

T.C.  
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**ADEZİV KAPLI SERAMİK BRAKETLER İLE  
GELENEKSEL SERAMİK BRAKETLERİN  
MİKROSIZINTI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI:  
BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ÇALIŞMASI**

UZMANLIK TEZİ  
Gökay ÜSTDAL

**Danışman**  
Dr.Öğr.Üyesi Eyüp Burak KÜÇÜK

**HATAY-2019**

T.C.  
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**ADEZİV KAPLI SERAMİK BRAKETLER İLE  
GELENEKSEL SERAMİK BRAKETLERİN  
MİKROSIZINTI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI:  
BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ÇALIŞMASI**

UZMANLIK TEZİ  
Gökay ÜSTDAL

**Danışman**  
Dr.Öğr.Üyesi Eyüp Burak KÜÇÜK

Bu tez, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından  
17.U.001 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

**HATAY-2019**

## **Kabul ve Onay**

T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

### **ADEZİV KAPLI SERAMİK BRAKETLER İLE GELENEKSEL SERAMİK BRAKETLERİN MİKROSIZINTI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI: BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ÇALIŞMASI**

UZMANLIK TEZİ

Gökay ÜSTDAL

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 25/03/2019 günü sözlü olarak yapılan tez savunma sınavında oyçokluğu/oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Tez Jürisi:**

**Jüri başkanı:**

Üye:

Üye:

Bu tez, Dekanlığımız Ortodonti Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

25/03/2019

Prof.Dr. Nizami DURAN

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

## TEŞEKKÜR

Ortodonti uzmanlık eğitimimde ve tezimin hazırlanmasında tecrübe, bilgi, zaman ve desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli tez danışmanı hocam Dr.Öğr.Üyesi Eyüp Burak KÜÇÜK'e,

Ortodonti uzmanlık eğitimim boyunca pek çok şey öğrendiğim, klinik ve akademik deneyimlerini her zaman esirgemediğim bizimle paylaştığı değerli hocam Dr.Öğr.Üyesi Fundagül BİLGİÇ ZORTUK'a,

Dört yıl boyunca beraber çalıştığımız araştırma görevlisi arkadaşlarıma,  
Mesai arkadaşlığı yaptığımız teknisyen, sekreter ve tüm personel arkadaşlarımıza,  
Diş hekimliğinde uzmanlık tezimi destekleyen Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Tez araştırmam sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda emeği geçen Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Baş Hekimi Doç. Dr. Hasan Önder GÜMÜŞ'e ve araştırma laboratuvarı sorumlusu Hasan EKEER'e,

Bana her zaman, tüm fedakarlığıyla destek olan sevgili annem Nurgül ÜSTDAL'a,  
ağabeyim Vet. İlkay ÜSTDAL'a,

Hayatım boyunca pek çok şey öğrendiğim, en büyük öğretmenim ve idolüm, babam Prof.Dr. Kaplan Muzaffer ÜSTDAL'a,

Önce “diş hekimi” sonra da “ortodontist” olmak için ilham aldığım, ablam Dr.Öğr.Üyesi Ayça ÜSTDAL GÜNEY'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
ÖZET	X
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Çağdaş Ortodontik Sabit Apareyler	3
2.1.1 Çağdaş Edgewise Tekniği	3
2.1.1.1 Straight-Wire Apareyler	4
2.2 Ortodontik Braketler	5
2.2.1 Metal Braketler	5
2.2.2 Plastik Braketler	5
2.2.3 Kompozit Braketler	5
2.2.4 Seramik Braketler	6
2.3 Tabanı Adezivle Kaplı Braketler	6
2.3.1 Flash-Free Braketler	7
2.4 Diş Yüzeyine Braket Yapıştırımda Kullanılan Adezivler	7
2.4.1 Kimyasal Yolla Sertleşen Adezivler	8
2.4.2 Işıklı Sertleşen Adezivler	8
2.4.3 Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıklı Sertleşen Adezivler	8
2.5 Ortodontik Bonding	8
2.5.1 Diş Yüzeyinin Temizlenmesi	9
2.5.2 Minenin Hazırlanması	9
2.5.3 Sealing	10
2.5.4 Bonding	11
2.5.4.1 Braketin Transferi	11
2.5.4.2 Braketin Pozisyonlanması	11
2.5.4.3 Braketin Uyumlanması	12
2.5.4.5 Adeziv Artıklarının Uzaklaştırılması	12
2.6 Beyaz Nokta Lezyonları	12
2.6.1 Ortodontik Tedaviyle İlişkili Beyaz Nokta Lezyonları	13
2.7 Adeziv Materyallerde Mikrosızıntı	14
2.7.1 Mikron Seviyesinde Sızıntı (Bakteriyel Mikrosızıntı)	14
2.7.2 Submikron Seviyesinde Sızıntı (Nanosızıntı)	15
2.7.3 Mikrosızıntı Oluşumu	15
2.7.4 Ortodontide Mikrosızıntı	15
2.7.5 Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri	16
2.7.5.1 Hava Basıncı Yöntemi	16
2.7.5.2 Sıvı Filtrasyon Yöntemi	17
2.7.5.3 Elektrokimyasal Yöntem	17

2.7.5.4 Nötron Aktivasyon Yöntemi	18
2.7.5.5 Bakteriyel Yöntem	18
2.7.5.6 Radyoizotop Yöntemi	19
2.7.5.7 Boya Penetrasyon Yöntemi	20
2.7.5.8 Metal Çözeltileri Yöntemi	21
2.7.5.9 Üç Boyutlu Yöntemler	22
2.8 Mikro Bilgisayarlı Tomografi	23
2.9 İn Vitro Deneylerde Kullanılan Yaşlandırma Yöntemleri	25
2.9.1 Depolama ile Yaşlandırma	25
2.9.2 Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma	25
2.9.3 Termal Siklus ile Yaşlandırma	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1 Çalışmada Kullanılacak Örnek Sayısının Belirlenmesi	27
3.2 Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçilmesi	27
3.3 Diş Örneklerinin Hazırlanması ve Saklanması	27
3.4 Deneyde Kullanılan Clarity™ Advanced Seramik Braketler	28
3.5 Deneyde Kullanılan Yapıştırıcılar	28
3.5.1 APC™ Flash-Free	28
3.5.2 APC™ PLUS	29
3.5.3 Transbond™ XT	30
3.5.4 Opal® Seal™ ve Opal® Bond™ MV	30
3.5.5 Blugloo™	31
3.6 Deney Gruplarının Oluşturulması	31
3.7 Bonding Prosedürü	32
3.8 Termal Siklus	33
3.9 Sızıntı İşleminin Gerçekleştirilmesi	34
3.10 Mikro Bilgisayarlı Tomografi İncelemesi	34
3.11 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Analize Hazırlanması	35
3.12 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Analizi	36
3.13 İstatistiksel Analiz	39
4. BULGULAR	40
4.1 Gruplar Arası Değerlendirmeler	40
4.1.1 Üç Boyutlu Analiz Bulguları	40
4.1.1.1 Yapıştırıcı Hacmi Analizi	40
4.1.1.2 Mikrosızıntı Hacmi Analizi	41
4.1.1.3 Mikrosızıntı Hacmi/Yapıştırıcı Hacmi (%) Oranı Analizi	43
4.1.1.4 Yapıştırıcı Yüzey Alanı Analizi	45
4.1.1.5 Mikrosızıntı Yüzey Alanı Analizi	46
4.1.2 İki Boyutlu Analiz Bulguları	48
4.2 Grup İçi Değerlendirmeler	54
4.2.1 Üç Boyutlu Analiz Bulguları	54
4.2.2 İki Boyutlu Analiz Bulguları	55
4.3. İki Boyutlu ve Üç Boyutlu Analizler Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi	57
4.3.1. Yapıştırıcı Hacmi Korelasyonu	57
4.3.2. Mikrosızıntı Hacmi Korelasyonu	58
4.3.3. Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%) Korelasyonu	58
4.3.4. Yapıştırıcı Yüzey Alanı Korelasyonu	59

4.3.5. Mikrosızıntı Yüzey Alanı Korelasyonu	59
5. TARTIŞMA	61
5.1 Kullanılan Gereç ve Yöntemin Tartışması	61
5.2 Bulguların Tartışması	70
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	76
7. KAYNAKLAR	77
EKLER	87
EK-1	87
ÖZGEÇMİŞ	90



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 2.1. APC™ II Adhesive Coated Appliance System ve APC™ PLUS Adhesive Coated Appliance System braketleri.....	6
Şekil 2.2. APC™ Adhesive Coated Appliance System Flash-Free braketleri.....	7
Şekil 2.3. Bilgisayarlı tomografi (BT).....	23
Şekil 2.4. Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT).....	24
Şekil 2.5. Termal siklus cihazı.....	26
Şekil 3.1. Clarity™ Advanced (3M™) seramik braketleri.....	28
Şekil 3.2. APC™ Flash-Free Adeziv’de kullanılan dokusuz ağsı yapının büyütülmüş görüntüsü.....	29
Şekil 3.3. APC™ Flash-Free adeziv kaplı braket.....	29
Şekil 3.4. APC™ PLUS adeziv kaplı braket.....	30
Şekil 3.5. 3M™ Transbond™ XT.....	30
Şekil 3.6. Opal® Seal™ ve Opal® Bond™ MV.....	31
Şekil 3.7. ORMCO Blugloo™.....	31
Şekil 3.8. Çalışmada uygulanan bonding prosedürü.....	33
Şekil 3.9. Örneklerin termal siklusa tabi tutulması.....	34
Şekil 3.10. Örneklerin Skyscan 1272 Mikro-BT sistemi ile taranması.....	35
Şekil 3.11. NRecon (1.7.4.2 SkyScan, Kontich, Belgium) programında görüntünün analize hazırlanması.....	36
Şekil 3.12. Ham görüntü sayfası (raw images page), aktif inceleme alanı tesbiti.....	37
Şekil 3.13. Bölgesel ayrıştırma (Region of Interest).....	37
Şekil 3.14. Siyah-beyaz görüntü sayfası (binary page).....	38
Şekil 3.15. Özel işlemler sayfası (custom processing).....	38
Şekil 4.1. Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> ) 3D analiz sonuçları.....	41
Şekil 4.2. Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> ) 3D analiz sonuçları.....	43
Şekil 4.3. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%) 3D analiz sonuçları.....	45
Şekil 4.4. Yapıştırıcı yüzey alanı (mm <sup>2</sup> ) 3D analiz sonuçları.....	46
Şekil 4.5. Mikrosızıntı yüzey alanı (mm <sup>2</sup> ) 3D analiz sonuçları.....	48
Şekil 4.6. Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> ) 2D analiz sonuçları.....	50
Şekil 4.7. Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> ) 2D analiz sonuçları.....	51
Şekil 4.8. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%) 2D analiz sonuçları.....	52
Şekil 4.9. Yapıştırıcı yüzey alanı (mm <sup>2</sup> ) 2D analiz sonuçları.....	53
Şekil 4.10. Mikrosızıntı yüzey alanı (mm <sup>2</sup> ) 2D analiz sonuçları.....	53



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 3.1. Deney grupları.....	32
Çizelge 4.1. Yapıştırıcı hacminin ( $\text{mm}^3$ ) 3D bulguları.....	40
Çizelge 4.2. Mikrosızıntı hacminin ( $\text{mm}^3$ ) 3D bulguları.....	42
Çizelge 4.3. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranının 3D bulguları.....	43
Çizelge 4.4. Yapıştırıcı yüzey alanının ( $\text{mm}^2$ ) 3D bulguları.....	45
Çizelge 4.5. Mikrosızıntı yüzey alanının ( $\text{mm}^2$ ) 3D bulguları.....	47
Çizelge 4.6. 2D analiz bulguları.....	49
Çizelge 4.7. Okluzal ve gingival bölgelerin 3D bulgularının grup içi karşılaştırmaları.....	54
Çizelge 4.8. Okluzal ve gingival bölgelerin 2D bulgularının grup içi karşılaştırmaları.....	56
Çizelge 4.9. Yapıştırıcı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon.....	58
Çizelge 4.10. Mikrosızıntı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon.....	58
Çizelge 4.11. Mikrosızıntı/yapıştırıcı hacmi oranı 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon.....	59
Çizelge 4.12. Yapıştırıcı yüzey alanı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon.....	59
Çizelge 4.13. Mikrosızıntı yüzey alanları 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon.....	60

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>*</b>	: P<0,05
<b>%</b>	: Yüzde
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>&lt;</b>	: 'den küçüktür
<b>&gt;</b>	: 'den büyüktür
<b>2D</b>	: Two-dimensional (2 boyutlu)
<b>3D</b>	: Three-dimensional (3 boyutlu)
<b>APC</b>	: Adhesive precoated (Tabanı adezivle kaplı)
<b>Bis-GMA</b>	: Bisfenol-glisidilmetakrilat
<b>BMP</b>	: Bit Map Picture
<b>BT</b>	: Bilgisayarlı tomografi
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>DICOM</b>	: Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>Kv</b>	: Kilo-volt
<b>LED</b>	: Light-emitting diode
<b>µA</b>	: Mikroamper
<b>Mikro-BT</b>	: Mikro Bilgisayarlı Tomografi
<b>µm</b>	: Mikrometre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mm<sup>2</sup></b>	: Milimetre kare
<b>mm<sup>3</sup></b>	: Milimetre küp
<b>Mn</b>	: Manganez
<b>Mp</b>	: Megapiksel
<b>Nm</b>	: Nanometre
<b>P</b>	: İstatistiksel anlamlılık
<b>ROI</b>	: Region of Interest
<b>SD</b>	: Standart sapma
<b>SEM</b>	: Scanning Electron Microscope
<b>SPSS</b>	: Statistical Package for the Social Sciences
<b>TEGDMA</b>	: Trietilen glikol dimetakrilat

## ÖZET

### **Adeziv Kaplı Seramik Braketler ile Geleneksel Seramik Braketlerin Mikrosızıntı Açısından Karşılaştırılması: Bir Mikro Bilgisayarlı Tomografi Çalışması**

**Giriş ve Amaç:** Ortodontik braketlerin diş yüzeyine yapıştırılması için genellikle ışıkla sertleşen adezivler kullanılmaktadır. Işıkla sertleşen adezlerin polimerizasyon büzülmesi, braket ile mine arasında mikro boşluklar oluşumuna yol açar. Bu boşluklarda meydana gelecek oral sıvıların ve bakterilerin mikrosızıntısı çürük başlangıçlarına ve braket mine arasındaki bağın zayıflamasına neden olabilir. Bu çalışmanın amacı, yeni nesil tabanı adeziv ile kaplanmış braket sistemlerinin ve geleneksel bonding sistemleri ile yapıştırılmış konvansiyonel braketlerin altındaki mikrosızıntının değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmada kırk adet, ortodontik nedenle, yeni çekilmiş insan maksiller premolar dişi kullanılmıştır. Dişler rastgele beş gruba ayrılmıştır ve her grupta sekiz diş vardır. Grup isimleri, kullanılan ürüne göre; APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo olarak belirlenmiştir. Gruplara göre, tabanı adezivle kaplı ve konvansiyonel braket sistemlerinin, belirlenen adeziv ajanlarla diş yüzeylerine yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Altı aylık ağız içi çevreyi simule etmek üzere bütün dişler 5 bin siklus 5 °C ve 55 °C arasında 30 saniye bekleme süresiyle termal sıklusa tabi tutulmuştur. Mikrosızıntıyı görüntülemek ve ölçmek için mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılmıştır. Çalışma verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinde normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında ise Wilcoxon Signed Ranks testi kullanılmıştır. Anlamlılık  $p < 0,05$  düzeyinde değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Yapılan üç boyutlu analizler sonucu; gruplar arasında toplam mikrosızıntı hacmi ( $\text{mm}^3$ ), mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranı ve mikrosızıntı alanı ( $\text{mm}^2$ ) açısından

istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p < 0,05$ ). Blugloo grubunda ölçülen toplam mikrosızıntı hacmi ( $\text{mm}^3$ ), mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranı ve mikrosızıntı alanı ( $\text{mm}^2$ ); APC Flash Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında toplam mikrosızıntı hacmi ( $\text{mm}^3$ ), mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranı ve mikrosızıntı alanı ( $\text{mm}^2$ ) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ). Yapılan grup içi değerlendirmede tüm gruplar için, okluzal ve gingival mikrosızıntı hacmi ( $\text{mm}^3$ ), mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranı ve mikrosızıntı alanı ( $\text{mm}^2$ ) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p > 0,05$ ).

**Sonuç:** Tabanı adezivle kaplı APC™ Flash-Free braketler, Transbond™ XT ile yapıştırılan konvansiyonel muadiliyle karşılaştırıldığında mikrosızıntı miktarı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Blugloo™ ile yapıştırılmış braketler ise diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı seviyede daha az mikrosızıntı göstermektedir. Braketlerin gingival ve okluzal bölgelerinin mikrosızıntı açısından farklı olmadığı bulunmuştur. Çalışmamızda kullandığımız mikro-BT yöntemi; mikrosızıntıyı belirlemede güçlü ve uygulanabilir bir tekniktir. Görüntülerin üç boyutlu olarak elde edilebilmesi ve hacim hesaplarının üç boyutlu olarak yapılabilmesi, mikrosızıntı miktarının ölçülmesinde bu tekniği diğer tekniklerden üstün kılar.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrosızıntı, Mikro Bilgisayarlı Tomografi, Tabanı Adezivle Kaplı Braketler.

## ABSTRACT

### **Comparison of Microleakage under Adhesive Precoated Ceramic Brackets and Conventional Ceramic Brackets: A Microcomputed Tomography Study**

**Introduction and Aim:** Generally light cure adhesives are used for establishing a reliable bond between an orthodontic bracket and the enamel. The polymerization shrinkage of the light cure adhesive leads to gap formation between the material and the enamel. Microleakage of oral fluids and bacteria in this gap can cause to development of white spot lesions and can reduce shear bond strength. The aim of this study is to evaluate and compare microleakage under the new generation adhesive coated bracket systems and conventional brackets bonded with conventional bonding systems.

**Material and Method:** For this study, forty freshly extracted (for orthodontic reasons) human maxillary premolar teeth were used. The teeth were randomly divided into five groups and each group had eight teeth. Group names were determined as; APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT, Opal Bond MV and Blugloo. According to the groups, adhesive coated and conventional bracket systems were bonded to the tooth surfaces with the specified adhesive agents. To simulate a six-month oral environment, all teeth were subjected to a thermal cycle of 5000 cycles of 5 °C to 55 °C with a 30-second period. Micro computed tomography (micro-CT) was used to view and measure the microleakage. The Kruskal Wallis test was used to compare the parameters that did not show normal distribution in the statistical evaluation of the study data, and the Mann Whitney U test was used for the determination of the group that caused the difference. Wilcoxon Signed Ranks test was used for intragroup comparisons of non-normally distributed parameters. Significance was evaluated at  $p < 0,05$ .

**Results:** As a result of three dimensional analysis; there was a significant difference ( $p < 0,05$ ) between the groups in total microleakage volume ( $\text{mm}^3$ ), microleakage volume/adhesive volume (%) ratio and microleakage surface area ( $\text{mm}^2$ ). Total microleakage volume ( $\text{mm}^3$ ), microleakage volume/adhesive volume (%) ratio and microleakage surface area ( $\text{mm}^2$ ) measured in Blugloo group was found significantly lower

( $p < 0,05$ ) versus to; APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT and Opal Bond MV groups. There was no significant difference in total microleakage volume ( $\text{mm}^3$ ), microleakage volume/adhesive volume (%) ratio and microleakage surface area ( $\text{mm}^2$ ) among the other groups ( $p > 0,05$ ). There was no statistically significant difference in microleakage volume ( $\text{mm}^3$ ), microleakage volume/adhesive volume (%) ratio and microleakage area ( $\text{mm}^2$ ) in comparison of occlusal and gingival regions ( $p > 0,05$ ).

**Conclusion:** Adhesive precoated APC™ Flash-Free brackets were not shown a significant difference in the amount of microleakage compared to their conventional equivalent (Transbond™ XT). The Blugloo adhesive group was shown less microleakage than the other groups and the difference was statistically significant. When the occlusal area and gingival area were compared, the microleakage volume was not different. The micro-CT method used in our study; is a powerful and applicable technique for determining microleakage. The ability to obtain images in 3D and volume calculations in three dimensions make this technique superior to other techniques in measuring the amount of microleakage.

**Keywords:** Microleakage, Micro Computed Tomography, Adhesive Precoated Brackets.

# 1. GİRİŞ

Ortodontide bonding bir terim olarak braketlerin mine yüzeyine yapıştırılma işlemidir. Sabit apareylerle tedavinin ilk aşaması olan bu işlem tedavi sonucunun kalitesini de etkilemektedir. Doğru teknik ve ajanlar kullanılmadan yapılan bonding, tedavi sürecinde tekrar eden braket kopmalarına, yetersiz seviyelemeye ve mine-adeziv materyali arasındaki mikrosızıntı sonucunda beyaz nokta lezyonlarının oluşmasına yol açabilmektedir.<sup>1, 2</sup> Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için firmalar yeni ve daha güçlü yapıştırma ajanları üretmek için çaba gösterirken, ortodonti uzmanları da bonding uygulamasında yeni teknikler geliştirmektedir.

Ortodontik braket ile mine arasında güvenilir bir bağ oluşturmak için popüler bir yöntem; ışıkla sertleşen adeziv kullanmaktır. Işıkla sertleşen adeziv ile ilişkili polimerizasyon büzülmesi, materyal ile mine arasında boşluk oluşumuna yol açar.<sup>3</sup> Metakrilatların polimerizasyon büzülmesiyle oluşan mikrosızıntı, adeziv materyal-mine yüzeyleri ve/veya adeziv materyal-braket arasında gözlemlenebilir. Bu bölgede ortaya çıkan mikrosızıntı, adeziv materyali çözerek mikro boşluklara neden olabilecek ve mine yüzeyinin demineralize olmasına neden olabilecek bakterilerin, oral sıvıların, moleküllerin veya iyonların geçmesine izin verebilir.<sup>1</sup> Ortodontik braket altındaki oral sıvıların ve bakterilerin mikrosızıntısı beyaz nokta lezyonlarının gelişimine katkıda bulunur ve braketlerin diş yüzeyine bağlanma kuvvetini azaltabilir.<sup>1, 2</sup> Ayrıca mikrosızıntı, ortodontik bonding ve banding ajanlarının fiziksel özelliklerini daha da kötüleştirebilir. Polimerizasyon büzülmesi miktarı yapıştırıcıdan yapıştırıcıya değişir ve dolgu maddesinin miktarı, seyrelticiler ve monomer dönüşüm yüzdesine bağlıdır.<sup>3</sup>

Ortodontik braket altındaki mikrosızıntı, farklı braket sistemleri<sup>1, 4</sup>, polimerizasyon cihazları<sup>3, 5, 6</sup>, yapıştırma yöntemleri<sup>7-9</sup> ve yapıştırıcılar<sup>1, 2, 10</sup> kullanılarak kapsamlı olarak incelenmiştir. Ne yazık ki klinisyenler arasında, hangi yapıştırma metodu ve materyalin daha az miktarda mikrosızıntıya izin verdiğine dair çok az bir mutabakat vardır.<sup>11</sup>

Tabanı adezivle kaplı (adhesive precoated-APC) braketlerin geleneksel ışıkla sertleştirilmiş sistemlere kıyasla öne sürülen avantajları; yeterli kalitede ve miktarda adezivin kullanılması, daha hızlı bonding ve daha kolay temizlemeyi içerir.<sup>12</sup> Bu sistemlerin bağ kuvvetini arttırdığı ve klinik başarısızlığı azalttığı da belirtilmektedir.<sup>13</sup> 3M Unitek

(Monrovia, California) tarafından geliştirilen APC™ Flash-Free Adhesive Coated Appliance System; polipropilen dokusuz (nonwoven) ağ (mesh) üzerine uygulanan düşük viskoziteli rezin içeren tek tek paketlenmiş braketleri kullanır; bunun da uygulama sonrası rezin temizleme ihtiyacını ortadan kaldırdığı ve mikrosızıntıyı azaltmak için bir kapama oluşturduğu öne sürülmektedir.<sup>11</sup> Bu braket sisteminin in vitro çalışmalarda geleneksel bağlanma sistemleri ile karşılaştırıldığında yeterli bağ gücü sağladığı<sup>8, 14</sup>, bonding süresini ve mikrosızıntıyı azalttığı<sup>14, 15</sup> belirtilmektedir.

Mikrosızıntıyı görüntülemek ve ölçmek için; sıkıştırılmış hava, nötron aktivasyon analizi, geri dönüşümlü radyoaktif adsorpsiyon, radyoizotoplar, elektrokimyasal metod, taramalı elektron mikroskopu, bakteri aktivitesi, boya penetrasyonu ve mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) gibi çeşitli in vitro yöntemler kullanılmıştır.<sup>16-18</sup> Bununla birlikte, mikro-BT teknolojisi, incelenecek numuneden elde edilen kesitlerde değerlendirme yapılan iki boyutlu (2D) yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sağlamaktadır. Mikro-BT'nin geliştirilmesiyle araştırmacılar, dental restoratif materyallerin mikrosızıntılarını üç boyutlu (3D) görüntü analizi ile belirlediler.<sup>18</sup> Yapılan çalışmalar ile mikro-BT'nin polimerizasyon büzülmesini ve mikrosızıntıyı belirlemede güçlü ve uygulanabilir bir teknik olduğu kanıtlanmıştır.<sup>19</sup>

Bu çalışmanın amacı, yeni nesil tabanı adeziv ile kaplanmış seramik braket sistemlerinin ve farklı markalara ait adezivlerle yapıştırılmış geleneksel seramik braketlerin altındaki mikrosızıntının, termal siklus işlemi sonrası mikro bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesidir.



## 2. GENEL BİLGİLER

Sabit ortodontik tedavinin tarihçesi 1900’lü yılların başında Edward H. Angle’ın ortodonti okulundaki öğretilerine dayanmaktadır. Okulun kurucusu olan E. H. Angle vakalarını diş çekmeden, maksiller genişletme ile tedavi ederek bir akım başlatmış ancak bu yaklaşımı uzun süre kabul görmeyerek yerini gerektiğinde diş çekiminin de yapıldığı farklı tedavi yöntemlerine bırakmıştır. Ortodonti tarihindeki farklı tedavi akımları gibi; kullanılan ataşman ve yapıştırma sistemleri de zaman içinde hem değişmiş hem de çok geliştirilmiştir. Bu sayede günümüz ortodontisi hastalar ve hekimler açısından oldukça etkili ve eğlenceli bir tedavi olmakta ve popülaritesi de gün geçtikçe artmaktadır.

### 2.1 Çağdaş Ortodontik Sabit Apareyler

Edward Angle’ın “modern ortodontinin babası” olarak kabul edilmesinin nedeni sadece ortodontik anomalilerin sınıflandırmasını yapmış olması ve diagozdaki katkısı nedeniyle değil aynı zamanda yeni ortodontik aparey sistemleri geliştirmesindedir. Birkaç istisna ile birlikte çağdaş ortodontide kullanılan sabit apareylerin tasarımı 20. yüzyılın başlarında Angle tarafından yapılan dizaynlara dayanır. Angle dört ana aparey sistemi geliştirmiştir. Bunlar; E-ark, pin-tüp, ribbon ark ve edgewise sistemleridir.<sup>20</sup>

Çağdaş sabit apareyler, ağırlıklı olarak edgewise aparey sisteminin varyasyonlarıdır. Günümüz sabit aparey sistemleri edgewise sisteminin yanı sıra Begg apareyinden de ilham almıştır. Bununla birlikte çağdaş apareylerde bitirme safhasında köşeli tellerin kullanımı yaygındır.<sup>20</sup>

#### 2.1.1 Çağdaş Edgewise Tekniği

Begg apareyi 1960’larda edgewise apareyinden daha etkili olmasından dolayı yaygınlaşarak popüler oldu, çünkü bu dönemde klinisyenler daha az zaman harcayarak aynı sonuçları elde edebiliyordu. Edgewise tekniğindeki gelişmelerle birlikte bu denge tersine döndü. Çağdaş edgewise apareyi, köşeli slot içinde köşeli ark telinin temel prensiplerini korurken, braket tabanı ve gövdesine dışın bireysel olarak ihtiyacı olan temel aç ve eğimlerin eklenmesi ile tedavide büküm ihtiyaçları oldukça azaltılarak günümüzdeki halini

aldı. Günümüzde bu teknik Begg sisteminden çok daha etkin kabul edilmektedir.<sup>20</sup>

### **2.1.1.1 Straight-Wire Apareyler**

Başlangıçta diğer birçok ortodonti sisteminde olduğu gibi Edward Angle'ın sisteminde de bütün dişlerde aynı braketler kullanılmıştır. 1980'lerde ise Andrews, diş anatomisindeki farklılıkları kompanse etmek için gerekli olan tekrarlayan tel bükümlerini elimine etmek amacıyla dişler için özel braket modifikasyonları geliştirdi. Bu çabaların sonucunda da straight-wire apareyi geliştirdi.<sup>21</sup> Bu gelişme edgewise apareyinin etkinliğinin artırılmasında anahtar basamak oldu.<sup>20</sup>

Orijinal edgewise apareyinde, ark telindeki labiolingual bükümler (birinci düzen veya in-out bükümler) dişlerin labiolingual yöndeki boyut farkını kompanse etmek için gereklidir. Çağdaş apareyde (straightwire tekniğinde) ise bu kompanzasyon braketin gövdesindeki boyut farklılıkları ile yapılır.<sup>20</sup>

Dişin uzun eksenine ile ilgili olarak braketlerin angulasyonun ayarlanması diş köklerinin uygun pozisyonlanması için gereklidir. Başlangıçta mesiodistal kök pozisyonlanması için ark telinde bükümler gerekirdi, bunlara ikinci düzen bükümler veya tip bükümleri denildi. Günümüz braket sistemlerinde straightwire felsefesinin gereği olarak bu angulasyonlar slota verilir; böylece, ark telindeki ikinci düzen bükümlerinin gerekliliği azalır veya ortadan kalkar.<sup>20</sup>

Alveol kavisi içerisinde dişlerin fasial yüzlerinin gerçek vertikal düzleme göre bir açı alması gerekir, bu açı değeri inklinasyon olarak adlandırılır ve her diş için değişkendir. İdeal inklinasyon değerlerini sağlamak amacıyla, orijinal edgewise apareyinde her diş için değişken bir üçüncü düzen (tork) bükümü yapmak gereklidir. Straightwire apareyindeki braket slotları ise, dişlerin fasial yüzlerinin açılabilmesi için üçüncü düzen bükümlere daha az ihtiyaç duyulacak şekilde inkline edilmiştir.<sup>20</sup>

Brakette bulunan angulasyon ve inklinasyon değerleri çoğu kez aparey reçetesinde mevcuttur. Reçete değerleri ideal pozisyondaki ortalama dişler içindir. Straightwire apareyleri gelişmeye devam etmektedirler. Şu anda ticari olarak çok çeşitli straightwire apareyler mevcuttur ve farklı braket reçetelerine ulaşmak mümkündür.<sup>2</sup>

## **2.2 Ortodontik Braketler**

Metal, plastik, kompozit ve seramik gibi farklı materyallerden üretilmiş ortodontik braketler mevcuttur.<sup>22</sup>

### **2.2.1 Metal Braketler**

Metal braketler, en yaygın olarak kullanılan braketlerdir. Dayanıklılırlar ve diğer braketlere göre daha uygun fiyatlıdırlar. Dezavantajı ise estetik olmamalarıdır. Birçok yetişkin hasta, estetik beklentileri nedeniyle, bu braketleri tercih etme konusunda isteksizdir.<sup>22</sup>

Metal braketler yaygın olarak paslanmaz çelikten yapılır. Bu braketler; karbon, krom, nikel ve molibden de içerebilmektedir. Paslanmaz çelik braket alaşımları korozyona uğrarsa diş yüzeyinde renklenmelere neden olabilir.<sup>22</sup>

Biyouyumluluk ve alerji problemlerine karşı nikel içermeyen braketler de mevcuttur. Nikel içermeyen braketler genellikle titanyumdan metal enjeksiyon dökümü yoluyla elde edilir.<sup>22</sup>

