



**FARKLI YAŞLANDIRMA SÜRELERİNE MARUZ BIRAKILAN REZİN
KOMPOZİT YÜZEYLERİNE FARKLI TEDAVİ PROTOKOLLERİNİN
UYGULANMASININ BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ**

Zuhal ÇALIŞKAN

**UZMANLIK TEZİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

ARALIK 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zuhal ÇALIŞKAN

22/12/2021

FARKLI YAŞLANDIRMA SÜRELERİNE MARUZ BIRAKILAN REZİN KOMPOZİT
YÜZEYLERİNE FARKLI TEDAVİ PROTOKOLLERİNİN UYGULANMASININ
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ

(Uzmanlık Tezi)

Zuhal ÇALIŞKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Aralık 2021

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı, farklı yaşlandırma sürelerine maruz bırakılan rezin kompozit örneklerin yüzeylerine uygulanan farklı tedavi protokollerinin bağlanma dayanımına etkisini *in vitro* olarak değerlendirmektir. 4 mm derinliğinde ve 5 mm çapında teflon kalıplara mikrohibrit rezin kompozit (Filtek Z250) yerleştirildikten sonra, her tabaka LED ışık cihazıyla polimerize edilerek rezin kompozit örnekler (toplam 260 adet) hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler her bir grupta 130 adet olacak şekilde rastgele iki gruba ayrılmıştır. Grup 1'deki örnekler bir ay, Grup 2'deki örnekler ise on iki ay hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakılmıştır. Takiben, her grup kendi içinde beş alt gruba ayrılmıştır. Grup A kontrol grubu olarak belirlenmiş ve örneklerin yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmamıştır (n=10). Grup B örneklerinin yüzeylerine sadece adeziv uygulaması yapılmıştır (n=30). Grup C örneklerinin yüzeyleri 320 gritlik zımpara ile akan su altında pürüzlendirilmiştir (n=30). Grup D örneklerinin yüzeyleri 320 gritlik zımpara ile pürüzlendirildikten sonra CoJet cihazıyla kumlama yapılmıştır (n=30). Grup E örneklerinin yüzeylerine ise CoJet cihazıyla sadece kumlama yapılmıştır (n=30). Bu işlemlerden sonra kontrol grubundaki örnekler haricinde, tüm gruplar her birinde 10 adet örnek olacak şekilde üç alt gruba ayrılmıştır. 1. alt grubun örnek yüzeylerine silan (G-Multi Primer) uygulandıktan sonra, silan içermeyen adeziv (Clearfil SE Bond), 2. alt grubun örnek yüzeylerine silan içeren adeziv (Single Bond Universal), ve 3. alt gruba ise sadece silan içermeyen adeziv (Clearfil SE Bond) uygulanmıştır. Kullanılan adeziv materyaller ve silan, üretici firmalarının talimatları doğrultusunda kullanılmıştır. Adeziv uygulamasından sonra, 1 mm çapında ve 2 mm derinliğindeki bir kalıp, rezin kompozit örneklerin üzerine yerleştirilerek, kalıbın içi mikrohibrit rezin kompozit (Filtek Z250) ile doldurulmuş ve LED ışık cihazıyla polimerize edilmiştir. Takiben, rezin kompozit ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit arasındaki bağlanma dayanımı Instron Universal test cihazı ile kopma oluşuncaya kadar kuvvet uygulanarak ölçülmüştür. Tüm örneklerde oluşan kırılma tipi, ışık mikroskobunda değerlendirilmiş ve her gruptan bir örneğin SEM görüntüleri alınmıştır. Çalışmanın sonucunda; her iki yaşlandırılan grupta, kontrol grubu ile yüzey hazırlama grupları arasında fark olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Hem bir ay hem de on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan gruplarda, en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulanan grupta (Grup B) elde edildiği saptanmıştır. Deney gruplarının tümünde yaşlandırma sürelerinin bağlanma dayanımı üzerine farklı etki gösterdiği gözlenmiştir. Adeziv uygulamasının bağlanma dayanımı üzerine etkileri incelendiğinde; bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta kullanılan adeziv uygulamalar arasında fark olmadığı, on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta ise adeziv uygulamaların farklı etki gösterdiği görülmüştür. Bu *in vitro* çalışmanın sınırları dahilinde; rezin kompozitin rezin kompozite tamir bağlanma dayanımı üzerinde yüzey pürüzlendirmesinin önemli katkı sunduğu, farklı yaşlandırma sürelerinin bağlanma dayanımı üzerinde farklı etki gösterdikleri saptanmıştır. Ayrıca, adeziv kullanımının bağlanma dayanımını arttırdığı, ancak yüzey pürüzlendirmede kullanılan yöntemle göre adeziv seçiminin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Bilim Kodu : 10101.08
Anahtar Kelimeler : Rezin kompozit, Adeziv materyaller, Yüzey hazırlama teknikleri, Tamir, Makaslama bağlanma dayanımı
Sayfa Adedi : 120
Danışman : Prof. Dr. Oya BALA

THE EFFECT OF APPLYING DIFFERENT TREATMENT PROTOCOLS ON RESIN COMPOSITE SURFACES EXPOSED TO DIFFERENT AGING TIMES ON BOND STRENGTH

(Thesis Residency)

Zuhal KAM

GAZI UNIVERSITY
FACULTY OF DENTISTRY

December 2021

ABSTRACT

The aim of this thesis study is to evaluate the effect of different treatment protocols applied to the surfaces of resin composite samples exposed to different aging times on the bond strength *in vitro*. After placing the microhybrid resin composite (Filtek Z250) in teflon molds with a depth of 4 mm and a diameter of 5 mm, each layer was polymerized with an LED light device and resin composite samples (260 in total) were prepared. The prepared samples were randomly divided into two groups, with 130 in each group. The samples in Group 1 were exposed to accelerated aging test for one month and the samples in Group 2 for twelve months. Subsequently, each group is divided into five subgroups within itself. Group A was determined as the control group and no application was made to the surfaces of the samples (n=10). Only adhesive was applied to the surfaces of Group B samples (n=30). The surfaces of Group C samples were roughened with 320 grit sandpaper under running water (n=30). After the surfaces of Group D samples were roughened with 320 grit sandpaper, they were sandblasted with a CoJet device (n=30). The surfaces of Group E samples were only sandblasted with the CoJet device (n=30). After these procedures, all groups, except the samples in the control group, were divided into three subgroups with 10 samples in each. After applying silane (G-Multi Primer) to the sample surfaces of the first subgroup, silane-free adhesive (Clearfil SE Bond) was applied. Silane-containing adhesive (Single Bond Universal) to the sample surfaces of the second subgroup, and only silane-free adhesive to the third subgroup (Clearfil SE Bond) was applied. The adhesive materials and silane were used in accordance with the manufacturer's instructions. After the adhesive application, a mold with a diameter of 1 mm and a depth of 2 mm was placed on the resin composite samples, the inside of the mold was filled with microhybrid resin composite (Filtek Z250) and polymerized with an LED light device. Subsequently, the bond strength between the resin composite and the resin composite used for repair was measured with the Instron Universal test device by applying force until adhesive interface failure occurred. The type of failure in all samples was evaluated under the light microscope and SEM images of one sample from each group were taken. As a result of the study; there was a difference between the control group and the surface preparation groups in both aged groups ($p<0.05$). It was determined that the lowest bonding values were obtained in the groups exposed to aging for both one month and twelve months, only in the adhesive group (Group B). It was observed that aging times had different effects on bond strength in all experimental groups. When the effects of adhesive application on bond strength are examined; It was observed that there was no difference between the adhesive applications used in the group exposed to aging for one month, and the adhesive applications had different effects in the group exposed to aging for twelve months. Within the limits of this *in vitro* study; it was determined that surface roughening contributed significantly to the repair bond strength of the resin composite to the resin composite, and different aging times had different effects on the bond strength. In addition, it was concluded that the use of adhesive increases the bond strength, but the choice of adhesive should be made according to the method used in surface roughening.



Science Code : 10101.08
Key Words : Resin composite, Adheziv materials, Surface treatments, Repair, Shear bond strength
Page Number : 120
Supervisor : Prof. Dr. Oya BALA

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmamın her aşamasında büyük sabır ve titizlik gösterip bu süreçte çok büyük emekleri olan, akademik desteği dışında anlayış ve hoşgörüsüyle desteğini her zaman yanımda hissettiğim, gerek akademik hayatı gerekse fikirleriyle kendime her alanda örnek aldığım ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Oya BALA'ya,

Eğitim hayatım boyunca bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyeleri; Prof. Dr. Mine Betül ÜÇTAŞLI, Prof. Dr. Hacer DENİZ ARISU, Doç. Dr. Suat ÖZCAN, Dr. Öğr. Üyesi Cemile KEDİCİ ALP'e

Gazi ailesine katıldığım ilk günden beri, bu aileyi daha çok sevmeme sebep olan, dostluklarını ve emeklerini hiçbir zaman unutmayacağım canım arkadaşlarım Zeynep GÜL, Cansu YIKICI, Meryem HÜRBAĞ, Rümeysa BATTAL ve Cansu KURTOĞLU'na

Birlikte çalışmaktan büyük zevk aldığım bütün araştırma görevlisi arkadaşlarıma, bölüm personellerimize ve hemşire ablalarımıza,

Zor anlarımda desteklerini hep yanımda hissettiğim, varlıklarına şükrettiğim canım ablalarım,

Başarılarımda ve mutluluğumda büyük payı olan, emeklerinin ve fedakarlığının karşılığını asla ödeyemeyeceğim canım anneme,

Şu an yanımda olsa benimle gurur duyacağını bildiğim biricik melek babama,

Hayattaki en büyük şanslarımdan biri olan, bu süreçte tüm yoğunluğuma ve stresime rağmen hayatı bana hep kolaylaştıran ve hiç sıkılmadan her konuda bana yardımcı olan, varlığıyla huzur bulduğum canım eşim Yiğit ÇALIŞKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu *in vitro* tez çalışması, 03/2020-10 kodlu proje ile Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Resin Kompozitler	5
2.1.1. Resin kompozitlerin yapısı.....	5
2.1.2. Resin kompozitlerin sınıflandırılması	7
2.1.3. Resin kompozitlerdeki son gelişmeler	8
2.2. Restorasyonun Başarısını Etkileyen Faktörler	9
2.2.1. Klinik ile ilgili faktörler.....	9
2.2.2. Hekime bağlı faktörler.....	11
2.2.3. Hastaya bağlı faktörler.....	11
2.2.4. Sosyo-ekonomik faktörler	12
2.2.5. Materyal seçimine bağlı faktörler	12
2.3. Restorasyonların Ömrü	12
2.3.1. Çürük riski	13
2.3.2. Bruksizm.....	13
2.3.3. Yaş	13

	Sayfa
2.3.4. Sosyo-ekonomik durum.....	13
2.3.5. Estetik beklenti	14
2.3.6. Hekim ile ilişkili faktörler	14
2.3.7. Restoratif materyal ve uygulama tekniği.....	15
2.4. Restorasyon Tamiri	15
2.4.1. Restorasyonun tamir edilmesinin avantajları	16
2.4.2. Rezin kompozit restorasyonların tamir kontrendikasyonları.....	16
2.4.3. Rezin kompozit restorasyonların tamir endikasyonları ve ana nedenleri	16
2.4.4. Tamir edilen rezin kompozit restorasyonlarda başarı.....	18
2.5. Yüzey Hazırlama Yöntemleri.....	19
2.5.1. Frezle pürüzlendirme	19
2.5.2. Asitle pürüzlendirme	20
2.5.3. Air abrazyon	20
2.5.4. Kumlama	21
2.5.5. Lazerle pürüzlendirme	21
2.5.6. Silan uygulanması.....	22
2.5.7. Adeziv rezin uygulama.....	23
2.6. Adezyon	23
2.6.1. Diş hekimliğinde adezyon	24
2.6.2. Adeziv sistemlerin sınıflandırılması.....	25
2.7. Bağlanma Dayanımı Testleri.....	31
2.7.1. Makro bağlanma dayanımı test yöntemleri	32
2.7.2. Mikro bağlanma dayanımı test yöntemleri.....	33
2.8. Bağlanma Dayanım Testi Sırasında Meydana Gelen Başarısızlık Tipleri.....	34
2.9. Yaşlandırma Yöntemleri	34
2.9.1. Suda bekletme ile yaşlandırma	35

	Sayfa
2.9.2. NaOCl solüsyonu ile yaşlandırma	36
2.9.3. Isısal döngü testi ile yaşlandırma.....	36
2.9.4. Oklüzal yükleme ile yaşlandırma	37
2.9.5. ph döngüsüyle ile yaşlandırma	37
2.9.6. Gıdaları taklit eden sıvılar	38
2.9.7. Hızlandırılmış yaşlandırma.....	38
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	41
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	41
3.2. Örneklerin Hazırlanması	41
3.2.1. Çalışma grupları	42
3.3. Deney Gruplarına Hızlandırılmış Yaşlandırma Testinin Uygulanması	43
3.4. Tamir Protokollerinin Uygulanması.....	44
3.4.1. Örnek yüzeylerinin hazırlanması.....	44
3.4.2. Örnek yüzeylerine adeziv uygulaması.....	46
3.5. Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi İçin Örneklerin Hazırlanması	47
3.6. Mikro Makaslama Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi.....	47
3.7. Kırılma Tipi Analizi	49
3.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Değerlendirmesi.....	49
3.9. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi.....	49
4. BULGULAR	51
4.1. Bir Aylık Yaşlandırmaya Maruz Bırakılan Örneklerden Elde Edilen Bulgular.....	51
4.2. On İki Ay Yaşlandırmaya Maruz Bırakılan Örneklerden Elde Edilen Bulgular.....	54
4.3. Bir Ay ve On İki Ay Yaşlandırma Süreçlerine Maruz Bırakılan Örneklerin Bağlanma Dayanım Değerlerinin Karşılaştırılması	57
4.4. Adeziv Alt Grupları Arasındaki Değerlendirme	59

	Sayfa
4.5. Kırılma Tipi Bulguları.....	61
4.6. SEM Bulguları.....	63
5. TARTIŞMA.....	67
6. SONUÇLAR.....	91
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ	119



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri.....	41
Çizelge 4.1. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	51
Çizelge 4.2. Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1’de, alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki.....	53
Çizelge 4.3. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 2’de, alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki	56
Çizelge 4.4. Bir Ay ve on iki ay yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılan örneklerden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırılması	58
Çizelge 4.5. Bir ay yaşlandırma sonrası adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa)	59
Çizelge 4.6. On iki ay yaşlandırma sonrası adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa).....	60
Çizelge 4.7. On iki ay yaşlandırma sonrası, Grup B ve Grup D’de adeziv alt gruplarının görülen farklılığın hangi uygulamalardan kaynaklandığını gösteren Post-hoc ikili karşılaştırmaları.....	61
Çizelge 4.8. Çalışmada tüm deney gruplarında mikro makaslama testi sonucunda oluşan kırılma tiplerinin dağılımı.....	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışma dizaynı ve test grupları	43
Şekil 4.1. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı	52
Şekil 4.2. Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları.....	54
Şekil 4.3. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı	55
Şekil 4.4. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları.....	57
Şekil 4.5. Çalışmada yaşlandırma süreçlerine göre test edilen Grup 1 ve Grup 2'den elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı	59

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Çalışmada kullanılan rezin kompozit ve hazırlanan rezin kompozit örnek .	42
Resim 3.2. Çalışmada kullanılan yaşlandırma test cihazı	44
Resim 3.3. 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla akan su altında örneklerle zımpara uygulanan cihaz.....	45
Resim 3.4. CoJet Sistemi (3 M ESPE), CoJet kumu.....	45
Resim 3.5. Çalışmada kullanılan adeziv materyaller (A-G-Multi Primer, B-Clearfil SE Bond, C-SingleBond Universal).....	46
Resim 3.6. Bağlanma dayanımının ölçülmesi için hazırlanan örnekler	47
Resim 3.7. Çalışmada kullanılan mikro makaslama üniversal test cihazı	48
Resim 3.8. Bağlanma dayanımı testinin uygulandığı bir örnek	48
Resim 4.1. Bir ay ve on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1ve Grup 2'deki deney gruplarından elde edilen kırık hatlarının SEM görüntüleri	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler Açıklamalar

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
Å	Angöström

Kısaltmalar Açıklama

µm	Mikrometre
µSBS	Mikro makaslama bağlanma dayanım testi
4-META	4-metakriloksietil trimellitat anhidrit
Bis-GMA	Bisfenol A ve glisidil dimetakrilat
Er,Cr:YSGG	Erbium:yttrium-aluminium garnet
Er:YAG	Erbium YAG lazer
GPDM	Gliserol dimetakrilat ester
HEMA	Hidroksietil metakrilat
MAC-10	Metakriloloksialkil asit fosfat
MDP	Metakriloloksietil dihidrojen fosfat
MEP-P	Metakriloksietil fenil hidrojen fosfat
mm ²	Milimetrekare
MPa	Mega Paskal
MPS	3-metakriloksi propil trimetoksisilan
N	Newton
NaOCl	Sodyum hipoklorit
nm	Nanometre
NPG-GMA	Gliserofosforik asit dimetakrilat
P	İstatistiksel anlamlılık

Kısaltmalar	Açıklama
PENTA-P	Dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat
pH	Asit-baz değeri
SBS	Makro makaslama bağlanma dayanım testi
SEM	Tarama elektron mikroskobu
Si₂O	Silisyum dioksit
TEG-DMA	Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	Üretan dimetakrilat
UV	Ultraviyole
W	Watt

1. GİRİŞ

Günümüzde adeziv teknolojisi ve rezin kompozit materyallerdeki gelişmeler, rezin kompozitlerin restoratif diş hekimliğinde daha geniş bir yelpazede kullanılmasına neden olmasına rağmen, rezin kompozit ile yapılan restorasyonlarda mikrosızıntı, restorasyon kenarları ve/veya restorasyonun kütsel olarak renklenmesi, diş ve/veya restorasyonda kırık ve aşınma gibi problemlerin görünmesi hala devam etmektedir [1, 2].

Restorasyonun ömrünü etkileyecek bu problemlerden biriyle karşılaşıldığında, rezin kompozit restorasyonun değiştirilmesi mi yoksa tamir edilmesinin mi gerektiğinin kararını vermek oldukça önemlidir. Restorasyonun yenilenmesinin; sağlam diş dokularında madde kaybını arttıracığı ve dolayısıyla kavitenin genişlemesine neden olacağı bilinen bir gerçektir. Ayrıca, restorasyonun yenilenmesi daha komplike tedavilere gereksinimin artmasına da neden olacaktır. Komplike tedavi uygulamalarının ise tedavi maliyetinin artmasına, restore edilen dişin alternatif tedavi seçeneklerinin azalmasına ve dolayısıyla restorasyonun klinik ömrünün kısılmasına neden olacağı bildirilmiştir. Tüm bu nedenler, rezin kompozit restorasyonlarda karşılaşılan bazı problemlerin tamir edilerek onarılmasının, restorasyonun yenilenmesine alternatif bir tedavi seçeneğinin olduğunun göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır [3, 4]. Nitekim, yapılan çalışmalarda tamir ile restorasyon ömrünün uzadığı rapor edilmiştir [5, 6]. Tamir edilen restorasyonun klinik başarısını, rezin kompozit restorasyonun ağız ortamında fonksiyon gördüğü süre ve uygulanan tamir protokolleri (tamir edilecek yüzey hazırlama şekli ve kullanılan adeziv materyaller) etkileyebilir. Dental literatürde tamir protokolleriyle ilgili çalışmalar bulunmasına rağmen, tamir edilen restorasyonun ömrü ile tamir protokolleri arasındaki ilişki arasında yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Rezin kompozit restorasyonların tamir gereksinimi, genellikle restorasyon yapıldıktan aylar veya yıllar sonra ortaya çıkar. Birçok çalışmada, rezin kompozit restorasyonun tamirinde, mevcut restorasyonun yapımında kullanılan restoratif materyale tamir amacıyla kullanılan restoratif materyalin bağlanması, ağız ortamının değişken şartlarından etkilendiği rapor edilmiştir. Ağız ortamı, tükürük nedeniyle devamlı nemlidir. Ayrıca, nefes alıp verme, yeme ve içme nedeniyle, devamlı dinamik sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalır [7, 8]. Al Morresi ve arkadaşları [9], ağız ortamında rezin kompozit restorasyonların aşınma, su

emilimi, kimyasal bozulma ve yapısındaki bazı bileşenlerin salınması gibi arzu edilmeyen bazı olaylara maruz kaldığını bildirmişlerdir.

Tamir edilen rezin kompozit restorasyonun klinik başarısının, ağız ortamının şartlarından etkileneceği gerçeği, bu konu üzerinde yapılan *in vitro* çalışmalarda da hiçbir zaman unutulmamalıdır. Bu nedenle, tamir edilecek restoratif materyalin yaşlandırılma işlemine maruz bırakılması, klinik ortamı taklit etmek adına oldukça önemlidir.

Yapılan çalışmalar rezin kompozit restorasyonların tamirinde, eski ve yeni rezin kompozit arasındaki bağlanmanın, tamiri yapılacak rezin kompozitin yüzey özelliklerine ve kullanılan adeziv sisteme bağlı olarak değiştiğini göstermiştir [10, 11]. Konu üzerinde yapılan bazı çalışmalarda, rezin kompozitlerin diş dokuları dışındaki yüzeylere fiziksel, fiziko-kimyasal veya kimyasal olarak bağlanması için frez veya kumlama ile pürüzlendirme, asit uygulaması ile pürüzlendirme gibi bazı yüzey hazırlama yöntemlerinin kullanımı önerilmiştir [12, 13]. Farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin, rezin kompozit restorasyonların tamirinde eski ve yeni rezin kompozit arasındaki bağlanma dayanımı üzerine etkisini değerlendiren çok sayıda *in vitro* çalışma bulunmaktadır [13, 14]. Bu çalışmaların sonuçları farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalarda da silan ve adeziv sistemlerin kullanılması, tamir edilecek rezin kompozit yüzeyinin ıslanabilirliğini arttırdığı, bu nedenle de bağlanma dayanımı üzerinde olumlu etki gösterdikleri bildirilmiştir [15, 16]. Çalışmalarda genellikle adeziv, silan uygulamasını takiben kullanılmaktadır. Bu uygulamayı kolaylaştırmak ve klinik uygulama süresini kısaltmak amacıyla, son yıllarda geliştirilen universal adeziv sistemlerin içeriğine de silan eklenmiştir.

Restorasyonlar ağız içerisinde çeşitli kuvvetlere maruz kalırlar. Makaslama bağlanma dayanım kuvvetlerinin, klinik ortamı en iyi yansıttığı belirtilmekte ve bu kuvvetlere karşı kullanılan materyallerin dayanma direncini ölçmek için bağlanma dayanım testleri kullanılmaktadır. Makaslama bağlanma dayanım testi, makaslama kuvveti iki farklı materyalden oluşan örnekler arasındaki bağlanmanın, kopma oluşuncaya kadar uygulanması ile gerçekleşen *in vitro* bir test yöntemidir [17-19]. Makaslama bağlanma dayanım testi, test örneklerinin kolay ve hızlı hazırlanması nedeniyle en çok tercih edilen yöntemlerden biridir [20]. Literatürde, farklı yüzey uygulama ve farklı adeziv sistemlerin tamir edilen rezin kompozit restorasyonların klinik performansı üzerine çalışmalar bulunmasına rağmen, tamir kararını almada tamir yapılacak olan rezin kompozit restorasyonun ağız ortamında geçirdiği

süre ile tamir protokolleri arasındaki ilişki arasında kanıta dayalı net bilgiye ulaşılamamaktadır. Ayrıca, son yıllarda popüler olan universal adezivlerin tamir protokolünde ne kadar yer aldığı konusunda da bilgi eksikliği söz konusudur. Bu nedenle bu tez çalışmasında, hızlandırılmış yaşlandırma cihazında farklı yaşlandırma sürelerine (bir ay ve on iki ay) maruz bırakılan rezin kompozit yüzeylerine farklı tedavi protokollerinin uygulanmasının eski rezin kompozit ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit arasındaki makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkisinin *in vitro* olarak incelenmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Rezin Kompozitler

Estetik görünimleri, iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmalarından dolayı, rezin kompozitler diş hekimliğinde kullanımı oldukça yaygındır [21]. İlk defa 1962 yılında, Rafeel Bowen tarafından geliştirilen rezin kompozitler, organik matriks, inorganik doldurucu ve doldurucuların organik matrikse tutunmasını sağlayan bağlayıcıdan oluşan restoratif materyallerdir [22-24]. Günümüzde, rezin kompozitler estetik görünümü, iyi fiziksel ve mekanik özellikleri, minimal invaziv çalışma olanağı sunmaları gibi arzu edilen özelliklerinden dolayı dental çalışmaların odak noktası olmuşlardır.

2.1.1. Rezin kompozitlerin yapısı

Rezin kompozitler; organik faz (polimer matriks), inorganik faz (doldurucu faz) ve ara faz (bağlayıcı) olmak üzere üç ana fazdan oluşmaktadır.

Organik faz

Rezin kompozitin organik matriksini, esasen Bisfenol A ve glisidil dimetakrilat'an oluşan Bis-GMA oluşturur. Bis-GMA'nın en büyük dezavantajı alkil zincirindeki hidroksil grupları ve benzen halkası arasındaki hidrojen bağlarından dolayı, oldukça visköz yapıya sahip olmasıdır [25]. Bis-GMA'nın viskozitesini azaltmak için organik matrikse trietilen glkol dimetakrilat (TEG-DMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi monomerler ilave edilmiştir [22]. UDMA, İyi adezyon sağlayan ve renk değişimine dirençli olan bir monomer olduğundan, tek başına kullanılabildiği gibi Bis-GMA veya TEG-DMA ile birlikte de kullanılabilir [26].

Organik rezin matriks, monomerler dışında polimerizasyon başlatıcılar, hızlandırıcılar, inhibitörler ve renk bileşenleri de içermektedir. Rezin kompozitlerin polimerizasyonu; kimyasal yolla, ışık ile veya hem kimyasal hem ışıkla gerçekleşmektedir [27]. Işık ile polimerize olan rezin kompozitlerin yapısında yer alan, mavi ışığa duyarlı, polimerizasyon mekanizmasını başlatan, ışık emici yapılara “fotobaşlatıcı” denilmektedir. Kamforokinon veya trimetil benzoil fosfin oksit (Lucirin-TPO) en çok kullanılan fotobaşlatıcılardandır [28]. Rezin kompozitlerde erken polimerizasyonu önlemek adına konulan fenol türevi

bileşiklere de “inhibitör” denmektedir. Ayrıca rezin kompozite estetik görünüm sağlayabilmek ve doğal dişi taklit edebilmek adına “renk pigmentleri” de ilave edilmektedir. Renk pigmentleri, genelde sarı, kırmızı, beyaz ve siyah pigmentlerin karışımlarını içermektedirler [29].

İnorganik faz

Rezin kompozitlerin inorganik içeriğinde, çeşitli şekil ve büyüklükte kuartz, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi doldurucu partikülleri bulunur [28].

İnorganik doldurucular, rezin kompozitlere değişik fiziksel ve mekanik özellikler kazandırır [30]. Ayrıca, rezin kompozitin, elastisite modülü, ısısal genleşme katsayısı, su emilimi, polimerizasyon büzülmesi, radyoopasite ve estetik özelliklerini de olumlu yönde etkilerler [29, 31]. İnorganik doldurucu oranındaki artış, organik matriks oranının azalması dolayısıyla polimerizasyon büzülmesinin de azalmasına neden olur [32].

Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium gibi inorganik doldurucular, rezine radyoopasite kazandırır iken, silika partikülleri rezin kompozitin mekanik özelliklerini ve ışığın geçirgenliğini artırır. Bu sayede rezin kompozitin, mineye benzer yarı şeffaf bir görünüm kazanmasına neden olur. Hidroksiapatit kristallerinin sertliği 3.39 GPa'dır. Bu değer, rezin kompozitin doldurucu partikülleri için kabul edilebilir maksimum sertlik değeri olarak kabul edilir. Doldurucu partiküllerin sertliği, hidroksiapatitin sertliğinden daha az veya ona eşit olmalıdır. Üretici firmalar tarafından rezin kompozitin yapısına ilave edilen kuvars, zirkonyum oksit gibi doldurucu partiküller, rezin kompozite sertlik kazandırmaktadır. Ancak ilave edilen doldurucu partiküllerinin sert olması, rezin kompozitin bitirme ve polisaj işlemini de zorlaştırır [22, 33].

Ara faz

Rezin kompozitin ara fazını “silan” adı verilen organik bir silisyum bileşiği oluşturur. Silan'ın görevi, inorganik doldurucu partiküller ile organik faz arasında bağlanmayı sağlamaktır. Böylece, inorganik doldurucu partiküller ile organik faz arasında aralık oluşmaz ve su ile tükürüğün rezin kompozit yapının içine girmesi önlenmiş olur [34].

2.1.2. Rezin kompozitlerin sınıflandırılması

Rezin kompozitler, organik fazı oluşturan monomer yapılarına, doldurucu partiküllerin boyutuna, miktarına, polimerizasyon şekillerine göre sınıflandırılırlar [35, 36]. Bu sınıflandırmalar;

Organik fazı oluşturan monomerlere göre

1. Bis-GMA içeren rezin kompozitler
2. UDMA içeren rezin kompozitler

Doldurucu partiküllerin boyutuna göre

1. Megadolduruculu rezin kompozitler (50-100 μm)
2. Makrodolduruculu rezin kompozitler (10-100 μm)
3. Mididolduruculu rezin kompozitler (1-10 μm)
4. Minidolduruculu rezin kompozitler (0,1-1 μm)
5. Mikrodolduruculu rezin kompozitler (0,01-0,1 μm)
6. Hibrit rezin kompozitler (0,04-1 μm)
7. Nanodolduruculu rezin kompozitler (0,005-0,01 μm)

Doldurucu partiküllerin miktarına (viskozitelerine) göre

1. Tepilebilir (kondanse edilebilen) rezin kompozitler
2. Akışkan rezin kompozitler

Polimerizasyon şekillerine göre

1. Kimyasal olarak polimerize olan rezin kompozitler
2. Işık ile polimerize olan rezin kompozitler
3. Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olan rezin kompozitler şeklindedir.

2.1.3. Rezin kompozitlerdeki son gelişmeler

Nanodolduruculu rezin kompozitler

Rezin kompozitlerin mekanik özelliklerinin, doldurucuların oranı, morfolojisi ve boyutlarından önemli ölçüde etkilendiği gösterilmiştir [37-39]. Nano teknolojinin gelişimi restoratif materyallerin içerisine de nano boyutta doldurucu partiküllerin ilave edilmesine neden olmuştur [40, 41].

Günümüzde, bileşiminde nano boyutta doldurucu partiküllerini içeren iki tip rezin kompozit bulunmaktadır. Bunlar, nanodolduruculu rezin kompozitler ve nanohibrit rezin kompozitlerdir.

Nanodolduruculu rezin kompozitlerde, nano boyuttaki doldurucu partiküller rezin matriksine ilave edilmişken, nanohibrit rezin kompozitlerde nano boyuttaki doldurucuların yanısıra geleneksel doldurucu partikülleri de rezin matriksine ilave edilmiştir [42].

Doldurucu partiküllerin organik matrikse ilave ediliş şekilleri de farklılık gösterebilir. Doldurucu partiküller nano boyutta doldurucu partiküller (0.005-0.01 μm) veya nanodolduruculu partikül kümecikleri şeklinde organik matrikse ilave edilebilir. Doldurucu partikül kümeciklerinin boyutu 100 nm'yi aşabilir [43].

Rezin kompozitlerin içerisine daha küçük boyutlu doldurucu partiküllerin ilave edilmesi doldurucular arasındaki boşluğun azalmasına neden olduğundan, yumuşak bir yapıya sahip olan organik rezinin daha iyi korunmasını sağlar. Bu da materyal yüzeyinden doldurucu partiküllerin kopmasını engellemede önemli rol oynar [44, 45].

Mikrohibrit rezin kompozitler

Geleneksel rezin kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri ile mikrodolduruculu rezin kompozitlerin cilalanabilme özelliğine sahip rezin kompozitlerdir. Hem anterior hem de posterior restorasyonlarda kullanılabilirler. Tepilebilir rezin kompozitler de mikrohibrit rezin kompozitlerdir.

Hibrit rezin kompozitler, makrodoldurucu ve mikrodoldurucu partikülleri içerirler. Doldurucu partiküller, hacimce %50-70 civarındadır. Bu nedenle, posterior dişlerin restorasyonunda yeterli mekanik dayanıklılık gösterirler. Cilanabilme özellikleri de nispeten kabul edilebilir düzeydedir [46].

Modern hibrit rezin kompozitlere ilave edilen doldurucu partiküllerin çoğu kolloidal silika (0.04 μm) ve öğütülmüş cam partiküllerinden (0.6-2 μm) oluşur. Toplam doldurucu içerikleri, ağırlık olarak %75-80'dir. Cam partiküllerinin ortalama boyutları, 1 μm 'nin altında olan hibrit rezin kompozitler, "mikrohibrit rezin kompozitler" olarak adlandırılır. Bu tip rezin kompozitler, hibrit rezin kompozitlerin mekanik özelliklerinin ve mikrodoldurucu rezin kompozitlerin estetik özelliklerinin başarılı şekilde birleştirilmesi sonucu, hem anterior hem de posterior dişlerin restorasyonunda kullanılabilirler [47-49].

Geleneksel hibrit rezin kompozitler, mikrohibrit rezin kompozitlerle karşılaştırıldığında; mikrodoldurucu partiküllerin boyut ve yüzdesiyle ilişkili olarak polimerizasyon açısından, geleneksel hibrit rezin kompozitlerde mikrohibrit rezin kompozitlere kıyasla daha hassas olunması gerekmektedir. Mikrohibrit rezin kompozitler, en az 350 mW/cm² gücünde bir ışık cihazı ile 20 saniyeyi geçmeyecek şekilde polimerize edilirler [46]. Bu nedenle, klinik olarak da kullanımları kolaydır.

Mikrohibrit rezin kompozitlere nano boyuttaki doldurucu partiküllerin büyük doldurucu partikülleriyle birlikte ilavesiyle üreticiler "nanohibrit rezin kompozit" kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalar, nanohibrit rezin kompozitlerin özelliklerinin mikrohibrit rezin kompozitlere çok benzediğini göstermiştir. Bu nedenle, nanohibrit rezin kompozitlerin aslında yeni bir materyal olmadığını, sadece üreticilerin pazarlama stratejilerine bağlı olarak yeni bir isimle piyasaya sunulmuş materyaller olduğunu göstermektedir [21].

2.2. Restorasyonun Başarısını Etkileyen Faktörler

2.2.1. Klinik ile ilgili faktörler

Klinikle ilgili faktörler, restorasyonun ömründe ve başarısızlık nedenlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Çeşitli çalışmalar, dişin ağızdaki pozisyonunun veya diş tipinin restorasyon ömrünü doğrudan etkilediğini, premolar dişlerdeki restorasyonların molar dişlerdeki

restorasyonlara göre daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir [50-52]. Bir çalışmada, molar dişler için premolar dişlere kıyasla iki kat daha yüksek restorasyon başarısızlık riskinin olduğu gösterilmiştir [52]. 22 yıllık gözlem süresi olan diğer bir çalışmada, alt molar dişlere yapılan restorasyonların başarısızlık riskinin, üst premolar dişlerdeki başarısızlık riskinden üç kat daha fazla olduğu rapor edilmiştir [51]. Üç veya daha fazla yüzeyli büyük restorasyonlar üzerinde yapılan bir çalışmada ise molar ve premolar dişlerin ömrü arasında fark bulunmadığı bildirilmiştir [53]. Çalışmalarda sunulan bulgular, molar dişlere yapılan restorasyonların, premolar dişlere yapılan restorasyonlara göre daha yüksek çiğneme streslerine maruz kalmasıyla açıklanmaktadır.

Benzer şekilde, kavite boyutu, kavite tipi ve restore edilen yüzey sayısı da restorasyonun klinik başarısında önemli etkiye sahiptir. Bu bağlamda, çok yüzeyli restorasyonlar, geniş kaviteler ve Sınıf II restorasyonların başarısız olma olasılığı, tek yüzeyli ve Sınıf I restorasyonlardan daha fazladır [50-52]. Başka bir çalışma da ise restorasyona eklenen dişin her bir yüzeyinin başarısızlık riskini %40 oranında arttırdığı bildirilmiştir [52].

Hibrit bir rezin kompozit altına kapalı sandviç tekniği ile cam iyonomer kaidenin kullanılması ile kaide yerleştirmeden yalnız hibrit rezin kompozit ile yapılan restorasyonun sağkalım oranı karşılaştırıldığında, cam iyonomerin kaide olarak kullanılmasının sağkalım oranını azalttığı gösterilmiştir [52]. Ancak, cam iyonomer simanın kalınlığının ve tipinin başarısızlık davranışında bir rol oynayıp oynamadığı henüz net değildir. Cam iyonomer kaidenin kullanıldığı diğer bir klinik çalışmada da kırılma nedeniyle başarısızlığın arttığı bildirilmiştir [50, 51].

