T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE SAĞLIK BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİNDE KULLANILAN SNOW-PLOW TEKNİĞİNİN, ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE ATAŞMAN YAPIMINDAKİ ETKİNLİĞİNİN UYGULAMA SÜRESİ VE UYGULAMA HASSASİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uzm. Dt. Gizem DEMİR

Ortodonti Ana Bilim Dalı
Ortodonti Doktora Programı

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE SAĞLIK BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİNDE KULLANILAN SNOW-PLOW TEKNİĞİNİN, ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE ATAŞMAN YAPIMINDAKİ ETKİNLİĞİNİN UYGULAMA SÜRESİ VE UYGULAMA HASSASİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uzm. Dt. Gizem DEMİR

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ

Ortodonti Ana Bilim Dalı
Ortodonti Doktora Programı

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

TEZ KABUL ONAYI

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.

Uzm. Dt. Gizem DEMİR

9 Temmuz 2024

ÖZET

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİNDE KULLANILAN SNOW-PLOW TEKNİĞİNİN, ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE ATAŞMAN YAPIMINDAKİ ETKİNLİĞİNİN UYGULAMA SÜRESİ VE UYGULAMA HASSASİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu tez çalışmasının amacı, şeffaf plak tedavilerinde kullanılan ataşmanların üretiminde restoratif diş tedavisinde kullanılan 'snow-plow' yönteminin etkinliğini, manipülasyon süresi ve 3 boyutlu olarak tasarlanmış rehber ataşman modelinden aktarım hassasiyeti açısından değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada kullanılacak dijital model için fantom model, 3B Tarayıcı taranarak elde edilmiştir. Ön hizalama ve ana hizalama optimizasyonu amacıyla modeldeki ataşman uygulaması yapılacak diş üzerine üçgen prizma şeklinde referans geometrisi 3B modelleme yazılımı kullanılarak eklenmiştir. Birinci premolar dişin bukkal yüzeylerine dikdörtgen, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlar yerleştirilmiştir. Ataşmanlı model tasarımı tamamlandıktan sonra hem ataşmanlı modeller hem de ataşman uygulaması yapılacak ataşmansız modeller 3B yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Ataşmanlı modeller plak üretimi öncesinde tekrar taranarak dijital ortama aktarılmıştır. Üretilen ataşmanlı modeller üzerinde ataşman plakları termoplastik plak üretici kullanılarak üretilmiştir. Ataşmansız modeller üzerinde, tüm gruplarda aynı bağlayıcı ajan kullanılarak, aynı uygulama prosedürü ile gerçekleştirilmiştir. Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit (G) ve düşük viskoziteli akışkan kompozitlerle (A) iki gruba doğrudan uygulama yapılmıştır. Snow-plow (S1) uygulamasında ataşman haznesi önce düşük viskoziteli akışkan kompozit enjekte edilmiştir. Bu kompozit, polimerize edilmeden üzerine yüksek viskoziteli geleneksel kompozit eklenmiştir. Modifiye snow-plow (S2) tekniğinde, ataşman haznesine önce yüksek viskoziteli geleneksel kompozit uygulanmış ve üzerine polimerize edilmeden düşük viskoziteli akışkan kompozit eklenmiştir. Polimerizasyon tüm gruplarda aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Manipülasyon süreleri dijital kronometre ile kaydedilmiştir. Ataşman uygulaması tamamlanmış olan modeller ve 3B ağız içi tarayıcı ile taranarak dijital ortama aktarılmıştır. 3B inceleme ve kontrol yazılımı ile

ön hizalama, ana hizalama ve 3B yüzey karşılaştırması yapılmıştır. Yüzey sapmasını gösteren “sigma”, yüzeyler arası mesafelerin ortalamasını gösteren “aritmetic mean” ve ataşman tasarımına özel olarak belirlenen noktalardan “deviation label” ölçümleri kaydedilmiştir. İstatistiksel analizde normal dağılım gösteren verilerde tek yönlü varyans analizi ve Tukey ikili karşılaştırma tesleri, normal dağılım göstermeyen verilerde Kruskal Wallis ve DSCF (Dwass, Steel, Critchlow-Fligner) ikili karşılaştırma testleri kullanılmıştır.

Bulgular: Uygulama süresi açısından tüm ataşman tasarımlarında yapım yöntemleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ve düşük viskoziteli kompozitin en düşük uygulama süresine sahip olduğu bulgulanmıştır (Dikdörtgen ataşman; DV=9,82±4.24, YV=18,84±0,67 S1=15,38±0,625, S2=18,79±0,563, p <0.001, Elipsoid Ataşman; DV=9,82±4.24, YV=18,84±0,67 S1=15,38±0,625, S2=18,79±0,563, p <0.001, Özelleştirilmiş ataşman; DV=7,54±0,643, YV=16,84±0,493 S1=13,48±0,668, S2=16,37±0,452, p <0.001). 3B dijital karşılaştırma verilerine göre toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümleri açısından, tüm ataşman tasarımlarında yapım yöntemleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ve en düşük sigma değerlerinin S1 grubuna aittir. (Dikdörtgen ataşman; A=0,147±0,023, G=0,148±0,017, SP 1=0,08±0,023, SP 2=0,14±0,016 p <0.001, Elipsoid ataşman; A= 0,073±0,012, G=0,085±0,011, S1=0,071±0,013, S2=0,075±0,021 p <0.001, Özelleştirilmiş ataşman; A=0,078±0,015, G=0,096±0,013, S1=0,073±0,015, S2=0,082±0,019 p =0,014).

Sonuç: S1 yöntemi en düşük sigma değerlerine sahip olmasıyla öne çıkmıştır. Özellikle dikdörtgen ataşman tasarımında yöntemin üstünlüğü belirgindir. Uygulama süresi açısından ise en iyi sonuçlar viskozitesi düşük kompozit uygulaması ile elde edilmiştir. Snow-plow 1 yöntemi, özellikle yüzey ayrıntıları olan ataşmanların yapımında etkili bir yöntem olabilir. Restoratif bir yöntem olan snow-plow, ortodonti pratiğinde ataşman yapımında kullanılabilir ve sonuçları iyileştirebilir.

Anahtar Kelimeler: Ataşman, Ataşman Doğruluğu, Manipülasyon süresi Şeffaf plak tedavisi, Snow-plow yöntemi, 3B hizalama

Bilim Kodu: 10101.04

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE SNOW-PLOW TECHNIQUE USED IN RESTORATIVE DENTISTRY FOR ATTACHMENT PRODUCTION IN CLEAR ALIGNER TREATMENT: MANIPULATION TIME AND REPRODUCTION PRECISION

Aim: The aim of this study is to evaluate the effectiveness of the 'snow-plow' technique, commonly used in restorative dentistry, in attachment reproduction in terms of manipulation time and precision of transferring the attachment shape from the 3D-designed guide attachment model.

Materials and Methods: For the digital model used in this study, a phantom model was scanned with a 3D Scanner (iTERO; Align Technologies, San Jose, California). To optimize pre-alignment and primary alignment, a triangular prism-shaped reference geometry was added to the tooth surface where the attachment would be applied using 3D modeling software. Rectangular, ellipsoid, and customized attachments were placed on the buccal surfaces of the first premolar teeth. After completing the attachment model design, both the attachment models and the models without attachments were produced using a 3D printer. The attachment models were rescanned before aligner production to transfer them back to the digital environment. Thermoplastic aligner manufacturers produced attachment plates on the fabricated attachment models. On the models without attachments, direct application was performed in two groups using high-viscosity (HV) and low-viscosity (LV) composites with the same bonding agent and application procedure. In the snow-plow (S1) technique, a small amount of low-viscosity composite was injected into the attachments' reservoirs. Before polymerization, high-viscosity composite was added on top. In the modified snow-plow (S2) technique, high-viscosity composite was first applied to the attachments' reservoirs, and then low-viscosity composite was added before polymerization. Polymerization was performed according to same procedure in all groups. Manipulation times were recorded with a digital stopwatch. The completed attachment models were scanned with a 3D intraoral scanner and transferred to the digital environment. Pre-alignment, main alignment and 3D surface comparison were

performed with 3D inspection and control software. Measurements of surface deviation ("sigma"), the average distance between surfaces ("arithmetic mean"), and point deviations ("deviation label") specific to the attachment design were recorded. For statistical analysis, one-way ANOVA and Tukey's post hoc tests were used for normally distributed data, while Kruskal-Wallis and DSCF (Dwass, Steel, Critchlow-Fligner) post hoc tests were used for non-normally distributed data.

Results: Regarding application duration, the differences between the construction methods for all attachment designs were statistically significant, with low-viscosity composite showing the shortest application time (Rectangular attachment; LV=9.82±4.24, HV=18.84±0.67, S1=15.38±0.625, S2=18.79±0.563, $p<0.001$, Ellipsoid Attachment; LV=9.82±4.24, HV=18.84±0.67, S1=15.38±0.625, S2=18.79±0.563, $p<0.001$, Customized attachment; LV=7.54±0.643, HV=16.84±0.493, S1=13.48±0.668, S2=16.37±0.452, $p<0.001$). According to the 3D digital comparison data, the differences between the construction methods for all attachment designs in terms of total surface deviation ("sigma") were statistically significant, with the S1 group showing the lowest sigma values (Rectangular attachment; LV=0.147±0.023, HV=0.148±0.017, S1=0.08±0.023, S2=0.14±0.016, $p<0.001$, Ellipsoid attachment; LV=0.073±0.012, HV=0.085±0.011, S1=0.071±0.013, S2=0.075±0.021, $p<0.001$, Customized attachment; LV=0.078±0.015, HV=0.096±0.013, S1=0.073±0.015, S2=0.082±0.019, $p=0.014$).

Conclusion: The snow-plow method stood out for having the lowest total surface deviation values. The superiority of this technique is particularly evident in the rectangular attachment design. In terms of application duration, the best results were obtained with the low-viscosity composite application. The S1 technique could be an effective method for attachment reproduction, especially for attachments with detailed surface features. The snow-plow method, can be used in orthodontic practice for attachment reproduction and may improve outcomes.

Keywords: Attachment, Attachment Accuracy, Clear aligner treatment, Manipulation time, Snow-plow technique, 3D alignment

Science code: 10101.04

TEŞEKKÜR

Ortodonti Doktora Programına başladığım ilk günden beri bilgisini, deneyimini, desteğini ve emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen, en kıymetli rehberim, çok sevgili hocam ve Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ'ye,

Engin bilgi birikimiyle ve özgün bakış açısıyla bana her zaman yol gösteren ve ışık tutan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan Serhat DURAN'a,

Teşvik edici ve öğretici yaklaşımıyla bana her zaman yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Kübra Gülnur TOPSAKAL'a,

Doktora eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Berat Serdar AKDENİZ'e, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Perihan DALGALI EVLİ'ye ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şule GÖKMEN'e,

Birlikte çalışmaktan çok mutlu olduğum tüm asistan arkadaşlarım, tüm uzman arkadaşlarım ve diğer tüm bölüm çalışanlarına,

Tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım her kararda beni cesaretlendiren ve destekleyen, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim canım annem Zeynep BOZTAŞ ve canım babam Ali BOZTAŞ'a,

Tanıştığım günden beri en büyük destekçim olan, hem özel hem akademik hayatımda bana her zaman inanan ve beni cesaretlendiren, her koşulda yanımda olduğunu hissetmekten mutluluk duyduğum yol arkadaşım, sevgili eşim Haydar Furkan DEMİR'e,

Doğduğu günden beri hayatıma anlam ve renk katan, geleceğinin aydınlık olması için çabalamaktan bir an olsun vazgeçmeyeceğim ve bu zorlu doktora programım süresince bana hep motivasyon kaynağı olan sevgili kızım Selin Dora DEMİR'e,

Sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Gizem Demir

Temmuz 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xii**
ÇİZELGELERİN LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİLLERİN LİSTESİ ..... **xv**
RESİMLERİN LİSTESİ ..... **xvi**
1.GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2.GENEL BİLGİLER **5**
2.1.ŞEFFAF PLAKLARIN TARİHÇESİ 5
2.2.ŞEFFAF PLAKLARIN ÜRETİM SÜRECİ 6
2.2.1. Dijital Model Elde Etme Yöntemleri 7
2.2.2. 3B Ortodontik Tedavi Planlama Yazılımları 10
2.2.3. Şeffaf Plak Üretim Yöntemleri 12
2.2.4. Şeffaf Plak Üretiminde 3B Yazıcılar 14
2.2.5. Postcuring Süreci ve Biyouyumlu Reçinelerin Optimize Edilmesi 16
2.3.ŞEFFAF PLAK MATERYALLERİ 18
2.3.1. Termoplastik Polimerler 18
2.3.2. Polimer Karışımları 19
2.3.3. 3B Baskı ile Üretilen Şeffaf Plak Materyalleri 19
2.4.ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN SİSTEMLER 20
2.4.1. Invisalign 20
2.4.2. ClearCorrect 21
2.4.3. 3M Clarity Aligners 21
2.4.4. Suresmile 22
2.4.5. OrthoCaps 22
2.4.6. Byte 23
2.5.ŞEFFAF PLAKLARIN BİYOMEKANİĞİ 23

2.5.1. Şekil Kalıp Etkisi 23
2.5.2. Yardımcı Elemanlar 24
2.6. ŞEFFAF PLAK TEDAVİLERİNDE ATAŞMANLAR 25
2.6.1. Şeffaf Plak Tedavilerinde Kullanılan Ataşmanların Şekillerine Göre Sınıflandırılması 25
2.6.2. Özelleştirilmiş Ataşmanlar 26
2.6.3. Ataşman Yapımında Kullanılan Materyaller 27
2.6.4. Akışkan Kompozitler (Düşük Viskoziteli Kompozitler) 30
2.6.5. Restorasyon Yapım Teknikleri ve Ataşman Yapımında Kullanımları 33
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER 37
3.1.3B MODELLERİN VE ATAŞMAN PLAKLARININ ÜRETİMİ 40
3.2. ATAŞMAN UYGULAMALARI 46
3.3. ATAŞMAN YÖNTEMİNİN 3B İNCELEME VE KONTROL YAZILIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ 50
3.4.İSTATİSTİKSEL ANALİZ 55
4. BULGULAR 57
4.1.UYGULAMA SÜRELERİNİN YAPIM YÖNTEMİNE VE ATAŞMAN TASARIMINA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASINA AİT BULGULAR 57
4.2.ATAŞMAN YAPIM YÖNTEMLERİNE GÖRE ATAŞMANLARIN 3B YÜZEY KARŞILAŞTIRMASI SAPMA DEĞERLERİNE AİT BULGULAR 66
4.2.1. Dikdörtgen Ataşman 68
4.2.2. Elipsoid Ataşman 78
4.2.3. Özelleştirilmiş Ataşman 88
4.3.ATAŞMAN YAPIM YÖNTEMİ İÇERİSİNDE 3B NOKTA KARŞILAŞTIRMA ÖLÇÜMLERİNE AİT BULGULAR 98
4.3.1. Dikdörtgen Ataşman 98
4.3.2. Elipsoid Ataşman 101
5. TARTIŞMA 113
5.1.AMACIN TARTIŞILMASI 113
5.2.YÖNTEMİN TARTIŞILMASI 116
5.2.1. Intraoral Tarayıcı 116

5.2.2. Ataşman Seçimi ve Modele Eklenmesi 116
5.2.3. Modele Referans Geometrisi Eklenmesi 118
5.2.4. Model Seçimi 119
5.2.5. Üç Boyutlu Model Üretim Süreci 120
5.2.6. Plak Üretim Süreci 121
5.2.7. Restoratif Materyal Seçimi ve Uygulama Yöntemleri 123
5.2.8. Yapım Süresi Ölçümü 127
5.2.9. 3B Yüzey Karşılaştırması Sapma Ölçümleri 127
5.3. BULGULARIN TARTIŞILMASI 132
5.3.1. Uygulama Süresi 132
5.3.2. Ataşman Aktarım Hassasiyeti 135
5.4. ÇALIŞMADA ÖNE ÇIKAN HUSUSLAR 147
5.5. ÇALIŞMANIN SINIRLAMALARI 148
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 151
7. KAYNAKLAR 153
8. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ 170

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B: 3 boyutlu

mm: milimetre

.stl: Stereolitografi

CAD: Bilgisayarlı Tasarım

CBCT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

IPR: İnterproksimal redüksiyon

SLA: Stereolitografi

DLP: Dijital Işık İşleme

UV: Ultraviyole

FDM: Fused Deposition Modeling

PET: Polietilene Terefitalat

PETG: Polietilene Terefitalat Glikol

TPU: Termoplastik Poliüretan

ICC: Intraclass Correlation Coefficient

CI: Güven Aralığı

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 3.1 Çalışma sürecinde kullanılan sarf malzemelerin içerikleri ve kullanım alanları 38

Çizelge 3.2 Çalışma sürecinde kullanılan ekipmanlar ve kullanım alanları 39

Çizelge 3.3 Çalışma Sürecinde Kullanılan Yazılımlar ve Kullanım Alanları ... 39

Çizelge 3.4 3B Tasarlanan Model ve Ataşmansız / Dikdörtgen / Elipsoid/ Özelleştirilmiş Ataşmanlı Modeller Arası Tutarlılık (3-3 ve 7-7 Arası Ölçümler) 56

Çizelge 4.1 Ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmaları 57

Çizelge 4.2 Ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre gruplar arası Tukey İkili Karşılaştırmaları 59

Çizelge 4.3 Ataşmanlara göre, yöntemlerin yapım sürelerinin tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmaları 62

Çizelge 4.4 Yöntemlerin uygulama sürelerinin, ataşmanlara göre göre gruplar arası Tukey İkili Karşılaştırmaları 63

Çizelge 4.5 3B Yüzey karşılaştırması Ölçümlerinin değerlendirici içi ICC Değerleri 67

Çizelge 4.6 Dikdörtgen ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları 71

Çizelge 4.7 Dikdörtgen ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları 73

Çizelge 4.8 Elipsoid ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları 81

Çizelge 4.9 Elipsoid ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları 83

Çizelge 4.10 Özelleştirilmiş ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA / Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları..... 91

Çizelge 4.11 Özelleştirilmiş ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları 93

Çizelge 4.12 Dikdörtgen ataşman nokta yüzey karşılaştırması ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları 99

Çizelge 4.13 Elipsoid ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları 102

Çizelge 4.14 Elipsoid ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin, gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları 104

Çizelge 4.15 Özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları 107

Çizelge 4.16 Özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin, gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları 109

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1 Rezin kompozitlerin sınıflandırılması 29
Şekil 3.1 Deney grupları ve örnek sayıları 37
Şekil 3.2 Çalışma sürecinin iş akışı şeması 38
Şekil 4.1 Ataşman yapım yöntemlerinin uygulama süresinin tanımlayıcı grafikleri 61
Şekil 4.2 Yöntemlere göre farklı ataşman tasarımlarının yapım sürelerinin tanımlayıcı grafikleri 65
Şekil 4.3 Dikdörtgen ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri 77
Şekil 4.4 Dikdörtgen ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri . 78
Şekil 4.5 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri. 87
Şekil 4.6 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri . 88
Şekil 4.7 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri. 97
Şekil 4.8 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri 98
Şekil 4.9 Dikdörtgen ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri 101
Şekil 4.10 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri 106
Şekil 4.11 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri. 112

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 3.1 Referens geometrik yapı eklenmiş 3B model 40
Resim 3.2 Dikdörtgen ataşmanın 3B tasarımı 41
Resim 3.3 Elipsoid ataşmanın 3B tasarımı 41
Resim 3.4 Özelleştirilmiş ataşmanın 3B tasarımı 42
Resim 3.5 Modellerin yazıcı tablasındaki konumları 42
Resim 3.6 Çalışmada kullanılan 3B baskı ayarları 43
Resim 3.7 3B model üretimi 44
Resim 3.8 Üretilen ataşmansız ve ataşmanlı modellerdeki birinci premolar diş bukkal yüz görünümü 45
Resim 3.9 Üçgen prizma referans geometrisinin 3B üretilmiş model üzerindeki görseli 45
Resim 3.10 Ataşman rehber plak üretimi 46
Resim 3.11 Snow-plow 1 yönteminin uygulama aşamaları 48
Resim 3.12 Snow-plow 2 yönteminin uygulama aşamaları 49
Resim 4.1 Düşük viskoziteli kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 68
Resim 4.2 Yüksek viskoziteli kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 68
Resim 4.3 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 69
Resim 4.4 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 70
Resim 4.5 Düşük viskoziteli akışkan kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 79
Resim 4.6 Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 79
Resim 4.7 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 80
Resim 4.8 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 80

Resim 4.9 Düşük viskoziteli akışkan kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 89
Resim 4.10 Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 89
Resim 4.11 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 90
Resim 4.12 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri 90

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ortodonti alanı, diş ve çene yapılarının ideal konumlarına getirilmesi amacıyla çeşitli tedavi yöntemlerini kapsayan bir diş hekimliği dalıdır. Bu alanda, geleneksel olarak metal braketler gibi sabit ortodontik aygıtlar tercih edilmekle birlikte, son yıllarda estetik kaygılar nedeniyle erişkin hastalar arasında metal braketlerin görünümüne alternatif tedavi seçenekleri giderek popülerlik kazanmıştır. Bu kapsamda, plastik, polikarbonat, vinil, seramik braketler ve teflon kaplı teller gibi materyaller, metal braketlerin yerini almak üzere tasarlanmıştır. Ancak, bu alternatiflerin her biri, hastaların estetik beklentilerini tam olarak karşılayamamıştır. Bu durum, estetik odaklı hastalar için lingual braketler ve şeffaf plaklar gibi daha yenilikçi tedavi yöntemlerine yönelimi artırmıştır. Özellikle lingual braketlerin teknik zorlukları ve yüksek maliyeti, şeffaf plak tedavisinin daha geniş bir hasta kitlesi tarafından tercih edilmesine yol açmıştır. Ayrıca, 3B (3 Boyutlu) baskı teknolojilerinin gelişimi, şeffaf plak tedavisinin diş hareketlerini daha öngörülebilir kılarken, bu yöntem kendini ortodontik tedavide güçlü bir alternatif olarak konumlandırmıştır. Bununla birlikte, şeffaf plaklar geleneksel braket sistemlerine kıyasla bazı kompleks diş hareketlerini gerçekleştirme konusunda sınırlamalara sahip olabilir (1–3).

Materyalin esnekliği, ortodontik tedavide kullanılan şeffaf plakların kuvvet uygulamasında karşılaştığı önemli bir zorluktur. Bu esneklik, uygulanan kuvvetin yönünde farklılıklara yol açabilir ve bazen plakların dişleri tam olarak sarmamasına sebep olabilir. Bu durum, planlanan diş hareketlerinin tam olarak gerçekleşmemesine neden olabilir ve tedavinin istenilen sonuçları elde etmesi için ek mekanik uygulamalara ihtiyaç duyulabilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için "ataşmanlar" olarak bilinen kompozit yapılar geliştirilmiştir. Ataşmanlar, şeffaf plak tedavisinde kullanılan özel kompozit malzemelerden yapılan küçük çıkıntılardır. Bu çıkıntılar doğrudan dişin yüzeyine uygulanır ve şeffaf plakların dişler üzerinde daha etkili bir kuvvet uygulamasını sağlar. Ataşmanların amacı, plakların dişleri daha iyi kavramasını ve özellikle rotasyon ve intrüzyon gibi daha karmaşık hareketlerini daha etkin bir şekilde gerçekleştirebilmesini sağlamaktır. Bu sayede, plakların sınırlı kuvvet uygulama kapasitesi önemli ölçüde artırılmış olur. Ataşmanların şekli ve konumu,

tedavi planına ve hedeflenen diş hareketlerine göre özel olarak tasarlanır. Böylece, şeffaf plak tedavisinin etkinliği artırılırken, hastanın estetik kaygıları da en düşük seviyede tutulur. Ataşmanlar, şeffaf plak tedavisinin daha geniş bir yelpazedeki ortodontik sorunları çözmesine olanak tanırken, tedavinin tahmin edilebilirliğini ve başarısını da önemli ölçüde artırmaktadır (2,4,5).

Şeffaf plaklarla gerçekleştirilen ortodontik tedavilerin başarısında, diş yüzeylerine uygulanan ataşmanların doğruluğu ve hassasiyeti kritik bir rol oynamaktadır. Bu ataşmanlar, diş hareketlerini doğru yönlendirebilir ve tedavi sürecini iyileştirebilir. Ataşmanlar ile kompozit malzeme kullanılarak dişin yüzey şekli değiştirilir. Ataşmanlar bu şekilde planlanan ortodontik hareketlerin gerçekleşmesine yardımcı olur (6). Ortodonti alanında ataşmanların uygulanmasında da karşılaşılabilecek zorluklar, restoratif diş hekimliğinde kompozit malzemelerin uygulanmasındaki zorluklarla benzerlik gösterebilir. Ortodonti alanında ataşmanların uygulanmasında da karşılaşılabilir. Restorasyon yapımındaki zorluklar, büyük oranda kullanılan materyalin özelliklerine ve restorasyon yapım tekniğine bağlıdır. Kompozit materyalin özellikleri doldurucu oranına, viskozitesine ve kompozitin kimyasal yapısına gibi etmenlere bağlı olabilmektedir. Bulk-fill, akışkan veya geleneksel tepilebilir kompozitler gibi farklı özelliklere sahip materyaller, materyalin özelliklerine bağlı restorasyon yapımı ile ilgili zorlukların giderilmesinde farklı avantajlar sunmaktadır (7). Ortodontide ataşman yapımındaki klinik iyileştirmeleri araştıran mevcut literatürün, büyük ölçüde kompozit materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerine yoğunlaştığı görülmektedir (6,8,9). Ancak, restorasyon yapım yöntemi de restorasyonun başarısında önemli etkilere sahiptir. Restoratif diş tedavisinde kullanılan kompozit malzemelerin diş yüzeyine uygulanmasında hava kabarcıklarının oluşumunu önlemek ve daha iyi marjinal adaptasyon sağlamak için kullanılan tekniklerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyan çeşitli çalışmalar, ataşman yapım sürecinde de önemli modifikasyonlar yapılmasına olanak tanıyabilir. Bu bağlamda, ataşmanların uygulanmasında kullanılan tekniklerin kompozit malzemelerin diş yüzeye yayılımını sağlamak ve marjinal uyumunu iyileştirmek için modifiye edilmesi mümkündür. Bu modifikasyonlar, 3B planlanan ataşmanların diş yüzeyine daha etkin bir şekilde aktarılmasını ve böylece şeffaf plak tedavisi sırasında istenilen diş hareketlerinin daha başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayabilir.

Bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, şeffaf plak tedavilerinde diş hareketlerinin yönlendirilmesi amacıyla kullanılan ataşmanların yapımında, restoratif diş hekimliğinde kullanılan ‘snow-plow’ tekniğinin uygulama hassasiyetini ve manipülasyon süresini, geleneksel yöntemlerle karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çalışma, rehber plaklar kullanılarak diş yüzeylerine yerleştirilen ataşmanların, 3B olarak tasarlanmış ataşman modellerinden aktarım hassasiyetini değerlendirerek, bu yöntemin klasik yöntemlere göre avantajlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda, restoratif diş hekimliğinde kullanılan ‘snow-plow’ yönteminin, ortodonti pratiğine uyarlanmasını ve bu alandaki potansiyel yararlarını araştırmayı hedeflemektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. ŞEFFAF PLAKLARIN TARİHÇESİ

Şeffaf plaklar, modern ortodontide estetik ve konforu ön planda tutan bir tedavi yöntemi olarak son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Ancak bu yenilikçi tedavi yönteminin kökleri, 1940'lara kadar uzanmaktadır. Harold Kesling, 1946 yılında "Diş Konumlandırıcı" adını verdiği ve siyah volkanitten üretilen bir aparey ile şeffaf plakların temelini atmıştır. Takip eden yıllarda, 1964'te Nahoum tarafından tanıtılan ilk şeffaf termoplastik aparey bu teknolojiyi bir adım daha ileriye taşınmıştır (2).

1971 yılında Ponitz'in vakumla şekillendirilen "görünmez" plakları tanıtması, ortodontik tedavide yeni bir dönemi başlatmıştır. Bu plaklar, tedavinin sonlandırılması ve retansiyon fazında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. 1980'lerin ortasında ise McNamara, Biostar cihazı ve 1 mm kalınlığındaki Biocyrl malzemesi kullanarak, bu plakların retansiyon amaçlı kullanımını önermesi bu teknolojiyi bir adım daha ileriye taşımıştır. 1993 yılında Sheridan tarafından tanıtılan 0.76 mm. kalınlığındaki “Essix” plağı, pozitif hava basıncı ve ısı kullanılarak şekillendirildikten sonra kalınlığını 0.38 mm. kadar düşürebilen bir malzeme olarak, ortodontik retansiyon amacıyla kullanılmıştır (2,10,11).

1990'ların sonlarına doğru 3B yazıcı teknolojisindeki ilerlemeler ve dijital tarama tekniklerinin geliştirilmesi, şeffaf plak tedavisinde devrim yaratmıştır (10). Bu teknolojik atılımlar, tedavi planlamasının dijital ortamda yapılmasını, böylece hastanın ağız yapısına mükemmel uyum sağlayan, adım adım tedavi sürecini destekleyen kişiselleştirilmiş şeffaf plakların üretilmesini mümkün kılmıştır. Align Technology'nin Invisalign sistemini piyasaya sürmesi, bu alandaki en önemli kilometre taşlarından biridir. Bu sistem, hastanın diş hareketlerini bilgisayar ortamında tasarlayarak ve doku cevabını öngörerek, her bir hareket aşaması için özel olarak tasarlanmış bir dizi şeffaf plak kullanımını içerir. Her plak, dişleri belirli bir yönde ve miktarda hareket ettirmek için tasarlanmıştır. Plaklar, tedavi planına uygun olarak sırayla değiştirilir. Bu sayede, geleneksel braketlere kıyasla daha estetik, daha rahat ve kullanıcı tarafından çıkarılabilir bir alternatif sunulmuştur (12).

Dijital ortodonti alanındaki ilerlemeler, tedavi planlaması ve takibi açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Dijital tarama, 3B modelleme ve simülasyon programları, tedavi sürecini daha öngörülebilir ve etkin kılmaktadır. Şeffaf plak tedavisinin geleceği, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojilerin entegrasyonu sayesinde daha umut verici bir hal almaktadır. Bu teknolojiler, tedavi planlamasını kişiselleştirmeyi, tedavi süreçlerini optimize etmeyi ve sonuçları iyileştirmeyi mümkün hale getirebilir.

2.2. ŞEFFAF PLAKLARIN ÜRETİM SÜRECİ

Şeffaf plakların üretimi ile ilgili süreçte hem ticari firmalar aracılığıyla hem de klinik içi üretim yöntemleri ile plakların hazırlanması söz konusu olabilmektedir. Ticari olarak hazırlanan şeffaf plak sistemlerinin yüksek maliyeti ve üretim süreçlerinin uzunluğu, klinisyenleri kendi klinikleri bünyesinde şeffaf plak üretimine yönlendirmiştir. Araştırmalar, klinik ortamında üretilen şeffaf plakların, ticari firmaların ürettiği ürünlerle benzer başarı oranlarına sahip olduğunu göstermektedir, bu da klinik içi üretimin popülerliğini artırmaktadır (11,13).

Şeffaf plakların üretimi, teknolojik ilerlemelerle birlikte oldukça etkili ve hassas bir süreç haline gelmiştir. Bu süreç, genellikle hastanın ağız içi yapısının detaylı bir dijital kopyasının elde edilmesiyle başlar. Bu kopya, doğrudan ağız içi tarayıcılar kullanılarak veya geleneksel ölçü alımı sonrasında elde edilen fiziksel modellerin dijital tarama cihazları ile taranması yoluyla oluşturulabilir. Ağız içi tarayıcılar, ölçüm hatalarını en aza indirerek, hasta ağzının doğru ve detaylı bir dijital modelini sağlar, ancak maliyetleri nedeniyle her klinikte yaygın olarak kullanılmamaktadır (2).

Elde edilen dijital veriler, daha sonra özel olarak tasarlanmış yazılımlar kullanılarak incelenir. Bu yazılımlar, ortodontik tedavi için gerekli olan diş hareketlerini planlamaktadır. Şeffaf plaklar bu planlamaya göre üretilir. Şeffaf plak üretiminde, model üzerinden şeffaf plak üretimi ve direkt yazıcıdan şeffaf plak üretimi olarak iki temel yöntem bulunmaktadır. Üretilen bu modeller, şeffaf plakların üretimi için bir temel oluşturur. Her bir tedavi aşamasına uygun olarak hazırlanan bu modeller üzerine, plak materyali vakum veya basınçla şekillendirilir ve bireysel şeffaf plaklar hazırlanır (2,10,11,14). Direkt yazıcıdan şeffaf plak üretimi için fiziksel model

gereksinimi yoktur. Bu yöntemde, dijital tedavi planı doğrudan 3B yazıcıya aktarılır ve şeffaf plaklar, özel dental reçineler kullanılarak doğrudan yazdırılır. Bu süreç, üretim aşamalarını azaltır ve plakların daha hızlı hazırlanmasını sağlar (15). Her iki yöntemde de üretim sürecinin ilk aşaması dijital model elde edilmesidir. Şeffaf plakların üretimi ikinci aşamadır.

2.2.1. Dijital Model Elde Etme Yöntemleri

Dijital ortamda veri işlemenin ilk adımı, hastanın ağız yapısının sanal bir modelini oluşturmaktır. Bu sanal modelin elde edilmesi, doğrudan ağız içi tarayıcı kullanımıyla ya da geleneksel yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Geleneksel yöntemler, A tipi silikon materyali kullanarak hastadan alınan ölçülerle başlar ve bu ölçülerden üretilen alçı modelin, ağız dışı tarayıcılar vasıtasıyla dijital ortama aktarılmasıyla devam eder. Doğrudan ağız içi tarayıcılar, hastanın diş ve diş eti yapılarını yüksek çözünürlüklü dijital görüntüler olarak doğrudan kaydeder, bu da tedavi planlaması için gerekli olan hassas ve detaylı verilerin hızlı bir şekilde elde edilmesini sağlar (16,17).

2.2.1.1. İndirekt yöntem: model tarayıcıların kullanımı:

Model tarayıcılar, dijital diş hekimliğinin önemli araçlarından biri olup halen geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu sistemler, fiziksel diş modellerini yüksek doğrulukla dijital ortama aktarırken, geleneksel ölçü alım yöntemlerinin bazı zorluklarını da beraberinde getirir. Ölçüm sırasında meydana gelen distorsiyonlar, alçı dökümü sırasında oluşabilen hava kabarcıkları ve ölçü materyallerinin imbibisyon ve sinerezis gibi fiziksel değişiklikleri, dijital modele aktarıldığında bazı hatalara yol açabilir. Bu süreçler, ağız içi dijital taramaya kıyasla daha uzun zaman alabilir, ancak model tarayıcıların gelişimi, bu zorlukların üstesinden gelmekte önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Model tarayıcıların kullanımı, özellikle ağız içi tarayıcıların erişilebilir olmadığı durumlar için pratik bir alternatif sunar. Bu cihazlar, detaylı ve doğru dijital modeller elde etmeyi sağlayarak, restoratif tedavi planlamaları, ortodontik çalışmalar ve diğer diş hekimliği uygulamaları için temel bir kaynak oluşturur. Model

tarayıcıların gelişmiş optik sistemleri, hızlı ve etkin tarama kapasiteleri, diş hekimliği pratiğindeki dijital dönüşümü desteklemeye devam etmektedir (16–18).

Straumann® CARES® Scan & Shape: Bu tarayıcı tarama sürelerini tek dişler için sadece 30 saniyeye, ana modeller için ise 3 dakikaya indirger. Bu cihaz, implantoloji ve restoratif diş hekimliği uygulamaları için detaylı ve hızlı dijital modelleme imkanı sağlamaktadır (19)

3Shape E Serisi Model Tarayıcı: 3Shape'in E4 modeli, dört adet 5 megapiksel çözünürlüğünde kamera içerir ve 4 mikrometre doğrulukla tarama yapabilir. Bu cihaz, alçı modelleri 17 saniyede ve ölçüleri 25 saniyede tarayabilme kapasitesine sahiptir, veri toplama işlemi ise mavi LED teknolojisi ile gerçekleştirilir. Kapanış ve model taraması gibi özelliklerle donatılmıştır (20).

AGE Solutions Maestro MDS500: AGE Solutions tarafından geliştirilen Maestro MDS500, 8 mikrometre doğruluk sunan ve iki adet 5 megapiksel çözünürlüğünde kamera içeren bir model tarayıcıdır. LED teknolojisi ile veri toplama özelliğine sahip olan bu cihaz, hem ölçü hem de dental model taraması yapabilir (21).

Dental Wings 7 Serisi Model & Ölçü Tarayıcı: Dental Wings tarafından üretilen bu cihaz, 15 mikrometre doğruluk oranı sunar ve bir adet lazer, iki adet yüksek çözünürlüklü kamera ile bir adet renkli video kamera içeren kompleks bir optik sistemle donatılmıştır. Ölçü ve dental alçı model taraması yapabilme yeteneğine sahiptir (22).

Amann Girrbach Ceramill Map: Ultra HD endüstriyel kamera ile 3B sensör ve mavi ışık teknolojisini kullanan bu tarayıcı üst düzeyde derinlik alanı yaratır ve 4 µm tarama doğruluğu sağlar. Bu model tarayıcı, özellikle protetik ve restoratif diş hekimliği uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Karmaşık modellerin ve kasnakların yüksek doğrulukla dijitalleştirilmesi gereken durumlar için idealdir (23).

2.2.1.2. Direkt yöntem ile dijital tarama:

Direkt yöntem, ağız içi dijital tarayıcıların kullanımıyla hastanın ağız yapısının doğrudan dijital ortama aktarılmasını içerir. Bu modern teknik geleneksel ölçü alma

yöntemlerine kıyasla süreci önemli ölçüde hızlandırır. Ağız içi tarayıcılar, ölçü alımında ve alçı model hazırlama aşamasında karşılaşılabilecek hataları en aza indirir, böylece tedavi planlaması ve uygulaması için daha doğru ve güvenilir veriler sunar (24).

iTero Tarayıcı: Align Technology tarafından üretilen iTero, özellikle restoratif diş tedavisi ve ortodonti alanlarında yüksek çözünürlüklü dijital modeller üretmek amacıyla kullanılır. iTero Element serisi, kızılötesi ışık kullanarak proksimal alanlardaki çürükleri tespit edebilme yeteneğine sahiptir, bu da tedavi planlamasında önemli bir avantaj sağlar (25).

Element serisi, kızılötesi ışık kullanarak proksimal alanlardaki çürükleri tespit edebilme yeteneğine sahiptir, bu da tedavi planlamasında önemli bir avantaj sağlar (25).

3Shape Trios Serisi: 3Shape tarafından geliştirilen bu serideki tarayıcılar, kullanıcı dostu arayüzleri ve hızlı tarama kapasiteleri ile dikkat çeker. Çürük tespiti ve diş rengi belirleme gibi ek fonksiyonlar sunmaktadır. Kablolu ve kablosuz modelleri bulunur. Taranan veriler, .stl (stereolitografi) formatında doğrudan bilgisayara aktarılabilir, bu da iş akışını kolaylaştırır (26).

Medit i700: Medit tarafından üretilen bu tarayıcı yüksek çözünürlüğü ve hızlı tarama kapasitesi ile dikkat çeker. Açık format desteği sayesinde çeşitli yazılımlarla uyumlu şekilde çalışabilme özelliğine sahiptir (27).

Planmeca Ağız İçi Tarayıcı: Planmeca tarafından geliştirilen bu tarayıcı, özellikle çocuk hastalar düşünülerek tasarlanmış küçük başlığı ile dikkat çeker. Triangulasyon tekniği ile gerçek renkli görüntüler elde eder ve verileri Planmeca Romexis Cloud'a kaydeder. Ortodonti alanında daha nadir kullanılsa da restoratif diş hekimliğinde kullanımı oldukça yaygındır (28).

Cerec Omnicam Tarayıcı: Sirona tarafından geliştirilen Cerec Omnicam, hassas 3B tarama yeteneği ile öne çıkar. Ortodontik tedavi planlaması için özel yazılım desteği sunar, bu sayede kapsamlı tedavi planları kolaylıkla oluşturulabilir (29).

Virtuo Vivo Ağız İçi Tarayıcı: Dental Wings tarafından üretilen Virtuo Vivo, taramayı multiscan görüntüleme tekniği ile yapmaktadır. Hızlı veri işleme kapasitesine sahiptir(30).

2.2.2. 3B Ortodontik Tedavi Planlama Yazılımları

Ağız içi dijital tarayıcılar ile toplanan veriler, 3B ortodontik tedavi planlama yazılımlarına aktarılır. Bu yazılımlar, elde edilen verileri kullanarak detaylı diş hareketi planlamaları gerçekleştirir. Planlanan hareketler, yazılım aracılığıyla adım adım detaylandırılan modellere dönüştürülür. Bu modeller, sonrasında 3B yazıcılar kullanılarak fiziksel objelere çevrilir, böylece her tedavi aşaması için gerekli olan özel şeffaf plaklar üretilmiş olur. Ortodonti alanında kullanılan önde gelen yazılımlar, tedavi sürecini optimize etmek, tedavi süresini kısaltmak ve sonuçları iyileştirmek için tasarlanmıştır. Bu yazılımlar sayesinde, ortodontistler hastalar için kişiselleştirilmiş ve etkin tedavi planları oluşturabilirler (11,31).

2.2.2.1. 3Shape Ortho:

Dişlerin otomatik segmentasyonu ve mum modelleme gibi özelliklere sahip olan 3Shape Ortho, eksik dişlerin veya interproksimal boşlukların doldurulmasında kullanılır. Delikli model üretimi ile 3B yazıcı rezin tasarrufu, IPR (interproksimal redüksiyon) planlaması ve indirekt bonding için gerekli araçları sunar. Dijital artikülatör ile okluzal düzeltmeler yapılabilir. Sisteme çeşitli artikülatör markaları entegre edilmiştir (32).

2.2.2.2. OrthoCAD:

Cadent tarafından geliştirilen OrthoCAD, dijital ortodonti alanında kullanılan bir başka popüler yazılımdır. Detaylı dijital model analizi, tedavi planlaması ve özelleştirilmiş araçlar sunar. OrthoCAD, şeffaf plak tedavisi planlamasında kullanılabileceği gibi, geleneksel braket tedavisinin planlanmasında da etkili bir araçtır (33).

2.2.2.3. Maestro Ortho Studio:

Otomatik diş segmentasyonu yeteneği ile dikkat çeken Maestro Ortho Studio, ortodontik ve çalışma modellerinin düzenlenmesine olanak tanır. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) ve 3B yüz tarama verileri ile yumuşak doku entegrasyonunu destekler. 3B artikülatör özelliği, okluzyon analizini dijital ortamda sunar. İndirekt bonding için braket konumlandırma, şeffaf plak üretimi, IPR planlaması gibi özellikler içerir. Delikli model üretimi ile reçine tasarrufu sağlar ve direkt şeffaf plak üretimi için modüller sunar (34).

2.2.2.4. ClinCheck:

Invisalign tedavileri için özel olarak geliştirilen ClinCheck, diş hareketlerinin detaylı planlamasını, CBCT entegrasyonunu ve IPR planlamasını sağlar. Ataşman planlaması ve okluzal temas analizi özellikleri ile tedavi sürecini kolaylaştırır. Ancak, elde edilen verilerin dışa aktarımına izin vermez, bu nedenle çoğunlukla Invisalign sistemi ile entegre çalışır (35).

2.2.2.5. Exceed Ortho:

Exceed Ortho, doktor ve teknisyen işbirliği ile kişiselleştirilmiş planlamalar yapılabilen çevrim içi bir sistemdir. 3B yazıcılarla model üretimi için dışarı veri aktarımını destekler. CBCT entegrasyonu mevcut değildir (36).

2.2.2.6. uLab Systems:

uLab Systems, özellikle şeffaf plak tedavisinde kullanılmak üzere tasarlanmış bir planlama yazılımıdır. Özelleştirilmiş plak tasarımı yapılabilir. Ortodontistlerin kendi ofislerinde tedavi planlaması yapmalarına ve şeffaf plak üretim sürecini yönetmelerine olanak tanır (37).

2.2.3. Şeffaf Plak Üretim Yöntemleri

2.2.3.1. Direkt yazıcıdan şeffaf plak üretimi:

Bu yöntemde fiziksel diş modellerine ihtiyaç duymadan, dijital ortamda tasarlanan tedavi planlarından hareketle plakların doğrudan üretimi gerçekleştirilir. Direkt 3B yazıcıdan şeffaf plak üretimi, ağız içi tarayıcılar ile elde edilen dijital diş modelleri ve tedavi planlama yazılımları ile entegre çalışır. Dijital tedavi plan doğrudan 3B yazıcıya aktarılır ve şeffaf plaklar, özel biyouyumlu dental reçineler kullanılarak katman katman yazdırılır (38).

Graphy firması tarafından geliştirilen Tera Harz TC-85 isimli özel reçine direkt 3B yazıcıdan şeffaf plakların üretilmesine olanak tanıyarak, model üretimi ve termoform aşamalarını ortadan kaldırmaktadır. Tera Harz TC-85 ile üretilen şeffaf plaklar, dişlerin doğrudan etrafında tasarlanabilmektedir. Bu yöntem, plakların eşit kalınlıkta üretilmesini sağlayarak, termoformlama sırasında yaşanan incelme problemini ortadan kaldırabilir. Eşit kalınlıktaki plaklar, tedavi süresince dişlere uygulanan kuvvetin daha dengeli ve sabit olmasını sağlar, bu da tedavinin genel etkinliğini arttırabilir. Bu plaklar şekil hafızası özelliğine sahiptir. Bu özellik, plakların, çıkarılıp takılmaları sırasında deformasyona uğramasını önler ve böylece plakların dişleri daha iyi kavramasını ve tedavi süresince istenen pozisyonu korumasını sağlar. Bu yenilikçi yöntem ve özel reçine, ataşmanlar veya diğer yardımcı elemanlara olan ihtiyacı azaltabilir. Bu yöntem, plak üretimi süreçlerini önemli ölçüde hızlandırırken, aynı zamanda yüksek düzeyde hassasiyet ve kişiselleştirme sunabilir. Ayrıca, bu yöntemle üretilen plaklar, geleneksel yöntemlerle üretilen plaklara kıyasla daha az malzeme israfı ve daha düşük üretim maliyetleri avantajlarına da sahiptir (38–40).

3B yazıcı teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte, direkt şeffaf plak üretimi ortodonti alanında dikkate değer bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, tedavi sürecinin daha etkin, hızlı ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayabilir. Sistem hastalar ve klinikler için önemli faydalar vaat etmektedir. Ancak, bu yenilikçi yaklaşımın tedavi süreci ve sonuçları üzerine literatürde yer alan veriler henüz sınırlıdır.

2.2.3.2. Model üzerinden indirekt şeffaf plak üretimi:

Model üzerinden indirekt şeffaf plak üretimi yöntemi, hastanın ağız yapısının fiziksel veya dijital bir modelinin kullanılmasını gerektirir. Fiziksel model kullanıldığında, alçı döküm yöntemleri ile elde edilen model, bir model tarayıcı aracılığıyla dijital ortama aktarılabilir. Bu dijital model, tedavi planlaması ve şeffaf plak tasarımı için kullanılır. İntraoral tarayıcılar kullanılarak doğrudan elde edilen dijital modeller, bu dönüşüm sürecini atlayarak doğrudan tedavi planlaması aşamasına geçilmesini sağlar. Elde edilen model veya modeller, özel yazılımlar aracılığıyla incelenir ve planlanan diş hareketleri bu modellere uygulanır. Planlama süreci, tedavinin her aşaması için özelleştirilmiş şeffaf plakların tasarlanır. Tedavinin aşamalarına göre modeller tasarlanır. Modellerin yazıcıda üretime hazır hale getirilmesi için bazı düzenlemeler gerekmektedir. Bu düzenlemeler, modellerin programdan alınarak 3B modeli temsil eden ".stl" formatına dönüştürülmesini içerir. Modellerin üretimi sırasında, maliyetin ve çevresel etkinin minimal düzeyde olması için en az miktarda reçine materyalinin kullanılması hedeflenir. Bu amaçla, modeller tabanı tam dolu olarak üretilebileceği gibi boşluklu bir şekilde de üretim yapılabilir. Yapılan çalışmalar, 2 mm kalınlığındaki boşluklu model üretimi ile tam model üretimi arasında doğruluk açısından bir fark olmadığını göstermiştir (39,40). Ayrıca, boşluklu ve boşluksuz modellerde yüzey kalitesinin değişmediği bir başka çalışmada ortaya konmuştur (41). Bu bulgular, boşluklu model üretiminin, tam model üretimi kadar doğru ve yüzey kalitesi açısından da etkili olduğunu göstermektedir. Dijital modele istenilen düzenlemeler yapıldıktan sonra modeller 3B yazıcı ile basılır. 3B yazıcıdan elde edilen modeller üzerine termoform yöntemiyle şeffaf plak materyali kullanılarak şeffaf plaklar üretilir. Bu işlemde modelin üzerine yerleştirilen özel bir plak materyalinin, belirli bir ısı ve basınç altında modelin şeklini alması sağlanır. Model üzerinden indirekt şeffaf plak üretimi, her bir tedavi aşamasına uygun plakların hassas bir şekilde üretilmesini sağlar (41–43).

Model üzerinden yapılan tedavi planlaması sayesinde, tedavinin ilerleyişi daha iyi kontrol edilebilir ve sonuçlar daha öngörülebilir hale gelir. Ancak termoform yöntemiyle üretilen plakların, kalınlığı uniform değildir ve bu da tedavi sürecini etkileyebilir. Bu yöntemle üretilen şeffaf plaklarla bazı zorlu diş hareketlerinin tam

olarak gerçekleştirilemediği için ataşman ve güç çıkıntıları gibi ek yardımcılar gerekebileceği literatürde bildirilmiştir (39).

2.2.4. Şeffaf Plak Üretiminde 3B Yazıcılar

3B yazıcılar, sanal ortamda tasarlanan bir nesnenin katman katman ekleme yapılarak üretilmesini sağlayan teknolojik cihazlardır. Bu yazıcılar, 3B baskı malzemelerini kullanarak istenilen şekil ve boyuttaki objeleri oluşturabilirler. 3B yazıcı teknolojisi birçok endüstri alanında kullanılarak üretim süreçlerini iyileştirir ve ürünlerin hızlı bir şekilde prototipinin oluşturulmasını sağlar. Özellikle tıp, mühendislik ve mimarlık gibi alanlarda 3B yazıcılar, tasarım ve üretimde önemli bir rol oynarlar. Bunun yanı sıra, kişisel kullanım için de giderek popüler hale gelmektedirler, çünkü kullanıcılar kendi tasarımlarını evlerinde veya işyerlerinde kolaylıkla üretebilirler. 3B yazıcılar, şeffaf plak üretiminde hem direkt hem de indirekt yöntemlerde önemli bir role sahiptir. Direkt yöntemde, şeffaf plaklar doğrudan 3B yazıcılar kullanılarak hasta özelinde üretilirken; indirekt yöntemde, tedaviye özgü detaylı diş modelleri yazıcılar aracılığıyla üretilir ve bu modeller üzerinden şeffaf plaklar hazırlanır (44,45).

3B yazıcılar, teknik özellikler, üretim kapasitesi ve kullanım alanları gibi farklılıklara sahiptir. Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu (ASTM), 3B yazıcıları sınıflandırırken 7 kategoriye ayırmıştır. ASTM'nin sınıflandırması, endüstriyel standartların belirlenmesi ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi için önemli bir rehberlik sağlar (46).

2.2.4.1. Materyal püskürtme:

Materyal püskürtme teknolojisi kullanan 3B yazıcılar, birden fazla nozul aracılığıyla sıvı haldeki fotopolimerleri üretim yüzeyine püskürterek objeleri katman katman oluştururlar. Bu süreçte polimerizasyon, ultraviyole (UV) ışığı kullanılarak hızla sağlanır. Bu teknik, doku mühendisliğinde iskelet yapı gerektirmeyen kompleks biyolojik yapıların üretimi için idealdir. Aynı zamanda diş hekimliği alanında, özellikle yüksek hassasiyet gerektiren dental model üretiminde tercih edilmektedir. Mevcut literatür, bu tür yazıcıların sunduğu üretim doğruluğunun, diğer 3B baskı

teknolojilerine kıyasla üstün olduğunu belirtmektedir. Bu özellikleriyle materyal püskürtme yöntemi, özellikle detay gerektiren ve hassasiyetin önemli olduğu uygulamalar için çözüm sunar (47).

2.2.4.2. Kazan fotopolimerizasyon:

Bu yöntem, bir ışık kaynağı (genellikle ultraviyole ışık) kullanarak, sıvı fotopolimer reçineleri katılaştırma prensibine dayanır. Kazan fotopolimerizasyon sürecinde, 3B yazıcıların baskı platformu, fotopolimer reçine dolu bir kazana daldırılır. Işık kaynağı, reçinenin yüzeyine belirli desenlerde ve katmanlar halinde uygulanır, böylece reçine katılaşır ve istenen 3B nesne katman katman oluşturulur. Bu teknolojinin en yaygın kullanılan iki varyasyonu, Stereolitografi (SLA) ve Dijital Işık İşleme (DLP) yöntemleridir. Her iki yöntem de UV ışığı kullanarak reçineleri katılaştırır, ancak ışığı uygulama şekilleri farklıdır. SLA, bir lazer ışınını kullanarak reçinenin katılaşmasını sağlarken, DLP bir projektör aracılığıyla bir katmanın tamamını tek seferde katılaştırabilir. Kazan fotopolimerizasyon 3B yazıcıları yüksek detay seviyeleri ve pürüzsüz yüzeyler elde etme kapasitesine sahiptir. Diş hekimliğinde protezlerin yapımında, splint yapımında model üretiminde, şeffaf plak üretiminde, ve rehber plak üretiminde kullanılmaktadır (47,48).

2.2.4.3. Materyal ekstrüzyonu:

Materyal ekstrüzyonu, termoplastik filamentlerin bir ekstrüzyon nozulu aracılığıyla ısıtılarak eritilmesi ve katman katman bir yüzeye uygulanarak 3B nesnelerin oluşturulduğu bir 3B baskı yöntemidir. Bu süreç, ekstrüzyon nozulunun kontrol edilen hareketiyle, erimiş materyalin belirlenen yörüngeler üzerine doğru ve hassas bir şekilde yerleştirilmesini içerir. Soğudukça materyal katılaşır ve istenen 3B formu oluşturur. Fused Deposition Modeling (FDM) olarak da bilinen bu yöntem, geniş kullanım alanları ve maliyet etkinliği nedeniyle popülerdir ancak yöntemin detay oranı düşüktür (49).

2.2.4.4. Binder jetting (bağlayıcı püskürtme):

Binder jetting, toz bazlı bir materyalin üzerine bir bağlayıcı sıvının püskürtülmesiyle çalışır. Bu yöntem, toz yatağına bağlayıcı bir ajanın jetlenmesiyle katmanlar halinde nesneleri oluşturur. Bağlayıcı, toz taneciklerini birbirine yapıştırarak katı bir yapı oluşturur. Renkli baskı yapabilme yeteneği ve metal, seramik gibi çeşitli malzemelerle çalışabilme esnekliği sunar (48,50).

2.2.4.5. Powder bed fusion (Toz Yatak Füzyonu):

Toz yatak füzyonu, bir enerji kaynağının (genellikle bir lazer veya elektron ışını) toz malzemeyi seçici bir şekilde eritip birleştirdiği bir 3B baskı yöntemidir. Enerji kaynağı, toz yatağı üzerinde belirlenen deseni takip eder ve tozun katı bir nesneye sinterlenmesini sağlar. Bu yöntem, özellikle metal ve polimer malzemelerle yüksek performanslı parçaların üretimi için kullanılır (51).

2.2.4.6. Sheet lamination (Sac laminasyonu):

Sac laminasyonu, ince malzeme tabakalarının üst üste yerleştirilip birleştirilerek katman katman nesnelerin oluşturulduğu bir süreçtir. Her bir katman, istenen şekli kesmek için lazer, bıçak veya başka bir kesme aracı kullanılarak hazırlanır ve ardından birleştirilir. Hibrit, metal ve seramik malzemeler kullanılır. Bu yöntem, hızlı prototipleme ve karmaşık geometrilerin üretimi için avantajlar sunar (48,50).

2.2.4.7. Direkt enerji depolama:

Direkt enerji depolama, metal tozların bir enerji kaynağı (genellikle bir lazer) kullanılarak doğrudan bir yüzeye eritilip biriktirilerek 3B metal nesnelerin üretildiği bir yöntemdir. Bu yöntem, yüksek hassasiyetli metal bileşenlerin ve karmaşık yapıların üretimi için kullanılır. Enerji kaynağı ve toz nozulu, eş zamanlı olarak hareket ederek, erimiş metalin katı bir yapı oluşturacak şekilde katman katman biriktirilmesini sağlar. Bu yöntem, özellikle havacılık ve savunma sanayiinde kullanılmaktadır (50).