### **2.2.2 Plastik Braketler**

Polimerlerden olan poliüretan ve polikarbonat gibi maddeler kullanılarak plastik braketler üretilmiştir. Bu braketlerin avantajı metal braketlere göre daha estetik olmalarıdır. Dezavantajları ise zaman içinde renklenmeleri, aşınmaları, sürtünmenin fazla olması ve tork kuvvetlerine dayanıksız olmalarıdır. Bu braketlerin slotlarında zamanla deformasyonlar meydana gelebilir.<sup>22</sup>

### **2.2.3 Kompozit Braketler**

Bu braketler seramik partiküllerle güçlendirilmiş plastikten yapılmıştır. Metal braketlere göre daha estetikler ve seramik braketlere göre daha düşük maliyetlidirler. Bu braketlerle sürtünme kuvveti fazla olacağından slotu metal ile kaplanmış ürünler geliştirilmiştir. Bu şekilde sürtünme azalır, ancak metal slotun kompozit gövdeden ayrılması gibi problemler zamanla gelişebilir.<sup>22</sup>

### 2.2.4 Seramik Braketler

Seramik braketler zirkonyum oksit veya alüminyum oksitten üretilen braketlerdir. Polikristal veya monokristal yapıda bulunabilirler. Bu braketler oldukça estetikdir. Renklenme problemi genellikle yaşanmaz. Plastik braketlere göre daha dayanıklıdır. Bununla birlikte maliyeti yüksektir. Ayrıca bu braketlerde de metal slot kullanılmazsa, sürtünme kuvveti fazladır. Karşıt ark dişlerle okluzal teması olursa minede aşınmalara neden olabilir.<sup>22</sup>

### 2.3 Tabanı Adezivle Kaplı Braketler

Adhesive Precoated (APC™) braketler (3M Unitek Corporation, Monrovia, CA) ilk olarak 1991 yılında tanıtıldı. Amaç klinisyenin direkt bondingte brakete adeziv hazırlayıp yerleştirmek için harcadığı zamandan kazanmaktır.<sup>23, 24</sup> APC™ braketleri (Şekil 2.1), isimlendirme ve enfeksiyon kontrolünün kolaylaştırılması için ayrı kapsüller halinde paketlenmiştir.<sup>12</sup> Uniform bir fabrika ön kaplaması, her bir braketin altında eşit bir miktar ve tutarlı bir kıvam temin etmektedir.<sup>24</sup> Yapıştırma sırasında fazla kompozit braket kenarlarından kalın bir kıvamda dışarı atılır, böylece fazlalık kolayca tespit edilir ve braket pozisyonu değiştirilmeden uzaklaştırılabilir.<sup>25, 26</sup> Kimyasal olarak sertleştirilen yapıştırıcıların aksine, APC™ sistemi uzun bir konumlandırma süresi sağlar, çünkü yapışkan ışık uygulamasına kadar sertleşmez.<sup>24</sup>

APC™ braketinin, bağlanma dayanıklılığını daha güvenilir hale getirdiği ve bağlanma hatalarını azalttığı bildirilmiştir.<sup>13, 27</sup> Ön kaplamada kullanılan kompozit, Transbond™ XT'nin (3M™ Unitek Corporation, Monrovia, CA) modifiye edilmiş bir şeklidir.<sup>24</sup>



Şekil 2.1. APC™ II Adhesive Coated Appliance System ve APC™ PLUS Adhesive Coated Appliance System braketleri<sup>28</sup>

### 2.3.1 Flash-Free Braketler

Yeni ortodontik ürünler, klinik uygulamalarında pratik ve verimli çözümler arayan klinisyenlere sürekli olarak tanıtılmaktadır. Bu kapsamda tanıtılan bir ürün de flash-free yapıştırıcıdır. Braket bondingi sırasında flaş, yani fazla yapıştırıcı, braketle basıncı uygulandığı zaman tipik olarak braket tabanının etrafından mine yüzeyine akar.<sup>8</sup> Taşan adeziv dişetinde<sup>29</sup> mekanik tahrişe neden olabilir, plak birikimi için retansiyon alanı oluşturabilir ve daha sonra mine demineralizasyonuna neden olabilir. Bu nedenlerle taşan fazla adezivin polimerizasyon öncesi uzaklaştırılması gerekir.<sup>25</sup> Braket kaidesi üzerinde dokusuz ağısı bir yapı ile bulunan flash-free yapıştırıcı, yapıştırma sırasında kompozit taşması ve temizlenmesi ihtiyacını ortadan kaldırır. Flash-free adezivle kaplı braket, bir dişle yerleştirildiğinde; adeziv, diş yüzeyine yayılmak ve uyum sağlamak üzere tasarlanmıştır ve flaş temizliğine gerek kalmaksızın, muntazam ve tutarlı bir temas sağlar.<sup>8</sup>

Flash-free bir ürün olan ve 3M™ Unitek (Monrovia, California) tarafından geliştirilen APC™ Flash-Free Adhesive Coated Appliance System'de (Şekil 2.2); polipropilen dokusuz ağı üzerine uygulanan düşük viskoziteli rezin içeren tek tek paketlenmiş braketler kullanılır; bunun da uygulama sonrası rezin temizleme ihtiyacını ortadan kaldırdığı ve mikrosızıntıyı azaltmak için bir kapama oluşturduğu öne sürülmektedir.<sup>11</sup> Bu braket sisteminin in vitro çalışmalarda geleneksel bağlanma sistemleri ile karşılaştırıldığında yeterli bağ gücü sağladığı<sup>8, 14</sup>, bonding süresini ve mikrosızıntıyı azalttığı<sup>14, 15</sup> belirtilmektedir.



Şekil 2.2. APC™ Adhesive Coated Appliance System Flash-Free braketleri<sup>28</sup>

### 2.4 Diş Yüzeyine Braket Yapıştırırmada Kullanılan Adezivler

Güncel olarak kullanılan ortodontik adezivler rezin kompozitlerdir. Bu kompozitler organik matris (Bis-GMA (Bisfenol-glisidilmetakrilat)) ve doldurucu (güçlendirilmiş seramik) olmak üzere iki temel yapı içerir.<sup>22</sup> Bis-GMA hızlı sertleşme özelliğine sahiptir. Rezinin dayanıklılığını artırır. Bununla birlikte polimerizasyon büzülmesi gösterir.

Vizkoziteyi ayarlamak için genellikle Bis-GMA; TEGDMA (tri-etilen glikol dimetakrilat) gibi monomerlerle inceltir.<sup>22</sup> Doldurucu partiküller küresel, silindirik veya düzensiz şekilde olabilirler. Düzensiz partiküller daha iyi mekanik retansiyon sağlar. Seramik partikül miktarının artması kompozitin yapısını güçlendirir ve polimerizasyon büzülmesi miktarını azaltır.<sup>22</sup>

Polimerizasyon başlama mekanizmasına göre, braket yapıştırıcıda kullanılan adezivler üç temel gruba ayrılır:<sup>22</sup>

1. Kimyasal yolla sertleşen
2. Işıkla sertleşen
3. Hem kimyasal yolla hem de ışıkla sertleşen

#### **2.4.1 Kimyasal Yolla Sertleşen Adezivler**

Bu adezivler iki patlı veya tek patlı sistemlerden oluşabilir. Uygulaması etkilidir. Dezavantajı braket uyumlamaları için kısa bir sürenin olmasıdır. Ayrıca tekniğe bağlı olarak homojen olmayan polimerizasyon alanları içerebilmektedir.<sup>22</sup>

#### **2.4.2 Işıkla Sertleşen Adezivler**

Braket uygulanacak diş yüzeyinin asitlenmesinden sonra, yüzeye primer; braket tabanına da kompozit yapıştırıcı uygulanmasıyla kullanılan adezivlerdir. Bu adezivlerin avantajı polimerizasyonun ışıkla sağlanması nedeniyle hekime braket yerleştirme esnasında çalışma zamanı kazandırmasıdır.<sup>22</sup> Günümüzde en sık tercih edilen adeziv sistemdir.

#### **2.4.3 Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıkla Sertleşen Adezivler**

Bu sistemler her iki sistemin de avantajlarından yararlanmak üzere tasarlanmıştır. Ancak kullanımları ışıkla sertleşen adezivler kadar yaygın değildir.

### **2.5 Ortodontik Bonding**

Ortodonti literatüründe “bonding” braketlerin önceden hazırlanmış mine yüzeyine yapıştırılması işlemidir. Temeli 1955'te Buonocore<sup>30</sup> tarafından önerildiği üzere, fosforik

asit ile minenin pürüzlendirilmesi ile atılmıştır. Direkt ve indirekt olarak iki şekilde yapılabilir. Direkt bonding; braketlerin her diş için ayrı olarak diş minesine adezyonudur. İndirekt bonding ise maksiller veya mandibuler arktaki tüm braketlerin dental alçı model üzerinde uyumlandıktan sonra, bir taşıyıcı yardımıyla tek seferde adezyonunun sağlanması işlemidir. 1970'lerin başında piyasada bulunan direkt ve indirekt bonding sistemleri ile ilgili önemli miktarda ön rapor yayınlanmıştır. Büyük bir hasta grubunda ortodontik tedavi süresi boyunca direkt bondingin ilk ayrıntılı değerlendirilmesi 1977'de yayınlanmıştır.<sup>25</sup> O zamandan bu yana adezivler, braketler ve teknik ayrıntılar açısından hızlı bir ürün geliştirme dönemi gerçekleşmiştir.

Direkt ve indirek bondingin fasial ve lingual yüzlerde uygulama basamakları aşağıdaki gibidir:<sup>31</sup>

- Diş yüzeyinin temizlenmesi
- Minenin hazırlanması
- Sealing
- Bonding

### **2.5.1 Diş Yüzeyinin Temizlenmesi**

Pomza ile dişlerin temizlenmesi işlemi; varsa dental plağı ve pelikül tabakasını uzaklaştıracaktır. Son dönemde, asit etching öncesi pomza uygulama ihtiyacı sorgulanmaktadır. Diğer yandan, pomza profilaksisinin, bonding prosedürünü olumsuz etkilemediği görülmektedir. Dişin temizlenmesi bonding sonrası mine-rezin bağlantısını engelleyen plak ve debrislerin kaldırılması için tavsiye edilir.<sup>31</sup>

### **2.5.2 Minenin Hazırlanması**

Dişler hafifçe yıkandıktan sonra, tükürük kontrolü ve kuru çalışma alanının sağlanması esastır. Operasyon sahası izole edildikten sonra, pürüzlendirici solüsyon ya da jel (genellikle %37'lik ortofosforik asit) mine yüzeyine 20-30 saniye uygulanır. Bu işlemle, küçük bir miktarda yumuşak interprizmatik minenin kaldırılması ve mine prizmaları arasındaki porların açılması sağlanır; böylece adeziv mine yüzeyine penetre olabilir.<sup>20</sup>

Etching periyodunun sonunda asit, basınçlı su ile yıkanarak diş yüzeyinden uzaklaştırılır. Yüksek hızlı bir su tahliye edici kullanılması, asit-su artıklarının ağızdan

uzaklaştırılması ve diş üzerinde nem kontaminasyonunu azaltmak için tavsiye edilir. Asitlenmiş yüzeyin tükürük ile kontaminasyonuna izin verilmemelidir.<sup>31</sup>

Daha sonra dişler, yağsız bir hava spreyi ile hafifçe kurutulur ve işlem başarılı yapıldıysa mine yüzeyinde mat-donuk bir görüntü oluşur. Mat ve donuk beyaz görünmeyen dişler, tekrar asitlenmelidir. Servikal mine, morfolojisi nedeniyle, genellikle yeterli asitlenmiş orta ve insizal mineden bir miktar farklı görülür. Bu bölge, tüm mine yüzeyinde uniform bir görünüm elde etmek için tekrar asitlenmemelidir.<sup>31</sup>

Sadece braket tabanından biraz geniş bir alanın asitlenmesi mantıklı görünse de klinik deneyim göstermektedir ki, tüm fasial minenin asitlenmesi de zararsızdır. Özellikle düzenli flor uygulandığında en az zarar söz konusudur.<sup>31</sup>

Çalışmalar, genç daimî dişlerde 15-30 saniyenin asitleme için yeterli olacağını göstermektedir. Bununla birlikte hastalar arasında, dişler arasında ve aynı diş içinde mine çözünürlüğünde önemli bireysel farklılıklar bulunur. Geleneksel asitli aşındırmanın bir yararı, bireyler arasındaki ve dişler arasındaki farklılıkları nötralize etme eğiliminde olmasıdır. Bu nedenle yeterli sürede bir fosforik asit aşındırması, minesini aside daha dirençli olan kişilerde telafi sağlayabilir.<sup>31</sup>

### **2.5.3 Sealing**

Asit uygulanan dişler tamamen kurutulup donuk beyaz görünüm elde edildikten sonra, ince bir tabaka bonding ajanı (sealant, primer), tüm pürüzlendirilmiş mine yüzeyine uygulanır. Bu tabaka hafif hava ile inceltir ve ardından braketler yerleştirilir.<sup>31</sup>

Ortodontide bondingde sealant ve primerlerin kullanımı konusunda karışıklık ve belirsizlik vardır. Araştırmacılar, asit etch prosedüründe ara rezinin esas fonksiyonunun anlaşılmasına yönelmiştir. Bulgular birbirinden farklıdır. Bazı araştırmacılar bir ara rezin tabakasının yeterli bağlanma dayanıklılığı için gerekli olduğunu düşünmektedir; bazıları mikrosızıntının önlenmesi için gerekli olduğunu, diğerleri her iki nedenden dolayı gerekli olduğunu savunmaktadır.<sup>31</sup> Ara rezinin çok fazla gerekli olmadığını düşünen araştırmacılar da mevcuttur.<sup>31</sup> Bununla birlikte sealantlar, nem kontrolüne yardımcı olur. Bu durum, rezin uygulamasından sonra çok önemlidir. Sealantlar aynı zamanda adeziv boşluklarında minenin örtülmesini sağlayacaktır. Bu durum özellikle indirek bondingde önemlidir. Braket tabanı çevresinde sealantın çürüğe karşı koruma gösterdiği henüz kesin değildir ve flor içeren sealantların klinik yararları üzerinde ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.<sup>31</sup>



## **2.5.4 Bonding**

Bondlanacak bütün dişlere sealent veya primer uygulandıktan sonra ataşmanların bondingine geçilir. Günümüzde klinisyenlerin çoğu braketleri indirek teknikten çok direk olarak bondlarlar. ABD’de 2008’de ortodontistlerin %90’ının rutin olarak direk tekniği kullandığı görülmüştür.<sup>32</sup>

Direk bonding uygulamasında kullanılan çok çeşitli adezivler vardır ve sürekli yenileri çıkmaktadır. Bununla beraber temel bonding tekniği, üreticinin tavsiyelerine ve materyal çeşidine göre çok az değişir. En kolay bonding tekniği, az bir miktar adezivi ataşmanın arkasına uygulamak ve sonra ataşmanı diş yüzeyine doğru konumda yerleştirmektir.<sup>31</sup>

Her seferde bir ataşmanın homojen ve kısmen hızlı sertleşen adeziv ile yapıştırılması, klinisyene daha rahat çalışma süresi ve her braket için optimal bağlanma dayanıklılığı sağlar. İşlem esnasında acele etmeye gerek yoktur çünkü braketin doğru pozisyonda yerleşmesi, kontrol edilmesi ve eğer gerekliyse yeniden yerleştirilmesi için yeterli çalışma zamanı vardır.<sup>31</sup>

Tavsiye edilen braket bonding prosedürü aşağıdaki basamakları kapsar:<sup>31</sup>

- 1) Braketin transferi
- 2) Braketin pozisyonlanması
- 3) Braketin uyumlanması
- 4) Adeziv artıklarının uzaklaştırılması

### **2.5.4.1 Braketin Transferi**

Klinisyen braketi braket tutucu ile sıkıca tutar ve adezivi braket tabanına uygular. Ardından braketi diş üzerindeki doğru konumuna yakın yere yerleştirir.<sup>31</sup>

### **2.5.4.2 Braketin Pozisyonlanması**

Klinisyen bir yerleştirme aygıtını braketleri mesiodistal ve insizogingival olarak doğru konumlamak ve dişin uzun aksına göre doğru şekilde açlandırmak için kullanır. Doğru vertikal pozisyonlama, çeşitli ölçüm araçları ile veya braketlerin üzerindeki boy rehberi ile daha iyi şekilde yapılabilir. Bir ağız aynası, horizontal pozisyonlamaya özellikle

rotasyonel premolarda yardımcı olur. Direkt bonding prosedüründeki insan kaynaklı limitasyonlar nedeniyle tedavinin ilerleyen aşamalarında ark teli bükümleri veya braket repozisyonlama hala gereklidir.<sup>33</sup>

#### **2.5.4.3 Braketin Uyumlanması**

Braket doğru pozisyona getirildikten sonra, scaler ile tek noktadan temas edecek şekilde diş yüzeyine doğru itilir. Sıkı bir uyum sonucunda; iyi bir bond dayanıklılığı, artık materyal taşarken daha az braket kayması ve debondingde kaldırılacak daha az materyal elde edilir. Braket doğru pozisyona geldikten sonra braketin yerinde tutmak için enstrümanla hiçbir girişimde bulunulmamalıdır. Adeziv polimerizasyonu esnasında en küçük bir hareket bile sertleşmeyi bozabilir. Bu nedenle polimerizasyon cihazının braketle temasından kaçınılmalıdır.<sup>31</sup>

#### **2.5.4.5 Adeziv Artıklarının Uzaklaştırılması**

Küçük bir miktar taşkın adeziv, braket-mine yüzeyi arasında boşluk kalma olasılığını minimize etmek için ve braket uyumlandığında arkasındaki boşlukların tamamen dolduğundan emin olmak için gereklidir. Fazlalık, özellikle anormal vestibül yüzey morfolojili dişlerde yararlıdır. Fazlalıklar diş fırçalama ya da diğer mekanik kuvvetlerle uzaklaştırılmaz. Adeziv sertleşmeden önce scaler ile veya sertleştikten sonra frezle temizlenmelidir.<sup>31</sup> Fazlalıkların kaldırılmasının en önemli sebebi gingival irritasyonun önlenmesi veya minimize edilmesi ve braket tabanının çevresinde plak birikimini önlemektir. Bu işlem, periodontal zararı ve sabit tedavi sürecinde oluşması muhtemel dekalsifikasyon olasılığını azaltır. Ek olarak, fazla adeziv temizlenmesi ağız ortamında renklenmiş artık adeziv görünümünü önleyerek estetiği de sağlar.<sup>31</sup>

Yapıştırılacak her braket için tarif edilen bu prosedür tekrarlandıktan sonra klinisyen braketin konumunu tekrar kontrol eder. Bu aşamada iyi pozisyonda olmadığı tespit edilen braket çıkartılmalı ve yeniden yapıştırılmalıdır.<sup>31</sup>

#### **2.6 Beyaz Nokta Lezyonları**

Minenin yüzey altı dokusunda meydana gelen demineralizasyonlar sonucunda mineral içeriği azalmış bir bölge oluşursa bu bölgede minenin saydamlığı değişir. Etkilenen

bu bölgenin rengi daha opak beyaz olarak görülür. Opak beyaz görünümünden dolayı bu demineralizasyon alanları beyaz nokta lezyonu olarak tanımlanır.<sup>34, 35</sup>

Beyaz nokta lezyonları minedeki çürüğün ilk aşamasıdır ve önlem alınması durumunda kavitasyon oluşmadan remineralize edilebilir.<sup>36</sup> Lezyonun ilerlemesi veya remineralize olarak iyileşmesi, karyojenik faktörler ve koruyucu uygulamalar arasındaki denge ile ilişkilidir.<sup>37</sup> Topikal flor uygulamaları mine yüzeyinin bütünlüğünün korunmasına ve lezyonun daha derine ilerleyerek dentine ulaşmasına engel olabilir. Eğer çürük ilerler ve yüzey altı lezyonunun büyüklüğü artarsa zamanla yüzeyel tabakadaki mine de çöker ve kavitasyon oluşur. Kavitasyonun oluşmasıyla bölgedeki plak retansiyon alanları artar ve bölgenin tükürüğün koruyucu etkisinden yararlanması zorlaşır. Böylelikle kavitasyon hızlı bir şekilde ilerler.<sup>38</sup>

### **2.6.1 Ortodontik Tedaviyle İlişkili Beyaz Nokta Lezyonları**

Sabit ortodontik tedavi sırasında kullanılan bantlar, braketler ve diğer apareyler ağızda plak birikimi için retatif alan oluşturur. Bu aygıtlar plağın uzaklaştırılmasında rol oynayan tükürük ve kasların doğal temizleme mekanizmasını da bozar.<sup>39</sup> Bu nedenle ortodontik tedavi gören hastalarda mikrobiyal dental plak miktarı, tedavi görmeyen hastalara göre daha hızlı artar. Ayrıca oluşan plak daha düşük pH değerine sahiptir.<sup>40</sup> Sabit apareylerin plak retansiyonunu artırması çürük oluşumu riskini de yükseltmektedir.<sup>41</sup>

Hadler-Olsen ve arkadaşları<sup>42</sup> ortodontik tedavi gören hastaların %50'sinde en az bir beyaz nokta lezyonu gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Aynı çalışmanın ortodontik tedavi görmeyen kontrol grubunda ise bu oran %11 olarak bulunmuştur.<sup>42</sup> Benzer şekilde Gorelick ve arkadaşları<sup>43</sup> da ortodontik tedavi gören hastaların %50'sinde en az bir beyaz nokta lezyonu bulduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ortodontik tedavi görmeyen kontrol grubunda ise %24 oranında beyaz nokta lezyonuna rastlanmıştır.<sup>43</sup> Boersma ve arkadaşları<sup>44</sup> ortodonti hastalarının %97'sinde, ortodontik tedavi gören hastalarının dişlerinin ise %30'unda beyaz nokta lezyonu oluştuğunu bildirmişlerdir. Richter ve arkadaşları<sup>45</sup> ise ortodonti hastalarında en az bir beyaz nokta lezyonu oluşma oranını %72,9 olarak saptamış ve bu lezyonların %2,3'ünde kavitasyona rastlamışlardır.

Boersma ve arkadaşları<sup>44</sup> erkek hastalarda, Gorelick ve arkadaşları<sup>43</sup> ise kadın hastalarda daha fazla beyaz nokta lezyonu gözlemlediklerini bildirmiştir. Bununla birlikte

Øgaard<sup>46</sup> cinsiyetler arasında lezyon oluşma sıklığı açısından bir fark bulunmadığını raporlamıştır.

Ortodonti hastalarında beyaz nokta lezyonu oluşma prevalansının değerlendirildiği bir çalışmada, sırasıyla en fazla maksiller lateral, mandibular kanin, mandibular birinci premolar, mandibular birinci molar, mandibular ikinci premolar, maksiller kanin ve maksiller birinci premolar dişlerinin etkilendiği bildirilmiştir.<sup>47</sup> Beyaz nokta lezyonunun en çok maksiller lateral dişlerde görülmesinin nedeninin, maksiller lateral dişin kuron boyunun kısa olması ve yapıştırılan braket ile gingival marjin arasındaki mesafenin az olması sebebiyle bu bölgenin temizlenmesinin zorlaşması olabileceği düşünülmektedir.<sup>46, 48</sup>

## **2.7 Adeziv Materyallerde Mikrosızıntı**

Mikrosızıntı; diş restorasyon ara yüzü boyunca bakterilerin, akışkanların, moleküllerin veya iyonların geçişi olarak tanımlanmıştır.<sup>49</sup> Bu sızıntı klinik olarak saptanamayabilir ancak diş restorasyonlarının ömrünü etkileyen önemli bir faktördür. Çünkü diş hekimliğinde kullanılan kompozit dolgu maddelerinin arasındaki mikrosızıntı; bakteri penetrasyonu, bonding materyalinin bozulması, çürümenin tekrarı, pulpa patolojisi, aşırı duyarlılık ve marjinal yıkım dahil olmak üzere restore edilmiş diş üzerinde çok ciddi biyolojik etkilere neden olur. Bu durumda klinik başarısızlık kaçınılmazdır.<sup>50-52</sup> Bu nedenlerle mikrosızıntının incelenmesi restoratif materyallerin değerlendirilmesinde önemlidir. Çalışmalardan mikrosızıntının mikron seviyesinde veya submikron seviyesinde olabileceği görülmektedir.<sup>53</sup>

### **2.7.1 Mikron Seviyesinde Sızıntı (Bakteriyel Mikrosızıntı)**

Mikrosızıntı tanımından, bir restorasyon çevresindeki marjinal boşlukların bakterilerin diş-restorasyon ara yüzüne geçmesine izin verdiği anlaşılmaktadır. Bu mikron seviyesindeki sızıntı bakteriyel mikrosızıntı olarak kabul edilir. Çok sayıda çalışma karyojenik bakterilerin diş restorasyon ara yüzüne bir giriş yaptıklarında bu alan boyunca başarılı bir şekilde çoğaldıklarını ve bu durumun çürüklerden sorumlu olabileceğini göstermiştir.<sup>54-57</sup>

### **2.7.2 Submikron Seviyesinde Sızıntı (Nanosızıntı)**

İyonların ve moleküllerin erişimine izin veren marjinal boşluklu restorasyonların nano seviyede mikrosızıntıya sahip olduğu söylenebilir. Görünüşe göre, bakteri giremeyebilirken diş-restorasyon arayüzünde yine de sızıntı olabilir.<sup>57</sup> Bununla birlikte nanosızıntının, tekrarlayan çürüğe ilişkin olarak klinik önemi hala tartışmalıdır.<sup>16, 58</sup>

### **2.7.3 Mikrosızıntı Oluşumu**

Mikrosızıntıya neden olabilecek birçok faktör vardır. Adeziv restorasyonların polimerizasyon büzülmesi yaygın bir faktör olarak belgelenmiştir. Sertleştirme fazı, hacimce önemli bir büzülmeye neden olmakta ve kavite duvarları ile restorasyon arasında boşluklar oluşturmaktadır.<sup>59</sup> Ek olarak, mekanik yükleme ve termal değişikliklerin uzun süreli etkisi hem diş yapısında hem de restorasyonda fiziksel değişikliklere ve elastik deformasyona yol açarak mikrosızıntıya neden olabilir.<sup>60, 61</sup> Bir restorasyonun marjinal boşlukları, operatörün malzemeleri uygunsuz şekilde manipüle etmesiyle de oluşabilir. Kompozit rezin gibi materyaller teknik olarak oldukça hassastır.<sup>62</sup> Son olarak, restoratif materyallerin diş yapısına uygunluk düzeyi de mikrosızıntı oluşumunda önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir.<sup>53</sup>

### **2.7.4 Ortodontide Mikrosızıntı**

Ortodontik braket altındaki oral sıvıların ve bakterilerin mikrosızıntısı beyaz nokta lezyonlarının gelişimine katkıda bulunur ve braketlerin diş yüzeyine bağlanma kuvvetini azaltabilir.<sup>1, 2</sup> Ayrıca, mikrosızıntı, ortodontik bonding ve bantlama malzemelerinin fiziksel özelliklerini daha da kötüleştirir.<sup>3</sup>

Ortodontik braket altındaki mikrosızıntı, farklı braket sistemleri<sup>1, 4</sup>, polimerizasyon cihazları<sup>3, 5, 6</sup>, yapıştırma yöntemleri<sup>7-9</sup> ve yapıştırıcılar kullanılarak<sup>1, 2, 10</sup> kapsamlı olarak incelenmiştir. Ancak klinisyenler arasında, hangi yapıştırma metodu ve materyalin en az mikrosızıntıya izin verdiğine dair çok az bir mutabakat vardır.<sup>11</sup> Bu nedenlerle, farklı ortodontik bonding malzemeleri ve prosedürleri için mikrosızıntının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar günümüzde önemini korumaktadır.

### **2.7.5 Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri**

Mikrosızıntı oluşumunu ve zaman içinde yayılımını doğru bir şekilde değerlendirmek için uygun ölçüm teknikleri gereklidir.<sup>63,64</sup> Mevcut yöntemlerin birçoğunda dişin kesitlendirilmesini takiben görüntüleme yapılır. Yaygın yaklaşım, bir organik boya veya gümüş nitrat çözeltisine numunenin daldırılmasını ve ardından ardışık olarak birkaç kesitin dikey olarak kesilmesini içerir. Bu kesitlerden boya penetrasyon derinliği ölçülür ve mikrosızıntı olarak rapor edilir. Bu yaklaşım, düzgün bir şekilde dağıtılmış mikrosızıntı ile doğru penetrasyon derinliğini sağlar. Bununla birlikte daha derinlemesine analizler mikrosızıntının nadiren eşit dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur.<sup>65</sup> Bu nedenle bir veya bir kaç kesitte ölçülen aralık tüm numuneyi temsil edemediğinden genellikle tutarsız sonuçlar alınmaktadır. Her ne kadar emek gerektiren ve yorucu bir iş olsada diş-kompozit numunesini yukarıdan aşağıya doğru bölmek ve her bir enine kesiti taramak, mikrosızıntının daha doğru bir ölçümünü sağlayabilir. Ancak çok sayıda kesit almak ve bunları karakterize etmek zor, zaman alıcı ve maliyetli olduğundan mümkün olmayabilir. Ayrıca bölümlendirme örneği yok eder ve ek testleri imkansız hale getirir.<sup>19</sup>

Günümüze kadar restoratif materyallerdeki mikrosızıntı miktarını ölçmek için pek çok yöntem kullanılmıştır. Aşağıda bu tekniklerin bir özeti sunulmaktadır.

#### **2.7.5.1 Hava Basıncı Yöntemi**

Bu teknik, sıkıştırılmış havanın restore edilmiş bir dişin pulpa boşluğuna verilmesi ve sıvıya yerleştiren restorasyon marjlarında hava kabarcıkları çıkışının incelenmesine dayanır.<sup>53</sup> Yöntem ilk olarak amalgam restorasyonlarının kenarlarını test etmek için<sup>66</sup> ve daha sonra da akrilik restorasyonlara uygulanmak üzere<sup>67</sup> tanıtılmıştır. Restorasyon marjlarında hava kabarcıklarının salınımını incelemek için mikroskopik gözlemin tanıtılması, uzun vadede sızıntıyı izlemek için standart bir yöntemin oluşturulmasında önemli bir gelişme olmuştur.<sup>68</sup>

Yöntemin bir avantajı, örnek kesitlere ayrılmadan sızıntının araştırılabilmesidir. Böylece restorasyonlar tahribat verilmeden longitudinal olarak izlenebilmektedir. Ek olarak, teknik basınçlı hava kaybını ölçerek kantitatif bir analiz sağlayabilir.<sup>53</sup> Ancak tekniğin birçok dezavantajı vardır. İlk olarak, numuneler sıvıya daldırılınca mikrosızıntı görüntülenemez. Bu nedenle, basınçlı havadaki düşüşün dışında, mikrosızıntının kalitatif

analizini veremez.<sup>69</sup> İkincisi, mikrosızıntı sonuçlarını yorumlamak zordur çünkü hava tahliyesinin gözlemlenmesi hem dentin hem de restorasyon yoluyla hava sızıntısını birlikte gösterir. Hava akımı restorasyon ve diş çatlaklarından geçebileceğinden, hava sızıntısının diş yapıları ve restorasyonlar arasındaki marjinal boşluklardan veya çatlaklardan kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek zordur. Son olarak, bu yöntem klinik olarak anlamlılık göstermeyebilir çünkü yöntem bakterilerin veya diğer mikroorganizmaların temsilcisi olmayan hava kaçağının bir yansımasıdır.<sup>16, 49</sup> Hava basıncı yöntemi bu dezavantajları nedeniyle günümüzde doğru sonuç veren ve tercih edilen bir değerlendirme yöntemi değildir.