Kalsiyum hidroksitin geniş bir alanda kullanılmasının da rezin kompozit restorasyonların dayanıklılığı ve ömrü üzerinde etkisi bulunmaktadır. Buna ilaveten, rezin kompozit restorasyonların dayanıklılığı ve ömrünü, geride kalan yumuşak çürük doku miktarının da etkilediği rapor edilmiştir [54, 55]. İyi yapılmış bir restorasyon tamamlandıktan sonra, çürük sürecini durdurmak için yumuşak çürük dokusunun çıkarılmasının gerek olmadığına dair klinik kanıtlar olmasına rağmen, bunun restoratif yapının gücünü azaltıp azaltmayacağı ve uzun sürede başarısızlık miktarını artırıp artırmayacağı şüpheli bir konudur [54, 55].

2.2.2. Hekime bağı faktörler

Restorasyonun klinik başarısını etkileyen diğer bir faktör de restorasyonu yapan hekimin bilgi ve beceri düzeyidir. Dental restorasyonun ömrünü, restorasyonu yapan hekimin etkisinin olduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte, klinik çalışmalardan elde edilen kanıtlar bu varsayımı desteklememektedir. Posterior restorasyonların klinik takibinin yapıldığı ve birden fazla hekimin dahil olduğu çalışmalar, hekimler arasında klinik çalışma sonuçlarında farklılıklar görüldüğü bildirilmiştir [52, 56]. Yaptığı tedavinin, bir klinik deneyde yer aldığını bilen hekimin, mümkün olduğu kadar daha dikkatli çalışacağı ve çalışma sonucunu etkileyebilecek hekim hatalarının oluşmaması için elinden geleni yapacağı muhtemeldir. Ayrıca, bir restorasyonun değiştirilmesi gerekip gerekmediğine diş hekimi karar verir. Diş hekimini değiştiren hastaların, restorasyonlarının değiştirilme olasılığının arttığı bilinmektedir [57, 58]. Diş hekimini değiştiren hastalarda, rezin kompozit ve amalgam restorasyonların kullanım ömrünün kısaldığı rapor edilmiştir [59]. Bu nedenle, restorasyonun değiştirilmesine yönelik daha konservatif yaklaşım göstermek, restorasyon ömrünün uzamasına neden olacaktır.

2.2.3. Hastaya bağı faktörler

Restorasyonların uzun ömürlü olmasında, hasta tipinin ve ağız ortamının da önemli bir rolü vardır. Hastaların çürük riskinin, restorasyonların ömrünü önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir. Çürük riskinin araştırıldığı bazı çalışmalarda, çürük riski yüksek olan hastalara yapılan restorasyonların başarısızlık riskinin daha fazla olduğu bildirilmiştir [53] [52]. Yüksek çürük riski olan hastalardaki restorasyonların, düşük riskli hastalara kıyasla iki kat daha fazla başarısızlık oranına sahip olduğu gösterilmiştir [53].

Diş ve restorasyon kırığı da restorasyon başarısızlığının önemli nedenlerindendir. Bu nedenle, gıcırdatma ve diş sıkma gibi alışkanlıkların diş ve restorasyon kompleksinde yorulma oluşmasında önemli rol oynadığı, bu nedenle uzun sürede kırılma oluşmasının muhtemel olduğu bildirilmiştir.

2.2.4. Sosyo-ekonomik faktörler

Hastaların demografik, sosyo-ekonomik ve davranışsal değişkenlikleri de posterior restorasyonların ömrünü etkileyebilir. Yapılan bir çalışmada, doğumdan 15 yaşına kadar olan sosyo-ekonomik çevrenin, posterior restorasyonlarda görülen başarısızlık ile ilişkisinin olduğu gösterilmiştir. Nüfusun en fakir tabakasında yaşayan insanlarda, en zengin tabakada yaşayanlara göre daha fazla restorasyon başarısızlıkları görüldüğü rapor edilmiştir [60].

2.2.5. Materyal seçimine bağlı faktörler

Posterior dişlerin restorasyonunda rezin kompozitlerin özelliklerinin etkisini inceleyen *in vitro* çalışmalar, ticari olarak farklı olan materyaller arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Restorasyonları karşılaştırmak için laboratuvar teknikleri kullanıldığında, eğilme ve sıkışma dayanımı, elastikiyet modülü, kırılma dayanımı ve dayanıklılık, sertlik ve aşınma direnci gibi özelliklerin, materyaller arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği bildirilmiştir [21, 61]. Ancak klinik çalışmalarda, farklı rezin kompozitlerle yapılan restorasyonların klinik davranışlarında küçük farklılıklar görüldüğü belirtilmiştir [62]. Ayrıca adeziv seçimi de restorasyon ömrü açısından oldukça önem taşımaktadır. Uygun bir adezivin seçimi, Sınıf V restorasyonların sağkalım oranını önemli ölçüde etkilese de posterior restorasyonların klinik performansı üzerinde nispeten düşük bir etkiye sahiptir. Resin kompozitlerin adeziv sistemlerle kullanımı, daha az diş doku kaybıyla restorasyonun tamamlanabilmesine imkan sunmuştur [63, 64]. Ayrıca, iyi performans gösteren bir adeziv, operasyon sonrası hassasiyetin azaltmasına da yardımcı olabilir [58]. Adeziv sistemlerin uygulama biçim ve süreleriyle ilgili genelleştirilebilecek kurallar bulunmamaktadır. Başarılı bir adezyon için ilgili firmanın talimatlarına uyularak uygulama yapılmasına özen gösterilmelidir.

2.3. Restorasyonların Ömrü

Restorasyonların ömrünü değerlendiren klinik çalışmalar, genellikle risk faktörlerini ve restorasyonların başarısızlık nedenlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Posterior dişlerdeki restorasyonlarda başarısızlığın ana nedenleri diş çürükleri, diş kırıkları ve/veya restorasyon kırıkları iken, anterior dişlerde estetik nedenler önemli rol oynamaktadır [65].

Son yıllarda ise mevcut rezin kompozit restorasyonların klinik performansı üzerinde diğer faktörlerin önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [66]. Bu faktörler; hasta ile ilgili (yaş, çürük, oklüzal stres ve sosyo-ekonomik durum) ve mesleki (yaş, cinsiyet, klinik deneyim) faktörleri içerebilir. Restorasyon ömrünü etkileyen risk faktörlerini belirlemek ve sonrasında ana nedenleri göstermek, diş hekimlerinin tedavi kararlarını kolaylaştırabilir ve de restorasyonun ömrünü uzatarak maliyeti azaltabilir.

Bir restorasyonun ömrünü etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar şunlardır:

2.3.1. Çürük riski

Hastalardaki çürük riskinin, restorasyonların ömrünü etkilediği gösterilmiştir. Çalışmalar, yüksek çürük riski olan hastaların düşük çürük riskli hastalara kıyasla posterior dişlerindeki rezin kompozit restorasyonların başarısızlık oranının 2.45 ile 4.40 arasında arttığını göstermiştir [66, 67].

2.3.2. Bruksizm

Hastalarda kolayca gözlemlenebilen, aşırı çiğneme ve diş sıkma alışkanlığıdır. Zamanla sağlam diş yapılarını etkileyerek diş aşınmasına ve diş kırıklarına neden olabilir. Aynı mekanizmanın restorasyon kırıklarında da risk faktörü olduğu bildirilmiştir [4].

2.3.3. Yaş

Yaşın restorasyonların sağkalım oranları üzerinde önemli bir etkisi mevcuttur. Çocuklarda restorasyon yenilenmesinin en önemli nedeninin aktif çürük olmasından dolayı, çocuklardaki restorasyonların yüksek risk taşıdığı öngörülmektedir [68, 69]. Ayrıca yaşlı hastalarda, sistemik hastalıkların artması ve ağız öz bakımının azalması, yaşlı hastalardaki restorasyonların da riskli olarak kabul edilmesine neden olur.

2.3.4. Sosyo-ekonomik durum

Sosyo-ekonomik durumun restorasyonların sağkalım oranlarına etkisi ile ilgili araştırmalar, sosyo-ekonomik belirleyicilerin diş çürüğü üzerinde etkili olduğunu göstermiştir [60].

2.3.5. Estetik beklenti

Hasta ve diş hekimlerinin estetik talepleri doğrultusunda, anterior dişlerdeki rezin kompozit restorasyonların yenilenmesinde, sekonder çürüğün önemli bir yer tuttuğu bildirilmiştir. Anterior dişlerdeki restorasyonlar üzerine yapılan çalışmalarda, kron kaplama, diastema kapatılması ve dişlerin yeniden şekillendirilmesi gibi estetik beklentilerle yapılan restorasyonlarda daha fazla sayıda başarısızlık kaydedildiği gösterilmiştir [65]. Estetik nedenlerle yenilenen restorasyonların birçoğunun, estetik mükemmeliyetçilik nedeniyle yenilendiği görülmektedir [4].

2.3.6. Hekim ile ilişkili faktörler

Çok nadir incelenen diş hekimi faktörü, restorasyonların ömrüne ve başarısızlık nedenlerine ilişkin kanıtlar ne olursa olsun, tüm bu süreçte ana rolü oynamaktadır. Genellikle hekim ile ilişkili faktörler, yalnızca hekimin eğitim seviyesi ve çalışmasının doğruluğu ile açıklanır, ancak karar verme süreci de oldukça önemlidir. Mevcut bir restorasyona nasıl ve ne zaman müdahale edileceğine ilişkin karar alınmasında, diş hekimleri arasındaki büyük farklılıkları görmek mümkündür. Bu farklılıklar, benzer eğitim geçmişine sahip diş hekimleri arasında bile yaygındır. [70, 71].

Ayrıca, diş hekimliği fakültelerinde bir rezin kompozit restorasyonunun ağız ortamında zamanla nasıl değiştiği ve “doğal” bozulma sürecinin nasıl gerçekleştiği genelde öğretilmez. Restoratif diş hekimliği kursları ve okul eğitim faaliyetlerinin birçoğunda genellikle küçük ve klinik olarak önemsiz kusurlara sahip fakat “kötü” olarak değerlendirilen eski restorasyonların yeni ve “son teknoloji” bir restorasyon ile değiştirilmesine odaklanılır. Bu da diş hekimliği öğrencilerinin kafasında iyi bir restorasyonun her zaman mükemmel olması ve yepyeni görünmesi gerektiği izleniminin oluşmasına neden olmaktadır. Tüm bu faktörlerin varlığı ve fikir birliğinin olmaması, restorasyonların değerlendirilmesine karar verme sürecinin neden karmaşık olduğunu açıklamaktadır. Ayrıca mevcut restorasyonların klinik değerlendirmesi sonucu hastaların diş hekimlerini değiştirmeyi istemesinin de eski restorasyonların değiştirilme riskinin artmasına neden olduğu bildirilmiştir [4].

2.3.7. Restoratif materyal ve uygulama tekniği

Rezin kompozitler hem anterior hem de posterior dişleri restore etmek için klinik olarak uygun materyaller olduğu kabul edilir. İlk nesil rezin kompozitlerin zayıf aşınma dayanıklılıkları ve mekanik direnci nedeniyle, amalgam ve post restorasyonlar o yıllarda altın standart olarak kabul edilirdi. Zamanla, rezin fazındaki (daha yüksek moleküler ağırlıklı ve düşük polimerizasyon büzülmesine sahip monomerlerin kullanılması) ve inorganik doldurucu partiküllerindeki (daha küçük boyutta doldurucuların ilavesi ve ilave edilme şekillerinin farklılaşması) gelişmeler, rezin kompozitlerin özelliklerinde önemli gelişmelere neden olmuştur. Ayrıca adeziv teknolojisindeki gelişmeler de bu gelişime katkı sunmuştur. Bu nedenle, günümüzde rezin kompozitlerin diş hekimliğinde kullanım yelpazesi oldukça genişlemiştir [4].

2.4. Restorasyon Tamiri

Çürük, bruksizm ve sosyo-ekonomik durum gibi spesifik faktörlerin, restorasyonların klinik ömrünü etkilediğinden yukarıda bahsedilmişti [60, 72, 73]. *In vivo* olarak yapılan çalışmalar, bu faktörlerin renklenmeye, mikrosızıntı oluşumuna, aşınmaya, restorasyonda bozulmaya ve hatta restorasyonun kırılmasına neden olabileceği bildirilmiştir [1].

Ağız ortamının sıcaklık, pH, diyet ve diğer faktörler gibi değişkenlerinin hem amalgam hem de rezin kompozit restorasyonların başarısını etkilediği birçok çalışmada gösterilmiştir [7, 8]. Amalgam ve rezin kompozitlerin 10 yıllık kullanımdan sonra, yıllık başarısızlık oranlarının % 1 ile % 3 arasında değiştiği rapor edilmiştir [52, 74].

Hem amalgam hem de rezin kompozit restorasyonlarda gözlenen esas başarısızlık nedenlerinin sekonder çürük ve restorasyon ve/veya dişin kırılması olduğu bildirilmiştir [52, 75]. Diğer başarısızlık nedenlerinden biri de tüberküllerin veya restorasyonun tamamen veya kısmen kırılmasıdır. Restorasyon kırıkları genelde supragingival olarak gerçekleşir, bu da kırılan dişin kolayca tamir edilmesine imkan sunar [76, 77]. Anatomik şekil kaybı ve dış kaynaklı renklenme gibi başarısızlık nedenlerinde, restorasyonun tamamen değiştirilmesine gerek olmayabilir [78]. Bu gibi durumlarda, restorasyonun tamiri daha uygundur, çünkü tamir minimal invaziv bir yaklaşımdır. Ayrıca, nispeten hızlı ve de basit bir tedavi uygulamasıdır [79].

Rezin kompozit restorasyonların tamirinin, restorasyon değişimi kadar etkili bir tedavi olduğu bildirilmiştir. Tamir uygulaması, diş yapısına daha az zarar vermesi, mevcut restorasyonun ömrünü uzatması ve tedavi maliyetinin düşmesine de katkı sunabilir [80, 81].

2.4.1. Restorasyonun tamir edilmesinin avantajları

Restorasyonun tamir edilmesi, restorasyonun tamamının değiştirilmesiyle karşılaştırıldığında;

1. Sağlam diş yapısının korunması,
2. Pulpaya zarar verme riskinin daha az olması,
3. Lokal anesteziyi her zaman gerektirmemesi,
4. Komşu dişlerde iyatrojenik zarar verme riskinin daha az olması,
5. Tedavi süresinin kısalığı,
6. Maliyetin daha az olması,
7. Hastada daha az stres yaratması,
8. Restorasyon ömrünü uzatması gibi avantajları bulunmaktadır [80, 82-84].

2.4.2. Rezin kompozit restorasyonların tamir kontrendikasyonları

1. Hastanın restorasyonunu tamir ettirme konusundaki isteksizliği,
2. Hastanın düzenli olarak kontrollere gelememesi,
3. Hastanın yüksek çürük riski taşıması,
4. Restorasyonun büyük bir kısmını etkileyen çürük mevcudiyeti ve
5. Daha önce yapılan tamir restorasyonunun başarısız olması gibi durumlarda, mevcut rezin kompozit restorasyonların tamiri kontrendikedir [85].

Hekimin tamir kararını verirken, bu avantajlara ve kontrendikasyonlara dikkat etmesi gereklidir. Böylece yapılan restorasyon, daha başarılı ve uzun ömürlü olacaktır.

2.4.3. Rezin kompozit restorasyonların tamir endikasyonları

Direkt rezin kompozit restorasyonlarda, mümkün olduğunca az diş dokusu uzaklaştırılarak, fonksiyon, tutuculuk, dayanıklılık ve estetik sağlanmaya çalışılmaktadır. Önceden yapılmış bir restorasyon, anatomik form, marjinal adaptasyon, renk uyumu (metal restorasyonlar

hariç), restorasyon kenarlarında renklenme ve sekonder çürük varlığı gibi kriterlere bakılarak değerlendirildiğinde, mevcut restorasyonun değiştirilmesi veya tamir edilmesi gündeme gelebilir. Derin kavitelerde ve pin tutuculu restorasyonlarda, restorasyonun tümüyle değiştirilmesi diş pulpasında travmaya neden olabilir. Ayrıca restorasyonun tamiri değiştirilmeye göre daha az zaman alıcı ve daha az maliyete sahiptir. Tüm bunlar düşünüldüğünde, rezin kompozitin rezin kompozit ile tamir edilmesi araştırmacılar tarafından önerilen bir yaklaşım olmuştur [86].

Mevcut restorasyonun tamir edilmesine karar verilmesini etkileyen bazı faktörler bulunur. Bunlar sekonder çürük, restorasyon kenarlarında bozulma ve yüzeyel renklemeler, aşınma, restorasyonun kırılması veya kütleli olarak kaybı, komşu diş yapısında kırık oluşumudur.

Sekonder çürük

Bir restorasyonun esas başarısızlık nedenlerinden biri olan sekonder çürük, tedavinin zorunlu olduğu bir durumdur. Özellikle şeker tüketimi sonucu oluşan ve demineralizasyona neden olan faktörlerin primer ve sekonder çürük için tamamen aynı olduğu göz önüne alındığında, sekonder çürük de yeni primer bir lezyon olarak düşünülüp tedavi edilmelidir [87, 88]. Bazen de sekonder çürük olarak değerlendirilen klinik vakaların muhtemelen sadece restorasyon kenarlarında bozulma veya restorasyon kenarlarında renklenme olduğu varsayılabilir. Ayrıca, bu renklemeler çoğu zaman durmuş bir çürüğün de göstergesi olabilir. Bu nedenle, eğer aktif çürüğe dair belirtiler görülüyorsa, diş müdahale edilmelidir [4]. Eğer çürük alanı diş yüzeyinde lokalize ve ulaşılabilir bir alanda ise ve de radyografik ve klinik incelemeler sonucu restorasyon altında çürük şüphesi bulunmuyorsa tamir işlemi uygulanabilir [84, 85].

Restorasyon kenarlarında bozulma ve yüzeyel renklenme

Restorasyon kenarlarında bozulma, her zaman sekonder çürük varlığını göstermemektedir. Posterior dişlerdeki restorasyonların oklüzal yüzeylerinde küçük marjinal defektler, aktif çürüğü gösteren plak varlığı, gıda birikimi veya renklenme gibi bulgular var ise restorasyonun gözden geçirilmesi önerilir [84]. Anterior dişlerdeki rezin kompozit restorasyonların kenarlarında bozulma, çoğu zaman estetik görünümü bozan dışsal renklenme nedeniyle oluşmaktadır. Bitirme ve parlatma uygulamasının tekrarlanması, bu tür

renklenmeleri gidermenin en etkili yoludur [89]. Ancak restorasyondaki defekt veya renklenme daha derine ilerliyorsa, restorasyonun tamiri veya değişimi düşünülebilir [84, 90].

Aşınma

Rezin kompozit restorasyonların aşınması ile karşıt dişte pasif erüpsüyon, karşıt veya yan dişlerde eğilme olabileceğinden, bu tarz durumlar dikkatli takip edilmelidir. Restorasyonun aşınması, oklüzal yüzeyle sınırlıysa ve tamir yapmaya izin verecek yeterli boşluk var ise restorasyon yüzeyinin yeniden restore edilmesi ile sorun çözümlenebilir. Eğer aşınmaya proksimal bir yüzey de dahilse ve restorasyonu yeniden şekillendirmek için yeterli yer yoksa, bu durumda alternatif bir restoratif yaklaşım belirlenebilir [84, 88].

Restorasyonda meydana gelen kırıklar ve kütleli kayıplar

Restorasyon tamamlandıktan sonra, kütleli kırıklara sebep olabileceğinden, aşırı oklüzal yük ve prematür temasların kontrolü yapılmalı, var ise kaldırılmalıdır [5]. Uzun yıllar ağız içinde olan bir restorasyonda oluşan kütleli kırık, restoratif materyalin stres yorgunluğunun bir sonucu oluşabilir. Yapılan çalışmalarda, kütleli kırık sınırlıysa (restorasyonun yarısından daha az) tamirin endike olabileceği belirtilmiştir, ancak restorasyonun geri kalan kısmının bütünlüğü de mutlaka dikkatle değerlendirilmelidir [83, 88].

Komşu diş yapısında kırık oluşumu

Restorasyona komşu diş yapısında oluşan kırık, parafonksiyonel alışkanlıklar veya polimerizasyon büzülmesinin oluşturduğu stres nedeni ile oluşabilir. Kırığın nedeni, doğru bir şekilde teşhis edilmelidir. Koruyucu tedaviler uygulanarak kırığın tekrar oluşma riski en aza indirilirse, tamir restorasyonu endike olabilir [84, 85].

2.4.4. Tamir edilen rezin kompozit restorasyonlarda başarı

Rezin kompozit restorasyonların tamir edilebilme özelliği en büyük avantajlarından biridir. Rezin kompozit restorasyon ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit arasında güçlü ve dayanıklı bir bağlanmanın oluşturulması, her iki rezin kompozitin de kimyasal bileşiminin temel olarak aynı olmasından dolayı mümkündür.

Rezin kompozit restorasyonların tamir edilmesinin klinik başarısı; tamir edilecek rezin kompozit restorasyonun yüzey özellikleri, kullanılan adeziv sistemler ve rezin kompozitin kimyasal yapısı gibi çeşitli nedenlerden etkilenebilir [10, 11, 75].

Rezin kompozit restorasyonun tamirinde, restorasyon yüzeyinde pürüzlü bir yüzey oluşturmak bağlanma yüzeyini arttıracığından oldukça önemlidir [91]. Bu bağlantıyı arttırmak amacıyla eski restorasyon yüzeyine bazı uygulamaların yapılması önerilir. Bu amaçla elmas frezle ile pürüzlendirme, hidroflorik veya fosforik asitle pürüzlendirme veya air abrazyon ile alüminyum oksit parçacıklarının püskürtülmesi, alüminyum veya silika ile kaplanmış alüminyum oksit parçacıkları ile kumlama, lazer ile pürüzlendirme gibi çeşitli yüzey hazırlama yöntemleri kullanılabilir [12, 13, 15, 92].

Yüzey hazırlama yöntemleri; tamir edilecek restorasyonda, eski ve yeni rezin kompozit arasındaki mekanik ve/veya kimyasal bağlanmaya katkı sunar [5, 75, 91, 93]. Bu katkı, yüzey düzensizlikleri oluşturarak eski restorasyon yüzeyi ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit arasında mikromekanik kilitlenmeyi sağlamaktır. Ayrıca, silan ve/veya adeziv rezinler gibi yüzey nemliliğini arttıran materyallerin pürüzlendirilmiş rezin kompozit yüzeyine uygulanması ile bağlanmanın daha da artacağı bildirilmiştir [16, 94].

Mikromekanik bağlanma, elmas frezle, air abrazyonla, kumlama cihazıyla, lazerle ve asit uygulanımı ile oluşturulan pürüzlendirme sayesinde gerçekleşir. Birçok çalışmada, eski rezin kompozit restorasyon yüzeyinin pürüzlülüğünün artırılmasının, tamir amacıyla kullanılan rezin kompozitin bağlanma dayanımının artmasına neden olduğu bildirilmiştir [95, 96]. Silan ve adeziv sistem uygulaması da kimyasal bağlantıya katkıda bulunan yüzey hazırlama yöntemlerindendir. Adeziv sistem ve silan uygulamasının, eski ve yeni rezin kompozit arasındaki kimyasal bağlanmayı olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir [15, 16].

2.5. Yüzey Hazırlama Yöntemleri

2.5.1. Frezle pürüzlendirme

Yüzeyi pürüzlendirmek amacıyla, ince veya kalın grenli frezlerin kullanıldığı yöntemdir. Elmas frezler ile keskin yüzey düzensizlikleri oluşturulabilir. Bu nedenle, seramik yüzeylerde stres birikimine neden olan mikro çatlaklara ve de takiben kırıklara sebep olabilir [97].

2.5.2. Asitle pürüzlendirme

Bu yöntemde, fosforik asit veya hidroflorik asit kullanılarak pürüzlü yüzey oluşumu sağlanır. Fosforik asit, mine ve dentine bağlanmada etkin rol oynamasına rağmen, rezin kompozit, seramik ve metal yüzeylerine bağlanmada yeterli bir etki göstermediği bildirilmiştir [5]. Ancak, fosforik asidin yüzey temizleme ve yağ giderme özelliğine bağlı olarak bağlanmaya katkı sunar [91].

Fosforik asitten farklı olarak hidroflorik asit, seramikte bulunan cam parçacıklarının çözülmesine neden olur. Ancak rezin kompozitlerin birçok tipinde rezin matrisi üzerinde etki göstermez. Özellikle mikrodoldurucu rezin kompozitlerde inorganik doldurucu partikül oranı daha az olduğundan, hidroflorik asitle pürüzlendirmenin etkisi de daha sınırlıdır. Diğer bir deyişle, hidroflorik asidin etkisi, materyaldeki doldurucu partiküllerin kompozisyonuyla yakından ilişkilidir [5].

2.5.3. Air abrazyon

Diş hekimliğinde air abrazyon teknolojisi, ilk olarak 1951 yılında kullanılmaya başlamıştır. Ancak yüksek hızla dönen aletler ve frezlerin ortaya çıkışıyla, yeterince yer bulamamıştır.

Air abrazyon, yüksek hızda hava akımıyla taşınan alüminyum oksit partikülleri ile diş sert dokularının uzaklaştırılmasını sağlayan bir yöntemdir. Diş yapısını kesmek için kullanılan aşındırıcı partiküller ortalama 27.5 mikron boyutunda olup, Moh ölçeğinde 9 sertliğine sahiptir [98].

Air abrazyon, basit, hızlı ve etkili bir yöntem olduğundan, ağız içinde hidroflorik asit gibi asitlerin kullanımını gerektirmediğinden, kullanımı tavsiye edilen bir yüzey hazırlama yöntemidir. Ayrıca, air abrazyonun yüzey kurutma etkisi sayesinde klinik olarak zor olabilen restorasyon ve diş yapısı arasındaki sınırı ayırt etme problemi de ortadan kalkmış olur. Ancak air abrazyonun restorasyonun performansını uzun süreçte etkileyecek yüzey hasarı oluşturma olasılığı da vardır, bu nedenle özellikle kırılğan seramik yüzeylerinde, metal yüzeye kıyasla kullanımında daha dikkatli olunmalıdır [99]. Ayrıca, yöntemin diş eti ve kök yüzeyine de zararlı etkileri olabileceği bildirilmiştir [100].

Air abrazyonun diş hekimliğinde kullanılması büyük faydalar sağlayabilir, ancak doğru vaka seçimi, klinik deneyim ve dikkat gerektirir.

2.5.4. Kumlama

Kumlama, alüminyum oksit partikülleri kullanılarak yüzeyde pürüzlülük oluşturulmasını sağlayan bir yüzey hazırlama yöntemidir. Kumlamanın uygulanması ile yüzeyde bağlanma yüzey alanının artırılmasının yanı sıra, ağız ortamında uzun süre fonksiyon gören rezin kompozit restorasyon yüzeyinin değişen kimyasal yapısının da yüzeyden uzaklaştırılması mümkün olur. Bu da yüzey enerjisinin ve dolayısıyla rezin kompozit yüzeyinin ıslanabilirliğinin artmasına neden olduğu bildirilmiştir [10, 17, 101]. Alüminyum oksit partiküllerinin seramik veya metal yüzeye uygulanması da rezin kompozitin bu yüzeylere bağlanmasını güçlendirir. Alüminyum oksit partiküllerinin büyüklüğü genellikle 50 µm olup, daha farklı boyutlarda kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur [10, 102].

Kumlama sırasında yüzey alümina parçacıkları ile kirlenebilir [103]. Kumlamadan sonra, alt tabaka yüzeyleri de ince bir alümina tabaka ile kaplanabilir. Silanizasyondan sonra, $\text{Al-O-Si}\equiv$ bağları oluşabilir. Oluşan bu bağlar -Si-O-Si- bağlarından biraz daha zayıf olup hidrolize karşı daha hassastır [104]. Bu yöntemin dezavantajı, toz partiküllerinin etkisi ile yüzeyde mikro çatlaklar oluşmasıdır. Bu yüzeyel tabakadaki mekanik dayanıklılığın azalmasına, dolayısıyla da uzun süreçte klinik performansın olumsuz etkilenmesine neden olabilir [105, 106].

2.5.5. Lazerle pürüzlendirme

Lazer 1990'dan beri, diş hekimliği muayenahanelerinde kullanılmaktadır [107]. Günümüzde kullanılan lazer sistemleri, performans ve kullanıcı özellikleri açısından yüksek kalitede teknik ayrıntılar sunmaktadır.

Diş sert dokularında kullanılan lazerlerde, lazer enerjisi, hidroksiapatit kristalleri ve su tarafından emilir. Bu esnada oluşan ısı, hidroksil gruplarının hidroksiapatit kristallerinden ayrılmasına ve apatit kristallerini çevreleyen suyun aniden buharlaşmasına neden olur [108]. Bu buharlaşma, iç doku basıncında bir artışa ve daha sonrasında mikro patlamalar oluşmasına neden olur [108, 109]. Enerjinin çoğu ablasyon işlemi sırasında kullanılır, geri

kalan enerji ise ısıda aşırı bir artış olmadan komşu dokulara yayılır [108, 110]. Ek olarak, lazerin mine ve dentinde kullanımı, mine üzerinde mikro retansiyona ve dentinal tübüllerin açılmasına neden olduğu bildirilmiştir [108].

Günümüzde; Er:YAG ve de Er,Cr:YSGG lazerler, restorasyon tamirinde kullanılmaktadır. Dalga boyu 2940 nm olan Er: YAG lazerin, diş yüzeylerinin yanı sıra rezin kompozit yüzeyini de etkileyebileceği gösterilmiştir [2, 111-113].

2.5.6. Silan uygulanması

Restorasyonların tamirinde silan uygulanması, rezin kompozit yüzeyine bağlanmayı arttırmak amacıyla en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Diş hekimliğinde, genellikle iki fonksiyonel molekül içeren 3-metakriloksi propil trimetoksisilan (MPS) bu amaçla kullanılır. MPS, bir taraftan adeziv rezin ve rezin kompozit ile reaksiyona girebilen metakrilat grubu, diğer taraftan da air abrazyon veya asitle pürüzlendirilmiş restorasyon yüzeyinde bulunan alümina ve silika parçacıkları ile siloksan bağları oluşturabilen silanol grubunu içermektedir [5].

Silan'ın, hidrolize edilmiş veya hidrolize edilmemiş olmak üzere iki tipi mevcuttur. Hidrolize edilmiş silanlar doğrudan kullanıma uygundur ve adeziv uygulanmadan önce uygulanmalıdır. Hidrolize edilmemiş silanda ise yüzey primer veya adezivin yapısında bulunan asidik bir monomer (10-metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat; 10-MDP) ile ilk önce aktive edilmelidir. *In vitro* çalışmalar, silan kullanımının silan kullanılmadığı durumlara kıyasla, rezin kompozit veya seramik tamirinde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir [114-117].

Rezin kompozit yüzeyindeki inorganik parçacıkların varlığı, silan uygulanmasıyla daha iyi bir adezyonu mümkün kılar. Soares ve arkadaşları'na [118] göre alüminyum oksit ile kumlama sonrası rezin kompozitin bağlanma dayanımında anlamlı bir artış gözlenmezken, kumlama sonrası silan uygulanması ile daha yüksek bir bağlanma dayanımı elde edildiği gösterilmiştir. Silan, ıslanabilirliği artırarak bağlanma dayanımını desteklemektedir [119, 120]. Ancak, su emilimini artırarak, hidrolitik yıkıma neden olma ihtimali de vardır [121].

2.5.7. Adeziv rezin uygulama

Tamir konseptinin temel prensibi, tamir edilen restorasyonda eski ve yeni rezin kompozit arasında tatmin edici bir bağlantı oluşturulmasıdır. Çoğu durumda, tamir edilecek restorasyonun bileşimi bilinmemektedir, bu nedenle tamir edilecek materyal ile tamir materyalinin uyumu dikkate alınmalıdır [11]. Ayrıca adeziv sistemlerin hidrofilik özelliği, bağlanma dayanımını bozabilir, çünkü hidrofilik özelliği fazla olan adeziv zamanla daha fazla su emme eğilimi gösterir [122].

Yaşlandırılma işlemine maruz bırakılmış rezin kompozit yüzeyine yüzey hazırlama işlemlerinin uygulanmasının amacı, enerjisi yüksek, temiz bir rezin kompozit yüzeyi oluşturmak ve yüzeyel tabakayı kaldırıp yüzey düzensizliklerini arttırmaktır [123]. Eski kompozit yüzeyine adeziv sistem uygulanmasının yüzey ıslanabilirliğini arttırdığı ve daha iyi kimyasal bağlantının oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir. Eski rezin kompozit ile yeni rezin kompozit arasında yeterli bağlanma elde edilebilmesi, mevcut eski restorasyonların tamir edilmesini daha çekici kılar [124].

2.6. Adezyon

Adezyon; iki yüzeyin birbirine bağlanması, diğer bir deyişle iki yüzeyin bir arada tutulduğu durum olarak tanımlanmaktadır [125]. Adezyonu sağlayan yapıya ‘‘adeziv’’, adezivin uygulandığı yapıya ise ‘‘adherent’’ denmektedir. Adezyon; fiziksel, kimyasal ve mekanik olmak üzere üç farklı mekanizma ile gerçekleşir.

Fiziksel bağlanma

Van Der Waals kuvvetleriyle ve elektrostatik etkileşimler ile oluşan bir bağlanma türüdür. Fiziksel bağlanma, zayıf bir bağlanma olmasına rağmen, her zaman oluşumu söz konusudur [126].

Kimyasal bağlanma

Farklı yapıdaki iki ayrı yüzeyin atomları arasında gerçekleşen bağlanma türüdür. Bu bağlanma; iyonik, kovalent, metalik ve şelasyon bağları ile gerçekleşir [126]. Kimyasal bağlanma, silan kullanımı ile desteklenmeye çalışılmaktadır. Ancak, silan uygulamanın esas

amacının kimyasal bağlanma oluşturmaktan ziyade ıslanabilirliği artırmak olduğu unutulmamalıdır.

Mekanik bağlanma

Yüzeyde oluşturulan pürüzlülük (geometrik etkenler) ile ve bir monomerin sabit bir cisimle temas halinde bulunduğu zaman, sıvı halden katı hale geçmesi (reolojik etkenler) olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Sıkı bir bağlanma için birbirine çok yakın ve devamlı iki yüzeyin olması gereklidir. Bu da iki cisim arasındaki aralığın en çok 1-2 Å (Angöström) olması ile mümkündür, çünkü moleküller arası çekme kuvveti ancak bu aralıkta etkili olmaktadır [34].

Etkili bir adezyon için dikkat edilmesi gereken bazı koşullar vardır [32, 126]. Bunlar; doğru temas açısı, iyi ıslanabilirlik, yüzey enerjisi ve de yüzey temizliğidir. Temas açısı, bir sıvı damlasının katı yüzey ile oluşturduğu açı olarak tanımlanabilir ve sıvının ıslatma özelliğinin bir ölçüsüdür. Yüzeyin birim alandaki enerji artışı ise “yüzey enerjisi” olarak tanımlanır. Bir maddenin yüzey enerjisi ne kadar fazla ise üzerine uygulanan adeziv, yüzeye o kadar iyi yayılır. Ayrıca, iyi bir adezyon için adeziv ile adherent arasında yakın bir temasta hatta sıfır temasta olması gereklidir. Yüzey enerjisini yükseltmek ve de adeziv materyalin adherent yüzeyini kolayca ıslatabilmesi için yüzeyin temiz olması gereklidir.

2.6.1. Diş hekimliğinde adezyon

1900’lerin başlarında hakim olan diş preperasyonunun klasik kavramları, günümüzde büyük ölçüde değişmiştir [47]. Bu değişim, diş preperasyonuna karşı daha konservatif bir yaklaşımın gelişmesine yol açarak, sadece retansiyonun temel kavramlarını ve aynı zamanda kalan diş sert dokularının korunmasını hedeflemiştir. İlk olarak 1950’lerde piyasaya sürülen adeziv sistemler, 1955 yılında Buonoccore’un asitle pürüzlendirilen diş yüzeyinde oluşturulan girintili çıkıntılı yüzeye rezin içerikli materyalin retansiyonunu arttırabilmek amacıyla uygulanmıştır [127]. O yıllarda sadece mine yüzeyine uygulanan asit ile yeterli bağlanmanın elde edilemediği, bu nedenle dentine bağlanmanın da gerekli olduğu görüşü önem kazanmıştır. Bu da adeziv teknolojisinin gelişimini hızlandırarak, günümüzde hem mine hem de dentinde daha iyi bağlanma sağlayan adeziv sistemlerin gelişimini sağlamıştır.

İnorganik diş yapısının değiştirilmesi, diş dokularına restoratif materyalin bağlanması amacıyla uygulanan ilk adımdır. Diş ile restoratif materyaller arasında güçlü bir bağlantı oluşturabilmek için geliştirilen adeziv sistemler hem hidrofilik hem de hidrofobik monomerlerden oluşurlar. Ayrıca içeriklerine başlatıcı, inhibitör ve stabilizatörler de ilave edilmişlerdir. Hidrofilik gruplar, diş sert dokularının ıslanabilirliğini artırırken, hidrofobik gruplar restoratif materyal ile etkileşime girerler [128].

Adeziv sistemlerde en çok kullanılan monomerler, HEMA ve Bis-GMA'dır. HEMA, suda çözünebilen ve polimerize olabilen bir monomerdur. Bis-GMA ise hidrofobiktir ve polimerize olurken ağırlıkça yaklaşık %3 oranında su emmektedir [129].

Bunların dışında su, etil alkol, butil alkol veya aseton gibi çözücüler kullanılarak, HEMA ve Bis-GMA gibi monomerlerin dentin tübüllerine penetre olması sağlanmaktadır.

