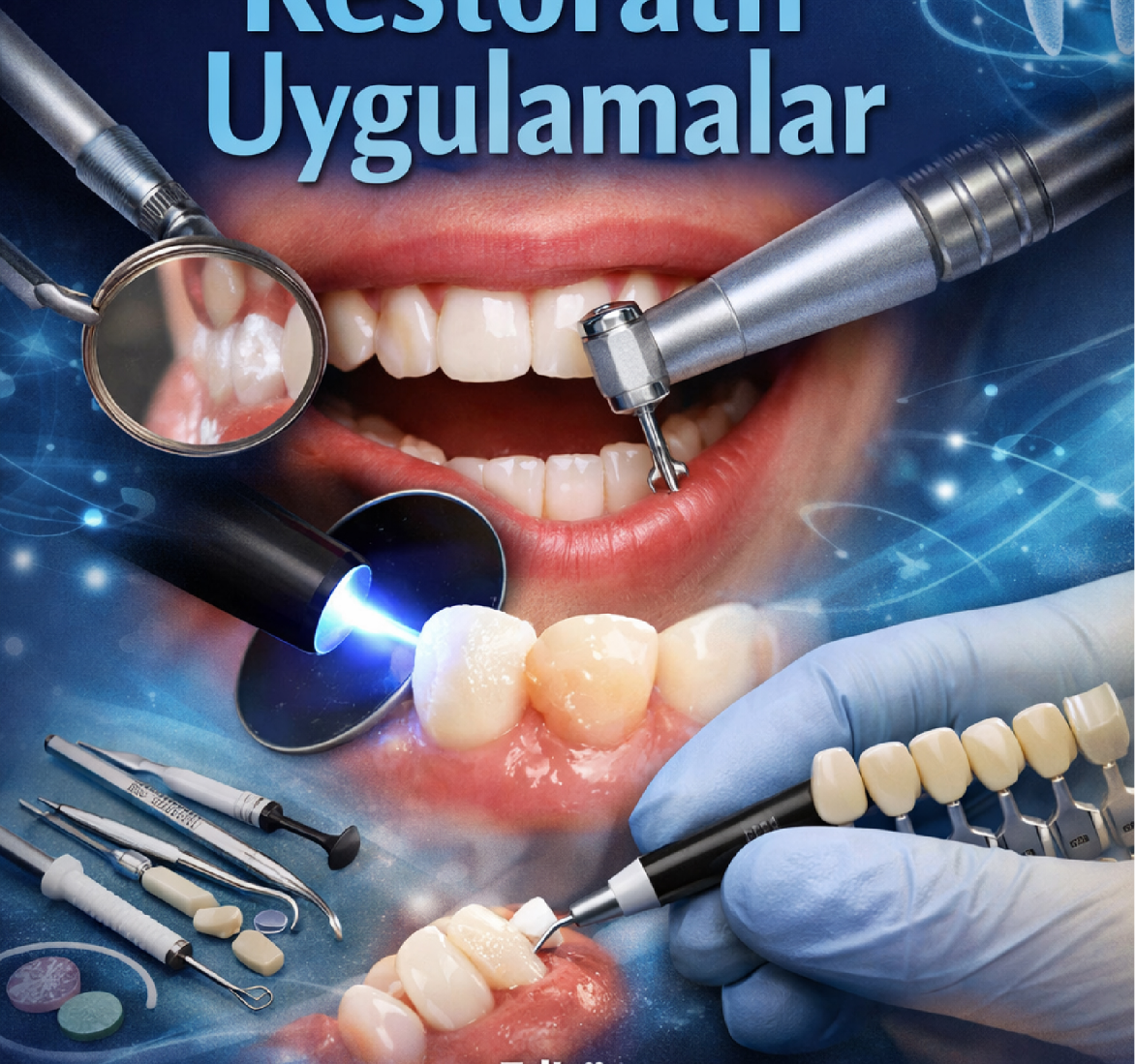


Diş Hekimliğinde Restoratif Uygulamalar



Editör
Prof. Dr. Funda Yanıkoğlu

BİDGE Yayınları

Diş Hekimliğinde Restoratif Uygulamalar

Editör: Prof. Dr. Funda Yanıkoğlu

ISBN: 978-625-372-974-5

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Diş Hekimliğinde Restoratif Uygulamalar ile ilgili bölümlerin yer aldığı kitabımızın, meslektaşlarımıza, mesleğe yeni başlayan genç akademisyenlerimize, öğrencilerimize klinik açıdan katkıda bulunmasını diler, kitabın hazırlanmasında makaleleriyle büyük katkıda bulunan değerli yazarlarımıza ve emeği geçen yayın ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla.

Prof. Dr. FUNDA YANIKOĞLU

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

MİNİMAL İNVAZİV RESTORATİF TEDAVİ YAKLAŞIMLARI	1
<i>EZGİ TÜRKOĞLU TARI</i>	
DİŞ HEKİMLİĞİNDE GÜNCEL FİBER UYGULAMALARI VE KLİNİK İPUÇLARI	36
<i>NİLGÜN AKGÜL, BEYZA DURAN</i>	
1. DİŞ HEKİMLİĞİNDE FİBER TAKVİYELİ YAPILAR VE ENDODONTİK TEDAVİLİ DİŞLERİN RESTORASYONUNDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR	56
<i>AHMET YASİN İREN</i>	
BULK-FİLL KOMPOZİTLER	78
<i>GÜL BAYOĞLU</i>	
ADEZİV REZİN SİMANLAR	101
<i>HATUN BAL</i>	

BÖLÜM 1

MİNİMAL İNVAZİV RESTORATİF TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

EZGİ TÜRKÖĞLU TARİ¹

Giriş

Minimal invaziv restoratif diş hekimliği (MİRT), diş dokusunun biyolojisini merkeze alan, restorasyon ihtiyacını mümkün olduğunca geciktirmeyi ve doğal dokuyu maksimum düzeyde korumayı amaçlayan çağdaş bir tedavi yaklaşımıdır. Geleneksel restoratif anlayışın temelini oluşturan “çürük dokunun tamamen uzaklaştırılması” ve “makro-retantif kavite preperasyonu” prensipleri, modern adeziv sistemlerin gelişimi ve çürük prosesinin biyolojik dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasıyla büyük ölçüde geride kalmıştır (Lim et al., 2023). Günümüzde restoratif müdahaleler, ancak lezyonun ilerlemesini durdurmak veya fonksiyon/estetiği yeniden sağlamak için gerçekten gerekli olduğunda tercih edilmektedir (Schwendicke et al., 2016).

Çürük artık yalnızca bir “doku defekti” olarak değil, bakteriyel flora, konak savunması, tükürük bileşimi, diyet ve davranışsal faktörler arasındaki karmaşık ilişkilerle şekillenen dinamik bir

¹ Uzman Diş Hekimi, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID ID: 0009-0002-6458-209X

hastalık süreci olarak değerlendirilmektedir. Bu anlayış, çürüğün erken dönemde yeniden mineralize olabileceği, yani invaziv bir müdahaleye gerek kalmadan durdurulabileceği gerçeğini ön plana çıkarmıştır (Hayashi et al., 2020). Bu nedenle minimal invaziv yaklaşım, hem biyolojik onarımı destekleyen non-restoratif yöntemleri hem de gerektiğinde minimal doku kaybıyla yapılan restoratif müdahaleleri kapsayan geniş bir yelpazeyi içerir.

Adeziv teknolojilerdeki ilerlemeler, özellikle self-etch ve universal adeziv sistemlerin yaygınlaşması, daha küçük kavite preparasyonlarıyla yüksek bağlanma dayanımı elde edilmesine olanak tanımıştır (Brkanović et al., 2023). Ayrıca nano-dolduruculu kompozitler, cam iyonomerlerin biyouyumluluğu ve rezin infiltrasyon tekniklerinin gelişmesi, minimal invaziv uygulamaların klinik başarı oranlarını artırmıştır. Güncel kanıtlar, doğal diş dokusunun korunmasının restorasyon ömrünü uzattığını, tekrar restorasyon gerekliliğini azalttığını ve restoratif döngünün başlamasını geciktirdiğini göstermektedir (El Gezawi et al., 2019).

Ayrıca modern tanısal yöntemler (optik görüntüleme, dijital sensörler, yapay zekâ tabanlı analizler), çürüğün erken teşhisini mümkün kılarak tedavi kararlarının daha doğru verilmesini sağlamaktadır (de Magalhães & Santos, 2025). Bu sayede daha önce restoratif müdahale gerektirdiği düşünülen birçok lezyonun, aslında remineralize edilebildiği ve non-invaziv stratejilerle başarılı şekilde yönetilebildiği ortaya konmuştur.

Minimal invaziv restoratif tedavi, yalnızca teknik bir yaklaşım değil; hastanın genel ağız sağlığını, davranışsal alışkanlıklarını ve bireysel risk profilini dikkate alan kişiselleştirilmiş bir tedavi felsefesidir. Bu yönüyle modern koruyucu diş hekimliğinin klinik uygulamadaki en somut yansımasını oluşturmaktadır.

Minimal İnvaziv Restoratif Diş Hekimliğinin Temel İlkeleri

Minimal invaziv restoratif diş hekimliğinin temelini, biyolojik dokunun korunmasını merkeze alan ve restoratif döngünün başlangıcını geciktirmeyi amaçlayan bir dizi bilimsel prensip oluşturur. Bu ilkeler, yalnızca klinik müdahaleyi değil; hastanın risk profilini, çürüğün biyolojisini ve dokunun kendini iyileştirme kapasitesini dikkate alan bütüncül bir yaklaşımı yansıtır (Warreth, 2023).

Biyolojik Doku Korunumu

Diş dokuları yenilenemez veya sınırlı derecede yenilenebilir dokulardır. Bu nedenle her restoratif işlem, dişin biyomekanik dayanıklılığını azaltır ve ilerleyen yıllarda daha geniş bir restoratif gereksinimi doğurur (Marvaniya et al., 2022). Minimal invaziv yaklaşımın ana ilkesi, sağlam dokunun mümkün olan en yüksek oranda korunmasıdır. Mine destekli dentinin korunması, restorasyonun ömrünü doğrudan etkileyen bir faktördür (Mannocci et al., 2022). Bu çerçevede:

- Gereksiz genişletilmiş preparasyonlardan kaçınılır,
- Retansiyon için makro mekanik kavite şekillendirmesi yerine adeziv bağlanma kullanılır,
- Çürük dentinin tamamen kaldırılması yerine selektif çürük uzaklaştırma (selective caries removal) yaklaşımı benimsenir.

Bu anlayış sayesinde pulpa ekspozu riski azalır, restorasyonun marjinal stabilitesi artar ve diş dokusunun yapısal bütünlüğü korunur.

Restoratif Döngünün Kırılması

Restoratif döngü (restorative cycle), diş bir kez restore edildiğinde zaman içinde restorasyonun başarısızlığa uğraması ve giderek

büyüyen bir preperasyon gerektirmesi şeklinde tanımlanır (Marvaniya et al., 2022). Döngü şu şekildedir:

- İlk restorasyon
- Marjinal bozulma veya sekonder çürük
- Daha geniş restorasyon
- Onlay, kron
- Kanal tedavisi
- İmplant veya diş kaybı

Minimal invaziv yaklaşım, bu döngüyü başlamadan kesmeyi amaçlar (Frencken et al., 2012). Bunun için; restorasyon endikasyonu daha katı kriterlerle belirlenir, non-restoratif tedaviler öncelik kazanır, restorasyon yenilenmesi yerine kısmi tamir (repair) uygulamaları tercih edilir, restorasyonların marjinal bütünlüğü ve adeziv bağlanması uzun süre korunur (Featherstone & Doméjean, 2012). Bu strateji, hem dişin uzun dönem prognozunu hem de hastanın biyolojik ve ekonomik yükünü azaltır.

Makro-Retansiyondan Mikro-Retansiyona Geçiş

Klasik amalgam döneminde güçlü makro-retantif kavite şekillendirmeleri restoratif başarının temelini oluşturuyordu (TERRY & GELLER, 2004). Ancak modern adeziv materyallerin gelişmesiyle makro-retansiyon anlayışı yerini mikro-retansiyon ve kimyasal bağlanma temelli yaklaşıma bırakmıştır.

Bu geçişin sonuçları:

- Kaviteler daha küçük hazırlanır.
- Dentin ve mine yüzeyinde mikro-pörözite oluşturan adeziv sistemler, mekanik retansiyonun yerini alır (Cardoso et al., 2011).

- CAD/CAM ve kompozit restorasyonların bağlanma dayanımları, retansiyon formuna gerek bırakmaz.
- Preparasyon, yalnızca çürük sınırları dahilinde yapılır.

Modern restoratif diş hekimliği “en konservatif kavite, hiç kavite açılmayan kavitedir” prensibini benimser.

Lezyonun Aktivitesine Göre Tedavi Yaklaşımı

Minimal invaziv yaklaşımda çürüğün varlığı tek başına tedavi endikasyonu değildir; önemli olan lezyonun aktif mi yoksa inaktif mi olduğudur (Banerjee et al., 2020).

Aktif lezyon kriterleri:

- Mat, tebeşirimsi yüzey
- Pürüzlü doku
- Plak retansiyonu yüksek bölge
- Progresyon kanıtı (radyografik artış)

İnaktif lezyon kriterleri:

- Parlak, sert yüzey
- Pürüzsüz doku
- Plaktan arındırılmış bölgeler
- Radyografide stabil görünüm

Minimal invaziv felsefe gereği:

- İnaktif lezyonlar takip edilir veya remineralizasyon tedavileri uygulanmaya devam edilir.
- Aktif mine lezyonları non-restoratif yöntemlerle tedavi edilir (HAP, florür, rezin infiltrasyonu) (Schwendicke et al., 2020).

- Dentin lezyonlarında selektif çürük uzaklaştırma uygulanarak pulpaya zarar vermeden preperasyon yapılır.