#### **2.7.5.2 Sıvı Filtrasyon Yöntemi**

Sıvı filtrasyon yöntemi, hava basınç tekniğindeki basınçlı hava kullanımı yerine, basınçlı bir sıvının restore edilmiş bir dişin pulpa odasına uygulanmasını içerir.<sup>69</sup>

Bir restorasyonun sızdırmazlık kabiliyeti, dentin geçirgenliğine karşı dirençle gösterilir. Dentin geçirgenliği, dentin tübüllerindeki sıvı filtrasyon hızı olarak tanımlanır. Dentin geçirgenlik oranı, bir kavite hazırlandıktan sonra ölçülür. Bu oran %100 olarak kabul edilir. Restorasyonun yerleştirilmesinden sonra sıvı filtrasyon oranları tekrar ölçülür ve dentin geçirgenliğine göre ifade edilir.<sup>69</sup>

Metodolojinin ana avantajı, tahribatsız bir test olmasıdır. Bu nedenle, numunelerin bir süre boyunca yeniden incelenmesine izin verir. Diğer bir avantaj, sıvı akışı ölçülebildiği ve görüntülenebildiği için bir miktar nicel ve nitel analiz sağlamasıdır.<sup>53</sup>

Sıvı filtrasyon yöntemi araştırma dizaynı değişikliklerinden etkilenir ve deneyden deneye ciddi farklılıklar gösterir. Çünkü dentin permabilitesi, uygulanan tedaviye ve kalan dentin kalınlığına göre değişir. Bu durum, farklı sonuçlar arasındaki uyumu karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır.<sup>70, 71</sup> Ek olarak, gerçek mikrosızıntı miktarı ve sızıntının kesin yeri doğrudan belirlenemez.<sup>53</sup> Bu nedenlerle mikrosızıntının değerlendirilmesinde kullanılması güvenilir değildir.

#### **2.7.5.3 Elektrokimyasal Yöntem**

Restoratif mikrosızıntının longitudinal olarak değerlendirilebileceği bir teknik geliştirmeye yönelik girişimde, elektrokimyasal metodoloji tanıtıldı. Kavite duvarı-restorasyon ara yüzünün (silikat ile doldurulmuş bir cam tüp kullanılarak) bir

elektrokimyasal ünite (laktik asit kullanan) içine dahil edildiği "iletken ölçüm tekniği" kullanıldı. Bu ünite içinden akan akım değişikliklerinin ölçümü, arayüzün boyutlarındaki değişiklikleri gösterdi ve böylece dış-restorasyon arayüzü yorumlanabildi.<sup>72</sup> Bu teknik iletken malzemeler için kullanılamamaktadır.<sup>53</sup>

Teknik daha sonra bir elektrot çekilmiş dişin köküne yerleştirilerek ve restorasyonun tabanı ile temas edecek şekilde uygulanmıştır. Kavite doldurulduktan sonra bir elektrolitik banyoya daldırılırken dış-restorasyon arayüzü boyunca elektrik sızıntısı takip edilir.<sup>73</sup>

Sızıntıyı araştırmanın elektrokimyasal metodolojisi diş yapısını tahrip etmektedir. Teknik son derece hassastır çünkü restoratif materyallerin elektrik iletimi özelliği ile büyük ölçüde ilişkilidir. Hava basıncı çalışmalarına benzer şekilde kalitatif ve kantitatif analizlerin restorasyon yoluyla bir akım oluşup oluşmadığını tamamen açıklaması zordur.<sup>53</sup>

#### **2.7.5.4 Nötron Aktivasyon Yöntemi**

Bu teknikte temelde radyoaktif olmayan manganez (Mn) tuzu, restorasyon kenarlarının etrafında sızmasına izin verilen kimyasal bir işaretleyici olarak kullanılmıştır. Örnekler daha sonra bir nükleer reaktörün çekirdeğine yerleştirilmiştir ve <sup>55</sup>Mn, <sup>56</sup>Mn'ye aktive edilmiştir. Işınlama sırasında oluşan <sup>56</sup>Mn, gama ışını emisyonu katı hal sintilasyon detektörü ile ölçülmüştür. Radyoaktif sayımların miktarının, örnek başına Mn alımıyla orantılı olduğu düşünülmektedir.<sup>74</sup>

Sonuçları nicelleştirme avantajı olsa da yöntemin birçok dezavantajı vardır. Öncelikle teknik karmaşıktır. Radyoaktif izotoplar içerir ve nükleer mühendisler gerektirir. Ek olarak, sızıntının dış-restorasyon ara yüzünde mi yoksa restorasyondan mı kaynaklandığını belirleyemediği için sızıntının kaynağı iyi tanımlanamamıştır.<sup>53</sup> Bu nedenlerle tercih edilen bir yöntem değildir.

#### **2.7.5.5 Bakteriyel Yöntem**

Mikrosızıntıyı araştırmak için bakterilerin kullanılması ilk olarak, kültürle taşınan et suyuna amalgam ile doldurulmuş cam tüplerin daldırılmasından sonra bakterilerin varlığını inceleyen Fraser (1929) tarafından ortaya konulmuştur.<sup>53</sup> Teknik daha sonra cam tüp yerine dolgu yapılmış dişler kullanılarak modifiye edilmiştir.<sup>75, 76</sup>

Taramalı elektron mikroskobu; (Scanning Electron Microscope, SEM) görüntülenmek istenen objenin, yöntem için uygun kesitlerini oluşturduktan sonra iki



boyutlu olarak incelenmesinde başvurulan gelişmiş bir görüntüleme yöntemi olup, diş-restorasyon ara yüzündeki bakterilerin varlığını araştırmak için kullanılmıştır.<sup>53</sup>

Matharu ve arkadaşları<sup>77</sup> (2001) ise, seçilmiş bir bakteri florasının oluşturulmasına yardımcı olan ve bir oral ortamı simüle eden çok sayıda biyofilm üretebilmeyi sağlayan “sabit derinlikli film fermentor” kullanımını tanıtmıştır. Yazarlar ayrıca, bakteriyel sızıntı üzerine pozitif pulpa basıncının araştırılması ve diş-restorasyon ara yüzündeki bakterilerin tanımlanması ile metodolojinin geliştirilebileceğini ileri sürmüşlerdir.<sup>77</sup>

Bakteriyel yöntemin en belirgin avantajı, dişlerin tekrarlayan çürüklerinin ana kaynağı olarak kabul edilen bakteriyel sızıntının klinik sorunlarının simüle edilmesidir. Bununla birlikte, bu tekniklerden ve ilgili araştırma sonuçlarından kaynaklanan birçok dezavantaj vardır. İlk olarak teknik, bakteri popülasyonunun yetiştirilmesi ve kontrol edilmesi açısından karmaşık ve zordur. İkincisi, metodoloji standart modellerden yoksundur ve tekrarlanabilir değildir. Bu nedenle, çeşitli çalışmalar arasındaki sonuçların karşılaştırılması zordur. Üçüncü olarak sonuçlar, diş restorasyon ara yüzünde bakteri var olup olmadığı temelinde tamamen kalitatifdir. Ek olarak, sonuçlar sadece bakterilerin geçebileceği boşlukları gösterebilir. İyonlar, toksinler ve bakteriyel yan ürünler gibi akışkanların erişilebildikleri daha küçük boşlukları yansıtmaz.<sup>16</sup> Bakteriyel çalışmaların sonuçları bu nedenle mikrosızıntıyı değerlendirmekte yetersizdir.<sup>53</sup>

#### **2.7.5.6 Radyoizotop Yöntemi**

Radyoaktif izotoplar, mikrosızıntı çalışmalarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu teknikte mikrosızıntı tespiti için örnekler izotop çözeltisine batırılır. Diş-restorasyon ara yüzündeki izotop sızıntısı, kesitli bir örneğin otoradyografisi ile tespit edilir.<sup>78-80</sup>

Radyoizotop yöntemi bir yandan bazı önemli avantajlar getirebilir. İzotoplar 40 nm kadar küçük boşluklara girebilir, bu da bakteri çalışmalarının yetersizliğini giderir. Ek olarak, izotopların mikrosızıntı tespitinde boyamadan daha yetenekli olduğuna inanılmaktadır.<sup>16</sup> <sup>45</sup>Ca gibi radyoizotopların mikrosızıntının uzun süreli izlenmesi için kullanılabilmesi gösterilmiştir.<sup>63</sup> Öte yandan radyoizotop çalışmasından kaynaklanan birçok dezavantaj vardır. İlk olarak, yöntem yine sonuçların analizinde kalitatifdir ve örnekler zarar görür. İkinci olarak, iki boyutlu bir otoradyograf görüntüsü mikrosızıntının üç boyutlu görüntüsünü temsil etmemektedir. Üçüncüsü, <sup>45</sup>Ca gibi bir izotopun diş yapısı veya restoratif materyallerle ilgisi vardır ve bu da artan ölçüm hatalarına yol açar. Ayrıca

izotoplar küçük boyutlarından dolayı diş yapısından veya restorasyon kusurlarından geçerek sızıntıların yanlış yorumlanmasına neden olabilir.<sup>16</sup> Dahası, radyoizotop kaçak kaydının karmaşık prosedüründen dolayı sonuçlar; izotop seçimi, kaynak ve emülsiyon mesafesi, maruz kalma uzunluğu ve durulama gibi diğer faktörlerden etkilenebilir. Son olarak, teknik tehlikeli radyasyon üretme potansiyeline sahiptir.<sup>53</sup> Yöntemin sayılan dezavantajları mikrosızıntı çalışmalarında uygulanabilirliğini azaltır.

### **2.7.5.7 Boya Penetrasyon Yöntemi**

Mikrosızıntı çalışmalarında renkli ajanlarla boyama en popüler teknik olmuştur.<sup>16</sup> Bu yöntem, hem dişe hem de restorasyona zıt renklerde mikrosızıntı görüntülenmesini sağlar.<sup>53</sup> Temel olarak metodoloji bir numunenin önceden ayarlanmış süre için bir boya çözeltisine daldırılmasını içerir. Ardından diş restorasyon ara yüzü kesitlendirilir ve leke açısından incelenir.<sup>53</sup> Bu teknik için farklı konsantrasyonlarda boya ajanları kullanılmış olup; %0,5 bazik fuksin, %2 metilen mavisi ve %50 gümüş nitrat çözeltisi en sık kullanılanlardır.<sup>16, 61</sup>

Boyama ve kesitlendirme sonrası örneklerin incelenme şekli çalışmadan çalışmaya farklılık göstermektedir. Dijital kumpasla direkt ölçüm metodunun kullanıldığı çalışmalar mevcut olduğu gibi; ışık mikroskobu, stereo mikroskop veya SEM ile değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar da vardır.<sup>1, 10, 11, 53</sup>

Boya penetrasyon yönteminin diğer tekniklere göre birçok avantajı vardır. Her şeyden önce, mikrosızıntı kimyasal reaksiyon veya radyasyona gerek kalmadan tek renkli ajan tarafından gösterilir. Buna ek olarak, araştırmacılar farklı boyama maddelerinden yararlanabilir; bu da yöntemin, araştırmanın gerçekleştirileceği merkezde mevcut olan araçlara ve yöntemlere kolaylıkla uyum sağlamasına olanak tanır. Bu nedenle teknik, her durumda uygulanabilir ve kolayca tekrarlanabilir. Boya maddelerinin partikül büyüklüğü önceden ölçülebildiğinden, sızıntıyı ölçme hassasiyeti öngürülebilir.<sup>53</sup>

Dezavantaj olarak bu yöntem, boya tabakasının ışık mikroskobu veya taramalı elektron mikroskobu altında ölçülüp kaydedilmesi için numunenin bölümlendirilmesi gerektiğinden numunelere zarar verir. Ek olarak sonuçlar, mikrosızıntının iki boyutlu olan, sadece birkaç kesitte gözlenebilen alanını ölçer, bu nedenle güvenilmezdir. Ayrıca, teknik oldukça hassasiyet gerektirir.<sup>16, 61</sup> Bu yöntemde önemli bir nokta da kullanılan boya çözeltisinin parçacık boyutudur. Partikül boyutu bakteri ve dentin tübül çapı ile

karşılaştırıldığında çok küçük veya çok büyük olduğunda sonuçlar daha az güvenilir olabilir.<sup>16</sup>

### 2.7.5.8 Metal Çözeltileri Yöntemi

Diş-restorasyon boşluklarını değerlendirmek için metal çözeltiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikte, diş-restorasyon ara yüzeyinde renkli bir çökelti üretmek için en az iki renksiz kimyasal maddenin kullanılması gerekmektedir.<sup>16, 81</sup> Bu nedenle mikrosızıntı birikimi her iki kimyasalın penetrasyonuna bağlıdır.<sup>16</sup>

Kornfield<sup>82</sup> (1953); kurşun cam içeren akrilik rezinin mikrosızıntısını araştırmak için baryum sülfat çözeltisi kullanmıştır. Baryum ve kurşun cam arasındaki reaksiyon, siyah olan ve diş-restorasyon ara yüzeyinde çökeltile, kurşun sızıntısının oluşmasına yol açarak, mikrosızıntının belirlenmesini sağlar.<sup>82</sup> Manganez tuzları da mikrosızıntı çalışması için radyoaktif olmayan bir işaret olarak tanıtılmıştır.<sup>74</sup> Ancak, restorasyonda veya diş yapısında manganez varlığının sonucun değişkenliğine yol açabileceği bildirilmiş ve alternatif olarak dispersiyum önerilmiştir.<sup>83</sup>

Son zamanlarda ise, restorasyon-diş ara yüzeyinde bir çökelti üretmek için; %50 gümüş nitrat çözeltisi, foto-geliştirme çözeltisi (hidrokinon) ile birlikte kullanılmıştır. Bu kombinasyon ile yapılan mikrosızıntı boyaması, yaygın şekilde çalışmalarda tercih edilmiştir.<sup>16, 61, 70</sup> Gümüş nitratin kullanılmasından kaynaklanan bir eleştiri, moleküler boyutu nedeniyle klinik önemlidir.<sup>77, 84</sup> Gümüş iyonlarının partikül boyutu (0,059 nm) bakteri (2-4 µm) ve dentin tübül çapı (1,0-4,0 µm) ile karşılaştırıldığında küçüktür. Bu nedenle iyonlar boşluklara kolay penetre olur. Molekül büyüklüğü gümüş nitrattan önemli ölçüde daha büyük olan hidrokinonun dahil edilmesiyle birlikte bu kombinasyonun bakteri sızıntısını değerlendirmede kullanılabilmesi düşünülmektedir.<sup>16</sup>

Diş-restorasyon ara yüzündeki gümüş boyama mekanizması hala belirsizdir.<sup>81</sup> Bir yandan gümüş birikiminin esas olarak kollajen fibrillere bağlı olduğu bulunmuştur<sup>85</sup>; diğer yandan, gümüşün diş-restorasyon ara yüzünde serbest olarak çökeldiği varsayılmıştır.<sup>86</sup> Görünüşe göre gümüş iyonları oldukça aktiftir ve bu nedenle kararlı bir boyama maddesi olarak hareket edebilen gümüş metaline kolayca dönüştürülürler.<sup>53</sup>

### 2.7.5.9 Üç Boyutlu Yöntemler

Günümüzde üç boyutlu analiz yöntemleri ile sızıntı alanı daha doğru ve güvenilir olarak ölçülebilmektedir.<sup>87</sup> Aynı zamanda bu yöntemler ile iki boyutlu analizlerdeki numune hazırlama işlemine ihtiyaç duyulmadan çalışma alanının tamamı üç boyutlu olarak incelenebilmektedir.<sup>88-90</sup> Tabi ki üç boyutlu analizlerin günümüzdeki konumuna ulaşması da tarihsel olarak kısa da olsa bir zaman almıştır.

Üç boyutlu analizde, su soğutmalı bir tel testeresi kullanılarak seri bölümler üretme tekniği Youngson (1992) tarafından tanıtılmıştır.<sup>88</sup> Bu teknik 280 µm'lik kesit aralıkları içerir. Üç boyutlu modeller, yansıtılan slaytların elle çizilmesi ve bilgisayar destekli araçlarla rekonstrüksiyonuyla üretilmiştir. Bilgisayarlı görüntü analizi daha sonra boya sızıntısının yüzey alanlarını ölçmek için kullanılmış, sızıntı hacmi ise manuel olarak hesaplanmıştır.<sup>89</sup> Bu üç boyutlu analizde mikrosızıntının, iki boyutlu analize göre önemli ölçüde daha büyük olduğu bildirilmiştir. Bu sonuç muhtemelen nesnenin daha kapsamlı incelemesinden kaynaklanmaktadır.<sup>53</sup> Bununla birlikte bu teknikte de örnekler kesitlere ayırma nedeniyle hasar görmektedir. Ek olarak, teknik oldukça hantaldır. Görünüşe göre, kesitler arasındaki mesafe hala fazladır. Bu nedenle, mikrosızıntı görüntüleri, piksel çözünürlüğünden nispeten düşüktür ve yöntemde üç boyutlu bilginin kaybı mevcuttur. Son olarak, boya sızıntısının bir kullanıcı aracılığıyla çizilmesi doğal olarak öznedir.<sup>53</sup>

Daha sonra bu yöntem daha yüksek çözünürlükte yeniden yapılandırılmış bir model geliştiren Gale<sup>89</sup> (1994) tarafından uygulanmış ve geliştirilmiştir. Bu teknikte kesit aralıkları 100-200 µm'ye düşürülmüştür. Oluşturulan ardışık yüzeylerin görüntüleri, piksel başına yaklaşık 9,3 mikron görüntü çözünürlüğü olan bir bilgisayar tarafından fotoğraflanmıştır. Çalışmada mikrosızıntı boyama prosedürü olarak suda eriyen eozin kullanmak yerine, %50'lik gümüş nitrat çözeltisi kullanılmıştır.<sup>89</sup> Iwami<sup>90</sup> (2007) ise bir elektrikli yöntemle bağlantılı olarak yukarıdaki tekniğe benzer şekilde yüzey redüksiyonu tekniğine dayanan, 100 µm'lik kesit aralıkları içeren, geliştirilmiş bir yöntem ortaya koymuştur. Bu çalışmada, bir operasyon mikroskobu ile görüntü alınmış ve bilgisayar yazılımı ile üç boyutlu görüntüler oluşturulmuştur.<sup>90</sup> Seri kesitlemeye göre yüzey redüksiyonu bazı geliştirmeler içermesine rağmen bu yöntem de numunelere zarar vermektedir. Kesitlendirme tekniği bazı mekanik deformasyonlara ve paralel olmayan yüzeylere neden olur ve bu da ölçüm hatalarını beraberinde getirmektedir. Ayrıca derinlik yönündeki görüntü çözünürlüğü hala düşüktür.<sup>53</sup>

Mikrosızıntı çalışmasında mikro bilgisayarlı tomografinin (Mikro-BT), kullanımı ise De Santis<sup>91</sup> (2005) tarafından tanıtılmıştır. De Santis<sup>91</sup> mikro-BT'nin diş-restorasyon ara yüzeyindeki gümüş birikimini invaziv olmayan şekilde belirleyebileceğini bildirmiştir.

Bu tez araştırmasında mikrosızıntı mikro-BT ile değerlendirildiği için bu yöntem diğer yöntemlere göre daha detaylı anlatılacaktır.

## 2.8 Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde deneysel araştırmalarda dijital teknikler popülerite kazanmıştır. Bilgisayarlı tomografi (BT) cihazı, X-ışını ve bilgisayar teknolojisinin bir kombinasyonudur (Şekil 2.3). Genellikle klinik tıp branşlarında vücudu kesitler şeklinde görüntülemek için kullanılmaktadır. BT sistemlerinde çoğunlukla 1-2 mm kalınlıkta kesitler alınır. Örnekten alınan kesit sayısının artması, yani kesit kalınlığının ince olması, elde edilen görüntünün çözünürlüğünün artmasını ve örnekten daha fazla bilgi elde edilmesini sağlar.<sup>92, 93</sup>



Şekil 2.3. Bilgisayarlı tomografi (BT)<sup>94</sup>

İlk üç boyutlu görüntüleme örnekleri; iki boyutlu aksiyel kesitlerin birbirleri üzerine eklenerek üç boyutlu rekonstrüksiyonlarının gerçekleştirilmesiyle mümkün olmuştur. Bu yöntemde çalışma zamanı uzundur. Görüntü distorsiyonları ve artefaktları mevcuttur. Ayrıca görüntünün çözünürlüğü de düşüktür. Zamanla daha az radyasyon veren ve daha iyi görüntü kalitesi üreten cihazlar geliştirilmiştir.<sup>95</sup>

Jim Elliott tarafından,1980'lerin başında geliştirilen mikro-BT cihazlarıyla 5-50 mikron kalınlıkta kesitlerle, yüksek çözünürlüklü, taramalar yapmak mümkün hale

gelmiştir.<sup>92, 93</sup> Mikro-BT cihazı genel yapı itibariyle BT'ye benzerdir (Şekil 2.4). Cihazın ana unsurları şunlardır: X-ışını tüpü, üzerine sabitlenen örneği belirli aralıklar ile çeviren bilgisayar kontrolündeki adım motoru, X-ışınını kamera sensörü üzerine odaklayan görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine düşen X-ışınlarını görüntü verisine dönüştüren bir CCD kamera, görüntü toplayıcısı ve tüm bunların kontrolünü sağlayan bilgisayar.<sup>93,96</sup>



Şekil 2.4. Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT)<sup>97</sup>

Jim Elliott mikro-BT cihazıyla ilk olarak tropik bir yılan cinsini izlemiştir.<sup>92</sup> Rhodes ise 1999 yılında mikro-BT cihazını ilk kez endodontide kullanmıştır.<sup>96</sup> 1980'lerden günümüze mikro-BT teknolojisi oldukça fazla gelişmiştir. Diş hekimliği alanında mikro-BT ile yapılan in vitro çalışma alanları şu şekilde sıralanabilir: kafa yüz iskeletinin ve gelişiminin incelenmesi<sup>98, 99</sup>, mine kalınlığının ölçülmesi<sup>100</sup>, mine ve dentinin mineral konsantrasyonunun belirlenmesi<sup>101</sup>, beyaz nokta lezyonlarının incelenmesi<sup>102</sup>, kök kanal morfolojilerinin değerlendirilmesi<sup>103, 104</sup>, kök kanal preperasyonunun ve dolgularının değerlendirilmesi<sup>105-108</sup>, implant çevresindeki kemiğin değerlendirilmesi<sup>109</sup>, restoratif materyallerin mikrosızıntılarının incelenmesi<sup>110-113</sup>, ortodontik braketlerin altındaki adezivlerin mikrosızıntılarının değerlendirilmesi<sup>87</sup>.

Mikro-BT tekniğinin noninvaziv olması, örneklere zarar vermemesi, aynı örneğin tekrar eden görüntülerinin alınabilmesi, 3D değerlendirme yapılabilmesi, yöntemin güvenilirliği ve örneğe farklı testler uygulanabilmesi bu sistemin avantajlarıdır.<sup>114</sup> Bununla birlikte mikro-BT çalışmalarında her bir örneğin tarama ve 3D görüntü rekonstrüksiyonu için uzun bir süre ve emek gerekmektedir. Bu sebeple mikro-BT çalışmalarında örnek sayısının az olması sistemin dezavantajlarından biri olarak sayılabilir.<sup>115, 116</sup>

## **2.9 İn Vitro DeneYlerde Kullanılan Yaşlandırma Yöntemleri**

Ağız içinde kullanılması planlanan biyouyumlu materyallerin in vitro testlerinde, genellikle ağız ortamını taklit eden ortamlar kullanılarak materyaller yaşlandırılır. Bu yapay ağız ortamları oluşturulurken temel hedef; çiğneme kuvvet ve hareketlerinin taklit edilmesi, doğal ortama benzer ısı, hava ve nem koşullarının oluşturulması ve tükürüğün materyaller üzerindeki etkisinin taklit edilmesidir.<sup>117</sup> Ağız ortamını taklit etmeyi amaçlayan yaşlandırma deneyleri genel olarak üç kategoride toplanır:<sup>118</sup>

1. Depolama ile yaşlandırma
2. Okluzal yükleme ile yaşlandırma
3. Termal Siklus ile yaşlandırma

### **2.9.1 Depolama ile Yaşlandırma**

Sıklıkla kullanılan in vitro yaşlandırma yöntemlerinden birisi suda depolama ile gerçekleştirilir. Bu yöntemde örnekler önceden belirlenmiş bir süre boyunca 37 °C'lik suda bekletilir.<sup>119</sup> Örneklerin bekleme süresi, birkaç aydan birkaç yıla, hatta bazen daha uzun zaman dilimlerine kadar farklılık gösterebilmektedir.<sup>119</sup> Bazı araştırmalarda ise bekletme sırasında bakteri üremesini önlemek amacıyla bu suya kloramin, sodyum azit veya antibiyotik gibi maddeler ilave edilmiştir.<sup>119</sup> Ağız içi ortamı daha iyi taklit edebilmek için bekletme solüsyonu olarak yapay tükürük çözeltileri de kullanılabilir.<sup>119</sup> Depolama ile yaşlandırma yöntemi mikrosızıntı, bağlanma dayanımı, kırılma dayanımı gibi testlerde kullanılabilir. Bununla birlikte okluzal yükleme veya termal siklus gibi diğer test yöntemlerin öncesinde de bu yöntem zaman zaman kullanılır.<sup>118</sup>

### **2.9.2 Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma**

Çiğneme kuvvetlerine benzer büyüklükte ve yöndeki kuvvetlerin belirlenen bir süre boyunca test edilecek dental materyale uygulanması ile eskitilmesi işlemine okluzal yükleme ile yaşlandırma yöntemi denir. Bu amaçla çiğneme simülatörleri, kontrollü kırılma dayanımı testleri ve yorgunluk testleri kullanılır.<sup>117, 119</sup> Okluzal yükleme ile eskitme yöntemi, kırılma ve bağlanma dayanımı testleri ve mikrosızıntı testleriyle birlikte kullanılabilir.<sup>120-122</sup>

### 2.9.3 Termal Siklus ile Yaşlandırma

Termal siklus prosedürü, dental materyallerinin vitro olarak ağız ortamını taklit edecek termal değişimlere tabi tutularak yaşlandırılmasını hedefler.<sup>123, 124</sup> Teknik ilk kez Nelsen ve arkadaşları<sup>125</sup> (1952) tarafından dental restoratif materyallerin mikrosızıntı özelliklerini değerlendirmek için geliştirilmiştir.<sup>118, 125</sup>

Termal siklus yönteminde kullanılan aygıt, yan yana iki banyo tankı ve örnekleri bu banyo tanklarına sıra ile daldıran taşıyıcı bir koldan oluşur (Şekil 2.5). Banyo tanklarının içlerinde niteliği isteğe göre değiştirilebilen sıvılar istenilen sıcaklıkta (2–65 °C) saklanır. Örnekler taşıma kolunun ucundaki sepete yerleştirilir. Cihazın üzerinde bir kontrol paneli bulunmaktadır. Bu kontrol paneli örneklerin transfer ve bekleme süreleriyle, tankların sıcaklığı ve toplam siklus sayısını ayarlamak için kullanılır.<sup>118</sup>



Şekil 2.5. Termal siklus cihazı<sup>97</sup>

Tüketilen gıda ve sıvılarla ağız içi sıcaklığı 0-70 °C arasında değişirken restorasyonların iç yüzey sıcaklıklarının ise 9-52 °C arasında değiştiği bildirilmiştir.<sup>126</sup> Ayrıca ağız içindeki sıcaklık değişiminin çoğunlukla 5-55 °C arasında kaldığı da rapor edilmiştir.<sup>127</sup> Termal siklus işleminde çok farklı prosedürler kullanılabilmeyle birlikte, genellikle bu yöntem 5-55 °C arasında döngüler uygulanacak şekilde yapılmaktadır.<sup>127</sup> Ağız içi sıcaklığın en yüksek ve en düşük olduğu anlar 24 saat içerisinde 20-50 kez oluşur ve bu nedenle 10 bin siklusun bir yıllık oral fonksiyona denk geldiği rapor edilmiştir.<sup>128</sup>



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2017/108 protokol numarası ile etik onayı alındıktan sonra, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda tedavi görecektir hastalardan, ortodontik tedavi amaçlı diş çekimine karar verilen bir grup hasta yapılacak çalışma hakkında bilgilendirilmiştir. Çalışmaya katılmayı kabul eden hastalara çalışma tasarımı detaylı olarak anlatılmıştır. Bu hastalar tarafından Aydınlatılmış Onam Formu doldurulmuş ve çekilen dişleri çalışma için biriktirilmiştir.

#### 3.1 Çalışmada Kullanılacak Örnek Sayısının Belirlenmesi

Örnekleme sayısının belirlenmesi için G\*Power (HHU Düsseldorf) programı kullanılarak power (güç) analizi yapılmıştır. Mikrosızıntı miktarı için yapılan analiz sonucunda; etki boyutu (effect size d): 0,6358 ve standart sapma (SD): 0,008 alındığında; 0,05 (%5) yanılma düzeyinde ve 0,80 (%80) güç değerinin sağlanabilmesi için toplam örneklem sayısının en az 35 (n) olması gerektiği saptanmıştır. Güç analizi dikkate alınarak çalışmada toplam kırk adet insan maksiller premolar dişi kullanılmıştır.

#### 3.2 Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçilmesi

Deney için kullanılacak dişler gün ışığında büyüteç yardımıyla değerlendirilmiştir. Dişlerin çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak; bozulmamış bukkal mine, konjenital defekt bulunmaması, çatlak bulunmaması, çürük bulunmaması, dolgu bulunmaması ve önceden ortodontik bonding yapılmamış olması aranmıştır.

#### 3.3 Diş Örneklerinin Hazırlanması ve Saklanması

Seçilen dişler üzerindeki artıklar kretuvar (Hu-Friedy Mfg. Co., LLC, UK) ve bir diş fırçası yardımıyla temizlendikten sonra, deney zamanına kadar (maksimum altı ay), bakteri gelişimini inhibe etmek amacıyla; %0,1 (ağırlık/hacim) timolden oluşan bir çözelti içinde oda sıcaklığında saklanmıştır.

