

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**KOMPOZİT TAMİRİNDE FARKLI YÜZEY HAZIRLAMA  
YÖNTEMLERİNİN VE YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN  
BAĞLANMA DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ**

**Dt. Meltem Nermin DURSUN**

**Restoratif Diş Tedavisi Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA  
2019**

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**KOMPOZİT TAMİRİNDE FARKLI YÜZEY HAZIRLAMA  
YÖNTEMLERİNİN VE YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN  
BAĞLANMA DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ**

**Dt. Meltem Nermin DURSUN**

**Restoratif Diş Tedavisi Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Esra ERĐİN**

**ANKARA  
2019**

**ONAY SAYFASI**

09/04/2019

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına

Dt. Meltem Nermin Dursun'un 09/04/2019 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında "Kompozit Tamirinde Farklı Yüze Hazırlama Yöntemlerinin ve Yaşlandırma Sürelerinin Bağlanma Dayanıklılığına Etkisi" başlıklı çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Meserret Başeren



Tez Danışmanı : Doç. Dr. Esra Ergin



Üye : Doç. Dr. Duygu Tuncer



ONAY: Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.



Prof. Dr. A. Rüya YAZICI  
Dekan

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü/Dekanlık tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. (2)
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

15/05/2019

Meltem Nermin DURSUN



<sup>1</sup> "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir\*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bana her konuda destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, sevgisini ve desteğini esirgemeyen, bir abla gibi kendime yakın hissettiğim, çok değerli tez danışmanım sayın Doç. Dr. Esra ERGİN'e,

Uzmanlık eğitimime olan katkıları, çalışmalarına olan destek ve yardımlarından dolayı sayın Prof. Dr. Gül ÖZGÜNALTAY' a,

Uzmanlık eğitimimde, bilimsel alanda göstermiş olduğu ilgiden dolayı, sayın Prof. Dr. Rüya YAZICI' ya,

Uzmanlık eğitimim boyunca, her birinden birçok şey öğrendiğim, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nın tüm öğretim üyelerine,

Çalışmalarında ve vakalarında bana destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Uzay KOÇ VURAL'a, Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Bilge KÜTÜK'e, Dr. Öğr. Üyesi F. Dilşad ÖZ'e ve Dr. Öğr. Üyesi Cansu ATALAY'a,

Desteklerini her zaman hissettiğim, dostluklarıyla günlerime neşe katan, Aybüke USLU, Ece MERAL ve Cansu SEVİK' e,

Berber çalışmaktan büyük keyif duyduğum değerli araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve bölümün tüm personeline,

Sonsuz bir sevgiyle her zaman arkamda duran, emeklerinin ve fedakarlıklarının karşılığını asla ödeyemeyeceğim canım babam Gülbeyi DURSUN, canım annem Arzu Yadigar DURSUN ve canım kardeşim Pınar Hava DURSUN'a,

Bütün kalbimle teşekkür ediyorum.

## ÖZET

**Dursun, M.N. Kompozit Tamirinde Farklı Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin ve Yaşlandırma Sürelerinin Bağlanma Dayanıklılığına Etkisi. Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2019.** Bu *in vitro* çalışmada bir nanohibrit kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistem kullanılarak tamirinde, farklı yaşlandırma sürelerinin ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin mikro gerilim bağlanma dayanıklılığına ( $\mu$ GBD) etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Güncel bir universal nanohibrit kompozit rezin (Harmonize, Kerr) kullanılarak, 112 adet kompozit rezin blok oluşturulmuş ve örnekler yüzey hazırlama yöntemlerine göre 4 gruba ayrılmıştır (n=28): Kontrol Grubu (Tamir uygulanmayan sağlam kompozit bloklar); Er,Cr:YSGG Lazer grubu; Air Abrasyon grubu; Silikon karbit (SiC) grubu. Ardından tüm örnekler, yaşlandırma sürelerine göre 4 alt gruba ayrılmıştır: Yaşlandırma yok; 10.000 kez termal siklusla yaşlandırma; 30.000 kez termal siklusla yaşlandırma; 50.000 kez termal siklusla yaşlandırma. Her gruptan rastgele seçilen birer örneğin yüzeyi Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Yüzey hazırlama işlemi uygulanan gruplarda, örnek yüzeylerine üretici firma önerilerine göre üç aşamalı bir etch&rinse adeziv (Optibond FL, Kerr) uygulanmış, aynı nanohibrit kompozit rezin kullanılarak tamir işlemi yapılmıştır. Ardından tüm örneklerden, su soğutması altında 1x1x8 mm boyutlarında çubuklar elde edilmiş, her gruptan 30'ar çubuk, 1,0 mm/dk kafa hızında  $\mu$ GBD testine tabi tutulmuştur. Kırılma tipleri bir stereomikroskop ile x10 büyütmede değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, istatistiksel olarak İki Yönlü Varyans Analizi, Post-hoc Bonferroni ve Ki-Kare testleri kullanılarak analiz edilmiştir (p=0,05). Farklı yüzey hazırlama yöntemleri bir arada değerlendirildiğinde, yaşlandırma uygulanmayan ve 10.000 kez termal siklus uygulanan gruplar, 30.000 ve 50.000 kez yaşlandırma uygulanan gruplardan daha yüksek  $\mu$ GBD değerleri sergilemişlerdir (p<0,05). Tüm yaşlandırma süreleri birlikte değerlendirildiğinde, Air abrazyonla yüzey hazırlama yönteminin Lazer ve SiC'e kıyasla daha yüksek  $\mu$ GBD'ı sağladığı görülmüştür (p<0,05). Farklı yaşlandırma süreleriyle, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkileşimi incelendiğinde; tüm yaşlandırma sürelerinde, yüzey hazırlama yöntemleri arasında  $\mu$ GBD değerleri açısından anlamlı farklılıklar olduğu ve Kontrol, Lazer ve Air Abrasyon gruplarında farklı yaşlandırma sürelerinin  $\mu$ GBD değerleri üzerinde anlamlı değişikliklere yol açtığı bulunmuştur (p<0,05). Kırılma tipi dağılımları açısından, yüzey hazırlama yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,001), farklı yaşlandırma sürelerine göre anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,001). SEM görüntüleri,  $\mu$ GBD bulgularını destekler niteliktedir. Bu *in vitro* çalışmanın sınırlamaları dahilinde, test edilen nanohibrit kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde, farklı yaşlandırma sürelerinin, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin ve bu etkenlerin birbirleriyle etkileşiminin  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tamir, Kompozit Resin, Etch&Rinse Adeziv, Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılığı.

Bu araştırma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje No: THD-2018-16711)

## ABSTRACT

**Dursun, M.N. The Effect of Different Surface Preparation Methods and Various Aging Periods on Bond Strength for Composite Repair. Hacettepe University, Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, Specialization Thesis, Ankara, 2019.** The aim of this *in vitro* study was to evaluate the effect of various aging periods and different surface preparation methods on microtensile bond strength ( $\mu$ TBS), for repairing a nanohybrid composite resin in combination with a three-step etch&rinse adhesive system. 112 composite resin blocks were formed by using a current universal nanohybrid composite resin (Harmonized, Kerr) and the samples were divided into 4 groups according to surface preparation methods (n=28): Control Group (Unrepaired sound composite blocks); Er,Cr:YSGG Laser group; Air Abrasion Group; Silicon carbide (SiC) group. All samples were then divided into 4 subgroups according to various aging periods: No aging; Aging by 10,000 thermocycling; Aging by 30,000 thermocycling; Aging by 50,000 thermocycling. The surface topography of one randomly selected sample from each group was examined by a Scanning Electron Microscope (SEM). In the groups with surface preparation process, the nanohybrid composite repairs were bonded to the sample surfaces, using a three-step etch&rinse adhesive (Optibond FL, Kerr) according to the manufacturer's recommendations. Consequently, 1x1x8 mm sized beams were obtained from all samples under water cooling and 30 beams from each group were subjected to  $\mu$ TBS test with a crosshead speed of 1.0 mm/min. The fracture modes were evaluated under a stereomicroscope at x10 magnification. The data were analyzed by using Two-Way Analysis of Variance, Post-hoc Bonferroni and Chi-Square tests (p=0.05). When different surface preparation methods were evaluated together, no aging and 10,000 times thermocycling groups showed higher  $\mu$ TBS values than those aged with 30,000 and 50,000 thermocycling (p<0.05). When all aging periods were evaluated together, the surface preparation with Air Abrasion provided higher  $\mu$ TBS compared to Laser and SiC (p<0.05). When the interactions of various aging periods with different surface preparation methods were examined; it was found that there were significant differences in terms of  $\mu$ TBS between surface preparation methods, in addition various aging periods resulted in significant changes in  $\mu$ TBS values in Control, Laser and Air Abrasion groups (p<0.05). In terms of fracture mode distributions, there were statistically significant differences among the surface preparation methods (p<0.001), while no significant difference was found among various aging periods (p>0.001). SEM images were in accordance with  $\mu$ TBS findings. Within the limitations of this *in vitro* study; it was concluded that various aging periods, different surface preparation methods and the interaction of these factors with each other affected the  $\mu$ TBS, when repairing the tested nanohybrid composite resin by using a three-step etch&rinse adhesive system.

**Key words:** Repair, Composite Resin, Etch&Rinse Adhesive, Micro Tensile Bond Strength

This research was supported by Scientific Research Project Coordination Unit of Hacettepe University. **(Project number: THD-2018-16711)**

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	4
2.1. Kompozit Resin Restorasyonlar	4
2.1.1. Kompozit Resinlerin Yapısı	4
2.1.1.1. Organik Resin Matriks	4
2.1.1.2. İnorganik Doldurucular	6
2.1.1.3. Ara Bağlayıcılar	7
2.1.2. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması	8
2.1.3. Kompozit Resinlerdeki Gelişmeler	9
2.2. Tamir	10
2.2.1. Tamirin Tanımı ve Avantajları	10
2.2.2. Tamirde Karar Verme ve Gerekçe	12
2.2.3. Tamirde Kriterler	13
2.2.3.1. Hasta Merkezli Kriterler	13
2.2.3.2. Diş Özgü Kriterler	14
2.2.4. Restorasyonun Tamirinde Klinik Endikasyonlar	14
2.2.4.1. Sekonder Çürükler	14
2.2.4.2. Kenar Uyumunda Bozulma ve Kenar Renklenmesi	14
2.2.4.3. Yüzeysel Renk Modifikasyonları	15
2.2.4.4. Kütleli Kırık	15
2.2.4.5. Komşu Diş Yapısında Kırık	15
2.2.4.6. Restorasyonda Aşınma	16



2.2.5. Tamirin Kontrendikasyonları	16
2.2.6. Tamirde Başarı	16
2.2.7. Kompozit Restorasyonlarda Tamir	18
2.3. Yüzey Hazırlama Yöntemleri	20
2.3.1. Asitle Pürüzlendirme	21
2.3.2. Air Abrazyon	22
2.3.3. Silan Uygulama	24
2.3.4. Lazer	25
2.3.5 Adeziv Rezin Uygulama	26
2.4. Adeziv Diş Hekimliği	27
2.4.1. Adezyon (Bağlanma)	27
2.4.2. Adeziv Sistemler	29
2.4.2.1. Birinci Nesil Adeziv Sistemler	30
2.4.2.2. İkinci Nesil Adeziv Sistemler	30
2.4.2.3. Üçüncü Nesil Adeziv Sistemler	31
2.4.2.4. Dördüncü Nesil Adeziv Sistemler	31
2.4.2.5. Beşinci Nesil Adeziv Sistemler	33
2.4.2.6. Altıncı Nesil Adeziv Sistemler	33
2.4.2.7. Yedinci Nesil Adeziv Sistemler	34
2.4.2.8. Sekizinci Nesil Adeziv Sistemler	35
2.4.2.9. Üniversal Adeziv Sistemler	36
2.5. Yaşlandırma Yöntemleri	37
2.5.1. Suda Bekletme ile Yaşlandırma (Water Ageing)	38
2.5.2. Suda Kaynatma ile Yaşlandırma	38
2.5.3. pH Döngüsü ile Yaşlandırma (pH Cycling)	39
2.5.4. Mekanik Oklüzal Yükleme ile Yaşlandırma	39
2.5.5. Ultraviyole (UV) Işık ile Yaşlandırma	39
2.5.6. Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma	39
2.5.7. Otoklav ile Yaşlandırma	40
2.5.8. Sitrik Asite Daldırma ile Yaşlandırma	40
2.5.9. Döngüsel Termomekanik Yükleme ile Yaşlandırma (Termomekanik Yaşlandırma)	40

2.5.10. Termal Siklus ile Yaşlandırma	40
2.5.10.1. Sıcaklık	41
2.5.10.2. Bekleme Süresi	41
2.5.10.3. Siklus Sayısı	42
2.6. Bağlanma Dayanıklılık Testleri	42
2.6.1. Makro Test Yöntemleri	43
2.6.1.1. Makro Kesme Bağlanma Dayanıklılık Testi (Macro-Shear Bond Strength Test):	43
2.6.1.2. Makro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Macro-Tensile Bond Strength Test):	43
2.6.2. Mikro Test Yöntemleri	44
2.6.2.1. Mikro Kesme Bağlanma Dayanıklılık Testi (Micro-Shear Bond Strength Test):	44
2.6.2.2. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi ( $\mu$ GBD) (Micro-Tensile Bond Strength Test):	44
2.6.3. Bağlanma Dayanıklılığı Ölçümünü Etkileyen Faktörler	45
2.6.3.1. Yüzeyle İlgili Faktörler	45
2.6.3.2. Örnekle İlgili Faktörler	45
2.6.3.3. Test Mekanikleriyle İlgili Faktörler	46
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	47
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	47
3.2. Örneklerin Hazırlanması	48
3.2.1. Çalışma Grupları	49
3.2.2. Test Örneklerine Tamir İşleminin Uygulanması	52
3.3. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi	53
3.3.1. Kompozit Çubukların Elde Edilmesi	53
3.3.2. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testinin Uygulanması	55
3.3.3. Kırılma Tiplerinin Analizi	56
3.4. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri	56
3.5. İstatistiksel Analiz	57
<b>4. BULGULAR</b>	58
4.1. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi Bulguları	58

4.2. Kırılma Tipi Bulguları	61
4.3. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Bulguları	65
4.3.1. Yaşlandırma İşlemi Uygulanmayan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri	65
4.3.2. 10.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri	67
4.3.3. 30.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri	69
4.3.4. 50.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri	71
<b>5. TARTIŞMA</b>	73
<b>6. SONUÇLAR</b>	90
<b>7. KAYNAKLAR</b>	92
<b>8. EKLER</b>	111
8.1. Turnitin Dijital Makbuz ve Ekran Çıktısı	111
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	114

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alüminyum Oksit
<b>ANOVA</b>	Analysis of Variance
<b>BHT</b>	2,6-di-tert-bütil metilfenol
<b>Bis-DMA</b>	Bisfenol A dimetakrilat
<b>Bis-GMA</b>	Biglisidil Metakrilat
<b>°C</b>	Santigrat derece
<b>C</b>	Karbon
<b>CaF<sub>2</sub></b>	Kalsiyum Florür
<b>CİS</b>	Cam İyonomer Siman
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbon dioksit
<b>cm<sup>2</sup></b>	Santimetrekare
<b>Dk</b>	Dakika
<b>EGDMA</b>	Etilen glikol dimetakrilat
<b>Er,Cr:YSGG</b>	Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet
<b>Er:YAG</b>	Erbium: yttrium-aluminium-garnet
<b>HEMA</b>	Hidroksietil metakrilat
<b>Hz</b>	Hertz
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>MEHQ</b>	Hidrokinon monometileter
<b>mm</b>	Milimetre

<b>MDP</b>	Metakridiiloksidil dihidrojen fosfat
<b>mm/dk</b>	Milimetre/dakika
<b>MMA</b>	Metil metakrilat
<b>NPG-GMA</b>	Cervident,N-(2-hidroksi-3-metakriloksipropil)-N-fenilglisin
<b>Nd:YAG</b>	Neodmium: yttrium-aluminium-garnet
<b>MPa</b>	Mega Pascal
<b>pH</b>	Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
<b>SEM</b>	Tarama elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)
<b>SiC</b>	Silikon karbit
<b>Sn</b>	Saniye
<b>SS</b>	Standart sapma
<b>TEGDMA</b>	Trietilen glikol dimetakrilat
<b>UDMA</b>	Üretan dimetakrilat
<b>UV</b>	Ultraviyole
<b>W</b>	Watt
<b>%</b>	Yüzde
<b>µGBD</b>	Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılığı
<b>µm</b>	Mikrometre

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
3.1. Çalışmada kullanılan materyaller	47
3.2. Örneklerin hazırlanması	48
3.3. Çalışma dizaynı ve test grupları	49
3.4. Termal siklus cihazı	50
3.5. Er,Cr:YSGG lazer ile yüzey hazırlama işlemi uygulanan lazer grubu	51
3.6. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> parçacıkları kullanılarak yüzey hazırlama işlemi yapılan air abrazyon grubu	51
3.7. Silikon karbit kağıtla yüzey hazırlama işlemi yapılan grup	52
3.8. Örnek yüzeyine etch&rinse adeziv ajan uygulanması ve yüzeye tamir kompozitinin uygulanması	53
3.9. Kesit alma cihazının fotoğrafı	54
3.10. Kesit alma işlemi	54
3.11. Mikro gerilim bağlanma dayanıklılık test cihazı	55
3.12. µGBD testinin uygulanması	55
3.13. Kırılma tipleri	56
4.1. Farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre ortalama µGBD değerleri	61
4.2. Farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin kırılma tipi dağılımları	63
4.3. Farklı yaşlandırma sürelerine ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre kırılma tipi dağılımları	63
4.4. Yaşlandırma işlemi uygulanmayan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri	66
4.5. 10.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri	68
4.6. 30.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri	70
4.7. 50.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri	72

**TABLolar**

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>3.1.</b> Çalışmada kullanılan materyaller	47
<b>4.1.</b> Yaşlandırma sürelerine göre ortalama $\mu$ GBD, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	58
<b>4.2.</b> Yüzey hazırlama yöntemlerine göre ortalama $\mu$ GBD, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	59
<b>4.3.</b> Ortalama $\mu$ GBD ve standart sapma değerlerinin yaşlandırma süreleri ve yüzey hazırlama yöntemlerine göre dağılımı	59
<b>4.4.</b> $\mu$ GBD testi örneklerinde oluşan kırılma tiplerinin farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre dağılımı	64

## 1. GİRİŞ

1960'lı yıllarda piyasaya sürülen kompozit rezinler, zamanla çok daha popüler hale gelmiş ve günümüzde hem anterior hem de posterior dişlerin direkt restorasyonunda en sık tercih edilen materyaller olmuştur (1, 2). Doğal diş rengine benzeme, diş dokularına bağlanabilme ile sağlam diş dokularında gereksiz madde kaybını önleme, indirekt materyallere kıyasla düşük maliyet gibi olumlu özellikler, kompozit rezinlerin popüleritesinin artmasının nedenlerinden bazılarıdır (1, 3). Posterior ve anterior kompozit restorasyonların klinik ömrünü değerlendiren çalışmalarda, kompozit restorasyonların klinik olarak yeterli performansa sahip olduğu gösterilmiş, yıllık başarısızlık oranlarının % 1-4 arasında değiştiği belirtilmiştir (1, 3-5). Rezin restorasyonlarda başarısızlığın en yaygın nedenlerinin, restoratif materyalde görülen kırıklar ve diş-restorasyon arasında oluşan sekonder çürükler olduğu bildirilmiştir (6-8).

Kompozit rezin restorasyonlarda zamanla meydana gelen aşınma, kırılma veya renk değişikliğinden kaynaklanan kusurlardan dolayı, restorasyonlar sıklıkla yenilenmekte, bu durum da sağlıklı diş yapısında aşırı madde kaybına, preparasyonların genişlemesine ve dolayısıyla dişin klinik ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Son yıllarda tüm dünyada kabul gören minimal girişimsel diş hekimliği anlayışına göre, restorasyonların yenilenmesi yerine tamir edilmesi, çok daha konservatif ve kabul gören bir yöntemdir. Tamir, restorasyonun sağlam bölümünün yerinde bırakılıp, hasarlı veya kırık bölümünün yeni bir dolgu materyaliyle onarılması olarak tanımlanabilir. Bu yöntemle hasta koltuğunda geçen süre kısalır, diş dokularında gereksiz madde kaybı önlenir, komşu dişlerdeki iyatrojenik hasar riski azalır, maliyet düşer, restorasyonların ve dişlerin klinik ömrü anlamlı düzeyde uzar. Bu nedenle tamir işlemi, kusurlu bir restorasyonu yenilenmeden önce mutlaka düşünülmesi gereken bir yöntemdir (9-11). Diş hekimliğinde, adeziv materyallerdeki gelişmeler, uygulayıcılara preparasyon boyutunu azaltma olanağı sağlamakla kalmamış, aynı zamanda makro mekanik retansiyon için konvansiyonel preparasyon gerektirmeden tamir imkânlarını da arttırmıştır. Başarısız olan restorasyonların onarımı da sıklıkla kompozit materyaller kullanılarak gerçekleştirilmektedir (9).



Günümüzde restoratif materyallerin adeziv performansları, *in vitro* olarak bağlanma dayanıklılık testleri ile değerlendirilmektedir. Stresin daha küçük bir bağlanma arayüzeyi boyunca düzgün bir şekilde dağılımının sağlanması ve örnekler arasındaki farklılıkların en aza indirgenmesi gibi avantajları ile mikro gerilim bağlanma dayanıklılık ( $\mu$ GBD) testleri, bağlanma dayanıklılığını ölçmede diğer gerilim ve kesme bağlanma dayanıklılık testleriyle karşılaştırıldığında en güvenilir ve standart yöntemdir (12, 13).

Klinik olarak tamir gereksinimi, sıklıkla restorasyonlar hasta ağızında farklı sürelerde kullanıldıktan sonra oluşmaktadır. Bu nedenle, tamir uygulamasının başarı potansiyeli değerlendirilirken, tamir edilecek restoratif materyallerin yaşlandırılması, klinik ortamı yansıtmak açısından çok önemlidir (14). Termal siklus (ısısal döngü) yöntemi; ağız ortamında rutin olarak var olan termal değişikliklerin, laboratuvar ortamında taklit edilebilmesi için, restoratif materyallerin sıcak ve soğuk su banyolarına tabi tutulması ile gerçekleştirilen, günümüzde en sık kullanılan yaşlandırma yöntemidir (15).

Tamir edilecek restorasyonun yüzeyinin en iyi bağlanmaya olanak tanıyacak şekilde hazırlanması, tamir işleminin başarısını doğrudan etkileyen bir diğer önemli faktördür. Yıllar içerisinde kompozitlerin, dişler dışındaki yüzeylere yapışması için fiziksel, fiziko-kimyasal veya kimyasal adezyona dayanan yüzey hazırlama yöntemleri geliştirilmiştir (9, 16). Yüzey hazırlama yöntemleri arasında, tamir edilecek kompozit yüzeyinin geleneksel elmas frezle prepare edilmesi klinik olarak en sık kullanılan yöntemdir (17). Son yıllarda, tamir öncesi air abrazyon ve lazerle yüzey hazırlama uygulamalarının geleneksel yöntemle kıyasla daha avantajlı olabileceği yönünde görüşler ileri sürülmüştür. Ancak, literatürde, farklı sürelerde yaşlandırılan kompozitlerin tamiri ve bu kompozitlerin tamirinde farklı yüzey hazırlama yöntemlerin uygulandığı çalışmalar bulunsa da, bu araştırmaların çoğunda, geleneksel mikrohürit kompozitler ile iki aşamalı etch&rinse adezivlerin performanslarının test edildiği, kısa süreli yaşlandırma protokollerinin uygulandığı ve lazerle yapılan yüzey hazırlama işlemlerinde pürüzlendirme parametrelerinin kullanıldığı görülmüştür (18-20). Öte yandan, günümüzde nanohürit kompozitlerin daha popüler hale gelmesi, klinik uygulamalarda lazer destekli kompozit tamir işlemlerinde sıklıkla kavite preparasyon parametrelerinin tercih edilmesi, adezyonda altın standart olan üç aşamalı

etch&rinse adeziv sistemlerin geliştirilmiş formülasyonlarının piyasaya sürülmüş olması ve materyaller üzerinde yaşlandırma etkisinin farklı zaman aralıklarında farklı sonuçlar doğurabileceği gibi faktörlerin, mevcut çalışmalarda yeterince değerlendirilmemiş olduğu görülmektedir.

Bu veriler ışığında planlanan bu *in vitro* çalışmada, güncel bir universal nanohibrit kompozit rezinin, üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistem kullanılarak tamirinde, farklı yaşlandırma sürelerinin ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin,  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisinin değerlendirilmesi, kırılma tiplerinin ve yüzey morfolojilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın temel aldığı hipotezler şunlardır:

H0<sub>1</sub>: Test edilen kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde farklı yaşlandırma sürelerinin  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisi yoktur.

H0<sub>2</sub>: Test edilen kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisi yoktur.

H0<sub>3</sub>: Test edilen kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde farklı yaşlandırma süreleriyle, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkileşiminin  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisi yoktur.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kompozit Rezin Restorasyonlar

Günümüz restoratif diş hekimliği, estetik ve minimal invaziv yaklaşıma artan ilgi ile diş yapısını korumayı, kusurların restore edilmesini, kaybedilen form, fonksiyon ve estetiğin mümkün olduğunca geri kazandırılmasını amaçlamaktadır. Kompozit rezin restorasyonlar, son 50 yıldır bu istenilen kriterlerin çoğunu karşılayan materyallerden biri olmuştur.

Rafael L. Bowen tarafından bisfenol A-glisidil metakrilat (BisGMA) monomerinin geliştirilmesiyle birlikte kullanılmaya başlayan kompozit rezinler, uygulama alanlarının da genişlemesiyle restoratif diş hekimliğinde önemli bir yer edinmiştir (21-24). Günümüzde, kompozit rezin sistemler; estetik, fiziksel ve mekanik özellikleri ile mikromekanik adezyon mekanizmaları nedeniyle, direkt ve indirekt restoratif tedavilere olanak sağlayan en önemli dental materyallerinden biridir. Bu nedenle, kompozit rezinler uzun yıllardır dental materyal araştırmalarının odak noktalarından biri olmuştur.

#### 2.1.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Kompozit rezinler; organik rezin matriks, inorganik doldurucular ve ara bağlayıcılar olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır (25, 26).

##### 2.1.1.1. Organik Rezin Matriks

Rezin matriks; monomerler (BisGMA, trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA)), fotopolimerizasyon başlatıcılar, hızlandırıcılar, inhibitörler ve renk bileşenlerinden oluşmaktadır (27, 28).

##### a) Monomer ve Komonomerler

Monomerler, kompozit rezin sistemin omurgası olarak görülebilir (26). Monomerlerin seçimi; kompozitin reaktivitesini, viskozitesini, polimerizasyon büzülmesini, mekanik özelliklerini ve su emilimini büyük ölçüde etkilemektedir (29). Günümüz kompozitlerinin üretiminde en çok kullanılan monomer Bis-GMA'dır ve bu monomer standart kompozit rezin bileşimlerinin yaklaşık % 20'sini oluşturur. Genel

bir kural olarak, monomer veya monomer kombinasyonunun ortalama moleküler ağırlığı ne kadar düşükse, büzülmenin yüzdesi de o kadar büyük olmaktadır. Bis-GMA, yüksek viskoziteye sahip olduğundan, üretim sürecinde klinik manüplasyonu kolaylaştırmak ve yüksek doldurucu oranlarını yakalamak için, kompozit rezin formülasyonlarına daha düşük viskoziteli monomerler de eklenmektedir (26, 30).

BisGMA genellikle düşük viskoziteli bir monomer olan TEGDMA ile kombine edilmektedir. Bununla birlikte, TEGDMA ilavesi su emilimini artırır, mekanik özellikleri ve renk stabilitesini azaltır. UDMA kopolimeri ise, genel olarak eğilme dayanıklılığını, elastisite modülünü ve sertliği artırma özelliğine sahiptir (30). Diğer düşük viskoziteli monomere ise; bisfenol A dimetakrilat (Bis-DMA), etilen glikol dimetakrilat (EGDMA), metil metakrilat (MMA) örnek verilebilir (26).

Mevcut geleneksel kompozit rezin sistemlerin, polimerizasyon büzülmesi, ağız sıvıları karşısında hacimsel olarak stabil olmama, renk değişimi ve yüksek stres taşıyan alanlarda kırılma gibi bazı dezavantajlarından dolayı, kompozit rezin materyallerin spesifik özelliklerini geliştirmek için birçok monomer geliştirilmiştir (31). Bisfenol A içeren BisGMA'nın yerini almak üzere kullanıma sunulan yeni monomer sınıfları arasında; oksiranlar (32), DX-511 monomeri (33, 34), asit türevleri (35) ve dendrimerler (36) öne çıkarken, bu amaçla kullanımı önerilen daha birçok yeni monomer (37) bulunmaktadır.

### **b) İnhibitörler**

Kompozitin saklanması sırasında erken polimerizasyonu önlemek, preparasyon aşamasında ve kaviteye yerleştirilmesi sırasında görünür ışıkta istenmeyen fotopolimerizasyonunu engellemek için, rezin formülasyonlarına 200 ila 1000 ppm miktarlarında, 2,6-di-tert-bütil metilfenol (BHT) ve hidrokinon monometileter (MEHQ) gibi fenol türevi bileşikler inhibitör olarak eklenmektedir (29).

### **c) Polimerizasyon Başlatıcılar (İnitiatör/Akseleratör)**

Diş hekimliğinde kullanılan rezin esaslı dental materyaller, radikal zincir reaksiyonu ile polimerize olurlar. Polimerizasyon reaksiyonunu başlatıcı sistemler, çeşitli yöntemlerle serbest radikal oluşumu yoluyla aktive olabilirler. Serbest

radikallerin oluşumunu sağlayan moleküllere başlatıcı (initiatör), polimerizasyon reaksiyonunu hızlandıran moleküllere de hızlandırıcı (akseleratör) adı verilir. Kompozit rezinlerde polimerizasyon; kimyasal yolla, ışıkla veya hem kimyasal hem de ışıkla gerçekleşmektedir (38).

Işıkla polimerize olan kompozitlerde, başlatıcı olarak alfa diketon (kamferokinon), hızlandırıcı olarak tersiyer alifatik amin (4-n, n-dimetilamino-fenil-etanol, DMAPE); kimyasal yolla polimerize olan kompozitlerde ise, başlatıcı olarak benzol peroksit, hızlandırıcı olarak aromatik tersiyer amin (n,n-dihidroksietil-p-toluidin) kullanılmaktadır. Günümüzde çoğu dental restoratif sistemde, görünür ışıkla polimerize olan kamferokinon/tersiyer amin kompleksi, başlatıcı olarak kullanılmaktadır (26, 38).

#### **d) Ultraviyole (U.V.) Stabilizatörleri**

Organik matriksin foto degradasyonu, dolgu materyalinin renginde değişikliklere neden olabilmektedir. 2-hidroksi-4-metoksibenzofenon veya 3-(2-hidroksifenil)-benzotriazol gibi yaygın olarak kullanılan ultraviyole (U.V.) fotostabilizatörleri, U.V. ışını etkilerini elimine ederek ve renk stabilitesini sağlayarak, kompozit rezini foto degradasyona karşı korur (26, 29).

#### **e) Renk Pigmentleri**

Kompozit rezinlere, estetik özellikleri sağlayabilmek için renk pigmentleri ilave edilmektedir. Bu amaçla, doğal dişlerin rengini taklit etmek için farklı inorganik pigmentlerin karışımları (sarı, kırmızı, beyaz ve siyah) kullanılmaktadır (29).

#### **2.1.1.2. İnorganik Doldurucular**

Restoratif materyaldeki rezin matriksin fiziksel, mekanik ve estetik özellikler bakımından tek başına yeterli olmamasından dolayı kompozit rezinlere inorganik doldurucular da ilave edilmektedir (39). Kompozit rezinlerin yapısında bulunan inorganik doldurucular; çeşitli şekil ve boyutlardaki kuartz ve cam partikülleri, silikon dioksit, bor silikat, lityum ve alüminyum silikat, hidroksiapatit ile kompozite radyoopaklık sağlayan baryum, stronsiyum, çinko, alüminyum veya zirkonyum gibi ağır metal partiküllerinden oluşturmaktadır (26, 40).

Organik matrikse eklenen inorganik doldurucu partikülleri, kompozitin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemektedir. Doldurucular; termal genişleme katsayısını ve polimerizasyon büzülmesini azaltır, radyoopasite sağlar, uygulanabilirliği kolaylaştırır ve estetik özellikleri geliştirir (26, 29, 41).

Modern teknoloji ile birlikte, erken dönem kompozit sistemlerden günümüze kadar doldurucu partikül boyutu, miktarı, şekli ve içeriklerinde önemli değişiklikler olmuştur (39). Nanoteknoloji ile, zirkonyum/silika veya nanosilika parçacıklarından oluşan nanopartiküller içeren yeni kompozit rezinler geliştirilmiştir. Partikül boyutunun küçülmesi ile, restorasyonlarda yüzey yapısının daha düzgün olması ve daha estetik sonuçlara ulaşılması sağlanır ve daha küçük partiküllerle, doldurucu oranı daha fazla artırılabilir. Böylece materyalin zamanla biyolojik olarak bozunması olasılığı azalır. Ayrıca, polimerizasyon büzülmesi ve ona bağlı gelişen; kaspal defleksiyon, kenar sızıntısı, kenar renklenmesi, bakteri penetrasyonu ve post operatif hassasiyetten sorumlu olabilen mikro çatlak oluşumu olasılığı azalır. Bu teknoloji ile, kompozit rezinin hem anterior, hem de posterior bölgelerde kullanılmasına olanak tanıyan yeterli mekanik özellikler de sağlamış olur (26, 42, 43).

### **2.1.1.3. Ara Bağlayıcılar**

Organik rezin matriks ile inorganik doldurucular arasındaki adeziv bağlantının kalitesi, kompozit materyalin mekanik dayanıklılığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (44, 45). Ara bağlayıcılar, inorganik materyallerin yüzeyini modifiye ederek organik yapıya bağlantısını sağlar. Ara bağlayıcı, organik silisyum bileşiği olan silanlardan oluşmaktadır ve en sık kullanılan bağlayıcı ajan 3-metakriloksi propil trimetoksi silandır (29, 44).

Kompozit rezinlerde, silan bağlanma ajanları ile silika partiküllerinin yüzeyi önceden kaplanarak yüzeyde ince bir katman oluşumu sağlanır. Bu katman, bir taraftan inorganik yapıdaki hidroksil gruplarıyla, diğer taraftan ise organik matriksteki polimerlerle bağlantı kurar (27). Silan bağlama ajanları, rezinin mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirdiği gibi doldurucu-rezin ara yüzü boyunca suyun geçişini önleyerek, rezinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır. Silanlar, inorganik yapıdaki silika partikülleriyle birlikte kullanıldığında, bu şekilde olumlu sonuçlar yarattığından, kompozit rezinlerin çoğunda silika içerikli dolduruculara yer verilmektedir (27).

### 2.1.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Son 70 yıl boyunca, kompozit rezinler ailesi; türleri, monomerleri, doldurucuları, doldurucu formları, doldurucu boyutları, silan türevleri, katkı maddeleri ve polimerizasyon yöntemleri bakımında uzun bir yolculuk geçirmiştir (28, 46).

Kompozitler rezinler; inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne, doldurucu partikül ağırlık ve hacim olarak yüzdesine, polimerizasyon yöntemlerine ve viskozitelerine göre sınıflandırılabilir.

#### **Kompozit Rezinlerin Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması:**

Lutz ve Philips'in yaptığı sınıflandırmaya göre;

- Megafil Kompozitler (50-100  $\mu\text{m}$ )
- Makrofil Kompozitler (10-100  $\mu\text{m}$ )
- Midifil Kompozitler (1-10  $\mu\text{m}$ )
- Minifil Kompozitler (0,1-1  $\mu\text{m}$ )
- Mikrofil Kompozitler (0,01-0,1  $\mu\text{m}$ )
- Hibrit Kompozitler (0,04-1  $\mu\text{m}$ )
- Nanofil Kompozitler (0,005-0,01  $\mu\text{m}$ ) (47).

#### **Kompozit Rezinlerin Doldurucu Partikül Tipine Göre Sınıflandırılması:**

- Homojen dolduruculu kompozitler
- Heterojen dolduruculu kompozitler
- Hibrit dolduruculu kompozitler (25).

#### **Kompozit Rezinlerin Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Sınıflandırılması:**

- Kimyasal yolla polimerize olan kompozitler
- UV ışıkla polimerize olan kompozitler
- Görünür ışıkla polimerize olan kompozitler
- Lazer ışığı ile polimerize olan kompozitler
- Hem kimyasal hem ışıkla polimerize olan kompozitler (27).

### **Kompozit Rezinlerin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması:**

- Geleneksel kompozitler
- Kondanse edilebilen kompozitler
- Akışkan kompozitler (48).

#### **2.1.3. Kompozit Rezinlerdeki Gelişmeler**

Son yıllarda geleneksel kompozit rezinlerin klinik olarak uygulamalarında izlenen bazı aşamaları elimine ederek, daha kolay manipülasyon sağlayan ve hasta başı tedavi süresini kısaltan, alternatif polimerizasyon yapısı gösteren bulk fill kompozitler (49) ile self-adeziv kompozit sistemler (50) üretilmiş ve bu materyaller piyasaya sürülmüştür. Yakın zamanda piyasaya sürülen ve geleneksel kompozitlere alternatif olan bu güncel kompozit rezin sistemlerine; nanokompozitler, siloran esaslı kompozitler, bulk fill kompozitler, self-adeziv kompozitler, ormoserler ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler örnek olarak gösterilebilir.

#### **Nanokompozitler**

Doldurucu teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, materyalin estetik ve mekanik özelliklerini geliştirmek için, kompozit rezinlerdeki doldurucular, makro veya mikro partiküllerden nanopartiküllere değiştirilmiştir (51). Geleneksel doldurucu partiküllerin yanı sıra, çoğu nanohibrit rezin kompozit, küçük konsantrasyonlarda daha çok doldurucu partikül içeren, mekanik özellikleri geliştiren ve daha iyi polisajlanabilen yüzeyler sağlayan nano doldurucular içerir (52). Nano kompozitler; hibrit ve mikrohibrit kompozitlere benzer fiziksel özellik ve aşınma direnci gösterirken, mikrofil kompozitler gibi yüksek translüsensi ve pürüzsüzlük de sergilerler. Bundan dolayı, güncel literatürde dayanıklılık ve estetik özellikleri nedeniyle, hem anterior hem posterior restorasyonlarda nano kompozitlerin kullanımı sıklıkla önerilmektedir (53, 54).



