşınma direnci ve yerleştirme doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Z350XT Flowable ve SonicFill'in çalışma süresi Z350XT'den daha kısa, SonicFill'in kesme kopma dayanımı, Z350XT ve Z350XT Flowable'dan daha yüksek ve Z350XT Flowable'ın 3B sapma ve hacimsel değişimi Z350XT ve SonicFill'den daha büyük olduğu sonucuna ulaşmışlardır (115).

5.1 GEREÇ VE YÖNTEMİN TARTIŞILMASI

Çalışmamızda fakültemiz arşivinde bulunan fantom çene modelinin ağız içi tarayıcı ile taranarak .stl dosya formatında dijital verisi elde edilmiştir. Bilgisayar programı aracılığı ile bu dijital model verisi kullanılarak ataşman tasarımı ve yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu ataşmanlı veriler ve ataşmansız model verileri baskıya hazır hale getirilip 3B yazıcıda üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen modeller ağız içi tarayıcı ile taranıp .stl verileri elde edilmiştir. Üretilen 3B ataşmanlı modeller üzerinde termoform plak materyalleri şekillendirilmiştir. Ataşmansız modeller üzerine, ataşman rehber plakları aracılığı ile 2 farklı tipte dolduruculuğu olan kompozit materyaller kullanılarak ataşmanlar uygulanmıştır. Ataşman uygulanan bu modeller ağız içi tarayıcı ile taranıp .stl verileri elde edilmiştir. Referans .stl ve deney .stl verileri tersine mühendislik yöntemlerini kullanan program aracılığı ile 3B karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı bir program aracılığı ile ataşmanların boyutsal ölçümleri yapılmıştır.

5.1.1 Model Seçimi

Çalışmamız fantom çene modeli referans alınarak 3B yazıcıda üretilen reçine modeller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kompozit materyalin reçineye bağlanmasının

kuvvetli olması sebebiyle ataşman uygulaması için reçineden üretilen 3B dental modeller tercih edilmiştir.

Literatürde şeffaf plaklarla ataşman uygulaması ile ilgili kompozit tipi, sağ kalım, yerleştirme doğruluğu, aşınma hacmi, dayanıklılık gibi parametrelerin karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı hasta üzerinde bir kısmı ise in vitro ortamda daimi dişler üzerinde gerçekleştirilmiştir (115,116) .Chen ve ark. ataşmanların kopma dayanımı, aşınma direnci ve yerleştirme doğruluğunu araştırmak için 3 farklı kompozit türünü karşılaştırdıkları çalışmalarını çekilmiş mandibular premolar dişler üzerinde gerçekleştirmişlerdir (115). Fakat çalışmamızda daimi dişlerin yüzey özelliklerindeki farklılıktan kaynaklanabilecek problemleri elimine etmek ve tüm modellerde standardizasyonu sağlayabilmek amacıyla tek bir fantom model referans alınarak reçineden üretilen 3B dental modeller kullanılmıştır.

5.1.2 Metot Seçimi

Ataşman Seçimi

Çalışmamızda, 3B sanal tedavi planlaması yapılan program aracılığı ile yüzey özellikleri birbirinden farklı 5 tip ataşman tasarımı kullanılmıştır. Şeffaf plak tedavilerinde sık kullanılan ‘dikdörtgen’, ‘elipsoid’ ve ‘eğimli’ ataşmanlar ile çalışmanın amacını en doğru şekilde yansıtabileceği düşünülen yüzey özellikleri en fazla çeşitlilik gösteren ‘köşegenli’ ve ‘ortası eğimli’ ataşmanlar tercih edilmiştir.

Julia Weckmann ve ark. şeffaf plak tedavilerinde en uygun ataşman bağlanma protokolünü değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, en sık kullanılan ataşmanlardan olduğu için elipsoid ve dikdörtgen ataşman üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir (46). Mantovani ve ark.’nın 3 farklı plak materyalinin ankraj ataşmanları üzerinde SEM ile plak uyumunu değerlendirdikleri ve ataşmanları oluşturmak için kullanılan 2 farklı kompozit türünün şeffaf plak bağlantısı üzerindeki etkisini analiz etmek için yaptıkları çalışmalarında, literatürde en tutucu özelliği gösterdiği için dikdörtgen ataşman tercih etmişlerdir (62,105). Chen ve ark. ataşmanların kopma dayanımı, aşınma direnci ve yerleştirme doğruluğunu araştırmak

için 3 farklı kompozit türünü karşılaştırdıkları çalışmalarında yine dikdörtgen ataşman kullanmayı tercih etmişlerdir (117).

Dasy ve ark.'nın farklı ataşman ve plak materyallerinin plak retansiyonundaki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında geleneksel ataşmanlardan en sık kullanılan elips ve eğimli yatay dikdörtgen şekilli ataşmanları değerlendirmişlerdir. Kullanılan ataşman boyutları; elipsoid ataşman (3mm yükseklik, 2mm genişlik ve 1mm derinlik), eğimli yatay dikdörtgen ataşman (2mm yükseklik, 3mm genişlik insizal kenara doğru 0,25mm dişetine doğru 1,25mm derinlikte) dir (51). Çalışmamızda bu makale referans alınarak ataşman boyutları belirlenmiştir.

Nucera ve ark.'nın ataşmanların varlığında veya ataşman konfigürasyonunda değişiklik gösteren farklı şeffaf plak tedavileri arasındaki farkları vurgulamayı amaçladıkları sistematik derlemelerinde inceledikleri 5 makalede de sık kullanıldığı için dikdörtgen, eğimli dikdörtgen, optimize edilmiş ataşman ve elipsoid ataşmanların kullanıldığını bildirmişlerdir (118).

Yazıcı Seçimi ve Baskı Tekniği

Çalışmamızda tek bir fantom çene modeli referans alınarak DLP baskı teknolojisine sahip tek tip 3B yazıcıda 5 ataşmanlı ve 60 ataşmansız model üretilmiştir.

Brown ve ark.'nın PolyJet ve DLP baskı teknolojisi ile üretilen modellerin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmalarında, en doğru üretim için PolyJet tipte baskı yapan yazıcı için en düşük 16 µm kalınlık, DLP tipte baskı yapan bir yazıcı için ise en düşük 50 µm kalınlıkta üretim yapılması gerektiğini bildirmişlerdir (119). Sherman SL ve ark. bir DLP yazıcı kullanarak 50 µm katman yüksekliğini 100 µm katman yüksekliğiyle karşılaştırdıkları çalışmalarında, farklı katman yüksekliğinde üretilen modeller arasında hiçbir fark olmadığını bildirmişlerdir (120).

Sherman SL ve ark. DLP yazıcı kullanarak dental modellerin tabladaki konumunun modellerin doğruluğundaki etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında, üretilen modelin tabladaki konumundan etkilenmediğini bulmuşlardır (120). Pereira AB ve ark.'nın DLP yazıcıda üretilen dental modellerin doğruluğu üzerinde kullanılan baskı malzemesinin etkisini inceleyen çalışmasında, üreticinin önerdiği reçinenin kullanılmasının modellerin doğruluğunu artırdığını bildirmişlerdir (121).

Çalışmamızda üretici firmanın önerdiği talimatlarına uyarak 100 μm baskı katman kalınlığında, 3B yazıcı ile uyumlu reçine kullanılarak model üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretici talimatlarına uygun üretim yapılmasına dikkat edilse de 3B yazıcının baskı işleminden kaynaklanan olası hataları elimine ederek çalışmamızda belirlemek istediğimiz sonuçları etkilememesi amacıyla, modellerin yazıcıdan üretimi tamamlandıktan sonra taramaları gerçekleştirilmiştir. Bu dijital tarama dosyaları çakıştırma işleminde referans model olarak atanmıştır.