### 3.4 Deneyde Kullanılan Clarity™ Advanced Seramik Braketler

Clarity™ Advanced braketler; 3M™ Unitek (Monrovia, CA, USA) firmasının düşük profilli, seramik yapıdaki estetik braketleridir (Şekil 3.1). Üretim teknolojilerindeki ve braket tasarımındaki gelişmeler, Clarity™ (3M™ Unitek) marka estetik braketlerin yenilenerek geliştirilmesine olanak sağlamış ve Clarity™ Advanced seramik braketler geliştirilmiştir. Clarity™ Advanced seramik braketler, “granüller” olarak adlandırılan küçük kristallerden oluşan polikristalin alüminyumdan yapılmıştır. Bu granüllerin büyüklüğü azaldıkça, seramik malzemenin mukavemeti artar. Clarity™ Advanced seramik braketlerdeki seramik malzemenin ince granül ebadı, Clarity™ braketlerinde kullanılan malzemeye kıyasla içsel malzemenin gücünü artırır. Ayrıca, kullanılan malzemenin çeşitli boyama maddeleriyle renklenmeye direnç gösterdiği bildirilmiştir. Ek olarak, Clarity™ Advanced braketlerinin yarı saydam malzemesi farklı diş rengi tonlarıyla uyumlu bir estetik sunar.<sup>129</sup>



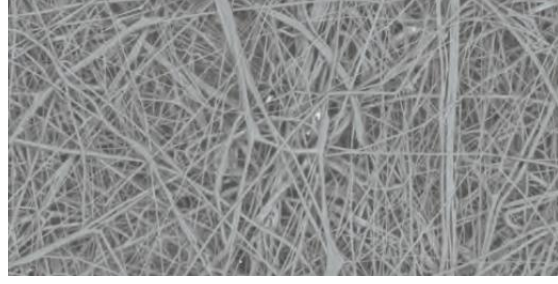
Şekil 3.1. Clarity™ Advanced (3M™) seramik braketleri<sup>130</sup>

Clarity™ Advanced braketlerinin .018 ve .022 slot boyutlarında alternatifleri mevcuttur. Ayrıca MBT™ sistem, Roth ve yüksek torklu reçetelerde bu braketleri bulmak mümkündür. Bu braketler geleneksel olarak altı adeziv kaplamasız formda üretildiği gibi, adeziv kaplamalı olarak da (APC™ II, APC™ Plus, APC™ Flash-Free) üretilmektedir.<sup>130</sup>

### 3.5 Deneyde Kullanılan Yapıştırıcılar

#### 3.5.1 APC™ Flash-Free

Yeni geliştirilen bir ürün olan, APC™ Flash-Free Adeziv (3M™ Unitek, Monrovia, CA, USA), nispeten düşük viskoziteli bir adeziv rezin ile sıkıştırılabilir bir dokusuz ağın birleşimidir. “Dokusuz (nonwoven)” terimi genellikle uzun, dolaşmış liflerden yapılmış kumaş benzeri malzemeler için kullanılır. Dokusuz kumaşlar, rastgele yerleştirilmiş liflerden oluştuğu için dokuma veya örme kumaşlardan farklıdır. APC™ Flash-Free Adeziv’de de kullanılan dokusuz ağısı yapı rastgele yönlendirilmiş, dolanmış liflerden oluşur (Şekil 3.2).<sup>131</sup>



Şekil 3.2. APC™ Flash-Free Adeziv’de kullanılan dokusuz (nonwoven) ağsı yapının büyütülmüş görüntüsü<sup>131</sup>

Flash-Free adeziv kaplı braket (Şekil 3.3) bir diş üzerine yerleştirildiğinde, sıkıştırılabilir ağsı yapı adeziv rezinin braket tabanı ile diş arasındaki boşluğu doldurmasını sağlar. Düşük viskoziteli rezinin yüzey gerilimi, diş yüzeyini iyice ıslatmasını sağlar ve tipik olarak adeziv taşmasına neden olan yapıştırıcıların aksine braket tabanının etrafında fileto benzeri bir yüzey oluşturur. Bu yüzey tipik olarak pürüzsüzdür ve filetonun boyutu, her diş tipi için belirlenen rezin miktarı ile sınırlandırılmıştır. Sonuç olarak, APC™ Flash-Free braketler, ortodontistlerin braket konumlandırmasına odaklanabilmeleri için flaş temizlik adımına gerek duymayan bir yapıştırma prosedürü sunar.<sup>131</sup>



Şekil 3.3. APC™ Flash-Free adeziv kaplı braket<sup>28</sup>

### 3.5.2 APC™ PLUS

Adezivle kaplı sistemlerde braketler önceden belirlenen miktarda adezivle kaplanmıştır. Standart miktarlarda ayarlanan adeziv, bonding sırasında oluşacak taşkın adeziv oranını azaltır. Bu sistemler hasta başında geçen zamandan tasarruf sağlar. APC™ PLUS Adeziv’in (3M™ Unitek, Monrovia, CA, USA) pembe rengi braket konumlandırmasında ve flaş temizliğinde görsel bir yardım sağlar (Şekil 3.4). Işıkla sertleştiğinde renk derhal kaybolur. Ayrıca bu adezivin flor salınım özelliği vardır.<sup>132</sup>



Şekil 3.4. APC™PLUS adeziv kaplı braket<sup>28</sup>

### 3.5.3 Transbond™ XT

Transbond™ XT Light Cure Adhesive metal ve seramik braketleri diş yüzeylerine yapıştırmak için kullanılan bir üründür (Şekil 3.5). Firma ürünün doğru braket yerleşimi için ek çalışma süresi sağladığını, braket kaymalarına neden olmayacak viskozitede olduğunu, flaş temizliğinin kolay olduğunu ve yapışma dayanıklılığının polimerizasyon sonrası hemen yüksek seviyelere ulaştığını bildirmiştir. Transbond™ XT Primer ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.<sup>133</sup>



Şekil 3.5. 3M™ Transbond™ XT<sup>133</sup>

### 3.5.4 Opal® Seal™ ve Opal® Bond™ MV

Opal®Seal™ (Ultradent, South Jordan, Utah, USA), asitlenmiş mine yüzeyine ortodontik bonding için uygulanan bir primer ve sealentdir (Şekil 3.6). Uzun süreli dayanıklılık için %38 cam iyonomer ve nanofiller doldurucu içerir. Flor salınımı ve flor reşarj özelliği vardır. Floresan özellikleri yeniden uygulama ve sökmeyi kolaylaştırır.<sup>134</sup>

Opal® Bond™ MV (Ultradent, South Jordan, Utah, USA), metal ve seramik braketler ile kullanılan ışıkla sertleşen bir ortodontik bonding adezividir (Şekil 3.6). Orta

viskozitededir. Ergonomik ters açılı şırıngası, yerleştirme hassasiyeti ve ekonomisi sağlar. Temizlenmesini kolaylaştırmak için floresan özelliktedir.<sup>135</sup>



Şekil 3.6. Opal® Seal™ ve Opal® Bond™ MV<sup>134, 135</sup>

### 3.5.5 Blugloo™

Blugloo™ (Ormco, Orange, CA, USA) formülasyonu ve renk stabilitesi seramik braketler ile kullanım için geliştirilmiş bir yapıştırıcıdır (Şekil 3.7). Blugloo™'nin yapıştırma sırasındaki renk kontrastı hızlı, doğru braket yerleştirmeyi kolaylaştırır ve istenmeyen flaşı gidermeyi kolaylaştırır. Blugloo™ vücut sıcaklığıyla ısınırken, rengi şeffaflaşır ve tedavi boyunca şeffaf kalır. Debonding sonrası kalan adezivi temizlerken, yüzey sıcaklığını düşürmek için kısa bir soğuk hava veya su akımı verilir ve Blugloo™ kolay ve tam temizlik için tekrar maviye döner. Bu ürünün Ortho Solo™ Primer ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.<sup>136</sup>



Şekil 3.7. ORMCO Blugloo™<sup>136</sup>

### 3.6 Deney Gruplarının Oluşturulması

Deneyde kullanılacak kırk diş rastgele, her grupta sekiz diş olacak şekilde beş gruba ayrıldı. Bonding işlemi sırasında; birinci grup için APC Flash-Free™ Adhesive Coated Appliance System Clarity™ Advanced seramik maksiller premolar braketleri ve Transbond™ XT Primer, ikinci grup için APC™ PLUS Adhesive Coated Appliance System

Clarity™ Advanced seramik maksiller premolar braketleri ve Transbond™ XT Primer, üçüncü grup için Clarity™ Advanced seramik maksiller premolar braketleri ve Transbond™ XT Primer ile Transbond™ XT Light Cure Adhesive, dördüncü grup için Clarity™ Advanced seramik maksiller premolar braketleri ve Opal® Seal™ ile Opal® Bond™ MV, beşinci grup için Clarity™ Advanced seramik maksiller premolar braketleri ve ORMCO Ortho Solo™ Primer ile ORMCO Blugloo™ Two-Way Color Change Adhesive kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deney grupları

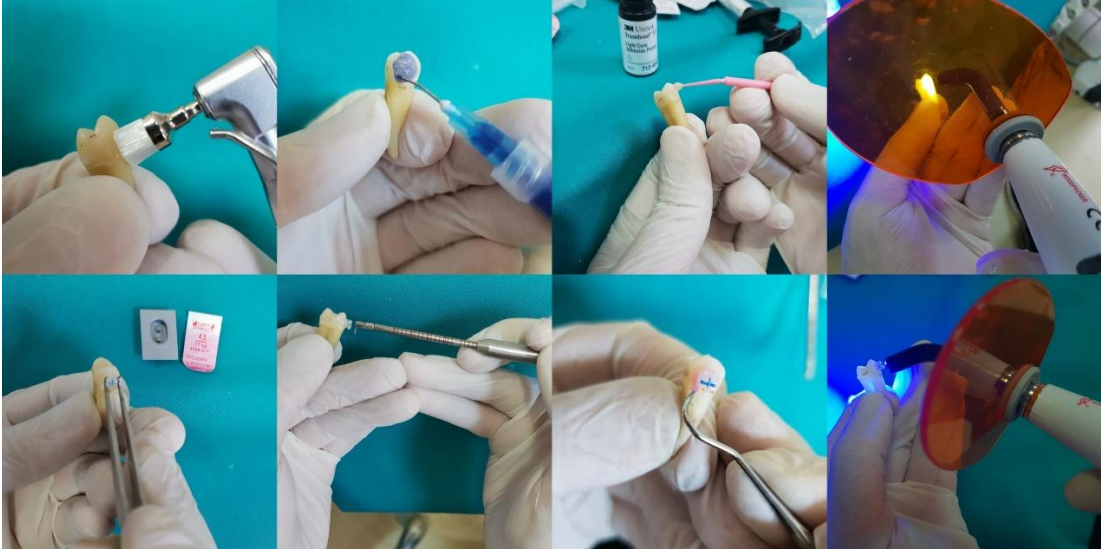
<b>Grup</b>	<b>Braket Sistemi</b>	<b>Primer</b>	<b>Adeziv</b>
<b>APC Flash-Free</b>	Clarity™ Advanced seramik braket	Transbond™ XT Primer	APC™ Flash-Free
<b>APC PLUS</b>	Clarity™ Advanced seramik braket	Transbond™ XT Primer	APC™ PLUS
<b>Transbond XT</b>	Clarity™ Advanced seramik braket	Transbond™ XT Primer	Transbond™ XT Light Cure Adhesive
<b>Opal Bond MV</b>	Clarity™ Advanced seramik braket	Opal® Seal™	Opal® Bond™ MV
<b>Blugloo</b>	Clarity™ Advanced seramik braket	Ortho Solo™ Primer	Blugloo™

### 3.7 Bonding Prosedürü

Çalışmaya dahil olan tüm dişler pomza/su karışımı ve fırça ile mine yüzeyindeki artıklar uzaklaşmaya kadar yavaşça cilalandıktan sonra hava-su spreyi ile yıkandı ve kurutuldu. Ardından %37 lik ortofosforik asit jel (3M Dental Products, St Paul, Minnesota, USA) dişlerin bukkal yüzeyine 30 saniye uygulandı ve 20 saniye suyla yıkandı 20 saniye

hava spreyi ile kurulandı. Ardından gruplara göre belirtilen primer dişlerin mine yüzeyine sürülerek 5 saniye beklendikten sonra nazikçe kuru hava uygulaması ile inceltildi. Primerin ışıkla polimerizasyonu light-emitting diode (LED) cihazıyla (Woodpecker-Built in C, Guangdong, China), 10 saniye ışık uygulanması ile sağlandıktan sonra gruplara göre belirtilen braket sistemlerinin, belirtilen adeziv ajanla yapıştırma işlemi gerçekleştirildi (Şekil 3.8).

Braketler ideal meziodistal ve gingivookluzal konumda aynı uygulayıcı tarafından tüm dişlere yapıştırıldı. Her braket üzerine bir force gauge (Dontrix Gauge) kullanılarak 300 g sıkıştırma kuvveti uygulandı. Braketlerin etrafındaki fazla adeziv rezin uzaklaştırıldı. Adeziv materyalin ışıkla polimerizasyonu LED ışık cihazıyla 10 saniye mezial 10 saniye distal yüzeyden sağlandı.



Şekil 3.8. Çalışmada uygulanan bonding prosedürü

### 3.8 Termal Siklus

Altı aylık ağız içi çevreyi simüle etmek üzere bütün dişler 5 bin siklus 5°C ve 55°C arasında 30 saniye bekleme süresiyle termal siklusa (Julabo GmbH, FT 400, Seelbach, Germany) tabi tutuldu (Şekil 3.9).





Şekil 3.9. Örneklerin termal siklusa tabi tutulması  
(Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı)

### 3.9 Sızıntı İşleminin Gerçekleştirilmesi

Termal siklus işlemi tamamlandıktan sonra %50'lik gümüş nitrat solüsyonu mikrosızıntı değerlendirmesinde radyopak boyama solüsyonu olarak kullanıldı. Örnekler 12 saat süreyle %50'lik gümüş nitrat solüsyonunda sızıntının gerçekleşmesi için bekletildi.

### 3.10 Mikro Bilgisayarlı Tomografi İncelemesi

Çalışmada kullanılan masa üstü tip SkyScan 1272 (Bruker micro-CT, Kontich, Belgium) Mikro-BT sistemi; yüksek voltajla desteklenen bir mikro odaklanma tüpü, hassas manipulatöre sahip bir numune taşıyıcı, görüntü yakalayıcıya bağlı bir X-ray CCD (Charge-Coupled Device) kamera ve yüksek kapasiteye sahip bir bilgisayardan oluşur.

Rotasyonel tarama esnasında x ışını tüpü ve örnek arası uzaklığı değiştirecek ve dişlerin ekspoz sahasının dışına çıkmasına neden olabilecek aksiyel konumlardaki sapmaları önlemek için; dişler merkezi şekilde ve dik konumlandırılarak numune taşıyıcı kola sabitlendi. Sabitleme işleminin tamamlanmasının ardından tarama işlemine geçildi.

Örnekler tarama için SkyScan 1272 Mikro-BT cihazına yerleştirilerek 90 kV güç, 111  $\mu$ A akımla, 1 mm alüminyum filtre kullanılarak 16 mp kamera yardımıyla, her bir örnekten yaklaşık olarak 9,9 mikron kalınlığında toplam 850-900 kesit görüntüsü alındı (Şekil 3.10). Dişlerin taranmasında 360 derece rotasyon kullanılırken, rotasyon adımı 0,50 derece olarak belirlendi. Bu ayarlarda tarama süresi yaklaşık olarak her bir çekim için 90-100 dakika sürdü. Kesitlerden alınan DICOM (Digital Imaging and Communications in



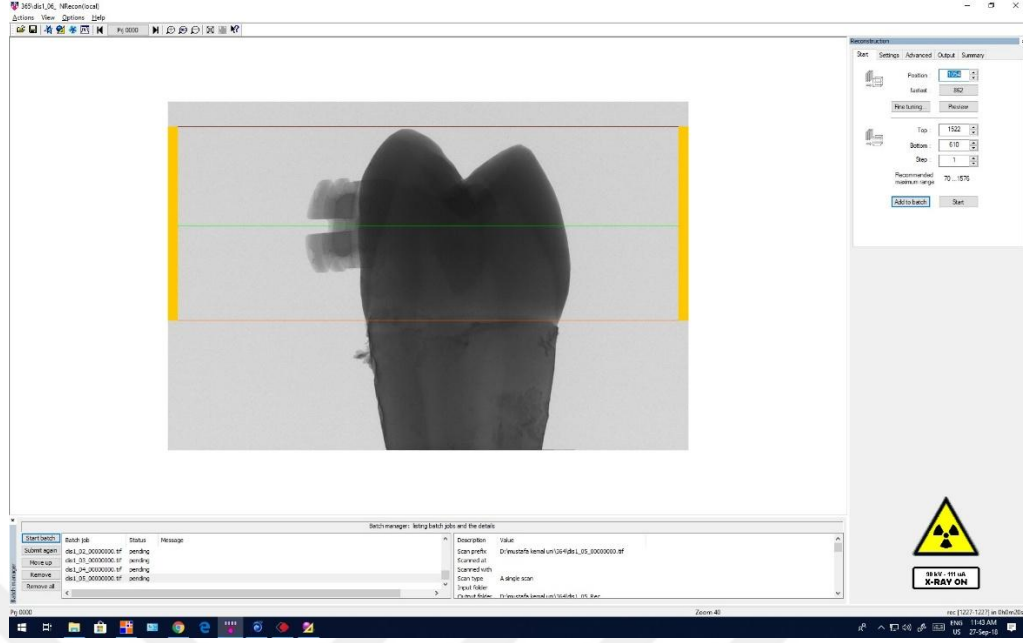
Medicine) uyumlu görüntüler BMP (Bit Map Picture) formatına dönüştürüldü. Her bir kesit görüntüsünün çözünürlüğü 2452x2452 piksel ve piksel boyutu 9,000 mikron olarak elde edildi.



Şekil 3.10. Örneklerin Skyscan 1272 Mikro-BT sistemi ile taranması  
(Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı)

### 3.11 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Analize Hazırlanması

Mikro-BT taraması sonrası elde edilen ham radyolojik görüntüler NRecon 1.7.4.2 (SkyScan, Kontich, Belgium)<sup>137</sup> programında 3 birim görüntü yumuşatma (smoothing), 8 birim halkasal görüntü hatalarının düzeltimi (ring artifact correction) ve x ışını sertleştirme (beam hardening correction) için %46 düzeltme oranı kullanılarak görüntü kirlilikleri ve radyolojik artefaktlar elimine edildi (Şekil 3.11). Ayrıca radyolojik görüntü alanları dışındaki gereksiz bölgeler uzaklaştırılarak görüntü boyutları küçültüldü ve bilgisayarda matematiksel analizin daha hızlı yapılmasına uygun hale getirildi.

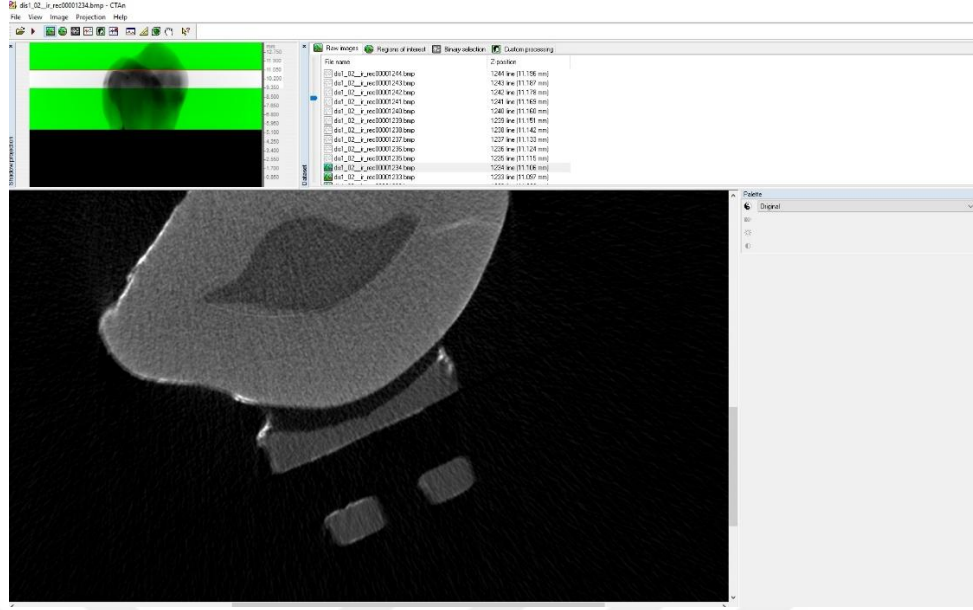


Şekil 3.11. NRecon (1.7.4.2 SkyScan, Kontich, Belgium) programında görüntünün analize hazırlanması

### 3.12 Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Analizi

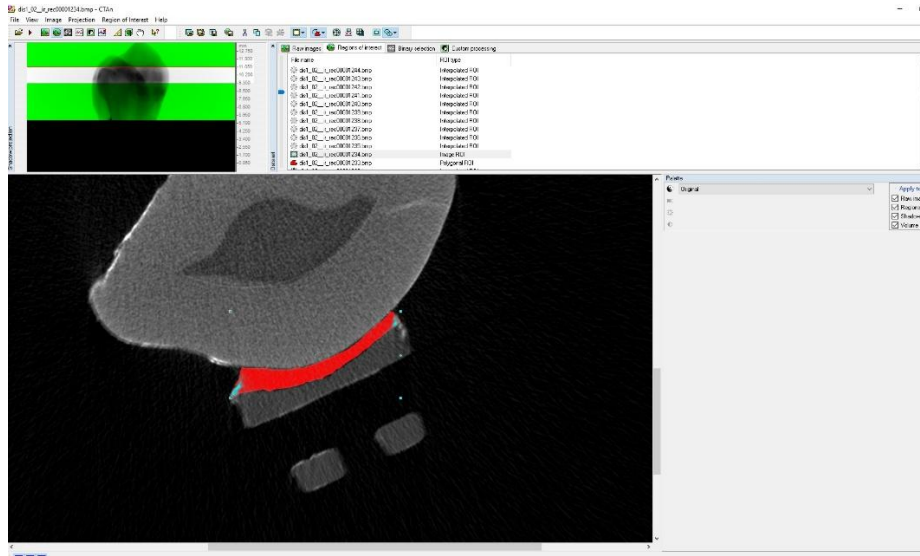
Görüntülerin analizi için yüksek kapasiteli (Intel® Xeon® CPU E-5-2680 v4 Q 2.40 Ghz (iki işlemcili), 128 GB RAM, 64–Bit) bir çalışma istasyonu (Dell, Dell Company, Austin, Texas, USA) kullanıldı.

Elde edilen veriler CTAn (Version 1.18.4.0+, SkyScan, Kontich, Belgium)<sup>138</sup> programına yüklendi ve transversal kesitlerde servikookluzal yönde adezivin başladığı ilk kesit ve bittiği son kesit belirlenerek aktif inceleme alanı tespit edildi. Aktif inceleme alanının tam ortasına denk gelen kesit, orta kesit olarak belirlendi. Orta kesitin üzerinde kalan aktif inceleme alanı okluzal yarım için ölçümlerde kullanılmak üzere seçildi. Orta kesitin altında kalan aktif inceleme alanı ise gingival yarım ölçümlerinde kullanılmak üzere seçildi (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Ham görüntü sayfası (raw images page), aktif inceleme alanı tesbiti

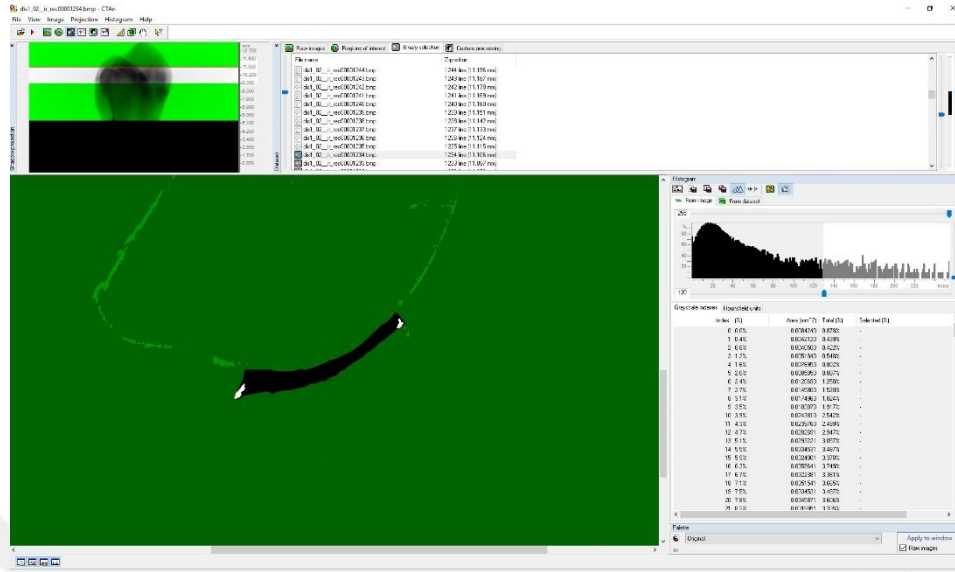
Braket tabanı altındaki adeziv bölgesi, CTAn programındaki bölgesel ayrıştırma (region of interest-ROI) fonksiyonu kullanılarak, her bir kesitte çizilerek; etraftaki mine dokusundan, braket tabanından ve dış yüzeydeki hava boşluğundan ayrılarak adeziv alanı uzayın her üç düzleminde diğer unsurlardan ayrıştırıldı (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Bölgesel ayrıştırma (Region of Interest)

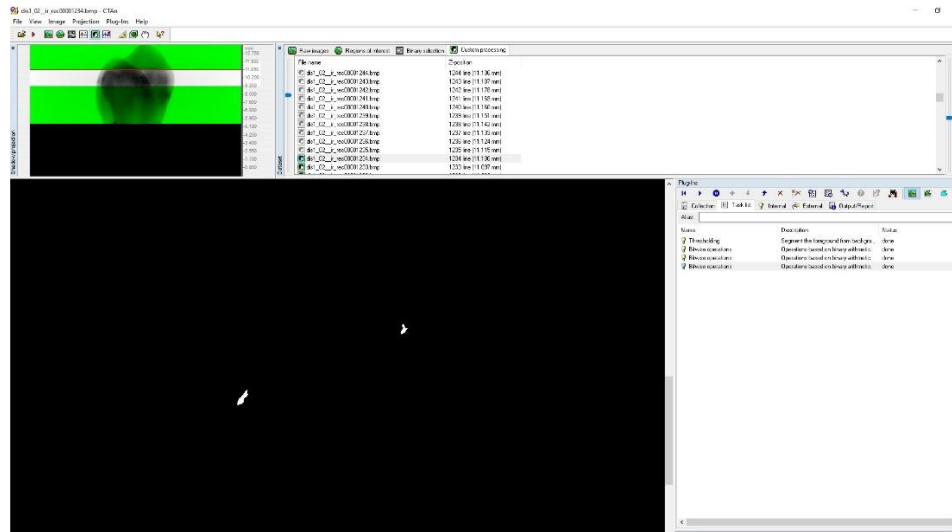
Daha sonra komşu dokular ve hava boşluğundan üç boyutlu olarak ayrılan adeziv alanının siyah-beyaz görüntü (binary selection) sayfasına geçilip mikrosızıntı alanlarındaki gümüş nitrat yoğunluğuna uygun, çalışma eşik değeri (threshold) belirlendi (Şekil

3.14).



Şekil 3.14. Siyah-beyaz görüntü sayfası (binary page)

Son olarak özel işlemler (custom processing) sayfasına geçilerek her numune için standart olarak belirlenen aynı görev listesi (task list) kullanılarak; mikrosızıntı ve adeziv bölgelerine ait hacim ve alan hesapları üç boyutlu ve iki boyutlu analizler aracılığıyla gerçekleştirildi (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Özel işlemler sayfası (custom processing)

Mikrosızıntı analizi braketlerin okluzal ve gingival parçaları için ayrı ayrı ölçümler ile gerçekleştirildi. Analizler tüm örnekler için aynı araştırmacı tarafından, kör olarak yapıldı.

### **3.13 İstatistiksel Analiz**

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye)<sup>139</sup> programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirildi. Çalışma verileri değerlendirilirken niceliksel verilerin karşılaştırılmasında normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde Mann Whitney U test kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında Wilcoxon Signed Ranks test kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk göstermeyen parametreler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Spearman's rho korelasyon analizi kullanıldı. Anlamlılık  $p < 0,05$  düzeyinde değerlendirildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Gruplar Arası Değerlendirmeler

#### 4.1.1 Üç Boyutlu Analiz Bulguları

Çalışmada değerlendirilen beş farklı grup için yapıştırıcı hacmi, mikrosızıntı hacmi, mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%), yapıştırıcı alanı ve mikrosızıntı alanı gibi parametrelere ait 3D verilerin ortalama değerleri, standart sapmaları ve medyan değerleri hesaplanmıştır

Tablolarda incelenen tüm parametreler okluzal, gingival ve toplam olmak üzere üç bölümde değerlendirilmiştir. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Tabloların en sağında gruplar arasındaki farkın anlamlılık derecesi p değerlerine göre \* ( $p < 0,05$ ) simgesiyle gösterilmiştir.

#### 4.1.1.1 Yapıştırıcı Hacmi Analizi

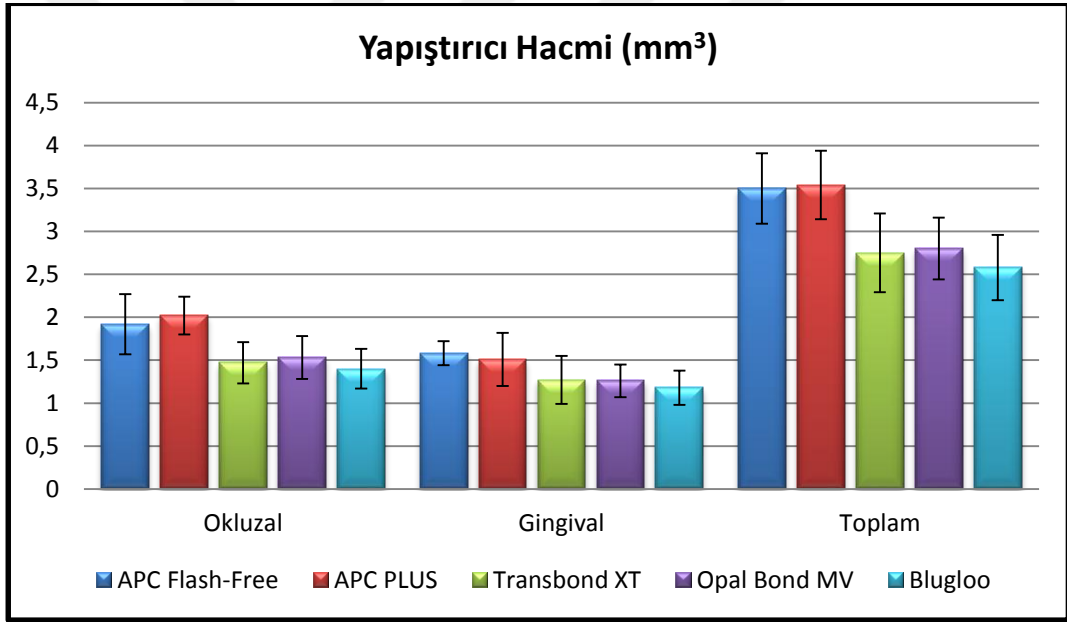
Çalışmada kullanılan yapıştırıcı hacimlerine ait ortalama, standart sapma ve medyan değerler Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Yapıştırıcı hacminin ( $\text{mm}^3$ ) 3D bulguları

3D Analiz		APC	APC	Transbond	Opal Bond	Blugloo	p
		Flash-Free	PLUS	XT	MV		
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Yapıştırıcı hacmi	Okluzal	1,92±0,35 (2)	2,02±0,22 (2)	1,47±0,24 (1,5)	1,53±0,25 (1,5)	1,4±0,23 (1,4)	0,001*
	Gingival	1,58±0,14 (1,6)	1,51±0,31 (1,5)	1,27±0,28 (1,3)	1,26±0,19 (1,2)	1,18±0,2 (1,2)	0,006*
	Toplam	3,5±0,41 (3,5)	3,54±0,4 (3,4)	2,75±0,46 (2,7)	2,8±0,36 (2,8)	2,58±0,38 (2,6)	0,000*

Kruskal wallis test \* $p < 0,05$

Üç boyutlu analiz sonuçlarına göre gruplar arasında, toplam yapıştırıcı hacimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p:0,000$ ;  $p<0,05$ ). APC Flash-Free grubunun yapıştırıcı hacmi, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p_1:0,006$ ;  $p_2:0,014$ ;  $p_3:0,003$ ;  $p<0,05$ ). APC PLUS grubunun yapıştırıcı hacmi, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p_1:0,005$ ;  $p_2:0,005$ ;  $p_3:0,002$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında yapıştırıcı hacimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Okluzal, gingival ve toplam yapıştırıcı hacimleri Şekil 4.1’de grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafikte de APC Flash-Free ve APC PLUS gruplarının yapıştırıcı hacimlerinin diğer gruplardan yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Yapıştırıcı hacmi ( $\text{mm}^3$ ) 3D analiz sonuçları

#### 4.1.1.2 Mikrosızıntı Hacmi Analizi

Mikrosızıntı hacmine ait verilerin ortalama, standart sapma ve medyan değerleri Çizelge 4.2’de görülmektedir. Aynı zamanda bu değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 4.2’de yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Mikrosızıntı hacminin (mm<sup>3</sup>) 3D bulguları

3D Analiz		APC	APC PLUS	Transbond	Opal Bond	Blugloo	p
		Flash-Free		XT	MV		
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Mikrosızıntı hacmi	<b>Okluzal</b>	0,006±0,005 (0,006)	0,012±0,019 (0,005)	0,004±0,003 (0,004)	0,019±0,019 (0,010)	0,001±0,001 (0,001)	<b>0,010*</b>
	<b>Gingival</b>	0,010±0,009 (0,005)	0,015±0,019 (0,007)	0,014±0,022 (0,004)	0,015±0,016 (0,007)	0,001±0 (0,001)	<b>0,017*</b>
	<b>Toplam</b>	0,015±0,008 (0,01)	0,025±0,038 (0,01)	0,015±0,021 (0,005)	0,035±0,034 (0,025)	0,001±0 (0,001)	<b>0,012*</b>

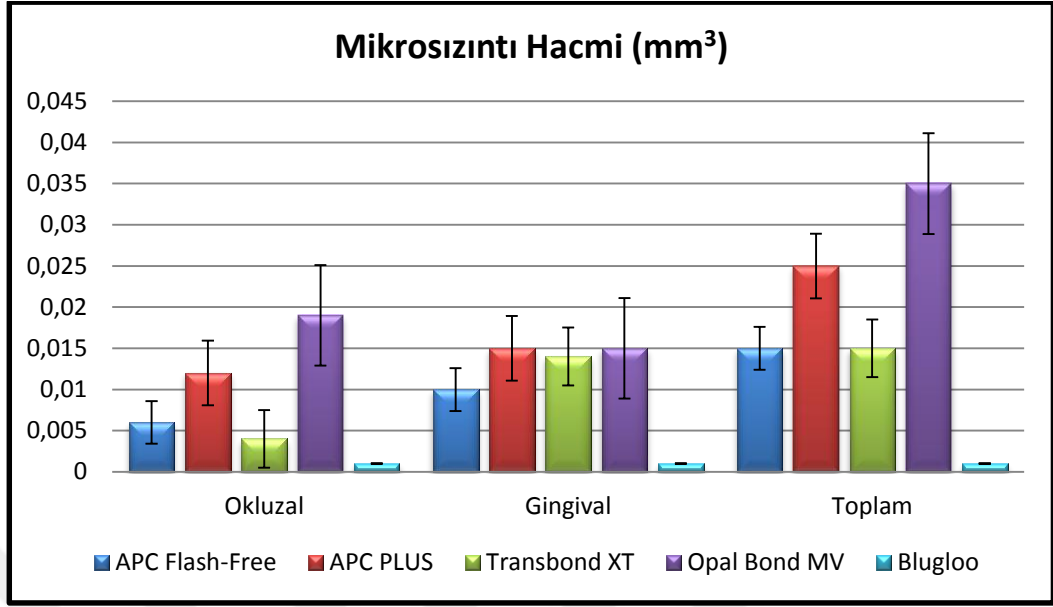
*Kruskal wallis test* \*p<0,05

Üç boyutlu analiz sonuçlarına göre, gruplar arasında, okluzal bölge mikrosızıntı hacimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0,010; p<0,05). Blugloo grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<sub>1</sub>:0,006; p<sub>2</sub>:0,012; p<sub>3</sub>:0,027; p<sub>4</sub>:0,009; p<0,05). Transbond XT grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi, Opal Bond MV grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p:0,046; p<0,05). Diğer gruplar arasında 3D okluzal mikrosızıntı hacmi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

Gingival bölge mikrosızıntı hacimleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0,017; p<0,05). Blugloo grubunun gingival mikrosızıntı hacmi, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<sub>1</sub>:0,003; p<sub>2</sub>:0,012; p<sub>3</sub>:0,012; p<sub>4</sub>:0,009; p<0,05). Diğer gruplar arasında gingival mikrosızıntı hacmi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

Okluzal ve gingival bölgenin toplam sızıntı hacimleri değerlendirildiğinde yine gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0,012; p<0,05). Blugloo grubunun toplam mikrosızıntı hacmi, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<sub>1</sub>:0,000; p<sub>2</sub>:0,011; p<sub>3</sub>:0,027; p<sub>4</sub>:0,004; p<0,05). Diğer gruplar arasında toplam mikrosızıntı hacmi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).