Postcuring Süreci ve Biyouyumlu Reçinelerin Optimize Edilmesi

Postcuring, 3B baskı sürecinde, özellikle UV ışığına duyarlı reçinelerle yapılan baskılarda, nesnelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek için uygulanan bir son işlem aşamasıdır. Bu süreç, 3Byazıcıdan çıkan baskıların tam anlamıyla polimerize olmaması ve optimum materyal özelliklerine ulaşmamış olmaları gerçeğine dayanır. Postcuring işlemi, genellikle UV ışığı altında yapılarak, reçine içindeki polimerizasyon sürecini tamamlar ve materyalin mukavemetini, dayanıklılığını ve diğer mekanik özelliklerini artırır (52).

Polimerizasyonun etkinliği, uygulanan UV ışığının süresi ve yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Kısa süreli UV ışığı uygulaması, materyalin yalnızca yüzey katmanlarının polimerize olmasına yol açarken, daha uzun süreler materyalin daha derin katmanlarının da polimerize olmasını sağlar, ancak genellikle bu, materyalin tamamen %100 polimerize olması anlamına gelmez (53,54).

Son yıllarda, polimerizasyon sürecinin verimliliğini artırmak için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri, polimerizasyon sürecini hızlandırmak ve daha homojen bir polimerizasyon sağlamak için azot atmosferi altında UV ışığı kullanmaktır. Azot atmosferi, oksijenin polimerizasyon sürecini inhibe etmesini önler, bu da reçinenin daha hızlı ve daha etkili bir şekilde polimerize olmasını sağlar (54). Bu yöntem, özellikle biyouyumlu reçinelerin kullanıldığı uygulamalarda, artık monomer oranını azaltarak materyalin biyouyumluluğunu artırmak için önemlidir. Araştırmalar, azot atmosferinde yapılan kürlemenin, baskı materyallerinin mekanik özelliklerini önemli ölçüde geliştirebileceğini göstermiştir. Bu, özellikle yumuşak okluzal splintler gibi, belirli uygulamalarda materyalin performansını iyileştirmek için kritik öneme sahip olabilir (53).

Sonuç olarak, postcuring süreci, 3B baskı teknolojisinde üretilen nesnelerin kalitesini ve performansını önemli ölçüde etkileyen kritik bir adımdır. Bu sürecin optimizasyonu, nihai ürünün mekanik özelliklerini, dayanıklılığını ve biyouyumluluğunu artırmak için devam eden araştırmaların ve geliştirmelerin odak noktasıdır.

2.3. ŞEFFAF PLAK MATERYALLERİ

Şeffaf plakların üretimi için tercih edilen malzemelerin seçimi, bu ürünlerin klinik performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Kullanılan malzemelerin bileşimi, büyük oranda geleneksel vakum termoform yöntemine ve fiziksel modellere ihtiyaç duymaksızın gerçekleştirilen doğrudan 3B baskı yöntemine dayanmaktadır. Vakum termoform yöntemi, hem ticari, klinik kullanım ve klinik içi üretim için geniş bir kabul görmektedir. Doğrudan 3B baskı yöntemi, Tera Harz TC-85 haricinde, biyouyumluluk, saydamlık ve mekanik özellikler gibi kritik standartları karşılayabilen ticari olarak mevcut başka bir 3B baskı malzemesi bulunmamaktadır (11).

2.3.1. Termoplastik Polimerler

Termoplastik polimerler amorf ve yarı kristalin olmak üzere iki temel kategoride incelenebilir. Amorf polimerler, düşük moleküler paketlemeye ve düzensiz yapıya sahiptir, bu da onları daha yumuşak, saydam ve darbeye karşı dirençli yapar. Yarı kristalin polimerler ise, sert, opak veya yarı saydam olup, iyi kimyasal direnç ve keskin bir erime noktasına sahiptirler. Şeffaf plak üretiminde en sık kullanılan termoplastik polimerler arasında polyester, poliüretan veya ko-poliester, polipropilen, polikarbonat, etilen vinil asetat ve polivinil klorür bulunur.

Polietilene Terefitalat (PET) ve Polietilene Terefitalat Glikol (PETG), mükemmel mekanik ve optik özellikleri nedeniyle şeffaf plak üretiminde yaygın olarak kullanılan polyester bazlı polimerlerdir. PET, etilen glikol ile tereftalik asidin birleşiminden oluşur ve hem amorf hem de kristalin formda bulunabilir. PET'nin amorf yapısı saydamlık ve üstün esneklik sunarken, kristalin yapısı opaklık ve iyi sertlik sağlar. PETG ise, PET'in modifiye edilmiş bir formudur ve daha yüksek saydamlık ve estetik sunan amorf bir yapıya sahiptir. Bu materyaller, şeffaf plakların üretimi için tercih edilir çünkü mükemmel dayanıklılık, kimyasal direnç ve işleme kolaylığı sunarlar (55–58).

Termoplastik Poliüretan (TPU), di- ve tri-izosiyanatlar ve poliollerin birleşiminden oluşan, son derece esnek bir polimerdir. Yük altında şekil değiştirebilme yeteneği ve yük kaldırıldığında orijinal şekline dönebilme kapasitesi ile bilinir. TPU,

mükemmel mekanik ve elastomerik özellikler, kimyasal ve aşınma direnci gibi çok sayıda avantajlı özelliği bünyesinde barındırır. Invisalign'ın SmartTrack™ (LD30) materyali, TPU ve ko-poliesterin çok katmanlı bir karışımı olup, şeffaf plaklara daha fazla elastikiyet ve daha sabit kuvvetler sağlaması amacıyla geliştirilmiştir (8,11).

2.3.2. Polimer Karışımları

Polyester, poliüretan ve polipropilen gibi farklı türdeki polimerlerin bir araya getirilmesiyle elde edilen polimer karışımları, ticari şeffaf plak üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu karışımların mekanik ve kimyasal özelliklerinde gözlemlenen iyileşmeler, şeffaf plakların klinik performansını doğrudan artırmaktadır. PETG, polikarbonat (PC) ve termoplastik poliüretan (TPU) gibi polimerlerin belirli oranlarda karıştırılması ile, bu malzemelerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmek ve ortodontik kuvvetlerin yeterli ve sürdürülebilir olması amaçlanmıştır. Örneğin, PETG/PC/TPU'nun 70/10/20 oranında karıştırıldığında diğer karışım oranlarına kıyasla daha iyi mekanik özellikler sunduğu ve diğer materyallerden daha etkili ortodontik kuvvetler sergilediği gösterilmiştir. Benzer şekilde, PETG/PC2858'in 70/30 oranında karıştırılması, çekme mukavemeti, darbe dayanıklılığı ve kırılma esnasında uzama gibi özellikler açısından en iyi kombinasyonu sunabileceği bildirilmiştir (11,56).

2.3.3. 3B Baskı ile Üretilen Şeffaf Plak Materyalleri

Bu yöntem, termoform sürecinin neden olduğu mekanik, boyutsal ve estetik özelliklerdeki olumsuz değişiklikler nedeniyle geliştirilmiştir. Doğrudan 3B baskı, malzemenin mekanik direncini, geometrik doğruluğunu ve uyumunu artırırken, üretim sürecinin tekrarlanabilirliğini ve etkinliğini de iyileştirir. Ortodonti alanında kullanılan 3B baskı materyalleri arasında akrilonitril-bütadien-stiren plastik, stereolitografi materyalleri (epoksi reçineler), polilaktik asit, poliamid (naylon), cam dolgulu poliamid, gümüş, çelik, titanyum, fotopolimerler, balmumu ve polikarbonatlar bulunmaktadır.

Graphy firması tarafından geliştirilen Tera Harz TC-85 bir fotopolimer materyaldir. Bu materyal, 3B baskıyla doğrudan üretilen şeffaf plaklar için

kullanılabilmekte ve biyouyumluluk, saydamlık, dayanıklılık ve estetik açıdan üstün özellikler sunmaktadır. Tera Harz TC-85, Kore Gıda ve İlaç İdaresi (KFDA), Avrupa Komisyonu (EC) ve Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmıştır. TC-85DAC (şeffaf) tamamen saydamken, TC-85DAW (beyaz) dayanıklılığı ve estetiği sağlamak amacıyla kullanılır. Tera Harz TC-85 umut vaat etse de bu materyal üzerine yapılan çalışmalar literatürde sınırlıdır (15,38,59,60).

2.4. ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN SİSTEMLER

Şeffaf plak tedavisi ile ilgili piyasada birçok farklı şeffaf plak sistemi bulunmaktadır, Bu sistemlerin her biri kendi özel teknolojilerine, tedavi protokollerine ve malzeme özelliklerine sahiptir. Bu sistemler arasında önde gelen markalar; Invisalign, ClearCorrect, 3M™ Clarity™ Aligners, SureSmile, Byte ve OrthoCaps'tir.

2.4.1. Invisalign

1997 yılında ortodontistlere sunulan Invisalign cihazı, Align Technology tarafından Kesling'in önerisini geliştirmiştir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojilerinin, laboratuvar teknikleriyle birleştirilmesiyle, dişleri yaklaşık 0,25 ila 0,3 mm küçük artışlarla hareket ettirebilen bir dizi hizalayıcı üretimini içerir. Clinchek yazılımını kullanmaktaadır. SmartTrack olarak adlandırdıkları çok katmanlı polimer yapıda özgün bir şeffaf plak materyali kullanmaktadırlar. Align Technology, 2009 invisalign 1,5 yazılımını tedavi sonuçlarını iyileştirmek amacıyla G serisi yazılım güncellemeleri ile progresif bir şekilde geliştirmiştir (61–63).

1.5 Sürümü (2009): Aktif kuvvet uygulayabilen optimize ataşmanlar tanıtılarak, ekstrüzyon ve rotasyon hareketlerinin kontrolü sağlanmıştır.

G3 (2010): G3 güncellemesi, sınıf II ve sınıf III düzeltmeleri için Power Ridge® özelliğini geliştirerek, lingual kök torkunun daha iyi kontrol edilmesine imkan tanımıştır. Bu özellik, plak üzerine yapılabilecek hassas kesimlerle desteklenmiştir.

G4 (2011): G4, optimize ataşmanları tanıtarak, açık kapanış vakaları ve kısa klinik kronlu lateral dişlerdeki hareketleri desteklemiştir.

G5 (2014): G5 yeniliği, derin kapanış düzeltmelerine odaklanmış, basınç alanlar aracılığıyla anterior dişlerdeki intrüzyonu yönlendirme, premolarlara optimize edilmiş derin kapanış ataşmanları ve 3 mm derinliğindeki hassas kapanış rampaları gibi özellikler sunmuştur.

G6 (2015): Premolar çekimi gerektiren vakalarda, G6, tedavi sonuçlarını iyileştiren maksimum ankraj sağlayan ataşmanlar ve SmartForce® özelliklerini tanıtmıştır.

G7 (2016): Tedavinin sonlandırılmasını iyileştiren optimize çok düzlemli ataşmanlar tanıtılmıştır.

G8 (2021): En son güncelleme olan G8, derin kapanış tedavilerinin tahmin edilebilirliğini artıran yenilikler sunulmuştur. Bu, özellikle ön dişlerin dengeli bir şekilde en-masse intrüzyonunu ve alt lateral kesiciler için optimize edilmiş yeni ataşmanları içerir. Ayrıca ekspansiyon tedavilerinde diş açısının düzeltilmesine yardımcı olacak plak aktivasyonları tanıtılmıştır.

2.4.2. ClearCorrect

Bu sistem Dr. Willis Pumphrey tarafından 2006 yılında tanıtılmıştır. Poliüretan bazlı şeffaf plaklar kullanır. Bu sistemde şeffaf plaklar özgün üç katmanlı ClearQuartz™ olarak adlandırılan malzemeden üretilir. ClearCorrect'in plak bitim bölgesi diş eti marjının 1.5 mm ± 0.5 mm üzerinde uzanan pürüzsüz, kesilmemiş, yüksek ve düz bir çizgidir. Bu tasarım ile retansiyonun arttırılması, planlanan diş hareketinin daha doğru iletilmesi ve geliştirilmiş kök kontrolü için kuvvet iletiminin optimize edilmesi amaçlanmıştır. ClearCorrect, sınırlı sayıda ataşman seçeneği sunmaktadır. Standart ataşmanlar ve rotasyonlar ve ekstrüzyonlar gibi daha karmaşık hareketler için genişletilmiş eğimli ataşmanlar kullanılır. 2, 3 ve 4 mm boyutlarında mevcuttur. Diş hareketi plak başına en fazla 0.3 mm olacak şekilde planlanabilir (64).

2.4.3. 3M Clarity Aligners

3M Clarity Aligner sistemi, 2018 yılında 3M firması tarafından tanıtılan bir şeffaf plak tedavi sistemidir. Klinisyenlere sunulan çevrim içi yazılım sayesinde,

ataşmanların boyutu, şekli ve konumu, tedavi gereksinimlerine göre özelleştirilebilmektedir. Ataşman boyutları, minimum 2 mm uzunlukta, 1 mm genişlikte ve 0.5 mm derinlikte olarak tasarlanabilmektedir. 3M Clarity Aligner sistemi Clarity Aligners Flex ve Clarity Aligners Force olarak adlandırdıkları iki farklı materyal türü sunmaktadır: Clarity Aligners Flex, esnek çok katmanlı bir malzemeden üretilmiş olup, özellikle rotasyon ve proklinasyon gibi hareketler için önerilmektedir. Bu materyalin, tel sekanslama yaklaşımı için kullanılması önerilmiştir. Clarity Aligners Force ise, daha sert birçok katmanlı malzemeden yapılmış olup, genişleme, tork, ardışık cisimsel hareket ve segmental intrüzyon gibi daha karmaşık diş hareketlerinde tercih edilmektedir. Bu materyali segmental mekanik yaklaşımı için kullanılması önerilmiştir. Tedavi planlamasında her iki materyal kombine edilebilir. Bu sistem, tedavi sürecini desteklemek amacıyla güç çıkıntıları ve bite rampaları gibi yardımcı elemanlar da sunmaktadır (60).

2.4.4. Suresmile

SureSmile, Dentsply tarafından 2018 yılında Orametrix'ten satın alınmıştır. SureSmile Alignerler Essix® plastik malzemesi kullanılarak üretilir. Her bir plakla 0.5 mm diş hareketi planlanabilir. Bu sistemde plak bitim tasarımı düz veya dalgalı olarak özelleştirilebilir. Elipsoit, dikdörtgen ve dikdörtgen kenarlı eğimli ataşmanlar gibi çeşitli ataşman türleri kullanılabilmektedir. Radyografik verileri şeffaf plak yazılımına entegre eden ilk yazılımdır (66).

2.4.5. OrthoCaps

OrthoCaps aligner sistemi, Dr. Wajeeh Khan tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. Şeffaf plak dış katmanı sert iç katmanı yumuşak olan çift bileşenli özgün bir termoplastik materyalden üretilir. Bu sistem diş hareketleri daha etkin bir şekilde desteklemek amacıyla çeşitli renk seçeneklerinde hazır ataşmanlar sunmaktadır. Bu sistem karmaşık vakalar için Hibrit Aligner Tedavisi (HAT) adını verdikleri alignerlar ve sabit apareylerin kombinasyonunu içeren özgün bir yaklaşım içermektedir (67).

2.4.6. Byte

Byte, ortodontik hastanın kendi tedavi sürecini yönetebildiği bir yaklaşım sunmaktadır. Hastalar evde kendileri ölçü alırken, ortodontist veya diş hekimi tarafından tedavi planlaması yapılır ve kontroller sanal ortamda gerçekleştirilir. Bu doğrudan tüketiciye yönelik model, maliyetleri düşürmeyi ve tedaviye erişimi kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Byte, tam zamanlı takılması için tasarlanmış şeffaf plaklar ve sadece gece kullanıma göre tasarlanmış şeffaf plaklar olarak iki farklı tedavi seçeneği sunar: Her iki ürün de BPA içermeyen, yüksek derecede şeffaf, tıbbi sınıf polimer filmden üretilmiştir. Bu sistemin tedavi süresini kısaltmayı ve konforu artırmayı hedefleyen yüksek frekanslı titreşim teknolojisi kullanan HyperByte olarak adlandırdıkları yardımcı özgün bir cihazı vardır (68).

2.5. ŞEFFAF PLAKLARIN BİYOMEKANİĞİ

Temel düzeyde, diş hareketi, plak ile periodontal ligament ve çevreleyen kemikten oluşan biyolojik kompleks arasında oluşan stresin etkileşimidir. Diş hareketi için bir plak, tedavi boyunca kabul edilebilir stres seviyelerini (optimal kuvvet) sürdürmelidir. Şeffaf plak tedavileri, itme mekanizmasıyla dişleri istenen konuma doğru hareket ettirir. Şeffaf plaklarla diş hareketi, sabit apareylerle gerçekleştirilen diş hareketinden daha karmaşıktır. Bu karmaşıklık, kuvvet uygulama noktalarının belirsizliği, diş anatomisi, plak materyalinin özellikleri, plak ile diş geometrisi arasındaki uyumsuzluklar, temas şekilleri arasında kayma hareketleri ve diğer biyomekanik faktörlere bağlanabilir. Şeffaf plak ile ortodontik tedavi, dişlerin kademeli olarak hareket ettirilmesini içerir. Bu hareket, dişleri küçük miktarlarda yeniden konumlandıran bir dizi ardışık plağın kullanılmasıyla sağlanır. Bu kademeli hareket "şekil kalıp etkisi" ve yardımcı elemanlar olarak 2 temel mekanizma içerir (5,11,69).

2.5.1. Şekil Kalıp Etkisi

Şekil kalıp etkisi şeffaf plak tedavisinin başlangıcından bu yana kuvvet uygulamanın birincil aracı olmuştur. Yöntem, hedef dişlerin hareketinin kullanılan plağa yerleştirilmesini içerir. Plak ile diş yüzeyi arasında yakın temas alanları ve

boşluklar bulunur. Yakın temas alanları itme şeklinde kuvvet oluştururken, boşluklar bu kuvvet sonucu dişin hareket edeceği yeri oluşturur, aynı zamanda bu hareketin sınırlarını belirler. Plak şekli ile diş kronu geometrisi arasındaki önceden belirlenmiş uyumsuzluklar temas yüzeylerinde dağıtılan 3B kuvvet sistemleri oluşturur. Şeffaf plakların, dişlerin oklüzal, bukkal ve lingual yüzeyleriyle eş zamanlı olarak etkileşim kurma yeteneği vardır. Bu yetenek, onlara tüm yönlerden kuvvet uygulamak için benzersiz bir kapasite sağlar; bu duruma "karpuz çekirdeği etkisi" adı verilir. Bu etkinin arkasındaki fikir, hedef dişlerin direnç merkezinden geçen bir sonuç kuvvet vektörü oluşturmaktır. Ancak, bu ne kadar iyi bir yöntem gibi görünse de diş kronları simetrik yapılar değildir. Bu asimetri, sıklıkla kuvvetlerin dengesiz dağılımına neden olur ve sonuçta oluşan kuvvet, büyük ihtimalle direnç merkezini kaçırıp bir moment yaratır. Bu moment önceden tahmin edilebilirse, "basınç alanları" adı verilen belirli modifikasyonlar plaklara eklenebilir. Bu modifikasyonlar, ek bir kuvvet yaratarak baskı kuvvetini direnç merkezinden geçecek şekilde yönlendirir (5,6,9).

2.5.2. Yardımcı Elemanlar

Şeffaf plaklarla bazı özel diş hareketlerinin gerçekleştirilmesi, sabit tedavi sistemlerine göre daha zor olabilmektedir. Rotasyon, ekstrüzyon ve kök hareketleri gibi kompleks diş hareketleri, itme mekanizmasının biyomekaniği nedeniyle şeffaf plaklarla zorlanılan hareketlerdir. Yardımcı elemanlar bu diş hareketlerinin tahmin edilebilirliğini artırmak kullanılır. Bu yardımcı elemanlar ataşmanlar ve güç çıkıntılarıdır (10,11). Şeffaf plakların diş yüzeyine daha etkin bir biçimde tutunmasını sağlayarak, plakların dişleri daha doğru ve etkili bir şekilde hareket ettirmesine olanak tanır. Bu yardımcı elemanlar, diş yüzeyine yapıştırılan özel şekilli kompozit malzemelerdir ve plak içerisindeki uyumları sayesinde, istenen diş hareketlerinin daha hassas bir şekilde uygulanmasını sağlarlar. Dişin rotasyonu, ekstrüzyonu veya intrüzyonu gibi hareketlerde ataşmanlar, kuvvetin dişin doğru noktasına uygulanmasına yardımcı olarak, tedavi sürecini optimize eder ve tedavi süresini kısaltabilir. Bu yardımcı elemanların tasarımı ve konumlandırılması, tedavinin başarısında kritik bir rol oynar. Dişin hareket yönüne, miktarına ve tipine bağlı olarak farklı şekil ve boyutlarda ataşmanlar kullanılır. Bu yardımcı elemanlar, şeffaf plaklar aracılığıyla uygulanan kuvvetleri doğru yönlendirerek, daha karmaşık diş

hareketlerinin bile etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Böylelikle, şeffaf plak tedavisinin kapsamı genişler ve tedavi olanakları artar (5,70).

2.6. ŞEFFAF PLAK TEDAVİLERİNDE ATAŞMANLAR

Ataşmanlar, özel şekil ve boyutlardaki küçük kompozit malzemeler olarak tanımlanabilir ve şeffaf plakların dişler üzerindeki etkisini artırarak daha etkili bir kuvvet uygulanmasını sağlar. Tedavi planlamasının bir parçası olarak stratejik noktalara yerleştirilen ataşmanlar, kompleks diş hareketlerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir yardımcıdır. Bu yardımcı elemanların tasarımı, konumlandırılması ve dijital plandan dişler üzerine doğru aktarılması tedavinin başarısında kritik bir rol oynar (9,71).

2.6.1. Şeffaf Plak Tedavilerinde Kullanılan Ataşmanların Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Ataşmanların şekilleri uygulanacak tedavi yöntemine ve hedeflenen diş hareketlerine göre çeşitlilik gösterir. Ataşmanlar, genellikle şekillerine bağlı olarak geleneksel, özelleştirilmiş ve optimize edilmiş ataşmanlar olmak üzere 3 ana kategori altında sınıflandırılabilirler (71).

2.6.1.1. Geleneksel ataşmanlar:

Sıklıkla karşılaşılan tedavi senaryolarında kullanılan, standartlaştırılmış form ve boyutlardaki ataşmanlardır. Bu ataşmanlar, genellikle ellipsoid, dikdörtgen ve eğimli şekillerinde olup, özellikle boşluk kapatma işlemleri ve plakların retansiyonu için tercih edilirler. Ataşmanların boyutları ve şekilleri, uygulanacak ortodontik kuvvetin tipine ve istenilen diş hareketine göre özelleştirilebilir. (71)

a) Elipsoid ataşmanlar: Genellikle 3 mm yüksekliğinde, 2 mm genişliğinde ve 1 mm çıkıntılı olan ellipsoid ataşmanlar, sınırlı diş yüzey alanında, örneğin kama lateral kesiciler veya lingual olarak eğimli mandibular ikinci moların lingual yüzeyinde, retansiyon veya ankraj sağlamak için kullanılır. Günümüzde elipsoid şekli,

küçük boyutu ve belirgin bir aktif yüzeyinin olmaması nedeniyle en az etkili ataşman olarak kabul edilmektedir (9,71).

b) Dikdörtgen ataşmanlar: Bu pasif ataşmanlar dikey veya yatay olabilir ve genellikle diş kronunun ortasına yerleştirilir ancak planlanan mekaniklere uygun olarak istenilen herhangi bir konuma taşınabilir. Yatay dikdörtgen ataşmanlar, özellikle molarlarda labial kök torku için kök kontrolünde kullanılabilir. Kısa kronlarda alignerların retansiyonunu artırmak için de kullanılır. Büyüme aşamasındaki hastalarda, mandibular ilerletme gibi müdahalelerde standart protokolün bir parçasıdır. Yatay dikdörtgen ataşmanlar tek taraflı çapraz kapanışın tedavisinde, karşı taraftaki dental arkta ankraj sağlamak amacıyla kullanılır. Dikey dikdörtgen ataşmanlar ise, yazılımın optimize kök kontrol ataşmanları yerleştiremediği durumlarda mandibular kesicilerde kök kontrolü için kullanılır. Geleneksel dikdörtgen ataşmanların boyutları, belirginliği, kenarlarının eğimi ve diş üzerindeki pozisyonu, şeffaf plak yazılımları aracılığıyla hekim tercihine göre değiştirilebilir ve hala yaygın olarak kullanılmaktadır (71).

c) Eğimli ataşmanlar: Hem yatay hem de dikey dikdörtgen ataşmanlar eğimli şeklinde olabilir. Ekstrüzyon hareketleri için, diş etine doğru eğim verilmiş yatay bir ataşman kullanılabilir. İntrüzyon için, intrüzyonu gerçekleştirilecek dişin yanındaki dişlere oklüzal olarak eğim verilmiş yatay bir ataşman tercih edilebilir. Eğim verilmiş dikey ataşmanlar, rotasyon hareketlerinde kullanılabilir. Yazılımın optimize rotasyon ataşmanları yerleştirmediği durumlarda mesial veya distal olarak eğimli ataşman yapılabilir. Eğimin aktif yüzeyi, istenilen diş hareketini gerçekleştirmek için plağın itme kuveti uygulayabileceği düz bir yüzey sağlar (6,71).

2.6.2. Özelleştirilmiş Ataşmanlar

Şeffaf plak tedavilerinde kullanılan ataşmanların etkinliği, büyük ölçüde geometrik tasarımına bağlıdır. Günümüzde, Maestro, Meshmixer gibi gelişmiş 3B modelleme yazılımları sayesinde, klinisyenler her bir hastanın özgün diş yapısına ve tedavi gereksinimlerine uygun, farklı geometrilere sahip oldukça özelleştirilmiş ataşmanlar tasarlayabilmektedirler. Bu yazılımlar, ataşmanların boyutu, şekli ve

konumunu, planlanan diş hareketinin türüne göre hassas bir şekilde ayarlamak için kullanılabilir (6).

2.6.2.1. Optimize edilmiş ataşmanlar:

Optimize edilmiş ataşmanlar farklı özelliklere sahip özel tasarımlardır. Bu ataşmanların geliştirilme amacı, daha öngörülebilir diş hareketlerini sağlamak için optimal kuvvet uygulamaktır. Align Technology tarafından geliştirilen optimize ataşmanlar belirli bir hareket miktarı ve türü planlandığında ClinCheck yazılımı tarafından otomatik olarak yerleştirilir ve Invisalign sistemine özgüdür. Her bir dişin genişliği, uzun ekseni ve konturu göz önünde bulundurularak özel olarak tasarlanırlar ve kuvvetleri mümkün olan en etkili şekilde iletmek için hassas bir şekilde konumlandırılırlar (9,12).

Bu ataşmanlar sayesinde, daha karmaşık diş hareketleri önceden belirlenen bir doğrultuda ve planlanan bir zaman çizelgesine uygun olarak gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır. Rotasyon, ekstrüzyon veya intrüzyon gibi spesifik hareketler, optimize ataşmanların doğru konumlandırılması ve tasarımı sayesinde daha etkin ve düzgün bir şekilde yönlendirilebileceği firma tarafından bildirilmiştir. Ancak Karras ve arkadaşlarının Invisalign tedavisinde kullanılan optimize ve geleneksel ataşmanların etkinliğini karşılaştırdıkları sistematik derleme, kanin ve premolarların derotasyonu ile kesici ve kanin dişlerin ekstrüzyonu gibi hareketlerde, optimize ve geleneksel ataşmanlar arasında istatistiksel ve klinik olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur (9).

2.6.3. Ataşman Yapımında Kullanılan Materyaller

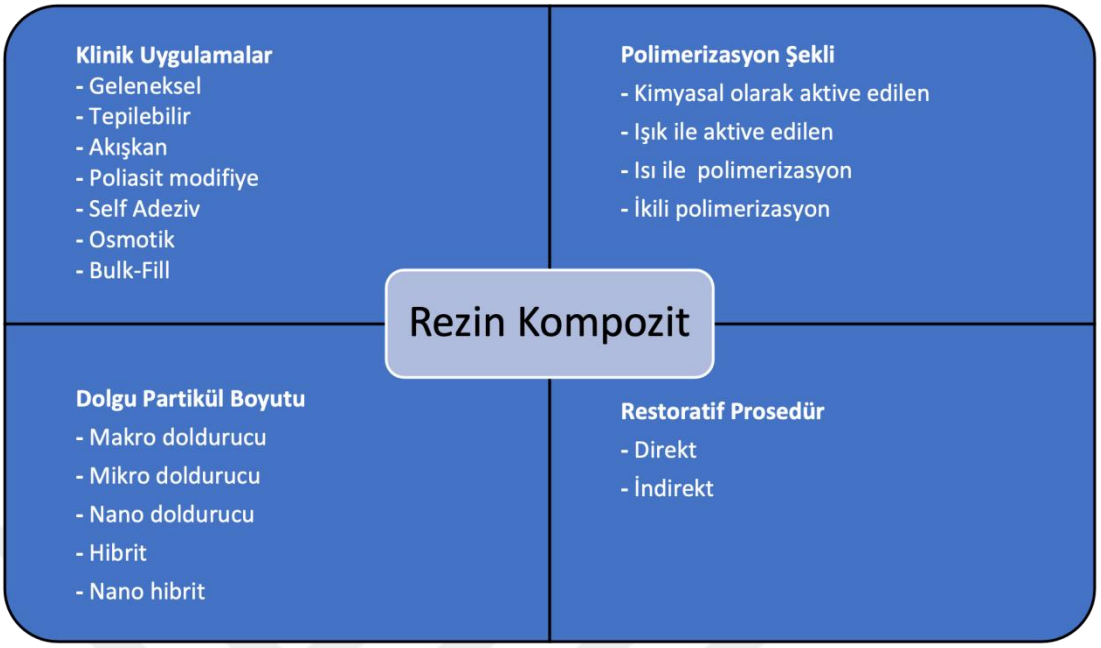
Ataşmanların pozisyonu ve konfigürasyonu, uygulanan kuvvet sistemine doğrudan bağlı olduğundan, ortodontik tedavi sürecinde kritik bir rol oynar. Planlanan ataşman konfigürasyonunun doğru bir şekilde diş yüzeylerine transfer edilmesi için bir rehber plak kullanılır. Ataşmanların diş yüzeylerine aktarımında doğruluk, planlanan diş hareketlerinin gerçekleştirilmesi ve plakların uyumu açısından oldukça önemlidir. Klinik olarak önemli olan mekanik özellikler ise ataşmanların tedavi süresince şekillerini ve bütünlüklerini korumaları gerektiğidir (5,6).

Ataşman yapımında genellikle restoratif diş tedavisinde kullanılan kompozit materyaller kullanılır. Kompozit materyaller genellikle organik rezin matriksi ve inorganik/organik doldurucu olarak iki fazdan oluşur. Kompozitlerin matrisksini oluşturan monomerler, genellikle bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA), üretan dimetakrilat (UDMA), trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA) ve bisfenol A-etoksilat dimetakrilat (Bis-EMA) gibi metakrilat bazlı organik bileşiklerdir. Doldurucular kompozit materyalin mekanik özelliklerini, aşınma direncini, estetik görünümünü ve manipülasyonunu iyileştirmek amacıyla eklenen inorganik veya organik parçacıklardır. Doldurucular olarak silika, kuvars, zirkonya ve cam iyonomerler gibi çeşitli inorganik materyaller kullanılır (7,8,72,73).

Kompozit materyallerin özelliklerindeki farklılıklar, büyük ölçüde doldurucu içeriğine bağlıdır. Özellikle doldurucu oranı ve partikül boyutları, kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen temel faktörlerdendir. Doldurucu oranı, kompozitin toplam hacminin yüzdesi olarak ifade edilen doldurucu miktarını belirtir. Doldurucu oranının artması genellikle materyalin viskozitesinin artmasına yol açar, bu da kompozitin klinik uygulanabilirliğini doğrudan etkiler. Yüksek viskoziteli kompozitler, genellikle daha iyi mekanik direnç ve yüksek aşınma direncine sahiptir. Düşük viskoziteli kompozitler, özellikle ince restorasyon katmanları gerektiren ve erişilmesi zor bölgelerde penetrasyonu daha iyi olduğu için tercih edilebilir (74).

Diş hekimliği pratiğinde, restoratif ihtiyaçlara göre farklı viskozite ve doldurucu oranına sahip kompozit materyaller tercih edilir. Materyal seçimi, söz konusu restorasyonun avantajlarını en üst düzeye çıkaracak şekilde yapılır. Ataşman yapımı, ortodontik tedavilerde kullanılan ve tedaviye yardımcı olan bir restorasyon türüdür. Ataşman konfigürasyonuna ve geometrisine en uygun avantajları sağlayacak kompozit materyal seçimi önemlidir. Restoratif materyallerin teknolojinin ilerlemesiyle birlikte sürekli gelişmesi, sınıflandırma sistemlerinin de dinamik bir şekilde güncellenmesini gerektirmektedir. Resim 1'de restoratif kompozit materyaller, kompozisyonları ve performans özelliklerine göre çeşitli sınıflandırmalara ayrılmıştır (7,74).

Şekil 2.1 Rezin kompozitlerin sınıflandırılması



Ortodonti pratiğinde, özellikle ataşman yapımında kullanılan kompozitler, klinik uygulamalara ve fonksiyonel gereksinimlere göre belirlenebilir. Geleneksel, akışkan, tepilebilir ve bulk-fill kompozitler, bu uygulama için sıkça tercih edilirken; son yıllarda ataşman yapımına özel olarak geliştirilen özelleştirilmiş kompozitler de piyasaya sürülmüştür.

2.6.3.1. Geleneksel kompozitler ve tepilebilir kompozitler (yüksek viskoziteli kompozitler)

Geleneksel kompozitler ve tepilebilir kompozitler, yüksek viskoziteleri ve doldurucu oranlarının yüksek olması nedeniyle, ortodontik ataşmanlar için sıklıkla tercih edilen materyallerdir. Geleneksel kompozitlerin yapısı, daha önceden belirlenen biçimlerin ve konturların takip edilmesini gerektiren uygulamalar için idealdir, çünkü bunlar hem estetik açıdan uyum sağlamak hem de mekanik dayanıklılık sergilemek amacıyla tasarlanmışlardır. Tepilebilir kompozitler geleneksel kompozitlere kıyasla daha sert, daha az yapışkan ve daha kolay şekillendirilebilir özellikler gösterirler. Bu kompozitlerin kimyasal yapısı, bu materyallerin aşınma direncini artırırken, doldurucu oranının yüksek olması mekanik özelliklerinin iyileşmesine ve bu sayede ataşmanların

ağız içerisindeki geometrisinin ve performansının korunmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle şeffaf plak tedavilerinde, planlanan diş hareketlerini gerçekleştirmek için gerekli optimal kuvvetleri sağlamak ve plakların dişlere tam olarak uymasını sağlamak amacıyla ataşmanların bu özelliklerini koruması büyük önem taşımaktadır (7,74).

Şeffaf plak tedavisi, estetiğin önemli olduğu durumlarda tercih edilen bir tedavi yöntemi olduğundan, bu tedavide ataşman yapımı için özellikle renk uyumu ve estetik açıdan üstün niteliklere sahip, genellikle geleneksel kompozit kategorisine dahil edilen anterior kompozitler sıklıkla tercih edilmektedir. Renk stabilitesi ve saydamlık gibi özellikleri ile dikkat çeken bu kompozitler, doğal diş rengi ile uyum sağlamaları ve zaman içindeki renk değişimlerine karşı gösterdikleri direnç sayesinde uzun süreli estetik çözümler sunar (71).

Her iki kompozit türü de ataşman yapımında birtakım zorluklar sunar. Bu malzemeler manipülasyon gerektirir, yani bir el aleti kullanılarak plaktaki ataşman boşluklarına doğru ve etkin bir şekilde adapte edilmeleri gerekir. Yüksek viskoziteleri nedeniyle, özellikle küçük ve kompleks ataşman alanlarında, materyalin kalıba tam olarak yayılmasını ve penetre olmasını sağlamak için ekstra çaba gerektirebilirler. Klinik uygulamada, yapılması gereken ataşman sayısının fazla olduğu durumlarda tedavi sürecinin genel oturum süresini uzatabilir. Bu durum, klinik uygulamada hem zaman yönetimini hem de hasta konforunu olumsuz etkileyebilecek bir etmendir.

2.6.4. Akışkan Kompozitler (Düşük Viskoziteli Kompozitler)

Geleneksel kompozitlere kıyasla doldurucu oranlarının hacim olarak %50-70'ten %37-53'lere kadar azaltılmasıyla karakterize edilirler. Bu düşürülmüş viskozite sayesinde, akışkan kompozitler, enjeksiyon şırıngası kullanılarak kavitelerin küçük çatlaklarına veya köşelerine kolayca sızabilir, bu da işlem sürecini basitleştirerek operasyon süresini kısaltır. Bununla birlikte, akışkan kompozitler, doldurucu oranı yüksek kompozitlerden daha fazla polimerizasyon büzülmesi gösterirler. Doldurucu oranı azaltılması ve fiziksel özellikler ile aşınma direncinin azalması nedeniyle, akışkan kompozitlerin düşük stres taşıyan bölgelerde kullanılmaları önerilmektedir. Literatürdeki çok sayıdaki çalışmada, esneklik, aşınma ve diğer mekanik özelliklerin değerlendirmelerine dayanarak, akışkan kompozitlerin, geleneksel rezin kompozitlere

göre daha düşük mekanik dayanıma sahip oldukları gösterilmiştir. Bu duruma çözüm olarak mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla doldurucu oranı yüksek akışkan kompozitler geliştirilmişlerdir. Bu kompozitler, daha yüksek doldurucu içeriğine sahip olup, bu sayede artan mekanik direnç ve düşük polimerizasyon büzülmesi gibi özellikleriyle dikkat çekerler. Doldurucu oranı yükseltilmiş akışkan kompozitler, standart akışkan kompozitlerin işlevselliğini korurken, daha yüksek aşınma direnci ve mukavemet gibi avantajlar sunarlar. Ancak doldurucu oranının artması ile bu akışkan kompozitlerin viskozitesi de artmıştır (6,7,74).

Ataşman yapımında akışkan kompozitlerin kullanılması, enjekte edilebilir yapılarıyla pratik olması ve minimal manipülasyon gereksinimi gibi avantajlara sahip olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Yüksek penetrasyon kabiliyetleri nedeniyle kompleks geometriye sahip ataşmanların yapımında kolaylıkla kullanılabilirler. Ancak, akışkan yapısı nedeniyle hava kabarcığı oluşumu ve fazla materyalin kontrolsüz yayılması gibi potansiyel dezavantajlar da beraberinde gelmektedir. Hareketin tam olarak aktarılması ve plak uyumu için artan materyalin temizlenmesi gerekebilir, bu da klinik süreyi uzatabilir ve yanlış uygulanma sonucu diş dokusuna zarar verme riski taşıyabilir. Bu sebeplerle, akışkan kompozitlerin kullanımı sırasında titiz bir çalışma gereklidir.

2.6.4.1. Bulk-Fill kompozitler:

Bulk-fill kompozitler, özellikle derin kavitelerde geleneksel kavite doldurma tekniklerinin zaman alıcı olması sebebiyle geliştirilmiştir. Bu yeni nesil kompozitler, 4 mm kalınlığa kadar tek seferde doldurulabilir ve malzemelerin yüksek renk saydamlığı sayesinde bu derinlikte yeterli polimerizasyonun sağlanmasına imkan tanır. Yenilikçi başlatıcı sistemler sayesinde ışıkla sertleştirme süresi kısaltılmıştır (7).

Bulk-fill kompozitler viskoziteleri ile doldurucu oranlarına göre sınıflandırılabilirler. Düşük doldurucu oranına sahip olanlar, yüksek penetrasyon yeteneğine sahip olmalarına rağmen, mekanik özellikler açısından daha zayıftırlar. Bu tür kompozitler, genellikle restoratif tedavilerde baz materyali olarak kullanılmakta ve üzerine daha yüksek mekanik özelliklere sahip bir geleneksel kompozit uygulanması önerilmektedir. Doldurucu oranı arttırıldıkça bulk-fill kompozitlerin mekanik

özellikleri iyileşmektedir, ancak bu durum viskozitenin artmasına ve dolayısıyla manipülasyon gereksinimini ortaya çıkarmasına yol açmaktadır. Restoratif tedaviler de tek seferde "full-body" olarak uygulanabilen bulk fill kompozitler yüksek vizkoziteye sahip olanlardır. Ancak, artan viskozite nedeniyle, bu tür kompozitlerin doğru şekilde yerleştirilmesi için klinikte daha fazla dikkat ve beceri gerektirir (7,74).

Literatürde yapılan hem klinik hem de laboratuvar çalışmalarında, bulk-fill kompozitlerin ataşman oluşturmada etkili olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, doldurucu oranı ve viskoziteye bağlı olarak bu bulk fill kompozitlerin de avantajları ve dezavantajları, akışkan ve akışkan olmayan kompozitlerdeki avantajlara ve dezavantajlara benzerlik gösterir. Doldurucu oranı ve viskozitesi yüksek bulk-fill materyaller üstün mekanik özelliklere sahiptir ancak plaktaki ataşman boşluklarına adapte edilmeleri ek maniplasyon gerektirebilir. Buna karşılık, düşük doldurucu oranına ve viskoziteye sahip bulk-fill kompozitler, uygulama alanına iyi bir yayılma sağlar ancak daha zayıf mekanik özellikler gösterirler (7,8,74). Literatürde, yüksek doldurucu oranına rağmen uygulama alanında iyi bir yayılım sergileyebilen SonicFill bulk fill materyalinin ataşman yapımında etkin olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (8,75). Ancak, bu üstün yayılım performansına ulaşmak için, materyalin viskozitesini düşürmek amacıyla basınçlı hava ile çalışan ve sonik titreşim teknolojisi kullanan, materyale özgü bir el aleti gereklidir.

Ataşman yapımında, kompozitin penetrasyon kabiliyeti ve mekanik dayanıklılığı gibi faktörler, tedavinin başarısı için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, her bir vakanın özel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, uygun bulk-fill kompozit tipinin seçilmesi önem taşır. Klinisyenlerin, ataşmanların etkinliğini ve dayanıklılığını maksimize etmek için, bulk-fill kompozitlerin viskozite ve doldurucu oranındaki farklılıkları dikkate alarak bilinçli bir seçim yapmaları gerekmektedir.

2.6.4.2. Ataşman için özelleştirmiş kompozit materyaller

Ataşman yapımında özelleştirilmiş kompozitler, son dönemde ortodonti pratiğinde önem kazanmıştır. Bu kompozitlerden birisi olan GC firmasının Aligner Connect isimli ürünüdür. Firmanın iddiasına göre diş minesinin görünümünü taklit edebilme yeteneğiyle öne çıkarken, akışkanlığı ve macun kıvamı kullanım kolaylığına

sahiptir ayrıca, bu ürün ataşman plağı aracılığıyla optimal şekilde polimerize edilebilirken, özellikle estetik açıdan diş minesine benzer optik özellikler sunmaktadır (76). Bir diğer ürün olan Dentsply Sirona'nın TPH SPECTRA® ST Universal Composite Restorative ise, aligner kullanımı sırasında meydana gelebilecek aşınma, gıda ve içeceklerden kaynaklanan lekelere karşı dayanıklılık gibi özellikleriyle dikkat çekmektedir. Bu kompozit, bukalemun etkisi ile çevreleyen diş yapısına mükemmel uyum sağlayarak, hava kabarcıklarının oluşumunu engelleyecek şekilde optimize edilmiş bir adaptasyon sunma iddiasındadır (77).

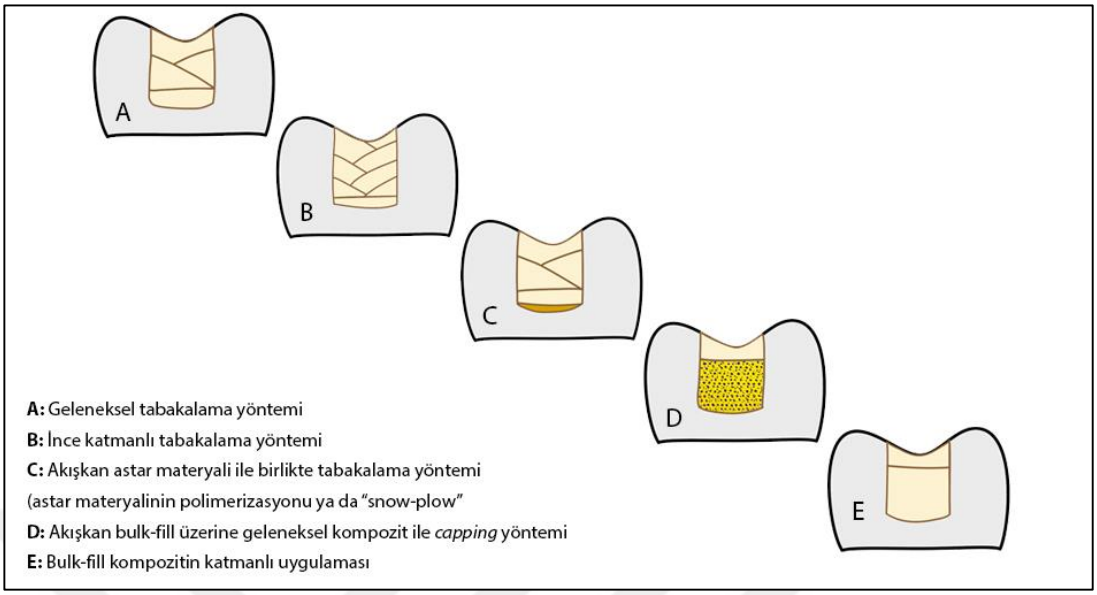
Bu özelleştirilmiş kompozitlerle ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmalar, bu materyallerin bağlanma dayanımı ve klinik uygulama süresi açısından başarılı olduğunu göstermiş olsa da daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (78). Özellikle, bu yenilikçi kompozitlerin uzun vadeli klinik performansları hakkında daha detaylı bilgi elde edilmesi gerekmektedir.

2.6.5. Restorasyon Yapım Teknikleri ve Ataşman Yapımında Kullanımları

2.6.5.1. Restorasyon yapım teknikleri:

Restoratif tedavide kullanılan teknikler, malzemenin özelliklerine ve tedavi gereksinimlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bu teknikler arasında tabakalama, snow-plow ve bulk teknikleri önemli yer tutmaktadır. Her bir teknik ya da bu tekniklerin çeşitli kombinasyonları farklı durumlar için kullanılabilir. Bu teknikler Resim 2.1'de gösterilmiştir.

Resim 2.1 Sıklıkla kullanılan restoratif teknikler



a) Tabakalama Tekniği: Tabakalama tekniği, kompozitin her bir katman en fazla 2mm derinliğinde olacak şekilde katman katman uygulanması prensibine dayanır. Bu yöntemde, her bir katman ışıkla sertleştirildikten sonra diğer katman uygulanır. Bu, kompozitin daha homojen bir şekilde polimerize edilmesini ve polimerizasyon büzülmesinin en aza indirilmesini sağlar. Tabakalama tekniği özellikle derin kavitelerin restorasyonunda tercih edilir ve aşırı büzülme riskini azaltarak restorasyonun marjinal bütünlüğünü korur (7,74).

b) Bulk Teknik: Bulk teknik, kompozitin tek bir katman olarak ve genellikle 4 mm'ye kadar olan kalınlıklarda kaviteye uygulanmasını içerir. Bu yöntem, tedavi sürecini hızlandırabilir. Modern bulk-fill kompozitlerde, yüksek renk geçirgenliği ve yenilikçi başlatıcı sistemler sayesinde derin katmanlarda bile polimerizasyonun yeterli olması amaçlanmıştır. Bulk teknik kullanımında, özellikle polimerizasyon sırasında aşırı ısı gelişimi ve kompozitin altında yetersiz polimerizasyon nedeniyle artık monomer kalması gibi risk faktörlerini göz ardı etmemek gereklidir (7).

c) Snow-Plow Tekniği: Snow-plow tekniği, düşük viskoziteli kompozit malzemenin polimerize edilmeden önce kaviteye uygulanması ve ardından yüksek viskoziteli kompozit malzeme ile üzerinin kapatılması esasına dayanır. Yüksek viskoziteli kompozit, düşük viskoziteli kompoziti kavitedeki çukurlara ve yarıklara

doğru "sıkıştırırken", hava kabarcıklarının önlenmesine yardımcı olur. Aynı zamanda, kompozitin mekanik özelliklerini iyileştirir ve daha dayanıklı bir restorasyon sağlar. Bu yöntem, özellikle karmaşık geometrilere sahip restorasyonlarda avantajlıdır (79).

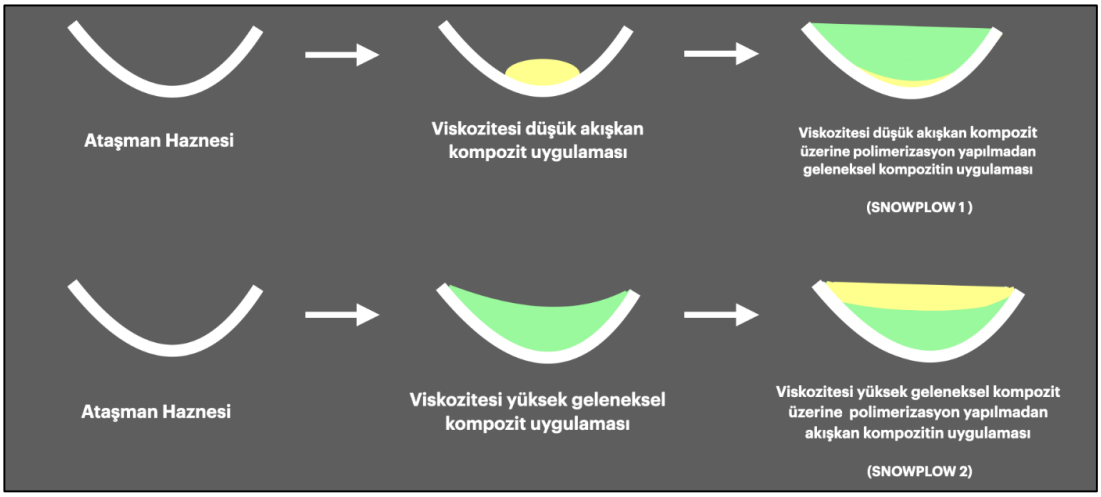
2.6.5.2. Ataşman yapımında restoratif tekniklerin kullanımı:

Ataşman yapımında, restoratif tedavilerde kullanılan tekniklerin adaptasyonu önem taşır. Tabakalama tekniği, ataşman yapımında uygun bir seçenek olmayabilir. Ataşmanlar, derin kavitelere göre daha küçük hacimli yapılardır. Işıkla polimerizasyon işlemi, plak aracılığıyla diş yüzeyinde gerçekleştiğinden, tabakalama tekniği ile kompozit uygulamak toplam uygulama alanının hacmi küçük olduğu için bir avantaj sağlayamaz ve ayrıca bu teknik hem adaptasyonu olumsuz etkileyebilir hem de işlem süresini uzatabilir.

Ataşman yapımında genellikle bulk teknik tercih edilir. Bulk teknik, geleneksel, akışkan ve bulk-fill kompozitlerle kullanılabilir. Materyalin viskozitesi düştükçe, özellikle geleneksel dikdörtgen ataşmanlarda ve özelleştirilmiş ataşmanlardaki zor erişilebilir alanlarda penetrasyon iyileşir. Ancak, hava kabarcığı oluşumu ve aşırı materyalin diş yüzeyine yayılması gibi sorunlar meydana gelebilir. Viskozitenin artması ise mekanik özelliklerin iyileşmesini, hava kabarcığı oluşum riskinin azalmasını ve fazla materyalin diş yüzeyinde sınırlı bir alana yayılmasını sağlar. Ancak yüksek viskozite, ataşman köşeleri gibi zor erişilen alanlara penetrasyonun zorlaşmasına neden olabilir (71,75).

Ataşman yapımında özellikle erişilmesi zor alanlarda snow-plow tekniğinin denemesi faydalı olabilir. Bu teknik iki şekilde uygulanabilir. (Resim 2.2)

Resim 2.2 Snowplow tekniğinin ataşman yapımı için iki farklı modifikasyonu



İlk olarak, ataşman boşluğundaki plağa, özellikle zor erişilen alanlara akışkan kompozit yerleştirilir. Polimerizasyon gerçekleşmeden üzerine geleneksel kompozit eklenir. Bu yöntemle hava kabarcığı oluşum ihtimali düşerken, zor alanlara erişim kolaylaşır. Diş yüzeyine geleneksel kompozit temas ettiği için, diş yüzeyine fazla materyalin yayılımı önlenmiş olur. Alternatif olarak, plağa önce akışkan olmayan bir kompozit yerleştirilip, polimerizasyon öncesi üzerine ince bir tabaka akışkan kompozit eklenir. Bu durumda, akışkan kompozit; geleneksel kompozit ile diş yüzeyi arasında sıkışır ve hava kabarcığı oluşumu riski azalır, ayrıca diş yüzeyinde iyi bir yayılım sağlar ve diş-ataşman bağlantı bölgelerinde sıklıkla yaşanan eksiklik olması durumu önlenebilir. Aynı zamanda, ataşmanın dış yüzeyi geleneksel kompozit materyalden oluşacağı için, optimum mekanik özelliklere sahip bir ataşman elde edilir. Ataşman yapımında anterior kompozit kullanılacağı durumlarda tercih edilebilir.

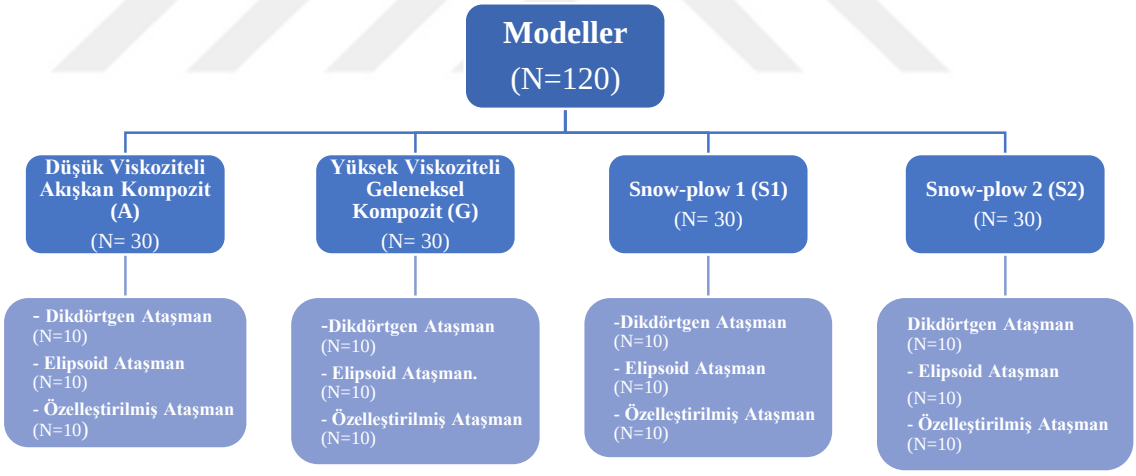
Bu yöntemlerin her biri, ataşmanların özel ihtiyaçlarına ve tedavi planına göre seçilmelidir. Özellikle zor erişilen alanlarda ve ataşman yapısının korunması gereken durumlarda, snow-plow tekniği gibi özel tekniklerin kullanılması tedavinin etkinliğini artırabilir. Sonuç olarak, bu yöntemin ataşman yapımına uyarlanmasının, klinik sonuçları iyileştirme potansiyeli olabilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu tez çalışması Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2024/015 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

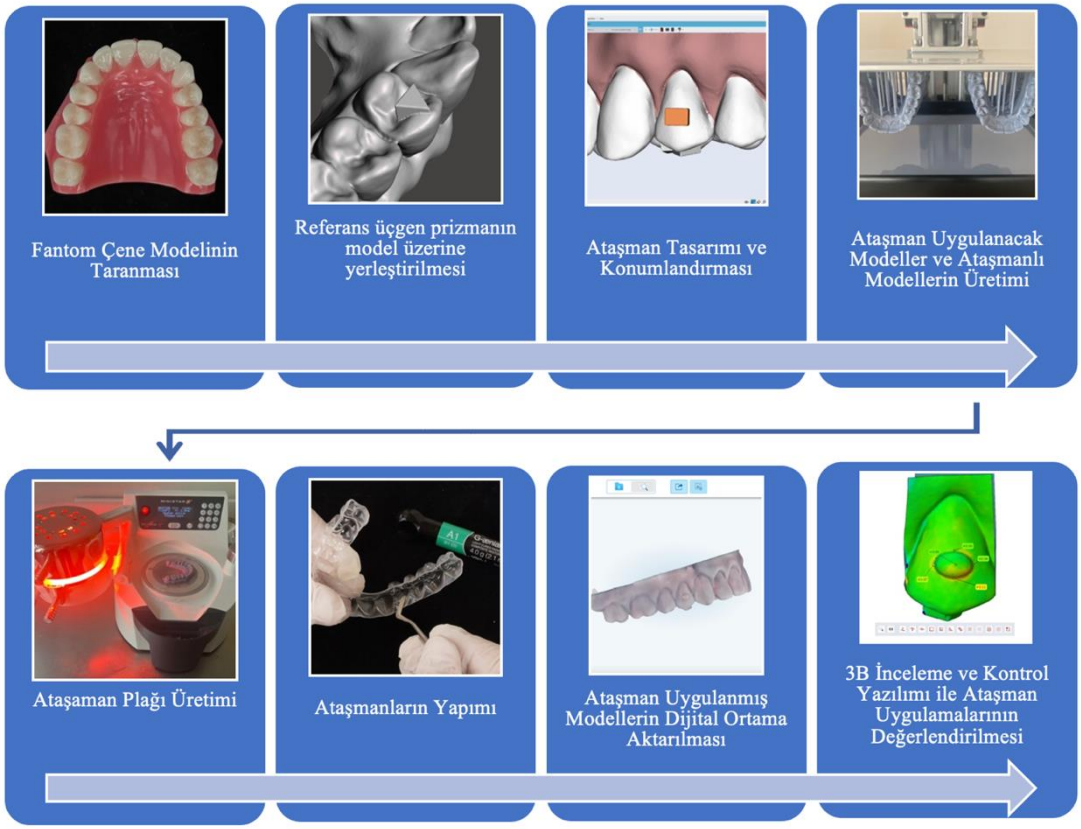
Çalışma, dört farklı ataşman yapım yöntemi kullanılarak dört ana grupta gerçekleştirilmiştir. Her grup içinde üç farklı ataşman tipi değerlendirilmiştir. Yapılan güç analizi (G*Power 3.1.9.7) sonucunda, %90 güven aralığında her grup için gereken model sayısının 10 olduğu belirlenmiştir. Ancak potansiyel veri kayıplarını telafi etmek amacıyla, her grup için 12 model olacak şekilde toplamda 144 model kullanılması planlanmıştır. Örnekler Şekil 3.1'de gösterildiği üzere deney gruplarına ayrılmıştır.