Plak Materyali Seçimi

Çalışmamızda DLP baskı teknolojisi ile tek tip 3B yazıcıda üretilen 60 modelin üzerine termoform plak materyalleri yüksek ısı ve basınç altında şekillendirilmiştir. Dasy ve ark.'nın farklı ataşman ve plak materyallerinin plak retansiyonundaki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, aynı malzeme tipinin farklı kalınlıklarını test etmek için üç tip CA (yumuşak-orta-sert) plağını ve kalınlık olarak CA-sert'e benzeyen ancak farklı bir malzeme bileşimine sahip olan Essix ACE plağını seçmişlerdir. Yazarlar CA-orta ve CA-sert plakların kullanımında, ataşmanları olan veya olmayan bir modelle karşılaştırıldığında, eğimli ataşmanlar içeren bir modelden plağı çıkartmak için daha fazla miktarda kuvvet gerektiğini bildirmişlerdir (51).

Mantovani ve ark.'nın 3 farklı plak materyalinin ankraj ataşmanları üzerinde SEM ile plak uyumunu değerlendirdikleri çalışmalarında; en sık kullanılan plaklar olmasından dolayı Invisalign (Align Technology, ABD) CA Clear Aligner (Scheu-Dental, Germany) ve F22 (Sweden&Martina, İtalya) marka plakları kullanmışlardır. CA Clear Aligner sistemi, tedavinin farklı aşamalarında farklı kalınlıkların kullanılabildiği için çalışmada Invisalign plakların ve F22 plaklarının kalınlığını referans olarak alarak, 0,5 mm'lik CA-yumuşak kalınlıktaki plağı seçmişlerdir (62).

CA, Scheu Dental tarafından tasarlanan glikol ile modifiye edilmiş polietilen tereftalattan yapılan plak materyalidir. Çalışmamızda bahsedilen çalışmaları referans alarak, plakları çıkartırken ataşman eksikliğine ve kaybına neden olmaması için CA-yumuşak plağı tercih edilmiş ve tüm modeller üzerinde aynı marka ve kalınlıktaki plaklar kullanılmıştır. Takıp çıkarırken olacak deformasyonu elimine etmek için her ataşman uygulaması için farklı ataşman rehber plağı üretilmiştir.

Kompozit Seçimi

Ataşmanları yerleştirirken en önemli adım, şablondaki ataşman boşluklarını eksiksiz bir şekilde doldurmaktır ve planlanan ataşmanın konumu ve şekli malzeme tutarlılığı ve viskozitesinden etkilenebilir. Bu açıdan akışkan kompozitler dar alanlarda daha çok ince şırınga ucundan dağıtılmak üzere tasarlanırken, sıkıştırılabilir kompozitler metalik aletlerle şekillendirme yoluyla şablona yerleştirilir (122–124). İdeal ataşman, ortodontik tedavi süresi boyunca kopmadan yerinde kalmalı ve daha da önemlisi, verilen kuvvet sistemiyle güçlü bir şekilde ilişkili olduğundan ataşmanın aktif yüzey özellikleri aşınmadan tedavi sonuna kadar kalabilmelidir.

Çalışmamızda, 3B yazıcıda reçineden üretilen modellerin üzerine bağlanmayı artırmak için Adhesive Transbond XT Primer uygulanmıştır. Sonrasında rehber plaktaki ataşman boşluklarına; bir gruba '3M ESPE Filtek Supreme Ultra Universal Restorative Body Shade (Minn, Amerika) kompozit ile diğer gruba ise '3M Filtek Supreme Flowable Restorative kompozit (Minn, Amerika)' materyalleri yerleştirilip Valo (1.000–3.200 mW/cm2; Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, ABD) ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Şeffaf plak firmalarının önerdiği kompozit materyalleri arasından erişilebilirliğinin kolay olması ve aynı marka kompozitin doldurucusu düşük ve yüksek kompozitlerinin karşılaştırılması istendiği için 3M marka kompozitler seçilmiştir.

Shuang Lin ve ark. dolduruculuk oranları farklı 2 kompozitin ataşman hazırlık süresi ve 1 yıllık sağ kalımlarını karşılaştırmak için yaptıkları çalışmalarında, 3M Filtek Flowable Restorative ve 3M Filtek Universal Restorative kompozitleri fiziksel özellik ve doldurucu oranlarına göre seçmişlerdir (125). Chen Yaosen ve ark. da şeffaf plak tedavileri sırasında ataşman kaybının risk faktörlerini araştırdıkları klinik çalışmalarında, ataşmanları uygulamak için 3M ESPE Filtek Z350XT kompozit kullanmışlardır (117). Chen ve ark. da ataşmanların kopma dayanımı, aşınma direnci ve yerleştirme doğruluğunu araştırmak için yaptıkları çalışmalarında viskoziteye göre yaygın olarak kullanılan 3 kompozit reçineyi (3M Filtek Z350XT, 3M Filtek Z350XT akışkan ve Kerr SonicFill) seçmişlerdir (115). Ayrıca Barreda ve ark.'nın ataşmanların yapımında kullanılan 2 farklı bulk-fill kompozitin 6 aylık yüzey aşınmalarını

karşılaştırdıkları çalışmalarında, estetik ve mekanik özelliklerinin yüksek olması nedeniyle 3M ESPE Filtek Z350 XT ve Amelogen Plus TW Ultradent Products Inc. kompozitlerini tercih ettikleri görülmüştür (114).

Uygulama Şekli

Lin ve ark.'nın dolduruculuk oranları farklı 2 kompozitin ataşman hazırlık süresi ve 1 yıllık sağ kalımlarını karşılaştırmak için yaptıkları çalışmalarında, posterior kompoziti şablona yerleştirdikten sonra bastırdıklarını ve akabinde polimerizasyonu başlattıklarını belirtmişlerdir (125).

Bu çalışmamızda da ataşman plağını dişler üzerine yerleştirdikten sonra kompozitin ataşman yuvasının her yerine yayılmasını sağlamak için Lin ve ark.'nın yaptığına benzer şekilde ataşmanın her iki tarafından da presel ile bastırıldıktan sonra kuvvet ölçer ile 50gr kuvvet uygulanmıştır ve eş zamanlı olarak polimerizasyona başlanmıştır. Kuvvet ölçer yardımıyla uygulanan kuvvetin standardize edilmesi bizim çalışmamızın farklılıklarındandır.

3B Yüzey Çakıştırması

Literatür incelemesinde 3B karşılaştırma yapılan çalışmalarda sıklıkla dijital ortamda yüzey çakıştırma uygulamalarının kullanılarak analizlerin yapıldığı gözlenmiştir (126). Bu çalışmamızda referans ve test modelleri arasındaki hassasiyet best-fit hizalama yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntem 2 veri arasındaki çok düşük ortalama sapma değerinin olduğu durumlarda çakıştırma için kullanılmaktadır. Literatürde yapılan dijital yüzey çakıştırma çalışmalarında da best-fit hizalaması kullanılmıştır (126,127). Bu yöntem ile yapılan çakıştırma işlemi öncesinde referans ve deney modelleri arasında koordinat düzleminde uzayın 3 yönünde de benzerlik gösteren noktalar program tarafından otomatik belirlenir. Bu noktaların yoğunluk gösterdiği sabit olan alanlardan yüzeyler oluşmaktadır ve modeller bu yüzeyler üzerinde otomatik olarak üst üste yerleştirilerek 3B çakıştırma gerçekleşmektedir. Revilla ve ark. best-fit hizalama sonrası 3B karşılaştırma yönteminin en yüksek doğruluk gösteren yöntem olduğunu bildirmişlerdir (106). Nedelcu ve ark. 4 farklı ağız

içi tarayıcının tarama doğruluğu ve kesinliğini 3B karşılaştırma ile belirledikleri çalışmalarında, manuel hizalamadan daha kapsamlı olduğu için best-fit hizalama sonrası 3B karşılaştırmayı tercih etmişlerdir (127). Chen ve ark.'nın ataşmanların kopma dayanımı, aşınma direnci ve yerleştirme doğruluğunu araştırmak için yaptıkları çalışmalarında referans ve deney model ataşmanlarının hacimsel sapma miktarını 3B olarak karşılaştırmışlardır (115). Chen ve ark. bu çalışmalarında sapma miktarını belirlemek için çene arkı modellerini best-fit hizalama yöntemiyle üst üste çakıştırarak 3B karşılaştırmışlardır (115). Chen ve ark.'dan farklı olarak bizim çalışmamızda çene arkı modellerinin çakıştırması değil, ataşmanlar modeller üzerinden izole edilerek lokalize ataşman çakıştırması ve ardından 3B karşılaştırılması yapılmıştır. Çene modelindeki her bir dişten kaynaklanabilecek olası sapma miktarının ataşman karşılaştırmasını etkilememesi ve sonuçların yüksek hassasiyet ile aktarılabilmesi için bu yöntem tercih edilmiştir.