Bazı adeziv sistemlerde uygulanan %37'lik fosforik asit, mine ve dentini primer uygulaması için hazırlar ve diş dokularının yüzeylerinde mikropöröziteler oluşturur. Bu da rezin tag'lerinin oluşumu için uygun ortam oluşturur. Primer, hidrofilik monomerlerden oluşur ve suda çözünebilen bir çözücü içinde bulunur. Hidrofilik dentine, penetre olur ve adeziv sistemin bağlanma kuvvetini arttıran bir bileşendir. Bağlayıcı ajan ise bağlanmanın oluşumunda önemli rol oynayan hibrit tabakasını stabilize ederek, dentine rezin kompozitin daha uzun ömürlü bağlanmasını sağlar [129].

2.6.2. Adeziv sistemlerin sınıflandırılması

Adeziv sistemlerin sınıflandırılması; tarihsel gelişimine, klinik uygulanma şekillerine ve modern adeziv stratejilerine dayanmaktadır.

Adeziv sistemlerin tarihsel gelişimlerine göre sınıflandırılması

Birinci nesil adeziv sistemler

Birinci nesil adeziv sistemler, 1956 yılında Buonocore tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Esasen, gliserofosforik asit dimetakrilat (NPG-GMA) içerirler [130]. Bu adeziv sistemler hidroksiapatit kristallerine iyonik, kollajen liflerine ise kovalent olarak bağlanırlar. Bununla birlikte, su emilimi bu bağların kuvvetini büyük ölçüde azaltabilir. Yüksek polimerizasyon

büzülmeleri ve ağız ortamında çözünmeleri sebebiyle, başarı oranları düşük bulunmuştur. Bağlanma dayanımlarının 2-3 MPa olduğu bildirilmiştir [131, 132].

İkinci nesil adeziv sistemler

Bu adeziv sistemler 1980'lerin başında, mineralize diş yapısında bulunan kalsiyuma bağlanmak amacıyla geliştirilmişlerdir. İçeriğinde, Bis-GMA ve HEMA bulunmaktadır. Etki mekanizması, adeziv sistemin içeriğinde bulunan negatif yüklü fosfat grupları ile smear tabakasındaki pozitif yüklü kalsiyum iyonları arasında polar etkileşime dayanmaktadır [132]. Ancak dentin yüzeyine smear tabakası kuvvetli tutunmadığından, bu sistemdeki en zayıf halkayı oluşturmuştur. Kurulan iyonik bağ, su temasıyla hatta dentinin yapısında bulunan su ile zaman içinde bozulur, ayrılmaya ve/veya mikrosızıntı oluşumuna neden olur. İkinci nesil adezivlerin bağlanma dayanımının 10 Mpa'ın altında olduğu bulunmuştur [42, 133].

Üçüncü nesil adeziv sistemler

1980'lerin başında, üçüncü nesil adeziv sistemler piyasaya sunulmuştur. Bu nesil adeziv sistemlerin kimyasal yapısı ikinci nesil adeziv sistemlerden farklıdır. Karakteristik özellikleri, çok basamaklı uygulanmalarıdır. Üçüncü nesil adeziv sistemler, smear tabakasını modifiye etmek veya kısmen uzaklaştırmak amacıyla dentinin asitle pürüzlendirilmesi gerekliliği görüşü ile kullanıma sunulmuşlardır. Üçüncü nesil adeziv sistemlerde asit tamamen yıkanarak uzaklaştırıldıktan sonra, dentin tübüllerinin açılması ve hidrofilik primerin bu tübüllere infiltrasyonu amaçlanmıştır [134]. Klinik olarak, birinci ve ikinci nesil adezivlere göre dentindeki mikrosızıntıyı azaltmada daha başarılı olsalar da yeterli başarıyı gösterememişlerdir [135].

Dördüncü nesil adeziv sistemler

1990'larda dördüncü nesil adeziv sistemler piyasaya sunulmuştur. Dördüncü nesil adeziv sistemler, smear tabakasının tamamen kaldırıldığı sistemler olup, hala dentine bağlanmada altın standart olarak kabul edilirler [136].

Bu nesil adeziv sistemler, asit ile pürüzlendirme, primer ve bağlayıcı ajanın uygulanması şeklinde üç ayrı basamakta uygulanırlar. Total etch kavramı bu nesil adeziv sistemlerle

ortaya çıkmıştır. Bu kavramda, mine ve dentine aynı anda 15-20 saniye fosforik asit uygulanır. Ayrıca bu adeziv sistemlerde “nemli bağlanma” (wet bonding) kavramı da önem kazanmıştır. Nemli bağlanma, dentin yüzeyine asit uygulandıktan sonra yıkanan yüzeyin hafif hava veya pamuk pelet ile kurutulmasını gerektirir. Böylece aşırı kurutma ile açığa çıkmış kollajen ağında büzülmenin oluşması önlenir [136, 137].

Primerin içeriğinde, hidrofilik monomerler bulunur. Primerin asit uygulanmış dentin yüzeyine uygulanması sonucu, açığa çıkan kollajen ağına primerin monomerleri penetre olur. Böylece monomer ve kollajenden oluşan aside dayanıklı hibrit tabakasının oluşumu sağlanır [138, 139].

Etanol veya aseton içerisinde HEMA gibi hidrofilik monomer içeren primer uygulanan yüzeye, daha sonra içerisinde Bis-GMA gibi hidrofobik monomerler bulunan bağlayıcı ajan uygulanarak oluşturulan hibrit tabakasının stabilizasyonu sağlanır.

Bu adeziv sistemlerin bağlanma dayanımı 20 MPa civarındadır ve mikrosızıntı önceki sistemlere kıyasla önemli ölçüde azalmıştır [140].

Dördüncü nesil adeziv sistemler teknik hassasiyet gerektiren sistemlerdir. Mine ve dentinin asitle pürüzlendirilmesini takiben, primer ve bağlayıcı ajanın uygulanmasını gerektiren bu sistemler, dikkatli kullanıldıklarında klinik olarak uzun ömürlü sonuçlar elde edilmesini sağlarlar. Hemen hemen her türden bağlanma protokolü için kullanılabilirler. Ancak, bu sistemlerin birden çok aşama ile uygulanması, kafa karıştırıcı ve zaman alıcı olabilir. Bu nedenle, teknik duyarlılığı daha düşük adeziv sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmiştir.

Beşinci nesil adeziv sistemler

1990'larda beşinci nesil adeziv sistemlerin kullanımları, uygulama aşamaları ve çalışma zamanının kısalmasından ve dördüncü nesil adeziv sistemlere göre uygulanımlarının daha basit olmasından dolayı yaygınlaşmıştır. Tek şişe içerisinde primer ve adezivin birleştirildiği bu sistemler, asit uygulanmış dentin yüzeyine uygulanır. Bu adeziv sistemlerde de dördüncü nesil adeziv sistemlere yakın bağlanma elde edilebildiği gösterilmiştir [141, 142]. Dentine bağlanma dayanımı 3 ila 25 MPa arasındadır [129].

Mine'de kenar sızıntısını başarılı şekilde engellediği bildirilen bu adeziv sistemlerin, dördüncü nesil adeziv sistemlere göre zaman içinde su emilimine daha duyarlı olduğu gösterilmiştir. Bunun nedeni, primerin hidrofilik olma eğiliminin daha fazla olmasıdır. Dördüncü nesil adeziv sistemlerde, hidrofilik primer hidrofobik bir rezin ile örtülür, bu da dördüncü nesil adeziv sistemlerin su emilimine karşı daha az duyarlı olmalarına neden olur [134].

Altıncı nesil adeziv sistemler

2000'lerin başında geliştirilen altıncı nesil adeziv sistemlerde, asit uygulama basamağı elimine edilmiştir. Bu primer içine asidik yapıya sahip monomerlerin ilavesiyle gerçekleştirilmiştir. Asidik yapıdaki primerin dişe uygulanmasını takiben bağlayıcı ajan uygulanır [129]. Bu adeziv sistemlerin mineye bağlanmasının dentine göre daha zayıf olduğu, ancak dentine bağlanmada yeterli oldukları bildirilmiştir [143].

Altıncı nesil adeziv sistemlerin en büyük avantajı, etkinliğinin dentinin nemli yapısından total etch sistemlere göre daha az etkilenmesidir [144]. Bunun nedeninin, altıncı nesil adeziv sistemlerin mineyi pürüzlendirmek için yeterli asidik pH'ya sahip olmaması olduğu belirtilmiştir. Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla bu adeziv sistemleri kullanmadan önce kavitenin mine kenarlarının fosforik asit ile ek olarak pürüzlendirilmesi önerilir. Bu uygulama ile demineralizasyon alanının daha derin oluşması ve dolayısıyla primerin daha derinlere penetre olması sağlanır.

Altıncı nesil adeziv sistemlerin bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalar, dentine iyi bağlandığını (20-30 MPa) gösterirken, mineye bağlanmanın dördüncü ve beşinci nesil adeziv sistemlere göre %25 daha zayıf olduğunu bildirmişlerdir [145].

Yedinci nesil adeziv sistemler

Yedinci nesil adeziv sistemler, 2000'lerin başlarında piyasaya sürülmüştür. Bu adeziv sistemler, tek şişe kendinden pürüzlendirmeli adeziv sistemler olarak da bilinmektedir. Bu sistemlerde, asit, primer ve bağlayıcı ajan tek bir şişede bulunmaktadır [146, 147]. Bu, bağlanma protokolünü önemli ölçüde basitleştirmektedir. Bu sistem ile kabul edilebilir bağlanma dayanımı elde edilebilirken, diş hekimi tarafından yapılan hataların birden fazla aşamanın eliminasyonu ile ortadan kaldırılması hedeflenmiştir [129]. Ancak, asit, primer ve

bağlayıcı ajanın tek bir şişede bulunması, ürünün içeriğindeki bozulmadan kalmasını güçleştirdiğinden, raf ömrünün olumsuz etkilenmesine neden olur [148]. Tek şişe içerisinde bulunan asidik bileşenler, formülasyonlarında önemli miktarda su bulunmasını gerektirmektedir, bu da hidrolize ve kimyasal parçalanmaya eğilimli olmalarına neden olmaktadır [149]. Bu da uygulandıktan ve polimerize edildikten sonra, iki aşamalı kendinden pürüzlendirmeli sistemlerden daha hidrofilik özellik göstermelerine ve dolayısıyla su emilimine daha meyilli olmalarına neden olur. Bunlar da rezinin infiltrasyonunu sınırlar.

Bu nesil adeziv sistemlerin avantajı, herhangi bir karıştırma işlemi gerektirmemesi ve bağlanma dayanımının tutarlı olmasıdır. Bununla birlikte, yedinci nesil adeziv sistemlerin piyasadaki en düşük bağlanma dayanımına sahip olduğu kanıtlanmıştır.

Sekizinci nesil adeziv sistemler

2010 yılında, sekizinci nesil adeziv sistemler olarak nano dolduruculu, Futurabond piyasaya sunulmuştur [150]. Bu adeziv sistemlerdeki nano doldurucular rezin monomerlerin penetrasyon gücünü ve hibrit tabakanın kalınlığının artmasına ve adeziv sistemlerin mekanik özelliklerini gelişmesine neden olmuştur [151, 152]. Nano doldurucu adezivler ile daha iyi mine ve dentin bağlantısı elde edildiği bildirilmiştir. Kuvvet ve stres emilimleri daha iyidir ve raf ömrü daha uzundur [153]. Nano dolduruculu olarak üretilen adeziv sistemlerin *in vitro* olarak yüksek bağlanma dayanımı gösterdikleri gözlenmiştir [129].

Kendinden pürüzlendirmeli bu yeni adeziv sistemler, asidik yapıdaki hidrofilik monomerler içerirler. Tükürük ve nemle kontamine olmuş pürüzlü mine yüzeylerinde bile kolaylıkla kullanılabilirler [154]. Nano doldurucular, adeziv sistemin viskozitesini arttır. Bu da nemli yüzeyin üzerinde doldurucu partiküllerin birikimine neden olarak, yüzeyde çatlaklar görünmesine ve bağlanma kuvvetinde azalmaya neden olabilir [152].

Üniversal adeziv sistemler

Hassasiyet gerektiren asitleme, yıkama, kurutma basamaklarını ortadan kaldırmak, kullanımı daha da kolaylaştırmak ve klinik uygulama süresini kısaltmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Üniversal adeziv sistemler tek basamaklı self etch adeziv sistemler gibi tek şişede bulunan adeziv sistemlerdir. Uygulayıcılar bu adezivleri hem self-etch modunda

hem etch and rinse modunda hem de selektif asitleme ile birlikte kullanılabileceğini bildirmişlerdir [155, 156].

Self etch adeziv sistemlerde, içerdikleri asidik monomerler sayesinde hem demineralizasyon hem de rezin infiltrasyonu aynı anda meydana gelir. Bu sayede hibridize ve demineralize bölge arasındaki uyumsuzluk oluşma riski ortadan kalkmış olur [73, 157].

Üniversal adeziv sistemlerin içeriğinde geleneksel monomerlere ek olarak MDP (metakriloloksietil dihidrojen fosfat) gibi asidik monomerler ve silan bulunur. Uygulanması ile hidroksiapatit ile adeziv ara yüzeyinde stabil bir nano tabaka oluşur. Oluşan MDP-Ca tuzları bu tabaka boyunca çökelir. Bunun sonucunda, yüksek ve stabil bir bağlanma dayanımının oluşması sağlanır [128]. Ayrıca içeriğinde silan bulunan üniversal adezivlerin cam seramiklere veya rezin kompozitlere bağlanmayı arttırdığı bildirilmiştir. Silan uygulama aşamasının uygulanma gereksinimi de bu adeziv sistemlerin kullanımı ile ortadan kalkmıştır. Günümüzde gliserol dimetakrilat ester (GPDM), metakriloksietil fenil hidrojen fosfat (MEP-P), metakrilolsipropil dihidrojen fosfat (MMP), metakriloloksietil dihidrojen fosfat (MEP), 2-hidroksietil metakrilat (HEMA), dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat (PENTA-P), 4-metakriloksietil trimellitat anhidrit (4-META) ve metakriloloksialkil asit fosfat (MAC-10) gibi monomerler üniversal adeziv sistemlerin içeriğinde kullanılmaktadır [147].

Üniversal adezivler farklı uygulama şekillerinde kullanılabilmesine rağmen, mine ve dentinin yapısal farklılığından dolayı hangi dokuda, hangi şekilde uygulanmasının daha iyi bağlanma dayanımı gösterdiğine dair kesin sonuçlar yoktur [158]. Ancak çalışmalarda, üniversal adeziv sistemlerin minede asit uygulanımı ile birlikte kullanıldıklarında daha yüksek bağlanma dayanımı elde edildiği bildirilmiştir [155, 156]. Üniversal adezivlerin dentine olan bağlanma dayanımının araştırıldığı bir çalışmada, asit uygulanımının üniversal adezivlerin dentine olan bağlanma dayanımını da arttırabileceği ifade edilmiştir [159]. Buna karşın üniversal adezivlerin dentine bağlanma dayanımının araştırıldığı başka çalışmalarda, asit uygulanımının üniversal adezivlerin dentine olan bağlanma dayanımını etkilemediği bildirilmiştir [160, 161]. Üniversal adezivlerin farklı modlarda uygulanmasının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkilerini inceleyen çalışmalarda ise üniversal adeziv sistemlerin dentine self-etch modda uygulandığında daha iyi bağlanma dayanımı elde edildiği bildirilmiştir [160, 162].

Üniversal adezivler ayrıca aseton ve etanol gibi organik çözücüler de içermektedir. Kollajen ağına monomerlerin infiltrasyonunu çözücüler sağlar. Ayrıca çözücüler adezivin vizkozitesinin de azalmasına neden olur. Adeziv uygulandıktan sonra, çözücünün tamamen uzaklaştırılması bağlanmanın kalitesi açısından önemlidir. Çünkü adeziv sistem polimerize edildikten sonra adeziv tabaka içerisinde kalan çözücü bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, adeziv uygulandıktan sonra çözücünün adezivden buharlaşması için yeterli süre beklenmesi gerektiği bildirilmiştir [156, 163]. Üniversal adeziv sistemler ile yapılan bir çalışmada, çözücünün buharlaşması için beklenen sürenin uzatılmasının ve ayrıca adeziv sistemin dentine total etch uygulanmasının bağlanma dayanımı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu rapor edilmiştir [164].

Asitiditesi zayıf olan adeziv sistemler olarak kabul edilen üniversal adezivlerin, etch and rinse veya self-etch modlarında uygulanmasının dentine bağlanma dayanımında hiçbir bir etkisinin olmaması nedeniyle, bu adeziv sistemlerin dentin yüzeyinde fosforik asit uygulamasını takiben kullanılmasının bağlanma dayanımı üzerinde herhangi bir fayda sağlayamayacağı söylenebilir. Ayrıca, dentin yüzeyinde asit kullanımının teknik hassasiyet gerektirdiği de unutulmamalıdır [165].

2.7. Bağlanma Dayanımı Testleri

Restorasyon ömrü, bir dereceye kadar tahmin edilebilen bağlanma dayanımı testleri ile ölçülebilir. Klinisyenler, kullandıkları adeziv sistemleri seçmek için laboratuvar çalışmalarının sonuçlarına güvenmek zorundadırlar. Her ne kadar adeziv sistemlerin klinik performansını tahmin etmede bağlanma dayanım testlerinin geçerliliği sorgulanabilir olsa da mevcut kanıtlara dayanarak bağlanma dayanım testlerinin restoratif materyalin etkinliğini değerlendirmenin en uygun yolu olduğu söylenebilir [20, 73, 166]. İdeal bir bağlanma testi; doğru, güvenilir, teknik duyarlılığı az, uygulaması basit ve ucuz test protokollerini içermelidir [20].

Bağlanma dayanım 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 testler ile uygulanır. Bağlanma alanının 3 mm²'den büyük olduğu durumlarda makro bağlanma dayanım testi, test edilen alan yaklaşık 1 mm²'den da daha küçük ise mikro bağlanma

dayanım testi kullanılır. Bu testlerde makaslama, gerilme veya push-out protokolleri kullanılarak örneklerin bağlanma dayanımı analiz edilir [20, 167].

2.7.1. Makro bağlanma dayanma test yöntemleri

Makro makaslama bağlanma dayanım testi

Makro makaslama bağlanma dayanım testi, yeni adeziv sistemlerin bağlanma dayanımlarını değerlendirmede en yaygın kullanılan testtir [57]. Bu test yöntemi, ilk olarak 1965 yılında Bowen tarafından tanımlanmıştır [168]. Makro makaslama bağlanma dayanımı, bir materyalin kesme modunda bozulmaya uğramadan önce dayanabileceği en fazla yük olarak tanımlanır. Bir makaslama bağlanma dayanım testinde, iki materyal bir adeziv madde ile birbirine yapıştırılır ve kırılma meydana gelene kadar makaslama kuvvetine maruz bırakılır. Makaslama bağlanma dayanım testi, bağlanma prosedüründen sonra başka örnek hazırlamaya gerek olmaması nedeniyle oldukça popüler olan, en kolay ve en hızlı yöntemdir [169]. Gerektiğinde rahat bir şekilde testin tekrar edilebilmesi ve mikro testlere kıyasla teknik hassasiyetinin az olması bu testin avantajlarından [170]. Ancak, geliştirilmiş yeni adeziv sistemlerde gözlenen koheziv başarısızlıklar bu test yöntemi ile elde edilen bağlanma dayanımı ölçümlerinin geçerliliğini etkilemiştir. Oluşan koheziv kırıklar, sonuçların yanlış yorumlanmasına, olması gerekenden daha düşük değerlerin elde edilmesine ve materyallerin hatalı sıralanmasına neden olabilmektedir [17, 171-174].

Makaslama testi sırasında, bağlanma yüzeyinde kopma oluşana kadar kuvvet yüklemesi yapılır. Kırığı başlatan kuvvet, N (Newton) olarak elde edilen en yüksek değerdir. Bu kuvvet yüzey alanına bölünerek ara yüzeydeki makaslama bağlanma dayanımını belirten MPa (Mega Pascal) cinsindeki değer elde edilir. Ara yüz bağlanma alanı, mm² cinsinden hesaplanır [175]. Standardizasyonu sağlayabilmek amacıyla kuvvetin örnekler üzerinde belirtilen alana hep aynı konumda uygulanması, yüklemede kırılma oluşana kadar örneğin konumunun korunması ve yük uygulayıcının (ayırıcı bıçağın) hareketi sırasında minimum sarsılma olmasına dikkat edilmelidir.

Makro gerilim bağlanma dayanım testi

Makro gerilim bağlanma dayanım testi diğer testlere göre oldukça az kullanılan bir testtir. Bu test çoğunlukla, simanların seramik ve metal alaşımlar gibi sert materyallere bağlanma dayanımını incelemek için kullanılır [176, 177]. Çünkü stres dağılımı, makro gerilim bağlanma dayanım testlerinde, makaslama bağlanma dayanım testlerine göre daha standart olduğu düşünüldüğünden, bu test yöntemi bağlanmada kırılmayı başlatan stres seviyesinin daha doğru tahmin edilmesini sağlar [178]. Makro gerilim bağlanma dayanım testinde, kuvvet örneğin her iki tarafına da uygulanır [179]. Örneklerin bağlanma ara yüzeyinin kuvvet aksına dik olarak konumlandırılması, bükülme stresleri geliştirmemesi açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden, test edilecek örnekler aktif veya pasif kavrama yaklaşımları ile mekanik test cihazlarına bağlanmalıdır [167].

2.7.2. Mikro bağlanma dayanma test yöntemleri

Mikro gerilim bağlanma testi, adeziv sistemin kullanılmasından sonra örnek hazırlanması ve preperasyon gibi ek işlemler gerektiren bir yöntemidir [180]. Avantajları, dişlerin daha kontrollü sayıda kullanımı (bir diştten elde edilen çok sayıda mikro örneklerle), lokal farklılıkların kontrolünün daha iyi yapılması (periferdeki ve merkezi dentin), stresin ara yüzeye gerçeğe yakın biçimde dağıtılması, düzensiz yüzeylerin de test edilebilmesidir [181]. Dezavantajları ise ekstra uygulamalarının olması, teknik hassasiyet, örneklerin dehidrate olma potansiyeli, 5 MPa' dan düşük bağlanma dayanımını ölçmede ve aynı geometriye sahip örneklerin üretilmesindeki zorluktur [168, 180].

Mikro makaslama bağlanma dayanım testi

Yakın zamanlarda, mikro makaslama bağlanma dayanım testi, geleneksel makaslama bağlanma dayanım testine bir alternatif olarak popüler hale gelmiştir. Mikro makaslama bağlanma (μ SBS) testi, 2002 yılında ilk olarak tanıtılmıştır [182]. Test, farklı yüzeylerin profilini ve aynı diştten çok sayıda örneklerin hazırlanmasını sağlar. Ölçülen materyallerin yüzey alanı 1 mm^2 'den daha küçük olmalıdır.

Geleneksel makaslama testlerinde stres dağılımı üzerinde yapılan çalışmalar, mikro makaslama test yönteminde uygulanamaz. Bunun nedeni, her iki testin geometrik yönleri

arasında orantısızlık olmasıdır, oysa rezin kompozit ve dentin çapları değişebilirken, adeziv tabaka kalınlığı her zaman sabit kalmaktadır. Test prosedürleri makro makaslama testi ile benzerlik gösterir.

Örneklerin, deneylerden sonra tarama elektron mikroskopunda (SEM) kolaylıkla incelenebilmesi, düzensiz yüzey varlığında testin yapılabilmesi, bir diştten birden fazla örneğin elde edilebilmesi gibi birçok avantajları bulunmaktadır. Ancak teknik hassasiyetinin fazla olması, kullanılan örneklerin cihazdan ayrılırken zarar görebilmesi oluşan kırıkların nerede olabileceğinin öngörülememesi gibi dezavantajları da mevcuttur [183].

Mikro makaslama bağlanma testleri, cam iyonomer veya mine gibi kırılğan özelliklere sahip ve mikro gerilim bağlanma dayanıklılık testleri gibi daha zorlu koşullara sahip testlere dayanamayan örneklerin test edilmesinde kullanılabilir [184, 185].

2.8. Bağlanma Dayanım Testi Sırasında Meydana Gelen Başarısızlık Tipleri

Bağlanma dayanım testi uygulanan örnekler SEM’da incelendiğinde üç tür kopma tipinin meydana geldiği görülür. Kopma tipleri, meydana gelme şekillerine göre adeziv, koheziv ve de karışık başarısızlık olarak değerlendirilir [186].

Farklı materyaller arası oluşan başarısızlıklar adeziv başarısızlıklardır. Bir materyalin kendi içinde meydana gelen kopma türü ise koheziv başarısızlıktır. Koheziv ve adeziv başarısızlığın birlikte görüldüğü başarısızlık türü ise karışık başarısızlık şeklinde adlandırılır [187]. Zayıf bağlantı ajanlarının kullanıldığı sistemlerde, genellikle adeziv tipi başarısızlıkla karşılaşılır. Güçlü adezyonun sağlandığı sistemlerde ise restoratif materyalin kendi içinde meydana gelen koheziv başarısızlık görülür [183].

2.9. Yaşlandırma Yöntemleri

Ağız ortamında fonksiyon görmüş rezin kompozit ile tamir amacıyla kullanılacak rezin kompozit arasında kuvvetli bir bağlanma oluşturabilmek amacıyla çeşitli tamir protokolleri geliştirilmiştir. *In vitro* çalışmalarda, bu protokollerin başarılı olabilmesi ve ağız içindeki ortamı gerçeğe en yakın yansıtılabilmesi gerekir, bu nedenle yaşlandırma uygulamaları önem kazanmıştır [188]. Bir rezin kompozit restorasyonda polimerizasyonundan sonra reaksiyona girmemiş metakrilat grupları mevcut olsa bile ağız içinde fonksiyon gördüğü süre

içinde doymamış bu çift bağların miktarının zaman ile azaldığı, bunun da rezin kompozitin bağlanma dayanımının azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir [12, 13, 124, 189].

In vitro çalışmalarda dental materyallerin yaşlanma sürecini taklit edebilmek amacıyla farklı yöntemler kullanılır [13, 190, 191]. Bu yöntemler ile ağız içindeki restorasyonlarda oluşan hidrolitik bozunma taklit edilmeye çalışılır [10].

Dental restorasyonların klinik başarısı üzerinde önemli etkisi olan faktörlerden biri de biyo-bozunma direncidir. Restoratif materyallerin biyo-bozunmasında, rezin matriksi, doldurucu içeriği ve rezin matriks ile doldurucu ara yüzeyi gibi faktörler rol oynar [192].

Ağız ortamında uzun süre kalan restorasyonlar kimyasal ve mekanik bozulmaya maruz kalmaktadır [193]. Kimyasal olarak, diş-materyal ara yüzeyi, suya ve tükürükte bulunan bakteriyel enzimlere maruz kalır, bu da rezin bileşenlerinin hidrolizine ve plastikleşmesine, dolayısıyla bozunmalara yol açabilir [194]. Çiğneme esnasında ağız ortamında oluşan mekanik yük, bağlantı bölgelerinde stres oluşturarak kırılma ve çatlaklara sebep olabilir [195, 196]. Okluzal gerilmelere ek olarak, ağız içindeki sıcaklık değişiklikleri de diş ve adeziv ara yüzeyinde tekrarlayan büzülme / genleşme streslerinin oluşumunu tetikleyebilir, bunun da su emiliminin artmasına neden olduğu rapor edilmiştir [197].

Ancak, ağız içi koşullarının karmaşıklığı nedeniyle rezin kompozit ile diş ve rezin kompozit ile rezin kompozit arasındaki bağlanmanın bozulmasında rol oynayan spesifik faktörleri ayırt etmek zordur. Bu nedenle, bu koşulları taklit eden *in vitro* modeller ve yaşlandırma yöntemleri, zaman içinde restorasyon davranışını tahmin etmeye yardımcı olmak amacıyla kullanılmıştır [198].

2.9.1. Suda bekletme ile yaşlandırma

En sık kullanılan yapay yaşlanma tekniklerinden biri suda bekletmedir. Bu yöntemde, örnekler belirli bir süre boyunca 37°C’de sıvı içinde saklanır. Bu süre birkaç aydan 4-5 yıla ya da daha uzun süreye kadar değişebilir [199-201]. Birçok çalışma, kısa saklama sürelerinden sonra bile bağlanma dayanımında önemli düşüş olduğunu bildirmektedir [199, 201-205]. Bağlanma etkinliğindeki azalma, ilk olarak ara yüz bileşenlerinin (esas olarak rezin ve/veya kollajen) hidroliz ile bozunmasından kaynaklandığı varsayılmaktadır.

Saklama çözeltisi olarak genelde su kullanılmaktadır. Saklama süresi boyunca bakteri üremesini önlemek amacıyla sodyum azid, kloramin ve hatta antibiyotik suya eklenebilir [199, 201, 202, 206]. Klinik durumu daha yakından taklit etmek için yapay tükürük çözeltileri de kullanılabilir [204]. Saklama solüsyonlarına amaca yönelik olarak bazı enzimler ilave edilebilir. Örneğin, bakteri tarafından *in vivo* üretilen esterazlar, rezin bileşenlerinin parçalanmasını katalize edebilir [207, 208]. Bozunma, diffüzyon hızına bağlıdır [193].

2.9.2. NaOCl solüsyonu ile yaşlandırma

Bağlanmanın devamlılığını değerlendirmek için yakın zamanda tanıtılan bir diğer yöntem, adeziv ara yüzeyini sulu bir sodyum hipoklorit çözeltisine maruz bırakmaktır [209-211]. Deproteinize edici bir ajan olarak işlev gören %10 NaOCl çözeltisi, organik bileşenleri çözerek, *in vivo* olarak bozunmayı taklit edebilen yöntem olarak tarif edilmiştir [210-212]. Sulu çözeltide süperoksit radikalleri oluşturarak etki eder, böylece peptit zincirini parçalayan oksidasyonu indükler [209, 210, 213].

Çalışmalar %10'luk NaOCl çözeltisi kullanımının, 5 saatlik bir saklama süresinden sonra, hem etch and rinse ve hem self-etch adeziv sistemlerde hibrit tabakayı çözebildiğini ve dolayısıyla mikrogerilim bağlanma dayanımında bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir [210, 213]. Bu sonuçlar, bağlanma dayanımındaki azalmanın, saklama süresi ile ilişki olduğunu, çünkü NaOCl çözeltisi içinde örneğin bir saat bekletilmesinin, hibrit tabakayı tamamen çözmek için yeterli olmadığını göstermiştir [211].

Bu testin adeziv sistemlerin genel klinik performansını değerlendirmede kullanılması önerilmez, çünkü test sadece ara yüzeydeki bozunma sürecine odaklanır [211, 214]. Bununla birlikte, eğer bu metodoloji uzun süreli suda bekletme ile kullanılırsa, hibrit tabakanın bileşenlerinin stabilitesi hakkında daha geniş bilgiler elde edilebilir [211].

2.9.3. Isısal döngü testi ile yaşlandırma

Isısal döngü testi; termal yorgunluk sonrası bağlanma dayanımını değerlendirmek için ağız boşluğunda meydana gelen yeme, içme ve nefes alma gibi termal değişiklikleri taklit eden ve yaygın olarak kullanılan bir yaşlandırma yöntemidir [197, 215, 216].

Bu test, rezin kompozitlerin yüksek termal büzülme / genleşme katsayısından kaynaklanan materyal ile diş ya da materyal ile materyal ara yüzeyinde tekrarlayan büzülme / genleşme gerilmelerinin oluşmasına neden olur [193]. Oluşan genleşme ve büzülmeler sonucu bağlantı hattında çatlaklar ve aralık oluşabilir [197]. Bu nedenle, ısısal döngü testinden sonra, bağlanmada adeziv bozunmalar oluşabilir. Bu da yöntemin, bağlanma dayanımı değerleri üzerinde bir etkisi olduğunu göstermektedir [215].

Isısal döngü testi, restoratif materyallerin yaşlanmasını hızlandırmak için geçerli bir *in vitro* yöntem gibi görünmektedir. Bununla birlikte, sıcaklık ve zamanlama koşullarının seçimi konusunda kesin bilgiler bulunmamaktadır [197]. Değişen devir sayısı, sıcaklıklar, banyolar arasındaki süre ve banyoda kalma süreleri çalışma sonuçlarının karşılaştırılmasını engeller. Bu nedenle, ısısal döngü testi ile elde edilen sonuçlar çelişkili olabilir [216-219].

2.9.4. Oklüzal yükleme ile yaşlandırma

Dişler çiğneme, yutma ve bruksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıklar nedeniyle sürekli olarak strese maruz kalır. Karşıt dişler arasında gıdalar ile ortaya çıkan vertikal kuvvet, tüm oklüzal yüzey boyunca yayılır [220]. Oluşan oklüzal stres, bağlanmanın uzun dönemde sağkalım oranını etkiler ve ayrıca adeziv ara yüzeyinin mekanik olarak bozunmasına neden olabilir [212, 221]. Bu stresi *in vitro* olarak taklit edebilmek amacıyla *in vivo* olarak oluşan strese benzer bir stresin uygulanması önemlidir [222].

Bu amaçla çiğneme simülatörü kullanılabilir [223-225]. Ayrıca fraktür dayanımı ve yorulma testleri de bu amaçla kullanılabilir [193].

2.9.5. pH döngüsüyle ile yaşlandırma

1986'da Featherstone ve arkadaşları [226] tarafından klinik durumu taklit eden bu testte örnekler asit çözeltisine (37°C'de 6 saat boyunca pH 4.3) daldırıldıktan sonra, 37°C'de 17 saat boyunca yapay tükürükte bekletilir. Bu döngü etkisiyle, adeziv ara yüzeyinde oluşan aralanmaya sıvı ve bakteri girişi olabilir, bu da bağlanma dayanımının olumsuz etkilenmesine neden olur. Ancak rezin materyallerin üzerindeki kimyasal etkisini ve bağlanma dayanımına yansımaları daha iyi anlamak için daha fazla çalışma yapılmalıdır [198].

2.9.6. Gıdaları taklit eden sıvılar

Gıdaları taklit eden sıvılar, bağlanmanın bozunma mekanizmasını ve rezin kompozitlerin mekanik özelliklerini *in vitro* olarak değerlendirmek amacıyla kullanılan bir test yöntemidir [227, 228].

Yiyecekleri taklit etmek amacıyla kullanılan sıvılar genellikle % 10, % 50 ve % 75 etanoldür [229, 230]. Bu çözeltiler sulu, asidik ve düşük alkollü yiyecekleri taklit eder. Etanolde bir yıl saklamadan sonra kırılma direncindeki azalma, esas olarak rezin matrisinin yumuşaması ve genişmesi ile rezinde çatlamların oluşması sonucu meydana gelir [227]. Ayrıca, HEMA içeren adezivlerde yüksek etanol difüzyonu oluşabilir [230].

2.9.7. Hızlandırılmış yaşlandırma

Rezin kompozitler, optik özelliklerini değiştirebilen fiziksel ve kimyasal ajanlardan oldukça etkilenir. Sıcaklığın artırılması ile gerçekleştirilen stabilite testlerine hızlandırılmış yaşlandırma testleri denmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma testleri yapılırken ürünler, normal koşullarda maruz kaldıkları sıcaklığın üzerinde bir sıcaklığa maruz bırakılmaktadır [231]. Bu şekilde test süresi kısaltılmakta ve daha kısa sürede sonuç alınması sağlanmaktadır. Ancak hızlandırılmış olsa da normal koşullarda bu testleri yapmak oldukça uzun süren ve zahmetli bir yöntemdir. Bu noktada zamandan kazanmak amacıyla ultraviyole (UV) ile yaşlandırma testleri tercih edilmektedir. UV yaşlandırma yöntemi, hızlandırılmış yaşlandırma testleri için en çok kullanılan yöntemdir. Hızlandırılmış yaşlandırmadan sonra, rezin kompozitlerde yüzeyel renk değişikliklerinin olduğu bildirilmiştir [232-236]. Bu yöntemde; UV ışık, sıcaklık, nemli ve kuru hava kullanılır. Ultraviyole ışık, genel olarak mor ötesi ışık olarak bilinir ve çıplak gözle görülemez. Bu yöntem çoğunlukla renklenme çalışmalarında kullanılmakla beraber birçok çalışmada tercih edilmektedir [237].

UV ışık ile yaşlandırma testlerinde; diğer ışık kaynaklarına göre görülebilir ışık ve UV ışığın radyasyonunun gerçeğe yakın uygulanmasına olanak sağladığı için Xenon ark lambaları kullanılmaktadır. Doğal ışığa maruz kalması istenen materyaller için tercih edilen bir yöntemdir.

Kısa dalga boylu UV ışığın içerdiği foton enerjisinin daha fazla olmasından dolayı bu ışığa maruz kalan materyallerde kimyasal bağlarda bozulmalar oluşur. Artan sıcaklık ile birlikte

bu yıkıcı etki daha da artar. Özellikle ışıkla serleşen rezin simanlar ve rezin kompozitlerin içeriğindeki ışığa duyarlı alifatik ve aromatik tersiyer amin grupları, UV ışığa maruz kaldığında amin gruplarının oksidasyonu sonucu daha hızlı renklendikleri bildirilmiştir [238].





