



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**AŞIRI MADDE KAYIPLI MOD KAVİTE RESTORASYONLARI:
YENİ NESİL REZİN MATERYALLERİN MARJİNAL
UYUMLARININ VE KIRILMA DAYANIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Hazırlayan

Kübra BAHAR

Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı
Uzmanlık Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah TONGA

Eş Danışman

Doç. Dr. Hüseyin HATIRLI

TOKAT – 2025



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**AŞIRI MADDE KAYIPLI MOD KAVİTE RESTORASYONLARI:
YENİ NESİL REZİN MATERYALLERİN MARJİNAL
UYUMLARININ VE KIRILMA DAYANIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Hazırlayan

Kübra BAHAR

Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı
Uzmanlık Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah TONGA

Eş Danışman

Doç. Dr. Hüseyin HATIRLI

TOKAT – 2025

T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKİLTESİ DEKANLIĞINA

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak toplanıp sunulduğunu, bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yaptığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30\04\2025

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

Dt. Kübra BAHAR

İmzası

JÜRİ KABUL VE ONAYI

T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

ADI SOYADI: Kübra BAHAR

TEZ SAVUNMA TARİHİ: 30/04/2025

TEZ KONUSU: Aşırı Madde Kayıplı Mod Kavite Restorasyonları: Yeni Nesil Rezin Materyallerin Marjinal Uyumlarının ve Kırılma Dayanımlarının Karşılaştırılması

Jüri Üyeleri (Ünvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Başkan: Doç. Dr. Emine ŞİRİN KARAARSLAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gülşah TONGA

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Şura BOYRAZ

Bu tez, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yönetim Kurulunun 30/04/2025 tarih ve 08.01 sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Dekan : Prof. Dr. Hatice BALCI YÜCE

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince, akademik ve mesleki gelişimimde ihtiyaç duyduğum her anda yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle cömertçe paylaşan ve uzmanlık tezimin hazırlık sürecinde bana önderlik eden değerli danışman hocalarım sayın Dr. Öğr. Üyesi Gülşah TONGA ve Doç. Dr. Hüseyin HATIRLI'ya,

Bu süreçte bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Emine ŞİRİN KARAARSLAN'a,

Uzmanlık eğitimim süresince destekleri ile her zaman yanımda olduklarını hissettiren tüm çalışma arkadaşlarıma,

Tokat'ı bana güzelleştiren ve beraber anılar biriktirdiğimiz canım arkadaşım Dt. Nursena Ünlü Kuzu'ya

Karşılaştığım her zorlukta beni destekleyen ve her an yanımda olduğunu hissettiren sevgili eşim, yol arkadaşım Dt. Bilal Bahar'a

Geceleri güzelce uyuyarak benim çalışmama izin veren biricik kızım Zeynep'e

Özveri ve fedakarlıklarla beni yetiştirip bu günlere gelmemde emek harcayan sevgili aileme teşekkür ederim.

Bu tez, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2023/71 proje numarası ile desteklenmiştir.



ÖZET

AŞIRI MADDE KAYIPLI MOD KAVİTE RESTORASYONLARI: YENİ NESİL REZİN MATERYALLERİN MARJİNAL UYUMLARININ VE KIRILMA DAYANIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Amaç: Bu çalışmanın amacı, aşırı madde kayıplı molar dişlerdeki sınıf II MOD kavitelerin restorasyonu için kullanılan yeni nesil restoratif materyallerin yaşlandırma öncesi ve sonrası marjinal uyumlarını ve yaşlandırma sonrası kırılma dayanımlarını değerlendirmektir.

Önemi: Direkt kompozit restorasyonlar güncel diş hekimliğinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Ancak klinik pratiğinde yaşanan restorasyon kırıkları, renklenmeler, diş-dolgu ayrılmaları gibi durumlar bu restorasyonların etkinliğini kısıtlamaktadır. Bu çalışma ile klinik pratiğinde yüksek dayanım ve uzun ömür vaat eden materyaller kıyaslanacak, elde edilen veriler ile literatüre katkıda bulunulacaktır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada 65 adet çekilmiş insan mandibular büyük azı dişi kullanılmıştır. Dişler; kontrol (herhangi bir işlem uygulanmamış) ve dört farklı restoratif materyali (G-aenial Posterior, G-aenial Universal Injectable, EverX Flow, EverX Posterior) olmak üzere rastgele 5 gruba ayrılmıştır (n=13). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda 5 mm vertikal derinliğe, 2,5 mm bukkal-lingual duvar kalınlığına sahip mezio-okluzo-distal (MOD) kaviteler hazırlanmıştır. Selektif-etch yöntemi ile pürüzlendirilen kavite yüzeylerine üniversal adeziv ajanın (G-premio Bond (GC,Tokyo Japonya)) uygulamasından sonra dişler üretici firma talimatlarına uyularak kompozit rezin materyalleri ile restore edilmiştir. Daha sonra örnekler termal siklus ve çiğneme simülatöründe yaşlandırmaya taabi tutulmuştur. Örnekler marjinal uyumunun değerlendirilmesi için yaşlandırma öncesinde ve sonrasında SEM ile 150X büyütmede incelenmiştir. Yaşlandırma sonrası örnekler Evrensel Test Makinesi (Instron, Canton, MA, ABD) ile kırılma dayanımı testi uygulanmış, deformasyon ve kırılma değerleri kaydedilmiştir. Marjinal uyum analizinden elde edilen veriler iki yönlü ANOVA, kırılma testi sonrası elde edilen veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Kırılan örneklerin restore edilebilirliği Ki-kare testi ile analiz edilmiştir ($p<0.05$).

Bulgular: Kullanılan farklı tip kompozit rezinlerin yaşlandırma öncesi ve sonrası marjinal uyum analizlerinde anlamlı farklılık görüldü($p<0,05$). Kırma testi sonuçlarına göre ise EverX Flow, G-aenial Universal Injectable kompozit rezinine göre anlamlı ölçüde yüksek dayanım gösterdi($p<0,05$). Kırılma tipi analizine göre en fazla restore edilebilen kırık EverX Posterior’da, en az restore edilebilir kırık G-aenial Posterior’da görülürken bu durum istatistiksel olarak anlamlı değildi($p>0,05$).

Sonuç: Çalışmada kullanılan fiber destekli akışkan kompozit rezin diğer kompozit rezinlerden daha iyi kırılma dayanımı gösterdi. Kompozit rezin materyal seçiminin marjinal uyuma anlamlı etkisi görülürken, kırılma tipine anlamlı bir etkisi bulunmadı. Aşırı madde kayıplı molar MOD kaviteli dişlerin kompozit rezin ile restorasyonlarında fiber destekli materyallerin kullanımı, basma dayanımını anlamlı şekilde arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kırılma dayanımı, marjinal uyum, bulk-fill kompozit, fiber destekli kompozit, SEM

ABSTRACT

MOD CAVITY RESTORATIONS WITH EXCESSIVE MATERIAL LOSS: COMPARISON OF MARGINAL ADAPTATION AND FRACTURE STRENGTH OF NEW GENERATION RESIN MATERIALS

Aim: The aim of this study was to evaluate the before and after aging marginal adaptation and post-aging fracture strength of new generation restorative materials used for the restoration of class II MOD cavities in molar teeth with excessive material loss.

Significance: Direct composite restorations have a very important place in contemporary dentistry. However, restoration fractures, discolorations, and tooth-filling separations in clinical practice limit the effectiveness of these restorations. This study will compare materials that promise high strength and longevity in clinical practice, and contribute to the literature with the data obtained.

Materials and Methods: In this study, 65 extracted human mandibular molar teeth were used. Teeth were randomly divided into 5 groups (n=13) as control (no procedure) and four different restorative materials (G-aenial Posterior, G-aenial Universal Injectable, EverX Flow, EverX Posterior). Except for the control group, mesio-occluso-distal (MOD) cavities with 5mm vertical depth and 2.5mm buccal-lingual wall thickness were prepared. After the applications of universal adhesive agent (G-premio Bond (GC, Tokyo Japan)), to the cavity surfaces roughened with the selective-etch method, the teeth were restored with composite resin materials according to the manufacturer's instructions. Then, the samples were aged in thermal cycling and chewing simulators. The samples were examined with SEM at 150X magnification before and after aging to evaluate marginal adaptation. After aging, the samples were subjected to fracture strength test with Universal Testing Machine (Instron. Canton, MA, USA) and the deformation and fracture values were recorded. The data obtained from the marginal adaptation analysis were analyzed with two-way ANOVA, and the data obtained after the fracture test were analyzed with one-way ANOVA. Between-group comparisons were made with Tukey's multiple comparison test. The restorability of the fractured samples was analyzed with the Chi-square test ($p < 0.05$).

Results: Significant difference were observed in the marginal adaptation analyses of the different types of composite resins used before and after aging ($p<0.05$). According to the fracture test results, EverX Flow showed significantly higher strength than G-aenial Universal Injectable composite resin ($p<0.05$). According to the fracture type analysis, the most restorable fracture was seen in EverX Posterior and the least restorable fracture was seen in G-aenial Posterior, but this was not statistically significant ($p>0.05$).

Conclusion: The fiber-reinforced flowable composite resin used in the study showed better fracture strength than other composite resins. The choice of composite resin material has a significant effect on marginal adaptation but no significant effect on fracture type. The use of fiber-reinforced materials in composite resin restorations of molar MOD cavities with excessive material loss significantly increases the compressive strength.

Keywords: Fracture strength, marginal adaptation, bulkfill composite, fiber reinforced composite, SEM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
ŞEKİL VE RESİMLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. KOMPOZİT REZİNLERİN YAPISI	4
2.1.1. Organik Faz.....	4
2.1.2. İnorganik faz	5
2.1.3. Silan.....	5
2.2. KOMPOZİT REZİNLERDEKİ GELİŞMELER	5
2.2.1. Akışkan Kompozitler	6
2.2.2. Bulk-Fill Kompozitler	7
2.2.3. Fiber İçerikli Kompozit Resinler	9
2.2.4. Diş hekimliğinde Kullanılan Fiber Tipleri	11
2.2.4.1. Karbon Fiber	11
2.2.4.2. Aramid Fiber.....	13
2.2.4.3. Polietilen Fiber.....	13
2.2.4.4. Cam Fiber	15
2.3. MATERYALLERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN	
DEĞERLENDİRİLMESİ.....	18
2.3.1. Marjinal Uyum Değerlendirme Yöntemleri	18
2.3.1.1. Taramalı Elektron Mikroskobu İle Analiz Yöntemi (SEM).....	19
2.3.2. Kırılma Dayanımı Test Yöntemleri	20

2.4. YORGUNLUK VE YAPAY YAŞLANDIRMA YÖNTEMLERİ	21
2.4.1. Termal Siklus İle Yaşlandırma	21
2.4.2. Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırma	22
3. MATERYAL VE METOD	24
3.1. ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜ VE GÜCÜ.....	24
3.2. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI	24
3.3. ÖRNEKLERİN GRUPLANDIRILMASI VE RESTORASYON PROSEDÜRLERİ.....	26
3.4. MARJİNAL UYUM ANALİZİ.....	33
3.5. KIRILMA DAYANIMI ANALİZİ.....	35
3.6. KIRIK ÖRNEKLERİN RESTORE EDİLEBİLİRLİĞİNİN ANALİZİ..	36
3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	37
4. BULGULAR	38
4.1. MARJİNAL UYUM DEĞERLENDİRMESİ.....	38
4.2. KIRILMA DAYANIMI DEĞERLENDİRMESİ	42
4.3. ÖRNEKLERİN KIRILMA DAYANIM TESTİ SONRASI RESTORE EDİLEBİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	44
5. TARTIŞMA.....	46
6. SONUÇLAR.....	64
7. KAYNAKÇA.....	66

ŞEKİL VE RESİMLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Karbon Fiber.....	12
Şekil 2. 2. Aramid Fiber.....	13
Şekil 2. 3. Polietilen Fiber	15
Şekil 2. 4. Cam Fiber	15
Şekil 3. 1. Kavite Hazırlığının Şematik Gösterimi.....	25
Şekil 3. 2. Hazırlanan Kavitenin Görüntüsü	25
Şekil 3. 3. Kavite Preparasyonu Sonrası Tüm Örneklerin Görüntüsü	26
Şekil 3. 4. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezinler: EverX Posterior, EverX Flow, G-aenial Universal Injectable, G-aenial Posterior (Soldan Sağa).....	27
Şekil 3. 5. Çalışmada Kullanılan Adeziv Ajan.....	27
Şekil 3. 6. Kavite Oluşturulmayan Diş Örneği	29
Şekil 3. 7. Adeziv Sistem Uygulanması Ve Matriks Sistemin Yerleştirilmesi.....	29
Şekil 3. 8. G-aenial Posterior Kompozit Restorasyonunun Son Hali	30
Şekil 3. 9. G-aenial Universal Injectable Kompozit Restorasyonunun Son Hali	30
Şekil 3. 10. EverX Flow Ve G-aenial Posterior Kompozit Kullanılarak Yapılan Restorasyonunun Son Hali.....	31
Şekil 3. 11. EverX Posterior Ve G-aenial Posterior Kompozit Kullanılarak Yapılan Restorasyonunun Son Hali.....	32
Şekil 3. 12. Kompozit Restorasyonların Sırasıyla Bitim Ve Polisaj Aşamaları.....	32
Şekil 3. 13. Taramalı Elektron Mikroskobu.....	33
Şekil 3. 14. Devamlı Ve Bozulan Restorasyon Kenarlarının Ölçümü	34
Şekil 3. 15. Termal Siklus Cihazı Ve Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırma	35

Şekil 3. 16. Kırma Testinin Gerçekleştirildiği Universal Test Cihazı Ve 5 mm Çaplı Top Uçlu Materyal	36
Şekil 3. 17. Restore Edilemez Örneklerin Görüntüsü.....	37
Şekil 3. 18. Restore Edilebilir Örneklerin Görüntüleri	37
Şekil 4. 1. Mesial Aproksimal Yüzeylerde Restorasyon Marjinal Uyumlarındaki Yüzdesel Bozulmanın Grafikselsel Gösterimi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP).....	39
Şekil 4. 2. Sırasıyla Grup2-3-4-5' ten Birer Örneğin Yaşlandırma Öncesi Ve Sonrası Elde Edilen SEM Görüntüleri (Yeşil Çizgiler=Bozulmamış Alan, Kırmızı Çizgiler=Bozulmuş Alan)	41
Şekil 4. 3. Yapay yaşlandırma işlemleri sonrasında bazı örneklerde oluşan çatlak-kırık hatlarının SEM görüntüleri	42
Şekil 4. 4. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Verilerin Grafikselsel Gösterimi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP).....	44
Şekil 4. 5. Kırma Testi Sonucu Örneklerin Restore Edilebilirliklerinin Grafikselsel Gösterimi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)	45

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller, İçerikleri, Üretici Firmaları Ve Lot Numaraları	28
Tablo 4.1. Mesial Yüzeyde Elde Edilen Marjinal Bozuklukların Yüzdesel Ortalamaları Ve Standart Sapmaları.....	38
Tablo 4. 2. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Verilerin İstatistiksel Olarak Yorumlanması	43
Tablo 4. 3. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Örneklerin Restore Edilebilirlikleri	45

KISALTMALAR DİZİNİ

%: Yüzde

=: Eşittir

±: Artı Eksi

<: Küçüktür

>: Büyüktür

°C: Santigrat

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

Bis-GMA: Bisfenol Glisidil Metakrilat

dk: Dakika

DM: Dentin-Mine

EDMA: Etilen Glikol Dimetakrilat

GPa: Gigapaskal

HEMA: Hidroksietil metakrilat

Hz: Hertz

ISO: International Standards Organization (Uluslararası Standart Organizasyonu)

LED: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)

MMA: Metil Metakrilat

MOD: Mesio-Oklüzo-Distal

mm: Milimetre

mm/sn: Milimetre/saniye

MPa: Megapaskal

N: Newton

nm: Nanometre

pH: Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü)

PMMA: Polimetilmetakrilat

SEM: Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

Sn: Saniye

TEGDMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat

UDMA: Üretan Dimetakrilat

γ -MPS: γ -Metakriloksipropil Trimetoksisilan

μm : Mikrometre

1. GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğinde temel amaç; sağlam diş dokularının mümkün olduğunca korunması, kaybedilen diş dokularının geri kazandırılarak doğal diş formunun ve çiğneme fonksiyonunun yeniden oluşturulması ve hastaların estetik açıdan beklentilerinin karşılanmasıdır. Tüm bunlar gerçekleştirilirken diş ve çevre dokuların korunması da son derece önemlidir (Gökçe, 2005). Bu beklentileri karşılayacak özelliklere sahip ideal materyaller, dental malzemelerin değişimi ve gelişimi ile beraber piyasada daha çok yer almaya başlamıştır. Bu gelişmeleri takiben kompozit rezin materyaller de posterior dişlerde daha fazla endikasyonda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak aşırı madde kaybına uğramış posterior dişlerde çiğneme kuvvetlerine karşı yeterli dayanım gösterebilecek restoratif materyal seçimi önemli bir klinik sorun olmaya devam etmektedir.

Posterior dişlerde çürük veya travmaya bağlı olarak sert doku kaybının artması, kalan diş dokusunun ve restorasyonun oluşturduğu kompleksi güçlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Özellikle mesio-oklüzo-distal (MOD) Sınıf II kaviteler, diş yapısını en fazla zayıflatan kavite tiplerinden biridir ve posterior dişlerin tüberküllerinde kısmi veya tam kırılmalara, hatta kök kırıklarına yol açabilmektedir (PV, 2008). Bu nedenle, posterior dişlerin restorasyonlarında kullanılan restoratif materyallerin mekanik ve fiziksel özellikleri büyük önem taşımaktadır (Chowdhury et al., 2018).

Kompozit rezin materyallerinin kırılma dayanımları, matrislerinin kimyasal bileşimi, doldurucu içeriği, doldurucu partikül boyutu ve dağılımı gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Bonilla et al., 2001). Son yıllarda geliştirilen fiber destekli kompozitler, bulk-fill kompozitler ve yüksek dolduruculu akışkan kompozitler gelişmiş

mekanik özellikleri sayesinde klinik kullanım açısından avantajlar sunmaktadır. Ayrıca bu materyaller, azaltılmış polimerizasyon büzülmesi ve iyileştirilmiş kırılma direnci özelliklerine sahiptir (Hada & Panwar, 2019). Kısa cam fiber içerikli kompozit rezinler, özellikle yüksek stres alan bölgelerde kullanılması amacıyla geliştirilmiş olup, daha yüksek kırılma tokluğu ve dayanım göstermektedir (Garoushi et al., 2011). EverX Posterior (GC, Tokyo, Japonya), polimer matris içerisinde cam fiber ve baryum cam doldurucu içeren ve yüksek kırılma direncine sahip olduğu belirtilen fiber destekli bir kompozittir (Shah & Raghavendra, 2018). Bu materyal; yük taşıma kapasitesini arttırmaya yardımcı olan, kaybedilen dentin dokusunu taklit edebilen, çatlak oluşumunu önleyen ve direnci arttıran çok yönlü dağınık kısa fiberler ile büyük kaviteler için ideal bir materyal olarak değerlendirilmektedir (Aniket et al., 2016; Vallittu, 2015). 2019 yılından itibaren piyasaya sürülen akışkan özellikteki fiber destekli rezin kompozitler de bu alanda yerini almaya başlamıştır. Tepilebilir formdaki EverX Posterior milimetre boyutunda fiber parçacıkları içerirken, akışkan formda olanı (EverX Flow (GC, Tokyo, Japonya)) mikrometre boyutunda fiber parçacıkları içermektedir (Lassila et al., 2018). Daha küçük boyutta fiber parçacığı kullanımı ise materyalin kırılma dayanımını arttırmaktadır. Bu sayede akışkan formun tepilebilir olandan daha yüksek dayanıklılık gösterdiği belirtilmiştir (Fráter, Sárý, Néma, et al., 2021; Molnár et al., 2022).

Yüksek dolduruculu akışkan kompozitler ise doldurucu partikül boyutu ve oranlarının değiştirilmesiyle geliştirilmiş olup, elastiklik modülü düşük, aşınma direnci yüksek ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş materyaller olarak öne çıkmaktadır (Kitasako et al., 2016; Tsujimoto et al., 2017). Bu özellikleri sayesinde posterior dişlerin restorasyonunda başarılı klinik performanslar göstermektedirler (Checchi et al., 2024;

Kamel et al., 2024; Kitasako et al., 2016). Son zamanlarda kullanıma sunulan G-aenial Universal Injectable (GC, Tokyo, Japonya) bu materyallerden biridir.

Bulk-fill özellikteki kompozit rezinler, 4-6 mm kalınlığında tek tabaka halinde uygulanabilmeleri sayesinde çalışma süresini kısaltan ve klinik kullanım kolaylığı sağlayan materyallerdir (El-Damanhoury & Platt, 2014). Gelişmiş translusent yapıları sayesinde geleneksel kompozitlere kıyasla daha yüksek polimerizasyon derinliğine ulaşabilirler ve daha büyük kütleler halinde uygulanabilirler (Garcia et al., 2014). Düşük viskozitesi ve azalmış polimerizasyon büzülmesi ile de avantaj sağlamaktadırlar (Czasch & Ilie, 2013). EverX Posterior ve EverX Flow materyalleri bulk-fill özelliğine sahiptirler ve üretici talimatlarına göre farklı derinliklerde kütleli olarak uygulanabilmektedirler (GC, 2025a, 2025b).

Literatürde EverX Posterior materyalinin çeşitli yaşlandırma işlemleri sonrası kırılma dayanımını değerlendiren çalışmalar vardır (DEY et al., 2024; Hafez et al., 2025; Mohammadipour et al., 2025; Youssef et al., 2024). Ancak EverX Flow ve G-aenial Universal Injectable materyallerinin yaşlandırma sonrası kırılma dayanımlarını değerlendiren çalışmalar sınırlıdır (Bertie et al., 2024; Hafez et al., 2025; Hazar & Hazar, 2024).

Bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, aşırı madde kayıplı molar dişlerdeki sınıf II MOD kaviteğin restorasyonu için kullanılan yeni nesil restoratif materyallerin yaşlandırma öncesi ve sonrası marjinal uyumlarını ve yaşlandırma sonrası kırılma dayanımlarını değerlendirmektir. Çalışmada: ‘Aşırı madde kayıplı vital dişlerde kullanılan farklı kompozit materyalleri arasında marjinal uyum açısından fark yoktur.' (1) ve ‘Aşırı madde kayıplı vital dişlerde kullanılan farklı kompozit materyalleri arasında kırılma dayanımı açısından fark yoktur.' (2) sıfır hipotezleri test edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KOMPOZİT REZİNLERİN YAPISI

Çok sayıda düşük molekül ağırlıklı monomer bileşenlerinin; yüksek molekül ağırlıklı, uzun zincirli makromoleküllere dönüşüm reaksiyonuna polimerleşme denir. Rezinler, istenilen özelliklere sahip bir materyal elde etmek için başka bileşiklerle karıştırılmış monomer veya makro molekül bileşenleridir (Anusavice et al., 2013). Kompozit rezinler ise; dişin mine ve dentin gibi sert dokularının restorasyonunda kullanılmak üzere doldurucularla güçlendirilmiş polimer sistemleridir (Craig et al., 2012).

Kompozit rezinlerin kimyasal yapısına baktığımızda üç kısımdan oluşmaktadır: Organik faz (rezin matris), inorganik faz (inorganik doldurucular) ve ara faz (silan) (Altun, 2005).