Selektif Çürük Uzaklaştırma Yaklaşımı

Bu yaklaşım, tüm çürüğün kaldırılmasını zorunlu gören klasik yöntemin aksine, yalnızca bakteriyel olarak aktif ve yumuşak dentinin uzaklaştırılmasını hedefler (Figundio et al., 2023). Selektif çürük kaldırma hedefleri:

- Pulpaya gereksiz yaklaşmayı önlemek,
- Restorasyon için yeterli sertlikte dentin yüzeyi oluşturmak,
- Restoratif döngüyü geciktirmek,
- Biyolojik dokuyu maksimum korumak.

Derin dentin çürüklerinde stepwise excavation, modern uygulamalardan biridir (Bjørndal et al., 2010). Bu teknikte pulpayı tehdit eden yumuşak dentin tamamen kaldırılmaz; geçici restorasyon sonrası dentin remineralizasyonu teşvik edilir ve ikinci seansta minimal girişimle restorasyon tamamlanır.

Hasta Merkezli ve Kişiselleştirilmiş Tedavi

Minimal invaziv yaklaşım, bireyin biyolojik riskleri, davranışsal alışkanlıkları ve ağız bakım kapasitesi dikkate alınmadan uygulanamaz (Doméjean et al., 2017).

Tedavi kişiselleştirilir:

- Yaş
- Tükürük miktarı ve akış hızı
- Diyet davranışları
- Sistemik hastalıklar
- Ağız hijyeni düzeyi

- Sosyoekonomik koşullar

Bu parametreler tedavi kararlarını belirler. Aynı lezyon, yüksek riskli bir hastada restoratif tedavi gerektirirken, düşük riskli bir kişiye non-invaziv yöntemlerle stabil tutulabilir.

Çürüğün Modern Tanısı ve Lezyon Aktivitesinin Değerlendirilmesi

Minimal invaziv restoratif tedavi yaklaşımının başarısı, çürüğün doğru ve erken teşhis edilmesine bağlıdır. Güncel literatür çürüğü statik bir doku defekti olarak değil, biyolojik faktörlerin etkileşimiyle ilerleyen dinamik bir hastalık olarak tanımlar. Bu nedenle tanıda yalnızca kavitasyonun varlığına odaklanmak yerine, lezyonun aktivitesi, ilerleme hızı ve remineralizasyon potansiyeli de değerlendirilmelidir (Molyneux & Banerjee, 2024). Modern çürük teşhisinde kullanılan yöntemler, hem subjektif değerlendirmeyi azaltmaya hem de lezyonun biyolojik durumunu ortaya koymaya odaklanmıştır (Pretty, 2006).

Günümüzde optik ve dijital görüntüleme teknolojileri, başlangıç mine lezyonlarının tespitinde önemli avantajlar sunmaktadır (Balhaddad et al., 2025). Fiber-optik transillüminasyon (FOTI) ve dijital fiber-optik transillüminasyon (DIFOTI), mine altındaki demineralizasyonu ışık kırılma özellikleri aracılığıyla görünür hale getirir (Ástvaldsdóttir et al., 2012). Bu yöntemler radyografiye kıyasla özellikle mine yüzeyindeki aktif lezyonların belirlenmesinde daha duyarlıdır (Laitala et al., 2017). Kantitatif ışık indüklü florışıma (QLF) sistemi ise mine demineralizasyonunu floresans kaybı üzerinden ölçerek lezyonun hem varlığını hem de zaman içindeki değişimini objektif olarak izleme imkânı sağlar (Stookey, 2005). QLF, minimal invaziv yaklaşım açısından değerlidir çünkü tedavi kararlarının non-restoratif yöntemlere yönlendirilebilmesi için

lezyonun aktivitesine ilişkin güvenilir geri bildirim sunar (Park et al., 2016).

Dijital radyografi hâlâ çürük tanısında temel araçlardan biridir; ancak minimal invaziv yaklaşım açısından asıl değer kazanan konu, radyograflerin yüksek çözünürlükte alınması ve AI tabanlı analiz yazılımlarıyla yorumlanmasıdır. Yapay zekâ destekli sistemler, özellikle aproksimal mine ve başlangıç dentin lezyonlarının tespitinde hekimin hassasiyetini artırır, tanısal süreci standardize eder ve subjektif hataları azaltır. Dijital tanının bu denli gelişmiş olması, restoratif kararların daha geç verilmesine ve non-invaziv yöntemlerin tercih edilmesine olanak tanır.

Lezyon aktivitesinin değerlendirilmesi minimal invaziv yaklaşımın merkezindedir (Molyneux & Banerjee, 2024). Mine yüzeyinin mat ve tebeşirimsi görünümü, pürüzlü dokusal yapı ve plak birikimine yatkınlık, aktif lezyon için belirleyici göstergelerdir. Buna karşın parlak, sert yüzeyli ve pürüzsüz bir yapı genellikle inaktif lezyonu işaret eder. Radyografik olarak sınırlarının belirginleşmesi, stabil görünüm veya ilerleme bulgularının olmaması da inaktivitenin güçlü kanıtıdır. Lezyonun aktif olup olmadığı, tedavi stratejisinin invaziv mi yoksa non-invaziv mi olacağını belirlemede kritik rol oynar (Molyneux & Banerjee, 2024). Bu nedenle klinisyen tanı aşamasında yalnızca çürüğün varlığına değil, biyolojik davranışına odaklanmalıdır.

ICDAS sistemi, çürüğün yüzey özelliklerini ve ilerleme düzeyini sınıflandırarak minimal invaziv yaklaşımda önemli bir yere sahiptir. Özellikle ICDAS 1 ve 2 olarak değerlendirilen erken mine lezyonları, uygun klinik şartlar sağlandığında çoğu zaman remineralize edilebilir ve restorasyona ihtiyaç duymaz (Atteya et al., 2023). Bu durum gereksiz kavite açımını önler, restoratif döngüyü geciktirir ve doğal dokunun korunmasını sağlar. Daha ileri

seviyedeki dentin lezyonlarında bile seçici çürük uzaklaştırma teknikleri sayesinde restoratif girişim en konservatif düzeyde tutulabilir.

Modern çürük tanısının temel amacı, yalnızca hastalığı tespit etmek değil; hastanın bireysel risk profilini, lezyonun biyolojik aktivitesini ve tedavinin zamanlamasını belirlemektir. Bu bütüncül değerlendirme minimal invaziv yaklaşımın hem teorik hem de klinik alt yapısını oluşturarak daha rasyonel ve hasta merkezli tedavi kararlarının alınmasına olanak tanır.

Risk Temelli Yaklaşım: CAMBRA Modeli

Minimal invaziv restoratif tedavi yaklaşımının temel bileşenlerinden biri, hastanın çürük riskinin sistematik biçimde değerlendirilmesidir (Featherstone et al., 2021). Bu kapsamda CAMBRA (Caries Management by Risk Assessment), çürüğü yalnızca mevcut klinik bulgularla değil; hastanın biyolojik, davranışsal ve çevresel faktörleriyle birlikte ele alan bilimsel bir protokoldür (Featherstone & Chaffee, 2018). CAMBRA, hastanın çürük riskini düşük, orta veya yüksek olarak sınıflandırır ve uygulanacak tedavinin invazivlik düzeyinin, bu risk seviyesine göre uyarlanması sağlar. Bu yönüyle CAMBRA, minimal invaziv yaklaşımın kişiselleştirilmiş tedavi felsefesine tam anlamıyla entegre bir modeldir.

CAMBRA'nın temelinde çürüğün multifaktöriyel bir hastalık olduğuna dair modern biyolojik anlayış yer alır. Bu modele göre çürük oluşumunda sadece patojenik bakterilerin varlığı değil, tükürük akış hızı ve tampon kapasitesi, florür maruziyeti, diyet alışkanlıkları, ağız hijyeni düzeyi, sosyoekonomik koşullar, sistemik hastalıklar ve hastanın davranışsal profili de belirleyici rol oynar (Maheswari et al., 2015). Bu nedenle risk değerlendirmesi yapılırken

yalnızca klinik çürük lezyonlarına odaklanmak yetersizdir; hastanın yaşam tarzı ve biyolojik ortamı da tedavi planını şekillendirir.

Yüksek riskli bir hastada sık atıştırma alışkanlığı, düşük tükürük akışı, kötü ağız hijyeni ve daha önce tekrarlayan çürük deneyimi mevcutken; düşük riskli bir hastada bu faktörlerin çoğu bulunmaz. CAMBRA sisteminin en önemli katkılarından biri, çürük riskini değiştirebilen faktörlerin belirlenmesi ve müdahalelerin buna göre yapılandırılmasıdır (Featherstone et al., 2021). Örneğin yüksek riskli hastada yalnızca florürlü macun kullanımı yeterli olmayacağından, profesyonel florür vernikleri, biyomimetik hidroksiapatit uygulamaları, diyet danışmanlığı, davranışsal modifikasyon ve gerekirse bakteriyel yükü azaltmaya yönelik ajanlar birlikte uygulanır. Orta risk grubunda florür maruziyetinin artırılması, düzenli takip ve başlangıç lezyonları için non-invaziv tedaviler ön plandayken; düşük risk grubunda önleyici yaklaşımlar daha basit ve daha uzun aralıklarla sürdürülebilir.

CAMBRA modelinin minimal invaziv yaklaşım açısından en değerli yönü, restoratif müdahaleyi mümkün olduğunca geciktirmek için hastaya yönelik tüm biyolojik faktörlerin optimize edilmesine olanak tanınmasıdır (Featherstone & Chaffee, 2018). Böylece restoratif tedavi yalnızca gerektiğinde uygulanır ve hastanın risk seviyesi düşürüldüğü için ilerleyen yıllarda yeni çürüklerin oluşma ihtimali azalır. Bu durum restoratif döngünün kırılmasına büyük katkı sağlar.

CAMBRA aynı zamanda objektif takip olanağı sunar. Hem başlangıç hem de kontrol randevularında risk faktörleri yeniden değerlendirilerek hastanın risk profilinin zaman içindeki değişimi izlenir. Bu yaklaşım, tedavinin dinamik ve kişiselleştirilmiş bir süreç hâline gelmesini sağlar. Eğer hasta yüksek risk grubundan orta veya

düşük risk grubuna geçmeyi başarırsa, restoratif ihtiyaçları doğal olarak azalır ve tedavi minimal invaziv düzeyde tutulabilir.

Sonuç olarak CAMBRA, minimal invaziv restoratif diş hekimliğinde klinik karar vermeyi rasyonelleştiren, tedavi planlamasını bireyselleştiren ve restoratif müdahaleyi biyolojik gereklilik hâline gelene kadar ertelemeyi mümkün kılan bilimsel bir modeldir. Çürüğün multifaktöriyel yapısını dikkate alması, bu yaklaşımın hem koruyucu hem de restoratif prosedürlerle uyumlu biçimde uygulanabilmesini sağlar. Böylece minimal invaziv tedavinin ana hedefi olan “doğal dokunun mümkün olan en uzun süre korunması” daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Non-Restoratif Minimal İnvaziv Yaklaşımlar

Minimal invaziv restoratif tedavinin en önemli bileşenlerinden biri, restorasyon yapmadan çürük sürecini durdurmayı veya geri döndürmeyi amaçlayan non-restoratif yöntemlerdir (Cabalén et al., 2022). Bu yaklaşımlar, özellikle başlangıç mine lezyonlarında ve dentine ilerlememiş çürüklerde, biyolojik iyileşmeyi teşvik ederek kavitasyon oluşumunu engeller ve restoratif döngünün başlamasını geciktirir (Urquhart et al., 2019). Non-restoratif stratejiler, modern çürük yönetiminin temelini oluşturmakla birlikte, hastanın risk profili ve davranış kalıplarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle yalnızca belirli bir ajan veya uygulama değil, hastanın ağız çevresi ekosistemini değiştirmeye yönelik bütüncül bir yaklaşım esastır (Slayton et al., 2018).

Bu tedavilerin en klasik ve en yaygın olanı florür uygulamalarıdır. Florür, mine yüzeyinde kalsiyum ve fosfat iyonlarının yeniden çökmesini kolaylaştırarak remineralizasyonu destekler ve hidroksiapatitin florapatite dönüşümünü sağlayarak çözünürlüğü azaltır. Reçete edilen florürlü diş macunları, yüksek riskli hastalarda

ek olarak profesyonel florür vernikleri ve jel uygulamaları ile desteklendiğinde başlangıç lezyonlarının ilerlemesi önemli ölçüde yavaşlar. Ancak güncel yaklaşımlar florürün tek başına yeterli olmadığını, özellikle diyet ve mikroorganizma yükünün dengelenmediği durumlarda remineralizasyon kapasitesinin sınırlı kaldığını göstermektedir.

Son yıllarda giderek artan ilgi gören bir diğer non-invaziv yöntem biyomimetik hidroksiapatit (HAP) uygulamalarıdır. Hidroksiapatitin diş dokusunun doğal yapısına kimyasal olarak benzemesi ve mine yüzeyine entegre olabilmesi, özellikle asidik ortamda hassasiyet azaltıcı ve remineralizan etki göstermesi minimal invaziv yaklaşım açısından büyük avantaj sağlar (Chatzidimitriou et al., 2025). HAP içeren macunlar ve profesyonel uygulamalar, mine yüzeyinde doğal bir tamir süreci yaratmakta ve başlangıç lezyonlarının stabilizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (O'Hagan-Wong et al., 2022). Florürün aksine iyon salınımına bağımlı olmayan bu biyomimetik yapı, her yaş grubunda güvenle kullanılabilir.

CPP-ACP (kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat) içeren ürünler de yüzey altı remineralizasyonunda etkili bir diğer non-restoratif ajan grubudur. CPP-ACP, tükürüğün içerdiği kalsiyum ve fosfat iyonlarını stabilize ederek mine yüzeyine taşır ve çözünürlük dengesini remineralizasyon yönünde değiştirir (Barrera-Ortega et al., 2025). Özellikle ortodontik tedavi gören genç bireylerde beyaz nokta lezyonlarının kontrolünde yüksek başarı göstermektedir. Bu sistem, florürle birlikte kullanıldığında sinerjik etki oluşturmakta ve remineralizasyon hızını artırmaktadır.