Çakıştırma işleminin hassas olması, çalışmanın güvenilirliği, doğruluğu ve klinik uygulanabilirliği için oldukça önemlidir. 3B çakıştırma işlemi için best-fit hizalamasının en yüksek doğruluk gösteren yöntem olması ve benzer çalışmalarda da sıklıkla kullanılmasından dolayı tez çalışmamızda da kullanılmıştır (106,115,126,127).

5.2 BULGULARIN TARTIŞILMASI

5.2.1 RMS Değerlerinin Tartışılması

Tez çalışmamızda vizkositesi yüksek (restoratif kompozit grubu) ve düşük (akışkan kompozit grubu) olan 2 farklı kompozit ile ataşman uygulanmasının hassasiyeti karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, referans verinin deney modellerinin verileriyle dijital ortamda 3B çakıştırılması ile değerlendirilmiştir. Deney modellerinin referans modelden 3B sapma miktarını değerlendirmek amacıyla programın best-fit hizalamasının ardından 3B karşılaştırma sonrası verdiği RMS değerleri kullanılmıştır. Programın karşılaştırma sonrasında çıkarttığı renk haritasında, yeşilden sarı-kırmızıya dönen renkli bölgeler deney modelinin referans modelden pozitif-fazla yöndeki sapmasını, yeşilden açık ve koyu mavi renk olan bölgelerin deney modelinin referans modelden negatif-eksik olduğunu belirtmektedir.

Çalışmamızın 3B karşılaştırma RMS verileri değerlendirildiğinde, akışkan grubun RMS değer ortalaması (0,06±0,01), restoratif grubun RMS ortalamasından (0,07±0,02) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir ($p<0,05$), dolayısıyla restoratif grubun hassasiyetinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Weckmann ve ark.'nın şeffaf plak tedavilerinde en uygun 5 ataşman bağlanma protokolünü değerlendirdikleri çalışmalarında, üst üste çakıştırılan ataşmanların maksimum dikey mesafesini ölçerek karşılaştırma yaptıklarında en az hassasiyeti gösteren yöntemin yüksek vizkozitedeki kompozit ile yapılan ataşman uygulama protokolü olduğunu bildirmişlerdir (46). Bizim çalışmamızdan farklı parametreler kullanılarak ölçüm yapılsa da her iki çalışmanın ortaya çıkan sonuçları birbirini destekler niteliktedir. Chen ve ark.'nın vizkozitesi düşük, vizkositesi yüksek ve sonicfill kompozitler kullanarak uyguladıkları ataşmanların 3B hacimsel ölçüm karşılaştırmasında, vizkositesi düşük olan akışkan kompozit ile yapılan ataşmanın sapması, vizkositesi yüksek kompozit ve sonicfill kompozit kullanılarak yapılan ataşmanlara göre daha yüksek bulunmuştur (115). Vizkositesi düşük kompozitin akıcı forma sahip olması, şablonu yerleştirirken basınç altında fazla kompozitin ataşmanın çevresine taşmasına neden olmaktadır. Chen ve ark. yaptıkları çalışmalarında 3B karşılaştırmaya ataşman ile birlikte taşan kompoziti de dahil etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ataşmanlar izole edilerek hassasiyet karşılaştırılması yapıldığı için bu durumun sonuçların farklı çıkmasına neden olduğunu düşünülmektedir.

Dikdörtgen, eğimli ve köşegen şekilli ataşman uygulamalarında RMS değerleri karşılaştırmasında akışkan ve restoratif kompozit kullanımı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardır. Dikdörtgen ataşman uygulamasında, restoratif ve akışkan kompozit kullanıldığında gruplar arası RMS değerinde (<0,001) istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Akışkan kompozit kullanılarak yapılan dikdörtgen ataşmanların RMS değer ortalamaları (0,07±0,01) restoratif kompozit ile yapılanların RMS ortalamalarına (0,09±0,01) göre daha düşük tespit edilmiştir. Köşegen şekilli ataşman uygulamasında, restoratif ve akışkan kompozit kullanımı arasında RMS değer ortalamalarında sırasıyla (0,09±0,02, 0,07±0,01) istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Daha düşük RMS değeri, sapma değerinin daha az ve dolayısıyla hatanın daha az olduğunu ifade etmektedir. Restoratif kompozit grubuna göre akışkan kompozit grubundaki daha düşük RMS değerleri daha az sapma

ile şeklin daha net olduğunu göstermektedir. Akışkan kompozitin vizkositesinin düşük olmasının, ataşman rehber plaktaki dikdörtgen ve köşegenli ataşman yuvasının keskin köşe kısımlarına yayılmasının daha iyi olmasını sağlayarak şeklin daha net çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Irie ve ark. yaptıkları çalışmalarında, vizkositesi yüksek kompozitlere kıyasla vizkositesi düşük olan kompozitlerin akışkan özelliğinden dolayı kavite içindeki detaylara kolaylıkla yerleşebilmesinin mikrosızıntıyı azalttığını belirtmişlerdir (128). Cadenaro ve ark. da vizkositesi yüksek olan kompozitlerin kaviteye yayılma özelliğinin vizkositesi düşük kompozitlere göre daha iyi olmasının marjinal kenarda daha iyi kapatma sağlayarak mikrosızıntıyı azalttığını belirtmişlerdir (129). Yapılan bu çalışmalarla da vizkositesi düşük kompozitlere kıyasla vizkositesi yüksek kompozitlerin akışkan özelliğinden dolayı tam kapama ve detay gerektiren hassas bölgelerde kullanılmalarının daha iyi sonuçlar verdiği düşünülmektedir.

Eğimli ataşman şeklinin, akışkan ve restoratif kompozit kullanımı arasında RMS değerlerinde (0,030) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Restoratif kompozit kullanılarak yapılan eğimli ataşmanların RMS değer ortalamaları (0,06±0,01) akışkan kompozit kullanılarak yapılanların RMS ortalamalarına (0,07±0,02) göre daha düşük seviyede tespit edilmiştir. Bu RMS değerlerine göre eğimli ataşmanı restoratif kompozit ile uygulamak daha az sapmayı ve daha hassas aktarımı sağlamaktadır. Eğimli ataşmanın dış yüzeydeki eğimi, restoratif kompozitin vizkositesinin yüksek olması sayesinde yüzeydeki eğimden akmadan uygulanan kuvvet ile rehber plaktaki yuvasına iyi adapte olarak daha net çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Elips ve ortası eğimli şekilli ataşman uygulamalarında, akışkan ve restoratif kompozit kullanımı arasında RMS değer ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık çıkmamıştır. Elips ataşman şeklinde keskin kenar ve köşelerin olmaması her iki kompozitin de vizkozitesinin farklı olmasından etkilenmeden ataşman yuvasının her yerine homojen olarak dağılmasını sağladığı düşünülmektedir.