Şekil 3.1 Deney grupları ve örnek sayıları



Akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Çalışma sürecinde kullanılan sarf malzemeleri içerikleri ve kullanım alanları Çizelge 3.1'de, çalışma sürecinde kullanılan ekipmanlar ve kullanım alanları Çizelge 3.2'de, çalışma sürecinde kullanılan yazılımlar ve kullanım alanları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Şekil 3.2 Çalışma sürecinin iş akışı şeması



Çizelge 3.1 Çalışma sürecinde kullanılan sarf malzemelerin içerikleri ve kullanım alanları

Sarf Malzemeler	**Model, Üretici Firma**	**İçeriği**	**Kullanım Alanı**
Likit Reçine	**Anycubic Uv Reçine, ANYCUBIC Technology Corporation, Shenzhen, Çin)**	Reçine, fotobaşlatıcı	3B Model
0,40 mm Şeffaf Plak	DURAN®+, Scheu Dental GmbH Iserlohn, Almanya	Polietilenterefitalat-Glikol Kopolyester (PET-G)	Ataşman Plağı
Akışkan Universal Kompozit	G-aenial Universal Injectable, GC GC Corporation, Tokyo, Japonya	Baryum (Ba) cam, Silikon dioksit (SiO_2), UDMA, Bis-EMA Dimetakrilat	Ataşman yapımı
Geleneksel Universal Kompozit	G-ænial A'CHORD, GC Corporation, Tokyo, Japonya	Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, dimetakrilat ko-monomerleri silaniza baryum cam (300 nm.), füme silika (16 nm.), silikat cam	Ataşman yapımı
Bağlayıcı Ajan	G-Premio BOND, GC Corporation, Tokyo, Japonya	MDP, 4-MET, MDTP, dimetakrilat monomerleri aseton, su, silikon dioksit, fotobaşlatıcılar	Ataşman yapımı
Ortofosforik Asit	GC Ortho Etching Gel, GC Corporation, Tokyo, Japonya	Ortofosforik Asit %37	Ataşman yapımı
Bitim ve Cila Seti	SofLex, 3M Dental Products St. Paul, Minn., ABD)	Bitim ve cila diskleri	Taşan kompozitin temizlenmesi

Çizelge 3.2 Çalışma sürecinde kullanılan ekipmanlar ve kullanım alanları

Ekipman türü	Model, Üretici Firma	Bulunduğu Kurum/Kuruluş	Kullanım Amacı
3B Tarayıcı	iTERO; Align Technologies, San Jose, California	SBÜ, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A. D.	Model taraması
3B Yazıcı	Photon Mono X 6K, ANYCUBIC Technology Corporation, Shenzhen, Çin)	SBÜ, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A. D.	Model üretimi
Termoplastik Plak Üretici	Ministar, Scheu-Dental GmbH, Iserlohn, Almanya	SBÜ, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A. D.	Ataşman Plağı Üretimi
Ağız içi LED ışıkla polimerizasyon cihazı	Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, UT, USA	SBÜ, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A. D.	Ataşman Polimerizasyonu
Dijital Kronometre	Casio HS-3 V-1BRDT, Tokyo, Japonya	SBÜ, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A. D.	Ataşman Yapım Süresi Ölçümü

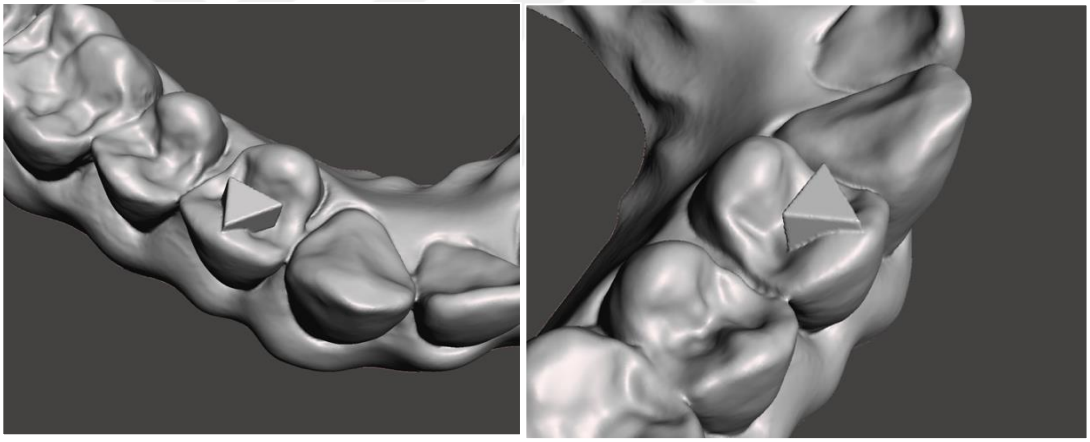
Çizelge 3.3 Çalışma Sürecinde Kullanılan Yazılımlar ve Kullanım Alanları

Yazılımlar	Model, Üretici Firma, Menşei	Kullanım Alanı
İstatistiksel Güç Analizi Yazılımı	G*Power 3.1.9.7, Heinrich Heine Universität, Düsseldorf, Almanya	Çalıma gruplarına göre örneklem sayısının belirlenmesi
3B Modelleme Yazılımı	Maestro 3B ortho studio®,AGE Solutions®, Pontedera, İtalya	3B Model Segmentasyon, Ataşman Tasarım ve Konumlandırması
3B Modelleme Yazılımı	Autodesk Meshmixer, Açık Erişim, (www.meshmixer.com)	Yüzey karşılaştırması optimizasyonu amacıyla özel eklentiler tasarlayıp bu eklentileri model üzerine yerleştirme
3B İnceleme ve Kontrol Yazılımı	Zeiss Inspect, Zeiss GmbH	Ataşman uygulaması yapılan model ve ataşmanlı model arasındaki hizalama ve 3B yüzey karşılaştırmasıyı gerçekleştirerek, özel nokta sapmalarının ve ataşman alanındaki, aritmetik ortalama ve sigma sapma değerlerinin elde edilmesi
İstatistiksel Değerlendirme Yazılımı	Jamovi Yazılımı, The Jamovi Project 2022, version 2.3.21.0, www.jamovi.org	İstatistiksel Analiz ve Veri Değerlendirmesi

3.1. 3B MODELLERİN VE ATAŞMAN PLAKLARININ ÜRETİMİ

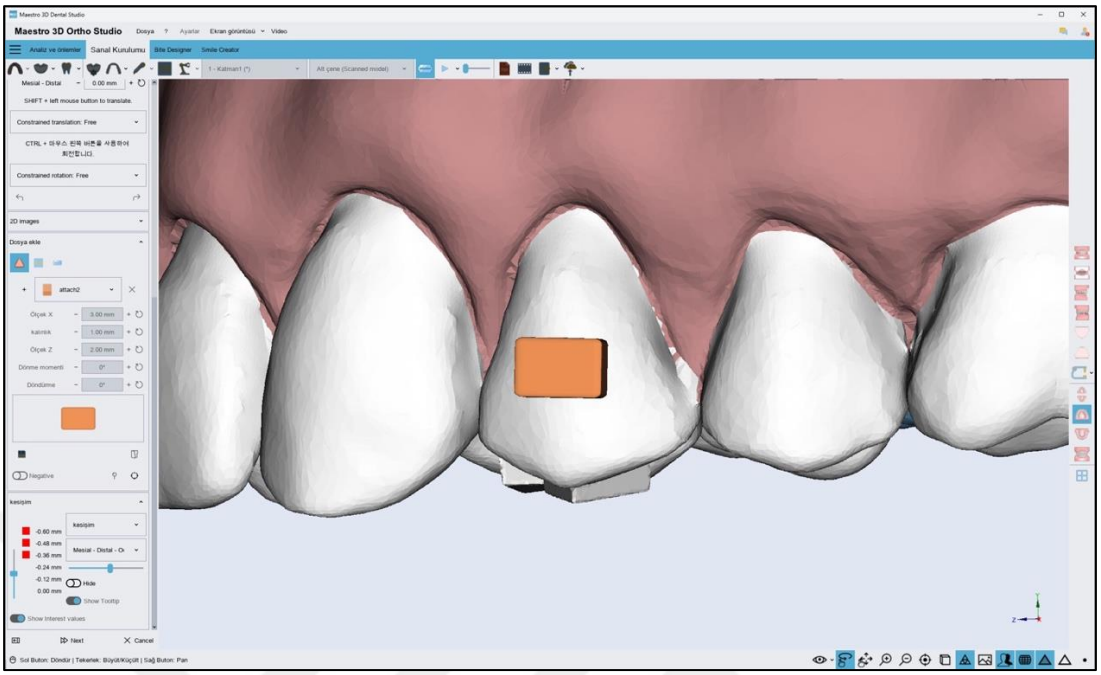
Fantom model (M0, Nissin Dental Product, Kyoto Japonya), 3B Tarayıcı (iTERO; Align Technologies, San Jose, California) taranarak 3B dijital model elde edilmiştir. Ön hizalama ve ana hizalama optimizasyonu amacıyla model üzerinde tekrarlanabilir-kolay tespit edilebilir noktalar ve referans geometri elde edebilmek için üçgen prizma şeklinde bir yapı 3B modelleme yazılımı (Autodesk Meshmixer, Açık Erişim, www.meshmixer.com) kullanılarak oluşturulmuştur (80). Bu üçgen prizma geometrik yapı, plak giriş çıkışını engellemeyecek şekilde, tavanı oklüzal düzleme paralel olacak biçimde ve ataşman uygulaması yapılması planlanan birinci premolar dişin bukkal tüberkülünün palatinal sırtına yerleştirilmiştir. Referans geometrik yapının görseli Resim 3.1'de gösterilmiştir.

Resim 3.1 Referens geometrik yapı eklenmiş 3B model

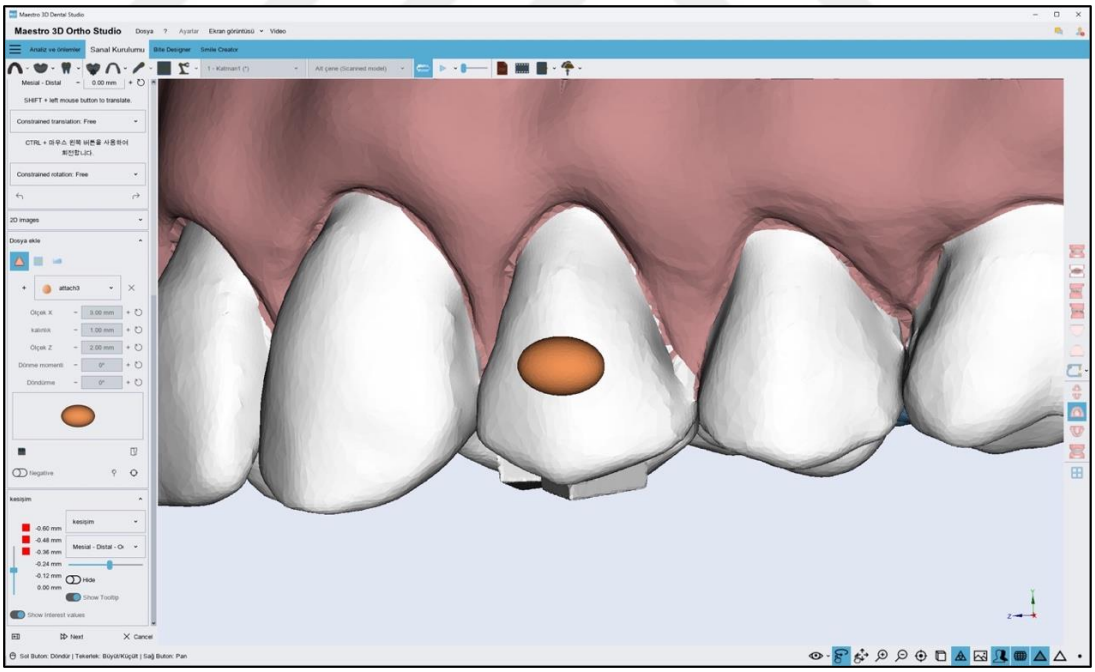


Eklenen referans geometrik yapı ile oluşturulan yeni model .stl formatında 3B modellem yazılımın (Maestro 3B ortho studio®, AGE Solutions®, Pontedera, İtalya) aktarılmıştır. Bu yazılımla birinci premolar dişin bukkal yüzeylerine dikdörtgen, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlar yerleştirilmiştir. Boyutlar tüm tasarımlarda 3 mm genişlik, 2 mm yükseklik ve 1 mm derinlik olarak belirlenmiştir. Ataşmanların şekilleri ve yerleşimleri Resim 3.2, Resim 3.3 ve Resim 3.4'te gösterilmiştir.

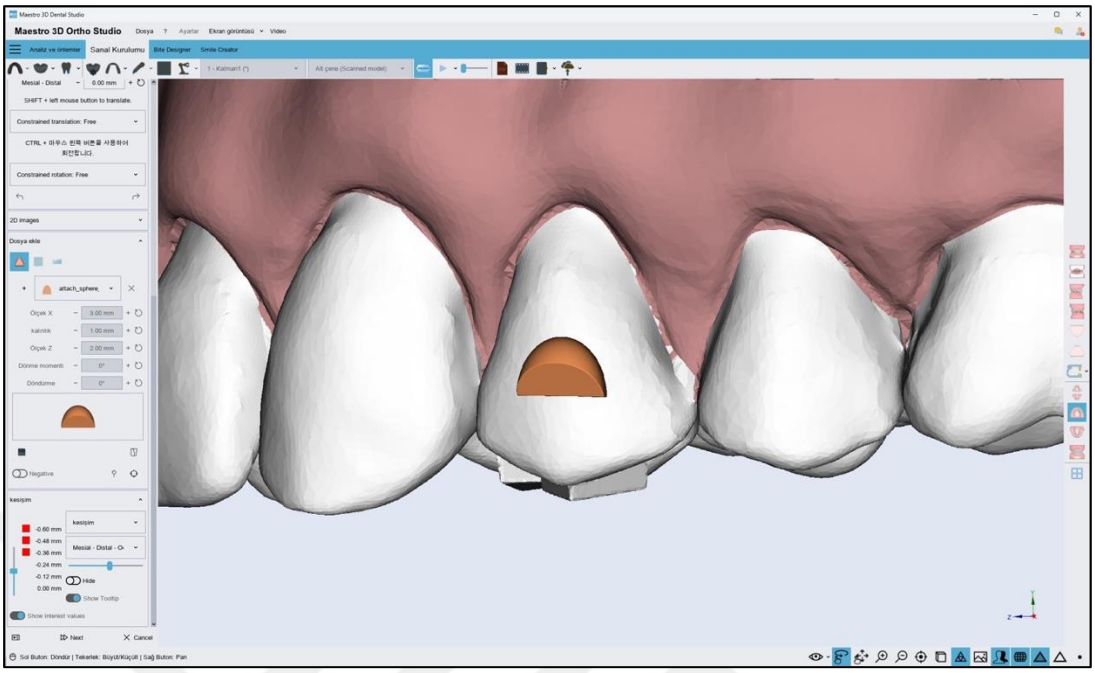
Resim 3.2 Dikdörtgen ataşmanın 3B tasarımı



Resim 3.3 Elipsoid ataşmanın 3B tasarımı

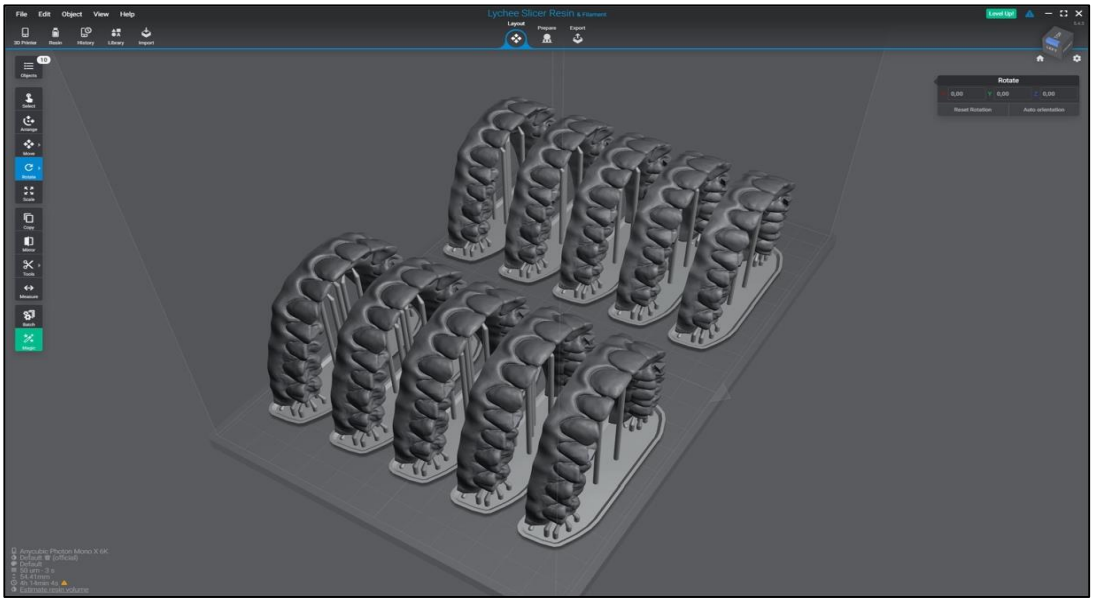


Resim 3.4 Özelleştirilmiş ataşmanın 3B tasarımı



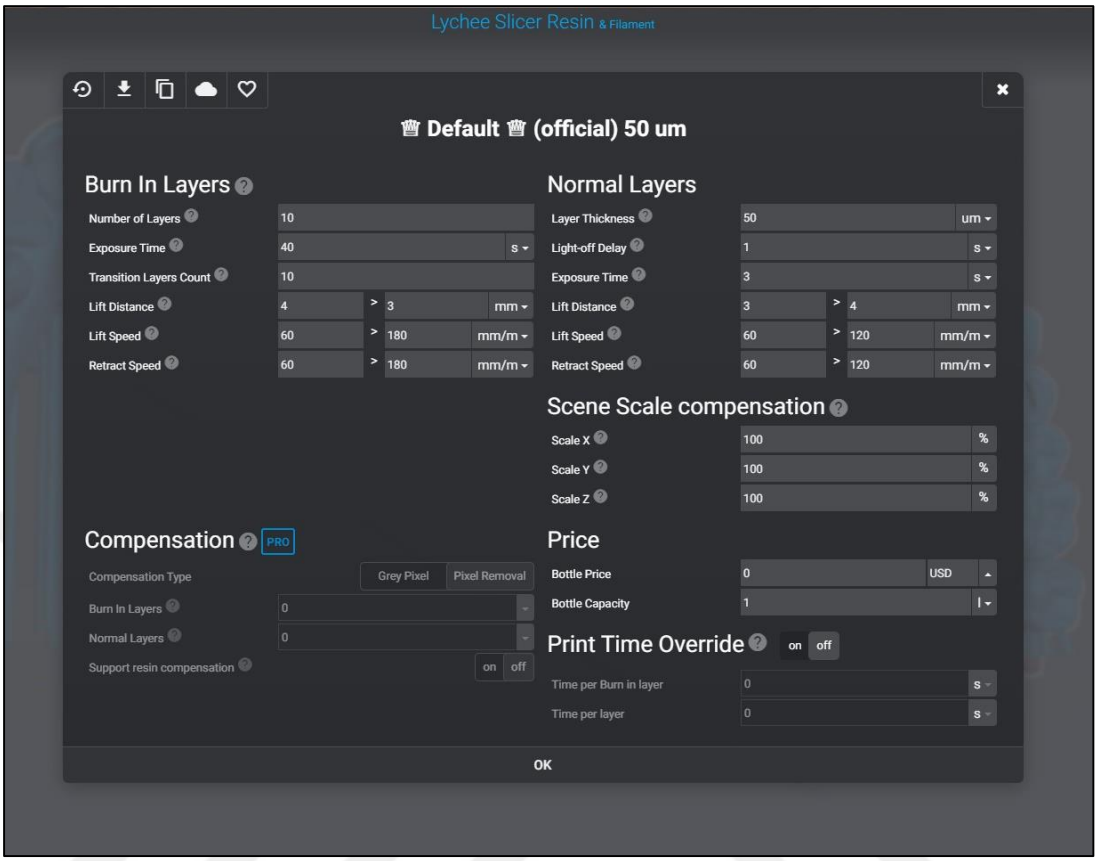
3B baskı işleminde kullanılan segmentasyon yazılımı (Lychee Slicer Mango 3B, France) ile on adet dental model baskı tablasına dikey olarak yerleştirilmiştir (Resim 3.5).

Resim 3.5 Modellerin yazıcı tablasındaki konumları



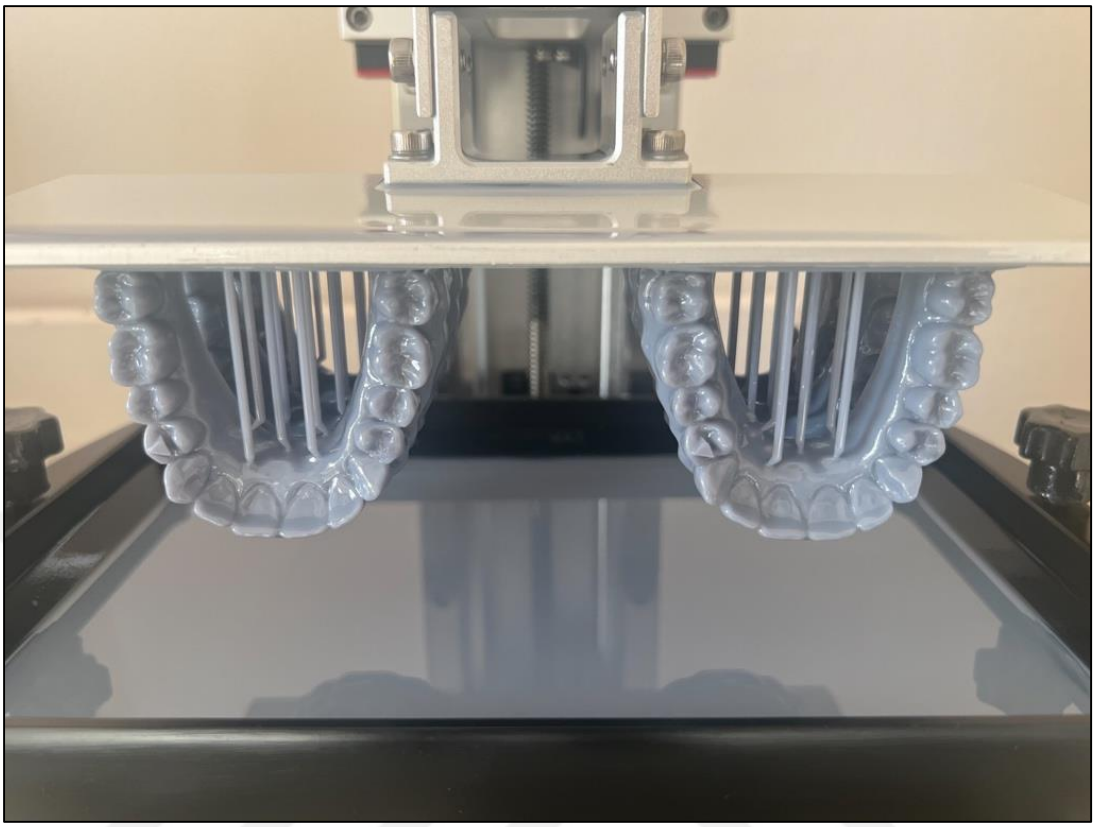
Yazıcı ayarları kullanıcı talimatları doğrultusunda düzenlenmiştir (Resim 3.6).

Resim 3.6 Çalışmada kullanılan 3B baskı ayarları



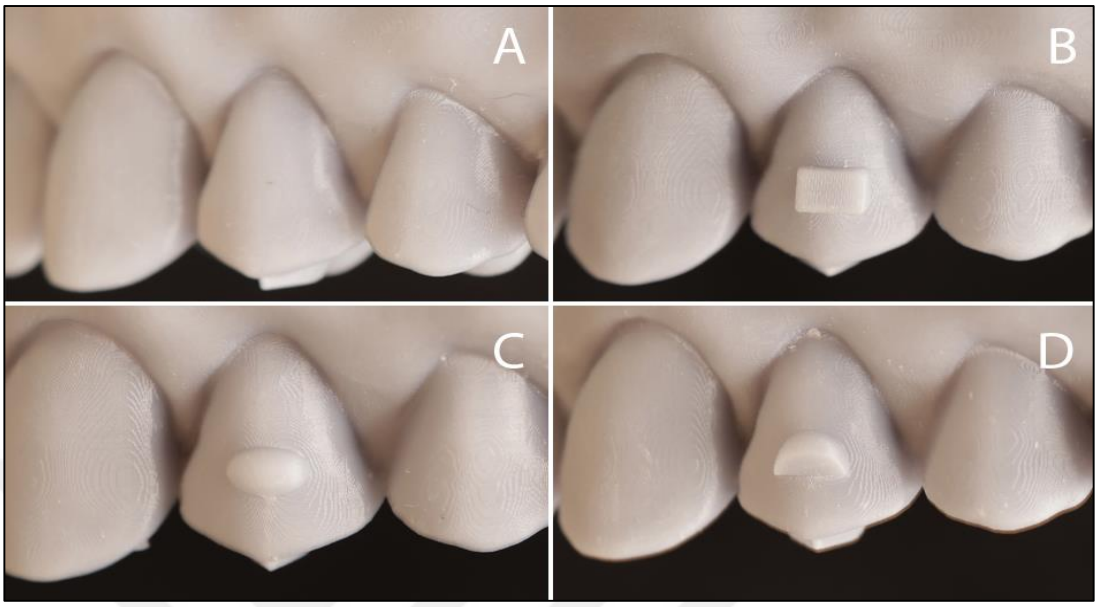
Hem ataşmanlı modeller, hem de ataşman uygulaması yapılacak ataşmansız modeller 3B yazıcı (Photon Mono X 6K, ANYCUBIC Technology Corporation, Shenzhen, Çin) kullanılarak 50 μm katman kalınlığında ile üretilmiştir (Resim 3.7).

Resim 3.7 3B model üretimi



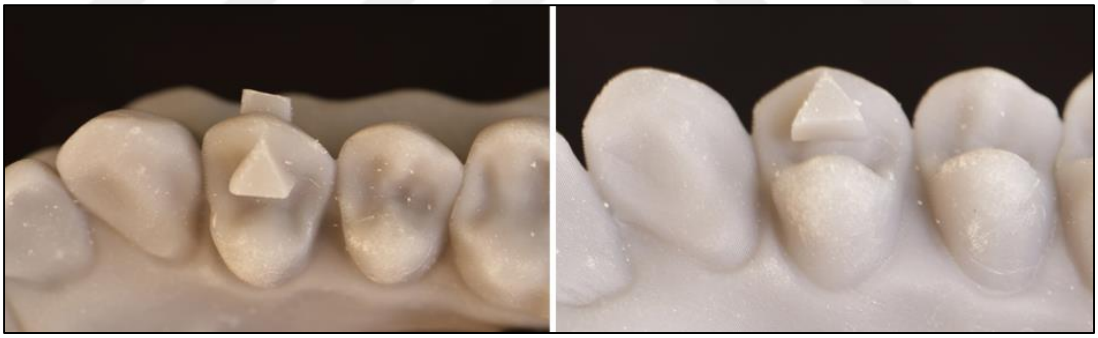
Üretilen modeller Elegoo Mercury Plus (Elegoo Inc, Shenzhen, Çin) yıkama cihazı kullanılarak %91'lik isopropil alkolle reçine artıkları uzaklaştırılmıştır. Ardından Elegoo Mercury Plus (Elegoo Inc, Shenzhen, Çin) kürleme cihazı kullanılarak 30 dk boyunca UV ışıkla kürlenmiştir. Üretilen modellerin görselleri Resim 3.8'de gösterilmiştir. Üçgen prizma referans geometrisinin 3B üretilmiş model üzerindeki görseli Resim 3.9 da gösterilmiştir. Ataşman rehber modelleri plak üretimi öncesinde 3B tarayıcı ile, yapay zeka modu kapatılarak taranmıştır ve dijital ortama aktarılmıştır. Plak üretimi sırasında modelin zarar görme ihtimali olduğu için bu yaklaşım tercih edilmişitir.

Resim 3.8 Üretilen ataşmansız ve ataşmanlı modellerdeki birinci premolar diş bukkal yüz görünümü



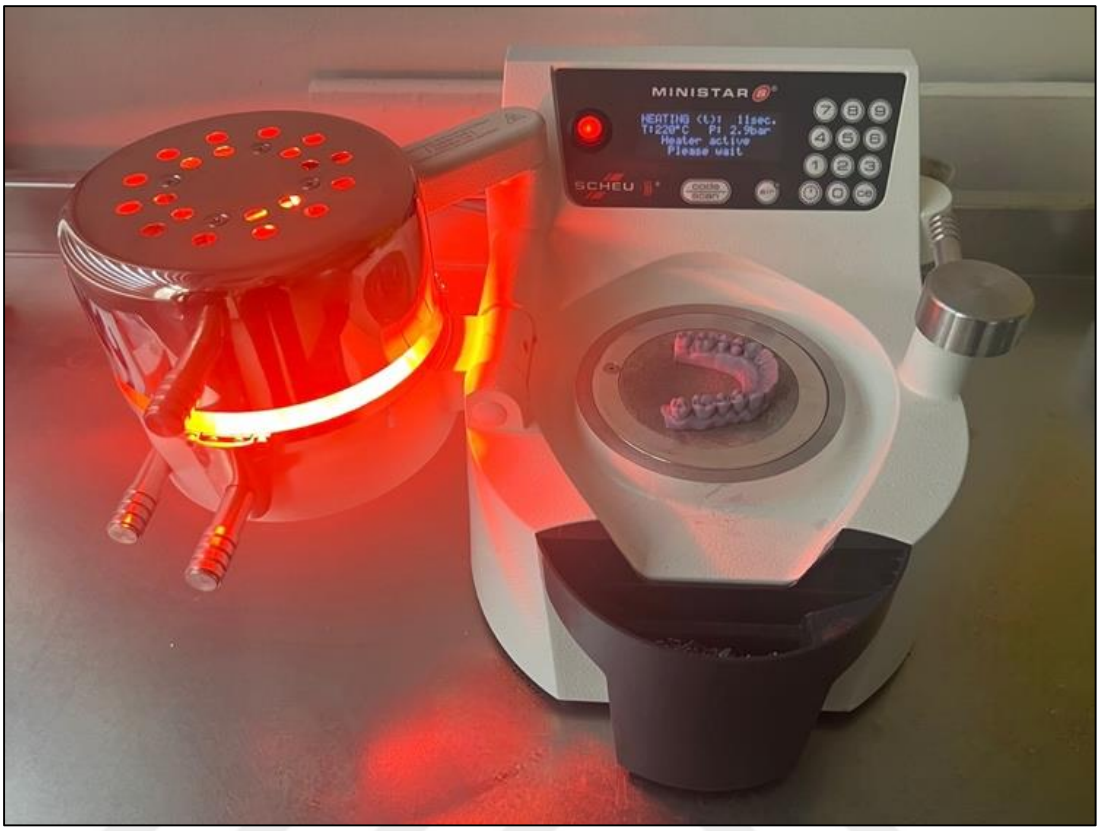
A: Ataşmansız model **B:** Dikdörtgen ataşmanlı model **C:** Elipsoid ataşmanlı model **D:** Özelleştirilmiş ataşmanlı model

Resim 3.9 Üçgen prizma referans geometrisinin 3B üretilmiş model üzerindeki görseli



Üretilen ataşmanlı rehber modeller üzerinde 0,40 mm ataşman plakları (DURAN+,
Scheu Dental GmbH, Iserlohn, Almanya) kullanılarak termoplastik plak üretici (Ministar, Scheu-Dental GmbH, Iserlohn, Almanya) kullanılarak üretilmiştir (Resim 3.10).

Resim 3.10 Ataşman rehber plak üretimi



Plakların kesimi, dişeti sınırında dalgalı kesim şeklinde gerçekleştirilmiştir. Üretici talimatları doğrultusunda plak bitim sınırına ilave bir bitim-parlatma işlemi uygulanmamıştır.

3.2. ATAŞMAN UYGULAMALARI

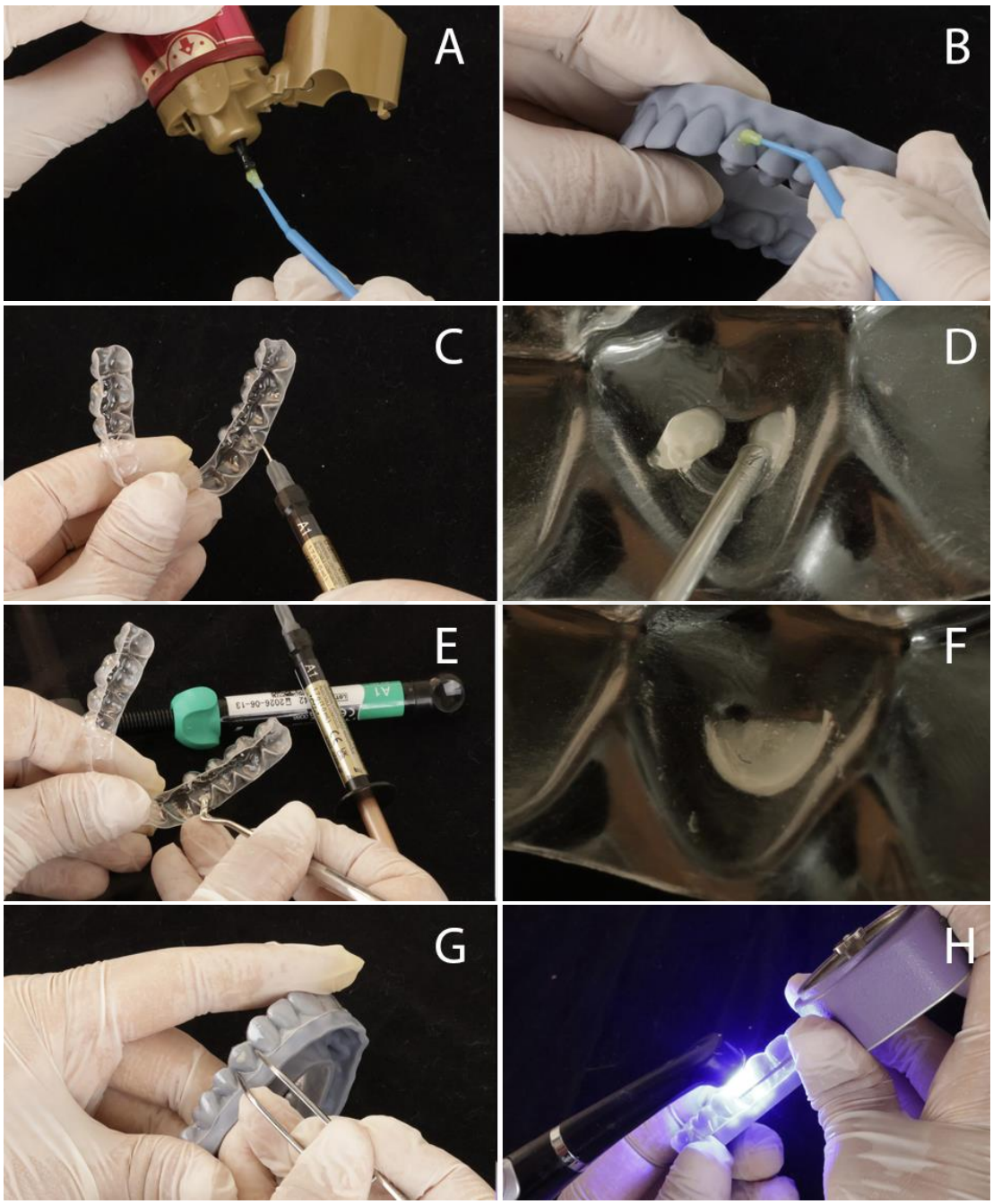
Ataşmansız modeller üzerinde, tüm gruplarda aynı bağlayıcı uygulama prosedürü gerçekleştirilmiştir. Bir kat Gc-Premio Bond (GC Dental Products, Tokyo, Japonya) ataşman uygulaması yapılacak bölge yüzeyine uygulanmıştır. Daha sonra, 5 saniye boyunca maksimum hava basıncı ile inceltilmiş ve kullanıcı talimatları doğrultusunda LED polimerizasyon ışığının yüksek güç modunda (1400 mW/cm²) 3 × 4 saniye süreyle ışıkla (ValoTM Corded, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, ABD) polimerize edilmiştir.

Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit (G) (G-ænial A'CHORD, GC Corporation, Tokyo, Japonya) için, uygun miktarda kompozit malzeme bir kompozit

ağız spatülü ile alınıp ve daha sonra dikkatlice ataşman haznesine yerleştirilmiştir. Düşük viskoziteli kompozit (A) (G-aenial Universal Injectable, GC GC Corporation, Tokyo, Japonya) ile ataşman yapımında, plaktaki ataşman boşluğuna, kendi enjektör ucu ile doğrudan uygulama yapılmıştır. Her bir premoların ataşman haznesi dikkatlice kompozit rezinle doldurulmuştur. Viskozitesi düşük kompozit için, enjektörün ucu ataşman haznesinin tabanında bir köşeye yerleştirilmiştir. Kompozit materyal piston yavaşça itilerek hazneye uygulanmıştır. Kabarcık oluşmasını önlemek için, enjektörün ucu ekstrüde edilen kompozit malzemenin içinde tutulmuştur (78).

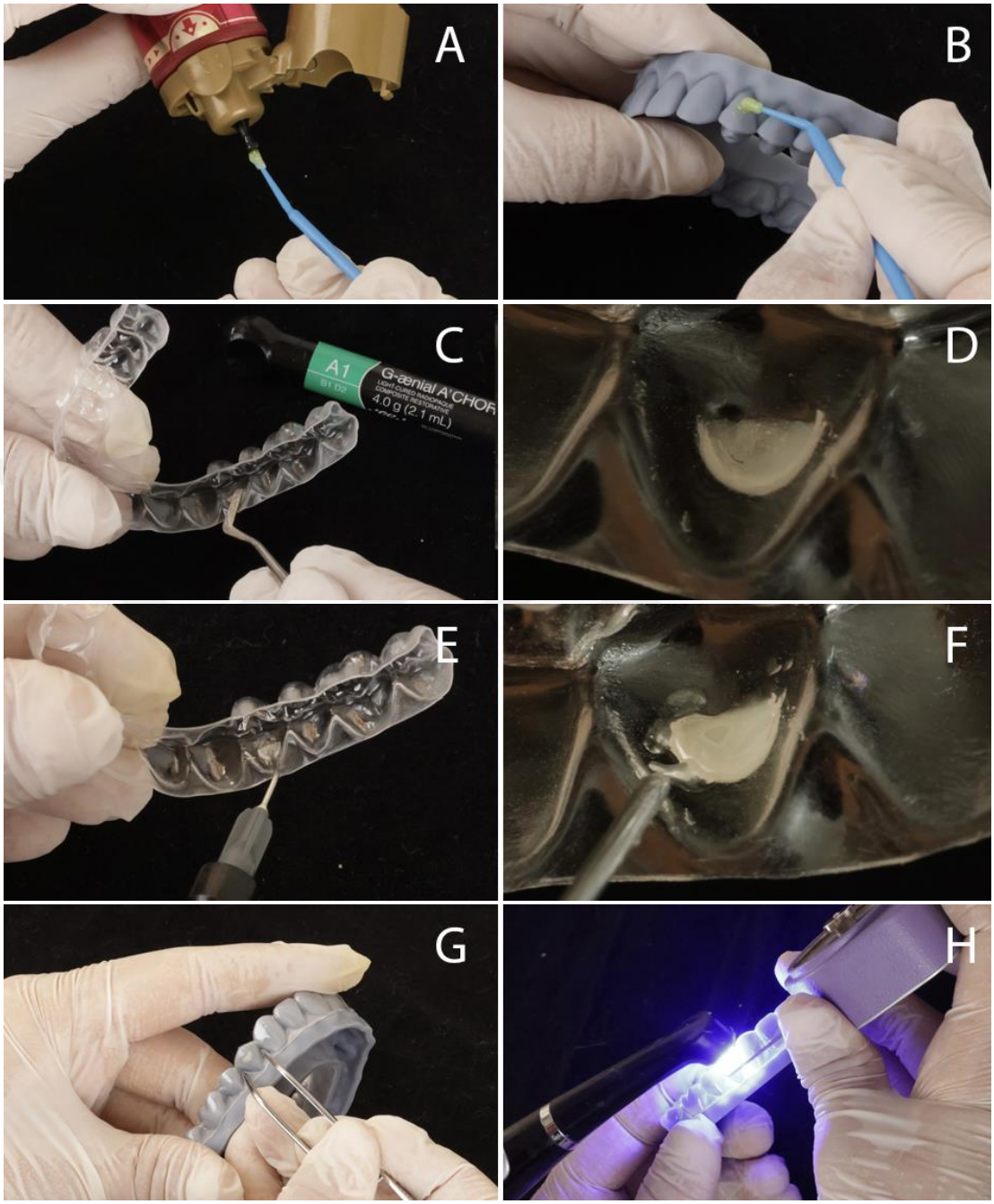
Snow-plow (S1) tekniği ile ataşman yapımında, ataşman plağındaki dikdörtgen ve özelleştirilmiş ataşman boşluklarının köşe noktalarına ve elipsoid ataşman boşluklarının en derin noktasına, eser miktarda düşük viskoziteli kompozit enjekte edilmiştir. Bu kompozit, polimerize edilmeden önce üzerine ağız spatülü yardımıyla yüksek viskoziteli kompozit eklenmiştir (Resim 3.11). Modifiye snow-plow (S2) tekniğinde, ataşman plağındaki boşluğa, bu boşluğu tam doldurmayacak şekilde öncelikle yüksek viskoziteli kompozit uygulanmış ve üzerine polimerize edilmeden düşük viskoziteli kompozit eklenmiştir (Resim 3.12). Her yöntemde kompozit materyalin hazneyi tam olarak olarak doldurulmasını sağlamak için çok düşük miktarda fazla malzeme uygulanmıştır (78).

Resim 3.11 Snow-plow 1 yönteminin uygulama aşamaları



A-B: Bağlayıcı ajan uygulaması **C-D:** Düşük viskoziteli kompozit uygulaması **E-F:** Yüksek viskoziteli kompozit uygulaması
G: Plaktaki ataşman bölgesi üzerine kuvvet uygulaması **H:** Polimerizasyon

Resim 3.12 Snow-plow 2 yönteminin uygulama aşamaları



A-B: Bağlayıcı ajan uygulaması **C-D:** Yüksek viskoziteli kompozit uygulaması **E-F:** Düşük viskoziteli kompozit uygulaması
G: Plaktaki ataşman bölgesi üzerine kuvvet uygulaması **H:** Polimerizasyon

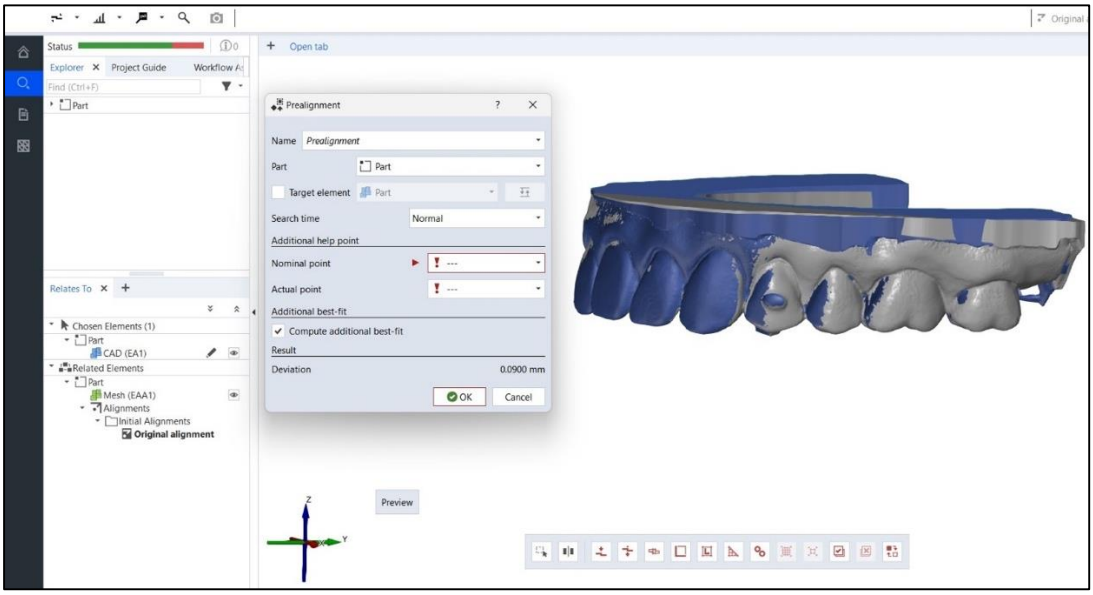
Her ataşman için ataşman haznelerinin doldurulmasını içeren manipülasyon süreleri uygulayıcı dışında bir gözlemci tarafından dijital kronometre (Casio HS-3 V-1BRDT, Tokyo, Japonya) ile kaydedilmiştir.

Tüm yöntemlerde, ataşman uygulanan plak, ataşmansız modele yerleştirilmiş ve preselin iki ucu ile ataşman yapılan dişin üzerindeki plağın mesial ve distal kontakt alanlarına kuvvet ölçer ile 100 gr kuvvet uygulanarak LED ışık cihazı (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, UT, USA) yüksek güç modunda (1400 mW/cm²) 3 × 4 saniye süreyle ışıkla polimerize edilmiştir (ValoTM Corded, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, ABD) (78,81). Bu polimerirzasyon protokolü çalışmada kullanılan bağlayıcı ajan ve kompozit materyallerin kullanıcı talimatlarını karşılamaktadır.

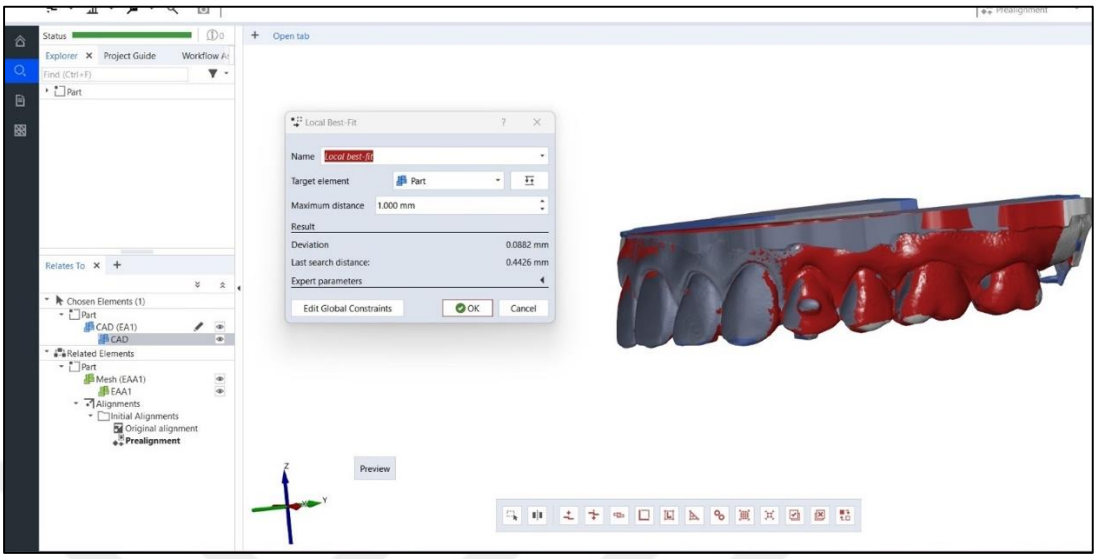
3.3. ATAŞMAN YÖNTEMİNİN 3B İNCELEME VE KONTROL YAZILIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Öncelikle ataşman uygulaması tamamlanmış olan modeller 3B ağız içi tarayıcı (iTERO; Align Technologies, San Jose, California) kullanılarak yapay zeka modu kapatılarak taranmıştır. Tarama işlemi sonrasında elde edilen 3B modeller, 3B inceleme ve kontrol yazılımı (Zeiss Inspect, Zeiss GmbH) ön hizalama için "prealignment" modülü (Resim 3.13) ve ana hizalama için "best fit" modülü (Resim 3.14 ve Resim 3.15) kullanılmıştır.

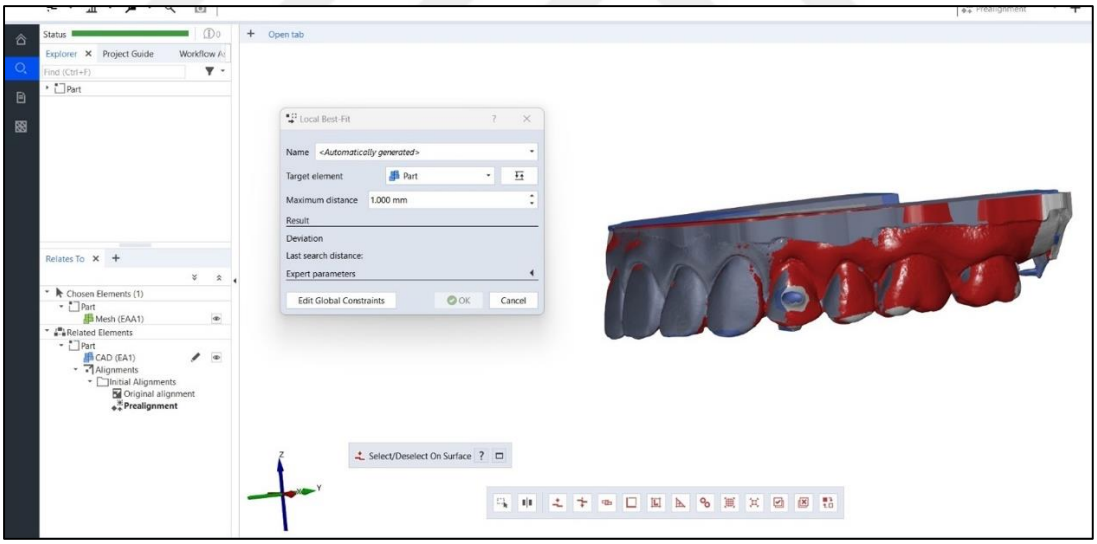
Resim 3.13 Modelin 3B ön hizalama işlemi



Resim 3.14 Modelin best fit modülü ile 3B ana hizalamasının ilk aşaması (modelin tamamının seçilmesi)



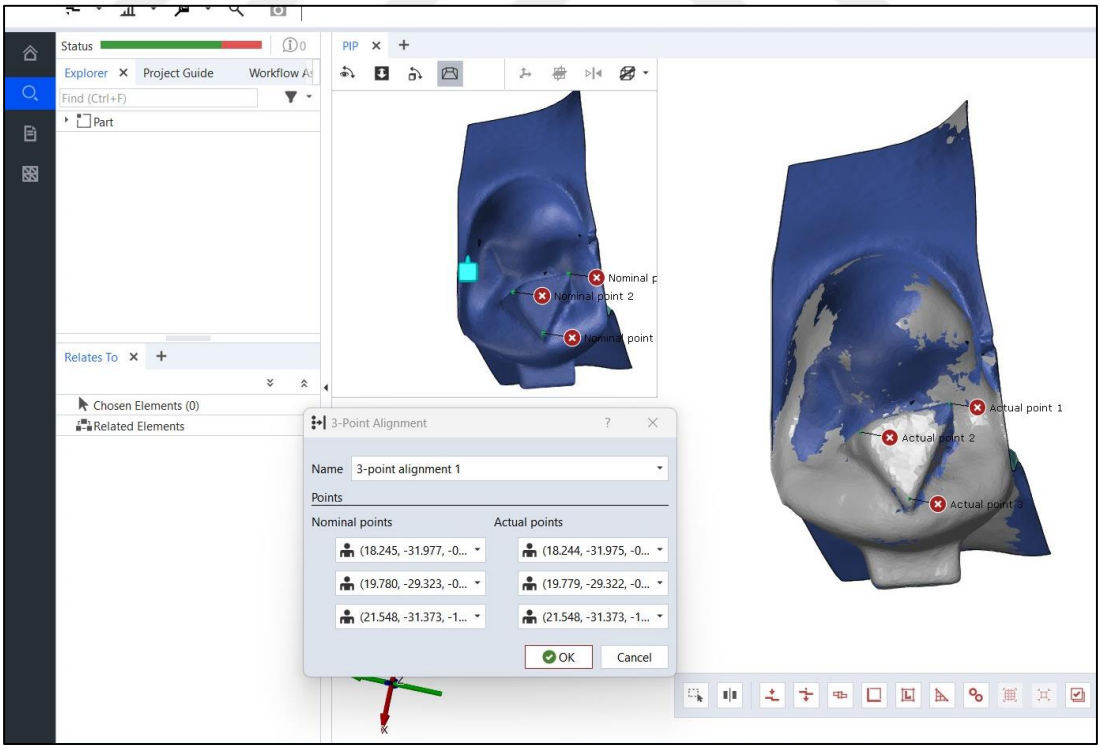
Resim 3.15 Modelin best fit modülü ile 3B ana hizalamasının ikinci aşaması (ataşman uygulama alanının seçimden çıkarılması)



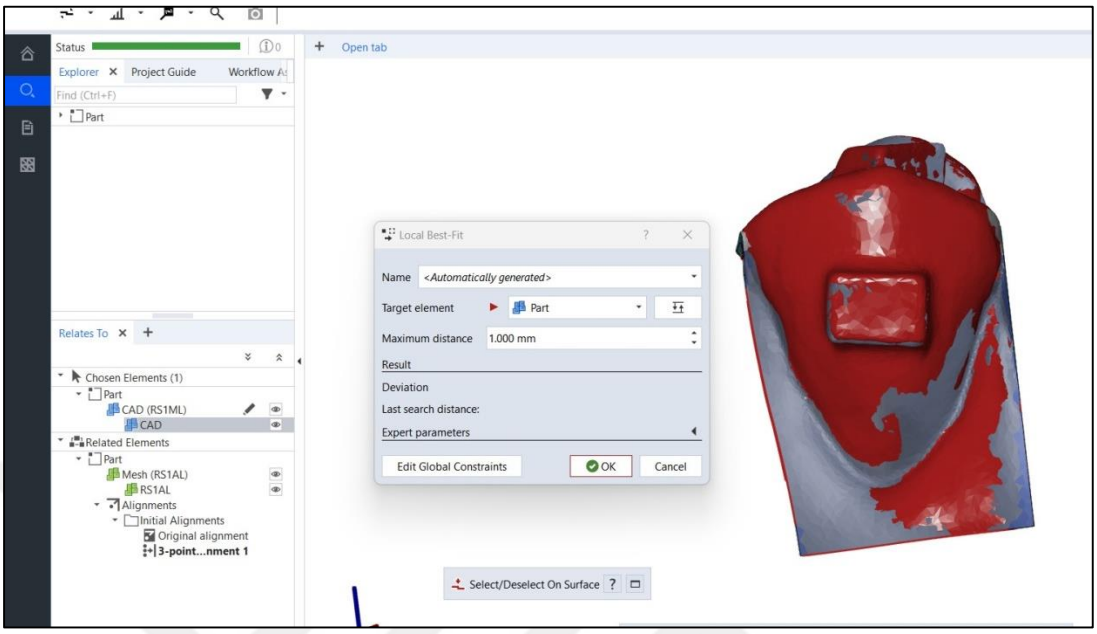
Bir sonraki adımda, yüzey karşılaştırması ile uzaydaki konumu değiştirilen 3B modeller 3B modelleme yazılımına (Autodesk Meshmixer, Açık Erişim, www.meshmixer.com) aktarılmış ve bu yazılım aracılığıyla, özellikle ataşman uygulanan dişin bulunduğu bölge üzerinde odaklanılarak, özelleştirilmiş bir kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Modeller "combine" modu ile birleştirilmiş olabildiğince aynı kesi hattı uygulanmıştır böylece. Kesi hatları ataşman uygulaması yapılan dişin

kronunun tamamını izole edecek şekilde dişin mesial distal kontak noktası dişeti sınırının 2 mm kadar yukarısından yapılmıştır. Kesim işleminden sonra, birleşik durumda bulunan modeller birbirinden ayrılmıştır. Elde edilen yeni modeller, stl formatında kaydedilmiştir. Bu modeller, daha sonra 3B inceleme ve kontrol yazılımına (Zeiss Inspect, Zeiss GmbH) tekrar aktarılmıştır. Zeiss Inspect yazılımında rehber ataşmanlı model CAD olarak ve ataşman uygulaması yapılan model mesh olarak belirlenmiştir. CAD modelin, ataşmanların tasarlandığı ideal konfigürasyonu, mesh modelin ise uygulama sonrası gerçek durumu temsil etmesi amaçlanmıştır. Bu karşılaştırma, ataşmanların yerleştirilmesi sonrası oluşabilecek geometrik sapmaları objektif bir şekilde belirlemek için kritik öneme sahiptir. Yazılım içerisinde diş üzerindeki referans geometrisi üçgen prizmanın 3 noktası kullanılarak 3-point-alignment ile ön hizalama işlemi yapılmıştır (Resim 3.16). Sonrasında da referans best fit ile ana hizalama işlemi uygulanmıştır (Resim 3.17 ve Resim 3.18) (80,82).