Non-invaziv yaklaşımlar arasında gümüş diamine florür (SDF) de önemli bir yer tutar. Özellikle kök çürükleri veya restoratif girişimin ertelenmesi gereken durumlarda tercih edilen SDF, hem antibakteriyel etkisi hem de dentin yüzeyinde oluşan gümüş-protein

kompleksleri aracılığıyla çürüğün ilerlemesini durduran bir bariyer görevi görür (Zhao et al., 2018). Klinik olarak en büyük sınırlılığı diş yüzeyinde oluşturduğu koyu renklenme olsa da yaşlı ve yüksek riskli hastalarda minimal invaziv protokollerin önemli bir parçası haline gelmiştir.

Diyet danışmanlığı ve davranış modifikasyonu ise çoğu zaman göz ardı edilse de minimal invaziv tedavinin en kritik unsurudur. Yüksek frekanslı şeker tüketimi, çürük oluşumunun biyolojik temelini oluşturduğu için yalnızca remineralizan ajanlarla müdahale etmek yeterli değildir. Hastaya ara öğünlerin azaltılması, şekerli içecek tüketiminin sınırlandırılması ve ağız hijyeni davranışlarının iyileştirilmesi konusunda etkin rehberlik sunulması gerekir. Bu davranışsal müdahaleler, farmakolojik non-invaziv yöntemlerle birlikte uygulandığında daha kalıcı sonuçlar elde edilir.

Bu yöntemlerin tümü, minimal invaziv restoratif yaklaşımda restorasyon ihtiyacını azaltan önemli biyolojik araçlardır. Amaç yalnızca lezyonu iyileştirmek değil, ağız ekosistemini daha sağlıklı bir dengeye taşımaktır. Non-restoratif stratejinin başarılı olması, hastanın uyumuna, risk faktörlerinin azaltılmasına ve düzenli klinik takibe bağlıdır. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde, restoratif işlemler daha geç bir aşamaya ertelenir ve doğal dokunun korunması daha etkili bir şekilde sağlanır.

Mikroinvaziv Tedaviler

Minimal invaziv restoratif yaklaşımın ikinci temel ayağını oluşturan mikroinvaziv tedaviler, mine veya erken dentin lezyonlarında çürük sürecini durdurmak ve dokuyu güçlendirmek amacıyla son derece sınırlı düzeyde mekanik müdahale içeren uygulamalardır. Bu teknikler, klasik restoratif kavite açımına kıyasla çok daha küçük bir girişim gerektirdiği için hem biyolojik dokuyu korur hem de

restoratif döngünün başlamasını geciktirir (Tasleem et al., 2025). Mikroinvaziv tedavilerin özellikle mine yüzeyi veya yüzeye yakın bölgelerde etkili olması, çürüğün erken teşhisinin önemini daha da artırmaktadır; çünkü lezyonun ilerlemesine izin verilmeden yapılan bu müdahaleler, restorasyon ihtiyacını ortadan kaldırılabilmektedir.

Mikroinvaziv yaklaşımların en yaygın örneklerinden biri fissür örtücülerdir. Oklüzal yüzey fissürleri, anatomik olarak plağın retansiyonuna son derece uygun olduğu için çürük gelişimine yatkındır. Fissür örtücü uygulamasıyla bu alanlar mekanik olarak izole edilir ve bakteriyel kolonizasyon engellenir. Fissür örtücüler yalnızca çürüğün önlenmesi için değil, başlangıç seviyesindeki oklüzal mine lezyonlarının ilerlemesini durdurmak için de etkili bir müdahaledir. Modern rezin bazlı fissür örtücüler, yüksek akıcılıkları ve adeziv sistemlerle uyumlu yapıları sayesinde oklüzal anatomiye korumakla kalmaz, aynı zamanda lezyonun altındaki mine dokusunun remineralizasyonuna da olanak tanır (AlGhannam et al., 2022). Bu yöntem özellikle çocuk ve ergen hastalarda çürük riskini kontrol altına almak adına kritik öneme sahiptir.

Rezin infiltrasyonu, mikroinvaziv tedavilerin en önemli ve en çağdaş uygulamalarından biridir. Özellikle aproksimal yüzeylerdeki non-kaviteasyon aşamasındaki mine lezyonlarının yönetiminde, klasik restoratif yöntemlere alternatif olarak geliştirilmiş bir tekniktir (Dziaruddin & Zakaria, 2022). Bu yöntemde düşük viskoziteli bir rezin monomer, mine porözitelerinin içine penetrasyon sağlayarak lezyonun ilerlemesini durdurur ve mikrostrüktürel stabilizasyon sağlar. Poröz alanların rezinle doldurulması, difüzyon yoluyla ilerleyen asit-baz reaksiyonunun kesintiye uğramasına neden olur ve böylece çürük süreci biyolojik olarak bloke edilir (Chatzimarkou et al., 2018). Rezin infiltrasyonunun önemli avantajlarından biri, mine dokusunu koruması ve estetik açıdan beyaz nokta lezyonlarının görünürlüğünü belirgin şekilde azaltmasıdır. Bu özellik özellikle

ortodonti sonrası görülen beyaz nokta defektlerinin yönetiminde yöntemi son derece değerli kılmaktadır.

Mikroinvaziv tedavilerin bir diğer bileşeni mikro-preparasyon teknikleridir (Al-Kaff et al., 2025). Bu tekniklerde amaç, yalnızca lezyonun giriş bölgesine minimal bir pencere açarak çürüğe erişimi sağlamaktır. Air abrazyon (aşındırıcı partikül uygulaması), ultra-mikro frezler ve lazer destekli preparasyon yöntemleri bu kapsamda kullanılan araçlardır. Air abrazyon, partiküllerin kontrollü bir jet akımı kullanılarak mine yüzeyini mikro düzeyde aşındırması esasına dayanır ve özellikle mine içindeki küçük çürük girişlerinin açılmasında etkili ve konservatif bir yöntemdir (Leon et al., 2016). Bu yaklaşımın en büyük avantajı, sağlıklı mine dokusunu büyük ölçüde koruması ve hastada lokal anestezi gereksinimini azaltmasıdır. Ultra-ince frezler de benzer şekilde yalnızca çürüğe minimal erişim sağlayarak dentin yüzeyinde mümkün olan en az doku kaybıyla preparasyon yapılmasına olanak tanır.

Sonuç olarak mikroinvaziv tedaviler, minimal invaziv restoratif yaklaşımın biyolojik temellere dayanan en güçlü araçlarından biridir. Bu teknikler yalnızca dokuyu korumakla kalmaz, aynı zamanda restoratif gereksinimi azaltarak hastanın uzun dönem ağız sağlığını olumlu yönde etkiler. Mikroinvaziv tedavilerin başarısı, lezyonun erken dönemde tespit edilmesine, doğru endikasyon koyulmasına ve uygulamanın biyolojik ilkelerle uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlıdır.

Modern Adeziv Sistemlerin Minimal İnvaziv Yaklaşımındaki Rolü

Modern adeziv sistemler, minimal invaziv restoratif diş hekimliğinin gelişmesinde en belirleyici faktörlerden biri olmuştur. Klasik restoratif yaklaşımlarda dayanıklılık ve retansiyon sağlamak için

geniş kavite preparasyonları ve makro-mekanik tutuculuk dizaynları gerekli görülürken, günümüzde adeziv teknolojilerdeki ilerlemeler sayesinde restorasyonların tutuculuğu büyük ölçüde mikromekanik ve kimyasal bağlanmaya dayanmaktadır. Bu dönüşüm, klinisyenin yalnızca çürüğün temizlenmesi ve restorasyona erişimin sağlanması için gerekli minimal düzeyde preparasyon yaparak doğal diş dokusunu korumasına olanak tanımıştır. Bu nedenle modern adeziv sistemlerin başarısı, minimal invaziv yaklaşımın uygulanabilirliğini doğrudan belirlemektedir.

Adeziv sistemlerdeki en önemli yeniliklerden biri self-etch ve universal adezivlerin kullanıma girmesi olmuştur. Self-etch adezivler, smear tabakasını kısmen çözerek dentin yüzeyine entegre eder ve tek aşamada hem demineralizasyonu hem de rezin penetrasyonunu gerçekleştirir (Jäggi et al., 2024). Bu yaklaşım, özellikle derin dentin bölgelerinde asitlemenin pulpa odasına doğru oluşturabileceği hassasiyeti azaltır ve işlem basamaklarının azalması sayesinde operatör bağımlı hataları minimize eder. Universal adezivler ise klinisyene hem total-etch, hem self-etch, hem de selektif mine asitleme protokolünü tek bir üründe kullanma esnekliği sunar (Jäggi et al., 2024). Bu ürünlerin fonksiyonel monomer yapıları—özellikle MDP içeriği—mine ve dentine kimyasal bağlanmayı destekleyerek restorasyonun uzun dönem performansını artırır (Janson et al., 2025).

Minimal invaziv yaklaşım açısından adeziv sistemlerin en büyük katkılarından biri, sağlam mine ve dentin dokusunun korunmasına olanak tanınmasıdır. Mine yüzeyine yapılan selektif asitleme, bağlanma dayanımını artırırken dentinde gereksiz demineralizasyondan kaçınılmasını sağlar (Hanabusa et al., 2012). Böylece restorasyonlar, gereksiz genişletilmiş bir kaviteye ihtiyaç duymadan yüksek bağlanma dayanımlarıyla uzun süre hizmet edebilir. Özellikle modern adezivlerin düşük viskozitesi, dentin

tüplerine ve mine mikro-pörözitelerine derin penetrasyon sağlar; bu da hibrit tabakanın homojenliğini artırarak mikro sızıntıyı azaltır (Paris et al., 2007).

Adezivlerin kimyasal bileşenlerine ilişkin gelişmeler de minimal invaziv yaklaşımı destekleyen bir diğer alandır. MMP (matrix metalloproteinase) enzimlerinin dentin kollajenini zamanla yıkarak bağlanma dayanımını düşürdüğü bilinmektedir (de Moraes et al., 2020). Güncel adeziv sistemler, MMP aktivitesini azaltan fonksiyonel monomerler veya pH düzenleyici bileşenler içerebilir; bu da hibrit tabakanın daha uzun süre stabil kalmasını sağlar (Kiuru et al., 2021). Ayrıca adezivlerin hidrofiliklik özelliklerinin optimize edilmesi, nemli dentin bağlanma tekniklerinin başarı oranını artırmış ve aşırı kurutma veya fazla nem gibi klinik sorunlara karşı toleransı yükseltmiştir (Nishitani et al., 2006).

Modern adezivlerin minimal invaziv tedavi açısından kritik bir diğer katkısı, restorasyon tamiri (repair) uygulamalarına olanak tanımasıdır. Adeziv sistemler sayesinde eski bir kompozit restorasyonun tamamı sökülmeden lokal bir onarım yapılabilir. Bu yaklaşım, restoratif döngüyü kırmanın en etkili yollarından biridir çünkü gereksiz preparasyon yapılmasını engeller, sağlıklı dokuyu korur ve restorasyon sürecindeki biyolojik kayıpları azaltır.

Sonuç olarak modern adeziv sistemler, minimal invaziv restoratif diş hekimliğinin hem teorik hem de pratik temelini oluşturmaktadır. Adeziv teknolojisi geliştikçe kavite tasarımları daha konservatif hâle gelmiş, restorasyonların ömrü uzamış ve tedaviler daha öngörülebilir bir biçimde uygulanabilir olmuştur. Bu nedenle adeziv sistemlerin doğru seçimi ve biyolojik prensiplere uygun şekilde kullanılması, minimal invaziv yaklaşımın klinik başarısının ayrılmaz bir parçasıdır.

Minimal İnvaziv Restoratif Materyaller

Minimal invaziv restoratif yaklaşımın klinik olarak uygulanabilmesi, yalnızca doku koruyucu preparasyon tekniklerine değil, aynı zamanda bu yaklaşımı destekleyen restoratif materyallerin gelişimine de bağlıdır (Aldhalai et al., 2024). Günümüzde restoratif materyaller, biyouyumluluk, adeziv sistemlerle uyum, mekanik dayanıklılık ve düşük polimerizasyon büzülmesi gibi kriterlere göre geliştirilmektedir (Pires et al., 2020). Bu materyallerin özellikleri, kavitenin daha küçük tasarlanabilmesini, mine ve dentin dokusunun korunmasını ve restorasyonun uzun dönem başarısını mümkün kılar. Dolayısıyla modern materyal bilimi, minimal invaziv yaklaşımın ayrılmaz bir bileşeni hâline gelmiştir.

Nano-hibrit ve nano-dolduruculu kompozitler, minimal invaziv restoratif uygulamalarda en sık tercih edilen materyal grubudur. Nanoteknoloji sayesinde kompozitlerin partikül boyutları küçülmüş, bu da daha iyi cilalanabilirlik, yüksek estetik performans ve gelişmiş mekanik özellikler sağlamıştır (Bastos et al., 2021). Nano-hibrit kompozitlerin özellikle posterior bölgelerde kullanılabilir olması, küçük preparasyonlarla bile yüksek dayanıklılık elde edilmesine olanak tanır (Maran et al., 2020). Bu materyallerin filler içeriğinin dağılımı ve yoğunluğu, polimerizasyon büzülmesini azaltarak marjinal sızıntı riskini düşürmekte ve restorasyonun uzun süre stabil kalmasını sağlamaktadır (Mandhalkar et al., 2023). Minimal invaziv yaklaşım açısından bu özellikler kritiktir çünkü küçük kavite hacimlerinde bile erken başarısızlık riski azaltılmış olur.