3. GEREÇ VE YÖNTEM

Farklı yaşlandırma sürelerine maruz bırakılan rezin kompozit yüzeylerine farklı tedavi protokollerinin uygulanmasının bağlanma dayanımına etkisinin incelendiği bu *in vitro* tez çalışması, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Çalışmanın deneysel kısımları Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı ve Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Laboratuvar'larında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri

Kullanılan materyaller	Materyal tipi	İçerikleri
Filtek Z250 (3M-ESPE, ABD)	Mikrohibrit rezin kompozit	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA SiO ₂ /ZrO ₂ parçaları, doldurucu oranı %60 (v)
Clearfil SE Bond (Kuraray, Japonya)	İki aşamalı sel etch adeziv	Primer: MDP, HEMA, hidrofilik dimetakrilat, kamforokinon, N- dietanol-p toludin, ve su Bond: MDP, HEMA, Bis-GMA, hidrofobik alifatik dimetakrilat, kamforokinon, N,N-dietanol-p-tolidin ve koloidal silika
Single Bond Universal (3M-ESPE, ABD)	Üniversal adeziv	MDP, HEMA, silan, dimetakrilat rezin, vitrebond kopolimeri, doldurucular, etanol, su, başlatıcılar
G-Multi Primer (GC Corp., Japonya)	Silan primeri	MPTMS, 10-MDP, MDTP, Bis-GMA, TEGDMA, etanol
CoJet Sand (3M-ESPE, ABD)	Tribokimyasal silika kaplama sistemi	Parçacık boyutu 30 µm olan SiO ₂ kumu

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada, 4 mm derinliğinde 5 mm çapında teflon kalıplar kullanıldı. Kalıpların içerisine mikrohibrit rezin kompozit, Filtek Z250 üretici firmanın talimatları doğrultusunda 2'şer mm'lik tabakalar halinde yerleştirildi ve her tabaka light-emitting-diode ışık cihazı (LED) (Optima BA International, İngiltere) ile 20 saniye polimerize edildi. Daha sonra hazırlanan rezin kompozit örnekler içerisi soğuk akril ile doldurulmuş 35 mm boyunda, 15 mm iç çapındaki silindir kalıplar içine gömüldü. Standardizasyonu sağlamak amacıyla mikrohibrit

rezin kompozit, Filtek Z250'nin A2 rengi tüm test örneklerinin hazırlanmasında kullanıldı (Resim 3.1.).

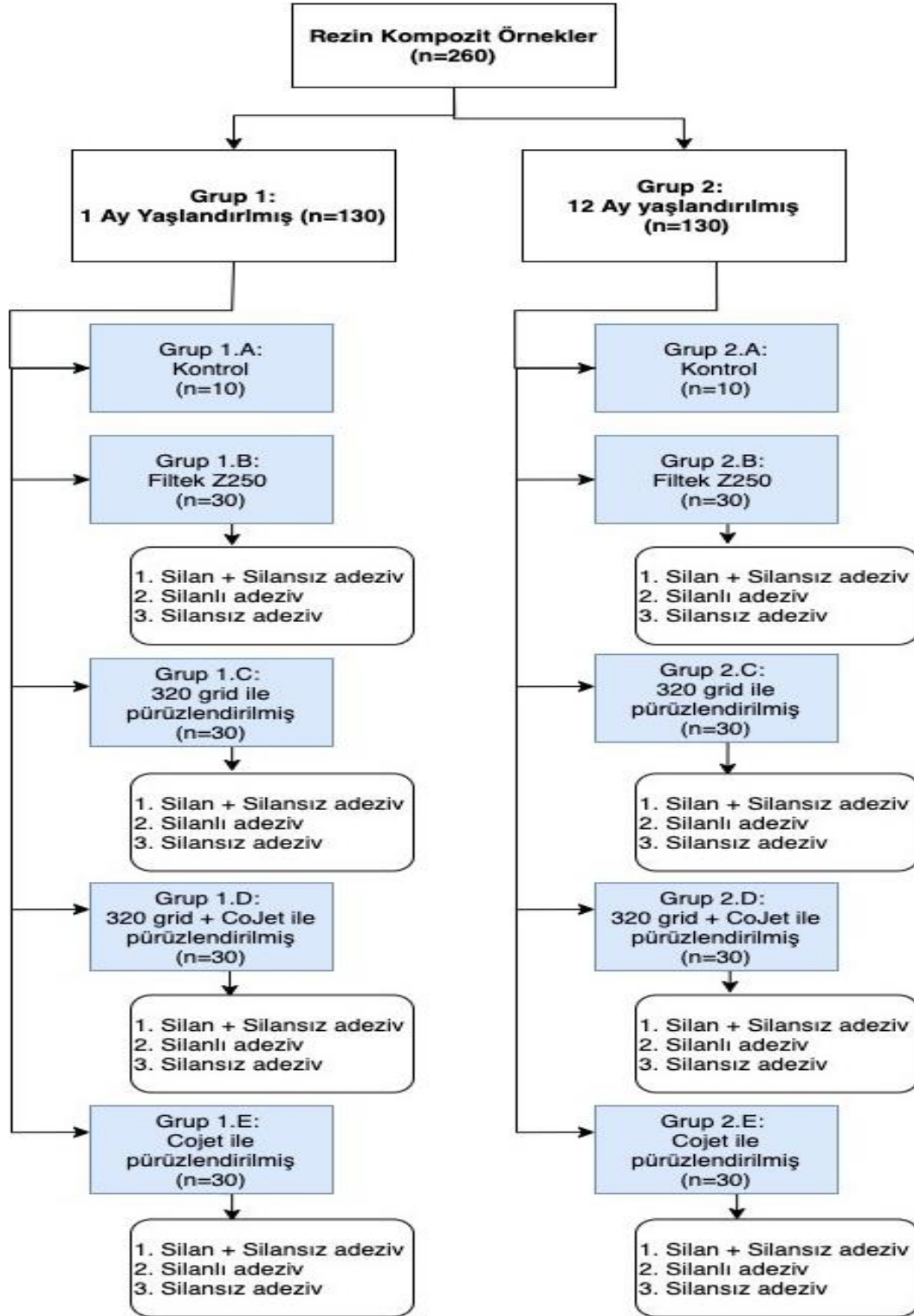


Resim 3.1. Çalışmada kullanılan resin kompozit ve hazırlanan resin kompozit örnek

3.2.1. Çalışma grupları

Çalışmada toplam 260 adet örnek hazırlandı. Hazırlanan örnekler farklı yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılmak üzere her birinde 130 adet olacak şekilde rastgele iki ana gruba ayrıldı. Daha sonra, her ana grup kendi içinde farklı yüzey hazırlığı yapılmak üzere beş alt gruba ayrıldı. Kontrol alt grubu haricinde, diğer alt gruplarda yine kendi içinde farklı adeziv uygulaması yapılmak üzere üç gruba ayrıldı.

Çalışma dizaynı ve oluşturulan deney grupları Şekil 3.1.'de sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma dizaynı ve test grupları

3.3. Deney Gruplarına Hızlandırılmış Yaşlandırma Testinin Uygulanması

Grup 1’deki test örneklerine 1 aya (30 gün), Grup 2’deki test örneklerine ise 12 aya (1 sene) tekabül eden yaşlandırma uygulaması, yaşlandırma test cihazında (Atlas UV 2000, Material

Testing Technology LLC, USA) uygulandı. Test cihazı, 37°C’de 40 dakika sadece ışık, 20 dakika ışık ve su püskürtme, 60 dakika sadece ışık ve 60 dakika karanlıkta su püskürtmenin döngü şeklinde uygulanması ile çalışmaktadır (Resim 3.2.).



Resim 3.2. Çalışmada kullanılan yaşlandırma test cihazı

Dental materyallerde 12 aylık kullanıma denk yaşlandırma oluşturabilmek için örneklerin 300 saatlik yaşlandırma testine maruz bırakılması gerektiği rapor edilmiştir [239, 240]. Bu bilgi doğrultusunda, çalışmada hazırlanan örnekler 1 aylık kullanıma tekabül etmesi için 25 saat, 12 aya tekabül etmesi için de 300 saat yaşlandırma sürecine tabii tutuldu. Işık kaynağı örneklerin tek bir yüzeyinden uygulandı.

3.4. Tamir Protokollerinin Uygulanması

3.4.1. Örnek yüzeylerinin hazırlanması

Hem 1 ay hem de 12 ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örnekler, kendi içinde beş alt gruba ayrılarak, her gruptaki rezin kompozit yüzeylerine aşağıdaki yöntemlerle yüzey hazırlaması uygulandı.

Grup A’daki örnek yüzeylerine herhangi bir adeziv uygulama veya yüzey hazırlama işlemi yapılmayarak kontrol grubu oluşturuldu (n=10).

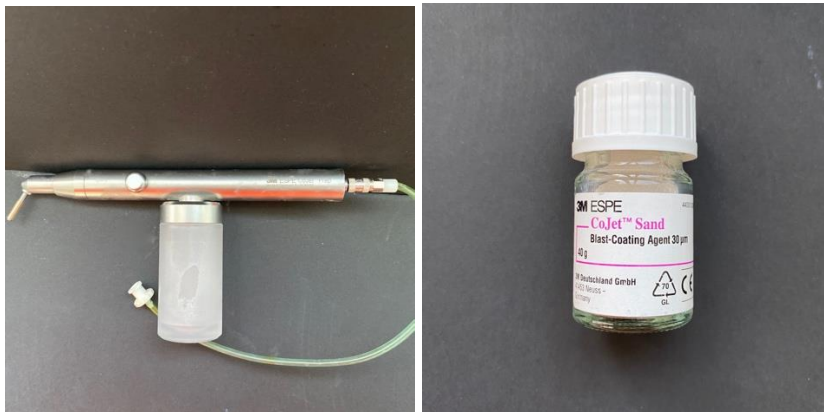
Grup B'deki örnek yüzeylerine yine herhangi bir uygulama yapılmadı, sadece farklı adeziv uygulamaları yapıldı (n=30).

Grup C'deki örnek yüzeyleri 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla akan su altında pürüzlendirildi (Resim 3.3.) (n=30).



Resim 3.3. 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla akan su altında örneklere zımpara uygulanan cihaz

Grup D'deki örnek yüzeyleri 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla akan su altında 30 saniye pürüzlendirildikten sonra, yüzeye tribokimyasal silika kaplama cihazı, CoJet (Silicate Ceramic Surface Treatment System, 3M-ESPE, ABD) uygulandı. Cihaz ile 30 μm büyüklüğündeki SiO_2 kaplı alüminyum oksit kum tanecikleri (CoJet Sand, 3M-ESPE, ABD) püskürtüldü (Resim 3.4.). Cihaz, örnek yüzeylerine dik olacak şekilde, 2.3 bar'lık basınç altında, 10 mm uzaklıktan, 15 saniye süreyle uygulanarak çalıştırıldı (n=30).



Resim 3.4. CoJet Sistemi (3 M ESPE), CoJet kumu

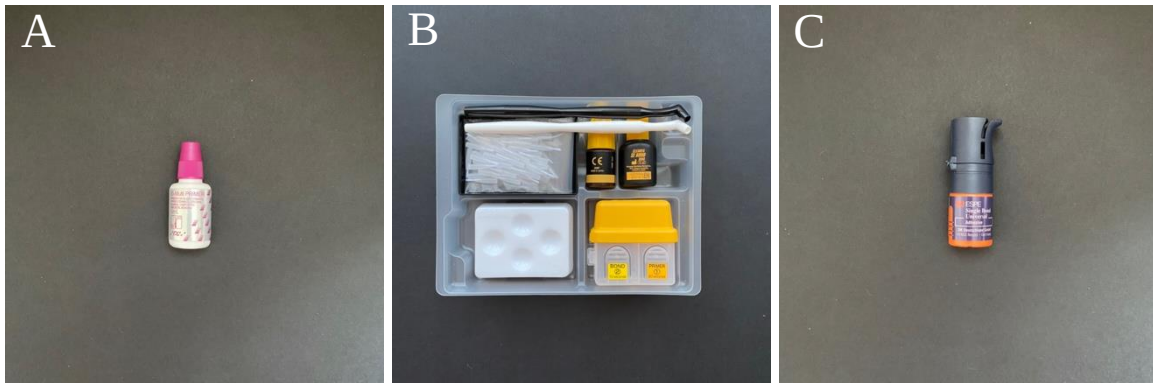
Grup E'deki örnek yüzeylerine ise sadece tribokimyasal silika kaplama cihazı, CoJet uygulandı (n=30).

3.4.2. Örnek yüzeylerine adeziv uygulaması

Kontrol grubundaki örnekler haricinde, tüm alt gruplar kendi içinde üç ayrı gruba ayrıldı.

1. Gruptaki örnek yüzeylerine silan içeren primer (G-Multi Primer), mikro-uçlu aplikatör ile ince bir tabaka sürülerek, hava ile kurutuldu. Silan uygulamasından sonra, örnek yüzeylerine silan içermeyen adeziv, Clearfil SE Bond'un önce primeri 20 saniye uygulandı, hafif havayla örnek yüzeyi kurutulduktan sonra adezivi uygulanarak, 10 saniye LED ışık cihazı ile polimerize edildi.
2. Gruptaki örnek yüzeylerine silan içeren adeziv, Single Bond Universal 20 saniye ovalayarak uygulandı, takiben 5 saniye hafif hava ile kurutuldu. Sonrasında, 10 saniye LED ışık cihazı ile polimerize edildi.
3. Gruptaki örnek yüzeylerine ise sadece silan içermeyen adeziv, Clearfil SE Bond 1. Grupta uygulandığı şekilde uygulandı.

Her üç grupta da kullanılan adeziv materyaller üretici firmalarının talimatları doğrultusunda kullanıldı (Resim 3.5.).



Resim 3.5. Çalışmada kullanılan adeziv materyaller (A-G-Multi Primer, B-Clearfil SE Bond, C-SingleBond Universal)

3.5. Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi İçin Örneklerin Hazırlanması

Adeziv uygulamasından sonra, 1 mm çapında 2 mm derinliğindeki diğer bir kalıp, adeziv uygulaması yapılmış örnek yüzeylerine yerleştirildi. Daha sonra, kalıbın içerisi mikrohibrit rezin kompozit, Filtek Z250 ile doldurularak, LED ışık cihazıyla 20 saniye polimerize edildi (Resim 3.6.). Takiben, bağlanma dayanımının ölçülmesi amacıyla hazırlanan örnekler, 24 saat süre ile oda sıcaklığında distile suda bekletildi.



Resim 3.6. Bağlanma dayanımının ölçülmesi için hazırlanan örnekler

3.6. Mikro Makaslama Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi

Bağlanma dayanımını değerlendirmek üzere hazırlanan örneklerin mikro makaslama bağlanma dayanımı, Universal test cihazında (Shimadzu AG-IS Autograph, Shimadzu Scientific Instruments, ABD) değerlendirildi. Cihazın üzerinde yer alan özel bıçak, yaşlandırılmış rezin kompozit ile tamirde kullanılan rezin kompozit arasındaki yüzeye yakın bir şekilde konumlandırılarak, makaslama yöntemiyle bağlanma dayanımı ölçüldü (Resim 3.7.).1 mm/dakika hızla kopma oluşuncaya kadar uygulanan kuvvet sonucu elde edilen bağlanma değeri Newton (N) cinsinden elde edildi. Daha sonra, elde edilen bağlanma değerleri yüzey alanına bölünerek değerler Megapaskal (MPa) olarak kaydedildi.



Resim 3.7. Çalışmada kullanılan mikro makaslama üniversal test cihazı



Resim 3.8. Bağlanma dayanımı testinin uygulandığı bir örnek

3.7. Kırılma Tipi Analizi

Mikro makaslama bağlanma dayanım testi uygulanan örneklerin kopma yüzeyleri; kırılma tipini belirlemek için stereomikroskopta (olympus SZ2-LGB, Tokyo, Japonya) (x10) incelenmiştir.

Kırılma tipleri adeziv, koheziv ve de karma olarak üç şekilde sınıflandırıldı. Adeziv yüzeyde başarısızlık adeziv kırılma, tamir edilen yaşlandırılmış rezin kompozit veya tamir materyali olarak uygulanan rezin kompozitte oluşan kırılma koheziv kırılma, adeziv yüzeyde ve rezin kompoziti kapsayan kırılma karma kırılma olarak sınıflandırıldı.

3.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Değerlendirmesi

Çalışmada tüm deney gruplarında mikro makaslama bağlanma dayanım testinden sonra, her gruptan bir örnek SEM görüntülerinin alınması amacıyla seçildi. Daha sonra, seçilen örneklerin yüzeyi vakum altında 90 saniye süreyle altın ile kaplanarak (Polaron Range SC7620, Quorum Technologies, West Sussex, United Kingdom), taramalı elektron mikroskobunda (JEOL JSM-6060 LV, Scanning Electron Microscope, Japan) X250 ve X500 büyütmede kırık hatlarının görüntüleri elde edildi.

3.9. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi

İstatistiksel analizler MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Belçika, <http://www.medcalc.org>; 2013) programı kullanılarak gerçekleştirildi.

Sürekli değişkenleri tanımlamak amacıyla tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum, medyan, maksimum değer) kullanıldı. Bağımsız ve normal dağılıma uygunluk göstermeyen ikiden fazla değişkenin karşılaştırması Kruskal Wallis testiyle, bağımsız ve normal dağılıma uygunluk göstermeyen iki değişkenin karşılaştırmasında ise Mann Whitney U testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlendi.



4. BULGULAR

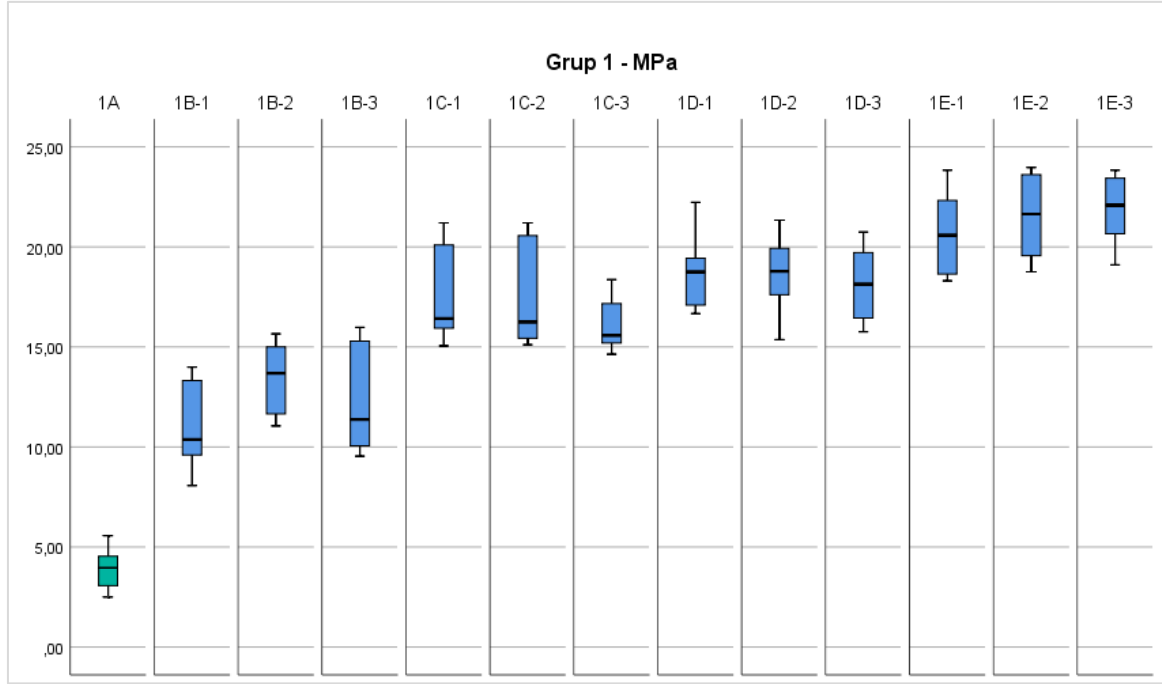
Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri

Bir ay yaşlandırma		On iki ay yaşlandırma	
Grup 1	Ortalama $\pm$ Standart sapma	Grup 2	Ortalama $\pm$ Standart sapma
Grup 1A	3,94 $\pm$ 0,95	Grup 2A	1,37 $\pm$ 0,90
Grup 1B-1	11,05 $\pm$ 2,04	Grup 2B-1	11,36 $\pm$ 1,71
Grup 1B-2	13,49 $\pm$ 1,7	Grup 2B-2	6,83 $\pm$ 2,67
Grup 1B-3	12,39 $\pm$ 2,68	Grup 2B-3	7,58 $\pm$ 3,16
Grup 1C-1	17,70 $\pm$ 2,30	Grup 2C-1	20,89 $\pm$ 2,34
Grup 1C-2	17,69 $\pm$ 2,66	Grup 2C-2	19,39 $\pm$ 2,14
Grup 1C-3	16,08 $\pm$ 1,34	Grup 2C-3	19,93 $\pm$ 1,89
Grup 1D-1	18,82 $\pm$ 2,05	Grup 2D-1	19,58 $\pm$ 1,87
Grup 1D-2	18,66 $\pm$ 1,9	Grup 2D-2	22,96 $\pm$ 1,98
Grup 1D-3	18,10 $\pm$ 1,76	Grup 2D-3	19,33 $\pm$ 2,04
Grup 1E-1	20,66 $\pm$ 2,11	Grup 2E-1	13,03 $\pm$ 2,27
Grup 1E-2	21,52 $\pm$ 2,05	Grup 2E-2	14,57 $\pm$ 2,01
Grup 1E-3	21,88 $\pm$ 1,63	Grup 2E-3	12,28 $\pm$ 1,72

4.1. Bir Aylık Yaşlandırmaya Maruz Bırakılan Örneklerden Elde Edilen Bulgular

Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı Grafik 4.1.'da verilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı

Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, örnek yüzeylerine hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubunda, en düşük bağlanma değerleri elde edildi. Kontrol grubu ile diğer tüm test gruplarının bağlanma değerleri arasındaki istatistiksel ilişki değerlendirildiğinde; kontrol grubu ile diğer tüm test gruplarının bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılığın olduğu saptandı ($p < 0.05$).

Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1’de, örneklere yüzey uygulaması ve adeziv uygulamasına bağlı olarak oluşturulan alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki Çizelge 4.2.’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1’de, alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki

	Silan + Clearfil SE Bond	Single Bond Universal	Clearfil SE Bond
Grup 1	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma
Grup 1-B	11,05 ± 2,04 ^{abc}	13,49 ± 1,70 ^{abc}	12,39 ± 2,68 ^{ab}
Grup 1-C	17,7 ± 2,30 ^a	17,69 ± 2,66 ^a	16,08 ± 1,34 ^c
Grup 1-D	18,82 ± 2,05 ^b	18,66 ± 1,90 ^b	18,10 ± 1,76 ^{ad}
Grup 1-E	20,66 ± 2,11 ^c	21,52 ± 2,05 ^c	21,88 ± 1,63 ^{bcd}
p ¹	<0,001	<0,001	0,009
p ²	<0,001	<0,001	<0,001
p ³	<0,001	<0,001	<0,001
p ⁴	0,190	0,481	0,009
p ⁵	0,019	0,015	<0,001
p ⁶	0,105	0,007	<0,001

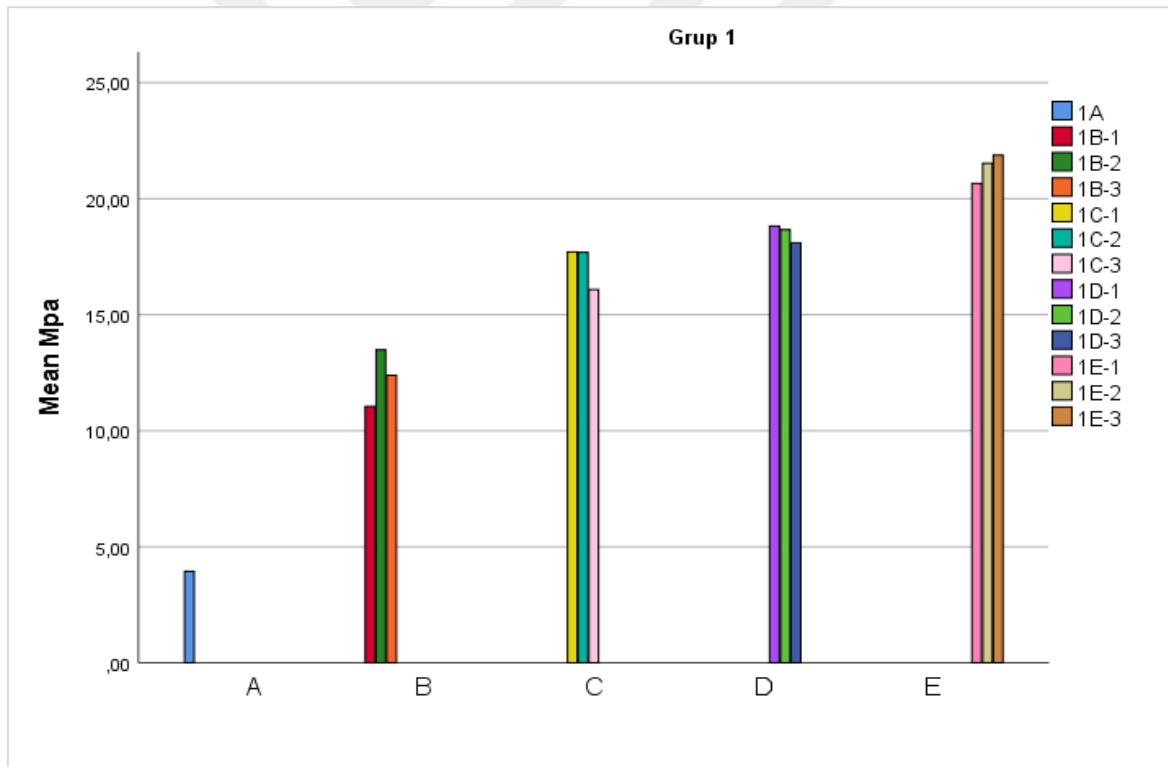
Mann-Whitney U test: ¹B vs. C, ²B vs. D, ³B vs. E, ⁴C vs. D, ⁵C vs. E, ⁶D vs. E

Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1’de alt gruplar arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; adeziv olarak silan + Clearfil SE Bond’un adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup 1B-1 ile diğer test gruplarının örnek yüzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p < 0,05$). 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla pürüzlendirilen Grup C ile 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup E arasında ve ayrıca Grup D ile Grup E arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu tespit edildi ($p < 0,05$). En düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B’den elde edildiği bunu sırasıyla Grup C, Grup D ve Grup E’nin izlediği görüldü.

Single Bond Universal’in adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, silan + Clearfil SE Bond’un adeziv olarak kullanıldığı alt gruptakine benzer şekilde sadece adeziv uygulaması yapılan Grup 1B-2 ile diğer test grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu ($p < 0,05$), diğer test grupları arasında ise anlamlı farklılığın olmadığı görüldü ($p > 0,05$). Single Bond Universal’in adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, en düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B’den elde edildiği, bunu sırasıyla Grup C, Grup D ve Grup E’nin izlediği görüldü.

Clearfil SE Bond'un adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B ile Grup D ve Grup E'den elde edilen bağlanma değerleri arasında anlamlı farklılığın olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Ayrıca sadece CoJet uygulaması yapılan Grup E ile 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla pürüzlendirilen Grup C ve 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D'den elde edilen bağlanma değerleri arasındaki farklılığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p<0.05$). Bu alt grupta da en düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B'den, en yüksek bağlanma değerlerinin ise Grup E'deki örneklerden elde edildiği tespit edildi.

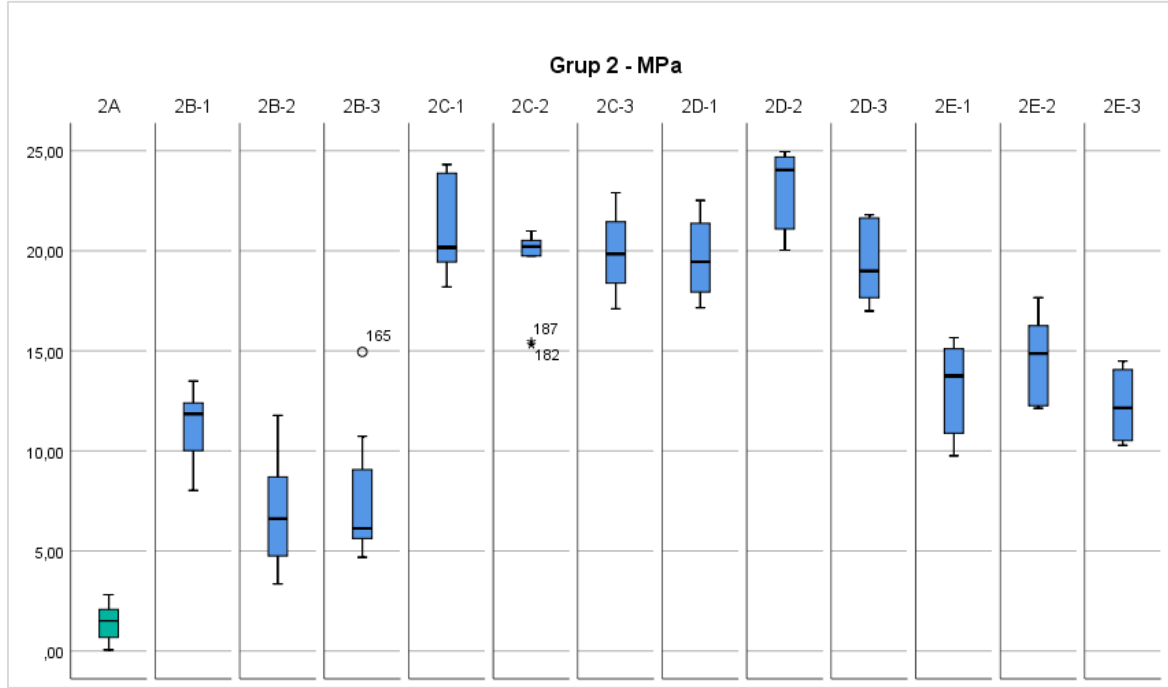
Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları Grafik 4.2.'de verilmektedir.



Şekil 4.2. Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları

4.2. On İki Ay Yaşlandırmaya Maruz Bırakılan Örneklerden Elde Edilen Bulgular

Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı Grafik 4.3.'te verilmektedir.



Şekil 4.3. Çalışmada test edilen tüm gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde de en düşük bağlanma değerleri örnek yüzeylerine hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubundaki örneklerden elde edildi. Kontrol grubu ile diğer tüm test gruplarının bağlanma değerleri arasındaki istatistiksel ilişki değerlendirildiğinde; kontrol grubu ile diğer tüm test gruplarının bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılığın olduğu saptandı ($p < 0.05$).

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 2’de, örnek yüzey uygulaması ve adeziv uygulamasına bağlı olarak oluşturulan alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki Çizelge 4.3.’te verilmektedir.

Çizelge 4.3. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 2’de, alt gruplar arasındaki istatistiksel ilişki

	Silan + Clearfil SE Bond	Single Bond Universal	Clearfil SE Bond
Grup 2	Ortalama $\pm$ Standart sapma	Ortalama $\pm$ Standart sapma	Ortalama $\pm$ Standart sapma
Grup 2-B	11,36 $\pm$ 1,71 ^{ab}	6,83 $\pm$ 2,67 ^{abc}	7,58 $\pm$ 3,16 ^{ab}
Grup 2-C	20,89 $\pm$ 2,34 ^{ac}	19,39 $\pm$ 2,14 ^a	19,93 $\pm$ 1,89 ^{ac}
Grup 2-D	19,58 $\pm$ 1,87 ^{bd}	22,96 $\pm$ 1,98 ^{bd}	19,33 $\pm$ 2,04 ^{bd}
Grup 2-E	13,03 $\pm$ 2,27 ^{cd}	14,57 $\pm$ 2,0 ^{cd}	12,28 $\pm$ 1,72 ^{cd}
p ¹	<0,001	<0,001	<0,001
p ²	<0,001	<0,001	<0,001
p ³	0,105	<0,001	0,004
p ⁴	0,280	0,001	0,481
p ⁵	<0,001	0,001	<0,001
p ⁶	<0,001	<0,001	<0,001

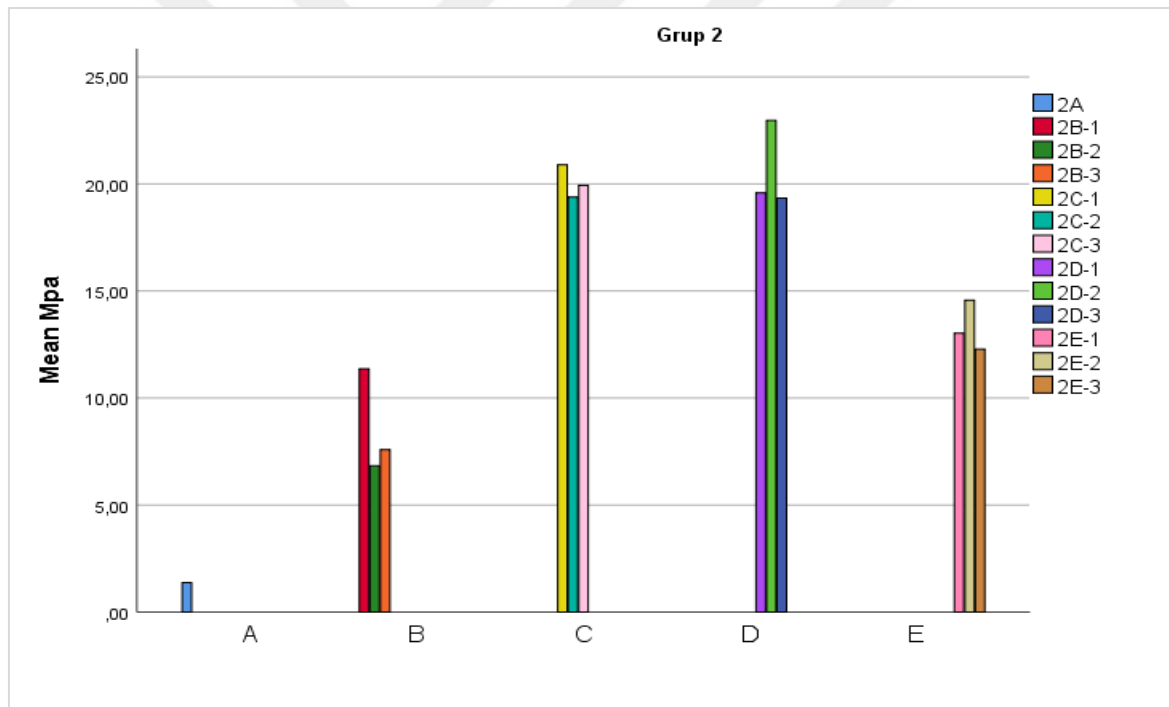
Mann-Whitney U test: ¹B vs. C, ²B vs. D, ³B vs. E, ⁴C vs. D, ⁵C vs. E, ⁶D vs. E

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 2’de, yüzey alt grupları arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; adeziv olarak silan + Clearfil SE Bond’un adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B ile örnek yüzeyleri 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla pürüzlendirilen Grup C, 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D arasında ve Grup E ile Grup C ve Grup D arasında istatistiksel anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p < 0,05$). En düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B’den elde edildiği bunu sırasıyla Grup E, Grup D ve Grup C’nin izlediği görüldü.

Single Bond Universal’in adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B ile diğer test gruplarının bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p < 0,05$). Ayrıca, 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D ile sadece CoJet ile pürüzlendirilen Grup E’den elde edilen bağlanma değerleri arasındaki farkında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p < 0,05$). Single Bond Universal’in kullanıldığı bu alt grupta da en düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B’den elde edildiği görüldü. En yüksek bağlanma değerleri ise CoJet ile pürüzlendirilen Grup D’deki örneklerden elde edildi.

Clearfil SE Bond'un adeziv olarak kullanıldığı alt grupta, silan + Clearfil SE Bond'un adeziv olarak kullanıldığı alt gruptan elde edilen bulgulara benzer şekilde Grup B ile diğer yüzey hazırlama gruplarının arasında anlamlı farklılığın olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Ayrıca, Grup E ile Grup C ve Grup D arasında da bağlanma değerlerinin arasında anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p<0.05$). Clearfil SE Bond'un adeziv olarak kullanıldığı bu alt grupta da en düşük bağlanma değerlerinin örnek yüzeylerine herhangi bir uygulama yapılmadan sadece adeziv uygulamaları yapılan Grup B'den elde edildiği, bunu sırasıyla Grup E, Grup D ve Grup C'nin izlediği görüldü.

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 2'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları Grafik 4.4.'te verilmektedir.