## 2.2. Tamir

### 2.2.1. Tamirin Tanımı ve Avantajları

Ağız ortamındaki olumsuz koşullar nedeniyle, dental restorasyonlarda zamanla aşınma, kırılma veya renk değişikliğinden kaynaklanan kusurlar gelişebilmektedir. Direkt restorasyonlarda lokalize kusurların varlığı ve lokalize sekonder çürükler, genel olarak diş hekimlerinin en sık karşılaştığı problemler arasındadır (55, 56). Bu problemlerin giderilmesi için duruma göre restorasyonların yenilenmesi, tamiri ya da polisajlanması gerekebilir (57, 58). Restorasyondaki kusurun tipine ve lokasyonuna göre, yenileme veya minimal girişimsel alternatif tekniklerin kullanımı arasında seçim yapılarak tedavi planı oluşturmalıdır (59, 60).

Günümüz diş hekimliğinde, daimi dişlerdeki kusurlu restorasyonlar yaygın olarak yenilenmektedir (61). Restorasyonun yenilenmesi, restoratif materyalin tamamen uzaklaştırılarak değiştirilmesidir (59, 61) ve bu işlem, genel diş hekimliği uygulamalarının yaklaşık olarak yarısını oluşturur (56). Yapılan her girişimsel işlemin, diş sert dokularında 0,2-0,5 mm kayba neden olduğu düşünülürse (62), bu yaklaşım, restorasyonların büyük bölümü klinik ve radyografik olarak başarısız değilse, özellikle küçük kusurlar sergileyen restorasyonlarda, aşırı bir tedavi olarak kabul edilmektedir (56, 63). Restorasyonun yenilenmesi sağlıklı diş dokusunda madde kaybına neden olmakta, preparasyonlar genişlemekte ve diş yapısı zayıflamaktadır. Bu işlem bazen pulpa ekspozuyla bile sonuçlanabilmektedir. Dolayısıyla, kusurlu ancak tamir edilebilecek durumdaki restorasyonların tamamen uzaklaştırılması, bilimsel olmaktan uzak ve yanlış bir uygulamadır (56, 64). Bu nedenle, daha güncel ve doku dostu bir uygulama olarak, son yıllarda restorasyonların yenilenmesi yerine tamir edilmesi önerilmektedir (58, 59, 65).

Klinik veya radyografik başarısızlık kanıtı bulunmayan bir restorasyonun, sağlam bölümünün yerinde bırakılıp, hasarlı veya kırık bölümünün yeni bir dolgu materyaliyle onarılmasına 'tamir' denir (9, 66). Restorasyonların yenilenmesi yerine tamiri daha konservatif bir yöntemdir, hasta koltuğunda geçen süreyi kısaltır, mevcut diş yapısını ve dişin canlılığını korur, restorasyonun ve restore edilen dişin ömrünü uzatır, pulpayı etkileyebilecek potansiyel olarak zararlı etkileri azaltır, komşu

dişlerdeki iyatrojenik hasar riskini düşürür, lokal anestezi ihtiyacını azaltır, hastalar tarafından daha kabul edilebilirdir ve daha düşük maliyetlerle restorasyonların ağızda kalma süresi artırılabilir. Bu nedenle tamir, restorasyon yenilenmeden önce mutlaka düşünülmesi gereken bir yöntemdir (6, 56, 67, 68).

Kusurlu bir restorasyonun tamirine, daima yeniden bitirme ve polisaj (refurbishment) ile başlanmalıdır, böylelikle tamir ertelenebilir veya yenilemenin önüne geçilebilir. Yeniden bitirme ve polisaj işlemleri, tipik olarak düzensizliklerin giderilmesi, yüzeyin yeniden şekillendirilmesi, renklenmenin uzaklaştırılması ve glaze veya bonding ajan dışında, yeni restoratif materyal eklenmeden gözeneklerin ve küçük boşlukların kapatılması dahil, yüzeyin pürüzsüzleştirilmesi ve parlatılması uygulamalarıdır. Herhangi bir kusurlu restorasyon varlığında, yeniden bitirme ve polisaj, tamir veya yenileme uygulamasına karar verirken çok dikkatli değerlendirilmelidir (56).

Yüzey hazırlama yöntemleri ve rezin esaslı kompozit materyaller kullanılarak yapılan tamir ile, sağlıklı diş yapısının gereksiz yere uzaklaştırılması önlenerek restore edilen dişin ve restorasyonun kalan kısmının ömrü uzatılır. Bu nedenle, bugün, adeziv materyaller teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, kompozit rezinler kullanılarak yapılan hasta başı tamir uygulamaları, minimal girişimsel diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir (56).

Tamir uygulamalarıyla ilgili ilk klinik bulgular 1970'li yıllarda bildirilmiştir (6). Gordan ve ark (69), diş hekimlerinin başarısız bir restorasyon varlığında % 75'inin restorasyonu yenileme, % 25'inin de tamir yapılması taraftarı olduğunu bildirmişlerdir. Restorasyon yenileme uygulaması, hem kamu hem de özel sektörde hala çok sık yapılmaktadır ve bu durum sağlık sistemleri için önemli miktarda klinik zaman ve maliyet kaybına neden olmaktadır (1). Ancak, 2000 yılında yapılan bir araştırmada çoğu diş hekiminin tamiri tercih etmeyip restorasyonların yenilenmesinden yana olduğu görülmüştür. Ayrıca, bir diş hekiminin tüm çalışmalarının % 50-71'ini restorasyonların yenilenmesinin oluşturduğu belirlenmiştir (70). Restorasyonun tamiri ile yenilenmesi karşılaştırıldığında, genel olarak diş hekimlerinin başka bir hekimin yaptığı restorasyonu yenileme taraftarı olduğu, ancak restorasyonu yapan hekim kendisi ise, o durumda restorasyonu tamir etmeyi tercih

ettiği görülmüştür (71). Ek olarak, diş hekimleri, premolar ve anterior dişlere kıyasla molar dişlerin direkt restorasyonunda tamiri daha çok kullanmaktadır (72).

### 2.2.2. Tamirde Karar Verme ve Gerekçe

Bir restorasyondaki kusurun teşhisi ve daha sonra tamir edilip edilemeyeceğine karar verebilmek için; klinik olarak görsel, dokunsal ve radyografik incelemelerle elde edilen bulgular detaylı şekilde değerlendirilmelidir. Direkt dental restorasyonlarda en sık karşılaşılan kusurlar; klinik olarak tanısı konulan sekonder çürükler, kenar uyumunda bozulma, kenar renklenmesi, restorasyonda yanlış renk tonu kullanılması, restorasyonun tamamında renk değişimi, restorasyonun büyük bölümünde oluşan kırıklar, restorasyona komşu bölgede kırık ve restorasyonun aşınmasıdır (56).

Diş hekimleri, eski bir restorasyonda herhangi bir kusurla karşılaştığında, restorasyonu yenileme ile tamir etme arasında çoğu kez kararsız kalmaktadır (71). Çünkü restorasyondaki kusur, aradan belirli bir süre geçtikten sonra ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir. Böyle durumlarda, restorasyonun tamamı kaldırılmadan, yalnızca kusurlu bölgenin ya da sekonder çürüğün uzaklaştırılıp tamirin yapılması gündeme gelmektedir.

Lokalize kusurlu restorasyonlarda yapılacak tedavi ile ilgili karar alma, tedavi planlamasında önemli bir aşamadır (56). Restorasyonda bir veya birden fazla lokalize kusurun bulunması, restorasyonun derhal yenilenmesi gerektiğini gösterecek ölçüde geri dönüşü olmayan bir hasara uğradığı anlamına gelmez. Restorasyonlardaki kırıklar dışındaki birçok kusur, uzun sürede gelişmesi sebebiyle, klinisyene sorunun kaynağını bulma ve düzeltme şansı tanır. Böylece, restorasyonun ömrünü uzatmak için minimal girişimsel uygulamalarla tedavi yapma fırsatı sunar (64). Minimal girişimsel tedaviler; özellikle lokalize ve erişilebilir olması durumunda kusurların onarımını veya kusurlar yüzeysel ise basitçe restorasyonun yeniden polisajlanmasını içerir (56, 67, 68, 73).

Müdahale gerektiren ve birden fazla ciddi sorunun olduğu durumlarda, tamir uygun bir seçenek değilse restorasyonun değiştirilmesi gereklidir. Tamir uygulamaları her zaman risksiz değildir. Bazı durumlarda, geniş preparasyonların yapılması gerekebilir, bu da iyatrojenik pulpa hasarına neden olabilir ve tedaviyi daha karmaşık ve masraflı bir hale getirebilir (9).

### 2.2.3. Tamirde Kriterler

Restorasyonlarda oluşan lokalize kusurların giderilmesi amacıyla tamir işlemi uygulanacağı zaman, birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak, restorasyon tamir kriterleri hasta merkezli ve dişe özgü olarak sınıflandırılabilir (56, 68, 73).

#### 2.2.3.1. Hasta Merkezli Kriterler

Dental hijyen standardının yüksek olduğu ve tamir edilen restorasyonları düzenli olarak izlenebilen, düzenli olarak diş hekimine kontrole gelen kişiler, tamir uygulamaları için ideal adaylardır. Tamir uygulamaları için uygun olan diğer bir hasta grubu ise, komplike tıbbi geçmişleri olan veya daha kapsamlı dental tedavilerde kooperasyon sağlamada sıkıntı yaşanabilecek kişilerdir. Bu gibi hastalarda klinik müdahale, süre ve karmaşıklık açısından azaltılmalıdır. Kusurlu restorasyonda polisaj ve tamir işlemleri, çoğu zaman lokal anestezi uygulamasına gerek duyulmadan gerçekleştirilebileceği için, bu uygulamalar zorlu tıbbi geçmişleri veya dental anksiyetesi olan hastalar için özellikle avantajlıdır. Burada önemli olan, hastaların tamir işleminin doğasını ve bu uygulamanın restorasyonun yenilenmesinden farklı olduğunu anlamalarıdır. Hastaların restorasyonun yeniden parlatılması veya tamiri konusunda rıza göstermeleri için, yenileme yaklaşımının dezavantajları ve tamir edilen restorasyonun prognozu hakkında bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Benzer şekilde, tamir yaklaşımının faydaları, özellikle mevcut diş yapısının korunarak zayıflamasının önüne geçilmesi, minimal girişimsel yaklaşımın doğası ve avantajları ile ilgili hastalar bilgilendirilmelidir. Hastaların çürük risk düzeyi belirlenmeli, düşük veya orta düzeyde çürük riski olan hastalarda restorasyonda yenileme yerine tamir kararı verilmelidir. Düşük veya orta düzeyde çürük riski olan hastalarda, restorasyonun bütünüyle değiştirilmesi kararı verilirse, preparasyon sırasında kavitenin gereksiz yere büyüyeceği ve restore edilen dişin gereksiz yere zayıflaması ile sonuçlanacağı belirtilmelidir. Oluşan daha büyük restorasyonlar; restorasyonda başarısızlığa yatkınlığı artırabilir, restore edilen dişin ömrünü riske atılabilir ve daha sonra, endodontik tedavi de dahil olmak üzere daha karmaşık, pahalı bir başka tedaviye sebep olabilir. Restorasyon bütünüyle değiştirilse bile, ilk restorasyon ile aynı sınırlamalara

sahip olabilir. Bu nedenle, orijinal restorasyonun başarısız olmasına neden olan faktörleri tanımlamak ve mümkünse ortadan kaldırmak önemlidir (56, 68, 73, 74).

### **2.2.3.2. Diş Özgü Kriterler**

Diş özgü kriterleri değerlendirmede, tek bir teknik gerekli tüm bilgileri sağlamada yeterli olamayacağından, uygun klinik muayene tekniklerinin seçimi önemlidir. Örneğin, uygun radyografik görüntüler ile görsel olarak inceleme, klinik karardaki duyarlılığı arttırmada çok önemlidir (56, 68).

### **2.2.4. Restorasyonun Tamirinde Klinik Endikasyonlar**

#### **2.2.4.1. Sekonder Çürükler**

Restorasyonun kenarına komşu bir sekonder çürük lezyonu, yeni bir primer lezyon olarak düşünülmeli ve tedavi edilmelidir (68, 75). Hastada, yeni bir çürük lezyonu varlığında öncelikle koruyucu ve önleyici tedaviler uygulanmalı, ardından lezyonun kavitasyon gösterdiği durumlarda operatif müdahale uygulanmalıdır. Operatif müdahale, restorasyonun çürük tarafından etkilenen kısmının bölgesel olarak değiştirilmesi ile minimal girişimsel yaklaşım şeklinde olmalıdır. Klinik ve radyografik incelemede, mevcut restorasyonun çürük gözlenmeyen kısmı, tüm restorasyonun yenilenmesi gerektiğini gösteren klinik bir endikasyon bulunmadığı sürece yerinde bırakılmalıdır (56, 68, 73).

#### **2.2.4.2. Kenar Uyumunda Bozulma ve Kenar Renklenmesi**

Kenar uyumunda bozulma olduğu durumlarda, problemin sekonder çürük kaynaklı olmadığından emin olunmalıdır. Kenar uyumundaki bozulma sınırlı bir bölgeyi içeriyorsa, yeniden bitirme ve polisaj ile kolayca düzeltilebilir. Posterior kompozit restorasyonların oklüzal yüzeylerinde hastanın algılayamayacağı, küçük düzeyde kenar uyumunda bozulma gözleendiğinde; plak birikimi, çiğneme zorluk veya aktif çürük kanıtı olabilecek bir renklenme olmadığı sürece, operatif müdahalenin geciktirilmesi ve bu kusurların izlenmesi önerilmektedir. Anterior kompozit rezin restorasyonlarda görülen kenar uyumundaki bozulma ve renklenmeler, dış kaynaklı renklenme eğilimleri nedeniyle daha zordur. Gerektiğinde, kompozit restorasyona

yapılan yeniden bitirme ve polisaj uygulamaları, bu tür renklenmeleri başarılı bir şekilde gidermenin en etkili yoludur. Öte yandan, kompozit restorasyondaki renklenme, restoratif materyalin içine önemli düzeyde nüfuz ettiğinde, mümkün olan en iyi estetik sonucu elde etmek için restorasyonun tamamının yenilenmesi endike olabilir (56, 68, 73).

#### **2.2.4.3. Yüzeysel Renk Modifikasyonları**

Daha önce yapılan bir kompozit restorasyonda hatalı bir tonun seçilmiş ve uygulanmış olması durumunda, farklı bir kompozit materyalin uygun tonu yeniden yüzeye yerleştirerek, restorasyonun rengi düzeltiler. Daha önceki restorasyonda kullanılan materyalin detayının diş hekimi tarafından bilinmesi koşuluyla, ideal olanı tamir işleminin aynı marka ve tipteki kompozit rezin kullanılarak yapılmasıdır (56, 68, 73).

#### **2.2.4.4. Kütlelel Kırık**

Materyal tipinden bağımsız olarak her türlü tamir işlemine, detaylı bir klinik muayene ve prematür temasların ortadan kaldırılması ile başlanmalıdır (9). Kompozit restorasyonda kütlelel kırık, özellikle de yerleştirilmesinden hemen sonra meydana geldiyse, prematür kontaklar veya aşırı oklüzal yükleme gibi altta yatan etiyolojik nedenler teşhis edilerek ortadan kaldırılmalıdır. Böylelikle, kalan diş dokusunu da içerebilecek olası başka bir kırık ve tekrarlayan kütlelel kırıkların oluşumu önlenmiş olur. Bununla birlikte, birkaç yıl boyunca klinik fonksiyonda olan bir restorasyonda oluşan kütlelel kırığın, kompozit materyal içindeki stres yorgunluğunun bir sonucu olması muhtemeldir. Kütlelel kırığın mevcut restorasyonun yarısından daha azını içermesi koşuluyla, tamir endike olabilir; ancak restorasyonun kalan kısmının bütünlüğü dikkatlice değerlendirilmelidir (56, 68, 73).

#### **2.2.4.5. Komşu Diş Yapısında Kırık**

Kompozit restorasyona komşu diş yapısının kırılması; oklüzal parafonksiyon, travma veya restorasyon yerleştirme sırasındaki polimerizasyon stresleri gibi birçok nedenden dolayı ortaya çıkabilir. Kırığın nedeni doğru tanımlanırsa ve önleyici

tedavilerle kırık oluşma ihtimali azaltılırsa, bu durumda restorasyonun tamiri endike olabilir (56, 68, 73).

#### **2.2.4.6. Restorasyonda Aşınma**

Kompozit bir restorasyonun aşınmasını; karşıt dişte pasif erüpsiyon, aşırı erüpsiyon veya komşu dişlerde eğilme takip edilebilir. Eğer restorasyonun aşınması, oklüzal yüzeyle sınırlıysa ve tamir için yeterli boşluk mevcutsa, bu durum aşınmış oklüzal yüzeyin yeniden restore edilmesi ile çözülebilir. Proksimal restorasyon yüzeyi de aşınmadan etkilenmişse ve restorasyonun anatomik formunu restore edebilecek yer mevcut değilse, bu durumda restorasyonun yenilenmesi düşünülmelidir (56, 68, 73).

#### **2.2.5. Tamirin Kontrendikasyonları**

Tamir için kontrendikasyonlar;

- 1) Hastaların restorasyonun yenilenmesine alternatif olarak tamir uygulamasını kabul etmemesi,
- 2) Hastaların düzenli olarak diş hekimi kontrolüne gitmemesi,
- 3) Yüksek çürük riski bulunan hastalar,
- 4) Mevcut kompozit restorasyonun altında bulunan çürüğün, restorasyonun yarısından fazlasını etkilemesi,
- 5) Önceki tamir restorasyonunun başarısız olması olarak genellenebilir.

Bu tür durumlarda tamir yerine, kusurlu restorasyon yenilenmelidir (56, 68).

#### **2.2.6. Tamirde Başarı**

Çok sayıda klinik çalışmada, daimi dişlerdeki restorasyon tamirlerinin, restorasyonların ve restore edilen dişin ömrünü önemli ölçüde arttırabildiği gösterilmiştir (65, 75-78). Ek olarak tamir uygulaması ile, restorasyonu tamamen yenilemeye göre; tedavi süresi, maliyet ve komplikasyon riskleri de azalmaktadır (56, 79). Yapılan çalışmalar, kusurlu restorasyonların yenilenmesi yerine; kenar örtülmesi, yeniden bitirme ve polisaj ile tamir gibi alternatif tedavilerin, minimal

girişimlerle kusurlu restorasyonların kalitelerini ve ömrünü önemli ölçüde arttırdığı ve klinik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (65).

Uygulamalı klinik çalışmalardan elde edilen kanıtlarla, tamir edilen ve yenilenen restorasyonların, düşük ve orta düzeyde çürük riski gösteren hastalarda kenar uyumunda bozulma ve sekonder çürüklerle ilgili benzer sağ kalım sonuçları gösterdiği ve restorasyonların çoğunun, 3, 10 ve 12 yıl sonra klinik olarak kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir (65, 75, 76). Prospektif bir kohort çalışmasında, tamir edilen restorasyonlardaki dişlerin, endodontik tedavi veya çekim gerektirme ihtimalinin, 12 aylık gözlem süresi içinde yenilenen restorasyonlara göre daha düşük olduğu bildirmiştir (80). Yapılan tamir işlemi başarılı olduğunda, yıllık başarısızlık oranını % 1'den daha düşük bir seviyeye düşürerek, restorasyonların ömrünü önemli ölçüde artırmaktadır (3, 78). Başarısız amalgam restorasyonlarla ilgili yapılan prospektif bir çalışmada, restorasyonlardaki kenar uyumunda görülen bozulmalar, restorasyonların yenilenmesine alternatif olarak tamir edilmiş, 7 yıllık takibin sonucunda, tamir edilen ve edilmeyen restorasyonlar karşılaştırıldığında, tamir edilen restorasyonlarda önemli ölçüde daha düşük başarısızlık görüldüğü belirtilmiştir (81).

Dört yıllık bir randomize klinik çalışmada, tamir edilen kompozit restorasyonlarda; kenar uyumu, anatomi ve sekonder çürük oluşumu açısından yenilenen kompozit restorasyonlarla benzer sonuçlar elde edilmiştir. (82) Kusurlu kompozit rezinlerin ömrünü uzatmada tamir uygulamasının, uzun vadede güvenli ve etkili bir tedavi olduğu kanıtlanmıştır. Opdam ve ark. (78)'nin yaptığı klinik bir çalışmada, restorasyon veya dişte bulunan kırıklar, kasp kırıkları, sekonder çürük ve başlangıç çürükleri gibi büyük kusurlar içeren restorasyonlarda yapılan tamirin, restorasyonların ömrünü önemli ölçüde artırdığı sonucuna varılmıştır. Casagrande ve ark. (77)'nin yaptığı bir klinik çalışmada ise, tamir edilen restorasyonların ömürlerinin 10 yılda % 65,92' den, % 74,61'e artırılacağı ve tamirin minimal girişimsel diş hekimliğine önemli ölçüde katkı sağladığı belirtilmiştir. Restorasyona dahil edilen her yeni yüzeyin, başarısızlık riskini % 30 arttırdığı ve büyük restorasyonlu dişlerin daha yüksek başarısızlık riski sergiledikleri gösterilmiştir. Ancak, tamir edilen restorasyonların durumunun başarısızlık olarak değil, sağ kalım olarak değerlendirilmesiyle bu görüş geçerliliğini kaybetmiştir. Büyük restorasyonlu dişlerin dahi, tamir uygulaması ile sağ kalım oranlarının arttırılabildiği ortaya konmuştur (77).



### 2.2.7. Kompozit Restorasyonlarda Tamir

1950'lerin başlarında, Dr. Michael Buonocore, mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilerek, polimerize edilebilir monomerlerin mikromekanik olarak bağlanabileceği hafif pürüzlü ve gözenekli bir yapı oluşturulabileceğini keşfetmiştir (83). Kısa süre sonra, asitle pürüzlendirilmiş mineye, hem doldurucusuz rezin hem de inorganik doldurucu içeren BisGMA esaslı kompozit rezinlerin bağlanmasının başarılı sonuçlar verdiği keşfedilmiştir (84). O zamandan beri, kompozit rezin restorasyonlar, birçok restoratif tedavi endikasyonunda kendine yer bulmuş ve restoratif diş hekimliğinde önemli bir yer edinmiştir (23, 24).

Kompozit rezin restorasyonlar, yapılan çalışmalarda klinik ömür açısından olumlu sonuçlar göstermektedir. Öte yandan tüm restoratif materyallerde olduğu gibi kompozit rezinlerin de sınırlı bir ömrü vardır. Kompozit rezin restorasyonların klinik ömrü; restoratif materyalin özelliklerinden, hastanın çürük risk düzeyinden, brüksizm, sosyoekonomik durum ve diş tipi gibi bazı klinik faktörlerden etkilenmektedir. Bu risk faktörlerinin varlığı, başarısızlık olasılığını dört katına kadar artırabilmektedir (9).

Yapılan çalışmalar, 10 yıllık restorasyonlardaki ortalama yıllık başarısızlık oranlarının % 1-3 arasında değiştiğini bildirmiştir (5, 85). Demarco ve ark. (3) çalışmalarında, tamir edilen kompozitlerin, başarısız olarak kabul edilmemesi gerektiğini, tamir uygulamasıyla restorasyonların yıllık başarısızlık oranlarının azalacağını bildirmişlerdir.

Posterior kompozit restorasyonlarda görülen başarısızlıkların nedenleri genellikle sekonder çürükler ve kırıklardır. Bununla birlikte, kompozit restorasyonların çoğunluğu anterior dişlere yapılmaktadır. Ancak, anterior kompozit restorasyonlardaki başarısızlıkların nedenleri ve tipleri hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. Mevcut çalışmalarda, anterior restorasyonlardaki başarısızlık nedenleri arasında; estetik, kırık ya da çatlakların en sık rastlanan nedenler olduğu belirtilmektedir (9, 86).

Büyük amalgam restorasyonların ve posterior kompozit restorasyonların uzun dönem takiplerinde, gösterdikleri başarısızlıklarda farklılıklar bulunduğu bildirilmiştir. Amalgam restorasyonlar, 12 yıllık bir periyotta, zaman içinde artan bir

başarısızlık oranı gösterirken, özellikle düşük çürük riski gösteren hastalarda kompozit restorasyonlar daha sabit bir başarısızlık oranı göstermiştir. Bu düşük riskli grupta, bir amalgam restorasyonda görülen başarısızlığın ana nedeni dişin kırılması ile çatlak diş sendromudur. Bunun aksine, yüksek çürük riskli hastalarda, amalgamın kompozitten biraz daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Çürüklerin, amalgam restorasyonlara oranla kompozit restorasyonlarla daha çok ilişkili olduğu ve genç hastalardaki kompozit restorasyonlarda sekonder çürüklerin daha sık görüldüğü belirtilmiştir (85). Ancak bu bulgu tam netlik kazanmamıştır ve bu konuda daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Diş hekimliğinde, adeziv teknolojisindeki gelişmeler, uygulayıcılara preparasyon boyutunu azaltma olanağı sağlamakla kalmamış, aynı zamanda makro mekanik retansiyon için konvansiyonel preparasyon gerektirmeden tamir imkânlarını da arttırmıştır. Başarısız olan direkt veya indirekt restorasyonların onarımı da, genel olarak adeziv sistemlerle birlikte kullanılan kompozit rezin materyallerle yapılmaktadır (9).

Kusurlu kompozit restorasyonlarda tamir işlemi, eski kompozit rezine dayanıklılığı artıracak biçimde şekil verme, yüzey hazırlama uygulamaları ve ardından adeziv sistemlerle kombine olarak yeni kompozit rezin eklenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu iki kompozit rezin arasında uygun bir bağlanma elde etmek ise, tamir sürecinde zorluk yaratmaktadır (87). Klinik uygulamada, iki kompozit rezin tabakası arasındaki bağlantı, polimerize olmamış halde kalmaya devam eden oksijenle zenginleştirilmiş bir yüzey katmanının varlığı ile gerçekleşmektedir. Yeni kompozit rezin monomerlerinin bağlanmasına izin verecek şekilde reaksiyona girmemiş karbon çift bağları (C=C) içeren bu tabakaya “oksijen inhibisyon tabakası” denir (88, 89). Bu tabaka, reaksiyona girmemiş monomerlere sahip olması nedeniyle, aynı seansta uygulanan kompozit tabakaları arasında adezyonu sağlar. Bununla birlikte, kompozit restorasyon yaşlandıkça, oksijen inhibisyon tabakası ve yüzeydeki serbest radikaller kaybolur ve su emilimi meydana gelir. Bu da tamir kompozitinin eski kompozit restorasyon ile yeterli düzeyde bağlanmasını zorlaştırır (87).

Tamir kompozitinin, tamir edilecek eski kompozit rezine olan adezyonundaki başarı; aderent yüzeyin kimyasal bileşimine, pürüzlülüğüne, ıslanabilirliğe ve

uygulanan yüzey hazırlama yöntemlerine bağlıdır (88-90). Bundan dolayı, tamir kompozit rezininin tamir edilecek eski kompozit rezine daha kuvvetli bağlanmasını sağlamak için, genellikle mekanik ve kimyasal yöntemlerin kombinasyonu kullanılmaktadır (9, 87). Bu amaçla, en yaygın kullanılan yöntem, mekanik preparasyon ile yüzey pürüzlendirmesinin artırılmasını takiben, kimyasal bağlanma elde edilmesine yardımcı olmak için silan ve düşük viskoziteli adezivlerin uygulanmasıdır (91, 92). Kompozit rezinlerin tamir bağlanma dayanıklılığını arttırmak için frezle pürüzlendirme, hidroflorik veya fosforik asitlerle pürüzlendirme, air abrazyon, silika kaplama (silica coating), lazer, silan uygulama gibi farklı yüzey hazırlama yöntemleri kullanılmaktadır (9, 89).

### 2.3. Yüzey Hazırlama Yöntemleri

Başarılı bir tamir için, eski restorasyon ile yeni tamir materyali arasında sağlam bir bağlantı oluşturulmalıdır. Bu nedenle, adeziv rezin ve tamir materyalinin seçimi kadar uygun yüzey hazırlama yönteminin uygulanması da önemlidir. Kompozit rezinlerin, diş dokuları dışındaki yüzeylere etkili şekilde bağlanması için yıllar içerisinde fiziksel, fiziko-kimyasal veya kimyasal adezyona dayanan yüzey hazırlama yöntemleri geliştirilmiştir (9).

Literatürde, mekanik ve/veya kimyasal bağlanma tekniklerini içeren farklı tamir yöntemleri mevcuttur. Fiziksel yüzey hazırlama yöntemleri; makro ve mikromekanik olarak gerçekleştirilebilir. Makro mekanik retansiyon, retansiyon yuvaları, andırkatlar ya da yüzeyin elmas frezle pürüzlendirilmesiyle elde edilebilirken; mikromekanik retansiyon, fosforik asit veya hidroflorik asitle pürüzlendirme, lazerle pürüzlendirme veya alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) parçacıkları ile air abrazyonla yapılabilir. Kimyasal yüzey hazırlama yöntemleri ise; silanlar ve adeziv rezinlerin kullanılmasını içermektedir (9, 16, 93, 94).

Literatürde farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin, kompozit restorasyonların tamir dayanıklılığına etkisi üzerine çok sayıda *in vitro* çalışma bulunmaktadır (16, 95, 96). Tüm bu çalışmalarda kullanılan gereç ve yöntemler büyük ölçüde değişiklik gösterdiğinden, klinik olarak hangi tamir yönteminin en başarılı sonuç vereceği ile ilgili net bir bilgi bulunmamaktadır. Öte yandan asitle pürüzlendirme, lazer, air

abrazyon gibi bazı yöntemler, çeşitli avantajları nedeniyle diğer yöntemlere göre daha fazla öne çıktığından bu konularda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır (95).

### 2.3.1. Asitle Pürüzlendirme

Kompozit rezin restorasyonların tamirinde en sık kullanılan teknik; elmas frezle yüzey hazırlama işleminin ardından, fosforik asitle pürüzlendirme, adeziv rezin ve tamir kompozitinin uygulanması ile gerçekleştirilen tekniktir (17).

1960'lardan bu yana, asitle pürüzlendirme tekniğini geliştirmek için çeşitli konsantrasyonlarda ve sürelerde uygulanan farklı asit türleri *in vitro* olarak araştırılmaktadır (97). Diş dokularının ve restorasyon yüzeylerinin pürüzlendirilmesi, genel olarak fosforik asit veya hidroflorik asit ile gerçekleştirilir (9).

Fosforik asit, mine ve dentin dokularında pürüzlendirme etkisi yaratmakla birlikte, kompozit, seramik ve metallerin yüzey özelliklerinde bir değişiklik yaratmaz (9). Fosforik asitle pürüzlendirme, tamir bağlanma dayanıklılığını arttırmada tek başına yeterli başarı gösteremese de, restorasyon yüzeyleri üzerindeki temizleme etkisi sayesinde, kompozit rezinlerle gerçekleştirilen tamir uygulama başarısını olumlu yönde etkiler (98, 99). Fosforik asitle pürüzlendirme, dayanıklı bir bağlanma elde etmek için minenin morfolojisini, yapısını ve arayüzey özelliklerini değiştirir (100). Ayrıca, sitrik asit, hidroflorik asit ve hidroklorik asit gibi diğer asitlerle karşılaştırıldığında, fosforik asitin dental materyallerin mineye olan adezyonunu arttırmada en etkili asit olduğu gösterilmiştir (97).

Fosforik asidin aksine, hidroflorik asit, seramikte bulunan cam parçacıklarını eritir, öte yandan kompozit rezinlerin çoğunda rezin matrisi etkilemez. Özellikle mikrofil kompozitlerde daha az inorganik doldurucu mevcut olduğundan hidroflorik asitle pürüzlendirmenin etkisi çok sınırlıdır. Bu nedenle, hidroflorik asidin etkisinin büyük ölçüde malzemedeki doldurucu parçacıklarının kompozisyonuna bağlı olduğu anlaşılmaktadır (9).

İntraoral olarak hidroflorik asit kullanırken, mine ve dentinin yanı sıra cilt veya mukozayla da direkt olarak temasından kaçınılmalıdır. Çünkü mine ve dentinin üzerinde kalsiyum florür ( $\text{CaF}_2$ ) çökeltisi oluşturarak, açılan dentin tübüllerine adeziv

rezinin infiltrasyonunu engelleyebilir. Bu da kompozit rezinin mine veya dentine zayıf şekilde bağlanmasına neden olur (9, 101, 102).

Tamir uygulaması öncesi asitle pürüzlendirme uygulaması ile ilgili literatürde çelişkili bilgiler vardır. Kullanılan asitlerin cinsi, konsantrasyonu ve uygulama süresi gibi parametrelerdeki farklılıklar, bulguların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Öte yandan asitle pürüzlendirme, klinik olarak en fazla tercih edilen yüzey hazırlama yöntemlerinden biri olduğundan; bu uygulamanın en doğru ve etkili şekilde yapılabilmesini sağlamak, elde edilecek klinik faydanın artırılabilmesi açısından son derece önemlidir.

### **2.3.2. Air Abrazyon**

1945 yılında Robert Black tarafından diş dokularını uzaklaştırmada alternatif bir yöntem olarak geliştirilen air abrazyon işlemi, yüksek hızlı hava akımıyla taşınan  $Al_2O_3$  partiküllerinin diş yüzeyine uygulanmasıyla, diş dokularının uzaklaştırılması yöntemidir (103).

Air abrazyon; çürüklü diş dokularıyla beraber sağlam dokuların uzaklaştırıldığı, geleneksel yöntemlere kıyasla minimal diş dokusu kaybına neden olan bir tekniktir (104). Geleneksel kavite preparasyon yöntemleriyle kıyaslandığında, air abrazyon ile hazırlanan diş yüzeylerine bağlanmanın çok daha iyi olduğu gösterilmiştir (104, 105). Ayrıca, air abrazyon yöntemi oldukça ağrısız dental uygulamalar yapmayı sağlarken, daha az ısı, ses ve titreşim üretir (104, 106). Air abrazyonun etkinliği; hava basıncı, ağızlığın uç çapı ve açısı, partikül boyutu ve el aleti (hand piece) ucu ile prepare edilen substrat arasındaki mesafe gibi çeşitli parametrelerle kontrol edilir (104, 105).

Air abrazyon uygulamaları sırasında; dokusal duyunun olmayışı, alümina partiküllerinin çürüklü yüzeyin yanı sıra sağlam diş dokusunu da uzaklaştırabilmesi ve inhalasyon riski göz önünde bulundurulmalıdır. Sağlam diş dokularına zarar verebilme özelliği, bu yöntemin seçici olmayan doğasının bir sonucudur. Bu nedenle araştırmacılar, bu tekniğin kavite preparasyonunun sonunda çürük dentinin uzaklaştırılması ve adeziv uygulamalar öncesinde yüzey hazırlama işlemleri için kullanılmasını önermektedir (103).

İntraoral tamir için air abrazyonla yüzey hazırlama uygulaması, 2-3 barlık basınç altında yapılır. Bu amaçla air abrazyon; metal, seramik, kompozit veya amalgam gibi tamir için hazırlanacak materyalin yüzeyine, temiz ve pürüzlü bir yüzey elde etmek amacıyla yaklaşık 10 mm'lik bir mesafeden 10 saniye boyunca uygulanır. Ancak, zirkonya için daha uzun süreli air abrazyon yapılması gerekebilir (9).

Abrazyon partikülleri, 30 ila 50 µm arasında bir boyuta sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> parçacıklarından veya "silicoating" veya "tribokimyasal yüzey hazırlama" olarak adlandırılan silikon-dioksit katmanı ile kaplanmış Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> parçacıklarından oluşur (9). 2-3 barlık hava basıncında 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> parçacıklarıyla air abrazyon uygulaması ile restorasyon yüzeyleri temizlenir, pürüzlendirilir, yüzey alanı genişler, bu da daha iyi bir ıslanabilirliğe ve kimyasal etkileşime yol açar (107, 108).

Air abrazyonun en büyük dezavantajı, restorasyonun uzun vadeli performansını etkileyebilecek şekilde yüzey hasarı oluşturması olasılığıdır (108, 109). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri, materyale yüksek enerjiyle vurdukları için küçük yüzey kusurları oluştururlar. Bu durum, metale zarar vermese de, dental seramikler gibi kırılğan malzemelerde oluşan çatlaklar genellikle bu yüzey kusurlarından kaynaklanır. Bu, zirkonya ve alümina gibi en güçlü seramik materyallerde bile meydana gelirken, daha zayıf porselenlerde, özellikle sorun oluşturmaktadır. Bazı yazarlar, air abrazyondan sonra silikat-seramik yüzeylere hidroflorik asit uygulanmasının, air abrazyonun neden olduğu azalan dayanıklılığı düzeltebileceğini öne sürmüştür. Çünkü, hidroflorik asit, hasarlı silikat-seramik yüzeyin parçalarını çözerek yüzey kusurlarını elimine etmektedir (108). Air abrazyonun diğer bir dezavantajı ise, abraziv partiküllerin inhale edilebilmesi riskidir (104). Bu nedenle, bu parçacıkların aspirasyonunu ve inhalasyonunu önlemek için iyi bir suction cihazının kullanılması zorunludur. (9) Ayrıca, air abrazyon işlemi dikkatli bir şekilde yapılmalıdır, çünkü uygulama sırasında meydana gelebilecek materyal kaybı restorasyonun klinik olarak uyumunu bozabilir (110).

Tamirde, adeziv uygulamasından önce kusurlu kompozit restorasyonların yüzeyinin hazırlanmasında, air abrazyonun etkili bir yöntem olabileceğini gösteren çalışmalar olduğu gibi (90, 111, 112), air abrazyonun adezivin tek başına kullanımından daha etkili olmadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (16, 113).

Literatürde güncel kompozit rezinlerin tamirinde air abrazyon yönteminin etkisi üzerinde kesin bir sonuç bulunmadığından, bu konuda yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

### 2.3.3. Silan Uygulama

Kompozit rezinlerin tamirinde en sık kullanılan yöntemlerden biri de; tamir edilecek yüzeylerle tamir materyali arasında kimyasal bağlanma sağlayacak ajanların kullanımınıdır. Kimyasal adezyon, bir materyalin yüzeyi ile reaksiyona giren özel primerler veya monomerler kullanılarak oluşturulabilir (9). En yaygın kullanılan primer, inorganik doldurucu partikülleri kimyasal olarak rezin matrisine bağlamak için kompozitlerin imalatında da yer alan silandır. Diş hekimliğinde, genellikle iki fonksiyonlu bir molekül olan 3-metakriloksipropiltrimetoksisilan (MPS) kullanılır (9, 114). MPS, bir taraftan, adeziv rezin ve kompozitlerle reaksiyona girebilen bir metakrilat grubunu, diğer taraftan da air abrazyon uygulanmış ve asitle pürüzlendirilmiş yüzeylerde alümina veya silika ile siloksan bağları oluşturabilen bir silanol grubunu içermektedir (9).