Şekil 4.2. Mikrosızıntı hacmi (mm<sup>3</sup>) 3D analiz sonuçları

#### 4.1.1.3 Mikrosızıntı Hacmi/Yapıştırıcı Hacmi (%) Oranı Analizi

Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranına ait verilerin ortalama, standart sapma ve medyan değerleri Çizelge 4.3.'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranının 3D bulguları

3D Analiz		APC Flash-Free	APC PLUS	Transbond XT	Opal Bond MV	Blugloo	p
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%)	Okluzal	0,3±0,19 (0,3)	0,63±1,05 (0,3)	0,26±0,18 (0,3)	1,21±1,13 (0,7)	0,09±0,1 (0,1)	<b>0,012*</b>
	Gingival	0,6±0,56 (0,3)	0,88±1,19 (0,4)	1,13±1,88 (0,3)	1,13±1,21 (0,6)	0,06±0,04 (0,1)	<b>0,015*</b>
	Toplam	0,91±0,5 (0,8)	1,52±2,19 (0,6)	1,39±1,89 (0,7)	2,35±2,1 (1,9)	0,15±0,12 (0,1)	<b>0,007*</b>

Kruskal wallis test \*p<0,05

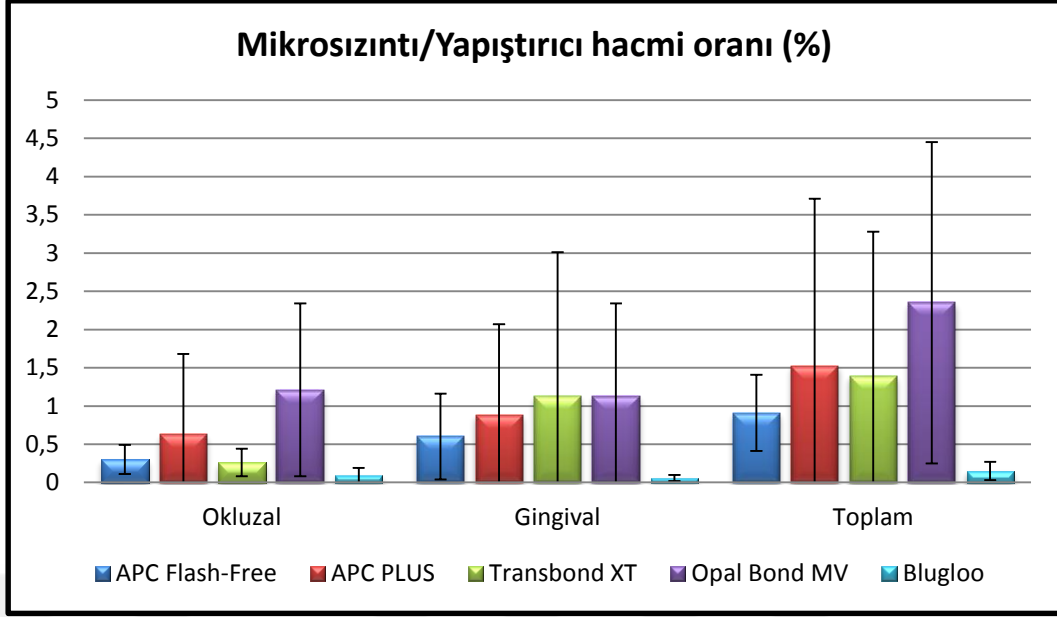
3D analiz sonuçlarına göre; gruplar arasında, okluzal mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0,012;

$p < 0,05$ ). Blugloo grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,009$ ;  $p_2:0,016$ ;  $p_3:0,046$ ;  $p_4:0,009$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında okluzal mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).

Gruplar arasında gingival mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi (%) oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,015$ ;  $p < 0,05$ ). Bu inceleme bölgesinde de Blugloo grubunun mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,003$ ;  $p_2:0,016$ ;  $p_3:0,009$ ;  $p_4:0,009$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında gingival mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).

Gruplar arasında toplam mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,007$ ;  $p < 0,05$ ). Blugloo grubunun mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı, gingival ve okluzal bölgede olduğu gibi APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,001$ ;  $p_2:0,003$ ;  $p_3:0,016$ ;  $p_4:0,010$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).

Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranının grafiksel gösterimi Şekil 4.3'de yapılmıştır. Grafikte de Blugloo grubundaki orantısal değer diğer gruplara göre çok düşük görülmektedir.



Şekil 4.3. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%) 3D analiz sonuçları

#### 4.1.1.4 Yapıştırıcı Yüzey Alanı Analizi

Yapıştırıcı yüzey alanına ait verilerin ortalama, standart sapma ve medyan değerleri Çizelge 4.4’de görülmektedir. Bu değere ait grafiksel gösterim de Şekil 4.4’de yapılmıştır.

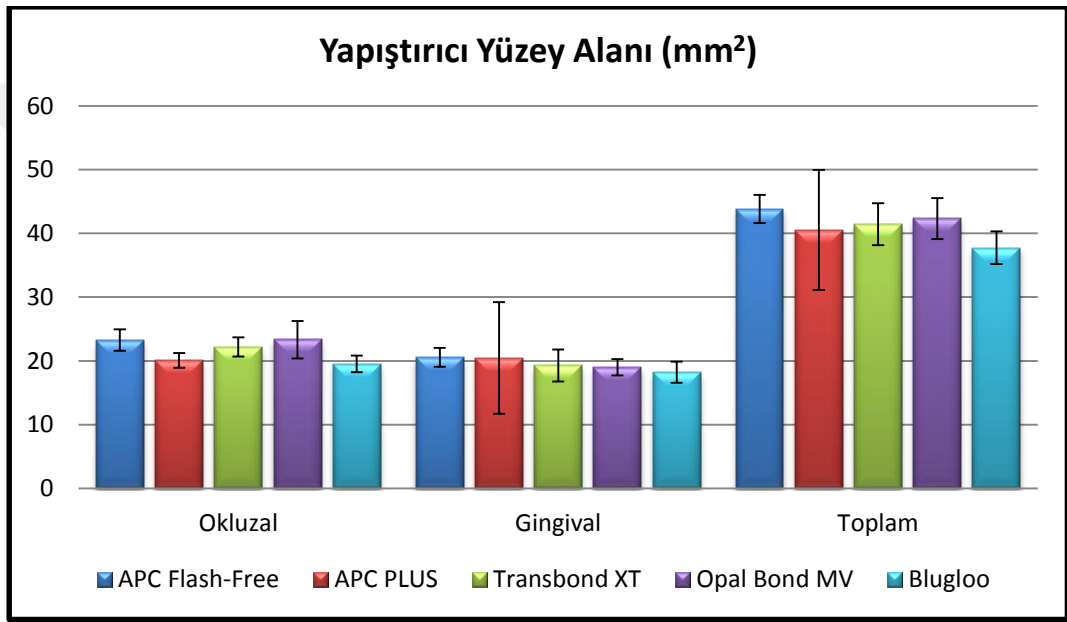
Çizelge 4.4. Yapıştırıcı yüzey alanının (mm<sup>2</sup>) 3D bulguları

3D Analiz		APC	APC	Transbond	Opal Bond	Blugloo	p
		Flash-Free	PLUS	XT	MV		
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Yapıştırıcı yüzey alanı	Okluzal	23,26±1,68 (23,4)	20,08±1,16 (20,2)	22,17±1,51 (22,4)	23,32±2,92 (23)	19,52±1,29 (19,3)	<b>0,000*</b>
	Gingival	20,56±1,49 (20)	20,45±8,76 (17,2)	19,29±2,51 (18,8)	18,99±1,29 (19)	18,22±1,66 (17,8)	<b>0,080</b>
	Toplam	43,82±2,2 (43,8)	40,53±9,42 (37,8)	41,45±3,28 (40,9)	42,31±3,21 (41,4)	37,74±2,57 (37,4)	<b>0,001*</b>

Kruskal wallis test \*p<0,05

Yapıştırıcı alanı üç boyutlu olarak incelendiğinde gingival bölgede gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmezken okluzal bölgede gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu Çizelge 4.4’de görülmektedir.

Toplam yapıştırıcı alanı değerlendirildiğinde gruplar arasında, yapıştırıcı alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,001$ ;  $p<0,05$ ). Blugloo grubunun yapıştırıcı alanı, APC Flash-Free, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,002$ ;  $p_2:0,021$ ;  $p_3:0,009$ ;  $p<0,05$ ). APC PLUS grubunun yapıştırıcı alanı, APC Flash-Free, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,012$ ;  $p_2:0,036$ ;  $p_3:0,021$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında yapıştırıcı alanı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).



Şekil 4.4. Yapıştırıcı yüzey alanı ( $\text{mm}^2$ ) 3D analiz sonuçları

#### 4.1.1.5 Mikrosızıntı Yüzey Alanı Analizi

Mikrosızıntı yüzey alanına ait üç boyutlu verilerin ortalama, medyan değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.5’de görülmektedir. Bu verilere ait grafiksel gösterim ise Şekil 4.5’de yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Mikrosızıntı yüzey alanının (mm<sup>2</sup>) 3D bulguları

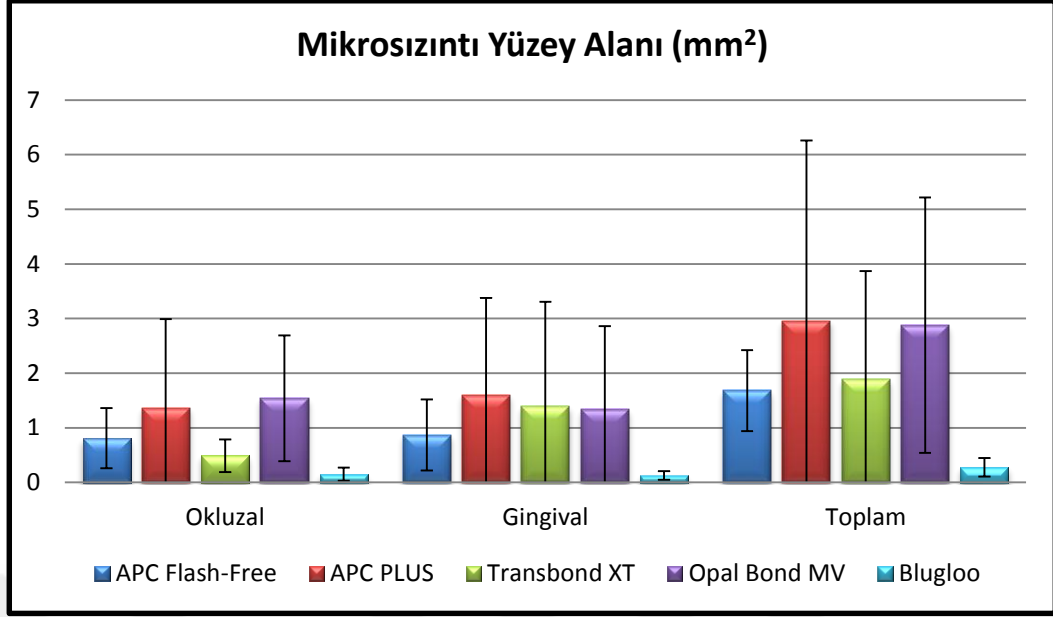
3D Analiz		APC	APC	Transbond	Opal Bond	Blugloo	p
		Flash-Free	PLUS	XT	MV		
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Mikrosızıntı yüzey alanı	<b>Okluzal</b>	0,81±0,55 (0,8)	1,36±1,63 (0,8)	0,49±0,3 (0,5)	1,54±1,15 (1,3)	0,15±0,12 (0,1)	<b>0,004*</b>
	<b>Gingival</b>	0,87±0,65 (0,6)	1,6±1,78 (0,8)	1,39±1,92 (0,6)	1,34±1,52 (0,7)	0,13±0,08 (0,1)	<b>0,011*</b>
	<b>Toplam</b>	1,68±0,74 (1,8)	2,96±3,3 (1,4)	1,88±1,99 (1,3)	2,88±2,34 (2,8)	0,28±0,17 (0,3)	<b>0,003*</b>

*Kruskal wallis test* \* $p < 0,05$

Üç boyutlu analiz sonuçlarına göre; gruplar arasında, okluzal mikrosızıntı alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,004$ ;  $p < 0,05$ ). Blugloo grubunun okluzal mikrosızıntı alanı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,005$ ;  $p_2:0,003$ ;  $p_3:0,021$ ;  $p_4:0,006$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında okluzal mikrosızıntı alanı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).

Gruplar arasında gingival mikrosızıntı alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,011$ ;  $p < 0,05$ ). Blugloo grubunun gingival mikrosızıntı alanı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,003$ ;  $p_2:0,002$ ;  $p_3:0,012$ ;  $p_4:0,012$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında gingival mikrosızıntı alanı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).

Toplam mikrosızıntı alanı değerlendirildiğinde yine gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ( $p:0,003$ ;  $p < 0,05$ ). Toplam değerlerde Blugloo grubunun mikrosızıntı alanı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,001$ ;  $p_2:0,001$ ;  $p_3:0,016$ ;  $p_4:0,009$ ;  $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı alanı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ).



Şekil 4.5. Mikrosızıntı yüzey alanı (mm<sup>2</sup>) 3D analiz sonuçları

#### 4.1.2 İki Boyutlu Analiz Bulguları

Çalışmada değerlendirilen beş farklı grup için yapıştırıcı hacmi, mikrosızıntı hacmi, mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%), yapıştırıcı alanı ve mikrosızıntı alanı gibi parametrelere ait iki boyutlu verilerin ortalama değerleri, medyan değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Tabloda incelenen tüm parametreler okluzal, gingival ve toplam olmak üzere üç bölümde değerlendirilmiştir.

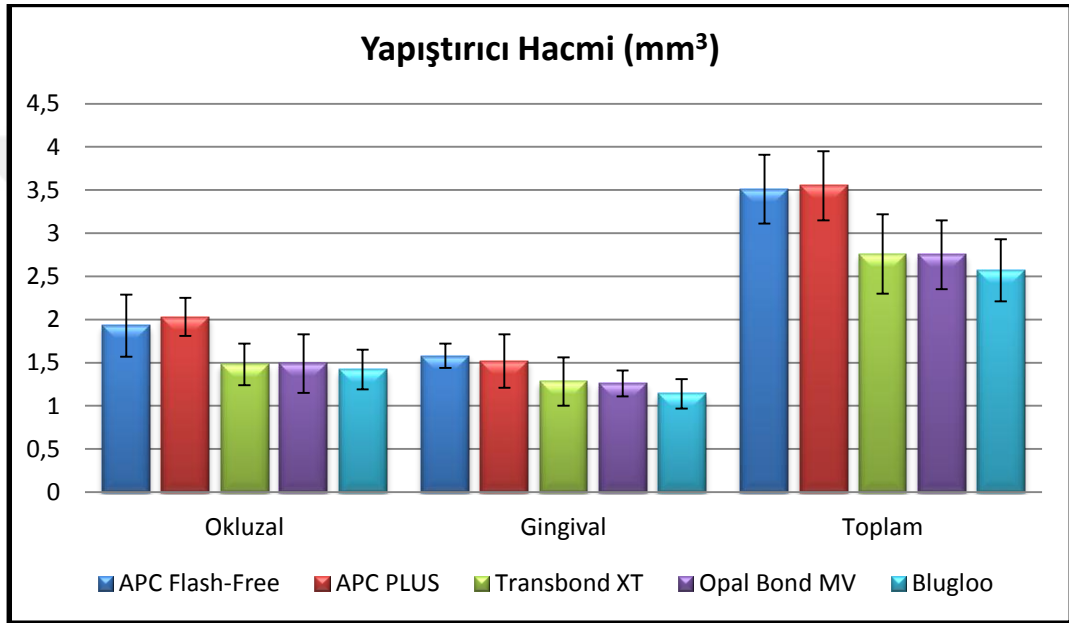
Çizelge 4.6. 2D analiz bulguları

2D Analiz Parametreleri		APC	APC	Transbond	Opal Bond	Blugloo	
		Flash-Free	Plus	XT	MV		
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	Okluzal	1,93±0,36 (2)	2,03±0,22 (2)	1,48±0,24 (1,5)	1,49±0,34 (1,5)	1,42±0,23 (1,4)	0,001*
	Gingival	1,58±0,14 (1,6)	1,52±0,31 (1,5)	1,28±0,28 (1,3)	1,26±0,15 (1,3)	1,14±0,17 (1,1)	0,003*
	Toplam	3,51±0,4 (3,5)	3,55±0,4 (3,5)	2,76±0,46 (2,8)	2,75±0,4 (2,7)	2,57±0,36 (2,5)	0,000*
Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	Okluzal	0,007±0,005 (0,006)	0,013±0,020 (0,006)	0,004±0,003 (0,004)	0,019±0,020 (0,010)	0,001±0,001 (0,001)	0,004*
	Gingival	0,01±0,009 (0,006)	0,016±0,020 (0,008)	0,015±0,022 (0,004)	0,014±0,017 (0,007)	0,001±0 (0,001)	0,014*
	Toplam	0,015±0,008 (0,010)	0,028±0,041 (0,010)	0,018±0,024 (0,010)	0,034±0,034 (0,020)	0,001±0 (0,001)	0,012*
Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%)	Okluzal	0,33±0,21 (0,3)	0,67±1,08 (0,3)	0,28±0,2 (0,3)	1,27±1,16 (0,8)	0,07±0,04 (0,1)	0,004*
	Gingival	0,63±0,58 (0,4)	0,94±1,24 (0,4)	1,19±1,94 (0,4)	1,05±1,21 (0,6)	0,07±0,04 (0,1)	0,012*
	Toplam	0,96±0,52 (0,8)	1,61±2,27 (0,6)	1,47±1,96 (0,8)	2,32±2,16 (1,5)	0,13±0,07 (0,1)	0,004*
Yapıştırıcı yüzey Alanı (mm <sup>2</sup> )	Okluzal	27,87±1,98 (28,1)	23,15±1,94 (23,2)	26,68±2,06 (27)	27,63±4,62 (28,3)	23,85±1,44 (23,9)	0,000*
	Gingival	24,2±1,77 (23,6)	23,75±10,08 (19,3)	22,69±2,88 (22,4)	23,58±2,47 (24,1)	20,86±1,54 (20,5)	0,060
	Toplam	52,07±2,58 (52,2)	46,9±11 (43,7)	49,37±3,63 (49)	51,21±4,78 (51,2)	44,71±2,1 (44,7)	0,001*
Mikrosızıntı yüzey alanı (mm <sup>2</sup> )	Okluzal	1,01±0,67 (0,9)	1,67±1,99 (1,1)	0,61±0,37 (0,7)	1,78±1,45 (1,3)	0,16±0,09 (0,2)	0,004*
	Gingival	1,04±0,77 (0,8)	1,93±2,11 (1)	1,7±2,31 (0,8)	1,37±1,81 (0,8)	0,14±0,1 (0,1)	0,006*
	Toplam	2,05±0,89 (2,1)	3,6±3,97 (1,8)	2,31±2,4 (1,6)	3,15±2,91 (2,5)	0,3±0,15 (0,3)	0,004*

Kruskal wallis test \*p&lt;0,05

İki boyutlu analiz sonuçlarına göre; gruplar arasında toplam yapıştırıcı hacimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0,000; p<0,05). APC Flash-

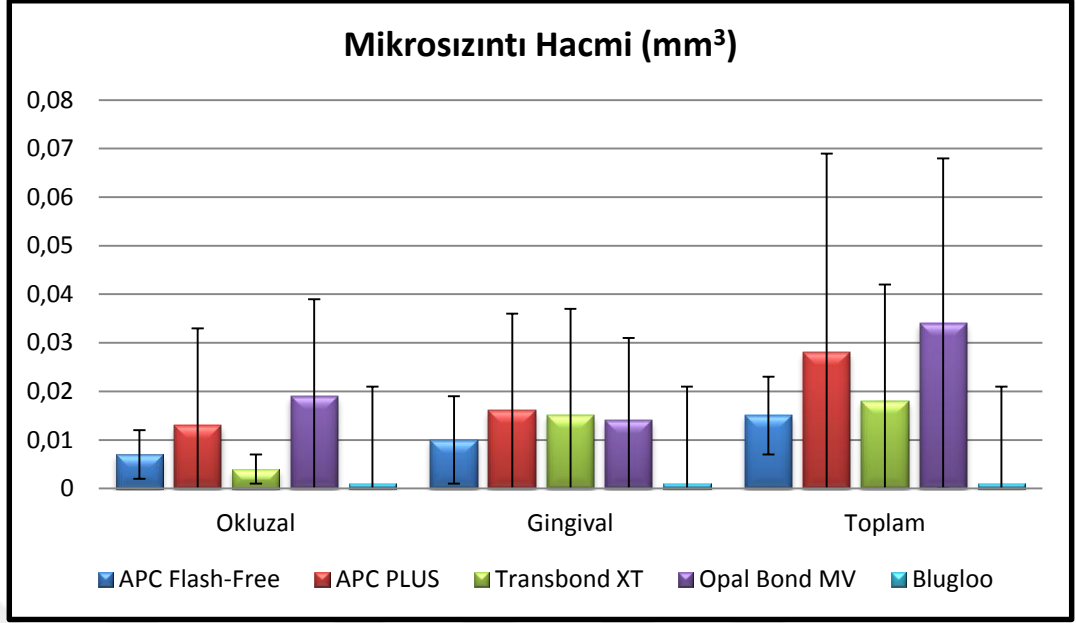
Free grubunun yapıştırıcı hacmi, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p_1:0,006$ ;  $p_2:0,009$ ;  $p_3:0,003$ ;  $p<0,05$ ). APC PLUS grubunun yapıştırıcı hacmi, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p_1:0,005$ ;  $p_2:0,004$ ;  $p_3:0,002$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında yapıştırıcı hacmi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Bu verilere ait grafiksel gösterim Şekil 4.6’da yapılmıştır.



Şekil 4.6. Yapıştırıcı hacmi ( $\text{mm}^3$ ) 2D analiz sonuçları

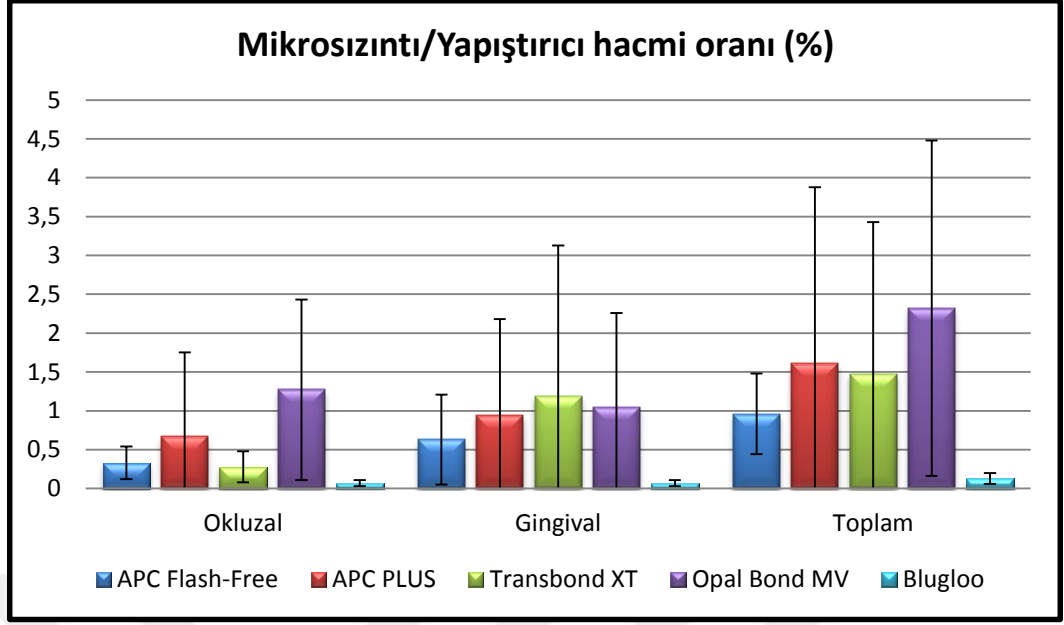
Mikrosızıntı toplam hacimleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,012$ ;  $p<0,05$ ). Blugloo grubunun mikrosızıntı hacmi, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,000$ ;  $p_2:0,011$ ;  $p_3:0,011$ ;  $p_4:0,004$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı hacmi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Bu verilere ait grafiksel gösterim Şekil 4.7’de yapılmıştır.





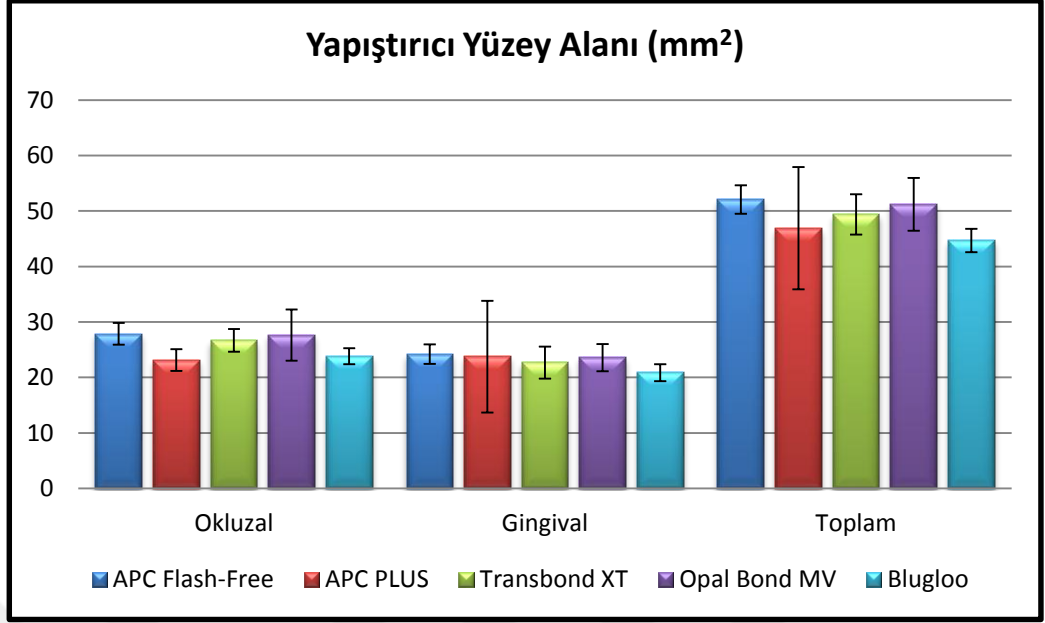
Şekil 4.7. Mikrosızıntı hacmi (mm<sup>3</sup>) 2D analiz sonuçları

Toplam mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranları incelendiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,004$ ;  $p<0,05$ ). Blugloo grubunun mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,001$ ;  $p_2:0,001$ ;  $p_3:0,010$ ;  $p_4:0,009$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Bu verilere ait grafiksel gösterim Şekil 4.8’de yapılmıştır.



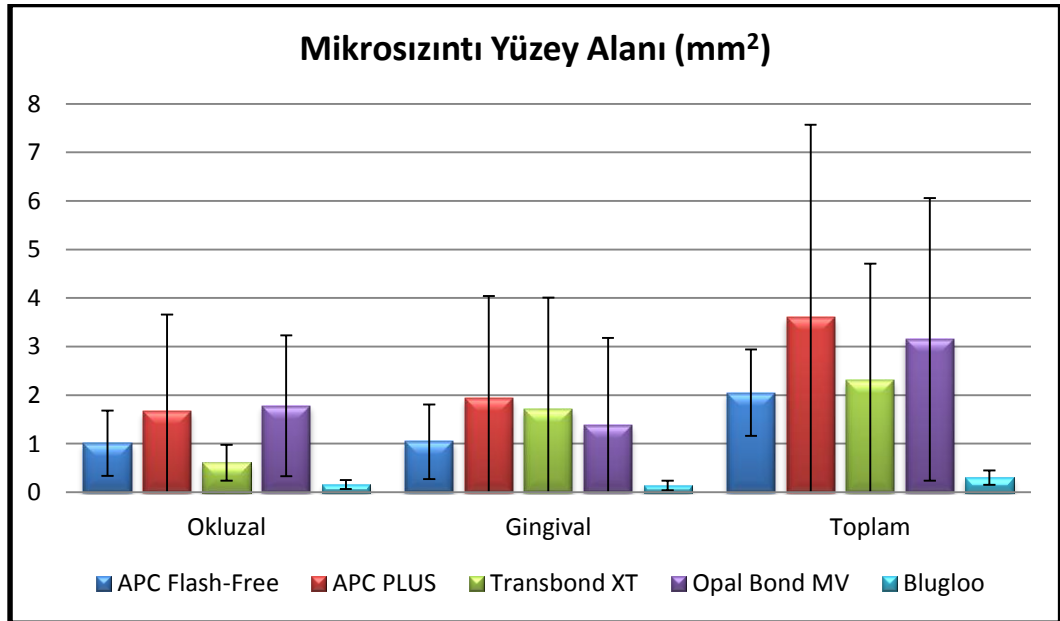
Şekil 4.8. Mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%) 2D analiz sonuçları

Toplam yapıştırıcı yüzey alanları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,001$ ;  $p<0,05$ ). APC PLUS grubunun yapıştırıcı alanı, APC Flash-Free ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,012$ ;  $p_2:0,027$ ;  $p<0,05$ ). Blugloo grubunun yapıştırıcı alanı, APC Flash-Free, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,001$ ;  $p_2:0,012$ ;  $p_3:0,005$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Bu verilere ait grafiksel gösterim Şekil 4.9'da yapılmıştır.