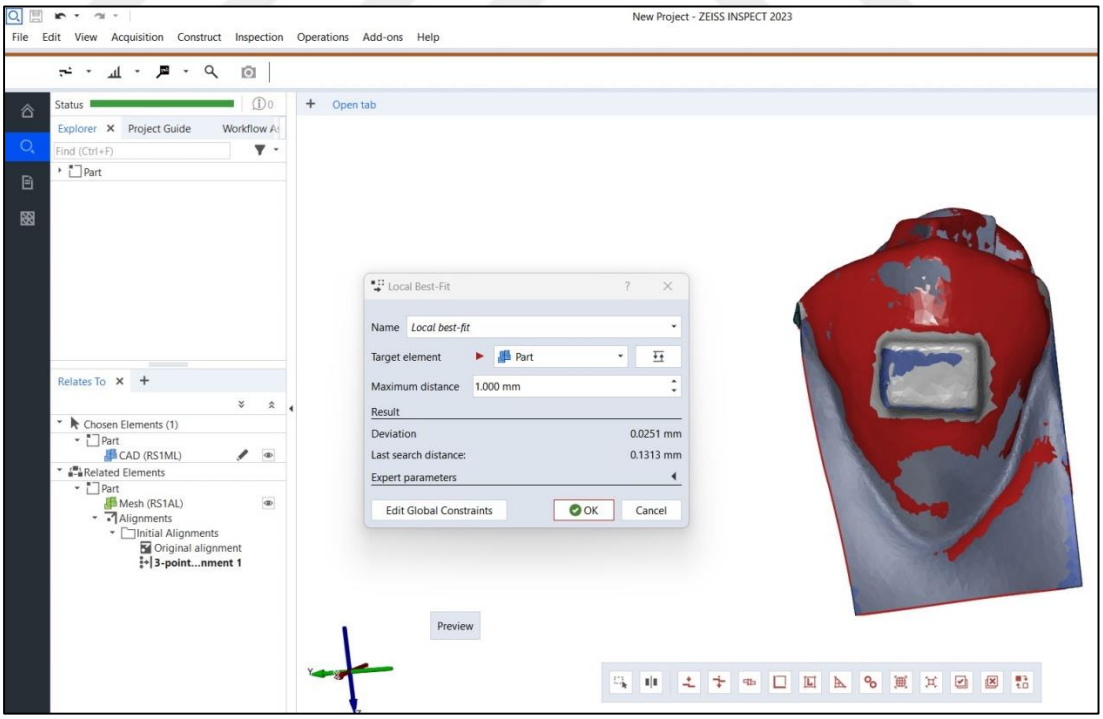
Resim 3.16 Model kesitinin referans geometrisi üzerinden 3-point alignment metoduyla ön hizalaması



Resim 3.17 Model kesitinin best fit modülü ile 3B ana hizalamasının ilk aşaması (model kesitinin tamamının seçilmesi)



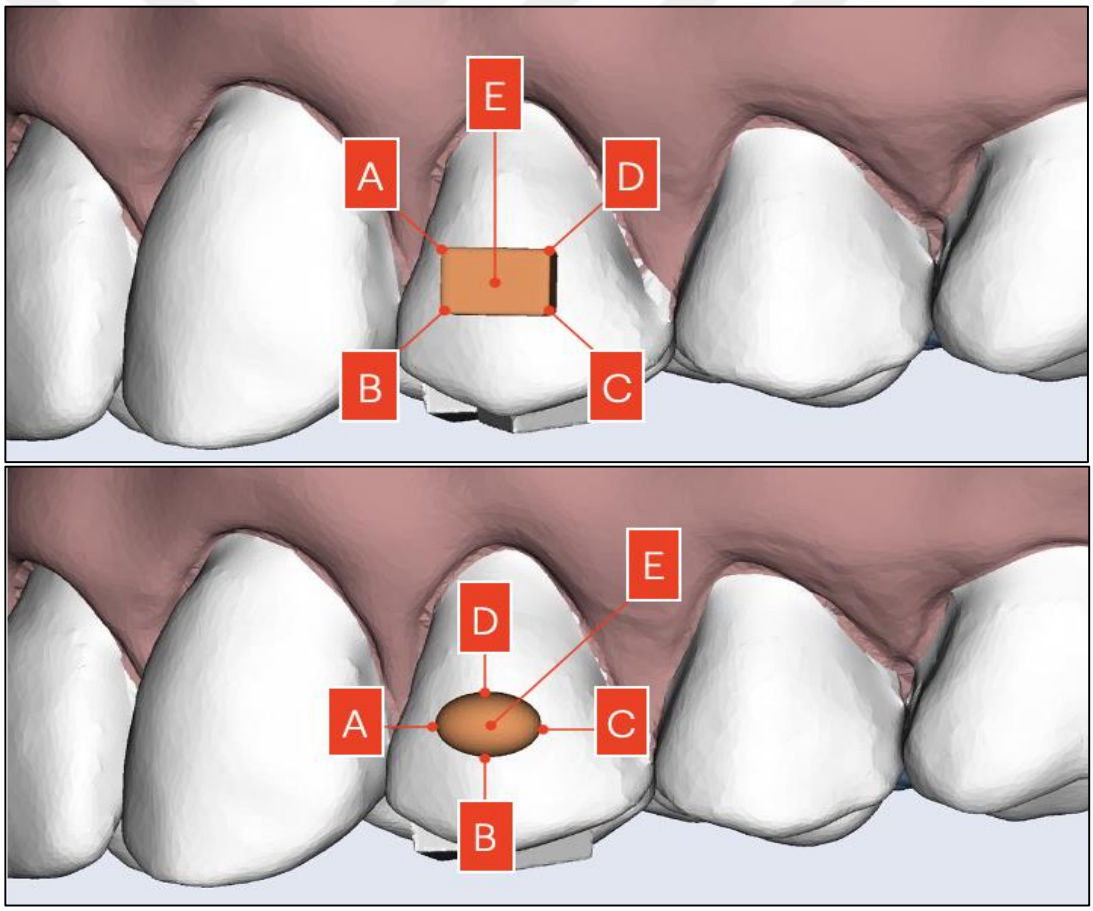
Resim 3.18 Model kesitinin best fit modülü ile 3B ana hizalamasının ikinci aşaması (ataşman uygulama alanının seçimden çıkarılması)

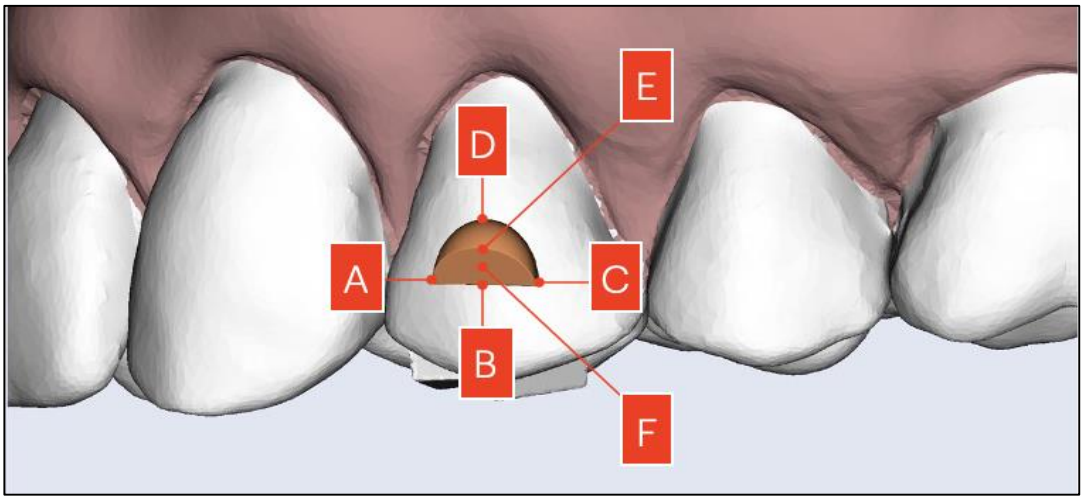


Rehber model “CAD” ile ataşman uygulanan model “mesh” arasında yüzey karşılaştırması yapılmıştır. Her ataşman tasarımı için belirlenmiş noktalardan nokta

sapma ölçümleri ‘deviation label’ kaydedilmiştir. Belirlenen noktalar dikdörgen ataşman için; A: Sol üst köşe noktası B: Sol alt köşe noktası C: Sağ alt köşe noktası D: Sağ üst köşe noktası E: Düz yüzey orta noktası, elipsoid ataşman için; A: Sol birleşim kenarı orta noktası B: Oklüzal birleşim kenarı orta noktası C: Sağ birleşim kenarı orta noktası D: Gingival birleşim kenarı orta noktası E: Yüzey orta noktası, özelleştirilmiş ataşman için A: Sol köşe B: Oklüzal birleşim kenarı orta noktası C: Sağ köşe D: Gingival birleşim kenarı orta noktası E: Çıkıntılı kenar orta noktası F: Eğimli yüzey orta noktası şeklindedir. Ataşman tasarımına özgü belirlenen noktalar Resim 3.19’da gösterilmiştir.

Resim 3.19 Ataşmanlar üzerinde nokta sapma ölçümü için noktaların belirlenmesi





Ataşman yüzeyi rehber modelin ataşman sınırları rehber alınarak seçilmiştir ve bu seçim karşılaştırma yüzeyi üzerinde rehber ataşmanın sınırları takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Seçilen yüzey üzerinden toplam yüzey sapmasını gösteren "sigma" ve çakıştırılan yüzeyler arasındaki mesafelerin ortalamasını gösteren "aritmetic mean" ölçümleri kaydedilmiştir. Değerlendirici içi güvenilirlik için tüm ölçümler tekrarlanmıştır.

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

3B tasarlanan model ile deney modelleri arasındaki tutarlılık, %95 güven aralığında ICC (intraclass correlation coefficient) korelasyon testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Her modelde bu test için 2 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerin tutarlı olması için modeller üzerinde tekrarlanabilir-kolay tespit edilebilir noktalar belirlenmiştir. Sağ-sol kaninlerin tepe noktası ile sağ-sol birinci molar dişlerin mesio bukkal tüberkül tepe noktası arasındaki ölçümler üzerinden ICC değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.4 3B Tasarlanan Model ve Ataşmansız / Dikdörtgen / Elipsoid /Özelleştirilmiş Ataşmanlı Modeller Arası Tutarlılık (3-3 ve 7-7 Arası Ölçümler)

Model Tipi	ICC (3-3)	%95 CI	*p*	ICC (6-6)	%95 CI	*p*
Ataşmansız	0,93	0,89- 0,96	<0,001	0,92	0,88- 0,95	<0,001
Dikdörtgen Ataşmanlı	0,90	0,86- 0,94	<0,001	0,92	0,88- 0,96	<0,001
Elipsoid Ataşmanlı	0,92	0,88- 0,95	<0,001	0,91	0,87- 0,95	<0,001
Özelleştirilmiş Ataşmanlı	0,91	0,87- 0,95	<0,001	0,93	0,89- 0,96	<0,001

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı **CI:** Güven Aralığı ***p*: *p*** değeri **3-3:** interkanin genişlik **6-6:** intermolar genişlik

Çizelge 3.4, 3B tasarlanan modeller ile ataşmansız, dikdörtgen, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlı modeller arasında yapılan 3-3 ve 6-6 arası ölçümlere dayanan ICC değerlerini göstermektedir. 3-3 arası ölçümlerde, ICC değerleri ataşmansız modelde 0,93, dikdörtgen ataşmanlı modelde 0,90, elipsoid modelde 0,92 ve özelleştirilmiş ataşmanlı modelde 0,91 olarak bulunmuştur. 6-6 arası ölçümlerde ise, ICC değerleri ataşmansız modelde 0,92, dikdörtgen ataşmanlı modelde 0,92, elipsoid ataşmanlı modelde 0,91 ve özelleştirilmiş ataşmanlı modelde 0,93 olarak belirlenmiştir. Tüm modellerde ICC değerleri yüksek güvenilirlik taşımaktadır (p <0,001).

Araştırma kapsamında incelenen değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama, standart sapma, medyan ve 25-75 çeyreklik aralığı kullanılmıştır. Gruplarda normal dağılım varsayımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren veriler için bağımsız gruplar arası karşılaştırmalarda Fisher'in Tek Yönlü ANOVA testi uygulanmıştır ve ikili karşılaştırmarda Tukey testi kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen veriler için ise bağımsız grup karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve ikili karşılaştırmalar için DSCF (Dwass, Steel, Critchlow-Fligner) ikili karşılaştırma testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerde Jamovi yazılımı (The Jamovi Project 2022, version 2.3.21.0, www.jamovi.org) kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. UYGULAMA SÜRELERİNİN YAPIM YÖNTEMİNE VE ATAŞMAN TASARIMINA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASINA AİT BULGULAR

Değerlendirilen ataşman yapım yöntemlerinin uygulama süreleri, Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildiğinde normal dağılım göstermiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda tek yönlü ANOVA testi ve ikili karşılaştırmalarda Tukey testi kullanılmıştır.

Çizelge 4.1, ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre tanımlayıcı istatistiklerini ve bu sürelerin tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.1 Ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmaları

Ataşman	Yapım Tekniği	N	ORT±SS	Median	Min.	Max.	*p*
Dikdörtgen	A	10	9,82±0,424	9,85	9,2	10,5	<0,001*
	G	10	18,84±0,67	18,7	17,8	20	
	S1	10	15,38±0,625	15,55	14,2	16,2	
	S2	10	18,79±0,563	18,8	18,1	19,9	
Elipsoid	A	10	7,08±0,437	7,15	6,5	7,8	<0,001*
	G	10	14,12±0,239	14,15	13,8	14,5	
	S1	10	16,6±0,371	16,6	15,8	17,1	
	S2	10	16,63±0,723	16,35	15,8	18,1	
Özelleştirilmiş	A	10	7,54±0,643	7,7	6,5	8,6	<0,001*
	G	10	16,84±0,493	16,9	16,1	17,6	
	S1	10	13,48±0,668	13,6	12,5	14,3	
	S2	10	16,37±0,452	16,4	15,8	17,1	

Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **ORT:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum , **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere, dikdörtgen ataşman grubunda yapım yöntemlerinin uygulama süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Akışkan Kompozit=9,82±4.24, Geleneksel Kompozit=18,84±0,67 Snow-plow 1=15,38±0,625, Snow-plow 2=18,79±0,563, p <0.001). Dikdörtgen ataşman için uygulama süreleri en kısadan uzuna doğru sırasıyla akışkan kompozit, snow-plow 1, snow-plow 2 ve geleneksel kompozit yöntemleri olarak belirlenmiştir.

Elipsoid ataşman grubunda yapım yöntemlerinin uygulama süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Akışkan Kompozit=9,82±4.24, Geleneksel Kompozit=18,84±0,67 snow-plow 1=15,38±0,625, snow-plow 2=18,79±0,563, p <0.001). (Çizelge 4.1) Elipsoid ataşman için uygulama süreleri en kısadan uzuna doğru sırasıyla akışkan kompozit, geleneksel kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri olarak belirlenmiştir.

Özelleştirilmiş ataşman grubunda da yapım yöntemlerinin uygulama süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Akışkan Kompozit=7,54±0,643, Geleneksel Kompozit=16,84±0,493 snow-Plow 1=13,48±0,668, snow-plow 2=16,37±0,452, p <0.001). (Çizelge 4.1) Özelleştirilmiş ataşman için uygulama süreleri en kısadan uzuna doğru sırasıyla akışkan kompozit, snow-plow 1, snow-plow 2 ve geleneksel kompozit yöntemleri olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.2, ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre gruplar arası Tukey ikili karşılaştırmalarını göstermektedir. Bu karşılaştırmalar, her bir yöntemin diğer yöntemlere göre uygulama süresi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterip göstermediğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.2 Ataşmanların yapım sürelerinin yönteme göre gruplar arası Tukey İkili Karşılaştırmaları

Ataşman	Yöntem	A	G	S1	S2
Dikdörtgen	**A**	—	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	G		—	<0,001*	0,997
	S1			—	<,001*
	S2				—
Elipsoid	**A**	—	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,989
	S2				—
Özelleştirilmiş	**A**	—	**<0,001***	<0,001*	<0,001*
	G		—	<0,001*	0,273
	S1			—	<0,001*
	S2				—

Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Dikdörtgen ataşman grubunda, uygulama süresi açısından uygulanan yöntemler arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p <0,001, p <0,001, p <0,001). Bu grupta akışkan kompozit yöntemi, en kısa uygulama süresine sahip yöntem olarak belirlenmiştir. Ayrıca, snow-plow 1 Yöntemi, geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemlerine kıyasla daha kısa uygulama süresi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir (sırasıyla p<0,001, p<0,001). Ancak, snow-plow 1 yöntemi, ortalamaya göre geleneksel kompozit yönteminden daha kısa bir uygulama süresine sahip olmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,997). (Çizelge 4.2)

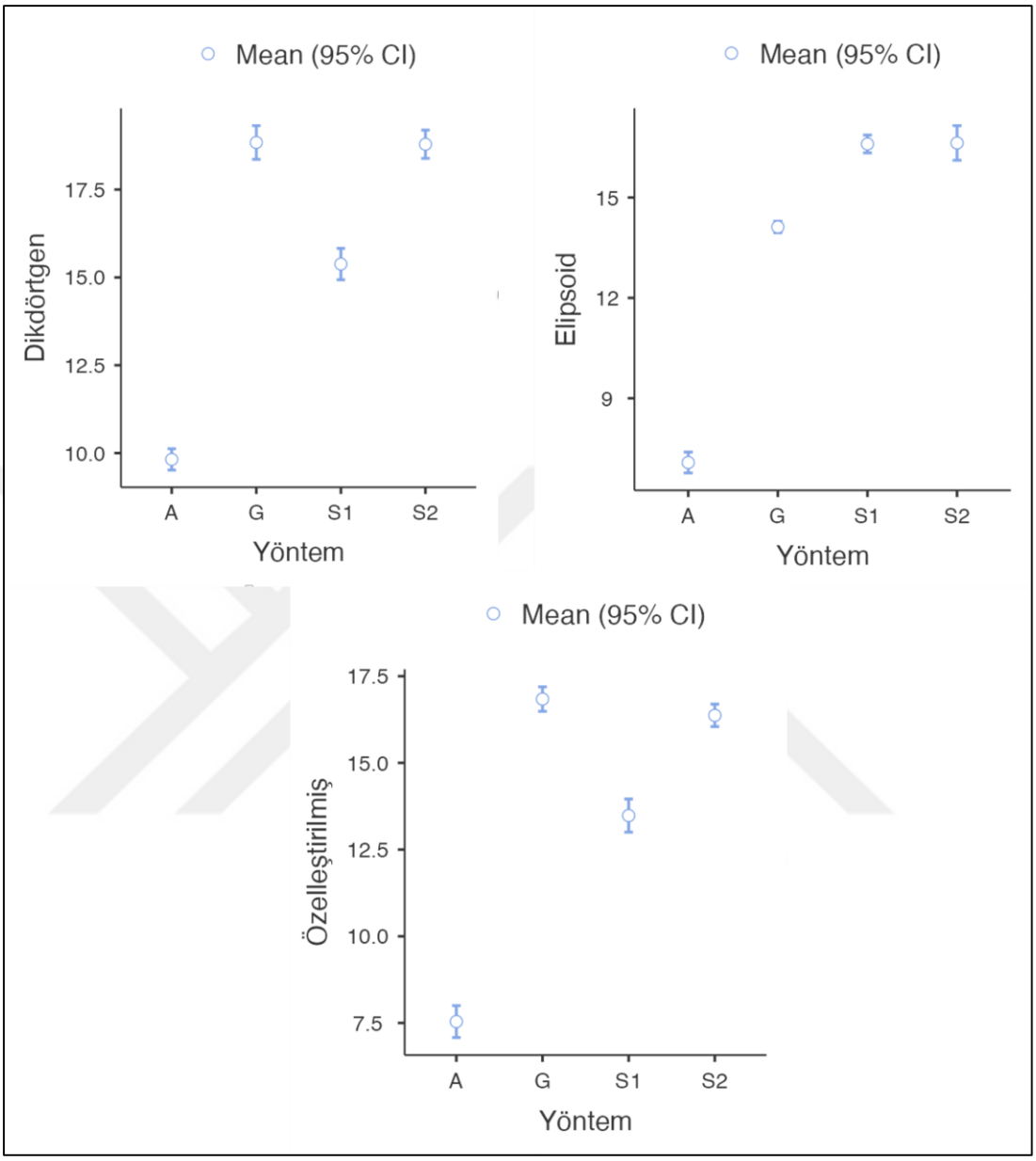
Elipsoid ataşman grubunda, uygulama süresi açısından uygulanan yöntemler arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel

kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p <0,001, p <0,001, p <0,001). Elipsoid ataşman grubunda da akışkan kompozit yöntemi, en kısa uygulama süresine sahip yöntem olarak belirlenmiştir, Ayrıca, geleneksel kompozit yöntemi, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemlerine kıyasla daha kısa uygulama süresi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir (sırasıyla p<0.001, p<0.001). snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,989) (Çizelge 4.2).

Özelleştirilmiş ataşman grubunda, uygulama süresi açısından uygulanan yöntemler arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p <0,001, p <0,001, p <0,001). Özelleştirilmiş ataşman grubunda da akışkan kompozit yöntemi, en kısa uygulama süresine sahip yöntem olarak belirlenmiştir. Ayrıca, snow-plow 1 yönteminin, geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemlerine göre daha kısa uygulama süresine sahip olduğu bulgusu elde edilmiştir ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla p<0,001, p<0,001). Snow-plow 2 yöntemi, geleneksel kompozit yöntemi ile karşılaştırıldığında daha kısa bir uygulama süresine sahiptir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,273). (Çizelge 4.2)

Şekil 4.1, Ataşman tasarımları için farklı yapım yöntemlerinin uygulama sürelerinin tek yönlü ANOVA testi kullanılarak karşılaştırıldığı istatistiksel analizin tanımlayıcı grafiklerini göstermektedir. Bu grafikler, her bir yöntemin ortalama uygulama sürelerini ve bu sürelerin %95 güven aralıklarını görselleştirmektedir. Tüm gruplarda akışkan kompozit yöntemi'nin diğer yöntemlere kıyasla belirgin şekilde daha kısa süreye sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.1 Ataşman yapım yöntemlerinin uygulama süresinin tanımlayıcı grafikleri



Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

Çizelge 4.3, ataşman yapım yöntemlerinin uygulama sürelerinin, ataşman tasarımına göre tanımlayıcı istatistiklerini ve bu sürelerin tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmalarını göstermektedir. Bu analizde, her bir yöntem için ataşman tasarımlarının yapım süreleri değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3 Ataşmanlara göre, yöntemlerin yapım sürelerinin tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırmaları

Yöntem	Ataşman	N	Ort.±SS	Median	Min.	Max.	*p*
A	Dikdörtgen	10	9,82±0,424	9,85	9,2	10,5	<0,001*
	Elipsoid	10	7,08±0,437	7,15	6,5	7,8	
	Özelleştirilmiş	10	7,54±0,643	7,7	6,5	8,6	
G	Dikdörtgen	10	18,84±0,67	18,7	17,8	20	<0,001*
	Elipsoid	10	14,12±0,239	14,15	13,8	14,5	
	Özelleştirilmiş	10	16,84±0,493	16,9	16,1	17,6	
S1	Dikdörtgen	10	15,38±0,625	15,55	14,2	16,2	<0,001*
	Elipsoid	10	16,6±0,371	16,6	15,8	17,1	
	Özelleştirilmiş	10	13,48±0,668	13,6	12,5	14,3	
S2	Dikdörtgen	10	18,79±0,563	18,8	18,1	19,9	<0,001*
	Elipsoid	10	16,63±0,723	16,35	15,8	18,1	
	Özelleştirilmiş	10	16,37±0,452	16,4	15,8	17,1	

Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere, akışkan kompozit yöntemi grubunda farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Dikdörtgen= 9,82±0,424, elipsoid=7,08±0,437, özelleştirilmiş=7,54±0,643, p<0.001). Akışkan kompozit yöntemi ile farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri, en kısadan uzuna doğru sırasıyla elipsoid ataşman, özelleştirilmiş ataşman ve dikdörtgen ataşman olarak belirlenmiştir.

Geleneksel kompozit yöntemi grubunda da farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Dikdörtgen= 18,84±0,67, elipsoid=14,12±0,239, özelleştirilmiş=16,84±0,493, p<0.00) (Çizelge 4.3). Geleneksel kompozit yöntemi ile farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri, en kısadan uzuna doğru sırasıyla elipsoid ataşman, özelleştirilmiş ataşman ve dikdörtgen ataşman olarak belirlenmiştir.

Snow-plow 1 yöntemi grubunda farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Dikdörtgen=15,38±0,625, elipsoid=16,6±0,371, özelleştirilmiş=13,48±0,668, p<0.001) (Çizelge 4.3). Snow-plow 1 yöntemi ile farklı tasarımlara sahip ataşmanların yapım süreleri, en kısadan uzuna doğru sırasıyla özelleştirilmiş ataşman, dikdörtgen ataşman ve elipsoid ataşman olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4, ataşman yapım yöntemlerinin uygulama sürelerinin, ataşman tasarımına göre gruplar arası Tukey ikili karşılaştırmalarını göstermektedir. Uygulama süresi açısından yapılan bu karşılaştırmalar, ataşman tasarımının, uygulama yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterip göstermediğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.4 Yöntemlerin uygulama sürelerinin, ataşmanlara göre göre gruplar arası Tukey İkili Karşılaştırmaları

Yöntem	Ataşman	Dikdörtgen	Elipsoid	Özelleştirilmiş
A	Dikdörtgen	—	<0,001**	<0,001*
	Elipsoid		—	0,129
	Özelleştirilmiş			—
G	Dikdörtgen	—	<0,001*	<0,001*
	Elipsoid		—	<0,001*
	Özelleştirilmiş			—
S1	Dikdörtgen	—	<0,001*	<0,001*
	Elipsoid		—	<0,001*
	Özelleştirilmiş			—
S2	Dikdörtgen	—	<,001*	<0,001*
	Elipsoid		—	0,592
	Özelleştirilmiş			—

Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Akışkan kompozit yönteminde, uygulama süresi açısından farklı ataşman tasarımları arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, dikdörtgen ataşman ile elipsoid ataşman ve özelleştirilmiş ataşman arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p <0,001, p <0,001) (Çizelge 4.4). Dikdörtgen

ataşmanın uygulama süresi, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlara göre daha uzun sürmektedir. Elipsoid tasarım, özelleştirilmiş tasarım ile karşılaştırıldığında ise daha kısa bir uygulama süresine sahiptir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0,129) (Çizelge 4.4).

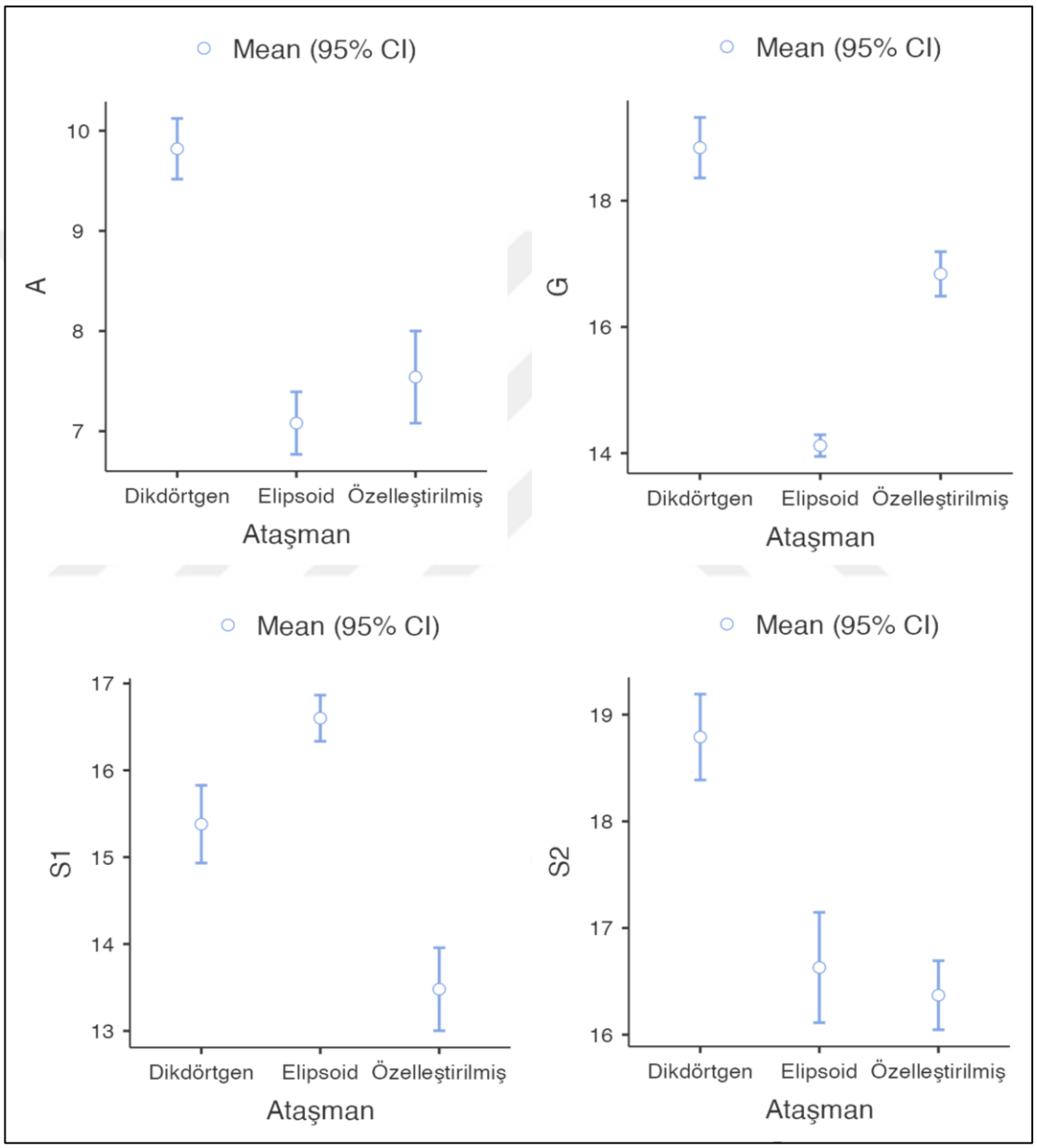
Geleneksel kompozit yönteminde, uygulama süresi açısından farklı ataşman tasarımları arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, dikdörtgen ataşman ile elipsoid ataşman ve özelleştirilmiş ataşman arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p<0,001, p<0,001). Dikdörtgen ataşmanın uygulama süresi, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlara göre daha uzun sürmektedir. Elipsoid tasarım, özelleştirilmiş tasarım ile karşılaştırıldığında ise daha kısa bir uygulama süresine sahiptir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,001) (Çizelge 4.4). Bu grupta elipsoid tasarım, en kısa uygulama süresine sahip tasarım olarak belirlenmiştir.

Snow-plow 1 yönteminde, uygulama süresi açısından farklı ataşman tasarımları arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, dikdörtgen ataşman ile elipsoid ataşman ve özelleştirilmiş ataaşman arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p<0,001, p<0,001) (Çizelge 4.4). Dikdörtgen ataşmanın uygulama süresi, elipsoid ataşmandan daha kısa, ancak özelleştirilmiş ataşmandan daha uzun sürmektedir. Elipsoid tasarım, özelleştirilmiş tasarım ile karşılaştırıldığında daha uzun bir uygulama süresine sahiptir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,001) (Çizelge 4.4). Bu grupta, özelleştirilmiş tasarım en kısa uygulama süresine sahip tasarım olarak belirlenmiştir, elipsoid ataşmanın uygulama süresi ise diğer ataşmanlara göre daha uzun sürmektedir.

Snow-plow 2 yönteminde, uygulama süresi açısından farklı ataşman tasarımları arasında yapılan grup içi karşılaştırmalarda, dikdörtgen ataşman ile elipsoid ataşman ve özelleştirilmiş ataşman arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla p <0,001, p <0,001) (Çizelge 4.4). Dikdörtgen ataşmanın uygulama süresi, elipsoid ve özelleştirilmiş ataşmanlara göre daha uzun sürmektedir. Elipsoid tasarım ile özelleştirilmiş tasarım karşılaştırıldığında, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p=0,592) (Çizelge 4.4).

Şekil 4.2, yöntemlere göre farklı ataşman tasarımlarının yapım sürelerinin tek grafiklerini tanımlayıcı grafiklerini göstermektedir. Bu grafiklerde, her bir ataşman tasarımı için ortalama yapım süreleri ve %95 güven aralıkları görselleştirilmiştir.

Şekil 4.2 Yöntemlere göre farklı ataşman tasarımlarının yapım sürelerinin tanımlayıcı grafikleri



Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

4.2. ATAŞMAN YAPIM YÖNTEMLERİNE GÖRE ATAŞMANLARIN 3B YÜZEY KARŞILAŞTIRMASI SAPMA DEĞERLERİNE AİT BULGULAR

Rehber model ile ataşman uygulaması yapılan modellerin 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin karşılaştırılmasında ataşmanlar üzerinde belirlenen noktaların, nokta sapma değerleri istatistiksel analize mutlak değer olarak dahil edilmiştir. Shapiro-Wilk testine göre normal dağılım gösteren gruplar için Tek Yönlü ANOVA testi ve Tukey İkili testi, normal dağılım göstermeyen gruplar için ise Kruskal-Wallis testi ve DSCF ikili karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Tüm ölçümler arasında değerlendirici içi güvenilirliği tespit etmek için %95 güven aralığında ICC (Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı) hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Çizelgeler, 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinin ICC değerlerini, ataşman yapım yöntemi (Akışkan, Geleneksel, Snow-plow 1 ve Snow-plow 2) ve ataşman tipleri (Dikdörtgen, Elipsoid, Özelleştirilmiş) için sunmaktadır. Her bir yöntem için ataşman üzerinde belirlenen noktaların, sigma ve aritmetik ortalama ölçümlerinin tekrar ölçülmesi ile elde edilen ICC değerleri verilmiştir. Tüm ölçümler için ICC değerleri yüksek güvenilirlik taşımaktadır ($p < 0.001$).

Çizelge 4.5 3B Yüzey karşılaştırması Ölçümlerinin değerlendirici içi ICC Değerleri

Yöntem	3B Yüzey karşılaştırması Ölçümü	Dikdörtgen Ataşman			Elipsoid Ataşman			Özelleştirilmiş Ataşman		
		ICC	%95 CI	*p*	ICC	%95 CI	*p*	ICC	%95 CI	*p*
A	A	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001
	B	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001
	C	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001
	D	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001
	E	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001	0,88	0,82-0,92	<0,001
	Sigma	0,88	0,83-0,92	<0,001	0,88	0,83-0,92	<0,001	0,88	0,83-0,92	<0,001
	A, Ort,	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001	0,89	0,83-0,93	<0,001
G	A	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001
	B	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001
	C	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001
	D	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001
	E	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001
	Sigma	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001	0,91	0,87-0,94	<0,001
	A, Ort,	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001	0,92	0,88-0,95	<0,001
S1	A	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001
	B	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001
	C	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001
	D	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001
	E	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001
	Sigma	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001	0,9	0,85-0,94	<0,001
	A, Ort,	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001
S2	A	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001
	B	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001
	C	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001
	D	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001
	E	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001
	F	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001	0,91	0,86-0,94	<0,001
	Sigma	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001	0,92	0,88-0,94	<0,001
	A, Ort,	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001	0,93	0,89-0,95	<0,001

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı **CI:** Güven Aralığı ***p*: *p*** değeri **A, B, C, D, E, F:** Ataşman üzerinde belirlenen noktalar **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması

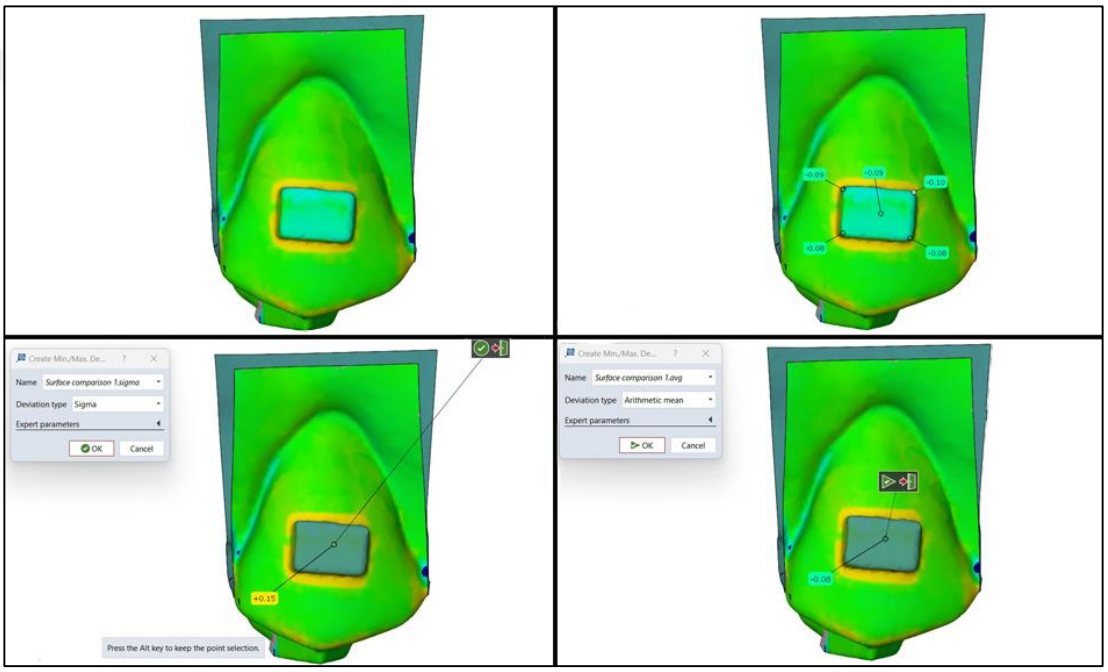
Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı **CI:** Güven Aralığı

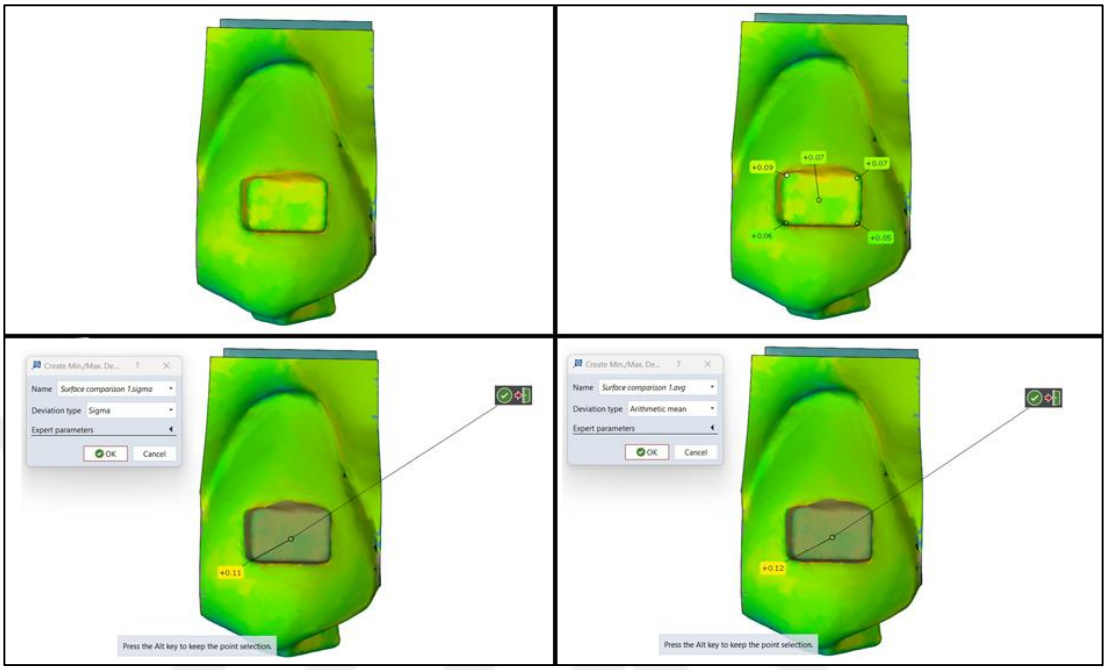
4.2.1. Dikdörtgen Ataşman

Çizelge 4.6, dikdörtgen ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve bu değerlerin Tek Yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir. 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerinin görselleri Resim 4.1, Resim 4.2, Resim 4.3 ve Resim 4.4'te gösterilmiştir.

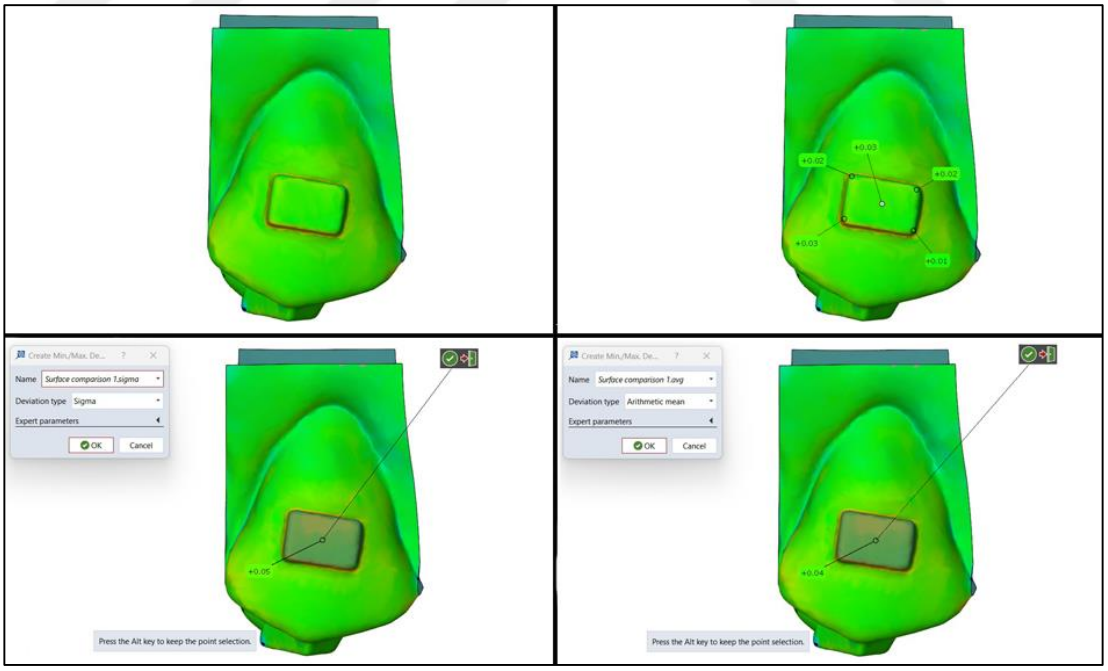
Resim 4.1 Düşük viskoziteli kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



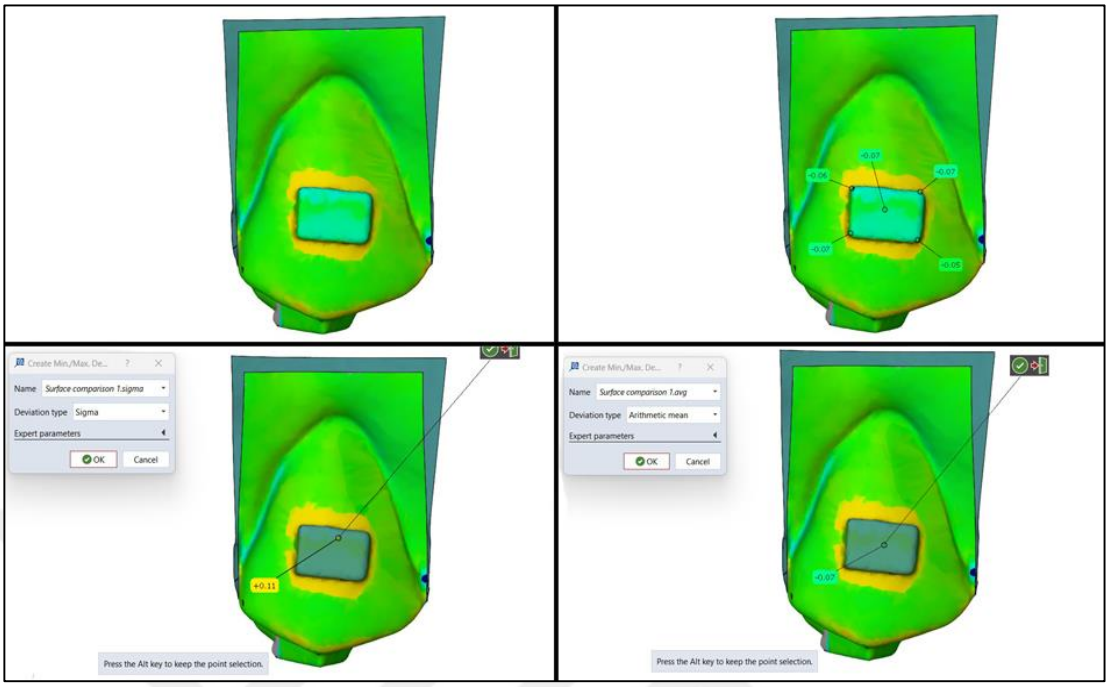
Resim 4.2 Yüksek viskoziteli kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.3 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.4 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Çizelge 4.6 Dikdörtgen ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Ölçümler	Yöntem	N	Ort.±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
A	A	10	0,085±0,014	0,080	0,07	0,12	0,080	0,090	<0,001*
	G	10	0,07±0,013	0,070	0,05	0,09	0,063	0,080	
	S1	10	0,043±0,013	0,040	0,02	0,06	0,040	0,050	
	S2	10	0,073±0,023	0,075	0,04	0,11	0,053	0,090	
B	A	10	0,087±0,022	0,085	0,05	0,12	0,080	0,100	<0,001*
	G	10	0,07±0,023	0,070	0,03	0,10	0,053	0,090	
	S1	10	0,045±0,019	0,045	0,00	0,07	0,040	0,058	
	S2	10	0,073±0,021	0,071	0,03	0,10	0,063	0,085	
C	A	10	0,089±0,034	0,105	0,04	0,13	0,058	0,110	0,002*
	G	10	0,072±0,023	0,070	0,04	0,10	0,053	0,090	
	S1	10	0,048±0,02	0,050	0,02	0,07	0,0425	0,0575	
	S2	10	0,073±0,015	0,070	0,06	0,10	0,060	0,085	
D	A	10	0,088±0,019	0,090	0,06	0,12	0,073	0,098	0,003*
	G	10	0,07±0,023	0,070	0,04	0,10	0,053	0,090	
	S1	10	0,046±0,021	0,05	0,00	0,07	0,0325	0,060	
	S2	10	0,074±0,035	0,080	0,01	0,12	0,055	0,098	
E	A	10	0,065±0,039	0,075	0,00	0,12	0,035	0,090	0,001*
	G	10	0,086±0,018	0,080	0,07	0,13	0,073	0,090	
	S1	10	0,034±0,016	0,035	0,00	0,06	0,030	0,040	
	S2	10	0,055±0,021	0,055	0,02	0,09	0,043	0,070	
Sigma	A	10	0,115±0,015	0,110	0,100	0,150	0,110	0,118	0 ,001*
	G	10	0,109±0,014	0,105	0,090	0,140	0,100	0,118	
	S1	10	0,046±0,012	0,040	0,030	0,060	0,033	0,058	
	S2	10	0,099±0,013	0,100	0,080	0,120	0,090	0,110	
A. ORT.	A	10	0,079±0,009	0,079	0,009	0,06	0,09	0,08	<0 ,001*
	G	10	0,097±0,017	0,097	0,017	0,08	0,12	0,0825	
	S1	10	0,037±0,012	0,037	0,012	0,02	0,05	0,03	
	S2	10	0,072±0,011	0,072	0,011	0,05	0,09	0,07	

A: Sol üst köşe noktası **B:** Sol alt köşe noktası **C:** Sağ alt köşe noktası **D:** Sağ üst köşe noktası **E:** Düz yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması
Yöntem A: Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2
N: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrek değerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere, dikdörtgen ataşmanın tüm nokta sapma ölçümlerinde uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Ortalama ve standart sapma değerleri A noktası için; akışkan kompozit=0,085±0,014, geleneksel kompozit=0,07±0,013, snow-plow 1=0,045±0,013, snow-plow-2=0,073±0,023 olarak,

B noktası için; akışkan kompozit=0,087±0,022, geleneksel kompozit=0,07±0,013, snow-plow 1=0,049±0,019, snow-plow 2=0,073±0,023 olarak, C noktası için; akışkan kompozit=0,088±0,034, geleneksel kompozit=0,072±0,023, snow-plow 1=0,048±0,02, snow- plow 2=0,073±0,015 olarak, D noktası için akışkan kompozit=0,087±0,019, geleneksel kompozit=0,072±0,023, snow-plow 1=0,046±0,013, snow-plow-2=0,074±0,035 olarak,

E noktası için; akışkan kompozit=0,065±0,039, geleneksel kompozit=0,086±0,018, snow-plow 1=0,034±0,016, snow-plow-2=0,055±0,021olarak ölçülmüştür (sırasıyla p<0,001*, p<0,001*, p=0,002**, p=0,003*, p=0,001*, p<0,001*).

Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde, uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (akışkan kompozit=0,115±0,015, geleneksel kompozit=0,109±0,014, snow-plow 1=0,046±0,012, snow-plow 2=0,099±0,013 p <0.001). Toplam yüzey sapması açısından, en az sapma snow-plow 1 yönteminde hesaplanmıştır. Bu yöntemi sırasıyla snow-plow 2, geleneksel kompozit ve akışkan kompozit yöntemleri takip etmektedir.

Yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalaması ölçümlerinde de uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (akışkan kompozit=0,079±0,009, geleneksel kompozit=0,097±0,017, snow-plow 1=0,037±0,012, snow-plow 2=0,072±0,014, p <0.001). Aritmetik ortalama ölçümünde en düşük değer snow-plow 1 yönteminde hesaplanmıştır. Bu yöntemi sırasıyla snow-plow 2, akışkan kompozit ve geleneksel kompozit yöntemleri takip etmektedir.

Çizelge 4.7 Dikdörtgen ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları

Ölçüm	Yöntem	A	G	S1	S2
A	A	—	0,138	<0,001*	0,723
	G		—	0,006*	0,981
	S1			—	0,024*
	S2				—
B	A	—	0,289	0,002*	0,397
	G		—	0,109	0,928
	S1			—	0,089
	S2				—
C	A	—	0,395	0,002*	0,416
	G		—	0,109	0,992
	S1			—	0,089*
	S2				—
D	A	—	0,502	0,004*	0,610
	G		—	0,119	0,958
	S1			—	0,083
	S2				—
E	A	—	0,775	0,261	0,817
	G		—	<0,001*	0,016*
	S1			—	0,14
	S2				—
Sigma	A	—	0,774	<0,001*	0,069
	G		—	<0,001*	0,394
	S1			—	<0,001*
	S2				—
A. Ort.	A	—	0,014*	<0,001*	0,602
	G		—	<0 ,001*	<0,001*
	S1			—	<0,001*
	S2				—

A: Sol üst köşe noktası **B:** Sol alt köşe noktası **C:** Sağ alt köşe noktası **D:** Sağ üst köşe noktası **E:** Düz yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2, **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.7, dikdörtgen ataşman 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin farklı ataşman yapım yöntemlerine göre gruplar arası Tukey ikili ve DSCF ikili karşılaştırmalarını göstermektedir.

A noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,138, p =0,723, p <0,001*). Ayrıca, snow-plow 1 yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p<0,006*, p=0,024*). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p =0,981) (Çizelge 4.7). A noktası için istatistiksel en düşük sapma değeri snow-plow 1 yönteminde ölçülmüştür. Diğer yöntemler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır.

B noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,289, p =0,397, p =0,002*). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla p=0,109, p=0,928). Snow-plow 1 ile Snow-plow 2 yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p = 0,089).

C noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,362, p =0,416, p =0,002*). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla p=0,109, p=0,992). Snow-plow 1 ile Snow-plow 2 yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p = 0,089).

D noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, Akışkan Kompozit Yöntemi ile Geleneksel Kompozit ve Snow-plow 2 Yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla p=0,502, p =0,610, p =0,004*). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla p=0,119, p=0,958). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (p = 0,083).

E noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, Akışkan Kompozit Yöntemi ile Geleneksel Kompozit, Snow-plow 1 ve snow-plow 2 arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla p=0,775, p =0,261, p =0,817). Geleneksel Kompozit Yöntemi ile Snow-plow 1 ve Snow-plow 2 Yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuş olup, geleneksel kompozit yöntemi daha yüksek sapma değerleri göstermiştir (sırasıyla p<0,001*, p=0,016). Snow-plow 1 ile snowplow 2 yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p = 0,14).