Silanların, hidrolize edilmiş ve hidrolize edilmemiş olmak üzere iki tipi mevcuttur. Hidrolize silanlar doğrudan kullanım içindir ve adeziv rezin uygulanmadan önce ayrı bir adım olarak uygulanmalıdır. Hidrolize olmayan silanlar, önce primer veya adeziv rezinde bulunan bir asitle aktive edilmelidir. Bunun için genellikle asidik bir monomer olan 10-MDP (10-metakriloloiksidadesil dihidrojen fosfat) kullanılmaktadır. Adeziv sisteme bağlı olarak, silanlar primer veya adeziv rezin ile karıştırılmalıdır. *In vitro* çalışmalarda, kompozit veya seramik tamirlerinde silan kullanımının, silanın kullanılmadığı durumlarla karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde olumlu etkileri olduğu göstermiştir (9, 115). Tamir yapılacak yüzeye silan uygulanması ile ıslanabilirliğin arttığı ve rezin matris ile silika veya cam doldurucu partiküller arasında kimyasal bir bağ oluştuğu gösterilmiştir (116-118). Yapılan bazı çalışmalarda, silan uygulamasının direkt kompozit restorasyonlara olan bağlanma dayanıklılığı üzerinde pozitif etkisi olduğu gösterilmiştir (119-121), ancak bazı çalışmalarda da yararlı bir etkisinin görülmediği bildirilmiştir (122, 123).

Kompozit rezin tamirinde silan kullanılmasındaki gereklilik, tamir edilecek kompozit rezinin inorganik bileşimine dayanmaktadır. Çeşitli çalışmalarda, inorganik

fazı silika esaslı bileşenler içeren kompozit rezinlerde silan uygulamanın, tamir kompozitinin organik matriksi veya adeziv sistem ile eski kompozit rezinin inorganik partikülleri arasında bir kimyasal bağlanma oluşturduğu gösterilmiştir. Bu da, daha iyi bir bağlanma dayanıklılığı sağlamaktadır (124). Silan, ıslanabilirliği artırır, adezyonu destekler veya bir bağlayıcı ajan olarak işlev görür (125, 126). Ancak tek başına silan, bir adeziv ajanın yerini alamaz (126).

#### **2.3.4. Lazer**

Lazer terimi, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin kısaltması olup, Türkçe karşılığı ise “radyasyon salınımının uyarılması ile ışık şiddetinin artırılması”dır. Lazer teknolojisi 1970'lerin ortalarında diş hekimliğinde tanıtılmış, o günden bu yana da klinik kullanım alanları her geçen gün artmıştır (127).

Restoratif diş hekimliğinde en sık kullanılan lazerler, hem sert hem de yumuşak doku uygulamalarında kullanılabilen Erbiyum (Er:YAG ve Er,Cr:YSGG) lazerlerdir (128). Erbiyum lazerler; çürük dokuların selektif olarak uzaklaştırılmasında, asitlere karşı mine yüzeyinin direnç kazanmasını sağlayarak çürüğün önlenmesinde, dolgu materyali uygulanmadan önce diş yüzeylerinin pürüzlendirilmesinde, kavite dezenfeksiyonunda, dentin hipersensivitesinin tedavisinde ve adeziv uygulamalar öncesinde diş ve restorasyon yüzeylerinin hazırlanmasında kullanılır (129, 130).

Diş hekimliğinde, restorasyonların tamiri sırasında yüzeyde mikromekanik retansiyon alanları oluşturmak için kullanılan diğer bir yüzey hazırlama yöntemi ise, yüzeyin lazer ile pürüzlendirilmesidir. Bu uygulamalar için genellikle Er,Cr:YSGG veya Er:YAG lazerler kullanılmaktadır. Diş sert dokularında etkili olan Erbiyum lazerlerin, kompozit rezinlerin yüzey özelliklerinin değiştirilmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir (131). Kompozit rezinlerde Erbiyum lazerin kullanımı sırasında su ile birlikte lazer enerjisinin yüzeye aktarılmasını takiben vaporezasyon (buharlaştırma) ve ablyasyon oluşur. Bu işlem sırasında, hızlı bir erime meydana gelir ve eriyen materyalin hacmindeki ani değişiklik ile, güçlü genleşme kuvvetleri üretilir. Oluşturulan kuvvetler ve kompozit rezin yapısı arasındaki etkileşimin sonucunda, erimiş materyal, yüzeyden damlacıklar halinde uzaklaşır ve yüzeyde çıkıntılar oluşur (131, 132). Sonuç



olarak, kompozit rezin yüzeyinde oluşturulan mikro retantif morfoloji ile yüzey alanı arttırılır. Artan yüzey alanı ile bağlanma arayüzünde stres dağılımı düzenlenir ve sonuç olarak tamir bağlanma dayanıklılığı artar (131). Kimyay ve ark. (18), Er,Cr:YSGG lazer ile pürüzlendirmenin, kompozit rezin yüzeyinin elmas frez ile hazırlanmasıyla karşılaştırıldığında daha iyi tamir bağlanma dayanıklılığı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kompozit rezinlerin bileşimi, mekanik yüzey hazırlığının etkinliğini değiştirebilmektedir. Kompozit rezinlerdeki doldurucu partiküller, lazer enerjisini çevreye saçarken, rezin esaslı kısım, lazer enerjisini absorbe etmektedir (20). Lizarelli ve ark. (133), mikrofil, hibrit ve kondanse edilebilir kompozitler dahil olmak üzere, farklı kompozit rezin türleri üzerinde Er:YAG lazerin ablasyon oranlarını ve morfolojik yönlerini araştırmış ve hibrit kompozitlerde, ablasyon yapılan yüzeyin diğerlerinden daha pürüzsüz olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, mikro-morfolojik yönlerin, penetrasyon oranının ve genel ablasyon oranının, kompozit rezinin kimyasal bileşimine, yapısına ve lazer parametrelerine bağlı olduğu öne sürülmüştür. Mevcut bilgiler, her geçen gün bir yenisi üretilen restoratif sistemlerin hepsine genellenemeyeceğinden, Erbiyum lazerlerin güncel kompozit rezinlerin tamirindeki kullanımı ile ilgili daha çok çalışma yapılması gereklidir.

### **2.3.5 Adeziv Resin Uygulama**

Kompozit rezin tamirinde, iki farklı tipte kompozitin adezyonu ve tamir edilecek kompozitin mikro yapısının genellikle önceden belirlenememesi, bazı potansiyel problemlere neden olabilmektedir (134). Tamir sürecinde, adeziv rezinin kimyasal yapısı, tamir kompozitinden daha önemli bir role sahip olabilir (134, 135). Mikromekanik kilitleme, kompozit tamir işleminin temelini oluşturmaktadır (134). Bu nedenle, daha güçlü bir bağlanma elde edebilmek için tamir işleminden önce eski restorasyonun yüzey alanı arttırılmaya çalışılmalıdır (134, 136).

Yüzeylerin temiz olması adezyon için çok önemli olduğundan, yüzey hazırlama işlemleri öncesinde florür içermeyen profilaksi macunu ile yüzeylerin temizlenmesi faydalı olabilir. Bundan sonra, ilgili yüzeye uygun fiziko-kimyasal yüzey hazırlama yöntemi uygulanmalıdır. Ardından da yüzeyi hazırlanan substrata, uygun bir adeziv sistem uygulanarak, tamir kompoziti ile mevcut kompozit arasında güçlü bir köprü

oluşturulmalıdır (9). Adeziv kullanımının hem hemen yapılan tamir uygulamalarında, hem de yaşlandırılan kompozitlerin tamirinde bağlanma dayanıklılığını artırdığı sonucuna varılmıştır (137). Ayrıca, bağlayıcı bir ajanın uygulanması, yüzeyin ıslanabilirliğini artırdığı için önemle tavsiye edilmektedir (134). Bu nedenle, tamir işlemini optimize etmek için bir yüzey hazırlama tekniği ve etkili bir adeziv sistemin kullanılması önerilmektedir (134, 138).

## **2.4. Adeziv Diş Hekimliği**

### **2.4.1. Adezyon (Bağlanma)**

“Adezyon”, iki yüzeyin birleşim kuvvetleri (valence forces), kilitleme kuvvetleri (interlocking forces) veya her ikisini de içeren arayüzey kuvvetleri tarafından bir arada tutulduğu durumu ifade etmektedir. “Adeziv” ise, iki yüzeyi bir araya getiren, ayrılmaya karşı direnç gösteren ve yükü bir yüzeyden diğerine aktararak birleştiren bir materyaldir (139). Diş hekimliğinde adeziv sistemler, restoratif materyallerin mineye, dentine veya başka restoratif materyallere adezyonunun sağlanması için kullanılırlar.

Adezyon genel olarak; “aderent”, “adeziv” ve “arayüz” den oluşmaktadır. Bu kombinasyon, “adeziv bileşke” olarak tanımlanır. Adeziv bileşke çoğu zaman oldukça karmaşıktır. Bunun nedenleri, diş hekimliğinde aderentlerin oldukça çeşitli olabilmesi ve adezivlerin bir veya çoklu arayüzler içerebilmesidir (140).

Adezyon; fiziksel, kimyasal ve/veya mekanik bağlanma yöntemlerine göre sınıflandırılabilir. Fiziksel bağlanma, Van der Waals kuvvetleriyle meydana gelir. Zayıf bir bağlanma türü olmasına rağmen, her zaman mevcuttur. Kimyasal bağlanma; kovalent, iyonik, metalik ve bazı durumlarda şelasyon bağları ile gerçekleşir. Silan kullanımı gibi çeşitli yollarla, kimyasal bağlanma bir miktar desteklenmeye çalışılmaktadır ancak bu yöntemler, kimyasal bağlanma oluşturmaktan ziyade, ıslanabilirliği artırarak materyallerin arayüz boyunca adaptasyonunu artırmaktadır. Kimyasal bağlanma güçlü olmasına rağmen, bir arayüz boyunca kesintisiz şekilde kimyasal bağlanma elde etmek çok zordur. Bu nedenle pratikte, mekanik bağlanma, kuvvetli bir adeziv bileşke yaratmanın en etkili yoludur. Mekanik bağlanma yaygın bir

adezyon türüdür ve adezivin aderente nüfuz ederek, mekanik olarak kilitlenmesiyle oluşmaktadır. Buna örnek olarak; retantif bir kaviteye yerleştirilen amalgam restorasyon veya asitle pürüzlendirilmiş mineye penetre olan monomerlerin polimerize edilmesiyle mikrometrik seviyede tagların elde edilmesi, monomerlerin pürüzlendirilmiş dentindeki kollojen fibrillere penetre olarak hibrit tabakayı oluşturması gösterilebilir (140).

Klinik olarak başarılı bir adezyon elde etmek için dikkat edilmesi gereken bazı koşullar vardır (140):

- 1) **Yüzeyin temiz olması:** Yüzeyin temiz olması, yüzey enerjisinin yükselmesine neden olup, bağlanmayı olumlu yönde etkiler. Bu nedenle, güçlü bir adeziv bağlanma için yüzey temizliği temel bir gereksinimdir.
- 2) **Doğru temas açısı ve iyi ıslanabilirlik:** Adezyonun gerçekleşmesi için adezivin substrat yüzeyinde ıslanabilirliği etkili şekilde sağlaması gerekir. Islanabilirliği gözlemlemenin en yaygın yöntemi ise temas açısını ölçmektir. Temas açısı, katı yüzeyle temas halindeki bir sıvı damlasının gösterdiği iç açıdır. Temas açısı azaldıkça ıslanabilirlik artmakta ve bu durum adezyonu da artırmaktadır. Düşük temas açısı, yüzey enerjisi yüksek temiz yüzeylerde elde edilmektedir. Asitle pürüzlendirilmiş mine buna örnek olarak gösterilebilir.
- 3) **Yüzey Pürüzlülüğü:** Yüzey pürüzlülüğü, pürüzsüz ve pürüzlü yüzeylerin temas açılarının oranı olan Wenzel denklemi ile bulunmaktadır.  $90^\circ$ 'den daha düşük bir temas açısı ıslanabilirliğin yüksek,  $90^\circ$ 'den büyük temas açısı ise, ıslanabilirliğin düşük olduğunu gösterir. Islanabilirlik, pürüzlülükle doğru orantılı olarak arttığından, adezyonun güçlendirilmesi için aderent yüzeyinin bağlanma öncesi pürüzlendirilmesi çok önemlidir.
- 4) **Düşük viskoziteli adezivler:** Adezivler, yeterince düşük viskozitede olmalıdır ve mevcut uygulama süresi içinde aderent yüzeyinin detaylarına yayılmasına imkan tanıyacak düzeyde akışkanlığa sahip olmalıdır.

- 5) **Faz ayrılmasına karşı direnç:** Bileşiminde uçucu özellikte çözücüler içeren adeziv sistemlerde, çözücünün hızla uzaklaşması, adezivde faz ayrılmasına neden olmaktadır. Faz ayrılmasına bağlı birçok problem tanımlanmış olsa da, asıl arayüz fazlarının ne olabileceği konusunda çok net bir görüş birliği bulunmamaktadır.

#### 2.4.2. Adeziv Sistemler

1955' te mine dokusunun asitle pürüzlendirilmesi ve ardından pürüzlendirilen yüzeylere rezin esaslı bir bağlayıcı ajanın uygulanması ile gündeme gelen adeziv sistemler, bu süreçte uzun yol kat ederek, operatif diş hekimliğini önemli ölçüde değiştirmiş, sağlam diş dokusunun korunmasını sağlayarak, retantif bir kavite oluşturmaya gerek kalmadan restoratif uygulamalar yapmaya olanak tanımıştır (83).

Mine ve dentine adezyon; etch&rinse (asidi yıkanan) tekniği ve self-etch (asidi yıkanmayan veya kendiliğinden asitli) tekniği olmak üzere iki farklı şekilde sağlanmaktadır (141, 142). Farklı yaklaşımlarına rağmen, her iki yöntemin de temel aldığı adeziv stratejiler, hem mine yüzeyinde mikro-retantif rezin taglarının geliştirilmesine, hem de dentin adeziv arayüzündeki interdiffüzyon zonun ya da hibrit tabakanın oluşturulmasına dayanmaktadır (143).

Diş hekimliğinde yaygın olarak yapılan tedavilerin çoğunda, geniş bir uygulama alanına sahip olan dental adezivlerin geliştirilmesinden faydalanılmıştır. Tüm direkt kompozit rezin restorasyonlar adezyon gerektirir (144). Bileşimlerine ve dizaynlarına bağlı olarak, indirekt restorasyonlar (inleyler, onleyler, veneerler, kronlar, postlar vb.) rezin esaslı yapıştırma simanı ile birlikte adeziv sistemlerin kullanılmasını gerektirir (145). Ek olarak, dental adeziv teknolojisi, fit ve fissür örtücülerde (146), endodontik obtürasyon materyallerinde, ortodontik apareylerin yapıştırılmasında (147), dişlerin splintlenmesinde (148) ve dentin aşırı duyarlılığın tedavisinde (149) kullanılmaktadır. Adeziv sistemler zayıflamış dentin veya mineyi güçlendirmeye yardımcı olur, mikro sızıntıyı azaltır ve uygun şekilde kullanıldığında postoperatif duyarlılığı azaltabilir. Ayrıca, dental adeziv sistemler, diş dokularının korunmasını teşvik eder, minimal veya hatta mikro invaziv diş hekimliği uygulamalarına olanak tanır (150).

Diş hekimliğinde adeziv teknolojisinin uygulanmasını öneren ilk kişi Dr. Michael Buonocore'dur (83). Buonocore, minenin fosforik asit ile pürüzlendirilerek adeziv rezinin penetre olabileceği mikro gözenekler oluşturulması ve bu gözeneklere penetre olan rezinin polimerizasyonu ile kilit yapının oluşturulması sonucu mikromekanik adezyonun elde edilebileceği teorisini ortaya koymuştur. Birkaç yıl sonra, bu teknolojiyi kullanan yeni pit ve fissür örtücüler ve kompozit rezin materyaller piyasaya sürülmüş ve klinik olarak kullanılmaya başlanmıştır (151). 1960'ların sonlarına doğru, Buonocore ayrıca dentin yüzeyine bağlanmanın da mümkün olabileceğini ileri sürmüştür (151). Daha sonra, diş dokularına güçlü ve dayanıklı bir adezyon sağlamak için çok sayıda adeziv sistem geliştirilmiştir.

#### **2.4.2.1. Birinci Nesil Adeziv Sistemler**

1965 yılında, dentindeki kalsiyumla şelat oluşturabilen ve suya dayanıklı bir kimyasal adezyon sağlayabileceği düşünülen yüzey aktif komonomeri Cervident, N-(2-hidroksi-3-metakriloksipropil)-N-fenilglisin (NPG-GMA) geliştirilmiş ve bu monomer "Birinci Nesil Adeziv Sistem" olarak kabul edilmiştir (27, 152). Bununla birlikte, bu sistem çok zayıf bir klinik performans sergilemiş ve *in vitro* bağlanma dayanıklılığı değerlerinin sadece 2-3 MPa olması hayal kırıklığı yaratmıştır (27, 153).

#### **2.4.2.2. İkinci Nesil Adeziv Sistemler**

1980'lerin başlarında fosfat-ester adeziv sistemleri geliştirilmiş ve bu sistemler "ikinci nesil dentin adezivleri" olarak sınıflandırılmıştır (Clearfil Bond/Kuraray, Osaka, Japonya; Scotchbond/3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD; Bondlite/Kerr Coop, Orange; Calif, ABD; Prisma Universal Bond/Dentsply Caulk, Milford, Del, ABD) (154). Bu sistemler, dentinin asitle pürüzlendirilmesini önermeyip, bağlanmayı, diş preparasyonu sırasında yüzeydeki en üst tabakada oluşan 1,0-2,0 µm kalınlığındaki smear tabakasındaki pozitif yüklü kalsiyum iyonları ile rezindeki negatif yüklü fosfat grupları arasındaki polar etkileşimine dayandırmıştır (153). Bu adeziv sistemlerdeki bağlanma dayanıklılığı da birinci nesile benzer şekilde (1MPa-5MPa), *in vivo* eşik olarak kabul edilen 10 MPa'nın altında bulunmuştur (155). Yapılan çalışmalar sonucunda, bu materyallerin klinik performansının, bizotaj ve

asitle pürüzlendirme gibi ek retantif uygulamalar olmadan kabul edilemeyeceği rapor edilmiştir (156, 157).

#### 2.4.2.3. Üçüncü Nesil Adeziv Sistemler

1980’lerde “Üçüncü Nesil Adeziv Sistemler” piyasaya sürülmüştür (154). Bu sistemlerde, ya dentin asitle pürüzlendirilerek smear tabakası uzaklaştırılmış, ya da smear tabakası asidik monomerler içeren bir primer ile modifiye edilerek, dentin tübüllerine rezinin nüfuz etmesi sağlanmıştır (158). Bu sınıfta yer alan Scotchbond 2 (3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD), smear tabakasını % 2,5 maleik asit, % 55 Hidroksietil metakrilat (HEMA) ve metakrilik asit ile muamele eden, Amerikan Diş Hekimleri Birliği tarafından "tam kabul" alan ilk adeziv sistemdir (157). Scotchbond 2, Gluma (Heraeus Kulzer Dental Products, South Bend, IN, ABD), Tenure (Den-Mat Corporation, Santa Maria, CA, ABD), Prisma Universal Bond 3 (Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD), Syntac (Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, ABD) ve XR-Bond(Kerr Corporation, ABD) gibi birkaç adezivin bağlanma dayanıklılığı ikinci nesil adezivlerden daha iyi bulunmuştur; ancak *in vitro* çalışmalarda istenilen performansı gösterememişlerdir (159, 160). Önceki nesillerle karşılaştırıldığında bu adeziv sistemler, retansiyon ve kenar adaptasyonu açısından daha iyi bir klinik performans göstermiş olmalarına rağmen, bazı yönlerinin geliştirilmeye muhtaç olduğu sonucuna varılmıştır (161, 162).

#### 2.4.2.4. Dördüncü Nesil Adeziv Sistemler

Smear tabakası, dentin geçirgenliğini azaltan bir "difüzyon bariyeri" olarak bilinmesine rağmen, aynı zamanda adeziv rezinlerin diş yüzeyine penetrasyonunu engelleyen bir bariyer görevi de görmektedir (163). Bu problemin üstesinden gelme çabası sonucunda, dördüncü nesil adeziv sistemler geliştirilmiştir (164). Bu sistemler üç klinik uygulama aşaması içerirler; 1) Fosforik asitle pürüzlendirme ve ardından suyla durulama(yıkama), 2) Etanol, aseton veya suda reaktif hidrofilik monomerler içeren primer uygulaması ve 3) Sıklıkla HEMA gibi hidrofilik moleküller ile birleştirilen Bis-GMA gibi hidrofobik monomerler içeren dolduruculu veya doldurucusuz adeziv rezinin uygulaması. Mine ve dentinin eş zamanlı olarak asitle pürüzlendirilmesini önerdiğinden, bu yaklaşım “total-etch” veya “etch&rinse” tekniği

olarak adlandırılmış ve o günden bu yana, mine ve dentine bağlanmada altın standart olarak kabul edilmiştir (141).

Asitle pürüzlendirme işlemi ile; smear tabakası uzaklaştırılır, dentin tübülleri açılır, dentinin geçirgenliği artırılır ve intertübüler ile peritübüler dentin dekalsifiye edilerek, adezyonun güçlendirilmesine katkıda bulunulur (165). Bununla birlikte, yüksek yüzey enerjili hidroksiapatit kristallerinin uzaklaştırılması, asitle pürüzlendirilip su ile durulandıktan sonra yapılan kurutma işlemi sırasında inorganik doku kaybı nedeniyle kollabe olan ve büzülen düşük yüzey enerjili bir kollajen ağ örgüsü bırakmaktadır (164, 165). Bir süre sonra, yapılan çalışmalarda, yüzey nemli olduğu zaman dentindeki kollajenlerin kollabe olmadığı ve adeziv rezinin daha iyi adapte olduğu ortaya konmuş ve nemli bağlanma (wet bonding) kavramı kabul edilmiştir (141, 166).

Üç aşamalı etch&rinse adeziv sistemlerin, ikinci klinik aşaması; primer uygulanmasıdır. Primer molekülleri hem hidrofilik hem de hidrofobik fonksiyonel gruplar içermektedir. Hidrofilik grup dentin yüzeyine, hidrofobik grup ise rezine karşı bir afiniteye sahiptir. Primer, yüzeyi nemlendirir ve kollajen liflerin arasına penetrasyonu artırır (154). Primer ayrıca dentinin yüzey enerjisini de artırır. Çünkü başarılı bir adezyon, düşük yüzey enerjili bir adeziv rezin ve yüksek yüzey enerjili bir yüzey gerektirmektedir (167). Daha sonra, uygulanan adeziv rezin, primer uygulanmış intertübüler dentine penetre olur ve primer ile birlikte polimerize edilerek, kollajen ve rezinin birlikteliği ile "hibrit tabaka" olarak adlandırılan bir yapı oluşur (165, 168). Bu nedenle adeziv sistemlerin dentine adezyon mekanizmasına "hibridizasyon" denmektedir ve bunu ilk tanımlayan kişiler Nakabayashi ve ark.'larıdır (169). Primer ve adeziv, ayrıca açık dentin tübülleri nüfuz edip, polimerize olduktan sonra mikromekanik bir kenetlenme ortaya koyar. Bu kategorideki ürünlere All-Bond® 2 (Bisco, ABD), OptiBond® FL (Kerr Corporation, ABD) ve Adper™ Scotchbond™ Multipurpose (3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD) örnek gösterilebilir. Daha önceki sistemlerle karşılaştırıldığında, bu adezivlerin bağlanma dayanıklılığı daha yüksektir (170) ve kenar sızıntıları da önemli ölçüde azaltılmıştır (171). Bununla birlikte, dördüncü nesil adezivler, çok sayıda şişe ve aşama içeren karmaşık ve titiz bir klinik uygulama gerektirdiğinden, bu alandaki çalışmalar daha kullanıcı dostu ve teknik duyarlılığı düşük adeziv sistemler geliştirme yönünde devam etmiştir.

#### 2.4.2.5. Beşinci Nesil Adeziv Sistemler

Üç aşamalı etch&rinse adeziv sistemleri basitleştirme çabaları, bazı aşamaları birleştirmeye odaklanmıştır. 1990'lı yılların ortalarında, neredeyse tüm dental üreticiler, primer ve adeziv rezinin tek bir şişede birleştirildiği (Excite, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein/ OptiBond® Solo Plus™, Kerr Corporation, ABD/ Prime and Bond® NT, Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD ve Adper™ Singlebond™, 3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD) "tek şişe adezivler" (one-bottle adhesives) olarak da adlandırılan beşinci nesil adeziv sistemleri piyasaya sürmüşlerdir. Bu sistemler, adeziv uygulamasından önce hala ayrı bir asitle pürüzlendirme işlemi gerektirmektedir (154). Bu sistemler kullanılarak yapılan bağlanma dayanıklılığı çalışmalarında çelişkili sonuçlar bulunmuştur. Bazı çalışmalar, dördüncü nesil üç aşamalı adezivlerinkine benzer sonuçlar bildirirken, bazıları ise teknik faktörlerden kaynaklandığı düşünülen daha düşük değerler bildirmiştir (172-174). Etch&rinse adezivlerin içindeki primer, kullanımlarını ve performansını etkileyen başlıca faktördür. Su/etanol esaslı adezivler uygulama hatalarını daha iyi tolere edebilirken, aseton esaslı adezivler nemli bağlanma tekniğinin hatasız şekilde uygulanmasını gerektirmektedir (175). Bu tekniğin kullanıldığı adeziv sistemlerin, günümüzde de kullanımlarına devam edilmektedir. Bununla birlikte, asitle pürüzlendirme, yıkama, optimum yüzey nemi elde etme ve rezin uygulama işlemleri bazı klinisyenler için günümüzde de klinik bir zorluk olmaya devam etmektedir.

#### 2.4.2.6. Altıncı Nesil Adeziv Sistemler

İlk olarak 1990'ların sonuna doğru, "self-etch adezivler" olarak da adlandırılan altıncı nesil adeziv sistemler, HEMA/su esaslı adezivlerin içindeki asidik monomerlerin miktarı artırılarak geliştirilmiştir. Mine ve dentini eş zamanlı olarak asitle pürüzlendiren asidik monomerler içerdiklerinden, ayrı bir etch&rinse aşamasına ihtiyaç duymazlar (176). Sonuç olarak, çözünmüş smear tabakası ve demineralizasyon ürünleri yıkanarak uzaklaştırılmadığından, adeziv rezine dahil edilirler (177, 178). Teorik olarak, bu yaklaşımda yetersiz rezin infiltrasyonu da önlenmiş olur. Yıkama ve kurutma işleminin ortadan kaldırılmasının, adezyonu olumsuz yönde etkileyebilecek aşırı ıslak bırakma ve aşırı kurutma olasılığını azalttığı bildirilmektedir (179). Ek olarak, self-etch adezivler her zaman asidik monomerleri iyonize etmek ve diş



dokusunun demineralizasyonunu tetiklemek için su içerir; bu da adezivlerin yüzey nemindeki değişikliklere daha az duyarlı olmalarını sağlar (142). Bu sistemlerde, smear tabakası adeziv uygulamalardan önce uzaklaştırılmadığından post operatif duyarlılığın azaldığı rapor edilmiştir (180).

Self-etch adezivler, asiditelerine (pH) ve bunun sonucu olarak agresifliklerine göre; hafif (pH  $\pm$  2), orta (pH 2,5) ve kuvvetli (pH  $\pm$  1) şeklinde sınıflandırılmıştır (177). Hafif self-etch adezivler, dentini yüzeysel bir şekilde demineralize eder, bir mikrondan daha ince hibrit tabaka oluşturur ve kollajen fibrillerinin çevresinde hidroksiapatit kristalleri bırakır. Kuvvetli self-etch adezivler, yüzeysel hidroksiapatiti çözer ve 3,0 -5,0  $\mu$ m kalınlığında hibrit tabakayla birlikte rezin taglar üretir. Orta düzeydeki self-etch adezivler, iki grup arasında bir morfolojik özellik gösterir. Hafif ve kuvvetli self-etch adezivlerin dentine bağlanma dayanıklılıklarının, altın standart olarak kabul edilen üç aşamalı etch&rinse adezivler ile kıyaslanabilir olduğu bildirilmiş olmasına rağmen, mineye adezyonları hala bir problem olmaya devam etmektedir (177). Günümüzde asidik primer ve adezivi karıştırdıktan sonra mine ve dentin yüzeyine uygulama veya önce primer, ardından adeziv uygulama gibi çeşitli kullanım yöntemleri bulunan, çok sayıda altıncı nesil self-etch adeziv sistem (örneğin; Clearfil<sup>®</sup> SE Bond, Kuraray, Japonya/ Simplicity<sup>™</sup>, Apex, Sandwich, IL, USA/ Adper<sup>™</sup> Prompt<sup>™</sup> L-Pop<sup>™</sup>, 3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD) bulunmaktadır.

#### 2.4.2.7. Yedinci Nesil Adeziv Sistemler

Klinik uygulamaların basitleştirilmesine yönelik yapılan diğer bir girişim ise, 2002'nin sonlarında tanıtılan; asitle pürüzlendirme, primer ve adeziv uygulama basamaklarının birleştirildiği “yedinci nesil adeziv sistemler”dir (180). Bu jenerasyon, aynı zamanda “tek aşamalı self-etch adezivler” veya “all-in-one” adeziv sistemler olarak da adlandırılmaktadır. Primer uygulanmış diş dokularına, ışıqla polimerize edilmiş, düşük viskoziteli bir adeziv rezin ile kompozit rezini birleştiren önceki adeziv sistemlerin aksine; all-in-one adezivler, kompozit rezine direkt olarak temas eden polimerize olmamış iyonik monomerler içerir (181). All-in-one adeziv sistemler en kullanıcı dostu yaklaşım olarak pazarlanmakla birlikte, yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda bu adeziv sistemler ile ilgili önemli eksikliklerin olduğu ortaya konmuştur. En önemli dezavantajlarından biri; dördüncü, beşinci ve altıncı nesil

adeziv sistemlerle karşılaştırıldığında daha düşük bağlanma dayanıklılığı değerleri göstermektedir (177, 182, 183). Ek olarak, all-in-one adezivlerin, mineyi pürüzlendirebilmek ve dentinin smear tabakasına nüfuz edebilmek için yeterince asidik ve yüksek derecede hidrofilik olmaları gerekir. Öte yandan yüksek hidrofiliteye sahip olmaları, geçirgen membranlar olarak davranmalarına ve adeziv rezin-dentin arayüzünde hidrolitik bozunmaya duyarlı olmalarına neden olur (184). Suyun tamamının uzaklaştırılmaması ve rezinin yetersiz polimerizasyondan dolayı all-in-one adezivlerde hibrit tabakada, “su ağaçları” (water trees) olarak adlandırılan retiküler desenli nano sızıntı alanları görülmektedir (185). Yüksek hidrofilik özellikli monomerlerdeki su ağaçları, su kanalları olarak işlev görebileceği için, adeziv rezin-diş ara yüzünün daha hızlı bozulmasına neden olabilmektedir (186). Bu nedenle, adeziv tabakadaki çözücü ve su miktarını azaltmak için bu adezivlerin uygulanmasının ardından havayla kurutma aşaması özellikle önemlidir. Bu adezivlerde, adeziv tabakasının kalın olmasının, bağlanma dayanıklılığını aşırı derecede azalttığı da bilinmektedir (187). Öte yandan, yüzeyi hava ile kurutma işlemi sırasında, adeziv tabakada yeterli mekanik özellik sağlayacak, uygun miktarda adeziv rezin kalması da sağlanmalıdır. Bu nedenle, önceki jenerasyonlarla karşılaştırıldığında klinik aşamalar basitleştirilmiş olsa da, bu adezivlerde yine de teknik hassasiyet gerekmektedir. HEMA içermeyen all-in-one adezivlerle ilgili diğer bir sorun, bu adezivlerdeki çözücülerin (örn: etanol veya aseton) aşamalı olarak buharlaşmasıyla tetiklenen ve diğer adeziv bileşenlerinden su ayrılmasıyla sonuçlanan "faz ayrılması"dır (188, 189). HEMA, yüksek hidrofilik özellik gösteren bir ajan olduğundan, suyun diğer adeziv bileşenlerden ayrılmasını önleyebilir ve bu sorunu çözmek için adezivlerin formülasyonuna eklenebilir (189). Bununla birlikte, HEMA'nın belli bir düzeyden fazla eklenmesi; dış ortamdan ve dentinden su emilimine karşı daha yüksek duyarlılığa, adeziv rezinlerin uzun süreli etkinliğini bozabilecek yetersiz polimerizasyona, gözenekli hidrojel oluşumuna ve ozmos gibi diğer problemlere neden olabilir (189, 190).

#### **2.4.2.8. Sekizinci Nesil Adeziv Sistemler**

Sekizinci nesil adeziv sistemlerde, self-etch adeziv sistemlerin bağlanma dayanıklılığını, stres absorpsiyonunu ve mekanik özelliklerini geliştirmek için, rezin

monomerlerinin penetrasyonunu ve hibrit tabakanın kalınlığını arttırmak amacıyla formülasyonlara nano doldurucular eklenmiştir (191, 192). Bu yeni self-etch adeziv sistemler, pürüzlendirilen mine yüzeyi tükürük veya nem ile kontamine olduğu zaman, kullanılmalarını sağlayan asidik ve hidrofilik monomerlere sahiptir (193). Ek olarak, nano partiküllerin de boyutsal değişiklikleri azaltan çapraz bağlar olarak etki etme eğiliminde oldukları iddia edilmiştir (192). Diğer yandan, bu adeziv sistemlerin *in vitro* ve *in vivo* sonuçları hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır.

#### 2.4.2.9. Üniversal Adeziv Sistemler

Üreticiler; daha hızlı, daha az teknik duyarlılık gerektiren, daha kullanıcı dostu adeziv sistemler sağlamak ve self-etch adeziv sistemlerin adezyon kapasitesini artırmak için, adeziv sistem teknolojisini geliştirmeye devam etmektedir (194). Bu amaçla, adeziv diş hekimliğindeki en son yeniliklerden biri, klinisyenlere etch&rinse ya da self-etch adeziv stratejilerinin kullanılıp kullanılmayacağına karar verme fırsatı veren, çok yönlü adeziv sistemlerin tanıtılmasıdır. Bu en yeni nesil dental adeziv ailesi, halihazırda var olan tek aşamalı self-etch adezivlerin "all-in-one" konsepti altında tasarlanmış halleridir ve "üniversal" veya "multi mod" adezivler olarak bilinir (191, 195, 196).

Uygulayıcılar, bu adezivleri klinik duruma göre, etch&rinse, self-etch veya selektif-etch modunda kullanılabilirler (197-199). Üniversal adezivlerin uzun dönem klinik performansı ile ilgili olarak henüz bir veri bulunmamaktadır (200). Bununla birlikte, bu yeni adezivlerin bağlanma dayanıklılıklarının farklı pürüzlendirme yöntemleri ile birlikte uygulaması ile ilgili *in vitro* çalışmalar mevcuttur (201, 202). Bu çalışmalarda genel olarak, asitle pürüzlendirme, mineye olan bağlanma dayanıklılığını artırırken; dentinde en yüksek bağlanma dayanıklılığı, asitle pürüzlendirme yapılmadan üniversal adezivlerin self-etch modunda uygulanması ile elde edilmiştir (194, 203-205). Mevcut veriler ışığında, klinik uygulamalarda üniversal adezivlerin mineye ve dentine adezyonunu optimize etmek ve dentindeki postoperatif hassasiyet riskini azaltmak için, sadece minenin asitle pürüzlendirildiği "selektif-etch" yöntemi önerilebilir (194).

Üniversal adezivler, sadece dentin ve minede değil, aynı zamanda zirkonyum, soy ve değersiz metaller, kompozitler ve çeşitli silika bazlı seramiklerde de bağlayıcı ajan olarak kullanılabilirler. Bu adezivler, geleneksel fonksiyonel monomere ek olarak fosfat monomeri (metakridiiloksidil dihidrojen fosfat [MDP]) ve silan içerir. Mevcut tüm üniversal adeziv sistemlerinde 10-MDP formu gibi fosfat esterleri, çözünmez Ca ++ tuzlarının oluşumu yoluyla metallere, zirkonyaya ve diş dokularına kimyasal olarak bağlanma gibi birçok olumlu özelliğe sahiptir. Bu nedenle, üniversal adezivler; silan, metal ve zirkonya primerleri gibi çeşitli ürünlerin kullanımını gerektirmeden bu yüzeylere bağlanmayı sağlayabilmektedir (198, 199).

Geleneksel etch&rinse adezivler, kusurlu amalgam restorasyonların tamiri için zaman alıcı ek yüzey uygulamaları gerektirdiğinden, amalgam restorasyonlarının 4-META monomeri içeren üniversal adezivler ile tamiri, klinik uygulamayı kolaylaştırmanın yanı sıra kompozit rezinlerin amalgam yüzeylerine daha iyi bağlanmaları için de yararlı olabilir (199, 206).

Ek olarak, üreticiler üniversal adezivlerin aynı zamanda hem direkt hem de indirekt restorasyonların bağlanması için kullanılabileceğini ve kimyasal, ışıkla ve dual polimerize olan rezin esaslı simanlarla ve metallere bağlanmada uyumlu olduklarını iddia etmektedir. Bununla birlikte, üniversal adezivlerin farklı aderentlere etkili şekilde bağlanma iddialarının, *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir.

## 2.5. Yaşlandırma Yöntemleri

Ağız ortamındaki bileşenler, dental restoratif materyallerin bozulmasına neden olarak erken dönemde başarısızlıklara yol açabilmektedir. Dental restorasyonların uzun ömürlü olabilmeleri için, ağızda buldukları süre boyunca restorasyonda kullanılan materyalin özelliklerinin bozulmaması kritik önem taşır. Kompozit restorasyonlara olan talebin artması sonucunda, kompozit rezinlerin ömrünü ve dayanıklılığını artırmak amacıyla, ağız ortamındaki koşullarda bu materyallerin özelliklerinin nasıl değiştiğinin anlaşılması için daha kapsamlı analizler yapılmaktadır (207).

Tükürük nedeniyle ağız ortamının nemli bir yapıya sahip olması, kompozit rezinlerin dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemektedir (208). Ayrıca, klinik olarak restorasyonlar, nefes alıp verme, yeme ve içme sırasında rutin olarak dinamik sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalmaktadır. Bu sıcaklık değişimleri, katı materyallerde rezidüel streslerin oluşumuna neden olmaktadır (15, 208). Bu nedenle, ağız ortamındaki zorlayıcı koşulların kompozit rezinlerin mekanik performansları üzerindeki etkileriyle ilgili çok sayıda araştırma yapılmaktadır (208).

İn vitro deneylerde restorasyonların yaşlandırılması işlemi, ağız koşullarını laboratuvar ortamına yansıtmayı ve intraoral koşulların materyallerde oluşturduğu değişiklikleri taklit etmeyi amaçlar. Yaşlandırma; mekanik, termal, kimyasal yöntemlerle veya bu yöntemlerin bir kombinasyonu olarak uygulanabilir (95). Restoratif materyallerdeki bozulmanın şiddetini etkileyen ana faktörler ise; maruz bırakılan sıcaklık ve yaşlandırma süresidir (207, 209). Literatürde, yapılan deneylerdeki yaşlandırma süreleri arasında büyük farklılıklar vardır ve çalışma süreleri; saatler, günler, 3-6 aylık veya daha uzun süreli periyotlar arasında değişmektedir (207).