2.1.1. Organik Faz

Kompozit rezinlerin kimyasal olarak aktive olan bileşenidir. Polimerizasyon reaksiyonu ile birlikte serbest radikaller rijit bir polimere dönüşür. Plastik yapılı rezin matrisin katı sert bir forma dönüşmesi ile materyalin diş restorasyonlarında kullanılması mümkün hale gelir. Yapısında en yaygın kullanılan monomerler üretan dimetakrilat (UDMA), bisfenol-A glisidilmetakrilat (Bis-GMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA)'tır. Yüksek moleküler ağırlığı nedeniyle Bis-GMA ve üretan dimetakrilat (UDMA) monomerleri oldukça visközdür. Bu monomerlere az miktarda doldurucu ilavesi bile klinik kullanım imkanını zorlaştıran fazlasıyla sert bir kompozit rezin elde edilmesine neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için, viskozite kontrolünde etkisi ile bilinen metil metakrilat (MMA), etilen glikol dimetakrilat (EDMA) veya trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi düşük vizkoziteli monomerler ilave edilmektedir (B. Dayangaç, 2011; Lynch, 2019; Mitchell, 2019; Summitt, 2001).

2.1.2. İnorganik faz

Matris içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitriyum cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucuların bir araya gelmesiyle oluşur. Materyalin fiziksel özelliklerinin şekillendiği kısımdır. Saf silika, kristalin (kristobolit, tridmit, kuartz) ve non-kristalin (silikat cam) formlarda bulunur. Kristalin formları serttir, ancak kompozit rezinin bitirme ve cila işlemlerini güçleştirir. Bu nedenle kompozit rezinler, günümüzde silikanın non-kristalin formu (silikat cam) kullanılarak üretilmektedir (Albers, 2002; B. Dayangaç, 2011; Lynch, 2019; Wilson et al., 2001).

2.1.3. Silan

Kompozit rezinlerin yeterli mekanik özelliklere sahip olabilmesi için inorganik elemanların ve rezin matrisin birbirine güçlü bir şekilde bağlanması oldukça önemlidir. Silanlar bu bağlantıyı sağlayan ajanlardır ve cam dolduruculu kompozit rezinlerde en yaygın kullanılan ara bağlayıcı γ -metakriloksipropil trimetoksisilan (γ -MPS)'dir. Cam ve silan bağlanma ajanı arasındaki ara yüzeyde meydana gelen kondanzasyon reaksiyonu silanın kovalent bağla cam yüzeyine bağlanmasını sağlar. Silan bağlanma ajanlarının inorganik fazdaki silika partikülleri ile yüksek uyumu sonucu kompozit rezinlerin büyük bir kısmında silika içerikli inorganik doldurucular kullanılmıştır (Albers, 2002; B. Dayangaç, 2011; Lynch, 2019; Mitchell, 2019; Summitt, 2001).

2.2. KOMPOZİT REZİNLERDEKİ GELİŞMELER

Kompozit rezinler günümüzde popülerliğini sürdürmesine rağmen, sıvı absorpsiyonuna bağlı renklemeler ve sekonder çürük gelişimi, polimerizasyon büzülmesine uğraması ve zamanla yüzey sertliğinde değişimlerin olması gibi çeşitli olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu dezavantajlara karşı kompozit rezinlerin klinik

performansını arttırmak için son dönemlerde rezin içeriğinde çeşitli değişiklikler yapılarak materyallerin klinik ömrünü uzatmak ve daha güçlü mekanik özellikler kazandırmak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle aşınma karşısında direncin artırılması, biyouyumluluk yönünün geliştirilmesi ve polimerizasyon büzülmesinin azaltılması amacıyla yeni teknikler ve materyaller geliştirilmiştir (Kiliç, 2020).

Kompozit rezinlerin organik matriksinde ve inorganik doldurucularındaki gelişmeler ile yeni kompozit türleri ortaya çıkmıştır (Kiliç, 2020; LI). Bunlar;

- Ormoserler
- Siloranlar
- İyon salabilen kompozitler
- Bulk-fill kompozitler
- Self adeziv kompozitler
- Fiberle güçlendirilmiş kompozitler

Dental kompozitler uygulama açısından temel olarak tepilebilir ve akışkan olmak üzere iki grupta incelenirler. Geleneksel kompozitlerin polimerizasyon büzülmesini azaltmak, stres kırıcı bir bariyer oluşturmak ve kavite yüzeyine adaptasyonu arttırmak amacıyla tepilebilir kompozitlerin doldurucu miktarı %20-25 oranında azaltılarak akışkan kompozitler geliştirilmiştir(Bayne et al., 1998; Mirică et al., 2020).

2.2.1. Akışkan Kompozitler

Akışkan kompozit rezinler ilk defa 1996'da piyasaya sunulmuş ve düşük viskoziteli kompozit rezinler olarak tanımlanmıştır(Bayne, 2013). Şırınga yardımı ile ulaşılması zor alanlarda kullanılabilmeleri, akışkan kompozitleri klinik kullanım için pratik bir materyal haline getirmiştir(Bayne et al., 1998). Akışkan kompozitlerin

doldurucu partikül miktarı hacimce %37-53 oranındadır. Bileşimindeki yüksek organik matriks oranı nedeniyle viskoziteleri düşüktür ve kavite duvarlarına iyi uyum sağlarlar. Bu durum, materyalin akışkanlığını artırırken elastisite modülünü azaltmaktadır(Zhou et al., 2019). İlerleyen süreçlerde, akışkan kompozit rezinlerin yüksek stres taşıyan alanlarda, oklüzal ile sınırlı veya büyük kavitelerde kullanımı önerilmezken son zamanlarda ağırlıkça %82'ye kadar varan yüksek doldurucu içeriğine sahip, nanohibrit, enjekte edilebilen universal kompozit rezinler geliştirilmiştir (Checchi et al., 2024; Geštakovski, 2019; Tsujimoto et al., 2017; Ypei Gia et al., 2021). Bu materyaller daha gelişmiş mekanik özelliklere, düşük elastikiyet modülüne ve arttırılmış aşınma direncine sahiptir. Böylece posterior dişlerin restorasyonları dahil olmak üzere daha geniş bir uygulama yelpazesine olanak tanır (Kitasako et al., 2016). Yakın zamanda tanıtılan yüksek oranda doldurucu içeren akışkan kompozit rezinler, yaygın olarak kullanılan geleneksel nanohibrit rezin kompozitlere kıyasla daha iyi aşınma özellikleri gösterirler. Böylece çatlak veya kırıkların ilerlemesinde direnç gösteren bir rol oynarlar (Imai et al., 2019). Bu tür yüksek oranda doldurucu içeren akışkan kompozit rezinler, 'enjekte edilebilir kompozit rezin' olarak da piyasaya sunulmuştur(Geštakovski, 2021; Imai et al., 2019). G-aenial Universal Injectable(GC Corporation, Japonya), Clearfil™ Majesty ES Flow (Kuraray Noritake Dental Inc., Japonya), G-ænial Universal Flo(GC Corporation, Japonya), Omnicroma Flow(Tokuyama Tokyo, Japonya) bu materyale örnek olarak verilebilir (Çalışkan et al., 2024; Erdem & Karakaya, 2025).

2.2.2. Bulk-Fill Kompozitler

Kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliğinin kısıtlı olması ve polimerizasyon büzülmesinin azaltılmak istenmesi amacıyla rezin materyallerin tabakalama tekniği ile kullanılmasını gerektirmektedir. Her ne kadar belirli kalınlıktaki kompozit rezinlerin her

tabakadan sonra polimerize edilmesi yöntemi altın standart olarak kabul edilse de çeşitli dezavantajlara sahiptir. Tabakalar arasında boşluklar kalması, kontaminasyon oluşma riski ve zaman kaybı yaşanması gibi dezavantajları vardır (Flury et al., 2012). Tabakalama tekniğine alternatif olarak kompozitlerin kaviteye daha büyük kütlelerde ve daha fazla kalınlıkta uygulanabilmesini sağlamak amacıyla “bulk fill” kompozit rezin adını alan, arka grup dişlere kompozit dolgu materyalini tek tabaka halinde yerleştirilmesine olanak sağlayan kompozitler geliştirilmiştir (Donadio-Moura et al., 2005; Karaman et al., 2012; Leprince et al., 2014). Kompozit rezin materyallerdeki gelişmeler bulk-fill rezinlerin kullanımını minimal konservatif kavitelerden aşırı madde kayıplı dişlerin direkt restorasyonlarına kadar genişletmiştir (Al Sunbul et al., 2015).

Üreticiler bulk-fill kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliklerini artırmak için genellikle doldurucu içeriğini azaltma, doldurucu partiküllerinin boyutunu artırma ya da ilave fotobaşlatıcılar kullanma yollarına başvurmuşlardır. Bulk fill kompozit rezinlerin en büyük avantajı 4-6 mm kalınlıkta, bulk (tek tabaka) halinde yerleştirilebilmeleri sayesinde klinik çalışma süresini kısaltması ve düşük polimerizasyon büzülmesi göstermeleridir. Yeni nesil bulk-fill kompozitler gelişmiş translusent yapılarından dolayı geleneksel kompozitlerden daha yüksek polimerizasyon derecesine sahiptir (Garcia et al., 2014). Diğer avantajları ise, hekime uygulama kolaylığı sağlaması, kompozit tabakasının adaptasyonunun daha iyi sağlanarak tabakalar arasında boşluk oluşmaması, çiğneme kuvvetlerine karşı aşınma direncinin iyi olması, yeterli radyoopasite, yüzey özellikleri ve renk uyumunun klinik olarak kabul edilebilir seviyede olmasıdır (Chesterman et al., 2017; El-Damanhoury & Platt, 2014). Piyasada yer alan SDR (3M ESPE, ABD), Beautifil Bulk (Shofu, Japonya), Omnicroma Flow Bulk (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), Venus

Bulk Fill (Kulzer GmbH, Almanya) ve Charisma Bulk Flow One (Kulzer GmbH, Almanya) materyalleri bulk-fill kompozit rezinlere örnek verilebilir (Karadeniz et al.).

2.2.3. Fiber İçerikli Kompozit Rezinler

Posterior kompozit restorasyonlarda karşılaşılan iki temel başarısızlık vardır. Bunlar sekonder çürük ve diş-restorasyon kırıklarıdır. Restoratif materyal ve diş arasındaki bağlanma arayüzünde oldukça güçlü kuvvetler sonucunda oluşan ayrılma başlangıçları, restorasyonda ve diş dokusundaki kırılmalar ile sonuçlanır. Bu sebeple aşırı diş dokusu kaybı, bir veya birden fazla marjinal kenarın yokluğu, orta ve geniş büyüklükte kavite içeren sınıf II kompozit restorasyonların endikasyon ve uzun dönem prognozları tartışma konusudur (Fráter et al., 2014).

Adeziv restorasyonların gelişimi ile mine ve dentin yapısı taklit edilebilmektedir. Fakat bu iki doku arasında kalan dentin-mine (DM) birleşimdeki kollajen formasyonunun taklit edilmesi yönünde bir çalışma henüz bulunmamaktadır. DM birleşim alanı, dişe gelen stresi absorbe ederek çatlak ucu oluşumu karşısında kalkan görevini (shielding) üstlenmektedir. Bu yüzden mümkünse ortadan kaldırılmamalı ya da restoratif aşamalarda taklit edilmelidir. Yüksek çiğneme kuvveti ile karşı karşıya kalan bölgelerdeki kompozit rezin restorasyonların başarısını, materyallerin yetersiz özellikleri sınırlandırmaktadır. Bu yüzden dental materyalleri güçlendirmek amacıyla cam fiberlerin kullanılması alanında çalışmalar uzun süredir devam etmektedir (Garoushi, Säilynoja, et al., 2013).

Diş hekimliği klinik pratiğinde fiberler 40 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. İlk defa 1960'lı yıllarda akrilik rezinlerin (polimetil metakrilat) mekanik özelliklerinin geliştirilmesi ve boyutsal stabiliteleri ile ilgili sorunların giderilmesi amacıyla kullanılmıştır (Candan & Eronat, 2008). 1980'lerde ortodontik aparey ve splint

yapımında kullanılmaya başlanmıştır. 1990’larda sabit protezlerde kabul edilebilir marjinal uyum ve mekanik özelliklere sahip olması ile hem de estetik açıdan üstün özellikler göstermesi sonucu kullanımları artmış ve günümüze önemli gelişmeler kat ederek gelmiştir (Karaalioğlu & Aladağ, 2009).

Fiberlerin eklendiği resin materyal içerisindeki görevi, kırık stoperi işlevi görerek materyale mekanik ve fiziksel anlamda katkı sağlamaktır (Candan, 2007). Geleneksel kompozit rezinlere nazaran daha biyomimetik özellik sergileyen fiberle güçlendirilen resin kompozitler direkt kompozit resin restorasyon olarak konservatif diş hekimliğinde yerini almıştır. Fiberle güçlendirilmiş kompozitin alt yapısı çatlak önleyici tabaka olarak kompozit restorasyonu desteklemelidir (Scribante et al., 2018).

Materyalin mekanik özelliklerini güçlendiren fiberlerin dental rezinlere ilave edilmesinin zor olması, açıkta kalan liflerin çevre dokulara zarar verebilmesi ve temizlenmelerinin güçlüğü sebebiyle diş hekimliği pratiğinde uygulanma zorluğuna neden olmuştur. Kullanımları sonrası başarısızlıkların yaşanmasında başlıca iki sebep vardır: İlki dental rezinlerde bulunan fiber miktarının hacimce %15’den daha düşük olması, ikincisi ise fiberle güçlendirmenin teorikteki kadar etkin olmayıp fiberin yeterli doyurulmaması ve fiber demetleri ile resin arasında boşlukların varlığı olarak bildirilmiştir (Candan, 2007; Nalbantoğlu, 2010).

Fiber, uzatılmış tek biçimli bir materyal olarak tanımlanabilir. Az ya da çok eş eksenli ve düzgün enine kesite sahiptirler. Çapları genelde 250 µm’den küçük, uzunlukları da kendi çaplarına oranla 100 kat daha fazladır. Şekli ise silindirik, ince ve esnek yapıdadır (Candan & Eronat, 2008; Zhang & Matinlinna, 2012).

Fiberler ve polimer matriksin birleşimi ile fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin materyali oluşur. Uygulanan yük fibere aktarılır ve materyal fiber yapı sayesinde güçlü ve sert bir hale gelir. Fiberler sürekli tek yönlü , sürekli çift yönlü, sürekli ve süreksiz rastgele odaklı olabilirler (Vallittu, 2018).

Fiberle güçlendirilmiş kompozitler geleneksel materyallere nazaran çok karmaşık mekanik özelliklere sahiptir. Dental alaşımlar; uniform, isotropik ve homojen yapıya sahipken, fiberle güçlendirilmiş kompozitler daha heterojen ve anisotropiktir. Düzensiz dağılımlı fiber yapılarda, kuvvet fiberlere paralel geldiği zaman daha yüksek dayanım görülürken, fiber akslarına dik geldiği zaman daha zayıf dayanma kuvvetleri izlenir (Nalbantoğlu, 2010).

Piyasadaki fiber destekli kompozit rezinlere EverX Posterior (GC,Tokyo,Japonya), EverX Flow (GC,Tokyo,Japonya), Alert (Pentron, Wallingford, CT, ABD), Build-It FR (Pentron, Wallingford, CT, ABD) ve Nulite F (BTD, Avustralya) materyalleri örnek verilebilir.

2.2.4. Diş hekimliğinde Kullanılan Fiber Tipleri

Vallittu ve ark yaptıkları çalışmalarında cam, karbon ve aramid fiberle güçlendirilmiş, ısıyla sertleşen akrilik rezinin kırılmaya karşı direncinde fiber konsantrasyonunun etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada rezinlerin polimerizasyon büzülmesinin en fazla karbon ve aramid fiberlerde meydana geldiği ve cam fiberle güçlendirmenin daha başarılı olduğu bildirilmiştir(Vallittu, 1996).

2.2.4.1. Karbon Fiber

19. yüzyılın sonlarında pamuk liflerinin ve ince bambu filizlerinin karbonize edilmesiyle ilk kez karbon fiber terimi ortaya çıkmıştır (Garlapati et al., 2017). Diş

hekimliğinde kullanımları ise 1970'li yıllarda akrilik rezinlerin içerisine ilave edilip mekanik kuvvetlere karşı direnci arttırılmaya çalışılarak başlamıştır (Butterworth et al., 2003). O dönemde yaygın olarak kullanılan karbon fiberler poliakrilonitrilin karbonizasyonu ile elde edilmiştir (Candan, 2007).

Karbon fiberin (Şekil 2.1) siyah renkli olması estetik açısından pek tatmin edici değildir. Bu dezavantajının yanında fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kabul edilebilir seviyede iyi olması, diş hekimliğinde uzun yıllar boyunca kullanılmasına izin vermiştir. Bu fiber türü, uygulanan kuvvete dik olarak yerleştirildiğinde iyi bükülme ve eğilme dayanımı göstermesi sebebiyle piyasadaki fiberlerin üretimi esnasında lifler birbirine çapraz ve dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tek yönlü ve örgü yapısında olanlar implant destekli protezlerde çok sık kullanılmaktadır (Kurt et al., 2006).

Karbon fiberlerin estetik özelliklerinin kötü olması, karbonun potansiyel toksisitesi, fiberlerin işlenmesinin zor olması ve rezin içerisine tam olarak yerleştirilememesi gibi faktörler ve diğer fiber türlerinin daha başarılı olduğu çalışmalar ile gösterilince karbon fiberler yerini diğer fiber sistemlere bırakmıştır (Vallittu, 1996).

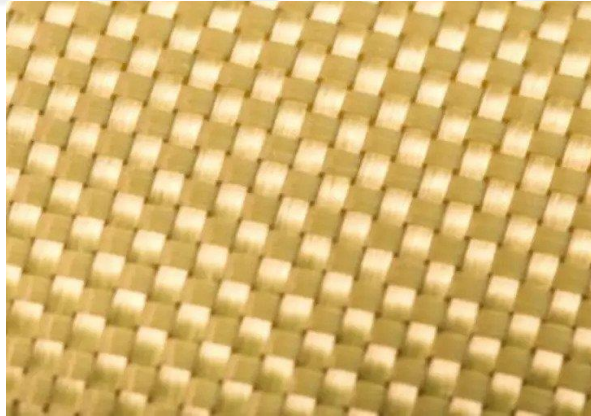


Şekil 2. 1. Karbon Fiber

2.2.4.2. *Aramid Fiber*

Aramid fiber, fenilene tepftalamik sentetik aramik polimer fiber olarak bilinmektedir (Kurt et al., 2006). Piyasa ismi kevlar olarak bilinen aramid fiber, organik bir bileşiktir ve düşük yoğunluğa sahiptir. Mikrofibril yapısıyla gerilmeye karşı yüksek dayanım gösterebilirken basınç ve bükme kuvvetlerine karşı diğer fiberlere nazaran daha dayanıksızdır (Karaalioğlu & Duymuş, 2008). Aramid fiberler karbon fiberlere göre daha estetik olmasına karşın sahip olduğu sarı renk sebebiyle (Şekil 2.2) estetiğin önem arz ettiği alanlarda tercih edilmezler (Candan, 2007).

Dış hekimliğinde kullanım alanları ise geçici restorasyonların güçlendirilmesi ve ortodontik apareylerin yapımıdır. Dış hekimliği dışında tank, madenci giysisi ve pilot üniformalarında, uçak kanatlarında, füze kılıfında ve gemi halatı gibi hafiflik ve güvenilirliğin ön planda olduğu alanlarda tercih edilir (Candan, 2007).



Şekil 2. 2. Aramid Fiber

2.2.4.3. *Polietilen Fiber*

Karbon-karbon çift bağı içeren bir hidrokarbon olan etilenin serbest radikal polimerizasyonu ile polietilen oluşmaktadır. Organik polimer yapısıyla ultra yüksek dayanım gücü olan örgü şeklindeki polietilen fiberler 1992 yılında Ribbond adı altında

piyasaya sürülmüştür (Karaalioğlu & Duymuş, 2008). Bu fiberler farklı tiplerde kullanıma sunulmuştur. Ön doyurulması yapılmış veya doyurulma gerektiren ve yapı olarak dokuma, leno dokuma, saç örgüsü veya tek yönlü şeklinde türleri vardır (Kurt et al., 2006). Polietilen fiberler, sert yapısı sebebiyle kesilmesi için özel makasa ihtiyaç duyarlar ve uygulanmaları zahmetlidir. Ribbond'un Kevlar'dan (aramid fiber) farkı; fiber liflerinin rezin içerisinden daha az nemi absorbe etmesidir (Karaalioğlu & Duymuş, 2008; Maden & Altun, 2012).

Ribbon'dun şekil alması oldukça kolaydır, kavite duvarlarına ve alveol kretin aksına göre yerleştirilebilir. Kilit dikiş özelliği ile gelen kuvvetleri, örgü yapısı boyunca rezine aktarır. Ribbond'u diğer fiberlerden ayıran bu patentli örgü yapısı 'leno' olarak bilinmektedir. Polietilen fiber lifleri suyu kolayca emer, "gaz-plazma" işlemi ile fiberin yüzey gerilimi azalır ve kompozit materyal ile kimyasal bağ artar (Ganesh & Tandon, 2006; Maden & Altun, 2012; Tuloglu et al., 2009).

Doğal görüntülü renksiz yapısı, yarı saydam özelliği ve yüksek biyouyumluluğu ile polietilen fiberler (Şekil2.3) diş hekimliğinde kompozit rezin veya akrilik içerisinde fark edilmeden kullanılabilir. Demirden 5 kat daha yüksek dayanıklılığı sahip olmasıyla baskılar karşısında oldukça sağlamdır (Tuloglu et al., 2009). 140°C üstündeki sıcaklıklarda yapısal olarak bozulmaları sebebiyle yüksek ısı ile polimerize olan kompozitlere ilave edilemezler (Karaalioğlu & Duymuş, 2008).



Şekil 2. 3. Polietilen Fiber

2.2.4.4. *Cam Fiber*

Cam Fiberler 1930’lu yıllarda ticari anlamda üretimi başlanmış, 1950’li yıllarda ise plastik malzemelerin güçlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Farklı türlere sahip olan cam fiberler diş hekimliğinde 1960’lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Cam fiber (Şekil 2.4) translüsens yapıları ile iyi estetik özelliklere, artmış eğilme dayanımı sayesinde de iyi mekanik özellikleri sahiptir. Ön doyurulması yapılmış ve elde doyurulma gerektiren olmak üzere 2 çeşidi mevcuttur (Kurt et al., 2006).