Bulk-fill kompozitler de minimal invaziv uygulamalarda önemli bir yer tutmaktadır. Geleneksel kompozitlerde tabakalama zorunlu iken, bulk-fill materyaller 4–5 mm'lik kalınlıkta tek seferde yerleştirilebilmekte ve adeziv yüzeyle yeterli polimerizasyon

derinliği sağlayabilmektedir (Par et al., 2015). Bu durum özellikle erişimi sınırlı olan küçük preparasyonlarda klinik kolaylık sağlar ve işlem süresini kısaltır. Bulk-fill kompozitlerin düşük elastik modülü, polimerizasyon stresini azaltarak dentin duvarlarına iletilen gerilimi düşürür; bu da minimal kavite tasarımlarında bağlanma başarısını artırır (Hirata et al., 2015). Böylece hem konservatif preparasyon yapılabilir hem de restorasyonun uzun ömürlü olması sağlanır.

Cam iyonomer simanlar ve rezin modifiye cam iyonomer materyaller de minimal invaziv restoratif tedavinin önemli bir parçasıdır. Bu materyallerin florür salınımı, asit nötralizasyonu ve biyouyumluluğu, özellikle yüksek çürük riskine sahip hastalarda büyük avantaj sağlar (Sidhu & Nicholson, 2016). Cam iyonomerler dentine kimyasal olarak bağlanabilmeleri sayesinde ekstra retansiyon gereksinimini ortadan kaldırır ve bu da daha küçük preparasyonlara olanak tanır (Davidson, 2006). Resin modifiye cam iyonomerler ise klasik cam iyonomerlerin florür salınımı avantajını korurken, resin içerikleri sayesinde daha yüksek erken dayanıklılık ve daha iyi estetik sunar. Özellikle servikal lezyonlar veya yüksek riskli bireylerde konservatif restorasyonlar için ideal materyallerdir.

Giomer ve ormocer bazlı kompozitler de minimal invaziv yaklaşımı destekleyen modern materyaller arasında yer almaktadır. Giomerler, cam iyonomer teknolojisiyle resin kompozitlerin avantajlarını birleştirir ve pre-reaktif cam dolgu partikülleri sayesinde florür salınımı ile yeniden florür yükleme kapasitesine sahiptir (Tyagi et al., 2025). Bu özellik, özellikle başlangıç lezyonlarının ilerlemesini önlemede biyolojik avantaj sağlar. Ormocer yapılar ise organik-inorganik hibrit bir matrise sahip oldukları için düşük büzölme oranı ve yüksek biyostabilite sunarlar. Bu materyallerin kimyasal yapıları, polimerizasyon sırasında oluşan iç gerilmeyi azaltarak minimal kavite tasarımlarında marjinal stabiliteyi artırır.

Son olarak, adeziv sistemlerle entegre çalışabilen biyouyumlu materyallerin gelişmesi minimal invaziv yaklaşımın geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Biyomimetik materyallerin diş dokusuna benzer mekanik davranış göstermesi, restoratif uygulamaların daha öngörülebilir hale gelmesine katkı sağlar. Ayrıca “akıllı” materyaller olarak adlandırılan, pH değışimlerine bağlı olarak iyon salabilen veya antibakteriyel özellik gösterebilen yeni nesil doldurucular üzerinde yapılan araştırmalar, ilerleyen yıllarda minimal invaziv tedavilerin daha etkili ve biyolojik olarak uyumlu hale geleceğini işaret etmektedir.

Tüm bu materyal grupları değeriendirildiğinde, modern restoratif materyal bilimi minimal invaziv tedavinin yalnızca bir destek unsuru değil, aynı zamanda bu yaklaşımın uygulanabilirliğini belirleyen merkezi bir bileşendir. Materyallerin gelişmesi, daha küçük kavite tasarımlarını mümkün kılmış ve doku korunumu ilkeleriyle tam uyumlu tedavilerin uygulanmasına imkân sağlamıştır.

Dijital Destekli Minimal İnvaziv Restoratif Tedaviler

Dijital teknolojilerin diş hekimliğine entegrasyonu, minimal invaziv restoratif tedavi yaklaşımının hem tanısal hem de terapötik boyutunu önemli ölçüde dönüştürmüştür. Dijital sistemler yalnızca daha hassas teşhis olanakları sunmakla kalmaz, aynı zamanda konservatif preparasyonların planlanmasına, tedavi kararlarının doğrulanmasına ve restorasyonların daha öngörülebilir biçimde uygulanmasına katkı sağlar (Eggmann & Blatz, 2024). Bu nedenle dijital destekli uygulamalar minimal invaziv yaklaşımın doğal bir uzantısı haline gelmiştir; çünkü hem gereksiz restoratif müdahalelerin önüne geçilmesini hem de yapılan restorasyonların mümkün olan en az doku kaybıyla gerçekleştirilmesini sağlar.

Dijital intraoral tarayıcılar, minimal invaziv yaklaşım açısından devrim niteliğindedir. Klasik ölçü yöntemlerinde var olan distorsiyon ve detay kaybı, tarayıcıların yüksek çözünürlüklü üç boyutlu görüntüleme kapasitesi sayesinde büyük ölçüde ortadan kalkmıştır (Nedelcu et al., 2018). Bu cihazlar, yüzeydeki mine defektlerini, çatlakları, erken aşamadaki aşınmaları ve renk değişikliklerini detaylı biçimde gösterebilir (Kumar et al., 2019). Ayrıca tarayıcıların zaman içinde tekrarlanan kayıtları karşılaştırma imkânı, çürük lezyonlarının progresyon hızını değerlendirmeyi kolaylaştırarak gereksiz restoratif müdahalelerin önüne geçer. Böylece tedavi kararları yalnızca tek bir klinik muayeneye değil, dijital olarak belgelenmiş değişim analizine dayanır.

Dijital görüntüleme sistemlerinin minimal invaziv tedaviyi destekleyen bir diğer yönü, hastanın risk profilinin uzun vadeli takibini kolaylaştırmasıdır. Dijital radyografi, QLF fotoğrafları, intraoral taramalar ve oklüzyon kayıtları tek bir platformda depolanarak hastanın ağız sağlığındaki değişimlerin hassas bir şekilde izlenmesine olanak tanır. Bu sayede tedavi süreci salt klinik gözleme dayanmaktan çıkar; objektif, karşılaştırılabilir ve belgelenebilir bir veri temeline oturur. Bu durum hem non-restoratif hem de mikroinvaziv tedavilerin etkinliğinin değerlendirilmesini sağlar.

Dijital sistemler aynı zamanda hasta iletişimini güçlendirerek minimal invaziv yaklaşımın başarısına dolaylı olarak katkıda bulunur. Lezyonların progresyonunu gösteren karşılaştırmalı dijital görüntüler, hastanın tedaviye uyumunu artırır ve davranış değişikliklerine yönelik motivasyonu güçlendirir. Özellikle CAMBRA protokolünün uygulanmasında, dijital verilerin görsel olarak sunulabilmesi büyük avantaj sağlar.

Sonuç olarak dijital teknolojiler, minimal invaziv restoratif tedavilerin daha öngörülebilir, daha hassas ve daha biyolojik temelli şekilde uygulanmasını mümkün kılmıştır. Dijital tarama, oklüzyon analizi, üç boyutlu tasarım ve üretim teknolojileri ile klinik takip sistemleri bir araya geldiğinde, tedavi süreci yalnızca daha konservatif hâle gelmekle kalmaz; aynı zamanda kişiselleştirilmiş, ölçülebilir ve uzun dönem başarıya odaklanan bir yapıya kavuşur. Bu nedenle dijital uygulamalar, günümüz minimal invaziv tedavi yaklaşımlarının temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Minimal İnvaziv Yaklaşımların Avantajları ve Sınırlamaları

Minimal invaziv restoratif diş hekimliği, çağdaş klinik uygulamaların temel yönelimlerinden biri haline gelmiş olsa da, bu yaklaşımın avantajları kadar bazı sınırlılıkları da mevcuttur. Bu bölüm, minimal invaziv modelin biyolojik, klinik ve hasta odaklı kazanımlarını değerlendirmekle birlikte, uygulamanın etkinliğini etkileyebilecek potansiyel kısıtları da ele alarak bütüncül bir bakış açısı sunmaktadır. Böylece minimal invaziv yaklaşımın güçlü ve zayıf yönleri, klinisyenlerin tedavi planlamasında daha bilinçli ve eleştirel bir tutum geliştirmesine olanak tanır.

Minimal invaziv yaklaşımın en önemli avantajı doğal diş dokusunun korunmasını mümkün kılmasıdır. Mine ve dentinin korunması yalnızca restorasyon ömrünü uzatmakla kalmaz; aynı zamanda dişin biyomekanik dayanıklılığını artırır ve ileri dönemlerde yapılması olası daha kapsamlı tedavilerin gerekliliğini azaltır. Doğal dokunun korunması, restoratif döngünün başlamasını geciktirir ve restorasyon sayısının artmasına bağlı biyolojik kayıpların önüne geçer. Bu anlamda minimal invaziv yaklaşım, yalnızca kısa vadeli bir tedavi tekniği değil, uzun vadeli ağız sağlığını güvence altına alan sürdürülebilir bir modeldir.

Bu yaklaşımın bir diğer belirgin avantajı, biyolojik onarım süreçlerinin desteklenmesine olanak tanınmasıdır. Non-invaziv ve mikroinvaziv tedavilerin temelinde yer alan remineralizan ajanlar, çürük sürecini biyolojik olarak kontrol altına almayı hedefler. Bu durum restoratif müdahale ihtiyacını azaltır ve hastanın doğal iyileşme kapasitesini kullanarak daha fizyolojik bir tedavi ortamı sağlar. Ayrıca selektif çürük uzaklaştırma tekniklerinin yaygınlaşması ile pulpa ekspozu riski belirgin biçimde azalmış; endodontik tedavilerin sıklığı düşmüştür. Pulpanın vitalitesinin korunması, dişin uzun dönem prognozu için kritik bir faktördür ve minimal invaziv yaklaşım bu hususta önemli avantaj sağlar.

Hasta açısından değerlendirildiğinde minimal invaziv tedaviler daha az ağrı, daha kısa seans süreleri, daha az anestezi gereksinimi ve daha yüksek konfor sunar. Bu özellikler özellikle dental anksiyete yaşayan bireylerde tedavi uyumunu artırır. Çocuk ve yaşlı hastalarda minimal invaziv tekniklerin uygulanabilirliği, tedavi sürecini hem klinisyen hem de hasta açısından kolaylaştırır. Ayrıca dijital teknolojilerin entegrasyonu sayesinde tedavinin izlenebilirliği ve kişiselleştirilmiş planlama kabiliyeti artmıştır; bu da hasta motivasyonunu güçlendirir.

Buna karşın minimal invaziv yaklaşımın bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle bu yaklaşım, çürüğün erken teşhisini gerektirir. Geç dönemde fark edilen lezyonlar, özellikle dentinde derin ilerleme göstermişse, minimal invaziv protokollerle yönetilemeyebilir. Bu nedenle klinisyenin tanısal becerisi, doğru araçları kullanması ve hastanın düzenli kontrollerini aksatmaması önemlidir. Erken teşhis imkânı olmayan hastalarda minimal invaziv yaklaşımın etkinliği sınırlanabilir.

Bir diğer sınırlılık, minimal invaziv tedavilerin hasta uyumuna yüksek derecede bağımlı olmasıdır. Non-restoratif stratejiler, düzenli ağız hijyeni, diyet kontrolü ve belirli ajanların sürekli kullanımını

gerektirir. Hastanın motivasyonu düşük olduğunda veya risk faktörleri kontrol altına alınamadığında minimal invaziv tedavilerin etkinliği azalır. Dolayısıyla bu yaklaşımın başarısı yalnızca klinisyen uygulamasına değil, hastanın davranışsal değişim kapasitesine de bağlıdır.

Ayrıca bazı mikroinvaziv yöntemlerin teknik hassasiyeti yüksektir. Reçine infiltrasyonu, minimal preparasyon ve adeziv uygulamaların başarıya ulaşması için doğru izolasyon, uygun yüzey hazırlığı ve materyalin kontrollü uygulanması gereklidir. Operatör hatası, bu tedavilerin etkinliğini olumsuz etkileyebilir. Dijital teknolojilerin kullanımı da belirli bir öğrenme eğrisi gerektirir ve bu teknolojilerin maliyetleri bazı klinisyenler için uygulama zorluğu yaratabilir.

Son olarak minimal invaziv yaklaşımın sınırlılıklarından biri, her lezyonun bu protokole uygun olmamasıdır. Geniş kavitasyon göstermiş, dentin kaybı ilerlemiş veya fonksiyonel dayanıklılığı tehlikeye atan defektlerde restoratif müdahale kaçınılmazdır. Bu durum, minimal invaziv yaklaşımın her zaman uygulanabilir olmadığı anlamına gelmez; ancak doğru endikasyon kriterlerinin belirlenmesi gerektiğini vurgular.

Özetle minimal invaziv yaklaşım, modern restoratif diş hekimliğinin bilimsel ve klinik açıdan en rasyonel modellerinden biri olsa da, her tedavi seçeneğinde olduğu gibi belirli sınırlamalara sahiptir. Bu yaklaşımın avantajları doğru şartlarda etkileyici sonuçlar verirken, sınırlılıkları klinisyenin karar sürecinde dikkatle değerlendirilmelidir. Böylece minimal invaziv uygulamalar hem etkili hem de güvenilir biçimde uygulanarak uzun dönem ağız sağlığı sürdürülebilir hale getirilebilir.