Yapılan çalışmalarda, dental materyallerin mekanik davranışlarını değerlendirmek için ağız ortamını taklit eden çeşitli yaşlandırma yöntemlerinden yararlanılmaktadır (207).

### **2.5.1. Suda Bekletme ile Yaşlandırma (Water Ageing)**

Yapay yaşlandırma yöntemleri arasında en sık tercih edilenlerden biri, ağız boşluğundaki nemli ortamın etkisini, laboratuvar koşullarına uyarlamak için, bir haftadan bir yıla kadar değişen sürelerde, örnekleri 37°C'deki distile/deiyonize suda bekletme tekniğidir (210-212). Yakın zamanda gerçekleştirilen çalışmalarda ise, yaşlandırma solüsyonu olarak doğal veya yapay tükürük kullanılmıştır (207, 213).

### **2.5.2. Suda Kaynatma ile Yaşlandırma**

Örneklerin, 100°C'deki distile suda, değişik sürelerde kaynatılarak yaşlandırılması işlemidir. Suda kaynatma işlemi, kompozitteki termal ve hidrolitik bozulmayı hızlandırır. Bu yaşlandırma yönteminin ağız ortamında gerçekleştirilmesi

mümkün olmasa da, hidrolitik ve termal bozulmanın kombine etkisini oluşturmak ve hızlandırılmış yaşlanmayı simüle etmek amacıyla kullanılan zorlayıcı bir yöntem olarak kabul edilmektedir (19).

### **2.5.3. pH Döngüsü ile Yaşlandırma (pH Cycling)**

Ağız ortamındaki pH; dentin sıvısındaki asidik bileşenlere, bakteri metabolizmasına, tükürüğe ve yeme&içme alışkanlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Asit-baz uygulamaları, ağız içinde oluşan bu pH değişikliklerini taklit etmek ve bu değişikliklerin adeziv-dentin arayüzüne olan etkisini değerlendirmek için uygulanan bir yaşlandırma yöntemidir (214).

### **2.5.4. Mekanik Oklüzal Yükleme ile Yaşlandırma**

Çiğneme kuvvetlerinin yaptığı etkiyi taklit etmek amacıyla, örneklere statik veya dinamik kuvvetlerin belli bir frekansla döngüsel olarak uygulanması ile yapılan yaşlandırma yöntemidir (210, 215).

### **2.5.5. Ultraviyole (UV) Işık ile Yaşlandırma**

Örneklere belirli bir mesafeden UV ışığının uygulanması ile yapılan yaşlandırma yöntemidir. Bu yöntem sıklıkla, renklenme çalışmalarında kullanılmaktadır (216).

### **2.5.6. Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma**

Restoratif materyallerin, UV ışınlarına, neme ve sıcaklıktaki ani değişikliklere maruz kalması ile yapılan yaşlandırma yöntemine, “hızlandırılmış yapay yaşlandırma” (accelerated artificial aging) denir. 300 saatlik hızlandırılmış yapay yaşlandırma uygulamasının, yaklaşık olarak 1 yıllık klinik kullanıma eş değer olduğu bildirilmiştir. Bu yaşlandırma yöntemi de, genellikle renklenme çalışmalarında kullanılmaktadır (217).

### 2.5.7. Otoklav ile Yaşlandırma

Genellikle 2 bar basınç altında 134°C sıcaklık değerinde, nemli ortamda otoklav ile materyallerde yapılan yaşlandırma işlemidir (218). Otoklav ile yaşlandırma uygulaması daha çok zirkonyadaki düşük termal bozunmayı göstermek için kullanılmaktadır. 134°C' de 1 saatlik otoklav ile yaşlandırmanın *in vivo* olarak 3 ila 4 yıl klinik kullanım ile aynı etkiye sahip olduğu kabul edilmektedir (219, 220).

### 2.5.8. Sitrik Asite Daldırma ile Yaşlandırma

Kompozit rezinlerin sitrik asitle muamele edilerek yaşlandırılması çok sık uygulanan bir yaşlandırma yöntemi değildir. Asitli yiyecek ve içeceklerin etkilerinin taklit edilmesini sağlayan bir uygulamadır. Suda bekletme yöntemine benzer olarak, bu yöntemin de benzer şekilde doldurucu partiküllerin salınmasına neden olduğu bilinmektedir (19, 221). Bu yöntem daha çok eroziv etkilerin değerlendirildiği çalışmalarda tercih edilmektedir.

### 2.5.9. Döngüsel Termomekanik Yükleme ile Yaşlandırma (Termomekanik Yaşlandırma)

Termal siklus ve oklüzal mekanik yüklemenin birlikte kullanılması ile gerçekleştirilen yaşlandırma işlemidir. Bu yöntemde, belirli frekanslarda uygulanan farklı mekanik yüklerle eş zamanlı olarak, örneklere termal yaşlandırma işlemi de yapılmaktadır. Bu amaçla, çiğneme simülatörleri geliştirilmiştir. Termomekanik yaşlandırma, klinik koşulları yansıtan en etkili *in vitro* yöntemdir (222, 223).

### 2.5.10. Termal Siklus ile Yaşlandırma

1952'den beri diş hekimliği alanındaki araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılan termal siklusla (ısısal döngü) yaşlandırma işlemi, günümüzde en sık kullanılan yaşlandırma yöntemidir (15, 224). Bu sistem, restoratif materyallerin *in vivo* yaşlanmasını simüle etmek için kullanılır ve ağız ortamında meydana gelen termal değişiklikleri taklit etmek için sıcak ve soğuk su banyolarına tekrarlanan döngüsel maruziyetlerden oluşur (15, 225). Bu termal etki sonucunda, rezin ve diş arasındaki adeziv arayüzde oluşan stres sonucu bağlanma dayanıklılığı etkilenebilir (15, 226). Bu

durum, restorasyonun kenar bütünlüğünü etkileyebilir, aralık oluşumuna ve mikro sızıntıya neden olarak, sonrasında renklenmeye, kenar uyumunda bozulmaya, aşırı duyarlılığa ve pulpada patoloji gelişimine yol açabilir (15). Ağız ortamındaki termal siklus; genleşme ve büzülme stresleri üreterek, diş yüzeyi ve restoratif materyal arasında tahrip edici streslere yol açabilir (227, 228). Birçok çalışmada, termal siklusun, adeziv tipine bağlı olarak mine ve dentine olan bağlanma dayanıklılığını azalttığı gösterilmiştir (227-229).

Dental restoratif materyallerin uzun süreli klinik performansı hakkında yorum yapabilmek için gerçekleştirilen “termal siklus”la yaşlandırma uygulamalarında; sıcaklık, bekleme süresi ve siklus sayısı, uygulamanın sonuçlarını etkileyen 3 önemli ana faktördür (15).

#### **2.5.10.1. Sıcaklık**

Gerçek hayatta ağız ortamındaki sıcaklık değişimleri son derece dinamiktir, bu nedenle ağız fizyolojisine en yakın sıcaklık aralığını tanımlamak çok zordur (15). Çalışmalarda çeşitli sıcaklık değerleri ve banyo süreleri kullanılmasına karşın, 5-55 °C’lik sıcaklıklar, fizyolojik duruma en yakın değerler olarak kabul edilmektedir (208, 230).

Termal siklus ile yapılan yapay yaşlandırmada sıcaklığın etkisi iki şekilde görülür. Birinci etki, sıcak suyun korunmamış kollajenin hidrolizini hızlandırması ve zayıf polimerize olmuş rezin oligomerlerini uzaklaştırması şeklindedir. Sıcaklığa bağlı olarak oluşan ikinci etki ise, restoratif materyalin diş dokusuna kıyasla daha yüksek termal büzülme/genleşme katsayısına sahip olmasından dolayı, diş materyal arayüzünde tekrarlayan büzülme/genleşme streslerinin oluşmasıdır. Bu durum, bağlanma arayüzeyi boyunca yayılan çatlaklara neden olabilir, oluşan boşluklarda patolojik sıvıların akışına neden olabilir ve sonuç olarak restorasyonun klinik performansını olumsuz yönde etkileyebilir (15).

#### **2.5.10.2. Bekleme Süresi**

Bekleme süresi, örneklerin belirli bir sıcaklıktaki su tanklarında beklediği süredir. Sıcak veya soğuk yiyecek ve içecek tüketiminden sonra, ağız ortamının



normal sıcaklığına tekrar ulaşması için gereken süreye karşılık gelmektedir. Ne yazık ki, yapılan çalışmalarda bekleme sürelerinin seçiminin isteğe bağlı gerçekleştiği görülmektedir ve bekleme süresinin sonuçlara etkisi açık bir şekilde tespit edilmemiştir (15).

### 2.5.10.3. Siklus Sayısı

En büyük problem, ağız ortamındaki 1 yıllık fizyolojik yaşlanmaya karşılık gelen döngü sayısını tahmin etmektir. *In vivo* olarak, birim zaman başına düşen termal siklus sayısı hakkında henüz bir rapor bulunamamıştır. Son 15 yılda yayınlanan deneysel çalışmalarda kullanılan döngü sayıları, 100 ve 100.000 siklus arasında değişmiştir (15). Ancak literatür incelendiğinde, birçok çalışmada, 10.000 siklusun, ağız ortamındaki 1 yıllık fizyolojik yaşlanmaya tekabül ettiği ilkesinin benimsendiği görülmektedir (15, 20, 231, 232).

Güvenilir bir yaşlandırma uygulaması için termal siklus işleminin en az 500 siklus frekansında yapılması önerilmiştir (233). Bu frekansın aşıldığı çalışmalarda, bağlanma dayanıklılığında anlamlı düzeyde azalmalar olduğu görülmüştür (228).

## 2.6. Bağlanma Dayanıklılık Testleri

Diş hekimliğinde, adeziv teknolojisi alanında son yıllarda birçok gelişme kaydedilmiştir. Üreticiler; kullanım kolaylığı, adeziv kompozisyonunda artış ve adezivlerin diş yapısına bağlanma dayanıklılığında gelişme gibi iddialarla yeni adeziv sistemleri tanıtmaya devam etmektedir. Bu iddiaları test etmek ve adeziv sistemlerin bağlanma etkinliğini değerlendirmek için “bağlanma dayanıklılık” testleri gerçekleştirilmektedir (228).

Bağlanma dayanıklılığı; laboratuvar yöntemleriyle veya klinik performansın değerlendirilmesi ile ölçülebilir. Laboratuvarda gerçekleştirilen *in vitro* bağlanma dayanıklılık test yöntemleri, statik ve dinamik testler olmak üzere ikiye ayrılır. Statik testlerde, örnek sabit tutulurken yük uygulanır, dinamik testlerde ise örnek dinamik durumdadır. Statik testler, bağlanma alanının büyüklüğüne göre; makro ve mikro testlere ayrılır. Makro bağlanma dayanıklılık testleri, bağlanma alanı 3 mm<sup>2</sup>'den büyük olduğu durumda uygulanır. Mikro bağlanma dayanıklılık testlerinde ise; test edilen bağlanma alanı yaklaşık 1 mm<sup>2</sup> veya çok daha küçüktür (228, 234).

## **2.6.1. Makro Test Yöntemleri**

### **2.6.1.1. Makro Kesme Bağlanma Dayanıklılık Testi (Macro-Shear Bond Strength Test):**

Makro kesme bağlanma dayanıklılık testi, yeni adeziv formülasyonlarının bağlanma etkinliğini değerlendirmek için en yaygın kullanılan testtir. Bu test yöntemi ilk olarak 1965 yılında Bowen tarafından tanımlanmıştır. Makro kesme bağlanma dayanıklılık testi, kesme yöntemiyle kuvvet uygulanan bir materyalin başarısız olmadan önce dayanabileceği maksimum stres olarak tanımlanır. Bir kesme bağlanma dayanıklılık testinde, iki materyal bir adezivle birleştirilir ve kırılma meydana gelene kadar kuvvet uygulanır. Makro kesme bağlanma dayanıklılık testi, bağlanma uygulamasından sonra başka bir işleme gerek duyulmadığından, çok kolay ve hızlı bir yöntemdir. Bu durum, makro kesme bağlanma dayanıklılık testlerinin araştırmacılar için popülerliğini artırmaktadır. Bununla birlikte, bu test yöntemi ile, sıklıkla karşılaşılan koheziv başarısızlıklar gerçekleştirilen ölçümlerin geçerliliğini ve güvenilirliğini olumsuz etkilemektedir (228).

### **2.6.1.2. Makro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Macro-Tensile Bond Strength Test):**

Makro gerilim bağlanma dayanıklılık testi, oldukça az kullanılan bir testtir. Genellikle, simanların seramik ve metal alaşımlar gibi diğer sert materyallere bağlanma dayanıklılığını belirlemek için kullanılır. Stres dağılımı, makro gerilim bağlanma dayanıklılığı testlerinde kesme bağlanma dayanıklılık testlerine göre daha standart kabul edildiğinden; bu yöntem, bağlanmada kırılmayı başlatan stres seviyesinin daha doğru olarak tahmin edilmesini sağlar. Bir makro gerilim bağlanma dayanıklılığı testinde, kuvvet test örneklerinin her iki tarafına uygulanır. Gerilim testlerinde, örneklerin bağlanma arayüzünün kuvvet eksenine dik olarak hizalanması çok önemlidir. Aksi takdirde, bükülme stresleri gelişecektir. Bu nedenle, test örneği aktif veya pasif tutma yaklaşımları ile mekanik test makinelerine bağlanmalıdır (228).

## 2.6.2. Mikro Test Yöntemleri

### 2.6.2.1. Mikro Kesme Bağlanma Dayanıklılık Testi (Micro-Shear Bond Strength Test):

Mikro kesme bağlanma dayanıklılık testi 2002 yılında tanıtılmıştır ve küçük diş alanlarının test edilmesini sağlar. Test, farklı yüzeylerin derinlemesine bir profilini ve aynı dişten çok sayıda örneğin hazırlanmasını sağlar (228). Mikro kesme bağlanma dayanıklılık testleri; mikro gerilim bağlanma dayanıklılık testleri gibi zorlu test koşullarına dayanamayan cam iyonomerlerin veya mine dokusu gibi kırılma aderentlerin test edilmesinde kullanılabilir (228).

### 2.6.2.2. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi ( $\mu$ GBD) (Micro-Tensile Bond Strength Test):

Bu test yöntemi ilk olarak 1994 yılında, Sano ve ark. tarafından geliştirilmiştir (228, 234). Bu yöntemin avantajları; bölgesel farklılıkların daha iyi kontrol edilmesi, dişlerin daha ekonomik kullanımı ve stresin arayüzde gerçeğe en yakın şekilde dağılmasıdır. Tekniğin en büyük avantajı, koheziv hataları en aza indirerek, adeziv bağlanma hatalarının daha doğru elde edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bununla birlikte,  $\mu$ GBD yönteminin, adeziv uygulama aşamasından sonra daha fazla işlem gerektirmesi, testin zorlaşmasına, teknik hassasiyet gerektirmesine ve daha küçük hazırlanan test örneklerinin dehidrasyonuna neden olmaktadır. Ek olarak,  $\mu$ GBD yönteminin dezavantajlarına; 5 MPa'dan daha düşük bağlanma dayanıklılığını ölçmede zorluk, uygun geometride örneklerin üretilmesinin zor olması ve örneklerin kolay hasar görmesi eklenebilir (228).

Mikro gerilim bağlanma dayanıklılık testi için örnek hazırlama işlemlerinde, "trimlenmiş" veya "trimlenmemiş" mikro örnek şekilleri kullanılabilir. Çubuk şeklindeki trimlenmemiş örnekler; daha az zarar gördüğü, daha kolay ve daha doğru bir şekilde hazırlanabildiği için genelde kırılma mine örneklerinde tercih edilir. Kum saati şeklinde trimlenen mikro örnekler, arayüzde daha iyi stres konsantrasyonu sağlar (228, 235). Bununla birlikte, trimleme dikkatli bir şekilde yapılmazsa, mekanik stresi ve yıpranmayı tetikleyerek diş yapısında ve adeziv arayüzde bozunmalara neden olabilir. Sonuç olarak, erken kırıklara ve bağlanma dayanıklılığının gerçekte

olduğundan daha düşük olmasına yol açabilir. Ek olarak,  $\mu$ GBD test sonuçlarını etkileyebilecek; örnek-jig bağlantısı, örnek yükleme hızı ve örnek hizalaması gibi başka faktörler de bulunmaktadır. Bu nedenle, test kurulumu sırasında tüm bu parametreler standardize edilmelidir (228).

$\mu$ GBD testinde sıkça görülen bir diğer problem, test öncesi başarısızlık görülebmesidir (228, 236). Genel olarak, yüksek  $\mu$ GBD'ı gösteren adezivler bu test öncesi başarısızlıklarından muzdarip değildir. Bu tür başarısızlıkların oluşmasını önlemek için, mikro örnekler travmatik şekilde hazırlanmalı ve kesme işlemi sırasında plakalar arasındaki boşluğu doldurmak için aljinat, alçı ve mum kullanımı gibi özel önlemler alınmalıdır (228).

### **2.6.3. Bağlanma Dayanıklılığı Ölçümünü Etkileyen Faktörler**

#### **2.6.3.1. Yüzeyle İlgili Faktörler**

- Yüzeyin kaynağı ve türü
- Yüzeyin durumu
- Dentin derinliği
- Mine prizmaları ve dentin tübüllerinin oryantasyonu
- Pulpal basınç
- Depolama ortamı ve süresi (228)

#### **2.6.3.2. Örnekle İlgili Faktörler**

- Örneğin boyutu
- Örneğin şekli
- Resin kompozitin elastisite modülü
- Operatörün becerisi
- Termal siklus ve mekanik yükleme (228)

### 2.6.3.3. Test Mekanikiyle İlgili Faktörler

- Yükleme cihazının konfigürasyonu
- Kafa hızı
- Cihazın ayarları (228)



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

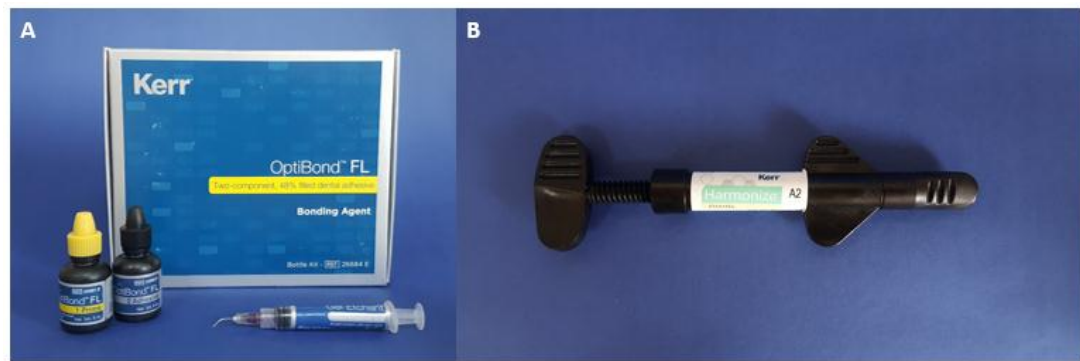
Bu *in vitro* çalışmada, kompozit tamirinde farklı yaşlandırma sürelerinin ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin ve  $\mu$ GBD'ına etkisi karşılaştırılmış, hazırlanan yüzeyler tarama elektron mikroskobu (SEM) ile değerlendirilmiştir.

#### 3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmada kullanılan materyaller Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Çalışmada kullanılan materyaller.

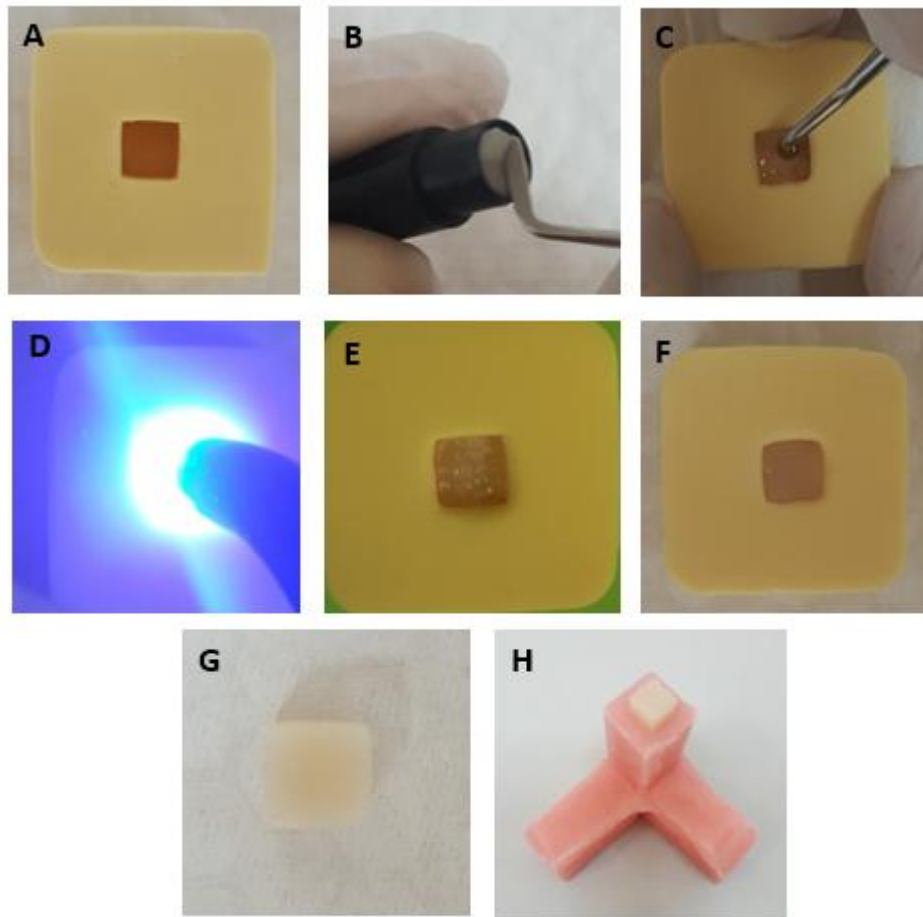
Materyal adı	Üretici firma	İçerik
<b>Harmonize Nanohibrit Üniversal Kompozit</b>	Kerr Corporation, Orange, ABD (#6382541)	2,2'-etilendioksietil dimetakrilat, 3-trimetoksisililpropil metakrilat, Poli (oksi-1, 2-etandiil), $\alpha, \alpha'$ - [(1-metiletiliden) di-4,1-fenilen] bis [ $\omega$ - [(2- metil-1-okso-2-propen-1-il) oksi]
<b>OptiBond FL Bonding Ajan</b>	Kerr Corporation, Orange, ABD (#6521399)	Asit:% 37,5 fosforik asit. Primer: HEMA, 2- [2- (metakriloksi) etoksikarbonil] benzoik asit, GPDM, etanol, su, foto-başlatıcı Bond: HEMA, 3-trimetoksisililpropil metakrilat, 2-hidroksi-1,3-propandiyl bismetakrilat, alkali florosilikatlar (Na), foto-başlatıcı



**Şekil 3.1.** Çalışmada kullanılan materyaller: A) OptiBond FL Adeziv Sistem B) Harmonize Nanohibrit Üniversal Kompozit Resin.

### 3.2. Örneklerin Hazırlanması

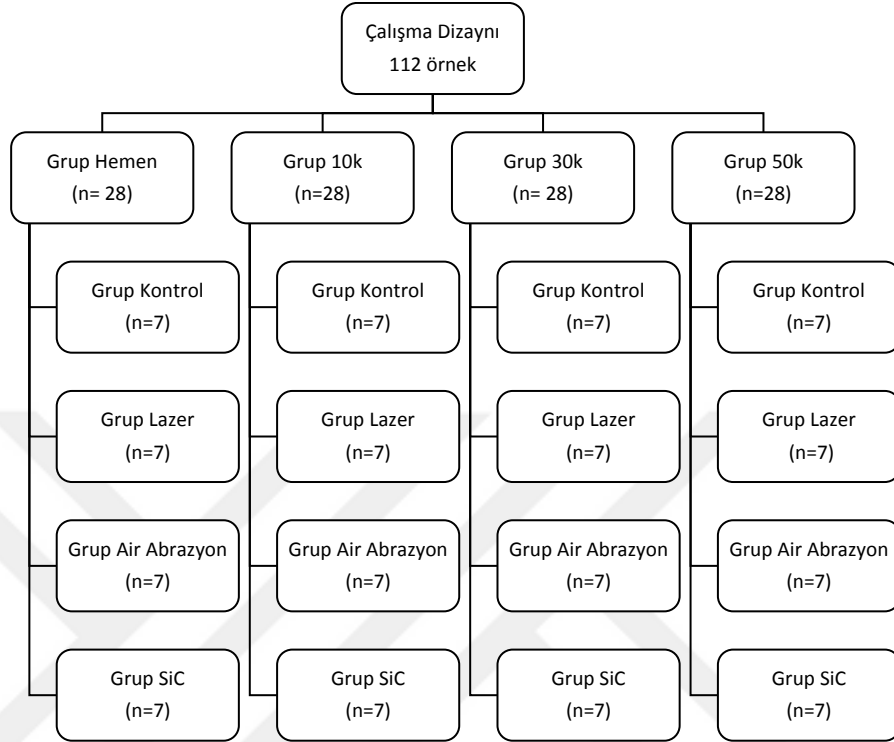
Çalışmada; silikon kalıplar yardımıyla, Harmonize Üniversal Kompozit Resinin (Kerr Corporation, Orange, ABD) A2 mine rengi kullanılarak, 8x6x6 mm boyutunda 28 adet, 4x6x6 mm boyutunda 84 adet kompozit blok, üretici firma önerilerine göre 2 mm'lik tabakalar halinde yerleştirilerek elde edilmiştir. Her tabaka, 20 sn süreyle ışık yoğunluğu 1000 mW/cm<sup>2</sup> olan bir LED (Light-Emitting-Diode) ışık cihazı (Woodpecker LED-E, Woodpecker, Beijing, Çin) kullanılarak polimerize edilmiştir (Şekil 3.2.).



**Şekil 3.2.** Örneklerin hazırlanması: A) Örneklerin yapımında kullanılan silikon kalıp B-C) Kompozit rezinin silikon kalıba yerleştirilmesi D) Kompozit rezinin polimerizasyonu E) İlk kompozit tabakasının yerleştirilmiş hali F) İkinci kompozit tabakasının yerleştirilmiş hali G) Silikon kalıptan çıkarılan kompozit örnek H) Kompozit örneğin akrile gömülmüş hali.

### 3.2.1. Çalışma Grupları

Çalışma dizaynı ve test grupları Şekil 3.3.'te belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma dizaynı ve test grupları.

Hazırlanan örnekler yaşlandırma sürelerine göre, kendi içlerinde 4 ana gruba ayrılmıştır (n=28).

**Grup Hemen:** Pozitif kontrol grubu olarak kullanılan bu örneklere herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

**Grup 10K:** Bu gruptaki örneklere 1 yıllık klinik kullanımı taklit edecek şekilde, 10.000 kez termal siklus uygulanmıştır.

**Grup 30K:** Bu gruptaki örneklere 3 yıllık klinik kullanımı taklit edecek şekilde, 30.000 kez termal siklus uygulanmıştır.

**Grup 50K:** Bu gruptaki örneklere 5 yıllık klinik kullanımı taklit edecek şekilde, 50.000 kez termal siklus işlemi uygulanmıştır.



Tüm termal siklus uygulamaları, standart bir termal siklus cihazında (Modental, Esetron Mekatronik, Türkiye) 5-55 °C’de, bekleme süresi 20 sn, transfer süresi 10 sn olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4.).



**Şekil 3.4.** Termal siklus cihazı.

Yaşlandırma işlemi uygulanmayan ve termal siklusla yaşlandırılan tüm örnekler, farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre 4 alt gruba ayrılmıştır (n=7).

**a) Grup Kontrol (8x6x6 mm)**

Herhangi bir yüzey hazırlama uygulaması yapılmayan kontrol grubudur.

**b) Grup Lazer (4x6x6 mm)**

Bu gruptaki örneklerin yüzeylerine, bir Er,Cr:YSGG (Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet) lazer cihazı (Waterlase MD, Biolase Technology Inc., San Clemente, CA., ABD) kullanılarak demet çapı 500 mikron olacak şekilde, yüzeye 3 mm mesafeden bir silindirik kuvars uç (MX5) kullanılarak 30 sn süreyle, 5W, 20 Hz, % 70 hava ve % 60 su parametreleri ile yüzey hazırlama işlemi uygulanmıştır (Şekil 3.5.).

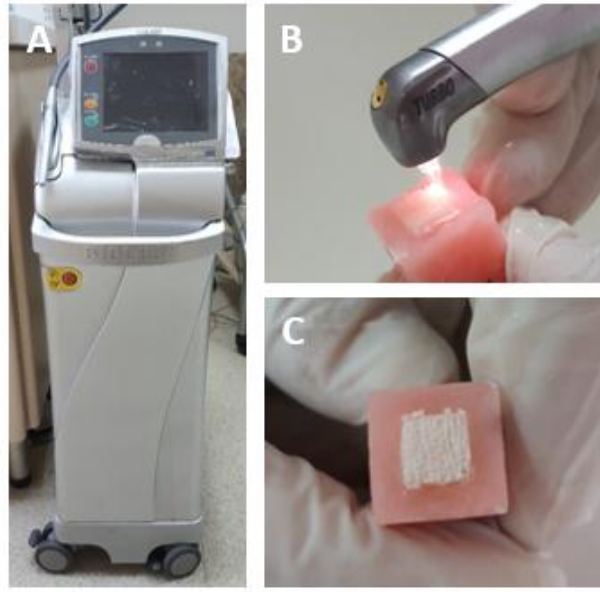
**c) Grup Air Abrazyon (4x6x6 mm)**

Bu gruptaki örneklerin yüzeylerine, bir air abrazyon cihazı (PrepStart, Danville Materials, San Ramon, CA., ABD) ile el aleti yüzeye dik olacak şekilde, 50 µm büyüklüğünde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri kullanılarak, 120 psi

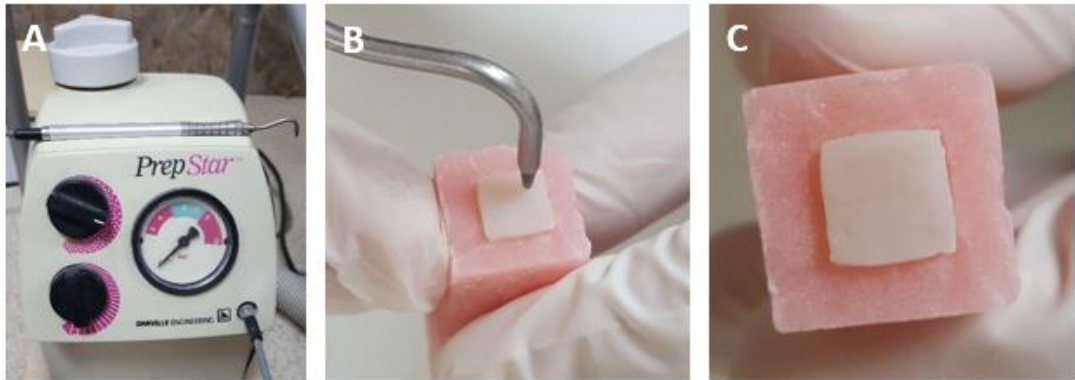
basınç altında, 5 mm mesafeden, 30 saniye süreyle yüzey hazırlama işlemi uygulanmıştır (Şekil 3.6.).

**d) Grup SiC (4x6x6 mm)**

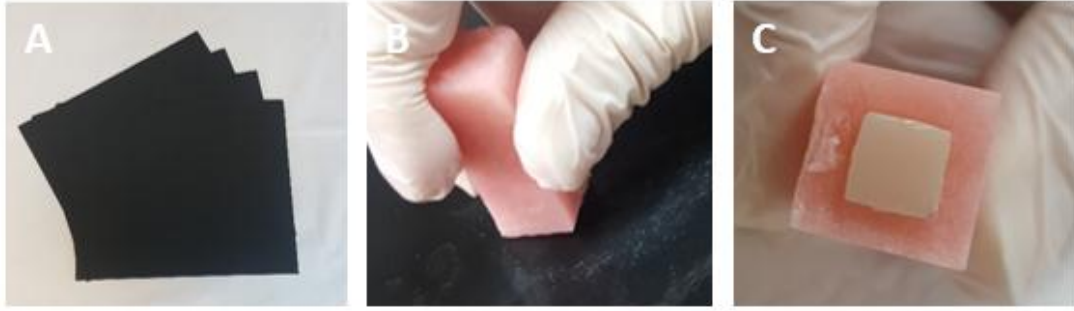
Bu gruptaki örneklere 600 gridlik silikon karbit (SiC) kağıtlarla, akan su altında yüzey hazırlama işlemi uygulanmıştır (Şekil 3.7.).



**Şekil 3.5.** Er,Cr:YSGG lazer ile yüzey hazırlama işlemi uygulanan lazer grubu: A) Lazer cihazı B) Lazer ile yüzey hazırlama işlemi yapılması C) Lazer ile yapılan yüzey hazırlama işleminin görüntüsü.



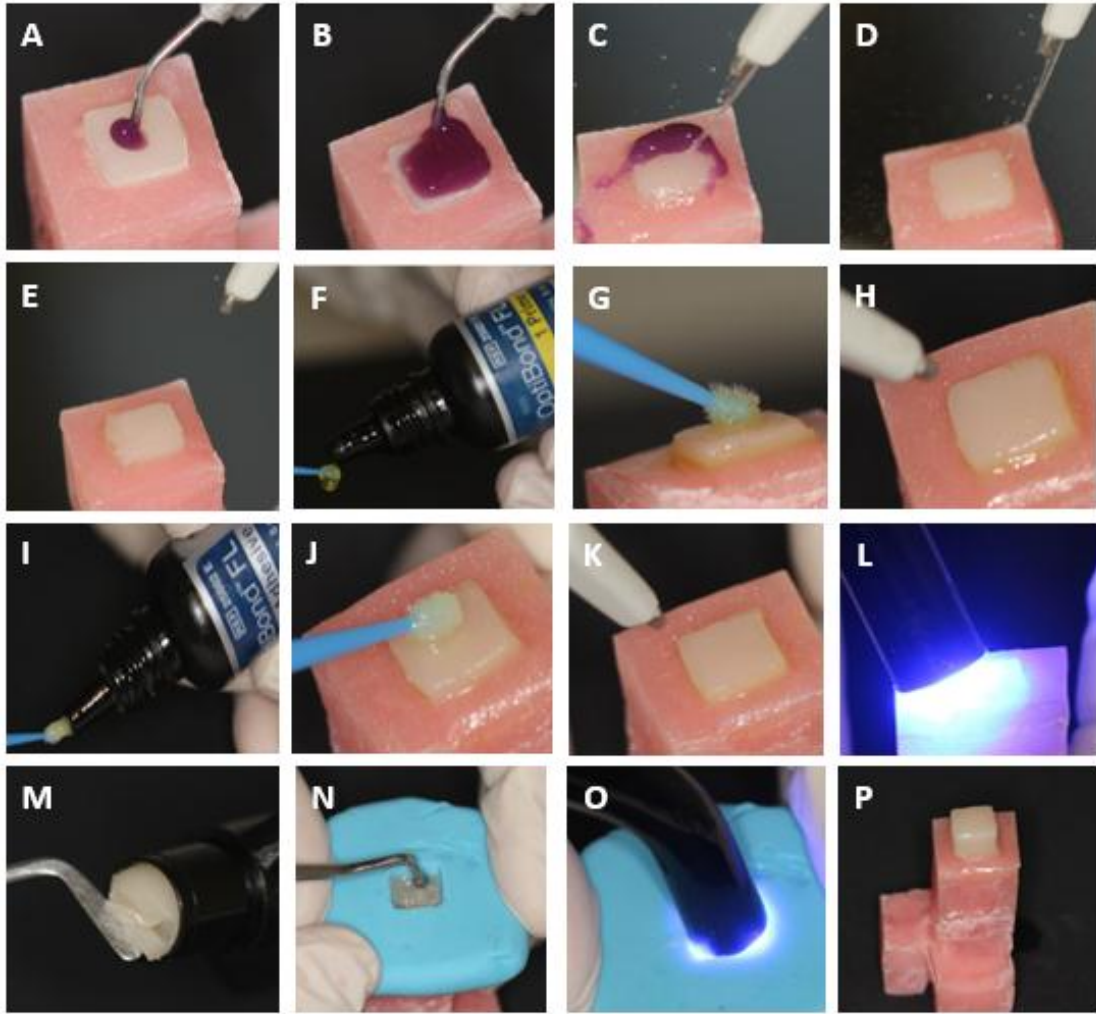
**Şekil 3.6.** Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> parçacıkları kullanılarak yüzey hazırlama işlemi yapılan air abrazyon grubu: A) Air abrazyon cihazı B) Air abrazyon yöntemiyle yüzey hazırlama işlemi yapılması C) Air abrazyonla yapılan yüzey hazırlama işleminin görüntüsü.



**Şekil 3.7.** Silikon karbit kağıtla yüzey hazırlama işlemi yapılan grup: A) Çalışmada kullanılan 600 gridlik SiC kağıtlar B) SiC kağıtlarla akan su altında yüzey hazırlama işlemi yapılması C) SiC kağıtla yapılan yüzey hazırlama işleminin görüntüsü.

### 3.2.2. Test Örneklerine Tamir İşleminin Uygulanması

Farklı yüzey hazırlama işlemi uygulanan kompozit örnekler arasında, her gruptan 6 örnek, 1mm'lik kısmı açıkta kalacak şekilde, silikon kalıplar kullanılarak pembe akril içerisine gömülmüştür. Daha sonra, 4x6x6 mm boyutlarındaki örneklerin yüzeyi öncelikle %37,5 fosforik asitle (Gel Etchant, Kerr, ABD) 15 sn pürüzlendirilip, hava su spreyi ile yıkanmıştır. Sonrasında, yüzeylere etch&rinse adeziv ajan (Optibond FL, Kerr, ABD), üretici firma önerilerine göre uygulanmıştır. Bu amaçla, örnek yüzeylerine öncelikle primer 15 sn ponpon fırça ile ovalayarak uygulanmış, 5 sn hava ile kurutulmuştur. Ardından, bonding ajan, 15 sn süreyle ovalayarak uygulanmış, 3 sn hava ile kurutulmuş, sonrasında 20 sn süreyle LED ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Adeziv uygulanan yüzeylere, silikon rehberler kullanılarak 4x6x6 mm boyutlarında olacak şekilde, aynı kompozit rezinle (Harmonize Universal Composite, Kerr, ABD), iki tabaka halinde tamir işlemi yapılmıştır (Şekil 3.8.). 8x6x6 mm boyutlarındaki örneklere herhangi bir yüzey hazırlama işlemi uygulanmamış, o örnekler tamir uygulanmayan kontrol örnekleri olarak kullanılmıştır. Tüm örnekler, µGBD testi için kompozit çubukların elde edilmesi sürecinde distile su içerisinde bekletilmiştir.