Tüm nokta sapma ölçümlerinde en düşük değerler snow-plow 1 yöntemine ait olmasına rağmen, yalnızca A noktası için bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Dikdörtgen ataşmanın köşe noktaları olan A, B, C ve D noktalarında en yüksek sapma değerleri akışkan kompozit grubunda ölçülmüştür, ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yüzey orta noktası olarak belirlenen E noktasında ise en yüksek sapma değeri geleneksel kompozit grubunda ölçülmüştür, ancak bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

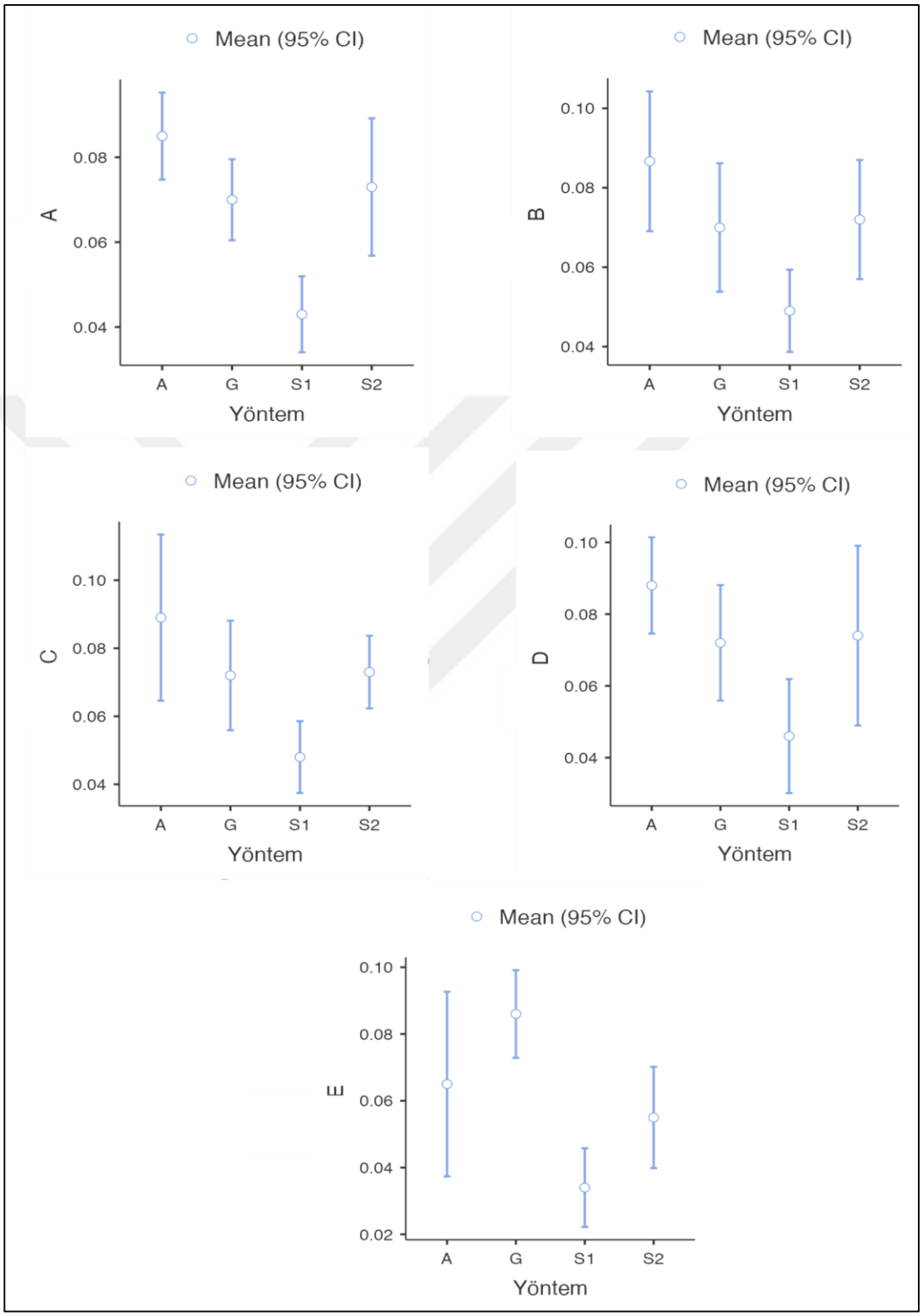
Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,774, p =0,069, p <0,001). Ayrıca, snow-plow 1 yöntemi ile geleneksel

kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p <0,001, p <0,001). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,394) (Tablo 2). Sigma için istatistiksel en düşük sapma değeri snow-plow 1 yönteminde ölçülmüştür. Diğer yöntemler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır.

Yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemlerine göre grup içi yapılan karşılaştırmalarda akışkan kompozit yöntemi ile; geleneksel kompozit ve snow-plow 1 yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilirken, snow-plow 2 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla p =0,014, p <0,001, p =0,602). Ayrıca geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p <0,001, p <0,001). Snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri birbirleriyle karşılaştırıldığında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p <0,001) (tablo 2). Aritmetik ortalama için istatistiksel en yüksek değer geleneksel kompozit yönteminde ölçülmüştür. Aritmetik ortalama ölçümlerinde en düşük değer snow-plow 1 yönteminde hesaplanmıştır. Akışkan kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri benzer aritmetik ortalamalar göstermiştir.

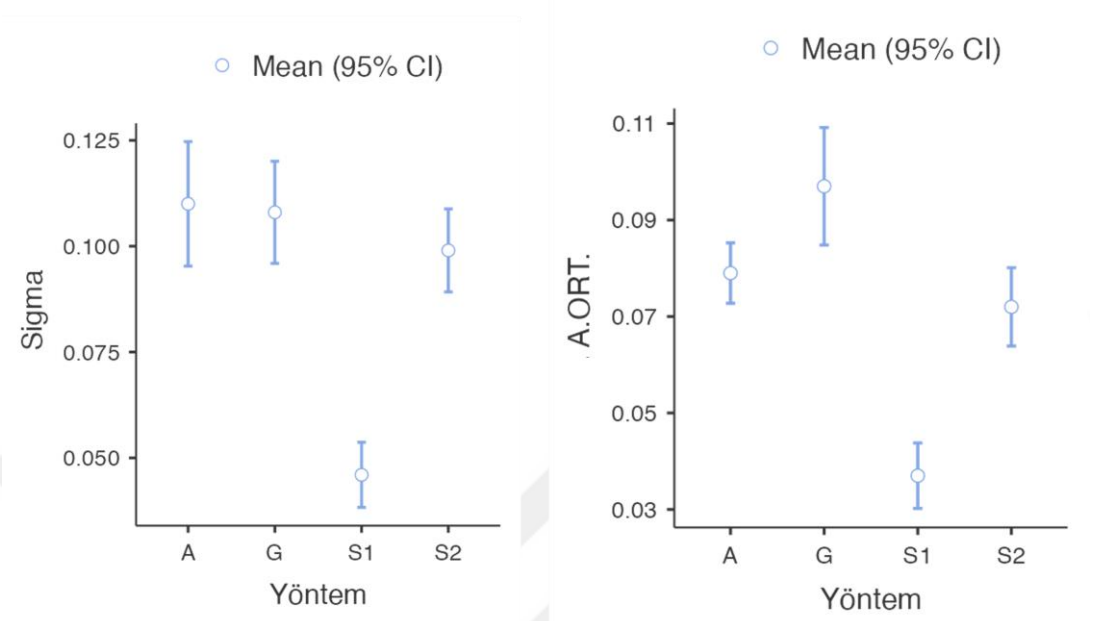
Şekil 4.3'te, dikdörtgen ataşmanın yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri, Şekil 4.4'de ise dikdörtgen ataşmanın yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri gösterilmiştir. Bu grafiklerde, tüm 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinden elde edilen nokta sapma, toplam yüzey sapması ve yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalamasına ait değerlerinin ortalamaları ve %95 güven aralıkları görselleştirilmiştir. Snow-plow 1 yönteminin tüm ölçümlerde diğer gruplardan daha düşük ortalamalara sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3 Dikdörtgen ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri



A: Sol üst köşe noktası **B:** Sol alt köşe noktası **C:** Sağ alt köşe noktası **D:** Sağ üst köşe noktası **E:** Düz yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

Şekil 4.4 Dikdörtgen ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri

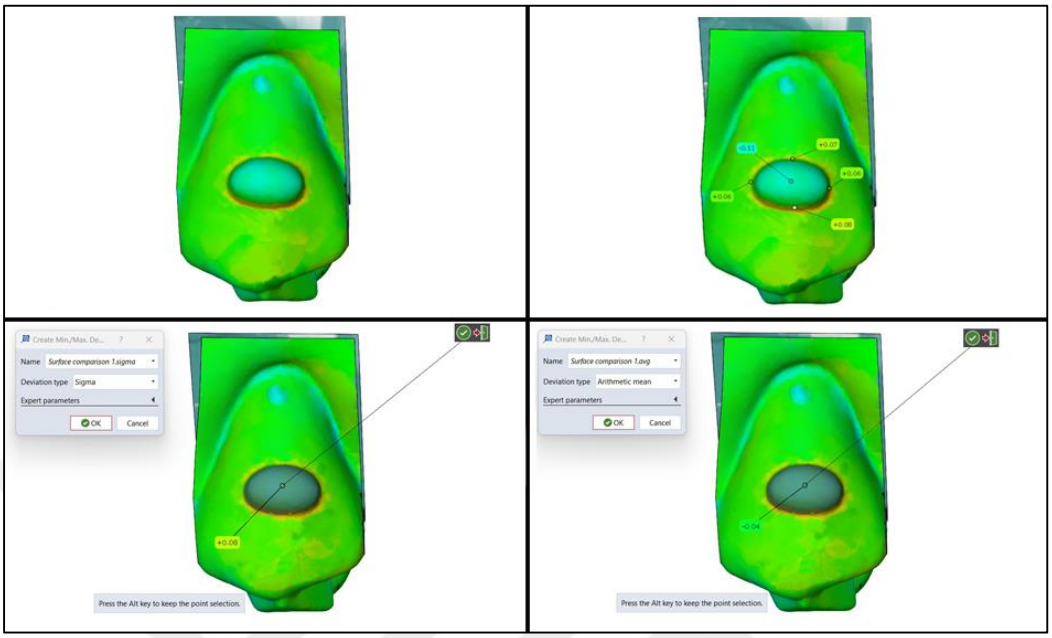


Sigma: Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

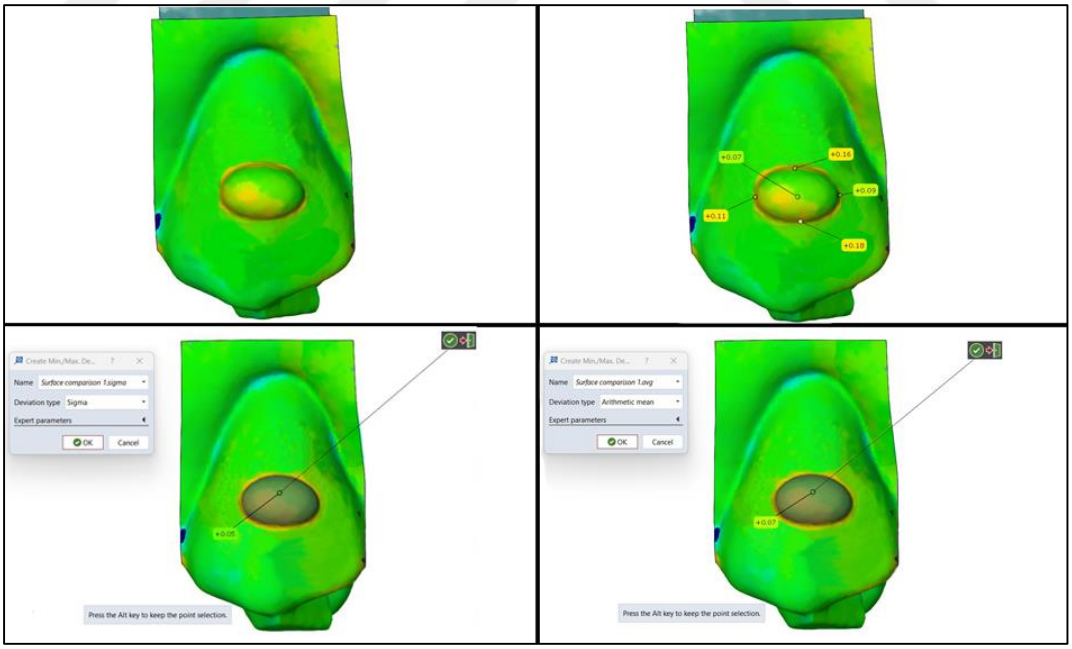
4.2.2. Elipsoid Ataşman

Çizelge 4.8, elipsoid ataşman yüzey yüzey karşılaştırmasısı sapma değerlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve bu değerlerin Tek Yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir. 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerinin görselleri Resim 4.5, Resim 4.6, Resim 4.7 ve Resim 4.8'de gösterilmiştir.

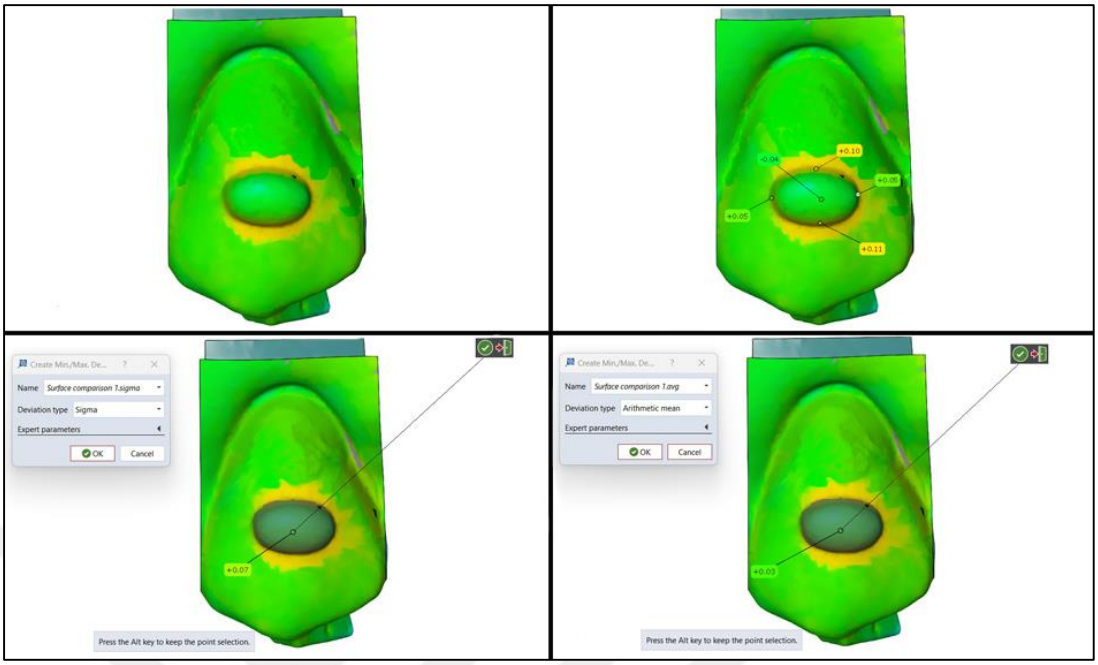
Resim 4.5 Düşük viskoziteli akışkan kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



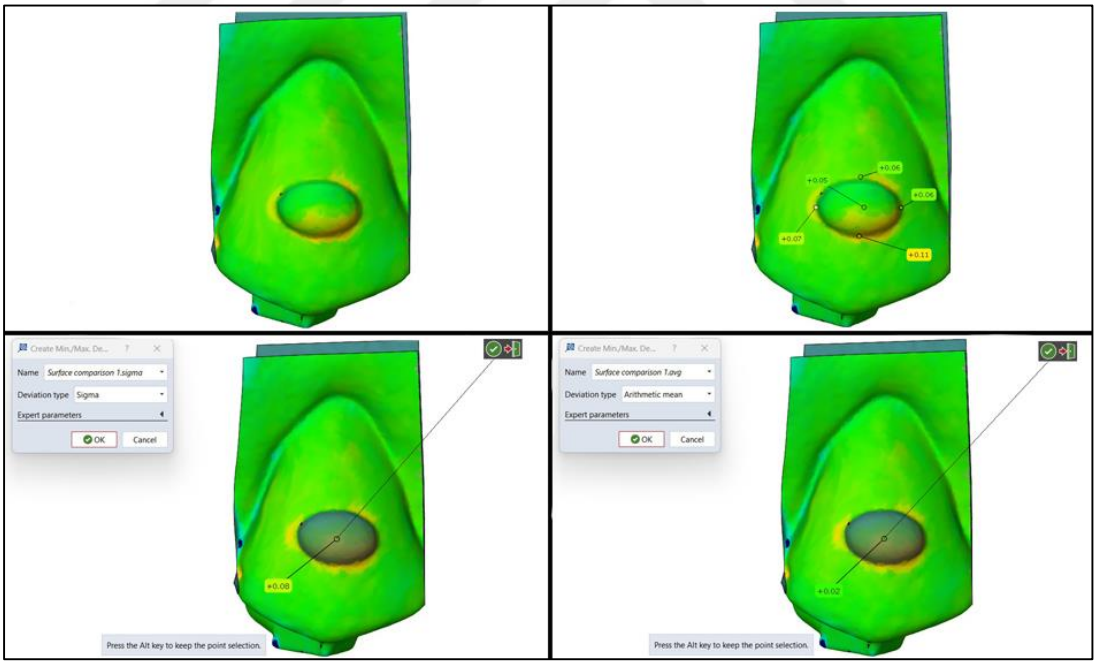
Resim 4.6 Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.7 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.8 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Çizelge 4.8 Elipsoid ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Ölçümler	Yöntem	N	Ort.±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
A	A	10	0,091±0,023	0,085	0,06	0,13	0,073	0,108	<0,001*
	G	10	0,104±0,018	0,1	0,08	0,13	0,093	0,118	
	S1	10	0,064±0,02	0,06	0,04	0,1	0,050	0,075	
	S2	10	0,079±0,015	0,08	0,06	0,11	0,070	0,088	
B	A	10	0,092±0,021	0,09	0,06	0,12	0,080	0,108	<0,001*
	G	10	0,16±0,008	0,16	0,15	0,17	0,153	0,168	
	S1	10	0,12±0,019	0,12	0,09	0,15	0,110	0,128	
	S2	10	0,121±0,023	0,12	0,1	0,17	0,100	0,130	
C	A	10	0,093±0,017	0,095	0,06	0,11	0,090	0,108	0,010*
	G	10	0,112±0,029	0,105	0,08	0,18	0,093	0,125	
	S1	10	0,062±0,019	0,055	0,04	0,09	0,050	0,080	
	S2	10	0,085±0,05	0,07	0,03	0,17	0,053	0,098	
D	A	10	0,09±0,023	0,08	0,07	0,14	0,080	0,090	0,009*
	G	10	0,168±0,019	0,165	0,14	0,21	0,160	0,178	
	S1	10	0,118±0,035	0,105	0,08	0,18	0,093	0,135	
	S2	10	0,121±0,035	0,12	0,07	0,17	0,103	0,140	
E	A	10	0,072±0,029	0,1	0,05	0,12	0,070	0,950	<0,001*
	G	10	0,075±0,022	0,075	0,05	0,12	0,075	0,0860.05	
	S1	10	0,031±0,013	0,03	0	0,05	0,030	0,040	
	S2	10	0,038±0,012	0,04	0,01	0,05	0,04	0,047	
Sigma	A	10	0,065±0,013	0,05	0,08	0,0525	0,065	0,0775	0,174
	G	10	0,076±0,012	0,06	0,1	0,07	0,07	0,08	
	S1	10	0,062±0,013	0,04	0,08	0,0525	0,06	0,07	
	S2	10	0,064±0,015	0,05	0,09	0,05	0,06	0,0775	
A. Ort.	A	10	0,042±0,018	0,04	0,01	0,07	0,040	0,050	<0,001*
	G	10	0,104±0,016	0,105	0,07	0,12	0,100	0,118	
	S1	10	0,035±0,01	0,03	0,02	0,05	0,023	0,040	
	S2	10	0,048±0,013	0,05	0,02	0,07	0,043	0,050	

A: Sol birleşim kenarı orta noktası **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ birleşim kenarı orta noktası **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E:** Yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrek değerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere, elipsoid ataşmanın tüm nokta sapma ölçümlerinde uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Ortalama ve standart sapma değerleri A noktası için; akışkan kompozit=0,091±0,023, geleneksel kompozit=0,104±0,018, snow-plow 1=0,064±0,02, snow-plow-2=0,079±0,015 olarak, B noktası için; akışkan kompozit=0,092±0,021, geleneksel kompozit=0,16±0,008, snow-plow 1=0,12±0,019, snow-plow 2=0,121±0,023 olarak, C noktası için; akışkan kompozit=0,093±0,017, geleneksel kompozit=0,112±0,029, snow-plow 1=0,062±0,019,snow-plow 2=0,085±0,05 olarak, D noktası için akışkan kompozit=0,09±0,023, geleneksel kompozit=0,168±0,019, snow-plow 1=0,118±0,035, snow-plow-2=0,121±0,035 olarak, E noktası için; akışkan kompozit=0,072±0,029, geleneksel kompozit=0,075±0,022, snow-plow 1=0,031±0,013, snow-plow-2=0,038±0,012 olarak ölçülmüştür (sırasıyla p<0,001*, p<0,00*1, p=0,010*, p=0,009*, p<0,001*).

Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde, uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (akışkan kompozit= 0,065±0,013, geleneksel kompozit=0,076±0,012, snow-plow 1=0,062±0,013, snow-plow 2=0,065±0,015 p <0.001).

Yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalaması ölçümlerinde de uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (akışkan kompozit=0,042±0,018, geleneksel kompozit=0,104±0,016, snow-plow 1=0,35±0,01, snow-plow 2=0,048±0,013, p <0.001).

Çizelge 4.9, elipsoid ataşman 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin farklı ataşman yapım yöntemlerine göre gruplar arası Tukey İkili ve DSCF İkili Karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.9 Elipsoid ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları

Ölçüm		A	G	S1	S2
A	A	—	0,446	0,018*	0,515
	G		—	<0,001*	0,031*
	S1			—	0,321
	S2				—
B	A	—	<0,001*	0,010*	<0,007*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,882
	S2				—
C	A	—	0,535	0,14	0,94
	G		—	0,006*	0,235
	S1			—	0,37
	S2				—
D	A	—	0,443	0,002*	0,872
	G		—	0,002	0,005
	S1			—	0,896
	S2				—
E	A	—	0,892	<0,001*	0,005*
	G		—	<0,001*	0,001*
	S1			—	0,876
	S2				—
Sigma	A	—	0,217	0,962	0,868
	G		—	0,102	0,196
	S1			—	0,948
	S2				—
A. Ort.	A	—	<0,001*	0,421	0,79
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,147
	S2				—

A: Sol birleşim kenarı orta noktası **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ birleşim kenarı orta noktası **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E:** Yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2, **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

A noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,446, p =0,515, p <0,018). Ayrıca,

geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla $p<0,001$, $p=0,031$). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p = 0,321$) (Çizelge 4.9).

B noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi geleneksel kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri ile arasında anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla $p<0,001$, $p=0,010$, $p=0,007$). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda da istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (sırasıyla $p<0,001$, $p<0,001$). Snow-plow 1 ile Snow-plow 2 Yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0,882$) (Çizelge 4.9).

C noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile diğer yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,535$, $p =0,14$, $p =0,94$). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla $p=0,235$, $p=0,006$). Snow-plow 1 ile snow-plow 2 yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p = 0,37$) (Çizelge 4.9).

D noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, Akışkan Kompozit Yöntemi ile Geleneksel Kompozit ve snow-plow 2 Yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla $p=0,443$, $p =0,872$, $p =0,002$*). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,091$, $p=0,892$). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p = 0,132$) (Çizelge 4.9).

E noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,892, p<0,001*, p=0,005*). Ayrıca, geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p<0,001, p=0,001). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,876) (Çizelge 4.9). A noktası en düşük sapma değeri snow-plow 1 yönteminde ölçülmüştür. Diğer yöntemler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır.

Tüm nokta sapma ölçümlerinde en yüksek değerler geleneksel kompozit yöntemine ait olmasına rağmen, yalnızca B noktası için bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Elipsoid ataşmanın sağ ve sol diş yüzeyi birleşim noktaları olan A ve C noktalarında en düşük sapma değerleri snow-plow 1 grubunda ölçülürken, alt ve üst diş yüzeyi birleşim noktaları olan B ve D noktalarında en düşük sapma değerleri akışkan kompozit grubunda ölçülmüştür. İki yöntem için de bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Elipsoid ataşmanın yüzey orta noktasını gösteren E noktası ölçümlerinde, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri, geleneksel ve akışkan kompozit gruplarına göre istatistiksel olarak belirgin şekilde daha düşük değerler göstermiştir. Tüm nokta sapma ölçümlerinde, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ve bu iki yöntem benzer sonuçlar göstermektedir.

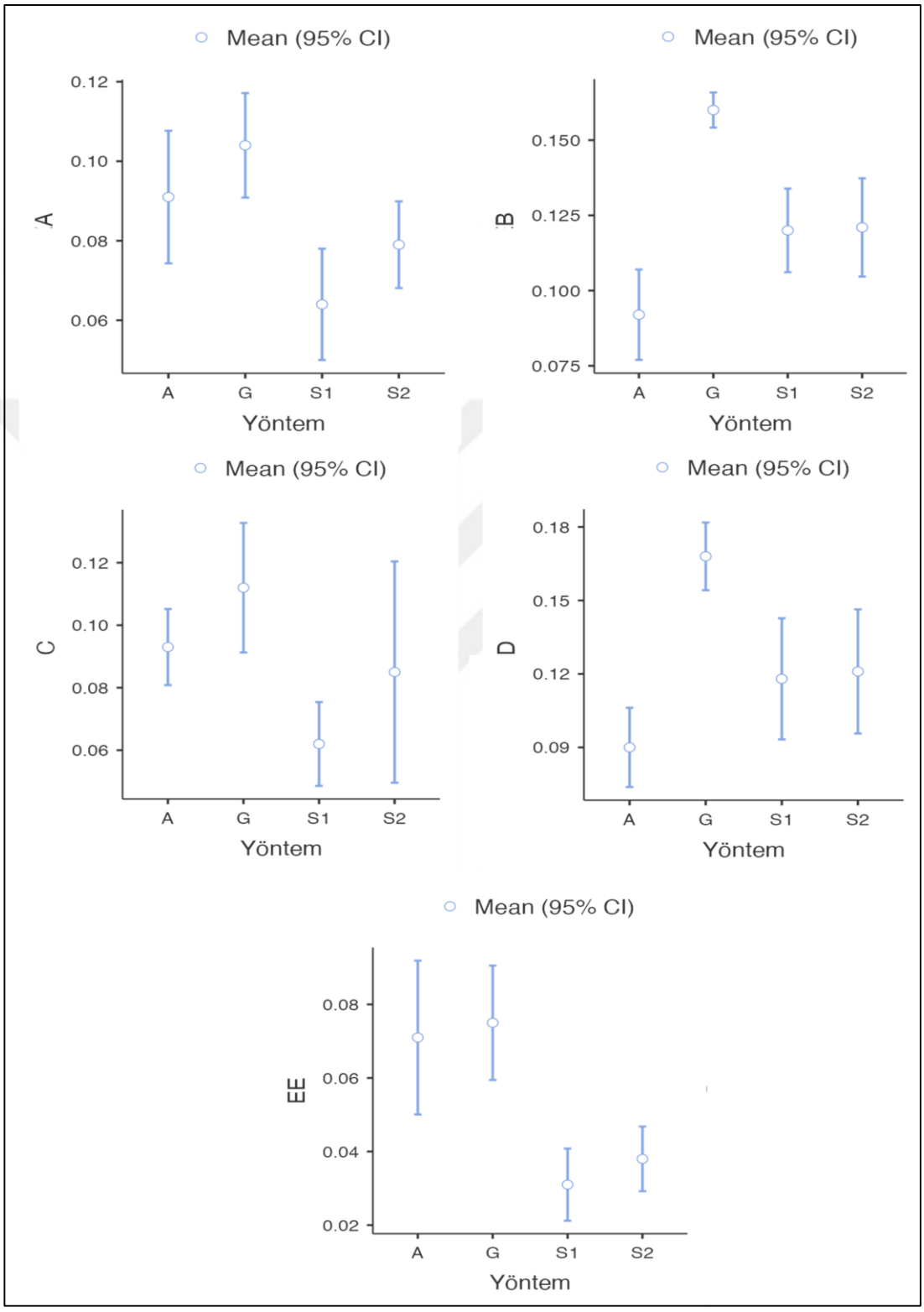
Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.9).

Yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemlerine göre grup içi yapılan karşılaştırmalarda akışkan kompozit ve geleneksel kompozit yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilirken, akışkan kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklar

istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla p <0,001, p=0,421, p =0,79). Ayrıca geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p <0,001, p <0,001). Snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,0147) (Çizelge 4.9). Aritmetik ortalama için istatistiksel en yüksek değer geleneksel kompozit yönteminde ölçülmüştür. Diğer yöntemler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır.

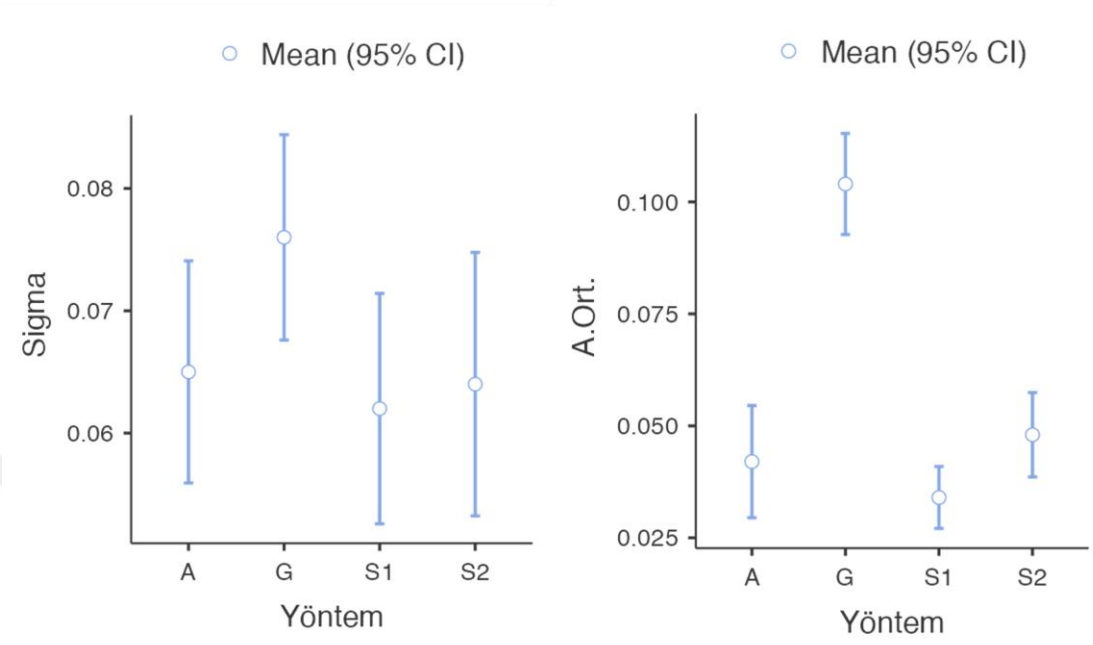
Şekil 4.5'te, elipsoid ataşmanın yapım yöntemlerine göre nokta karşılatırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri, Şekil 4.6'da ise elipsoid ataşmanın yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri gösterilmiştir. Bu grafiklerde, tüm 3B yüzey yüzey karşılaştırmasısı ölçümlerinden elde edilen nokta sapma, toplam yüzey sapması ve yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalamasına ait değerlerinin ortalamaları ve %95 güven aralıkları görselleştirilmiştir.

Şekil 4.5 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri.



A: Sol birleşim kenarı orta noktası **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ birleşim kenarı orta noktası **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası**E:** Yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

Şekil 4.6 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri

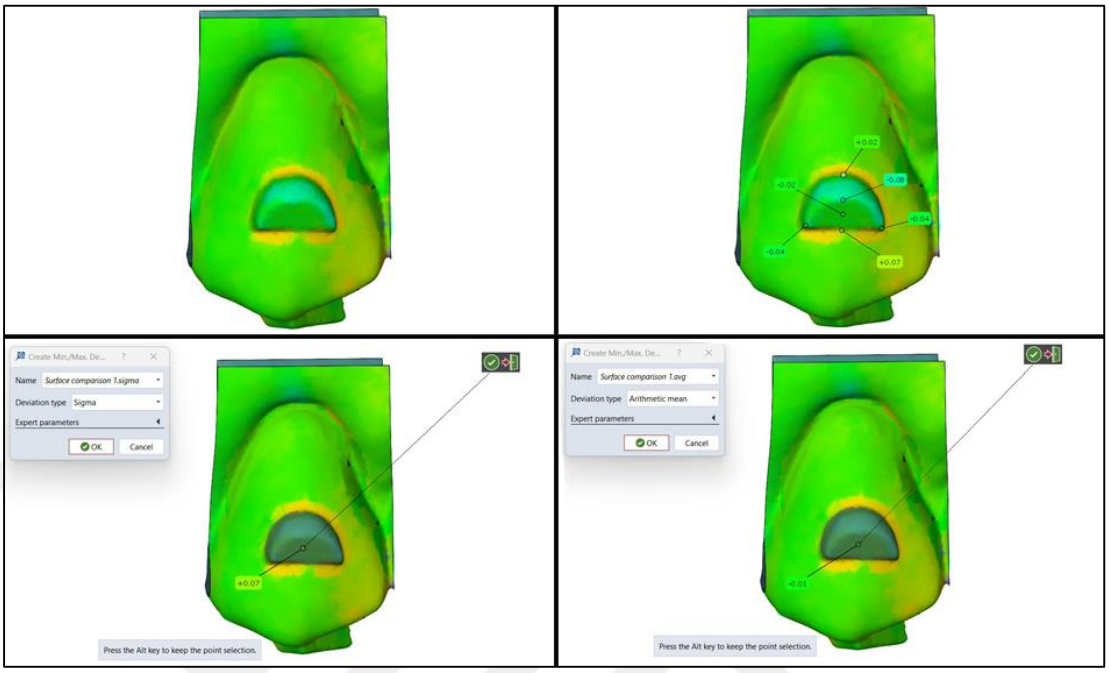


Sigma: Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

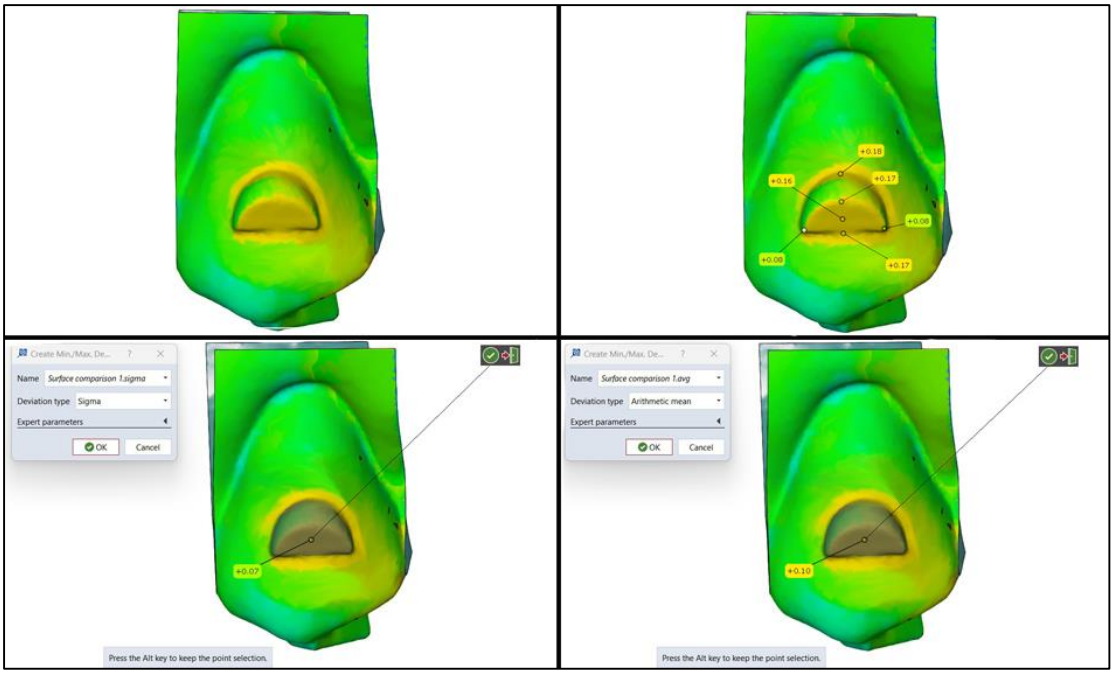
4.2.3. Özelleştirilmiş Ataşman

Çizelge 4.10, özelleştirilmiş ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve bu değerlerin Tek Yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir. 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerinin görselleri Resim 4.9, Resim 4.10, Resim 4.11 ve Resim 4.12'de gösterilmiştir.

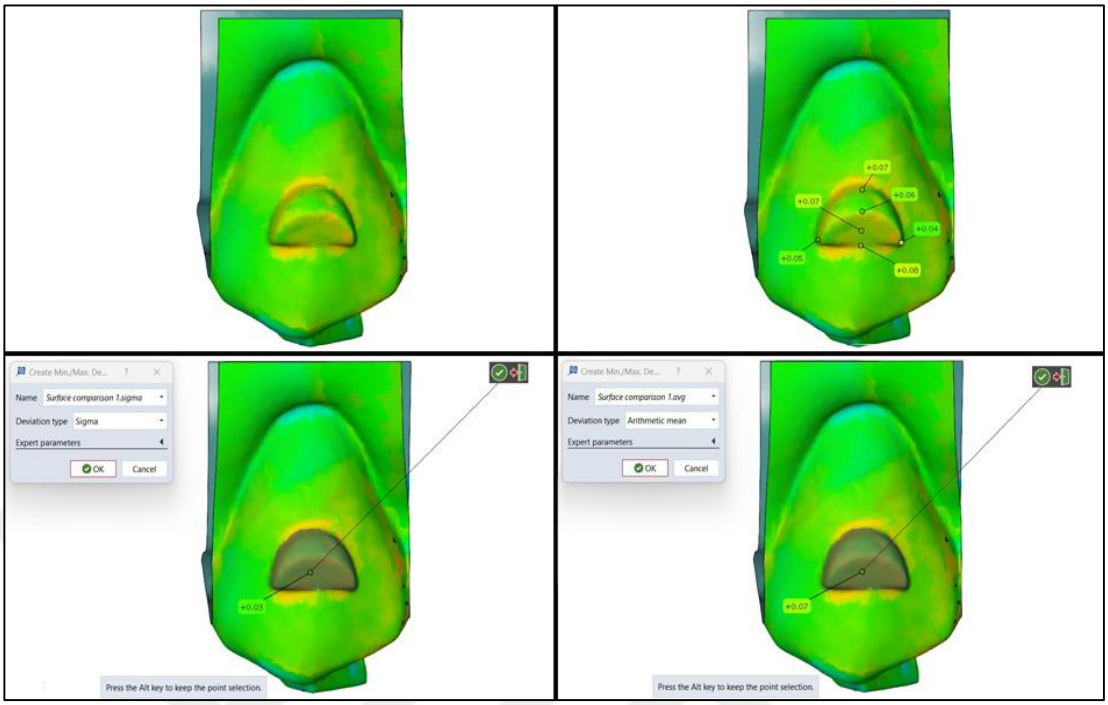
Resim 4.9 Düşük viskoziteli akışkan kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



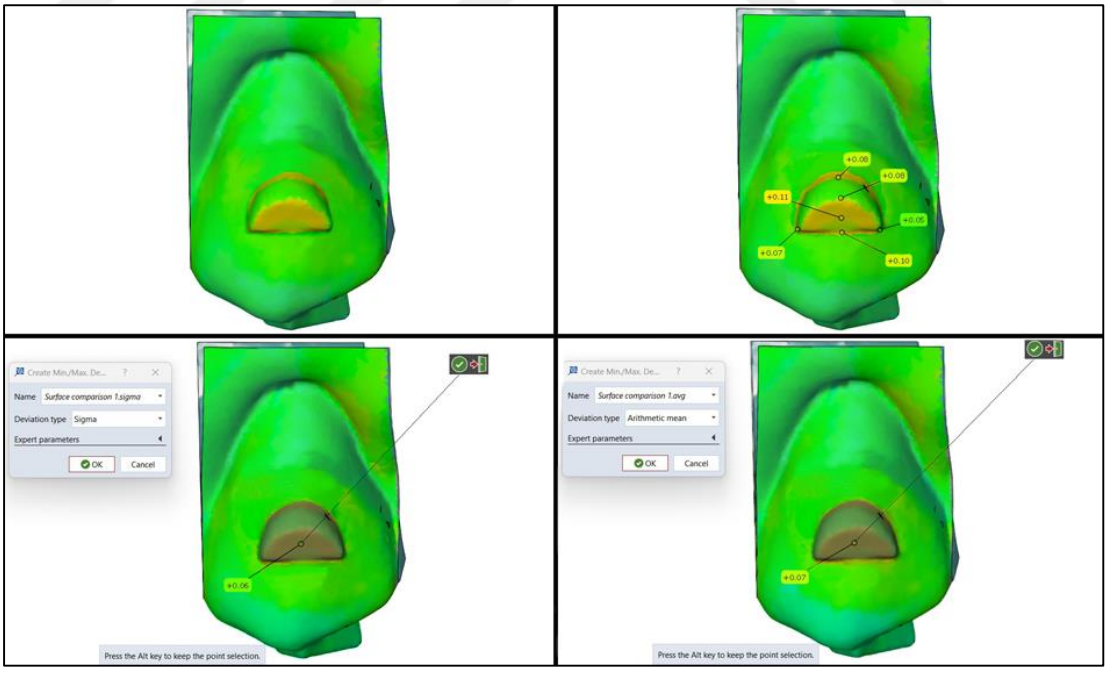
Resim 4.10 Yüksek viskoziteli geleneksel kompozit uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.11 Snow-plow 1 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Resim 4.12 Snow-plow 2 uygulamasının 3B yüzey karşılaştırması ölçüm görselleri



Çizelge 4.10 Özelleştirilmiş ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA / Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Ölçümler	Yöntem	N	Ort±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
A	A	10	0,044±0,031	0,045	0,01	0,08	0,013	0,075	0,008*
	G	10	0,083±0,027	0,09	0,02	0,11	0,080	0,100	
	S1	10	0,047±0,012	0,045	0,03	0,07	0,040	0,050	
	S2	10	0,051±0,025	0,05	0,01	0,09	0,040	0,070	
B	A	10	0,03±0,016	0,03	0,01	0,06	0,020	0,040	<0,001*
	G	10	0,149±0,032	0,145	0,1	0,21	0,133	0,158	
	S1	10	0,056±0,017	0,05	0,04	0,08	0,040	0,070	
	S2	10	0,08±0,027	0,08	0,01	0,11	0,080	0,098	
C	A	10	0,049±0,017	0,045	0,02	0,08	0,040	0,058	0,002*
	G	10	0,104±0,035	0,095	0,06	0,19	0,090	0,110	
	S1	10	0,048±0,018	0,045	0,02	0,08	0,040	0,058	
	S2	10	0,056±0,022	0,05	0,03	0,09	0,040	0,078	
D	A	10	0,056±0,026	0,06	0,02	0,09	0,035	0,070	<0,001*
	G	10	0,173±0,021	0,175	0,13	0,2	0,163	0,180	
	S1	10	0,071±0,024	0,08	0,02	0,1	0,055	0,088	
	S2	10	0,085±0,016	0,084	0,07	0,1	0,08	0,090	
E	A	10	0,088±0,027	0,1	0,04	0,11	0,065	0,110	0,002*
	G	10	0,118±0,055	0,1	0,02	0,2	0,090	0,160	
	S1	10	0,053±0,019	0,05	0,03	0,08	0,040	0,068	
	S2	10	0,057±0,018	0,06	0,03	0,09	0,043	0,068	
F	A	10	0,038±0,01	0,04	0,02	0,05	0,030	0,048	<0,001*
	G	10	0,159±0,026	0,165	0,12	0,2	0,135	0,170	
	S1	10	0,064±0,021	0,065	0,04	0,09	0,043	0,080	
	S2	10	0,077±0,016	0,075	0,05	0,1	0,070	0,090	
Sigma	A	10	0,067±0,012	0,070	0,050	0,090	0,063	0,070	0,008*
	G	10	0,086±0,014	0,080	0,070	0,110	0,080	0,088	
	S1	10	0,063±0,011	0,060	0,040	0,080	0,060	0,070	
	S2	10	0,070±0,019	0,060	0,050	0,100	0,060	0,080	
A.Ort.	A	10	0,023±0,013	0,02	0,01	0,05	0,013	0,028	<0,001*
	G	10	0,103±0,021	0,1	0,06	0,13	0,100	0,115	
	S1	10	0,042±0,009	0,04	0,03	0,06	0,040	0,048	
	S2	10	0,044±0,018	0,04	0,02	0,08	0,030	0,058	

A: Sol köşe **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ köşe **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrek değerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere, özelleştirilmiş ataşmanın tüm nokta sapma ölçümlerinde uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Ortalama ve standart sapma değerleri A noktası için; akışkan kompozit=0,044±0,031, geleneksel kompozit=0,083±0,027, snow-plow 1=0,047±0,012, snow-plow-2=0,051±0,025 olarak, B noktası için; akışkan kompozit=0,03±0,016, geleneksel kompozit=0,149±0,032, snow-plow 1=0,056±0,017, snow-plow 2=0,08±0,027 olarak, C noktası için; akışkan kompozit=0,049±0,017, geleneksel kompozit=0,104±0,035, snow-plow 1=0,048±0,018, snow-plow 2=0,056±0,022 olarak, D noktası için akışkan kompozit=0,056±0,026, geleneksel kompozit=0,173±0,021, snow-plow 1=0,071±0,024, snow-plow-2=0,085±0,016 olarak, E noktası için; akışkan kompozit=0,088±0,027, geleneksel kompozit=0,118±0,055, snow-plow 1=0,053±0,019, snow-plow-2=0,057±0,018, F noktası için akışkan kompozit=0,038±0,01, geleneksel kompozit=0,159±0,026, snow-plow 1=0,064±0,021, snow-plow-2=0,077±0,016 olarak ölçülmüştür (sırasıyla p=0,008, p<0,001, p=0,002, p<0,001, p=0,002, p<0,001, p<0,001*).

Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde, uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (akışkan kompozit=0,067±0,012, geleneksel kompozit=0,086±0,014, snow-plow 1=0,063±0,015, snow-plow 2=0,070±0,019 p =0,008) (Çizelge 4.10). Toplam yüzey sapması açısından, en az sapma snow-plow 1 yönteminde hesaplanmıştır. Bu yöntemi sırasıyla, akışkan kompozit, snow-plow 2 ve geleneksel kompozit yöntemleri takip etmektedir.

Yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalaması ölçümlerinde de uygulama yöntemleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (akışkan kompozit=0,023±0,013, geleneksel kompozit=0,103±0,021, snow-plow 1=0,042±0,009, snow-plow 2=0,044±0,018, p <0.001) (Çizelge 4.10). Aritmetik ortalama ölçümünde en düşük değer akışkan kompozit yönteminde hesaplanmıştır. Bu yöntemi sırasıyla snow-plow 1, snow-plow 2 ve geleneksel kompozit yöntemleri takip etmektedir.

Çizelge 4.11, özelleştirilmiş ataşman 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin farklı ataşman yapım yöntemlerine göre gruplar arası Tukey İkili ve DSCF İkili Karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.11 Özelleştirilmiş ataşman yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin, ataşman yapım yöntemine göre gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları

Ölçüm		A	G	S1	S2
A	A	—	0,035*	0,898	0,892
	G		—	0,017*	0,043*
	S1			—	0,838
	S2				—
B	A	—	<0,001*	0,025*	0,009*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,056
	S2				—
C	A	—	0,002*	0,896	0,786
	G		—	0,002*	0,007*
	S1			—	0,786
	S2				—
D	A	—	<0,001*	0,438	0,002*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,09
	S2				—
E	A	—	0,775	0,104	0,177
	G		—	<0,001*	0,001*
	S1			—	0,893
	S2				—
F	A	—	<0,001*	0,023*	<0,001*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,441
	S2				—
Sigma	A	—	0,022*	0,819	0,831
	G		—	0,004*	0,068
	S1			—	0,681
	S2				—
A, Ort,	A	—	<0,001	0,055	0,028*
	G		—	<0,001*	<0,001*
	S1			—	0,892
	S2				—

A: Sol köşe **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ köşe **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

A noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, geleneksel kompozit yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,898, p =0,892, p <0,035). Ayrıca, geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p=0,017, p=0,043). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,838) (Çizelge 4.11).

B noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi geleneksel kompozit, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri ile arasında anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p<0,001, p=0,025, p=0,009). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda da istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p<0,001, p<0,001). Snow-plow 1 ile Snow-plow 2 Yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p = 0,056) (Çizelge 4.11).

C noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, geleneksel kompozit yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,896, p =0,792, p=0,002) Ayrıca, geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p=0,002 p=0,007). Snow-plow 1 ile Snow-plow 2 yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p = 0,786) (Çizelge 4.11).

D noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, Akışkan Kompozit Yöntemi ile snow-plow 1 yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, Geleneksel Kompozit Snow-plow 2 Yöntemleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,438, p<0,001, p =0,002). Ayrıca, geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (p<0,001, p<0,001). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle

karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (p = 0,09) (Çizelge 4.11).

E noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit yöntemi snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (sırasıyla p=0,177, p=0,104 p =0,073,). Geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p<0,001*, p<0,001*). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,893) (Çizelge 4.11).

F noktası ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile geleneksel kompozit yöntemi, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p<0,001, p =0,023, p<0,001,). Ayrıca, geleneksel kompozit ile snow-plow 1 yöntemi ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p<0,001, p<0,001). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,441) (Çizelge 4.11)

Tüm nokta sapma ölçümlerinde en yüksek değerler geleneksel kompozit yönteminde tespit edilmiştir ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Tüm nokta sapma ölçümlerinde, snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ve bu iki yöntem benzer sonuçlar göstermektedir.

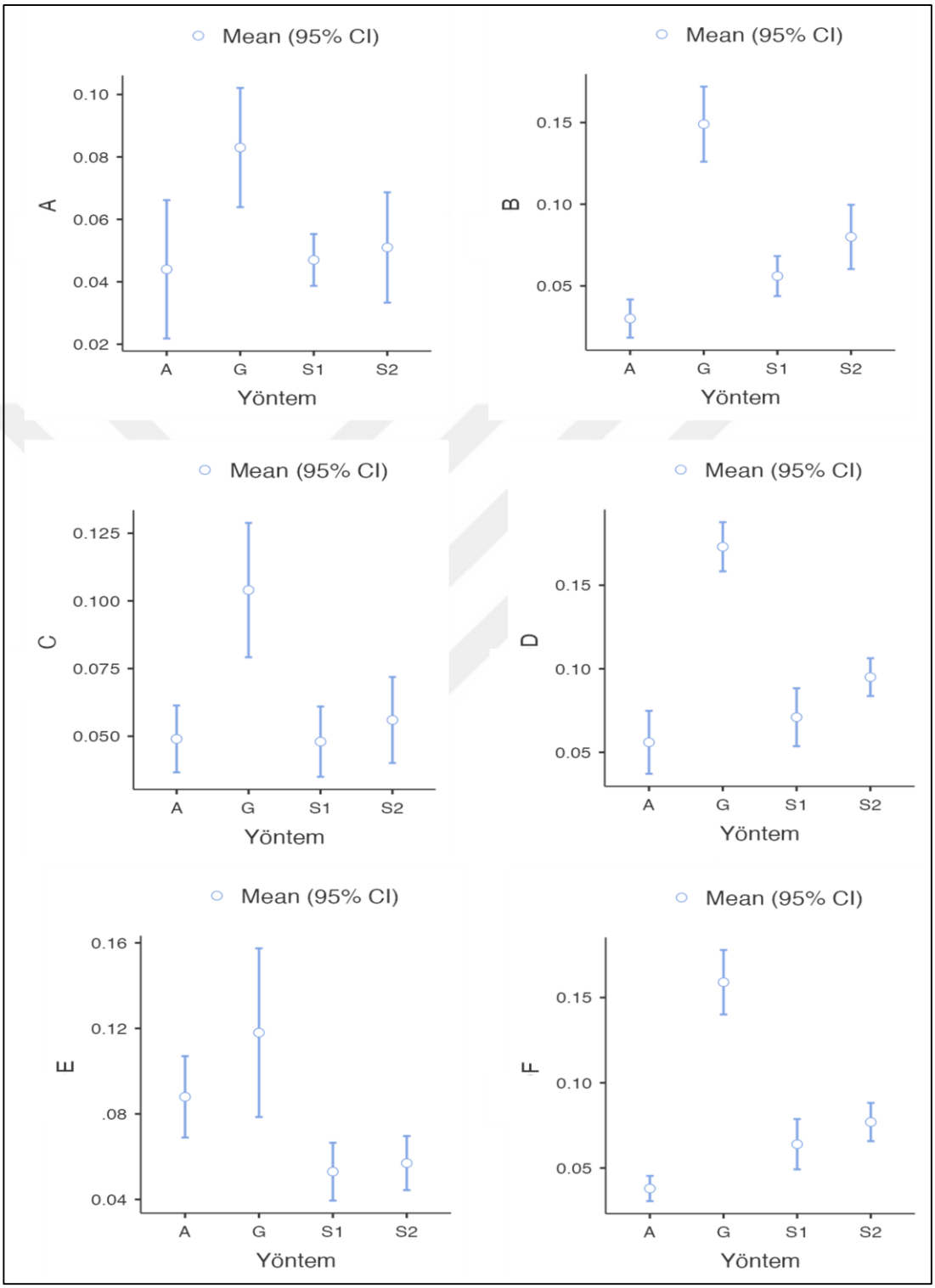
Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, akışkan kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, geleneksel kompozit yöntemi ile anlamlı istatistiksel farklar tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,819, p =0,831, p =0,022). Geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, snow-plow 1 yöntemi ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (sırasıyla p=0,068, p=0,004). Snow-plow 1 yöntemi ile snow-plow 2 yöntemi birbirleriyle

karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,681) (Çizelge 4.11). Sigma için istatistiksel olarak anlamlı en yüksek sapma değeri geleneksel kompozit yönteminde ölçülmüştür. Diğer yöntemler arasındaki farklar istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

Yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması ölçümlerinde, ataşman yapım yöntemlerine göre grup içi yapılan karşılaştırmalarda akışkan kompozit ile geleneksel kompozit ve snow-plow 2 yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilirken, snow-plow 1 yöntemi arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla p <0,001, p=0,028, p =0,55). Ayrıca geleneksel kompozit yöntemi ile snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (sırasıyla p <0,001, p <0,001). Snow-plow 1 ve snow-plow 2 yöntemleri birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,892) (Çizelge 4.11). Aritmetik ortalama için istatistiksel olarak anlamlı en yüksek değer geleneksel kompozit yönteminde ölçülmüştür.

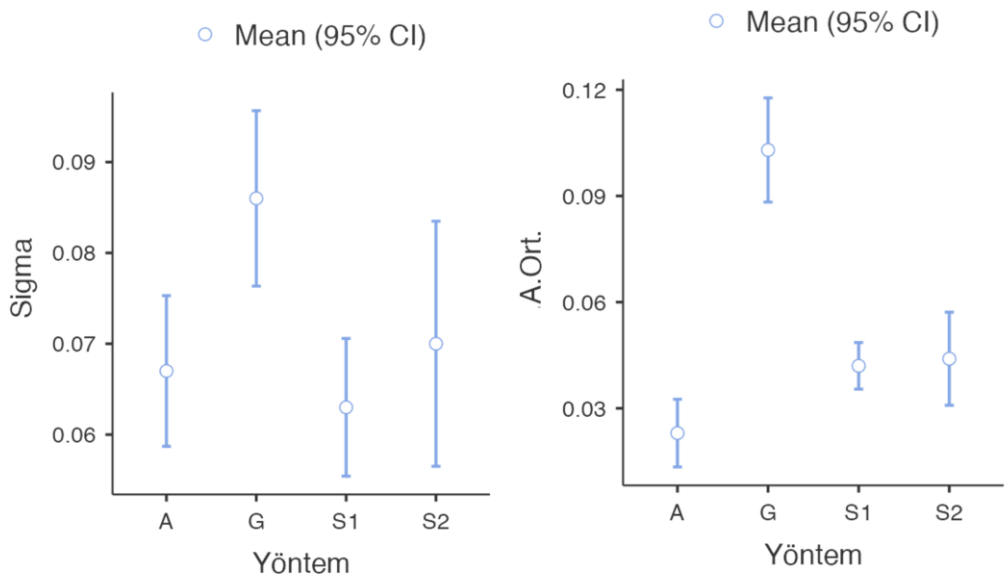
Şekil 4.7'de, özelleştirilmiş ataşmanın yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri, Şekil 4.8'de ise özelleştirilmiş ataşmanın yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri gösterilmiştir. Bu grafiklerde, tüm 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinden elde edilen nokta sapma, toplam yüzey sapması ve yüzeyler arasındaki uzaklıkların aritmetik ortalamasına ait değerlerinin ortalamaları ve %95 güven aralıkları görselleştirilmiştir. Geleneksel kompozit yönteminin, belirlenen tüm nokta karşılaştırmalarında diğer yöntemlere göre daha yükse sapma değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.7 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma sapma değerlerinin tanımlayıcı grafikleri.