SONUÇ

Minimal invaziv restoratif diş hekimliği, modern klinik uygulamaların merkezinde yer alan biyolojik temelli bir tedavi

yaklaşımı olarak, yalnızca çürük yönetimine değil, aynı zamanda ağız sağlığının uzun dönem sürdürülebilirliğine yönelik kapsamlı bir paradigma sunmaktadır. Bu yaklaşım, restoratif işlemleri hastalığın doğal seyri gerektirdiğinde ve biyolojik açıdan zorunlu olduğunda uygulamayı, bunun dışında ise çürüğün ilerlemesini durdurmaya veya geri döndürmeye yönelik non-invaziv ve mikroinvaziv yöntemlere öncelik vermeyi esas alır. Çürüğün bir doku hasarı değil, dinamik bir biyolojik süreç olduğunun anlaşılması, tedavi planlamasının odağını restorasyon yerine biyolojik iyileşme kapasitesine kaydırmıştır. Bu durum, gereksiz preparasyonların önüne geçilmesini, doğal diş dokusunun maksimum düzeyde korunmasını ve restoratif döngünün mümkün olduğunca geciktirilmesini sağlamaktadır.

Modern adeziv sistemler, gelişmiş restoratif materyaller, dijital tanı ve tasarım teknolojileri ile CAMBRA gibi risk temelli modeller minimal invaziv yaklaşımın hem teorik hem de pratik temellerini sağlamlaştırmıştır. Bu unsurlar, minimal preparasyonla bile yüksek mekanik dayanım ve uzun ömürlü restorasyonlar elde edilmesini, aynı zamanda çürüğün non-restoratif yöntemlerle kontrol altına alınmasını mümkün kılmıştır. Reçine infiltrasyonu, fissür örtücüler, selektif çürük uzaklaştırma ve biyomimetik remineralizan ajanlar gibi yöntemler, günümüzde invaziv restorasyonlara gerçek alternatifler sunmaktadır. Böylece tedavi yalnızca bir defektin giderilmesi değil, ağız ekosisteminin yeniden dengelenmesi ve hastanın bireysel risk faktörlerinin yönetilmesi sürecine dönüşmektedir.

Minimal invaziv yaklaşımın başarısının önemli bir bileşeni, tedavinin kişiselleştirilmiş bir biçimde planlanmasıdır. Hastanın çürük risk profili, biyolojik özellikleri, davranışsal alışkanlıkları ve motivasyon düzeyi tedavi kararlarını doğrudan etkiler. Bu nedenle minimal invaziv tedavi, klinisyen ile hasta arasındaki iş birliğine dayanan sürekli bir süreçtir. Hastanın tedaviye aktif katılımı, ağız

hijyeni davranışlarını iyileştirmesi ve önerilen protokollere düzenli olarak uyması tedavinin uzun dönem başarısında belirleyici rol oynar.

Tüm bu yönleriyle minimal invaziv restoratif diş hekimliği, hem bireysel tedavi kalitesini yükseltmekte hem de toplum düzeyinde ağız sağlığı iyileşmesine katkı sunmaktadır. Gelecekte biyomimetik materyaller, rejeneratif teknolojiler, yapay zekâ destekli risk analizleri ve dijital klinik takip sistemlerinin gelişmesi bu yaklaşımı daha da güçlendirecek; restoratif tedavilerin kapsamı daha da daralırken biyolojik tedavi modelleri genişleyecektir. Bu çerçevede minimal invaziv yaklaşım, restoratif diş hekimliğinin yalnızca bugününe değil, geleceğine de yön veren, bilimsel temeli güçlü ve klinik olarak sürdürülebilir bir tedavi anlayışı olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Al-Kaff, A. A., Alshehri, A. Z., Alasmari, R. A., Alsubaie, N., Aldaws, A., Althaqeel, A., Alshehri, R. S., & Alawaji, Y. M. (2025). Minimally Invasive Techniques for Managing Dental Caries in Children: Efficacy, Applications, and Future Directions. *Cureus*, 17(7), e87450. <https://doi.org/10.7759/cureus.87450>
- Aldhalai, M., Almansour, H. H., Alyami, S. A. H., alsagri, M. m. M., Al-Thibah, I. A. A., Alnasaib, Y. J., & AlYami, M. M. A. (2024). Advancements in Restorative Dentistry: A Systematic Review of Techniques and Materials. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), 889-898. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.4780>
- AlGhannam, M. I., AlAbbas, M. a. S., AlJishi, J. A., AlRuwaili, M. A., AlHumaid, J., & Ibrahim, M. S. (2022). Remineralizing Effects of Resin-Based Dental Sealants: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Polymers*, 14(4), 779. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/4/779>
- Ástvaldsdóttir, Á., Áhlund, K., Holbrook, W. P., de Verdier, B., & Tranæus, S. (2012). Approximal Caries Detection by DIFOTI: In Vitro Comparison of Diagnostic Accuracy/Efficacy with Film and Digital Radiography. *International Journal of Dentistry*, 2012(1), 326401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2012/326401>
- Atteya, S. M., Amer, H. A., Saleh, S. M., & Safwat, Y. (2023). Self-assembling peptide and nano-silver fluoride in remineralizing early enamel carious lesions: randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*, 23(1), 577. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03269-4>
- Balhaddad, A. A., Alharamlah, F., Albrahim, H. F., Ahmad, S., Melo, M. A. S., Mokeem, L., & Gad, M. M. (2025). Assessing diagnostic accuracy and monitoring of caries progression using optical coherence tomography (OCT): A systematic review. *Journal of Dentistry*, 155, 105628. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105628>
- Banerjee, A., Splieth, C., Breschi, L., Fontana, M., Paris, S., Burrow, M., Crombie, F., Foster Page, L., Gatón-Hernández, P.,

- Giacaman, R. A., Gugnani, N., Hickel, R., A. Jordan, R., Leal, S., Lo, E., Tassery, H., Thomson, W. M., Manton, D. J., & Schwendicke, F. (2020). When to intervene in the caries process? A Delphi consensus statement. *British Dental Journal*, 229(7), 474-482. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-2220-4>
- Barrera-Ortega, C. C., Rodil, S. E., Silva-Bermudez, P., Delgado-Cardona, A., Almaguer-Flores, A., & Prado-Prone, G. (2025). Fluoride Casein Phosphopeptide and Tri-Calcium Phosphate Treatments for Enamel Remineralization: Effects on Surface Properties and Biofilm Resistance. *Dentistry Journal*, 13(6), 246. <https://www.mdpi.com/2304-6767/13/6/246>
- Bastos, N. A., Bitencourt, S. B., Martins, E. A., & De Souza, G. M. (2021). Review of nano-technology applications in resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(4), 567-582. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.12699>
- Bjørndal, L., Reit, C., Bruun, G., Markvart, M., Kjældgaard, M., Näsman, P., Thordrup, M., Dige, I., Nyvad, B., Fransson, H., Lager, A., Ericson, D., Petersson, K., Olsson, J., Santimano, E. M., Wennström, A., Winkel, P., & Gluud, C. (2010). Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *European Journal of Oral Sciences*, 118(3), 290-297. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2010.00731.x>
- Brkanović, S., Sever, E. K., Vukelja, J., Ivica, A., Miletić, I., & Krmek, S. J. (2023). Comparison of Different Universal Adhesive Systems on Dentin Bond Strength. *Materials*, 16(4), 1530. <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/4/1530>
- Cabalén, M. B., Molina, G. F., Bono, A., & Burrow, M. F. (2022). Nonrestorative Caries Treatment: A Systematic Review Update. *International dental journal*, 72(6), 746-764. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.06.022>
- Cardoso, M., de Almeida Neves, A., Mine, A., Coutinho, E., Van Landuyt, K., De Munck, J., & Van Meerbeek, B. (2011).

- Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian Dental Journal*, 56(s1), 31-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x>
- Chatzidimitriou, K., Theodorou, K., Seremidi, K., Kloukos, D., Gizani, S., & Papaioannou, W. (2025). The role of hydroxyapatite-based, fluoride-free toothpastes on the prevention and the remineralization of initial caries lesions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 156, 105691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105691>
- Chatzimarkou, S., Koletsi, D., & Kavvadia, K. (2018). The effect of resin infiltration on proximal caries lesions in primary and permanent teeth. A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Journal of Dentistry*, 77, 8-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.08.004>
- Davidson, C. L. (2006). Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*, 14.
- de Magalhães, A. A., & Santos, A. T. (2025). Advancements in Diagnostic Methods and Imaging Technologies in Dentistry: A Literature Review of Emerging Approaches. *Journal of Clinical Medicine*, 14(4), 1277. <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/4/1277>
- de Moraes, I. Q. S., do Nascimento, T. G., da Silva, A. T., de Lira, L. M. S. S., Parolia, A., & Porto, I. C. C. d. M. (2020). Inhibition of matrix metalloproteinases: a troubleshooting for dentin adhesion. *Restor Dent Endod*, 45(3), e31. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e31>
- Doméjean, S., Banerjee, A., & Featherstone, J. D. B. (2017). Caries risk/susceptibility assessment: its value in minimum intervention oral healthcare. *British Dental Journal*, 223(3), 191-197. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.665>
- Dziaruddin, N., & Zakaria, A. S. I. (2022). Resin Infiltration of Non-Cavitated Enamel Lesions in Paediatric Dentistry: A Narrative Review. *Children*, 9(12), 1893. <https://www.mdpi.com/2227-9067/9/12/1893>

- Eggmann, F., & Blatz, M. B. (2024). Recent Advances in Intraoral Scanners. *Journal of Dental Research*, 103(13), 1349-1357. <https://doi.org/10.1177/00220345241271937>
- El Gezawi, M., Wölflle, U. C., Haridy, R., Fliefel, R., & Kaisarly, D. (2019). Remineralization, Regeneration, and Repair of Natural Tooth Structure: Influences on the Future of Restorative Dentistry Practice. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 5(10), 4899-4919. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.9b00591>
- Featherstone, J. D. B., & Chaffee, B. W. (2018). The Evidence for Caries Management by Risk Assessment (CAMBRA®). *Advances in Dental Research*, 29(1), 9-14. <https://doi.org/10.1177/0022034517736500>
- Featherstone, J. D. B., Crystal, Y. O., Alston, P., Chaffee, B. W., Doméjean, S., Rechmann, P., Zhan, L., & Ramos-Gomez, F. (2021). Evidence-Based Caries Management for All Ages-Practical Guidelines [Review]. *Frontiers in Oral Health, Volume 2 - 2021*. <https://doi.org/10.3389/froh.2021.657518>
- Featherstone, J. D. B., & Doméjean, S. (2012). Minimal intervention dentistry: part 1. From 'compulsive' restorative dentistry to rational therapeutic strategies. *British Dental Journal*, 213(9), 441-445. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.1007>
- Figundio, N., Lopes, P., Tedesco, T. K., Fernandes, J. C. H., Fernandes, G. V. O., & Mello-Moura, A. C. V. (2023). Deep Carious Lesions Management with Stepwise, Selective, or Non-Selective Removal in Permanent Dentition: A Systematic Review of Randomized Clinical Trials. *Healthcare*, 11(16), 2338. <https://www.mdpi.com/2227-9032/11/16/2338>
- Frencken, J. E., Peters, M. C., Manton, D. J., Leal, S. C., Gordan, V. V., & Eden, E. (2012). Minimal intervention dentistry for managing dental caries – a review: Report of a FDI task group*. *International dental journal*, 62(5), 223-243. <https://doi.org/10.1111/idj.12007>
- Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine.

- Journal of Dentistry*, 40(6), 475-484.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.012>
- Hayashi, M., Momoi, Y., Fujitani, M., Fukushima, M., Imazato, S., Kitasako, Y., Kubo, S., Nakashima, S., Nikaido, T., Shimizu, A., Sugai, K., Takahashi, R., Unemori, M., & Yamaki, C. (2020). Evidence-based consensus for treating incipient enamel caries in adults by non-invasive methods: recommendations by GRADE guideline. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 155-163.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.09.005>
- Hirata, R., Kabbach, W., de Andrade, O. S., Bonfante, E. A., Giannini, M., & Coelho, P. G. (2015). Bulk Fill Composites: An Anatomic Sculpting Technique. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 335-343.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.12159>
- Jäggi, M., Karlin, S., Zitzmann, N. U., & Rohr, N. (2024). Shear bond strength of universal adhesives to human enamel and dentin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 36(5), 804-812. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.13204>
- Janson, M., Sun, L., Liebermann, A., & Schoppmeier, C. M. (2025). Impact of Immediate Dentin Sealing With Various Universal Adhesives on Shear Bond Strength of Dual-Cure Resin Cement. *Clinical and Experimental Dental Research*, 11(4), e70186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cre2.70186>
- Kiuru, O., Sinervo, J., Vähäniikkilä, H., Anttonen, V., & Tjäderhane, L. (2021). MMP Inhibitors and Dentin Bonding: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Dentistry*, 2021(1), 9949699.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/9949699>
- Kumar, S., Keeling, A., Osnes, C., Bartlett, D., & O'Toole, S. (2019). The sensitivity of digital intraoral scanners at measuring early erosive wear. *Journal of Dentistry*, 81, 39-42.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.12.005>
- Laitala, M.-L., Piipari, L., Sämpi, N., Korhonen, M., Pesonen, P., Joensuu, T., & Anttonen, V. (2017). Validity of Digital Imaging of Fiber-Optic Transillumination in Caries Detection on Proximal Tooth Surfaces. *International Journal*

- of *Dentistry*, 2017(1), 8289636.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/8289636>
- Leon, A., Ungureanu, L., & Pușcașu, C. (2016). Air Abrasion: Interdisciplinary Modern Technologies— Approach to Minimally Invasive Treatment of Dental Caries. In V. Pomazan (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Interdisciplinary Studies (ICIS 2016) - Interdisciplinarity and Creativity in the Knowledge Society*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/65419>
- Lim, Z. E., Duncan, H. F., Moorthy, A., & McReynolds, D. (2023). Minimally invasive selective caries removal: a clinical guide. *British Dental Journal*, 234(4), 233-240.
<https://doi.org/10.1038/s41415-023-5515-4>
- Maheswari, S. U., Raja, J., Kumar, A., & Seelan, R. G. (2015). Caries management by risk assessment: A review on current strategies for caries prevention and management. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(Suppl 2), S320-S324.
<https://doi.org/10.4103/0975-7406.163436>
- Mandhalkar, R., Paul, P., & Reche, A. (2023). Application of Nanomaterials in Restorative Dentistry. *Cureus*, 15(1), e33779. <https://doi.org/10.7759/cureus.33779>
- Mannocci, F., Bitter, K., Sauro, S., Ferrari, P., Austin, R., & Bhuva, B. (2022). Present status and future directions: The restoration of root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 1059-1084.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/iej.13796>
- Maran, B. M., de Geus, J. L., Gutiérrez, M. F., Heintze, S., Tardem, C., Barceleiro, M. O., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2020). Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composite in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 99, 103407.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103407>
- Marvaniya, J., Agarwal, K., Mehta, D. N., Parmar, N., Shyamal, R., & Patel, J. (2022). Minimal Invasive Endodontics: A Comprehensive Narrative Review. *Cureus*, 14(6), e25984.
<https://doi.org/10.7759/cureus.25984>