Şekil 2. 4. Cam Fiber

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitin Kullanım Alanları

Bu kompozitlerin kullanıldıkları alanlar şöyle sıralanabilir (Lassila et al., 2018):

- İndirekt adeziv restorasyonlar
- Sabit köprü
- Anterior ve posterior tek tam kuronlar
- Lamina kronlar
- Parsiyel kronlar
- Teleskopik kronlar
- Anterior ve posterior ekstrakoronal-interkoronal köprüler
- İmplant destekli sabit ve hareketli köprüler
- Periodontal splint
- İmplant üstü protez
- Endodontik post kor yapımı
- Pedodontide sabit yer tutucu
- Hareketli protezlerin güçlendirilmesi veya onarılması (Sucu & Köroğlu, 2021)
- Sabit bölümlü protez uygulamaları
- İmmediate geçici ve uzun vadeli geçici köprü

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitlerin Posterior Restorasyon Endikasyonları

- İyi oral hijyen sağlanabiliyorsa,
- Düşük çürük insidansı varlığında (Kurt et al., 2006)
- Post ve core yapımında,

- Kırık dişlerin tedavisinde,
- Kanal tedavisi yapılmış kuron çok harabiyetli posterior dişlerde
- Metal karşı alerjisi olan hastalarda (Sucu & Köroğlu, 2021)

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitlerin Avantajları

- Ağızın her bölgesinde kullanıma olanak tanıyan iyi mekanik özelliklere sahiptir.
- Karşıt dişte aşınmaya sebep olmaz
- Estetik özellikleri iyidir
- Diş gelişimi devam eden genç hastalar ve yaşlılar için kullanımı uygundur
- Dayanıklılığı iyidir
- Polimerizasyon sırasında büzülme oranı düşüktür
- Restorasyonun renk stabilitesi vardır
- Hasta başında yapılan FGK restorasyonlar daha kolay ve tek seansta tamamlanabilir
- Maliyetleri daha düşüktür (Kurt et al., 2006; Sucu & Köroğlu, 2021)

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitlerin Dezavantajları

- Ağız içinde açıkta kalan fiberler lokal doku reaksiyonuna neden olabilir
- Adeziv teknik için mükemmel nem kontrolü gerektir
- Restorasyonun ağızda kalma süresi hakkında kesin bir bilgi yoktur (Kurt et al., 2006; LI; Sucu & Köroğlu, 2021)

2.3. MATERYALLERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Restoratif diş hekimliğinde kullanılan materyaller oldukça geniş yelpazede yer alır ve klinik ortamda karşılaşmaları beklenen zorluklar nedeniyle biyomateryallerin geliştirilmesi alanında önemli bir yere sahiptir. Bu materyaller ağız ortamında nem, ısı, sindirim enzimleri ve asidik bileşenler gibi birçok farklı etkene maruz kalırlar. Bu etkenlere karşı dayanıklı olma, boyayıcı ajanlar karşısında geçirgen özellik göstermeme, toksik yapıda olmama, uygun fiyatlı olma, klinisyene kolay manipülasyon imkanı tanıma, uygun termal genleşme katsayısına ve termal iletkenliğe sahip olma ve aynı zamanda estetik beklentileri karşılama restoratif biyomateryallerin aranılan özellikleridir. Ayrıca mekanik kuvvetlere maruz kalan materyallerin mevcut mekanik özelliklerini koruması da aranılan özellikler arasındadır (Vitalarui et al., 2015).

2.3.1. Marjinal Uyum Değerlendirme Yöntemleri

Marjinal uyum, diş-restorasyon birleşim sınırındaki bütünlüğün tam olarak sağlanmasıyla elde edilir ve restorasyonun klinik ömrünü etkileyen önemli bir faktördür (Mayoral et al., 2011). Rezin esaslı restoratif materyallerde polimerizasyon esnasında meydana gelen büzülmeyle birlikte restorasyon ve diş ara yüzünde oluşan stresler kenarlarda aralanmaya sebep olmaktadır (Karaarslan et al., 2012). Restorasyon ile diş ara yüzünde meydana gelen bu mikro aralıktan bakteri, oral sıvılar, molekül ve iyonların klinik olarak algılanamayan geçişi mikrosızıntı olarak adlandırılmaktadır (Altun, 2004; Owens & Johnson, 2006; Roberson et al., 2006). Bu durum kenarlarda renklenme, sekonder çürükler, postoperatif hassasiyet ve sonuçta pulpa yıkımlarına neden olabilmektedir. Sızıntının engellenmesi restorasyonların uzun ömürlü olması için oldukça önemlidir (B Dayangaç, 2011; Gjorgievska et al., 2008; Owens & Johnson, 2006).

Restoratif materyallerin dental dokulara zayıf bağlantısı, diş ile arasındaki termal genişleme katsayısının farklılığı, bitirme ve polisaj işlemleri sonrası oluşan mikro çatlaklar ve kırıklar, zaman içerisinde restorasyon yüzeyinin aşınması, restorasyonun oklüzal kuvvetlerle elastik deformasyona uğraması mikrosızıntının oluşumunda etkili diğer faktörlerdir (Altun, 2004; Hubbezoğlu et al., 2006; Roberson et al., 2006).

Marjinal uyumun incelenmesinde şu yöntemler kullanılmaktadır:

- boya penetrasyon testleri,
- radyoaktif izotop yöntemi,
- kimyasal ajanların kullanılması,
- elektrokimyasal yöntem,
- taramalı elektron mikroskop analizi yöntemi ve
- nötron aktivasyon analizi gibi birçok yöntem kullanılabilmektedir. Fakat

boya penetrasyon testleri basit, kolay uygulanabilir, ucuz ve karşılaştırılabilir bir yöntem olmasından dolayı sıklıkla tercih edilmektedir (Hui et al., 2019; Taylor & Lynch, 1992).

2.3.1.1. Taramalı Elektron Mikroskobu İle Analiz Yöntemi (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), bir numuneyi odaklanmış bir elektron demetiyle tarayarak görüntüler üreten cihaz olarak tanımlanabilir. Elektronlar numunedeki atomlarla etkileşime girerek tespit edilebilen ve numunenin yüzey topografisi ve bileşimi hakkında bilgi içeren çeşitli sinyaller üretir. SEM, 1 nanometreden daha yüksek bir çözünürlüğe ulaşabilir. Numuneler yüksek vakumda, düşük vakumda, kuru koşullarda ve çok çeşitli kriyojenik veya yüksek sıcaklıklarda gözlemlenebilir. SEM analizi hem bir malzemenin yapısını ve bileşimini incelemek hem de iki farklı malzeme

arasındaki yüzey veya arayüzün kalitesini değerlendirmek için kullanılabilir (Hui et al., 2019).

2.3.2. Kırılma Dayanımı Test Yöntemleri

Ağız ortamı ile temasta olacak materyalin yüksek dayanıklılık özelliklerine sahip olması istenir. Dental materyaller çiğneme kuvvetleri sonucu sıkışma, gerilim, makaslama ve eğilme kuvvetlerine ek olarak yiyeceklerin ve mikroorganizmaların etkisine de maruz kalmaktadır. Dental materyallerin karşı karşıya kalacağı kuvvetler karşısındaki dayanıklılığının tespiti çubuk, disk ya da benzeri örneklerin veya ağız içinde kullanılacakları gerçek formda hazırlanmış örneklerin test edilmesi ile belirlenir (Anusavice, 1996; Craig, 1997).

Bir materyale belirli bir kuvvet veya yük uygulandığında, aynı yoğunlukta ve zıt yönde karşı bir kuvvet (tepki) meydana gelir. Bu durum da internal streslerin oluşmasına neden olur. Uygulanan bu kuvvetin oluşturduğu cevabın ölçülmesi mümkündür. Uygulanan yükün tipine göre test edilen materyalin cevabı farklılık gösterirken bazen bu durum materyalin deformasyonu ile sonuçlanabilir (Wang et al., 2003).

Birbirinden farklı her bir durum için restorasyonlar farklı özellikler gösterebilirler. Bu sebeple farklı özellikleri değerlendirmek amacıyla literatürde farklı in vitro testler yer almaktadır. Her testin kendine has bir tasarımı vardır ve belirli özellikleri değerlendirilir. Çiğneme kuvvetlerinin sıkıştırmaya yönelik davranışta bulunması sebebiyle restoratif materyallerin sıkıştırma tipi kuvvetlerle test edilmesi önemlidir (Wang et al., 2003).

Materyallerin testinde kullanılan başlıca cihaz ‘universal test cihazı’dır. Bu cihazla bükülme, sıkıştırma, kesme ve çekme dayanımı ölçülebilir. Sıkıştırma dayanımı ölçülürken, örneğe yüklenen aksiyal yük materyalin sıkıştırma dayanımını ve elastik

modülünü ortaya çıkartır. Testin materyale uygulanması sırasında önemli olan, uygulanan kuvvetle beraber örneğin içerisindeki gerinimin uniform olmasıdır. Uygulanan yükün örneğin eksenine paralel olmaması durumunda materyalin içerisinde bükülme tipi stresler de oluşabilir (Vitalarui et al., 2015).

2.4. YORGUNLUK VE YAPAY YAŞLANDIRMA YÖNTEMLERİ

Fonksiyonlar esnasında tekrarlayan kuvvetlere maruz kalan dental materyaller için yorgunluk özelliklerinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Artan sıcaklık, değişen pH değerleri, ortamın nem derecesi ve sulu olup olmaması yorgunluk direncini etkilemektedir. Bu sebeple yorgunluk parametresi restoratif materyallerin klinik performansları ile önemli ölçüde ilişki içerisinde (Ferracane, 2013).

Restoratif materyallerin idamesini, başarısını, fiziksel özelliklerini laboratuvar ortamında değerlendirmek ve klinik kullanımlarını öngörebilmek maksadıyla aşağıdaki yaşlandırma prosedürleri sıklıkla kullanılmaktadır (Attia & Kern, 2004).

- Termal yaşlandırma
- Su ve çeşitli solüsyonlarda bekletme ile yaşlandırma
- UV ışık ile yaşlandırma
- Mekanik yaşlandırma (çiğneme siklusu) ve
- Döngüsel termomekanik yaşlandırma testleridir

2.4.1. Termal Siklus İle Yaşlandırma

Ağız ortamında oluşan farklı sıcaklıkları farklı döngüsel zamanlarla uygulama esasına dayanan termal yaşlandırma, in vitro çalışmalarda en sık kullanılan yapay yaşlandırma yöntemidir. Termal döngüye maruz bırakılan dişle restoratif materyal

arasında sıvıların bağlantı noktalarına sızması ve termal genişlemeyle meydana gelen stresler sonucunda başarısızlıklar değerlendirilmektedir (Krejci et al., 1994).

Termal yaşlandırmada hem suda bekletmenin hem de sıcaklığın etkileri aynı zaman diliminde etki etmektedir. Yüksek termal genişleme katsayısına sahip restoratif materyallerin tekrarlayan genişleme ve büzölmeleri materyal-diş arayüzeyinde stres oluşmasına neden olur. Ortaya çıkan bu stresler bağlanma arayüzeyinde çatlak ve boşlukların ortaya çıkmasına sebep olur ve ağız sıvıları ya da patojenlerin sızıntısına ortam hazırlar (Morresi et al., 2014).

Termal siklus kullanımına yönelik ISO (International Standards Organization)'nın 11405 kodlu tavsiyesi 5-55°C'lik sıcaklık aralığıdır. Yine de 15-35°C sıcaklık ve 2-28 sn bekletme sürelerini öneren araştırmacılar olmuştur. Bekletme sürelerinin kısa tutulmasındaki amaç; ağız ortamında bulunan tamponlama mekanizmaları aracılığıyla dişlerin aşırı soğuk ve sıcak uyaranlara maruz kalma süresinin 2-5 sn olduğunun varsayılmasıdır (Schmid-Schwab et al., 2011). Siklus sayısı konusunda farklı görüşler bulunmakla beraber birçok araştırmacı günde 20 ile 50 arasında döngünün gerçekleştiğini varsayarak; 10.000 tekrarın materyalde ortalama 1 yıllık in vivo fonksiyona karşılık geldiğini tahmin etmektedir (Gale & Darvell, 1999).

2.4.2. Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırma

Ağız ortamı, materyallerin yorulmaya bağlı başarısızlığa uğrayacakları gerekli tüm faktörleri içermektedir. Dental restorasyonların uzun ömürlülük ve dayanıklılık karakterlerinin gerçekçi verilerini elde etmek için uzun dönemli klinik araştırmalar gerekmektedir. Bu durumda parametrelerin standardize edilmesi konusunda güçlükler ortaya çıkmakta ve maliyetler oldukça artmaktadır (Beuer et al., 2012). Bu

dezavantajlardan yola çıkarak yorulmanın test edilebilmesi amacıyla örneklere özelleştirilmiş frekans, kuvvet ve stres uygulayabilen birçok alet geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları klinik ortamın çok daha gerçeğe yakın olması amacıyla, test ortamlarına ilave nem ve kontrollü sıcaklık da uygulayabilmektedir. Laboratuvar ortamında yapılan araştırmalar, termal değişkenlikleri yansıtmak durumundadır (Kern et al., 1993).

Bir takım etik sorunlar, maliyet ve uzun zaman alışı nedeni ile klinik testlerin yapımı zor olmaktadır. Restoratif materyallerin klinik kullanım öncesi çiğneme kuvvetlerine karşı kırılma ve aşınma değerlerinin test edilmesinde yarar vardır. İn vitro testler uygulanırken en doğru sonucu alabilmek için çiğneme sisteminin mümkün olduğunca yansıtılması gerekir (Bulut & Atsü, 2016). Bireylerde ısırma kuvvetleri geniş bir aralığa sahiptir. Çiğneme ya da yutkunma sırasında oluşan fizyolojik ısırma kuvvetleri 10 ile 120 N arasında değişmektedir. Maksimum ısırma kuvveti ön bölgede 190 N ile 290 N arasında olurken arka bölgede 200N'dan 360 N'a kadar çıkabilmektedir (Fontijn-Tekamp et al., 2000; Morneburg & Pröschel, 2002).

Literatüre göre çiğneme simülatöründe yaklaşık olarak 240.000- 250.000 adet döngü bir yıllık klinik ortamdaki kullanıma karşılık gelmektedir. Araştırmalarda kullanılan, dinamik yüklemeye maruz bırakılan ve 1.200.000 döngü sonunda kırılmadan kalan örnek gruplarının kullanım süreleri 5 yıllık bir klinik ömre eşdeğerdir (Fontijn-Tekamp et al., 2000; Kohyama et al., 2004). Çiğneme simülatöründe çeşitli ağırlıklarla ve çeşitli sıkluslarla örneklere yüklemeler yapılabilmektedir. Çalışmalarda sıklıkla posterior bölgedeki normal oklüzyon ve çiğneme kuvvetlerini yansıtmak amacıyla 49 N'luk bir kuvvet uygulanır (Fontijn-Tekamp et al., 2000).

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından, 23.11.2023 tarih ve 23-KAEK-258 kayıt numarası ile onaylandı. Çalışmada örneklerin hazırlanması ve test metotlarının uygulanması Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında, SEM analizleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde in vitro olarak gerçekleştirildi.

3.1. ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜ VE GÜCÜ

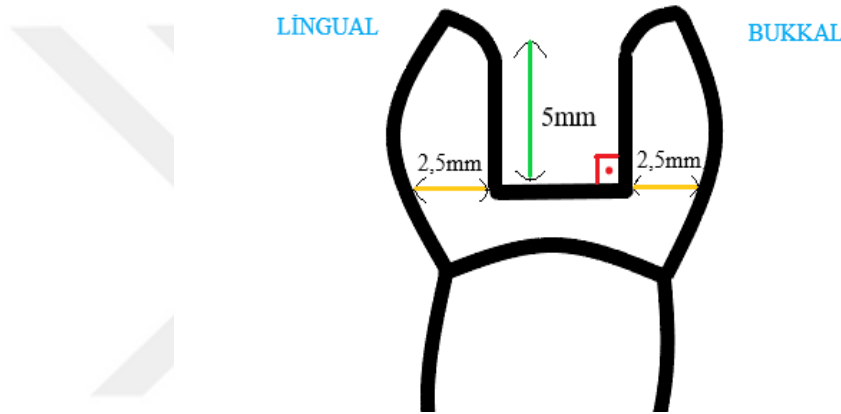
Çalışmada kullanılacak diş sayısını belirlemek için G*power V.3.1.9.6 programı kullanıldı. %95 test güven ($1-\alpha$), %85 test gücü ($1-\beta$), $f=0.49$ etki büyüklüğü ile her grupta 13 insan dişi olmak üzere, çalışmada kullanılması gereken örnek genişliği 65 diş olarak belirlendi (Hada & Panwar, 2019).

3.2. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

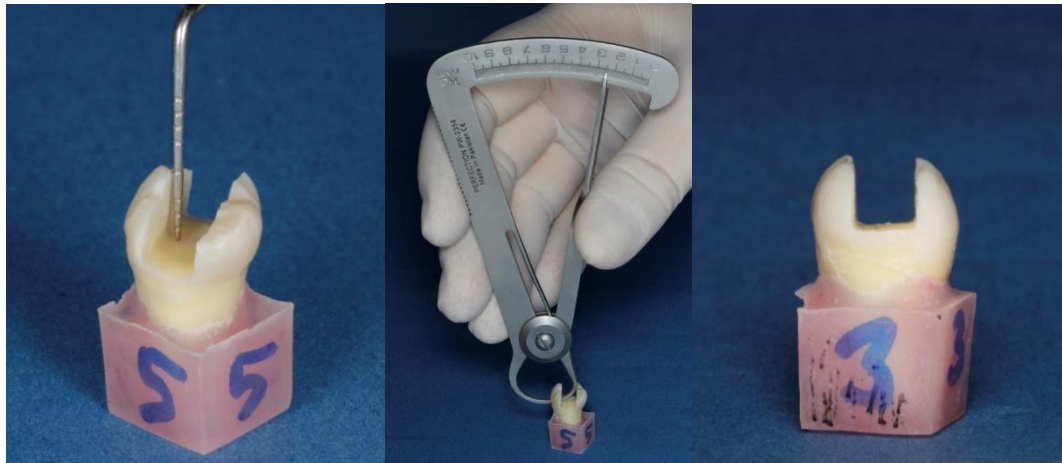
Bu çalışmada, son altı ay içerisinde ortodontik veya periodontal sebeplerle çekilmiş, çürüksüz, restorasyon ve görülebilir defekt içermeyen 65 adet insan mandibular büyük azı dişi kullanıldı. Dişler, oklüzal boyutları birbirine yakın olacak şekilde seçildi (± 1 mm). Dişlerin bukkal-lingual ve mesio-distal kalınlıkları dijital kumpas yardımı ile ölçülüp kaydedildi. Daha sonra, dişler üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal el aleti yardımı ile uzaklaştırıldı ve çalışma başlangıcına kadar serum fizyolojik içerisinde bekletildi.

Dişler, üst sınırları mine-sement birleşiminin 1.5 mm altında olacak şekilde akrilik rezin bloklar içerisine gömüldü. En yüksek tüberkül baz alınarak kavite derinliği 5mm, bukkal ve lingual duvarların en kalın bölgesi 2,5 mm olacak şekilde kavite boyutları

belirlendi (Şekil 3.1). Kaviteler yüksek hızlı su soğutmalı aeratör ve elmas kaplı fissür frez kullanılarak hazırlandı. Kavite duvarları birbirine paralel ve kenar açıları 90° olacak şekilde ayarlandı. Preparasyon esnasında ölçümler periodontal sond ve kumpas yardımı ile yapıldı (Şekil 3.2). Kaviteler tek bir operatör tarafından hazırlandı ve her 5 dişte bir frez değiştirildi (Forster et al., 2019; S  ry et al., 2019). Kavite hazırlığı bitiminde tüm örneklerin görüntüsü Şekil 3.3'teki gibidir.



  kil 3. 1. Kavite Hazırlığının   ematik Gösterimi



  kil 3. 2. Hazırlanan Kavitenin Görüntüsü



Şekil 3. 3. Kavite Preparasyonu Sonrası Tüm Örneklerin Görüntüsü

3.3. ÖRNEKLERİN GRUPLANDIRILMASI VE RESTORASYON PROSEDÜRLERİ

Bu çalışmada 2 adet fiber destekli kompozit rezin (EverX Posterior (GC, Tokyo, Japonya), EverX Flow (GC, Tokyo, Japonya)), 1 adet yüksek dolduruculu akışkan kompozit rezin (G-aenial Universal Injectable (GC, Tokyo, Japonya)) ve 1 adet geleneksel kompozit rezin (G-aenial Posterior (GC, Tokyo, Japonya)) kullanıldı (Şekil 3.4). Adeziv ajan olarak G-premio Bond (GC,Tokyo Japonya) üniversal adeziv selektif-etch modunda kullanıldı (Şekil 3.5). Kullanılan materyallerin içerikleri, üretici firmaları ve lot numaraları Tablo 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezinler: EverX Posterior, EverX Flow, G-aenial Universal Injectable, G-aenial Posterior (Soldan Sağa)



Şekil 3. 5. Çalışmada Kullanılan Adeziv Ajan

Tablo 3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller, İçerikleri, Üretici Firmaları Ve Lot Numaraları

MATERYAL	İÇERİK	ÜRETİCİ FİRMA	LOT NO
EverX Posterior	Bis-GMA, TEGDMA, PMMA, foto-başlatıcı, cam fiber, silikon dioksit, baryum cam (doldurucu oranı: Ağırlıkça; %76, Hacimce; %57)	(GC, Tokyo, Japonya)	2307031
EverX Flow	Bis—MEPP, TEGDMA, UDMA, E-cam Fiber, Silikon Dioksit, Baryum cam (doldurucu oranı: Ağırlıkça; %70, Hacimce; %46)	(GC, Tokyo, Japonya)	2306221
G-aenial Universal Injectable	Metakrilat monomeri, Silika, pigmentler, foto-başlatıcı, Silan, Baryum cam (doldurucu oranı: Ağırlıkça; %69, Hacimce; %45)	(GC, Tokyo, Japonya)	230221A
G-aenial Posterior	UDMA, dimetakrilat ko-monomer (bis-GMA yok), florealümina silikat, füm silika, silika, stronsiyum lantan florür, pre-polimerize doldurucu (doldurucu oranı: Ağırlıkça; %77, Hacimce; %65)	(GC, Tokyo, Japonya)	220829A
G-Premio Bond	Aseton, dimetakrilat, fosforik asit ester monomeri, dimetakrilat bileşimi, foto-başlatıcı, bütilat hidroksitoluen	(GC, Tokyo, Japonya)	2304171
K-Etchant Syringe	Fosforik asit, polietilen glikol, koloidal silika, su, pigment	(Kuraray Noritake, Tokyo, Japonya)	5T0215

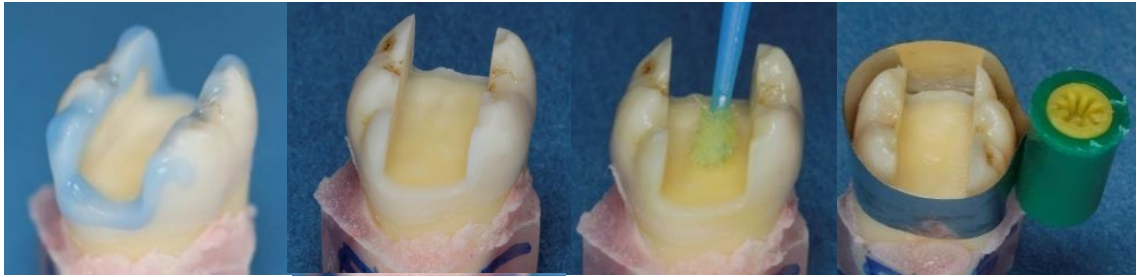
Örnekler, uygulanacak restoratif prosedüre göre 5 gruba ayrıldı.