**Şekil 3.8.** Örnek yüzeyine etch&rinse adeziv ajan uygulanması ve yüzeye tamir kompozitinin uygulanması: A-B) Yüzeye asit uygulanması C-D) Asitin suyla yıkanması E) Yüzeyin kurutulması F) Primerin ponpon fırçaya damlatılması G) Primerin örneğe uygulanması H) Primerin havayla kurutulması I) Bondun ponpon fırçaya damlatılması J) Bondun örneğe uygulanması K) Bondun havayla kurutulması L) Adezivin ışık cihazıyla polimerize edilmesi M) Kompozit resinin ağız spatülüyle alınması N) Silikon kalıp yardımıyla kompozit resinin adeziv uygulanan yüzeye 2mm'lik tabakalar halinde yerleştirilmesi O) Kompozit resinin ışıkla polimerizasyonu P) Tamir kompoziti uygulanan örneğin görüntüsü.

### 3.3. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi

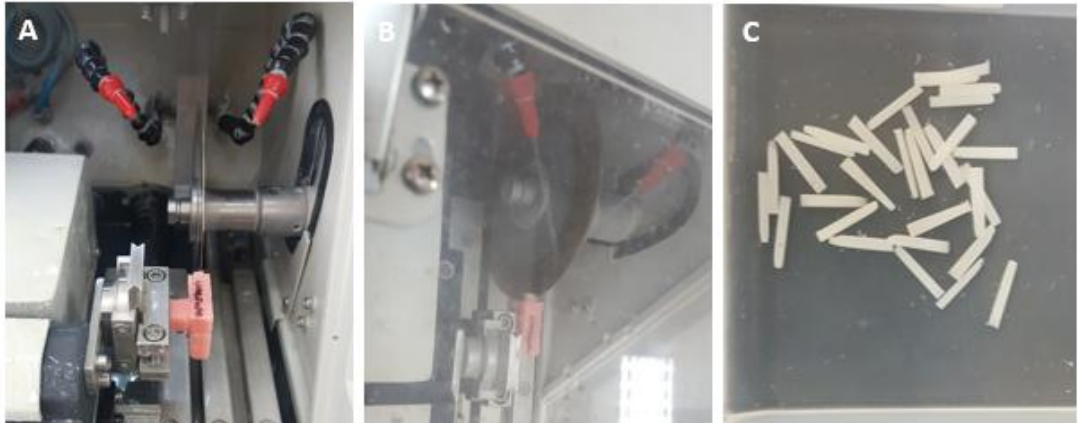
#### 3.3.1. Kompozit Çubukların Elde Edilmesi

Örnekler, akrilden oluşturulan çıkıntılar ile bir kesim cihazına (Microcut 201, Metkon, Türkiye) (Şekil 3.9.) sabitlenmiştir. Milimetre ayarı yapılabilen kesim cihazında, su soğutması altında elmas testere ile, bağlanma arayüzüne dik olarak,

düşük hızda (300 RPM), 1 mm arayla 5 vertikal kesim yapıldıktan sonra, kalıbın pozisyonu 90 derece çevrilerek, aynı şekilde 5 kesim daha yapılmış ve 1x1x8 mm boyutlarında kompozit çubuklar elde edilmiştir. Her örnekten 5'er çubuk rastgele seçilerek, her gruptan  $\mu$ GBD testi için toplam 30 kompozit çubuk elde edilmiştir (Şekil 3.10.).



Şekil 3.9. Kesit alma cihazının fotoğrafı.



Şekil 3.10. Kesit alma işlemi: A) Kesiti alma cihazına yerleştirilen örneğin fotoğrafı B) Kesit alma cihazının çalışırken fotoğrafı C) Elde edilen 1x1x8 mm boyutlarındaki kompozit çubuklar.

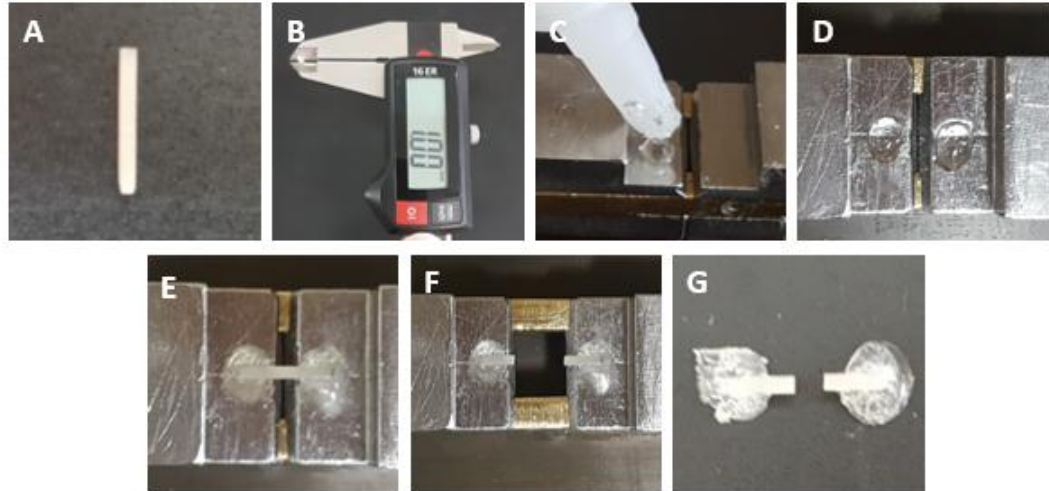


### 3.3.2. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testinin Uygulanması

$\mu$ GBD testi öncesi, her kompozit çubuğun adeziv arayüzey alanı bir dijital kumpas (MarCal 16ER, Mahr, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Örnekler, siyanoakrilat yapıştırıcı (Pattex 2K Aktivatörlü Hızlı Yapıştırıcı, Henkel, Türkiye) ile mikro gerilim test cihazının (Micro Tensile Tester, Bisco, ABD) test aparatına yapıştırılmıştır (Şekil 3.11.). 480 adet kompozit çubuğa, kopma gerçekleşene kadar, 50 Kilogram (kgf) yük altında, 1,0 mm/dk kafa hızında  $\mu$ GBD testi uygulanmıştır (Şekil 3.12.). Örneklerin kırılması için gerekli olan kuvvet, Newton cinsinden kaydedilmiş ve Mega Paskala (MPa) çevrilmiştir.



Şekil 3.11. Mikro gerilim bağlanma dayanıklılık test cihazı.



Şekil: 3.12.  $\mu$ GBD testinin uygulanması: A) 1x1x8 mm boyutlarında kompozit çubuk B) Örneğin yüzey alanının dijital kumpas ile ölçülmesi C-D) Siyanoakrilat yapıştırıcının mikro gerilim test cihazının aparatına uygulanması E) Kompozit çubuğun cihazda yapıştırıcının üzerine yerleştirilmesi F)  $\mu$ GBD testi sonucu oluşan kırılma G) Kırılan örneğin görüntüsü.

### 3.3.3. Kırılma Tiplerinin Analizi

$\mu$ GBD testi uygulanan örneklerin kopma yüzeyleri; kırılma tipini belirlemek için bir stereomikroskopta (Olympus SZ2-LGB, Tokyo, Japonya) (x10) incelenmiştir.

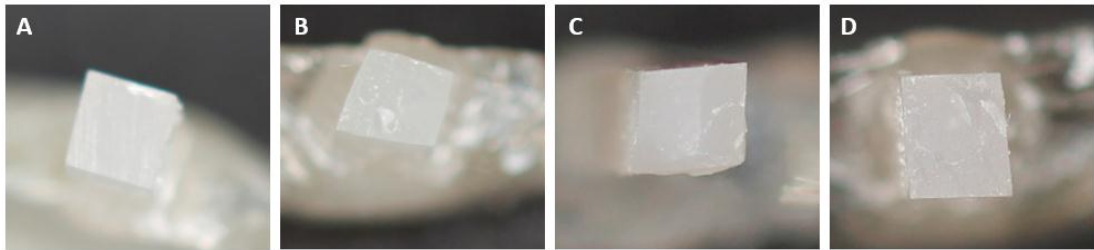
Kırılma tipleri:

**Adeziv:** Adeziv rezinde başarısızlık,

**Karma:** Adeziv rezinde ve kompozit rezinde karma (mixed) başarısızlık,

**Birinci Kompozitte Koheziv (1.k Koheziv):** Tamir edilen birinci kompozit rezinde koheziv başarısızlık,

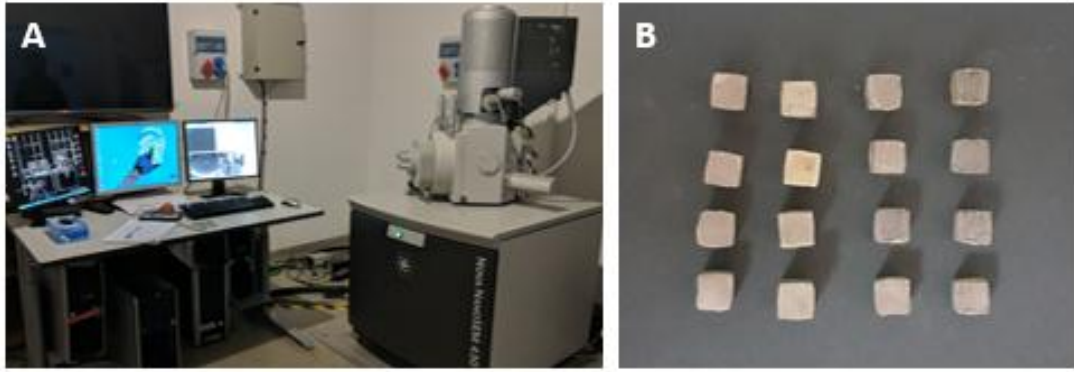
**İkinci Kompozitte Koheziv (2.k Koheziv):** Tamir materyali olarak uygulanan ikinci kompozit rezinde koheziv başarısızlık olarak sınıflanmıştır (Şekil 3.13.).



**Şekil 3.13.** Kırılma tipleri: A) Adeziv rezinde başarısızlık B) Karma (adeziv rezinde ve kompozit rezinde) başarısızlık C) Birinci kompozitte koheziv başarısızlık D) İkinci kompozitte koheziv başarısızlık.

### 3.4. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

Yüzey hazırlama uygulamalarının ardından, her gruptan rastgele 1'er örnek seçilerek, toplam 16 örnek SEM'de incelenmek üzere ayrılmıştır. Distile suda bekleyen örneklerin yüzeyleri, artan konsantrasyonlarda etanol (%50, %60, %70, %80, %90, %100) uygulamasıyla, kritik noktaya kadar kurutulduktan sonra, vakum altında altınla kaplanmış ve bir SEM cihazı (FEI, Nova NanoSEM 430, Çek Cumhuriyeti) yardımıyla x100, x500, x1000 büyütmelemlerde incelenmiştir (Şekil 3.14.).



**Şekil 3.14.** Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) incelemeleri: A) Yüzeylerin incelenmesinde kullanılan SEM cihazı B) Altınla kaplanmış örnekler.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulguların istatistiksel analizi Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda, IBM SPSS 23.0 yazılım programı (IBM SPSS, Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

$\mu$ GBD testi için veriler, normal dağılım gösterdiğinden İki Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İkili karşılaştırmalar, Post hoc Bonferroni testi kullanılarak yapılmıştır. Kırılma tiplerinin dağılımının gruplar arasında farklılık gösterip göstermediği ise Ki-kare testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel analizler için güven aralığı %95 olarak belirlenmiştir.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi Bulguları

Bu çalışmada, yapılan istatistiksel değerlendirmelerin sonucunda, farklı yaşlandırma süreleri, farklı yüzey hazırlama yöntemleri ve her iki değişkenin etkileşimi açısından, gruplar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Yaşlandırma sürelerine ve yüzey hazırlama yöntemlerine göre  $\mu$ GBD testi ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Yüzey hazırlama yöntemleri göz ardı edilerek, yalnızca farklı yaşlandırma süreleri arasında değerlendirme yapıldığında; en yüksek bağlanma dayanıklılık değerleri 10k grubunda (31,04 MPa), en düşük değerler 30k grubunda (26,43 MPa) saptanmıştır. 10k grubu, yaşlandırma yapılmayan Hemen grubuna benzer ( $p>0,05$ ), 30k ve 50k gruplarına göre anlamlı düzeyde yüksek bağlanma dayanıklılık değerleri göstermiştir ( $p<0,05$ ). 30k grubu, 50k grubuna benzer ( $p>0,05$ ), Hemen ve 10k gruplarından anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılık değerleri sergilemiştir ( $p<0,05$ ). 50k grubunun  $\mu$ GBD değerleri ise, Hemen ve 30k gruplarına benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.1.).

**Tablo 4.1.** Yaşlandırma sürelerine göre ortalama  $\mu$ GBD, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.

Yaşlandırma Süreleri	Ortalama (MPa) $\pm$ SS	Min.	Maks.
<b>Hemen</b>	29,27 $\pm$ 9,96 <sup>a,c</sup>	27,78	30,76
<b>10k</b>	31,04 $\pm$ 8,61 <sup>a</sup>	29,55	32,53
<b>30k</b>	26,43 $\pm$ 11,03 <sup>b</sup>	24,94	27,92
<b>50k</b>	27,14 $\pm$ 7,67 <sup>b,c</sup>	25,64	28,63

*\*Farklı üst yazı harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ( $p<0,05$ ).*

Yaşlandırma süreleri dikkate alınmadan sadece yüzey hazırlama yöntemleri arasında değerlendirme yapıldığında; en yüksek  $\mu$ GBD değerleri Kontrol grubunda (33,25 MPa) görülürken, en düşük değerler Lazer grubunda (23,91 MPa) gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kontrol grubu diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde

yüksek  $\mu$ GBD değerleri göstermiştir ( $p<0,05$ ). Lazer ve SiC grupları benzer  $\mu$ GBD değerleri sergilemişlerdir ( $p>0,05$ ). Air Abrazyon grubunda görülen  $\mu$ GBD değerleri ise, Lazer ve SiC gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2.** Yüzey hazırlama yöntemlerine göre ortalama  $\mu$ GBD, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.

Yüzey Hazırlama Yöntemleri	Ortalama (MPa) $\pm$ SS	Min.	Maks.
<b>Kontrol</b>	33,25 $\pm$ 10,74 <sup>a</sup>	31,75	34,74
<b>Lazer</b>	23,91 $\pm$ 8,39 <sup>b</sup>	22,42	25,39
<b>Air Abrazyon</b>	30,34 $\pm$ 8,92 <sup>c</sup>	28,86	31,83
<b>SiC</b>	26,38 $\pm$ 7,06 <sup>b</sup>	24,89	27,86

\* Farklı üst yazı harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkileşimi değerlendirilerek yapılan ikili karşılaştırmaların bulguları Tablo 4.3.'te ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.3.** Ortalama  $\mu$ GBD ve standart sapma değerlerinin yaşlandırma süreleri ve yüzey hazırlama yöntemlerine göre dağılımı.

Yüzey Hazırlama Yöntemi / Yaşlandırma Süresi	Kontrol	Lazer	Air Abrazyon	SiC
<b>Hemen</b>	34,93 $\pm$ 11,99 <sup>a,X</sup>	22,25 $\pm$ 7,65 <sup>b,Y</sup>	31,99 $\pm$ 7,58 <sup>a,X,Z</sup>	27,89 $\pm$ 7,35 <sup>a,Y,Z</sup>
<b>10k</b>	33,94 $\pm$ 9,05 <sup>a,Y</sup>	32,49 $\pm$ 7,54 <sup>a,Y</sup>	32,53 $\pm$ 8,22 <sup>a,Y</sup>	25,20 $\pm$ 6,99 <sup>a,X</sup>
<b>30k</b>	36,09 $\pm$ 11,14 <sup>a,X</sup>	18,23 $\pm$ 5,89 <sup>b,Y</sup>	25,39 $\pm$ 10,11 <sup>b,Z</sup>	26,01 $\pm$ 8,41 <sup>a,Z</sup>
<b>50k</b>	28,02 $\pm$ 9,13 <sup>b,X,Y</sup>	22,66 $\pm$ 5,02 <sup>b,Y</sup>	31,47 $\pm$ 8,04 <sup>a,X</sup>	26,39 $\pm$ 5,17 <sup>a,X,Y</sup>

\* Aynı sütundaki farklı üst yazı küçük harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

\* Aynı satırdaki farklı üst yazı büyük harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Kontrol grubu farklı yaşlandırma sürelerine göre kendi içerisinde değerlendirildiğinde; 50k, diğer bütün gruplardan anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılığı (28,02 MPa) göstermiş ( $p < 0,05$ ), diğer gruplar arasında ise anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0,05$ ). Lazer grupları farklı yaşlandırma sürelerine göre değerlendirildiğinde; Lazer-10k grubu en yüksek  $\mu$ GBD değerlerini göstermiş (32,49 MPa) ve bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Diğer gruplar arasında ise anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Farklı yaşlandırma sürelerine göre değerlendirilen Air Abrazyon grupları arasında; Air Abrazyon-30k grubu istatistiksel olarak diğer gruplara göre anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılık değerleri (25,39 MPa) göstermiştir ( $p < 0,05$ ). SiC gruplarında ise, bütün yaşlandırma sürelerinde istatistiksel olarak benzer  $\mu$ GBD değerleri görülmüştür ( $p > 0,05$ ).

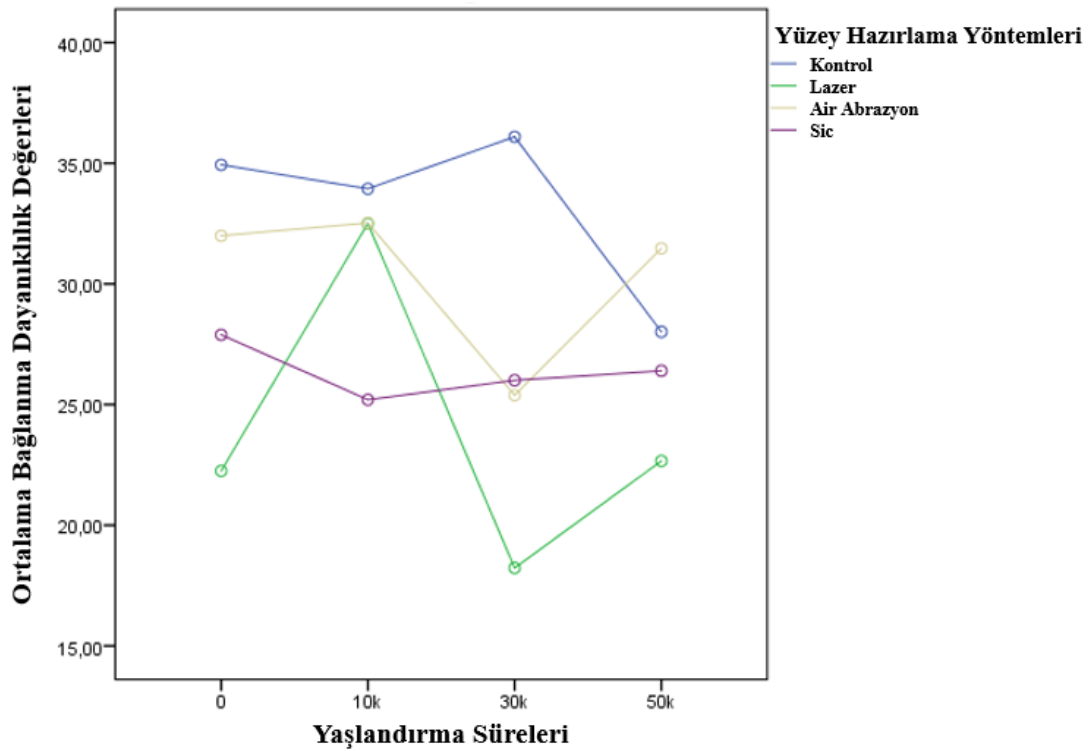
Yaşlandırma işlemi uygulanmayan Hemen grupları farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre kendi içerisinde değerlendirildiğinde; Kontrol-Hemen grubu, Air Abrazyon-Hemen grubuna benzer ( $p > 0,05$ ), Lazer-Hemen ve SiC-Hemen gruplarından ise istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek  $\mu$ GBD'ı (34,93 MPa) göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Bu gruplar arasında, en düşük  $\mu$ GBD değerlerini gösteren Lazer-Hemen grubu (22,25 MPa), SiC-Hemen grubuna benzer ( $p > 0,05$ ), diğer gruplardan ise anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılık değerleri sergilemiştir ( $p < 0,05$ ). SiC-Hemen grubunun  $\mu$ GBD değerleri ise, istatistiksel olarak Kontrol-Hemen grubundan daha düşük ( $p < 0,05$ ), Lazer-Hemen ve Air Abrazyon-Hemen gruplarına ise benzer bulunmuştur ( $p > 0,05$ ).

10.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar arasında, SiC-10k grubu, diğer grupların hepsinden anlamlı düzeyde daha düşük  $\mu$ GBD'ı göstermiştir (25,20 MPa) ( $p < 0,05$ ). Kontrol-10k, Lazer-10k ve Air Abrazyon-10k grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

30.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar arasında, Lazer-30k grubu diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılık değerleri (18,23 MPa) göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Kontrol-30k grubu; diğer tüm yüzey hazırlama yöntemlerinden daha yüksek  $\mu$ GBD'ı (36,09 MPa)

sergilemiştir ( $p < 0,05$ ). Air Abrazyon-30k ve SiC-30k grupları ise, benzer bağlanma dayanıklılık değerleri göstermiştir ( $p > 0,05$ ).

50.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında; Lazer-50k grubu (22,66 MPa), Air Abrazyon-50k grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük  $\mu$ GBD'ı göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Öte yandan Lazer-50k ve Air Abrazyon-50k grupları, Kontrol-50k ve SiC-50k gruplarına benzer  $\mu$ GBD değerleri sergilemişlerdir ( $p > 0,05$ ).



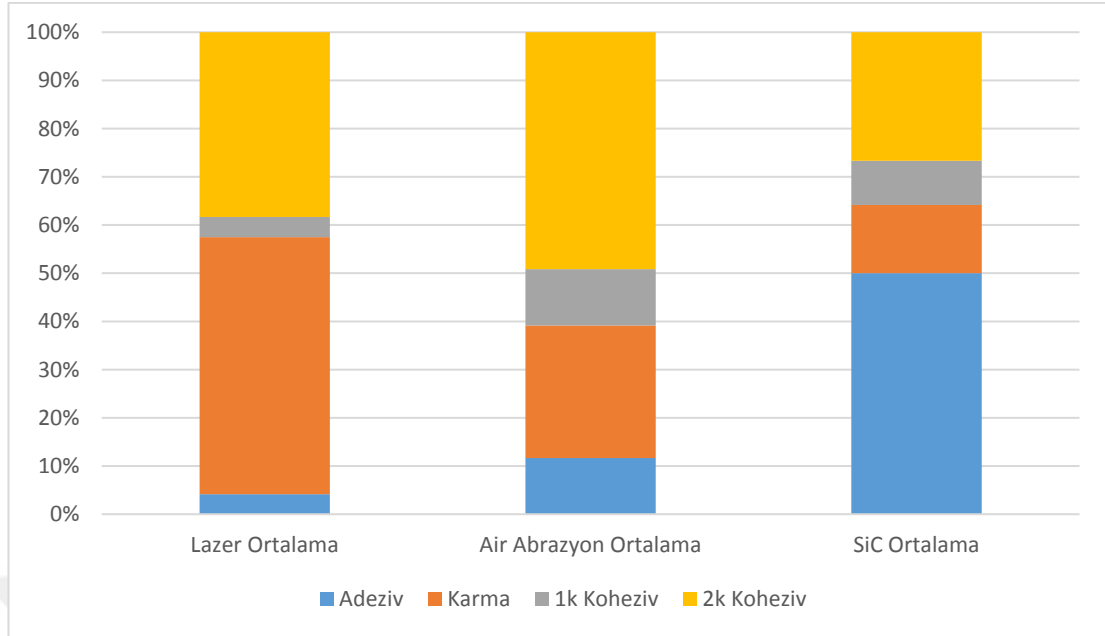
**Şekil 4.1.** Farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre ortalama  $\mu$ GBD değerleri.

#### 4.2. Kırılma Tipi Bulguları

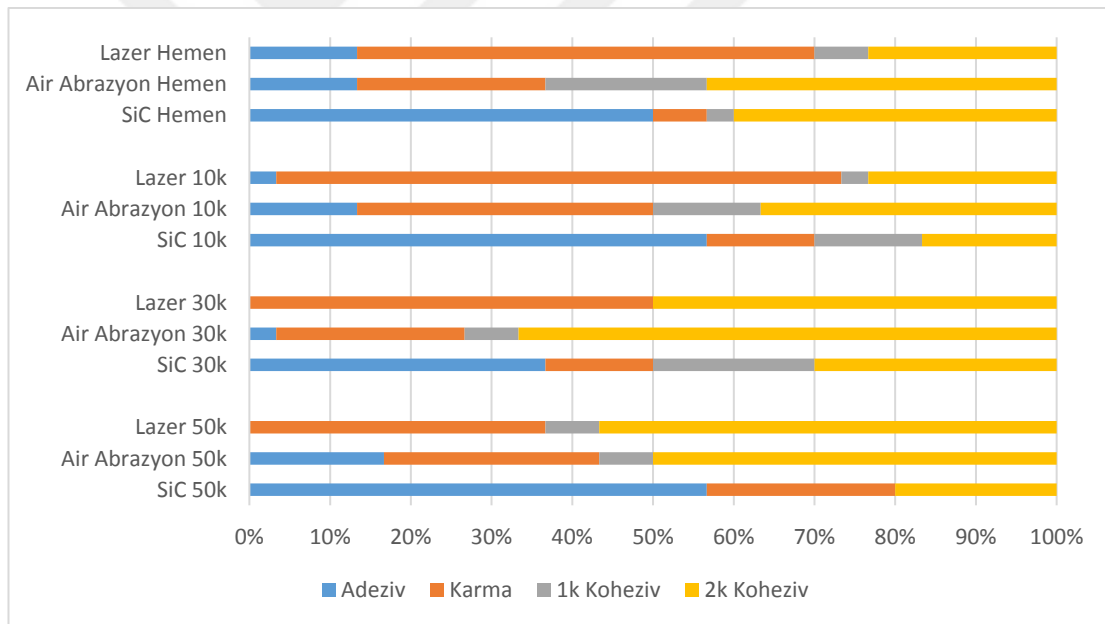
$\mu$ GBD testi örneklerinde oluşan kırılma tiplerinin farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre dağılımları Tablo 4.4., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'te sunulmuştur.

Ki-kare testi sonuçlarına göre, kırılma tipi dağılımları açısından, yüzey hazırlama yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuşken ( $p < 0,001$ ), farklı yaşlandırma sürelerine göre anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,001$ ). Kontrol grubundaki örnekler, herhangi bir tamir işlemi uygulanmadan

$\mu$ GBD testine tabi tutulduğundan, bu örneklerin hepsinde birinci kompozitte koheziv tipte kırıklar görülmüş, bu nedenle bu gruplar istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Lazer, Air Abrazyon ve SiC gruplarında  $\mu$ GBD testi sonucunda, dört farklı kırılma tipi oluştuğu gözlenmiştir. Lazer gruplarında diğer gruplara göre anlamlı düzeyde daha fazla karma kırılma tipi (%53,3) görülürken, Air Abrazyon gruplarında ikinci kompozitte koheziv kırılma tipi (%49,2), SiC gruplarında ise adeziv kırılma tipi (%50) daha fazla görülmüştür. Bütün yüzey hazırlama yöntemleri bir arada değerlendirildiğinde; en çok ikinci kompozitte koheziv (%38,1) kırılma tipi görülürken, birinci kompozitte koheziv tip kırılma (%8,3) en az görülen kırılma tipidir. Adeziv kırılma tipi, en çok SiC gruplarında (%50) izlenirken, en az Lazer gruplarında (%4,2) görülmüştür. Lazer-30k ve Lazer-50k gruplarında ise adeziv kırılma tipi hiç görülmemiştir (%0). Karma kırılma tipi, en çok Lazer gruplarında (%53,3) görülürken, en az SiC gruplarında (%14,2) görülmüştür. Birinci kompozitte koheziv kırılma tipine; Lazer (%4,2), Air Abrazyon (%11,7) ve SiC gruplarında (%11,7) rastlansa da, bu kırılma tipi hiçbir grupta baskın olarak görülen bir kırılma tipi değildir. İkinci kompozitte koheziv kırılmalar en belirgin olarak Air Abrazyon gruplarında (%49,2) görülmüş, Lazer gruplarında da (%38,3) Air Abrazyon gruplarına benzer bir oranda izlenmiştir. Lazer gruplarında yaşlandırma süresi ile doğru orantılı olarak, ikinci kompozitte koheziv kırılmalarda artış görülmüştür. Bu tip kırılmalar en az, SiC gruplarında (%26,7) saptanmıştır.



**Şekil 4.2.** Farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre kırılma tipi dağılımları.



**Şekil 4.3.** Farklı yaşlandırma sürelerine ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre kırılma tipi dağılımları.

**Tablo 4.4.**  $\mu$ GBD testi örneklerinde oluşan kırılma tiplerinin farklı yaşlandırma süreleri ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre dağılımı.

Yüzey Hazırlama Yöntemleri			Yaşlandırma Süreleri				Toplam	
			Hemen	10k	30k	50k		
Lazer	Kırılma Tipi	Adeziv	Sayı	4	1	0	0	5
			% Satır	%80,0	%20,0	%0,0	%0,0	%100,0
			% Sütun	%13,3	%3,3	%0,0	%0,0	%4,2
		Karma	Sayı	17	21	15	11	64
			% Satır	%26,6	%32,8	%23,4	%17,2	%100,0
			% Sütun	%56,7	%70,0	%50,0	%36,7	%53,3
		1k koheziv	Sayı	2	1	0	2	5
			% Satır	%40,0	%20,0	%0,0	%40,0	%100,0
			% Sütun	%6,7	%3,3	%0,0	%6,7	%4,2
		2k koheziv	Sayı	7	7	15	17	46
			% Satır	%15,2	%15,2	%32,6	%37,0	%100,0
			% Sütun	%23,3	%23,3	%50,0	%56,7	%38,3
	Toplam		Sayı	30	30	30	30	120
			% Satır	%25,0	%25,0	%25,0	%25,0	%100,0
			% Sütun	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
Air Abr.	Kırılma Tipi	Adeziv	Sayı	4	4	1	5	14
			% Satır	%28,6	%28,6	%7,1	%35,7	%100,0
			% Sütun	%13,3	%13,3	%3,3	%16,7	%11,7
		Karma	Sayı	7	11	7	8	33
			% Satır	%21,2	%33,3	%21,2	%24,2	%100,0
			% Sütun	%23,3	%36,7	%23,3	%26,7	%27,5
		1k koheziv	Sayı	6	4	2	2	14
			% Satır	%42,9	%28,6	%14,3	%14,3	%100,0
			% Sütun	%20,0	%13,3	%6,7	%6,7	%11,7
		2k koheziv	Sayı	13	11	20	15	59
			% Satır	%22,0	%18,6	%33,9	%25,4	%100,0
			% Sütun	%43,3	%36,7	%66,7	%50,0	%49,2
	Toplam		Sayı	30	30	30	30	120
			% Satır	%25,0	%25,0	%25,0	%25,0	%100,0
			% Sütun	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
SiC	Kırılma Tipi	Adeziv	Sayı	15	17	11	17	60
			% Satır	%25,0	%28,3	%18,3	%28,3	%100,0
			% Sütun	%50,0	%56,7	%36,7	%56,7	%50,0
		Karma	Sayı	2	4	4	7	17
			% Satır	%11,8	%23,5	%23,5	%41,2	%100,0
			% Sütun	%6,7	%13,3	%13,3	%23,3	%14,2
		1k koheziv	Sayı	1	4	6	0	11
			% Satır	%9,1	%36,4	%54,5	%0,0	%100,0
			% Sütun	%3,3	%13,3	%20,0	%0,0	%9,2
		2k koheziv	Sayı	12	5	9	6	32
			% Satır	%37,5	%15,6	%28,1	%18,8	%100,0
			% Sütun	%40,0	%16,7	%30,0	%20,0	%26,7
	Total		Sayı	30	30	30	30	120
			% Satır	%25,0	%25,0	%25,0	%25,0	%100,0
			% Sütun	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0

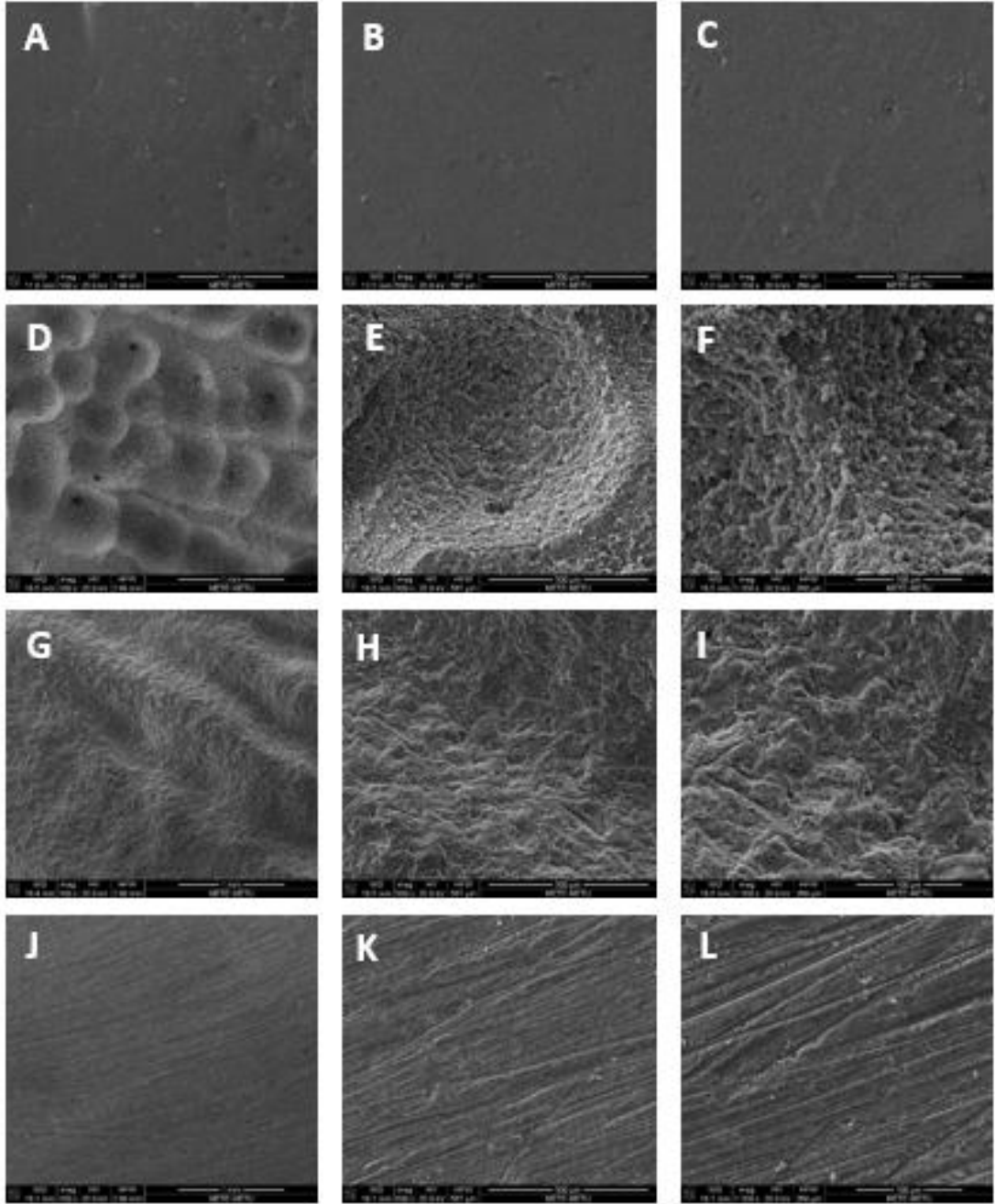
### **4.3. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Bulguları**

#### **4.3.1. Yaşlandırma İşlemi Uygulanmayan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri**

Yaşlandırma işlemi uygulanmayan kompozit örneklerinin yüzeylerinin, x100, x500, x1000 büyütme ile elde edilen SEM görüntüleri Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.

Yüzey hazırlama işlemi uygulanmayan Kontrol grubunda, herhangi bir deformasyon içermeyen, sağlam kompozit yüzeyi gözlenmiştir. Lazer uygulanan gruptaki kompozit örneğin yüzeyinde, x100 büyütmede lazer ışık demetinin enerjisinin dokuya iletilmesi ile oluşan abrazyon sonucunda gözle görülebilecek şekilde, yuvarlak hatlı ve krater tarzında düzensizliklerin olduğu, kompozit yüzeyinden hem rezin matris hem de doldurucu partiküllerin uzaklaştığı görülmüştür. Lazer uygulanan kompozit yüzeyine daha yakın büyütmelemlerle (x500, x1000) bakıldığında ise, rezinin daha fazla uzaklaşması nedeniyle pürüzlü bir yüzey elde edildiği görülmüş, yüzeyde herhangi bir çatlak oluşumu, kompozit rezine zarar verebilecek ve bağlanmayı olumsuz etkileyecek bir yanık veya vitrifikasyon (camsılaşma) bulgusu gözlenmemiştir. Air abrazyon uygulanan grupta, x100 büyütmede homojen dalgalanma tarzında bir yüzey görüntüsü izlenmiştir. x500 ve x1000 büyütmelemlerle bakıldığında, Air Abrazyon grubu örneğinin yüzeyinde hafif lamel tarzında ayrılmaların olduğu, lazer uygulanmasından farklı olarak, rezin ve doldurucu içeriğinin uzaklaşması ile oluşan yüzey düzensizliklerinin ve pürüzlülüğün daha silik olduğu gözlenmiştir. SiC kağıt ile yüzey hazırlama işlemi yapılan grupta ise, x100, x500 ve x1000 büyütmelemlerde aşındırıcı partiküllerin temas ettiği yerlerde çiziklerin bulunduğu görülmüştür.