- Molyneux, L. E., & Banerjee, A. (2024). Minimum intervention oral care: staging and grading dental carious lesions in clinical practice. *British Dental Journal*, 237(6), 457-463. <https://doi.org/10.1038/s41415-024-7843-4>
- Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., Rydén, J., & Thor, A. (2018). Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *Journal of Dentistry*, 69, 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.ident.2017.12.006>
- Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Donnelly, A. M., Agee, K. A., Sword, J., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2006). Effects of Resin Hydrophilicity on Dentin Bond Strength. *Journal of Dental Research*, 85(11), 1016-1021. <https://doi.org/10.1177/154405910608501108>
- O'Hagan-Wong, K., Enax, J., Meyer, F., & Ganss, B. (2022). The use of hydroxyapatite toothpaste to prevent dental caries. *Odontology*, 110(2), 223-230. <https://doi.org/10.1007/s10266-021-00675-4>
- Par, M., Gamulin, O., Marovic, D., Klaric, E., & Tarle, Z. (2015). Raman Spectroscopic Assessment of Degree of Conversion of Bulk-Fill Resin Composites – Changes at 24 Hours Post Cure. *Operative Dentistry*, 40(3), E92-E101. <https://doi.org/10.2341/14-091-1>
- Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Ouml, Lfen, H., & Kielbassa, A. M. (2007). Resin Infiltration of Artificial Enamel Caries Lesions with Experimental Light Curing Resins. *Dental Materials Journal*, 26(4), 582-588. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.582>
- Park, T.-Y., Choi, H.-S., Ku, H.-W., Kim, H.-S., Lee, Y.-J., & Min, J.-B. (2016). Application of quantitative light-induced fluorescence to determine the depth of demineralization of dental fluorosis in enamel microabrasion: a case report. *Restor Dent Endod*, 41(3), 225-230. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.3.225>
- Pires, P. M., Neves, A. d. A., Makeeva, I. M., Schwendicke, F., Faus-Matoses, V., Yoshihara, K., Banerjee, A., & Sauro, S. (2020). Contemporary restorative ion-releasing materials: current status, interfacial properties and operative approaches.

- British Dental Journal*, 229(7), 450-458.
<https://doi.org/10.1038/s41415-020-2169-3>
- Pretty, I. A. (2006). Caries detection and diagnosis: Novel technologies. *Journal of Dentistry*, 34(10), 727-739.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.06.001>
- Schwendicke, F., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., Van Landuyt, K., Banerjee, A., Campus, G., Doméjean, S., Fontana, M., Leal, S., Lo, E., Machiulskiene, V., Schulte, A., Splieth, C., Zandona, A. F., & Innes, N. P. T. (2016). Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Advances in Dental Research*, 28(2), 58-67.
<https://doi.org/10.1177/0022034516639271>
- Schwendicke, F., Splieth, C. H., Bottenberg, P., Breschi, L., Campus, G., Doméjean, S., Ekstrand, K., Giacaman, R. A., Haak, R., Hannig, M., Hickel, R., Juric, H., Lussi, A., Machiulskiene, V., Manton, D., Jablonski-Momeni, A., Opdam, N., Paris, S., Santamaria, R.,...Banerjee, A. (2020). How to intervene in the caries process in adults: proximal and secondary caries? An EFCD-ORCA-DGZ expert Delphi consensus statement. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3315-3321.
<https://doi.org/10.1007/s00784-020-03431-0>
- Sidhu, S. K., & Nicholson, J. W. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16. <https://www.mdpi.com/2079-4983/7/3/16>
- Slayton, R. L., Urquhart, O., Araujo, M. W. B., Fontana, M., Guzmán-Armstrong, S., Nascimento, M. M., Nový, B. B., Tinanoff, N., Weyant, R. J., Wolff, M. S., Young, D. A., Zero, D. T., Tampi, M. P., Pilcher, L., Banfield, L., & Carrasco-Labra, A. (2018). Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions: A report from the American Dental Association. *The Journal of the American Dental Association*, 149(10), 837-849.e819.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adaj.2018.07.002>
- Stookey, G. K. (2005). Quantitative Light Fluorescence: A Technology for Early Monitoring of the Caries Process.

- Dental Clinics of North America*, 49(4), 753-770.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cden.2005.05.009>
- Tasleem, R., Alqahtani, S. A., Abogazalah, N., Almubarak, H., Riaz, A., Ali, S. S., & Allana, Z. (2025). Microinvasive interventions in the management of proximal caries lesions in primary and permanent teeth- systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 25(1), 48.
<https://doi.org/10.1186/s12903-024-05400-5>
- TERRY, D. A., & GELLER, W. (2004). Selection Defines Design. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(4), 213-225.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2004.tb00038.x>
- Tyagi, G., Jain, S., Deshwal, S., Singh, S., Poonia, N., & Sharma, S. (2025). Comparative study of dentin remineralization with Nano-amorphous calcium phosphate-modified bioactive restoratives. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 15(4), 684-690.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2025.04.009>
- Urquhart, O., Tampi, M. P., Pilcher, L., Slayton, R. L., Araujo, M. W. B., Fontana, M., Guzmán-Armstrong, S., Nascimento, M. M., Nový, B. B., Tinanoff, N., Weyant, R. J., Wolff, M. S., Young, D. A., Zero, D. T., Brignardello-Petersen, R., Banfield, L., Parikh, A., Joshi, G., & Carrasco-Labra, A. (2019). Nonrestorative Treatments for Caries: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 98(1), 14-26.
<https://doi.org/10.1177/0022034518800014>
- Warreth, A. (2023). Dental Caries and Its Management. *International Journal of Dentistry*, 2023(1), 9365845.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2023/9365845>
- Zhao, I. S., Gao, S. S., Hiraishi, N., Burrow, M. F., Duangthip, D., Mei, M. L., Lo, E. C.-M., & Chu, C.-H. (2018). Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *International dental journal*, 68(2), 67-76.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/idj.12320>

BÖLÜM 2

DIŞ HEKİMLİĞİNDE GÜNCEL FİBER UYGULAMALARI VE KLİNİK İPUÇLARI

Nilgün AKGÜL¹
Beyza DURAN²

Giriş

Diş hekimliği, teknolojik ve bilimsel gelişmelerle birlikte klinik uygulamalarında hızla gelişen, yeniliklere açık bir alandır. Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle kullanılan dental materyaller de gelişmiş ve yenilikçi tedavi yaklaşımları sunmuştur. Bu yenilikçi tedavi yaklaşımlarından biri de fiber takviyeli restorasyonlardır.

Fiberler; uydu ve uzay araçları, otomobil parçaları, deniz taşıtları, roket ve uçak yapımı gibi endüstrinin ileri teknoloji gerektiren çeşitli alanlarında yıllardan beri malzemelerin güçlendirilmesi için kullanılmaktadır. Fiber içeren materyaller; yüksek dayanım, sertlik ve esneklik gibi üstün mekanik niteliklerinin

¹ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid:0000-0002-6732-0485, nakgul@pau.edu.tr

² Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid:0009-0003-6458-2986, bgokceoglu@pau.edu.tr

yanı sıra adezyon ve translusensi özelliklerinin iyi olması nedeniyle diş hekimliğinde de kullanılmaya başlanmıştır (Candan Ümit &Eronat, 2008).

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitlerin Doğuşu

Diş hekimliğinde diş çürüklerinin veya hasarlarının tedavi edilmesinde kullanılan kompozit rezinler; diş sert dokularına güçlü adezyonları, yüksek estetik özellikleri sayesinde doğal diş görünümünü taklit edebilmeleri, minimal invaziv kavite preparasyonuna izin vermeleri nedeniyle restoratif diş hekimliğinin temel ve vazgeçilmez bir tedavi materyali hâline gelmiştir (Ulku &Unlu, 2024).

Adeziv teknolojisinin gelişmesi ve güçlü kompozit materyallerin ortaya çıkmasıyla, molar ve premolar dişlerdeki MOD kaviteler günümüzde rutin olarak direkt kompozit rezinlerle restore edilmektedir (Chai &Lawn, 2017).

Endodontik tedaviler, büyük hacimli amalgam dolgularının değiştirilmesi veya geniş çürük lezyonlarının uzaklaştırılması; dentin duvarlarının incelendiği ve yapısal olarak zayıfladığı geniş kavitelere neden olabilmektedir (Jakab & ark., 2022).

Bu tip geniş kavitelerin restorasyonunda geleneksel kompozit materyallerin kullanımına ilişkin dikkate alınması gereken belirli sınırlamalar bulunmaktadır. Bunlardan biri marjinal adaptasyonun zayıflamasına yol açarak mikrosızıntı oluşumuna ve bunun sonucunda tekrarlayan çürüklerin gelişimine zemin hazırlayan polimerizasyon büzülmesidir (Plotino & ark., 2008).

Geniş kavitelerin restorasyonu ile ilgili bir diğer sorun ise yetersiz kırılma dayanıklılıklarıdır. Modern kompozitler sert ve güçlü malzemelerdir; ancak yük altında çatlakların yayılmasına karşı direnç olan kırılma tokluğundan yoksundurlar (Lassila & ark., 2018).

Kompozit rezinler birçok olumlu özelliğine rağmen streslerin yoğun olduğu bölgelerde aşınmaya karşı dirençlerinin düşük olması sebebiyle mekanik özellikleri ve kullanım endikasyonları sınırlı kalabilmektedir (Brożek,Koczorowski & Dorocka-Bobkowska, 2019).

Bu sınırlanmaların bir sonucu olarak, geleneksel kompozit materyallerin posterior bölgede yer alan geniş kapsamlı MOD kaviteler için her zaman uygun bir tedavi seçeneği olmayabileceği belirtilmektedir (Sáry & ark., 2019).

Fiberlerin bu noktadaki temel görevi, kompozit içerisinde kuvvet kırıcı ve dağıtıcı olarak görev yaparak dışarıdan gelen stresleri absorbe etmek ve bu streslerin belirli bir noktada yoğunlaşmasını engelleyerek kompozitin mekanik ve fiziksel özelliklerini arttırmaktır (Scribante & ark., 2018).

Fiberlerin bu özelliklerinden yararlanmak için kompozit rezinlerin içerisine fiber takviye edilmiş ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler üretilmiştir. Bunun yanında kavite içerisine fiber ağ uygulamalarıyla restorasyonlar yapımı da yaygınlaşmıştır.

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitlerin Yapısı ve Özellikleri

Fiberle güçlendirilmiş kompozitler temel olarak geleneksel rezin kompozitlerle benzer yapıya sahiptir ve rezin kompozitler gibi organik matris fazı ve inorganik doldurucu fazdan oluşur. Buna ek olarak, mekanik özellikleri geliştirmek amacıyla organik matrise çeşitli tiplerde ve yönelimlerde yerleştirilen fiberler ilave edilmiştir. Matriks yapının amacı, materyale gelen kuvvetleri en güçlü kısım olan fiberlere aktarmaktır (Candan Ümit & Eronat, 2008).

Fiberlerin kompozit rezinlerdeki rolü; kırık ilerlemesini durdurmak, stres birikimini azaltmak ve mekanik kuvvetlerin doğrudan bir noktaya iletimini önleyerek materyalin yapısal özelliklerini arttırmaktır. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin

yorulma dayanımı oldukça yüksektir; çünkü rezin matris, fiberleri çevreleyerek onların konumunu ve geometrik düzenini sabit hâde tutar. Matris ile fiberler arasındaki bu bağlantı, uygulanan kuvvetlerin kompozit yapısından fiberlere etkin bir biçimde iletilmesine olanak sağlar. Böylece fiberler, meydana gelen gerilmeleri homojen biçimde dağıtarak restorasyonun uzun süre mekanik yükler altında dayanıklılık göstermesine katkıda bulunur (Mortazavian & Fatemi, 2015).

Fiber takviyesi içeren kompozitlerde, materyal içinde bir çatlak meydana geldiğinde fiberler yük aktaran bir köprü görevi görerek çatlak yüzeylerini birbirine yaklaştırır ve ayrılmasını sınırlar. Bu sayede fiberle güçlendirilmiş kompozitler, özellikle yüksek stres alanlarında uzun süre dayanıklılık gösterirler (Quinn & Quinn, 2007).

Fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitlerin polimerizasyon büzülmesinin geleneksel kompozitlerden daha az ve polimerizasyon derinliğinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Garoushi & ark., 2018).

Fiberle güçlendirilmiş kompozit restorasyonlar geleneksel restoratif materyallere göre diş dokusunu daha iyi taklit edebilmekte ve daha güçlü mekanik özellikler sergilemektedir (Rubino & ark., 2020).

Kompozit restorasyonlardaki fiber takviyesi, restorasyonu ve yapısal olarak tehlikeye girmiş diş güçlendirme eğilimindedir (Mangoush & ark., 2021).

Dolayısıyla fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler; üstün mekanik dayanımları, stres dağılımını optimize eden yapısal özellikleri ve restorasyonların uzun dönem klinik başarısını artıran biyomekanik davranışları sayesinde modern dental tedavilerde yüksek performanslı bir materyal grubu olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle yüksek stres alan geniş madde kaybı olan dişlerin restorasyonunda kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Dış hekimliğinde başlıca 4 tip fiber kullanılmaktadır. Bunlar karbon, aramid, polietilen ve cam fiberlerdir.