Şekil 4.4. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1'deki alt gruplardan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) dağılımları

4.3. Bir Ay ve On İki Ay Yaşlandırma Süreçlerine Maruz Bırakılan Örneklerin Bağlanma Dayanım Değerlerinin Karşılaştırılması

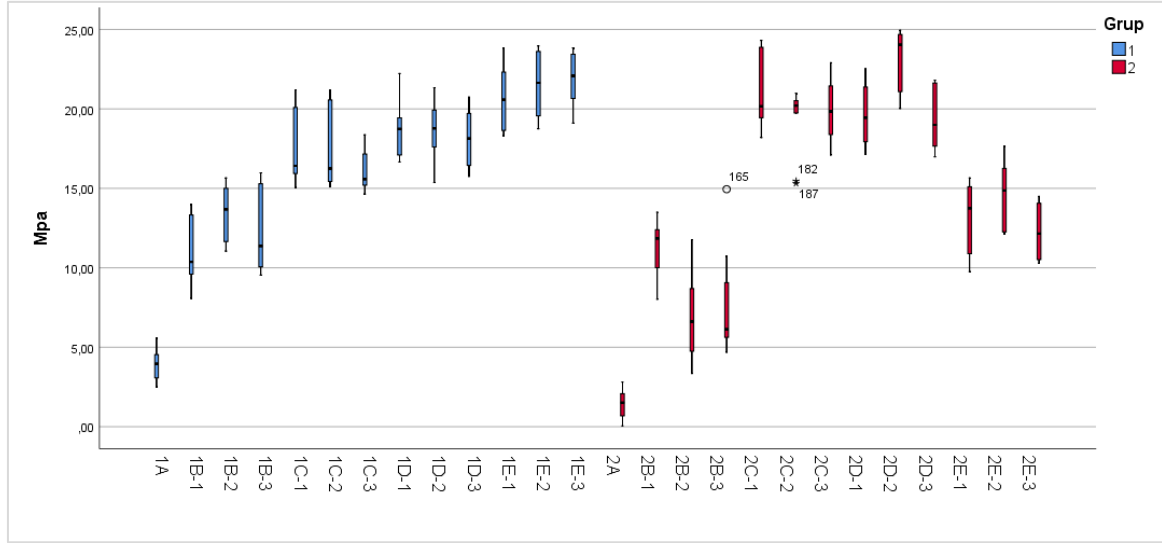
Çalışmada bir ay ve on iki ay yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılan örneklerden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.4.'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Bir Ay ve on iki ay yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılan örneklerden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırılması

Gruplar	Adeziv alt grupları	Bir ay yaşlandırma (Grup 1)	On iki ay yaşlandırma (Grup 2)	P değeri
		Ortalama $\pm$ Standart sapma	Ortalama $\pm$ Standart sapma	
Grup A		3,94 $\pm$ 0,95	1,37 $\pm$ 0,90	<0,001
Grup B	Grup B-1	11,05 $\pm$ 2,04	11,36 $\pm$ 1,71	0,739
	Grup B-2	13,49 $\pm$ 1,7	6,83 $\pm$ 2,67	<0,001
	Grup B-3	12,39 $\pm$ 2,68	7,58 $\pm$ 3,16	0,002
Grup C	Grup C-1	17,7 $\pm$ 2,3	20,89 $\pm$ 2,34	0,023
	Grup C-2	17,69 $\pm$ 2,66	19,39 $\pm$ 2,14	0,436
	Grup C-3	16,08 $\pm$ 1,34	19,93 $\pm$ 1,89	<0,001
Grup D	Grup D-1	18,82 $\pm$ 2,05	19,58 $\pm$ 1,87	0,436
	Grup D-2	18,66 $\pm$ 1,9	22,96 $\pm$ 1,98	<0,001
	Grup D-3	18,1 $\pm$ 1,76	19,33 $\pm$ 2,04	0,280
Grup E	Grup E-1	20,66 $\pm$ 2,11	13,03 $\pm$ 2,27	<0,001
	Grup E-2	21,52 $\pm$ 2,05	14,57 $\pm$ 2,01	<0,001
	Grup E-3	21,88 $\pm$ 1,63	12,28 $\pm$ 1,72	<0,001
Mann-Whitney U test: Grup 1 vs. Grup 2				

Yaşlandırma süreçlerinin test gruplarının bağlanma dayanımı üzerine etkileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; hiçbir uygulama yapılmayan kontrol grubunda yaşlandırmaya maruz bırakılan grupların bir ay ve on iki ay sonra elde edilen bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu görüldü ($p < 0.05$). Sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B ve 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D'nin Single Bond Universal kullanılan alt grubunda (Grup B-2) bir ay ve on iki ay sonra elde edilen bağlanma değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p < 0.05$). 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla pürüzlendirilen Grup C'nin Clearfil SE Bond (Grup C-3) kullanılan adeziv alt grubunda, bir ay ve on iki ay sonra elde edilen bağlanma değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p < 0.05$). CoJet ile pürüzlendirilen Grup E'nin ise tüm adeziv alt gruplarında bir ay sonra ölçülen bağlanma değerleri ile on iki ay sonra ölçülen bağlanma değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık olduğu görüldü ($p < 0.05$).

Çalışmada yaşlandırma süreçlerine göre test edilen Grup 1 ve Grup 2'den elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı Grafik 4.5.'te verilmektedir.



Şekil 4.5. Çalışmada yaşlandırma süreçlerine göre test edilen Grup 1 ve Grup 2’den elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımı

4.4. Adeziv Alt Grupları Arasındaki Değerlendirme

Bir ay yaşlandırma sonrası adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa) Çizelge 4.5.’te sunulmaktadır.

Çizelge 4.5. Bir ay yaşlandırma sonrası adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa)

Grup 1	Adeziv Alt Grupları			P değeri
	Silan + Clearfil SE Bond	Single Bond Universal	Clearfil SE Bond	
Alt gruplar	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma	
Grup B	11,05 ± 2,04	13,49 ± 1,70	12,39 ± 2,68	0,060
Grup C	17,70 ± 2,30	17,69 ± 2,66	16,08 ± 1,34	0,150
Grup D	18,82 ± 2,05	18,66 ± 1,90	18,1 ± 1,76	0,652
Grup E	20,66 ± 2,11	21,52 ± 2,05	21,88 ± 1,63	0,305

Kruskal wallis test: 1,2,3

Bir ay yaşlandırma sonrası, Grup B, Grup C, Grup D ve Grup E’de her bir adeziv alt grubundan elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı tespit edildi ($p > 0,05$). Diğer bir deyişle farklı yüzey uygulaması yapılan deney gruplarının bağlanma dayanımı üzerinde adeziv uygulamasının herhangi bir etkisinin olmadığı görüldü.

On iki ay yaşlandırma sonrası, adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa) Çizelge 4.6.'da sunulmaktadır.

Çizelge 4.6. On iki ay yaşlandırma sonrası adeziv alt gruplarından elde edilen bağlanma değerleri (MPa)

Grup 2 Alt gruplar	Adeziv Alt Grupları			P değeri
	Silan + Clearfil SE Bond Ortalama $\pm$ Standart sapma	Single Bond Universal Ortalama $\pm$ Standart sapma	Clearfil SE Bond Ortalama $\pm$ Standart sapma	
Grup B	11,36 $\pm$ 1,71	6,83 $\pm$ 2,67	7,58 $\pm$ 3,16	0,003
Grup C	20,89 $\pm$ 2,34	19,39 $\pm$ 2,14	19,93 $\pm$ 1,89	0,777
Grup D	19,58 $\pm$ 1,87	22,96 $\pm$ 1,98	19,33 $\pm$ 2,04	0,007
Grup E	13,03 $\pm$ 2,27	14,57 $\pm$ 2,01	12,28 $\pm$ 1,72	0,051
Kruskal wallis test: 1,2,3				

On iki ay yaşlandırma sonrası, Grup B ve Grup D'de adeziv alt gruplarının bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görüldü ($p < 0,05$). Farklılığın hangi uygulamalardan kaynaklandığını görmek amacıyla elde edilen bulgular Post-hoc ikili karşılaştırma testi ile değerlendirildiler (Çizelge 4.7.). Bunun sonucunda, Grup B'de test edilen üç adezivin ikili karşılaştırılmaları arasında farklılık olduğu, en yüksek bağlanmanın B grubunda Silan + Clearfil SE Bond'un kullanıldığı adeziv alt grubundan elde edildiği bunu Clearfil SE Bond'un tek başına kullanıldığı grubun ve Single Bond Universal'in kullanıldığı grubun izlediği görüldü. D grubunda ise farklılığın Silan + Clearfil SE Bond ile Single Bond Universal ve Single Bond Universal ile Clearfil SE Bond arasındaki farklılıktan kaynaklandığı tespit edildi. Bu grupta da en yüksek bağlanmanın Single Bond Universal'in kullanıldığı adeziv alt grubundan elde edildiği gözlemlendi.

Çizelge 4.7. On iki ay yaşlandırma sonrası, Grup B ve Grup D’de adeziv alt gruplarının görülen farklılığın hangi uygulamalardan kaynaklandığını gösteren Post-hoc ikili karşılaştırmaları

Post-hoc ikili karşılaştırmalar			
	Silan + Clearfil SE Bond ile Single Bond Universal	Silan + Clearfil SE Bond ile Clearfil SE Bond	Single Bond Universal ile Clearfil SE Bond
Grup 2-B	0,001*	0,007*	<0,001*
Grup 2-D	0,005*	0,579	0,007*

Mann-Whitney U test

4.5. Kırılma Tipi Bulguları

Mikro makaslama testine tabi tutulan örneklerde kırılma tiplerine göre dağılımı Çizelge 4.8.’de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Çalışmada tüm deney gruplarında mikro makaslama testi sonucunda oluşan kırılma tiplerinin dağılımı

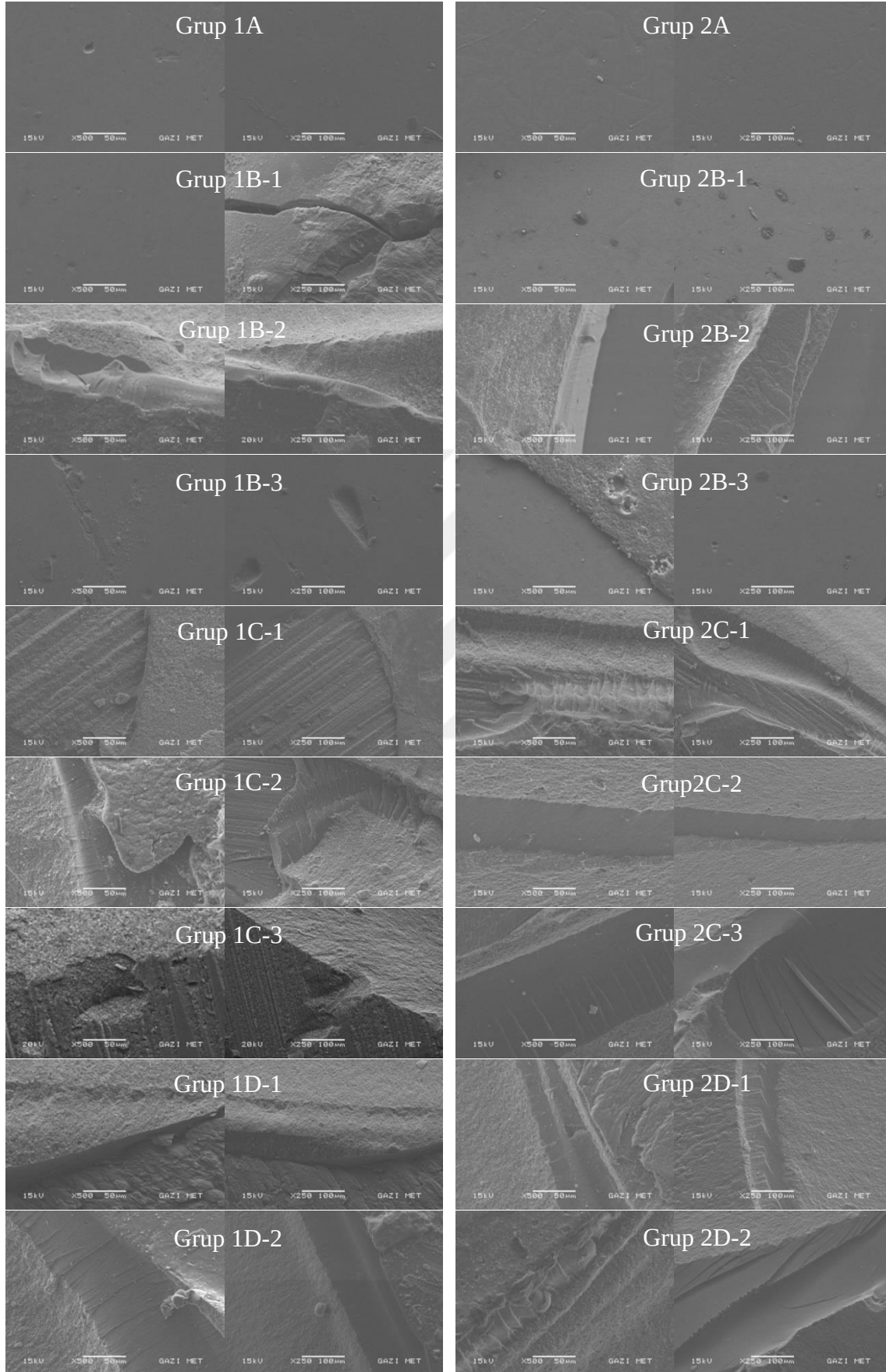
Bir ay yaşlandırma			On iki ay yaşlandırma		
Gruplar	Başarısızlık tipi	Başarısızlık oranı (%)	Gruplar	Başarısızlık tipi	Başarısızlık oranı (%)
Grup 1A	Adeziv	100	Grup 2A	Adeziv	100
	Koheziv	-		Koheziv	-
	Karma	-		Karma	-
Grup 1B-1	Adeziv	80	Grup 2B-1	Adeziv	90
	Koheziv	-		Koheziv	-
	Karma	20		Karma	10
Grup 1B-2	Adeziv	70	Grup 2B-2	Adeziv	90
	Koheziv	10		Koheziv	-
	Karma	20		Karma	10
Grup 1B-3	Adeziv	80	Grup 2B-3	Adeziv	100
	Koheziv	10		Koheziv	-
	Karma	10		Karma	-
Grup 1C-1	Adeziv	50	Grup 2C-1	Adeziv	30
	Koheziv	-		Koheziv	60
	Karma	50		Karma	10
Grup 1C-2	Adeziv	20	Grup 2C-2	Adeziv	10
	Koheziv	40		Koheziv	30
	Karma	40		Karma	60
Grup 1C-3	Adeziv	70	Grup 2C-3	Adeziv	50
	Koheziv	-		Koheziv	30
	Karma	30		Karma	20
Grup 1D-1	Adeziv	-	Grup 2D-1	Adeziv	20
	Koheziv	40		Koheziv	50
	Karma	60		Karma	30
Grup 1D-2	Adeziv	-	Grup 2D-2	Adeziv	20
	Koheziv	60		Koheziv	50
	Karma	40		Karma	30
Grup 1D-3	Adeziv	30	Grup 2D-3	Adeziv	20
	Koheziv	30		Koheziv	50
	Karma	40		Karma	30
Grup 1E-1	Adeziv	10	Grup 2E-1	Adeziv	20
	Koheziv	60		Koheziv	30
	Karma	30		Karma	50
Grup 1E-2	Adeziv	30	Grup 2E-2	Adeziv	30
	Koheziv	40		Koheziv	10
	Karma	30		Karma	60
Grup 1E-3	Adeziv	20	Grup 2E-3	Adeziv	40
	Koheziv	60		Koheziv	10
	Karma	20		Karma	50

Elde edilen kırılma tipleri incelendiğinde; bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde genelde adeziv tip kırılmanın olduğu görüldü.

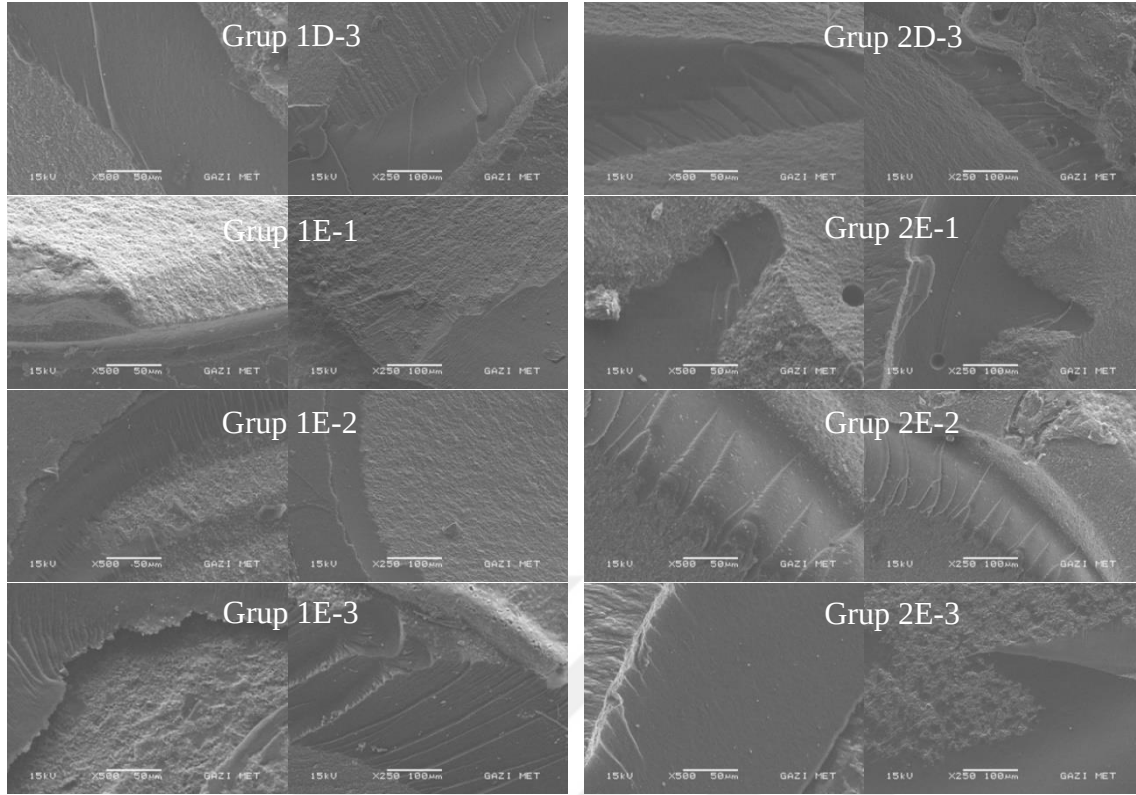
On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde ise hiç yüzey uygulaması yapılmayan kontrol grubu ve sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki tüm adeziv alt gruplarındaki örneklerin adeziv tipi kırılma gösterdiği gözlemlendi. 320 gritlik silikon karbit kağıtlarla pürüzlendirilen Grup C'nin silan + Clearfil SE Bond (Grup C-1) kullanılan adeziv alt grubundaki örneklerde en fazla karma kırığın olduğu görüldü. Grup C'nin Single Bond Universal kullanılan alt grubundaki (Grup C-3) örneklerde karma tipi kırık oluşumu daha fazla görünürken, Clearfil SE Bond'un kullanıldığı alt grupta (Grup C-3) da adeziv tipi kırık oluşum yüzdesinin daha fazla olduğu tespit edildi. 320 gritlik silikon karbit kağıt ve CoJet ile pürüzlendirilen Grup D'nin tüm adeziv alt gruplarındaki örneklerde koheziv tipi kırık oluşumu daha fazla görüldü. CoJet ile pürüzlendirilen Grup E'nin tüm adeziv alt gruplarındaki örneklerde ise karma tipi kırık oluşumunun daha fazla görüldüğü saptandı.

4.6. SEM Bulguları

Çalışmada tüm deney gruplarında mikro makaslama bağlanma dayanım testinden sonra alınan SEM görüntülerinin, tüm deney gruplarında ışık mikroskobu ile yapılan değerlendirme sonucu elde edilen kırılma tiplerini destekler nitelikte olduğu görüldü.



Resim 4.1. Bir ay ve on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1ve Grup 2'deki deney gruplarından elde edilen kırık hatlarının SEM görüntüleri



Resim 4.1. (devam) Bir ay ve on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan Grup 1ve Grup 2’deki deney gruplarından elde edilen kırık hatlarının SEM görüntüleri



5. TARTIŞMA

Estetik ve minimal invaziv diş hekimliğinin önem kazanması ile rezin esaslı materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Resin esaslı materyallerin diş dokularına bağlanması, adeziv sistemlerinin gelişmesi ile daha başarılı sonuçlar vermeye başlamıştır. Ancak, nemli ağız ortamı, ağız içinde oluşan sıcaklık ve pH değişiklikleri, diyet ve diğer faktörler gibi zorlu koşullara maruz kalan restorasyonların yapısında zamanla hidrolitik bozunmalar oluşabilir. Resin kompozit restorasyonun ağız içinde fonksiyon gördüğü sürecin artmasıyla, diğer bir deyişle restorasyonun yaşlanması ile genellikle aşınma, yorgunluk gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkar. Bu durum, mekanik/fiziksel bozulma veya enzimatik, hidrolitik, asidik veya sıcaklıkla ilgili olan kimyasal bozulma mekanizmaları ile gerçekleşir.

Resin kompozit restorasyonlarda esas olarak görülen başarısızlık nedenleri; polimerizasyon büzülmesi, kenar sızıntısı, aşınma, postoperatif hassasiyet, renklenme, sekonder çürük ve kırık oluşumudur [52, 75]. Literatürde, posterior dişlerdeki resin kompozit restorasyonlarda en sık görülen başarısızlık nedenlerinin sekonder çürük, kırık, kenar bozulmaları ve aşınma olduğunu rapor eden birçok çalışma bulunmaktadır [74] [241]. Resin kompozit restorasyonların ortalama 7 yıllık bir ömre sahip olduğu yapılan çalışmalar tarafından gösterilmiştir [242-244].

Başarısız bir resin kompozit restorasyona geleneksel yaklaşım, restorasyonun çıkarılması veya değiştirilmedir, ancak bu uygulama her yapıldığında kavite biraz daha büyür, diş zayıflar, daha karmaşık restorasyonların yapım gereksinimi ortaya çıkar. Bunun sonucunda da endodontik tedavi ve hatta dişin kaybedilmesi gündeme gelebilir [245].

Günümüzde adeziv sistemler ve resin kompozitlerdeki gelişmeler nedeni ile restorasyonun tamamının yenilenmesi yerine, sadece kusurlu kısmın uzaklaştırılarak tamir edilmesi daha popüler bir yaklaşımdır. Restorasyonun her değiştirilmesinde, kavite preparasyonunda 0,2-0,6 mm büyüme meydana geldiği belirtilmiştir [246]. Anatomik şekil kaybı ve dış kaynaklı renklenme gibi başarısızlıklarda, restorasyonun tamamen değiştirilmesine gerek olmayabilir. Bu gibi durumlarda, restorasyonun tamiri daha uygun bir tedavi seçeneğidir. Böylelikle restorasyonun yenilenmesi sonucu ortaya çıkan doku kaybı, yüksek maliyet, zaman kaybı ve de pulpa iritasyonu gibi olumsuzlukların önüne geçilmesi amaçlanır [5, 88].

Ancak, yine de restorasyonların çeşitli nedenlerle değiştirilmesi diş hekimleri tarafından yapılan tedavilerin yarısını oluşturmaktadır [247].

Tamir hızlı ve basit, minimal invaziv bir yaklaşımdır. Rezin kompozit restorasyonların tamirinin, restorasyon değişimi kadar etkili bir tedavi olduğu bildirilmiştir [80, 81]. Tamir uygulamasının, dişteki madde miktarı kaybını azaltması, mevcut restorasyonun ömrünü uzatması ve tedavi maliyetinin daha düşük olması gibi avantajları bulunmaktadır [80, 81].

Tüm bunlar göz önünde bulundurularak, “minimal invaziv operatif diş hekimliği” felsefesi ile tutarlı olarak, kusurlu restorasyonları değiştirilmek yerine ilk önce tamir olasılığı açısından değerlendirilmesinin yapılması gereklidir [248]. Bu da var olan bir restorasyonun ömrünün uzatılmasında ve başarılı bir tamir restorasyonu yapabilmek amacıyla uygulanan yüzey hazırlama yöntemleri ve adeziv materyallerin kullanımının önem kazanmasına neden olmuştur. Araştırmacılar tarafından tamirde birçok yöntem ve materyal test edilmiş olup hangi materyal ve yöntemin daha başarılı bir bağlanma sağladığı tartışmaya açık bir konu olmuştur. Bu tez çalışmasının amacı da tamir konusunu ele alarak, başarılı bir tamir için gereken materyal ve yüzey işlemlerinin farklı yaşlandırma süreçlerine göre *in vitro* olarak değerlendirilmesidir.

Rezin kompozitlerin tamirinde bağlanma için üç olası mekanizma vardır. Bunlar, organik matriks ile kimyasal bağlanma, açığa çıkmış doldurucu partiküllerle kimyasal bağlanma ve mikromekanik bağlanmadır [249, 250].

Rezin kompozit restorasyonun tabakalar halinde inkremental olarak yerleştirilmesi yüzeyde oksijen inhibisyon tabakasının oluşmasına neden olur. Bu tabaka, üstüne yerleştirilen resin kompozitin alttaki resin kompozit tabakasına güvenilir bir şekilde bağlanmasını mümkün kılar. Tamir uygulamasında oksijen inhibisyon tabakasının olmaması nedeniyle eski resin kompozite yeni bir kompozitin bağlanması daha zordur. Daha önce yapılmış çalışmalar, ağız içinde fonksiyon gören resin kompozit restorasyonlarda, reaksiyona girmemiş metakrilat monomerlerinin zamana bağlı olarak azalmasının ve ayrıca resin kompozit yüzeyine yapılan polisajın tamir bağlanma dayanımının azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir [10, 13, 15]. Bu nedenle, yeni bir resin kompozitin mevcut resin kompozite bağlanmasını sağlamak amacıyla alttaki resin kompozit yüzeyinin ya fizikokimyasal yüzey hazırlama yöntemleriyle ya da adeziv rezinlerle kimyasal olarak etkinleştirilmesi gerekir [93, 251].

Frezle, hidroflorik asit veya fosforik asitle yüzey pürüzlendirmesi, yüzeye air abrazyon, kumlama veya lazer uygulanması, silan ve adeziv kullanımı gibi çeşitli yüzey hazırlama yöntemleri, tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit ile eski rezin kompozit arasındaki bağlanma dayanımını arttırmak için önerilmiştir [93]. Pürüzlendirme yöntemleri, yüzey düzensizlikleri oluşturarak, eski rezin kompozit yüzeyi ile tamir amacıyla kullanılacak rezin kompozit arasında mikromekanik kilitlenmenin oluşmasını teşvik eder. Bonstein ve arkadaşları [252], yaşlandırmaya maruz bırakılan mikrohibrit rezin kompozit örnek yüzeylerine fosforik asit, elmas frez, air abrazyon, elmas frezle pürüzlendirme + silan uyguladıktan sonra akışkan bir rezin kompozit ile tamir uyguladıkları çalışmanın sonucunda, mikromekanik kilitlenmeyle oluşan bağlanmanın rezin kompozit tamirinde etkili rol oynadığını bildirmişlerdir.

CoJet, tamir yüzeylerinin hazırlanması için önerilen, partikül boyutu 30 µm olan silika kaplı alüminyum oksit tozunun subtrat yüzeyine püskürtülmesi şeklinde uygulanan bir tribokimyasal yüzey hazırlama yöntemidir. CoJet ile yüzey hazırlamasından sonra yüzeye adeziv uygulanmasının bağlanma dayanımını arttırdığı bildirilmiştir [253]. Tribokimyasal silika kaplama işlemi, kimyasal olarak daha reaktif bir yüzey elde edebilmek için silika kaplı alumina parçacıklarının basınç altında püskürtülmesi sonucu yüzeye gömülmesidir. Rezin kompozitlerin rezin kompozit restorasyona bağlanmasını arttırmak için etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Ağrı hissi ve lokal anestezi ihtiyacının azaltması, ısı, vibrasyon, basınç, ses ve koku oluşturmaması gibi avantajları bulunmaktadır [254].

Tribokimyasal silika kaplama yönteminin, alüminyum oksit partiküllerinin air abrazyon ile uygulanmasına göre bağlanma dayanımını daha fazla arttırmasının iki farklı nedeni bulunmaktadır. Birincisi, CoJet ile yüzeye püskürtülen silika, bağlanma yüzey alanının artmasına neden olur. İkincisi, CoJet ile birlikte silan kullanımı ek olarak kimyasal bağlanmanın gerçekleşmesini sağlar. Bu nedenle de CoJet, bağlanma dayanımını arttırmada daha fazla avantaja sahiptir [253].

Boushchlicher ve arkadaşları'nın [14] tamir bağlanma dayanımı üzerine rezin kompozit örnek yüzeylerine farklı yüzey uygulamalarının (elmas frez ve air abrazyonla 80 psi basınçta 50 µm ve 27 µm boyutunda ve 34 psi basınçta 30 µm boyutunda alüminyum oksit partiküllerin kullanılması) etkilerini inceledikleri çalışmada, yüzey uygulamalarından sonra her gruptaki örneklerin yarısına silan uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, silan

uygulansa da uygulanmasa da düşük basınçta alüminyum oksit partiküllerinin kullanıldığı grupta diğer gruplara göre daha iyi bağlanma dayanımı elde edildiği ve hem yüzey uygulama grupları hem de silan uygulanan gruplar arasında bağlanma dayanımının farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Literatürde, zımpara ile veya silisyum oksit kaplanmış alüminyum oksit taneciklerinin CoJet cihazı ile püskürtülmesi ile oluşturulan pürüzlendirmenin rezin kompozitin tamir bağlanma dayanımı üzerine etkilerinin *in vitro* olarak karşılaştırılmasına yönelik yeterli bilgi bulunmamaktadır. *In vitro* çalışmalarda, örnek yüzeylerini zımpara ile pürüzlendirme genellikle standart bir yüzey pürüzlülüğü elde edilmek amacıyla uygulanmaktadır [93, 255]. Çalışmamızda oluşturulan test gruplarının birinde örnek yüzeyleri 320 grid'lik zımpara kullanılarak pürüzlendirildi. Böylece, hem klinikte frez kullanımının taklit edilmesi hem de örnek yüzeylerinde standart bir şekilde pürüzlendirme oluşturulması amaçlanmıştır. Silisyum oksit kaplanmış alüminyum oksit taneciklerinin püskürtüldüğü CoJet cihazı ise klinik ve laboratuvar ortamında yaygın olarak kullanılan bir cihazdır. Bu nedenle çalışmamızın bir grubunda (Grup E) CoJet cihazı tek başına kullanılırken diğer bir grubunda (Grup D) klinikte frez kullanımını takiben restorasyon yüzeyine kumlama uygulamasını taklit etmek amacıyla, 320 gritlik silikon karbit zımpara kağıtları ile pürüzlendirmeyi takiben CoJet cihazı kullanılarak rezin kompozit örneklerin yüzeyleri pürüzlendirildi.

Yüzey hazırlama işlemi sonrası enerjisi yüksek, temiz bir rezin kompozit yüzeyi oluşturulmuş olur. Ancak pürüzlendirmenin yanı sıra yüzeye adeziv ve silan uygulanmasının, yüzey ıslanabilirliğini arttırarak bağlanma dayanımı üzerinde olumlu katkı sundukları belirtilmiştir.

Adeziv sistemler gibi yüzey ıslanabilirliğini arttıran materyallerin kullanımının, tamirde kullanılan rezin kompozit ile restorasyonun bir parçası olan rezin kompozit arasındaki kimyasal bağlanmayı arttırdığı birçok çalışmada rapor edilmiştir [16, 93]. Adeziv sistemler, yüzey pürüzlendirilmesinden sonra eski rezin kompozitin yüzeyinde oluşan retantif alanlara penetre olur. Böylece, yüzeydeki polimerize olmamış monomerler ile kimyasal bağ kurarak iki rezin kompozitin birbirine bağlanmasını sağlarlar [93].

Piyasada birçok adeziv sistem bulunmaktadır. Diş dokularına adezyon ile ilgili üç uygulama şekli bulunmaktadır. Bunlar, asitle pürüzlendirilen ve yıkanan sistemler (etch-and rinse

adezivler), kendinden pürüzlendirmeli sistemler (self-etch adezivler) veya üniversal adeziv sistemlerdir. Etch and rinse adeziv sistemlerde, hem mine hem de dentin ortofosforik asitle pürüzlendirilir, bu da rezinin diş yapısına mikromekanik olarak tutunmasını sağlar. Bununla birlikte, dentine bağlanma, dentinin organik içeriği nedeniyle daha zordur. Dentine asit uygulayımı sonucunda, intertübüler dentin demineralize olur ve yüzeyel kollajen ağı açığa çıkar [256]. İyi bir bağlantı elde etmek için kollajen liflerinin çökmesini önlemek gerekir. Bunun içinde demineralize dentin nemli tutulmalıdır. Ancak, çok ıslak olmamalıdır. Çünkü, aşırı nem kollajen liflerinin arasına rezin monomerlerin girmesini önler [136].

Self-etch kavramı, yaklaşık 20 yıldır kullanılmaktadır. Ancak, birinci ve ikinci nesil adeziv sistemler de etch and rinse uygulama şekliyle kullanılmadıklarından self-etch adeziv sistemler olarak kabul edilirler. Self-etch adeziv sistemlerde ayrı bir asit uygulama ve yıkama aşaması olmadığından, nem kontrolü gereksinimi yoktur. Bu nedenle uygulamaları etch and rinse adeziv sistemlere göre daha basittir. Postoperatif duyarlılığın az olması ve daha az teknik hassasiyet göstermeleri etch and rinse sistemlere göre avantajlarıdır [73, 144]. Bu adeziv sistemlerde HEMA gibi hidrofilik monomerleri içeren primer, adezivin monomerleri ile birleştirilmiştir. Uygulanmaları sonucunda oluşan adeziv tabaka, daha hidrofilik bir yapıya sahiptir, bu nedenle su emilimi fazladır. Geçirgen yapıya sahip bu tabaka, dentin sıvısından dolayı, hidrolitik bozunmaya karşı daha hassastır ve dentine bağlanmayı tehlikeye sokabilir [257].

Üniversal adeziv sistemlerin piyasaya sürülmesi ile tek şişe halinde bulunan adeziv materyalin hem total-etch hem de self-etch uygulanması söz konusu olmuştur. Bu da hekime aynı materyali farklı şekilde kullanması olanağını sunmuştur. Birçok üniversal adeziv, 10-metakriloiloksidil dihidrojen fosfat (MDP) gibi asidik fonksiyonel monomer içerir. MDP monomeri, polimerize olabilen bir metakrilat grubu ve hidroksiapatit içindeki kalsiyum ile stabil tuz oluşturabilen bir fosfat grubu içerir. Oluşan kalsiyum tuzunun stabilitesi, MDP monomerinin mine ve dentine bağlanmasında önemli rol oynar [258]. Aynı zamanda, MDP monomeri, hidrofobik bir moleküldür [259]. MDP monomerinin üniversal bir adezive eklenmesinin, kimyasal bağlanmaya olumlu etkisi ve bağlanmada hidrolitik bozunmanın azalmasına neden olduğu bildirilmiştir [259]. Bu nedenle, MDP monomeri içeren bir adeziv MDP monomeri içermeyen bir adezive göre daha başarılı sonuçlar gösterebilir.

Yüzey hazırlama yöntemleri ile birlikte adezivlerin rezin kompozit restorasyonların tamirinde kullanımının, bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır[15]. Ancak bu çalışmaların sonuçları arasında çelişki vardır. Bu nedenle de rezin kompozitin tamirinde kanıta dayalı olarak kullanılabilecek bir tamir protokolü mevcut değildir. Bu tez çalışmamızda, farklı yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılan rezin kompozit örnek yüzeylerine farklı yüzey hazırlaması (zımpara ile pürüzlendirme, CoJet ile kumlama ve zımpara ile birlikte CoJet uygulaması) ve farklı adeziv uygulamalarının bağlanma dayanımı üzerine etkilerinin *in vitro* olarak incelenmesi ve elde edilen bulgularımıza dayanarak bir tamir tedavi protokolünün oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda adeziv olarak son yıllarda özellikle kullanım kolaylığı sunması nedeniyle popüler olan iki farklı self-etch adeziv sistem (Clearfil SE Bond ve Single Bond Universal) kullanıldı. Her iki adeziv de esasen birbirine benzer yapıya sahiptir. Farklılıkları, Clearfil SE Bond'un silan içermemesidir. Single Bond Universal ise silan içeren bir üniversal adezivdir. Adeziv seçimimizi etkileyen esas faktör içeriklerinde silan bulunmasıdır. Çünkü, silan uygulamasının yüzeyi ıslatabilme özelliğinin artmasına neden olarak bağlanma dayanımına katkı sunduğu bilinen bir konudur. Fakat bu uygulama hasta başında uygulama zamanını arttırmaktadır. Zamandan tasarruf sağlayan silan içeren adezivlerin gelişimi de bu nedenle gerçekleşmiştir. Single Bond Universal'i çalışmamızda kullanmak üzere seçmemizin temelinde de bu bilgi bulunmaktadır. Clearfil SE Bond'u seçmemizin nedeni ise diş dokuları ile iyi bağlanma gösterdiği bildirilen bu adezivin, rezin kompozitin tamirinde tek başına veya silan ile birlikte uygulanmasının bağlanma dayanımı üzerine nasıl bir etki oluşturacağı konusunda bilgi eksikliği bulunmasıdır.