Akışkan kompozit grubunda farklı ataşman şekillerinin RMS değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p=0,003). Grup içi yapılan post hoc karşılaştırmalarında, elips ataşman şeklinin RMS değer ortalamaları (0,06±0,01), dikdörtgen ataşman şeklinin (0,07±<0,01) ve ortası eğimli ataşman şekillerin

(0,07±0,01) RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Elips şeklinin daha düşük RMS değerleri göstermesi daha az sapma ile birlikte daha hassas aktarım sağlanabildiğini ifade etmektedir. Dikdörtgen ve ortası eğimli ataşman şekilleri, daha karışık yüzey özelliklerine sahip olmaları ile elips ataşmana göre farklılık göstermektedir. Bu ataşmanlardaki keskin köşe ve kenarlar kompozitin rehber plaktaki ataşman yuvasının her yerine kolay ve homojen dağılmamasına neden olmaktadır. Benzer şekilde restoratif kompozit grubunda da ataşman şekillerin RMS değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p<0,001). Dikdörtgen ataşman şekillerinin RMS değer ortalamaları (0,09±<0,01), eğimli (0,06±<0,01) ve elips (0,06±0,03) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Dikdörtgen ataşmanın daha yüksek RMS değeri diğer ataşman şekillerine göre daha yüksek sapmayı göstermektedir. Restoratif gruptaki elips şekillerin RMS değer ortalamaları (0,06±0,03), köşegenli (0,09±<0,02) ve ortası eğimli (0,08±0,02) şekillerin RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir (p<0,05). Elips şekilli ataşmanın düşük RMS değeri daha az sapmayı ifade etmektedir. Dikdörtgen şekilli ataşmanın şekil olarak dik açılı kenarlara sahip olması kompozitin bu bölgelere penetrasyonunu azaltarak elips ve ortası eğimli şekilli ataşmanlara göre daha yüksek sapma göstermesine neden olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde elips şekilli ataşmanın, ortası eğimli ve köşegen şekilli ataşmanlara göre şekil olarak daha yuvarlak sınırlarının olması ve köşe gibi keskin bölgeler içermemesi kompozitin kolaylıkla her yere yayılmasına ve daha az sapma ile daha düşük RMS değeri ile sonuçlanmasına neden olduğu düşünülmektedir.

3B karşılaştırma sonuçlarına göre en çok sapmanın tüm ataşmanların bukkal yüzeyinde olması, ataşmanlara presel ile kuvvet uygulanırken taşan kompozitin plak ile diş arasında bir kalınlık oluşturup plağın dişten uzaklaşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

5.2.2 Boyutsal Ölçümlerin Tartışılması

Tez çalışmamızda vizkositesi yüksek ve düşük olan 2 farklı kompozit ile ataşman uygulaması sonrası elde edilen deney modelleri ile referans modeller arasındaki boyutsal ölçümlerde genişlik, yükseklik ve derinlik olarak 3 adet boyutsal ölçüm analizi yapılmıştır.

Akışkan ve restoratif kompozit grubundaki tüm şekillerde genişlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak tüm şekillerde genişlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında akışkan ve restoratif grup arasında istatistiksel anlamlı olarak farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Akışkan kompozit grubundaki ataşmanların genişlik ölçümündeki sapma değerleri restoratif kompozit grubundakilere göre daha fazla çıkmıştır, ancak bu istatistiksel olarak anlamlı değildir. Genişlik ölçümünde bukkal yüzeyden ataşmanın sağ ve soldaki en kenar noktasına yerleştirilen noktalar arası uzaklık mm cinsinden ölçülmüştür. Akışkan kompozit restoratif kompozite göre daha seyreltik bir monomere sahip olduğu için sertleşirken daha fazla hacimsel büzülme göstermektedir (130) ve bunun da genişlik ölçümlerinde akışkan kompozit grubunun referans değerden sapmasının daha yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Akışkan kompozit ile yapıştırılan ataşmanlardaki derinlik ölçüm analizlerinde eğimli ve elips ataşman haricindeki ataşmanların referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Restoratif gruptaki köşegenli ataşman haricindeki ataşmanların derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak akışkan gruptaki eğimli, elips ve restoratif gruptaki köşegenli derinlik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Akışkan gruptaki elips ataşman haricindeki ataşmanların ve restoratif gruptaki tüm şekillerin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak akışkan gruptaki, elips şeklinin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarının istatistiksel anlamlı olarak "0" dan farklı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ayrıca eğimli, elips, köşegenli ve ortası eğimli şekillerde yükseklik

ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamalarında akışkan ve restoratif gruplar arasında istatistiksel anlamlı olarak farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ancak restoratif gruptaki dikdörtgen şekillerin yükseklik ölçümlerinin referans değerden sapma ortalamaları (-0,06±0,04), akışkan grup ortalamalarına göre -(0,11±0,06) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Dikdörtgen ve köşegenli ataşmanlar genişlik, yükseklik ve derinlik ölçümlerinde akışkan kompozit grubunda restoratif kompozit grubuna göre referans değerden daha fazla sapma göstermiştir. Dikdörtgen ve köşegenli ataşmanlar diğer tip ataşmanlara göre hacimsel olarak daha büyük oldukları için daha fazla miktarda kompozit içerirler. Restoratif kompozit grubuna göre daha düşük monomer içeren akışkan kompozitlerin sertleşirken büzülmesi daha fazla olduğu için 2 düzlemde yapılan ölçümlerde referans değerden sapması daha yüksek çıkmıştır. Ancak 3B yapılan RMS ölçümlerinde de akışkan kompozitle yapılan dikdörtgen ve köşegenli ataşmanların RMS değerleri daha düşük dolayısıyla sapması daha az bulunmuştur. Akışkan kompozitin vizkositesinin düşük olmasının rehber plaktaki dikdörtgen ve köşegenli ataşman yuvasının keskin köşe kısımlarına yayılarak şeklin daha net çıkmasına ve bu nedenle RMS değerinin daha düşük olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Boyutsal analizlerde ölçümler 2 düzlemde yapıldığı için hacimsel olarak ataşman şekillerinin ölçüm yapılmayan kısımları hakkında bilgi verememektedir. Revilla ve ark.'nın best-fit hizalama sonrası 3B karşılaştırma yönteminin kullanıcı tarafından manuel olarak nokta yerleştirilerek yapılanlara kıyasla en yüksek doğruluk gösterdiğini bildirmişlerdir (106).

Elips ataşman, boyutsal analizlerden yükseklik ve derinlik ölçümlerinde akışkan kompozit grubunda referans değerden daha az sapma göstermiştir. Elips ataşmanın 3B karşılaştırmasında da RMS değerinin akışkan kompozit grubunda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da restoratif gruba göre daha düşük olduğu bulunmuştur. RMS değerinin düşük olması hacimsel olarak restoratif gruba göre şeklinin daha net olduğunu göstermektedir. Akışkan kompozitin vizkozitesinin düşük olması yayılımının iyi olmasını ve dolayısıyla şeklin daha net çıkmasını sağlamıştır. Ayrıca hacminin küçük olması daha az miktarda kompozit kullanılmasını gerektirir ve bu da kompozitin büzülme miktarını azaltarak 3B karşılaştırmada da daha az sapma ile şeklin daha net çıkmasına neden olabilir.