A: Sol köşe **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ köşe **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

Şekil 4.8 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre sigma ve aritmetik ortalama yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri



Sigma: Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

4.3. ATAŞMAN YAPIM YÖNTEMİ İÇERİSİNDE 3B NOKTA KARŞILAŞTIRMA ÖLÇÜMLERİNE AİT BULGULAR

4.3.1. Dikdörtgen Ataşman

Çizelge 7, dikdörtgen ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir. Bu tabloda, negatif ve pozitif olabilen nokta karşılaştırma değerleri doğrudan alınmıştır. Sapma değerleri olarak bu ölçümlerin mutlak değerleri dikkate alınmıştır. Karşılaştırmalar, nokta karşılaştırma ölçümlerinin mutlak değerleri üzerinden yapılmıştır ve *p* değerleri bu mutlak değerlerin karşılaştırılmasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.12 Dikdörtgen ataşman nokta yüzey karşılaştırması ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Yöntem	Nokta	N	ORT.±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
	A	10	-0,085±0,014	-0,08	-0,12	-0,07	-0,090	-0,080	
	B	10	-0,087±0,022	-0,085	-0,12	-0,05	-0,100	-0,080	
A	C	10	-0,089±0,034	-0,105	-0,13	-0,04	-0,110	-0,058	0,537
	D	10	-0,062±0,068	-0,09	-0,12	0,07	-0,098	-0,073	
	E	10	-0,061±0,045	-0,075	-0,12	0,02	-0,090	-0,035	
	A	10	0,07±0,013	0,070	0,05	0,09	0,063	0,080	
	B	10	0,07±0,023	0,070	0,03	0,1	0,053	0,090	
G	C	10	0,072±0,023	0,070	0,04	0,1	0,053	0,090	0,512
	D	10	0,071±0,023	0,071	0,04	0,1	0,053	0,090	
	E	10	0,086±0,018	0,08	0,07	0,13	0,073	0,090	
	A	10	0,035±0,029	0,04	-0,04	0,06	0,033	0,050	
	B	10	0,045±0,019	0,045	0	0,07	0,040	0,058	
S1	C	10	0,044±0,02	0,05	0,01	0,07	0,033	0,050	0.508
	D	10	0,031±0,038	0,045	-0,03	0,07	0,008	0,060	
	E	10	0,034±0,017	0,035	0	0,06	0,030	0,040	
	A	10	-0,055±0,055	-0,065	-0,11	0,09	-0,088	-0,050	
	B	10	-0,072±0,021	-0,07	-0,1	-0,03	-0,085	-0,063	
S2	C	10	-0,073±0,015	-0,07	-0,1	-0,06	-0,085	-0,060	0,516
	D	10	-0,074±0,035	-0,08	-0,12	-0,01	-0,098	-0,055	
	E	10	-0,055±0,021	-0,045	-0,09	0,07	-0,065	0,018	

A: Sol üst köşe noktası **B:** Sol alt köşe noktası **C:** Sağ alt köşe noktası **D:** Sağ üst köşe noktası **E:** Düz yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrekdeğerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere, dikdörtgen ataşman için akışkan kompozit yönteminde nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. (A=-0,085±0,014, B=-0,087±0,022, C=-0,089±0,034,D=-0,062±0,068, E=-0,061±0,045, *p*=0,537). Tüm noktalar için 3B yüzey karşılaştırması

ölçümlerinin ortalaması negatif değerlere sahiptir. Negatif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre eksikliğe neden olduğunu göstermektedir.

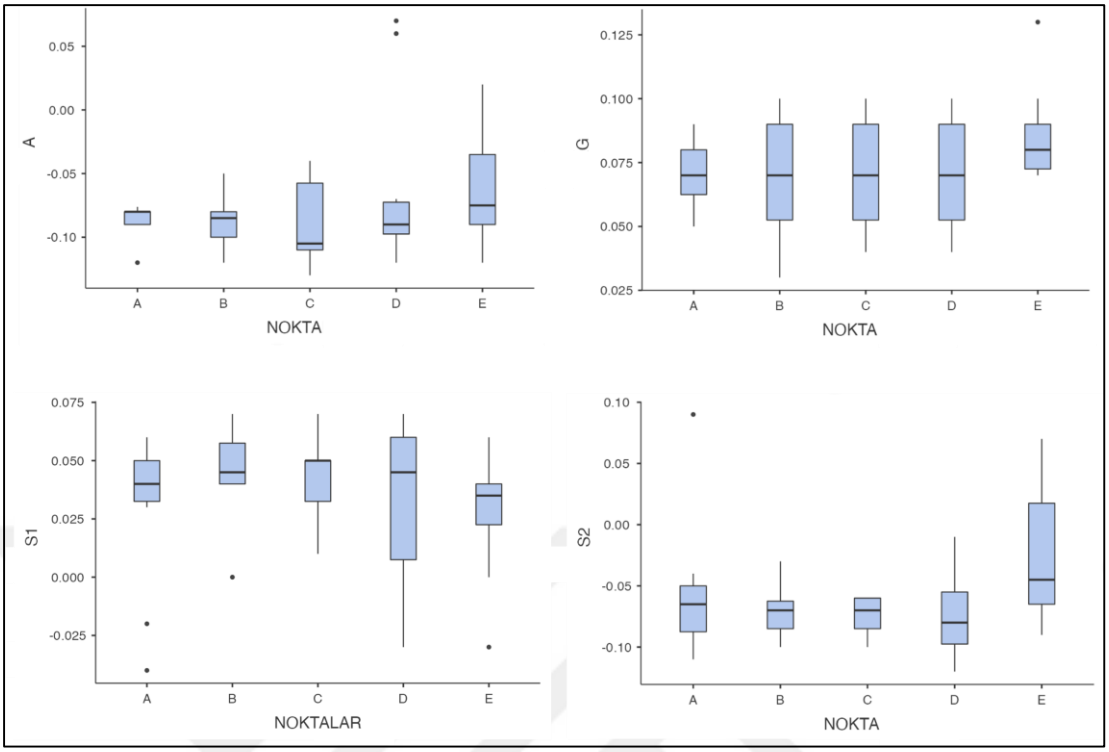
Geleneksel kompozit yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (A=-0,07±0,013, B=0,07±0,023, C=0,072±0,023, D=0,071±0,068, E=0,086±0,018, p=0,512). Tüm noktalar için 3B yüzey karşılaştırması ölçümleri pozitif değerlere sahiptir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, ilgili ölçüm noktasında rehber modele göre materyal fazlalığına neden olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 1 yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. (A=0,035±0,029, B=0,045±0,019, C=0,044±0,02 D=0,031±0,038, E=0,034±0,017, p=0,508). Tüm noktalar için 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinin ortalaması pozitif değerlere sahiptir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, ilgili ölçüm noktasında rehber modele göre materyal fazlalığına neden olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 2 yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (A=--0,055±0,055, B=-0,072±0,021, C=-0,073±0,015, D=-0,074±0,035, E=0,055±0,021 p=0,516). Tüm noktalar için 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinin ortalaması negatif değerlere sahiptir. Negatif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre eksikliğe neden olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.9, dikdörtgen ataşmanın farklı yapım yöntemlerine göre nokta yüzey karşılaştırması ölçümlerinin tanımlayıcı grafiklerini göstermektedir. Dikdörtgen ataşman için belirlenen tüm noktaların 3B nokta karşılaştırma ölçümlerinin ortalamasının, akışkan kompozit ve snow-plow 2 yöntemlerinde negatif değerlere sahip olduğu, geleneksel kompozit ve snow-plow 1 yöntemlerinde pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.9 Dikdörtgen ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri



A: Sağ üst köşe noktası **B:** Sağ alt köşe noktası **C:** Sol alt köşe noktası **D:** Sol üst köşe noktası **E:** Düz yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

4.3.2. Elipsoid Ataşman

Çizelge 4.13, elipsoid ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir. Bu tablonun tanımlayıcı istatistikleri için negatif ve pozitif olabilen nokta karşılaştırma değerleri doğrudan alınmıştır. Sapma değerleri olarak bu ölçümlerin mutlak değerleri dikkate alınmıştır. Karşılaştırmalar, nokta karşılaştırma ölçümlerinin mutlak değerleri üzerinden yapılmıştır ve *p* değerleri bu mutlak değerlerin karşılaştırılmasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.13 Elipsoid ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Yöntem	Nokta	N	Ort.±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
	A	10	0,091±0,023	0,085	0,06	0,13	0,073	0,108	
	B	10	0,092±0,021	0,09	0,06	0,12	0,080	0,108	
A	C	10	0,093±0,017	0,095	0,06	0,11	0,090	0,108	0,882
	D	10	0,09±0,023	0,08	0,07	0,14	0,080	0,090	
	E	10	-0,082±0,05	-0,1	-0,12	0,05	-0,110	-0,073	
	A	10	0,104±0,018	0,1	0,08	0,13	0,093	0,118	
	B	10	0,16±0,008	0,16	0,15	0,17	0,153	0,168	
G	C	10	0,112±0,029	0,105	0,08	0,18	0,093	0,125	<0,001*
	D	10	0,168±0,019	0,165	0,14	0,21	0,160	0,178	
	E	10	0,093±0,022	0,09	0,05	0,13	0,083	0,100	
	A	10	0,064±0,02	0,06	0,04	0,1	0,050	0,075	
	B	10	0,12±0,019	0,12	0,09	0,15	0,110	0,128	
S1	C	10	0,062±0,019	0,055	0,04	0,09	0,050	0,080	<0,001*
	D	10	0,118±0,035	0,105	0,08	0,18	0,093	0,135	
	E	10	0,005±0,025	0,005	-0,03	0,04	-0,010	0,028	
	A	10	0,079±0,015	0,08	0,06	0,11	0,070	0,088	
	B	10	0,121±0,023	0,12	0,1	0,17	0,100	0,130	
S2	C	10	0,085±0,05	0,07	0,03	0,17	0,053	0,098	<0,001*
	D	10	0,121±0,035	0,12	0,07	0,17	0,103	0,140	
	E	10	0,022±0,013	0,02	0	0,04	0,013	0,030	

A: Sol birleşim kenarı orta noktası **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ birleşim kenarı orta noktası **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E:** Yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrek değerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere, elipsoid ataşmanda akışkan kompozit yönteminde nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (A=0,091±0,023, B=0,092±0,021, C=0,093±0,017, D=0,09±0,023, E=-0,082±0,05, p=0,882). Yüzey orta noktası olan E noktasının 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalaması negatif bir değerdir. Negatif değer ataşman

uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre eksikliğe neden olduğunu göstermektedir. Diş-ataşman birleşim bölgesinden alınan diğer noktaların 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre fazlalığa neden olduğunu göstermektedir.

Geleneksel kompozit yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. (A=0,104±0,018, B=0,16±0,008, C=0,112±0,029, D=0,168±0,019, E=0,093±0,022, p<0,001*). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre fazlalığa neden olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 1 kompozit yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. (A=0,064±0,02, B=0,12±0,019, C=0,062±0,019, D=0,118±0,035, E=0,005±0,025, p<0,001*). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre fazlalığa neden olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 2 yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. (A=0,079±0,015, B=0,121±0,023, C=0,085±0,05, D=0,121±0,035, E=0,022±0,013, p<0,001*). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler ataşman uygulamasının, bu noktalarda tasarıma göre fazlalığa neden olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.14, elipsoid ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin gruplar arası Tukey İkili ve DSCF İkili Karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.14 Elipsoid ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin, gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları

Yöntem	Nokta	A	B	C	D	E
A	A	—	0,892	0,782	0,892	0,863
	B		—	0,998	0,992	0,786
	C			—	0,998	0,982
	D				—	0,886
	E					—
G	A	—	0,001*	0,906	0,001*	0,752
	B		—	0,019*	0,906	0,001*
	C			—	0,012*	0,54
	D				—	0,001*
	E					—
S1	A	—	0,002*	0,991	0,008*	0,002*
	B		—	0,002*	0,951	0,001*
	C			—	0,004*	0,002*
	D				—	0,001*
	E					—
S2	A	—	0,059	0,992	0,065	0,001*
	B		—	0,174	0,992	0,001*
	C			—	0,294	0,004*
	D				—	0,001*
	E					—

A: Sağ birleşim kenarı orta noktası **B:** Alt birleşim kenarı orta noktası **C:** Sol birleşim kenarı orta noktası **D:** Üst birleşim kenarı orta noktası **E:** Yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2, **p*<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Elipsoid ataşmanda akışkan kompozit yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan ikili karşılaştırma testlerinde istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Geleneksel kompozit yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B ve D noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, C ve E noktaları arasında tespit edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p <0,001, p <0,001, p=0,906, p =0,752). B noktası ile C ve E noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, D noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,019*, p <0,001, p=0,906, p =0,752). C noktası ile D

noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, E noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,012, p=0,058). D noktası ile E noktası birbirleriyle karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,838) (Tablo 4). Elipsoid ataşmanın diş-ataşman birleşim bölgelerinden; sağ ve sol kısımların orta noktalarını temsil eden A ve C noktaları ile ataşman yüzey orta noktasını temsil eden E noktasının sapma değerleri birbirlerine benzerlik gösterirken, alt ve üst kısımların orta noktalarını temsil eden B ve D noktalarının sapma değerleri birbirine benzerdir. B ve D noktalarının sapma değerleri A, C ve E noktalarının sapma değerlerinden daha yüksektir.

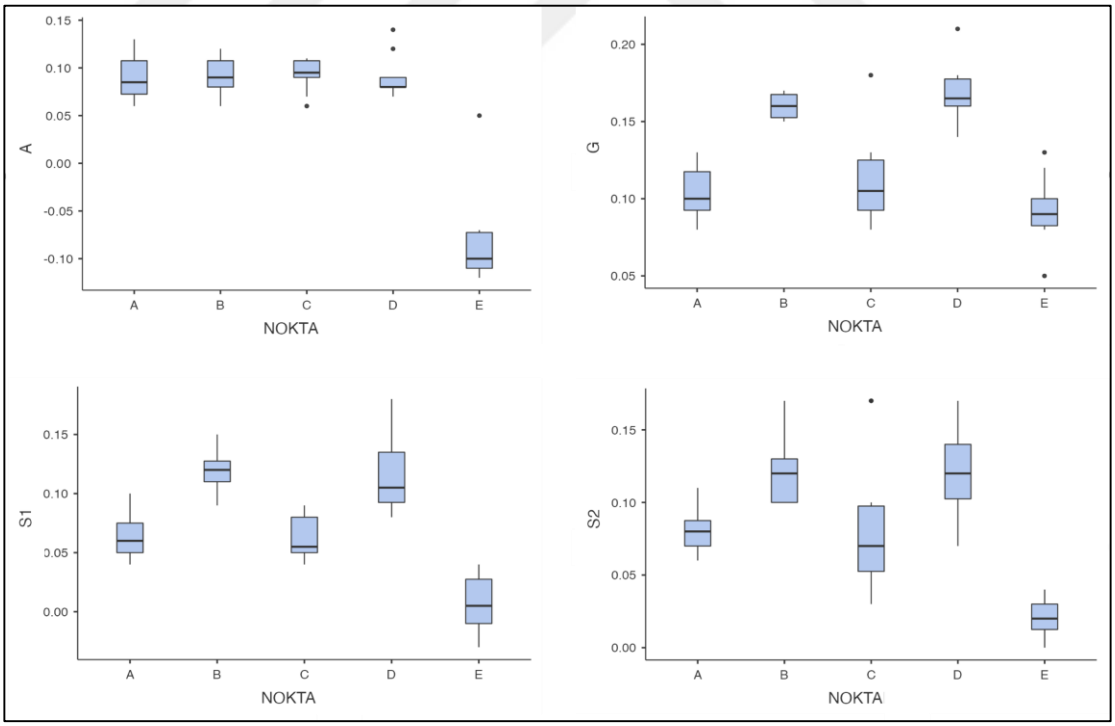
Snow-plow 1 yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B, D ve E noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, C noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p =0,002, p =0,008, p=0,002, p =0,891). B noktası ile C ve E noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, D noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,002*, p <0,001, p=0,851). C noktası ile D ve E noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (sırasıyla; p=0,004, p=0,002). D noktası ile E noktası birbirleriyle karşılaştırıldığında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p <0,001) (Çizelge 4.14). Elipsoid ataşmanın diş-ataşman birleşim bölgelerinden; sağ ve sol kısımların orta noktalarını temsil eden A ve C noktalarının sapma değerleri birbirlerine benzerlik gösterirken, alt ve üst kısımların orta noktalarını temsil eden B ve D noktalarının sapma değerleri birbirine benzerdir. B ve D noktalarının sapma değerleri A, C noktalarının sapma değerlerinden daha yüksektir. Ataşman yüzey orta noktasını temsil eden E noktasının sapma değerleri diğer tüm noktaların sapma değerlerine göre daha düşüktür.

Snow-plow 2 yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B, C ve D noktaları arasında farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, E noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla; p =0,059, p =0,992, p=0,065, p <0,001). B noktası ile; C ve D noktaları arasında farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, E noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır

(sırasıyla; p=0,174, p <0,992, p <0,001). C noktası ile; D noktası arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, E noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla; p=0,294, p=0,004). D noktası ile E noktası birbirleriyle karşılaştırıldığında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p <0,001) (Çizelge 4.14). Elipsoid ataşmanın diş-ataşman birleşim bölgelerinden belirlenen A, B, C ve D noktalarının 3B karşılaştırma sapma değerleri birbirine benzerdir. Ataşman yüzey orta noktasını temsil eden E noktasının sapma değerleri diğer tüm noktaların sapma değerlerine göre daha düşüktür.

Şekil 4.10, elipsoid ataşmanın farklı yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri ile görselleştirilmesini göstermektedir. E noktasında, tüm yöntemlerde sapma değerlerinin genellikle daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.10 Elipsoid ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri



A: Sol birleşim kenarı orta noktası **B:** Alt birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ birleşim kenarı orta noktası **D:** Üst birleşim kenarı orta noktası **E:** Yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

Çizelge, özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistiklerini ve nokta sapma değerlerinin Tek Yönlü ANOVA ve Kruskal-Wallis testleri ile karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.15 Özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma ölçümlerinin, ataşman yapım yöntemine göre tanımlayıcı istatistikleri ve nokta sapma değerlerinin tek yönlü ANOVA/ Kruskal Wallis testleri ile karşılaştırmaları

Yöntem	Nokta	N	Ort.±SS	Median	Min.	Max.	25%	75%	*p*
A	A	10	-0,04±0,037	0,045	-0,01	0,08	0,013	0,075	<0,001*
	B	10	0,002±0,036	0,01	-0,06	0,04	-0,020	0,035	
	C	10	-0,033±0,042	0,045	-0,04	0,08	0,025	0,058	
	D	10	0,056±0,026	0,06	0,02	0,09	0,035	0,070	
	E	10	-0,08±0,047	-0,1	-0,11	0,04	-0,110	-0,065	
	F	10	-0,032±0,024	0,04	-0,03	0,05	0,030	0,048	
G	A	10	0,083±0,027	0,09	0,02	0,11	0,080	0,100	<0,001*
	B	10	0,149±0,032	0,145	0,1	0,21	0,133	0,158	
	C	10	0,104±0,035	0,095	0,06	0,19	0,090	0,110	
	D	10	0,173±0,021	0,175	0,13	0,2	0,163	0,180	
	E	10	0,118±0,055	0,1	0,02	0,2	0,090	0,160	
	F	10	0,159±0,026	0,165	0,12	0,2	0,135	0,170	
S1	A	10	0,047±0,012	0,045	0,03	0,07	0,040	0,050	0,065
	B	10	0,056±0,017	0,05	0,04	0,08	0,040	0,070	
	C	10	0,048±0,018	0,045	0,02	0,08	0,040	0,058	
	D	10	0,071±0,024	0,08	0,02	0,1	0,055	0,088	
	E	10	0,053±0,019	0,05	0,03	0,08	0,040	0,068	
	F	10	0,064±0,021	0,065	0,04	0,09	0,043	0,080	
S2	A	10	0,051±0,025	0,05	0,01	0,09	0,040	0,070	<0,001*
	B	10	0,08±0,028	0,08	0,01	0,11	0,080	0,098	
	C	10	0,056±0,022	0,05	0,03	0,09	0,040	0,078	
	D	10	0,085±0,017	0,080	0,07	0,12	0,07	0,090	
	E	10	0,057±0,018	0,06	0,03	0,09	0,043	0,068	
	F	10	0,077±0,016	0,075	0,05	0,1	0,070	0,090	

A: Sol köşe **B:** Oklüzal birleşim kenarı orta noktası **C:** Sağ köşe **D:** Gingival birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 **N**: Örneklem büyüklüğü, **Ort:** Ortalama **SS**: Standart Sapma, **Min.**: Minimum, **Max.**: Maksimum, **%25:** 25. çeyrek değerleri, **%75:** 75. çeyrek değerleri *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.15'te görüldüğü üzere, özelleştirilmiş ataşmanda akışkan kompozit yönteminde ataşman üzerinde belirlenen noktaların sapma değerleri arasında tespit edilen fark, istatistiksel olarak anlamlıdır (A=-0,04±0,037, B=0,002±0,036, C=-0,033±0,042, D=0,056±0,026, E=-0,08±0,047, F=-0,032±0,024, p<0,001*). Sağ ve sol köşe noktalarını temsil eden A ve C noktaları, yüzeyin en çıkıntılı noktasını temsil eden E noktası ve eğimli yüzeyin orta noktasını temsil eden F noktasının 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları negatif değerlere sahiptir. Negatif değerler ataşmanın ilgili noktalarında rehber modele göre materyal eksikliği olduğunu göstermektedir.

Geleneksel kompozit yönteminde de ataşman üzerinde belirlenen nokta sapma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (A=0,083±0,027, B=0,149±0,032, C=0,104±0,035, D=0,173±0,021, E=-0,118±0,055, F=0,159±0,026, p<0,001*). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler, ataşmanın ilgili noktalarında rehber modele göre materyal fazlalığı olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 1 kompozit yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (A=0,048±0,012, B=0,056±0,017, C=0,048±0,018, D=0,071±0,024, E=0,053±0,019, F=0,064±0,021 p=0,065). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler, ataşmanın ilgili noktalarında rehber modele göre materyal fazlalığı olduğunu göstermektedir.

Snow-plow 2 yönteminde de nokta sapma ölçümlerinde belirlenen noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. (A=0,051±0,025, B=0,08±0,028, C=0,056±0,022, D=0,085±0,017, E=0,057±0,018, F=0,077±0,016 p<0,001*). Tüm noktalar için 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlerdir. Pozitif değerler ataşmanın ilgili noktalarında rehber modele göre materyal fazlalığı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.16, özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin gruplar arası Tukey İkili ve DSCF İkili Karşılaştırmalarını göstermektedir.

Çizelge 4.16 Özelleştirilmiş ataşman nokta karşılaştırma sapma değerlerinin, gruplar arası Tukey İkili/ DSCF İkili Karşılaştırmaları

Yöntem	Nokta	A	B	C	D	E	F
A	A	—	0,966	0,999	0,933	0,07	0,995
	B		—	0,204	0,194	0,005*	0,794
	C			—	0,979	0,045*	0,651
	D				—	0,196	0,615
	E					—	0,006*
	F						—
G	A	—	0,005*	0,824	0,002*	0,736	0,002*
	B		—	0,048*	0,38	0,791	0,953
	C			—	0,018*	0,992	0,023*
	D				—	0,182	0,784
	E					—	0,476
	F						—
S1	A	—	0,892	0,997	0,127	0,98	0,45
	B		—	0,931	0,437	0,992	0,931
	C			—	0,214	0,991	0,563
	D				—	0,471	0,96
	E					—	0,824
	F						—
S2	A	—	0,108	0,995	0,009*	0,988	0,16
	B		—	0,262	0,757	0,109	0,941
	C			—	0,2	0,992	0,306
	D				—	0,008*	0,244
	E					—	0,177
	F						—

A: Sağ köşe **B:** Alt birleşim kenarı orta noktası **C:** Sol köşe **D:** Üst birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Sigma:** Ataşmanın toplam yüzey sapması **A. Ort.:** Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin aritmetik ortalaması **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-Plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2 *p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Akışkan kompozit yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B, C, D, E ve F arasında tespit edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,866, p=0,898, p=0,933, p =0,07, p=0,895). B noktası ile C, D, F arasında farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, E noktası arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla; p=0,204, p=0,194, p=0,794, p =0,005). C noktası ile D ve F noktaları arasında farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, E noktası

arasında tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla; p=0,979, p=0,651, p=0,045). D noktası ile E ve F noktaları karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,838, p = 0,615) (Tablo 4). E ve F noktaları birbirleriyle karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p = 0,006). Özelleştirilmiş ataşmanda belirlenen A, B, C, D ve F noktalarının sapma değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir. Çıkıntılı kenar orta noktasını temsil eden E noktasının sapma değeri diğer noktaların sapma değerinden daha yüksektir ve bu fark; B, C, E noktalarıyla ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlıdır.

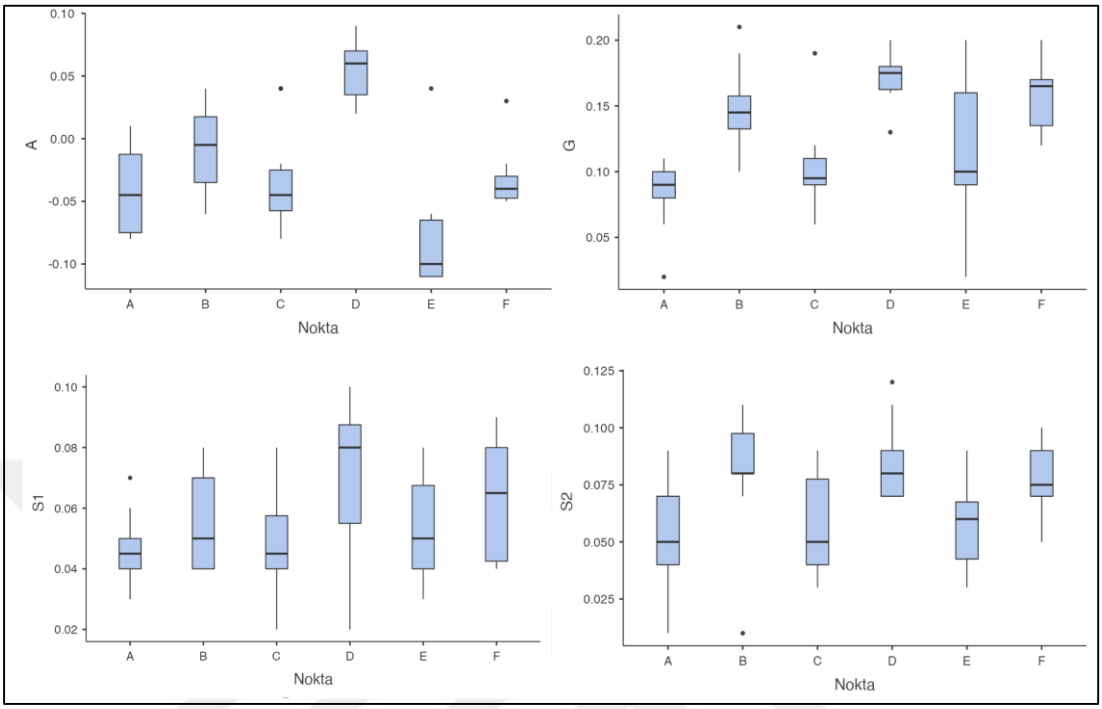
Geleneksel kompozit yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B, D, F arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilirken, C ve E noktaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,005, p=0,002, p=0,002, p =0,824, p=0,736). B noktası ile C, D, E ve F noktaları arasında tespit edilen farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,058, p=0,38, p=0,791, p =0,953). C noktası ile; D ve F noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, E noktası arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,018, p=0,023, p=0,992). D noktası ile E ve F noktaları karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (p = 0,182 p = 0,784) (Çizelge 4.16). E ve F noktaları birbirleriyle karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,476). Özelleştirilmiş ataşmanda belirlenen A, B, C, D ve F noktalarının sapma değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir. Çıkıntılı kenar orta noktasını temsil eden E noktasının sapma değeri diğer noktaların sapma değerinden daha yüksektir ve bu fark; B, C, E noktalarıyla ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlıdır. Ataşmanın sağ ve sol köşe noktalarını temsil eden A ve C noktalarının temsil sapma değerleri benzerlik göstermektedir. Ataşmanın diş- ataşman alt kenarı orta noktasını temsil eden B noktası, üst kenarı orta noktasını temsil eden D noktası ve eğimli yüzey orta noktasını temsil eden F noktası sapma değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir. A ve C noktalarının sapma değerleri diğer noktalardan daha düşüktür.

Snow-plow 2 yöntemine ait ölçümlerde, 3B nokta karşılaştırma sapma değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, A noktası ile B, C, E ve F arasında tespit

edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken, D noktası ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (sırasıyla; p=0,108, p=0,895, p=0,882, p =0,16, p=0,009). B noktası ile C, D, E ve F noktaları arasında tespit edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (sırasıyla; p=0,204, p=0,194, p=0,794, p =0,005). C noktası ile D, E ve F noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir (sırasıyla; p=0,2, p=0,992, p=0,306). D noktası ile E noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilirken, F noktası arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,008, p = 0,244) (Çizelge 4.16). E ve F noktaları birbirleriyle karşılaştırıldığında aralarındaki istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p = 0,177). Özelleştirilmiş ataşmanda belirlenen sağ ve sol köşe noktalarını temsil eden A ve C noktalarının sapma değerleri birbirlerine benzerdir ve diğer noktalarının sapma değerlerlerinden düşüktür. Ancak bu iki noktanın sadece D noktası ile ikili karşılaştırmalarında bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır.

Şekil 4.11, özelleştirilmiş ataşmanın yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafiklerini göstermektedir. Akışkan kompozit yönteminde sağ ve sol köşe noktalarını temsil eden A ve C noktaları, yüzeyin en çıkıntılı noktasını temsil eden E noktası ve eğimli yüzeyin orta noktasını temsil eden F noktasının 3B karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları negatif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Diğer ataşman uygulama yöntemlerinde ise 3B nokta karşılaştırma ölçümlerinin ortalamaları pozitif değerlere sahiptir.

Şekil 4.11 Özelleştirilmiş ataşmanın, yapım yöntemlerine göre nokta karşılaştırma ölçümlerinin tanımlayıcı grafikleri.



A: Sağ köşe **B:** Alt birleşim kenarı orta noktası **C:** Sol köşe **D:** Üst birleşim kenarı orta noktası **E**: Çıkıntılı kenar orta noktası **F:** Eğimli yüzey orta noktası **Yöntem A:** Akışkan Kompozit **Yöntem G:** Geleneksel Kompozit **Yöntem S1:** Snow-plow 1 **Yöntem S2:** Snow-plow 2

5. TARTIŞMA

5.1. AMACIN TARTIŞILMASI

Şeffaf plaklarla bazı özel diş hareketlerinin gerçekleştirilmesi, sabit tedavi sistemlerine göre daha zor olabilmektedir. Rotasyon, ekstrüzyon ve kök hareketleri gibi kompleks diş hareketleri, itme mekanizmasının biyomekaniği nedeniyle şeffaf plaklarla zorlanılan hareketlerdir. Ataşmanlar, bu diş hareketlerinin tahmin edilebilirliğini artırmak için kullanılır. Bu yardımcı elemanlar, şeffaf plaklar aracılığıyla uygulanan kuvvetleri doğru yönlendirerek, daha karmaşık diş hareketlerinin bile etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Böylelikle, şeffaf plak tedavisinin kapsamı genişler ve tedavi olanakları artar (5,83). Literatürde ataşmanların etkinliğini değerlendiren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle ataşman tasarımının ve dişte konumlandırılmasının biyomekaniğe etkisini incelemektedir. Ataşman tasarımı değiştirilerek biyomekanik geliştirilebilir, ancak planlanan hareketlerin başarıyla gerçekleşebilmesi için 3B tasarlanan ataşmanın diş yüzeyine doğru aktarımı çok önemlidir (83). Ataşmanın diş yüzeyine doğru aktarımı ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bellocchio ve ark. (84) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde planlanan ataşman tasarımının doğruluğunu etkileyebilecek çeşitli klinik değişkenler incelenmiştir. Değerlendirilen değişkenler arasında şeffaf plak malzemesi, kompozit türü ve ataşman sertleşmesi sırasında şeffaf plak üzerine uygulanan baskı yer almaktadır. D'Antò ve ark. (85) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların doğru şekil ve konumda oluşturulmasında düşük viskoziteli kompozit, dental restoratif kompozit ve ortodontik kompozit karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların operasyon süresi, makaslama bağlanma gücü, yerleştirme doğruluğu ve aşınma direnci değerlendirilmiştir. Çalışmada düşük viskoziteli kompozit, yüksek viskoziteli kompozit ve bulk fill kompozit olarak üç farklı kompozit malzeme incelenmiştir (75). Yıldız ve ark. (81) çalışmasında, düşük ve yüksek viskoziteye sahip iki farklı kompozitin üç standart ve iki optimize edilmiş olmak üzere beş farklı konfigürasyondaki ataşmanın doğruluğu üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Weckmann ve ark. (86) yaptığı bir çalışmada şeffaf plak

tedavisinde kullanılan farklı ataşman yapıştırma protokollerinin ataşman doğruluğuna etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada yüksek viskoziteli kompozit, düşük viskoziteli kompozit, ataşman rezervuarında perforasyon uygulanması ve yüksek viskoziteli kompozitin iki aşamalı uygulanması olarak farklı protokoller değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda, 3B planlanan ataşmanın diş yüzeyine doğru aktarımında ataşman yapımında kullanılan kompozitlerin viskozitesine, yani fiziksel ve kimyasal özelliklerine odaklanılmıştır. Ataşmanlar bir çeşit kompozit restorasyonlardır. Restorasyon başarısında kullanılan materyalin fiziksel ve kimyasal özellikleri önemlidir. Ancak restorasyon başarısını etkileyen bir diğer önemli etken restorasyon yapım yöntemidir. Restoratif diş tedavisinde restorasyon başarısını artırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir ve bunlardan biri snow-plow tekniğidir. Bu tekniğin öne çıkan özelliği; yüksek viskoziteli kompozitin, düşük viskoziteli kompoziti kavitedeki ulaşılması zor alanlara doğru sıkıştırırken, restorasyonda düşük viskoziteli kompozit nedeniyle oluşabilecek hava kabarcıklarının önlenmesidir (87,88). Snow-plow restoratif yönteminin bu özellikleri ataşmanların diş yüzeyine daha doğru ve etkin bir şekilde aktarımını iyileştirebilir. Bu bilgiler ışığında, bu tez çalışmasında, restoratif diş tedavisinde başarısı literatürde bildirilmiş olan bu yöntemin ortodontik ataşman yapımında kullanılıp kullanılamayacağını ve etkinliğini değerlendirmek amaçlanmıştır. Ayrıca, restoratif diş tedavisindeki bu yöntemin ortodonti pratiğine dahil edilmesi potansiyelinin de araştırılması hedeflenmiştir.

Ataşmanların doğru bir şekilde diş yüzeyine aktarımı planlanan ortodontik hareketin gerçekleştirilmesi için önemlidir. Ancak, işlemin klinik uygulama süresi de tedavi verimliliği ve hasta konforu açısından önemli bir unsurdur. Aligner tedavilerinde ataşman uygulaması genellikle en uzun klinik seansı oluşturmaktadır. Ataşmanlar ve plak tedavisinin biyomekaniği gelişimi sayesinde daha karmaşık ortodontik hareketlerinin gerekli olduğu tedaviler de şeffaf plak tedavileri ile tedavi edilebilmektedir. Bu karmaşık hareketlerin yapılabilmesi için hareketi istenen dişe ataşman eklenmesi gerektiği gibi, komşu dişlere de ankraj amacıyla ataşman yapımı önerilmektedir. Planlanan karmaşık ortodontik hareketlerin başarısında ataşmanların diş yüzeyine doğru ve hassas bir şekilde aktarılması kritik öneme sahiptir. Ancak, klinik açıdan ataşman sayısı arttıkça uygulama süresi de giderek daha önemli bir hale gelmektedir

(83,86,89–91). Literatürde, ataşman yapım sürelerini değerlendiren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır ve bu sürelerin iyileştirilmesi üzerine yapılan araştırmalar önemli bulgular sunmaktadır. Chen ve ark. (75) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların operasyon süresi, makaslama bağlanma gücü, yerleştirme doğruluğu ve aşınma direnci değerlendirilmiştir. Çalışmada düşük viskoziteli kompozit, yüksek viskoziteli kompozit ve bulk fill kompozit olarak üç farklı kompozit malzeme incelenmiştir. Çalışma sonuçları, ataşman yapımında bulk fill ve düşük viskoziteli kompozitlerin uygulama süresinin, yüksek viskoziteli kompozitlere göre daha kısa olduğunu göstermiştir. Yapılan başka bir çalışmada, şeffaf plak ataşmanlarının üretiminde kullanılan beş farklı kompozit rezinin (iki adet düşük viskoziteli, üç adet yüksek viskoziteli) makaslama bağlanma gücü ve manipülasyon süresi karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, düşük viskoziteye sahip kompozitlerin manipülasyon süresinin, yüksek viskoziteli kompozitlere kıyasla önemli ölçüde daha kısa olduğunu göstermiştir (78). Lin ve ark. yaptığı klinik çalışmada, düşük viskoziteli kompozit ve tepilebilir kompozit kullanılarak yapılan Invisalign ataşmanlarının yapım süresi ve 1 yıllık sağ kalma oranları karşılaştırılmıştır. Birincil sonuç ölçütü hazırlık süresi, ikincil sonuç ölçütü ise ataşmanın hasar görme süresidir. Sonuçlar, düşük viskoziteli kompozitin yapım süresinin tepilebilir kompozite göre anlamlı derecede daha kısa olduğunu göstermiştir (92). Literatürde viskozitesi düşük olan kompozitlerin uygulama süresinin, viskozitesi yüksek olan kompozitlerin uygulama süresine göre daha kısa olduğu bildirilmiştir (75,78,92). Yeni bir yöntemi klinik uygulamaya dahil etmek için, aşamalı uygulama içeren snow-plow yönteminin süresini de dikkate almak gerekmektedir. Yüksek viskoziteli kompozitler, ulaşılması zor alanlara adapte edilebilmeleri için daha fazla manipülasyon gerektirir, bu da uygulama süresini arttırır. Düşük viskoziteli kompozitler ise viskoziteleri nedeniyle bu tür alanlara daha iyi yayılım gösterir ve manipülasyon gerektirmeden kısa sürede uygulanabilir (7). Uygulama süresinin karşılaştırılması, bu yöntemin klinik verimlilik ve hasta konforu üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek için önemlidir.

5.2. YÖNTEMİN TARTIŞILMASI

5.2.1. Intraoral Tarayıcı

Çalışmada verilerin 3B ortama aktarımını sağlayan tarama süreçlerinin tümünde yapay zeka desteği olan bir intraoral tarayıcı kullanılmıştır (25). İntraoral tarayıcıların yapay zeka destekli teknolojisi, tarama işlemi sırasında dişlerin ve yumuşak dokuların kenarlarını otomatik olarak tespit ederek, taramaları daha doğru ve hızlı bir şekilde segmentlere böler (93,94). Ayrıca yapay zeka taranan bulanık veya hatalı verilerin netleştirilmesi, tarama sırasında elde edilen görüntülerdeki gürültünün azaltılması ve fazlalıkları temizleyebilmek için kendi veri setine göre iyileştirmeler yapabilir. Tarama sırasında oluşabilecek boşlukları veya hataları otomatik olarak tespit eder ve düzeltir, eksik verilerin tamamlanmasını sağlayarak taramanın daha bütünsel olmasını sağlar. Ancak, bu yapay zeka algoritmaları bazı durumlarda görüntünün en ince ayrıntılarını kendi verisine göre iyileştirirken değiştirebilir. Ataşman uygulamalarında diş ataşman bağlantısında eksiklikler ya da diş yüzeyinde fazlalıklar ortaya çıkabilir. Yapay zeka teknolojisi bu durumlarda kendi veri setine göre düzeltmeler yapabilir (93–95). Yeni bir ataşman yapım yönteminin etkinliğinin değerlendirildiği bu çalışmada ataşmanlarda oluşabilecek hataların tarama sürecinde yapay zeka tarafından otomatik olarak düzeltilmesi ya da değiştirilmesi sonuçları etkileyebilir. Bu nedenle yapay zeka optimizasyonunu devre dışı bırakılmıştır.

5.2.2. Ataşman Seçimi ve Modele Eklenmesi

Çalışmada dikdörtgen, elipsoid ve özelleştirilmiş bir ataşman olarak üç farklı ataşman tasarımı değerlendirilmiştir. Dikdörtgen ve elipsoid ataşmanlar, şeffaf plak tedavilerinde yaygın olarak kullanılan ataşmanlardır. Çalışmada değerlendirdiğimiz özelleştirilmiş ataşman için karmaşık diş hareketlerinde tercih edilen bir tasarım tercih edilmiştir (96,97). Üç ataşman da konfigürasyon açısından birbirinden oldukça farklıdır ve şeffaf plak tedavilerinde farklı ve çeşitli ortodontik diş hareketi gereksinimlerini karşılarlar. Çalışmada değerlendirilen ataşman uygulama yöntemlerinin etkinliği, farklı konfigürasyonlara sahip ataşman türlerinde değişiklik gösterebilir. Snow-plow yöntemi, restoratif diş hekimliğinde kavitelerde daha iyi

marjinal uyum sağlayan restorasyonlar elde etmek için geliştirilmiş bir tekniktir. Düşük viskoziteli kompozit, kavite tabanına ve erişilmesi zor alanlara az miktarda uygulanır, ardından yüksek viskoziteli kompozit bu düşük viskoziteli kompozitin üzerine adapte edilir. Yüksek viskoziteli kompozitin basıncı, düşük viskoziteli kompozitin daha iyi yayılımını sağlayarak hava kabarcıklarının önlenmesine ve kompozit materyalin kaviteye marjinal uyumunu iyileştirebilir (87,88,98). Bu çalışmada, karmaşık ve basit farklı ataşman konfigürasyonları kullanmak, snow-plow yönteminin ataşman yerleştirme doğruluğu ve uygulama süresi açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Ataşman aktarım hassasiyetinin değerlendirildiği diğer çalışmalarda da farklı ataşman tasarımları kullanılarak daha kapsamlı klinik çıkarımlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Bellocchio ve ark. (84) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde planlanan ataşman şeklinin doğruluğunu etkileyen çeşitli klinik değişkenler incelenmiştir. Bu çalışmada klinikte sıklıkla tercih edildiği için dikdörtgen ve elipsoid ataşmanlar kullanılmıştır. D'Antò ve ark. (85) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların şekil ve konum doğruluğu üzerine farklı kompozit malzemelerin etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada üç farklı kompozit malzeme kullanılmış olup, ataşman tasarımı olarak dikdörtgen ve elipsoid ataşmanlar seçilmiştir. Şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların yapıştırma protokollerinin doğruluğunun değerlendirildiği başka bir çalışmada dikdörtgen ve elipsoid ataşmanlar kullanılmıştır(86). Lin ve ark.(92) yaptığı farklı viskoziteye sahip kompozit materyalleri kullanılarak ataşman yapım süresinin karşılaştırıldığı klinik çalışmada da dikdörtgen ataşmanlar tercih edilmiştir. Nucera ve ark. (6) yaptığı sistematik derlemede, ataşmanların varlığı veya konfigürasyonundaki farklılıkların şeffaf plak tedavilerindeki etkileri incelenmiştir. Bu derlemede, literatürdeki çalışmalarda en sık değerlendirilen ataşmanların dikdörtgen, eğimli dikdörtgen, optimize edilmiş ve elipsoid ataşmanlar olduğu bildirilmiştir.

Tedavi yöntemi ve hedeflenen diş hareketlerine bağlı olarak, ataşmanın uzayın 3 yönündeki boyutları önemlidir. Karmaşık ortodontik hareketler gerçekleştirebilmek için ataşmanın boyutlarını artırmak mümkündür. Ancak dişin boyutlarının da göz önünde bulundurulması gereklidir. Çalışmamızda premolar dişler kullanılmış olup, ataşman boyutlarının seçiminde bu dişlerin boyutları dikkate alınmıştır. Dasy ve ark. (71) farklı ataşman türlerinin ve farklı aligner kalınlıklarının plak retansiyonuna

etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, elipsoid ataşmanlar 3 mm genişlik, 2 mm yükseklik ve 1 mm derinlik boyutlarında kullanılmıştır. Biz de bu boyutları referans alarak, çalışmamızda kullanılan ataşman tasarımlarında aynı boyutları kullandık. Bu standardizasyon, farklı ataşman tasarımlarının diş hareketlerini nasıl etkilediğini daha doğru bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla yapılmıştır.

Çalışmamızda ataşmanların tasarımı ve eklenmesi için Maestro 3B üç boyutlu modelleme yazılımı kullanılmıştır. Maestro 3B yazılımı, dijital ortodonti uygulamalarında yüksek doğrulukla 3B modellerin oluşturulabildiği literatürde gösterilen bir yazılımdır (99). Doğrugören ve ark. (100) yaptıkları üst lateral kesici dişlerde farklı ataşman tiplerinin ve güç çıkıntılarının tork etkinliğinin değerlendirildiği tez çalışmasında da güç çıkıntılarının ve ataşmanların tasarımı ve modele eklenmesi işlemi için benzer şekilde Maestro 3B programı kullanılmıştır.

5.2.3. Modele Referans Geometrisi Eklenmesi

Çalışmada 3B yüzey karşılaştırma uygulamalarını standardize etmek ve oluşabilecek hataları en aza indirebilmek için modele referans geometrisi eklenmiştir. Hem best fit hizalamasının hassasiyetini arttırmak hem de ön hizalama yöntemi olan 3-point-prealignment yönteminin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için ataşman yapılan dişe üçgen prizma şeklindeki yapı yerleştirilmiştir. Ön hizalama yöntemleri ana hizalama işleminden önce tarama verilerinin kabaca hizalanması işlemidir. Bu, ana hizalamanın daha doğru ve verimli olmasını sağlar. 3B hizalamada kullanılan yazılımın 3-point-alignment yöntemi yüzey karşılaştırma işleminin doğruluğunu arttırmak için kullanılan bir ön hizalama yöntemlerinden birisidir. Bu yöntem, modellerin tekrarlanabilir-tanımlanabilir noktalarını kullanarak ön hizalama aşamasında daha doğru bir hizalama sağlayabilir (82,101). Dental modelin yapısı gereği belirlenen noktaların tekrarlanabilir şekilde tespit edilmesi zordur. Bu nedenle, tekrarlanabilir 3 nokta sağlamak amacıyla tüm modellerde ataşman uygulaması ile ilgili dişin oklüzal alanına üçgen prizma çıkıntı eklenmiştir. 3-point-alignment yöntemi için bu üçgenin köşe noktaları kullanılmıştır. Model üzerinde referans geometrisi ile ana hizalama işleminin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Peroz ve ark. (80) çalışmalarında tam-ark taramalarının karşılaştırılmasında kullanılan ölçüm

yöntemlerindeki çeşitliliğin sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. İncelenen faktörler arasında referans geometrisi, STL veri setlerinin mesh yoğunluğu, operatör, denetleme yazılımı ve hizalama prosedürü bulunmaktadır. Çalışma sonuçlarında referans geometrisi kullanılan modellerde daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan bu yaklaşım, 3B yüzey karşılaştırma yazılımının 3-point-prealignment yönteminin daha etkin kullanılabilmesini sağlamak, 3B yüzey karşılaştırma işleminin ön hizalama aşamasını standardize etmek ve ana hizalamayı iyileştirmek amacıyla yapılmıştır. Modele eklediğimiz referans geometrisinin çalışmanın 3B yüzey karşılaştırma sürecini geliştirdiğini ve ataşmanların 3B planlamadan diş yüzeyine aktarılmasının doğruluğunun hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağladığını düşünüyoruz.

5.2.4. Model Seçimi

Çalışmada tüm ataşman uygulamaları, fantom çene üzerinden referans alınan 3B modeller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ataşman uygulamalarının çekilmiş diş üzerinde yapılması tercih edilmemiştir çünkü her bir dişin kendine özgü şekli ve yüzey farklılıkları standardizasyonu etkileyebilir. Ayrıca, çalışmamızda kompozit rezin materyalin bağlanma arayüzü ile ilgili bir değerlendirme yapılmadığı ve için gerçek diş kullanımı gerekli görülmemiştir. 3B modelde kullanılan reçine, ataşman uygulamasında kullanılan kompozit ile kimyasal olarak bağlanabilir, bu da çalışmamızda herhangi bir sınırlama oluşturmamaktadır.

Literatürde ataşman uygulamasında bağlanma dayanımı, aşınma hacmi, sağ kalım oranı, dayanıklılık ve renklenme gibi faktörlerin değerlendirildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Chen ve ark. (75) şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların operasyon süresi, makaslama bağlanma gücü, yerleştirme doğruluğu ve aşınma direncini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, ortodontik nedenlerle çekilmiş premolar dişler kullanılmıştır. Kırçelli ve ark. (78) yaptığı başka bir çalışmada ise, şeffaf plak ataşmanlarının üretiminde kullanılan beş farklı kompozit rezinin makaslama bağlanma gücü ve manipülasyon süresi karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada uygulamalar çekilmiş dişler üzerinde yapılmıştır. Bağlanma dayanımının değerlendirildiği bu tür çalışmaların tasarımında daimi dişlerin kullanımı gerekli bir

parametredir. Yıldız ve ark.(81) çalışmalarında kompozit viskozitesinin ataşmanın yapım doğruluğuna etkisini incelemişler ve standardizasyon için fantom model üzerinden modeller üzerinde uygulama yapmayı tercih etmişlerdir.

Restoratif bir yöntemin ortodonti pratiğine uygulanabilirliğinin incelendiği bu çalışmada, ataşman aktarım hassasiyeti üç farklı ataşman ve dört farklı yöntem ile değerlendirilmektedir. Uygulama yüzeyinin standardize edilmesi ile çalışmadaki değişkenler arasındaki farklılıkların daha doğru tespit edilmesi ve elde edilen sonuçların daha tutarlı olması amaçlanmıştır.

5.2.5. Üç Boyutlu Model Üretim Süreci

Çalışmamızda 3B model üretiminde DLP (Digital Light Processing) baskı teknolojisine sahip tek tip 3B yazıcı kullanılmıştır. Modeller, 3 mm kalınlığında ve içi boş olacak şekilde, 120 adet ataşmanlı ve 120 adet ataşmansız olmak üzere toplamda 240 adet üretilmiştir. Emir ve ark. (102), üç farklı 3B baskı teknolojisi kullanılarak basılan tam ark modellerinin doğruluğunu ve hassasiyetini değerlendirdikleri çalışmalarında, SLA, DLP ve PolyJet teknolojileri kullanılarak basılan modelleri incelemişlerdir. Model doğruluğu açısından DLP modelleri, PolyJet modellerine göre anlamlı derecede daha başarılı bulunmuştur. Ancak, model hassasiyeti açısından ise PolyJet modelleri, SLA ve DLP modellerine göre daha iyi performans göstermiştir. Çalışma sonucu olarak kullanılan üç yazıcının da sabit restorasyonların üretimi için klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. Tsolakis ve ark. (103) ortodontide kullanılan 3B baskı teknolojilerini değerlendirdikleri sistematik derlemede, model doğruluğu açısından en iyi teknoloji olarak PolyJet Photopolymer (PPP) belirlenmiş olup, bunu sırasıyla DLP, LCD, Laser-SLA ve FFF teknolojileri takip etmektedir. Bu teknolojiler arasındaki farkların klinik ortodontik sonuçlar üzerinde önemli bir etkisi bulunmadığını ve klinisyenlerin yazıcı seçimini maliyet ve üretim süresi gibi kriterleri göz önünde bulundurarak yapabileceklerini bildirmişlerdir.

Literatürde DLP yazıcı teknolojilerinin diş hekimliği ve ortodontideki kullanımlarında model doğruluğunu farklı etkenlere göre değerlendiren çeşitli çalışmalar mevcuttur. Sherman ve ark. (104) yaptıkları çalışmada DLP yazıcı kullanarak dental modellerin yazıcı tablasındaki konumunun model doğruluğu

üzerindeki etkisini incelemişlerdir ve farklı konumlandırmaların model doğruluğunu etkilemediğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, DLP teknolojisi ile model üretiminde, modellerin içi dolu veya içi boş tasarıma sahip olmasının doğruluk açısından fark yaratmadığı gösterilmiştir. Pereira ve ark. (105), baskı malzemesinin doğruluğa etkisini incelemiş ve üreticinin önerdiği reçinenin kullanılmasının doğruluğu artırdığını bulgulamışlardır. PolyJet ve DLP baskı teknolojisi ile üretilen modellerin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği bir çalışmada en doğru üretim için DLP tipi yazıcıda ise en düşük 50 µm kalınlıkta üretim yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda, üretici firmanın önerdiği talimatlara uygun olarak 50 µm baskı katman kalınlığında, 3B yazıcı ile uyumlu reçine kullanılarak model üretimi gerçekleştirilmiştir. 3B yüzey karşılaştırma işleminde referans model olabilmesi için üretilen ataşmanlı modeller taranmış ve STL formatında kaydedilmiştir. Yıldız ve ark.(81) ataşman yapımında kullanılan restoratif materyalin viskozitesinin, ataşmanın rehber modelden diş yüzeyine aktarım hassasiyetine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında aynı yöntemi tercih etmişlerdir. Ataşmanın rehber modelden diş yüzeyine doğru aktarımında snow-plow restoratif yönteminin etkinliğinin değerlendirildiği bu çalışmada, 3B model üretiminde oluşabilecek sapmaların çalışma bulgularını etkilemesini önlemek amacıyla bu yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemle, 3B model üretim sürecine bağlı potansiyel hata ve sapmaların etkilerini en aza indirmeyi ve çalışmamızda elde edilen verilerin doğruluğunu artırmayı amaçladık.

Ataşman uygulamalarında taşan kompozitin temizlenmesini görsel olarak ayırt edebilmek için, model üretiminde gri renkte reçine kullanılmıştır. Bu renk seçimi ile kompozit ve model yüzeyi arasındaki kontrastın arttırılması, taşan kompozitin kolayca fark edilmesi ve temizlenmesi amaçlanmıştır.

5.2.6. Plak Üretim Süreci

Çalışmamızda rehber plak üretimi için PET-G (Polyethylene Terephthalate Glycol) bazlı termoform plak materyali kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PET-G şeffaflık, termoformabilite, dayanıklılık, esneklik ve biyouyumluluk gibi özelliklerinden dolayı şeffaf plak üretiminde yaygın olarak tercih edilen bir malzemedir. Termoformabilite, ataşmanın rehber modelden plak aracılığıyla

ataşmansız modellere aktarıldığı bu çalışma için kritik bir özelliktir. Termoformabilite özelliği yüksek olan PET-G materyalini kullanarak, plağın rehber model üzerinde ataşmanı etkin bir şekilde sarması, plağa bağlı oluşabilecek potansiyel sapmaların en aza indirilmesi ve ataşman aktarım hassasiyetinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır (55).

Çalışmamızda kullanılan plak malzemesi, 0,4 mm ile 2,00 mm arasında değişen kalınlık seçeneklerine sahiptir. Rehber plak yapımı için en ince kalınlık olan 0,4 mm tercih edilmiştir. Kalınlığı daha az olan plak materyalinin termoforming süreci sonunda ataşman gibi küçük ve detaylı alanların ayrıntılarını daha iyi yansıtılabileceği düşünülmüştür. Ayrıca, daha ince ve dolayısıyla daha esnek olan plak malzemesi kullanılarak, ataşman uygulaması yapıldıktan sonra plağın modelden çıkarılırken esneyerek ataşmana zarar vermeden ayrılması amaçlanmıştır. Dasy ve ark. (71) yaptığı çalışmada, farklı ataşman ve plak materyallerinin plak retansiyonuna etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, aynı plak malzeme tipinin farklı kalınlıkları incelenmiştir. Orta ile sert kalınlıktaki plakların çıkarılması sırasında daha fazla kuvvet gerektiği bildirilmiştir.

Literatürde, PET-G malzemesinin termoform işlemi sonrası özellikleri üzerine yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ryu ve ark. (106) yaptığı çalışmada, termoform işlemi sonrasında kopolyester bazlı ve PET-G bazlı plakların özellikleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, bu malzemelerin termoform işlemi öncesi ve sonrası kalınlık ve şeffaflıkları karşılaştırılmıştır. Sertlik açısından, termoform işleminden önce ve sonra dört malzemenin sertliklerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar PET-G bazlı plakların termoform işlemi sırasında sertliklerini koruduklarını göstermektedir. Bucci ve ark. (107) ise PET-G plaklarının kalınlıklarının termoform işlemi sonrasında değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Kalınlık varyasyonlarının klinik performansı olumsuz etkilemediği bildirilmiştir. Park ve ark.(108) çalışmasında, 3B baskı ve termoform yöntemiyle üretilen şeffaf plakların kalınlık, aralık genişliği ve saydamlık özellikleri micro-CT kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada tek katmanlı malzeme (polietilen tereftalat glikol) veya çok katmanlı malzeme (kopolyester-elastomer kombinasyonu) ile termoform edilen ve alkolle temizlenen veya santrifüjle temizlenen 3B baskılı TC-85 plaklar olmak üzere

dört grup şeffaf plak test edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre bukkal bölge uyumu açısından PET-G malzemesinin en iyi uyumu gösterdiği bildirilmiştir.

Plak üretimi sırasında, kullanılan plağın üretici kodu termoform cihazına tanımlanarak üretici talimatlarına göre işlem yapılmıştır. Üretici firma, 1 mm plak kalınlığı altındaki plaklarda kenar düzeltmesi ve parlatma işlemlerinin gerekli olmadığını ve plakanın kenarlarının makasla kesilmesinin yeterli olduğunu belirtmiştir. Bu talimatlara uygun olarak, plak bitim sınırı diş-diş eti sınırında olacak şekilde makasla kesilmiştir. Bu plak bitim sınırı ataşman uygulaması sonrasında plağın ataşmanlara zarar vermeden çıkarılmasına katkıda bulunabileceği düşüncesiyle tercih edilmiştir.