Kontrol Grubu: Dişler üzerinde herhangi bir kavite preparasyonu ve restorasyonu yapılmadı (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6. Kavite Oluşturulmayan Diş Örneği

G-aenial Posterior Grubu: MOD kavite preparasyonu sonrası tüm mine kenarları %35 ortofosforik asit ile 15 sn boyunca pürüzlendirilip 15 sn su ile yıkandıktan sonra hava ile kurutuldu. G-premio Bond üretici firma önerilerine göre kaviteye uygulanıp, 10 sn bekledikten sonra şiddetli hava ile 5 sn kurutuldu. Ardından 10 sn boyunca LED ışık kaynağı (Valo; Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, ABD) ile polimerize edildi. Daha sonra kompoziti yerleştirmek amacıyla örneklere otomatriks (Super Mat Adapt Supercap Matrix, Kerr, İsviçre) uygulandı (Şekil 3.7). G-aenial Posterior kompozit 2.5 mm kalınlığında inkramental teknik ile kaviteye yerleştirildi. Her bir tabaka 20 sn boyunca LED ışık cihazı ile polimerize edildi (Şekil 3.8).

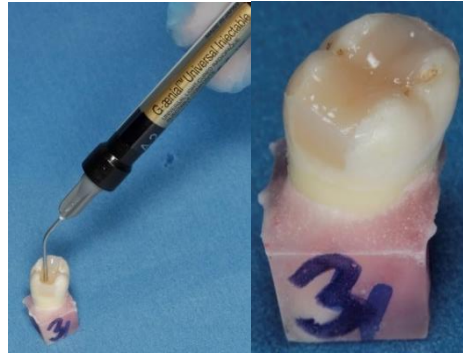


Şekil 3. 7. Adeziv Sistem Uygulanması Ve Matriks Sistemin Yerleştirilmesi



Şekil 3. 8. G-aenial Posterior Kompozit Restorasyonunun Son Hali

G-aenial Universal Injectable Grubu: Grup 2' de anlatılan restorasyon aşamasına kadar olan işlemler aynı şekilde gerçekleştirildi (Şekil 3.7). Kavitenin tamamında G-aenial Universal Injectable kompozit 2,5 mm kalınlığında tabakalar halinde kaviteye uygulandı. Her bir tabaka 20sn boyunca LED ışık cihazı ile polimerize edildi (Şekil 3. 9).



Şekil 3. 9. G-aenial Universal Injectable Kompozit Restorasyonunun Son Hali

EverX Flow Grubu: Grup 2' de anlatılan restorasyon aşamasına kadar olan işlemler aynı şekilde gerçekleştirildi (Şekil 3.7). Daha sonra kavitenin mesial ve distal duvarları G-aenial posterior kompozit kullanılarak 2 mm kalınlığında oluşturuldu. G-aenial Posterior ile sınıf I kavite şekli oluşturulan örneğe EverX Flow kompozit rezinin

bulk rengi tek seferde en fazla 3,5 mm kalınlığında olacak şekilde uygulandı. Daha sonra kavitenin restorasyonu G-aenial Posterior kullanılarak tamamlandı. Her bir tabakalama aşaması LED ışık cihazı ile 20sn boyunca polimerize edildi (Şekil 3.10).



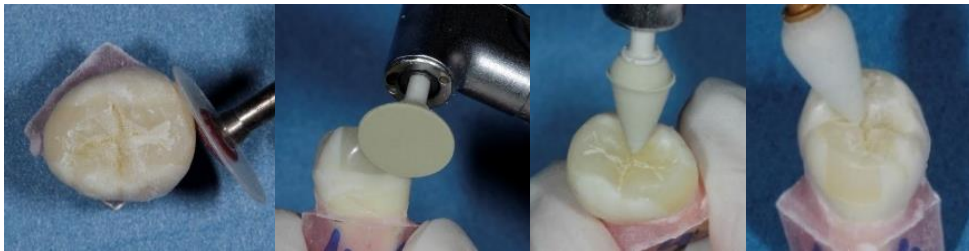
Şekil 3. 10. EverX Flow Ve G-aenial Posterior Kompozit Kullanılarak Yapılan Restorasyonunun Son Hali

EverX Posterior Grubu: Grup 2’ de anlatılan restorasyon aşamasına kadar olan işlemler aynı şekilde gerçekleştirildi (Şekil 3.7). Daha sonra kavitenin mesial ve distal duvarları G-aenial Posterior kompozit kullanılarak 2 mm kalınlığında oluşturuldu. G-aenial Posterior ile sınıf I kavite şekli oluşturulan örneğe EverX Posterior kompozit tek seferde en fazla 3,5 mm kalınlığında olacak şekilde uygulandı. Daha sonra kavitenin restorasyonu G-aenial Posterior kullanılarak tamamlandı. Her bir tabakalama aşaması LED ışık cihazı ile 20sn boyunca polimerize edildi (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. EverX Posterior Ve G-aenial Posterior Kompozit Kullanılarak Yapılan Restorasyonunun Son Hali

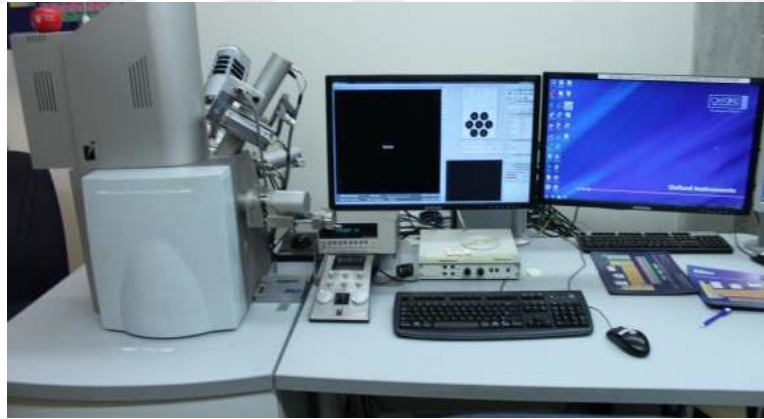
Kompozit restorasyonları tamamlanan tüm örneklere sırasıyla kompozit şekillendirme diskleri (Sof-lex Course-Medium, 3M ESPE, ABD) ve polisaj lastikleri (Po Go Enhance Finishing System, Dentsplay Sirona, ABD) ile bitim ve cila işlemleri uygulandı (Şekil 3.12).



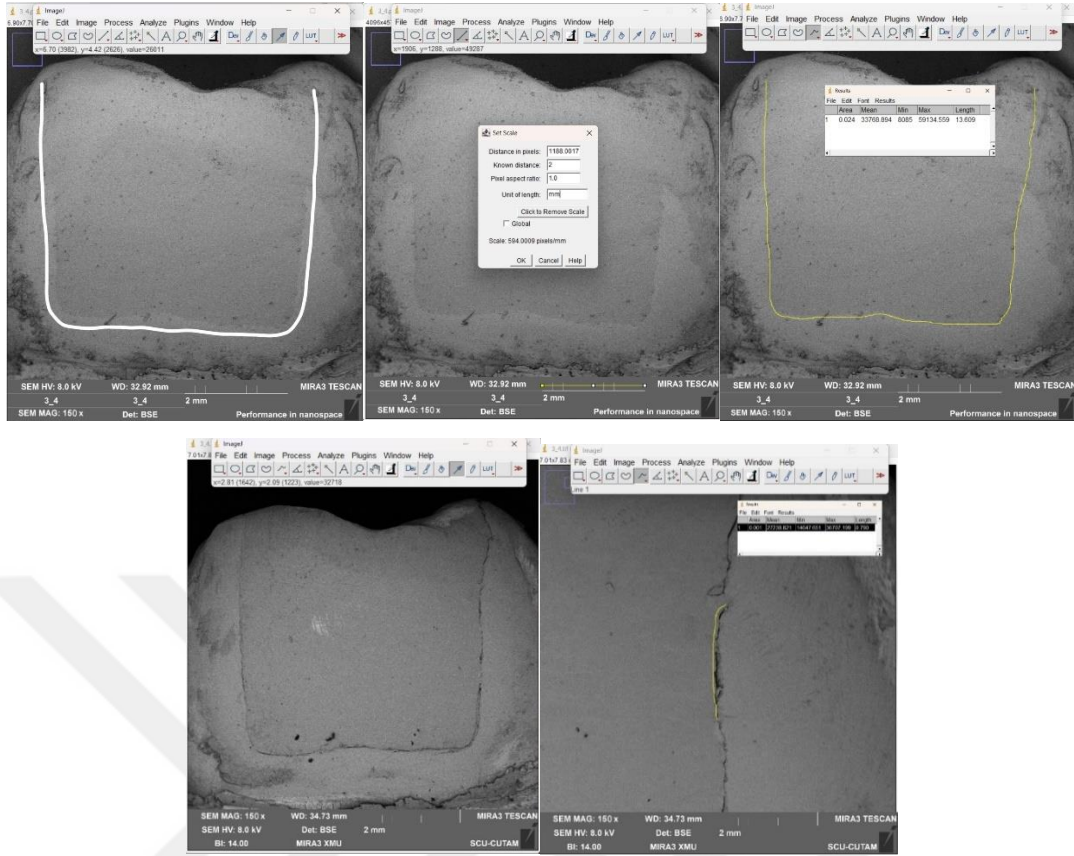
Şekil 3. 12. Kompozit Restorasyonların Sırasıyla Bitim Ve Polisaj Aşamaları

3.4. MARJİNAL UYUM ANALİZİ

Örneklerin marjinal uyum analizi taramalı elektron mikroskobu (SEM) (TescanMiraIII, Tescan, Brno, Çek Cumhuriyeti) kullanılarak gerçekleştirildi (Şekil 3.13). Restorasyonu tamamlanan tüm örneklerin, yaşlandırma öncesi ve sonrası, 150X büyütmede SEM altında görüntüsü alındı. Kantitatif marjinal uyum analizi için dişlerin mesial yüzeyinden başlangıç ve yaşlandırma sonrası görüntüleri alındı. Görüntüler bir bilgisayar programında birleştirilerek marjinal mikromorfoloji ‘devamlı marjin’ ya da ‘marjinal boşluk’ olarak değerlendirilip, marjinlerin toplam uzunluğuna göre yüzdesel olarak ifade edildi (Şekil 3.14). Ölçümler ImageJ (Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, ABD) programı kullanılarak yapıldı. Başlangıç ölçümlerinde elde edilen yüzdesel bozulma yaşlandırma sonrası oluşan yüzdesel bozulmadan çıkarılarak kaydedildi.



Şekil 3. 13. Taramalı Elektron Mikroskobu



Şekil 3. 14. Devamlı Ve Bozulan Restorasyon Kenarlarının Ölçümü

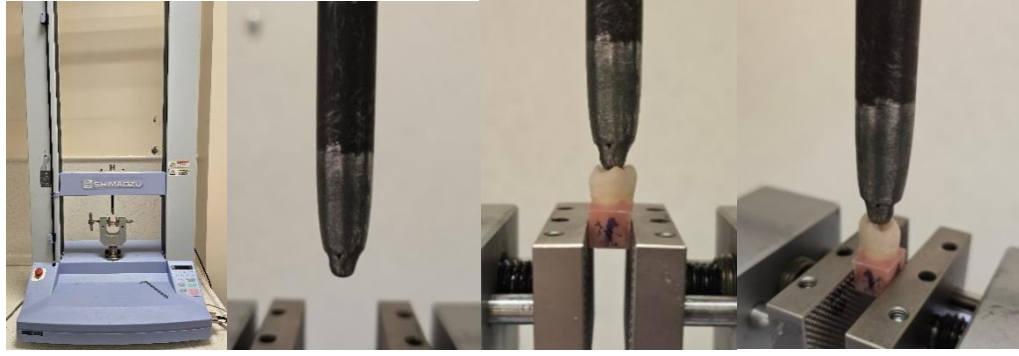
Yaşlandırma işlemi termal döngü cihazı (SD Mechatronik Thermocycler, SD Mechatronik GMBH, Westerham, Almanya) ve çiğneme simülatörü (SD Mechatronik GMBH, Feldkirchen, Almanya) kullanılarak yapıldı. Termal siklus ile yaşlandırma, 10.000 tekrar ile 5 ve 55°C’de 30 sn bekletme gerçekleştirildi. Ardından çiğneme simülatörü (50N üst çene ısırma kuvveti, 0.7 mm alt çene yanal hareket, 240.000 mekanik yükleme, 1.6 Hz çiğneme periodu) ile yaşlandırma prosedürü uygulandı (Şekil 3. 15) (Bulut & Atsü, 2016).



Şekil 3. 15. Termal Siklus Cihazı Ve Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırma

3.5. KIRILMA DAYANIMI ANALİZİ

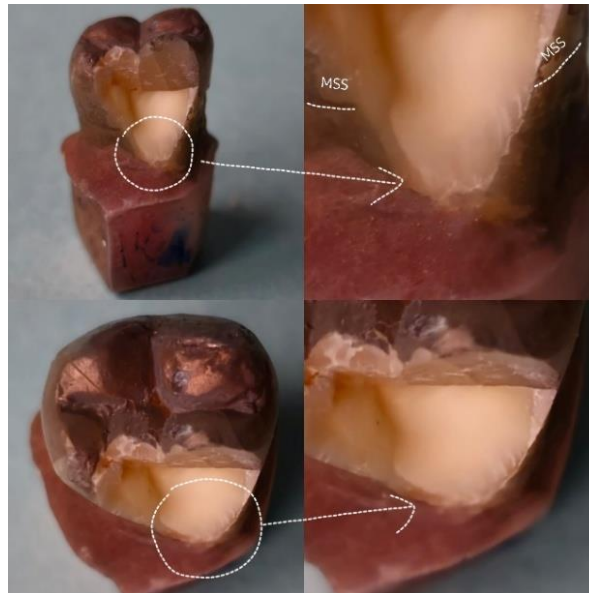
Yaşlandırma işlemleri sonrası sağlam olan örnekler kırılma testine tabi tutuldu. Evrensel Test Makinesi (Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) ile 0,5mm/dk hızla 5mm çapında paslanmaz çelik top başlı bilye kullanılıp, bukkal ve palatinal tüberkül sırtlarına temas ederek dişlerin uzun aksına paralel olacak şekilde kuvvet uygulandı (Selvakumar et al., 2023; Yasa et al., 2016) (Şekil 3.16). Her bir örneği kırmak için gerekli olan kuvvet değeri Newton cinsinden kaydedildi. Örneklerde gerçekleşen kırıklar restore edilebilir veya restore edilemez şeklinde yüzdesel olarak değerlendirildi (Yasa et al., 2016).

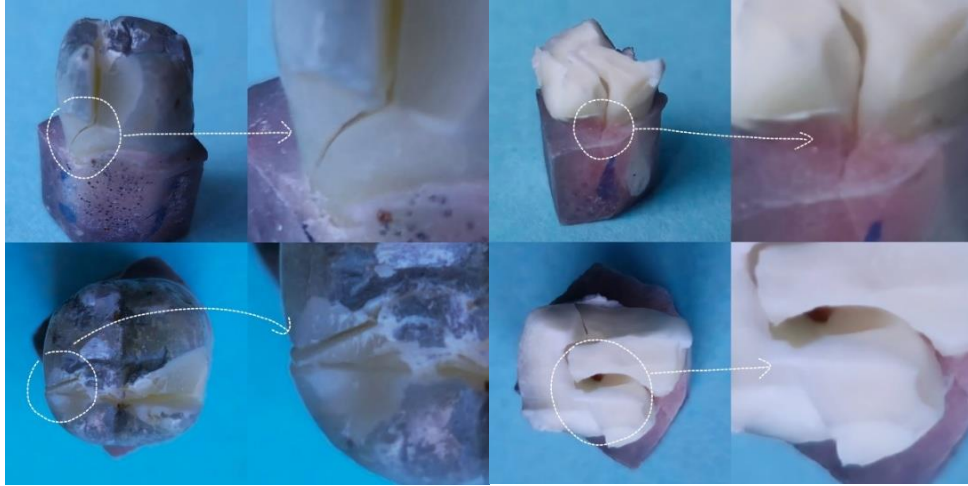


Şekil 3. 16. Kırma Testinin Gerçekleştirildiği Universal Test Cihazı Ve 5 mm Çaplı Top Uçlu Materyal

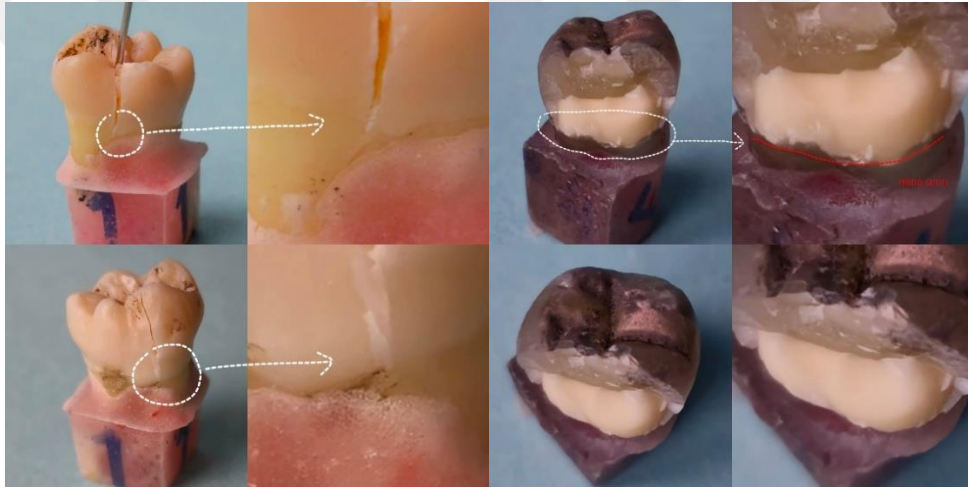
3.6. KIRIK ÖRNEKLERİN RESTORE EDİLEBİLİRLİĞİNİN ANALİZİ

Kırılma testi sonrası örneklerde meydana gelen kırıklar restore edilebilir veya restore edilemez şeklinde değerlendirildi. Örneklerde oluşan kırık hattı mine-sement sınırına göre değerlendirildi. Mine-sement sınırını apikale doğru 1mm aşan kırıklar restore edilemez (Şekil 3.17) olarak kabul edilirken bu sınırın koronalinde kalan kırıklar tekrar restore edilebilir (Şekil 3.18) olarak değerlendirildi (Yasa et al., 2016).





Şekil 3. 17. Restore Edilemez Örneklerin Görüntüsü



Şekil 3. 18. Restore Edilebilir Örneklerin Görüntüleri

3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin istatistiksel analizleri SPSS v.26 paket programı (SPSS Inc, IBM Corp, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. Marjinal adaptasyon analizinden elde edilen veriler iki yönlü ANOVA ile analiz edildi. Kırılma testi sonrası elde edilen veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edildi. Her iki testte de gruplar arası karşılaştırmalar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapıldı. Kırılan örneklerin restore edilebilirliği ise Ki-kare testi ile analiz edildi. Tüm testler $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

4.1. MARJİNAL UYUM DEĞERLENDİRMESİ

Analiz sonucu elde edilen verilerin ortalama (MPa) $\pm$ standart sapma değerleri Tablo 4.1' ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. İki yönlü ANOVA sonuçları; restoratif materyallerinin ($F=4.851$, $p<0.003$) ve yaşlandırmanın ($F=43.634$, $p<0.001$) marjinal adaptasyon üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir.

Yaşlandırma işlemi tüm grupların marjinal bozukluk değerlerinin artmasına neden oldu ($p<0.05$). Çalışmada kullanılan farklı kompozit rezin materyalleri arasında yaşlandırma öncesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi ($p>0,05$). Yaşlandırma sonrasında ise G-aenial Universal Injectable grubu diğer gruplara kıyasla anlamlı ölçüde daha fazla marjinal bozunma gösterdi ($p<0.05$). En düşük marjinal bozukluk değeri ise EverX Posterior grubunda görüldü.

Tablo 4.1. Mesial Yüzeyde Elde Edilen Marjinal Bozuklukların Yüzdesel Ortalamaları Ve Standart Sapmaları

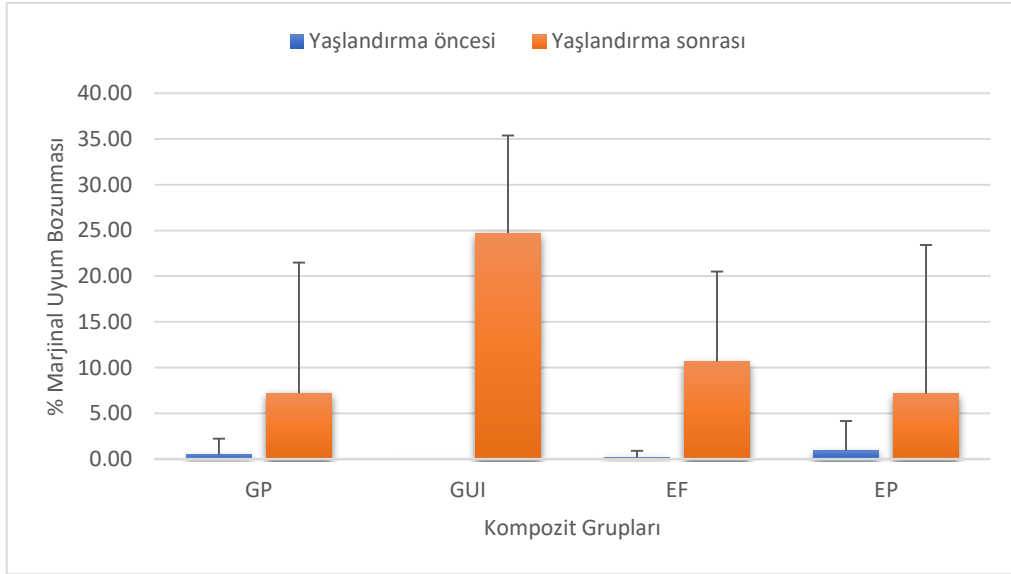
	Gruplar			
	Ortalama $\pm$ Standart Sapma			
	GP	GUI	EF	EP
Yaşlandırma Öncesi	0.48 ± 1.74^{Aa}	0 ± 0^{Aa}	0.2 ± 0.7^{Aa}	0.9 ± 3.26^{Aa}
Yaşlandırma Sonrası	7.22 ± 14.28^{Ba}	24.7 ± 10.67^{Bb}	10.67 ± 9.85^{Ba}	7.18 ± 16.21^{Ba}

(G-aenial Posterior=GP, Gaenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

*ANOVA testi

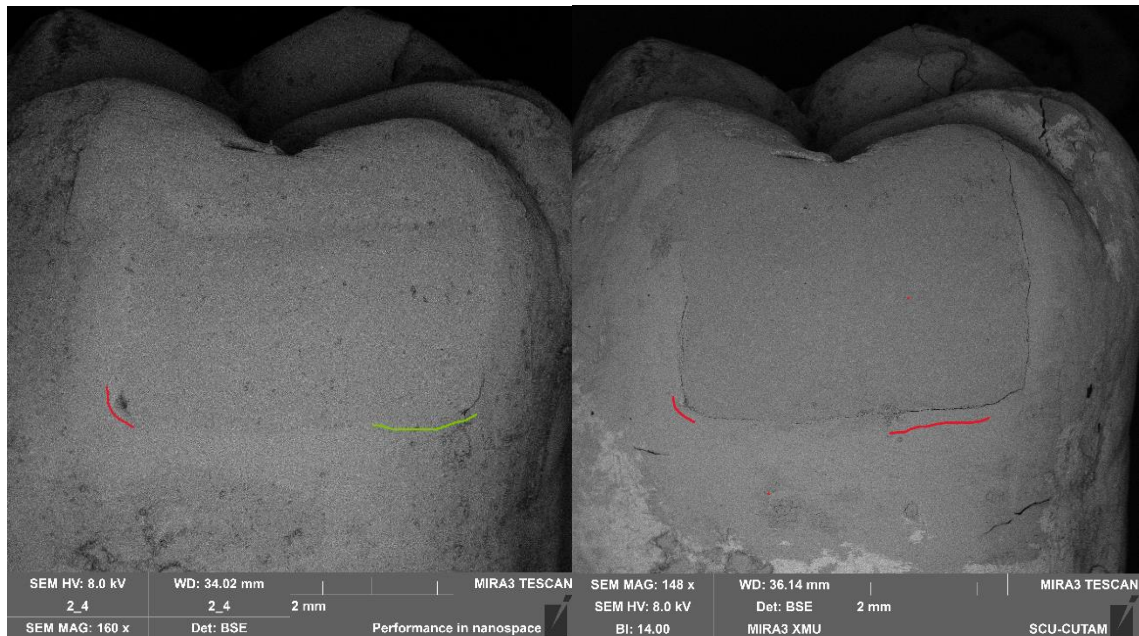
Küçük harfli üst simgeler (satırda) gruplar arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$),