Eğimli ataşman, boyutsal analizlerden genişlik ve yükseklik ölçümlerinde restoratif grubunda referans değerden daha az sapma göstermiştir. 3B karşılaştırma analizinde de restoratif grubun RMS ortalamaları daha düşük bulunmuştur. Eğimli ataşmanın dış yüzeyindeki eğimli yüzeye akışkan kompozitin vizkositesinin düşük olmasından dolayı yeterli penetrasyonu gösteremediği ve yüzeyden aktığı için şeklinin net aktarılmasına engel olduğu düşünülmektedir. Yapılan 3B karşılaştırma analizlerinin sonuçlarını gösteren renk haritasında da en yoğun sapmanın eğimli ataşmanın eğimli yüzeyi olması bu durumu destekler niteliktedir.

Ortası eğimli ataşmanın boyutsal analizlerinde, derinlik ölçümünde akışkan grubun referans değerden sapması daha az iken, genişlik ve yükseklik ölçümünde restoratif grubun referans değerden sapması daha az bulunmuştur. 3B karşılaştırma analizinde akışkan grubun RMS değer ortalamaları restoratif gruba göre daha düşüktür fakat istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ortası eğimli ataşmanın şeklinin amorf olmasından dolayı 2 boyutlu yapılan analizlerde sadece yerleştirilen noktalar arasından ölçüm yapılması hacimsel olarak eksik bilgi verdiği ve bu nedenle birbirleri arasında tutarlılık göstermediği düşünülmektedir.

Boyutsal analizler kullanıcı tarafından manuel olarak ataşman üzerine yerleştirilen 2 nokta arasında yapılan ölçüm ile belirlendiği için, noktaların yerleştirmesinden kaynaklı milimetrik olarak yapılabilen en küçük hata küçük boyutlarda olan ataşman için oranlandığında yüksek kalmaktadır. Bu nedenle deney verileri referans değerler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark çıkarken gruplar içinde anlamlı bir fark gözlenememiştir.

Chen ve ark. yaptıkları çalışmalarında, Z3F ve SF kullanımının, uygulamayı kolaylaştırdığı ve ataşman uygulama sırasında işlem süresini azalttığını bildirmişlerdir (115). Z3XT restoratif kompozitte, trietilenglikol dimetakrilatın (TEGDMA) çoğunluğu, üretan dimetakrilat (UDMA) ve bisfenol A polietilen glikol dieter dimetakrilat (Bis-EMA) karışımı ile değiştirilmiştir. Bu kompozitlerin her ikisi de viskoziteyi artıran daha yüksek moleküler ağırlığa sahiptir. Z3F'ın ise seyreltilmiş bir monomer olan trimannitol dimetakrilat ilavesi nedeniyle yüksek düzeyde akışkanlığa sahip olması ve kompozitin doğrudan uygulama şırıngası aracılığıyla rehber ataşman şablonu boşluğuna hızla doldurulabilmesini sağlamaktadır (131)

Chen ve ark. çalışmalarında yaptıkları bağlanma deneylerinde, Z3F(akışkan) kompozitin restoratif ve sonicfill kompozite göre bağlanma kuvvetinin az olduğunu bildirmişlerdir. Akışkan kompozitin inorganik doldurucu oranının az olmasının polimerizasyon büzülmesini artırarak mikroçatlakların oluşmasına ve dolayısıyla bağlanma kuvvetinin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (115). Rene ve ark. da Z3F'nin düşük viskozitesi ve daha seyreltik bir monomerinin olduğunu, bunun da yüksek hacimsel büzülme ile sonuçlanarak yapıştırma yüzeyinde yüksek gerilime ve çatlaklara neden olduğunu bildirmişlerdir (130).

Chen ve ark. çalışmalarında yaptıkları aşınma testlerinde, 3M Filtek Z350XT akışkan kompozitin, 3M Filtek Z350XT restoratif ve SonicFill kompozite göre daha fazla aşınma gösterdiğini ve akışkan kompozitin daha yüksek aşınmasına düşük dolgu yükünün (ağırlıkça %65) sebep olduğunu belirtmişlerdir (115). Ayrıca Z3XT'nin içerdiği, Bis-GMA bazlı reçine kompozitlerinden daha iyi aşınma direnci gösterdiği düşünülen UDMA ve su emilimini azaltıp kompoziti daha sert yapan yüksek derecede çift bağ dönüşümüne sahip olan Etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilatın (EBPDMA) varlığı kompozitin aşınmaya direncini artıran dolduruculardandır (132,133). Ataşman aşınması ile dişleri yerinde tutan veya hareket ettirecek kuvvet doğru bir şekilde aktarılamayacağından, plakların işlevselliğini ve öngörülen diş hareketlerini tehlikeye atacaktır. Z3F'nin düşük aşınma direnci, plakları tekrar tekrar takıp çıkarırken ataşmanların yüzeylerinin daha kolay aşınmasına neden olacaktır.

Hirogaki ve ark. dental alçı modellerin 3B görüntüsünü elde etmek için, yüksek hızlı çizgi lazer ölçüm sistemi kullanarak alçı modeli dört yönden ölçerek yaptıkları çalışmalarında, ortodontide tanı modelinde 0,3 mm ye kadar sapmanın tolere edilebileceğini bildirmişlerdir (107). Hassan ve ark. da hızlı prototipleme ile elde edilen modellerin doğruluğunu araştırmak için yaptıkları çalışmalarında 0,5mm'ye kadar olan sapmayı klinik olarak tolere edilebilir olarak kabul etmişlerdir (134). Yapılan çalışmalarda çene modelleri için klinik olarak kabul edilebilir değerler bildirilmiş olsa da ataşmanlar için bildirilmiş bir veri bulunmamaktadır. Çene modellerine göre çok daha küçük hacimde olan ataşmanlar için klinik olarak anlamlı olan sapmanın bu değerlerden çok daha düşük olduğu düşünülse de, her iki restoratif materyalin de klinik olarak şeffaf plak tedavisi esnasında ataşman uygulaması için hassasiyet anlamında kullanılabilir seviyede olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca

klinisyenler klinik pratikte kullanacakları restoratif materyalin seçiminde, akışkan kompozitlerin uygulama kolaylığı ve işlem süresini azaltma avantajlarının yanında mikroçatlak oluşumunun fazla olması, bağlanma dayanımının düşük olması ve yüksek aşınma göstermesi gibi dezavantajları da göz önünde bulundurmalı ve ataşman uygulaması için kullanacakları kompozitin doldurucu oranını ona göre seçmelidir.

6 SONUÇ

3B yazıcılardan elde edilen modeller üzerinde, viskositesi düşük ve viskositesi yüksek kompozitler kullanılarak uygulanan ataşmanların hassasiyetini karşılaştıran tez çalışmamızın sonuçları, çalışmanın sınırları göz önünde bulundurularak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Dijital 3B karşılaştırma verilerine göre akışkan kompozit ile yapılan ataşmanların RMS ortalaması, restoratif grubun RMS ortalamasından (0,07±0,02) istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

2. Yapılan doğrusal ölçüm verilerine göre genişlik, yükseklik ve derinlik ölçümlerinin ortalamaları akışkan grupta restoratif gruptan istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

3. Dikdörtgen ataşman uygulamasında akışkan kompozit grubunun RMS değer ortalamaları restoratif kompozit grubunun RMS ortalamalarına göre daha düşük tespit edilmiştir ve bu durum istatistiksel olarak anlamlıdır.

4. Köşegenli ataşman uygulamasında akışkan kompozit grubunun RMS değer ortalamaları restoratif grubunun RMS değer ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

5. Elips ve ortası eğimli şekilli ataşman uygulamalarında, akışkan ve restoratif kompozit kullanımı arasında RMS değer ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

6. Eğimli ataşman uygulamasında restoratif kompozit grubunun RMS değer ortalamaları akışkan kompozit grubunun RMS ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

7. Dijital 3B karşılaştırma verilerine göre akışkan kompozit grubunda ataşman şekilleri arasında RMS değer ortalamaları en düşük olan elips ataşmandır ve bu dikdörtgen ve ortası eğimli ataşmalara göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

8. Dijital 3B karşılaştırma verilerindeki RMS değer ortalamaları göre restoratif gruptaki eğimli ve elips ataşmanların köşegenli ve ortası eğimli ataşmanların değerlerine göre istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktür.