Ataşman rehber plağı, her model için yalnızca bir kez kullanılmıştır. Uygulama sonrası plağın esneyerek şeklinin bozulabileceği ve ataşmanların doğru bir şekilde aktarımını etkileyebileceği düşünülerek, her modelde için bir rehber plak kullanılmıştır. Yıldız ve arkadaşları, ataşman yapımında kullanılan restoratif materyalin viskozitesinin ataşmanın rehber modelden diş yüzeyine aktarım hassasiyetine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında aynı yöntemi tercih etmişlerdir. Bu yöntemle, her modelde ataşman uygulamasının doğru ve tutarlı bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

5.2.7. Restoratif Materyal Seçimi ve Uygulama Yöntemleri

Çalışmamızda, snow-plow yöntemi ile birlikte yüksek viskoziteli ve düşük viskoziteli kompozitlerin doğrudan uygulamaları da değerlendirilmiştir. Snow-plow yönteminin iki farklı uygulamasında aynı kompozitler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yüksek viskoziteli ve düşük viskoziteli kompozitlerin her ikisi de nanohibrit ve universal özelliklere sahip olup, dolgu oranları ve viskoziteleri dışında büyük ölçüde benzer özellikler sergilemektedir. Bu seçim, düşük viskoziteli kompozitlerin ve yüksek viskoziteli kompozitlerin doğrudan uygulamalarının karşılaştırılmasında viskozitenin etkinliğini daha doğru değerlendirebilmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, düşük viskoziteli ve yüksek viskoziteli kompozitlerin benzer teknolojilere sahip olması, snow-plow yönteminin uygulanmasında da standardizasyonu sağlamıştır. Universal kompozitler, dental restorasyonlar için kullanılan çok yönlü kompozit rezin

materyalleridir. Genellikle dimetakrilat monomerler, cam ve silika dolgu maddeleri içerirler. Bu bileşenler, kompozitin mekanik ve estetik özelliklerini optimize eder. Universal kompozitler farklı viskozitelerde üretilebilmektedir. Düşük viskoziteli kompozitler daha iyi adaptasyon sağlar ve dar alanlara kolayca yerleştirilebilir. Yüksek viskoziteli kompozitler daha fazla stabilite ve dayanıklılık sunar (74). Çalışmamızda, ataşman yapımında bağlayıcı ajan olarak G-Premio BOND kullanılmıştır. Bu bağlayıcı ajan, kullanılan kompozitlerin aynı marka ürünü olup, üretici firma tarafından bu kompozitlerle birlikte kullanılmak üzere önerilmiştir. G-Premio BOND tüm aşındırma prosedürleri ile uyumlu tek şişe universal bağlayıcı ajandır.

Snow-plow yönteminin kompozitlerin farklı viskozitedeki avantajlarını birleştirerek diş-restoratif materyal marjinal adaptasyonu iyileştirebildiği literatürde gösterilmiştir. Scepanovic ve ark.(109) çalışmasında, sınıf V kavite restorasyonlarında, önceden ısıtılmış ve ısıtılmamış kompozit, düşük viskoziteli kompozit, sonik olarak aktive edilmiş kompozit ve yeni bir termo-viskoz bulk-fill kompozit kullanılarak uygulanan restorasyonların marjinal bütünlüğü sürekli marjin yüzdesi ölçülerek SEM ile değerlendirilmiştir. Snow-plow grubunun dentinde en yüksek sürekli marjin yüzdesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Solomon ve ark.(88) çalışmasında, sınıf II kavite preparasyonunda posterior packable kompozit rezin, farklı astar malzemeleri ve astarlama teknikleri kullanılarak mikro sızıntıyı incelenmiştir. Snow-plow tekniği ile uygulanan restorasyonlar, kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük mikro sızıntı değerleri göstermiştir. Bu bulgu, snow-plow tekniğinin restoratif uygulamalarda mikro sızıntıyı azaltarak restorasyon başarısını artırabileceğini göstermektedir. Snow-plow tekiniğinde kavitede ulaşılması zor olan alanlara düşük viskoziteli kompozit uygulanır ve polimerize edilmeden önce yüksek viskoziteli kompozitin baskısı ile düşük viskoziteli kompozitin bu alanlara tam yayılımı sağlanır. Bu sayede, viskozitesi düşük olan kompozit ile daha iyi marjinal adaptasyon sağlanarak, restorasyonların kalitesi artırılır (87,88,98). Ataşman rehber plağındaki ataşman boşluğu da kavite gibi düşünülebilir. Özellikle köşeler, kenarlar ya da konkavite gibi kompozitin yayılımının zor olduğu alanlarda, bu yöntemin restoratif diş tedavisindeki bilinen avantajları ataşman yapımını da iyileştirebilir. Ataşman uygulamasında, kavite tabanı gibi işlev görebilecek iki yüzey bulunmaktadır. Bunlar diş yüzeyi ve plaktaki ataşman

haznesinin tabanıdır. Bundan yola çıkarak çalışmamızda snow-plow yöntemi ataşman uygulamasına iki farklı şekilde uyarlanmıştır. S1 olarak isimlendirdiğimiz yöntemde ataşman boşluğunun tabanına ilk olarak düşük viskoziteli kompozit yerleştirilmiştir, polimerize edilmeden üzerine yüksek viskoziteli kompozit adapte edilmiştir. Plak modele yerleştirilmiş ve ataşman polimerizasyonu yapılmıştır. Bu yöntemde düşük viskoziteli rezin, ataşmanın bukkal yüzeyini oluşturacak şekilde ataşman boşluğunun tabanına yayılmıştır. Ataşmanın diş yüzeyinde ise viskozitesi yüksek kompozit ile bağlanma gerçekleşmiştir. Diğer uygulama olan S2 yönteminde ise, ataşman boşluğunun tabanına yüksek viskoziteli kompozit uygulanmıştır polimerize edilmeden ve üzerine düşük viskoziteli kompozit uygulanmıştır. Bu durumda, ataşman plağının uyguladığı kuvvet düşük viskoziteli kompoziti yüksek viskoziteli kompozit ve diş yüzeyi üzerinde sıkıştırarak yayılımını sağlamıştır. S2 yönteminde ataşmanın bukkal yüzeyini yüksek viskoziteli kompozit oluşturmuştur. Bu yöntemler ile ataşman tasarımındaki kenarlar ve köşeler gibi ulaşılması zor alanlarda ve diş-ataşman bağlantı bölgesinde ataşman doğruluğunu artırmayı amaçladık.

Ölçer ve ark. (87) yaptığı çalışmada, cam fiber takviyeli kompozit ve universal rezin kompozitin mekanik özellikleri üzerine snow-plow ve kademeli kürleme tekniklerinin etkileri değerlendirilmiştir. Bükülme dayanıklılığı, sıkıştırma dayanıklılığı ve Vickers sertliği mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçlara göre, snow-plow tekniği kullanıldığında daha yüksek sıkıştırma dayanıklılığı ve Vickers sertliği elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, snow-plow tekniği, yüksek stres bölgelerinde restorasyonların kırılmaya daha dirençli olmasını sağlayabilir. Şeffaf plak tedavilerinde ataşmanlar aktif elemanlardır ve plaklar, diş hareketini yönlendirmek amacıyla ataşmanlara belirli bir basınç uygularlar. Bu nedenle, ataşmanların mekanik dayanıklılığı, ortodontik hareketlerin etkinliği ve başarısı için önemlidir. Bu. tez çalışmasında snow-plow yönteminin ataşman aktarım hassasiyetine etkisini değerlendirsek de, Ölçer ve ark. çalışmasının bulguları, snow-plow yönteminin ataşman yapımına uyarlanması konusunda bizi teşvik etmiştir. Bu çalışma sonuçları, gelecekteki araştırmalarda snow-plow tekniğinin ortodontik uygulamalardaki potansiyel faydalarının daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi için önemli bir temel oluşturabilir.

Çalışmada tüm ataşmanlar için düşük viskoziteli kompozit uygulamaları için ince şırınga ucu kullanılmıştır. Yüksek viskoziteli kompozit uygulamalarında ise aynı ağız spatülü kullanılmıştır. Ataşman plağına kompozit uygulaması yapıldıktan sonra, modele yerleştirilmeden önce kompozitin ataşman boşluğunun her yerine yayılabilmesi için presel ile ataşmanın her iki tarafına plak üzerinden baskı uygulanmıştır. Bu baskı işlemi, kuvvet ölçer kullanılarak her uygulamada standardize edilmiştir. Kuvvetin farklı uygulanması, çalışma sonuçlarını etkileyebileceğinden, bu standardizasyon önemli bir adımdır. Lin ve ark. (92)farklı doldurucu oranlarına sahip kompozitlerin yapım süresi ve sağ kalım oranını karşılaştırdıkları çalışmalarında, polimerizasyon öncesinde kompozitin daha iyi yayılabilmesi için ataşmana plak üzerinden baskı uygulamışlardır. Kompozit viskozitesinin ataşman yapım doğruluğuna etkisinin değerlendirildiği bir diğer çalışmada da polimerizasyon öncesinde ataşmana plak üzerinden uygulanan baskının standardizasyonu için kuvvet ölçer kullanılmıştır(81). Plağa uygulanan bu baskı, kompozitin ataşman sınırları dışında diş yüzeyine yayılmasına neden olabilir. Bu durum diş yüzeyinde değişikliklere yol açarak, 3B yüzey hizalama işleminde dahil edilecek yüzey alanını azaltır ve bu da hizalama hassasiyetini olumsuz etkileyebilir. Bu etkinin en aza indirilebilmesi için, ataşman sınırları dışına taşan kompozitler kompozit bitim ve cila seti kullanılarak ile temizlenmiştir. Klinik uygulamalarda taşan kompozitin temizleme işlemi önerilmektedir, çünkü taşan kompozit kalıntıları plağın uyumunu olumsuz etkileyebilir (5,86). Plak biyomekaniği gereği uyumun bozulması, planlanan diş hareketlerinin tam olarak gerçekleşmesini engelleyebilir (5). Ataşmanlarda taşan fazlalıkların tespiti için UV black light kullanımı literatürde gösterilmiştir (78). Bu ışık, mine yüzeyi üzerinde rezin materyalinin sınırlarını belirgin şekilde gösterebilir. Ancak, çalışmamızda hem model materyali hem de restoratif kompozit materyal reçine bazlıdır ve bu yöntem ile model üzerindeki kompozit materyalin sınırlarının seçilimi doğru yapılamayabilir. Bu nedenle çalışmamızda UV black light kullanımı tercih edilmemiştir. Taşan kompozitler temizlendikten sonra, modeller yapay zeka desteği kapatılarak intraoral tarayıcı ile taranmış ve ".stl" dosyaları olarak dijital ortama aktarılmıştır.

5.2.8. Yapım Süresi Ölçümü

Restoratif bir yöntemi ortodonti pratiğine uygulanabilirliğini değerlendirdiğimiz çalışmamızda ataşman uygulama süreleri kaydedilmiştir. Restoratif bir yöntemi ortodontiye uyarlamaya çalıştığımız için, çalışmada değerlendirilen yöntemlerin ataşmanların doğru aktarımına etkisinin yanı sıra klinik uygulama süresi de büyük önem taşımaktadır. Ataşmanların doğru aktarımı, tedavi etkinliğini artırırken, sürecin kısa ve verimli olması da klinik işlemlerin genel verimliliği ve hasta konforu açısından önemlidir. Çalışmamızda uygulama süresi olarak, her bir ataşman için kompozitin ataşman rezervuarlarını doldurması için gereken manipülasyon süresi kaydedilmiştir. Kırçelli ve ark. (78) aynı ölçüm yöntemini kullanmış, ancak her bir dental arktaki tüm ataşmanların toplam süresi üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Chen ve ark. (75) ise bağlanma protokolü ve polimerizasyonu içeren tüm operasyon süresini ölçmüştür. Farklı bağlanma protokollerini de değerlendiren bu çalışma için bu yaklaşım gereklidir. Bizim çalışmamızda ise gruplar arasında bağlanma protokolünde ve polimerizasyon yönteminde farklılık yoktur. Çalışmamızda kullanılan her bir ataşmanın ataşman boşluğuna uygulama süresinin ölçümü ile, her bir yöntemin yapım süresini daha hassas bir şekilde değerlendirmeyi amaçladık. Bu yaklaşım ile klinik uygulamalarda zaman yönetimi açısından daha anlamlı sonuçlar elde etmeyi hedefledik.

5.2.9. 3B Yüzey Karşılaştırması Sapma Ölçümleri

5.2.9.1. Hizalama ve yüzey karşılaştırması yöntemleri:

Çalışmamızda, ataşmanların rehber modelden diş yüzeyine aktarım hassasiyetini değerlendirmek amacıyla 3B hizalama prosedürünün hassasiyetini artırmak için özel yöntemler uygulanmıştır. Aktarım hassasiyeti ölçümlerini gerçekleştirmek için ana modelden ataşmanlı dişi izole ederek sadece bu diş üzerinde hizalama yapılmıştır. Ataşmanın küçük yapısı ve diş üzerindeki spesifik konumu göz önüne alındığında, tüm model üzerinden hizalama işlemi yapmak ölçüm hassasiyetinde sapmalara neden olabilir. Bu yaklaşım, ataşman doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak ve sapmaların minimum düzeyde kalmasını sağlamak için tercih

edilmiştir. Bu süreçte, rehber modelden ve ataşman uygulanan modelden diş izolasyonunu en benzer şekilde yapabilmek için, ilk olarak modeller çakıştırılarak uzaydaki konumları yeniden belirlenmiştir. Daha sonra her iki model Meshmixer'da "combine" komutu ile birleştirilmiş ve izolasyon kesileri iki modele aynı anda uygulanmıştır. Bu işlem, izole edilen ataşmanlı dişe ait modellerin maksimum benzerlik göstermesi ve sonrasında yapılacak hizalama hassasiyetinin en üst düzeyde sağlanması için gerçekleştirilmiştir. İzole edilen dişler, daha sonra dijital ortama ayrı ayrı kaydedilmiştir. Bu metodun her aşaması, restoratif bir yöntemin ataşman yapımındaki etkinliğini değerlendirdiğimiz çalışmamızda, doğru ölçümler için hassasiyeti artırmayı hedeflemiştir.

Ataşmanlı dişe ait modeller tekrar Zeiss Inspect'e aktarılmış ve "3-point-alignment" ile "best fit alignment" uygulanmıştır. Bu aşamada, referans geometrisi olarak modele eklediğimiz üçgen prizma ön hizalama için tekrarlanabilir 3 nokta sağlamıştır. Aynı zamanda ataşman uygulama alanından bağımsız bir bölgede bulunan bu yapının yüzeyinin best fit hizalamanın hassasiyetini iyileştirmesi amaçlanmıştır. Peroz ve ark. (80) tam-ark taramalarının karşılaştırılmasında kullanılan ölçüm yöntemlerindeki çeşitliliğin sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında referans geometrisi kullanarak çakıştırılan modellerde daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. O'Toole ve ark. (82) yaptıkları çalışmada yaygın olarak kullanılan referans noktası ile hizalama, best-fit ve referans best-fit hizalama tekniklerinin doğruluğu ve bu tekniklerin ölçüm metriklerine etkisini değerlendirmişlerdir. Referans best fit hizalama yönteminin, en düşük hizalama hatalarını ve en doğru ölçümleri sağladığını göstermiştir. Bu yöntemde sapma olabileceği düşünülen ve ölçüm yapılması planlanan alanın dışında kalan bölgeleri seçilerek hizalama yapılır. Çalışmamızda ana hizalamada kullandığımız best fit yöntemini aynı yaklaşım ile uygulanmıştır. Tüm yüzey seçildikten sonra, hata olma ihtimali olan ataşman uygulama bölgesi seçimden çıkarılmıştır. Referans best fit hizalama ile daha doğru ölçümler elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızda, tüm yüzey karşılaştırmalarında ataşman rehber modeli CAD formatında seçilmiş, ataşman uygulaması yapılmış olan model ise Mesh formatında tanımlanmıştır. Bu seçim, ataşman uygulamasındaki fazlalık veya eksiklikleri tespitini

kolaylaştırmak için yapılmıştır. Rehber modelin CAD formatında olması, pozitif değerlerin ataşman uygulamasındaki fazlalıkları, negatif değerlerin ise eksiklikleri göstermesini sağlamaktadır. CAD modeli referans almak, dijital doğrulamanın bir parçası olarak genellikle daha hassas ve detaylı sonuçlar sunar. Mesh formatındaki model ise, gerçek uygulamaların sonucunu temsil eder. O'Toole ve ark. (82) referans nokta ile hizalama, best-fit ve referans best-fit hizalama tekniklerinin doğruluğu ve bu tekniklerin ölçüm metriklerine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında da yüzey karşılaştırmalarında referans model olarak CAD kullanımının, analizlerin doğruluğunu artırabileceği bildirilmiştir.

5.2.9.2. Ölçümler:

Bu çalışmada, ataşman yapım doğruluğunu değerlendirmek amacıyla 3B sapma ölçümleri alınmıştır. “Sigma”, toplam yüzey sapmasını; “aritmetik mean”, yüzeyler arası farkların ortalamasını “deviation label” ise belirli noktaların sapma ölçümünü temsil eder.

Nokta sapma ölçümleri için noktalar, her ataşman tasarımına özel olarak belirlenmiştir. Ölçüm noktalarımız, ataşman tasarımına göre potansiyel farklılıkların ve defektlerin beklenebileceği alanlardan seçilmiştir. Dikdörtgen ataşmanda, özellikle doldurucu oranı yüksek bir kompozitin yayılmasının iyi olmayabileceğini düşündüğümüz 4 köşe nokta seçilmiştir. Ayrıca, düz yüzeyin orta noktası alınmıştır, çünkü bu bölgede de kompozitin viskozitesine bağlı materyalde eksiklik veya fazlalık olabileceği düşünülmüştür. Elipsoid ataşman için diş ve ataşman birleşim alanlarını değerlendirmek için, bu bölgelerde yönteme ve viskoziteye bağlı olarak farklılıklar olabileceği düşüncesiyle mesial, distal, oklüzal ve gingival kısımların orta noktaları ile en çıkıntılı yüzeyin orta noktasından alınmıştır. Özelleştirilmiş ataşman için, kompozit yayılımının yönteme ve kompozit viskozitesine bağlı etkilenebileceği iki köşe nokta, ataşman-diş yüzeyi birleşim alanının mesial, distal, oklüzal ve gingival kısımlarının orta noktaları ile eğimli düz yüzeyinin orta noktası belirlenmiştir. Bu ataşmanda en çıkıntılı bölge kenar geometrisine sahip olduğu için, bu kenarın orta noktası da sapma ölçümü için belirlenmiştir.

Topsakal ve ark.(110) çalışmalarında dijital ışık işleme (DLP) 3B baskı teknolojisi ile farklı katman kalınlıkları kullanarak üretilen modellerin ataşamanlarının doğruluğuna etkileri 3B yüzey karşılaştırması ölçümleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Katman kalınlığının doğruluğu etkileyebileceği düşüncesiyle ovoid ve dikey dikdörtgen ataşmanlar için beş, yarı-elipsoid ataşman için altı karşılaştırma noktası seçilmiş ve her grup için Kök Ortalama Kare (RMS) değerleri değerlendirilmiştir. Çalışmamızda nokta sapma değerlendirmesinde dikdörtgen ve elipsiod ataşman için Topsakal ve ark. (110) belirlediği noktalar, referans alınmıştır. Çalışmamızda kullanılan özelleştirilmiş ataşman için de uygulamada hataların ve sapmaların olabileceği tasarıma özgün 6 nokta belirlenmiştir.

3B sapma ölçümlerimizden sigma ölçümü seçilen yüzey karşılaştırması üzerinde seçilen bir alanın toplam yüzey sapmasını gösterir. Ölçüme yüzeyin tamamında ortaya çıkan küçük sapmaları da dahil eder. Sigma değeri, bir modelin gerçek yüzeyinin ne kadar doğru olduğunu ve beklenen geometri ile ne kadar uyumlu olduğunu belirlememize yardımcı olur. Yüksek sigma değeri, modelin beklenen geometriye göre büyük sapmalar gösterdiğini ve doğruluğun düşük olduğunu işaret ederken, düşük sigma değeri yüzey sapmalarının az olduğunu ve beklenen geometriye daha yakın olduğunu gösterir (101,111). Sigma ölçümü, yüzeydeki tüm sapmaları toplu olarak değerlendirdiği için, genel doğruluk ve kalite kontrolü açısından da önemlidir. Bu nedenle çalışmamızda kullandığımız ataşman uygulama yöntemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmek için temel ölçüt olarak “sigma” değeri kullanılmıştır.

iteratürde, yüzey sapma ölçümlerinin değerlendirilmesi çeşitli çalışmalarda farklı yöntemler ve yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Topsakal ve ark. (110), dijital ışık işleme (DLP) 3B baskı teknolojisi ile farklı katman kalınlıkları kullanarak üretilen modellerin ataşmanlarının doğruluğuna etkilerini 3B yüzey karşılaştırması kullanarak değerlendirmiş ve bu çalışmada başka bir yüzey sapma ölçüm metriği olan RMS'yi kullanmışlardır. Yıldız ve ark.(81) kullanılan kompozitin farklı viskozitelerinin ataşman yapım doğruluğuna etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında yine RMS kullanarak toplam yüzey sapmasını incelemişlerdir. Chen ve ark. (75), şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların operasyon süresi, makaslama bağlanma gücü,

yerleştirme doğruluğu ve aşınma direncini değerlendirmişler ve RMS değerlerini kullanmışlardır. Li ve Yang (112), şeffaf plak tedavisi sırasında hastalarda ataşmanların yüzey aşınmasını değerlendirdikleri prospektif klinik çalışmalarında toplam yüzey sapmasına bakmışlardır. Literatürdeki çalışmalarda ataşman doğruluk değerlendirmelerinde genellikle Geomagic yazılımı kullanılmış ve yüzey sapma metriği olarak RMS ölçümleri yapılmıştır. Çalışmamız, bizim araştırmalarımızın sınırları dahilinde ataşmanların 3B doğruluk değerlendirmesinde Zeiss Inspect yazılımı ve sigma ölçümlerini kullanan ilk çalışmadır. Son ve ark. (111) yaptığı çalışmada, 3B analiz için dört farklı yazılım programı (Geomagic Control X, GOM Inspect, Cloudcompare ve Materialise 3-matic) kullanılarak tam ark, yarım ark ve preparasyon yapılmış kron bölgeleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, total ark bölgesinde yazılımlar arasında yüzey sapma değerlerinde anlamlı bir fark bulunmamışken, yarım ark ve prepare edilmiş kron bölgelerinde anlamlı farklar tespit edilmiştir. Özellikle prepare edilmiş kron bölgesinde GOM Inspect (yeni adıyla Zeiss Inspect) yazılımı daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmamızda ataşman doğruluğunu ölçerken, tek diş üzerinden ölçümler gerçekleştirdik. Çalışmamızda yazılım olarak Zeiss Inspect'i seçmemizde, Son ve ark. çalışmasında küçük ve ayrıntılı yapılar için Zeiss Inspect yazılımının daha iyi sonuçlar vermesi bulgusunun etkisi vardır.

Aritmetik mean, yüzey sapmalarının değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir ölçümdür. Çalışmamızda bu ölçüm, her bir ataşman için sigma ölçümünde kullanılan ataşman seçimi üzerinden yapılmıştır. Bu metrik, bir modelin yüzeyindeki belirli noktalar arasındaki farkların ortalamasını temsil eder. Aritmetik mean, yüzeyin genel doğruluğunu ve homojenliğini değerlendirmek için kullanılır. Bu değer negatif olduğunda seçilen yüzeydeki sapmaların toplamda eksiklik yönünde olduğuna, pozitif olduğunda ise seçilen yüzeydeki sapmaların toplamda fazlalık yönünde olduğuna işaret eder (101,113). Ancak, seçilen yüzeyde bazı alanlarda materyal eksikleri olabilirken diğer alanlarda materyal fazlalıkları olabilir. Yazılım ortalama hesaplarken bu farklı yönlerdeki sapmalar birbirini nötralize edebileceğinden, aritmetik mean değeri yüzey sapmasının değerlendirilmesinde tek başına yeterli olmayabilir. Bu nedenle, 3B yüzey karşılaştırması değerlendirmelerinde aritmetik mean değeri, sigma ölçümü, nokta ölçümleri ve yüzey karşılaştırması görselleri ile birlikte yorumlanmalıdır. Sigma, yüzey sapmasını doğrudan ve pozitif bir değer olarak

gösterirken, aritmetik mean bu sapmanın yönünü matematiksel olarak gösteren bir yardımcı metrik olarak işlev görür (101). Aritmetik mean, sigma değerini ayrıntılandırabilir ve yüzey sapmalarının daha kapsamlı bir değerlendirmesine yardımcı olabilir. Çalışmamızda, farklı ataşman uygulama yöntemlerinin ataşman doğruluğuna etkilerini daha doğru ve detaylı bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla bu iki metrik birlikte kullanılmıştır.

5.3. BULGULARIN TARTIŞILMASI

5.3.1. Uygulama Süresi

Çalışmamızda düşük viskoziteli kompozit ile ataşman yapımı, tüm ataşman tasarımlarında en düşük süreye sahip olmuştur. Düşük viskoziteye sahip kompozit materyaller ile ataşman yapımında, plaktaki ataşman haznesine direkt şırınga ucuyla uygulama yapılır. Uygulamada yüksek viskoziteli kompozit kullanımı ise el manipülasyonu gerektirir. Çalışmamızda etkinliğini değerlendirdiğimiz snow-plow yöntemi iki farklı şekilde uygulanmıştır. Bu yöntemler iki aşamalı uygulamalardır. Ayrıca, yöntem yüksek viskoziteli bir kompozitin de uygulanmasını içerdiğinden ilave manipülasyon süresi gerektirmektedir. Düşük viskoziteli kompozit ile ataşman uygulama süresinin tüm ataşman gruplarında düşük değerlere sahip olması beklenen bir durumdur. Literatürde, ataşman yapım sürelerini değerlendiren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Chen ve ark. (75) yaptığı çalışmada, şeffaf plak tedavisinde kullanılan ataşmanların operasyon süresi, makaslama bağlanma gücü, yerleştirme doğruluğu ve aşınma direnci değerlendirilmiştir. Çalışmada manipülasyon gerektiren yüksek viskoziteli bir kompozit ile manipülasyon süresi gerektirmeyen şırınga ile uygulama yapılan bulk fill ve düşük viskoziteli kompozitlerin uygulama süresi değerlendirilmiştir. Şırınga ucu ile uygulama yapılan grupların uygulama süresinin manipülasyon gerektiren yüksek viskoziteli kompozitin uygulama süresine göre daha kısa olduğu olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, şeffaf plak ataşmanlarının üretiminde kullanılan beş farklı kompozit rezinin (iki düşük viskoziteli ve üç yüksek viskoziteli) makaslama bağlanma gücü ve manipülasyon süresi karşılaştırılmış ve düşük viskoziteye sahip sırınga ucu ile uygulama yapılan kompozitlerin manipülasyon süresinin, yüksek viskoziteye sahip kompozitlere kıyasla önemli ölçüde daha kısa

olduğu bulunmuştur (78). Lin ve ark. (92) yaptığı klinik çalışmada, düşük viskoziteli kompozit ve tepilebilir kompozit kullanılarak yapılan Invisalign ataşmanlarının yapım süresi ve 1 yıllık hayatta kalma oranları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, düşük viskoziteli kompozitin yapım süresinin tepilebilir kompozite göre anlamlı derecede daha kısa olduğunu göstermiştir. Bu literatür bulguları, çalışma sonuçlarımızı desteklemektedir.

Her ataşman tasarımı için diğer yöntemleri birbirleriyle karşılaştırdığımızda, dikdörtgen ataşman için snow-plow 1 yönteminin uygulama süresi, yüksek viskoziteli kompozit grubu ve snow-plow 2 yöntemine göre daha düşüktür. Dikdörtgen ataşmanda bir restorasyon kavitesinde olduğu gibi, kompozit materyalinin yayılımının zor olduğu kenarlar ve köşeler bulunmaktadır. Yüksek viskoziteli kompozit uygulaması ve snow-plow 2 yönteminde, bu alanlara yüksek viskoziteli kompozit uygulanmış olup, bu alanların tam doldurulabilmesi için harcanan süre manipülasyon süresini artırmış olabilir. Snow-plow 1 yönteminde ise, ataşman haznesinin köşelerinin ve kenarlarının olduğu alana ilk olarak düşük viskoziteli kompozit uygulanmıştır. Sonrasında haznede kalan boşluğa yüksek viskoziteli kompozit yerleştirilmiştir. Plak ile yüksek viskoziteli kompozit arasında sıkışan düşük viskoziteli kompozit, ataşman haznesinin kenarlarına ve köşelerine hızlıca yayılım sağlamıştır. Bu durum, snow-plow yönteminin manipülasyon süresini düşürmüş olabilir. Çalışma bulgularımıza göre elipsoid ataşman için snow-plow yöntemlerinin uygulama süresi yüksek viskoziteli kompozitin uygulama süresinden daha yüksektir Elipsoid ataşman tasarımı yuvarlak hatlara sahiptir ve çalışmada değerlendirilen diğer ataşman tasarımlarına göre daha az ayrıntı içermektedir. Yüksek viskoziteli kompozit ile uygulama yapılırken yayılımın zor olacağı kenar veya köşe içeren alanlar bulunmamaktadır. Bu nedenle yüksek viskoziteli kompozit için elipsoid ataşman manipülasyon süresi dikdörtgen ataşman ile karşılaştırıldığında daha kısalmış olabilir. Snow-plow yöntemlerinin iki aşamalı uygulaması, uygulama süresinin yüksek viskoziteli kompozit uygulamasına kıyasla uzamasına neden olmuş olabilir. Özelleştirilmiş ataşmanlarda, düşük viskoziteli kompozit hariç diğer yöntemler, dikdörtgen ataşmana benzer sonuçlar göstermiştir. snow-plow 1 yöntemi ile uygulama süresi, yüksek viskoziteli kompozit ile uygulama ve snow-plow 2 yöntemi ile karşılaştırıldığında daha kısadır. Bu durum, özelleştirilmiş ataşmanların kenar ve köşe içeren tasarımıyla ilişkilidir yüksek viskoziteli

kompozitlerin bu alanlara yayılımı daha zor olabileceği için manipülasyon süresi uzamış olabilir.

Çalışmamızda ataşman uygulama yöntemlerinin farklı ataşman tasarımlarına göre uygulama süreleri de karşılaştırılmıştır. Tüm yöntemlerde, tasarıma göre uygulama sürelerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Düşük viskoziteli kompozit grubunda, dikdörtgen ataşmanın yapım süresi diğer ataşmanlardan daha uzun sürmüştür. Bu durum, dikdörtgen ataşmanın hacim olarak daha büyük olması ve daha fazla ayrıntı içermesinden kaynaklanabilir. Yüksek viskoziteli kompozit uygulamasında, uygulama süreleri kısadan uzuna doğru sırasıyla elipsoid, özelleştirilmiş ve dikdörtgen ataşmanlar şeklindedir. Dikdörtgen ataşman tasarımının, köşe ve kenar sayısının özelleştirilmiş ataşman tasarımına göre daha fazla olması, manipülasyon süresini arttırmış olabilir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda en kısa uygulama süresinin elipsoid tasarımda gözlemlenmesi, bu tasarımın diğer tasarımlara göre daha az ayrıntı içermesiyle ilişkili olabilir. Çalışma bulgularımız yüksek viskoziteli kompozit için ataşman ayrıntısı arttıkça uygulama süresinin uzadığına işaret etmektedir. Bu bulgular Lin ve ark. (92) yaptığı ataşman uygulama sürelerini değerlendirdikleri çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Snow-plow 1 yönteminde, uygulama süreleri kısadan uzuna doğru sırasıyla özelleştirilmiş, dikdörtgen ve elipsoid ataşmanlar şeklindedir. Elipsoid ataşmanın haznesi, diğer tasarımlara kıyasla daha küçük hacme ve daha az tasarım ayrıntısına sahiptir. Yüksek viskoziteli kompozit uygulandığında, altında kalan düşük viskoziteli kompozit, herhangi bir alanda sıkışmadan tüm ataşman haznesi yüzeyine yayılmıştır. Bu durum, kaygan bir zemin oluşturmuş ve yüksek viskoziteli kompozitin ataşman haznesine uygulanmasını zorlaştırmıştır. Bu nedenle, Snow-plow 1 yönteminde elipsoid tasarımın uygulama süresi diğer tasarımlara kıyasla uzamış olabilir. Snow-plow 2 yöntemi için dikdörtgen ataşmanın yapım süresi diğer tasarımlardan daha uzun sürmüştür. Dikdörtgen ataşmanın ayrıntılı olması ve ilk uygulamada yüksek viskoziteli kompozitin bu ayrıntılara yayılmasının zaman alması, bu yöntemde sürenin uzamasına neden olmuş olabilir. Bu bulgular, her yöntemin farklı ataşman tasarımlarında farklı sürelerde uygulandığını ve bu sürelerin ataşmanların tasarım ayrıntılarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Snow-plow yöntemi ataşman yapımında ilk kez bu çalışmada değerlendirilmiştir. Bu teknik, aşamalı bir yöntem olup, uygulama süresi açısından klinikte halihazırdaki ataşman uygulamaları ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Uygulama süresine ait çalışma bulgularımız, bu restoratif yöntemin ortodonti pratiğinde kullanılabilirliğine karar vermeye yardımcı olabilir. Literatürde, düşük viskoziteli kompozitler ve yüksek viskoziteli kompozitlerin uygulama süresi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Manipülasyon gerektirmediği için, düşük viskoziteli kompozitler literatürde de genellikle daha kısa uygulama süresine sahip olarak rapor edilmiştir (75,78,92). Bu çalışmada, yüksek viskoziteli kompozitlerin ve manipülasyon gereksiniminin dahil olduğu grupların ataşman uygulama süresi, düşük viskoziteli kompozit grubuna kıyasla daha uzun sürmüştür. Uygulama süresi, klinik konfor ve verimlilik açısından önemli bir etkendir ve bu açıdan ataşman yapımında en avantajlı yöntem, düşük viskoziteli kompozitin şırınga ile direkt uygulanmasıdır. Ancak, klinikte ataşman yapımında hangi yöntemin uygulanacağını tercih ederken, tek belirleyici faktör uygulama süresi olmamalıdır.

5.3.2. Ataşman Aktarım Hassasiyeti

5.3.2.1. 3B yüzey karşılaştırması ölçümlerinin uygulama yöntemine göre değerlendirilmesi

a) Dikdörtgen ataşman: Çalışmamızda, dikdörtgen ataşman için tüm nokta sapma ölçümlerinde en düşük sapma değerleri Snow-plow 1 grubunda bulunmuştur. Tüm köşe noktalarda en yüksek sapma değerleri düşük viskoziteli kompozit grubuna aittir. Yüzeyin orta noktası olan E noktası sapma değeri snow-plow yöntemlerinde benzerdir ve diğer gruplara göre daha düşüktür.

Snow-plow gruplarından Snow-plow 2 yöntemi ve düşük viskoziteli kompozit grubunda tüm nokta sapma ölçümleri negatif değerlerdedir. Bu durum, materyalde eksiklik olduğunu ve olması gerekenden bir sapma olduğunu göstermektedir. Snow-plow 1 ve yüksek viskoziteli kompozit gruplarında ise nokta sapma değerlerinin ortalaması pozitif değerleri göstermektedir, bu da materyal fazlalığı yönünde bir sapmayı işaret eder.

Snow-plow 2 yöntemi ve viskozitesi düşük olan kompozit gruplarında nokta sapma değerlerinin negatif çıkmasını ataşmanın dişle bağlanan kısmındaki kompozitin doldurucu oranı ile ilişkili olabilir. Literatürde, model ile plak arasındaki boşluğun ataşman diş birleşim alanlarında diğer bölgelere göre daha fazla olduğu gösterilmiştir (108,114). Her ataşman uygulamasında ataşmana 100 gr kuvvet uygulanmıştır. Plak materyali PETG esnek bir materyaldir(55). Bu kuvvetin etkisiyle ataşman model birleşim bölgesinde plak modele yaklaşmış olabilir. Ataşman birleşim bölgesindeki doldurucu oranı düşük olan kompozit, uygulanan kuvvete direnç gösterememiş olabilir. Bu durumda, ataşman haznesi küçülmüştür, küçülen hazne hacmine fazla gelen kompozit materyal diş yüzeyine yayılmıştır. Bu şekilde polimerize edilen ataşmanın bukkal yüzeyinde belirlediğimiz noktalar materyal eksikliği nedeniyle olması gereken konuma göre daha diş yüzeyine doğru konumlanmış olabilir. Mantovani ve ark. (115) çalışmasında, doldurucu oranı düşük ve yüksek olan kompozit materyaller kullanılarak yapılan ataşmanlar üzerinde pasif aligner uygulamaları yapılmış, ataşman plak mesafesi SEM ile ölçülerek ataşman plak uyumu değerlendirilmiştir. Düşük viskoziteli kompozit ile yapılan ataşmanlarda, plak ile ataşman arası boşluk mesafesinin yüksek viskoziteli kompozite göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, düşük viskoziteli kompozit ile yapılan ataşman yüzeylerinde planlamaya göre materyal eksikliği olduğuna işaret etmektedir. Bellocchio ve ark. (84), çalışmalarında düşük viskoziteli kompozitin ile yapılan ataşmana polimerizasyon öncesi baskı uygulandığında ataşman doğruluğunun azaldığını bulmuşlardır. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda nokta sapma ölçümlerinin pozitif değerlerde olması da yine doldurucu oranına bağlı olabilir. Doldurucu oranı yüksek olan kompozit ataşman haznesine uyguladığımız kuvvete karşı viskozitesi düşük olan gruba göre daha dirençli davranmıştır. Kuvvetin etkisiyle kompozit malzeme doğrudan diş yüzeyine yayılım göstermemiş, ataşman haznesi yüzeyine kuvveti iletmiş olabilir. İletilen bu kuvvet plağın bukkal yönde esnemesine neden olmuş ve ataşman derinliği artmış olabilir. Bu şekilde polimerize edildiğinde, bukkalde belirlediğimiz noktaların, materyal fazlalığı nedeniyle olması gereken konumdan daha bukkalde konumlanmış olduğunu düşünüyoruz. Snow-plow 1 yönteminin nokta sapmaları diğer gruplara kıyasla daha düşüktür. Hazne tabanındaki düşük viskoziteli kompozitin yüzeye yayılma kabiliyeti sayesinde, polimerizasyon

öncesinde ataşmana uygulanan kuvvet, yüksek viskoziteli kompozit grubunda olduğu gibi plağa doğrudan iletilmemiş olabilir. Bu nedenle, yüksek viskoziteli kompozit grubunda gerçekleşmiş olduğunu düşündüğümüz ataşman haznesinin derinliğinin artmasının bu yöntemde gerçekleşmemiş ya da çok az gerçekleşmiş olabileceğini düşünüyoruz. Ayrıca bu yöntemde, polimerizasyon öncesi uygulanan kuvvet, ataşman haznesi yüzeyinde düşük viskoziteli kompozitin etkin bir şekilde plak yüzeyine yayılmasını sağlamış olabilir. Bu sebeplerden dolayı, snow-plow 1 yönteminde elde edilen nokta sapma ölçümlerinin, diğer yöntemlere göre daha düşük ve daha tutarlı olduğunu düşünüyoruz.

Dikdörtgen ataşman tasarımında toplam yüzey sapmasını gösteren sigma değerlerini incelediğimizde, en düşük sapma değerleri snow-plow 1 yönteminde gözlemlenmiştir. Diğer gruplar ise düşükten yükseğe sırasıyla snow-plow 2, yüksek viskoziteli kompozit ve düşük viskoziteli kompozit şeklindedir, ancak bu gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Snow-plow 1 yönteminin, restoratif diş tedavisinde iki farklı viskoziteye sahip kompozitlerin avantajlarını aynı anda kullanarak marjinal adaptasyonda daha iyi performans gösterdiği literatürde belirtilmiştir (87,88,98). Dikdörtgen ataşman, restoratif kavitelerde olduğu gibi kenar ve köşe gibi ayrıntılara sahiptir. Snow-plow 1 yönteminde, bu bölgelerde yüksek viskoziteli kompozitin düşük viskoziteli kompozite baskısı ile ataşman ayrıntılarına daha iyi yayılım göstermiş ve ataşman haznesine marjinal adaptasyon daha iyi gerçekleşmiş olabilir. Bu nedenle, sapma değerleri diğer gruplara göre belirgin olarak daha düşük çıkmıştır. Doldurucu oranı yüksek olan kompozit grubunda nokta sapma değerleri dikkate alındığında, materyal fazlalığı nedeniyle sapma gerçekleşmiştir. Düşük viskozite ve snow-plow 2 yöntemlerinde materyal eksikliği yönünde sapma gözlemlenmiştir. Snow-plow 2 yönteminin snow-plow 1 yönteminden farklı çıkmasının nedeni ise diş ataşman bağlantı bölgesinde kullanılan akışkan kompozitin nokta sapma ölçümlerinde de bahsettiğimiz gibi, ataşmana uygulanan kuvvete karşı direnç gösterememesi olabilir. Bu durumda, kuvvet plağı modele yaklaştırmış ve ataşman haznesi hacmi küçülmüş, ataşman derinliği azalmış ve materyal eksikliği oluşmuştur. Ayrıca, snow-plow 2 yönteminde ataşman tabanına yüksek viskoziteli kompozit uygulanmıştır. Kompozitlerin viskozite farkı nedeniyle hazne yüzeyine

uygulanan materyalin yayılımı snow-plow 2 yönteminde, snow-plow 1 yöntemindeki ölçüde gerçekleşmemiş olabilir.

Aritmetik mean ölçümlerinde de en düşük değerler Snow-plow 1 yönteminde gözlemlenmiştir. Aritmetik mean, yüzeyler arasındaki mesafelerin ortalamasını gösteren bir metriktir ve yüzeylerin genel doğruluğunu ve homojenliğini değerlendirmek için kullanılır. Snow-plow 1 yönteminin, iki farklı viskoziteye sahip kompozitlerin avantajlarını aynı anda kullanarak daha homojen bir marjinal adaptasyon sağladığı düşünülebilir. Bu yöntemde, yüksek viskoziteli kompozit diş-ataşman bağlantı bölgesinde direnç sağlarken, düşük viskoziteli kompozit hazne tabanında daha iyi yayılım göstermiştir. Bu kombinasyon, yüzeyler arası mesafelerin daha dengeli ve tutarlı olmasını sağlamış olabilir.

Dikdörtgen ataşman için yapılan 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerine göre yapılan değerlendirmeler, ataşman aktarım hassasiyeti açısından Snow-plow 1 yönteminin diğer yöntemlere kıyasla daha etkili olduğunu ve dikdörtgen ataşman tasarımı için iyi bir seçenek olabileceğini göstermektedir.

b) Elipsoid ataşman: Elipsoid ataşman yüzeyi yuvarlak hatlıdır ve belirgin ayrıntı içermemektedir. Bu nedenle sapma ölçümleri için bu tasarımda ataşman yüzeyinin tam ortasından bir nokta belirlenirken, diş ataşman birleşim kenarından dört nokta belirlenmiştir. Tüm gruplarda diş ataşman birleşim kenarından alınan nokta sapma ölçüm değerleri pozitif çıkmıştır, bu da materyal fazlalığına işaret etmektedir. Mantovani ve ark. (115), plak yüzeyi ile ataşman yüzeyi arasındaki mesafeyi değerlendirmişler ve diş ataşman birleşim bölgesinde bu mesafenin diğer bölgelere kıyasla artmış olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda değerlendirilen tüm yöntemlerde ataşman diş birleşim alanındaki bu mesafeye kompozitin yayılım göstererek materyal fazlalığına neden olduğunu düşünüyoruz. Diş ataşman birleşim kenarındaki noktalarda en yüksek sapma değeri, gruplar arasında viskozitesi yüksek olan kompozite aittir. Bunun sebebi, kompozitin doldurucu oranına ve ataşman uygulamalarının hepsinde ataşman üzerine standart kuvvet uygulanmasına bağlanabilir. Bu grupta ataşman haznesinin tamamına doldurucu oranı yüksek olan kompozit materyal uygulanmıştır. Viskozitesi yüksek olan bu materyal ataşman üzerine uygulanan kuvvete diğer gruplara göre daha çok direnç göstermiş ve diş-

ataşman birleşim alanına yayılım gösteren kompozit materyalin film kalınlığı, diğer gruplara göre daha yüksek olmuş olabilir. Kompozit materyallerde doldurucu oranı arttıkça uygulanan materyalin film kalınlığını etkilediği literatürde gösterilmiştir (116,117). Bu nedenle diş ataşman birleşim kenarı sapma değerleri yüksek viskoziteli kompozit grubunda daha yüksek olarak ölçülmüş olabilir. Yüzey orta noktasını gösteren E noktası ölçümlerinde, akışkan kompozit grubunda ortalama değer negatiftir. Snow-plow 2 yönteminde ise ortalama pozitif olsa da E noktasında negatif ölçümler de bulunmaktadır. Bu durum, ataşman diş birleşim alanındaki düşük viskoziteli kompozitin ataşman üzerine uygulanan kuvvete direnç gösterememesiyle açıklanabilir. Plak modele yaklaşmış, ataşman haznesi hacmi küçülmüş ve ataşman derinliği azalmış olabilir. Bu da materyal eksikliğine neden olmuştur. Yüksek viskoziteli kompozit ve Snow-plow 1 yönteminde ise bu değerler pozitiftir. Bu bulgu materyal fazlalığını göstermektedir.

Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde en yüksek sapma değeri, yüksek viskoziteli kompozit grubunda gözlemlenmiştir. Diğer grupların sigma değerleri daha düşük olup birbirlerine benzerdir. Bu fark, ataşman haznesine polimerizasyon öncesinde uygulanan kuvvete, doldurucu oranı yüksek olan kompozitin diğer yöntemlere göre daha fazla direnç göstermesi ile ilgili olabilir. Bu direnç, plağın bukkal yönde esnemesine ve ataşman derinliğinin artmasına neden olmuş olabilir. Sonuç olarak, ataşmanın her yüzeyinde materyal fazlalığı oluşmuş olabilir. Nokta sapma ölçümleri de yüksek viskoziteli kompozit grubunda diş ataşman birleşim kenarında daha yüksek film kalınlığı olabileceğine işaret etmektedir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunun sigma değerlerinin diğer gruplardan daha yüksek olmasına bu etkenlerin neden olduğunu düşünüyoruz. Elipsoid ataşman tasarımında en düşük sigma değeri, yöntemler arasında Snow-plow 1 yöntemine aittir; ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin ortalamasını gösteren aritmetik ortalama ölçümlerinde en yüksek değer, yüksek viskoziteli kompozit grubunda gözlemlenmiştir. Diğer grupların aritmetik ortalama değerleri daha düşük olup birbirlerine benzerdir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda tüm yüzeylerde ve diş ataşman birleşim bölgesinde gözlemlenen materyal fazlalıkları, sigma değerlerini

artırdığı gibi, aritmetik ortalama değerlerinin de yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir.

Elipsoid ataşmanda 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerine göre aktarım hassasiyeti açısından snow-plow 1, snow-plow 2 ve düşük viskoziteli kompozit uygulamasının performansları benzerdir. Ancak, düşük viskoziteli kompozitin elipsoid ataşmanda uygulama süresinin diğer tüm gruplardan düşük olduğu bulgulanmıştır. Elipsoid ataşman uygulamalarında uygulama süresi ve ataşman aktarım hassasiyeti açısından düşük viskoziteli kompozit kullanımı avantajlı olabilir.

Özelleştirilmiş ataşman: Çalışmamızda özelleştirilmiş ataşman tasarımına özgü altı nokta belirlenmiştir. Bu noktalardan iki tanesi ataşman-diş birleşim bölgesinde, dört tanesi ise ataşmanın bukkal yüzeyinden seçilmiştir. Diş ataşman birleşiminde belirlenen noktalarda tüm gruplarda ölçülen nokta sapma değerleri pozitiftir ve bu materyal fazlalığına işaret eder. Bu durumun, elipsoid ataşmanda olduğu gibi diş ataşman birleşim bölgesindeki artmış plak-ataşman mesafesinden kaynaklandığını düşünüyoruz.

Ataşman üzerinde belirlenen tüm noktalarda, viskozitesi yüksek olan kompozit için nokta sapma değerleri diğer gruplara göre daha yüksek ölçülmüştür. Diş ataşman birleşim kenarındaki tüm noktalarda sapma değerlerinin yüksek olmasının, kompozitin doldurucu oranına ve ataşman uygulamalarında ataşman üzerine standart kuvvet uygulanmasına bağlanabilir. Bu grupta, ataşman haznesinin tamamına doldurucu oranı yüksek olan kompozit materyal uygulanmıştır. Viskozitesi yüksek olan bu materyal, ataşman üzerine uygulanan kuvvete diğer çalışma gruplarına göre daha fazla direnç göstermiş ve diş ataşman birleşim alanına yayılan kompozit materyalin film kalınlığı da daha yüksek olmuş olabilir. Bu nedenle, diş ataşman birleşim kenarından ölçülen sapma değerlerinin yüksek viskoziteli kompozit grubunda daha yüksek olduğunu düşünüyoruz. Bukkal yüzey üzerinde belirlenen noktaların ölçümlerinde, düşük viskoziteli kompozit grubunda ortalama değerler negatiftir. Snow-plow 2 yönteminde ise ortalama değerler pozitif olsa da örneklerde negatif ölçümler de kaydedilmiştir. Bu durum, ataşman diş birleşim alanındaki düşük viskoziteli kompozitin ataşman üzerine uygulanan kuvvete direnç gösterememesiyle açıklanabilir. Plak modele yaklaşmış, ataşman haznesi hacmi küçülmüş ve ataşman derinliği azalmış olabilir. Bu durum,

bukkal yüzeyde materyal eksikliğine neden olmuş olabilir. Yüksek viskoziteli kompozit ve snow-plow 1 yönteminde ise bu değerler pozitiftir. Bu bulgu materyal fazlalığını göstermektedir.

Toplam yüzey sapmasını gösteren sigma ölçümlerinde en yüksek sapma değeri, yüksek viskoziteli kompozit grubunda gözlemlenmiştir. Diğer grupların sigma değerleri daha düşük olup birbirlerine benzerdir. Bu fark, ataşman haznesine polimerizasyon öncesinde uygulanan kuvvete, doldurucu oranı yüksek olan kompozitin diğer yöntemlere göre daha fazla direnç göstermesi ile ilgili olabilir. Bu direnç, plağın bukkal yönde esnemesine ve ataşman derinliğinin artmasına neden olmuş olabilir. Sonuç olarak, ataşmanın her yüzeyinde materyal fazlalığı oluşmuş olabilir. Nokta sapma ölçümleri de yüksek viskoziteli kompozit grubunda diş ataşman birleşim kenarında daha yüksek film kalınlığı olabileceğine işaret etmektedir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunun sigma değerlerinin diğer gruplardan daha yüksek olmasına bu faktörlerin neden olduğunu düşünüyoruz. Özelleştirilmiş ataşman tasarımında en düşük sigma değeri, yöntemler arasında snow-plow 1 yöntemine aittir; ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çakıştırılan yüzeyler arasındaki mesafelerin ortalamasını gösteren aritmetik ortalama ölçümlerinde, en yüksek değer yüksek viskoziteli kompozit grubunda gözlemlenmiştir. Diğer grupların aritmetik mean değerleri daha düşük olup birbirine benzerdir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda, tüm yüzeylerde ve diş ataşman birleşim bölgesinde gözlemlenen materyal fazlalıkları, sigma değerlerini artırdığı gibi aritmetik mean değerlerinin de yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir.

Çalışmamızda değerlendirmeye dahil ettiğimiz özelleştirilmiş ataşman tasarımında, 3B yüzey karşılaştırması toplam yüzey sapma ölçümlerine göre aktarım hassasiyeti açısından snow-plow 1, snow-plow 2 ve düşük viskoziteli kompozitlerin performansları benzer olsa da ataşman yüzey üzerinde belirlenen tüm nokta sapma ölçümleri viskozitesi düşük olan kompozit grubunda materyal eksikliğine işaret etmektedir. Karmaşık ortodontik hareketlerde kullanılan özelleştirilmiş ataşmanlarda ataşman aktarım hassasiyeti klinik performans açısından önemlidir.

5.3.2.2. Ataşman tasarımları üzerinde belirlenen noktaların 3B karşılaştırmalarının değerlendirilmesi

Çalışmamızda her uygulama yöntemi içerisinde, her ataşman tasarımına özgü belirlediğimiz noktaların yüzey karşılaştırması sapma ölçümleri arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bu değerlendirme ile yönteme göre nokta sapma değerlerinin dağılımının ve hangi yöntemin nokta sapma değerlendirmeleri açısından daha homojen ve doğru sonuçlar verdiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

a) Dikdörtgen Ataşman: Dikdörtgen ataşman tasarımı için belirlediğimiz beş nokta, ataşmanın bukkal yüzeyinden seçilmiştir. Bu noktalar, dört köşe ve yüzeyin orta noktası olarak belirlenmiştir. Yüksek viskoziteli kompozit, düşük viskoziteli kompozit ve snow-plow 2 yönteminde köşe noktalarına ait 3B yüzey karşılaştırması sapma değerleri, yüzeyin orta noktasından ölçülen sapma değerlerine göre daha fazla olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Snow-plow 1 yönteminde, köşe noktaları ve yüzey orta noktası 3B yüzey karşılaştırması sapma değerleri birbirine benzerdir. Dikdörtgen ataşmanda nokta sapmalarının hepsi yöntem içerisinde benzer sonuçlar göstermiştir. Nokta sapma değerleri, bu ataşman tasarımında tüm yöntemlerde homojen bir dağılım göstermiştir.

b) Elipsoid Ataşman: Elipsoid ataşman grubunda seçilen noktaların dört tanesi diş ataşman birleşim bölgesinden olup, bu noktalar sol, alt, sağ ve üst kenarların orta noktalarıdır. Diğer nokta ise yüzeyin orta noktası olarak belirlenmiştir. Nokta sapma miktarı viskozitesi düşük kompozit grubunda elipsoid ataşman için belirlenen tüm noktalarda benzerdir. Ancak, yüzey orta noktasının sapma ölçümü negatif değere sahiptir. Bu ölçümler diş-ataşman birleşim bölgesinde kompozit materyal fazlalığı olduğuna ancak ataşman yüzeyinde materyal eksikliği olduğuna işaret etmektedir. Snow-plow 2 yönteminde de diş ataşman birleşim kenarı üzerinde belirlenen noktaların sapma değerleri benzerdir. Bu durum diş ataşman birleşim bölgesinde düşük viskoziteli kompozit materyal bulunması ile ilişkili olabilir. Snow-plow 2 yöntemi için yüzey orta noktasından alınan sapma değeri, ataşman diş birleşim kenarında belirlenen noktaların sapma değerlerinden daha düşüktür. Bu, düşük ve yüksek viskoziteli kompozitlerin birlikte kullanıldığı bu yöntemde, polimerizasyon öncesi ataşman üzerine uygulanan kuvvete kompozit materyalin yeterli direnç gösterebildiği ve

ataşman hazne derinliğinin korunmuş olabileceğini düşündürmektedir. Düşük viskoziteli kompozit grubu ile karşılaştırıldığında, snow-plow 2 yönteminin ataşman yüzeyinde daha stabil sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Viskozitesi yüksek olan kompozit grubunda, ataşman-diş birleşim bölgesinin sağ ve sol kenarlarında belirlenen noktaların sapma değerleri benzerlik gösterirken, alt ve üst kenarlarında belirlenen noktaların sapma değerleri de benzer olup, sağ ve sol kenarlarda belirlenen noktalara göre daha yüksek ölçülmüştür. Polimerizasyon öncesinde ataşman üzerine uygulanan kuvvet, ataşmanın sağ ve sol tarafından presel ile baskı yapılarak uygulanmıştır. Preselin temas ettiği bölgeye yakın olan sağ ve sol kenarlardaki noktalarda kompozit materyal daha ince film kalınlığında yayılma göstermiş olabilir. Alt ve üst kenarlarda ise, sağ ve sol kenarlara göre göreceli olarak daha fazla olan materyal fazlalığı, bu noktaların sapma ölçümlerinin daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir. Snow-plow 1 yönteminde, diş ataşman birleşim bölgesinde yüksek viskoziteli kompozit grubuna benzer bir durum gözlenmiştir. Bu benzerliğin nedeni bu iki yöntemde de diş ataşman bölgesinde yüksek viskoziteli kompozit varlığı olabilir.

c) Özelleştirilmiş ataşman: Özelleştirilmiş ataşman grubunda, tasarıma özgü altı nokta belirlenmiştir. Bu noktalardan ikisi diş ataşman birleşim kenarında, dört tanesi ise ataşman yüzeyi üzerinde yer almaktadır. Vizkozitesi düşük kompozit grubunda, yüzeyde belirlenen noktaların ölçümleri negatiftir, diş ataşman birleşim kenarındaki ölçümler ise pozitif değerlere sahiptir. Sapma değerleri, çıkıntılı kenar orta noktası hariç benzerdir.