Şekil 4.9. Yapıştırıcı yüzey alanı (mm<sup>2</sup>) 2D analiz sonuçları

Toplam mikrosızıntı yüzey alanı değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p:0,004$ ;  $p<0,05$ ). Blugloo grubunun mikrosızıntı alanı, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p_1:0,001$ ;  $p_2:0,001$ ;  $p_3:0,012$ ;  $p_4:0,009$ ;  $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında mikrosızıntı alanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ) (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Mikrosızıntı yüzey alanı (mm<sup>2</sup>) 2D analiz sonuçları

## 4.2 Grup İçi Değerlendirmeler

### 4.2.1 Üç Boyutlu Analiz Bulguları

Çalışmaya konu olan beş grup için değerlendirilen tüm parametrelerin üç boyutlu bulgularının; ortalama, standart sapma ve medyan değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Bu çizelgede okluzal bölge ve gingival bölge ayrı olarak gösterilmiş ve grup içi okluzal-gingival bölge karşılaştırmaları yapılmıştır. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında Wilcoxon Signed Ranks test kullanılmıştır. Tabloların en sağında gruplar arasındaki farkın anlamlılık derecesi p değerlerine göre \* (p<0,05) simgesiyle gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Okluzal ve gingival bölgelerin 3D bulgularının grup içi karşılaştırmaları

Grup	3D Parametreleri	Okluzal	Gingival	p
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
APC Flash-Free	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,92±0,35 (2)	1,58±0,14 (1,6)	<b>0,036*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,006±0,005(0,006)	0,010±0,009 (0,005)	<b>0,484</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,3±0,19 (0,3)	0,6±0,56 (0,3)	<b>0,401</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	23,26±1,68 (23,4)	20,56±1,49 (20)	<b>0,036*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	0,81±0,55 (0,8)	0,87±0,65 (0,6)	<b>0,779</b>
APC PLUS	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	2,02±0,22 (2)	1,51±0,31 (1,5)	<b>0,012*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,012±0,019 (0,005)	0,015±0,019 (0,007)	<b>0,674</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,63±1,05 (0,3)	0,88±1,19 (0,4)	<b>0,327</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	20,08±1,16 (20,2)	20,45±8,76 (17,2)	<b>0,208</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	1,36±1,63 (0,8)	1,6±1,78 (0,8)	<b>0,674</b>
Transbond XT	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,47±0,24 (1,5)	1,27±0,28 (1,3)	<b>0,069</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,004±0,003(0,004)	0,014±0,022 (0,004)	<b>0,401</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,26±0,18 (0,3)	1,13±1,88 (0,3)	<b>0,327</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	22,17±1,51 (22,4)	19,29±2,51 (18,8)	<b>0,025*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	0,49±0,3 (0,5)	1,39±1,92 (0,6)	<b>0,484</b>
Opal Bond MV	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,53±0,25 (1,5)	1,26±0,19 (1,2)	<b>0,050</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,019±0,019 (0,010)	0,015±0,016 (0,007)	<b>0,484</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	1,21±1,13 (0,7)	1,13±1,21 (0,6)	<b>0,779</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	23,32±2,92 (23)	18,99±1,29 (19)	<b>0,012*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	1,54±1,15 (1,3)	1,34±1,52 (0,7)	<b>0,575</b>
Blugloo	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,4±0,23 (1,4)	1,18±0,2 (1,2)	<b>0,028*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,001±0,001(0,001)	0,001±0(0,001)	<b>0,398</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,09±0,1 (0,1)	0,06±0,04 (0,1)	<b>0,398</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	19,52±1,29 (19,3)	18,22±1,66 (17,8)	<b>0,043*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	0,15±0,12 (0,1)	0,13±0,08 (0,1)	<b>0,735</b>

Wilcoxon Sign Test \*p<0,05

APC Flash-Free grubunda okluzal yapıştırıcı hacmi ve yapıştırıcı yüzey alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0,036; p<0,05). Diğer değerlendirme parametrelerinde okluzal-gingival bölge arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. (p>0,05)

APC PLUS grubunda okluzal yapıştırıcı hacmi değerleri, gingival değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0,012; p<0,05). Diğer parametrelerde okluzal ve gingival bölge arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Transbond XT grubunda okluzal yapıştırıcı yüzey alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0,025; p<0,05). Diğer parametrelerde okluzal ve gingival bölge arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Opal Bond MV grubunda okluzal yapıştırıcı yüzey alanı değerleri, gingival değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunurken (p:0,012; p<0,05), diğer parametrelerde anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

Blugloo grubunda okluzal yapıştırıcı hacmi ve yapıştırıcı yüzey alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0,028, p:0,043). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

#### **4.2.2 İki Boyutlu Analiz Bulguları**

Çalışmada değerlendirilen beş farklı grup için yapıştırıcı hacmi, mikrosızıntı hacmi, mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%), yapıştırıcı alanı ve mikrosızıntı alanı gibi parametrelere ait iki boyutlu verilerin ortalama, standart sapma ve medyan değerleri genel olarak Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Tabloda incelenen tüm parametreler okluzal ve gingival olmak üzere iki bölümde değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.8. Okluzal ve gingival bölgelerin 2D bulgularının grup içi karşılaştırmaları

Grup	2D Parametreleri	Okluzal	Gingival	p
		Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
APC Flash-Free	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,93±0,36 (2)	1,58±0,14 (1,6)	<b>0,036*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,007±0,005 (0,006)	0,01±0,009 (0,006)	<b>0,484</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,33±0,21 (0,3)	0,63±0,58 (0,4)	<b>0,401</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	27,87±1,98 (28,1)	24,2±1,77 (23,6)	<b>0,025*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	1,01±0,67 (0,9)	1,04±0,77 (0,8)	<b>0,012*</b>
APC PLUS	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	2,03±0,22 (2)	1,52±0,31 (1,5)	<b>0,012*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,013±0,020 (0,006)	0,016±0,020 (0,008)	<b>0,674</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,67±1,08 (0,3)	0,94±1,24 (0,4)	<b>0,327</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	23,15±1,94 (23,2)	23,75±10,08 (19,3)	<b>0,484</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	1,67±1,99 (1,1)	1,93±2,11 (1)	<b>0,012*</b>
Transbond XT	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,48±0,24 (1,5)	1,28±0,28 (1,3)	<b>0,069</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,004±0,003 (0,004)	0,015±0,022 (0,004)	<b>0,401</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,28±0,2 (0,3)	1,19±1,94 (0,4)	<b>0,327</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	26,68±2,06 (27)	22,69±2,88 (22,4)	<b>0,025*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	0,61±0,37 (0,7)	1,7±2,31 (0,8)	<b>0,012*</b>
Opal Bond MV	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,49±0,34 (1,5)	1,26±0,15 (1,3)	<b>0,093</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,019±0,020 (0,010)	0,014±0,017 (0,007)	<b>0,401</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	1,27±1,16 (0,8)	1,05±1,21 (0,6)	<b>0,401</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	27,63±4,62 (28,3)	23,58±2,47 (24,1)	<b>0,092</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	1,78±1,45 (1,3)	1,37±1,81 (0,8)	<b>0,012*</b>
Blugloo	Yapıştırıcı hacmi (mm <sup>3</sup> )	1,42±0,23 (1,4)	1,14±0,17 (1,1)	<b>0,017*</b>
	Mikrosızıntı hacmi (mm <sup>3</sup> )	0,001±0,001 (0,001)	0,001±0 (0,001)	<b>0,327</b>
	Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	0,07±0,04 (0,1)	0,07±0,04 (0,1)	<b>1,000</b>
	Yapıştırıcı alanı (mm <sup>2</sup> )	23,85±1,44 (23,9)	20,86±1,54 (20,5)	<b>0,012*</b>
	Mikrosızıntı alanı (mm <sup>2</sup> )	0,16±0,09 (0,2)	0,14±0,1 (0,1)	<b>0,012*</b>

Wilcoxon Sign Test \*p<0,05

APC Flash-Free grubunda okluzal yapıştırıcı hacmi, yapıştırıcı yüzey alanı ve mikrosızıntı alanı gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0,05). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

APC PLUS grubunda okluzal yapıştırıcı hacmi ve mikrosızıntı alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0,05). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

Transbond XT grubunda okluzal yapıştırıcı alanı ve mikrosızıntı alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

Opal Bond MV grubunda okluzal mikrosızıntı alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p:0,012$ ;  $p<0,05$ ). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

Blugloo grubu okluzal yapıştırıcı hacmi ve yapıştırıcı alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Okluzal mikrosızıntı alanı değerleri, gingival bölge değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p:0,012$ ;  $p<0,05$ ). Diğer parametrelerde okluzal-gingival bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

### **4.3. İki Boyutlu ve Üç Boyutlu Analizler Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi**

Çalışmada değerlendirilen beş farklı grup için yapıştırıcı hacmi, mikrosızıntı hacmi, mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı (%), yapıştırıcı alanı ve mikrosızıntı alanı gibi parametrelere ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin birbirleriyle olan korelasyonunun değerlendirilmesi için Spearman's rho korelasyon analizi kullanılmıştır.

#### **4.3.1. Yapıştırıcı Hacmi Korelasyonu**

Yapıştırıcı hacmine ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin korelasyonunun değerlendirilmesi Çizelge 4.9'da görülmektedir. Opal Bond MV ve Blugloo gruplarında 3D yapıştırıcı hacmi ile 2D yapıştırıcı hacmi değerleri arasında pozitif yönlü bir korelasyon bulunmaktadır (%97,6, %85,5).

Çizelge 4.9. Yapıştırıcı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon

Grup	3D Yapıştırıcı hacmi		
Opal Bond MV	2D Yapıştırıcı hacmi	r	0,976
		p	0,000*
Blugloo	2D Yapıştırıcı hacmi	r	0,855
		p	0,001*

*Spearman Rho korelasyon analizi \*p<0,05*

#### 4.3.2. Mikrosızıntı Hacmi Korelasyonu

Mikrosızıntı hacmine ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin korelasyonunun değerlendirilmesi Çizelge 4.10'da görülmektedir. Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarında; 3D-2D mikrosızıntı hacmi değerleri arasında pozitif yönlü (%93,5, %98,2) korelasyon vardır.

Çizelge 4.10. Mikrosızıntı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon

Grup	3D Mikrosızıntı hacmi		
Transbond XT	2D Mikrosızıntı hacmi	r	0,935
		p	0,001*
Opal Bond MV	2D Mikrosızıntı hacmi	r	0,982
		p	0,000*

*Spearman Rho korelasyon analizi \*p<0,05*

#### 4.3.3. Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%) Korelasyonu

Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranına (%) ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin korelasyonunun değerlendirilmesi Çizelge 4.11'de görülmektedir. APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Blugloo gruplarında; 3D-2D mikro sızıntı/yapıştırıcı hacmi oranı değerleri arasında pozitif yönlü (%93,4, %97,6, %97,6, %92,9) korelasyon bulunmaktadır.



Çizelge 4.11. Mikrosızıntı/yapıştırıcı hacmi oranı 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon

Grup		3D Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	
APC Flash-Free	2D Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	r	0,934
		p	0,000*
APC PLUS	2D Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	r	0,976
		p	0,000*
Transbond XT	2D Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	r	0,976
		p	0,000*
Blugloo	2D Mikrosızıntı/Yapıştırıcı hacmi oranı (%)	r	0,929
		p	0,001*

*Spearman Rho korelasyon analizi \*p<0,05*

#### 4.3.4. Yapıştırıcı Yüzey Alanı Korelasyonu

Yapıştırıcı yüzey alanına ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin korelasyonu Çizelge 4.12’de görülmektedir. APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarında; 3D-2D yapıştırıcı yüzey alanı değerleri arasında pozitif yönlü (%92,9 %85,7 %90,5 %85) korelasyon bulunmaktadır.

Çizelge 4.12. Yapıştırıcı yüzey alanı hacmi 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon

Grup		3D Yapıştırıcı yüzey alanı	
APC Flash-Free	2D Yapıştırıcı yüzey alanı	r	0,929
		p	0,001*
APC PLUS	2D Yapıştırıcı yüzey alanı	r	0,857
		p	0,007*
Transbond XT	2D Yapıştırıcı yüzey alanı	r	0,905
		p	0,002*
Opal Bond MV	2D Yapıştırıcı yüzey alanı	r	0,850
		p	0,007*
Blugloo	2D Yapıştırıcı yüzey alanı	r	0,643
		p	0,086

*Spearman Rho korelasyon analizi \*p<0,05*

#### 4.3.5. Mikrosızıntı Yüzey Alanı Korelasyonu

Mikrosızıntı yüzey alanına ait üç boyutlu ve iki boyutlu verilerin korelasyonu Çizelge 4.13’de görülmektedir. APC PLUS, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo

gruplarında; 3D mikrosızıntı alanı ile 2D mikrosızıntı alanı değerleri arasında pozitif yönlü, %97,6, %95,2, %97, %89,8 düzeyinde korelasyon bulunmaktadır.

Çizelge 4.13. Mikrosızıntı yüzey alanları 2D ve 3D verileri arasındaki korelasyon

Grup		3D Mikrosızıntı yüzey alanı	
APC PLUS	2D Mikrosızıntı yüzey alanı	r	0,976
		p	0,000*
Transbond XT	2D Mikrosızıntı yüzey alanı	r	0,952
		p	0,000*
Opal Bond MV	2D Mikrosızıntı yüzey alanı	r	0,970
		p	0,000*
Blugloo	2D Mikrosızıntı yüzey alanı	r	0,898
		p	0,002*

*Spearman Rho korelasyon analizi* \* $p < 0,05$

## 5. TARTIŞMA

Sabit ortodontik tedavide mine-adeziv veya adeziv-ataşman yüzeyleri arasında meydana gelen oral sıvıların ve bakterilerin mikrosızıntısı beyaz nokta lezyonlarının gelişimine neden olabilmektedir. Bu durumun gelişmesi ortodontik yapıştırıcıların fiziksel özelliklerini bozabileceği gibi aynı zamanda ataşmanların diş yüzeyine bağlanma kuvvetini de azaltabilir.<sup>1-3</sup> Bu komplikasyonlara bağlı olarak; ortodontik tedavi süresi uzayabilir, tedavi sonrası restorasyon gerektiren mine demineralizasyonları oluşabilir, ek tedavi maliyetleri çıkabilir, tedavi kalitesi ve sonuçları istenilen seviyenin altında kalabilir. Bu nedenlerle mine yüzeyine ortodontik ataşmanların yapıştırılmasında kullanılacak doğru teknik ve malzemenin tespitine yönelik çalışmalar günümüzde oldukça önemlidir.

### 5.1 Kullanılan Gereç ve Yöntemin Tartışması

Son yıllarda gelişen teknolojiye bağlı olarak ortodonti alanında da hızlı bir malzeme geliştirme ve tanıtma dönemi yaşanmaktadır. Farklı firmalar kendi ürün ve sistemlerini, en iyi özelliklerini ortaya çıkartarak tanıtma çabasında dırlar. Tüm bu sistemler ve malzemeler arasında hekimin tercih yapması bazen oldukça zor olabilmektedir.

Adeziv kaplı braketlerin (APC™, 3M Unitek Corporation, Monrovia, CA, USA) tanıtılmasıyla ortodontik bonding malzemeleri yeni bir alan kazandı. Bu braket sistemlerinin amacı temel olarak klinisyenin direkt bondingte brakete adeziv hazırlayıp yerleştirmek için harcadığı zamandan kazanmaktır.<sup>23, 24</sup> Adeziv kaplı sistemlerden biri olan APC™ Plus adezivin pembe rengi braket konumlandırmasında ve flaş temizliğinde görsel bir yardım sağlamak üzere geliştirilmiştir. Ayrıca bu adeziv flor salınım özelliğine sahiptir.<sup>132</sup> Flash-Free bir ürün olan ve 3M™ Unitek (Monrovia, CA, USA) tarafından geliştirilen APC™ Flash-Free adezivle kaplanmış sistemde ise; polipropilen dokusuz ağ üzerine uygulanan düşük viskoziteli rezin içeren braketler kullanılmaktadır. Bu braketlerde uygulama sonrası rezin temizleme ihtiyacı ortadan kalkarak periferdeki adeziv bütünlüğü bozulmadan kalmakta, böylelikle mikrosızıntıyı azaltmak için bir kapama oluştuğu öne sürülmektedir.<sup>11</sup>

Bu çalışma yeni nesil tabanı adezivle kaplı, bahsi geçen, braket sistemlerini ve piyasadaki diğer iddialı konvansiyonel yapıştırıcıları mikrosızıntı açısından yeni ve güvenilir bir yöntemle karşılaştırmak üzere tasarlanmıştır. Bu kapsamda oldukça popüler

konvansiyonel yapıştırıcılar olan Transbond™ XT (3M Unitek, Monrovia, CA, USA); ve flor salınımı ve reşarjı özelliğiyle tanıtılan Opal® Seal™ ile Opal® Bond™ MV (Ultradent, South Jordan, Utah, USA) çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca iki yönlü renk değiştirme özelliğine sahip bir seramik braket yapıştırıcısı olan Blugloo™ (Ormco, Orange, CA, USA) bonding sırasında taşan adezivin temizlenmesinde ve debonding sonrası kalan adezivin temizlenmesinde sunduğu görsel avantaj dikkate alınarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmada bütün gruplar için 3M™ Unitek (Monrovia, CA, USA) firmasının Clarity™ Advanced estetik seramik braketleri kullanılmıştır. Bu braket sisteminin seçilmesinin nedeni aynı braketleri hem adeziv kaplamalı olarak (APC™ II, APC™ Plus, APC™ Flash-Free), hem de kaplamasız olarak bulmanın mümkün olmasıdır.

Çalışmamızda seramik braketlerin tercih edilme nedeni mikrosızıntıyı incelemede kullanılacak olan mikrobilgisayarlı tomografi yönteminde metal braketlerin, tarama esnasında ortaya çıkacak olan metal yansımalarını ortadan kaldırarak; kaliteli bir üç boyutlu görüntü elde etmektir. Günümüz ortodonti pratiğinde metal braketlerin kullanımı daha yaygındır. Metal braketlerin yaygın kullanımına rağmen çalışmamızın seramik braketlerle yapılmış olması zayıf bir yön olarak algılanabilir. Arhun ve arkadaşları<sup>1</sup> metal ve seramik braketlerin mikrosızıntılarını boya penetrasyon yöntemiyle değerlendirmişlerdir ve metalik braketlerin seramik braketlerden daha fazla mikrosızıntıya neden olduklarını bulmuşlardır. Ramoğlu ve arkadaşları<sup>10</sup> ise boya penetrasyon yöntemi ile yaptıkları çalışmada metal ve seramik braketler arasında anlamlı bir mikrosızıntı farkı olmadığını bildirmiştir. Görüldüğü gibi bu konuyla ilgili literatürdeki bulgular çelişkilidir. Bununla birlikte, toplumda gelişen estetik algısı daha estetik tedavi seçeneklerinin popüler hale gelmesini sağlamaktadır. Bu çerçevede estetik braketler bilinirlik kazanmakta ve özellikle erişkin hastalar tarafından günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Ramoğlu ve arkadaşlarının<sup>10</sup> metal ve seramik braketler arasında anlamlı bir mikrosızıntı farkı olmadığını bildiren çalışması da gözönüne alındığında seramik braketler kullanmanın çalışma sonuçlarını olumsuz etkilemeyeceği düşünülmüştür.

İn vitro çalışmalar her ne kadar ağız ortamını taklit etmede gerçek ortamın yerini tutmasa da hasta faktörünün elimine edilmesi ve standardizasyonun sağlanması açısından sıklıkla tercih edilmektedir. Çalışmamızın in vitro olarak planlanmasının nedeni de temel olarak standardizasyonun sağlanması ve gruplar arasındaki hasta kaynaklı farkların elemine

edilmesidir. Bu nedenlere ilave olarak çalışmanın özgün değerlerinden biri olan üç boyutlu taramanın yapılabilmesi için laboratuvar ortamı tercih edilmiştir.

Literatür incelendiğinde mikrosızıntı deneylerinde in vitro yöntemlerin sıklıkla tercih edildiği görülür.<sup>11, 87, 111-113, 140</sup> Bu çalışmada mikrosızıntı oldukça güvenilir bir yöntem olan mikro-BT ile üç boyutlu olarak değerlendirildiğinden, çalışma in vitro olarak planlanmıştır.<sup>87</sup> Aynı zamanda incelenecek dişlerin çekilmesinin gerekmesi, etik nedenler ve standardizasyonla ilgili problemler in vitro incelemeyi zorunlu kılmıştır.

Literatürde mikrosızıntı çalışmaları tarandığında, sığır dişlerinin ve insan dişlerinin kullanıldığı farklı in vitro çalışmaları görmek mümkündür.<sup>141</sup> Klinik uygulamalara benzerliği en üst düzeyde yakalamak için bu çalışmada, ortodontik endikasyonla çekilmiş, insan dişleri kullanılması planlanmıştır.

İnsan dişi kullanılan in vitro çalışmalar tarandığında farklı dişlerin kullanılabilirdiği görülmektedir. Çürük olmaksızın çekim endikasyonu konulan dişlerden, literatürde genellikle kullanılanlar premolar ve üçüncü molar dişlerdir ancak kesici ve kanin dişlerin kullanıldığı çalışmalar da vardır.<sup>11, 87, 142-145</sup> Çalışmamızda yeni çekilmiş insan maksiller premolar dişleri tercih edilmiştir, bunun nedeni ise çekimli ortodontik tedaviler sırasında çoğunlukla maksiller premolar dişlerin çekilmesi ve bu dişlerin bulunma kolaylığıdır. Çalışma için seçilen dişlerin çekildiği hastalar; aynı bölgede yaşayan ve benzer yaş aralığındaki hastalardır. Bu nedenle deneyde kullanılan dişlerin başlangıç mineral içeriğinin benzer olduğu düşünülmektedir.

Yapılan in vitro çalışmalarda çekilen dişler, deney zamanına kadar; distile su, salin solüsyonu, alkol çözeltileri, timol solüsyonu, formalin ve kloramin-T gibi farklı sıvılar içerisinde bekletilmiştir.<sup>11, 87, 146-152</sup> Bunun nedeni dişlere nemli bir ortam yaratarak kurumalarını önlemek ve antibakteriyel solüsyonlarla bakteri gelişimini engellemektir.<sup>153</sup> Öztürk ve arkadaşları<sup>87</sup> mikro-BT kullanarak yaptıkları mikrosızıntı çalışmasında çekilen dişleri %0,5'lik kloramin-T solüsyonunda bekletmişlerdir. Kim ve arkadaşları<sup>11</sup> ise Flash-Free braketlerin altındaki mikrosızıntıyı mikroskopik yöntemle araştırdıkları çalışmada çekilmiş dişleri bekletme solüsyonu olarak %0,1'lik (ağırlık/hacim) timol solüsyonu kullanmışlardır. Çalışmamızda da literatürle uyumlu bir biçimde, bekletme solüsyonu olarak, antibakteriyel özelliği güvenilir olan, %0,1'lik (ağırlık/hacim) timol solüsyonu kullanılmıştır. Daha önce yapılan in vitro çalışmalarda dişleri solüsyon içerisinde bekletme süresinin 1 gün ile 5 yıl arasında değiştiği gözlemlenmiştir.<sup>11, 87, 146-152</sup> Dişlerin saklama

süresinin ve koşullarının bağlanma kuvvetine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; Williams ve Svare<sup>154</sup>, distile su ve timolde saklanan dişlerin 5 yıl geçse bile bağlanma kuvvetinin değişmediğini bildirmişlerdir. Saklama koşullarından kaynaklanabilecek standardizasyon hatalarının azaltılması için Eliades ve Brantley<sup>155</sup> ise toplanan örneklerin en fazla 6 ay bekletilmesini önermiştir. Çalışmamıza dahil edilen dişler; içinde %0,1'lik (ağırlık/hacim) timol solüsyonu bulunan amber renkli şişede, oda sıcaklığında ve ışık görmeyen ortamda 6 aydan kısa süre bekletilmiştir. Solüsyon düzenli olarak her ay yenilenmiştir. Timol solüsyonunun adeziv polimerizasyonunu etkileme ihtimaline karşı örnekler, bondingten 10 gün önce distile su içeren şişeye konulmuş ve distile su gün aşırı yenilenmiştir.

Çalışmamızda kullanılacak örnek sayısının belirlenmesinde power (güç) analizinden faydalanılmıştır. G\*Power (HHU Düsseldorf) programı kullanılarak yapılan analizle, mikrosızıntı miktarı için; etki boyutu (effect size d) 0,6358 ve standart sapma (SD) 0,008 alındığında; 0,05 (%5) yanılma düzeyinde ve 0,80 (%80) güç değerinde toplam örneklem sayısının en az 35 (n) olması gerektiği saptanmıştır. Yapılan güç analizi sonuçları, literatürdeki diğer benzer çalışmalar<sup>87</sup> ve olası örnek kayıpları dikkate alınarak çalışmamıza toplam kırk adet insan maksiller premolar dişi dahil edilmiştir. Deneyde kullanılacak numune sayısı güç analizi ile belirlendikten sonra pilot çalışma yapılmış ve bu çalışma için de on adet insan maksiller premolar dişi kullanılmıştır. Bu sayede çalışmanın yöntemi pekiştirilmiş, tarama ve analizlerin doğruluğu ve tutarlılık seviyesi de yükseltilmiştir.

Deneyde kullanılacak dişler, gün ışığında bir büyüteç yardımı ile değerlendirilerek seçilmiştir. Gruplar arası diş kaynaklı farkların en aza indirilebilmesi için dişlerde; sağlam bukkal mine bulunması, konjenital defekt bulunmaması, çatlak bulunmaması, çürük bulunmaması, dolgu bulunmaması ve önceden ortodontik bonding yapılmamış olmasına dikkat edilerek örnekler belirlenmiştir. Çekilmiş dişlere bonding yapılan in vitro çalışmaların birçoğunda, mine yüzeyinin bonding için pürüzlendirilmesi öncesinde pelikülün ve mikrobiyal dental plağın uzaklaştırılması amacıyla mine yüzeyleri flor içermeyen pomza/su bulamacı ile temizlenmiştir.<sup>87, 156-159</sup> Bu çalışmada da pomza/su bulamacı minenin pelikül ve dental plaktan temizlenmesinde tercih edilmiştir. Pomza/su bulamacı ve fırça ile bonding yapılacak mine yüzeyleri 15 saniye cilalanmış ve sonra durularak kurutulmuştur.

Ortodontik braketlerin diş yüzeyine güçlü bir şekilde yapıştırılması için mine yüzey alanını ve yüzey enerjisini arttırmak gerekmektedir. Bunun için çeşitli pürüzlendirme teknikleri kullanılmaktadır. Bu amaçla en sık kullanılan pürüzlendirme tekniklerinden biri mine yüzeyine asit uygulanmasıdır.<sup>11, 87, 140</sup> Mine yüzeyine asit uygulanması mine prizmaları ve interprizmatik alanlarda çözünmeye neden olur böylelikle mine yapısında mikroporozite alanları oluşur. Bu alanlarda yüzey gerilimi düşer. Mine prizmaları arasında açılan porlar rezin yapıştırıcıların mine yüzeyine penetre olarak tutunmasını sağlar.<sup>20</sup>

Asitlenmiş minenin mikroskopik görüntüsünde beklenen ideal görüntü bal peteğine benzeten, prizmatik ve interprizmatik alanın çözündüğü durumdur. Bu görüntü %37'lik fosforik asitin mineye 15-30 saniyelik uygulaması sonucu oluşur.<sup>143, 145, 160</sup> Literatürde pürüzlendirme ajanı olarak %37'lik fosforik asit rutin ve yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>87, 161-164</sup> Araştırmamızda mine yüzeyinin pürüzlendirilmesinde; literatürde referans ürün olması nedeniyle ve klinik uygulamaya paralellik sağlaması amacıyla jel formda %37'lik fosforik asit kullanılmıştır. Fosforik asit jeli bütün dişlerin bukkal yüzeyine üretici firmanın tavsiye ettiği şekilde 30 saniye uygulanmıştır ve sonrasında basınçlı suyla yıkanıp yağ ve nem içermeyen kuru hava spreyi ile kurulanmıştır.

Alkis ve arkadaşlarının<sup>165</sup> stereomikroskop çalışmasında total-etch, self-etch ve self-adhesive gibi farklı adeziv sistemleriyle yapıştırılmış braketlerin altındaki mikrosızıntı miktarları karşılaştırılmış ve mikrosızıntı miktarları açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da tüm gruplardaki dişler, ortodonti pratiğinde en çok uygulanan total-etch sistemi kullanılarak yapıştırılmıştır.

Literatürde, indirekt ve direkt bonding gibi, farklı bonding tekniklerinin mikrosızıntı açısından karşılaştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan Öztürk ve arkadaşları<sup>166</sup> ile Yagci ve arkadaşlarının<sup>9</sup> çalışmaları iki boyutlu boya penetrasyon yönteminin kullanıldığı çalışmalardır ve bu çalışmalarda indirekt ve direkt bonding yöntemlerinin mikrosızıntı miktarı açısından benzer olduğu rapor edilmiştir. Aynı şekilde mikro-BT kullanılan üç boyutlu bir çalışma olan Öztürk ve arkadaşlarının<sup>87</sup> çalışmasında da indirekt ve direkt bonding grupları arasında mikrosızıntı miktarı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Günümüzde klinisyenlerin çoğu braketleri direk olarak bondlarlar. ABD'de 2008'de ortodontistlerin %90'ının rutin olarak direk tekniği kullandığı görülmüştür.<sup>32</sup> Bizim çalışmamızda da ortodonti pratiğinde daha yaygın olarak tercih edilen direkt bonding prosedürü tercih edilmiştir.

Çalışmamızda bonding işlemi; üretici firmaların kullanım talimatları göz önünde bulundurularak, aynı araştırmacı tarafından, bütün dişler için aynı standartta gerçekleştirilmiştir. Braketler ideal meziodistal ve gingivookluzal konumda yapıştırılmıştır. Braketlerin adaptasyonu sırasında uygulanan kuvvetin eşit olmasını sağlamak amacıyla, bir force gauge (Dontrix Gauge) kullanılmış ve her braket, 10 saniye boyunca 300 g sıkıştırma kuvvetine tabi tutulmuştur.<sup>87</sup> Braketlerin etrafındaki fazla adeziv rezin uzaklaştırıldıktan sonra polimerizasyon için kalibre edilmiş bir cihazla LED ışık, 10 saniye mezial ve 10 saniye distal yüzeyden uygulanmıştır.<sup>87</sup> Arıkan ve arkadaşları<sup>5</sup>, farklı ışık kaynağının mikrosızıntı üzerindeki etkisini bir stereomikroskop ile boya penetrasyon yöntemini kullanarak değerlendirmiş ve LED'in en düşük mikrosızıntı skorlarına yol açtığını tespit etmiştir. Çalışmamızda da bu doğrultuda, klinik kullanımı yaygın olan, LED ışık cihazı tercih edilmiş ve bütün gruplar için aynı ışık kaynağı standart prosedürle uygulanmıştır.