9. Klinisyenlerin tüm bu sonuçlarla birlikte kompozitlerin bağlanma dayanımlarını, aşınma sürelerini ve mikroçatlak oluşumu gibi diğer parametreleri göz önünde bulundurarak şeffaf plak tedavisinde ataşman uygulaması için seçecekleri restoratif materyali klinik pratiklerine dahil etmeleri önerilir.

7 KAYNAKÇA

1. Alexander RG, Sinclair PM, Goates LJ. Differential diagnosis and treatment planning for the adult nonsurgical orthodontic patient. Am J Orthod. 1986 Feb 1;89(2):95–112.
2. Ghafari J. Problems associated with ceramic brackets suggest limiting use to selected teeth. Angle Orthod. 1992 Jun 1;62(2):145–52.
3. Jeremiah HG, Bister D, Newton JT. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: A cross-sectional study. Eur J Orthod. 2011;33(5):476–82.
4. Phan X, Ling PH. Clinical Limitations of Invisalign [Internet]. [cited 2020 Jul 1]. Available from: www.cda-adc.ca/jcda
5. Kuo E, Miller RJ. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 2003 May 1 [cited 2020 Jul 1];123(5):578–81. Available from: http://www.ajodo.org/article/S0889540603000519/fulltext
6. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. Orthodontics: current principles and techniques. St Louis. Mosby, Inc; 2000.
7. Kim TW, Ozturk-Ortan Y. Clear Aligner Appliances: Fabrication and Clinical Application. TURKISH J Orthod. 2009;22(3):256–66.
8. Kim T-W, Echarrri P. Clear aligner: an efficient, esthetic, and comfortable option for an adult patient. World J Orthod. 2007;8(1).
9. Wong BH, Scholz RP, Turpin DL. Invisalign A to Z. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2002 May 1;121(5):540–1.
10. Ali SAAH, Miethke HR. Invisalign®, an innovative invisible orthodontic appliance to correct malocclusions: Advantages and limitations. Dent Update [Internet]. 2012 Jun 20 [cited 2020 Aug 18];39(4):254–60. Available from: https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/denu.2012.39.4.254
11. Joffe L. Invisalign®: early experiences. J Orthod. 2003;30(4):348–52.
12. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Periodontal health during clear aligners treatment: a systematic review. Eur J Orthod. 2014;37(5):539–43.
13. Azeem M, Hamid WU. Incidence of white spot lesions during orthodontic clear

aligner therapy. J World Fed Orthod. 2017;6(3):127–30.

14. Yi J, Xiao J, Li Y, Li X, Zhao Z. External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. J Dent Sci. 2018;13(1):48–53.
15. Pepperell R. Connecting art and the brain: An artist's perspective on visual indeterminacy. Front Hum Neurosci. 2011;5:84.
16. Esper LA, Sbrana MC, da Silva Cunha MJ, Moreira GS, de Almeida ALPF. Esthetic composition of smile in individuals with cleft lip, alveolus, and palate: visibility of the periodontium and the esthetics of smile. Plast Surg Int. 2012;2012.
17. Bhuvaneswaran M. Principles of smile design. J Conserv Dent JCD. 2010;13(4):225.
18. Cunningham SJ, Hunt NP. Quality of life and its importance in orthodontics. J Orthod. 2001;28(2):152–8.
19. Chorak A. Interproximal reducation in conjunction with plastic aligner Interproximal reducation in conjunction with plastic aligner therapy : a retrospective pilot study. therapy : a retrospective pilot study. 2011 [cited 2020 Aug 19]; Available from: https://doi.org/10.18297/etd/247
20. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. Am J Orthod Oral Surg. 1945 Jun 1;31(6):297–304.
21. Nahoum HI. The vacuum formed dental contour appliance. NY State Dent J. 1964;9:385–90.
22. Ponitz RJ. Invisible retainers. Am J Orthod. 1971;59(3):266–72.
23. Sheridan JJ. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. J Clin Orthod. 1993;27:37–45.
24. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics 4th ed. Philadelphia: Mosby. 2007;
25. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2005 Sep 1;128(3):292–8.
26. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and

interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with invisalign. Angle Orthod [Internet]. 2008 Jul 1 [cited 2020 Aug 19];78(4):682–7. Available from: http://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article-pdf/78/4/682/1384173/0003-3219

27. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2009 Jan 1;135(1):27–35.
28. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmuter M, Gibson J, et al. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2007;131(3):302-e1.
29. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2009;135(3):276-e1.
30. Kandhan G. Clear aligners in orthodontic tooth movement: A conceptual review. J Adv Med Dent Sci Res. 2022;10(4):40–3.
31. Karkhanechi M, Chow D, Sipkin J, Sherman D, Boylan RJ, Norman RG, et al. Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy. Angle Orthod. 2013;83(1):146–51.
32. Pavoni C, Lione R, Laganà G, Cozza P. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. Ann Stomatol (Roma). 2011;2(1–2):23.
33. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. Angle Orthod. 2007;77(5):864–9.
34. Tai S. Clear Aligner Technique. U.S: Quintessence Publishing; 2018.
35. Mehta S, Patel D, Yadav S. Staging orthodontic aligners for complex orthodontic tooth movement. Turkish J Orthod. 2021;34(3):202.
36. Artuç AM. Farklı şeffaf plak materyallerinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması. 2022;

37. Chan E, Darendeliler MA. The Invisalign® appliance today: A thinking person's orthodontic appliance. In: Seminars in Orthodontics. Elsevier; 2017. p. 12–64.
38. Boyd RL, Waskalic V. Three-dimensional diagnosis andorthodontic treatment of complex malocclusions with the invisalign appliance. In: Seminars in orthodontics. Elsevier; 2001. p. 274–93.
39. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. J Clin Orthod JCO. 2007;41(9):523–5.
40. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. Aust Orthod J. 2001;17(1):41.
41. Chang CH, Lin JS, Roberts WE. Temporary skeletal anchorage devices to correct challenging malocclusions with clear aligners. AJO-DO Clin Companion. 2021;1(2):102–12.
42. Park J, Boyd RL. TADs and Invisalign: Making Difficult Movement Possible. Tempor Anchorage Devices Clin Orthod. 2020;541–54.
43. Giancotti A, Germano F, Muzzi F, Greco M. A miniscrew-supported intrusion auxiliary for open-bite treatment with Invisalign. 2014;
44. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique–regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. BMC Oral Health. 2014;14(1):68.
45. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. Angle Orthod. 2014;84(3):391–6.
46. Weckmann J, Scharf S, Graf I, Schwarze J, Keilig L, Bourauel C, et al. Influence of attachment bonding protocol on precision of the attachment in aligner treatments. J Orofac Orthop [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2021 Jun 5];81(1):30–40. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31834419/
47. Gomez JP, Peña FM, Martínez V, Giraldo DC, Cardona CI. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. Angle Orthod. 2015;85(3):454–60.
48. Savignano R, Valentino R, Razionale A V, Michelotti A, Barone S, D'Antò V. Biomechanical effects of different auxiliary-aligner designs for the extrusion of

an upper central incisor: a finite element analysis. J Healthc Eng. 2019;2019.