Tamirin başarısında, eski rezin kompozit yüzeyinin ıslanabilirliğinin önemli rolü bulunmaktadır. Bu amaçla eski rezin kompozit yüzeyine silan uygulanması önerilmiştir [10, 101]. Silan, eski rezin kompozit restorasyonun yüzeyinde açığa çıkmış inorganik doldurucu partikülleri ile kovalent bağlar kurarak silanol gruplarını oluşturur. Ayrıca, tamir amacıyla kullanılan rezin kompozitin metakrilat grupları ile de reaksiyona girerek organofonksiyonel grupların oluşumunu sağlar. Böylece eski rezin kompozit ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozitin arasındaki bağlanma dayanımı artar. Silan uygulanmasının bağlanma üzerindeki olumlu etkileri, adeziv sistemlerin içerisine de silanın eklenmesini gündeme getirmiştir. Günümüzde silan içeren adeziv materyaller piyasada bulunmaktadır. Ancak silanın direkt

rezin kompozit yüzeyine uygulanmasının mı yoksa silan içeren adezivın uygulanmasının mı bağlanma dayanımını etkileyeceği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Adeziv teknolojisindeki gelişmelerin ağız ortamında bulunan resin kompozit ile tamir amacıyla kullanılan resin kompozit arasındaki bağlanmaya da katkı sunması, mevcut eski resin kompozit restorasyonların tamir edilmesini, çekici bir çözüm haline getirebilir [124]. Kinisyenler günlük klinik uygulamalarında hangi adeziv sistemleri kullanacaklarını seçmek için laboratuvar değerlendirmelerini dikkate alırlar. Dental adezivlerin klinik performansını tahmin etmek için bağlanma dayanım testleri geçerliliği sorgulanabilir olsa da laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçlar bir dereceye kadar klinik sonuçların tahmin edilmesinde büyük rol oynamaktadır [178]. İlk yapılan restorasyon ile yeni yapılan tamir restorasyonu arasındaki bağlanma, laboratuvarda *in vitro* olarak veya klinik çalışmalar ile *in vivo* olarak değerlendirilebilir. Klinik çalışmaların maliyetli, zaman alıcı, standartizasyonun zor olması ve de etik kurallara uyma zorunluluğu nedeniyle, *in vitro* çalışmalar ön plana çıkmaktadır [260]. Bunlara ilaveten, klinik çalışmalarda ağız ortamındaki stres faktörlerinin değişken olması, başarısızlığın gerçek nedenini tespit etmeyi güçleştirebilir [73]. Bu nedenle, *in vitro* çalışmalar kolay, güvenilir, hızlı, ucuz ve de araştırmanın tek bir değişken belirleyip diğer faktörlerin sabit tutulabilmesinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir [244].

Tamir edilen resin kompozit restorasyonun başarısında, uygulanan yüzey işlemleri ve kullanılan adeziv yaklaşımın yanısıra tamir amacıyla kullanılan resin kompozitin tipi de büyük önem taşımaktadır. Diğer bir deyişle, tamir edilecek ağız içinde fonksiyon görmüş eski resin kompozit restorasyonun yapımında kullanılan materyalin ne olduğunu bilmek önemlidir. Ancak bunu bilmek, her zaman mümkün olmayabilir. İdeal olarak, aynı resin kompozit ile tamir işleminin yapılmasının, başarıyı arttırması beklenir. Ancak, tamir genelde farklı bir materyal kullanılarak yapılır [261]. Bir çalışmada, tamir yapılacak restorasyonun yapımında kullanılan resin kompozitten farklı resin kompozit kullanımı ile yapılan tamirde, farklı resin kompozit kullanımının tamir bağlanma dayanımı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir [93]. Dimetakrilat veya siloran esaslı üç farklı resin kompozitin tamir edilebilirliğini araştıran bu çalışmada, Filtek Z250, Durafill ve Filtek P90 kullanılmış ve bu üç resin kompozit yüzeyi farklı resin kompozit kombinasyonları ile tamir edilmiştir. Çalışmada kullanılan Filtek Z250 Bis-GMA esaslı bir resin kompozit iken, Durafill UDMA esaslı resin kompozit'dir. Filtek P90 ise siloran esaslı bir resin kompozit'tir. Çalışmanın sonucunda, uygun adezivlerin kullanılması koşuluyla dimetakrilat esaslı resin kompozitlerin

dimetakrilat esaslı bir rezin kompozitle tamir edilmesinin en uygun seçenek olduğu ve aralarında 20- 22 MPa'ın üzerinde bağlanma dayanımları elde edildiği rapor edilmiştir.

UDMA ve diğer üretan dimetakrilatlardan veya Bis-GMA'dan köken alan rezin kompozit materyaller arasında her zaman benzer sonuçlar görülmeyebilir. Bunun nedenin ise rezin kompozit materyalin doldurucu miktarı ve tipi, başlatıcı miktarı ve tipi, doldurucu partikülleri çevreleyen silan, kopolimerlerin etkisi gibi özelliklerin olduğu rapor edilmiştir [262]. Bu nedenle, birebir aynı rezin kompozitin kullanımı tamir başarısı açısından daha avantajlı olacaktır. Bu bulgu göz önüne alınarak, çalışmamızda yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerin hazırlanmasında kullanılan rezin kompozit ile tamir uygulaması gerçekleştirildi. Böylece tamirde bağlanma dayanımı üzerinde etkisi olabilecek rezin kompozit faktörünün etkisi göz ardı edilmiş oldu.

Günümüze kadar önemli gelişmeler gösteren rezin kompozitler, doldurucu partiküllerin boyutlarına göre megadolduruculu, makrodolduruculu, mididolduruculu, minidolduruculu, mikrodolduruculu, hibrit, mikrohibrit ve nanodolduruculu rezin kompozitler olarak sınıflandırılmışlardır.

Hibrit rezin kompozitler; doldurucu boyutları 0,04-1 μm arasında değişen materyallerdir [28]. Bu rezin kompozitler, mikrodolduruculu rezin kompozitlere göre daha serttirler ve yüzey dirençleri daha fazladır [263]. Hibrit rezin kompozitlere cam doldurucu partiküller ilave edilerek, viskoziteyi kontrol etmek ve aşınma direncini arttırmak mümkün olmuştur [24]. Hibrit rezin kompozitlerin aşınma direncinin mikrodolduruculu rezin kompozitlerden fazla olması, fiziksel ve optik özelliklerinin iyi olması, ve radyografide mineden daha radyopak görüntü vermesi gibi avantajları bulunmaktadır [264]. Dezavantajları ise yüzey morfolojilerinin mikrodolduruculu rezin kompozitlerden daha zayıf olması ve zamanla yüzey pürüzlülüklerinin artmasıdır [264]. Hibrit rezin kompozitler mikrohibrit, midihibrit, minihibrit ve nanohibrit olarak alt gruplara ayrılır.

Mikrohibrit rezin kompozitler yapısına katılan cam doldurucu partiküller, fiziksel özellikleri kuvvetlendirmiştir. Bu rezin kompozitlerin doldurucu boyutları ise 0,4-0,6 μm arasındadır. Anterior ve posterior dişlerin restorasyonunda kullanılabilirler. Yapılan polisaj işlemleri çok uzun süre dayanıklı olmamakla birlikte, aşırı çiğneme kuvveti gelen bölgelerde tercih edilebilirler [24].

Mikrohibrit ve nanohibrit rezin kompozitlerin tamir bağlanma dayanımının incelendiği bir çalışmada, rezin kompozit örneklerin yüzeyine alüminyum oksit ile kumlama ve CoJet sistemi ile pürüzlendirme yapılmış, sonrasında silan ve adeziv uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, rezin kompozitin tipinin sonuçları etkilememiş olduğu, iki rezin kompozitin de benzer tamir bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir [265].

Yapılan diğer bir çalışmada mekanik pürüzlendirmenin sonrasında silan ve takiben adeziv rezin uygulamasının mikrohibrit rezin kompozitin tamirinde oldukça etkili olduğu gösterilmiştir [251]. Bu nedenle, tez çalışmamızda, bir mikrohibrit rezin kompozit olan Filtek Z250 ile deney örneklerimiz hazırlandı. Filtek Z250'nin rezin matriksinde TEGDMA, UDMA ve Bis-GMA bulunmaktadır. Bu monomerler yüksek moleküler ağırlığa ve ağırlık birimi başına az miktarda çift bağa sahiptir. Üretici firma, yüksek moleküler ağırlık sayesinde, büzülmenin ve yıpranmanın daha az olacağını belirtmiştir. Bis-GMA ve UDMA monomerlerinin viskozitelerinin yüksek olması nedeniyle, bu iki monomerden daha düşük viskoziteye sahip TEGDMA içeriğine eklenmiştir. Böylece akışkan özellik artırılarak, büzülmenin azaltılmasına katkı sağlanmıştır. Bis-GMA ve Bis-GMA'dan daha düşük viskoziteye sahip UDMA ise iyi mekanik ve fiziksel özellikleriyle rezin kompozite yüksek dayanıklılık katmaktadır.

In vitro çalışmalarda yaşlandırma testlerinin uygulamasının, rezin kompozitlerin bağlanma dayanımını azalttığı gösterilmiştir [190, 191]. Çalışmalarda ağız ortamını taklit edebilmek amacıyla değişik yaşlandırma testleri kullanılmaktadır. Suda bekleterek yaşlandırma, NaOCl solüsyonu ile yaşlandırma, okluzal yükleme ile yaşlandırma ve hızlandırılmış yaşlandırma gibi yöntemler *in vitro* çalışmalarda dental materyallerin yaşlanma sürecini taklit etmek amacıyla kullanılan yöntemlerden bazılarıdır [13, 190, 191].

Hızlandırılmış yaşlandırma, 1978'den beri kullanılmaktadır. Yöntem, klinik koşulları taklit ederek, zaman içerisinde materyallerde oluşabilecek bozulmaların belirlenmesine olanak sağlar. Materyallerin yapay olarak UV ışığı, sıcaklık değişiklikleri ve nem dahil olmak üzere bir dizi koşula maruz bırakılması ile gerçekleştirilen hızlandırılmış yaşlanma, ağız ortamının mümkün olduğunca eşdeğer olarak taklit edilmesine olanak sağlanmaktadır [235, 266, 267]. De oliveira ve arkadaşları'nın [237] yaptığı bir çalışmada, hızlandırılmış yaşlandırma ile suda bekletme yöntemleri karşılaştırıldığında, örneklerde en fazla değişikliğin hızlandırılmış yaşlandırma testi ile gerçekleştiği rapor edilmiştir. Çalışmamızda örnekler ağız ortamında

oluşabilecek nem, sıcaklık, ışık değişikliklerini yansıtabilmesinden dolayı hızlandırılmış yaşlandırma testi ile yaşlandırıldı.

Literatürde, hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakılan rezin kompozitlerin özelliklerinin değişmeye başlaması için gerekli olan yaşlandırma testine maruz kalma süresi ile ilgili standardizasyonu sağlamak amacıyla çok az bilgi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, hızlandırılmış yaşlandırma uygulamasında materyaldeki bozulmalar göz önüne alındığında, 300 saatlik bir yaşlandırmanın bir yıllık kullanıma eşit olduğu gösterilmiştir [237, 267]. Bu bilgi doğrultusunda, tez çalışmasında bir ay yaşlandırılması planlanan grupta 25 saat, on iki ay yaşlandırılması planlanan grupta ise 300 saat deney örneklerimiz hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakıldılar.

Dental restorasyonlar, materyalin ömrü süresince farklı nitelik ve niceliklerdeki ışık, nem, sıcaklık, renklendiriciler ve gıda maddeleri ve kombinasyonları dahil olmak üzere değişen dış uyaranlara maruz kalsalar da *in vivo* ve *in vitro* koşullar arasında pozitif ilişki olduğunu destekleyen az sayıda kanıta dayalı bilgi vardır [268]. Hızlandırılmış yaşlandırma testinde çalışma koşullarını standardize etmek amacıyla, cihaz 37°C’de 40 dakika sadece ışık, 20 dakika ışık ve su püskürtme işlemi, 60 dakika sadece ışık ve 60 dakika karanlıkta su püskürtme ile oluşturulan döngüyle çalışacak şekilde ayarlandı [239, 240].

Tamir başarısını değerlendirilirken bağlanma dayanım testleri sıklıkla kullanılmaktadır. 1990’ların ortalarına kadar, kesme ve çekme bağlanma dayanım testleri, genellikle 3-6 mm çapında, nispeten geniş bağlanma alanlara sahip örneklerle uygulanmakta idi. Bununla birlikte, nominal (yani, ortalama) stres cinsinden bağlanma dayanımını ifade etmenin geçerliliği, bağlanan ara yüzeydeki stres dağılımının heterojenliği nedeniyle sorgulanmıştır [269, 270]. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için yeni yöntemlere duyulan ihtiyaç, mikro-çekme ve mikro-kesme testlerinde küçük bağlanma alanlı (1 mm²’nin altında) örneklerin kullanılmasına neden olmuştur [171, 181].

Makro test yöntemleri, mikro bağlanma dayanımı testlerinin artan popüleritesine ve geleneksel makro çekme ve kesme test yöntemlerinin maruz kaldığı eleştirilere rağmen, bu test yöntemini hala çalışmalarında kullanan araştırmacıların sayısı oldukça yüksektir [178]. Geleneksel kesme ve çekme testlerinin tercihi, minimum ekipman ve örnek hazırlığı gerektirmeleri, bu testlerin uygulanmasının kolay olması tercih edilme nedenlerindendir.

Bununla birlikte, mikro bağlanma dayanımı testleri için örneklerin şekli ve diğer test değişkenleri hakkında birçok bilgi bulunmasına rağmen, makro çekme ve kesme testleri için aynı şey mümkün değildir [178].

Yapılan çalışmalarda bağlanma alanı ile bağlanma dayanımı arasında ters bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Bağlanma alanı ne kadar büyük olursa, kritik boyutta bir kusurun mevcut olma olasılığı o kadar yüksek olur ve sonuç olarak örneklerin bağlanma dayanımı o kadar düşük olur [171, 181].

Mikro çekme testi daha düzgün stres dağılımı gösterdiğinden, geleneksel çekme ve kesme testlerine göre daha güvenilir bir test olduğu kabul edilir. Bununla birlikte, bu testte sıklıkta erken başarısızlıklar ve büyük standart sapma değerleri rapor edilmiştir. Mikro makaslama bağlanma dayanım testinde, mikro gerilim testinden farklı olarak, örnekte erken mikro çatlama ve ön test hatalarına neden olabilecek kesitleme ve düzeltme adımlarından kaçınılır. Bu nedenle, adeziv sistemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde daha etkin ve güvenilirlerdir [183].

Çiğneme sırasında dişlere gelen kuvvetler çok yönlüdür. Ancak çalışmalar incelendiğinde, restorasyon materyallerinin tamirinde, bağlanma dayanım testi olarak daha çok makaslama kuvvetlerinin kullanıldığı görülmüştür [86]. Çünkü restorasyonların tamir başarısını daha çok makaslama kuvvetleri tehdit etmektedir. Tez çalışmamızda hazırlanan test örneklerimizin tamir bağlanma dayanımı, güvenilirliği ve gerçeğe uygunluğu nedeniyle mikro makaslama bağlanma dayanım testi ile ölçüldü.

Çalışmamızda elde edilen makaslama bağlanma değerleri üzerinde yüzeyin pürüzlendirilmesinin etkileri incelendiğinde; bir ay ve on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan her iki grupta da hiçbir uygulama yapılmayan kontrol grubundan elde edilen bağlanma değerlerinin diğer test gruplarından elde edilen bağlanma değerlerinden daha düşük olduğu tespit edildi. Her iki yaşlandırma sürecinde de yüzey pürüzlendirmesi yapılmaması ve adeziv kullanılmamasından dolayı, kontrol gruplarından elde edilen bulgularımızın öngörülebilir olduğu kabul edilebilir. Elde ettiğimiz bu bulgu, rezin kompozit tabakaları arasındaki bağlanmada, mikromekanik bağlanmanın önemli olduğu ve yüzey pürüzlülüğünü arttıracak uygulamaların yapılmasının tamir bağlanma dayanımının artmasına neden olacağını bildiren Shahdad ve Kennedy'nin [271] çalışma bulgularını

destekler niteliktedir. Shahdad ve Kennedy [271], ayrıca yüzey pürüzlendirildikten sonra adeziv kullanılmasıyla daha yüksek bağlanma dayanım değerleri elde ettiklerini de bildirilmişlerdir.

Çalışmamızda, bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta herhangi bir yüzey işlemi uygulamadan sadece adeziv uygulanan Grup B'nin tüm adeziv alt gruplarında diğer yüzey hazırlama gruplarından (Grup C, Grup D ve Grup E) elde edilen bağlanma değerlerinden daha düşük bağlanma değerleri elde edildi. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta da yüzey işlemi uygulanmadan sadece adeziv uygulanan Grup B'den elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin diğer test gruplarından elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinden daha düşük olduğu saptandı. Her iki yaşlandırma grubunda da sadece adeziv uygulanan Grup B'deki örneklerden 15 MPa altında bağlanma değerlerinin elde edilmesi, tamir protokolünde rezin kompozit yüzeyine yüzey hazırlama işlemlerinin uygulanmasının bağlanma dayanımı üzerinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Turner ve Meiers (1993), 15-30 MPa arasında değişen bağlanma değerlerinin rezin kompozit tamirinde yeterli olduğunu, 18 MPa'dan büyük ve 20-25 MPa arasındaki makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin ise okluzal yüklere karşı klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir [272]. Bu bulgular doğrultusunda, çalışmamızda her iki yaşlandırma grubunda da sadece adeziv uygulanan Grup B'de 15 MPa'nın altında elde edilen tamir bağlanma değerlerinin klinik olarak kabul edilemeyeceğini söyleyebiliriz.

Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan ve silan + Clearfil SE Bond veya Single Bond Universal'in kullanıldığı adeziv alt gruplarında, 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C, 320 grid zımpara + CoJet ile pürüzlendirilen Grup D ve sadece CoJet ile pürüzlendirilen Grup E'deki örneklerden elde edilen bağlanma dayanımı değerleri arasında anlamlı farklılığın olmadığı, yüzey uygulaması yapılan bu üç gruptan en düşük bağlanma dayanım değerlerinin Grup C'den elde edildiği, bunu Grup D ve Grup E'nin izlediği görüldü. Bu bulgumuz nedeniyle silan + Clearfil SE Bond veya Single Bond Universal'in adeziv olarak kullanılması durumunda, yüzey pürüzlendirilmesinin bağlanma dayanımını arttırdığı, ancak pürüzlendirmede kullanılan yüzey pürüzlendirme yönteminin öneminin olmadığını ileri sürebiliriz.

Literatürde yüzey hazırlama amacıyla kullanılan yöntemlerin bağlanma dayanımı üzerine etkileri farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalarda, kumlama ile en iyi bağlanma

dayanımını elde edildiğini bildirilirken [12, 272], bazı çalışmalarda air abrazyonla bazılarında ise lazerle pürüzlendirilen rezin kompozit yüzeyine bağlanmanın daha iyi olduğu bildirilmiştir[12, 111].

Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan ve Clearfil SE Bond'un tek başına kullanıldığı adeziv alt grubunda ise sadece adeziv uygulanan Grup B'deki örnekler ile 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D ve sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında anlamlı farklılığın olduğu saptandı. Ayrıca, sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri ile 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C ve 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında da anlamlı farklılığın olduğu görüldü. Bu grupta en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden elde edildiği, bunu sırasıyla Grup C, Grup D ve Grup E'nin izlediği tespit edildi. Bu bulgumuza dayanarak, rezin kompozitin tamirinde adeziv olarak self etch adeziv, Clearfil SE Bond kullanılacak ise yüzey pürüzlendirme amacıyla CoJet ile kumlama yapılması önerilebilir. Ayrıca, çalışmamızda Clearfil SE Bond'un tek başına kullanıldığı adeziv alt grubunda, silan + Clearfil SE Bond veya Single Bond Universal'in kullanıldığı adeziv alt gruplarından farklı olarak bazı grupların bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık görülmesi, Clearfil SE Bond'un silan içermemesi nedeniyle olabilir.

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, yüzey hazırlamanın tamir bağlanma dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde; silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond'un tek başına kullanıldığı adeziv alt gruplarında, en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden elde edildiği, bunu sırasıyla Grup E, Grup D ve Grup C'nin izlediği tespit edildi. Yüzey hazırlama grupları arasındaki farklılık incelendiğinde ise bu iki adeziv alt grubunda da sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B ile Grup C ve Grup D arasında ve ayrıca sadece CoJet uygulanan Grup E ile Grup C ve Grup D arasında bağlanma dayanım değerlerinin birbirinden anlamlı derecede farklı olduğu görüldü. Single Bond Universal'in adeziv olarak kullanıldığı alt grupta ise sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden diğer test gruplarına göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanım değerleri elde edildi. En yüksek bağlanma dayanım değerleri ise bu grupta 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D'deki örneklerden elde edildi. Grup D ile sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen

bağlanma dayanım değerleri arasında da anlamlı fark olduğu tespit edildi. *In vitro* olarak on iki ay gibi nispeten daha uzun süreli yaşlandırma sonrasında, sadece adeziv uygulanan Grup B’de yüzey pürüzlendirilmesi yapılan diğer gruplara göre daha düşük bağlanma dayanım değerlerinin elde edilmesi rezin kompozit tamirinde yüzey pürüzlendirilmesinin önem taşıdığını bildiren Yeşilyurt ve arkadaşları’nın [273] ve Ahmadizenouz ve arkadaşları’nın [274] çalışma bulguları ile uyum içindedir.

Yaşlandırma sürecinin tamir bağlanma dayanımı üzerine etkileri incelendiğinde; hiçbir yüzey uygulaması ve adeziv uygulaması yapılmayan kontrol grubunda ve sadece CoJet uygulanan Grup E’de bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu görüldü. Diğer bir ifade ile hiçbir yüzey ve adeziv uygulaması yapılmayan kontrol grubunda ve sadece CoJet ile pürüzlendirme yapılan grupta, rezin kompozit ile rezin kompozit arasındaki bağlanma dayanımı zamana bağlı olarak azalmaktadır. Bu bulgu şaşırtıcı değildir. Çünkü zaman içinde adeziv bağlanmanın azaldığını bildiren Melo ve arkadaşları’nın [275], hızlandırılmış yaşlandırma uyguladıkları rezin kompozit örneklerden elde ettikleri bulgular çalışmamızdan elde edilen bu bulgumuz ile örtüşmektedir.

320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C’nin Clearfil SE Bond ve 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D’nin Single Bond Universal kullanılan adeziv alt gruplarında, bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu görüldü. Sadece adeziv uygulanan Grup B’de sadece Single Bond Universal’in kullanıldığı adeziv alt grubunda, bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu tespit edildi.

Li ve arkadaşları [276], oksijen inhibisyon tabakası varlığında iki rezin kompozit tabakasının ideal bir şekilde birbirine bağlandığını göstermiştir. Bununla birlikte, oksijen inhibisyon tabakasının rezin kompozitin rezin kompozite bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi konusunda tartışmalar bulunmaktadır [277]. Oksijen inhibisyon tabakasının bağlanma üzerindeki olumlu etkisi, reaksiyona girmemiş metakrilat gruplarının viskoz doğasından kaynaklanıyor olabilir. Bu tabaka, üstüne yerleştirilen rezin kompozit ile kolayca uyum sağlamaktadır. Tüm bu faktörlerin, tabakalar arası bağlanmayı arttırdığı bildirilmiştir. Kashi ve arkadaşları [251], rezin kompozit yüzeyine çeşitli yüzey hazırlama işlemleri uyguladıktan

sonra, bir hafta veya altı ay yaşlandırmaya maruz bırakmanın tamir bağlanma dayanımı üzerine etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında, yaşlandırmaya maruz bırakılan rezin kompozitlerde bağlanma dayanım değerlerinin anlamlı derecede daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Yine, Brendeke ve arkadaşları'nın [278] rezin kompozit örnek yüzeylerine farklı yaşlandırma yöntemleri (iki ay suda bekletme, bir hafta suda bekletme, ve iki ay asite daldırma) uyguladıkları çalışmada, yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerin anlamlı derecede düşük bağlanma dayanım değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle, çalışmamızda bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tamir bağlanma dayanımının, on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerle göre daha yüksek çıkması öngörülebilir. Tüm bunların aksine, yapılan bazı çalışmalarda da oksijen inhibisyon tabakasının varlığının veya yokluğunun bağlanma dayanımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır [277, 279].

Çalışmamızın sonuçları ve diğer çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda; tamir bağlanma dayanımını inceleyen *in vitro* çalışmalarda rezin kompozit örneklerle sadece yaşlandırma testi uygulamanın tamir bağlanma tedavi protokolü üzerinde her zaman etkili bir faktör olmadığını, yaşlandırma süresinin ve uygulanma şeklinin yanı sıra tamir protokolünde kullanılan yöntem ve materyallerin de bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerinin de göz ardı edilmemesi gerekir.

Çoğu çalışmada rezin kompozit örneklerinin yaşlandırma testine maruz bırakılmasının tamir bağlanma dayanımında düşüşe neden olduğu belirtilmiş ise de bunun aksine yaşlandırma süresinin bağlanma dayanımı üzerinde etkisinin olmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır [280, 281]. Kiomarsi ve arkadaşları [280], yaşlandırmaya maruz bırakılan ve bırakılmayan örneklerin bağlanma dayanımını inceledikleri çalışmalarında, yaşlandırmanın tamir üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda da Grup C'nin silan + Clearfil SE Bond ve Single Bond Universal adeziv alt gruplarında, Grup D'nin silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond adeziv alt grubunda bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırma sonrasında elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında anlamlı fark bulunamadı. Bu bulgumuz Kiomarsi ve arkadaşları'nın [280] çalışma bulgularıyla uyumludur. Diğer deney gruplarımızda ise bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırma sonrasında elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında anlamlı fark bulundu. Bu bulgumuz da Özcan ve arkadaşları'nın [93] çalışma bulgularıyla örtüşmektedir.

Ayrıca, bazı deney gruplarımızda (kontrol grubu, Grup B'nin Single Universal Bond ve Clearfil Se Bond kullanılan adeziv alt grupları, Grup C ve Grup D'nin tüm adeziv alt grupları) tamir bağlanma değerlerinin yaşlandırma süresinin artmasıyla azaldığı, diğer gruplarımızda ise arttığı saptandı.

Yaşlanma, adeziv restorasyonların ömrünü sınırlayan önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, tamir protokollerinin genel başarısı değerlendirilirken, yaşlandırmanın hem rezin kompozitin yapısı hem de tamir ara yüzü üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, *in vitro* çalışmalarda, rezin kompozit yapıda yaşlandırma sürecinin hızlandırılması zor olabilir, çünkü yaşlanmaya bağlı oluşacak etkiler yıllarca klinik kullanımdan sonra ortaya çıkabilir. Altıncı ve arkadaşları'nın [255], universal bir adeziv ile tamir yapılan rezin kompozitin bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmada, hemen tamir yapılan grupta (polimerizasyondan 5 dakika sonra) yaşlandırmaya maruz bırakılan gruptaki örneklerle kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bir bağlanma dayanımı elde ettiklerini bildirilmişlerdir. Hoseinifar ve arkadaşları'nın [282] hemen sonra tamir yapılan ve yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde silan içeren universal adezivlerin kullanımının tamir bağlanma dayanımı değerleri üzerine etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kullanılan hiçbir adezivde yaşlandırma sürelerine göre bağlanma dayanım değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Yaşlandırma sürecinin tamir bağlanma dayanımı üzerine etkilerini inceleyen çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasında farklılık görülmesi, bağlanma dayanımının değerlendirildiği test tipi, kullanılan adezivin yapısı ve yaşlandırma yöntemleri gibi çalışmaların metodolojisi ile ilgili farklılıklardan kaynaklanabilir. Çalışmamızda tamir bağlanma dayanımının bazı gruplarda yaşlandırma sürecinden etkilendiği şeklinde elde ettiğimiz bulgular, bu araştırmaların bulgularına paralellik göstermektedir.

Yapılan bir diğer çalışmada, 5000 kez ısısal döngü testine tabi tutulan rezin kompozit örnekler 320 gritlik zımpara ile ve fosforik asitle pürüzlendirildikten sonra, bir gruptaki örneklerin yüzeyine hiçbir uygulama yapılmamış, bir gruba CoJet, diğer bir gruba ise silan uygulanmış, [283] takiben Clearfil SE Bond uygulaması sonrası tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit yerleştirilmiş, takiben örneklerle 5000 kez ısısal döngü testi tekrar uygulanmıştır. Sonrasında örnekler bir ay ve on iki ay boyunca yaşlandırılmak üzere iki gruba ayrılmış ve yaşlandırma süresince suda bekletilmişlerdir. Bağlanma dayanımı, mikro gerilim testi ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, bir aya kıyasla on iki ay yaşlandırmaya

maruz bırakılan örneklerde daha düşük bağlanma dayanım değerleri bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bulgular çalışmamızın bazı gruplarında elde ettiğimiz bulguları desteklememektedir. Bunun nedeni yaşlandırma süreçlerimiz aynı olsa bile yaşlandırma yöntemimizin ve örneklerin hazırlanma aşamasının ve bağlanma dayanımını ölçmede kullandıkları testin çalışmamızdan farklı olmasından ileri gelebilir.

Özcan ve arkadaşları'nın [93] yaptığı çalışmada, iki farklı rezin kompozitin (nanohibrit, Tetric EvoCeram ve nanodoldurucu, Filtek Supreme) tamir bağlanma dayanımı üzerinde farklı yaşlandırma (yaşlandırma uygulanmayan veya 5000 kere ısısal döngü testine maruz bırakılan), iki farklı yüzey uygulaması ve tamir amacıyla farklı rezin kompozit kullanımının etkileri incelenmiştir. Herbir rezin kompozitten hazırlanan örnek yüzeylerine 1,200 grit silikon karpit zımpara uygulandıktan sonra, bir gruba 30- μ m boyutundaki SiO₂ partiküller ile kumlama (CoJet Sand) yapılmış ve daha sonra silan (ESPE-Sil) + adeziv (VisioBond) diğer gruba ise sadece adeziv uygulanmıştır. Takiben her gruptaki örneklerin yarısı aynı rezin kompozit ile diğer yarısı ise farklı bir rezin kompozit (mikrohibrit rezin kompozit, Quadrant Anterior Shine) kullanılarak tamir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kullanılan rezin kompozitin tipi ve yaşlandırma uygulanmasının bağlanma dayanımını önemli ölçüde etkilediği, yüzey uygulamaları arasında farklılık bulunmadığını, nanohibrit rezin kompozit, Tetric EvoCeram ile hazırlanan örneklerde nanodoldurucu, Filtek Supreme ile hazırlanan örneklerle göre daha az bağlanma dayanım değerleri elde ettiklerini, aynı rezin kompozit ile tamir edilen ve adeziv kullanılan nanodoldurucu, Filtek Supreme ile hazırlanan örneklerde daha yüksek kohesiv başarısızlığın görüldüğünü bildirilmişlerdir.

Diğer çalışmalarda ise mine/dentin bağlayıcı ajanlar ve silan kullanımının iki rezin kompozit arasındaki bağlanmayı geliştirmekte faydalı olacağı belirtilmiştir [94, 284]. Ayrıca, Rathke ve arkadaşları [285] farklı yaşlandırma süreçlerine maruz bırakılan rezin kompozit yüzeylerine farklı yüzey uygulamaları (elmas frez ve takiben fosforik asit ile pürüzlendirme, 50 μ m boyutunda alüminyum oksit partikülleri ile kumlama ve 30 μ m boyutunda alüminyum oksit partiküllerinin CoJet ile uygulanması) ve farklı adeziv (çok aşamalı adeziv (OptiBond FL), tek basamaklı adeziv (Excite)) ve silan (Monobond-S)) kullanımının tamir bağlanma dayanımı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, yüzey uygulaması ve adeziv kullanımının tamir bağlanma dayanımı üzerinde önemli etki gösterdiği rapor edilmiştir.

Rezin kompozit tamirinde güçlü bir bağlanma elde etmek için sıklıkla silan kullanılmaktadır. Diş sert dokuları, seramikler, metal alaşımlar ve rezin kompozitler gibi birçok materyal için silan bağlayıcı sistemler dışında, çok amaçlı primerler de geliştirilmiştir. Silanlar nemli ya da kuru koşullarda materyallerin mekanik özelliklerini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır, ıslanabilirliği arttırarak bağlanma dayanımını desteklemektedirler [119, 120]. Özellikle tribokimyasal silika kaplama işleminden sonra, silan kullanımının bağlanmayı arttırdığı ifade edilmiştir [78].

Demirel ve Gür [286], yaşlandırmaya maruz bırakılan rezin kompozit örneklerle iki farklı üniversal adeziv ve silan + adeziv uygulayarak mikro makaslama bağlanma dayanım testine tabi tuttukları çalışmada, silan uygulandığında tamir bağlanma dayanımının önemli derecede daha yüksek elde edildiğini, silan içeren üniversal adezivlerin silan ve adezivin ayrı ayrı kullanımına göre daha düşük bağlanma dayanım değerleri elde edilmesine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer bir deyişle içeriğinde silan bulunduran üniversal adezivlerin tamir bağlanma dayanımını arttıran bir katkısı olmadığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda adeziv kullanımının tamir bağlanma dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde, bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, yüzey hazırlama yöntemlerinin her birinde (Grup B, Grup C, Grup D, Grup E) adeziv grupları arasında fark olmadığı tespit edildi. Bu bulgularımız Demirel ve Gür'ün [286] çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Bu bulgumuza dayanarak, kısa süreli yaşlandırmaya maruz bırakılan *in vitro* çalışmalarda, adeziv alt gruplarında kullandığımız şekilde adeziv sistemlerin herhangi birinin kullanılmasının, bağlanma dayanımını arttırmak için yeterli olacağı söylenebilir. Self etch bir adeziv olan Clearfil SE Bond ile üniversal bir adeziv olan Single Bond Universal arasında bağlanma dayanımı açısından farklılık görülmemesi, kısa süreli yaşlandırma testi uygulanan *in vitro* çalışmalarda adezivin içeriğinde bulunan silanın, bağlanmaya katkı sunacak bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Silan içermeyen Clearfil SE Bond'un ise yüzeye bağlanmaya katkı sunan silan ile birlikte kullanılmasının silansız kullanımına göre olumlu etkisinin olmadığı saptandı. Ancak, sadece adeziv uygulanan Grup B'deki örneklerden, Grup C, Grup D ve Grup E'e göre daha düşük bağlanma dayanım değerlerinin elde edilmesi, tamir bağlanma dayanımını arttırmada adeziv uygulamasından ziyade rezin kompozit yüzeyinin pürüzlendirilmesinin daha önemli olduğunu göstermektedir. Tüm bu bulgularımız doğrultusunda, pürüzlendirilmiş rezin kompozit yüzeyine adezivin kullanımının bağlanma

dayanımının artmasına katkı sunacağını, ancak kullanılan adeziv tipinin ne olduğunun önemi olmadığını söyleyebiliriz.

On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, sadece adeziv uygulanan Grup B ve 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D’de adeziv alt grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edildi. Grup B’de adeziv alt grupları arasında ikili karşılaştırma yapıldığında; tüm adeziv grupları arasında anlamlı fark olduğu ve en yüksek bağlanmanın silan + Clearfil SE Bond uygulanan gruptan elde edildiği, bunu Clearfil SE Bond ve Single Bond Universal’in kullanıldığı grubun izlediği görüldü. Grup D’de ise silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond arasındaki bağlanma değerleri arasında farklılık bulunmadığı, Single Bond Universal ile silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond arasında ise anlamlı farklılığın olduğu bulundu. En yüksek bağlanma dayanımının ise Single Bond Universal’in kullanıldığı gruptaki örneklerden elde edildiği tespit edildi. Bu nedenle de eğer tamir protokolünde rezin kompozit yüzeyi 320 grid zımpara diğer bir ifadeyle frez + CoJet ile pürüzlendirilecek ise silan içeren üniversal bir adezivin kullanımı öncelikle önerilebilir. Eğer self etch adeziv Clearfil SE Bond kullanılacak ise bu durumda da silan ile birlikte kullanımı silansız kullanımına göre fayda sağlayabilir. Bu nedenle silan kullanımı hekimin tercihine bırakılabilir. Joulæi ve arkadaşları’nın yaptığı çalışmada [287], Clearfil SE Bond’un silan içerikli primerlerle veya tek başına kullanımı bağlanma dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark oluşturmamıştır, Filtek Z250 tamiri için Clearfil SE Bond’un tek başına kullanımı yeterli bağlanma dayanımı sağlamıştır. Elde edilen yüksek bağlanma değerleri, mevcut asidik monomerin rezin kompozit yüzeyini ıslatmada etkili olduğunu göstermektedir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular da bu bulguları desteklemektedir.

Wendler ve arkadaşları’nın [101], 30 gün suda yaşlandırmaya maruz bıraktıkları rezin kompozit örneklere farklı yüzey uygulamaları (elmas frez ve fosforik asit, silan, alüminyum oksit ile kumlama ve CoJet ile kumlama) ve farklı kimyasal bağlanma protokollerinin (silan veya adeziv) gerilme bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmanın sonucunda, silika kaplı partiküllerin CoJet ile püskürtülmesi ile hazırlanan rezin kompozit yüzeylerine silan uygulanmasının bağlanmayı arttırmasını beklemiş olsalar da yaptıkları çalışmada böyle bir etkinin oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda 320 grid zımpara ve CoJet ile hazırlanan yüzeylerde Clearfil SE Bond’un silan ile veya silansız kullanımı ile tamir bağlanma dayanımı değerleri aralarında fark olmadığına dair elde

ettiğimiz bulgular Wendler ve arkadaşları'nın [101] çalışma bulgularına paralellik göstermektedir.