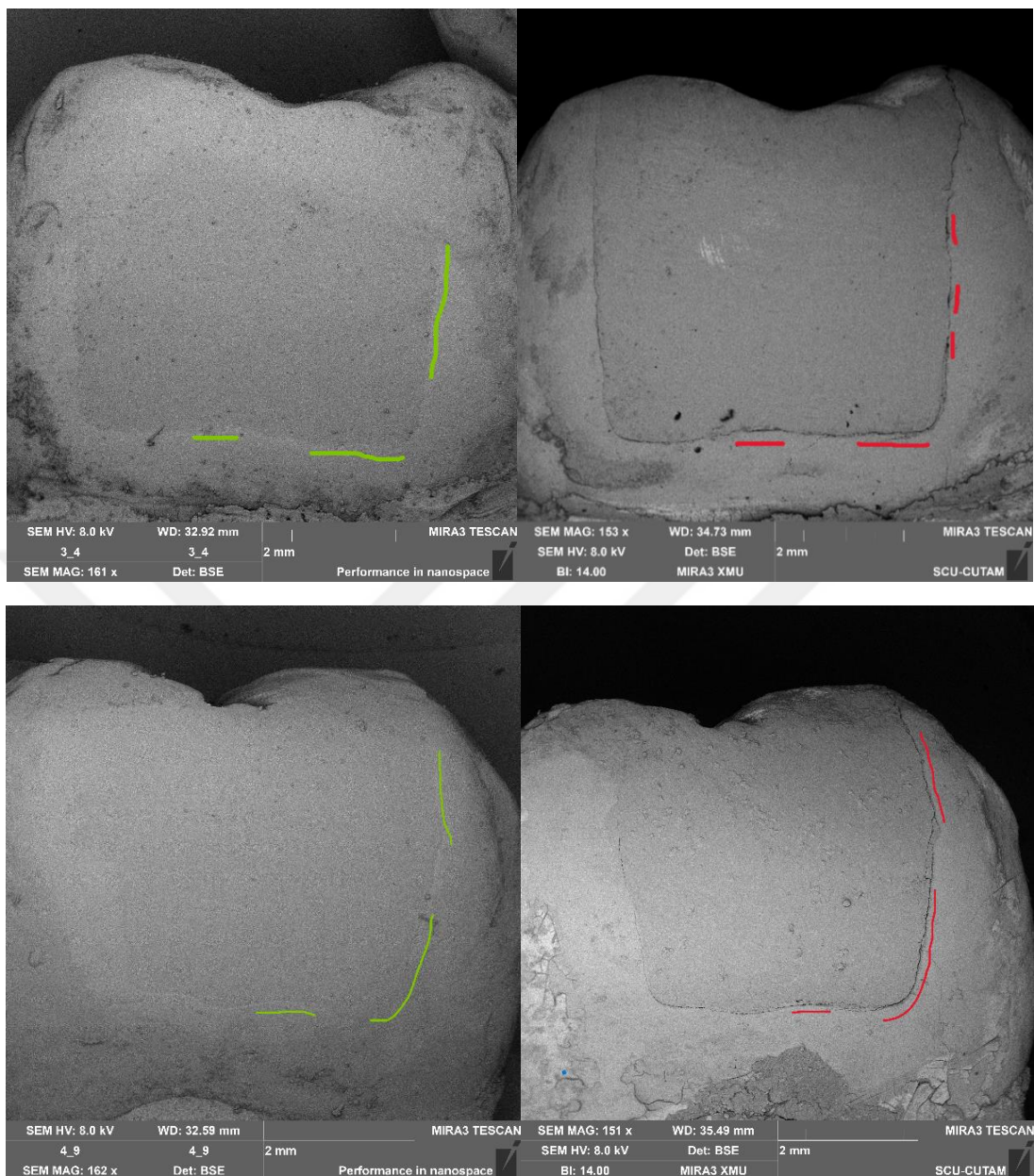
Büyük harfli üst simgeler (sütunda) yaşlandırma öncesi ve sonrası anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

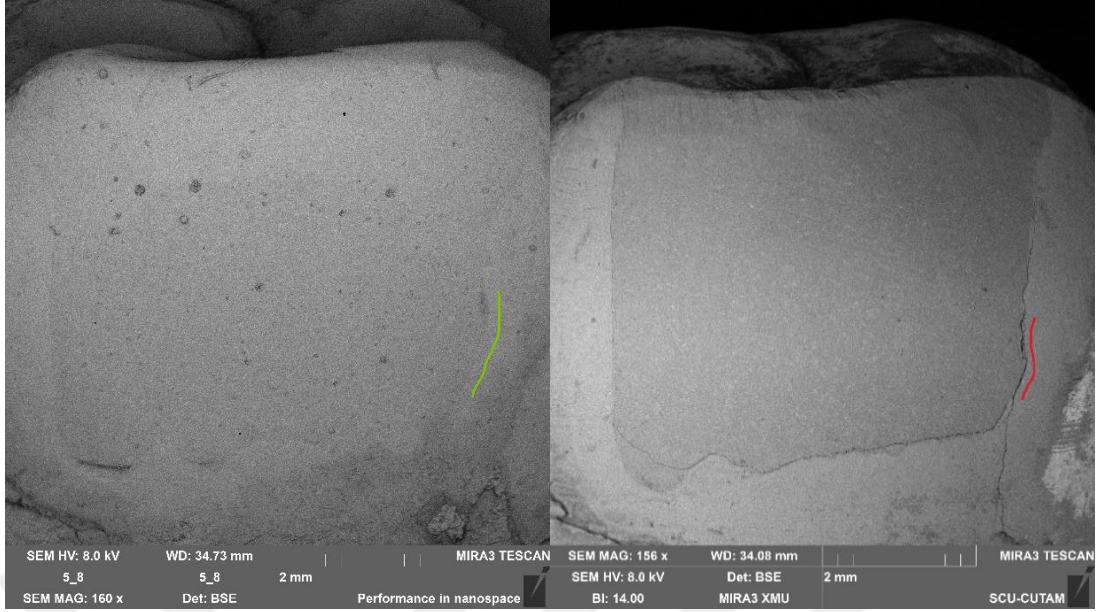


Şekil 4. 1. Mesial Aproksimal Yüzeylerde Restorasyon Marjinal Uyumlarındaki Yüzdesel Bozulmanın Grafiksel Gösterimi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

Restore edilen her bir gruptan yaşlandırma öncesi ve sonrasında alınan SEM görüntülerindeki marjinal bozunmalar Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

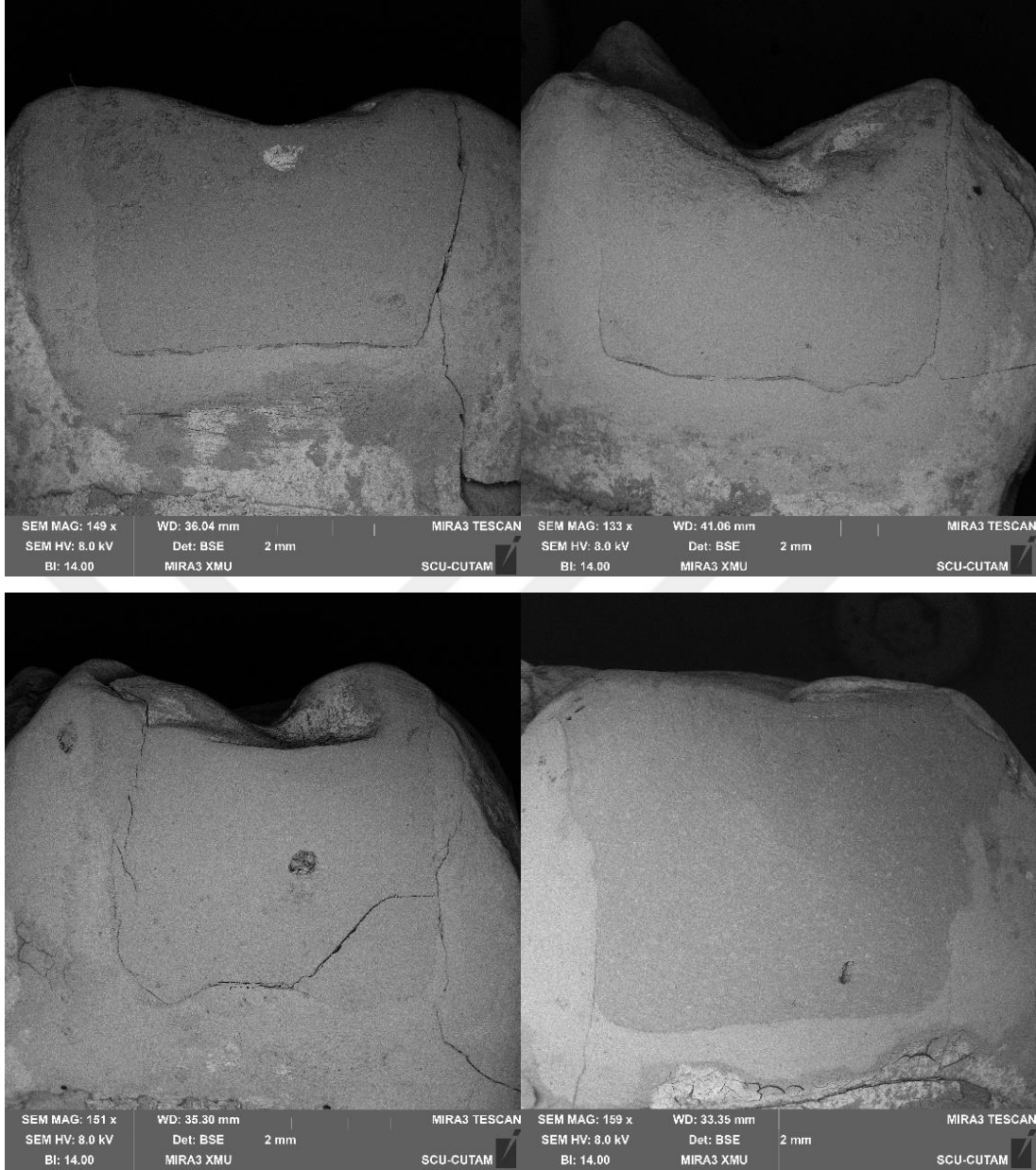






Şekil 4. 2. Sırasıyla Grup2-3-4-5’ ten Birer Örneğin Yaşlandırma Öncesi Ve Sonrası Elde Edilen SEM Görüntüleri (Yeşil Çizgiler=Bozulmamış Alan, Kırmızı Çizgiler=Bozulmuş Alan)

SEM ile örneklerin marjinal uyumları değerlendirilirken yaşlandırma işlemleri sonrası deformasyona uğrayarak yapısında çatlak-kırık hattı oluşan diş görüntülerine rastlandı. Bu durumdan etkilenen bazı dişlerin SEM görüntüleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Yapay yaşlandırma işlemleri sonrasında bazı örneklerde oluşan çatlak-kırık hatlarının SEM görüntüleri

4.2. KIRILMA DAYANIMI DEĞERLENDİRMESİ

Çalışmada kullanılan farklı kompozit rezin materyallerinin kırılma dayanımı ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonucu kullanılan kompozit rezinler arasında anlamlı farklılık görülmüştür ($p<0,05$). Kontrol grubu, G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Injectable

grubuna kıyasla anlamlı ölçüde daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir ($p<0,05$). En yüksek kırılma dayanımı değeri kontrol grubunda görülürken, bu değer G-aenial Universal Injectable ve G-aenial Posterior grupları ile anlamlıdır ($p<0,05$). En düşük kırılma dayanımı değeri G-aenial Universal Injectable grubunda görülürken, bu değer kontrol grubu ve EverX Flow grubu ile anlamlıdır ($p<0,05$). G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Injectable gruplarının kırılma dayanım değerleri, kontrol grubunun kırılma dayanım değerine göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu görüldü ($p<0,05$). EverX Flow ve EverX Posterior gruplarının kırılma dayanım değerleri kontrol grubunun kırılma dayanım değerine göre anlamlı olmayan düzeyde daha düşük olduğu görüldü ($p>0,05$).

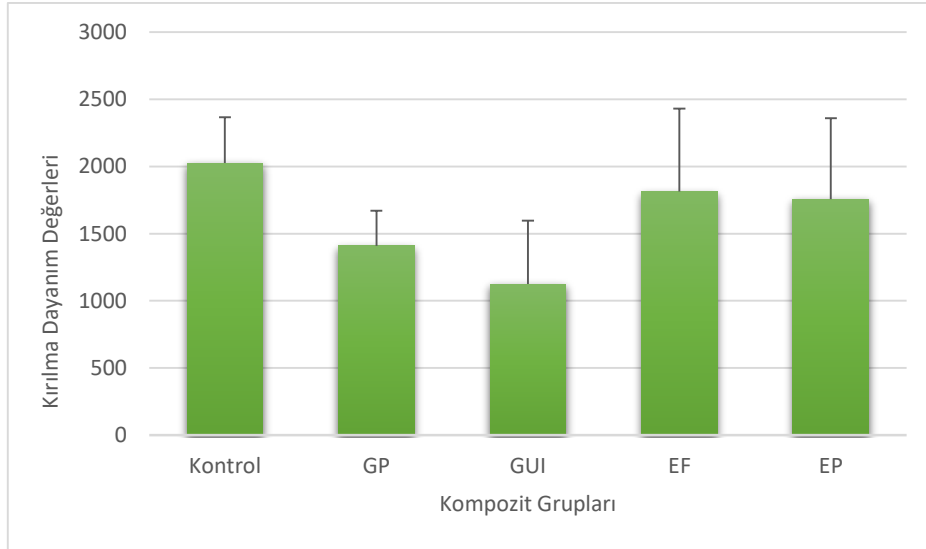
Tablo 4. 2. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Verilerin İstatistiksel Olarak Yorumlanması

		Gruplar Ortalama $\pm$ Standart Sapma					Test İst.	p*
	Kontrol grubu	GP	GUI	EF	EP			
Kırılma Dayanımı	2026,53 $\pm$ 339,22 ^a	1409,72 $\pm$ 260,04 ^{bc}	1124,62 $\pm$ 471,33 ^b	1812,7 $\pm$ 619,54 ^{ac}	1757,79 $\pm$ 601,95 ^{ab}	10,092		<0,001

(G-aenial Posterior=GP, Gaenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

*ANOVA testi

Küçük harfli üst simgeler gruplar arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4. 4. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Verilerin Grafikselsel Gösterimi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

4.3. ÖRNEKLERİN KIRILMA DAYANIM TESTİ SONRASI RESTORE EDİLEBİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmada kullanılan farklı kompozit rezin materyalleriyle oluşturulan örneklerin kırılma testi sonucu restore edilebilirlikleri sayısal ve grafikselsel olarak sırasıyla Tablo 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Ki-kare testi verilerine göre kullanılan kompozit rezinler arasında anlamlı farklılık görülmedi ($p>0.05$). En fazla restore edilebilir kırık EverX Posterior grubunda ve en az restore edilebilir kırık G-aenial Posterior grubunda görüldü. G-aenial Universal Injectable ve EverX Posterior gruplarında preparasyon yapılmayan kontrol grubuna kıyasla daha fazla restore edilebilir kırık görüldü.

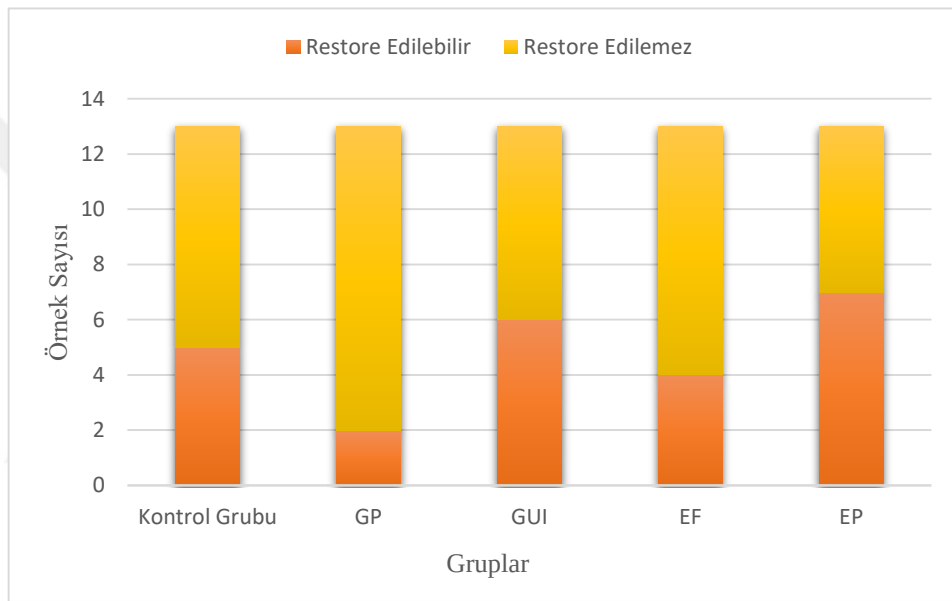
Tablo 4. 3. Kırılma Dayanım Testi Sonucu Örneklerin Restore Edilebilirlikleri

	Kontrol Grubu	GP	GUI	EF	EP	p*
Restore Edilebilir	5 (38.5) ^a	2 (15.4) ^a	6 (46.2) ^a	4 (30.8) ^a	7 (53.8) ^a	0.298
Restore Edilemez	8 (61.5) ^a	11 (84.6) ^a	7 (53.8) ^a	9 (69.2) ^a	6 (46.2) ^a	

(G-aenial Posterior=GP, Gaenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

*Ki-kare testi

Küçük harfli üst simgeler gruplar arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).



Şekil 4. 5. Kırılma Testi Sonucu Örneklerin Restore Edilebilirliklerinin Grafikselleştirilmesi (G-aenial Posterior=GP, G-aenial Universal Injectable=GUI, EverX Flow=EF, EverX Posterior=EP)

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasının sonucunda; ‘Aşırı madde kayıplı vital dişlerde kullanılan farklı kompozit materyalleri arasında marjinal uyum açısından fark yoktur.’ ve ‘Aşırı madde kayıplı vital dişlerde kullanılan farklı kompozit materyalleri arasında kırılma dayanımı açısından fark yoktur.’ şeklinde kurulan hipotezler reddedilmiştir. Marjinal uyum değerlendirilmesi sonucu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Kırılma dayanımının değerlendirilmesi sonucu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür.

Marjinal uyum restorasyon kenarı ile diş dokusunun sonlandığı çizgi arasında kalan mesafe olarak adlandırılır ve restorasyonların uzun ömürlülüğünü etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Yaşa, 2019). Rezin bazlı kompozitlerin polimerizasyonu esnasında büzülme kaynaklı gerilimler oluşur (Davidson & Feilzer, 1997). Bu gerilimler sonucu restorasyon kenar kalitesi etkilenebilir ve beraberinde sızıntı, tekrarlayan çürük, pulpa irritasyonu gibi sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir (Braga et al., 2003; Garcia-Godoy et al., 2010; Roggendorf et al., 2011). Tam anlamıyla mükemmel marjinal uyum elde edilemeyeceği düşünülse de, en iyisini yakalamaya çalışmak ana hedef olmalıdır (Roggendorf et al., 2011).

Kompozit rezinlerin karakteristik mekanik davranış özellikleri, statik yükleme altında ortaya koydukları deformasyonu sürdürme ya da kırılma tepkilerinin ölçülmesi ile belirlenir (Munz & Fett, 1999). Meydana gelen kırılma kompozit rezin restorasyon başarısızlığının başlıca nedenlerinden biridir (Brunthaler et al., 2003). Ağız içerisindeki mekanik yüklerin fizyolojik seviyede bile tekrarlanması, materyalin içsel kusurları kaynaklı çatlak büyümesi ile restorasyon ömrünü kısaltabilir (Drummond, 2008). Bu sebeple materyalin kırılma tokluğu ve yorulma direnci karşısındaki davranışını bilmek,

klirik performansı açısından son derece önemlidir (Ferracane, 2013). Bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasında farklı tür kompozitlerin marjinal uyumu ve kırılma dayanım performansları değerlendirilmek istenmiştir.

Restoratif materyallerin fiziksel ve kimyasal performanslarının değerlendirilmesi laboratuvar ve klinik çalışmalar olmak üzere iki farklı yolla yapılmaktadır. Klinik çalışmalarda hasta takibinin zorluğu, sonuçların uzun sreler sonunda elde edilmesi ve maliyetlerin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı in vitro testler daha çok tercih edilmektedir (Tichy et al., 2021). Bu sebeplerden dolayı bu tez çalışması in vitro koşullarda yürütülmüştür.

Yapılan in vitro çalışmalarda daha çok insan ve sığır dişlerinin tercih edildiği görülmektedir (Burrow et al., 1996; Saito et al., 2020). Ancak bu iki diş tipinin de birbirinden farklı özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Lopes ve ark. yaptıkları çalışmada sığır dişlerinin intertübüler dentin yapısının daha poröz yapıda olduğunu bildirmişlerdir (Lopes et al., 2003). FT-Raman spektroskopisi kullanılarak yapılan başka bir çalışmada ise, insan ve sığır dişlerinin incelenmesi sonucunda, dentinin organik ve inorganik yapıları arasında farklılıklar olduğu söylenmiştir (Soares et al., 2013). Literatüre baktığımızda kırılma dayanımının değerlendirildiği çeşitli çalışmalarda kullanılan dişlerin çoğunluğunun alt çene molar dişleri olduğu görülmüştür (Al Amri et al., 2016; Belli et al., 2005; Chai & Lawn, 2017; Fráter et al., 2014; Touré et al., 2011; Zadik et al., 2008). Alt ene posterior dişler st çene dişlerine kıyasla yüksek çürük oluşma riskine ve daha fazla oklüzal kuvvete maruz kaldıklarından kırılma ihtimalleri daha yüksektir (Garlapati et al., 2017). Bu sebeple, restoratif materyallerin kırılma dayanımlarının test edildiği bu çalışmada çekilmiş insan mandibular alt molar dişleri tercih edilmiştir.