49. Chen Z. Effects of the changes of thickness and placement position of rectangular attachment on canine tooth torsion correction. Chinese J Tissue Eng Res. 2020;2513–9.
50. Can E, Panayi N, Polychronis G, Papageorgiou SN, Zinelis S, Eliades G, et al. In-house 3D-printed aligners: effect of in vivo ageing on mechanical properties. Eur J Orthod. 2022;44(1):51–5.
51. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. Angle Orthod [Internet]. 2015 Nov 1 [cited 2021 Apr 24];85(6):934–40. Available from: http://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article-pdf/85/6/934/1397734/091014-637_1.pdf
52. Al Noor HSS, Al-Joubori SK. Retention of different orthodontic aligners according to their thickness and the presence of attachments. Int J Med Res Heal Sci. 2018;7(11):115.
53. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. Vol. 85, Angle Orthodontist. Allen Press Inc.; 2015. p. 881–9.
54. Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. J Orthod [Internet]. 2016 [cited 2020 Aug 20];43(1):68–76. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/1465313315Y.0000000004
55. Garino F, Castroflorio T, Daher S, Ravera S, Rossini G, Cugliari G, et al. Effectiveness of composite attachments in controlling upper-molar movement with aligners. J Clin Orthod. 2016;50(6):341–7.
56. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. Prog Orthod. 2016;17(1):1–9.
57. Elkholy F, Mikhaiel B, Repky S, Schmidt F, Lapatki BG. Effect of different attachment geometries on the mechanical load exerted by PET-G aligners during derotation of mandibular canines. J Orofac Orthop der Kieferorthopaedie. 2019;80(6):315–26.

58. Goto M, Yanagisawa W, Kimura H, Inou N, Maki K. A method for evaluation of the effects of attachments in aligner-type orthodontic appliance: Three-dimensional finite element analysis. Orthod Waves. 2017;76(4):207–14.
59. Kim W-H, Hong K, Lim D, Lee J-H, Jung YJ, Kim B. Optimal position of attachment for removable thermoplastic aligner on the lower canine using finite element analysis. Materials (Basel). 2020;13(15):3369.
60. Cai Y, He B, Yang X, Yao J. Optimization of configuration of attachment in tooth translation with transparent tooth correction by appropriate moment-to-force ratios: Biomechanical analysis. Biomed Mater Eng. 2015;26(s1):S507–17.
61. Higley LB. Anchorage in orthodontics. Am J Orthod. 1969;55(6):791–4.
62. Mantovani E, Castroflorio E, Rossini G, Garino F, Cugliari G, Deregibus A, et al. Scanning electron microscopy analysis of aligner fitting on anchorage attachments. J Orofac Orthop der Kieferorthopaedie. 2019;80(2):79–87.
63. Sheridan JJ, Hilliard K, Armbruster P. Essix appliance technology:: applications, fabrication, and rationale. na; 2003.
64. Sheridan JJ. Essix appliances: minor tooth movement with divots and windows. J Clin Orthod. 1994;28:659–63.
65. Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. J Clin Orthod. 2000;34(4):203–12.
66. Lagravère MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: A systematic review. J Am Dent Assoc Kübra/Desktop/The Treat Eff ınvısalıgn Sist derleme.pdfon. 2005 Dec 1;136(12):1724–9.
67. Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT. Orthodontic Tooth Movement with Clear Aligners. ISRN Dent. 2012;2012:1–7.
68. Baldwin DK, King G, Ramsay DS, Huang G, Bollen A-M. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: premolar extraction patients. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2008;133(6):837–45.
69. Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: ability to complete treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2003;124(5):496–501.

70. Schuster S, Eliades G, Zinelis S, Eliades T, Bradley TG. Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2004;126(6):725–8.
71. Kim TW, Park JH. An aesthetic orthodontic treatment option: fabrication and applications. Dent Today. 2008;27(7):132–4.
72. Kim TW. Illustrated Clear Aligner Fabrication Procedure. Seoul: Myungmun. 2007;141–51.
73. Runkel C, Güth J-F, Erdelt K, Keul C. Digital impressions in dentistry—accuracy of impression digitalisation by desktop scanners. Clin Oral Investig. 2020;24(3):1249–57.
74. ÇAĞLAR İ, DUYMUŞ ZY, Sabit A. Diş hekimliğinde kullanilan ölçü sistemlerinde güncel yaklaşimlar: Dijital ölçü. Atatürk üniversitesi diş Hekim fakültesi Derg. 2015;25:135–40.
75. Perelmuter MJ. The aligner treatment chart. J Clin Orthod JCO. 2007;41(4):217.
76. Craig RG. Review of dental impression materials. Adv Dent Res. 1988;2(1):51–64.
77. Geng J. Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. Adv Opt Photonics. 2011;3(2):128–60.
78. Hong-Seok P, Chintal S. Development of high speed and high accuracy 3D dental intra oral scanner. Procedia Eng. 2015;100:1174–81.
79. Madhoo A. A comparison of three types of orthodontic study models. 2020;
80. Abad-Coronel C, Valdiviezo OP, Naranjo OB. Intraoral scanning devices applied in fixed prosthodontics. Acta Sci Dent Sci. 2019;3(7):44–51.
81. Peffley-Routt T. The Advantage of digital dentistry. Gd Val State Univ. 2018;
82. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. Orthod Craniofac Res. 2011;14(1):1–16.
83. İki Farklı Ağız İçi Tarayıcıdan Elde Edilen Dijital Modellerin Doğruluğu: Bir In Vivo Çalışması - ProQuest Dissertations & Theses Global - ProQuest [Internet]. [cited 2020 Dec 8]. Available from: https://sbu.proxy.deepknowledge.io/MuseSessionID=0210y3rck/MuseProtoco

l=https/MuseHost=search.proquest.com/MusePath/pqdtglobal/docview/2125081202/abstract/CEFF463D69F94483PQ/69?accountid=45182

84. Flügge T V, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2013;144(3):471–8.
85. Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. Prog Orthod. 2015;16(1):1–6.
86. Sason GK, Mistry G, Tabassum R, Shetty O. A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An in vivo study. J Indian Prosthodont Soc. 2018;18(2):108.
87. Williams LD. Additive manufacturing or 3d scanning and printing. Manuf Eng Handbook New York McGraw-Hill. 2015;
88. Groth C, Kravitz ND, Jones PE, Graham JW, Redmond WR. Three-dimensional printing technology. J Clin Orthod. 2014;48(8):475–85.
89. Zhou Z, Buchanan F, Mitchell C, Dunne N. Printability of calcium phosphate: calcium sulfate powders for the application of tissue engineered bone scaffolds using the 3D printing technique. Mater Sci Eng C. 2014;38:1–10.
90. Zaharia C, Gabor A-G, Gavrilovici A, Stan AT, Idorasi L, Sinescu C, et al. Digital dentistry-3D printing applications. J Interdiscip Med. 2017;2(1):50–3.
91. Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital dental models: is photogrammetry an alternative to dental extraoral and intraoral scanners? Dent J. 2022;10(2):24.
92. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A review of 3D printing in dentistry: Technologies, affecting factors, and applications. Scanning. 2021;2021.
93. Kasparova M, Grafova L, Dvorak P, Dostalova T, Prochazka A, Eliasova H, et al. Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D digital study models. Biomed Eng Online. 2013;12(1):1–11.
94. Penchev P. Digitally designed casting ring and sprue system-a contemporary approach to the casting process in dentistry. Arch Mater Sci Eng. 2023;119(1):31–41.
95. Schwartz DA, Sheridan JJ. Thermoformed plastic dental retainer and method of

construction. Google Patents; 1997.