Yine Brosh ve arkadaşları [288] tarafından yapılan çalışmada, yaşlandırmaya maruz bırakılan hibrit rezin kompozit örneklerin yüzeyine frezle, kumlama ve sodyum bikarbonat partikülleriyle pürüzlendirme, hidroflorik asit veya Carborundum taşı ile pürüzlendirme uygulanmış, ardından silan ile adeziv ve tek başına adeziv uygulamasının bağlanma dayanımı üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, silan uygulamasının bağlanma dayanımında önemli bir katkı sağlamadığı bildirilmiştir. Bu araştırmanın bulguları da on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta 320 grid zımpara ve CoJet uygulanan Grup D'de Clearfil Se Bond'un silan ile veya silansız kullanımı arasında fark olmadığına dair bulgumuz ile örtüşmektedir.

Rathke ve arkadaşları'nın [285] bir gün ya da altı ay yaşlandırmaya maruz bırakılan mikrohibrit rezin kompozit örnek yüzeylerine elmas frez ardından fosforik asit veya CoJet ile kumlama uyguladıkları çalışmada, CoJet ile kumlama yapılan yüzeye silan uygulanmasının, tek başına kumlamaya göre daha yüksek tamir bağlanma dayanımı değerlerinin oluşmasına neden olduğu bildirilmiştir. Birçok çalışma, silika partikülleri ile kumlamadan sonra silan uygulanmasının daha yüksek tamir bağlanma dayanımı elde edilmesine neden olduğu bildirilmiş ise de bazı çalışmalarda da silan uygulamasının bağlanma dayanımında önemli bir gelişmeye neden olmadığı rapor edilmiştir [285, 289, 290]. Yüzeyde bulunan doldurucu miktarına, doğasına ve boyutuna bağlı olarak silan, tamir bağlanma dayanımını arttırmada önemli bir rol oynar [94, 291]. Yine de bu tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir.

Monomer ve çözücü sistemlerin eski rezin kompozitin yüzeyine penetrasyonu, eski rezin kompozitin su emme miktarına göre değişiklik gösterebilir [292]. Birçok rezin kompozit doğası gereği hidrofobiktir. Yaşlandırmaya maruz bırakılan rezin kompozit tarafından emilen su, self-etch primerler gibi daha hidrofilik adeziv sistemlerin yüzey penetrasyonunu arttırabilir. İki aşamalı self-etch sistem olan Clearfil SE Bond, 10-metakriloyiloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) monomeri içermektedir. Yapılan bir çalışmada bu fonksiyonel monomerin diş yapısına etkili bir biçimde bağlandığı gösterilmiştir [293].

Çalışmamızda da Cavalcanti ve arkadaşları'nın (33) çalışmasına benzer olarak on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan ve sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'de Clearfil SE Bond'un tek başına kullanılması ile Single Bond Universal kullanılan gruba göre daha yüksek bağlanma değerleri elde edildiği görüldü. Elde edilen yüksek bağlanma değerleri, mevcut asidik momomerin rezin kompozitin yüzeyini ıslatmada etkili olduğunu düşündürmektedir [294].

Üniversal adezivler, rezin kompozitlerde, dental seramiklerde ve metal alaşımların kullanıldığı direkt ve indirekt restorasyonlarda kullanılmak üzere geliştirilen adeziv sistemlerdir. Etch and rinse, self etch ya da selektif etch modlarında kullanımı ile stabil ve güvenilir bağlanma dayanımını elde edilebileceği iddia edilmiştir [295]. Bu da üniversal adezivlerin silan veya diğer yüzey astarları gibi ara bağlayıcılara gerek kalmadan çeşitli yüzeylere bağlanmayı mümkün kılacağı anlamına gelmektedir. Çalışmamızda on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, kullanılan üniversal adeziv, Single Bond Universal ile Clearfil SE Bond'un silanlı veya silansız kullanımına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanım değerleri elde edildi.

Altinci ve arkadaşları'nın [255] yaptığı çalışmada, MDP monomeri içeren üniversal bir adezivin etkili bir kimyasal bağlanma oluşturmak yerine, geleneksel adezivlere benzer şekilde tamir yüzeylerine mekanik bağlanmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir. Seramik yapıya bağlanmanın yanı sıra restorasyon tamirinde önerilen silan uygulama basamağını ortadan kaldırmak amacıyla üniversal adezivlerin bazılarının içeriğine silan eklenmiştir. Böylece üniversal adezivlerin kullanım yelpazesinin genişlediği ve daha basit ve hızlı uygulama yapılabilme imkanının ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bununla birlikte bazı çalışmalar, üniversal adezivlere dahil edilen silanın, adezivlerin düşük pH'ı nedeniyle hidroliz ve dehidratasyona uğradığı, bu nedenle de uzun süreçte stabilitelerinin bozulduğunu bildirmişlerdir. Nitekim, silan içeren üniversal adezivlerin seramik yüzeylerde silan ve adezivlerin ayrı ayrı uygulanmasına göre daha düşük tamir bağlanma dayanımı gösterdiği rapor edilmiştir [296]. Silan içeren üniversal adezivlerin rezin kompozit restorasyonların tamirinde kullanılmasının bağlanma dayanımı üzerindeki etkinliği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Ayrıca, üniversal adeziv kullanımının hangi yüzeyde nasıl etki göstereceği ile ilişkili de bilgi eksikliği söz konusudur. Bu konu üzerinde çalışmalar yapılması gerekmektedir [296].

Bu çalışmada kullanılan Single Bond Universal, 10-MDP ve önceden hidroliz olmuş organosilan ajanı içerir. 10-MDP monomeri, kimyasal bağlanmaya fayda sağladığı bilinen on karbonlu fosforile asidik bir monomerdur. Silan, tamir yüzeyindeki doldurucu partikülleri ile yeni rezin matrisi arasında siloksan bağları oluşturma özelliğine sahiptir.

Atalay ve arkadaşları'nın [297] yaşlandırmaya maruz bırakılan bulk-fill rezin kompozit örneklerin yüzeyini fosforik asit, lazerli ve kumlama uygulayarak pürüzlendirdikten sonra örnek yüzeylerine Single Bond Universal adeziv uyguladıkları çalışmanın sonucunda, silan içeren universal adezivin rezin kompozit yüzeyine hiçbir uygulama yapılmadan uygulanması durumunda düşük tamir bağlanma dayanımı değerleri elde ettiklerini bildirmişlerdir. Nitekim, Akgül ve arkadaşlarının [298], farklı rezin kompozit yüzeylerine farklı kumlama sistemlerinin uygulanmasının bağlanma dayanımı üzerine etkilerinin incelediği bir çalışmada, CoJet uygulamasından sonra silan içerikli universal adeziv uygulanan grupta en yüksek tamir bağlanma dayanımı değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir.

Michelotti ve arkadaşları [296] rezin kompozitin tamirinde ayrı bir basamak olarak silan kullanımının bağlanma dayanımı üzerine etkilerini incelediklerinde, yaşlandırmaya maruz bırakılan rezin kompozit örnek yüzeylerine elmas frez, alüminyum oksit partikülleri ile veya silika kaplı partiküller ile kumlama uyguladıktan sonra farklı adeziv protokolleri (hiçbir adeziv uygulanmayan kontrol grubu, sadece universal adeziv (Scotchbond Universal), silan + universal adeziv, silan + geleneksel adeziv) uygulanmış ve takiben bağlanma dayanımları ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, rezin kompozitin rezin kompozite tamir bağlanma dayanımında silan veya sadece silan içeren universal adezivin uygulanması ile benzer bağlanma dayanımı sonuçları elde ettiklerini ve ayrıca silika kaplı partiküllerin uygulandığı grupta universal adeziv ile elde edilen bağlanma değerleri ile geleneksel adezivlerin bağlanma değerleri arasında benzerlik olduğunu bildirmişlerdir. Yine bu çalışmada, adeziv uygulanmadan sadece mekanik olarak yüzey hazırlama işlemi yapılmış negatif kontrol gruplarında ek olarak bir adeziv uygulandığı duruma göre önemli ölçüde daha düşük bağlanma dayanım değerleri elde edildiği bildirilmiştir. Bu sonuç, rezin kompozitin tamiri için adeziv uygulamasının önemini doğrulayan önceki çalışmalarla tutarlılık göstermektedir [255, 299, 300]. İlginç bir şekilde, mekanik ön işleminden sonra universal veya geleneksel adeziv uygulandığında, kumlama yapılan ve frezle aşındırılmış gruplar arasında tamir bağlanma dayanımında önemli bir fark bulunmamıştır. Böylece, adeziv uygulamasının,

literatürde daha önce bildirildiği gibi mekanik yüzey hazırlama yöntemleri arasındaki farklılıkları ortadan kaldırılabildiği iddia edilebilir [301, 302]. Bizim çalışmamızda da aynı yüzey pürüzlendirmesinin yapıldığı grupta farklı adeziv uygulamalarında elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin, aynı sıralamayı göstermemesi bu hipotezi destekler niteliktedir.

Yapılan bir çalışmada; yaşlandırmaya maruz bırakılan rezin kompozitlerin (zirkonya dolduruculu Filtek Z250 ve TPH Spectrum) tamiri için tüm örnekler yüzey pürüzlendirmesi yapılmış ardından örnek yüzeylerine silan veya primer uygulanmıştır. Takiben her grup kendi içinde üç gruba ayrılarak, her bir gruba farklı bir adeziv (Single bond, Clearfil SE Bond, Margin Bond) uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Filtek Z250'nin kullanıldığı gruplarda, tamir bağlanma dayanımları değerleri açısından gruplar arasında fark bulunamadığı, Filtek Z250'nin doldurucu oranının düşük olmasının buna neden olduğunu bildirilmiştir [287]. Bizim çalışmamızda da bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan gruplarda bu çalışmanın bulgularıyla örtüşen sonuçlar elde edildi. Çalışmamızda örneklerin hazırlanmasında kullanılan Filtek Z250'nin tamirinde bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan gruplarda, farklı adeziv uygulamaları arasında anlamlı farklılık bulunmaması, klinik olarak Filtek Z250 ile yapılan restorasyonların tamirinde çalışmamızda test edilen adeziv uygulamalarından herhangi birinin kullanılabileceği anlamına gelmektedir.

Rezin kompozit tamirinde bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde, kırılma tiplerinin de analizi yapılmaktadır. Bu yöntemin SEM ile desteklenmesi ise daha güvenilir sonuçlar almak amacıyla son derece yol gösterici olabilmektedir.

Çalışmamızda mikro bağlanma dayanımı sonucunda tüm gruplardan elde edilen kırılma tipleri incelendiğinde; bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde genelde adeziv tip kırılmanın olduğu görüldü. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde adeziv ve yüzey işlemi uygulanmayan kontrol grubunda ve de sadece adeziv uygulanan Grup B'de yüksek oranda adeziv tip kırılma gözlemlendi, yüzey pürüzlendirmesi ve adeziv uygulaması yapılan ve daha yüksek bağlanma dayanımı gözlemlenen gruplarda ise koheziv ve karma tipi kırılma daha fazla oranda görüldü. SEM görüntülerimiz de bu bulgumuzu desteklemektedir. Kırılma tipi bulgularımız bağlanma dayanımının yüksek olduğu durumlarda genelde kohesiv veya karma tip kırılma görüldüğünü bildiren çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir[303].

Literatürde tamir gerektiren restorasyona yeni rezin kompozitin bağlanma dayanımını arttırmak için fiziksel ve kimyasal yüzey işlemlerini içeren farklı yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma olmasına rağmen altın standart olarak kabul edilebilecek bir tamir protokolü konusunda fikir birliği yoktur. Yaptığımız bu tez çalışmasından elde edilen bulgular, klinikte rezin kompozit restorasyonların tamirinde yol gösterici olacaktır. Ancak, bu konuyu etkileyen faktör sayısı oldukça fazla olduğundan daha başka *in vitro* veya *in vivo* çalışmaların yapılmasına gereksinim bulunmaktadır.



6. SONUÇLAR

Hızlandırılmış yaşlandırma cihazında farklı yaşlandırma sürelerine (bir ay ve on iki ay) maruz bırakılan rezin kompozit yüzeylerine farklı tedavi protokollerinin uygulanmasının eski rezin kompozit ile tamir amacıyla kullanılan rezin kompozit arasındaki mikro makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkisinin incelendiği bu *in vitro* çalışmanın sınırları dahilinde;

1. Hem bir ay hem de on iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan deney gruplarının her ikisinde de hiçbir yüzey uygulaması ve adeziv uygulaması yapılmayan kontrol grubundan elde edilen bağlanma değerlerinin diğer deney gruplarından elde edilen bağlanma değerlerinden anlamlı derecede daha düşük olduğu tespit edildi ($p<0.05$).
2. Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, yüzey hazırlamanın tamir bağlanma dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde;
 - a) Silan + Clearfil SE Bond ve Single Bond Universal'in adeziv olarak kullanıldığı alt gruplarda, sadece adeziv uygulanan Grup B ile diğer deney gruplarının bağlanma dayanım değerleri arasında istatistiksel farklılığın olduğu görüldü ($p<0.05$). Bu grupta en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulanan Grup B'deki örneklerden elde edildiği, bunu 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C, 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D ve sadece CoJet uygulanan Grup E'nin izlediği tespit edildi.
 - b) Clearfil SE Bond'un kullanıldığı alt grupta ise sadece adeziv uygulanan Grup B'deki örnekler ile 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D ve sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p<0.05$). Ayrıca, sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri ile 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C, 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında da anlamlı farklılığın olduğu görüldü ($p<0.05$). Bu grupta en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden elde edildiği, bunu sırasıyla Grup C, Grup D ve Grup E'nin izlediği tespit edildi.
3. On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, yüzey hazırlamanın tamir bağlanma dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde;

- a) Silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond'un tek başına kullanıldığı adeziv alt gruplarında, en düşük bağlanma değerlerinin sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden elde edildiği, bunu sırasıyla Grup E, Grup D ve Grup C'nin izlediği tespit edildi. Yüzey hazırlama grupları arasındaki farklılık incelendiğinde ise bu iki adeziv alt grubunda da sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B ile Grup C ve Grup D arasında ve ayrıca sadece CoJet uygulanan Grup E ile Grup C ve Grup D arasında bağlanma dayanım değerlerinin birbirinden anlamlı derecede farklı olduğu görüldü ($p<0.05$).
 - b) Single Bond Universal'in adeziv olarak kullanıldığı alt grupta ise sadece adeziv uygulaması yapılan Grup B'deki örneklerden diğer test gruplarına göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanım değerleri elde edildi ($p<0.05$). En yüksek bağlanma dayanım değerleri ise bu grupta 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D'deki örneklerden elde edildi. Grup D ile sadece CoJet uygulanan Grup E'den elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında da anlamlı fark olduğu tespit edildi ($p<0.05$).
4. Farklı yaşlandırma süreçlerinin bağlanma dayanımı üzerine etkileri incelendiğinde;
- a) Hiçbir yüzey uygulaması ve adeziv uygulaması yapılmayan kontrol grubunda ve sadece CoJet uygulanan Grup E'de bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu görüldü ($p<0.05$). Bu da hiçbir yüzey uygulaması ve adeziv uygulaması yapılmayan kontrol grubunda ve CoJet ile hazırlanan grupta yaşlandırma sürecinin bağlanma dayanımı üzerinde etkisinin olduğunu göstermektedir.
 - b) Sadece adeziv uygulanan Grup B ve 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D'nin Single Bond Universal kullanılan adeziv alt gruplarında, bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu görüldü ($p<0.05$).
 - c) 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C'de ise sadece Clearfil SE Bond'un kullanıldığı adeziv alt grubunda, bir ay yaşlandırma ile on iki ay yaşlandırmanın sonucunda elde edilen bağlanma dayanım değerleri arasında farklılık olduğu tespit edildi ($p<0.05$).
5. Farklı adeziv uygulamasının bağlanma dayanımı üzerine etkileri incelendiğinde;
- a) Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, tüm yüzey hazırlama gruplarında adeziv grupları arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı görüldü ($p>0.05$).

- b) On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta, sadece adeziv uygulanan Grup B ve 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D’de adeziv alt grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Grup B’de adeziv alt grupları arasında ikili karşılaştırma yapıldığında tüm adeziv grupları arasında anlamlı fark olduğu ($p<0.05$), Grup D ise silan + Clearfil SE Bond ve Clearfil SE Bond arasındaki bağlanma değerleri arasında farklılık bulunmadığı ($p>0.05$), diğer ikili karşılaştırmalar arasında ise aralarında anlamlı farklılığın olduğu bulundu ($p<0.05$).
6. Kırılma tipleri karşılaştırıldığında;
- a) Bir ay yaşlandırmaya maruz bırakılan gruptaki tüm örneklerde mikro bağlanma dayanım testi sonrasında genelde koheziv ve karma tipi kırığın görüldüğü saptandı.
- b) On iki ay yaşlandırmaya maruz bırakılan grupta ise kontrol grubu ve sadece adeziv uygulanan Grup B’nin tüm adeziv alt gruplarında adeziv tip kırılmanın daha fazla görüldüğü saptandı. 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen Grup C’de silan + Clearfil SE Bond uygulanan adeziv alt grubunda koheziv, Single Bond Universal uygulanan adeziv alt grubunda karma ve Clearfil SE Bond uygulanan adeziv alt grubunda adeziv tipi kırılmanın daha fazla görüldüğü tespit edildi. 320 grid zımpara ile pürüzlendirilen + CoJet uygulanan Grup D’nin tüm adeziv alt gruplarında koheziv, CoJet uygulanan Grup E’nin tüm adeziv alt gruplarında ise karma tip kırılmanın daha fazla görüldüğü gözlemlendi.

Tüm bu bulgular doğrultusunda, *in vitro* olarak kısa süreli yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde yüzey hazırlamanın tek başına adeziv kullanımına göre tamir bağlanma dayanımının artmasına katkı sunacağı tespit edildi. Bu nedenle tamir edilecek rezin kompozit yüzeyinde CoJet kullanımı tavsiye edilebilir. Uzun süreli yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde ise farklı hazırlanan yüzeylere rezin kompozitin bağlanma dayanımında kullanılan adezive göre farklılık görüldüğü, ancak ne tip adeziv kullanılırsa kullanılsın rezin kompozit yüzeyinin pürüzlendirilmesinin bağlanma dayanımını arttıracığı tespit edildi. Bu bulguya dayanarak da 320 grid zımpara ile pürüzlendirme ve bununla birlikte CoJet kullanımının fayda sağlayacağı kanısındayız.

Çalışmadan elde ettiğimiz diğer bir bulgu da *in vitro* olarak yaşlandırma süreçlerinin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisinde, kullanılan yüzey hazırlama metodunun ve kullanılan adezivin tipine bağlı olarak farklılık görüldüğüdür. Çalışmamızın esas amacı ağız içinde uzun süre fonksiyon gören rezin kompozit restorasyona tamir yapılmasının bağlanma

dayanımı üzerine etkisini incelemek olduğundan, elde ettiğimiz bulguya dayanarak rezin kompozit yüzeyinin pürüzlendirilmesinin bağlanma dayanımını arttıracakını söyleyebiliriz.

Adeziv uygulamasının *in vitro* olarak kısa süre yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde bağlanma dayanımı üzerinde kullanılan adezivin tipinin etkisinin olmadığı görüldü. Uzun süre yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde ise sadece adeziv uygulanan grupta silan ile birlikte self etch adeziv, Clearfil SE Bond'un kullanıldığı grupta daha yüksek bağlanma dayanım değerleri elde edilirken, 320 grid zımpara ile pürüzlendirme sonrası CoJet uygulanan grupta silan içeren Single Bond Universal uygulanan adeziv alt grubunda daha yüksek bağlanma dayanım değerleri elde edildi. Bu bulgumuzda, uzun süre ağız ortamında fonksiyon gören rezin kompozit restorasyonların tamirinde kullanacağımız adezivi seçerken yüzey hazırlama metodunu da göz önüne alarak seçim yapmamız gerektiğini göstermektedir.

Elde ettiğimiz tüm bulgular göz önüne alındığında, rezin kompozitin tamir sürecini etkileyen değişkenlerin çok fazla olması nedeniyle, *in vivo* olarak da rezin kompozitin kanıta dayalı bir tamir protokolünün oluşturulması amacıyla başka çalışmaların da yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Rinastiti, M., Özcan, M., Siswomihardjo, W., and Busscher, H. J. (2011). Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clinical Oral Investigations*, 15(5), 625-633.
2. Bektas, Ö. Ö., Eren, D., Siso, S. H., and Akin, G. E. (2012). Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers in Medical Science*, 27(4), 723-728.
3. Blum, I., Schriever, A., Heidemann, D., Mjör, I., and Wilson, N. (2003). The repair of direct composite restorations: an international survey of the teaching of operative techniques and materials. *European Journal of Dental Education*, 7(1), 41-48.
4. Demarco, F. F., Collares, K., Correa, M. B., Cenci, M. S., MORAES, R. R. d., and Opdam, N. J. (2017). Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Brazilian Oral Research*, 31(1), 56.
5. Loomans, B. A., and Özcan, M. (2016). Intraoral repair of direct and indirect restorations: procedures and guidelines. *Operative Dentistry*, 41(S7), S68-S78.
6. Mjör, I. A. (2005). Clinical diagnosis of recurrent caries. *The Journal of the American Dental Association*, 136(10), 1426-1433.
7. Akova, T., Ozkomur, A., and Uysal, H. (2006). Effect of food-simulating liquids on the mechanical properties of provisional restorative materials. *Dental Materials*, 22(12), 1130-1134.
8. Sarkar, N. K. (2000). Internal corrosion in dental composite wear: its significance and simulation. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 53(4), 371-380.
9. Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., and D'Arcangelo, C. (2014). Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, 295-308.
10. Özcan, M., Barbosa, S. H., Melo, R. M., Galhano, G. A. P., and Bottino, M. A. (2007). Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dental Materials*, 23(10), 1276-1282.
11. Papacchini, F., Dall Oca, S., Chieffi, N., Goracci, C., Sadek, F. T., and Suh, B. I. (2007). Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(1), 25-31.
12. Swift Jr, E., LeValley, B., and Boyer, D. (1992). Evaluation of new methods for composite repair. *Dental Materials*, 8(6), 362-365.

13. Fawzy, A. S., El-Askary, F. S., and Amer, M. A. (2008). Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *Journal of Dentistry*, 36(12), 969-976.
14. Bouschlicher, M. R., Reinhardt, J. W., and Vargas, M. A. (1997). Surface treatment techniques for resin composite repair. *American Journal of Dentistry*, 10(6), 279-283.
15. Costa, T. R., Ferreira, S., Klein-Júnior, C., Loguercio, A., and Reis, A. (2010). Durability of surface treatments and intermediate agents used for repair of a polished composite. *Operative Dentistry*, 35(2), 231-237.
16. Swift, J. E., Cloe, B., and Boyer, D. (1994). Effect of a silane coupling agent on composite repair strengths. *American Journal of Dentistry*, 7(4), 200-202.
17. Junior, S. A. R., Ferracane, J. L., and Della Bona, Á. (2009). Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dental Materials*, 25(4), 442-451.
18. Piwowarczyk, A., Lauer, H., and Sorensen, J. A. (2005). The shear bond strength between luting cements and zirconia ceramics after two pre-treatments. *Operative Dentistry*, 30(3), 382-388.
19. Al-Dohan, H. M., Yaman, P., Dennison, J. B., Razzoog, M. E., and Lang, B. R. (2004). Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(4), 349-355.
20. Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., and Neves, A. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), e100-e121.
21. Moraes, R., Goncalves, L. d. S., Lancellotti, A., Consani, S., Correr-Sobrinho, L., and Sinhoret, M. (2009). Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative Dentistry*, 34(5), 551-557.
22. Craig, R. G., Powers, J., and Wataha, J. (1997). Direct esthetic restorative materials. *Restorative Dental Materials*, 9, 248-82.
23. Hickel, R., Dasch, W., Janda, R., Tyas, M., and Anusavice, K. (1998). New direct restorative materials. *International Dental Journal*, 48(1), 3-16.
24. Jackson, R. D., and Morgan, M. (2000). The new posterior resins and a simplified placement technique. *The Journal of the American Dental Association*, 131(3), 375-383.
25. Nicholson, J. W. (2002). *The chemistry of medical and dental materials*. Royal Society of Chemistry, P001-251.
26. Wei, S. H., and Tang, E. L. (1994). Composite Resins: A Review of the Types, Properties and Restoration Techniques. *Annals of Dentistry University of Malaya*, 1(1), 28-33.

27. Kwon, T. Y., Bagheri, R., Kim, Y. K., Kim, K. H., and Burrow, M. F. (2012). Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 3(1), 3-16.
28. Dayangaç, G.B. (2000). *Kompozit rezin restorasyonlar*. Ankara: Güneş Kitabevi Ltd.Sti.
29. Klapdohr, S., and Moszner, N. (2005). New inorganic components for dental filling composites. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 136(1), 21-45.
30. Ferracane, J. L. (2008). Placing dental composites—a stressful experience. *Operative Dentistry*, 33(3), 247-257.
31. Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., and Vanherle, G. (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dental Materials*, 15(2), 128-137.
32. Anusavice, K. J., Shen, C., and Rawls, H. R. (2012). *Phillips' science of dental materials*. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders.
33. Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M., and Vanherle, G. (1993). Composite resins in the 21st century. *Quintessence International*, 24(9), 641-658.
34. Bayırlı, G., Şirin, Ş. (1982). *Konservatif Diş Tedavisi*. İstanbul: Dünya Tıp Kitabevi Ltd. Şti.
35. Craig, R. G. (1981). Chemistry, composition, and properties of composite resins. *Dental Clinics of North America*, 25(2), 219-239.
36. Craig, R. G., Powers, J. M., and Sakaguchi, R. L. (2006). *Craig's restorative dental materials*. St. Louis, Mo: Mosby Elsevier.
37. Kim, K.-H., Ong, J. L., and Okuno, O. (2002). The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6), 642-649.
38. Rodrigues Junior, S. A., Zanchi, C. H., Carvalho, R. V. d., and Demarco, F. F. (2007). Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites. *Brazilian Oral Research*, 21(1), 16-21.
39. Randolph, L. D., Palin, W. M., Leloup, G., and Leprince, J. G. (2016). Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dental Materials*, 32(12), 1586-1599.
40. Mota, E. G., Oshima, H., Burnett Jr, L. H., Pires, L., and Rosa, R. S. (2006). Evaluation of diametral tensile strength and Knoop microhardness of five nanofilled composites in dentin and enamel shades. *Stomatologija*, 8(3), 67-69.
41. Mitra, S. B., Wu, D., and Holmes, B. N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*, 134(10), 1382-1390.

42. Swift Jr, E. J. (1998). Literature Review Bonding systems for restorative materials-a comprehensive review. *Pediatric Dentistry*, 20(2), 80-84.
43. Cramer, N., Stansbury, J., and Bowman, C. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of Dental Research*, 90(4), 402-416.
44. Moraes, R. R. d., Ribeiro, D. d. S., Klumb, M. M., Brandt, W. C., Correr-Sobrinho, L., and Bueno, M. (2008). In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composites: packable, microhybrid, nanohybrid and microfilled materials. *Brazilian Oral Research*, 22(2), 112-118.
45. Turssi, C. P., de Moraes Purquerio, B., and Serra, M. C. (2003). Wear of dental resin composites: insights into underlying processes and assessment methods—a review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 65(2), 280-285.
46. Lopes, G. C., Vieira, L. C. C., and Araujo, E. (2004). Direct composite resin restorations: a review of some clinical procedures to achieve predictable results in posterior teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(1), 19-31.
47. Black, G. V., and Black, A. D. (1920). *A Work on Operative Dentistry in Two Volumes*. Chicago: Medico-Dental Publishing Company.
48. Ferracane, J. L. (1995). Current trends in dental composites. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 6(4), 302-318.
49. Dayangaç, B. (2011). *Kompozit Restorasyonlar*. Ankara: Quintessence Yayıncılık.
50. Da Rosa Rodolpho, P. A., Cenci, M. S., Donassollo, T. A., Loguércio, A. D., and Demarco, F. F. (2006). A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *Journal of Dentistry*, 34(7), 427-435.
51. Rodolpho, P. A. D. R., Donassollo, T. A., Cenci, M. S., Loguércio, A. D., Moraes, R. R., and Bronkhorst, E. M. (2011). 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dental Materials*, 27(10), 955-963.
52. Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Roeters, J. M., and Loomans, B. A. (2007). Longevity and reasons for failure of sandwich and total-etch posterior composite resin restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(5), 469-475.
53. Opdam, N., Bronkhorst, E., Loomans, B., and Huysmans, M.C. (2010). 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *Journal of Dental Research*, 89(10), 1063-1067.
54. Maltz, M., Oliveira, E., Fontanella, V., and Carminatti, G. (2007). Deep caries lesions after incomplete dentine caries removal: 40-month follow-up study. *Caries Research*, 41(6), 493-496.

55. Hevinga, M., Opdam, N., Frencken, J., Truin, G., and Huysmans, M. (2010). Does incomplete caries removal reduce strength of restored teeth? *Journal of Dental Research*, 89(11), 1270-1275.
56. Loomans, B., Opdam, N., Roeters, F., Bronkhorst, E., Burgersdijk, R., and Dörfer, C. (2006). A randomized clinical trial on proximal contacts of posterior composites. *Journal of Dentistry*, 34(4), 292-297.
57. Burke, F., Hussain, A., Nolan, L., and Fleming, G. (2008). Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 16(4), 158-165.
58. Demarco, F. F., Corrêa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., and Opdam, N. J. (2012). Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dental Materials*, 28(1), 87-101.
59. Bogacki, R., Hunt, R., Del Aguila, M., and Smith, W. (2002). Survival analysis of posterior restorations using an insurance claims database. *Operative Dentistry*, 27(5), 488-492.
60. Correa, M. B., Peres, M. A., Peres, K. G., Horta, B. L., Barros, A. J., and Demarco, F. F. (2013). Do socioeconomic determinants affect the quality of posterior dental restorations? A multilevel approach. *Journal of Dentistry*, 41(11), 960-967.
61. Chung, S., Yap, A., Tsai, K., and Yap, F. (2005). Elastic modulus of resin-based dental restorative materials: A microindentation approach. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 72(2), 246-253.
62. Krämer, N., García-Godoy, F., and Frankenberger, R. (2005). Evaluation of resin composite materials. Part II: in vivo investigations. *American Journal of Dentistry*, 18(2), 75-81.
63. White, J. M., and Eakle, W. S. (2000). Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 131(1), 13S-19S.
64. Murdoch-Kinch, C. A., and McLEAN, M. E. (2003). Minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 134(1), 87-95.
65. Demarco, F. F., Collares, K., Coelho-de-Souza, F. H., Correa, M. B., Cenci, M. S., and Moraes, R. R. (2015). Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental Materials*, 31(10), 1214-1224.
66. Van de Sande, F., Opdam, N., Da Rosa Rodolpho, P., Correa, M., Demarco, F., and Cenci, M. (2013). Patient risk factors' influence on survival of posterior composites. *Journal of Dental Research*, 92(7), S78-S83.
67. Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Roeters, J. M., and Loomans, B. A. (2007). A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dental Materials*, 23(1), 2-8.

68. Bernardo, M., Luis, H., Martin, M. D., Leroux, B. G., Rue, T., and Leitão, J. (2007). Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *The Journal of the American Dental Association*, 138(6), 775-783.
69. Soncini, J. A., Maserejian, N. N., Trachtenberg, F., Tavares, M., and Hayes, C. (2007). The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings From the New England Children's Amalgam Trial. *The Journal of the American Dental Association*, 138(6), 763-772.
70. Laske, M., Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Braspenning, J. C., and Huysmans, M. (2016). Ten-year survival of class II restorations placed by general practitioners. *JDR Clinical & Translational Research*, 1(3), 292-299.
71. Laske, M., Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Braspenning, J. C., and Huysmans, M. C. D. (2016). Longevity of direct restorations in Dutch dental practices. Descriptive study out of a practice based research network. *Journal of Dentistry*, 46, 12-17.
72. Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Loomans, B. A., and Huysmans, M.-C. D. (2012). Longevity of repaired restorations: a practice based study. *Journal of Dentistry*, 40(10), 829-835.
73. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., and Vijay, P. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28(3), 215-235.
74. Manhart, J., Chen, H., Hamm, G., and Hickel, R. (2004). Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Operative Dentistry*, 29(5), 481-508.
75. Loomans, B. A., Cardoso, M. V., Roeters, F., Opdam, N., De Munck, J., and Huysmans, M. (2011). Is there one optimal repair technique for all composites? *Dental Materials*, 27(7), 701-709.
76. Gordan, V. V., Riley III, J. L., Blaser, P. K., Mondragon, E., Garvan, C. W., and Mjör, I. A. (2011). Alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations: results of a seven-year clinical study. *The Journal of the American Dental Association*, 142(7), 842-849.
77. Eow, J., Duane, B., Solaiman, A., Hussain, U., Lemasney, N., and Ang, R. (2019). What evidence do economic evaluations in dental care provide? A scoping review. *Community Dental Health*, 36(2), 118-125.
78. Rinastiti, M., Özcan, M., Siswomihardjo, W., and Busscher, H. J. (2010). Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *Journal of Dentistry*, 38(1), 29-38.
79. Fernández, E., Martín, J., Vildósola, P., Junior, O. O., Gordan, V., and Mjor, I. (2015). Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *Journal of Dentistry*, 43(2), 279-286.

80. Blum, I., Mjör, I., Schriever, A., Heidemann, D., and Wilson, N. (2003). Defective direct composite restorations--replace or repair? A survey of teaching in Scandinavian dental schools. *Swedish Dental Journal*, 27(3), 99-104.
81. Ericson, D., Kidd, E., McComb, D., Mjör, I., and Noack, M. J. (2003). Minimally invasive dentistry—concepts and techniques in cariology. *Oral Health Preventive Dentistry*, 1(1), 59-72.
82. Blum, I. (2008). The management of failing direct composite restorations: replace or repair. *Successful Posterior Composites*. London, UK: Quintessence Publishing Company.
83. Blum, I. R., Lynch, C. D., and Wilson, N. (2012). Teaching of the repair of defective composite restorations in Scandinavian dental schools. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39(3), 210-216.
84. Blum, I. R., Lynch, C. D., and Wilson, N. H. (2014). Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 6, 81-87.
85. Hickel, R., Peschke, A., Tyas, M., Mjör, I., Bayne, S., and Peters, M. (2010). FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations—update and clinical examples. *Clinical Oral Investigations*, 14(4), 349-366.
86. Erdemir, A., Eldeniz, A., and Belli, S. (2004). Kompozit rezinlerin tamirinde farklı bonding sistemlerin kullanılması. *Cumhuriyet Dental Journal*, 7(1), 7-10.
87. Estay, J., Martín, J., Viera, V., Valdivieso, J., Bersezio, C., and Vildosola, P. (2018). 12 years of repair of amalgam and composite resins: a clinical study. *Operative dentistry*, 43(1), 12-21.
88. Blum, I. R., and Lynch, c. D. (2014). Repair versus replacement of defective direct dental restorations in posterior teeth of adults. *Primary Dental Journal*, 3(2), 62-67.
89. Heintze, S. D., Rousson, V., and Hickel, R. (2015). Clinical effectiveness of direct anterior restorations—a meta-analysis. *Dental Materials*, 31(5), 481-495.
90. Krejci, I., Lieber, C. M., and Lutz, F. (1995). Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dental Materials*, 11(1), 34-40.
91. Loomans, B., Cardoso, M., Opdam, N., Roeters, F., De Munck, J., and Huysmans, M. (2011). Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *Journal of Dentistry*, 39(7), 499-505.
92. Kirmali, O., Akin, H., and Kapdan, A. (2014). Evaluation of the surface roughness of zirconia ceramics after different surface treatments. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(6), 432-439.

93. Özcan, M., Corazza, P. H., Marocho, S. M. S., Barbosa, S. H., and Bottino, M. A. (2013). Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), 1751-1758.
94. Hisamatsu, N., Atsuta, M., and Matsumura, H. (2002). Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(7), 644-648.
95. Kupiec, K., and Barkmeier, W. W. (1996). Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Operative Dentistry*, 21(2), 59-62.
96. Hemadri, M., Saritha, G., Rajasekhar, V., Pachlag, K. A., Purushotham, R., and Reddy, V. K. K. (2014). Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: an in vitro study. *Journal of International Oral Health*, 6(6), 22-25.
97. Jain, S., Parkash, H., Gupta, S., and Bhargava, A. (2013). To evaluate the effect of various surface treatments on the shear bond strength of three different intraoral ceramic repair systems: an in vitro study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 13(3), 315-320.
98. Banerjee, A., and Watson, T. F. (2002). Air abrasion: its uses and abuses. *Dental Update*, 29(7), 340-346.
99. Jingrwar, M., Bajwa, N., and Pathak, A. (2014). Minimal intervention dentistry—a new frontier in clinical dentistry. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(7), ZE04-ZE08.
100. Boyde, A. (1984). Airpolishing effects on enamel, dentine, cement and bone. *British Dental Journal*, 156(8), 287-291.
101. Wendler, M., Belli, R., Panzer, R., Skibbe, D., Petschelt, A., and Lohbauer, U. (2016). Repair bond strength of aged resin composite after different surface and bonding treatments. *Materials*, 9(7), 547.
102. Shin, Y. J., Shin, Y., Yi, Y. A., Kim, J., Lee, I. B., and Cho, B. H. (2014). Evaluation of the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic after different surface treatments. *Scanning: The Journal of Scanning Microscopies*, 36(5), 479-486.
103. Darvell, B., Samman, N., Luk, W., Clark, R., and Tideman, H. (1995). Contamination of titanium castings by aluminium oxide blasting. *Journal of Dentistry*, 23(5), 319-322.
104. Underhill, P., and Duquesnay, D. (2000). *Corrosion resistance imparted to aluminum by silane coupling agents*. Silanes and other coupling agents. Boca Raton, FL: CRC Press, 149.
105. Chintapalli, R. K., Marro, F. G., Jimenez-Pique, E., and Anglada, M. (2013). Phase transformation and subsurface damage in 3Y-TZP after sandblasting. *Dental Materials*, 29(5), 566-572.