Ataşmanın çıkıntılı kenarının orta noktası, yani en bukkal noktasının sapma değeri diğer noktalardan daha büyüktür. Bu durum ataşman yüzeyinde materyal eksikliğine işaret etmektedir. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda tüm noktalar pozitif değerlere sahiptir. Ataşmanın sağ ve sol köşe noktaları ile çıkıntılı kenar orta noktasının sapma değerleri benzerlik göstermektedir. Ataşmanın diş-ataşman birleşimi alt kenarı orta noktası, üst kenarı orta noktası ve eğimli yüzey orta noktasının sapma değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir ve bu noktaların sapma değerleri diğer noktaların sapma değerlerinden daha yüksektir. Ataşmanın diş-ataşman birleşim bölgesinde, uygulanan kuvvete karşı yüksek viskoziteli kompozit direnç göstermiş ve

bu bölgelerde kompozit materyal ince bir film kalınlığında yayılım gösterememiş olabilir. Aynı sebepten dolayı, ataşman haznesi hacmi genişlemiş ve ataşman derinliği artmış olabilir. Bu durum, düz yüzey orta noktasındaki daha yüksek sapma değerini açıklayabilir. Snow-plow 1 grubunda, tüm nokta sapma değerleri diğer gruplar ile karşılaştırıldığında düşüktür ve noktalar arasında benzerlik göstermektedir. Bu yöntemde ataşman yüzeyindeki düşük viskoziteli kompozit üzerine uygulanan yüksek viskoziteli kompozitin baskısı homojen bir yayılım sağlamış olabilir.

Snow-plow 2 yönteminde sağ ve sol köşe noktalarının sapma değerleri diğer noktaların sapma değerlerinden daha düşük olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Snow-plow 2 grubunda da nokta sapma değerleri benzerlik göstermektedir. İki farklı viskozitedeki kompozitin birlikte kullanılması, ataşman birleşim alanında ve yüzey üzerinde belirlenen noktalarda daha homojen ve benzer değerlerin elde edilmesini sağlamış olabilir.

Ataşman aktarım hassasiyetini değerlendirmek amacıyla yaptığımız 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerine göre bazı genel sonuçlar ve bunların olası klinik etkileri hakkında çıkarımlar yapılabilir. Viskozitesi yüksek olan kompozit ile yapılan uygulamalarda, materyal fazlalığına işaret eden bulgular elde edilmiştir. Planlanandan daha fazla derinliğe sahip bu ataşmanlar, klinikte plakların diş yüzeyinden uzaklaşmasına ve dental ark ile uyumunun bozulmasına neden olabilir. Şeffaf plakların biyomekaniğinde, planlanan hareketin doğru şekilde gerçekleşebilmesi için plakların dişe mükemmel şekilde uyum sağlaması gerekmektedir. Plak ile diş yüzeyi arasındaki mesafe artarsa ve uyumsuzluk olursa ortodontik kuvveti oluşturan baskı alanlarının etkili şekilde çalışması mümkün olmayabilir (5,10,83,89).

Viskozitesi düşük kompozit grubunda ise elipsoid ve özelleştirilmiş ataşman gruplarında ataşman aktarım hassasiyeti, snow-plow yöntemlerine benzer çıkmış olmasına rağmen, bu sapmalar ataşman yüzeyinde materyal eksikliğini göstermektedir. Klinik açıdan, bu eksiklik nedeniyle ataşman ile plak arasında oluşacak boşluk özellikle ataşmanlar üzerinden yönlendirilen kompleks hareketlerin etkinliğini düşürebilir. Bu da ataşman biyomekaniğini olumsuz yönde etkileyebilir ve planlanan diş hareketlerinin tam olarak gerçekleşmesini engelleyebilir (5,83). Snow-plow yöntemlerinin sapma değerleri, tüm gruplarda daha düşüktür. Özellikle snow-

plow 1, ataşman aktarım hassasiyeti açısından dikdörtgen ataşman grubunda belirgin olarak yüksek performans sergilemiştir. Snow-plow 1 yöntemi hem nokta sapma ölçümlerinde hem de tüm ataşman yüzeyi üzerinden yapılan sigma ve aritmetik ortalama ölçümlerinde daha doğru aktarıma işaret eden düşük değerlere sahiptir. Bu durum, yöntemin restoratif diş tedavisinde gösterilen daha iyi marjinal adaptasyon yeteneğinden kaynaklı olabilir. Özellikle yüzeyinde ayrıntı içeren ataşman konfigürasyonlarında, bu yöntemin ataşman aktarım hassasiyeti açısından klinikte de başarılı bir performans gösterebileceğini düşünüyoruz.

Bu çalışmada, ataşmanın doğru aktarımı 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümleri ile ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasında çeşitli istatistiksel farklar tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen toplam yüzey sapmasını gösteren sigma değerleri 30 µm ile 150 µm arasında değişmektedir. Literatürde farklı viskozitelere sahip kompozitlerin ataşman yapım doğruluğuna etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda gösterilen sapma değerleri bizim çalışma bulgularımız ile benzerlik göstermektedir. Bu bulgular önemli olmakla birlikte, sonuçların klinik anlamlılığını da değerlendirmek gereklidir. Literatürde 3B yüzey karşılaştırması sapma değerlerinin klinik anlamlılık seviyesi ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Etemad-Shahidi ve ark. (118) yaptığı çalışmada, farklı tür yazıcıların model doğruluğu üzerine etkileri değerlendirilmiş ve 100 µm altındaki sapma ölçümlerinin yüksek doğruluk ve klinik kabul edilebilirlik sağladığı bildirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, klinik kabul edilebilirlik için sapma değerinin ortodontik modeller için en fazla 500 µm, protez uygulamaları için en fazla 200 µm olarak olması gerektiği bildirilmiştir. Literatürde benzer çalışmalarda klinik uygulamalar için 200 µm ile 500 µm arası hata payının kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Bu verilere dayanarak, bizim çalışmamızdaki sigma değerleri dikkate alındığında grupların ataşman aktarım hassasiyetindaki performansının klinik önem açısından benzer olduğu söylenebilir. Ancak, bu çalışma da dental modeller değerlendirilirken, bizim çalışmamızda ataşmanlar üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Ataşmanlar, dental modellere göre hacim olarak çok daha küçük olduğu için, sapma değerlerinin klinik kabul edilebilirliği açısından farklılık gösterebilir. Dolayısıyla, bizim çalışmamızda elde edilen sapma

değerlerinin klinik önemini değerlendirirken, ataşmanların boyutu göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Topsakal ve ark. (110) çalışmasında, DLP teknolojisi ile üretilen ataşmanların doğruluğu değerlendirilmiştir. Farklı katman kalınlıkları (25 µm, 75 µm, ve 125 µm) kullanılarak üretilen modellerdeki RMS değerlerinin 0,008 ile 0,034 mm arasında değiştiği ve bu değerlerin klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu bildirilmiştir. Ancak, bu çalışmada ataşman uygulaması yapılmamış, katman kalınlığı değiştirilerek aynı tasarımdaki modellerin birbiriyle çakıştırılması gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, bu çalışmadaki ataşman doğruluğuna yönelik değerlerin bizim çalışmamıza göre düşük olması normaldir.

Peters ve ark. (119) çalışmasında, restorasyonların klinik aşınması marjinal bütünlük üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmalarında, Besl ve McKay'in iteratif en yakın nokta (ICP) algoritmasına dayanan "en iyi uyum eşleştirme" fonksiyonu kullanılmıştır (120) . Bu yönteme göre, 10 µm'nin altındaki sapma değerleri mükemmel uyum sağlarken, 50 µm'nin üzerindeki sapmalar zayıf uyum olarak kabul edilmektedir. Li ve Yang'ın (112) ataşman yüzey aşınmasının niceliksel olarak değerlendirilmesi ve ilişkili risk faktörlerinin araştırılmasını hedeflenmiştir. Bu çalışmada, ataşmanların aşınması değerlendirilirken ataşmanlar modelden lokalize edilmiş 3B yüzey karşılaştırması yöntemi kullanılmıştır. Li ve Yang, çalışmalarında sapma değerlerinin klinik önemi için Peters ve ark. çalışmasını referans olarak almışlardır.

Peters ve arkadaşlarının kullandığı Besl ve McKay'in yöntemine göre sigma sapma ölçümlerinin ortalamasının 50 µm'nin üzerinde olması, bu sapmaların klinik olarak belirgin olabileceğini göstermektedir (119,120). Çalışmamızda dikdörtgen ataşman tasarımında, snow-plow 1 grubunun ortalama sigma değerleri ile hem düşük viskoziteli hem de yüksek viskoziteli grupların ortalama sigma değerleri arasındaki fark 50 µm'nin üzerindedir. Bu, snow-plow 1 yöntemi ile diğer gruplar arasındaki farkın klinik olarak da anlamlı olabileceğine işaret etmektedir. Ancak, bu farkların klinik önemini daha iyi değerlendirebilmek için, snow-plow yöntemi ile yapılan ataşmanların planlanan ortodontik hareketleri ne kadar gerçekleştirebildiğini geleneksel yöntemler ile karşılaştırmalı değerlendirmek gereklidir. Gelecekte

yapılacak typodont model çalışmaları veya klinik çalışmalar yöntemin şeffaf plak tedavilerinde sağlayabileceği avantajların klinik önemi daha ayrıntılı olarak belirlenebilir.

Bu çalışmada, restoratif bir teknik olan snow-plow yönteminin ortodonti pratiğinde ataşman uygulamaları açısından uygulanabilirliğini değerlendirilmiştir. Uygulama süresi ve ataşman aktarım hassasiyeti açısından bu yöntemin ortodontik tedavilerde potansiyel avantajları incelenmiştir. Çalışma bulgularımız snow-plow yönteminin özellikle yüzey ayrıntısı içeren ataşman tasarımlarında başarılı olduğunu göstermektedir. Ataşman haznesi yüzeyine öncelikle düşük viskoziteli kompozit yerleştirilmesini takiben yüksek viskoziteli kompozit uygulamasını içeren snow-plow 1 yöntemi, dikdörtgen ve özelleştirilmiş ataşman tasarımlarında yüzey sapma ölçümlerinde daha düşük değerlere sahip olmasıyla dikkat çekmiştir. Bu bulgular, snow-plow 1 yönteminin yüzey ayrıntılarının doğru bir şekilde aktarımını sağlamış olabileceğine işaret etmektedir. Çalışmamızın sınırları dahilinde, snow-plow yönteminin ortodontik uygulamalarda ataşman yapımında kullanılabileceğini ve özellikle ayrıntı içeren ataşman tasarımlarında aktarım hassasiyeti açısından daha iyi sonuçlar verebileceğini söyleyebiliriz. Bu araştırma, restoratif diş hekimliği tekniklerinin şeffaf plak tedavilerinde ataşman uygulamalarına uyarlanabileceğini göstermektedir ve bu alandaki yeni yaklaşımlar için bir temel oluşturabilir.

5.4. ÇALIŞMADA ÖNE ÇIKAN HUSUSLAR

1. Bu çalışma, restoratif bir yöntem olan snow-plow tekniğinin ortodonti pratiğinde ataşman yapım doğruluğu ve uygulama süresi açısından etkinliğini değerlendiren ilk çalışmadır. Çalışma bulgularımız, bu yöntemin ataşman aktarım hassasiyetini iyileştirebileceğine işaret etmektedir.

2. Snow-plow uygulamasında, yüksek ve düşük viskoziteli kompozitlerin farklı şekillerde kombinasyonlarını kullanmıştır. Yöntemin iki farklı uygulaması ataşman uygulamaları için ortodonti pratiğine uyarlanmıştır.

3. Çalışmada, hassas 3B yüzey karşılaştırması ölçümleri yapılmıştır. Literatürde etkinliği gösterilen 3B hizalamayı iyileştiren çeşitli yöntemler

birleştirilerek ana hizalama ve ön hizalama iyileştirilmiştir. Bu iyileştirmeler ilerleyen zamanlarda yapılacak çalışmalara rehberlik edebilir.

4. Toplam yüzey sapması (sigma), yüzeyler arası mesafelerin ortalaması (aritmetik mean) ve nokta sapma ölçümleri kullanılarak 3B sapma ölçümleri detaylandırılmıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, ataşman transfer doğruluğu hakkında ayrıntılı bilgiler sağlar.

5. Çalışmanın yöntemi, diş hekimliği ve ortodontide küçük hacimli ve detaylı konfigürasyonların değerlendirilmesini içerecek ileride yapılacak çalışmalara rehberlik edebilir.

5.5. ÇALIŞMANIN SINIRLAMALARI

1. Bu çalışma in vitro olarak gerçekleştirilmiştir. Snow-plow tekniğinin ortodontik tedavilerdeki klinik uygulanabilirliği için daha fazla doğrulamaya ihtiyaç vardır. Ataşman aktarım hassasiyeti ve uygulama süresi klinik ortamda değerlendirilmelidir.

2. Araştırmamız, ataşman uygulamasının başlangıç doğruluğuna odaklanmıştır. Ancak, ataşmanlar tedavi süresince ağız içerisinde kalabilir. Ataşman doğruluğunun tedavi süresi boyunca dönemsel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

3. Snow-plow yönteminin klinik önemi, bu yöntemle yapılan ataşmanların planlanan ortodontik hareketleri ne kadar doğru gerçekleştirebildiği ile belirlenmelidir.

4. Çalışmada, üniversal özellikte düşük ve yüksek viskoziteli restoratif kompozitler kullanılmıştır. Ancak, snow-plow yöntemi, bulk fill kompozitler ve anterior kompozitler gibi farklı teknolojilere sahip diğer kompozit materyaller ile de karşılaştırılabilir. Bu tür karşılaştırmalar, yöntemin çeşitli klinik uygulamalarda daha geniş bir bakış açısı değerlendirilmesini sağlayabilir.

5. Snow-plow yöntemlerinde, yüksek ve düşük viskoziteli kompozitlerin farklı kombinasyonları kullanılmıştır. Snow-plow 1 yönteminde, bağlanma ara yüzünde yüksek viskoziteli kompozit, ataşmanın bukkal yüzeyinde düşük viskoziteli kompozit

bulunmaktadır. Snow-plow 2 yönteminde ise, bağlanma ara yüzünde düşük viskoziteli kompozit, bukkal yüzeyde yüksek viskoziteli kompozit bulunmaktadır. Kompozitin viskozitesi ve doldurucu oranı bağlanmayı ve materyalin aşınma direncini etkiler. Bu kombinasyonların ataşman performansı üzerindeki etkileri bağlanma dayanımı ve aşınma direnci açısından ayrıntılı olarak incelenmelidir.

6. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, snow-plow yöntemi kullanılarak uygulanan ataşmanların sağ kalım, mikrosızıntı ve renklenme gibi faktörler açısından da detaylı bir şekilde incelenmesi, bu yöntemin klinik başarısını ve uygulama alanlarını daha iyi belirlemek için önemlidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Restoratif diş tedavisinde kullanılan snow-plow tekniğinin, şeffaf plak tedavisinde ataşman yapımındaki etkinliğinin uygulama süresi ve uygulama hassasiyeti açısından değerlendirildiği in vitro çalışmamızın sınırlamaları dahilinde ortaya çıkan sonuçlar ve öneriler aşağıda listelenmiştir:

1. Snow-plow yöntemlerinden snow-plow 1 yöntemi, tüm ataşman konfigürasyonlarında en düşük toplam yüzey sapması değerlerine sahiptir. Bu fark dikdörtgen ataşman tasarımı için belirgindir.

2. Snow-plow yöntemlerinden snow-plow 2 yöntemi aktarım hassasiyeti açısından düşük viskoziteli ve yüksek viskoziteli kompozit uygulamalarına göre 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerinde daha iyi sonuçlar vermiştir; ancak, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir.

3. Snow-plow 1 ve Snow-plow 2 gruplarının karşılaştırmasına göre, snow-plow 1 yöntemi daha kısa uygulama süresine sahiptir ve 3B yüzey karşılaştırması sapma ölçümlerine göre aktarım hassasiyeti açısından daha başarılıdır.

4. Uygulama süresi açısından, tüm ataşman tasarımlarında en düşük süreler viskozitesi düşük olan kompozit uygulamalarında elde edilmiştir.

5. Uygulama süresi olarak, snow-plow 1 yöntemi, ayrıntı içeren özelleştirilmiş ataşman ve dikdörtgen ataşmanlarda yüksek viskoziteli kompozit uygulmasına göre daha kısa sürede tamamlanmıştır.

6. Snow-plow 1 yöntemi, dikdörtgen ataşman tasarımlarında ataşman yüzey ayrıntılarının aktarımında daha başarılı olmuştur. Snow-plow 1 yöntemi ile yapılan uygulamalarda tüm yüzey karşılaştırması sapma ölçümleri daha düşük ölçülmüştür.

7. Snow-plow 1 yöntemi, ayrıntı içeren ataşman tasarımlarında ataşman yüzey ayrıntılarının aktarımında daha üstün performans göstermiştir. Çakıştırılan yüzeyler arası uzaklıkların ortalama değerleri ve yüzey orta noktası sapma değerleri dikdörtgen ve özelleştirilmiş ataşman tasarımında diğer yöntemlerden daha düşüktür.

8. Daha fazla ayrıntı içeren dikdörtgen ataşman ve özelleştirilmiş ataşman tasarımında snow-plow 1 yöntemi ile yapılan uygulamalarda yüzey sapmaları daha homojendir. Çakıştırılan yüzeyler arası mesafelerin ortalamasına ait ölçümler daha düşüktür.

9. Viskozitesi düşük olan kompozit grubunda, yüzey karşılaştırması sapma ölçümleri, ataşman yüzeylerinde tüm gruplarda materyal eksikliğini göstermiştir.

10. Yüksek viskoziteli kompozit grubunda yüzey karşılaştırması sapma ölçümleri, yüzeyde materyal fazlalığını göstermektedir.

11. Nokta sapma ölçümlerinin bulgularına göre, ataşman üzerine uygulanan kuvvetin lokalizasyonu viskozitesi yüksek viskoziteli kompozit uygulamalarında, diş ataşman birleşim alanının doğruluğunun homojenitesini etkilemektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Kaur S, Soni S, Garg V. Esthetic orthodontic appliances-A review. Article in Annals of Geriatric Education and Medical Sciences [Internet]. 2018 [cited 2024 Mar 9]; Available from: https://www.researchgate.net/ publication/327207554
2. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent J [Internet]. 2017 Mar 1 [cited 2024 Mar 9];62:58–62. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/adj.12480
3. Mistakidis I, Katib H, Vasilakos G, Kloukos D, Gkantidis N. Clinical outcomes of lingual orthodontic treatment: a systematic review. Eur J Orthod [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2024 Mar 9];38(5):447–58. Available from: https://dx.doi.org/10.1093/ejo/cjv061
4. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. Orthod Craniofac Res [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2024 Mar 9];20(3):127–33. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ocr.12177
5. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. J World Fed Orthod. 2022 Feb 1;11(1):12–21.
6. 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. Materials 2022, Vol 15, Page 533 [Internet]. 2022 Jan 11 [cited 2024 Jun 30];15(2):533. Available from: https://www.mdpi.com/1996-1944/15/2/533/htm
7. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, et al. Development and status of resin composite as dental restorative materials. J Appl Polym Sci [Internet]. 2019 Nov 20 [cited 2024 Mar 5];136(44):48180. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.48180
8. Gazzani F, Bellisario D, Quadrini F, Parrinello F, Pavoni C, Cozza P, et al. Comparison Between Different Composite Resins Used for Clear Aligner Attachments: An In-Vitro Study. Front Mater. 2022 Feb 4;8:789143.

9. Karras T, Singh M, Karkazis E, Liu D, Nimeri G, Ahuja B. Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2021 Aug 1;160(2):250–8.

10. Wheeler TT. Orthodontic clear aligner treatment. Semin Orthod. 2017 Mar 1;23(1):83–9.

11. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. Bioact Mater. 2023 Apr 1;22:384–403.

12. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. Prog Orthod [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2024 Mar 9];19(1):1–24. Available from: https://link.springer.com/ articles/10.1186/s40510-018-0235-z

13. Kubavat A, Shah MJ, Kubavat AK, Patel KV, Prajapati NH. Fabrication of in-house aligner-A review. Journal of Contemporary Orthodontics [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 9];6(3):120–4. Available from: https://doi.org/10.18231/j.jco.2022.022

14. Tamburrino F, D'Antò V, Bucci R, Alessandri-Bonetti G, Barone S, Razionale AV. Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study. Dentistry Journal 2020, Vol 8, Page 47 [Internet]. 2020 May 10 [cited 2024 Mar 9];8(2):47. Available from: https://www.mdpi.com/2304-6767/8/2/47/htm

15. Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2019 Nov 1;156(5):694–701.

16. Sehrawat S, Kumar A, Grover S, Dogra N, Nindra J, Rathee S, et al. Study of 3D scanning technologies and scanners in orthodontics. Mater Today Proc. 2022 Jan 1;56:186–93.

17. Ko HC, Liu W, Hou D, Torkan S, Spiekerman C, Huang GJ. Recommendations for clear aligner therapy using digital or plaster study casts. Prog Orthod [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2024 Mar 9];19(1):1–8. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40510-018-0224-2

18. Issues in Contemporary Orthodontics - Google Kitaplar [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=ommQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA147&dq=+3d+model++scanners+aligner&ots=hONBNAd4_S&sig=Pbl6Kej1TScf0Z85v1FRmmR4XRI&redir_esc=y#v=onepage&q=3d%20model%20%20scanners%20aligner&f=false

19. Straumann® CARES® Scan & Shape.

20. 3Shape Lab Scanners - E series [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.3shape.com/en/scanners/e-series

21. Maestro 3D [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.maestro3d.com/dental.scanner.aspx

22. Technical specifications 7Series. 2020;

23. Ceramill Map 600+ [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.amanngirrbach.com/en-gb/equipment/scanning/ceramill-map-600

24. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health 2017 17:1 [Internet]. 2017 Dec 12 [cited 2024 Mar 9];17(1):1–11. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s12903-017-0442-x

25. Intraoral Scanners for Restorative and Orthodontic Dentistry | iTero [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://itero.com/

26. 3Shape TRIOS 5 – The hygienic and easy-to-use intraoral scanner [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.3shape.com/en/scanners/trios-5?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcX3fW65q1-cCF9G8nQYc-JUu2uI5HmLujUXtzNWjiEqY2RK0AM8krAaAhhvEALw_ wcB

27. Medit i700 wireless | Medit reimagines the scanning [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.medit.com/dental-clinic-i700wireless?utm_term=medit%20i700&utm_campaign=Search+campaign:+Homepage&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=2123725819&hsa_cam=20528932727&hsa_grp=156244608874&hsa_ad=673157326507&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-1213311114945&hsa_kw=medit%20i700&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcXBTRAl3Lr7_MkLn5jrYcN-jNe4gxhWe2xUNGNYDP4fXQHetP1k8CgaAobwEALw_wcB

28. Planmeca Emerald S | Compact intraoral scanner for capturing digital impressions [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.planmeca.com/cadcam/dental-scanning/planmeca-emerald-s/

29. CEREC Omnicam | Dentsply Sirona [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en-au/categories/cerec/scan-with-cerec.html

30. Virtuo VivoTM | Straumann Group - Straumann Turkey [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://shop.straumann.com/tr/tr_tr/Digital-Solutions/Scanners/Intra-Oral-Scanners/-Virtuo-Vivo%E2%84%A2/Virtuo-Vivo%E2%84%A2/p/base_stmn_virtuovivo/

31. Ercoli F, Tepedino M, Parziale V, Luzi C. A comparative study of two different clear aligner systems. Prog Orthod [Internet]. 2014 May 2 [cited 2024 Mar 9];15(1):1–5. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40510-014-0031-3

32. 3Shape Ortho System — Software Improvement and Changes [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.3shape.com/en/software-updates/ortho-system

33. OrthoCAD Office Installation [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.mycadent.com/UnSecured/Downloads/Technical/OrthoCADOfficeInstallation/OrthoCADOfficeInstallation.html

34. Maestro 3D [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.maestro3d.com/

35. ClinCheck 6.0 | Invisalign Provider [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.invisalign.com/provider/ccpro6.0?

36. eXceed 3D Pro User Instructions. 2022;

37. Home - uLab Systems [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.ulabsystems.com/

38. Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, et al. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. Materials 2021, Vol 14, Page 1799 [Internet]. 2021 Apr 5 [cited 2024 Mar 9];14(7):1799. Available from: https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1799/htm

39. Koenig N, Choi JY, McCray J, Hayes A, Schneider P, Kim KB. Comparison of dimensional accuracy between direct-printed and thermoformed aligners. Korean J Orthod [Internet]. 2022 Jul 7 [cited 2024 Mar 9];52(4):249. Available from: /pmc/articles/PMC9314211/

40. Nakano H, Kato R, Kakami C, Okamoto H, Mamada K, Maki K. Development of Biocompatible Resins for 3D Printing of Direct Aligners. Journal of Photopolymer Science and Technology. 2019 Jun 24;32(2):209–16.

41. Arnold C, Monsees D, Hey J, Schweyen R. Surface Quality of 3D-Printed Models as a Function of Various Printing Parameters. Materials (Basel) [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2024 Mar 9];12(12). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31248083/

42. Chen Y, Li H, Zhai Z, Nakano T, Ishigaki S. Impact of internal design on the accuracy of 3-dimensionally printed casts fabricated by stereolithography and digital light processing technology. Journal of Prosthetic Dentistry. 2023 Sep 1;130(3):381.e1-381.e7.

43. Lee SY, Kim H, Kim HJ, Chung CJ, Choi YJ, Kim SJ, et al. Thermo-mechanical properties of 3D printed photocurable shape memory resin for clear aligners. Scientific Reports 2022 12:1 [Internet]. 2022 Apr 15 [cited 2024 Mar 9];12(1):1–10. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-022-09831-4

44. Taneva E, Kusnoto B, Evans CA. 3D Scanning, Imaging, and Printing in Orthodontics. Issues in Contemporary Orthodontics [Internet]. 2015 Sep 3 [cited 2024 Mar 9]; Available from: https://books.google.com/books/about/Issues_in_Contemporary_Orthodontics.html?hl=tr&id=ommQDwAAQBAJ

45. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. British Dental Journal 2015 219:11 [Internet]. 2015 Dec 11 [cited 2024 Mar 9];219(11):521–9. Available from: https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2015.914

46. ASTM International - Standards Worldwide [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.astm.org/

47. Izdebska-Podsiadły J. Classification of 3D printing methods. Polymers for 3D Printing: Methods, Properties, and Characteristics. 2022 Jan 1;23–34.

48. Ji Y, Luan C, Yao X, Fu J, He Y. Recent Progress in 3D Printing of Smart Structures: Classification, Challenges, and Trends. Advanced Intelligent Systems [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2024 Mar 9];3(12):2000271. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/ doi/full/10.1002/aisy.202000271

49. Daminabo SC, Goel S, Grammatikos SA, Nezhad HY, Thakur VK. Fused deposition modeling-based additive manufacturing (3D printing): techniques for polymer material systems. Mater Today Chem. 2020 Jun 1;16:100248.

50. Ranjan R, Kumar D, Kundu M, Chandra Moi S. A critical review on Classification of materials used in 3D printing process. Mater Today Proc. 2022 Jan 1;61:43–9.

51. Khorasani AM, Gibson I, Veetil JK, Ghasemi AH. A review of technological improvements in laser-based powder bed fusion of metal printers. International Journal of Advanced Manufacturing Technology [Internet]. 2020 May 1 [cited 2024 Mar 9];108(1–2):191–209. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-020-05361-3

52. Štaffová M, Ondreáš F, Svatík J, Zbončák M, Jančář J, Lepcio P. 3D printing and post-curing optimization of photopolymerized structures: Basic concepts and effective tools for improved thermomechanical properties. Polym Test. 2022 Apr 1;108:107499.

53. Wada J, Wada K, Gibreel M, Wakabayashi N, Iwamoto T, Vallittu PK, et al. Effect of 3D Printer Type and Use of Protection Gas during Post-Curing on Some Physical Properties of Soft Occlusal Splint Material. Polymers 2022, Vol 14, Page 4618 [Internet]. 2022 Oct 31 [cited 2024 Mar 9];14(21):4618. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4360/14/21/4618/htm

54. Lim B, Kim D, Song JS, Kim S, Kim H, Shin Y. Influence of Post-Curing in Nitrogen-Saturated Condition on the Degree of Conversion and Color Stability of 3D-Printed Resin Crowns. Dentistry Journal 2024, Vol 12, Page 68 [Internet]. 2024 Mar 6 [cited 2024 Mar 9];12(3):68. Available from: https://www.mdpi.com/2304-6767/12/3/68/htm

55. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. Bioact Mater. 2023 Apr 1;22:384–403.

56. Macrì M, Murmura G, Varvara G, Traini T, Festa F. Clinical Performances and Biological Features of Clear Aligners Materials in Orthodontics. Front Mater [Internet]. 2022 Feb 11 [cited 2024 Jul 1];9:819121. Available from: www.frontiersin.org

57. Ciavarella D, Cianci C, Laurenziello M, Troiano G, De Cillis F, Tepedino M, et al. Comparison of the Stress Strain Capacity between Different Clear Aligners. Open Dent J. 2019 Feb 7;13(1):41–7.

58. Nicita F, D'Amico C, Filardi V, Spadaro D, Aquilio E, Mancini M, et al. Chemical-Physical Characterization of PET-G-Based Material for Orthodontic Use: Preliminary Evaluation of micro-Raman Analysis. Eur J Dent [Internet]. 2024 Mar 22 [cited 2024 Jul 1];18(1):228–35. Available from: http://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0043-1764424

59. 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 [Internet]. 2022 Jan 25 [cited 2024 Mar 9];44(1):51–5. Available from: https://dx.doi.org/10.1093/ejo/cjab022

60. Koenig N, Choi JY, McCray J, Hayes A, Schneider P, Kim KB. Comparison of dimensional accuracy between direct-printed and thermoformed aligners. Korean J Orthod [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2024 Jul 1];52(4):249–57. Available from: https://synapse.koreamed.org/articles/1516079851

61. Fatani E, Alkhamsi HB, Arishi FO, Altaweel SM, Asiri MA, Albuni WW, et al. Impact of Invisalign G-series Updates on Improving Predicted Outcomes: A Retrospective Study. Cureus [Internet]. 2023 Dec 16 [cited 2024 Mar 4];15(12). Available from: /pmc/articles/PMC10788698/

62. Impact of Invisalign G-series Updates on Improving Predicted Outcomes: A Retrospective Study - PMC [Internet]. [cited 2024 Mar 4]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10788698/

63. Invisalign® Clear Aligners & Teeth Straightening | Invisalign.com [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.invisalign.com/

64. ClearCorrect | About the aligners [Internet]. [cited 2024 Mar 4]. Available from: https://www.straumann.com/clearcorrect/en/patients/about-the-aligners.html

65. 3MTM ClarityTM Aligners [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.3m.com/3M/en_US/orthodontics-us/featured-products/clarity-eos/clear-aligners/

66. SureSmile Clear Aligners | Dentsply SironaClear aligner therapy for your perfect smile | SureSmile [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.suresmile.com/en/

67. What is Orthocaps? | The TwinAligner® System, Treatment with orthocaps® clear aligners [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.orthocaps.com/was-is-orthocaps/

68. Byte® | The Better and Faster (At-Home) Invisible Teeth Aligners | Byte® [Internet]. [cited 2024 Mar 9]. Available from: https://www.byte.com/

69. Voudouris JC, Voudouris JD, Nicolay O, Glaser B, Nicozisis J, Theodoridis G, et al. Clear aligners, dentofacial orthopedics, physics and supercorrection prescription biomechanics. A meeting of the minds. Semin Orthod. 2022 Jan 1;27(4):202–58.

70. 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. Orthodontic Waves [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2024 Jul 1];76(4):207–14. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1016/j.odw.2017.09.001

71. 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 2024 Mar 12];85(6):934–40. Available from: https://dx.doi.org/10.2319/091014-637.1

72. Barszczewska-Rybarek IM, Chrószcz MW, Chladek G. Novel Urethane-Dimethacrylate Monomers and Compositions for Use as Matrices in Dental Restorative Materials. International Journal of Molecular Sciences 2020, Vol 21, Page 2644 [Internet]. 2020 Apr 10 [cited 2024 Jul 1];21(7):2644. Available from: https://www.mdpi.com/1422-0067/21/7/2644/htm

73. Moszner N. New Monomers for Dental Application. Macromol Symp [Internet]. 2004 Oct 1 [cited 2024 Jul 1];217(1):63–76. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/masy.200451306

74. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. Dental Materials. 2011 Jan;27(1):29–38.

75. Chen W, Qian L, Qian Y, Zhang Z, Wen X. Comparative study of three composite materials in bonding attachments for clear aligners. Orthod Craniofac Res [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2024 Mar 12];24(4):520–7. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ocr.12465

76. Specifically formulated for aligner attachments GC Aligner ConnectTM Experts in Orthodontics Features • Optimal durability • Excellent aesthetics • High wear resistance • Stain-resistant • Superior handling • Light-cure bonding Bonding Protocol. [cited 2024 Mar 12]; Available from: www.gcorthodontics.eu

77. TPH Spectra® ST universal composite for aligner attachments | Dentsply Sirona USA [Internet]. [cited 2024 Mar 12]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en-us/discover/discover-by-procedure/tph-spectra-st-for-suresmile-attachments.html

78. Kircelli BH, Kilinc DD, Karaman A, Sadry S, Gonul EY, Gögen H. Comparison of the bond strength of five different composites used in the production of clear aligner attachments. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2023 Dec 1;124(6):101481.

79. Karakaş Aydınoğlu A, Ersahan S, Erdem Hepsenoglu Y, Us O, Aydıno A, Erdem Heps Y, et al. A comparison of the effects of incremental and snowplow techniques on the mechanical properties of composite restorations. Article in Australian Dental Journal [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 12]; Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/adj.12982

80. Peroz S, Spies BC, Adali U, Beuer F, Wesemann C. Measured accuracy of intraoral scanners is highly dependent on methodical factors. J Prosthodont Res [Internet]. 2022 [cited 2024 Jun 30];66(2):318–25. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34456211/

81. Yıldız K, Topsakal KG, Duran GS, Görgülü S. Şeffaf Plak Tedavisinde Kullanılan Ataşmanların Hassasiyetine Farklı Viskozitedeki Kompozit Materyallerin Etkisinin İncelenmesi [Uzmanlık]. [Ankara]: Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi; 2023.

82. O'Toole S, Osnes C, Bartlett D, Keeling A. Investigation into the accuracy and measurement methods of sequential 3D dental scan alignment. Dent Mater [Internet]. 2019 Mar 1 [cited 2024 Jun 30];35(3):495–500. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30683418/

83. Dalaie K, Ghaffari S. Importance of Attachments in Treatment with Clear Aligners: A Narrative Review: Attachments in clear aligner therapy (running title). Journal of Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences [Internet]. 2020 [cited 2024 Jun 23];38(1):41–7. Available from: https://journals.sbmu.ac.ir/dentistry/article/view/33729

84. Bellocchio AM, Portelli M, Ciraolo L, Ciancio E, Militi A, Peditto M, et al. Evaluation of the Clinical Variables Affecting Attachment Reproduction Accuracy during Clear Aligner Therapy. Materials (Basel) [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2024 Jun 22];16(20). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37895792/

85. 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. Materials (Basel) [Internet]. 2019 Dec 2 [cited 2024 Jun 22];12(23). Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31810298

86. 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. Journal of Orofacial Orthopedics [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2024 Jun 24];81(1):30. Available from: https://openurl.ebsco.com/contentitem/doi:10.1007%2Fs00056-019-00204-7?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:doi:10.1007%2Fs00056-019-00204-7

87. Ölçer Us Y, Aydınoğlu A, Erşahan, Erdem Hepşenoğlu Y, Sağır K, Üşümez A. A comparison of the effects of incremental and snowplow techniques on the mechanical properties of composite restorations. Aust Dent J [Internet]. 2024 Mar 1 [cited 2024 Jun 24];69(1):40–8. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37814190/

88. Solomon RV, Karunakar P, Priya S, Wahed A, Ranjana H. Cronicon Influence of Sandwich, Snowplow and Injection Molding Modified Composite Lining Strategies on the Microleakage of Class II Proximal Box Cavities.

89. Putrino A, Barbato E, Galluccio G. Clear Aligners: Between Evolution and Efficiency—A Scoping Review. International Journal of Environmental Research and Public Health 2021, Vol 18, Page 2870 [Internet]. 2021 Mar 11 [cited 2024 Jun 30];18(6):2870. Available from: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/2870/htm

90. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. Orthod Craniofac Res [Internet]. 2020 May 1 [cited 2024 Jun 30];23(2):133–42. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ocr.12353

91. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. Angle Orthod [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2024 Jun 30];85(5):881–9. Available from: https://dx.doi.org/10.2319/061614-436.1

92. 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 Sep 1 [cited 2024 Jun 30];91(5):583–9. Available from: https://dx.doi.org/10.2319/063020-598.1

93. Strunga M, Urban R, Surovková J, Thurzo A. Artificial Intelligence Systems Assisting in the Assessment of the Course and Retention of Orthodontic Treatment. Healthcare 2023, Vol 11, Page 683 [Internet]. 2023 Feb 25 [cited 2024 Jun 30];11(5):683. Available from: https://www.mdpi.com/2227-9032/11/5/683/htm

94. Dapeng L. Application of Artificial Intelligence Graphics and Intraoral Scanning in Medical Scenes. Journal of Artificial Intelligence Practice [Internet]. 2023 Aug 7 [cited 2024 Jun 30];6(6):1–12. Available from: http://www.clausiuspress.com/article/8682.html

95. Homsi K, Snider V, Kusnoto B, Atsawasuwan P, Viana G, Allareddy V, et al. In-vivo evaluation of Artificial Intelligence Driven Remote Monitoring technology for tracking tooth movement and reconstruction of 3-dimensional digital models during orthodontic treatment. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2023 Nov 1;164(5):690–9.

96. Alhasyimi AA, Ayub A, Farmasyanti CA. Effectiveness of the Attachment Design and Thickness of Clear Aligners during Orthodontic Anterior Retraction: Finite Element Analysis. Eur J Dent [Internet]. 2024 Mar 22 [cited 2024 Jun 30];18(1):174–81. Available from: http://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0043-1761452

97. Hong K, Kim W, Eghan-Acquah E, Lee J, Lee B, Kim B. Efficient Design of a Clear Aligner Attachment to Induce Bodily Tooth Movement in Orthodontic Treatment Using Finite Element Analysis. Materials 2021, Vol 14, Page 4926 [Internet]. 2021 Aug 30 [cited 2024 Jun 30];14(17):4926. Available from: https://www.mdpi.com/1996-1944/14/17/4926/htm

98. Shaabanmohamed M, Eisa S, El H, Al Hussiny M, Shaaban M, El-Mandouh H, et al. Effect of Bulk- Filling, Snowplow and Injection-Molded Techniques on Nanoleakage of Class II Composite Restorations in Permanent Molars using different etching modes (An in vitro Study). Egypt Dent J [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2024 Jun 24];69(4):3107–18. Available from: https://edj.journals.ekb.eg/article_322095.html

99. Woo H, Jha N, Kim YJ, Sung SJ. Evaluating the Accuracy of Automated Orthodontic Digital Setup Models. Semin Orthod. 2023 Mar 1;29(1):60–7.

100. Doğrugören R. Topsakal KG, Akdeniz BS, Duran GS, Görgülü S. Şeffaf plak mekaniklerinin kök torkuna etkisi [Uzmanlık]. [Ankara]: Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi; 2023.

101. ZEISS Quality Tech Guide [Internet]. [cited 2024 Jun 23]. Available from: https://techguide.zeiss.com/en/zeiss-inspect-2023/article/cmd_alignment_create_by_3_points.html

102. Emir F, Ayyildiz S. Accuracy evaluation of complete-arch models manufactured by three different 3D printing technologies: a three-dimensional analysis. J Prosthodont Res [Internet]. 2021 [cited 2024 Jun 24];65(3):365–70. Available from: https://doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_5791883-1958/

103. Tsolakis IA, Gizani S, Panayi N, Antonopoulos G, Tsolakis AI. Three-Dimensional Printing Technology in Orthodontics for Dental Models: A Systematic Review. Children 2022, Vol 9, Page 1106 [Internet]. 2022 Jul 23 [cited 2024 Jun 30];9(8):1106. Available from: https://www.mdpi.com/2227-9067/9/8/1106/htm

104. Sherman SL, Kadioglu O, Currier GF, Kierl JP, Li J. Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2020 Mar 1;157(3):422–8.

105. Pereira ABN, Almeida RC, Marassi C, Abdo Quintão CC, Carvalho F de AR. Do low-cost 3-dimensional printers produce suitable dental models? American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2022 Jun 1;161(6):858–65.

106. Ryu JH, Kwon JS, Jiang HB, Cha JY, Kim KM. Effects of thermoforming on the physical and mechanical properties of thermoplastic materials for transparent orthodontic aligners. The Korean Journal of Orthodontics [Internet]. 2018 Aug 8 [cited 2024 Jun 30];48(5):316–25. Available from: https://synapse.koreamed.org/articles/1099779

107. Bucci R, Rongo R, Levatè C, Michelotti A, Barone S, Razionale AV, et al. Thickness of orthodontic clear aligners after thermoforming and after 10 days of intraoral exposure: a prospective clinical study. Prog Orthod [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2024 Jun 30];20(1):1–8. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40510-019-0289-6

108. Park SY, Choi SH, Yu HS, Kim SJ, Kim H, Kim KB, et al. Comparison of translucency, thickness, and gap width of thermoformed and 3D-printed clear aligners using micro-CT and spectrophotometer. Scientific Reports 2023 13:1 [Internet]. 2023 Jul 5 [cited 2024 Jun 30];13(1):1–10. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-023-36851-5

109. Scepanovic D, Par M, Attin T, Tauböck TT. Marginal Adaptation of Flowable vs Sonically Activated or Preheated Resin Composites in Cervical Lesions. J Adhes Dent [Internet]. 2022 May 16 [cited 2024 Jun 24];24(1):247–57. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35575657/

110. Topsakal KG, Gökmen Ş, Yurdakurban E, Duran GS, Görgülü S. The effect of layer thıckness on the accuracy of the dıfferent ın-house clear alıgner attachments. Clin Oral Investig [Internet]. 2023 Sep 1 [cited 2024 Jun 29];27(9):5331–41. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37462728/

111. Son K, Lee WS, Lee KB. Effect of Different Software Programs on the Accuracy of Dental Scanner Using Three-Dimensional Analysis. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2021 Aug 2 [cited 2024 Jun 30];18(16). Available from: /pmc/articles/PMC8392431/

112. Li Q, Yang K. Surface wear of attachments in patients during clear aligner therapy: a prospective clinical study. Prog Orthod [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2024 Jun 26];25(1):1–9. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40510-023-00506-y

113. Advances in Manufacturing IV: Volume 4 - Measurement and Control Systems ... - Google Kitaplar [Internet]. [cited 2024 Jun 30]. Available from: https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=Q4f9EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA83&dq=arithmetic+mean+gom+inspect&ots=mB1-IrRJRG&sig=6_J8dNXIkJAfpb3Ey9up_w4jPQc&redir_esc=y#v=snippet&q=aritmetic&f=false

114. Lombardo L, Palone M, Longo M, Arveda N, Nacucchi M, De Pascalis F, et al. MicroCT X-ray comparison of aligner gap and thickness of six brands of aligners: an in-vitro study. Prog Orthod [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2024 Jun 28];21(1):1–12. Available from: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40510-020-00312-w

115. Mantovani E, Castroflorio E, Rossini G, Garino F, Cugliari G, Deregibus A, et al. Scanning electron microscopy analysis of aligner fitting on anchorage attachments. JOURNAL OF OROFACIAL ORTHOPEDICS [Internet]. 2020 Mar 6 [cited 2024 Jun 28];80(2):79–87. Available from: https://iris.unito.it/handle/2318/1738753

116. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ, Roeters J. The influence of varying layer thicknesses on the color predictability of two different composite layering concepts. Dental Materials. 2014 May 1;30(5):493–8.

117. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: A review. Aust Dent J [Internet]. 2004 Sep 1 [cited 2024 Jun 30];49(3):112–21. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1834-7819.2004.tb00059.x

118. Etemad-Shahidi Y, Qallandar OB, Evenden J, Alifui-Segbaya F, Ahmed KE. Accuracy of 3-Dimensionally Printed Full-Arch Dental Models: A Systematic Review. Journal of Clinical Medicine 2020, Vol 9, Page 3357 [Internet]. 2020 Oct 20 [cited 2024 Jun 30];9(10):3357. Available from: https://www.mdpi.com/2077-0383/9/10/3357/htm

119. Peters MCRB, Delong R, Pintado MR, Pallesen U, Qvist V, Douglas WH. Comparison of two measurement techniques for clinical wear. J Dent [Internet]. 1999 [cited 2024 Jun 30];27(7):479–85. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10507203/

120. Besl PJ, McKay ND. A Method for Registration of 3-D Shapes. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 1992;14(2):239–56.

ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı	: Gizem Demir
Doğum Yeri ve Tarihi	:
Uyruğu	:
Medeni Durumu	:
Yabancı Dili	:
E-posta	:

II- Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

1994-1999	Mehmetçik İlkokulu (Gaziantep)
1999-2002	Piri Reis Ortaokulu (Mersin)
2002-2006	İçel Anadolu Lisesi (Mersin)
2006-2011	Gazi Üniversitesi/Diş Hekimliği Fakültesi/Diş Hekimliği (Onur Derecesi)
2012-2015	Gazi Üniversitesi/Diş Hekimliği Fakültesi/Klinik Bilimler Bölümü/Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı/Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalı Tez Adı: Ozonun Ağartma Etkinliğinin Hidrojen Peroksit ve Karbamit Peroksit ile Karşılaştırmalı Olarak İn-Vitro Değerlendirilmesi (2015) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüma Ömürlü
2021- Halen	Sağlık Bilimleri Üniversitesi/Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü/Ortodonti/ Doktora

III- Unvanları (tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru)

Diş Hekimi (2011-2012)

Araştırma Görevlisi (2012-2015)

Uzman Diş Tabibi (2015-Halen)

IV- Mesleki Deneyimi

Diş Hekimi (2011-2012) Özel Sincan Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği

Araştırma Görevlisi (2012-2015) Gazi Üniversitesi, (Kamu)

Uzman Diş Tabibi (2015-2019) Etimesgut Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi

Uzman Diş Tabibi (2019-2021) Sincan İlçe Sağlık Müdürlüğü

Uzman Diş Tabibi (2021-2024) Sağlık Bilimleri Üniversitesi, (Kamu)

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

1. Restoratif Diş Hekimliği Derneği
2. Türk Ortodonti Derneği
3. Türk Aligner Derneği

VI. Bilimsel İlgi Alanları

Yayınları

Makaleler

1. Demir Gizem, Sükut Yağızalp, Duran Gökhan Serhat, Topsakal Kübra Gülnur, Görgülü Serkan (2024). Enhancing systematic reviews in orthodontics: a comparative examination of GPT-3.5 and GPT-4 for generating PICO-based queries with tailored prompts and configurations. European Journal of Orthodontics, 46(2), Doi: 10.1093/ejo/cjae011 (Yayın No: 9020912)
2. Doğrugören Rüveyda, Demir Gizem, Topsakal Kübra Gülnur, Duran Gökhan Serhat, Görgülü Serkan (2023). Analysis of the patient's experiences on the related instagram posts about the orthodontic treatment. Apos Trends in Orthodontics, 13(3), 161-167. Doi: 10.25259/APOS_9_2023 (Yayın No: 8892059)
3. Demir Gizem, Omurlu Huma, Torun Ozgur Yıldırım Ozon Gazı ile Ağartma İşleminin Etkinliğinin ve Renk Bileşenleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi / Evaluation of the Bleaching Effectiveness and the Effects on Color Paramaters of Ozone Gas. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (Yayın No: 6691452)
4. Demir Gizem (2020). Remineralizasyon materyalleri ve teknolojilerine güncel bakış Current overview of remineralization materials and technologies. 7tepe Klinik, 16(1), 81-94., Doi: doi: 10.5505/yeditepe.2020.16023 (Yayın No: 6075224)

5. Alptosunoğlu Esra, Demir Gizem, Yıldırım Gülizar, Özcan Suat, Üçtaşlı Mine Betül, Lassıla Lıppo, Jasmıne Bjelc Donova (2016). İki farklı bulk-fill kompozit rezinin polimerizasyon derinliklerinin mikrosertlik değişimi ile değerlendirilmesi. Dicle Dişhekimliği Dergisi, 17(1), 44- 48. (Kontrol No: 6075229)
6. Demir Gizem, Omurlu Huma (2015). Restoratif Dişhekimliğinde Ozon Tedavileri/ Ozone Therapies in Restorative Dentistry. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 24(3), 158-168., Doi: https://doi.org/10.17567/dfd.37551 (Kontrol No: 6075216)

Bildiriler

1. Demir Gizem, Doğrugören Rüveyda, Topsakal Kübra Gülnur, Duran Gökhan Serhat, Görgülü Serkan (2022). Hipodiverjan Vertikal Anomalilere Sahip Bireylerin Mandibular Trabeküler Kemik Yapılarının Fraktal Analiz Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi. 18. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9020915)
2. Demir Gizem (2024). The Role and Applications of Large Language Models in Orthodontics. 2.Uluslararası Multidisipliner Tıp ve Sağlık Bilimleri Çalışmaları Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9020913)
3. Demir Gizem (2024). Gülümseme Tasarımında Ortodontinin Rolü: Estetik ve Fonksiyonun Buluşma Noktası. 15. Uluslararası Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırmaları Kongresi (UTSAK) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9020914)
4. Demir Gizem (2024). Diş Hekimliği'nde ve Ortodonti'de Crispr-Cas Teknolojisi. 7. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi (Ihslc 2024) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9020916)
5. Demir Gizem (2024). Şeffaf Plaklarda Güncel Yaklaşımlar: Teknolojik İlerlemeler ve Klinik Uygulamalar. 14th International Hippocrates Congress on Medical and Health Sciences (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9020917)
6. Demir Gizem, Doğrugören Rüveyda, Topsakal Kübra Gülnur, Duran Gökhan Serhat, Görgülü Serkan (2021). Gömülü Kanini Palatinal Pozisyonda Olan İskeletsel Sınıf II Vakaların Sella Tursika Boyutlarının Değerlendirilmesi Sivas

Cumhuriyet Üniversitesi 1. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 7347570)

7. Doğrugören Rüveyda, Demir Gizem, Topsakal Kübra Gülnur, Duran Gökhan Serhat, Görgülü Serkan (2022). Instagram'da Paylaşılan Şeffaf Plak Tedavisi ile İlgili Hasta Deneyimlerinin Değerlendirilmesi. 1.Uluslararası Türk Aligner Derneği Bilimsel Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8290887)
8. Doğrugören Rüveyda, Demir Gizem, Topsakal Kübra Gülnur, Duran Gökhan Serhat,Görgülü Serkan (2021). Gömülü Kanini Palatinal Pozisyonda Olan İskeletsel Sınıf Iıı Vakaların Sella Tursika Boyutlarının Değerlendirilmesi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi 1. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 7347594
9. Çoban Sümeyye, Aydoğan Müge, Demir Gizem, Özcan Suat (2020). Metal Destekli Seramik Restorasyona Sahip Bir Dişin Estetik Rehabilitasyonu. 1. genç akademisyenler kongresi (özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075478)
10. Demir Gizem, Yurdagül Sabiha Zeynep, Üçtaşlı Mine Betül, Deniz Arısu Hacer (2020). Seramik Kalınlığının Adeziv ve Self Adeziv Rezin Simanın Mikrosertliğine Etkisi. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Genç Akademisyenler Kongresi, 37, 46-46. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 6874307)
11. Demir Gizem, Kılıç Songül, Çöltekin Esin, Yıkıcı Cansu, Üçtaşlı Mine Betül, Özcan Suat (2019). Kompozit Rezin Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Renk Değişikliğinin Değerlendirilmesi. Restoratif Diş Hekimliği 23. Uluslararası Bilimsel Kongresi, Antalya-Türkiye, 6-8 Aralık 2019 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 5810824
12. Kılıç Songül, Demir Gizem, Üçtaşlı Mine Betül (2019). Cad/Cam Teknolojisi ile Maksiller Anterior Dişlerin Restorasyonu. Türk Diş Hekimleri Derneği Kongresi (2019, İstanbul, Türkiye) (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075234)
13. Alptosunoğlu Esra, Boztaş Gizem, Yıldırım Gülizar, Özcan Suat, Üçtaşlı Mine Betül, Lassila Lippo, Bijelic Donova Jasmine (2015). Comparison of Microhardness and Curing Depth of Two Bulkfill Dentin Materials. IADR General Session Boston USA (/) (Yayın No: 1599295)

14. Demir Gizem, Omurlu Huma (2014). Aynı hastada çürük nedeniyle kron harabiyeti olan vital dişlerin kompozit restorasyonlarla ve kök kanal tedavili dişlerin fiber post-zirkonya kronlarla estetik rehabilitasyonu. Uluslararası Restoratif Dişhekimliği Derneği Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075173)
15. Yıldırım Gülizar, Alptosunoğlu Esra, Demir Gizem, Üçtaşlı Mine Betül, Üçtaşlı Sadullah (2015). Effect of Flowable Composite Resin Materials Induced by Light Emitting Diode (LED) Curing Unit through Ceramic Material. CED/IADR Continental European and Scandinavian Divisions Meeting (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075183)
16. Demir Gizem, Omurlu Huma, Torun Ozgur Yıldırım (2015). Evaluation of Ozone, Carbamideperoxide and Hydrogen-peroxide on Bleaching Efficacy. CED/IADR Continental European and Scandinavian Divisions Meeting (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 6075185)
17. Yıldırım Gülizar, Demir Gizem, Alptosunoplu Esra, Özcan Suat, Bala Oya, Omurlu Huma (2014). Polidiastema olgularının kompozit rezin uygulanarak estetik rehabilitasyonu: Olgu sunumu. 20.Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075169)
18. Yıldırım Gülizar, Demir Gizem, Alptosunoğlu Esra, Özcan Suat, Bala Oya, Ömürlü Hüma (2014). Polidiastema Olgularının Kompozit Rezin Uygulanarak Estetik Rehabilitasyonu Olgu Sunumu. TDB 20. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi (/) (Yayın No: 1599165)
19. Demir Gizem, Omurlu Huma, Özcan Mustafa (2014). Persiste süt dişlerinin gingivektomi ve kompozit veneer ile estetik rehabilitasyonu: Olgu sunumu. 20.Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075162)
20. Demir Gizem Omurlu Huma (2019). Endodontik Tedavili Molar Dişin CAD/CAM Sistemi Kullanarak Endokuron ile Restorasyonu. Çürümeden Koru Sempozyumu (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075195)
21. Erol Şebnem, Demir Gizem, Odabaşıoğlu Duran, Omurlu Huma, Özdemir Yaprak Arzu (2015). Evaluation of Adult Oral Health and Aesthetic Attitudes. IADR/ AADR/CADR General Session (2015, Boston, MA, USA) (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075177)

22. Alptosunoğlu Esra, Demir Gizem, Yıldırım Gülizar, Özcan Suat, Üçtaşlı Mine Betül (2015). Comparision of Microhardness and Curing Depth of Two Bulk-Fill Dentin Materials. IADR/ AADR/ CADR General Session (2015, Boston, MA, USA) (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 6075180)

VII- Bilimsel Etkinlikleri

Ödüller

Dentsply Sirona ile Bütünsel Yaklaşımlar Vaka Sunumu, Dentsply Sirona Türkiye, 2019

Restoratif Diş Tedavisi alanında 1.lik,

Genel alan 3.lük

Projeleri

Restoratif Diş Tedavisinde Kullanılan Snow-Plow Tekniğinin, Şeffaf Plak Tedavisinde Ataşman Yapımındaki Etkinliğinin Değerlendirilmesi, Yükseköğretim Kurumları Tarafından Destekli Bilimsel Araştırma Projesi, Yürütücü; Serkan Görgülü, Araştırmacı; Gökhan Serhat Duran, Araştırmacı; Kübra Gülnur Topsakal, Araştırmacı; Gizem Demir, 19/02/2024 – 18/02/2025 (Ulusal)

VIII-Diğer Bilgiler

Eğitim programı haricinde aldığı kurslar ve katıldığı eğitim seminerleri

1. Eğiticilerin Eğitimi Lisansüstü Tez Danışmanlığı Eğitimi,
   Gazi Üniversitesi, Sertifika, 12.11.2019-12.11.2019 (Ulusal) 288754
2. Deney Hayvanları Uygulama ve Etik, Deney Hayvanları Uygulama Ve Etik Kursu Xv: Gazi Üniversitesi, Sertifika, 03.06.2014-11.06.2014 (Uluslararası)

Organizasyonunda katkıda bulunduğu bilimsel toplantılar

1. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Genç Akademisyenler Kongresi, Grand Ankara Hotel, Kongre Düzenleme, 20.02.2020- 21.02.2020 (Ulusal)