96. Juneja M, Thakur N, Kumar D, Gupta A, Bajwa B, Jindal P. Accuracy in dental surgical guide fabrication using different 3-D printing techniques. Addit Manuf. 2018;22:243–55.
97. Jindal P, Juneja M, Bajaj D, Siena FL, Breedon P. Effects of post-curing conditions on mechanical properties of 3D printed clear dental aligners. Rapid Prototyp J. 2020;26(8):1337–44.
98. Brezniak N. The Clear Plastic ApplianceA Biomechanical Point of View. Angle Orthod. 2008 Mar 1;78(2):381–2.
99. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. Orthodontics-e-book: current principles and techniques. Elsevier Health Sciences; 2016.
100. Kohda N, Iijima M, Muguruma T, Brantley WA, Ahluwalia KS, Mizoguchi I. Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. Angle Orthod. 2013;83(3):476–83.
101. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region Were the predicted tooth movements achieved? Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht? J Orofac Orthop. 2012;73(5):365–76.
102. Tuncay OC. The invisalign system. Quintessence Publishing Company; 2006.
103. Kwon J-S, Lee Y-K, Lim B-S, Lim Y-K. Force delivery properties of thermoplastic orthodontic materials. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2008;133(2):228–34.
104. GÖKÇE K. Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg. 2005;2005(3):52–60.
105. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. Angle Orthod. 2015;85(6):934–40.
106. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Zandinejad A, Raigrodski AJ, Alonso Pérez-Barquero J. Best-Fit Algorithm Influences on Virtual Casts' Alignment Discrepancies. J Prosthodont. 2022;
107. Hirogaki Y, Sohmura T, Satoh H, Takahashi J, Takada K. Complete 3-D reconstruction of dental cast shape using perceptual grouping. IEEE Trans Med

Imaging. 2001;20(10):1093–101.
108. Karagöz Y. SPSS AMOS Meta Uygulamalı İstatistiksel Analizler. Güncellenmiş 2. Basım Nobel Akad Ankara. 2019;
109. Cleff T. Applied statistics and multivariate data analysis for business and economics: A modern approach using SPSS, Stata, and Excel. Springer; 2019.
110. Barton B, Peat J. Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal. John Wiley & Sons; 2014.
111. MacInnes J. An introduction to secondary data analysis with IBM SPSS statistics. Sage; 2016.
112. George D, Mallery P. IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference. Routledge; 2019.
113. Khosravi R, Cohanim B, Hujoel P, Daher S, Neal M, Liu W, et al. Management of overbite with the Invisalign appliance. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2017;151(4):691–9.
114. Barreda GJ, Dzierewianko EA, Muñoz KA, Piccoli GI. Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments. Acta Odontol Latinoam [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2023 Mar 3];30(2):90–5. Available from: https://europepmc.org/article/med/29248944
115. Chen W, Qian L, Qian Y, Zhang Z, Wen X. Comparative study of three composite materials in bonding attachments for clear aligners. Orthod Craniofacial Res [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2022 Jan 9];24(4):520–7. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ocr.12465
116. D'Antò V, Muraglie S, Castellano B, Candida E, Sfondrini MF, Scribante A, et al. Influence of Dental Composite Viscosity in Attachment Reproduction: An Experimental in Vitro Study. Mater 2019, Vol 12, Page 4001 [Internet]. 2019 Dec 2 [cited 2023 Jan 11];12(23):4001. Available from: https://www.mdpi.com/1996-1944/12/23/4001/htm
117. Yaosen C, Mohamed AM, Jinbo W, Ziwei Z, Al-Balaa M, Yan Y. Risk Factors of Composite Attachment Loss in Orthodontic Patients during Orthodontic Clear Aligner Therapy: A Prospective Study. Biomed Res Int. 2021;2021.
118. Nucera R, Dolci C, Bellocchio AM, Costa S, Barbera S, Rustico L, et al. Effects of Composite Attachments on Orthodontic Clear Aligners Therapy: A

Systematic Review. Mater 2022, Vol 15, Page 533 [Internet]. 2022 Jan 11 [cited 2023 Mar 6];15(2):533. Available from: https://www.mdpi.com/1996-1944/15/2/533/htm

119. Brown GB, Currier GF, Kadioglu O, Kierl JP. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2018;154(5):733–9.
120. Sherman SL, Kadioglu O, Currier GF, Kierl JP, Li J. Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2020;157(3):422–8.
121. Pereira ABN, Almeida RC, Marassi C, Quintão CCA, Felipe de Assis RC. Do low-cost 3-dimensional printers produce suitable dental models? Am J Orthod Dentofac Orthop. 2022;161(6):858–65.
122. Bayne SC, Thompson JY, Swift Jr EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. J Am Dent Assoc. 1998;129(5):567–77.
123. Choi KK, Ferracane JL, Hilton TJ, Charlton D. Properties of packable dental composites. J Esthet Restor Dent. 2000;12(4):216–26.
124. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. Dent Mater. 2011;27(1):29–38.
125. Lin S, Huang L, Li J, Wen J, Mei L, Xu H, et al. Assessment of preparation time and 1-year Invisalign aligner attachment survival using flowable and packable composites: A split-mouth clinical study. Angle Orthod [Internet]. 2021 Apr 13 [cited 2021 Apr 24];91(5):583–9. Available from: https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/doi/10.2319/063020-598.1/463910/Assessment-of-preparation-time-and-1-year
126. Weckmann J, Scharf S, Graf I, Schwarze J, Keilig L, Bourauel C, et al. Influence of attachment bonding protocol on precision of the attachment in aligner treatments. J Orofac Orthop der Kieferorthopaedie. 2020;81(1):30–40.
127. Nedelcu RG, Persson ASK. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. J Prosthet Dent. 2014;112(6):1461–71.

128. Irie M, Hatanaka K, Suzuki K, Watts DC. Immediate versus water-storage performance of Class V flowable composite restoratives. Dent Mater. 2006;22(9):875–83.
129. Cadenaro M, Marchesi G, Antoniolli F, Davidson C, Dorigo EDS, Breschi L. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. Dent Mater. 2009;25(5):649–54.
130. Steiner R, Edelhoff D, Stawarczyk B, Dumfahrt H, Lente I. Effect of dentin bonding agents, various resin composites and curing modes on bond strength to human dentin. Materials (Basel). 2019;12(20):3395.
131. Engelhardt F, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites: an in vitro analysis. Clin Oral Investig. 2016;20:2123–30.
132. Moraes RR, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L, Ogliari FA, Piva E, Petzhold CL. Preparation and evaluation of dental resin luting agents with increasing content of bisphenol-A ethoxylated dimethacrylate. J Biomater Appl. 2010;24(5):453–73.
133. Kawai K, Iwami Y, Ebisu S. Effect of resin monomer composition on toothbrush wear resistance. J Oral Rehabil. 1998;25(4):264–8.
134. Hassan WNW, Yusoff Y, Mardi NA. Comparison of reconstructed rapid prototyping models produced by 3-dimensional printing and conventional stone models with different degrees of crowding. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2017;151(1):209–18.

8 ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Kübra Yıldız

II- Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

SBÜ Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi (2019-2023)

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2012-2017)

Ankara Ayhan Sümer Anadolu Lisesi (2008-2012)

Ahmet Haşim İlköğretim Okulu (2000-2008)

III- Ünvanları (tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru)

Diş Hekimi (2012-2019)

Araştırma Görevlisi (2019-2023)

IV- Mesleki Deneyimi

Diş Hekimi (2012-2019)

Araştırma Görevlisi (2019-2023)

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Türk Ortodonti Derneği

Türk Aligner Derneği

VI- Bilimsel İlgi Alanları

Yayınları: (Ulusal ya da uluslararası makale, bildiri, poster, kitap/kitap bölümü vb.)

INSAC Scientific Researches in Healty, Chapter7,Ortodontik Tedavide Yeni Bir Yaklaşım: Şeffaf Plak Tedavisi

17.Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Uluslarası Sanal Kongresi,Sözlü Bildiri

VII- Bilimsel Etkinlikleri

Aldığı burslar

Ödüller

Projeleri

Verdiği konferans ya da seminerler

Katıldığı paneller (panelist olarak)

VIII- Diğer Bilgiler

Eğitim programı haricinde aldığı kurslar ve katıldığı eğitim seminerleri

Organizasyonunda katkıda bulunduğu bilimsel toplantılar

Diğer üyelikleri