106. Mansueto, M. A., Verrett, R. G., and Phoenix, R. D. (2007). Microabrasion of cast metal margins—a warning. *Journal of Prosthodontics*, 16(2), 136-140.
107. Walsh, L. (2003). The current status of laser applications in dentistry. *Australian Dental Journal*, 48(3), 146-155.
108. Malta, D., Kreidler, M., Villa, G., de Andrade, M., Fontana, C., and Lizarelli, R. (2006). Bond strength of adhesive restorations to Er: YAG laser-treated dentin. *Laser Physics Letters*, 4(2), 153-156.
109. Keller, U., and Hibst, R. (1989). Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers in Surgery and Medicine*, 9(4), 345-351.
110. Bader, C., and Krejci, I. (2006). Indications and limitations of Er: YAG laser applications in dentistry. *American Journal of Dentistry*, 19(3), 178-186.
111. Hasan, N. H. (2012). The Influence of Er: YAG Laser, Alumi-num oxide and diamond bur on surface treatment of Aged Composite Resin to Repair Restoration. *Al-Rafidain Dental Journal*, 12(20), 257-265.
112. Rossato, D., Bandeca, M. C., Saade, E., Lizarelli, R., Bagnato, V., and Saad, J. R. C. (2009). Influence of Er: YAG laser on surface treatment of aged composite resin to repair restoration. *Laser Physics*, 19(11), 2144.
113. Kimyai, S., Mohammadi, N., Navimipour, E. J., and Rikhtegaran, S. (2010). Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(S2), S25-S30.
114. Tezvergil, A., Lassila, L., and Vallittu, P. (2003). Composite–composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *Journal of Dentistry*, 31(8), 521-525.
115. Rosentritt, M., Behr, M., Kolbeck, C., Lang, R., and Handel, G. (2000). In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 8(3), 107-112.
116. Haselton, D. R., Diaz-Arnold, A. M., and Dunne Jr, J. T. (2001). Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 526-531.
117. Filho, A. M., Vieira, L. C. C., Araújo, É., and Monteiro Júnior, S. (2004). Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *Journal of Prosthodontics*, 13(1), 28-35.
118. Soares, C. J., Giannini, M., Oliveira, M. T. d., Paulillo, L. A. M. S., and Martins, L. R. M. (2004). Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. *Journal of Applied Oral Science*, 12(1), 45-50.

119. Özcan, M., Matinlinna, J. P., Vallittu, P. K., and Huysmans, M. C. (2004). Effect of drying time of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dental Materials*, 20(6), 586-590.
120. Eliasson, S. T., and Dahl, J. E. (2017). Effect of curing and silanizing on composite repair bond strength using an improved micro-tensile test method. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 3(1), 21-29.
121. Shafiei, F., Akbarian, S., and Daryadar, M. (2015). Effect of intermediate agents and preheated composites on repair bond strength of silorane-based composites. *Journal of Dentistry*, 12(9), 669-677.
122. Malacarne, J., Carvalho, R. M., Mario, F., Svizero, N., Pashley, D. H., and Tay, F. R. (2006). Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dental Materials*, 22(10), 973-980.
123. Hannig, C., Laubach, S., Hahn, P., and Attin, T. (2006). Shear bond strength of repaired adhesive filling materials using different repair procedures. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8(1), 35-40.
124. Vankerckhoven, H., Lambrechts, P., Van Beylen, M., Davidson, C., and Vanherle, G. (1982). Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *Journal of Dental Research*, 61(6), 791-796.
125. Packham, D. E. (1992). Handbook of adhesion. Burnt Mill, Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical, 18-20.
126. Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., and Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), e11-e16.
127. Soderholm, K. (2007). Dental adhesives.... how it all started and later evolved. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(2), 227-230.
128. Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., and Poitevin, A. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-3785.
129. Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., and Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia*, 8(1), 1-17.
130. Bowen, R. (1965). Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. *Journal of Dental Research*, 44(5), 895-902.
131. Kugel, G., and Ferrari, M. (2000). The science of bonding: from first to sixth generation. *The Journal of the American Dental Association*, 131(1), 20S-25S.
132. Retief, D., and Denys, F. (1989). Adhesion to enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 2, 133-144.

133. Asmussen, E., and Munksgaard, E. (1988). Bonding of restorative resins to dentine: status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. *International Dental Journal*, 38(2), 97-104.
134. Latta, M. A., and Barkmeier, W. W. (1998). Dental adhesives in contemporary restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*, 42(4), 567-577.
135. Barkmeier, W. W., and Cooky, R. L. (1989). Resin adhesive systems: in vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1(2), 67-72.
136. Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., and Carrilho, M. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 1-16.
137. Kanca III, J. (1992). Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence International*, 23(1), 39-41.
138. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., and Vanherle, G. (1992). Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *Journal of Dental Research*, 71(8), 1530-1540.
139. Van Meerbeek, B., Dhem, A., Goret-Nicaise, M., Braem, M., Lambrechts, P., and Vanherle, G. (1993). Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *Journal of Dental Research*, 72(2), 495-501.
140. Holtan, J., Nystrom, G., Rensch, S., Phelps, R., and Douglas, W. (1993). Microleakage of five dentinal adhesives. *Operative Dentistry*, 19(5), 189-193.
141. Mason, P., Calabrese, M., and Graif, L. (1998). Modified extrusion shear bond strength of the new 3M adhesive. *In Journal of Dental Research*, 77(5), 1239-1239.
142. Ferrari, M., Goracci, G., and Garcia-Godoy, F. (1997). Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 10(5), 224-230.
143. Dunn, J. (2003). iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 24(2), 14-18.
144. Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., and Van Landuyt, K. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17-28.
145. Inoue, S., Vargas, M. A., Abe, Y., Yoshida, Y., Lambrechts, P., and Vanherle, G. (2003). Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. *American Journal of Dentistry*, 16(5), 329-334.
146. Fabianelli A., Vichi A., Kugel G., and Ferrari M. (2000, April). *Influence of self-etching-priming bonding systems on sealing ability of Class II restorations: leakage and SEM evaluation*. Paper presented at annual meeting of the International Association for Dental Research, Washington, D.C.

147. Moszner, N., Salz, U., and Zimmermann, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel–dentin adhesives: a systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 895-910.
148. Alex, G. (2008). Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. *Oral Health*, 98(4), 109-119.
149. Tay, F. R., and Pashley, D. H. (2003). Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal-Canadian Dental Association*, 69(11), 726-732.
150. Pashley, D. H., and Tay, F. R. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*, 17(5), 430-444.
151. Başaran, G., Özer, T., and Devocioğlu Kama, J. (2009). Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *The European Journal of Orthodontics*, 31(3), 271-275.
152. Kasraei, S., Atai, M., Khamverdi, Z., and Nejad, S. K. (2009). The effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences*, 6(2), 36-41.
153. Joseph, P., Yadav, C., Satheesh, K., and Rahna, R. (2013). Comparative evaluation of the bonding efficacy of sixth, seventh and eighth generation bonding agents: an in vitro study. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(9), 143-147.
154. Karami Nogourani, M., Javadi Nejad, S., and Homayunzadeh, M. (2010). Sealant Microleakage in saliva-contaminated enamel: Comparison between three adhesive systems. *Shahid Beheshti University Dental Journal*, 27(4), 197-204.
155. McLean, D., Meyers, E., Guillory, V., and Vandewalle, K. (2015). Enamel bond strength of new universal adhesive bonding agents. *Operative Dentistry*, 40(4), 410-417.
156. Loguercio, A. D., Muñoz, M. A., Luque-Martinez, I., Hass, V., Reis, A., and Perdigão, J. (2015). Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *Journal of Dentistry*, 43(9), 1060-1070.
157. Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., Hashimoto, M., Peumans, M., and Lambrechts, P. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental Materials Journal*, 24(1), 1-13.
158. Chen, C., Niu, L.-N., Xie, H., Zhang, Z.-Y., Zhou, L.-Q., and Jiao, K. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine—Old wine in new bottles? *Journal of dentistry*, 43(5), 525-536.
159. Muñoz, M. A., Luque, I., Hass, V., Reis, A., Loguercio, A. D., and Bombarda, N. H. C. (2013). Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *Journal of Dentistry*, 41(5), 404-411.
160. Muñoz, M., Luque-Martinez, I., Malaquias, P., Hass, V., Reis, A., and Campanha, N. (2015). In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Operative Dentistry*, 40(3), 282-292.

161. Wagner, A., Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., and Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *Journal of Dentistry*, 42(7), 800-807.
162. Marchesi, G., Frassetto, A., Mazzoni, A., Apolonio, F., Diolosa, M., and Cadenaro, M. (2014). Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *Journal of Dentistry*, 42(5), 603-612.
163. Klein-Junior, C. A., Zander-Grande, C., Amaral, R., Stanislawczuk, R., Garcia, E. J., and Baumhardt-Neto, R. (2008). Evaporating solvents with a warm air-stream: effects on adhesive layer properties and resin–dentin bond strengths. *Journal of Dentistry*, 36(8), 618-625.
164. Pongprueksa, P., Miletic, V., De Munck, J., Brooks, N., Meersman, F., and Nies, E. (2014). Effect of evaporation on the shelf life of a universal adhesive. *Operative Dentistry*, 39(5), 500-507.
165. da Rosa, W. L. d. O., Piva, E., and da Silva, A. F. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(7), 765-776.
166. Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., and Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, 21(9), 864-881.
167. El Mourad, A. M. (2018). Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature. *The Open Dentistry Journal*, 12, 664-678.
168. Pashley, D. H., Sano, H., Ciucchi, B., Yoshiyama, M., and Carvalho, R. M. (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental Materials*, 11(2), 117-125.
169. McDonough, W. G., Antonucci, J. M., He, J., Shimada, Y., Chiang, M. Y., and Schumacher, G. E. (2002). A microshear test to measure bond strengths of dentin–polymer interfaces. *Biomaterials*, 23(17), 3603-3608.
170. Leloup, G., D'Hoore, W., Bouter, D., Degrange, M., and Vreven, J. (2001). Concise review biomaterials & bioengineering: Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence. *Journal of Dental Research*, 80(7), 1605-1614.
171. Phrukkanon, S., Burrow, M., and Tyas, M. (1998). Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dental Materials*, 14(2), 120-128.
172. Tantbirojn, D., Cheng, Y.-S., Versluis, A., Hodges, J. S., and Douglas, W. (2000). Nominal shear or fracture mechanics in the assessment of composite–dentin adhesion? *Journal of Dental Research*, 79(1), 41-48.
173. Hu, M., Weiger, R., and Fischer, J. (2016). Comparison of two test designs for evaluating the shear bond strength of resin composite cements. *Dental Materials*, 32(2), 223-232.

174. Zanatta, R., Lungova, M., Borges, A., Torres, C., Sydow, H., and Wiegand, A. (2017). Microleakage and shear bond strength of composite restorations under cycling conditions. *Operative Dentistry*, 42(2), E71-E80.
175. Versluis, A., Tantbirojn, D., and Douglas, W. H. (1997). Why do shear bond tests pull out dentin? *Journal of Dental Research*, 76(6), 1298-1307.
176. Abreu, A., Loza, M. A., Elias, A., Mukhopadhyay, S., Looney, S., and Rueggeberg, F. A. (2009). Tensile bond strength of an adhesive resin cement to different alloys having various surface treatments. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(2), 107-118.
177. Kern, M., Barloi, A., and Yang, B. (2009). Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *Journal of Dental Research*, 88(9), 817-822.
178. Braga, R. R., Meira, J. B., Boaro, L. C., and Xavier, T. A. (2010). Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dental Materials*, 26(2), e38-e49.
179. Libeck, W., Elsayed, A., Lehmann, F., and Kern, M. (2017). Efficacy of different surface treatments for intraoral repair of veneered zirconia frameworks. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 19(4), 323-329.
180. Pashley, D. H., Carvalho, R. M., Sano, H., Nakajima, M., Yoshiyama, M., and Shono, Y. (1999). The microtensile bond test: A review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 1(4), 299-309.
181. Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., and Carvalho, R. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236-240.
182. Shimada, Y., Senawongse, P., Harnirattisai, C., Burrow, M., Nakaoki, Y., and Tagami, J. (2002). Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Operative Dentistry*, 27(4), 403-409.
183. Elmas, M. S., Başaran, E. G., and İzgi, A. D. (2021). Diş hekimliğinde kullanılan bağlanma dayanımı test metotları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 283-288.
184. Sultana, N., Nawal, R. R., Chaudhry, S., Sivakumar, M., and Talwar, S. (2018). Effect of acid etching on the micro-shear bond strength of resin composite–calcium silicate interface evaluated over different time intervals of bond aging. *Journal of Conservative Dentistry*, 21(2), 194-197.
185. El Wakeel, A. M., Elkassas, D. W., and Yousry, M. M. (2015). Bonding of contemporary glass ionomer cements to different tooth substrates; microshear bond strength and scanning electron microscope study. *European Journal of Dentistry*, 9(2), 176-182.
186. Salz, U., and Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue—a review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(5), 343-371.

187. Meiers, J. C., Kazemi, R. B., and Donadio, M. (2003). The influence of fiber reinforcement of composites on shear bond strengths to enamel. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(4), 388-393.
188. Oskoe, S. K., Drummond, J. L., and Rockne, K. J. (2019). The effect of esterase enzyme on aging dental composites. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 107(6), 2178-2184.
189. Sau, C., Oh, G., Koh, H., Chee, C., and Lim, C. (1999). Shear bond strength of repaired composite resins using a hybrid composite resin. *Operative Dentistry*, 24(3), 156-161.
190. Frankenberger, R., Krämer, N., Ebert, J., Lohbauer, U., Käppel, S., and Petschelt, A. (2003). Fatigue behavior of the resin-resin bond of partially replaced resin-based composite restorations. *American Journal of Dentistry*, 16(1), 17-22.
191. Soderholm, K.-J., and Roberts, M. (1990). Influence of water exposure on the tensile strength of composites. *Journal of Dental Research*, 69(12), 1812-1816.
192. Söderholm, K., and Richards, N. (1998). Wear resistance of composites: a solved problem? *General Dentistry*, 46(3), 256-263; quiz 264-265.
193. De Munck, J. d., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., and Braem, M. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118-132.
194. Yiu, C., King, N., Pashley, D. H., Suh, B., Carvalho, R., and Carrilho, M. (2004). Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials*, 25(26), 5789-5796.
195. De Munck, J. (2005). Influence of a shock absorbing layer on the fatigue resistance of a dentin-biomaterial interface. *European Journal of Oral Sciences*, 113, 1-6.
196. De Munck, J., Braem, M., Wevers, M., Yoshida, Y., Inoue, S., and Suzuki, K. (2005). Micro-rotary fatigue of tooth–biomaterial interfaces. *Biomaterials*, 26(10), 1145-1153.
197. Gale, M., and Darvell, B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89-99.
198. Amaral, F. L., Colucci, V., Palma-Dibb, R. G., and Corona, S. A. (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(6), 340-353.
199. Shono, Y., Terashita, M., Shimada, J., Kozono, Y., Carvalho, R. M., and Russell, C. M. (1999). Durability of resin-dentin bonds. *Journal of Adhesive Dentistry*, 1(3), 211-218.
200. Fukushima, T., Inoue, Y., Miyazaki, K., and Itoh, T. (2001). Effect of primers containing N-methylolacrylamide or N-methylolmethacrylamide on dentin bond durability of a resin composite after 5 years. *Journal of Dentistry*, 29(3), 227-234.

201. De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., and Suzuki, K. (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *Journal of Dental Research*, 82(2), 136-140.
202. Burrow, M. F., Satoh, M., and Tagami, J. (1996). Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dental Materials*, 12(5-6), 302-307.
203. Kato, G., and Nakabayashi, N. (1998). The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. *Dental Materials*, 14(5), 347-352.
204. Kitasako, Y., Burrow, M., Nikaido, T., and Tagami, J. (2000). The influence of storage solution on dentin bond durability of resin cement. *Dental Materials*, 16(1), 1-6.
205. Armstrong, S., Keller, J., and Boyer, D. (2001). The influence of water storage and C-factor on the dentin–resin composite microtensile bond strength and debond pathway utilizing a filled and unfilled adhesive resin. *Dental Materials*, 17(3), 268-276.
206. Armstrong, S., Keller, J., and Boyer, D. (2001). Mode of failure in the dentin-adhesive resin–resin composite bonded joint as determined by strength-based (μ TBS) and fracture-based (CNSB) mechanical testing. *Dental Materials*, 17(3), 201-210.
207. Santerre, J., Shajii, L., and Leung, B. (2001). Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 12(2), 136-151.
208. Finer, Y., and Santerre, J. (2004). Salivary esterase activity and its association with the biodegradation of dental composites. *Journal of Dental Research*, 83(1), 22-26.
209. Yoshida, E., Hashimoto, M., Hori, M., Kaga, M., Sano, H., and Oguchi, H. (2004). Deproteinizing effects on resin–tooth bond structures. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 68(1), 29-35.
210. Yamauti, M., Hashimoto, M., Sano, H., Ohno, H., Carvalho, R., and Kaga, M. (2003). Degradation of resin–dentin bonds using NaOCl storage. *Dental Materials*, 19(5), 399-405.
211. De Munck, J., Ermis, R. B., Koshiro, K., Inoue, S., Ikeda, T., and Sano, H. (2007). NaOCl degradation of a HEMA-free all-in-one adhesive bonded to enamel and dentin following two air-blowing techniques. *Journal of Dentistry*, 35(1), 74-83.
212. Toledano, M., Osorio, R., Albaladejo, A., Aguilera, F. S., and Osorio, E. (2006). Differential effect of in vitro degradation on resin–dentin bonds produced by self-etch versus total-etch adhesives. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 77(1), 128-135.

213. Monticelli, F., Osorio, R., Pisani-Proença, J., and Toledano, M. (2007). Resistance to degradation of resin–dentin bonds using a one-step HEMA-free adhesive. *Journal of Dentistry*, 35(2), 181-186.
214. Hebling, J., Pashley, D. H., Tjäderhane, L., and Tay, F. R. (2005). Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. *Journal of Dental Research*, 84(8), 741-746.
215. Yang, B., Adelung, R., Ludwig, K., Bößmann, K., Pashley, D. H., and Kern, M. (2005). Effect of structural change of collagen fibrils on the durability of dentin bonding. *Biomaterials*, 26(24), 5021-5031.
216. Dos Santos, P. A., Garcia, P. P. N. S., and Palma-Dibb, R. G. (2005). Shear bond strength of adhesive systems to enamel and dentin. Thermocycling influence. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 16(8), 727-732.
217. De, J. M., Van, B. M., Satoshi, I., Vargas, M., Yoshida, Y., and Armstrong, S. (2003). Microtensile bond strengths of one-and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 16(6), 414-420.
218. Xirouchaki, A. (1997). Shear bond strength of 6 new dentin bond agents. *Journal of Dental Research*, 76, 277.
219. Price, R. B., Dérand, T., Andreou, P., and Murphy, D. (2003). The effect of two configuration factors, time, and thermal cycling on resin to dentin bond strengths. *Biomaterials*, 24(6), 1013-1021.
220. Li, H., Burrow, M. F., and Tyas, M. J. (2002). The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dental Materials*, 18(2), 111-119.
221. Sano, H., Yoshikawa, T., Pereira, P., Kanemura, N., Morigamui, M., and Tagami, J. (1999). Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *Journal of Dental Research*, 78(4), 906-911.
222. Krejci, I., Häusler, T., Sägeser, D., and Lutz, F. (1994). New adhesives in class V restorations under combined load and simulated dentinal fluid. *Dental Materials*, 10(5), 331-335.
223. Nikaido, T., Kunzelmann, K.-H., Chen, H., Ogata, M., Harada, N., and Yamaguchi, S. (2002). Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dental materials*, 18(3), 269-275.
224. Frankenberger, R., Roth, S., Krämer, N., Pelka, M., and Petschelt, A. (2003). Effect of preparation mode on Class II resin composite repair. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(6), 559-564.
225. Frankenberger, R., Strobel, W. O., Krämer, N., Lohbauer, U., Winterscheidt, J., and Winterscheidt, B. (2003). Evaluation of the fatigue behavior of the resin–dentin bond with the use of different methods. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 67(2), 712-721.

226. Featherstone, J., O'Reilly, M., Shariati, M., and Brugler, S. (1986). *Enhancement of remineralisation in vitro and in vivo. Factors relating to demineralisation and remineralisation of the teeth*. Oxford: IRL Press, 23-34.
227. Ferracane, J., and Marker, V. (1992). Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. *Journal of Dental Research*, 71(1), 13-19.
228. Bagheri, R., Burrow, M., and Tyas, M. (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dentistry*, 33(5), 389-398.
229. Lee, S.-Y., Greener, E., Mueller, H., and Chiu, C.-H. (1994). Effect of food and oral simulating fluids on dentine bond and composite strength. *Journal of Dentistry*, 22(6), 352-359.
230. LEE, S. Y., Greener, E., Covey, D., and Menis, D. (1996). Effects of food/oral simulating fluids on microstructure and strength of dentine bonding agents. *Journal of Oral Rehabilitation*, 23(5), 353-361.
231. Drubi-Filho, B., Garcia, L. d. F. R., Cruvinel, D. R., Sousa, A. B. S., and Pires-de-Souza, F. d. C. (2012). Color stability of modern composites subjected to different periods of accelerated artificial aging. *Brazilian Dental Journal*, 23(5), 575-580.
232. Schulze, K. A., Tinschert, J., Marshall, S. J., and Marshall, G. W. (2003). Spectroscopic analysis of polymer-ceramic dental composites after accelerated aging. *International Journal of Prosthodontics*, 16(4), 355-361.
233. Powers, J., Fan, P., and Raptis, C. (1980). Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. *Journal of Dental Research*, 59(12), 2071-2074.
234. Powers, J., Fan, P., and Marcotte, M. (1981). In vitro accelerated aging of composites and a sealant. *Journal of Dental Research*, 60(9), 1672-1677.
235. Lee, Y.-K., Lu, H., and Powers, J. M. (2006). Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials*, 22(7), 653-660.
236. Takahashi, M., Vieira, S., Rached, R., Almeida, J. d., Aguiar, M., and Souza, E. d. (2008). Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. *Operative Dentistry*, 33(2), 189-195.
237. De Oliveira, D. C. R. S., Ayres, A. P. A., Rocha, M. G., Giannini, M., Puppim Rontani, R. M., and Ferracane, J. L. (2015). Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE 2000 Color-Difference Formulas. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 322-330.
238. Schneider, L. F. J., Pfeifer, C. S., Consani, S., Prahl, S. A., and Ferracane, J. L. (2008). Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. *Dental Materials*, 24(9), 1169-1177.

239. Douglas, R. D. (2000). Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(2), 166-170.
240. Hekimoğlu, C., Anıl, N., and Etikan, I. (2000). Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *International Journal of Prosthodontics*, 13(1), 29-33.
241. van Dijken, J. W., and Pallesen, U. (2013). A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dental Materials*, 29(2), 191-198.
242. Rosenstiel, S. F., Land, M. F., and Rashid, R. G. (2004). Dentists' molar restoration choices and longevity: a web-based survey. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(4), 363-367.
243. Gaengler, P., Hoyer, I., and Montag, R. (2001). Clinical evaluation of posterior composite restorations: the 10-year report. *Journal of Adhesive Dentistry*, 3(2), 185-194.
244. Jokstad, A., Mjör, I. A., and Qvist, V. (1994). The age of restorations in situ. *Acta Odontologica Scandinavica*, 52(4), 234-242.
245. Gordan, V. V., Garvan, C. W., Blaser, P. K., Mondragon, E., and Mjör, I. A. (2009). A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *The Journal of the American Dental Association*, 140(12), 1476-1484.
246. Üçtaşlı, M. B., Can, H. E., and Ömürlü, H. (2002). Amalgam restorasyonların değiştirilme nedenleri ve klinik ömrü. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(1), 9-16.
247. Mjor, I., Shen, C., Eliasson, S., and Richter, S. (2002). Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Operative Dentistry*, 27(2), 117-123.
248. Tyas, M. J., Anusavice, K. J., Frencken, J. E., and Mount, G. J. (2000). Minimal intervention dentistry—a review* FDI Commission Project 1–97. *International Dental Journal*, 50(1), 1-12.
249. Lastumäki, T., Kallio, T., and Vallittu, P. (2002). The bond strength of light-curing composite resin to finally polymerized and aged glass fiber-reinforced composite substrate. *Biomaterials*, 23(23), 4533-4539.
250. Söderholm, K.-J., Zigan, M., Ragan, M., Fischlschweiger, W., and Bergman, M. (1984). Hydrolytic degradation of dental composites. *Journal of Dental Research*, 63(10), 1248-1254.
251. Kashi, T. J., Erfan, M., Rakhshan, V., Aghabaigi, N., and Tabatabaei, F. (2011). An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Operative Dentistry*, 36(6), 608-617.

252. Bonstein, T., Garlapo, D., Donarummo Jr, J., and Bush, P. J. (2005). Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 7(1), 41-49.
253. Eren, D., and Aydoğan, C. A. (2018). Bir nanohibrit kompozitin tamirinde kullanılan farklı yüzey işlemleri ve kompozit rezinlerin mikrosızıntıya etkisi. *Cumhuriyet Dental Journal*, 21(3), 184-194.
254. Yeşilyurt, A., and Gökay, O. (2005). Kompozit rezinlerin mine ve dentine makaslama dayanımları üzerine air-abrazyonun etkisi. *European Annals of Dental Sciences*, 32, 191-200.
255. Altinci, P., Mutluay, M., and Tezvergil-Mutluay, A. (2018). Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 4(1), 10-19.
256. Lapinska, B., Klimek, L., Sokolowski, J., and Lukomska-Szymanska, M. (2018). Dentine surface morphology after chlorhexidine application—SEM study. *Polymers*, 10(8), 905.
257. Tay, F. R., Pashley, D. H., Suh, B. I., Carvalho, R. M., and Itthagarun, A. (2002). Single-step adhesives are permeable membranes. *Journal of Dentistry*, 30(7-8), 371-382.
258. Van Landuyt, K., Yoshida, Y., Hirata, I., Snauwaert, J., De Munck, J., and Okazaki, M. (2008). Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *Journal of Dental Research*, 87(8), 757-761.
259. Lawson, N. C., Robles, A., Fu, C.-C., Lin, C. P., Sawlani, K., and Burgess, J. O. (2015). Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-carious cervical lesions. *Journal of Dentistry*, 43(10), 1229-1234.
260. Moll, K., Fritzenschaft, A., and Haller, B. (2004). In vitro comparison of dentin bonding systems: effect of testing method and operator. *Quintessence international*, 35(10), 845-852.
261. Baur, V., and Ilie, N. (2013). Repair of dental resin-based composites. *Clinical Oral Investigations*, 17(2), 601-608.
262. Asmussen, E., and Peutzfeldt, A. (1998). Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dental Materials*, 14(1), 51-56.
263. Jones, C. T., Chan, D. C., Pashley, D., De Goes, M. F., and Nelson, S. K. (2006). Microtensile bond strength testing and failure analysis of hybrid and flowable composites. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8(1), 13-20.
264. Lutz, F., and Phillips, R. W. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(4), 480-488.

265. Özcan, M., Cura, C., and Brendeke, J. (2010). Effect of aging conditions on the repair bond strength of a microhybrid and a nanohybrid resin composite. *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(6), 451-459.
266. Lee, Y., and Powers, J. (2001). Color and optical properties of resin-based composites for bleached teeth after polymerization and accelerated aging. *American Journal of Dentistry*, 14(6), 349-354.
267. Bagis, B., Tüzüner, T., Turgut, S., Korkmaz, F. M., Baygın, Ö., and Bağış, Y. H. (2014). Effects of protective resin coating on the surface roughness and color stability of resin-based restorative materials. *The Scientific World Journal*.
268. Brooksbank, A., Owens, B., Phebus, J., Blen, B., and Wasson, W. (2019). Surface sealant effect on the color stability of a composite resin following ultraviolet light artificial aging. *Operative Dentistry*, 44(3), 322-330.
269. Van Noort, R., Noroozi, S., Howard, I., and Cardew, G. (1989). A critique of bond strength measurements. *Journal of Dentistry*, 17(2), 61-67.
270. Van Noort, R., Cardew, G., Howard, I., and Noroozi, S. (1991). The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *Journal of Dental Research*, 70(5), 889-893.
271. Shahdad, S., and Kennedy, J. (1998). Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *Journal of Dentistry*, 26(8), 685-694.
272. Turner, C., and Meiers, J. (1993). Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. *Operative Dentistry*, 18(5), 187-194.
273. Yesilyurt, C., Kusgoz, A., Bayram, M., and Ulker, M. (2009). Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: Effect of surface treatments and bonding agents. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 21(4), 251-260.
274. Ahmadizenouz, G., Esmaeili, B., Taghvaei, A., Jamali, Z., Jafari, T., and Daneshvar, F. A. (2016). Effect of different surface treatments on the shear bond strength of nanofilled composite repairs. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 10(1), 9-16.
275. Melo, M. A. V. d., Moysés, M. R., Santos, S. G. d., Alcântara, C. E. P., and Ribeiro, J. C. R. (2011). Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Brazilian Oral Research*, 25(6), 485-491.
276. Li, J. (1997). Effects of surface properties on bond strength between layers of newly cured dental composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(5), 358-360.
277. Sehgal, A., Rao, Y. M., Joshua, M., and Narayanan, L. L. (2008). Evaluation of the effects of the oxygen-inhibited layer on shear bond strength of two resin composites. *Journal of Conservative Dentistry*, 11(4), 159-161.

278. Brendeke, J., and Özcan, M. (2007). Effect of physicochemical aging conditions on the composite-composite repair bond strength. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(4), 399-406.
279. Ruyter, I. E. (1981). Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontologica Scandinavica*, 39(1), 27-32.
280. Kiomarsi, N., Espahbodi, M., Chiniforush, N., Karazifard, M. J., and Kamangar, S. S. H. (2017). In vitro evaluation of repair bond strength of composite: Effect of surface treatments with bur and laser and application of universal adhesive. *Laser Therapy*, 26(3), 173-180.
281. Magni, E., Ferrari, M., Papacchini, F., Hickel, R., and Ilie, N. (2011). Influence of ozone on the composite-to-composite bond. *Clinical Oral Investigations*, 15(2), 249-256.
282. Hoseinifar, R., Shadman, N., Mirrashidi, F., and Gholami, S. (2021). The effect of silane-containing universal adhesives on the immediate and delayed bond strength of repaired composite restorations. *Dental Research Journal*, 18(1), 87.
283. Eliasson, S. T., Tibballs, J., and Dahl, J. E. (2014). 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. *Operative Dentistry*, 39(5), E206-E216.
284. Oztas, N., Alaçam, A., and Bardakcy, Y. (2003). The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. *Operative Dentistry*, 28(2), 149-154.
285. Rathke, A., Tymina, Y., and Haller, B. (2009). Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clinical Oral Investigations*, 13(3), 317-323.
286. Demirel, G., and Gür, G. (2019). Micro-shear Bond Strength of Aged Resin Composite Repaired with Different Universal Adhesives. *Meandros Medical and Dental Journal*, 20(1), 7-12.
287. Joulaei, M., Bahari, M., Ahmadi, A., and Oskoe, S. S. (2012). Effect of different surface treatments on repair micro-shear bond strength of silica-and zirconia-filled composite resins. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 6(4), 131-137.
288. Brosh, T., Pilo, R., Bichacho, N., and Blutstein, R. (1997). Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 77(2), 122-126.
289. da Costa, T. R. F., Serrano, A. M., Atman, A. P. F., Loguercio, A. D., and Reis, A. (2012). Durability of composite repair using different surface treatments. *Journal of Dentistry*, 40(6), 513-521.

290. Lima, A. F., Ferreira, S. F. A., Catelan, A., Palialol, A. R. M., Gonçalves, L. S., and Aguiar, F. H. B. (2014). The effect of surface treatment and bonding procedures on the bond strength of silorane composite repairs. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(1), 71-75.
291. Maneenut, C., Sakoolnamarka, R., and Tyas, M. J. (2011). The repair potential of resin composite materials. *Dental Materials*, 27(2), e20-e27.
292. Crumpler, D., Bayne, S., Sockwell, S., Brunson, D., and Roberson, T. (1989). Bonding to resurfaced posterior composites. *Dental Materials*, 5(6), 417-424.
293. Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, and M., Shintani, H. (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, 83(6), 454-458.
294. Irmak, Ö. (2013). Effect of Different Adhesive Systems on Repair Bond Strength of Resin Composites. *European Oral Research*, 47(1), 17-27.
295. Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Berry, T. P., Watanabe, H., and Erickson, R. L. (2016). Influence of different etching modes on bond strength and fatigue strength to dentin using universal adhesive systems. *Dental Materials*, 32(2), e9-e21.
296. Michelotti, G., Niedzwiecki, M., Bidjan, D., Dieckmann, P., Deari, S., and Attin, T. (2020). Silane effect of universal adhesive on the composite-composite repair bond strength after different surface pretreatments. *Polymers*, 12(4), 950.
297. Atalay, C., Yazici, A. R., and Ozgunaltay, G. (2018). Bond strengths of bulk-fill resin composite repairs: effect of different surface treatment protocols in vitro. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 32(9), 921-930.
298. Akgül, S., Kedici Alp, C., and Bala, O. (2021). Repair potential of a bulk-fill resin composite: Effect of different surface-treatment protocols. *European Journal of Oral Sciences*, 1-9.
299. Staxrud, F., and Dahl, J. E. (2011). Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *European Journal of Oral Sciences*, 119(4), 316-322.
300. Tantbirojn, D., Fernando, C., and Versluis, A. (2015). Failure strengths of composite additions and repairs. *Operative Dentistry*, 40(4), 364-371.
301. Dieckmann, P., Baur, A., Dalvai, V., Wiedemeier, D. B., Attin, T., and Tauböck, T. T. (2020). Effect of composite age on the repair bond strength after different mechanical surface pretreatments. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(4), 365-372.
302. Wiegand, A., Stawarczyk, B., Buchalla, W., Tauböck, T. T., Özcan, M., and Attin, T. (2012). Repair of silorane composite—Using the same substrate or a methacrylate-based composite? *Dental Materials*, 28(3), e19-e25.
303. Lemos, C. A. A., Mauro, S. J., Campos, R. A. d., Santos, P. H. d., Machado, L. S., and Fagundes, T. C. (2016). Repairability of aged resin composites mediated by different restorative systems. *Acta Odontologica Latinoamericana*, 29(1), 7-13.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÇALIŞKAN, Zuhâl

Uyruğu : T.C.



Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Yüksek Lisans		
Lise	Hacettepe Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi	2017
	Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	2012
İş Deneyimi, Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2018-devam ediyor	Gazi Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi	Araştırma Gör.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Aldığı Sertifikalar

1. Kısa Kısa Endo 1 Minimal İnvaziv Şekillendirme Kursu, 1. Genç Akademisyenler Kongresi, Ankara, 2020.
2. Adezyondan Polisaja Diestema Restorasyonları, 25.TDB Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, İstanbul, 2019.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

1. Kam, Z., Akgül, S., Gündoğdu, C. (2020). *Silika zirkonia nanodolduruculu kompozit rezinlerin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğünün yapay tükürük ile yaşlandırma sonrası değerlendirilmesi*. Uluslararası Diş Hekimliği ve Sağlık Kongresi, İzmir Demokrasi Üniversitesi, İzmir.

2. Bala, O., Akgül, S., Gündoğdu, C., Kam, Z. (2018). *Gazi üniversitesi diş hekimliği fakültesi restoratif diş tedavisi anabilim dalı kliniğine başvuran hastalarda dentin hassasiyetinin değerlendirilmesi: anket çalışması*. Restoratif Diş Hekimliği Derneği 22. Uluslararası Bilimsel Kongresi, Antalya.
3. Kam, Z., Bala, O. (2019). *Lateral Dişin Direkt Resin Kompozit ile Estetik Rehabilitasyonu: Olgu Sunumu*. 25. TDB Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, İstanbul.
4. Kam, Z., Bala, O. (2019). *Silikon anahtar tekniğiyle ön bölge estetik rehabilitasyonu: olgu sunumu*. 2. Uluslararası Çürümeden Koru Sempozyumu, İstanbul.
5. Bala, O., Akgül, S., Kam, Z. (2021). *Fiberle güçlendirilmiş resin tutuculu kompozit ile lateral diş eksikliğinin restorasyonu: Olgu Sunumu*. RDD Kış Sempozyumu ve Anabilim Dalları Toplantısı, Konya.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

1. Zuhale Kam, Oya Bala, Sinem Akgül, Ceyda Gündoğdu. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı kliniğine başvuran hastalarda dentin hassasiyetinin değerlendirilmesi: anket çalışması. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Genç Akademisyenler Kongresi, Ankara, 2020.

Projelerde Yaptığı Görevler

Farklı yaşlandırma sürelerine maruz bırakılan resin kompozit yüzeylerine farklı tedavi protokollerinin uygulanmasının bağlanma dayanımına etkisi, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, **Araştırmacı**.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..