Ağız içinde kullanılması planlanan biyoyumlu materyallerin in vitro testlerinde, genellikle ağız ortamı taklit edilerek, materyaller yaşlandırılır. Bu işlem termal siklus prosedürü ile gerçekleştirilebilmektedir.<sup>123, 124</sup> Diş restorasyon ara yüzeyindeki mikro boşlukların termal değişikliklerin etkisi ile daha da arttığı düşünülmektedir.<sup>125</sup> Termal stresler iki yolla patojen olabilir. İlk olarak, diferansiyel termal değişimler sonucu artan mekanik stresler, bağlantı ara yüzlerinde çatlak yayılımını doğrudan tetikleyebilir.<sup>125, 167, 168</sup> İkinci olarak, değişen boşluk boyutları, boşlukların içinde ve dışında patojenik ağız sıvılarını pompalayan boşluk hacmi değişikliklerine neden olur.<sup>125</sup> Braketlerin altındaki mikrosızıntı miktarının araştırıldığı çalışmamızda, ağız içi ortamın gerçek ortama yakın bir şekilde değişken ısı taklidinin sağlanması için termal siklus prosedürü kullanılmıştır. Bu işlem in vitro olarak tasarlanan çalışmanın gerçeğe uygun bir ortamda ve gerçeğe uygun şekilde yapılmasında önemli rol oynamaktadır.

Literatürde istirahat halindeki ağız içi sıcaklık 36,4 °C olarak bildirilmiştir.<sup>169</sup> Bununla birlikte yeme<sup>170</sup>, içme<sup>125, 171, 172</sup> ve nefes alma<sup>173</sup> ile ağız içi sıcaklık gün içinde değişir. Günümüzde yiyecek ve içecekler ağız ısısının çok üzerindeki sıcaklıklarda (50–60 °C) veya çok altında ki sıcaklıklarda (0–10°C) tüketilebilmektedir.<sup>174</sup> Bu değerlerin 85 °C (kahve) ve -12 °C (dondurma) olarak bildirildiği çalışmalar da mevcuttur.<sup>175</sup> Tüketilen gıda ve sıvılarla ağız içi sıcaklık 0-70 °C arasında değişirken restorasyonların iç yüzey sıcaklıklarının ise 9-52 °C arasında değiştiği bildirilmiştir.<sup>126</sup> Ayrıca ağız içindeki sıcaklık değişiminin çoğunlukla 5-55 °C arasında kaldığı da rapor edilmiştir.<sup>127</sup> Termal siklus işlemi,



çok farklı prosedürler kullanılabilmeyle birlikte, genellikle 5-55 °C arasında döngüler uygulanacak şekilde yapılmaktadır.<sup>127</sup> Ağız içi sıcaklığın en yüksek ve en düşük olduğu anlar 24 saat içerisinde 20-50 kez oluşur ve bu nedenle 10 bin siklusun bir yıllık oral fonksiyona denk geldiği rapor edilmiştir.<sup>128</sup> Farklı adezivlerle yapıştırılan braketlerin altındaki mikrosızıntının incelendiği bir çalışmada 6 aylık ağız içi ortamı taklit etmek için termal siklus yöntemi, 5-55 °C arasında döngülerle 5 bin siklusa tabi tutularak, kullanılmıştır.<sup>11</sup> Bizim çalışmamızda da 6 aylık ağız içi termal ortama denk gelecek şekilde örnekler 5-55 °C arasında döngülerle 5 bin siklusa tabi tutulmuştur.

Mikrosızıntıyı görüntülemek ve ölçmek için literatürde; sıkıştırılmış hava, sıvı filtrasyon, nötron aktivasyon analizi, geri dönüşümlü radyoaktif adsorpsiyon, radyoizotoplar, elektrokimyasal metod, taramalı elektron mikroskopu, bakteri aktivitesi, boya penetrasyonu ve mikro-BT gibi çeşitli in vitro yöntemler kullanılmıştır <sup>16-18</sup>.

Mikrosızıntı çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan metod boya penetrasyon yöntemi olmuştur.<sup>4, 9, 16, 166</sup> Bu yöntemde mikrosızıntı alanlarının boyar madde ile renklendirilerek değerlendirilmesi amaçlanır.<sup>87</sup> Bu metodun diğer tekniklere göre bazı avantajları vardır. Her şeyden önce, mikrosızıntı kimyasal reaksiyon veya radyasyona gerek kalmadan tek renkli ajan tarafından gösterilir. Buna ek olarak, araştırmacılar farklı boyama maddelerinden yararlanabilir; bu da yöntemin, araştırmanın gerçekleştirileceği merkezde mevcut olan araçlara ve yöntemlere kolaylıkla uyum sağlamasına olanak tanır. Bu nedenle teknik, her durumda uygulanabilir ve kolayca tekrarlanabilir.<sup>53</sup> Dezavantaj olarak bu yöntemde boya tabakasının ışık mikroskobu veya taramalı elektron mikroskobu altında ölçülüp kaydedilmesi için numunenin kesitlere ayrılması gerektiğinden, numunelere zarar verilmektedir. Ayrıca boya nüfuzunun derinliği, bölümlendirmeden elde edilen sadece birkaç kesitten ölçülür. Bu kayıt, üç boyutlu olan mikrosızıntı hacmi görüntüsünün tamamını temsil edemeyeceği için sonuçların doğruluğu tartışmalıdır. Bu nedenle bu yöntem düşük tekrarlanabilirlik ve hassasiyete sahiptir.<sup>87</sup> Sonuç olarak teknikte, mikrosızıntının iki boyutlu olan, sadece birkaç kesitte gözlenebilen alanı değerlendirilmiş olur. Bu nedenle üç boyutlu testlere göre güvenilirliği düşüktür.<sup>16, 61</sup>

Literatür taraması göstermektedir ki, ortodontik braket altındaki mikrosızıntının ölçüldüğü çalışmalar çoğunlukla iki boyutlu kesitlerin incelendiği çalışmalardır ve incelenen kesit sayısı oldukça sınırlıdır. Ramoğlu ve arkadaşlarının<sup>10</sup> metal ve seramik braketleri ve farklı yapıştırıcıları kullandıkları mikrosızıntı çalışmasında boya penetrasyon yöntemi

(%0,5'lik bazik fuksin) kullanılmış ve örneklere yapılan 4 paralel longitudinal kesit sonrası dijital kumpasla doğrudan ölçülerek sızıntı milimetre cinsinden değerlendirilmiştir. Arhun ve arkadaşları<sup>1</sup> da metal ve seramik braketleri ve farklı yapıştırıcıları kullandıkları bir mikrosızıntı çalışmasında boya penetrasyon yöntemini (%0,5'lik bazik fuksin) kullanmışlar ve örneklere yapılan 4 paralel longitudinal kesiti stereomikroskopla gözlemleyerek sızıntı miktarlarını puanlayarak değerlendirmişlerdir. Literatürde indirekt ve direkt bonding gibi farklı bonding tekniklerinin mikrosızıntı açısından karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan Yagci ve arkadaşlarının<sup>9</sup> çalışmasında da boya penetrasyon yöntemi (%0,5'lik bazik fuksin) kullanılmış ve örneklerden alınan dört paralel longitudinal kesit üzerinde, doğrudan dijital kumpasla ölçülerek sızıntı milimetre cinsinden değerlendirilmiştir. Öztürk ve arkadaşlarının<sup>166</sup> çalışmasında da boya penetrasyon yöntemi (%0,5'lik bazik fuksin) kullanılmış ve örneklerden elmas bıçakla kesitler elde edilmiş, kesitler stereomikroskopla gözlemlenerek sızıntı miktarları puanlanarak değerlendirilmiştir. Kim ve arkadaşlarının<sup>11</sup> çalışmamıza benzer olarak APC Flash-Free braketlerle APC PLUS braketleri termal siklus sonrası mikrosızıntı açısından karşılaştırdıkları çalışmada mikrosızıntının değerlendirilmesi için boya penetrasyon metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada örnekler 24 saat boyunca %2'lik bir metilen mavisi çözeltisinde bekletilmiştir. Daha sonra örnekler akrilik kalıba gömülmüş ve bir elmas testere kullanarak yaklaşık olarak ortasındaki oklüzal yüzeyden bukkolingual yönde kesilmiştir. Mine yapıştırıcı ara yüzündeki mikrosızıntı, ışık mikroskobu altında değerlendirilmiş ve braket tabanının oklüzal ve gingival kenarlarından milimetre cinsinden ölçülmüştür. Literatürdeki tüm bu tekniklerde mikrosızıntı; sınırlı kesitte ve sadece milimetre cinsinden bir filtrasyon miktarı olarak değerlendirilmiştir. Tartışılan araştırmalarda üç boyutlu olan mikrosızıntı hacminin değerlendirilmesinde iki boyutlu inceleme yöntemleri kullanıldığından sonuçlarının doğruluğu tekrar değerlendirilebilir. Bu nedenle bu çalışmaların, üç boyutlu tarama ve değerlendirme yapılan testlere göre güvenilirliği oldukça düşüktür. Çalışmamızda mikrosızıntıyı üç boyutlu olarak ve olabilecek en verimli şekilde ölçmek hedeflenmiştir. Bu çerçevede, üç boyutlu bir tarama-analiz yöntemi olan mikro-BT ile braket altındaki adeziv alanının tamamının mikrosızıntısı, bütün kesitler tek tek değerlendirilerek, ölçülmüştür. Bütün ölçümler aynı kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Oldukça güvenilir olan bu yöntem hassasiyet gerektirir ve zaman alıcıdır. Kullanılan teknik ve uygulama biçimi, çalışmamızı ortodonti alanındaki diğer mikrosızıntı çalışmalarından ayıran en önemli özelliktir.

Mikro-BT teknolojisi, iki boyutlu yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sağlamaktadır. Mikro-BT'nin geliştirilmesiyle araştırmacılar, dental restoratif materyallerin mikrosızıntılarını üç boyutlu görüntü analizi ile değerlendirebilmektedirler.<sup>18</sup> Yapılan çalışmalar ile mikro-BT'nin polimerizasyon büzülmesini ve mikrosızıntıyı belirlemede güçlü ve uygulanabilir bir teknik olduğu kanıtlanmıştır.<sup>19, 87</sup> Mikro-BT tekniğinin noninvaziv olması, örneklere zarar vermemesi, örneklere farklı testler uygulanabilmesi, aynı örneğin tekrar eden görüntülerinin alınabilmesi, üç boyutlu değerlendirme yapılabilmesi ve yöntemin güvenilirliği bu sistemin avantajlarıdır.<sup>114</sup> Bununla birlikte her bir örneğin tarama ve üç boyutlu görüntü rekonstrüksiyonu için uzun bir süre ve emek gerekmesi ve sistemin kurulum ve tarama işlem maliyetleri de dezavantajlarıdır.<sup>115, 116</sup>

Yapılan literatür taraması sırasında ortodontik braket altındaki mikrosızıntının değerlendirilmesinde bu yeni, üç boyutlu yöntemin kullanıldığı sadece iki çalışmaya rastlanılmıştır. Bunlardan biri Öztürk ve arkadaşlarının<sup>87</sup> direkt ve indirekt bonding ile yapıştırılmış seramik braketlerin altındaki mikrosızıntıyı, mikro-BT ile inceledikleri çalışmadır. Otuz beş adet insan maksiller premolar dişi kullanılan bu çalışmada braket tabanı; gingival, okluzal, mezial ve distal olmak üzere dört bölüme ayrılarak incelenmiştir. Literatürdeki, mikro-BT kullanılarak braket altındaki mikrosızıntının incelendiği, diğer çalışma ise Grünheid ve arkadaşlarının<sup>8</sup> çalışmasıdır. Bu çalışmada APC™ Flash-Free ve APC™ II seramik braketler yirmi dört adet sığır dişine yapıştırılmış ve mikro-BT ile taranmıştır. Çalışmada braket tabanı bölümlere ayrılmamış ve sadece toplam mikrosızıntı miktarı bildirilmiştir.<sup>8</sup> Bizim çalışmamızda ise kırk adet insan maksiller premolar dişi kullanılmıştır. APC™ Flash-Free ve APC™ PLUS ürünlerinin yanı sıra adeziv kaplamasız Transbond™ XT, Opal Bond™ MV ve Blugloo™ yapıştırıcılarının mikrosızıntı açısından güvenilir bir 3 boyutlu metodla kıyaslanması sağlanmıştır. Çalışmamızda her bir braket, bilgisayar programı aracılığıyla okluzogingival olarak iki eşit parçaya ayrılarak değerlendirme yapılmıştır. Analizler okluzal bölge, gingival bölge ve braket tabanının toplamı için ayrı ayrı yapılarak gingival-okluzal bölgeler karşılaştırılmış ayrıca tüm parametreler toplam olarak da hesaplanarak değerlendirmesi yapılmıştır.

Literatür incelendiğinde, mikro-BT ile yapılan mikrosızıntı çalışmalarında radyopak kontrast maddesi olarak gümüş nitrat çözeltisi, kurşun nitrat çözeltisi ve baryum nitrat konsantrasyonu kullanıldığı görölr.<sup>53</sup> Nguyen<sup>53</sup>, %50'lik gümüş nitrat çözeltisinin; mikro-BT çalışmalarında kullanılmak üzere son derece başarılı ve kullanışlı bir tampon

formül olduğunu bildirmiştir. Zhao ve arkadaşları<sup>176</sup> ve Eden ve arkadaşları<sup>18</sup>, mikro-BT kullanılarak kompozit restorasyonların marjinal sızıntısının belirlenmesinde; radyopak boyama çözeltisi olarak, %50'lik gümüş nitrat çözeltisi kullanmıştır. Öztürk ve arkadaşları<sup>87</sup> da mikrosızıntının mikro-BT ile değerlendirildiği çalışmalarında kontrast maddesi olarak %50'lik gümüş nitrat çözeltisi kullanmıştır. Bizim çalışmamızda da literatürdeki çalışmalara paralel olarak %50'lik gümüş nitrat çözeltisi radyopak boyama solüsyonu olarak tercih edilmiştir. Daha önce yapılan farklı mikrosızıntı çalışmalarında, örneklerin mikro-BT taraması öncesi gümüş nitrat solüsyonunda bekletilme süresi 1 saat ile 24 saat arasında değişmektedir.<sup>18, 53, 87, 110, 112, 177</sup> Bizim çalışmamızda örneklerin gümüş nitrat solüsyonunda bekletilme süresi belirlenirken; pilot çalışma yapılmış ve literatürdeki farklı bekletme süreleri denenmiştir. Bu çerçevede mikrosızıntının en iyi izlenebildiği optimal sürenin 12 saat olduğu gözlemlenmiş ve deney bu bekletme süresine göre düzenlenmiştir. Analizler yapılırken de sızıntı alanları net bir şekilde gözlenmiştir ve çalışma alanı kolayca dış ortamdan izole edilerek çalışmanın hata payı düşürülmüştür.

## 5.2 Bulguların Tartışması

Çalışmanın üç boyutlu analiz sonucuna göre braket tabanı ile mine yüzeyi arasında kalan toplam yapıştırıcı hacimleri ortalaması; APC Flash-Free grubunda 3,5 mm<sup>3</sup>, APC PLUS grubunda 3,54 mm<sup>3</sup>, Transbond XT grubunda 2,75 mm<sup>3</sup>, Opal Bond MV grubunda 2,8 mm<sup>3</sup> ve Blugloo grubunda 2,58 mm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak APC Flash-Free ve APC PLUS grubunun yapıştırıcı hacminin; Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür (p<0.05). Bu sonuçlara göre tüm gruplarda aynı braketlerin kullanıldığı çalışmamızda; adeziv kaplı sistemlerde ölçülen yapıştırıcı hacminin, konvansiyonel braketlere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu durumun adeziv kaplı sistemlerde flaş temizlik ihtiyacı miktarının azalmasına ve buna bağlı olarak bu örneklerin flaş temizliği sırasında, konvansiyonel yöntemlere göre marjinal kompozit kopmalarına daha az maruz kalması nedeniyle olabileceği düşünülmüştür. Yapılan literatür taramasında ise bu konuyla ilgili bir çalışma bulgusuna rastlanmamıştır.

Çalışmanın en önemli bulgusu olan mikrosızıntı hacminin üç boyutlu analiz sonucuna göre okluzal bölge sızıntı hacimleri ortalaması; APC Flash-Free grubunda 0,006 mm<sup>3</sup>, APC PLUS grubunda 0,012 mm<sup>3</sup>, Transbond XT grubunda 0,004 mm<sup>3</sup>, Opal Bond MV grubunda 0,019 mm<sup>3</sup> ve Blugloo grubunda 0,001 mm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara

göre Blugloo grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi, diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Transbond XT grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi ise Opal Bond MV grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Gingival bölge mikrosızıntı hacimleri ortalaması ise; APC Flash-Free grubunda  $0,010 \text{ mm}^3$ , APC PLUS grubunda  $0,015 \text{ mm}^3$ , Transbond XT grubunda  $0,014 \text{ mm}^3$ , Opal Bond MV grubunda  $0,015 \text{ mm}^3$  ve Blugloo grubunda  $0,001 \text{ mm}^3$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre de Blugloo grubunun gingival mikrosızıntı hacmi okluzal bölgede olduğu gibi diğer çalışma gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Toplam mikrosızıntı hacimlerinin ortalama değerleri; APC Flash-Free grubunda  $0,015 \text{ mm}^3$ , APC PLUS grubunda  $0,025 \text{ mm}^3$ , Transbond XT grubunda  $0,018 \text{ mm}^3$ , Opal Bond MV grubunda  $0,035 \text{ mm}^3$  ve Blugloo grubunda  $0,001 \text{ mm}^3$  olarak bulunmuştur. Blugloo grubunun toplam mikrosızıntı hacmi okluzal ve gingival bölge bulgularına paralel olarak, APC Flash-Free, APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ).

APC™ Flash-Free adezivle kaplı sistemde polipropilen dokusuz ağ üzerine uygulanmış düşük viskoziteli rezin içeren braketler kullanılır; bunun da uygulama sonrası rezin temizleme ihtiyacını ortadan kaldırdığı ve mikrosızıntıyı azaltmak için bir kapama oluşturduğu öne sürülmektedir.<sup>11</sup> Bu braket sisteminin in vitro çalışmalarda geleneksel bağlanma sistemleri ile karşılaştırıldığında bonding süresini ve mikrosızıntıyı azalttığı belirtilmektedir.<sup>14, 15</sup> Ancak, mikrosızıntı hacminin üç boyutlu olarak değerlendirildiği çalışmamızın sonuçları APC™ Flash-Free braketlerde daha az mikrosızıntı olduğu tezini doğrular nitelikte değildir. APC Flash-Free grubunda ölçülen mikrosızıntı hacmi APC PLUS, Transbond XT ve Opal Bond MV grubuna göre az miktarda da olsa düşük ölçülmekle birlikte bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çalışmamızda Blugloo grubundaki mikrosızıntı hacmi diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı seviyede daha düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Blugloo™ (Ormco Orange, CA, USA) formülasyonu ve renk stabilitesi seramik braketler ile kullanım için geliştirilmiş bir yapıştırıcıdır.<sup>136</sup> Seramik braketler için özel formüle edilmiş bu yapıştırıcı çalışma gruplarımız arasında en az mikrosızıntıyı göstermiştir. Bu bulgu çalışmamız için çok çarpıcı olmakla birlikte sonucun nedeninin adezivin, seramik braketlerle maksimum bağlanmayı hedefleyen, özel yapısından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Ortodonti literatüründe mikrosızıntıyla ilişkili çalışmalar oldukça sınırlı olup, genellikle iki boyutlu mikroskopik incelemeleri içerir. Her çalışma, uygulanan teknik açısından farklılıklar gösterir ve bulguların birbirleriyle kıyaslanması doğru değildir. Öztürk ve arkadaşlarının<sup>87</sup> direkt ve indirekt bonding gruplarının mikrosızıntılarını mikro-BT ile değerlendirdikleri çalışmada Transbond XT grubunun mikrosızıntısını gingivalden 0,0005 mm<sup>3</sup>, okluzalden 0,0007 mm<sup>3</sup> olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda bu değerler gingival için 0,014 mm<sup>3</sup>, okluzal için 0,004 mm<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Aynı yapıştırıcı için farklı çalışmalarda ölçülen bu farklı değerlerin nedeninin; tarama hassasiyeti, elde edilen görüntünün çözünürlük farkı, analizde kullanılan değerler veya operatör farklılığı gibi teknik farklılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Öztürk ve arkadaşlarının çalışmasında gingival, okluzal, mezial ve distal bölgeler için mikrosızıntı miktarı bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise okluzal ve gingival bölge olarak bölümlendirme yapılmıştır. Ayrıca braket tabanının tamamı için de tüm parametrelerin değerlendirmesi yapılmıştır.

Kim ve arkadaşlarının<sup>11</sup> çalışmamıza benzer olarak, APC™ Flash-Free braketleri ve APC™ PLUS braketleri mikrosızıntı açısından karşılaştırmak için iki boyutlu boya penetrasyon yöntemini kullandıkları çalışmada; termal siklus sonrası yapılan mikroskopik inceleme sonucu APC Flash-Free ve APC PLUS grupları arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Grünheid ve arkadaşlarının<sup>8</sup> APC™ Flash-Free ve APC™ II ürünlerini mikrosızıntı açısından mikro-BT ile değerlendirdikleri çalışmada da bu iki ürün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı bildirilmiştir. Bu veriler çalışmamız sonuçlarıyla da örtüşmektedir. Mikro-BT sistemiyle yapılan çalışmamızda, toplam mikrosızıntı hacimleri açısından APC Flash-Free, APC PLUS ve adeziv kaplamasız Transbond XT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Bununla birlikte, braket taban kaplaması kullanmayan Blugloo grubu diğer bütün gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha az mikrosızıntı göstermiştir. Çalışmamızda toplam mikrosızıntı miktarları değerlendirildiğinde Opal Bond MV grubu diğer gruplardan görece fazla mikrosızıntı göstermesine rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Sadece okluzal bölgede Opal Bond MV grubunun mikrosızıntı hacmi Transbond™ XT grubundan istatistiksel olarak anlamlı seviyede yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızın üç boyutlu analiz sonucuna göre okluzal bölge mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı ortalaması; APC Flash-Free grubunda %0,3, APC PLUS grubunda %0,63, Transbond XT grubunda %0,26 Opal Bond MV grubunda %1,21 ve

Blugloo grubunda %0,09 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Blugloo grubunun okluzal mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı diğer dört gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Gingival bölge mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı ortalaması ise; APC Flash-Free grubunda %0,6, APC PLUS grubunda %0,88, Transbond XT grubunda %1,13, Opal Bond MV grubunda %1,13 ve Blugloo grubunda %0,06 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Blugloo grubunun gingival mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı yine diğer dört gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Toplam mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı ortalaması; APC Flash-Free grubunda %0,91, APC PLUS grubunda %1,52, Transbond XT grubunda %1,39, Opal Bond MV grubunda %2,35 ve Blugloo grubunda %0,15 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Blugloo grubunun toplam mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı gingival ve okluzal bölge bulgularına paralel olarak, diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Bu sonuçlar Blugloo grubunun diğer çalışma gruplarına göre daha az mikrosızıntı hacmine sahip olma konusundaki üstünlüğünü destekler niteliktedir.

Öztürk ve arkadaşlarının<sup>87</sup> direkt ve indirekt bonding gruplarının mikrosızıntılarını mikro-BT ile değerlendirdikleri çalışmada Transbond XT grubunun mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı gingival yüzdesini 0,0242 ve okluzal yüzdesini 0,0217 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda bu değerler gingival için %1,13 ve okluzal için %0,26 olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda ölçülen sızıntı oranının daha fazla olmasının nedeninin, mikrosızıntı hacminde olduğu gibi, uygulanan tekniklerdeki farklılıkla bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Mikrosızıntı yüzey alanının üç boyutlu toplam sonucun ortalaması; APC Flash-Free grubunda  $1,68 \text{ mm}^2$ , APC PLUS grubunda  $2,96 \text{ mm}^2$ , Transbond XT grubunda  $1,88 \text{ mm}^2$ , Opal Bond MV grubunda  $2,88 \text{ mm}^2$  ve Blugloo grubunda  $0,28 \text{ mm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Blugloo grubunun toplam mikrosızıntı yüzey alanı diğer çalışma gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktür ( $p<0,05$ ). Çalışmamızın mikrosızıntı alanıyla ilgili bulguları, mikrosızıntı hacmi ve mikrosızıntı hacmi/yapıştırıcı hacmi oranı bulgularını destekler niteliktedir ve sonuçlar Blugloo grubu lehinedir.

Çalışmamızda gruplar arası karşılaştırmaların yanı sıra, grup içi karşılaştırmalar da yapılmıştır. Braket-mine yüzeyi arasındaki toplam mikrosızıntı hacmi her grup için, gingival ve okluzal bölgeler ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Literatürde mikrosızıntıyı değerlendirirken inceleme alanını gingival ve okluzal olarak ayıran çalışmalar olduğu gibi<sup>1</sup>,

4, 5, 10, 166; mesial, distal, okluzal ve gingival olarak ayıran çalışmalar da mevcuttur.<sup>87</sup> Ramoğlu ve arkadaşlarının<sup>10</sup> metal ve seramik braketleri ve farklı yapıştırıcıları kullandıkları mikrosızıntı çalışmasında boya penetrasyon yöntemi kullanılmış ve dijital kumpasla direkt ölçüm ile mikrosızıntı değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; tüm gruplarda gingival mikrosızıntı skorları okluzal mikrosızıntı skorlarından istatistiksel olarak anlamlı seviyede fazla bulunmuştur. Uysal ve arkadaşlarının<sup>4</sup> boya penetrasyon ve direkt ölçüm yöntemiyle yaptıkları bir çalışmada, farklı self-etching primerler ile seramik ve metal braketler kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarında da tüm gruplarda gingival mikrosızıntı skorlarının okluzalden daha fazla olduğu bildirilmiştir. Öztürk ve arkadaşlarının<sup>87</sup> direkt ve indirekt bonding metodlarını mikro-BT ile karşılaştırdıkları çalışmada ise incelenen iki grup için okluzal mikrosızıntı miktarları gingivalden istatistiksel olarak anlamlı seviyede fazla bildirilmiş, ancak diğer üç grupta bu fark anlamsız bulunmuştur. Çalışmamızda ise yapılan grup içi istatistiksel değerlendirmede, tüm gruplar için, okluzal ve gingival mikrosızıntı hacmi değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Ayrıca okluzal ve gingival mikrosızıntı/yapıştırıcı hacmi oranı değerleri arasında da anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Çalışmamızla diğer çalışmalar arasındaki bu farkın; kullanılan dişlerin anatomik farklılıklarıyla, braket, yapıştırıcı ve yöntem farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mikro-BT tekniği hacim, yüzey alanı gibi parametlerin değerlendirilmesinde oldukça güvenilir bir üç boyutlu yöntemdir ve çalışmamızda braketlerin altındaki mikrosızıntının tamamının hacmi üç boyutlu olarak ölçülmüştür. Bu açıdan değerlendirildiğinde çalışmamızın sonuçlarının, iki boyutlu ve sınırlı kesitte yapılan, manuel ölçümler içeren diğer çalışmalara göre daha güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Daha önce yapılan bazı çalışmalar, adeziv-mine ara yüzünde yapıştırıcı-braket ara yüzüne göre daha fazla mikroboşluk oluşumu olduğunu göstermiştir.<sup>141, 148, 178</sup> Öztürk ve arkadaşları<sup>87</sup> ise adeziv-braket ara yüzünde mikrosızıntı bulunmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamız sırasında hem adeziv-braket ara yüzünde hem de mine-adeziv ara yüzeyinde mikrosızıntıya rastlanılmış olup, çalışma tasarımı gereği bu bölgeler arasındaki fark incelenmemiştir. Her braket için toplam mikrosızıntı miktarları değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen görüntüler üzerinde 3D analizlere ilave olarak, aynı yazılım ile 2D analizler de yapılmıştır. Böylece 3D analiz sonuçlarının kontrolü sağlanmıştır. 2D ve 3D verilerin birbirleriyle olan korelasyonunun değerlendirilmesi için



Spearman's rho korelasyon analizi kullanılmıştır. Değerlendirme parametrelerinden olan mikrosızıntı hacmi için Transbond XT ve Opal Bond MV gruplarında %93,5 ve %98,2 düzeyinde korelasyon bulunurken; mikrosızıntı yüzey alanı değerlendirmesinde APC PLUS, Transbond XT, Opal Bond MV ve Blugloo gruplarında sırasıyla %97,6, %95,2, %97, %89,8 düzeyinde korelasyon bulunmuş olup bu durum 2D ve 3D sonuçlarının birbirini desteklediğini göstermektedir. Farklı parametrelerde birçok grupta pozitif yönlü ve yüksek düzeyde korelasyon gözlenmekte iken bazı gruplarda korelasyon sonuçlarının olmaması korelasyon analizinde sıfır değerine çok yakın olan verilerde istatistiksel hesaplama yapılamamasına bağlanabilir. Sonuç olarak yapılan korelasyon analizleri neticesinde 2D-3D analiz sonuçları arasında birçok parametre ve grup için yüksek düzeyde korelasyon olduğundan çalışmamızın 2D analiz sonuçları ayrıca tartışılmamıştır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçlarına göre:

1. Tabanı adezivle kaplı APC™ Flash-Free braketler, tabanı adezivle kaplı APC™ PLUS braketler ve Transbond™ XT ile yapıştırılan geleneksel braketlerde oluşan mikrosızıntı miktarı benzerdir. Uygulama süresindeki avantajları ve kullanım kolaylığı açısından APC™ Flash-Free braketler tercih edilebilir.

2. Blugloo™ adezivi ile yapıştırılan braketler diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı seviyede daha az mikrosızıntı göstermektedir. İki yönlü renk değişim özelliği, maliyeti ve mikrosızıntı konusundaki avantajları nedeniyle, bu adeziv sisteminin ortodontik tedavilerde kullanımı tavsiye edilir.

3. Opal Bond MV grubunda diğer gruplara göre daha fazla miktarda mikrosızıntı ölçülmüştür. Ancak bu fark toplam mikrosızıntı hacmi açısından ele alındığında istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

4. Braket tabanının okluzal ve gingival bölge karşılaştırmalarında, daha önce yapılan çalışmaların aksine, mikrosızıntı miktarları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

5. Mikro-BT yöntemi; mikrosızıntıyı belirlemede güçlü ve uygulanabilir bir tekniktir. Görüntülerin üç boyutlu olarak elde edilmesi ve analizlerin üç boyutlu olarak yapılabilmesi bu tekniği diğer tekniklerden üstün kılar, mikrosızıntı çalışmalarında kullanımı tavsiye edilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. **Arhun N, Arman A, Çehreli SB, Arıkan S, Karabulut E, et al.** Microleakage beneath ceramic and metal brackets bonded with a conventional and an antibacterial adhesive system. *Angle Orthod.* **2006**; 76(6): 1028-34.
2. **Abdelnaby YL, Al-Wakeel EE.** Influence of modifying the resin coat application protocol on bond strength and microleakage of metal orthodontic brackets. *Angle Orthod.* **2010**; 80(2): 378-84.
3. **James JW, Miller BH, English JD, Tadlock LP, Buschang PH.** Effects of high-speed curing devices on shear bond strength and microleakage of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2003**; 123(5): 555-61.
4. **Uysal T, Ulker M, Ramoglu SI, Ertas H.** Microleakage under metallic and ceramic brackets bonded with orthodontic self-etching primer systems. *Angle Orthod.* **2008**; 78(6): 1089-94.
5. **Arıkan S, Arhun N, Arman A, Cehreli SB.** Microleakage beneath ceramic and metal brackets photopolymerized with LED or conventional light curing units. *Angle Orthod.* **2006**; 76(6): 1035-40.
6. **Ulker M, Uysal T, Ramoglu SI, Ertas H.** Microleakage under orthodontic brackets using high-intensity curing lights. *Angle Orthod.* **2009**; 79(1): 144-49.
7. **Hamameci N, Akkurt A, Başaran G.** In vitro evaluation of microleakage under orthodontic brackets using two different laser etching, self etching and acid etching methods. *Lasers Med Sci.* **2010**; 25(6): 811-16.
8. **Grünheid T, Sudit GN, Larson BE.** Debonding and adhesive remnant clean up: an in vitro comparison of bond quality, adhesive remnant clean up, and orthodontic acceptance of a flash-free product. *Eur J Orthod.* **2014**; 37(5): 497-502.
9. **Yagci A, Uysal T, Ulker M, Ramoglu SI.** Microleakage under orthodontic brackets bonded with the custom base indirect bonding technique. *Eur J Orthod.* **2009**; 32(3): 259-63.
10. **Ramoglu SI, Uysal T, Ulker M, Ertas H.** Microleakage under ceramic and metallic brackets bonded with resin-modified glass ionomer. *Angle Orthod.* 2009; 79(1): 138-43.
11. **Kim J, Kanavakis G, Finkelman MD, Lee M.** Microleakage under ceramic flash-free orthodontic brackets after thermal cycling. *Angle Orthod.* **2016**; 86(6): 905-08.
12. **Cooper R, Goss M, Hamula W.** Direct bonding with light-cured adhesive precoated brackets. *J Clin Orthod.* **1992**; 26(8): 477-79.
13. **Sunna S, Rock WP.** An ex vivo investigation into the bond strength of orthodontic brackets and adhesive systems. *Br J Orthod.* **1999**; 26: 47-50.
14. **Lee M, Kanavakis G.** Comparison of shear bond strength and bonding time of a novel flash-free bonding system. *Angle Orthod.* **2015**; 86(2): 265-70.
15. **Foersch M, Schuster C, Rahimi RK, Wehrbein H, Jacobs C.** A new flash-free orthodontic adhesive system: A first clinical and stereomicroscopic study. *Angle Orthod.* **2015**; 86(2): 260-64.
16. **Taylor M, Lynch E.** Microleakage. *J Dent.* **1992**; 20(1): 3-10.
17. **Tjan AH, Tan DE.** Microleakage at gingival margins of Class V composite resin restorations rebonded with various low-viscosity resin systems. *Quintessence Int.* **1991**; 22(7): 565-73.