Dentin dokusu, dental restorasyonlar için gerekli olan sağlam tabanı oluşturur. Bu tabanın kalınlığı restorasyonun bağlantısı ve desteklenmesinde önemlidir (Assif et al., 2003). Geniş kavite preparasyonları, dişlerdeki kırılabilirliğin başlıca nedenlerinden biridir. Posterior dişlerde açılan geniş kaviteler kısmi veya tam tüberkül kırıklarına hatta kök ucuna kadar ilerleyen kırıklara neden olabilir (Soares et al., 2008). Forster ve ark. (Forster et al., 2019) yapmış oldukları çalışmada, kompozit materyali ile restore edilen farklı derinliklere (3-5 ve 7mm) ve farklı duvar kalınlıklarına (1.5-2.5 ve 3.5mm) sahip MOD kaviteli dişler ve kavite oluşturulmamış (kontrol grubu) dişlerin kırılma dayanımlarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucuna göre 3mm kavite derinliğine sahip gruplarda, farklı duvar kalınlıklarına sahip MOD kaviteli dişlerin birbirleri arasında ve kontrol grubu ile anlamlı farklılık oluşturmadığı görülmüştür. 5 ve 7 mm kavite derinliğine sahip gruplarda ise farklı kalınlıklarda oluşturulan MOD kaviteli dişlerin birbirleri arasında ve kontrol grubu ile anlamlı farklılık oluşturduğu görülmüştür. Ancak 7 mm kavite derinliğine sahip örneklerle kompozit restorasyon öncesi, endodontik giriş kavitesi açılarak kanal tedavisi prosedürünün gerçekleştirildiği görüldü. 5 mm kavite derinliğine sahip örneklerde ise kanal tedavisi prosedürüne gerek kalmadığı görülmüştür. Bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasında, restoratif materyallerin kırılma dayanım performansını değerlendirebilmek için dişin canlılığını korumaya devam ettiği ancak fazla miktarda dentin dokusu kaybettiği 5mm kavite derinliğine ve 2.5 mm duvar kalınlığına sahip MOD kavite preparasyonu tercih edilmiştir.

Literatürde MOD kavite preparasyonu yapılan dişlerde kırılma dayanımının sağlam dişlere göre yaklaşık üç kat azaldığı bildirilmiştir (Shafiei et al., 2011). Bu tür dişlerin restorasyonu için çoğunlukla fiberle güçlendirilmiş kompozitler tercih edilebilmektedir. Garlapati ve ark. (Garlapati et al., 2017) yaptıkları çalışmada EverX

Posterior'un üstün kırılma direnci olduğunu göstermişlerdir. Garoushi ve ark. (Garoushi, Säilynoja, et al., 2013) ise EverX Posterior'un geleneksel kompozitlerden daha iyi fiziksel özelliklere sahip olduğunu bildirmiş ve yüksek stres taşıyan bölgelerde kullanılması önermiştir. Bu tez çalışmasında da MOD kavite preparasyonu ile zayıflayan diş yapısına yüksek dayanım kazandırması beklenen EverX Posterior, EverX Flow, G-aenial Universal Injectable ve G-aenial Posterior kompozit rezinleri karşılaştırılmıştır.

Diş hekimliğinde ağız içerisinde kullanılacak materyallerin stres karşısındaki değişimleri, materyalin kullanım ömrünü etkilemektedir. Yeni çıkan materyallerin klinik kullanım öncesi başarısı, yorulma sonucu dayanıklılıklarının tespiti ile belirlenebilir ve bu durum materyallerin uzun dönemde klinik başarıları açısından önemlidir (Sağsöz et al., 2014). Elde edilen sonuçların klinik önemini arttırmak için mekanik testler öncesinde restoratif materyallerin döngüsel yaşlandırmaya ve eşzamanlı olarak termal döngüye tabi tutulması önerilmektedir (Della Bona & Watts, 2013). Literatüre göre çiğneme simülatöründe 49 N'luk bir kuvvet uygulanarak yaklaşık olarak 240.000- 250.000 adet döngü ile gerçekleştirilen yaşlandırma, klinik ortamdaki bir yıllık kullanıma karşılık gelmektedir (Beuer et al., 2012; Fontijn-Tekamp et al., 2000). Gale ve ark. (Gale & Darvell, 1999) ağız içerisindeki termal değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında termal siklus cihazlarının, ağız içindeki ısı değişimlerini in vitro koşullarda en iyi yansıtacak yöntem olduğunu belirtmiştir. Ayrıca günde 20 ile 50 kez arasında ısı değişimi yaşanacağını varsayarak 10.000 kere tekrar eden termal siklus döngüsünün ortalama 1 yıla tekabül edeceğini de bildirmiştir. Bu tez çalışmasında ağız içi ortamı taklit edebilmesi amacıyla örnekler, termal siklus (5-55 °C, 10.000 siklus) ve çiğneme simülatörü (50N basınç, 240.000 siklus) kullanılarak yapay yaşlandırmaya tabii tutulmuştur.

Bu çalışmada uygulanan yaşlandırma protokolü, tüm gruplarda marjinal bozulma oranlarını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırmıştır. Bu durum, restoratif materyallerin ağız ortamında maruz kaldığı termal ve kimyasal değişimlerin zaman içerisinde marjinal adaptasyonu olumsuz yönde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Yaşlandırma sırasında gerçekleştirilen termal yaşlandırma işleminin, restoratif materyaller ile diş dokuları arasındaki farklı ısı genleşme katsayıları nedeniyle marjinal bölgede stres birikimine ve mikrosızıntı riskinin artmasına yol açtığı bildirilmektedir (Gale & Darvell, 1999). Ayrıca, su absorpsiyonu ve rezin matrisin hidrolitik degradasyonu gibi kimyasal süreçlerin, kompozit materyallerin mekanik ve marjinal bütünlüğü üzerinde bozucu etkiler yarattığı belirtilmektedir (Ferracane, 2006). Bu bağlamda, yaşlandırma sonrası G-aenial Universal Injectable grubunda gözlemlenen anlamlı marjinal bozulma artışı, bu materyalin düşük elastik modülüne ve yüksek akışkanlık özelliğine bağlı olarak oluşan polimerizasyon büzülmesine karşı duyarlılıkla ilişkilendirilebilir (Ilie & Hickel, 2011). Diğer taraftan, yaşlandırma sonrası en düşük marjinal bozulma oranının EverX Posterior grubunda görülmesi, bu materyalin yapısında bulunan kısa cam fiberlerin çatlak ilerlemesini sınırlayıcı etkisi ve mekanik dayanımı artırıcı özellikleri ile açıklanabilir (Garoushi, Mangoush, et al., 2013; Garoushi et al., 2007). Elde edilen bulgular, kompozit materyallerin içerik ve yapısal özelliklerinin, yaşlandırma koşullarına karşı gösterdikleri direnç düzeylerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızın marjinal uyumu değerlendirmesi sonuçlarına göre yaşlandırma sonrası marjinal uyum bozunma değerlerinin düşükten yükseğe doğru sırasıyla EverX Posterior < G-aenial Posterior < EverX Flow < G-aenial Universal Injectable şeklinde olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, restoratif materyallerin marjinal uyumları

değerlendirilirken, klinik uygulamalara en uygun protokol takip edilmiştir. Literatür ve üretici talimatlarına göre EverX Flow ve EverX Posterior gibi fiber içerikli kompozitlerin doğrudan ağız ortamına maruz kalmaması gerektiği bildirilmektedir (Fráter, Sáros, Jókai, et al., 2021; GC, 2025a, 2025b). Fiber liflerinin yüzey pürüzlülüğünü etkilemesi sebebiyle fiber destekli kompozitlerin dış yüzeyi, aşınmaya dayanıklı ve cilalanabilir özelliği daha üstün olan partikül dolduruculu bir kompozit ile örtülmelidir (Vallittu, 2018). Oral sıvılar ile temas eden fiber içerikli kompozitlerde, fiber lif-polimer matris arasındaki bağlar etkilenerek kompozitin kuvvetlere dayanım gücünde geri döndürülemez şekilde azalmaya neden olur (Lassila et al., 2002). Ayrıca ağız ortamına açık halde bulunan fiber lifleri oral mukozada ve çevre dokularda tahrişe neden olabilir (Kurt et al., 2006). Bu nedenlerden dolayı, mesial ve distal duvarların G-aenial Posterior ile restore edilmesi ve ardından kaviteğin EverX Flow ve EverX Posterior materyalleri ile doldurulması (oklüzaldeki son tabaka hariç), klinik gerçekliği en iyi şekilde yansıtan bir yaklaşım olarak tercih edilmiştir. Bu yöntem, restoratif materyallerin tamamen üretici önerilerine uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamış ve bu da çalışmanın klinik geçerliliğini artırmıştır. Çalışmada MOD kaviteğin mesial ve distal duvarlarının EverX Flow ve EverX Posterior gruplarında G-aenial Posterior ile restore edilmesi, marjinal uyum üzerindeki bazı bireysel materyal etkilerini sınırlamış olabilir. Bu nedenle çalışma sonucunda, EverX Posterior ve EverX Flow grupları ile G-aenial Posterior grubu arasında anlamlı bir fark oluşmamış olabilir.

Battancs ve ark. (Battancs et al., 2022) sınıf I kaviteli mandibular molar dişlerde yaptıkları çalışmalarında EverX Posterior, geleneksel posterior kompozit ve bulk-fill kompozit rezin kullanarak restorasyonlardaki marjinal uyum değerlerini incelemişleridir. Geleneksel posterior kompozit grubunun diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak

anlamalı ölçüde daha yüksek bozunma gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu durumu EverX Posterior'un ve bulk-fill kompozitin gelişmiş fiziksel ve mekanik özellikleri ile açıklamışlardır (Battancs et al., 2022). Elde edilen bu veriler çalışmamızın sonuçları ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Goteti ve ark. (Goteti et al., 2024) yapmış oldukları çalışmanın ise mevcut çalışma sonuçları ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Goteti ve ark. iki fiber destekli kompoziti geleneksel bir kompozit rezin ile karşılaştırıp marjinal uyumlarını inceledikleri çalışmalarında, geleneksel posterior kompozitin fiber destekli iki kompozit karşında anlamalı ölçüde daha fazla marjinal uyum bozukluğu gösterdiğini bildirmiştir. Geleneksel posterior kompozitin daha yüksek marjinal uyum bozunması göstermesini; fiber destekli kompozit rezinlerin büzölmeyi önlemedeki gücü, organik matris miktarındaki azalma ve elastikiyet modölü ile termal genleşme katsayısı değerlerinin dışinkine yaklaşmış olması ile açıklamışlardır. Elde edilen bu veriler, çalışmamızın sonuçları ile ters düşmektedir. Ayrıca bu tez çalışmasında uygulanan prosedürden farklı olarak, fiber destekli kompozitlerin mesial ve distal duvardaki yüzeyleri geleneksel kompozit rezin ile kapatılmamıştır. Bu tez çalışmasında G-aenial Posterior grubu istatistiksel olarak anlamalı olmayacak şekilde EverX Flow grubundan daha düşük, EverX Posterior grubundan daha yüksek bozunma değeri göstermiştir. Bu durumun sebebi EverX Flow'un kritik lif uzunluğundan daha kısa fiber liflerine sahip olması olabilir. Kısa fiber lifleri gelen stresleri çevreye yeterince dağıtamayıp, arayüzde restorasyon-diş ayrılmasına sebep olmuş olabilir. EverX Posterior'daki kritik lif uzunluğuyla uyumlu fiber lifleri daha iyi stres kırıcı ve dağıtıcı özelliğı ile kuvvetlerin diş-restorasyon ayrılmasındaki etkisini sınırlandırmış olabilir.

Çalışmada G-aenial Universal Injectable grubu diğer kompozit gruplarına kıyasla, istatistiksel olarak anlamalı ölçüde daha yüksek bozunma değeri göstermiştir. Literatüre

baktığımızda bağlanma kuvveti sonucu hibrit tabakada oluşan stresin azaltılması amacıyla fiber destekli kompozitler geliştirildiği görülmüştür (Belli et al., 2007). Fiber lifleri, polimer ağında bozunmaya sebebiyet vermeden kompozitin mikro hareketler yapmasına izin verir (Erkut et al., 2008). Böylece hibrit tabakadaki bağlanma stresleri azalır. Yüksek dolduruculu akışkan kompozitler de, polimerizasyon büzülmesindeki azalma ve mekanik özelliklerindeki iyileşmeler ile öne çıkmaktadır (Kim et al., 2015). Bu çalışmada kullanılan fiber destekli kompozitlerin hibrit tabakadaki stresi azaltıcı etkisi, yüksek dolduruculu akışkan kompozitin düşük polimerizasyon değerine sahip olmasından daha etkili bir şekilde marjinal uyum bozunmasını azaltmış olabilir.

Yaşlandırma öncesinde yapılan SEM analizine göre G-aenial Universal Injectable grubunda marjinal bozunmaya rastlanmamıştır. Bu durum diğer gruplar ile anlamlı bir fark oluşturmaya da önemli bir bulgudur. G-aenial Universal Injectable'ın akışkan yapıda ve tiksotropik özelliğe sahip olması, arayüzdeki marjin uyumunu daha iyi sağlamasına sebep olmuş olabilir (GC, 2025c). EverX Flow'un benzer şekilde akışkan yapıda ve tiksotropik özelliğe sahip olduğu bilinmektedir (GC, 2025b). Ancak fiber lif içeriği sebebi ile restorasyon arayüzünde G-aenial Posterior ile kapatılmıştır. Bu durum EverX Flow'un marjinal bozunmadaki bireysel etkisini sınırlandırdığı için G-aenial Universal Injectable gibi değerlendirilememiştir.

Bu çalışmada kontrol grubundaki sağlam dişlerin kırılma dayanım değerleri, literatürde benzer çalışmalara kıyasla daha düşük çıkmıştır. Abdel-Maksoud ve ark. (Abdel-Maksoud et al., 2024) maksillar premolar dişlerde yaptıkları çalışmalarında diş köklerini önce 0,2-0,3 mm kalınlıkta erimiş mum ile kaplayıp sonrasında akrilik bloklara gömmüşlerdir. Bu durum kırma testi esnasında periodontal ligamentlerin taklit edilmesine izin vererek örneklerin daha yüksek kuvvetlere dayanım göstermesine

yardımcı olmuş olabilir. Örneklerini, kırma testi öncesi termal siklus cihazında 60 günlük yaşlandırmaya denk gelen döngüye maruz bırakmışlardır. Çalışmamızdaki örnekler ise 1 yıllık yaşlandırmaya denk gelen termal siklus ve çiğneme simülatörüne maruz bırakılmıştır. Yapay yaşlandırma işlemleri arasındaki bu fark kırılma dayanımı açısından sonuçlarımızın daha düşük çıkmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca maksillar premolar dişler için 6 mm çapında çelik bilye tercih etmiş ve bukkal-palatinal tüberküllere temas etmesini sağlayarak 1 mm/dk hızla kuvveti uygulamışlardır. Çalışmamızda mandibular molar dişler için 5 mm çapında çelik bilye kullanılmış ve 0,5 mm/dk hızla bukkal-palatinal tüberküllere temas etmesi sağlanarak kuvvet uygulanmıştır. Çalışmamızdaki bilyenin çapının azalıp basıncın artması ile daha düşük kuvvetlerde kırılma meydana gelmiş olabilir. Selvakumar et al. (Selvakumar et al., 2023) mandibular 1 ve 2. molar dişleri kullanarak yaptıkları çalışmalarında örneklerin köklerini 0,2 mm silikon ölçü materyali kapladıktan sonra akrilik bloklara gömmüş, örnekleri 1 yıllık yaşlandırmaya denk gelen çiğneme simülatörü ve termal siklus döngüsüne maruz bırakmışlardır. Sonrasında 5 mm çaplı çelik bilye kullanarak 1 mm/dk hızla ve aksial hatta göre 30 derece açı ile kuvvet uygulamışlardır. Çalışmamızdaki sonuçlara kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı elde etmişlerdir. Bunun sebebi, örnekleri akrilik bloklara yerleştirmeden önce diş köklerini ince bir silikon ölçü materyali ile kaplamaları olabilir. Periodontal ligamentin taklit edilmesi ile gelen kuvvetlere karşı dayanım artmış olabilir. Santosh et al. (Santosh et al., 2021) mandibular 1. ve 2. molar dişlerde yaptıkları çalışmalarında dinamik yükleme sonrası 5 mm çelik bilye kullanarak 1mm/dk hız ve aksial hatta göre 30 derece açı ile kuvvet uygulamış ve çalışmamızdaki sonuçlardan daha düşük kırılma değerleri elde etmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızdan elde edilen veriler ile ters

düşmektedir. Sonuçlar arasındaki bu farklılığın sebebi, kırma testi öncesi dinamik yükleme yapılması ve açılı kuvvet uygulanması olabilir.

Bu çalışmada uygulanan yaşlandırma prosedürleri sonrasında elde edilen SEM görüntülerinde, farklı gruplara ait bazı örneklerde çatlak-kırık hatları gözlenmiştir. Yaşlandırma öncesinde elde edilen SEM görüntülerinde bu durumun gözlenmemesi, yaşlandırma işlemleri esnasında oluşan kuvvetlerin örnekler üzerinde stres oluşturarak çatlak-kırık hatlarının oluşmasına sebep olması ile açıklanabilir. Bu durum, yaşlandırma sonrasında uygulanan kırılma dayanım testinde, yaşlandırma streslerinden etkilenen bu dişler için daha düşük kuvvetlerde kırılma dayanım değeri kaydedilmesine neden olmuş olabilir. Bu kırık-çatlak hatları en fazla G-aenial Universal Injectable grubunda gözlenmiştir. Bu durum, G-aenial Universal Injectable'ın içeriğinde fiber lifleri bulunmaması, gelen kuvvetleri yeterince absorbe edemeyip dağıtamadığı için doğrudan diş dokusuna iletmiş olması kaynaklı olabilir.

Geleneksel kompozit rezinler eğilme dayanımı, eğilme modülü ve termal genleşme katsayısı gibi bazı mekanik özellikleri ile biyomimetik açıdan dentinin yapısına benzese de, materyalin mikro yapısı itibarıyla dentininkinden oldukça farklıdır(Jakab et al., 2024). Geleneksel kompozit rezin içeriği polimer matris içerisine gömülü doldurucu partiküllerden oluşurken, dentinin içeriği hidroksiapatit matrisine gömülü kollajen liflerinden meydana gelir. Bu farklılık geleneksel kompozit rezinleri dentin yapısına kıyasla daha sert, kırılma ve kuvvetler karşısında çatlak yayılmasını durdurmaya bir materyal haline getirir(Lassila et al., 2018). Escobar ve ark. (Escobar et al., 2023) EverX Posterior'un geleneksel kompozitlerden daha iyi fiziksel özelliklere sahip olduğunu bildirmiş ve yüksek stres taşıyan bölgelerde kullanılması önermiştir. Yakın zamanda tanıtılan EverX Flow materyalinin de yüksek kırılma tokluğu ve eğilme dayanımı

değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Garoushi et al., 2019; Lassila et al., 2019; Lassila, Säilynoja, et al., 2020b). Yakın zamanda piyasaya sürülen diğer bir materyal grubu yüksek oranda doldurucu içeren akışkan kompozit rezinlerdir. Yaygın olarak kullanılan geleneksel nanohibrit rezin kompozitlere kıyasla daha iyi aşınma özellikleri gösterirler. Böylece çatlak veya kırıkların ilerlemesinde direnç gösteren bir rol oynarlar (Imai et al., 2019). Yüksek inorganik partikül içeriği ile piyasaya giren G-aenial Universal Injectable, yüzeyinin ek bir tabaka ile kapatılmasına ihtiyaç duymamakta ve arttırılmış polimerizasyon derinliği ile kullanım kolaylığı sunmaktadır. Rezin matrise oldukça iyi bağlanan silan kaplı ultra ince partikül içeriğiyle %69'luk doldurucu oranına sahiptir. Bu özelliklerinin yüksek kırılma dayanımı ve aşınma direnci ve mükemmel cilalanabilirlik özelliği de kazandırdığı iddia edilmiştir (Kamel et al., 2024). Literatürde yüksek dolduruculu akışkan kompozit rezinler için "akışkan", "yüksek dolduruculu akışkan", "bulk-fill" ve "enjekte edilebilir kompozitler" gibi farklı terminolojiler kullanılmıştır. Bu nedenle, yüksek dolduruculu akışkan kompozitler kapsamlı bir şekilde araştırılmamış ve fiziksel özellikleri, endikasyon alanları gibi başlıklar sağlıklı incelenememiştir. Literatürde bu materyallerle ilgili bilgi boşluğu bulunmaktadır. EverX Flow ve EverX Posterior'un sahip olduğu fiber lifleri, diş dokusuna gelen basıncı çevresine iletme ve diş kırıklardan korumak için rezin matrise gömülmüş takviyeler olarak tanımlanmıştır (Mergulhão et al., 2019). Matrise ilave edilen fiber lifleri bir gerilim transferi oluşturur ve olası çatlağın materyal boyunca yayılmasına engel olur (Abouelleil et al., 2015). Fiber liflerinin yüksek çekme dayanımı, yoğunluğu ve uzama yüzdesi sebebiyle stresi ve çatlağın yayılmasını durdurarak restorasyon ve/veya dişin kırılmasına engel olabilir (Ranka et al., 2022). Bu sayede materyalin fiziksel özellikleri arttırılabilir (Abouelleil et al., 2015). Bu çalışmanın kırılma dayanımı değerlendirmesi sonuçlarına göre restorasyon

yapılan gruplar içerisinde en yüksek kırılma dayanımı değerlerini sırasıyla EverX Flow ve EverX Posterior grupları göstermiştir. Youssef ve ark. (Youssef et al., 2024) Sınıf I kaviteli alt molar dişlerde EverX Posterior, EverX Flow, geleneksel posterior kompozit ve bulk-fill kompozit kullanarak yaptıkları çalışmalarında restorasyonların kırılma dayanımlarını test etmiştir. EverX Posterior, EverX Flow' a kıyasla istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmayacak düzeyde yüksek sonuç verirken, her iki kompozit grubu diğer gruplar ile anlamlı düzeyde farklılık göstererek daha yüksek kırılma dayanımı sergilediği bildirilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızdan elde edilen veriler ile uyumludur. Abdel-Maksoud ve ark. (Abdel-Maksoud et al., 2024) MOD kavite preparasyonlu maksillar premolar dişlerde yaptıkları çalışmalarında, EverX Flow grubunun geleneksel posterior kompozit grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek kırılma dayanımını sergilediğini bildirmiş olup bu durum çalışma sonuçlarımız ile uyumludur.

Kırılma tokluğu özelliği, uygulanan yük karşısında kırılğan bir materyalin çatlak yayılmasına karşı direncini ifade eder (Lassila et al., 2018). Literatüre baktığımızda, EverX Posterior $2.6 \text{ MPa m}^{1/2}$ kırılma tokluğu, $12,6 \text{ GPa}$ eğilme modülü değerine sahiptir (Garoushi et al., 2024). EverX Flow'un sahip olduğu $2.8 \text{ MPa m}^{1/2}$ kırılma tokluk değeri ve 9 GPa eğilme modülü değeri mevcut çalışmada, EverX Posterior'dan daha yüksek kırılma dayanımı göstermesine neden olmuş olabilir (Garoushi et al., 2024; Lassila, Keulemans, et al., 2020). Ayrıca EverX Posterior ağırlıkça %74.2 doldurucu partikül içerirken EverX Flow' da bu değer ağırlıkça %70'tir (Alshabib et al., 2022). Bu da EverX Flow'un daha düşük viskoziteye sahip olmasına neden olur. Viskozite yönünden oluşan bu farklılık ile kavite duvarlarına daha iyi adaptasyona izin verip, restorasyon içerisinde boşluk oluşumunu azaltarak mekanik dayanımını artırmaya yardımcı olmuş olabilir (Chawla, 2012). Ayrıca fiber liflerinin uzunlukları, çapları ve en/boy (çap/uzunluk)

oranları da materyalin çekme kuvvetini, eğilme modülünü ve materyali güçlendirme yönünü etkilemektedir (Bijelic-Donova, Garoushi, Lassila, et al., 2016). EverX Posterior milimetre boyutunda fiber parçacıkları içerirken, EverX Flow mikrometre boyutunda fiber parçacıkları içerir (Lassila et al., 2018). Daha küçük boyutta fiber parçacığı kullanımı, materyal içerisinde ve bağlanan diş dokusunda güçlendirici etki oluşturur (Fráter, Sáros, Néma, et al., 2021; Molnár et al., 2022). Bu da EverX Flow'un daha yüksek kırılma dayanımı göstermesine sebep olabilir.