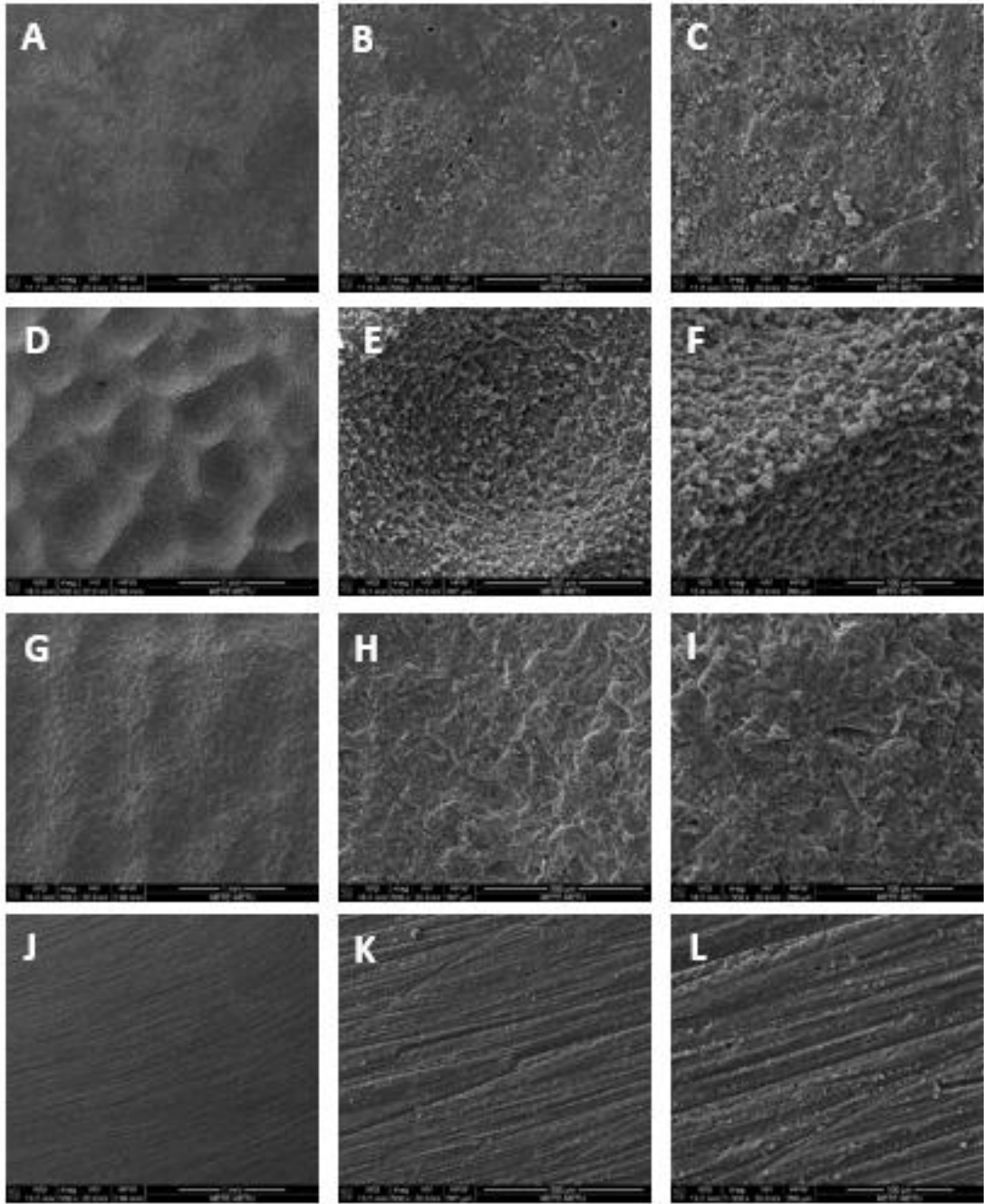


**Şekil 4.4.** Yaşlandırma işlemi uygulanmayan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri: A) x100 büyütme ile Kontrol grubu B) x500 büyütme ile Kontrol grubu C) x1000 büyütme ile Kontrol grubu D) x100 büyütme ile Lazer grubu E) x500 büyütme ile Lazer grubu F) x1000 büyütme ile Lazer grubu G) x100 büyütme ile Air Abrazyon grubu H) x500 büyütme ile Air Abrazyon grubu I) x1000 büyütme ile Air Abrazyon grubu J) x100 büyütme ile SiC grubu K) x500 büyütme ile SiC grubu L) x1000 büyütme ile SiC grubu.

### 4.3.2. 10.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri

10.000 kez termal siklus yapılarak, yaşlandırılan kompozit örneklerinin yüzeylerinin, x100, x500, x1000 büyütme ile elde edilen SEM görüntüleri Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.

Herhangi bir yüzey hazırlama işlemi uygulanmayan Kontrol grubunda, yaşlandırma işlemi yapılmayan gruba göre, x100 büyütmede kompozitin içerisindeki hidrofilik bileşenlerin su emilimine bağlı olarak yüzeyde daha koyu renkli alanların bulunduğu görülmüştür. x500 ve x1000 büyütmelerde ise, rezin matrikste higroskopik genişlemenin başlamasıyla beraber yüzeyde pürüzlü bir yapının oluştuğu, por hacminin arttığı ve belirgin hale geldiği görülmüştür. Lazer uygulanan grupta, x100 büyütmede yaşlandırma yapılmayan gruba benzer olarak kompozit yüzeyinde ablyasyon kraterleri izlenmiş; x500 ve x1000 büyütmelerde ise yüzeyde çatlak oluşumu veya yanık bulgusu gözlenmemiştir. Ancak, yaşlandırma yapılmayan grupla kıyaslandığında rezin matriksin daha fazla uzaklaştığı, sonuç olarak da yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve yüzey topografisindeki girinti çıkıntıların, bağlanma için elverişli olabilecek şekilde, daha belirgin olduğu ve süngerimsi bir görünüm sergilediği saptanmıştır. Air abrazyonla yüzey hazırlama işlemi yapılan grupta, x100 büyütmede hafif dalgalanma tarzında bir görünüm izlenirken, x500 ve x1000 büyütmelerde rezin ve doldurucu bileşenlerin uzaklaşması sonucu, yüzeyde yapraklanma tarzında girinti, çıkıntı ve düzensizlikler oluşmuştur. SiC kağıt ile yüzey hazırlama uygulaması yapılan grupta, yaşlandırma sonucu materyaldeki su emilimi ile birlikte aşındırıcı partiküllerin yüzeyde oluşturduğu çiziklerin ve yüzeydeki düzensizliklerin arttığı görülmüştür.

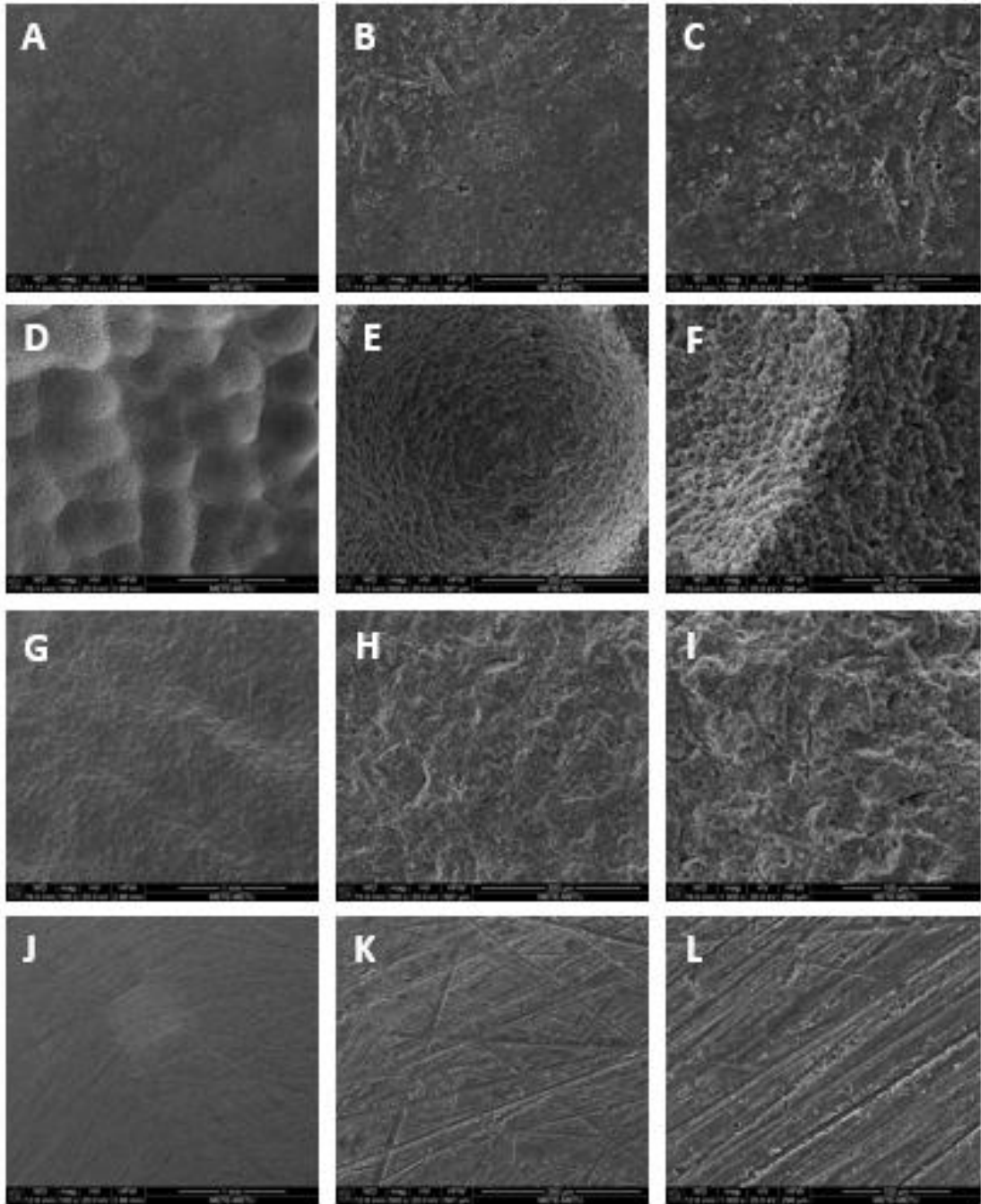


**Şekil 4.5.** 10.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri: A) x100 büyütme ile Kontrol grubu B) x500 büyütme ile Kontrol grubu C) x1000 büyütme ile Kontrol grubu D) x100 büyütme ile Lazer grubu E) x500 büyütme ile Lazer grubu F) x1000 büyütme ile Lazer grubu G) x100 büyütme ile Air Abrasyon grubu H) x500 büyütme ile Air Abrasyon grubu I) x1000 büyütme ile Air Abrasyon grubu J) x100 büyütme ile SiC grubu K) x500 büyütme ile SiC grubu L) x1000 büyütme ile SiC grubu.

### 4.3.3. 30.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri

30.000 kez termal siklus uygulanarak yaşlandırılan kompozit örneklerinin yüzeylerinin, x100, x500, x1000 büyütme ile elde edilen SEM görüntüleri Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.

30.000 kez termal siklus ile yaşlandırılan örneklerden yüzey hazırlama işlemi uygulanmayan Kontrol grubunda, 10.000 kez termal siklus yapılan ve yaşlandırılmayan örneklerle kıyasla, x100 büyütmede su emiliminin artmasına bağlı olarak, koyu renkli alanların arttığı; x500 ve x1000 büyütmelerde ise, rezin matriksteki higroskopik genişlemenin artması nedeniyle, doldurucu bileşenlerle rezin matriksin uyumunun bozulduğu, yüzeydeki düzensizliklerin arttığı ve porların daha da genişlediği görülmüştür. Kompozit yüzeyine lazerle yüzey hazırlama işlemi uygulanması sonucunda, Lazer-Hemen ve Lazer-10k gruplarına benzer şekilde yüzeyde ablasyon kraterleri olduğu izlenmiş, yanık veya vitrifikasyon bulgusu görülmemiştir. Ancak daha önceki örneklerden farklı olarak, kompozit yüzeylerinde çatlaklar izlenmeye başlanmıştır. Air abrazyon uygulanan grupta, kompozitteki su içeriğinin artması sonucu, 10.000 kez termal siklus yapılan ve yaşlandırılmayan gruplara kıyasla x100 büyütmede dalgalanmanın daha silik olduğu, x500 ve x1000 büyütmelerde ise, yüzeydeki düzensizliklerin daha yüzeyel olduğu görülmüştür. SiC kağıtla yüzey hazırlama işlemi yapılan grupta; x100 büyütmede SiC-Hemen ve SiC-10k gruplarına göre belirgin bir farklılık görülmemiş, x500 ve x1000 büyütmelerde ise SiC-10k grubuna benzer şekilde SiC kağıtta bulunan aşındırıcı partiküllerin kompozit yüzeyinde oluşturduğu çiziklerin ve düzensizliklerin belirginleştiği görülmüştür.

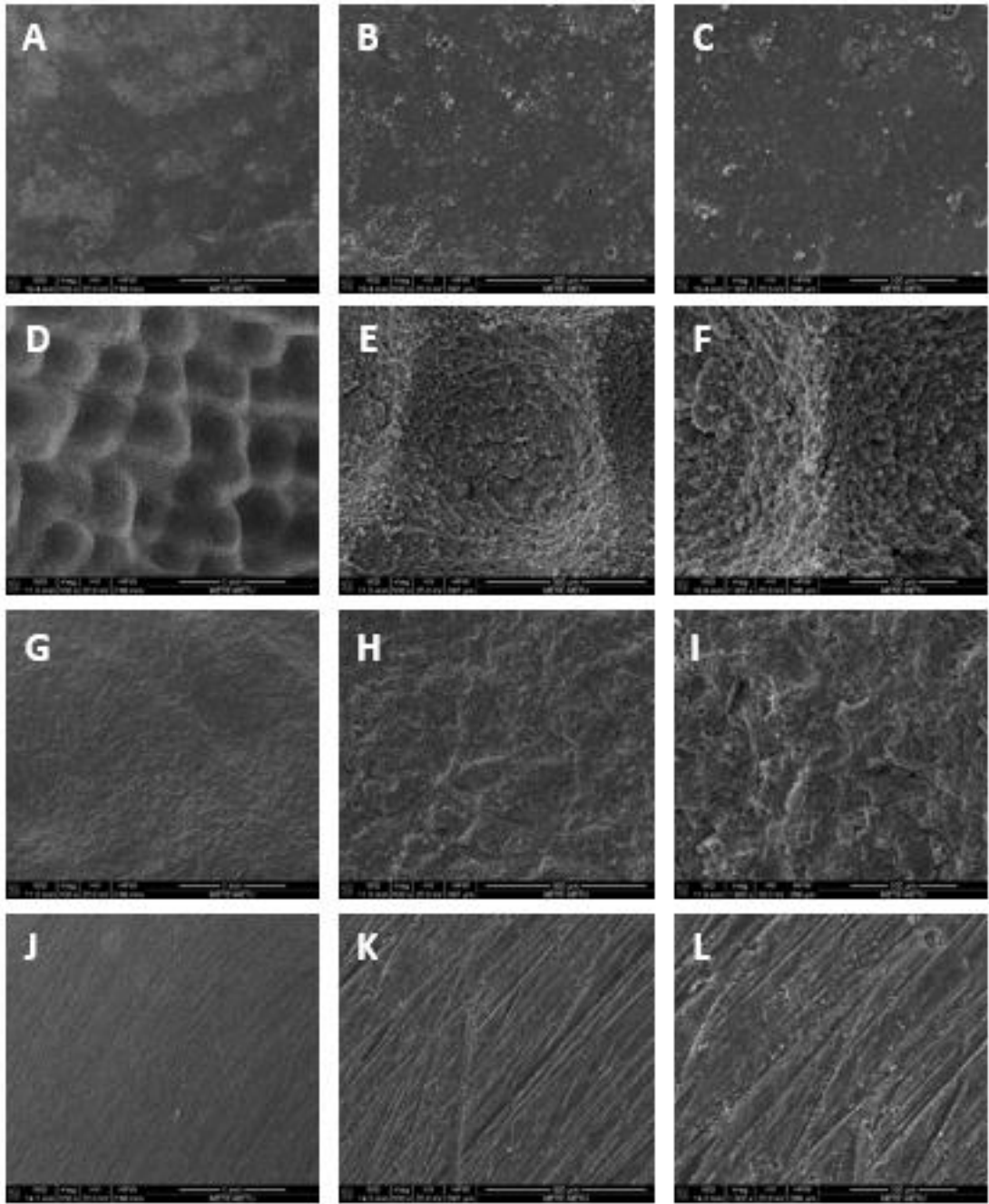


**Şekil 4.6.** 30.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri: A) x100 büyütme ile Kontrol grubu B) x500 büyütme ile Kontrol grubu C) x1000 büyütme ile Kontrol grubu D) x100 büyütme ile Lazer grubu E) x500 büyütme ile Lazer grubu F) x1000 büyütme ile Lazer grubu G) x100 büyütme ile Air Abrasyon grubu H) x500 büyütme ile Air Abrasyon grubu I) x1000 büyütme ile Air Abrasyon grubu J) x100 büyütme ile SiC grubu K) x500 büyütme ile SiC grubu L) x1000 büyütme ile SiC grubu.

#### 4.3.4. 50.000 Kez Termal Siklusla Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Örneklerin Yüzeylerinin SEM Görüntüleri

50.000 kez termal siklus ile yaşlandırılan kompozit örneklerinin yüzeylerinin, x100, x500, x1000 büyütme ile elde edilen SEM görüntüleri Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.

50.000 kez termal siklusla yaşlandırma uygulanan örneklerden yüzey hazırlama işlemi uygulanmayan Kontrol grubunda, yaşlandırma işlemi uygulanmayan ve 10.000 veya 30.000 kez termal siklus yapılan örneklere kıyasla, x100 büyütmede resin matrikste su emiliminin iyice artması neticesinde kompozit yüzeyindeki koyu renkli alanların çok daha genişlediği; x500 ve x1000 büyütmelerde ise, resin matriksteki belirgin higroskopik genişlemenin yanında, hidrofilik doldurucu bileşenlerin de suyu absorbe etmiş olması neticesinde, yüzeyde beyazımsı kabarık alanların bulunduğu görülmektedir. Lazerle yüzey hazırlama işlemi yapılan örneğin yüzeyinde, x100 büyütmede önceki yaşlandırma gruplarına benzer ablasyon kraterleri izlenmiş; x500 ve x1000 büyütmelerde yüzeyde yanık veya vitrifikasyon oluşumu görülmemiştir. Kompozitin suya daha uzun süre maruz kalmasıyla birlikte su emiliminin artması sonucunda, lazerin yüzeydeki etkisinin arttığı, çatlakların daha da belirginleştiği ve yaygınlaştığı görülmüştür. Air abrazyon uygulanan grupta, x100 büyütmede Air Abrazyon-30k örneğine benzer şekilde, örnek yüzeyinde dalgalanma benzeri bir morfoloji izlenmiş, x500 ve x1000 büyütmelerde ise yüzeydeki düzensizliklerin silikleştiği izlenmiştir. Lazer-50k grubu örneğinden farklı olarak, bu örnekte yüzeyde herhangi bir çatlak oluşumu izlenmemiştir. SiC kağıtla yüzey hazırlama işlemi uygulanan grupta ise, önceki yaşlandırma gruplarına göre daha fazla suda bekleme sonucunda, yüzeyde aşındırıcı partiküllerin daha belirgin çizikler ve düzensizlikler oluşturduğu görülmüştür.



**Şekil 4.7.** 50.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi uygulanan örneklerin yüzeylerinin SEM görüntüleri: A) x100 büyütme ile Kontrol grubu B) x500 büyütme ile Kontrol grubu C) x1000 büyütme ile Kontrol grubu D) x100 büyütme ile Lazer grubu E) x500 büyütme ile Lazer grubu F) x1000 büyütme ile Lazer grubu G) x100 büyütme ile Air Abrasyon grubu H) x500 büyütme ile Air Abrasyon grubu I) x1000 büyütme ile Air Abrasyon grubu J) x100 büyütme ile SiC grubu K) x500 büyütme ile SiC grubu L) x1000 büyütme ile SiC grubu.

## 5. TARTIŞMA

1990'lı yılların başlarında, diş çürüklerinin tedavisinde geleneksel operatif yöntemlerin yerine koruyucu diş hekimliği yaklaşımlarını temel alan “minimal girişimsel diş hekimliği” kavramı ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımlarla, dişlerin sağlıklı bir şekilde fonksiyonlarının devamı, çürük lezyonların oluşumunun engellenmesi ve gerekli durumlarda minimal girişimsel tedavilerle dental problemlerin giderilmesi amaçlanmaktadır (237). Adeziv sistemlerin tanıtılmasıyla birlikte, diş hekimliğinde minimal girişimsel teknikler popüler hale gelmiş, son yıllarda ise restorasyonların tamamının yenilenmesi yerine sadece kusurlu kısmın uzaklaştırılarak tamir edilmesi önerilmeye başlanmıştır (9). Böylelikle, restorasyonun yenilenmesi uygulamasında karşılaşılan preparasyonda genişleme, pulpada hasar, zaman ve yüksek maliyet gibi problemlerin önüne geçebilmek amaçlanmaktadır (6). Kusurlu restorasyonlarda tamir uygulamasının başarısını etkileyen en önemli faktör; mevcut restorasyon ile tamir materyali arasında güvenilir bir bağlanmanın oluşmasıdır (16). Nemli ağız ortamındaki zorlu koşullara maruz kalan restorasyonlarda, zamanla hidrolitik bozunma meydana gelmesinden dolayı, restorasyonun ağızda bulunduğu süre, tamir materyalinin eski restorasyon yüzeyine olan bağlantısını etkileyen en önemli etkenlerden biridir (19). Bu nedenle, eski ve yeni restoratif materyal arasında, makro mekanik, mikro mekanik veya kimyasal bir bağlanma elde edebilmek için çeşitli yüzey hazırlama yöntemleri kullanılmaktadır (16). Günümüzde tamir konusu ile ilgili yapılan birçok çalışma, tamir edilecek restorasyon materyaline uygulanan yüzey hazırlama yöntemleriyle ilgilidir. Test edilen bu yöntemlerden hangisinin en iyi olduğu konusunda halen bir fikir birliği bulunmamakta, bu durum da konuyu tartışmaya açık hale getirmektedir.

Farklı doku veya materyallerin birbirine bağlanma etkinliği, *in vitro* ve *in vivo* olarak yapılan çalışmalarla belirlenebilmektedir. Klinik ortamda, restorasyonun başarısız olmasına neden olan belirli faktörleri ayırt etmek zordur. Uzun zaman gerektirme, yüksek maliyet ve standardizasyonun zor olması gibi problemleri olan *in vivo* araştırmaların aksine *in vitro* testler, araştırmaların güvenilir, kolay ve çabuk incelenmesine olanak tanıyarak, değiştirilebilir parametrelerle materyallerde uzun dönemde başarısızlığa neden olan faktörlerin belirlenmesini sağlar. Bu nedenle, *in*



*vitro* test yöntemleri araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (186, 238). Standardizasyonun sağlanabilmesi, aynı zamanda birçok değişkenin etkisinin değerlendirilebilmesi ve materyallerde uzun zamanda görülebilecek yaşlanma etkilerinin çok daha kısa zamanda taklit edilebilmesine olanak tanınması nedeniyle, bu çalışmada da *in vitro* test yöntemleri kullanılmıştır.

Eski restorasyon ve tamir materyali arasında oluşturulan bağlanmanın dayanıklılığı oldukça önemli olup, yapılan tamir uygulamasının başarısını direkt olarak etkiler (9). Literatürde, yapılan testlerin uygun şekilde yürütülmesi, uygulanması ve yorumlanmasıyla ilgili bir standardizasyonun bulunmadığı belirtilse de (239), bağlanmanın etkinliğini ölçmek için, sıklıkla kesme ve gerilim bağlanma dayanıklılık testlerinden yararlanılmaktadır. Kesme bağlanma dayanıklılık testi, adeziv alanda stresin düzensiz bir dağılım göstermesinden dolayı, ideal mekanik test yöntemi olarak görülmemektedir. Bu test yönteminde, kuvvetin uygulandığı alana yakın bölgede maksimum gerilme kuvveti meydana geldiği için, o bölge adeziv arayüzden daha fazla etkilenmektedir (19). Sano ve ark. (240) tarafından geliştirilen  $\mu$ GBD testinde ise, test sonrası oluşan kırıkların daha çok adeziv arayüzde meydana geldiği görülmüştür. Bunun yanı sıra,  $\mu$ GBD testleri ile daha az koheziv başarısızlık oluşurken, arayüzde daha yüksek bağlanma dayanıklılık değerleri ölçülebildiği bildirilmiştir.  $\mu$ GBD testleri, düzensiz yüzeylerin ve çok küçük alanların test edilebilmesine imkan sağlamakta, kırık örneklerin SEM’de incelenmelerine de olanak tanımaktadır. Bu gibi avantajları sayesinde, bu test yöntemi ile daha gerçeği ve güvenilir bağlanma değerlerine ulaşılabilmektedir (239). Bu nedenle bu *in vitro* çalışmada, farklı sürelerde yaşlandırılmış güncel bir nanohibrit kompozit rezinin, üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistem kullanılarak tamirinde, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin, bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla, “mikro gerilim bağlanma dayanıklılık testi” kullanılmıştır.

$\mu$ GBD test yönteminde örnekler, kum saati (hourglass shaped), dambıl (dumbbell shaped) veya çubuk (beam shaped stick) şeklinde kesitler alınarak hazırlanabilir. Örneklerin geometrisi, bağlanma düzeyi ve oluşturulan stresin homojenitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (239). Kum saati şeklindeki örneklerde stresin yoğunluğu ve dağılımı, çubuk ve dambıl şeklindeki örneklere göre büyük farklılık göstermekte, daha düşük stres yoğunluklarında testin başarısızlıkla

sonuçlanmasına neden olmaktadır (239, 241). Ayrıca, kum saati ve dambıl şeklindeki örneklerin  $\mu$ GBD testine hazırlanması sırasında şekillendirilmesi (trimming) işlemi, test öncesi başarısızlıkların artmasına neden olmaktadır. Bu duruma alternatif olarak, şekillendirme yapılmadan (nontrimming teknik) hazırlanan, çubuk şeklindeki örneklerin kullanımı önerilmektedir. Bu teknikte, örnekler hazırlık aşamasında daha az zarar görmekte ve 5 MPa gibi düşük bağlanma dayanıklılık değerlerinin dahi ölçülmesi mümkün olmaktadır (239).

$\mu$ GBD testi için gerekli hazırlıkların uygulanması sırasında örneklerin zarar görmemesi için, örnek kalınlıkları (<1,5 mm) büyük önem taşımaktadır (239). Phrukkanon ve ark. (242), test öncesi başarısızlık oranını arttırdığı için, örneklerin adeziv arayüzdeki kesit alanının 1,1 mm<sup>2</sup>'nin altına düşürülmemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Pashley ve ark. (243),  $\mu$ GBD testinin duyarlılığı için, kesit alanının boyutlarının yaklaşık olarak 1 mm<sup>2</sup> olması gerektiğini rapor etmişlerdir. Bu veriler ışığında, adeziv bağlanma değerlerinin en doğru şekilde elde edilebilmesi ve adeziv arayüzde stres oluşturmayacak bir yöntem uygulayabilmek için bu çalışmada, kompozit rezinden oluşan mikro gerilim testi tamir örnekleri, adeziv arayüzey kesiti kare ve kesit alanı 1,0±0,1 mm<sup>2</sup> olacak şekilde oluşturulmuş ve çubuk biçiminde hazırlanmıştır. Böylelikle, hem tamir bağlanma dayanıklılığının en hassas şekilde ölçülmesine olanak tanıyan adeziv tipte kırıklar oluşturulması, hem de yüzey alanının daraltılmasıyla daha yüksek bağlanma dayanıklılık değerlerinin elde edilmesi hedeflenmiştir.

“International Organization for Standardization” (ISO) standartlarına göre, bağlanma dayanıklılık testlerinde kullanılan üniversal test cihazlarının kafa hızı, 0,45–1,05 mm/dk arasında olmalıdır (230). Maksimum yükleme ile kopmayı sağlayan stres arasındaki farkın, düşük hızda daha büyük olacağı bildirilmiş; standart bir stres-zaman dağılımı göstermesi nedeniyle,  $\mu$ GBD testlerinde 1 mm/dk kafa hızının kullanımı önerilmiştir (239). Bu nedenle, bu çalışmada yapılan  $\mu$ GBD testi için, üniversal test cihazının kafa hızı 1 mm/dk olarak ayarlanmıştır.

Kompozit rezinler, yaklaşık % 1,6'lık yıllık başarısızlık oranına sahip olup, kabul edilebilir ve başarılı bir klinik performans göstermektedirler (244). Ancak, tamir edilen kompozit rezin restorasyonların yıllık başarısızlık oranı 4 yılda % 5,7 olarak

bulunmuştur (78). Bu nedenle, farklı işlemlerle yaşlandırılan kompozit rezinlerde, tamir bağlanma dayanıklılığını artıracak çeşitli yüzey hazırlama yöntemleri üzerine *in vitro* araştırmalar yapılmaktadır (245).

Literatürde, hem yapılan yüzey hazırlama yöntemlerinin ve hem de yaşlandırma sürelerinin, kompozit rezinlerin tamir bağlanma dayanıklılığını etkileyebileceğine işaret edilmiştir (245). Kompozit restorasyonların tamir gereksinimi genellikle restorasyon yapıldıktan aylar veya yıllar sonra doğmaktadır. Yaşlandırma işlemi sırasında kompozit rezinlerde; su emilimi, kimyasal bozunma ve bazı bileşenlerin salınması gibi tamir uygulamasının başarısını etkileyebilecek çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir (20, 246). Bu nedenle, tamir edilen kompozit restorasyonun yaşı, tamir bağlanma dayanıklılığında önemli bir rol oynamaktadır (20).

Ağız ortamındaki pH değişikliklerinin, içeceklerin, besinlerin, mikroorganizmaların ve ağız sıvılarındaki kimyasal bileşenlerin etkileriyle, kompozit rezinlerde kimyasal ve mekanik olarak bozunmalar meydana gelmektedir (245). Kompozit rezinler, restoratif materyal olarak stabil değildir ve polimerizasyondan sonra da çevresel koşullardan etkilenmeye devam ederler (245). Kompozit rezinlerin yapıtaşları olan polimerlerin arasına suyun difüzyonu ile zaman içinde hidrolitik bozunma meydana gelir ve tamir edilebilir yüzeye polimerize olmamış monomerler ile çözünebilir iyonlar nüfuz eder (245, 247). Sonuç olarak da, doldurucu ile rezin matris arasındaki birleşim zayıflar ve materyalde porozite artar. Aynı zamanda, su emilimi hacimsel ve ağırlık olarak rezinde higroskopik genişlemeyi belirler. Bu olaylar, tamir bağlanma dayanıklılığını etkileyen yüzey değişikliklerine neden olabilir (245).

Ağız ortamında, restoratif materyallerde meydana gelen değişikliklerin taklit edilmesi için, kompozit rezinlerin *in vitro* ortamda yaşlandırılması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (245). Bu yöntemler arasında, termal siklusla yaşlandırmanın, materyaller aşırı sıcaklıklara maruz bırakılarak, daha zorlu koşullar oluşturulduğu için, kompozit rezinlerin bozunmasında diğer yöntemlere göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (19). Termal siklus işleminde sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalan örneklerde termal stresler oluşur. Bu stresler, matrisde mikro çatlak oluşumuna ve doldurucu matris arayüzünde başarısızlığa yol açar (221). Ek olarak, suya maruz kalma sonucunda, doldurucuların silanize dış çeperinde hidrolitik

bozunma veya rezin matrikste şişme görülmektedir (221, 248, 249). Su emilimini kolaylaştıran, TEGDMA gibi hidrofilik bileşenler içeren kompozit rezinlerin matriksleri, daha az içerenlere göre bozunmaya karşı daha duyarlı olabilmektedir (221, 249). Bu çalışmada da, kompozit rezin örnekler termal siklus uygulaması ile yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur.

Adeziv sistemlerin bağlanma dayanıklılığını, termal siklus işlemindeki çeşitli faktörler etkilemektedir ve bunlardan en önemlisi yapılan siklus sayısıdır (20). Literatürde, 10.000 siklusun ağız ortamındaki 1 yıllık fizyolojik yaşlanmaya denk geldiği kabul edilmektedir (15, 20, 231, 232). Bu çalışmada; Hemen, 10k, 30k ve 50k çalışma gruplarında sırasıyla; yaşlandırma uygulanmamış, 1, 3 ve 5 yıl yaşlandırılmış kompozit rezinlerin klinik durumları yansıtılmaya çalışılmıştır. Ek olarak, tamir bağlanma dayanıklılığı üzerine, 4 farklı yaşlandırma süresinin etkisi değerlendirilerek; kullanılan kompozit rezin sistemde zamana bağlı olarak oluşan değişikliklerin, daha detaylı olarak incelenmesi hedeflenmiştir.

Kompozit rezinlerin tamiri ile ilgili yapılan *in vitro* çalışmalarda; suda bekletme, suda kaynatma, sitrik asite daldırma ve termal siklus gibi çeşitli yaşlandırma yöntemleri kullanılmakla birlikte, yapılan yaşlandırma süreleri de çok büyük çeşitlilik göstermektedir. Literatürde, kompozit rezinlerin tamirinde farklı sürelerde yaşlandırmanın etkinliği incelendiğinde, örneklerin genellikle 10.000 siklusa kadar yaşlandırıldığı, çok uzun sürelerde yaşlandırma işleminin uygulanmadığı görülmüştür. Bazı çalışmalarda, 5.000 siklus uygulanarak yapılan yaşlandırma sonucunda tamir bağlanma dayanıklılığında anlamlı bir düşüş gözlemlense de (19, 221), bunun aksine yaşlandırma süresinin anlamlı bir etkisinin olmadığını belirten yayınlar da bulunmaktadır (87, 250). Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kiomarsi ve ark. (87), yaşlandırılmayan ve 5.000 kez termal siklus uygulanan grupları karşılaştırdıkları çalışmalarında, yaşlandırmanın kesme bağlanma dayanıklılığına anlamlı bir etkisinin olmadığını rapor ederken; Irmak ve ark. (251), üç farklı adeziv sistemin, yaşlandırılmamış ve 50.000 kez termal siklus uygulanmış kompozit rezinlerin tamirindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, yaşlandırmanın tamir bağlanma dayanıklılığını anlamlı düzeyde etkilediğini belirtmişlerdir. Lemos ve ark. (252), 7 veya 180 gün süreyle yaşlandırılan kompozit rezinlerin tamirinde, yaşlandırma sürelerinin etkisini değerlendirdikleri araştırmalarında; yaşlandırılan

kompozit rezinlerin zamanla tamir bağlanma dayanıklılığının azalabileceğini belirtmişlerdir. El-Amin ve ark. (253), 3 aya kadar yapılan yaşlandırmanın, siloran esaslı kompozit rezinlerin tamir bağlanma dayanıklılığına olumsuz bir etkisi olmadığını rapor etmişlerdir. Kashi ve ark. (98), farklı yüzey hazırlama işlemleri uygulandıktan sonra tamir edilen kompozit örneklerin, 1 hafta veya 6 ay yaşlandırılmasının tamir bağlanma dayanıklılığına etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında; yaşlandırılan kompozit rezin örneklerin anlamlı düzeyde daha düşük kesme bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Brendeke ve ark. (212), yaşlandırılan kompozit rezinler arasında, 2 ay suda bekletilen örneklerin, 1 hafta suda bekletilen veya aside daldırılan örneklere kıyasla, anlamlı derecede daha düşük tamir bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiği belirtilmiştir. Bektaş ve ark. (20) ise çalışmalarında, 10.000 kez termal siklus yapılan kompozit tamir örneklerinde kontrol grubuna göre bağlanma dayanıklılığının azaldığını bulmuşlardır.

Bu çalışmanın bulguları, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkisi göz ardı edilerek incelendiğinde; en yüksek bağlanma dayanıklılık değerlerini sergileyen 10k grubunun, Hemen grubuna benzer, daha uzun süre yaşlandırma işlemi uygulanan 30k ve 50k gruplarından ise anlamlı düzeyde daha yüksek  $\mu$ GBD değerleri gösterdiği bulunmuştur. Sonuç olarak, test edilen kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde farklı yaşlandırma sürelerinin  $\mu$ GBD değerleri üzerinde etkisi olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, H<sub>0</sub> hipotezi reddedilmiştir.

Kullanılan yüzey hazırlama yöntemleri ve adeziv protokollerin titizlikle uygulanması, tamir uygulamasının başarısı ve klinik ömrü üzerinde oldukça etkilidir (56). Kompozit rezin restorasyonların tamirinde, yapılan yüzey hazırlama işlemlerinden sonra adeziv ajanların uygulanması ile tamir edilen restorasyonlardaki bağlanma dayanıklılığı önemli ölçüde artmaktadır (251). Eski ve yeni kompozit rezinler arasında bağlayıcı bir adeziv sistemin kullanılması, tamir edilecek yüzeyde daha fazla ıslanabilirlik sağlarken, iki materyal arasında kimyasal bağlanmanın geliştirilmesine katkıda bulunur. Düşük viskoziteye sahip adeziv rezinler, substrat yüzeyindeki makro ve mikro pürüzlü alanlara etkili şekilde nüfuz edebildiğinden, polimerizasyon sonrasında bağlanma dayanıklılığını artırır (124). Üç aşamalı etch&rinse adezivler, adeziv sistemler arasında altın standart olarak kabul edilmektedir (141). Bu sistemlerin başarısı, adeziv tabakanın çigneme kuvvetleri

altında diş ve kompozit arasında bir amortisör görevi görmesine ve asidik self-etch adezivlerden daha az hidrofilik monomer içermesine bağlanmıştır. Bir adeziv sistemin yüksek hidrofilik özellik göstermesi, materyalin uzun dönem dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyebilir. Çünkü hidrofilik monomerler, ciddi miktarda su emme eğilimindedirler, bu da zaman içinde adeziv bağlantının zayıflamasına neden olur (254). Kompozit rezin tamirinde farklı adeziv sistemlerin etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, hidrofobik üç aşamalı adezivler ile karşılaştırıldığında, hidrofilik iki aşamalı etch&rinse adezivlerin 6 ayda tamir bağlanma arayüzeyinde erken bozulma belirtileri gösterdiği bildirilmiştir (255). Farklı adeziv sistemlerin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, iki aşamalı self-etch adezivlerin, etch&rinse sistemlerle benzer bağlanma dayanıklılığı gösterdiği; tek aşamalı self-etch adezivlerin ise, en düşük bağlanma dayanıklılık değerlerini sergilediği bildirilmiştir (251). Bu çalışmada da, tamir uygulamaları için bağlanma ajanı olarak, altın standart olan güncel bir üç aşamalı etch&rinse adeziv sistem kullanılmıştır.