18. **Eden E, Topaloglu-Ak A, Cuijpers V, Frencken JE.** Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. *Am J Dent.* **2008**; 21(6): 393-97.
19. **Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S.** 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. *Dent Mater.* **2009**; 25(3): 314-20.
20. **Proffit W, Fields Jr H, Sarver D.** *Contemporary Orthodontics.* 5<sup>th</sup>. ed., Elsevier Health Sciences, **2012**, 347-89.
21. **Andrews LF.** Straight wire: the concept and appliance. *LA Wells Company.* **1989**; 13(33): 137-221.
22. **Acar A, Karabiber G.** *Ortodontik Materyaller.* In: Erverdi N, editor. Çağdaş Ortodonti. *Quintessence Yayıncılık*, Istanbul, **2017**, 213-24.
23. APC II Adhesive introduced, *Orthod. Persp.* 8:16, **2001**.
24. **Hirani S.** Handling characteristics of precoated and operator-coated brackets. *J Clin Orthod.* **2005**; 39(7): 429.
25. **Zachrisson BU.** A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod.* **1977**; 71(2): 173-89.
26. **Zachrisson BU, Brobakken BO.** Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod.* **1978**; 74(1): 62-78.
27. **Ash S, Hay N.** Adhesive pre-coated brackets, a comparative clinical study. *Br J Orthod.* **1996**; 23(4): 325-29.
28. 3M Orthodontic Adhesives. Erişim: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/~/All-3M-Products/Health-Care/Oral-Care/Orthodontic-Adhesives/?N=5002385+8707795+8707799+8711017+8716975+3294857497&rt=r3](https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/All-3M-Products/Health-Care/Oral-Care/Orthodontic-Adhesives/?N=5002385+8707795+8707799+8711017+8716975+3294857497&rt=r3). **2018**. Erişim tarihi: 22.12.2018
29. **Eliades T, Eliades G, Brantley WA.** Microbial attachment on orthodontic appliances: I. Wettability and early pellicle formation on bracket materials. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1995**; 108(4): 351-60.
30. **Buonocore MG.** A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* **1955**; 34(6): 849-53.
31. **Zachrisson BU, Buyukyilmaz T.** *Bonding in Orthodontics.* In: Graber Lee W VRL, Vig Katherine WL, editor. Orthodontics current principles and techniques. 5<sup>th</sup>. Ed., Philadelphia, Elsevier, 2012, 727-84.
32. **Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels III DS.** 2008 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. Part 1. Results and trends. *J Clin Orthod.* **2008**; 42: 625-40.
33. **Armstrong D, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA.** A comparison of accuracy in bracket positioning between two techniques localizing the centre of the clinical crown and measuring the distance from the incisal edge. *Eur J Orthod.* **2007**; 29(5): 430-36.
34. **Øgaard B, Rølla G, Arends J.** Orthodontic appliances and enamel demineralization: Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1988**; 94(1): 68-73.
35. **Diedrich P.** Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1981**; 79(5): 500-22.
36. **Dirks OB.** Post-eruptive changes in dental enamel. *J Dent Res.* **1966**; 45(3): 503-11.

37. **Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C.** Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). *J Clin Pediatr Dent.* **2005**; 28(2): 119-24.
38. **Axelsson P.** Diagnosis and risk prediction of dental caries. v1.2, *Quintessence*, **2000**, 1-316.
39. **Rosenbloom RG, Tinanoff N.** Salivary Streptococcus mutans levels in patients before, during, and after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1991**; 100(1): 35-37.
40. **Øgaard B, Larsson E, Henriksson T, Birkhed D, Bishara SE.** Effects of combined application of antimicrobial and fluoride varnishes in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2001**; 120(1): 28-35.
41. **Øgaard B.** White spot lesions during orthodontic treatment: mechanisms and fluoride preventive aspects. *Semin Orthod.* **2008**; 14(3), 183-193.
42. **Hadler-Olsen S, Sandvik K, El-Agroudi MA, Øgaard B.** The incidence of caries and white spot lesions in orthodontically treated adolescents with a comprehensive caries prophylactic regimen—a prospective study. *Eur J Orthod.* **2011**; 34(5): 633-39.
43. **Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ.** Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod.* **1982**; 81(2): 93-8.
44. **Boersma J, Van der Veen M, Lagerweij M, Bokhout B, Prah-Andersen B.** Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res.* **2005**; 39(1): 41-7.
45. **Richter AE, Arruda AO, Peters MC, Sohn W.** Incidence of caries lesions among patients treated with comprehensive orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2011**; 139(5): 657-64.
46. **Øgaard B.** Prevalence of white spot lesions in 19-year-olds: A study on untreated and orthodontically treated persons 5 years after treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1989**; 96(5): 423-27.
47. **Vorhies AB, Donly KJ, Staley RN, Wefel JS.** Enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets bonded with hybrid glass ionomer cements: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1998**; 114(6): 668-74.
48. **Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Griswold PG.** The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1988**; 93(1): 29-37.
49. **Kidd EA.** Microleakage: a review. *J Dent Child.* **1976**; 4(5): 199-206.
50. **Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H.** In vitro degradation of resin–dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials.* **2003**; 24(21): 3795-803.
51. **Camps J, Dejoux J, Remusat M, About I.** Factors influencing pulpal response to cavity restorations. *Dent Mater.* **2000**; 16(6): 432-40.
52. **Hersek N, Canay S, Akça K, Ciftçi Y.** Comparison of microleakage properties of three different filling materials. An autoradiographic study. *J Oral Rehabil.* **2002**; 29(12): 1212-17.
53. **Nguyen C.** A new in vitro method for the study of micro-leakage of dental restorative materials. *Msc Thesis*, The University of Adelaide, Australia, **2007**.
54. **Browne RM, Tobias RS.** Microbial microleakage and pulpal inflammation: a review. *Dent Traumatol.* **1986**; 2(5): 177-83.

55. **Brannstrom M.** Infection beneath composite resin restorations: can it be avoided? *Oper Dent.* 1987; 12: 158-63.
56. **Bishop K, Briggs P.** Endodontic failure--a problem from top to bottom. *Br Dent J.* 1995; 179(1): 35.
57. **Mount G, Hume W.** Preservation and restoration of tooth structure. 3<sup>rd</sup> Ed., *Sandgate (Qld), Knowledge Books and Software, 2005*, 1-365.
58. **Mjör IA.** Clinical diagnosis of recurrent caries. *J Am Dent Assoc.* 2005; 136(10): 1426-33.
59. **Rees J, Jacobsen P.** The polymerization shrinkage of composite resins. *Dent. Mater.* 1989; 5(1): 41-44.
60. **Trowbridge HO.** Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper Dent.* 1987; 12(4): 164-72.
61. **Hilton TJ.** Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 1. *Am J Dent.* 2002; 15(3): 198-210.
62. **Causton B, Braden M, Brown D, et al.** Dental materials: 1981 literature review Part 1. *J Dent.* 1984; 12(1): 1-28.
63. **Alani AH, Toh CG.** Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent.* 1997; 22(4): 173-85.
64. **De J, Camps J.** Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. *Dent Mater.* 1996; 12(5-6): 342-49.
65. **Raskin A, Tassery H, D Hoore W, Gonthier S, Vreven J, et al.** Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. *Am J Dent.* 2003; 16(3): 207-10.
66. **Harper W.** The character of the adaptation of amalgam to the walls of cavities attained by present methods of instrumentation and the use of the best known alloys, as indicated by the air pressure test. *Dent Rev.* 1912; 26: 1179-98.
67. **Fiasconaro J, Sherman H.** Sealing properties of acrylics. *New York DJ.* 1952; 18: 189-98.
68. **Pickard H, Gayford J.** Leakage at the margins of amalgam restorations. *Br Dent J.* 1965; 119:69.
69. **Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME.** Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent.* 1986; 56(4): 435-40.
70. **Youngson CC, Jones JCG, Fox K, Smith IS, Wood DJ, et al.** A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems1. *J Dent.* 1999; 27(3): 223-33.
71. **Karagenç B, Gençoğlu N, Ersoy M, Cansever G, Külekçi G.** A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2006; 102(1): 110-13.
72. **Jacobsen P, Von Fraunhofer J.** Assessment of microleakage using a conductimetric technique. *J Dent Res.* 1975; 54(1): 41-8.
73. **Momoi Y, Iwase H, Nakano Y, Kohno A, Asanuma A, et al.** Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J Dent Res.* 1990; 69(10): 1659-63.
74. **Going RE, Myers HM, Prussin SG.** Quantitative method for studying microleakage in vivo and in vitro. *J Dent Res.* 1968; 47(6): 1128-32.

75. **Kraus E, Kraus LL.** Evaluation of the auto-polymer direct plastic filling materials. *J Dent Res.* **1951**; 30(4): 498-498.
76. **Seltzer S.** The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings. *J Am Dent Assoc.* **1955**; 51(5): 560-66.
77. **Matharu S, Spratt D, Pratten J, Ng YL, Mordan N, et al.** A new in vitro model for the study of microbial microleakage around dental restorations: a preliminary qualitative evaluation. *Int Endod J.* **2001**; 34(7): 547-53.
78. **Hembree JH.** Microleakage at the gingival margin of class II composite restorations with glass-ionomer liner. *J Prosthet Dent.* **1989**; 61(1): 28-30.
79. **Fitchie JG, Reeves GW, Scarbrough AR, Hembree JH.** Microleakage of two new dentinal bonding systems. *Quintessence Int.* **1990**; 21(9): 749-52.
80. **Saunders W, Grieve A, Russell E, Alani A.** The effects of dentine bonding agents on marginal leakage of composite restorations. *J Oral Rehabil.* **1990**; 17(6): 519-27.
81. **Li H, Burrow MF, Tyas MJ.** The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent.* **2003**; 5(1): 19-25.
82. **Kornfeld B.** Study of clinical behavior of resins in operative dentistry. *J Dent Res.* **1953**; 32(5): 714-5.
83. **Meyer J, Dennison J, Craig R.** Improved method of neutron activation analysis for microleakage studies. *J Dent Res.* **1974**; 53(2): 356-63.
84. **Douglas W, Fields R, Fundingsland J.** A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J Dent.* **1989**; 17(4): 184-88.
85. **Adam D, Whittaker D.** Electron microscopy of silver-stained collagen fibres in developing mantle dentine. *J Anat.* **1972**; 111(2): 342.
86. **Tay F, Pang K, Gwinnett A, Wei S.** A method for microleakage evaluation along the dentin/restorative interface. *Am J Dent.* **1995**; 8(2): 105-08.
87. **Öztürk F, Ersöz M, Öztürk SA, Hatunoğlu E, Malkoç S.** Micro-CT evaluation of microleakage under orthodontic ceramic brackets bonded with different bonding techniques and adhesives. *Eur J Orthod.* **2015**; 38(2): 163-69.
88. **Youngson C.** A technique for three-dimensional microleakage assessment using tooth sections. *J Dent.* **1992**; 20(4): 231-34.
89. **Gale M, Darvell B, Cheung G.** Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. *J Dent.* **1994**; 22(6): 370-75.
90. **Iwami Y, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S.** The accuracy of electrical method for microleakage evaluation by a three-dimensional analysis. *J Dent.* **2007**; 35(3): 268-74.
91. **De Santis R, Mollica F, Prisco D, Rengo S, Ambrosio L, et al.** A 3D analysis of mechanically stressed dentin–adhesive–composite interfaces using X-ray micro-CT. *Biomaterials.* **2005**; 26(3): 257-70.
92. **Elliott J, Dover S.** X-ray microtomography. *J Microsc.* **1982**; 126(2): 211-13.

93. **Şahin FÜ, Topuz Ö.** Diş hekimliği araştırmalarında mikrobilgisayarlı tomografi uygulamaları. *Acta Odontol Turc.* **2014**; 31(2): 114-20.
94. Canon aquilion one. Erişim: <https://eu.medical.canon/product-solutions/computed-tomography/aquilion-one/>. **2018**. Erişim tarihi: 22.12.2018.
95. **Morris P, Perkins A.** Diagnostic imaging. *The Lancet.* **2012**; 379(9825): 1525-33.
96. **Rhodes J, Ford TP, Lynch J, Liepins P, Curtis R.** Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* **1999**; 32(3): 165-70.
97. Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı. Erişim: [http://dent.erciyes.edu.tr/Arastirma\\_Lab\\_Cihaz\\_Bilgileri.aspx](http://dent.erciyes.edu.tr/Arastirma_Lab_Cihaz_Bilgileri.aspx). **2018**. Erişim tarihi: 22.12.2018
98. **Renders G, Mulder L, Van Ruijven L, Van Eijden T.** Porosity of human mandibular condylar bone. *J Anat.* **2007**; 210(3): 239-48.
99. **Guldborg RE, Lin AS, Coleman R, Robertson G, Duvall C.** Microcomputed tomography imaging of skeletal development and growth. *Birth Defects Research Part C: Embryo Today: Reviews.* **2004**; 72(3): 250-59.
100. **Spoor CF, Zonneveld FW, Macho GA.** Linear measurements of cortical bone and dental enamel by computed tomography: applications and problems. *Am J Phys Anthropol.* **1993**; 91(4): 469-84.
101. **Anderson P, Elliott J, Bose U, Jones S.** A comparison of the mineral content of enamel and dentine in human premolars and enamel pearls measured by X-ray microtomography. *Arch Oral Biol.* **1996**; 41(3): 281-90.
102. **Kucuk EB, Malkoc S, Demir A.** Microcomputed tomography evaluation of white spot lesion remineralization with various procedures. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2016**; 150(3): 483-90.
103. **Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S.** External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J.* **1999**; 32(1): 3-9.
104. **Oi T, Saka H, Ide Y.** Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. *Int Endod J.* **2004**; 37(1): 46-51.
105. **Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P.** A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J.* **2001**; 34(5): 390-98.
106. **Peters OA, Schönenberger K, Laib A.** Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* **2001**; 34(3): 221-30.
107. **Hammad M, Qualtrough A, Silikas N.** Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *J Endod.* **2009**; 35(4): 541-44.
108. **Jung M, Lommel D, Klimek J.** The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* **2005**; 38(9): 617-26.
109. **Rebaudi A, Koller B, Laib A, Trisi P.** Microcomputed tomographic analysis of the peri-implant bone. *Int J Periodontics Restorative Dent.* **2004**; 24(4): 316-25.
110. **Carrera CA, Lan C, Escobar-Sanabria D, Li Y, Rudney J, et al.** The use of micro-CT with image segmentation to quantify leakage in dental restorations. *Dent Mater.* **2015**; 31(4): 382-90.



111. **Jacker-Guhr S, Ibarra G, Oppermann L, Lührs AK, Rahman A, et al.** Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clin Oral Investig.* **2016**; 20(7): 1709-18.
112. **Neves AA, Jaecques S, Van Ende A, Cardoso MV, Coutinho E, et al.** 3D-microleakage assessment of adhesive interfaces: exploratory findings by  $\mu$ CT. *Dent Mater.* **2014**; 30(8): 799-807.
113. **Rengo C, Spagnuolo G, Ametrano G, Goracci C, Nappo A, et al.** Marginal leakage of bulk fill composites in Class II restorations: a microCT and digital microscope analysis. *Int J Adhes Adhes.* **2015**; 60: 123-29.
114. **Küçük EB.** Farklı Yöntemlerle Tedavi Edilen Başlangıç Çürük Lezyonlarındaki İyileşmenin Mikro-BT Analizi İle Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, **2014**.
115. **Peters OA, Laib A, Rüegegger P, Barbakow F.** Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* **2000**; 79(6): 1405-09.
116. **Magne P.** Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. *Dent Mater.* **2007**; 23(5): 539-48.
117. **DeLong R, Douglas WH.** An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed Eng.* **1991**; 38(4): 339-45.
118. **Baydır A.** Termal siklus test protokolünde belirtilen alt ve üst sıcaklık sınır değerlerinin in vivo ölçümü. *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, **2010**.
119. **De Munck Jd, Van Landuyt K, Peumans M, Lambrechts P, Braem M, et al.** A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* **2005**; 84(2): 118-32.
120. **Daub J, Berzins DW, Linn BJ, Bradley TG.** Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. *Angle Orthod.* **2006**; 76(2): 295-300.
121. **Paulo H, Pereira JC, Rueggeberg FA, Svizero NR, Miyake K, et al.** Efficacy of composite surface sealers in sealing cavosurface marginal gaps. *J Dent.* **2006**; 34(3): 252-59.
122. **Delme K, Deman P, De Moor R.** Microleakage of class V resin composite restorations after conventional and Er: YAG laser preparation. *J Oral Rehabil.* **2005**; 32(9): 676-85.
123. **Helvatjoglu-Antoniades M, Kalinderis K, Pedulu L, Papadogiannis Y.** The effect of pulse activation on microleakage of a 'packable' composite resin and two 'ormocers'. *J Oral Rehabil.* **2004**; 31(11): 1068-74.
124. **Rosomando KJ, Wendt Jr SL.** Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater.* **1995**; 11(1): 47-51.
125. **Nelsen RJ, Paffenbarger GC, Wolcott RB.** Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc.* **1952**; 44(3): 288-95.
126. **Barclay C, Spence D, Laird W.** Intra-oral temperatures during function. *J Oral Rehabil.* **2005**; 32(12): 886-94.
127. **Ernst C-P, Canbek K, Euler T, Willershausen B.** In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. *Clin Oral Investig.* **2004**; 8(3): 130-38.
128. **Gale M, Darvell B.** Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* **1999**; 27(2): 89-99.

129. **Wagner N, Wyllie B, Thorstenson G.** Clarity™ ADVANCED Ceramic Brackets A Technical Perspective. *Orthod Persp.* **2011**; 18(2): 6-8.
130. 3M Clarity Advanced Ceramic Brackets. Erişim: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/~3M-Clarity-Advanced-Ceramic-Brackets/?N=5002385+3290418644&rt=rud](https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-Clarity-Advanced-Ceramic-Brackets/?N=5002385+3290418644&rt=rud). **2018**. Erişim tarihi: 28.11.2018
131. **Cinader DK, Aung M, Ugai R, Conley A.** APC™ Flash-Free Adhesive: A Technical Overview. *Orthod Persp.* **2013**; 20(1): 7-9.
132. **Brennan JV, Soo PP, James D.** APC PLUS Adhesive coated appliances: a bonding study. *Orthod Persp.* **2005**: 63-68.
133. Transbond XT Light Cure Adhesive. Erişim: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/~Transbond-XT-Light-Cure-Adhesive/?N=5002385+3290412465&rt=rud](https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~Transbond-XT-Light-Cure-Adhesive/?N=5002385+3290412465&rt=rud). **2018**. Erişim tarihi: 28.11.2018
134. Opal Seal. Erişim: <https://www.ultradent.com/products/categories/orthodontics/adhesives/primers-and-sealants/opal-seal>. **2018**. Erişim tarihi: 28.11.2018
135. Opal Bond MV. Erişim: <https://www.ultradent.com/products/categories/orthodontics/adhesives/bonding/opal-bond-mv>. **2018**. Erişim tarihi: 28.11.2018
136. Blugloo. Erişim: <https://ormco.com/products/blugloo/>. **2018**. Erişim tarihi: 28.11.2018
137. Bruker SkyScan. NRecon. Version 1.7.4.2, Kontich, Belgium, 2018.
138. Bruker SkyScan. CTAn. Version 1.18.4.0+, Kontich, Belgium, 2018.
139. IBM SPSS. IBM SPSS Statistics. Version 22, Armonk, NY, 2013.
140. **Shamaa A, Badawy R, El-Sayed W.** Microleakage pattern at enamel-adhesive interface under metal brackets bonded with conventional or nano-adhesive systems. *Gulf Med J.* **2016**; 5(1): 62-8.
141. **Canbek K, Karbach M, Gottschalk F, Erbe C, Wehrbein H.** Evaluation of bovine and human teeth exposed to thermocycling for microleakage under bonded metal brackets. *J Orofac Orthop.* **2013**; 74(2): 102-12.
142. **Bradburn G, Pender N.** An in vitro study of the bond strength of two light-cured composites used in the direct bonding of orthodontic brackets to molars. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1992**; 102(5): 418-26.
143. **Hobson R, McCabe J, Hogg S.** Bond strength to surface enamel for different tooth types. *Dent Mater.* **2001**; 17(2): 184-89.
144. **Linklater RA, Gordon PH.** An ex vivo study to investigate bond strengths of different tooth types. *J Orthod.* **2001**; 28(1): 59-65.
145. **Mattick CR, Hobson RS.** A comparative micro-topographic study of the buccal enamel of different tooth types. *J Orthod.* **2000**; 27(2): 143-9.
146. **Reisner KR, Levitt HL, Mante F.** Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1997**; 111(4): 366-73.
147. **Bishara SE, Soliman M, Laffoon J, Warren JJ.** Effect of changing a test parameter on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* **2005**; 75(5): 832-35.

148. **Bishara SE, Ostby AW, Laffoon JF, Warren J.** Shear bond strength comparison of two adhesive systems following thermocycling: a new self-etch primer and a resin-modified glass ionomer. *Angle Orthod.* **2007**; 77(2): 337-41.
149. **Krell KV, Courey JM, Bishara SE.** Orthodontic bracket removal using conventional and ultrasonic debonding techniques, enamel loss, and time requirements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1993**; 103(3): 258-66.
150. **Hong Y, Lew K.** Quantitative and qualitative assessment of enamel surface following five composite removal methods after bracket debonding. *Eur J Orthod.* **1995**;17(2):121-28.
151. **Aksu M, Kocadereli I.** Influence of two different bracket base cleaning procedures on shear bond strength reliability. *J Contemp Dent Pract.* **2013**; 14(2): 250-254.
152. **Peynirci AO.** Sabit ortodontik tedavide kullanılan farklı taban yapılarına sahip braket çeşitlerinin in vitro karşılaştırılması. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, **2009**.
153. **Sharma-Sayal SK, Rossouw PE, Kulkarni GV, Titley KC.** The influence of orthodontic bracket base design on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2003**; 124(1): 74-82.
154. **Williams V, Svare C.** The effect of five-year storage prior to bonding on enamel/composite bond strength. *J Dent Res.* **1985**; 64(2): 151-54.
155. **Eliades T, Brantley W.** The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols. *Eur J Orthod.* **2000**; 22(1): 13-23.
156. **Al Shamsi AH, Cunningham JL, Lamey PJ, Lynch E.** Three-dimensional measurement of residual adhesive and enamel loss on teeth after debonding of orthodontic brackets: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2007**; 131(3): 301e9-e15.
157. **Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C.** Evaluation of a new curing light on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* **2003**; 73(4): 431-35.
158. **Eminkahyagil N, Korkmaz Y, Gokalp S, Baseren M.** Shear bond strength of orthodontic brackets with newly developed antibacterial self-etch adhesive. *Angle Orthod.* **2005**; 75(5): 843-48.
159. **Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ.** Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2004**; 126(6): 717-24.
160. **Fjeld M, Øgaard B.** Scanning electron microscopic evaluation of enamel surfaces exposed to 3 orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **2006**; 130(5): 575-81.
161. **Baysal A, Uysal T.** Do enamel microabrasion and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate affect shear bond strength of orthodontic brackets bonded to a demineralized enamel surface? *Angle Orthod.* **2011**; 82(1): 36-41.
162. **Ekizer A, Zorba YO, Uysal T, Ayrikcila S.** Effects of demineralization-inhibition procedures on the bond strength of brackets bonded to demineralized enamel surface. *Korean J Orthod.* **2012**; 42(1): 17-22.
163. **Bishara SE, Olsen M, Von Wald L.** Comparisons of shear bond strength of precoated and uncoated brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* **1997**; 112(6): 617-21.
164. **Bahnasi FI, Abd-Rahman AN, Abu-Hassan MI.** Effects of recycling and bonding agent application on bond strength of stainless steel orthodontic brackets. *J Clin Exp Dent.* **2013**; 5(4): 197-202.
165. **Alkis H, Turkkahraman H, Adanir N.** Microleakage under orthodontic brackets bonded with different adhesive systems. *Eur J Dent.* **2015**; 9(1): 117.

166. **Öztürk F, Babacan H, Nalçacı R, Kuştarıcı A.** Effects of direct and indirect bonding techniques on bond strength and microleakage after thermocycling. *Korean J Orthod.* **2009**; 39(6): 393-401.
167. **Torstenson B.** Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent.* **1988**; 13: 24-31.
168. **Brown W, Jacobs H, Thompson R.** Thermal fatigue in teeth. *J Dent Res.* **1972**; 51(2): 461-67.
169. **Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK.** Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci.* **2002**; 16(2): 122-28.
170. **Crabtree M, Atkinson H.** A preliminary report on the solubility of decalcified dentine in water. *Aust J Dent* 1955; 55: 340-2.
171. **Plant C, Jones D, Darvell B.** The heat evolved and temperatures attained during setting of restorative materials. *Br Dent J.* **1974**; 137(6): 233-8.
172. **Palmer D, Barco M, Billy E.** Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *J Prosthet Dent.* **1992**; 67(3): 325-27.
173. **Boehm RF.** Thermal environment of teeth during open-mouth respiration. *J Dent Res.* **1972**; 51(1): 75-8.
174. **Green BG.** Oral perception of the temperature of liquids. *Percept Psychophys.* **1986**; 39(1): 19-24.
175. **Michailescu P, Marciano J, Grieve A, Abadie M.** An in vivo recording of variations in oral temperature during meals: a pilot study. *J Prosthet Dent.* **1995**; 73(2): 214-18.
176. **Zhao X, Li S, Gu L, Li Y.** Detection of Marginal Leakage of Class V Restorations In Vitro by Micro-Computed Tomography. *Oper Dent.* **2014**; 39(2): 174-80.
177. **Chen X, Cuijpers V, Fan M, Frencken JE.** Optimal use of silver nitrate and marginal leakage at the sealant-enamel interface using micro-CT. *Am J Dent.* **2009**; 22(5): 269-72.
178. **Cucu M, Driessen, C. Ferreira, P.** The influence of orthodontic bracket base diameter and mesh size on bond strength. *SADJ.* **1999**; 57: 16–20.

## EKLER

### EK-1

MKÜ  
TAYFUR ATA SÖKMEN TIP FAKÜLTESİ  
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"Yeni nesil tabanı adeviz ile kaplanmış braket sisteminin ve geleneksel bonding sistemleri ile yaptırılmış braketlerin altındaki mikro sızıntının termal siklus sonrası mikro bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırılması"		
ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2017/108		
ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	MKÜ TAYFUR ATA SÖKMEN TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
	AÇIK ADRESİ:	MKÜ Alahan Kampüsü Antakya HATAY	
	TELEFON	0326 245 51 14	
	FAKS	0326 245 51 14	
	E-POSTA	tipetik@gmail.com	

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd.Doç.Dr. E.Burak KÜÇÜK			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Ortodonti Anabilim Dalı			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	MKÜ Diş Hekimliği Fakültesi			
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 4	<input type="checkbox"/>		
		Gözlemsel ilaç çalışması	<input type="checkbox"/>		
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLAR ARASI <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanı  
Unvanı/Adı/Soyadı Prof.Dr.Nazan SAVAŞ  
İmza:



Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir

MKÜ  
TAYFUR ATA SÖKMEN TIP FAKÜLTESİ  
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	“Yeni nesil tabanı adeviz ile kaplanmış braket sisteminin ve geleneksel bonding sistemleri ile yaptırılmış braketlerin altındaki mikro sızıntının termal siklus sonrası mikro bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırılması”
ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2017/108

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	09/05/2017-106	1	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU		1	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama		
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>		
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>		
	İLAN	<input type="checkbox"/>		
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>		
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>		
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ DİĞER:	<input type="checkbox"/>		
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 14	Tarih: 24/05/2017		
	<b>KARAR 14-</b> Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr. E.Burak KÜÇÜK’ün “Yeni nesil tabanı adeviz ile kaplanmış braket sisteminin ve geleneksel bonding sistemleri ile yaptırılmış braketlerin altındaki mikro sızıntının termal siklus sonrası mikro bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırılması” isimli çalışması görüşülmüş olup; çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve etik kurallara uygun bulunmuş olup; çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üyelerinin oy birliği ile karar verilmiştir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	PROF.DR.NAZAN SAVAŞ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım		İmza
			E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Nazan SAVAŞ	Halk Sağlığı	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Muhyittin TEMİZ	Genel Cerrahi	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Aydiner KALACI	Ortopedi ve Travmatoloji	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Burçin ÖZER	Tıbbi Mikrobiyoloji	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr.Enver Ahmet DEMİR	Tıbbi Fizyoloji	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanı  
Unvanı/Adı/Soyadı Prof.Dr.Nazan SAVAŞ  
İmza:



Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir.



MKÜ  
TAYFUR ATA SÖKMEN TIP FAKÜLTESİ  
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		“Yeni nesil tabanı adeviz ile kaplanmış braket sisteminin ve geleneksel bonding sistemleri ile yapılmış braketlerin altındaki mikro sızıntının termal siklus sonrası mikro bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırılması”							
ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		2017/108							
Yrd.Doç.Dr.Neslihan PINAR	Tıbbi Farmakoloji	MKÜ T.A.S. Tıp Fak ültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Erhan YENGİL	Aile Hekimliği	MKÜ T.A.S. Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Av.Süleyman TENEKECİOĞLU	Hukuk	MKÜ Hukuk Müşavirliği	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı
Yusuf COŞKUN	Esnaf	Serbest Çalışan	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı
Osman ÖZKAN	Eğitimci	Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı
Murat EKENER	Kimyager	Serbest Çalışan	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı

\*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanı  
Unvanı/Adı/Soyadı Prof.Dr.Nazan SAVAŞ  
İmza:



*Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir.*

## ÖZGEÇMİŞ

Gökay ÜSTDAL 14.11.1989 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini TED Kayseri Koleji’nde tamamladı. Lise eğitimini Kayseri Nuh Mehmet Küçükçalık Anadolu Lisesi’nde gördükten sonra 2008 yılında Diş Hekimliği Fakültesi’ni kazandı. 2013 yılında Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ni “Diş Hekimlerinin Sağlığını Tehdit Eden Etmenler ve İşle İlişkili Sağlık Sorunları” isimli teziyle yüksek lisans derecesiyle bitirdi ve “diş hekimi” unvanını aldı. 2014 yılının nisan ayında yapılan Diş Hekimliğinde Uzmanlık Sınavı’nda (DUS) Türkiye 59’uncusu oldu ve aynı yılın ağustos ayında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladı. Uzmanlık eğitimi sırasında Erasmus+ öğrenim hareketliliği programı çerçevesinde St George's, University of London; Maksillofasiyal Bölümü’nde gözlemlerde bulundu. Halen Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce’dir.