Literatürde fiber içerikli kompozitlerin kırılma dayanımlarını karşılaştıran çalışmaların sonuçlarına baktığımızda mevcut çalışmanın sonuçlarına benzer pek çok çalışma görülmektedir (Alshabib et al., 2022; Garoushi et al., 2024; Nezir et al., 2024). Bijelic-Donova ve ark. yaptığı çalışmada da, geleneksel kompozit rezinlere kıyasla kısa fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinlerin kırılma direnci değerlerinin daha yüksek olduğunu göstermişlerdir (Bijelic-Donova, Garoushi, Vallittu, et al., 2016). Kurniawati ve ark. (Kurniawati et al., 2018) nanohibrit kompozit ile cam fiber takviyeli kompozit arasındaki kırılma tokluğunu karşılaştırdığı çalışmada, fiber destekli kompozitin nanohibrit kompozite kıyasla mine ve dentinde yüksek çekme ve kesme gerilimi değerleri elde ettiğini bildirmiştir. Borges ve ark. (Borges et al., 2024) yaptıkları bir çalışmada MOD kaviteli molar dişlerde yüksek viskoziteli geleneksel ve fiber destekli kompozit (EverX Posterior), düşük viskoziteli geleneksel ve fiber destekli kompozit (EverX Flow dentin rengi), düşük viskoziteli bulk-fill ve fiber destekli bulk-fill (EverX Flow bulk rengi) kompozitlerini ayrı ayrı ve birlikte kullanarak kırılma dayanımlarını sağlam dişler ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre en yüksek kırılma dayanımı değeri EverX Posterior ve yüksek viskoziteli geleneksel kompozitin birlikte kullanıldığı grupta görülmüştür. EverX Flow bulk rengi ve yüksek dolduruculu akışkan kompozitin birlikte

kullanıldığı grubun kırılma dayanım değeri ise kontrol grubuna kıyasla daha düşük çıkmıştır. EverX Flow materyalinin en son yüksek dolduruculu akışkan kompozit ile kapatılmasının tercih edilmesi, daha düşük kırılma dayanımı değerlerinin görülmesine sebep olmuş olabilir. Bu tez çalışmasında da yüksek dolduruculu akışkan kompozit grubu, yüksek viskoziteli geleneksel kompozit grubuna kıyasla daha düşük kırılma dayanımı göstermiştir.

Mevcut çalışmanın sonuçlarına baktığımızda G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Injectable; istatistiksel olarak anlamlı ölçüde sağlam diş dokusundan daha düşük kırılma dayanımı göstermiştir. Bu durumun görülmesinin çeşitli sebepleri olabilir. Birincisi bu iki materyalin kırılma tokluğu değerleri birbirine yakın ve yaklaşık $1,1 \text{MPa m}^{1/2}$ 'dır (Lassila, Säilynoja, et al., 2020b). Sağlıklı dentin yapısının kırılma tokluk değeri ise $1.80 \pm 0.10 \text{MPa}^{1/2}$ olarak belirtilmiştir (Peşkersoy, 2022). Gelen kuvvetler sonucu sağlıklı dentinden daha az kırılma tokluğu göstermeleri sonucu sağlam dişler karşısında daha kırılğan davranış sergilemiş olabilirler. Fiber destekli kompozit materyalleri dentinin stres absorbe edici özelliklerini taklit etmek amacıyla piyasaya tanıtılmıştır (Vallittu & Özcan, 2017). Hem G-aenial Posterior hem de G-aenial Universal Injectable materyalinde fiber lif içeriği yoktur ve fiber destekli kompozitler gibi dentini taklit edebilme özellikleri bulunmamaktadır. Bahsedilen bu durum düşük kırılma dayanımı göstermesinin bir başka nedeni olabilir. Dişlere uygulanacak restoratif materyalin kırılma tokluk değerinin, yerini alacağı dokunun kırılma tokluk değerine yakın değerlere sahip olması istenir (Lassila, Säilynoja, et al., 2020b). Bu tez çalışmasında fazla miktarda dentin dokusunun kaybedildiği MOD kavite preparasyonu uygulanmıştır. Daha düşük sonuç elde edilmesinin bir diğer nedeni de bu olabilir. Restorasyonda kullanılan materyal ile, kaybedilen dentin dokusunun boşluğu doldurulamazsa sağlam bir dişin kırılma

dayanımına yakın değerler elde edilemez. Ayrıca sağlam diş dokusunda, rezin içerikli restorasyon materyallerini içeren bir dişteki gibi polimerizasyon büzülmesi stresleri yaşanmaz. Polimerizasyon büzülmesi; diş-restorasyon arasında streslerin oluşmasına, sıklıkla restorasyonun diş dokularına adezyonunda başarısızlıklara ve kompozit-diş bağlantısında defektlerin oluşmasına neden olmaktadır (Yap et al., 2001; Yap & Seneviratne, 2001). Bu da uygulanan kuvvetler karşısında restore edilmiş bir diş, sağlam bir dişe kıyasla daha dayanıksız hale getirmektedir.

Mevcut çalışmanın kırılma tiplerinin değerlendirilmesi sonuçlara baktığımızda; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$), ancak bazı gruplarda restore edilebilir kırıkların daha fazla olduğu gözlemlendi. En fazla restore edilebilir kırık EverX Posterior grubunda, en az restore edilebilir kırık ise G-aenial Posterior grubunda görüldü. EverX Posterior grubunda en fazla restore edilebilir kırık gözlemlenmesi, materyalin içerdiği uzun cam fiberlerin çatlak ilerlemesini yönlendirme özelliği ile açıklanabilir (Borges et al., 2024). Fiber liflerinin, oluşan stresleri absorbe edip yönünü değiştirmesi, çatlak hattının durmasına veya çevreye doğru yönlendirilmesine olanak sağlar (Molnár et al., 2022). Ancak bir başka fiber içerikli materyal olan EverX Flow grubunda beklenenden fazla sayıda tamir edilemez kırığa rastlanmıştır. EverX Posterior ile benzer içeriğe sahip olmasına rağmen kırıkların restore edilebilirliği konusunda bu materyale kıyasla daha başarısız olmuştur. Bu durumun sebebi ise EverX Flow'un kritik lif uzunluğundan (0.5-1.6 mm) daha kısa fiber lifleri ile desteklenmiş olması olabilir (Vallittu, 2015). Kritik uzunluk seviyesinin altındaki fiber lifleri, gelen stresleri yeterince durduramamış veya çevreye doğru yönlendirememiş olabilir. Bu da çatlak hattının, dişin restore edilebilirliğini mümkün kılmayacak şekilde kök ucuna doğru ilerlemesine sebep olmuş olabilir.

Mevcut çalışmada restore edilebilir kırık tipi en az G-aenial Posterior grubunda görülmüştür. Meydana gelen çatlak hattı, geleneksel kompozitin altındaki fiber destekli kompozite iletilir ve daha yüksek kırılma tokluğu değerine sahip olan bu tabaka, aktarılan stresi emerek kırılmayı arayüzlere yönlendirebilir (Borges et al., 2024). Tek başına geleneksel kompozit ile restore edilen örneklerde meydana gelen çatlak hattı, başka bir tabaka tarafından absorbe edilemeden direkt köke doğru ilerleyebilir. G-aenial Universal Injectable grubunda G-aenial Posterior grubuna kıyasla daha fazla restore edilebilir kırık görülmesi de materyallerin esneklik modülleri arasındaki fark ile açıklanabilir. Szczesio-Wlodarczyk ve ark. (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2024) farklı kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerini test ettikleri çalışmalarında G-aenial Posterior'un esneklik modülünü 8 GPa, G-aenial Universal Injectable'in esneklik modülünü 7.2 GPa olarak belirtmişlerdir. G-aenial Posterior, kuvvetler karşısında G-aenial Universal Injectable'a kıyasla daha az esnemiş ve bu sebeple gelen kuvvetleri kök ucuna doğru daha fazla iletmış olabilir.

Battancs ve ark. (Battancs et al., 2022) oklüzal kaviteli alt molar dişleri geleneksel kompozit, bulk-fill kompozit ve fiber destekli kompozit kullanarak restore ettikleri çalışmalarında kırma testi sonrası kırık tiplerini analiz etmiş ve en yüksek restore edilebilir örnek sayısının EverX Posterior grubunda görüldüğünü belirtmiştir. Shah ve ark. yaptıkları in vitro çalışmada fiberle güçlendirilmiş kompozitlerle restore edilen dişlerde geleneksel kompozitle restore edilen dişlere kıyasla restorasyonlarda tamir edilebilir ve minimize olmuş kırıkların daha fazla oluşabildiğini göstermiştir (Shah et al., 2020). Molnár ve ark. (Molnár et al., 2022) oklüzal kaviteli alt molar dişlerde yaptığı çalışmada EverX Flow grubunda, EverX Posterior grubuna kıyasla daha fazla restore edilebilir kırık oluştuğunu belirtmişlerdir.

Bu bulgular, restoratif materyallerin yalnızca kırılma dayanımı açısından değil, aynı zamanda kırık tipleri üzerindeki etkileri açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. EverX Posterior gibi fiber içerikli kompozitler, restore edilebilir kırık oranını artırarak uzun vadeli klinik başarının artırılmasına katkıda bulunabilir (Borges et al., 2024; Fráter et al., 2014; Fráter et al., 2020; Lassila, Säilynoja, et al., 2020a, 2020b; Sáry et al., 2019). Buna karşılık, fiber içermeyen G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Injectable gibi kompozitler, kırıkların kök seviyesine ilerlemesine neden olabileceğinden, aşırı madde kayıplı dişlerde dikkatli kullanılmalıdır.

Biyomimetik restoratif diş hekimliğinin özünde diş yapısını mümkün olduğunca taklit etmek esastır. Fiber destekli kompozitler üstün kırılma dayanımı özellikleri ile kaybedilen dentinin yerini alabilecek en biyomimetik materyallerdir. Fakat bu üstün kırılma dayanımı ile fazlasıyla güçlenen kuron, kuvvetleri köke yönlendirebilir (Soares et al., 2018). Bu tez çalışmasında kırılma dayanım testi sonucu örneklerin birçoğunda köke doğru ilerleyen ve restorasyon yapılmasına izin vermeyen kırık-çatlak hatları oluşmuştur. Bu çalışmada kırma dayanım testi sonrası meydana gelen kırıkların çoğunluğu, başarısızlık türüne göre restore edilemeyen kırıklardı ve kırık hatları mine-sement sınırını apikale doğru 1mm'den fazla olacak şekilde aşıyordu. Fiber liflerinin çatlak oluşumunu durdurması veya yönlendirmesi farklı şekillerde gerçekleşir. Fiber lifleri çatlağı daha uzun bir yol izlemeye zorlar. Çatlak, lifin deforme olduğu veya uzunluğunun sonuna ulaştığı noktaya kadar ilerlemeye devam eder yönü değiştirilmiş olur. Liflerin esnekliği nedeniyle çatlakta körelme oluşur. Lifler, çatlağın kenarları boyunca uzanır ve çatlağın ucuna temas edenler çatlağı köreltir. Çatlak hattının ilerlemesi yavaşlar hatta durma seviyesine gelir, böylece materyalde stresler azalır. Fiber destekli kompozit materyal başarısızlığa uğradığında lifler farklı noktalarda kırılma eğiliminde

olur. Böylelikle karmaşık bir çatlak yolu oluşur ve çatlağın açılması için liflerin birbirinin yanından kayması gerekir. Bu özellikler liflerin tek yönlü olduğu ve yönünün çatlak hattına dik olduğu durumlarda meydana gelir. En iyi çatlak önleme kombinasyonu budur. Rastgele dağılımlı fiberlerde çatlak önleme etkinliği daha azdır (Alshabib et al., 2022).

Bu tez çalışmasının çeşitli limitasyonları mevcuttur. Bunlardan biri mevcut çalışma statik yük altında yürütülmüştür. Oral koşullarda oluşacak yorgunluk stresi önemli bir süreçtir ve bu ortamdaki tüm değişkenlerin (değişken çiğneme alışkanlıkları ve oluşan kuvvetler, sıcaklık, nem, tükürük bileşenleri, enzimler vb.) in vitro ortama yansıtılması mümkün değildir. Bu sebeple bu çalışmada kullanılan değişkenlerin etkisini araştırmak için daha fazla in vitro çalışmanın klinik çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir. Bir diğer limitasyon ise fiber destekli kompozitlerin üretici talimatları doğrultusunda kavitenin mesial ve distal yüzeylerinde geleneksel posterior kompozit ile kapatılmış olmasıdır. Bu durum, materyallerin marjinal uyumlarının tam olarak yansıtılamamasına sebep olmuştur. Sadece G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Injectble materyalleri direkt olarak karşılaştırılabilmiştir. Fiber içerikli kompozitlerin marjinal uyum değerlendirmeleri G-aenial Posterior ile dolaylı yoldan gerçekleştirilmiştir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında aşırı madde kayıplı molar dişlerdeki sınıf II MOD kavitetlerin restorasyonu için kullanılan yeni nesil restoratif materyallerin yaşlandırma öncesi ve sonrası marjinal uyumları ve yaşlandırma sonrası kırılma dayanımları karşılaştırılmıştır. Bu in vitro çalışmayla elde edilen bulgular dahilinde elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Çalışmada kullanılan farklı kompozit rezinler arasında marjinal uyum açısından yaşlandırma sonrasında anlamlı bir fark bulunmuştur. En yüksek marjinal uyum bozunması G-aenial Universal Injectable grubunda görülürken en düşük marjinal uyum bozunması EverX Posterior grubunda izlenmiştir.
2. Çalışmada kullanılan iki farklı fiber destekli kompozit rezin grubu da restorasyon yapılan diğer gruplara göre yüksek kırılma dayanımı göstermiştir. Kırılma dayanım testi sonuçlarına göre EverX Flow grubu G-aenial Universal Injectable grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek sonuç vermiştir.
3. Kırılma tipi analizine göre en fazla restore edilebilir kırık EverX Posterior grubunda görülürken en az restore edilebilir kırık G-aenial Posterior grubunda gözlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda fiber içerikli kompozit rezinler, geleneksel posterior kompozit rezinler ile uygulama prosedürüne uyacak şekilde kullanıldığı takdirde kabul edilebilir marjinal uyum değerleri gösterebilirler. G-aenial Universal Injectable kompozit rezini ise aşırı madde kayıplı kavitetlerde tek başına kullanımı marjinal uyum açısından tatmin edici sonuçlar vermeyebilir. Elde edilen kırılma dayanımı ve kırılma tipi verilerine göre, özellikle aşırı madde kayıplı dişlerde

fiber içeren kompozit rezinlerin kırılma dayanımını arttırmada avantaj sağladığı görülmüştür. Ancak, materyal seçimi yalnızca kırılma dayanımına göre değil, aynı zamanda klinik kullanım kolaylığı ve restorasyon sonrası kırık tipine göre de yapılmalıdır. Özellikle EverX Posterior grubunda daha fazla restore edilebilir kırık gözlenmesi, bu materyalin uzun süreli klinik başarısını artırabilecek bir faktör olabilir. Geleneksel kompozit rezinlerin ise tek başına kullanımı, uzun dönemde istenen klinik başarıyı sağlamayabilir.



7. KAYNAKÇA

- Abdel-Maksoud, H. B., Eid, B. M., Hamdy, M., & Abdelaal, H. M. (2024). Optimizing fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with preheated thermos-viscous composite post-thermocycling, a comparative study. Part I. *BMC Oral Health*, 24(1), 295.
- Abouelleil, H., Pradelle, N., Villat, C., Attik, N., Colon, P., & Grosogeat, B. (2015). Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites. *Restorative dentistry & endodontics*, 40(4), 262-270.
- Al Amri, M. D., Al-Johany, S., Sherfudhin, H., Al Shammari, B., Al Mohefer, S., Al Saloum, M., & Al Qarni, H. (2016). Fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars with conservative access cavity and different restorative techniques: an in vitro study. *Australian Endodontic Journal*, 42(3), 124-131.
- Al Sunbul, H., Silikas, N., & Watts, D. C. (2015). Resin-based composites show similar kinetic profiles for dimensional change and recovery with solvent storage. *Dental materials*, 31(10), e201-e217.
- Albers, H. F. (2002). *Tooth-colored restoratives: principles and techniques*. PMPH-USA.
- Alshabib, A., Jurado, C. A., & Tsujimoto, A. (2022). Short fiber-reinforced resin-based composites (SFRCs); Current status and future perspectives. *Dental Materials Journal*, 41(5), 647-654.
- Altun, C. (2004). Restoratif diş hekimliğinde mikrosızıntı. *Gülhane Tıp Derg*, 46, 264-269.
- Altun, C. (2005). Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane tıp dergisi*, 47(1), 77-82.

- Aniket, K., Shweta, T., Rajkumar, B., & Vishesh, G. (2016). Comparative evaluation of fracture resistance of fibre reinforced composite, flowable composite and a core build-up material. *Int J Curr Res*, 6, 378-381.
- Anusavice, K. (1996). Phillips' Science of Dental Materials. In: WB Saunders Co.
- Anusavice, K., Phillips, R., Shen, C., & Rawls, H. (2013). Physical and chemical properties of solids. *Phillips' science of dental materials. 12th edn. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders*, 30.
- Assif, D., Nissan, J., Gafni, Y., & Gordon, M. (2003). Assessment of the resistance to fracture of endodontically treated molars restored with amalgam. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(5), 462-465.
- Attia, A., & Kern, M. (2004). Influence of cyclic loading and luting agents on the fracture load of two all-ceramic crown systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(6), 551-556.
- Battancs, E., Sáry, T., Molnár, J., Braunitzer, G., Skolnikovics, M., Schindler, Á., Szabó P, B., Garoushi, S., & Fráter, M. (2022). Fracture resistance and microleakage around direct restorations in high c-factor cavities. *Polymers*, 14(17), 3463.
- Bayne, S. C. (2013). Beginnings of the dental composite revolution. *The Journal of the American Dental Association*, 144(8), 880-884.
- Bayne, S. C., Thompson, J. Y., Swift Jr, E. J., Stamatiades, P., & Wilkerson, M. (1998). A characterization of first-generation flowable composites. *The Journal of the American Dental Association*, 129(5), 567-577.
- Belli, S., Erdemir, A., Ozcopur, M., & Eskitascioglu, G. (2005). The effect of fibre insertion on fracture resistance of root filled molar teeth with MOD preparations restored with composite. *International endodontic journal*, 38(2), 73-80.

- Belli, S., Orucoglu, H., Yildirim, C., & Eskitascioglu, G. (2007). The effect of fiber placement or flowable resin lining on microleakage in Class II adhesive restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9(2).
- Bertie, M. B., Kamel, M. A., & Niazi, H. A. A. (2024). "Effect Of Various Types, Placement Techniques and Aging of Composite Resin on The Fracture Resistance of Upper Premolars. *Ain Shams Dental Journal*, 35(3), 105-114.
- Beuer, F., Stimmelmayer, M., Gueth, J.-F., Edelhoff, D., & Naumann, M. (2012). In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dental materials*, 28(4), 449-456.
- Bijelic-Donova, J., Garoushi, S., Lassila, L. V., Keulemans, F., & Vallittu, P. K. (2016). Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber-reinforced dental resin composite. *Journal of dentistry*, 52, 70-78.
- Bijelic-Donova, J., Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2016). Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(1), 95-102.
- Bonilla, E. D., Mardirossian, G., & Caputo, A. A. (2001). Fracture toughness of posterior resin composites. *Quintessence international*, 32(3).
- Borges, K. T., Servín, M. P. M., França, F. M. G., Turssi, C. P., Basting, R. T., Hirata, R., & Vieira-Junior, W. F. (2024). Influence of viscosity and fiber reinforcement of resin composite on fracture strength and failure mode of restored molars. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 36(11), 1547-1556.
- Braga, R. R., Hilton, T. J., & Ferracane, J. L. (2003). Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *The Journal of the American Dental Association*, 134(6), 721-728.

- Brunthaler, A., König, F., Lucas, T., Sperr, W., & Schedle, A. (2003). Longevity of direct resin composite restorations in posterior teeth: a review. *Clinical oral investigations*, 7, 63-70.
- Bulut, A. C., & Atsü, S. S. (2016). Diş Hekimliğinde Restoratif Materyallerin Yaşlandırma İşlemleri Ve Çiğneme Simülatörleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1).
- Burrow, M., Sano, H., Nakajima, M., Harada, N., & Tagami, J. (1996). Bond strength to crown and root dentin. *American journal of dentistry*, 9(5), 223-229.
- Butterworth, C., Ellakwa, A. E., & Shortall, A. (2003). Fibre-reinforced composites in restorative dentistry. *Dental update*, 30(6), 300-306.
- Candan, Ü. (2007). Pediatrik dişhekimliğinde fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin aşırı kron harabiyeti gösteren dişlerdeki başarısının incelenmesi. *Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Candan, Ü., & Eronat, N. (2008). Fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitler.
- Chai, H., & Lawn, B. R. (2017). Fracture resistance of molar teeth with mesial-occlusal-distal (MOD) restorations. *Dental materials*, 33(7), e283-e289.
- Chawla, K. K. (2012). *Composite materials: science and engineering*. Springer Science & Business Media.
- Checchi, V., Generali, L., Corciolani, L., Breschi, L., Mazzitelli, C., & Maravic, T. (2024). Wear and roughness analysis of two highly filled flowable composites. *Odontology*, 1-10.
- Chesterman, J., Jowett, A., Gallacher, A., & Nixon, P. (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *British dental journal*, 222(5), 337-344.

- Chowdhury, D., Guha, C., & Desai, P. (2018). Comparative evaluation of fracture resistance of dental amalgam, Z350 composite resin and cention-N restoration in class II cavity. *IOSR J Dent Med Sci*, 4(52-6).
- Craig, R. (1997). *Dental Restorative Materials*; Mosby-Year Book. Inc.: St. Louis, MO.
- Craig, R., Powers, J., & Sakaguchi, R. (2012). *Materials for adhesion and luting. Craig's restorative dental materials. 13a ed. Philadelphia: Elsevier*, 327-347.
- Czasch, P., & Ilie, N. (2013). In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clinical oral investigations*, 17, 227-235.
- Çalışkan, M. A., Değirmenci, A., Boyacıoğlu, H., & Turkun, S. (2024). Yüksek Dolduruculu Akışkan Kompozit Resinlerin Çarklı Cila Sistemleri ile Parlatıldıktan Sonraki Yüzey Özellikleri ve Renk Değişimleri. *Selcuk Dental Journal*, 11(2), 162-168.
- Davidson, C., & Feilzer, A. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *Journal of dentistry*, 25(6), 435-440.
- Dayangaç, B. (2011). *Kompozit Restorasyonlar*. Quintessence yayıncılık.
- Dayangaç, B. (2011). *Kompozit Restorasyonlar: Quintessence Yayıncılık*.
- Della Bona, A., & Watts, D. C. (2013). Evidence-based dentistry and the need for clinically relevant models to predict material performance. *Dental materials*, 29(1), 1-2.
- DEY, R., SIL, R., DESAI, P., & GHORAI, L. (2024). Comparison of Fracture Resistance of Endodontically Treated Human Mandibular Molars Restored with Paracore Dual-cure Composite and EverX Posterior Composite: An In-vitro Study. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 18(8).