Karbon Fiber

Karbon fiberler, ince tabakalardan oluşmuş grafitlerin birbiri içerisinde dağılmasıyla meydana gelen materyallerdir (Karaalioglu & Duymuş, 2008).

Bu materyaller yüksek sertlik ve çekme dayanımı gibi üstün mekanik özelliklere sahip olsa da koyu renkli ve opak görünümünden dolayı estetiğin ön planda olduğu vakalarda kullanımı kısıtlıdır (Goracci & Ferrari, 2011).

Aramid Fiber

Aromatik halkalar içeren poliamid zincirlerinden oluşan aramid fiberler; yüksek çekme dayanımı, yüksek elastisite modülü ve termal kararlılığa sahiptirler (Agarwal, Singh & Kumar, 2025). Bununla birlikte hidrofilik özellikte olmaları ve bağlanma için silan gibi ajanlar gerektirmedikleri için aramid fiberlerin uygulama açısından pratik ve kolay materyaller olduğu belirtilmektedir (Baysal & Ayyıldız, 2014). Ancak sarı renge sahip olan bu fiberlerin estetik beklentinin yüksek olduğu durumlarda kullanımı kısıtlıdır (Sharma, Patel & Rao, 2025).

Cam Fiber

Cam fiber, camın yüksek sıcaklıklarda eritilip ince filamentler haline getirilmesiyle elde edilir (Baysal & Ayyıldız, 2014).

Cam fiberler; ısıya ve neme karşı dayanıklı olmaları, yüksek mekanik özellikleri, translusent yapısı sayesinde estetik olmaları, ısısız genleşme katsayılarının kompozit rezine yakın olması, cilalanabilirlik özelliklerinin iyi olması, dentine yüksek bağlanabilme kapasiteleri ve uygun maliyetleri nedeniyle kullanımı

en uygun fiber çeşidi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca cam fiberler, yapı olarak dişlere ve alveol kemiğine benzerlik göstermektedir (Avcılar &Bakır, 2023).

Cam fiberlerin; E-cam, S-cam, C-cam ve M-cam olmak üzere farklı eşitleri vardır. Fiberle ęüçlendirilmiř kompozitlerde kullanılan fiberler çoğunlukla elektriksel cam yani E-cam fiberlerdir (Baysal &Ayyıldız, 2014).

E- Cam fiberlerin, kompozit rezin içerisine ilave edilmesiyle dentin dokusunu taklit edebilen GC firmasının geliştirdiği everX Posterior ve everX Flow kompozitleri üretilmiştir. Bu kompozitler dentin yerine kullanılmakta olup, üzerine mutlaka geleneksel kompozit tabakası uygulanmalıdır (Alshabib,Jurado &Tsujimoto, 2022).

Ever X Posterior kompozit; kısa E-cam lifleri ve baryum cam partiküllerinden oluşur. Bu kısa liflerin, tıpkı dentinin işlevi gibi, çatlak başlamasını ve ilerlemesine karşı direnç gösterdiği gözlenmiştir (Agrawal,Shah &Kapoor, 2022).

Yakın dönemde yapılan bir çalışmada everX Posterior ve everX Flow’un doğal dentine benzer kırılma tokluğu sergilediği ve her iki materyalin de biyomimetik restorasyonlarda dentin yerine kullanılmaya uygun olduğu bildirilmiştir (Kamourieh & ark., 2024).

Biyomimetik restoratif yaklaşımlarda yalnızca dentin ve mine dokuları değil, aynı zamanda mine–dentin birleşim bölgesi (DEJ) de dikkate alınmalıdır. EverX Posterior’un, DEJ’in stres dağıtıcı ve enerji absorbe edici özelliklerini taklit edebildiği klinik olarak gösterilmiştir. (Fráter &Forster, 2019).

Bununla birlikte, materyalin uygulandığı tabakanın kalınlığının klinik performans üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, 2 mm kalınlığında hazırlanan numunelerde everX Flow’un everX Posterior’a kıyasla daha yüksek kırılma tokluğu

gösterdiği; buna karşın 4 mm kalınlıktaki numunelerde her iki materyalin de benzer tokluk değerlerine ulaştığı rapor edilmiştir (Magne,Carvalho &Milani, 2023).

EverX Posterior, SDR ve 3M Filtek kompozitlerin kırılma dirençlerinin değerlendirildiği karşılaştırmalı analizde, en yüksek kırılma direncinin everX Posterior tarafından sağlandığı rapor edilmiştir. Uygulanan basınç yüklemesi altında everX Posterior'un, kırılma dayanımı bakımından doğal diş dokusuna oldukça yakın performans gösterdiği bildirilmiştir (Kamath & ark., 2023).

GC firması tarafından geliştirilen bir diğer cam fiber sistemi olan everStick, epoksi rezin ile öncen emdirilmiş, yaklaşık 4000 adet tek yönlü uzun fiberlerden oluşmaktadır (Khan & ark., 2018).

Bu uzun ve sürekli fiberler, polimerizasyon sonrası yarı-birbirine geçen doğrusal polimer fazlarından oluşan bir ağ yapılanması oluşturur. Bu uzun, sürekli ve tek yönlü fiberlerin anizotropik mekanik özellikler sağladıkları için dişleri güçlendirdikleri bildirilmiştir (Szabó & ark., 2023).

Poliyeten Fiber

Poliyeten fiberler, kompozit rezinlerin eğilme mukavemetini, stres direncini ve elastisite modülünü artırmasının yanında rezin matris içerisinde neredeyse hiç görünmeyerek estetik görünüm sağladıkları için restoratif diş hekimliğinde sık kullanılmaya başlanmıştır (Zotti & ark., 2023).

Poliyeten fiberlerin akışkan kompozit ile birlikte kullanıldığı kompozit restorasyonlarda fiber ve kompozit arasındaki bağlantının arttığı, fiberlerin polimerizasyon büzülmesini azalttığı, böylece marjinal sızıntının daha az olduğu ve çiğneme stresleri için tampon görevi gördüğü bildirilmiştir (Belli & ark., 2001; Lassila & ark., 2018).

Yapısal olarak hasar görmüş dişleri güçlendirmek için leno-dokuma ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) fiberler kullanılmıştır. Bu polietilen fiberler Ribbond adıyla piyasaya sunulmuştur (Ferrando Cascales & ark., 2025).

Ribbond , kurşun geçirmez yeleklerin yapımında kullanılan ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) liflerden ve seramik fiberlerden üretilen bir malzemedir. Ribbond'un başarısının anahtarı, patentli leno örgüsüdür. Kilit dikiş özelliğiyle tasarlanan leno kuvvetleri örgü boyunca etkili bir şekilde aktararak rezine geri stres aktarımı yapmaz (Ganesh & Tandon, 2006).

Ribbond; diş morfolojisine mükemmel uyum sağlayarak mikrosızıntıyı ve polimerizasyon büzülmesini azaltır. Böylece restorasyonun dayanıklı ve uzun ömürlü olmasını sağlar (Hasija & ark., 2020).

Özellikle MOD kaviteli veya endodontik tedavi nedeniyle fazla madde kaybına uğramış dişlerde geriye kalan DEJ' in oranı çok düşüktür; bu yüzden kalan diş yapısının hasar görme olasılığı yüksektir. Bunu önlemek için kavite içerisine Ribbond fiber ağ yerleştirilerek mine-dentin sınırı taklit edilmeye ve dişin kırılma direncini arttırılmaya çalışılmıştır (Deliperi, Alleman & Rudo, 2017).

Daha önce yayınlanan bir çalışmada, Ribbond fiber ile güçlendirilmiş MOD kompozit rezin restorasyonlarının kırılma direnci incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, Ribbond fiberin okluzal istmus bölgesindeki maksimum kavite derinliği 3mm'yi geçmediğinde güçlendirme özelliğini etkili bir şekilde gösterdiği, restorasyonun kırılma direncini arttırıp kalan diş dokusundaki kırık olasılığını azalttığı vurgulanmıştır (Zotti & ark., 2023).

140 adet çekilmiş kanal tedavili 1.molar dişler üzerinde yapılan çalışmada, fiber takviyeli kompozit ile restore edilen dişlerin, sadece klasik kompozit ile restore edilen dişlere göre daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca

everStick ile restore edilen dişlerin, Ribbond kullanılan restorasyonlara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek kırılma direnci sergilediği gözlenmiştir (Khan & ark., 2018).

Genel olarak aşırı kron harabiyeti gösteren 1. Molar dişlerde kaviteye akışkan kompozit ile fiber materyalini yerleştirip üzerine kompozit uygulanmış restorasyonların 18 aylık takibinde genel başarı oranını %97,1 bulunmuştur (Candan U, 2007).

Fiber Yapılı Materyallerin Diş Hekimliğinin Çeşitli Disiplinlerindeki Kullanım Alanları: Periodontal, Protetik, Endodontik ve Ortodontik Yaklaşımlar

Travma ve Periodontal Mobilité Splintleri

Periodontal hastalık sonucunda alveoler kemik desteğinin kaybedilmesiyle veya kaza sonucu oluşan travma nedeniyle dişler mobil hâle gelebilir. Mobil dişlerin sabitlenmesinde çeşitli splintler (paslanmaz çelik splintler, kompozit rezin splintler, yeni nesil splintler) kullanılmaktadır. Yeni nesil splintlere polietilen splintler (Ribbon) ve E-cam splintler (everStick PERIO) örnek verilebilir (Gürses &Öncü, 2019).

Ribbon; yüksek dayanıklılığı, kırılmaya karşı gösterdiği üstün direnç, biyouyumluluğu, klinik olarak kolay uygulanabilir olması ve estetik açıdan tatmin edici görünümü nedeniyle periodontal splintleme için mükemmel bir malzemedir (Koganti & ark., 2012).

EverStick PERIO, cam fiberleri sayesinde rezin materyallere güçlü bağlanabilmesi, estetik ve kolay uygulanabilir olması gibi özelliklerinden dolayı mobilite stabilizasyonu için oldukça uygun bir materyaldir (Strassler &Serio, 2007).

Bu materyalin eğilme direnci döküm krom – kobalt alaşımlarıninkine benzer düzeydedir. Buna karşılık, tamamen rijit değildir; çünkü bu materyallerin elastik modülü dentine oldukça

yakın olup daha esnek bir mekanik davranış sergiler.(Kerr), Ayrıca gerçekleştirilen direkt splintleme uygulamalarının, 4,5 yıla kadar uzanan klinik takip sürecinde %94,8 oranında klinik başarı gösterdiği bildirilmiştir. Splintlenen dişlerde takip döneminde periodontal cep derinliklerinde ve klinik ataçman seviyelerinde anlamlı bir azalma saptanarak periodontal dokular üzerinde olumlu biyolojik etkiler oluşturduğu belirtilmiştir (Kumbuloglu,Saracoglu &Özcan, 2011).

Fiber takviyeli diğer splintlere Dentapreg Splint (S-cam), Angelus Interlig Splint (E-cam) örnek verilebilir. Bu splintler aynı zamanda ortodontik retainer olarak da kullanılabilir (DJ & ark., 2009; Gürses &Öncü, 2019).

Adeziv Köprüler

Fiberle güçlendirilmiş adeziv köprülerin kullanımı günümüzde belirgin bir artış göstermiştir. Yüksek estetik potansiyelleri, yüksek kırılma direnci sağlamaları ve çoğu zaman kapsamlı bir diş preparasyonuna gerek duyulmadan uygulanabilmeleri nedeniyle kullanımı yaygınlaşmaktadır (Yalçın &Nalbant).

Fiber takviyeli adeziv köprüler; travma veya periodontal sebeple diş çekimi durumunda oluşan diş kayıpları ve implant tedavisinde yükleme öncesi geçici restorasyon yapımında kullanılmaktadır (Akgürbüz,Torun &Topçu, 2013).

Fiber takviyeli adeziv köprülerin başarısı uygun vaka seçimine bağlıdır. Parafonksiyonel alışkanlıklar varlığında veya birden fazla diş eksikliğinde bu tedavi yöntemi önerilmemektedir (Durey & ark., 2011)

Fiber takviyeli adeziv köprü yapımında EverStick C&B, Ribbond ve Dentapreg materyalleri önerilebilir.

Endodontik Post - Kor

Son yıllarda döküm veya prefabrike metal postlara alternatif olarak, endodontik olarak tedavi edilen dişleri restore etmek amacıyla fiber takviyeli post çeşitleri piyasaya sunulmuştur (Sholapurmath & Anand, 2010).

Fiber takviyeli postlardan biri olan Ribbond'un temel avantajlarından biri, geleneksel post sistemlerinin invaziv doğasını en aza indirme becerisidir. Geleneksel post- kor sistemleri genellikle kök kanalının önemli ölçüde genişletilmesini gerektirir ve bu da diş yapısının daha da zayıflamasına yol açabilir. Buna karşılık, Ribbond, kök kanal anatomisine göre kolayca şekillendirilebilen ve kanalın mevcut formunu koruyarak minimal preparasyon gerektiren yapıları sayesinde, doğal diş dokusunun maksimum oranda korunmasına olanak tanır. Ribbond, yapısındaki iç içe geçmiş örgü lifler sayesinde üzerine gelen okluzal ve lateral kuvvetleri absorbe ederek çevre dokulara homojen biçimde dağıtır ve stres oluşumunu azaltır. Bu da doğal diş yapısının korunmasına ve zayıflamış dişlerde kök kırığı riskini azaltmaya odaklanan konservatif bir yaklaşım sunar; bu özellik endodontik olarak tedavi edilen dişlerin uzun vadeli sağkalımında önemli bir faktördür. Fiberler, en düzensiz kanal şekillerine bile uyum sağlayacak şekilde şekillendirilebilir; bu da onları standart post sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda özellikle tercih edilir kılmaktadır (Bijelic-Donova & ark., 2022).