Tamir uygulamasının başarısını etkileyen bir diğer faktör de; kullanılan kompozit rezin restoratif materyalin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleridir. Özcan ve ark. (256), gerçekleştirdikleri bir çalışmada, mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerin benzer tamir bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ancak, bu konuyu ele almış olan çalışmaların genelinde, mikrohibrit kompozit rezinlerle yapılan tamir uygulamalarının daha başarılı sonuçlar gösterdiği bulunmuştur (257). Nanohibrit kompozit rezinler, nano boyutlu doldurucu parçacıklar içerirler ve daha yüksek oranda doldurucu bulundurmaları nedeniyle, dayanıklılık, düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek cilalanabilirlik ve üstün estetik özellikler gibi avantajlar sunarlar (257). Nano kompozitlerin bu olumlu özelliklerine karşın, literatürde bazı olumsuz özellikleri de rapor edilmiştir. Bu materyallerde son derece geniş yüzey alanı gösteren nano parçacıkların kompozit rezinlere eklenmesi, polimerizasyon sırasında topaklanma problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, polimerizasyondan sonra kırılma eğilimine, çatlak ve kırık gibi istenmeyen problemlerin oluşmasına sebebiyet verebilir (42, 43). Ayrıca, nanohibrit kompozitlerin tamir bağlanma dayanıklılığının, kompozit materyalin kendi koheziv dayanıklılığının gerisinde kaldığı da bildirilmiştir (257). Mekanik pürüzlendirme, silan ve ardından adeziv rezin uygulaması ile yapılan yüzey hazırlama işlemlerinin, mikrohibrit

rezinlerin tamirinde oldukça etkili olduğu bulunmuş, ancak nanohibrit kompozitlerin tamirinde benzer sonuçlar elde edilememiştir (257). Bu durum, polimerize edilmiş rezinin reaksiyona girmemiş C=C bağlarının sayısını sınırlayan, yüksek dönüşüm derecesiyle açıklanmıştır. Nanohibrit kompozitlerin bu tarz kısıtlamaları gündeme gelmiş olsa da, klinikte kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Literatür incelendiğinde, kompozit tamiri ile ilgili yapılan çalışmaların genelinde mikrohibrit kompozitlerin tercih edildiği, nanohibrit kompozitlerin tamiri ile ilgili ise sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada, var olan belirsizliğe açıklık getirme amacıyla, hem anterior hem de posterior bölgelerde kullanılabilen güncel bir üniversal nanohibrit kompozit rezin sisteminin tamir uygulamasındaki performansı değerlendirilmiştir.

Kompozit rezinlerde tamirle ilgili çalışmalarda, hem tamir edilen hem de tamir materyali olarak kullanılan kompozit rezinlerin seçiminde farklılıklar görülmektedir. Bazı araştırmacılar, tamir edilen ve tamir materyali olan restoratif materyallerde aynı kompozit rezinleri kullanırken (135, 221, 258, 259), bazıları ise klinik olarak tamir edilecek kompozitin türünü bilmek genellikle mümkün olamayacağı için farklı türlerde kompozit rezinler kullanmayı tercih etmişlerdir (20, 260). Bu çalışmada ise, değişik kompozit rezinlerin tamir uygulamasının başarısında yaratabileceği farklılıkları ortadan kaldırmak ve yanıtıcı faktörleri en aza indirgeyebilmek amacıyla, tüm tamir uygulamaları aynı kompozit rezin sistemi kullanılarak yapılmıştır.

Tamir edilecek kompozit rezin restorasyonlara uygulanan yüzey hazırlama yöntemleri, eski restorasyonun yeni kompozit rezinle olan bağlanma dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Mevcut literatüre göre, yüzey hazırlama yöntemleri, eski materyalle tamir kompozitinin mekanik olarak birbirine kenetlenmesini hedeflemelidir (245, 260). Bu hedefe ulaşabilmek için gerçekleştirilen yüzey hazırlama uygulamalarının amacı, yüzey enerjisini ve/veya yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktır (254). Özellikle yaşlandırılmış yüzeylerde oluşturulan mikro mekanik retansiyonun, güvenilir bir tamir bağlanma dayanıklılığı elde edilmesinde, kilit rol oynadığı bildirilmiştir (135, 260, 261). Bu nedenle de, bu çalışmada farklı sürelerde yaşlandırılmış kompozit rezin örneklerine Er,Cr:YSGG lazer, air abrazyon ve SiC kağıt ile olmak üzere, 3 farklı yüzey hazırlama yöntemi uygulanmıştır.

Kompozit rezin restorasyonların tamirinde klinik olarak en sık kullanılan teknik; elmas frezle yapılan yüzey hazırlama yöntemidir (17). Bu nedenle bu çalışmada, elmas frezle yapılan yüzey hazırlama işlemini taklit etmek için, yaygın bir uygulama olan ve standart bir yüzey pürüzlendirmesi sağlayan, 600 gridlik SiC kağıtla yüzey hazırlama işlemi uygulanmıştır.

Lazerler, modern diş hekimliğinde, minimal girişimsel uygulamalara olanak tanıyan ve hasta konforunu artırmaya yardımcı olan teknolojik enstrümanlardan biridir. Erbiyum (Er:YAG, Er,Cr:YSGG) lazerlerin, çürük lezyonların seçici olarak uzaklaştırılabilmesinde, kavite preparasyonunda ve diş yüzeylerinin modifikasyonunda güvenle kullanılabilirdiği bildirilmiştir (20, 262). Bu nedenle, Erbiyum lazerler, kompozit tamir uygulamaları için mekanik yüzey hazırlama yöntemlerine bir alternatif olarak görülebilmektedir (20, 263). Bu çalışmada da, güncel bir yüzey hazırlama yöntemi olarak, bir Er,Cr:YSGG lazer sistemi kullanılmıştır.

Literatürde, kompozit tamiri uygulamalarında çoğunlukla Erbiyum lazerlerin pürüzlendirme parametreleriyle kullanıldığı görülmüştür (18, 87, 92, 264, 265). Pürüzlendirme parametreleri ile yapılan yüzey hazırlama işlemlerinin avantajlı olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi (18, 265), tersini rapor eden araştırmalar da bulunmaktadır (87, 92). Bu çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerle yüzey hazırlama işlemlerinde, pürüzlendirme parametreleri yerine, kavite preparasyon parametreleri kullanılmıştır. Buradaki amaç, SiC kağıtla ve frezle yapılan pürüzlendirmeye alternatif bir parametrede kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin, test edilen kompozit rezinin tamirindeki etkisinin görülmesi ve diğer gruplarla eşit koşullarda karşılaştırılabilmesidir.

Kompozit rezinlerin tamirinde test edilen bir diğer yüzey hazırlama yöntemi de, tamir edilecek kompozit yüzeyine air abrazyon uygulanmasıdır. Air abrazyon yöntemi, kompozit rezinlerde adezyon ve ıslanabilirliğin geliştirilmesini sağlayan mikro retansiyon alanları üretme kabiliyeti sayesinde, tamir bağlanma dayanıklılığını belirgin şekilde arttırma potansiyeline sahiptir (19, 245, 266). Yapılan çalışmalarda, parçacıkla abrazyon sistemleri arasında, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> parçacıklarıyla abrazyon, kompozit yüzeyindeki mikro retansiyonu etkili şekilde sağladığı için, diğer parçacıklara kıyasla en iyi bağlanma dayanıklılık değerlerini sunmuştur (19, 259). Air abrazyon



uygulamasıyla tamir edilecek kompozitin yüzey alanındaki artış, yeni tamir kompozitin mekanik olarak kenetlenme yeteneğini artırır. Ayrıca, elde edilen retantif yüzey yapısı, kompozitin optimum adaptasyonunu sağlayan yüzey ıslanabilirliğini de desteklemektedir (19). Kompozit rezinlere uygulanan yüzey hazırlama yöntemleriyle ilgili çalışmaların çoğunda, partikül büyüklüğü 50 µm olan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile air abrazyonun, kompozit rezinlerin tamirinde yüzey pürüzlendirilmesinde en etkili yöntem olduğu bulunmuştur (259, 267, 268). Bu çalışmada da, bir diğer yüzey hazırlama yöntemi olarak, tamir öncesinde kompozit örneklerin yüzeyine, 50 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri kullanılarak, air abrazyonla yüzey hazırlama işlemi uygulanmıştır.

Literatürde, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin karşılaştırıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Önceki araştırmacılar (18, 260), mekanik olarak bağlanmanın tamir dayanıklılığına katkıda bulunan en önemli faktör olduğunu bildirmişlerdir. Artan yüzey pürüzlülüğü daha iyi mekanik retansiyon sağlar ve yüzey alanı boyunca serbest C bağı bulunma olasılığını da artırır (20). Bonstein ve ark. (269), elmas frezle yapılan yüzey hazırlama uygulamasının, diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek bağlanma dayanıklılık değeri gösterdiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte, bazı kompozit tamir çalışmaları, kompozit rezin yüzeylerinin frezle aşındırılmasının, smear tabakası oluşumuna yol açtığını göstermiştir (18, 20). Erbiyum lazerler ise, frezlerin aksine restoratif materyalleri smear tabakası oluşturmadan pürüzlendirir. Smear tabakasının bağlanma üzerindeki olumsuz etkisine bağlı olarak, lazerle pürüzlendirmenin frezle yapılan yüzey hazırlama uygulamalarına göre daha yüksek bağlanma dayanıklılığı sağlayabileceği düşünülmektedir (18, 20). Ancak, Bektaş ve ark. (20), Er:YAG lazer (1,5 W, 10 Hz) ve frezle yapılan yüzey hazırlama işlemleri arasında, tamir bağlanma dayanıklılığı açısından anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. Rosatto ve ark. (270) da elmas frez, air abrazyon ve farklı parametrelerle uygulanan (2 W, 3 W, 4 W ve 10 Hz) Er:YAG lazerle pürüzlendirmenin kompozit tamir bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, lazerle pürüzlendirmenin diğer gruplarla benzer sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu durum, çalışmada yapılan asitle pürüzlendirme aşaması ile, yüzeydeki smear tabakasının uzaklaştırmasına bağlanabilir (20, 246). Kimyai ve ark. (18), Er,Cr:YSGG lazerle (2 W, 20 Hz) yüzey hazırlama işleminin, elmas freze göre daha yüksek tamir bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Ghavam ve ark. (264), Er,Cr:YSGG lazerle (3 W, 20 Hz)

yapılan yüzey hazırlama işleminin, sadece fosforik asitle pürüzlendirmeye göre, mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerde bağlanma dayanıklılığını artırdığını göstermişlerdir. Oskoe ve ark. (265), farklı lazer sistemlerinin yaşlandırılmış siloran esaslı kompozit rezinlerin tamir bağlanma dayanıklılığına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, Er,Cr:YSGG lazerle (3 W, 20 Hz) yapılan yüzey hazırlama yöntemi ile anlamlı düzeyde daha yüksek bağlanma dayanıklılık değerleri elde ettiklerini bildirmişlerdir. Burnett ve ark. (271), indirek kompozitlerde farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, Er:YAG lazerin (2 W, 10 Hz), kompozit rezinlerin tamir bağlanma dayanıklılığını artırdığını rapor etmişlerdir. Ancak bu çalışmada, farklı yaşlandırma süreleri hesaba katılmadığında; test edilen kompozit rezinin tamirinde, Er,Cr:YSGG lazerle, 5 W, 20 Hz, %70 hava ve % 60 su parametreleriyle yüzey hazırlama uygulaması, SiC ile yüzey hazırlamaya benzer ( $p>0,05$ ), air abrazyondan ise anlamlı düzeyde daha düşük  $\mu$ GBD değerleri sergilemiştir ( $p<0,05$ ).

Nassoohi ve ark. (99), nanofil, nanohibrit ve mikrohibrit kompozitlere uygulanan farklı yüzey hazırlama yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, air abrazyonu takiben yapılan fosforik asitle pürüzlendirme ile en yüksek bağlanma dayanıklılığının elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Covalcanti ve ark. (272), kompozit tamirinde air abrazyon yönteminin frezle pürüzlendirmeye göre daha yüksek  $\mu$ GBD değerlerine yol açtığını rapor etmişlerdir. Kimyai ve ark (273), air abrazyon ve Nd:YAG lazerin indirekt kompozitlerin tamir bağlanma dayanıklılığını artırdığını, ancak air abrazyonla yüzey hazırlama yönteminin daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Cho ve ark. (274), bu çalışmaya benzer şekilde, air abrazyon uygulamasının, Er,Cr:YSGG lazerle (4 W, 20 Hz) yüzey hazırlama işlemi uygulanan örneklerle göre daha yüksek bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiğini rapor etmişlerdir. Kimyai ve ark. (18) bir diğer çalışmalarında, Er,Cr:YSGG lazer (2 W, 20 Hz) ve air abrazyonla yüzey hazırlama yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını, her iki yöntemin de, elmas frezle yüzey hazırlamaya göre daha yüksek tamir bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiğini kaydetmişlerdir. Ancak bu çalışmada, air abrazyon yöntemi, farklı yaşlandırma zamanları göz ardı edildiğinde, diğer yüzey hazırlama yöntemlerine göre anlamlı düzeyde daha yüksek  $\mu$ GBD değerleri göstermiştir.

SiC'le yüzey hazırlama yönteminin kompozit rezinlerde tamir bağlanma dayanıklılığına etkisini değerlendiren çalışmalar incelendiğinde; Fornazari ve ark. (118)'nın, SiC ve air abrazyonla yüzey hazırlama uygulamasının tamir bağlanma dayanıklılığı üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarının sonucunda, bizim çalışmamıza benzer şekilde, SiC grubundaki örneklerin daha düşük kesme bağlanma dayanıklılık değerleri gösterdiği saptanmıştır. Ahmadizenouz ve ark. (89); tamir bağlanma dayanıklılığı üzerine frez, Er:YAG lazer (1,5 W, 25 Hz) ve air abrazyonla yüzey hazırlama yöntemlerinin etkinliğini karşılaştırmış, yöntemler arasında anlamlı bir fark bulamamaları da, frezle yüzey hazırlama yönteminin en yüksek bağlanma dayanıklılık değerlerini gösterdiğini, bunu air abrazyon ve lazerle yüzey hazırlama yöntemlerinin takip ettiğini belirtmişlerdir. Kiomarsi ve ark. (87)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, frezle pürüzlendirilen örneklerin Er,Cr:YSGG lazerle (3 W, 20 Hz) pürüzlendirilen örneklerden anlamlı düzeyde daha yüksek kesme bağlanma dayanıklılığı gösterdiği rapor edilmiştir.

Bu çalışmada ise, yaşlandırma süreleri göz önüne alınmadığında, air abrazyon ile yüzey hazırlama yöntemi, tamir uygulanmayan kontrol örneklerinden anlamlı düzeyde daha düşük; Er,Cr:YSGG lazer ve SiC'le yüzey hazırlama işlemi uygulanan örneklerden daha yüksek  $\mu$ GBD değerleri göstermiştir ( $p<0,05$ ). Bu durum, test edilen kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin  $\mu$ GBD üzerine etkisi olduğunu gösterdiğinden, H<sub>0</sub> hipotezi reddedilmiştir.

Bu çalışmanın bulguları, kompozit tamirinde etkisi test edilen yaşlandırma süresi ile yüzey hazırlama yöntemi faktörlerinin etkileşim içinde olduğunu ve farklı yaşlandırma sürelerinde, uygulanan yüzey hazırlama yöntemlerinin, farklı sonuçlar doğurabildiğini ortaya koymuştur. Yaşlandırma işlemi uygulanmayan gruplarda, en yüksek  $\mu$ GBD değerlerini, Kontrol grubu göstermiştir. Air abrazyonla yüzey hazırlama yöntemi, Kontrol grubuna en yakın değerleri gösterirken ( $p>0,05$ ); Lazer grubundan yüksek  $\mu$ GBD değerleri sergilemiştir ( $p<0,05$ ). İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da, Air Abrazyon grubunda, SiC grubundan daha yüksek bağlanma değerleri gözlemlendiğinden; klinik uygulamalarda test edilen kompozit rezinin uygulandıktan, kısa süre sonra tamir edilmesi gerektiğinde, air abrazyonla yüzey hazırlama işlemi uygulanmasının daha başarılı sonuçlar vereceği düşünülebilir. 10.000 kez termal siklus

ile yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar değerlendirildiğinde, Lazer-10k ve Air Abrazyon-10k grupları, Kontrol-10k'ya benzer  $\mu$ GBD değerleri gösterirken, SiC-10k grubu diğer tüm gruplardan anlamlı düzeyde daha düşük bağlanma dayanıklılık değerleri göstermiştir. Bu nedenle, test edilen kompozit rezinin 1 yıl klinik hizmet verdikten sonra, çalışmada kullanılan adeziv sistem yardımıyla tamir edilmesi gerektiğinde, yüzey hazırlama yöntemi olarak elmas frez yerine, Er,Cr:YSGG lazer veya air abrazyon uygulamalarının tercih edilmesi daha avantajlı olabilir. 30.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar karşılaştırıldığında, tüm test grupları, tamir uygulanmayan Kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde düşük bağlanma dayanıklılığı sergilemişlerdir ( $p<0,05$ ). Ek olarak, Er,Cr:YSGG lazerle yapılan yüzey hazırlama uygulaması, air abrazyon ve SiC uygulamalarına kıyasla daha düşük  $\mu$ GBD değerleri göstermiştir ( $p<0,05$ ). Bu veriler ışığında, test edilen kompozit rezine 3 yıl klinik hizmet verdikten sonra, tamir işlemi yapılması gerektiğinde, air abrazyon veya elmas frezle yüzey hazırlama yöntemlerinin uygulanmasının daha başarılı sonuçlar vereceği yorumlanabilir. 50.000 kez termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulanan gruplar karşılaştırıldığında; Air Abrazyon-50k grubu, en yüksek  $\mu$ GBD değerlerini sergilemesine rağmen, istatistiksel olarak Kontrol-50k ve SiC-50k gruplarıyla benzer ( $p>0,05$ ), Lazer-50k grubundan yüksek bağlanma dayanıklılığı göstermiştir ( $p<0,05$ ). Bu nedenle, test edilen kompozit rezinin, 5 yıl süreyle klinik hizmet verdikten sonra tamirinde, air abrazyonla yüzey hazırlama işleminin ardından yapılan tamirin daha başarılı bir sonuç göstereceği düşünülebilir.

Bu çalışmanın verileri, farklı yaşlandırma sürelerinin etkisi açısından değerlendirildiğinde, Kontrol grupları arasında 50.000 kez termal siklusa tabi tutulan örneklerin, diğer yaşlandırma gruplarından anlamlı düzeyde daha düşük  $\mu$ GBD değerleri gösterdiği saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Lazerle yapılan yüzey hazırlama yönteminin etkinliğinin yaşlandırma süresine bağlı değişimi incelendiğinde, Lazer-10k grubunun en yüksek  $\mu$ GBD değerlerini gösterdiği ( $p<0,05$ ), diğer yaşlandırma süreleri arasında bir fark bulunmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Air abrazyon yöntemi ile yüzey hazırlama işlemi uygulanan gruplar arasında, Air Abrazyon-30k grubu en düşük  $\mu$ GBD değerlerini göstermiş ( $p<0,05$ ), diğer gruplar arasında fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). SiC grupları ise, bütün yaşlandırma sürelerinde benzer  $\mu$ GBD değerleri göstermiştir ( $p>0,05$ ).

Elde edilen bulgular yorumlandığında, farklı yaşlandırılma sürelerinde farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin kullanılabileceği düşünülebilir. Sonuç olarak, test edilen kompozit rezinin, bu çalışmada kullanılan üç aşamalı etch&rinse adeziv sistemle tamirinde, farklı yaşlandırma süreleriyle farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin etkileşiminin,  $\mu$ GBD'ı üzerinde farklı sonuçlar doğurduğu görüldüğünden, H<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hipotezi de reddedilmiştir.

Bu çalışmada  $\mu$ GBD bulgularını daha doğru yorumlayabilmek için, kırılma testi sonrasında örneklerinin kırılma tipleri de değerlendirilmiştir. Bütün örnekler bir arada değerlendirildiğinde, en çok koheziv kırılma tipi görülmüştür. Ancak, farklı yüzey hazırlama yöntemlerine göre ayrı başlıklar altında değerlendirildiğinde; Lazer grubunda karma, Air Abrasyon grubunda koheziv, SiC grubunda ise adeziv kırılma tiplerinin daha fazla olduğu bulunmuştur. Literatür incelendiğinde, bizim bulgularımızla uyuşan sonuçlar olduğu gibi, farklı bulguların da rapor edildiği saptanmıştır. Kiomarsi ve ark. (92), Er,Cr:YSGG lazer ve frezle yüzey hazırlama yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, genel olarak daha çok adeziv kırılma tipiyle karşılaştıklarını, lazerle yüzey hazırlama yönteminde ise, frezle hazırlamaya göre daha fazla adeziv tipte kırıklar gördüklerini belirtmişlerdir. Fornazari ve ark. (118) çalışmalarında, bizim bulgularımızla paralel olarak air abrazyonla hazırlanan örneklerde daha çok koheziv kırıkların görüldüğünü kaydetmişlerdir. Ancak, SiC uygulaması yapılan gruplarda daha çok karma tipte kırıklara rastlamışlardır. Ahmadizenouz ve ark. (89), air abrazyon, Er:YAG lazer ve frezle hazırlanan yüzeylerin kompozitle tamirinde kesme bağlanma dayanıklılığını değerlendirdikleri çalışmalarında; bütün gruplarda en fazla koheziv tipte kırıklarla karşılaşıırken, karma tipte kırığa hiç rastlamamışlardır. Nassoohi ve ark. (99), frezle pürüzlendirilen yüzeylerde daha çok karma tip kırıklarla karşılaşmışlardır. Kimyai ve ark (273), air abrazyon yönteminde karma tip kırıklara daha fazla rastlamışlardır. Bacchi ve ark. (275), air abrazyon sonrası adeziv uygulanan örneklerde en fazla karma kırık tipinin görüldüğünü belirtmişlerdir. Cho ve ark. (274)'nın çalışmasında, air abrazyon uygulanan örneklerde sadece koheziv tipte kırıklar görülmüştür. Kimyai ve ark. (18) diğer bir çalışmalarında, elmas frezle yapılan yüzey hazırlama uygulamasında, daha çok adeziv kırıklara rastlarken, air abrazyon ve Er,Cr:YSGG lazerde ise en fazla karma kırılma tipi görüldüğünü bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda en fazla görülen kırılma

tipi, koheziv kırıklar olsa da, karma tipteki kırıklar azımsanmayacak kadar fazladır. Literatür verileri ve bu çalışmanın bulguları arasındaki farklılıklar, yapılan bağlanma dayanıklılık test yöntemlerine, kullanılan adeziv ile kompozit rezin sistemlerindeki farklılığa ve yaşlandırma sürelerine bağlı olabilir.

Kompozit rezinlerin tamirinde, yüzeyler arasındaki bağlanmanın etkinliğinin belirlenmesi için, sıklıkla bağlanma dayanıklılık testleri ve kırılma tipi analizleri yapılmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin yanında, substrat yüzeylerinin SEM ile incelenmesi, bağlanma mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için son derece yol gösterici veriler sağlayabilmektedir. Bu çalışmada da, farklı yaşlandırma sürelerinin ve farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin, test edilen kompozit rezinin yüzeyinde oluşturduğu değişikliklerin değerlendirilmesi amacıyla, kompozit örneklerin yüzeyleri SEM ile incelenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen SEM görüntülerinde, kompozit örneklerin yüzeylerinde, kompozit rezinin matriks ve doldurucu bileşenlerinde, yaşlandırma süreleriyle doğru orantılı olarak artan su emilimine bağlı, hidrolitik bozunma bulguları ve poroziteler görülmüştür. Kontrol grubunda herhangi bir yüzey hazırlama yöntemi uygulanmadığı için pürüzsüz bir yüzey görülmüş, ancak yaşlanmayla birlikte yüzeyde porozitelerin oluştuğu ve kompozit yüzeyinde zamanla artan koyu renkli alanların olduğu izlenmiştir. Yapılan yüzey hazırlama yöntemleri ayrı ayrı incelendiğinde; lazer uygulanan gruplarda homojen dağılım gösteren ablasyon kraterleri, Air Abrazyon gruplarında dalgalanma tarzında pürüzlü bir yüzey oluşumu, SiC gruplarında ise aşındırıcı partikül izlerine denk gelecek şekilde çiziklerin oluştuğu görülmüştür. Elde edilen bu bulgular,  $\mu$ GBD testi bulgularıyla ve literatürle uyum içerisindedir.

Ahmadizenouz ve ark. (89), çeşitli yüzey hazırlama yöntemleri uyguladıkları nanofil kompozit rezin yüzeylerinin SEM ile incelenmesinde, kontrol grubunun nispeten pürüzsüz bir yüzey sergilediğini, frezle hazırlanan yüzeyin pürüzlü bir yüzey gösterdiğini ve diğer yüzey hazırlama yöntemleriyle kıyaslandığında, daha fazla mikromekanik retansiyon alanına sahip olduğunu; Er:YAG ile yüzey hazırlama işlemi uygulanan örnekte homojen mikro-retatif alanların bulunduğunu; air abrazyon uygulanan örneklerde ise oluklarla birlikte pürüzlü bir yüzeyin izlendiğini rapor etmişlerdir. Kimyai ve ark (273), kompozit tamiri için yüzey hazırlama yöntemlerinin

örneklerin yüzey morfolojisinde yarattığı değişiklikleri SEM ile incelemiş, kontrol grubunun pürüzsüz bir yüzey sergilediğini, air abrazyonda ise homojen dağılım gösteren pürüzlü alanların bulunduğunu belirtmişlerdir. Cho ve ark. (274)'nın gerçekleştirdikleri SEM çalışmasında, Er,Cr:YSGG lazer enerjisinin absorpsiyonu sonucu yüzeyde makroskobik ve mikroskobik düzensizlikler, air abrazyonda  $Al_2O_3$  partiküllerinin yarattığı dalgalanmalar, herhangi bir yüzey hazırlama yöntemi uygulanmayan kontrol grubunda ise, düz bir yüzey görüldüğü bildirilmiştir. Mirzaei ve ark. (276) çalışmalarında, Er,Cr:YSGG lazerin farklı parametrelerde, mikrohibrit kompozit rezinin yüzeyinde gösterdiği etkiyi, elmas frezle karşılaştırmışlardır. Frezle yaptıkları yüzey hazırlama işleminde, smear tabakası oluşumu görüldüğünü, lazerle yaptıkları yüzey hazırlama uygulamasında ise, smear tabakasına rastlamayıp, düzensiz ve mikroporöz yapılar gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Ayrıca, lazerin gücü artırıldığında, yani 4, 5, 6 W ile yapılan yüzey hazırlama uygulamalarında, 1, 2, 3 W ile yapılanlara göre, yüzey düzensizliklerinin de arttığını belirtmişlerdir. Oskoe ve ark. (265) da, Er,Cr:YSGG lazerle pürüzlendirilen yüzeylerde mikroporöz yapılar ve düzensizliklerin bulunduğunu, ancak oluşan yüzey görüntüsünün Nd:YAG ve  $CO_2$  lazerle yapılan yüzey hazırlama uygulamaları ile karşılaştırıldığında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Lizarelli ve ark. (133), Er:YAG lazerin, mikrofil, hibrit ve kondanse edilebilir kompozitler gibi farklı kompozit rezin türlerini uzaklaştırma oranlarını ve morfolojik bulgularını inceledikleri çalışmalarında, lazer uygulanan bölgedeki yüzeyin, hibrit kompozitlerde diğerlerinden daha pürüzsüz olduğunu bulmuşlardır. Yazarlar ayrıca, mikro-morfolojik bulguların, penetrasyon oranının ve genel ablyasyon hızının, kompozit rezinin kimyasal bileşimine, yapısına ve lazer parametrelerine bağlı olduğunu iddia etmişlerdir.

Bu çalışmada da, lazerle yüzey hazırlama işlemi uygulanan grupların SEM görüntüleri incelendiğinde; aşırı ısı nedeniyle herhangi bir yanık veya vitrifikasyon gibi kompozit rezine zarar verebilecek bir bulgu görülmemiştir. Bu durum, kullanılan lazer parametresinin doğru olduğunu ve kompozit yüzeyinde lazer uygulaması sırasında herhangi bir termal hasar oluşmadığını göstermektedir. Daha uzun sürelerde yaşlandırma uygulanan Lazer-30k ve Lazer-50k gruplarında; Lazer-Hemen ve Lazer-10k gruplarındaki örneklerden farklı olarak, kompozit yüzeyinde çatlaklar görülmeye başlanmıştır. Bu durum, kompozitteki su emiliminin artışına ya da materyalin daha

dirençsiz bir hale gelmesine bağlanabilir. Test edilen restoratif materyal 30.000 termal siklustan sonra, lazer ablasyonlarının oluşturduğu şok dalgalarına karşı, daha hassas hale gelmiş olabilir. Lazer-50k grubunda, Lazer-30k'dan farklı olarak, çatlakların daha da belirginleştiği, lokalize durumdaki çatlakların yaygınlaşmaya başladığı ve derinliğinin arttığı görülmektedir. Yaşlanmayla birlikte tüm gruplarda, yüzeydeki pörozite ve düzensizliklerin arttığı görülsede, yaşlanmanın etkisi Air Abrasyon ve SiC gruplarında, Lazer gruplarındaki kadar büyük farklılıklara neden olmamıştır. SEM incelemelerinden elde edilen bulgular,  $\mu$ GBD bulgularını desteklemektedir.

Her *in vitro* çalışmada olduğu gibi, bu çalışmanın da bazı kısıtlamaları vardır. Bunlardan ilki; restoratif materyal olarak sadece tek bir nanohibrit kompozit rezinin kullanılmasıdır. Bu çalışmanın sonuçları, sadece bu nanohibrit kompozit rezine yapılan yaşlandırma ve yüzey hazırlama işlemlerinin bulgularını yansıtmaktadır. Ancak, klinikte çok farklı kimyasal yapılara veya içeriklere sahip kompozit rezinler kullanılabilir. Bu nedenle, bu spesifik bulguların tüm kompozit rezinler için belirlenebilecek tamir uygulamalarına ışık tutması mümkün değildir. Bu çalışmanın bulgularının, tüm klinik senaryolara genellenmesine engel olacak bir diğer durum da, üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemin kullanılmış olmasıdır. Klinikte üç aşamalı etch&rinse adeziv sistemler çok pratik olmadıklarından, iki aşamalı etch&rinse, self-etch veya üniversal adezivlerin kullanımı daha çok tercih edilmektedir. Bu nedenle, bu araştırma protokolünün bu tür adeziv sistemler kullanılarak tekrarlanması faydalı olabilir. Bu çalışmanın diğer bir kısıtlaması ise, örneklerin sadece termal siklus işlemi kullanılarak yaşlandırılmasıdır. Termal siklus, laboratuvar ortamında yapılan yaşlandırma işlemleri arasında, en çok tercih edilen yöntem olsa da, klinikte dişler sadece termal değil, aynı zamanda mekanik ve kimyasal etkilere de maruz kalmaktadır. Bundan dolayı, bu bulguların termomekanik ve kimyasal yaşlandırma gibi daha komplike yaşlandırma protokolleriyle de desteklenmesi gereklidir.

Tüm bu sınırlamalar dahilinde gerçekleştirilen bu çalışma, bir kompozit rezinin tamirinde, farklı yaşlandırma sürelerinin ve yüzey hazırlama yöntemlerinin bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisi hakkında yol gösterici olsa da; sonuçların daha fazla klinik duruma cevap verebilmesi için, bu konuda diğer kompozit rezin ve adeziv sistemlerin test edildiği daha fazla *in vitro* araştırma yapılmasına ve elde edilen bulguların *in vivo* çalışmalarla desteklenmesine ihtiyaç vardır.



## 6. SONUÇLAR

Bu *in vitro* çalışmanın sınırlamaları dahilinde;

- 1) Test edilen universal nanohibrit kompozit rezinin üç aşamalı bir etch&rinse adeziv sistemle tamirinde farklı yaşlandırma sürelerinin, farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin ve bu faktörlerin birbirleriyle etkileşiminin  $\mu$ GBD'ı üzerine etkisinin olduğu,
- 2) Kontrol grubunda, 50.000 kez termal siklusla yaşlandırma işlemi sonrasında, yaşlandırma uygulanmayan, 10.000 kez ve 30.000 kez termal siklusla yaşlandırma uygulanan gruplara kıyasla  $\mu$ GBD değerlerinde anlamlı düzeyde azalma olduğu,
- 3) Lazer grupları arasında en yüksek  $\mu$ GBD değeri, 10.000 kez termal siklus işlemi uygulanan grupta görülürken, diğer Lazer grupları arasında bir fark bulunmadığı,
- 4) Air abrazyonla yüzey hazırlama uygulaması yapılan gruplar arasında, 30.000 kez termal siklus işlemi uygulanan grup, en düşük  $\mu$ GBD değerini gösterirken, diğer Air Abrazyon grupları arasında fark bulunmadığı,
- 5) Yaşlandırma işleminin farklı sürelerde yapılmasının, SiC ile yüzey hazırlama uygulaması üzerine anlamlı bir etkisinin bulunmadığı,
- 6) Yaşlandırma uygulanmayan Hemen grupları incelendiğinde, farklı yüzey hazırlama yöntemleri arasında air abrazyonla yüzey hazırlama uygulamasının, Kontrol grubuna en yakın ve en yüksek  $\mu$ GBD değerini sağladığı; lazerle yüzey hazırlama uygulamasının ise, en düşük  $\mu$ GBD'ına neden olduğu,
- 7) 10.000 kez termal siklus işlemi uygulanan gruplar içerisinde, Lazer ve Air Abrazyon gruplarının Kontrol grubuna benzer; SiC grubunun ise en düşük  $\mu$ GBD değerlerini gösterdiği,
- 8) 30.000 kez termal siklus işlemi uygulanan gruplar arasında, Kontrol grubunun tüm yüzey hazırlama yöntemi uygulanan gruplardan anlamlı düzeyde yüksek; Lazer grubunun ise, Air Abrazyon ve SiC gruplarından daha düşük  $\mu$ GBD değerleri gösterdiği,
- 9) 50.000 kez termal siklus işlemi uygulanan gruplarda ise, Air Abrazyon grubunun, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da diğer gruplardan daha yüksek

$\mu$ GBD değeri gösterdiği ve Kontrol, Lazer ve SiC gruplarının benzer  $\mu$ GBD değerleri sergilediği,

- 10) Termal siklusla yaşlandırma uygulamasının, test edilen nanohibrit kompozit rezinde su emilimine, higroskopik genleşmeye ve hidrolitik bozunmaya neden olduğu,
- 11) Yüzey hazırlama uygulamalarının yarattığı yüzey morfolojisi bulgularının farklı yaşlandırma sürelerinde değişiklik gösterdiği,
- 12) SEM görüntülerinin  $\mu$ GBD testi bulgularını destekler nitelikte olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.



## 7. KAYNAKLAR

1. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1):e56.
2. Nascimento GG, Correa MB, Opdam N, Demarco FF. Do clinical experience time and postgraduate training influence the choice of materials for posterior restorations? Results of a survey with Brazilian general dentists. *Braz Dent J.* 2013;24(6):642-6.
3. Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater.* 2012;28(1):87-101.
4. Demarco FF, Collares K, Coelho-de-Souza FH, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, ve ark. Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dent Mater.* 2015;31(10):1214-24.
5. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, ve ark. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(10):943-9.
6. Hickel R, Brushaver K, Ilie N. Repair of restorations--criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater.* 2013;29(1):28-50.
7. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent.* 2004;29(5):481-508.
8. Forss H, Widstrom E. Reasons for restorative therapy and the longevity of restorations in adults. *Acta Odontol Scand.* 2004;62(2):82-6.
9. Loomans B, Ozcan M. Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S68-S78.
10. Mjor IA. Clinical diagnosis of recurrent caries. *J Am Dent Assoc.* 2005;136(10):1426-33.
11. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjor IA, Peters M, ve ark. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *Clin Oral Investig.* 2007;11(1):5-33.
12. do Amaral FL, Colucci V, de Souza-Gabriel AE, Chinelatti MA, Palma-Dibb RG, Corona SA. Adhesion to Er:YAG laser-prepared dentin after long-term water storage and thermocycling. *Oper Dent.* 2008;33(1):51-8.
13. Firat E, Gurgan S, Gutknecht N. Microtensile bond strength of an etch-and-rinse adhesive to enamel and dentin after Er:YAG laser pretreatment with different pulse durations. *Lasers Med Sci.* 2012;27(1):15-21.
14. Valente LL, Sarkis-Onofre R, Gonçalves AP, Fernández E, Loomans B, Moraes RR. Repair bond strength of dental composites: systematic review and meta-analysis. *Int J Adhes Adhes.* 2016;69:15-26.

15. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, ve ark. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;29:295-308.
16. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, ve ark. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater.* 2011;27(7):701-9.
17. de Jesus Tavares RR, Almeida Junior L, Guara TCG, Ribeiro IS, Maia Filho EM, Firoozmand LM. Shear bond strength of different surface treatments in bulk fill, microhybrid, and nanoparticle repair resins. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2017;9:61-6.
18. Kimyai S, Mohammadi N, Navimipour EJ, Rikhtegaran S. Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite. *Photomed Laser Surg.* 2010;28 Suppl 2:S25-30.
19. Ozcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater.* 2007;23(10):1276-82.
20. Ozel Bektas O, Eren D, Herguner Siso S, Akin GE. Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers Med Sci.* 2012;27(4):723-8.
21. Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidyl acrylate. U.S. Patent Office. U.S. Patent No 3,066,112. 27 Kasım 1962.
22. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc.* 1963;66:57-64.
23. Newman GV, Snyder WH, Wilson CE, Jr. Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. *Angle Orthod.* 1968;38(1):12-8.
24. Bowen RL. Composite and sealant resins--past, present, and future. *Pediatr Dent.* 1982;4(1):10-5.
25. Roberson TM, Heymann HO, Swift Jr EJ. Introduction to composite restorations. Roberson TM, Heymann HO, Ritter AV, editors. *Sturdevant's art and science of operative dentistry.* 5th ed. St. Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2011.
26. Hervas-Garcia A, Martinez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11(2):E215-20.
27. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar: Ankara: Güneş Kitabevi Ltd. Şti.; 2011.
28. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res.* 2011;90(4):402-16.
29. Klapdohr S, Moszner N. New inorganic components for dental filling composites. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly.* 2005;136(1):21-45.