- Donadio-Moura, J., Gouw-Soares, S., de Freitas, P. M., Navarro, R. S., Powell, L. G., & Eduardo, C. d. P. (2005). Tensile bond strength of a flowable composite resin to ER: YAG-laser-treated dentin. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 36(5), 351-355.
- Drummond, J. L. (2008). Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *Journal of Dental Research*, 87(8), 710-719.
- El-Damanhoury, H., & Platt, J. (2014). Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative dentistry*, 39(4), 374-382.
- Erdem, R. Z., & Karakaya, K. (2025). Yüksek Doldurucu Oranına Sahip Akışkan Kompozitlerin, Kondanse Edilebilir Kompozit ve Geleneksel Akışkan Kompozit Rezinlere Göre Mikro Makaslama Bağlanma Dayanım Kuvvetinin Karşılaştırılması: Bir in vitro Çalışma. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 31(1), 129-138.
- Erkut, S., Gulsahi, K., Caglar, A., Imirzalioglu, P., Karbhari, V. M., & Ozmen, I. (2008). Microleakage in overflared root canals restored with different fiber reinforced dowels. *Operative dentistry*, 33(1), 96-105.
- Escobar, L. B., Pereira da Silva, L., & Manarte-Monteiro, P. (2023). Fracture resistance of Fiber-Reinforced Composite restorations: a systematic review and Meta-analysis. *Polymers*, 15(18), 3802.
- Ferracane, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental materials*, 22(3), 211-222.

- Ferracane, J. L. (2013). Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dental materials*, 29(1), 51-58.
- Flury, S., Hayoz, S., Peutzfeldt, A., Hüsler, J., & Lussi, A. (2012). Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dental materials*, 28(5), 521-528.
- Fontijn-Tekamp, F., Slagter, A., Van Der Bilt, A., Van'T Hof, M., Witter, D., Kalk, W., & Jansen, J. (2000). Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *Journal of Dental Research*, 79(7), 1519-1524.
- Forster, A., Braunitzer, G., Tóth, M., Szabó, B. P., & Fráter, M. (2019). In vitro fracture resistance of adhesively restored molar teeth with different MOD cavity dimensions. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), e325-e331.
- Fráter, M., Forster, A., Keresztúri, M., Braunitzer, G., & Nagy, K. (2014). In vitro fracture resistance of molar teeth restored with a short fibre-reinforced composite material. *Journal of dentistry*, 42(9), 1143-1150.
- Fráter, M., Lassila, L., Braunitzer, G., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2020). Fracture resistance and marginal gap formation of post-core restorations: influence of different fiber-reinforced composites. *Clinical oral investigations*, 24, 265-276.
- Fráter, M., Sárý, T., Jókai, B., Braunitzer, G., Säilynoja, E., Vallittu, P. K., Lassila, L., & Garoushi, S. (2021). Fatigue behavior of endodontically treated premolars restored with different fiber-reinforced designs. *Dental materials*, 37(3), 391-402.
- Fráter, M., Sárý, T., Néma, V., Braunitzer, G., Vallittu, P., Lassila, L., & Garoushi, S. (2021). Fatigue failure load of immature anterior teeth: influence of different fiber post-core systems. *Odontology*, 109, 222-230.

- Gale, M., & Darvell, B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*, 27(2), 89-99.
- Ganesh, M., & Tandon, S. (2006). Versatility of ribbond in contemporary dental practice. *Trends Biomater Artif Organs*, 20(1), 53-58.
- Garcia-Godoy, F., Krämer, N., Feilzer, A. J., & Frankenberger, R. (2010). Long-term degradation of enamel and dentin bonds: 6-year results in vitro vs. in vivo. *Dental materials*, 26(11), 1113-1118.
- Garcia, D., Yaman, P., Dennison, J., & Neiva, G. (2014). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Operative dentistry*, 39(4), 441-448.
- Garlapati, T. G., Krithikadatta, J., & Natanasabapathy, V. (2017). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with short fiber composite used as a core material—An in vitro study. *Journal of prosthodontic research*, 61(4), 464-470.
- Garoushi, S., Mangoush, E., Vallittu, M., & Lassila, L. (2013). Short fiber reinforced composite: a new alternative for direct onlay restorations. *The open dentistry journal*, 7, 181.
- Garoushi, S., Säilynoja, E., Frater, M., Keulemans, F., Vallittu, P. K., & Lassila, L. (2024). A comparative evaluation of commercially available short fiber-reinforced composites. *BMC Oral Health*, 24(1), 1573.
- Garoushi, S., Säilynoja, E., Vallittu, P. K., & Lassila, L. (2013). Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dental materials*, 29(8), 835-841.
- Garoushi, S., Vallittu, P., & Lassila, L. (2019). Mechanical properties and radiopacity of flowable fiber-reinforced composite. *Dental Materials Journal*, 38(2), 196-202.

- Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2007). Short glass fiber reinforced restorative composite resin with semi-inter penetrating polymer network matrix. *Dental materials*, 23(11), 1356-1362.
- Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2011). Fracture toughness, compressive strength and load-bearing capacity of short glass fibre-reinforced composite resin. *Chinese Journal of Dental Research*, 14(1), 15.
- GC. (2025a). *Ever-X Posterior*.
https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/everxposterior/ifu/22768_IFU_everX_Posterior_E_092022.pdf
- GC. (2025b). *Everx Flow*.
https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/everxflow/ifu/IFU_everX_Flow_E.pdf
- GC. (2025c). *G-aenial Universal Injectable*. <https://campaigns-gceurope.com/g-aenial-universal-injectable/?lang=tr>
- Geštakovski, D. (2019). The injectable composite resin technique: minimally invasive reconstruction of esthetics and function. *Quintessence Int*, 50(9), 712-720.
- Geštakovski, D. (2021). The injectable composite resin technique: biocopy of a natural tooth-advantages of digital planning. *Int J Esthet Dent*, 16(3), 280-299.
- Gjorgievska, E., Nicholson, J. W., Iljovska, S., & Slipper, I. J. (2008). Marginal adaptation and performance of bioactive dental restorative materials in deciduous and young permanent teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 16, 1-6.
- Goteti, S. V., Anwarullah, A., Mandava, J., Kantheti, S., Pulidindi, H., & Chandolu, V. (2024). Evaluation of microtensile bond strength and marginal adaptation of

- fiber-reinforced composites. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(11), 1120-1125.
- Gökçe, K. (2005). Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2005(3), 52-60.
- Hada, Y. S., & Panwar, S. (2019). Comparison of the fracture resistance of three different recent composite systems in large Class II mesio-occlusal distal cavities: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 22(3), 287-291.
- Hafez, M. E., Abd El-ghany, A. A., Taha, A. I., & Amin, A. (2025). In vitro assessment of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with short fiber reinforced resin based composite and ceramic overlays. *BMC Oral Health*, 25, 211.
- Hazar, A., & Hazar, E. (2024). Effect of composite resins with and without fiber-reinforcement on the fracture resistance of teeth with non-carious cervical lesions. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 22, 22808000241303327.
- Hubbezoğlu, F., Self-Etching, B. G. Y. N., & Mikrosızıntılarının, A. S. R.-D. A. (2006). Karşılaştırılması. *Cumhuriyet Ü Diş Hek Fak Derg*, 19, 26-31.
- Hui, L. E., THOMAS, M. S., JaTHanna, V., LEWIS, A. J., & Srikant, N. (2019). Effect of Caries Detecting Dye on Microleakage of Composite Resin Restorations Bonded with Total-etch and Self-etch Adhesive Systems. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 13(5).
- Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian dental journal*, 56, 59-66.

- Imai, A., Takamizawa, T., Sugimura, R., Tsujimoto, A., Ishii, R., Kawazu, M., Saito, T., & Miyazaki, M. (2019). Interrelation among the handling, mechanical, and wear properties of the newly developed flowable resin composites. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 89, 72-80.
- Jakab, A., Palkovics, D., T. Szabó, V., Szabó, B., Vincze-Bandi, E., Braunitzer, G., Lassila, L., Vallittu, P., Garoushi, S., & Fráter, M. (2024). Mechanical Performance of Extensive Restorations Made with Short Fiber-Reinforced Composites without Coverage: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Polymers*, 16(5), 590.
- Kamel, M. J., Etman, W. M., & Genaid, T. M. (2024). Clinical evaluation of contemporary highly filled flowable composite resin restorations. *Tianjin Daxue Xuebao*, 57, 284-301.
- Karaalioğlu, A. G. D. O., & Duymuş, Z. Y. (2008). FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİTLERİN SABİT BÖLÜMLÜ PROTEZ YAPIMINDA KULLANIMLARI. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2008(2), 70-77.
- Karaalioğlu, A. g. d. o. F., & Aladağ, P. d. l. İ. (2009). Cam Fiber ile Güçlendirilmiş Kompozit Rezin Köprü Restorasyonu-Vaka Raporu. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2009(2), 111-114.
- Karaarslan, E. S., Usumez, A., Ozturk, B., & Cebe, M. A. (2012). Effect of cavity preparation techniques and different preheating procedures on microleakage of class V resin restorations. *European journal of dentistry*, 6(01), 087-094.
- Karadeniz, B. K. K., Özdemir, B., & Özdemir, S. B. Comparative Evaluation of Water Absorption, Solubility, Degree of Conversion, and Color Stability in Ormocer-

- Based and Flowable Bulk-Fill Composites. *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 3(3), 409-420.
- Karaman, E., Yazici, A. R., Ozgunaltay, G., & Dayangac, B. (2012). Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-carious cervical lesions: 24-month results. *Journal of Adhesive Dentistry*, 14(5).
- Kern, M., Douglas, W., Fechtig, T., Strub, J., & DeLong, R. (1993). Fracture strength of all-porcelain, resinbonded bridges after testing in an artificial oral environment. *Journal of dentistry*, 21(2), 117-121.
- Kiliç, E. (2020). Farklı aşındırma sistemleri ve ortamların bulk-fill kompozitlerin yüzey özelliklerine etkisi.
- Kim, R. J.-Y., Kim, Y.-J., Choi, N.-S., & Lee, I.-B. (2015). Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 43(4), 430-439.
- Kitasako, Y., Sadr, A., Burrow, M., & Tagami, J. (2016). Thirty-six month clinical evaluation of a highly filled flowable composite for direct posterior restorations. *Australian dental journal*, 61(3), 366-373.
- Kohyama, K., Hatakeyama, E., Sasaki, T., Dan, H., Azuma, T., & Karita, K. (2004). Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber. *Archives of Oral Biology*, 49(10), 805-816.
- Krejci, I., Mueller, E., & Lutz, F. (1994). Effects of thermocycling and occlusal force on adhesive composite crowns. *Journal of Dental Research*, 73(6), 1228-1232.
- Kurniawati, C., Rachmawati, D., & Mas'Adah, D. (2018). The fracture resistance of fiber reinforced composite restorative material has higher yield than nanohybrid resin composite. *Journal of Physics: Conference Series*,

- Kurt, D. E. Ç., Özdoğan, D. M. S., & Yılmaz, H. (2006). Seromerler ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2006(2), 52-60.
- Lassila, L., Keulemans, F., Säilynoja, E., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2018). Mechanical properties and fracture behavior of flowable fiber reinforced composite restorations. *Dental materials*, 34(4), 598-606.
- Lassila, L., Keulemans, F., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2020). Characterization of restorative short-fiber reinforced dental composites. *Dental Materials Journal*, 39(6), 992-999.
- Lassila, L., Nohrström, T., & Vallittu, P. (2002). The influence of short-term water storage on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composites. *Biomaterials*, 23(10), 2221-2229.
- Lassila, L., Säilynoja, E., Prinssi, R., Vallittu, P., & Garoushi, S. (2019). Characterization of a new fiber-reinforced flowable composite. *Odontology*, 107, 342-352.
- Lassila, L., Säilynoja, E., Prinssi, R., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2020a). Bilayered composite restoration: the effect of layer thickness on fracture behavior. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 7(1), 80-85.
- Lassila, L., Säilynoja, E., Prinssi, R., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2020b). Fracture behavior of Bi-structure fiber-reinforced composite restorations. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 101, 103444.
- Leprince, J. G., Palin, W. M., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., & Leloup, G. (2014). Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 42(8), 993-1000.

LI, Y. FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ POSTERİOR KOMPOZİT RESTORASYONLAR.

- Lopes, M. B., Sinhoreti, M. A. C., Correr Sobrinho, L., & Consani, S. (2003). Comparative study of the dental substrate used in shear bond strength tests. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 17, 171-175.
- Lynch, C. D. (2019). *Successful posterior composites* (Vol. 32). Quintessence Publishing Company Limited.
- Maden, E. A., & Altun, C. (2012). Use of polyethylene fiber (Ribbond) in pediatric dentistry. *Arch Clin Exp Surg*, 1(2), 110-115.
- Mayoral, J. R., Gregor, L., Campos, E. A., Roig, M., & Krejci, I. (2011). Marginal seal stability of one bottle adhesives in Class V vs. Class I cavities. *Clinical oral investigations*, 15, 257-264.
- Mergulhão, V., De Mendonça, L., De Albuquerque, M., & Braz, R. (2019). Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with different methods. *Operative dentistry*, 44(1), E1-E11.
- Mirică, I.-C., Furtos, G., Bâldea, B., Lucaciu, O., Ilea, A., Moldovan, M., & Câmpian, R.-S. (2020). Influence of filler loading on the mechanical properties of flowable resin composites. *Materials*, 13(6), 1477.
- Mitchell, C. (2019). *Dental materials in operative dentistry* (Vol. 33). Quintessenz Verlag.
- Mohammadipour, H. S., Farajzadeh, M., Toutouni, H., Gazerani, A., & Sekandari, S. (2025). Fracture Resistance of Fiber-Reinforced vs. Conventional Resin Composite Restorations in Structurally Compromised Molars: An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry*, 2025(1), 5169253.

- Molnár, J., Fráter, M., Sáry, T., Braunitzer, G., Vallittu, P. K., Lassila, L., & Garoushi, S. (2022). Fatigue performance of endodontically treated molars restored with different dentin replacement materials. *Dental materials*, 38(4), e83-e93.
- Morneburg, T. R., & Pröschel, P. A. (2002). Measurement of masticatory forces and implant loads: a methodologic clinical study. *International Journal of Prosthodontics*, 15(1).
- Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C., & Monaco, A. (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.
- Munz, D., & Fett, T. (1999). Mechanical properties, failure behaviour, materials selection. *Springer, Berlin, Germany*, 9, 10.
- Nalbantoğlu, A. M. (2010). Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin sert ve yumuşak doku uyumularının araştırılması.
- Nezir, M., Dinçtürk, B. A., Sarı, C., Alp, C. K., & Altınışik, H. (2024). Effect of fiber-reinforced direct restorative materials on the fracture resistance of endodontically treated mandibular molars restored with a conservative endodontic cavity design. *Clinical oral investigations*, 28(6), 316.
- Owens, B. M., & Johnson, W. W. (2006). Effect of new generation surface sealants on the marginal permeability of Class V resin composite restorations. *Operative dentistry*, 31(4), 481-488.
- Peşkersoy, C. (2022). Sağlıklı ve Çürük Diş Dokularının Mekanik Özelliklerinin Nanoindentasyon Yöntemiyle Karşılıklı Olarak İncelenmesi. *Journal of Ege*

University School of Dentistry/Ege Üniversitesi Dis Hekimligi Fakültesi Dergisi, 43(2).

- PV, S. (2008). Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. *J Prosthet Dent, 99*, 114-122.
- Ranka, S., Rao, A. S., Shah, U., Solanki, D., Pawar, A. M., Reda, R., Zanza, A., & Testarelli, L. (2022). Comparative Evaluation of Two Different Fiber-Reinforced Composite Materials in Class 1 Post-Endodontic Restorations in Molars—A Randomized Clinical Study. *Materials, 15*(21), 7858.
- Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences.
- Roggendorf, M. J., Krämer, N., Appelt, A., Naumann, M., & Frankenberger, R. (2011). Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *Journal of dentistry, 39*(10), 643-647.
- Sağsöz, N. P., Yanıkoğlu, N., Aladağ, L., Özdemir, H., & Çiftçi, H. (2014). SABİT PROTETİK RESTORASYONLARIN SÖKÜM NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE GELENEKSEL SÖKÜM YÖNTEMLERİ İLE KaVo CORONAflex RESTORASYON SÖKÜCÜSÜNÜN KARŞILAŞTIRILMASI. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 24*(3), 378-385.
- Saito, T., Takamizawa, T., Ishii, R., Tsujimoto, A., Hirokane, E., Barkmeier, W., Latta, M., & Miyazaki, M. (2020). Influence of application time on dentin bond performance in different etching modes of universal adhesives. *Operative dentistry, 45*(2), 183-195.

- Santosh, S. S., Ballal, S., & Natanasabapathy, V. (2021). Influence of minimally invasive access cavity designs on the fracture resistance of endodontically treated mandibular molars subjected to thermocycling and dynamic loading. *Journal of endodontics*, 47(9), 1496-1500.
- Sáry, T., Garoushi, S., Braunitzer, G., Alleman, D., Volom, A., & Fráter, M. (2019). Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre-reinforced techniques—An in vitro study. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 98, 348-356.
- Schmid-Schwap, M., Graf, A., Preinerstorfer, A., Watts, D. C., Piehslinger, E., & Schedle, A. (2011). Microleakage after thermocycling of cemented crowns—a meta-analysis. *Dental materials*, 27(9), 855-869.
- Scribante, A., Vallittu, P. K., Özcan, M., Lassila, L. V., Gandini, P., & Sfondrini, M. F. (2018). Travel beyond clinical uses of fiber reinforced composites (FRCs) in dentistry: a review of past employments, present applications, and future perspectives. *BioMed research international*, 2018(1), 1498901.
- Selvakumar, R. J., Surendran, S., Sundar, S., Arul, B., & Natanasabapathy, V. (2023). Impact of contracted endodontic access cavities on the fracture resistance of endodontically treated teeth after mechanical aging by simulated chewing forces. *Journal of endodontics*, 49(9), 1176-1182.
- Shafiei, F., Memarpour, M., & Karimi, F. (2011). Fracture resistance of cuspal coverage of endodontically treated maxillary premolars with combined composite-amalgam compared to other techniques. *Operative dentistry*, 36(4), 439-447.

- Shah, J., & Raghavendra, S. S. (2018). Fracture resistance of a fiber reinforced composite substructure with nanofilled composite overlay. *Oral Health Dent*, 3, 567-573.
- Shah, S., Shilpa-Jain, D., Velmurugan, N., Sooriaprakas, C., & Krithikadatta, J. (2020). Performance of fibre reinforced composite as a post-endodontic restoration on different endodontic cavity designs—an in-vitro study. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 104, 103650.
- Soares, L. E. S., Campos, A. D. F., & Martin, A. A. (2013). Human and Bovine Dentin Composition and Its Hybridization Mechanism Assessed by FT-Raman Spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*, 2013(1), 210671.
- Soares, L. M., Razaghy, M., & Magne, P. (2018). Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dental materials*, 34(4), 587-597.
- Soares, P. V., Santos-Filho, P. C. F., Martins, L. R. M., & Soares, C. J. (2008). Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(1), 30-37.
- Sucu, Ö., & Köroğlu, A. (2021). Protetik Diş Hekimliğinde Fiberler. *Dental and Medical Journal-Review*, 3(2), 1-27.
- Summitt, J. B. (2001). Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach. (No Title).
- Szczesio-Włodarczyk, A., Garoushi, S., Vallittu, P., Bociog, K., & Lassila, L. (2024). Polymerization shrinkage of contemporary dental resin composites: Comparison

- of three measurement methods with correlation analysis. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 152, 106450.
- Taylor, M., & Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of dentistry*, 20(1), 3-10.
- Tichy, A., Yang, Y., Motoyama, Y., Sumie, Y., Nakajima, M., & Tagami, J. (2021). Can a New HEMA-free Two-step Self-etch Adhesive Improve Dentin Bonding Durability and Marginal Adaptation? *Journal of Adhesive Dentistry*, 23(6).
- Touré, B., Faye, B., Kane, A. W., Lo, C. M., Niang, B., & Boucher, Y. (2011). Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *Journal of endodontics*, 37(11), 1512-1515.
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Takamizawa, T., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2017). Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill giomers and resin composites. *Dental Materials Journal*, 36(2), 205-213.
- Tuloglu, N., Bayrak, S., & Tunc, E. S. (2009). Different clinical applications of bondable reinforcement ribbond in pediatric dentistry. *European journal of dentistry*, 3(04), 329-334.
- Vallittu, P., & Özcan, M. (2017). *Clinical guide to principles of fiber-reinforced composites in dentistry*. Woodhead Publishing.
- Vallittu, P. K. (1996). A review of fiber-reinforced denture base resins. *Journal of Prosthodontics*, 5(4), 270-276.
- Vallittu, P. K. (2015). High-aspect ratio fillers: fiber-reinforced composites and their anisotropic properties. *Dental materials*, 31(1), 1-7.

- Vallittu, P. K. (2018). An overview of development and status of fiber-reinforced composites as dental and medical biomaterials. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica*, 4(1), 44-55.
- Vitalarui, A., TATARCIUC, M., COTAIE, G., & DIACONU, D. (2015). In Vitro testing—an essential method for evaluating the performance of dental materials and devices. *International Journal of Medical Dentistry*, 19(2).
- Wang, L., D'Alpino, P. H. P., Lopes, L. G., & Pereira, J. C. (2003). Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *Journal of Applied Oral Science*, 11, 162-167.
- Wilson, N. H., Roulet, J.-F., & Fuzzi, M. (2001). *Advances in operative dentistry. Vol. 2, Challenges of the future*. Quintessence Pub.
- Yap, A., Ng, S., & Siow, K. (2001). Soft-start polymerization: influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Operative dentistry*, 26(3), 260-266.
- Yap, A., & Seneviratne, C. (2001). Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Operative dentistry*, 26(5), 460-466.
- Yasa, B., Arslan, H., Yasa, E., Akcay, M., & Hatirli, H. (2016). Effect of novel restorative materials and retention slots on fracture resistance of endodontically-treated teeth. *Acta Odontologica Scandinavica*, 74(2), 96-102.
- Yaşa, B. (2019). Aşırı madde kayıplı kanal tedavili dişlere uygulanan CAD/CAM destekli endokron, fiber destekli ve direkt kompozit restorasyonların performanslarının karşılaştırılması.
- Youssef, H. H., Abed, Y. A., ElZoghbi, A. M. F., & Negm, H. M. (2024). Evaluation of Fracture Resistance of Fiber-Reinforced Resin Composite Restorations in Deep

- Class I Cavities: A Comparative In Vitro study. *Ain Shams Dental Journal*, 35(3), 199-210.
- Ypei Gia, N. R., Sampaio, C. S., Higashi, C., Sakamoto Jr, A., & Hirata, R. (2021). The injectable resin composite restorative technique: A case report. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(3), 404-414.
- Zadik, Y., Sandler, V., Bechor, R., & Salehrabi, R. (2008). Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(5), e31-e35.
- Zhang, M., & Matinlinna, J. P. (2012). E-glass fiber reinforced composites in dental applications. *Silicon*, 4, 73-78.
- Zhou, X., Huang, X., Li, M., Peng, X., Wang, S., Zhou, X., & Cheng, L. (2019). Development and status of resin composite as dental restorative materials. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(44), 48180.