30. Gajewski VE, Pfeifer CS, Froes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Braz Dent J.* 2012;23(5):508-14.
31. Moszner N, Fischer UK, Angermann J, Rheinberger V. A partially aromatic urethane dimethacrylate as a new substitute for Bis-GMA in restorative composites. *Dent Mater.* 2008;24(5):694-9.
32. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005;21(1):68-74.
33. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dent Mater.* 2010;26(10):947-53.
34. Naoum SJ, Ellakwa A, Morgan L, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *J Dent.* 2012;40(1):64-70.
35. Gauthier MA, Zhang Z, Zhu XX. New dental composites containing multimethacrylate derivatives of bile acids: a comparative study with commercial monomers. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2009;1(4):824-32.
36. Ye S, Azarnoush S, Smith IR, Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Using hyperbranched oligomer functionalized glass fillers to reduce shrinkage stress. *Dent Mater.* 2012;28(9):1004-11.
37. Podgorski M. Synthesis and characterization of novel dimethacrylates of different chain lengths as possible dental resins. *Dent Mater.* 2010;26(6):e188-94.
38. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent.* 2012;3(1):3-16.
39. Siang Soh M, Sellinger A, Uj Yap A. Dental nanocomposites. *Current Nanoscience.* 2006;2(4):373-81.
40. Habib E, Wang R, Wang Y, Zhu M, Zhu X. Inorganic fillers for dental resin composites: present and future. *ACS Biomater Sci Eng.* 2015;2(1):1-11.
41. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater.* 1999;15(2):128-37.
42. Verma S, Chevvuri R, Sharma H. Nanotechnology in dentistry: Unleashing the hidden gems. *J Indian Soc Periodontol.* 2018;22(3):196-200.
43. Abou Neel EA, Bozec L, Perez RA, Kim HW, Knowles JC. Nanotechnology in dentistry: prevention, diagnosis, and therapy. *Int J Nanomedicine.* 2015;10:6371-94.
44. Nihei T. Dental applications for silane coupling agents. *J Oral Sci.* 2016;58(2):151-5.
45. Soderholm KJ, Shang SW. Molecular orientation of silane at the surface of colloidal silica. *J Dent Res.* 1993;72(6):1050-4.

46. Bayne SC. Dental biomaterials: where are we and where are we going? *J Dent Educ.* 2005;69(5):571-85.
47. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent.* 1983;50(4):480-8.
48. Schwendicke F, Blunck U, Tu YK, Gostemeyer G. Does Classification of Composites for Network Meta-analyses Lead to Erroneous Conclusions? *Oper Dent.* 2018;43(2):213-22.
49. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J.* 2017;222(5):337-44.
50. Poitevin A, De Munck J, Van Ende A, Suyama Y, Mine A, Peumans M, et al. Bonding effectiveness of self-adhesive composites to dentin and enamel. *Dent Mater.* 2013;29(2):221-30.
51. Gresnigt MM, Kalk W, Ozcan M. Randomized controlled split-mouth clinical trial of direct laminate veneers with two micro-hybrid resin composites. *J Dent.* 2012;40(9):766-75.
52. Stefanski S, van Dijken JW. Clinical performance of a nanofilled resin composite with and without an intermediary layer of flowable composite: a 2-year evaluation. *Clin Oral Investig.* 2012;16(1):147-53.
53. Demirci M, Tuncer S, Oztas E, Tekce N, Uysal O. A 4-year clinical evaluation of direct composite build-ups for space closure after orthodontic treatment. *Clin Oral Investig.* 2015;19(9):2187-99.
54. Cetin AR, Unlu N. One-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite restorations in posterior teeth. *Dent Mater J.* 2009;28(5):620-6.
55. Mjor IA, Moorhead JE, Dahl JE. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. *Int Dent J.* 2000;50(6):361-6.
56. Blum IR, Ozcan M. Reporative Dentistry: Possibilities and Limitations. *Curr Oral Health Rep.* 2018;5(4):264-9.
57. de Carvalho Martins BM, da Silva E, Tavares Pereira Ferreira DM, Rodrigues Reis K, da Silva Fidalgo TK. Longevity of defective direct restorations treated by minimally invasive techniques or complete replacement in permanent teeth: A systematic review. *J Dent.* 2018.
58. Martin J, Fernandez E, Estay J, Gordan VV, Mjor IA, Moncada G. Minimal invasive treatment for defective restorations: five-year results using sealants. *Oper Dent.* 2013;38(2):125-33.
59. Gordan VV, Garvan CW, Blaser PK, Mondragon E, Mjor IA. A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(12):1476-84.
60. Gordan VV, Shen C, Riley J, 3rd, Mjor IA. Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(3):144-53; discussion 54.

61. Martins BMC, Silva E, Ferreira D, Reis KR, Fidalgo T. Longevity of defective direct restorations treated by minimally invasive techniques or complete replacement in permanent teeth: A systematic review. *J Dent*. 2018;78:22-30.
62. Gumustas B, Sismanoglu S. Effectiveness of different resin composite materials for repairing noncarious amalgam margin defects. *J Conserv Dent*. 2018;21(6):627-31.
63. Gordan VV, Mjor IA, Blum IR, Wilson N. Teaching students the repair of resin-based composite restorations: a survey of North American dental schools. *J Am Dent Assoc*. 2003;134(3):317-23; quiz 38-9.
64. Gordan VV, Riley JL, 3rd, Geraldeli S, Rindal DB, Qvist V, Fellows JL, ve ark. Repair or replacement of defective restorations by dentists in The Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc*. 2012;143(6):593-601.
65. Moncada G, Martin J, Fernandez E, Hempel MC, Mjor IA, Gordan VV. Sealing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: a three-year clinical trial. *J Am Dent Assoc*. 2009;140(4):425-32.
66. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjor I, Bayne S, Peters M, ve ark. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig*. 2010;14(4):349-66.
67. Blum IR, Jagger DC, Wilson NH. Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. *Dent Update*. 2011;38(2):78-80, 2-4.
68. Blum IR, Lynch CD. Repair versus replacement of defective direct dental restorations in posterior teeth of adults. *Prim Dent J*. 2014;3(2):62-7.
69. Gordan VV, Riley JL, 3rd, Worley DC, Gilbert GH, Group DC. Restorative material and other tooth-specific variables associated with the decision to repair or replace defective restorations: findings from The Dental PBRN. *J Dent*. 2012;40(5):397-405.
70. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J*. 2000;50(1):1-12.
71. Wilson N, Lynch CD, Brunton PA, Hickel R, Meyer-Lueckel H, Gurgan S, ve ark. Criteria for the Replacement of Restorations: Academy of Operative Dentistry European Section. *Oper Dent*. 2016;41(S7):S48-S57.
72. Gordan VV, Riley J, 3rd, Geraldeli S, Williams OD, Spoto JC, 3rd, Gilbert GH, ve ark. The decision to repair or replace a defective restoration is affected by who placed the original restoration: findings from the National Dental PBRN. *J Dent*. 2014;42(12):1528-34.
73. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2014;6:81-7.
74. Sharif MO, Catleugh M, Merry A, Tickle M, Dunne SM, Brunton P, ve ark. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010(2):CD005971.

75. Estay J, Martin J, Viera V, Valdivieso J, Bersezio C, Vildosola P, ve ark. 12 Years of Repair of Amalgam and Composite Resins: A Clinical Study. *Oper Dent*. 2018;43(1):12-21.
76. Fernandez E, Martin J, Vildosola P, Oliveira Junior OB, Gordan V, Mjor I, ve ark. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *J Dent*. 2015;43(2):279-86.
77. Casagrande L, Laske M, Bronkhorst EM, Huysmans M, Opdam NJM. Repair may increase survival of direct posterior restorations - A practice based study. *J Dent*. 2017;64:30-6.
78. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. Longevity of repaired restorations: a practice based study. *J Dent*. 2012;40(10):829-35.
79. Blum IR, Newton JT, Wilson NH. A cohort investigation of the changes in vocational dental practitioners' views on repairing defective direct composite restorations. *Br Dent J*. 2005;Suppl:27-30.
80. Gordan VV, Riley JL, 3rd, Rindal DB, Qvist V, Fellows JL, Dilbone DA, ve ark. Repair or replacement of restorations: A prospective cohort study by dentists in The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc*. 2015;146(12):895-903.
81. Gordan VV, Riley JL, 3rd, Blaser PK, Mondragon E, Garvan CW, Mjor IA. Alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations: results of a seven-year clinical study. *J Am Dent Assoc*. 2011;142(7):842-9.
82. Fernandez EM, Martin JA, Angel PA, Mjor IA, Gordan VV, Moncada GA. Survival rate of sealed, refurbished and repaired defective restorations: 4-year follow-up. *Braz Dent J*. 2011;22(2):134-9.
83. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955;34(6):849-53.
84. Laswell HR, Welk DA, Regenos JW. Attachment of resin restorations to acid pretreated enamel. *J Am Dent Assoc*. 1971;82(3):558-63.
85. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res*. 2010;89(10):1063-7.
86. Baldissera RA, Correa MB, Schuch HS, Collares K, Nascimento GG, Jardim PS, ve ark. Are there universal restorative composites for anterior and posterior teeth? *J Dent*. 2013;41(11):1027-35.
87. Kiomarsi N, Espahbodi M, Chiniforush N, Karazifard MJ, Kamangar SSH. In vitro evaluation of repair bond strength of composite: Effect of surface treatments with bur and laser and application of universal adhesive. *Laser Ther*. 2017;26(3):173-80.
88. Ozcan M, Pekkan G. Effect of different adhesion strategies on bond strength of resin composite to composite-dentin complex. *Oper Dent*. 2013;38(1):63-72.
89. Ahmadizenouz G, Esmaeili B, Taghvaei A, Jamali Z, Jafari T, Amiri Daneshvar F, ve ark. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of



- nanofilled composite repairs. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016;10(1):9-16.
90. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent*. 2010;38(1):29-38.
  91. Hamano N, Chiang YC, Nyamaa I, Yamaguchi H, Ino S, Hickel R, ve ark. Repair of silorane-based dental composites: influence of surface treatments. *Dent Mater*. 2012;28(8):894-902.
  92. Kiomarsi N, Saburian P, Chiniforush N, Karazifard MJ, Hashemikamangar SS. Effect of thermocycling and surface treatment on repair bond strength of composite. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(8):e945-e51.
  93. Ozcan M, Corazza PH, Marocho SM, Barbosa SH, Bottino MA. Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clin Oral Investig*. 2013;17(7):1751-8.
  94. Loomans BA, Cardoso MV, Opdam NJ, Roeters FJ, De Munck J, Huysmans MC, ve ark. Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent*. 2011;39(7):499-505.
  95. Loomans BA, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, ve ark. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent*. 2017;59:18-25.
  96. Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie N. Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clin Oral Investig*. 2015;19(2):299-308.
  97. Zhu JJ, Tang AT, Matinlinna JP, Hagg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2014;112(2):122-35.
  98. Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent*. 2011;36(6):608-17.
  99. Nassoohi N, Kazemi H, Sadaghiani M, Mansouri M, Rakhshan V. Effects of three surface conditioning techniques on repair bond strength of nanohybrid and nanofilled composites. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015;12(6):554-61.
  100. Suda S, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, ve ark. Comparison of enamel bond fatigue durability between universal adhesives and two-step self-etch adhesives: Effect of phosphoric acid pre-etching. *Dent Mater J*. 2018;37(2):244-55.
  101. Saracoglu A, Ozcan M, Kumbuloglu O, Turkun M. Adhesion of resin composite to hydrofluoric acid-exposed enamel and dentin in repair protocols. *Oper Dent*. 2011;36(5):545-53.
  102. Loomans BA, Mine A, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, ve ark. Hydrofluoric acid on dentin should be avoided. *Dent Mater*. 2010;26(7):643-9.

103. Mm J, Nk B, A P. Minimal intervention dentistry - a new frontier in clinical dentistry. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(7):ZE04-8.
104. Hassan U, Farooq I, Moheet IA, AlShwaimi E. Cutting efficiency of different dental materials utilized in an air abrasion system. *Int J Health Sci (Qassim).* 2017;11(4):23-7.
105. Hegde VS, Khatavkar RA. A new dimension to conservative dentistry: Air abrasion. *J Conserv Dent.* 2010;13(1):4-8.
106. Banerjee A, Watson TF. Air abrasion: its uses and abuses. *Dent Update.* 2002;29(7):340-6.
107. Kern M, Barloi A, Yang B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res.* 2009;88(9):817-22.
108. Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc.* 2013;144(1):31-44.
109. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *J Dent.* 2004;32(2):91-9.
110. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent.* 1994;71(5):453-61.
111. Ozcan M, Alander P, Vallittu PK, Huysmans MC, Kalk W. Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med.* 2005;16(1):21-7.
112. Rodrigues SA, Jr., Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2009;25(4):442-51.
113. Valente LL, Sarkis-Onofre R, Goncalves AP, Fernandez E, Loomans B, Moraes RR. Repair bond strength of dental composites: systematic review and meta-analysis. *Int J Adhes Adhes.* 2016;69:15-26.
114. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater.* 2018;34(1):13-28.
115. Filho AM, Vieira LC, Araujo E, Monteiro Junior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont.* 2004;13(1):28-35.
116. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces - an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil.* 2007;34(8):622-30.
117. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin composite materials. *Dent Mater.* 2011;27(2):e20-7.
118. Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent.* 2017;42(4):367-74.

119. Hisamatsu N, Atsuta M, Matsumura H. Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. *J Oral Rehabil.* 2002;29(7):644-8.
120. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31(8):521-5.
121. Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J.* 2015;65(6):311-5.
122. Lima AF, Ferreira SF, Catelan A, Palialol AR, Goncalves LS, Aguiar FH, ve ark. The effect of surface treatment and bonding procedures on the bond strength of silorane composite repairs. *Acta Odontol Scand.* 2014;72(1):71-5.
123. Melo MA, Moyses MR, Santos SG, Alcantara CE, Ribeiro JC. Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Braz Oral Res.* 2011;25(6):485-91.
124. Brum RT, Vieira S, Freire A, Mazur RF, De Souza EM, Rached RN. Effect of organic solvents compared to sandblasting on the repair bond strength of nanohybrid and nanofilled composite resins. *Indian J Dent Res.* 2017;28(4):433-41.
125. Ozcan M, Matinlinna JP, Vallittu PK, Huysmans MC. Effect of drying time of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dent Mater.* 2004;20(6):586-90.
126. Eliasson ST, Dahl JE. Effect of curing and silanizing on composite repair bond strength using an improved micro-tensile test method. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2017;3(1):21-9.
127. Caprioglio C, Olivi G, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 1: General introduction. *Eur J Paediatr Dent.* 2017;18(1):80-2.
128. Prathima GS, Bhadrashetty D, Babu SB, Disha P. Microdentistry with Lasers. *J Int Oral Health.* 2015;7(9):134-7.
129. Nazemisalman B, Farsadeghi M, Sokhansanj M. Types of Lasers and Their Applications in Pediatric Dentistry. *J Lasers Med Sci.* 2015;6(3):96-101.
130. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):124-32.
131. Alizadeh Oskoe P, Mohammadi N, Ebrahimi Chaharom ME, Kimyai S, Pournaghi Azar F, Rikhtegaran S, ve ark. Effect of Surface Treatment with Er;Cr:YSSG, Nd:YAG, and CO2 Lasers on Repair Shear Bond Strength of a Silorane-based Composite Resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2013;7(2):61-6.
132. Correa-Afonso AM, Palma-Dibb RG, Pecora JD. Composite filling removal with erbium:yttrium-aluminum-garnet laser: morphological analyses. *Lasers Med Sci.* 2010;25(1):1-7.

133. de Fátima Zanirato Lizarelli R, Moriyama LT, Pelino JEP, Bagnato VS. Ablation Rate and Morphological Aspects of Composite Resins Exposed to Er: YAG Laser. *Journal of Oral Laser Applications*. 2005;5(3):151–60.
134. Celik C, Cehreli SB, Arhun N. Resin composite repair: Quantitative microleakage evaluation of resin-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *Eur J Dent*. 2015;9(1):92-9.
135. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent*. 2009;21(4):251-60.
136. Costa TR, Ferreira SQ, Klein-Junior CA, Loguercio AD, Reis A. Durability of surface treatments and intermediate agents used for repair of a polished composite. *Oper Dent*. 2010;35(2):231-7.
137. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci*. 2011;119(4):316-22.
138. Cehreli SB, Arhun N, Celik C. Amalgam repair: quantitative evaluation of amalgam-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *Oper Dent*. 2010;35(3):337-44.
139. Pacham DE. Adhesion. Pacham DE, editor. *Handbook of adhesion*. pp 18-20. Essex, UK: Longman Scientific&Technical; 1992.
140. Marshall SJ, Bayne SC, Baier R, Tomsia AP, Marshall GW. A review of adhesion science. *Dent Mater*. 2010;26(2):e11-6.
141. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, ve ark. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):1-16.
142. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):17-28.
143. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, ve ark. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater*. 2019;35(1):e1-e22.
144. Delbons FB, Perdigao J, Araujo E, Melo Freire CA, Caldas DD, Cardoso JL, ve ark. Randomized clinical trial of four adhesion strategies in posterior restorations-18-month results. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(2):107-17.
145. van den Breemer CR, Gresnigt MM, Cune MS. Cementation of Glass-Ceramic Posterior Restorations: A Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2015;2015:148954.
146. Botton G, Morgental CS, Scherer MM, Lenzi TL, Montagner AF, Rocha RO. Are self-etch adhesive systems effective in the retention of occlusal sealants? A systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent*. 2016;26(6):402-11.
147. Bakhadher W, Halawany H, Talic N, Abraham N, Jacob V. Factors Affecting the Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets - a Review of In Vitro Studies. *Acta Medica (Hradec Kralove)*. 2015;58(2):43-8.

148. Kahler B, Hu JY, Marriot-Smith CS, Heithersay GS. Splinting of teeth following trauma: a review and a new splinting recommendation. *Aust Dent J.* 2016;61 Suppl 1:59-73.
149. Patil SA, Naik BD, Suma R. Evaluation of three different agents for in-office treatment of dentinal hypersensitivity: a controlled clinical study. *Indian J Dent Res.* 2015;26(1):38-42.
150. Arnold WH, Meyer AK, Naumova EA. Surface Roughness of Initial Enamel Caries Lesions in Human Teeth After Resin Infiltration. *Open Dent J.* 2016;10:505-15.
151. Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, et al. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2005;84(12):1160-4.
152. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. *J Dent Res.* 1965;44(5):895-902.
153. Retief DH, Denys FR. Adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent.* 1989;2 Spec No:133-44.
154. Swift EJ, Jr. Bonding systems for restorative materials--a comprehensive review. *Pediatr Dent.* 1998;20(2):80-4.
155. Asmussen E, Munksgaard EC. Bonding of restorative resins to dentine: status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. *Int Dent J.* 1988;38(2):97-104.
156. Tyas MJ, Burns GA, Byrne PF, Cunningham PJ, Dobson BC, Widdop FT. Clinical evaluation of Scotchbond: three-year results. *Aust Dent J.* 1989;34(3):277-9.
157. Van Meerbeek B, Peumans M, Verschueren M, Gladys S, Braem M, Lambrechts P, et al. Clinical status of ten dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1994;73(11):1690-702.
158. Erickson RL. Mechanism and clinical implications of bond formation for two dentin bonding agents. *Am J Dent.* 1989;2 Spec No:117-23.
159. Prati C, Biagini G, Rizzoli C, Nucci C, Zucchini C, Montanari G. Shear bond strength and SEM evaluation of dentinal bonding systems. *Am J Dent.* 1990;3(6):283-8.
160. Chappell RP, Eick JD. Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesives. *Quintessence Int.* 1994;25(5):359-68.
161. Duke ES, Robbins JW, Snyder DS. Clinical evaluation of a dentinal adhesive system: three-year results. *Quintessence Int.* 1991;22(11):889-95.
162. Hansen EK. Three-year study of cervical erosions restored with resin and dentin-bonding agent. *Acta Odontol Scand.* 1989;47(5):301-6.
163. Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1978;23(9):807-10.

164. Eliades G. Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. *J Dent.* 1994;22(2):73-81.
165. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1992;71(8):1530-40.
166. Kanca J, 3rd. Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int.* 1992;23(1):39-41.
167. Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P, Robinson SJ. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part I. *Quintessence Int.* 1991;22(12):967-77.
168. Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrechts P, VanHerle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res.* 1993;72(2):495-501.
169. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-73.
170. Swift EJ, Jr., Triolo PT, Jr. Bond strengths of Scotchbond Multi-Purpose to moist dentin and enamel. *Am J Dent.* 1992;5(6):318-20.
171. Holtan JR, Nystrom GP, Rensch SE, Phelps RA, Douglas WH. Microleakage of five dentinal adhesives. *Oper Dent.* 1994;19(5):189-93.
172. Kanca J, 3rd. One step bond strength to enamel and dentin. *Am J Dent.* 1997;10(1):5-8.
173. Swift EJ, Jr., Wilder AD, Jr., May KN, Jr., Waddell SL. Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper Dent.* 1997;22(5):194-9.
174. Swift EJ, Jr., Bayne SC. Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am J Dent.* 1997;10(4):184-8.
175. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH. The overwet phenomenon: a transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent.* 1996;9(4):161-6.
176. Dunn JR. iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend Contin Educ Dent.* 2003;24(2 Suppl):14-8.
177. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
178. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent.* 1997;10(3):141-6.
179. Kanca J, 3rd. Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent.* 1992;5(4):213-5.

180. Miller MB. Self-etching adhesives: solving the sensitivity conundrum. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2002;14(5):406.
181. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am*. 2002;46(2):277-301, vi.
182. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, ve ark. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. *Am J Dent*. 2003;16(5):329-34.
183. Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K, ve ark. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater*. 2005;21(2):110-24.
184. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent*. 2002;30(7-8):371-82.
185. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent*. 2002;31(7):472-6.
186. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, ve ark. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.
187. Zheng L, Pereira PN, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent*. 2001;26(1):97-104.
188. Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, ve ark. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res*. 2005;84(2):183-8.
189. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, ve ark. Origin of interfacial droplets with one-step adhesives. *J Dent Res*. 2007;86(8):739-44.
190. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent*. 2002;4(4):255-69.
191. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):1-17.
192. Basaran G, Ozer T, Devecioglu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod*. 2009;31(3):271-5.
193. Karami NM, Javadinezhad S, Homayonzadeh M. Sealant Microleakage in Saliva-Contaminated Enamel: Comparison between three adhesive systems. *J Dent Sch*. 2010;27(4):197-204.
194. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(7):765-76.

195. de Goes MF, Shinohara MS, Freitas MS. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. *J Adhes Dent*. 2014;16(3):243-50.
196. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014;42(7):800-7.
197. Deepa VL, Dhamaraju B, Bollu IP, Balaji TS. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to three different liners: TheraCal LC, Biodentine, and resin-modified glass ionomer cement using universal adhesive: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2016;19(2):166-70.
198. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(1):15-26; quiz 8, 40.
199. Balkaya H, Demirbuga S, Cakir NN, Karadas M, Zorba YO. Micro-shear bond strength of universal adhesives used for amalgam repair with or without Alloy Primer. *J Conserv Dent*. 2018;21(3):274-9.
200. Vogl V, Hiller KA, Buchalla W, Federlin M, Schmalz G. Controlled, prospective, randomized, clinical split-mouth evaluation of partial ceramic crowns luted with a new, universal adhesive system/resin cement: results after 18 months. *Clin Oral Investig*. 2016;20(9):2481-92.
201. Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, ve ark. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent*. 2014;42(5):595-602.
202. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, ve ark. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent*. 2012;40(6):475-84.
203. Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, ve ark. Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent*. 2015;43(5):525-36.
204. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M, ve ark. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *J Dent*. 2014;42(5):603-12.
205. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, ve ark. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J*. 2005;24(1):1-13.
206. Chang JC. Amalgam repair with a 4-META resin. *J Prosthet Dent*. 2004;92(5):506-7.
207. Oskoe SK, Drummond JL, Rockne KJ. The effect of esterase enzyme on aging dental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2019. doi: 10.1002/jbm.b.34313.
208. Hampe R, Lumkemann N, Sener B, Stawarczyk B. The effect of artificial aging on Martens hardness and indentation modulus of different dental CAD/CAM restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018;86:191-8.



209. Al-Turki LI, Drummond JL, Agojci M, Gosz M, Tyrus JM, Lin L. Contact versus flexure fatigue of a fiber-filled composite. *Dent Mater.* 2007;23(5):648-53.
210. Montagner AF, Opdam NJ, De Munck J, Cenci MS, Van Meerbeek B, Huysmans MD. Bonding Efficacy and Fracture Pattern of Adhesives Submitted to Mechanical Aging with the Rub&Roll Device. *J Adhes Dent.* 2017;19(1):59-68.
211. Burgin S, Rohr N, Fischer J. Assessing degradation of composite resin cements during artificial aging by Martens hardness. *Head Face Med.* 2017;13(1):9.
212. Brendeke J, Ozcan M. Effect of physicochemical aging conditions on the composite-composite repair bond strength. *J Adhes Dent.* 2007;9(4):399-406.
213. Zhou M, Drummond JL, Hanley L. Barium and strontium leaching from aged glass particle/resin matrix dental composites. *Dent Mater.* 2005;21(2):145-55.
214. Deng D, Yang H, Guo J, Chen X, Zhang W, Huang C. Effects of different artificial ageing methods on the degradation of adhesive-dentine interfaces. *J Dent.* 2014;42(12):1577-85.
215. Aggarwal V, Logani A, Jain V, Shah N. Effect of cyclic loading on marginal adaptation and bond strength in direct vs. indirect class II MO composite restorations. *Oper Dent.* 2008;33(5):587-92.
216. de Oliveira DC, Ayres AP, Rocha MG, Giannini M, Puppim Rontani RM, Ferracane JL, ve ark. Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE2000 Color-Difference Formulas. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):322-30.
217. Drubi-Filho B, Garcia Lda F, Cruvinel DR, Sousa AB, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of modern composites subjected to different periods of accelerated artificial aging. *Braz Dent J.* 2012;23(5):575-80.
218. Borba M, de Araujo MD, Fukushima KA, Yoshimura HN, Griggs JA, Della Bona A, ve ark. Effect of different aging methods on the mechanical behavior of multi-layered ceramic structures. *Dent Mater.* 2016;32(12):1536-42.
219. Lee TH, Lee SH, Her SB, Chang WG, Lim BS. Effects of surface treatments on the susceptibilities of low temperature degradation by autoclaving in zirconia. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2012;100(5):1334-43.
220. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LVJ. Does artificial aging affect mechanical properties of CAD/CAM composite materials. *J Prosthodont Res.* 2018;62(1):65-74.
221. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clin Oral Investig.* 2011;15(5):625-33.
222. Frankenberger R, Hehn J, Hajto J, Kramer N, Naumann M, Koch A, ve ark. Effect of proximal box elevation with resin composite on marginal quality of ceramic inlays in vitro. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):177-83.

223. Zaruba M, Kasper R, Kazama R, Wegehaupt FJ, Ender A, Attin T, ve ark. Marginal adaptation of ceramic and composite inlays in minimally invasive mod cavities. *Clin Oral Investig.* 2014;18(2):579-87.
224. Youngson CC, Barclay CW. A pilot study of intraoral temperature changes. *Clin Oral Investig.* 2000;4(3):183-9.
225. Catalbas B, Uysal T, Nur M, Demir A, Gunduz B. Effects of thermocycling on the degree of cure of two lingual retainer composites. *Dent Mater J.* 2010;29(1):41-6.
226. Helvatjoglu-Antoniades M, Koliniotou-Kubia E, Dionyssopoulos P. The effect of thermal cycling on the bovine dentine shear bond strength of current adhesive systems. *J Oral Rehabil.* 2004;31(9):911-7.
227. Daneshkazemi A, Davari A, Akbari MJ, Davoudi A, Badrian H. Effects of Thermal and Mechanical Load Cycling on the Dentin Microtensile Bond Strength of Single Bond-2. *J Int Oral Health.* 2015;7(8):9-13.
228. El Mourad AM. Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature. *Open Dent J.* 2018;12:664-78.
229. Pitchika V, Birlbauer S, Chiang ML, Schuldt C, Crispin A, Hickel R, ve ark. Shear bond strength and microleakage of a new self-etch adhesive pit and fissure sealant. *Dent Mater J.* 2018;37(2):266-71.
230. ISO. TR 11405. Dental materials-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. 1994.
231. Saboia VP, Silva FC, Nato F, Mazzoni A, Cadenaro M, Mazzotti G, ve ark. Analysis of differential artificial ageing of the adhesive interface produced by a two-step etch-and-rinse adhesive. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(5):618-24.
232. Xie C, Han Y, Zhao XY, Wang ZY, He HM. Microtensile bond strength of one- and two-step self-etching adhesives on sclerotic dentin: the effects of thermocycling. *Oper Dent.* 2010;35(5):547-55.
233. ISO. Technical specification no. 11405. Dental materials: Testing of adhesion to tooth structure. 2003.
234. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, ve ark. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010;26(2):e100-21.
235. Sadek FT, Monticelli F, Muench A, Ferrari M, Cardoso PE. A novel method to obtain microtensile specimens minimizing cut flaws. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;78(1):7-14.
236. Matsumoto M, Mine A, Miura J, Minamino T, Iwashita T, Nakatani H, ve ark. Bonding effectiveness and multi-interfacial characterization of two direct buildup resin core systems bonded to post-space dentin. *Clin Oral Investig.* 2017;21(1):309-17.

237. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan VV, Eden E. Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: report of a FDI task group. *Int Dent J.* 2012;62(5):223-43.
238. Ayaz F, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2011;4:49-56.
239. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater.* 2010;26(2):e50-62.
240. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, ve ark. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater.* 1994;10(4):236-40.
241. Ghassemieh E. Evaluation of sources of uncertainties in microtensile bond strength of dental adhesive system for different specimen geometries. *Dent Mater.* 2008;24(4):536-47.
242. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent Mater.* 1998;14(2):120-8.
243. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater.* 1995;11(2):117-25.
244. Pallesen U, van Dijken JW. A randomized controlled 27 years follow up of three resin composites in Class II restorations. *J Dent.* 2015;43(12):1547-58.
245. Souza MO, Leitune VC, Rodrigues SB, Samuel SM, Collares FM. One-year aging effects on microtensile bond strengths of composite and repairs with different surface treatments. *Braz Oral Res.* 2017;31:e4.
246. Fawzy AS, El-Askary FS, Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J Dent.* 2008;36(12):969-76.
247. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.
248. McCabe JF, Rusby S. Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. *Biomaterials.* 2004;25(18):4001-7.
249. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent.* 2001;29(1):35-41.
250. Magni E, Ferrari M, Papacchini F, Hickel R, Ilie N. Influence of ozone on the composite-to-composite bond. *Clin Oral Investig.* 2011;15(2):249-56.
251. Irmak O, Celiksoz O, Yilmaz B, Yaman BC. Adhesive system affects repair bond strength of resin composite. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;51(3):25-31.
252. Lemos CA, Mauro SJ, de Campos RA, Dos Santos PH, Machado LS, Fagundes TC. Repairability of aged resin composites mediated by different restorative systems. *Acta Odontol Latinoam.* 2016;29(1):7-13.

253. El-Amin AM, Daifalla LE, Zaazou MH, Gomaa HA, Mobarak EH. Repair Bond Strength of Aged Silorane-based Composite Using Intermediate Adhesive Systems Based on Different Monomers. *J Adhes Dent*. 2015;17(2):163-8.
254. Eliasson ST, Tibballs J, Dahl JE. Effect of different surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Oper Dent*. 2014;39(5):E206-16.
255. da Costa TR, Serrano AM, Atman AP, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent*. 2012;40(6):513-21.
256. Ozcan M, Cura C, Brendeke J. Effect of aging conditions on the repair bond strength of a microhybrid and a nanohybrid resin composite. *J Adhes Dent*. 2010;12(6):451-9.
257. Altinci P, Mutluay M, Tezvergil-Mutluay A. Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2018;4(1):10-9.
258. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Investig*. 2009;13(3):317-23.
259. Swift EJ, Jr., LeValley BD, Boyer DB. Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater*. 1992;8(6):362-5.
260. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent*. 1997;77(2):122-6.
261. Wendler M, Belli R, Panzer R, Skibbe D, Petschelt A, Lohbauer U. Repair Bond Strength of Aged Resin Composite after Different Surface and Bonding Treatments. *Materials (Basel)*. 2016;9(7).
262. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Bicer CO, Firatli E. Microleakage and scanning electron microscopy evaluation of all-in-one self-etch adhesives and their respective nanocomposites prepared by erbium:yttrium-aluminum-garnet laser and bur. *Lasers Med Sci*. 2010;25(4):493-502.
263. Lizarelli Rde F, Moriyama LT, Bagnato VS. Ablation of composite resins using Er:YAG laser--comparison with enamel and dentin. *Lasers Surg Med*. 2003;33(2):132-9.
264. Ghavam M, Naeemi M, Hashemikamangar SS, Ebrahimi H, Kharazifard MJ. Repair bond strength of composite: Effect of surface treatment and type of composite. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(6):e520-e7.
265. Alizadeh Oskoe P, Savadi Oskoe S, Rikhtegaran S, Pournaghi-Azar F, Gholizadeh S, Aleyasin Y, ve ark. Effect of Various Laser Surface Treatments on Repair Shear Bond Strength of Aged Silorane-Based Composite. *J Lasers Med Sci*. 2017;8(4):186-90.
266. Papacchini F, Magni E, Radovic I, Mazzitelli C, Monticellia F, Goracci C, ve ark. Effect of intermediate agents and pre-heating of repairing resin on composite-repair bonds. *Oper Dent*. 2007;32(4):363-71.

267. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(6):382-93.
268. Soares CJ, Giannini M, Oliveira MT, Paulillo LA, Martins LR. Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. *J Appl Oral Sci*. 2004;12(1):45-50.
269. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J, Jr., Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent*. 2005;7(1):41-9.
270. Rossato D, Bandeca MC, Saade E, Lizarelli R, Bagnato V, Saad JRC. Influence of Er: YAG laser on surface treatment of aged composite resin to repair restoration. *Laser Physics*. 2009;19(11):2144-9.
271. Burnett LH, Jr., Shinkai RS, Eduardo Cde P. Tensile bond strength of a one-bottle adhesive system to indirect composites treated with Er:YAG laser, air abrasion, or fluoridric acid. *Photomed Laser Surg*. 2004;22(4):351-6.
272. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FH, Marchi GM. Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(2):90-8; discussion 9.
273. Kimyai S, Oskoe SS, Mohammadi N, Rikhtegaran S, Bahari M, Oskoe PA, ve ark. Effect of different mechanical and chemical surface treatments on the repaired bond strength of an indirect composite resin. *Lasers Med Sci*. 2015;30(2):653-9.
274. Cho SD, Rajitrangson P, Matis BA, Platt JA. Effect of Er,Cr:YSGG laser, air abrasion, and silane application on repaired shear bond strength of composites. *Oper Dent*. 2013;38(3):E1-9.
275. Bacchi A, Consani RL, Sinhoreti MA, Feitosa VP, Cavalcante LM, Pfeifer CS, ve ark. Repair bond strength in aged methacrylate- and silorane-based composites. *J Adhes Dent*. 2013;15(5):447-52.
276. Mirzaei M, Yasini E, Tavakoli A, Chiniforush N. Effect of Different Powers of Er,Cr:YSGG Laser Treatment on Surface Morphology of Microhybride Composite Resin: Scanning Electron Microscope (SEM) Evaluation. *J Lasers Med Sci*. 2015;6(2):62-6.

## 8. EKLER

### 8.1. Turnitin Dijital Makbuz ve Ekran Çıktısı



#### Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Meltem Nermin Dursun  
Ödev başlığı: Tez  
Gönderi Başlığı: KOMPOZİT TAMİRİNDE FARKLI YÜ...  
Dosya adı: Turnitin\_Tez.docx  
Dosya boyutu: 648.02K  
Sayfa sayısı: 78  
Kelime sayısı: 20,178  
Karakter sayısı: 148,605  
Gönderim Tarihi: 25-Nis-2019 11:52PM (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1119226171



# KOMPOZİT TAMİRİNDE FARKLI YÜZEY HAZIRLAMA YÖNTEMLERİNİN VE YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN BAĞLANMA DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ

*Yazar* Meltem Nermin Dursun

---

**Gönderim Tarihi:** 25-Nis-2019 11:52PM (UTC+0300)

**Gönderim Numarası:** 1119226171

**Dosya adı:** Turnitin\_Tez.docx (648.02K)

**Kelime sayısı:** 20178

**Karakter sayısı:** 148605

## KOMPOZİT TAMİRİNDE FARKLI YÜZEY HAZIRLAMA YÖNTEMLERİNİN VE YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN BAĞLANMA DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ

### ORJİNALLİK RAPORU

<b>%5</b> BENZERLİK ENDEKSİ	<b>%2</b> İNTERNET KAYNAKLARI	<b>%2</b> YAYINLAR	<b>%5</b> ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
--------------------------------	-------------------------------------	-----------------------	-------------------------------

### BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>Submitted to Istanbul University</b> Öğrenci Ödevi	<b>%1</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to TechKnowledge Turkey</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>3</b>	<b>turkendodontidernegi.org</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Baskent University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Ankara University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Marmara University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Ondokuz Mayıs Üniversitesi</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to The Scientific &amp; Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)</b>	<b>&lt;%1</b>



## 9. ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Birmingham’da doğdum. İlk ve ortaöğrenimimi Özel Harput İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimimi Elazığ Anadolu Lisesi’nde tamamladım. 2009 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ni kazandım. 2014 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden mezun oldum. 2016 yılında Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimime başladım ve halen devam etmekteyim.

### ULUSAL YAYINLAR

1. Lazer Fiziği ve Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler. Esra Ergin, Ece Meral, **Meltem Nermin Dursun**. Görücü J, editör. Restoratif Diş Hekimliğinde Lazerler. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2018. p.1-9.

### ULUSLARARASI KONGRELERDE SUNULAN BİLDİRİLER:

1. **Dursun M N**, Atalay C, Ozgunaltay G. Surface Roughness of Nanofill/ Bulkfill/ Packable Resin Composites after Different Polishing Systems. FDI Annual World Dental Congress. September 7-10, 2016. Poznan, Poland. Poster Sunumu.
2. **Dursun M N**, Kutuk Z B, Ozgunaltay G. Rehabilitation of Fractured Anterior Teeth Using Esthetic-Approach: A-Case Report. FDI Annual World Dental Congress. 29 August-1September, 2017. Madrid, Spain. Poster Sunumu.
3. Uslu A, **Dursun M N**, Atalay C, Yazici A R, Ozgunaltay G. Effects of Sports/Energy Drinks on Dentin Surface Microhardness. CED-IADR/NOF Oral Health Research Congress. September 21-23, 2017. Vienna, Austria. Poster Sunumu.
4. **Dursun M N**, Uslu A, Atalay C, Yazici A R, Ozgunaltay G. Double-Application Effect of Universal Adhesive on Tooth Substrates’ Bond Strength. CED-IADR/NOF Oral Health Research Congress. September 21-23, 2017. Vienna, Austria. Poster Sunumu.
5. **Dursun M N**, Ergin E, Uslu A, Gurgan S. Effects of Six Whitening Toothpastes on Color Change of Enamel. 96th General Session of the IADR/PER. July 25-28, 2018. London, England. Poster Sunumu.
6. **Dursun M N**, Ergin E, Uslu A, Gurgan S. Altı Farklı Beyazlatıcı Diş Macununun Mineye Bağlanma Dayanıklılığına Etkisi. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi. 27-30 Eylül 2018. Ankara, Türkiye. Poster Sunumu.
7. Öz A, Meral E, **Dursun M N**, Ergin E. Eroziv Atak Sonrası Restoratif Materyallerin ve Komşu Minenin Mikrosertliği. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi. 27-30 Eylül 2018. Ankara, Türkiye. Poster Sunumu.