Klinik çalışmalar Ribbond post- kor sistemlerle restore edilen dişlerde 97 ay boyunca %90,2 restorasyon başarısı göstermiştir (Aslam & ark.).

Kanal içi fiber post sistemlerinden biri olan everStick POST; kanal anatomisine üç boyutlu olarak adapte olabilen esnek yapıları sayesinde kök kanal boşluğuna yüksek düzeyde uyum göstermekte; bu durum, uygulama sırasında daha ince ve homojen bir rezin siman tabakasının elde edilmesine olanak tanımaktadır. Resin siman

kalınlığındaki bu azalmanın yanı sıra boşluk ve boşluk kaynaklı stres konsantrasyonlarının minimal düzeyde olması, post-kök dentini arayüzünde daha stabil bir bağlanma sağlamaktadır. Bu nedenlerle fiber takviyeli post sistemleri, özellikle endodontik olarak zayıflamış dişlerde biyomekanik açıdan avantajlı bir post seçeneği olarak değerlendirilmektedir (Sequeira & ark., 2025).

Yapılan bir çalışmada, everStick POST ile restore edilen dişlerin Ribbond post ile restore edilen dişlere göre kırılma direncinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Khurana & ark., 2021).

Cam fiber takviyeli bir diğer materyal olan Dentapreg; fiberlerin, fiber post etrafına sarılarak koronal yönde uzatılmasıyla hem post hem de kor yapısını güçlendiren yeni bir tekniği tanıtmaktadır. Bu yöntem, aynı zamanda postun düzensiz kanal duvarlarına adaptasyonunu artırmakta ve minimal kanal preparasyonu ile uygulanabilmektedir (Sonali & ark., 2025).

Ortodontik Retainer

Araştırmalar, polietilen fiber materyalinin diş konturlarına yüksek derecede uyum sağlayabildiğini ve bağlama aşamasında kolaylıkla manipüle edilebildiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, polietilen fiberlerin ince kompozit rezin tabakalarıyla birlikte kullanılabilmesi, splintin hacminin minimal tutulmasıyla hastaya kullanım konforu sağlamaktadır. Ayrıca diş rengindeki görünümü sayesinde hastaların estetik beklentilerini de karşılar. Bu avantajlarından dolayı Ribbond'un ortodontik retainer için umut vadeden bir materyal olduğunu göstermektedir (Karaman,Kir &Belli, 2002).

EverStick ORTHO retainerların, pürüzsüz yüzey özellikleri ve yüksek adaptasyon kapasitesi, retainer çevresindeki oral hijyenin daha etkin bir şekilde sürdürülmesine katkı sağladığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, özellikle periodontal sağlığın yakından izlenmesi

gereken ve plak kontrolü açısından hassas bireylerde uygun bir klinik alternatif oluşturabileceği ifade edilmiştir (Güneş, Sayar & Toygar, 2022).

KAYNAKÇA

- Agarwal, P., Singh, R., & Kumar, S. (2025). Surface Roughness Analysis of Aramid Pulp-Reinforced PMMA for Denture Base Application — An In Vitro Study. *Journal of Chemical and Health Research (JCHR)*, 14(2), 85-92. Retrieved from <https://www.jchr.org/index.php/JCHR/article/view/9840>
- Agrawal, V. S., Shah, A., & Kapoor, S. (2022). Effect of fiber orientation and placement on fracture resistance of large class II mesio-occluso-distal cavities in maxillary premolars: An: in vitro: study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 25(2), 122-127.
- Akgürbüz, A., Torun, Z. Ö., & Topçu, F. T. (2013). ANTERİOR TEK DİŞ EKSİKLİKLERİNİN FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT KULLANILARAK RESTORASYONU: İKİ OLGU SUNUMU. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(2), 128-132.
- 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.
- Aslam, S., Moyin, S., Thayyil, S., Pulyodan, M. K., & Jamal, F. Ribbond fiber in root canal rehabilitation: A case report on reinforcement of weakened tooth structures.
- Avcılar, İ. H., & Bakır, Ş. (2023). Use of fiber-containing materials in restorative dentistry. *J Dent Sci Educ [Internet]*, 1(2), 49-54.
- Baysal, N., & Ayyıldız, S. (2014). SABİT BÖLÜMLÜ PROTEZLERDE FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT REZİN KULLANIMI. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(2), 315-325.
- Belli, S., Inokoshi, S., Ozer, F., Pereira, P., Ogata, M., & Tagami, J. (2001). The effect of additional enamel etching and a flowable composite to the interfacial integrity of Class II adhesive composite restorations. *Operative Dentistry*, 26(1), 70-75.
- Bijelic-Donova, J., Myrskyläinen, T., Karsila, V., Vallittu, P., & Tanner, J. (2022). Direct Short-Fiber Reinforced Composite Resin

- Restorations and Glass-Ceramic Endocrowns in Endodontically Treated Molars: A 4-Year Clinical Study. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 30(4), 284-295.
- Brożek, R., Koczorowski, R., & Dorocka-Bobkowska, B. (2019). Laboratory and clinical evaluation of polymer materials reinforced by fibers used in dentistry. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 23(5).
- Candan, U. (2007). Pediatrik dişhekimliğinde fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin aşırı kron harabiyeti gösteren dişlerdeki başarısının incelenmesi. *Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Candan, Ü., & Eronat, N. (2008). Fiber-Reinforced Resin Composites. *Int Arch Dent Sci*, 29(1), 1-12. Retrieved from <https://dx.doi.org/>
- Chai, H., & Lawn, B. R. (2017). Fracture resistance of molar teeth with mesial-occlusal-distal (MOD) restorations. *Dental Materials*, 33(7), e283-e289.
- Deliperi, S., Alleman, D., & Rudo, D. (2017). Stress-reduced direct composites for the restoration of structurally compromised teeth: Fiber design according to the “wallpapering” technique. *Operative Dentistry*, 42(3), 233-243.
- DJ, L. S. F., Özcan, M., Krebs, E., & Sandham, J. (2009). Adhesive properties of bonded orthodontic retainers to enamel: Stainless steel wire versus fiber-reinforced composites. *J Adhes Dent*, 11, 381-390.
- Durey, K., Nixon, P., Robinson, S., & Chan, M.-Y. (2011). Resin bonded bridges: techniques for success. *British dental journal*, 211(3), 113-118.
- Ferrando Cascales, Á., Andreu Murillo, A., Ferrando Cascales, R., Agustín-Panadero, R., Sauro, S., Carreras-Presas, C. M., . . . Lijnev, A. (2025). Revolutionizing Restorative Dentistry: The Role of Polyethylene Fiber in Biomimetic Dentin Reinforcement—Insights from In Vitro Research. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(2), 38.

- Fráter, M. T., & Forster, A. (2019). New generation short fibre-reinforced composite restorations of the posterior dentition. *International Dentistry African Editions*, 9(5), 6-13.
- Ganesh, M., & Tandon, S. (2006). Versatility of ribbond in contemporary dental practice. *Trends Biomater Artif Organs*, 20(1), 53-58.
- Garoushi, S., Gargoum, A., Vallittu, P. K., & Lassila, L. (2018). Short fiber-reinforced composite restorations: a review of the current literature. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 9(3), e12330.
- Goracci, C., & Ferrari, M. (2011). Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian dental journal*, 56, 77-83.
- Güneş, R. O., Sayar, G., & Toygar, H. (2022). Clinical comparisons of different fixed orthodontic retainers. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 27(6), e222154.
- Gürses, M., & Öncü, E. (2019). Güncel periodontal splintlere genel bakış.
- Hasija, M. K., Meena, B., Wadhwa, D., & Aggarwal, V. (2020). Effect of adding ribbond fibres on marginal adaptation in class II composite restorations in teeth with affected dentine. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(2), 203-205.
- Jakab, A., Volom, A., Sáry, T., Vincze-Bandi, E., Braunitzer, G., Alleman, D., . . . Fráter, M. (2022). Mechanical Performance of Direct Restorative Techniques Utilizing Long Fibers for “Horizontal Splinting” to Reinforce Deep MOD Cavities—An Updated Literature Review. *Polymers*, 14(7), 1438.
- Kamath, A. K., Kudva, A. R., Eram, A., Sreekantan, P. M., & Kini, S. (2023). Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Posterior Teeth Restored Using Three New Composite Materials: An In Vitro Study. *World Journal of Dentistry*, 14(7), 608-612.
- Kamourieh, N., Faigenblum, M., Blizard, R., Leung, A., & Fine, P. (2024). Fracture Toughness of Short Fibre-Reinforced Composites—In Vitro Study. *Materials*, 17(21), 5368.
- 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.

- Karaman, A. I., Kir, N., & Belli, S. (2002). Four applications of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(6), 650-654.
- Kerr, I. The Use of Fibre Reinforced Composites (Frcs) in Periodontal Splinting & the Natural Tooth Pontic (NTP) in the Management of Advanced Periodontal Disease. *Periodontics*, 8(4).
- Khan, S. I. R., Ramachandran, A., Alfadley, A., & Baskaradoss, J. K. (2018). Ex vivo fracture resistance of teeth restored with glass and fiber reinforced composite resin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 82, 235-238.
- Khurana, D., Prasad, A. B., Raisingani, D., Srivastava, H., Mital, P., & Somani, N. (2021). Comparison of ribbond and everstick post in reinforcing the re-attached maxillary incisors having two oblique fracture patterns: An in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 14(5), 689.
- Koganti, V. P., Sekhar, L. C., Shankar, B. R., & Gopinath, A. (2012). A comparative study of temporary splints: bonded polyethylene fiber reinforcement ribbon and stainless steel wire+ composite resin splint in the treatment of chronic periodontitis. *The journal of contemporary dental practice*, 12, 343-349.
- Kumbuloglu, O., Saracoglu, A., & Özcan, M. (2011). Pilot study of unidirectional E-glass fibre-reinforced composite resin splints: up to 4.5-year clinical follow-up. *Journal of dentistry*, 39(12), 871-877.
- 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.
- Magne, P., Carvalho, M. A., & Milani, T. (2023). Shrinkage-induced cuspal deformation and strength of three different short fiber-reinforced

- composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), 56-63.
- Mangoush, E., Garoushi, S., Lassila, L., Vallittu, P. K., & Säilynoja, E. (2021). Effect of fiber reinforcement type on the performance of large posterior restorations: a review of in vitro studies. *Polymers*, 13(21), 3682.
- Mortazavian, S., & Fatemi, A. (2015). Fatigue behavior and modeling of short fiber reinforced polymer composites: A literature review. *International Journal of Fatigue*, 70, 297-321.
- Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Lamorgese, V., & Somma, F. (2008). Fracture resistance of endodontically treated molars restored with extensive composite resin restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 99(3), 225-232.
- Quinn, G. D., & Quinn, G. D. (2007). *Fractography of ceramics and glasses* (Vol. 960): National Institute of Standards and Technology Washington, DC.
- Rubino, F., Nisticò, A., Tucci, F., & Carlone, P. (2020). Marine application of fiber reinforced composites: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(1), 26.
- 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.
- 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.
- Sequeira, A., Vedavathi, B., Ashok, H., & Das, P. (2025). Finite element analysis of flared fractured maxillary central incisors restored with composite core full crown, fiber post full crown, everStick post full crown, and endocrown using lithium disilicate material. *Endodontology*, 10.4103.

- Sharma, N., Patel, R., & Rao, D. (2025). Denture Base Reinforcing Materials — A Review. *Asian Pacific Review of Dentistry (APRD)*, 6(2), 45-52. Retrieved from <https://aprd.in/archive/volume/6/issue/2/article/4335>
- Sholapurmath, S. M., & Anand, S. (2010). Use of polyethylene fiber in pediatric esthetics clinical reports of two cases. *Journal of international oral health*, 2(2), 99.
- Sonali, B., Gaurav, P., Neelanjana, M., Ishika, C., & Geonath, I. (2025). Fiber-Optimized Restoration: A Novel Approach to Strengthening Endodontic Posts With Dentapreg®. *Cureus*, 17(2).
- Strassler, H. E., & Serio, C. L. (2007). Esthetic considerations when splinting with fiber-reinforced composites. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 507-524.
- Szabó, V. T., Szabó, B., Barcsayné-Tátrai, N., Mészáros, C., Braunitzer, G., Szabó, B. P., . . . Fráter, M. (2023). Fatigue resistance of dissected lower first molars restored with direct fiber-reinforced bridges—An in vitro pilot study. *Polymers*, 15(6), 1343.
- Ulku, S. G., & Unlu, N. (2024). Factors influencing the longevity of posterior composite restorations: A dental university clinic study. *Heliyon*, 10(6).
- Yalçın, G., & Nalbant, A. D. FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ADEZİV KÖPRÜLER VE UYGULAMA YÖNTEMLERİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 1-1.
- Zotti, F., Hu, J., Zangani, A., Albanese, M., & Paganelli, C. (2023). Fracture strength and ribbon fibers: In vitro analysis of mod restorations. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 15(4), e318.

BÖLÜM 3

DİŞ HEKİMLİĞİNDE FİBER TAKVİYELİ YAPILAR VE ENDODONTİK TEDAVİLİ DİŞLERİN RESTORASYONUNDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Ahmet Yasin İREN ¹

Giriş

Endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonu, modern restoratif ve protetik diş hekimliğinin en tartışmalı ve araştırılan konularından biridir. Pulpa dokusunun uzaklaştırılması, dentin yapısındaki biyomekanik değişiklikler, koronal yapı kaybı ve fonksiyonel yüklerin dişin geriye kalan dokuları üzerine daha yoğun binmesi; bu dişleri hem fonksiyon hem de estetik açıdan daha hassas hâle getirmektedir (Sedgley ve ark., 1992; Assif ve ark., 1994). Bunun sonucunda endodontik tedavili dişlerde fraktür riskinin belirgin şekilde arttığı, özellikle büyük madde kaybı olan posterior dişlerde bu riskin önemli biçimde arttığı bildirilmiştir (Trobe ve ark., 1985; İbrahim ve ark., 2016).

1 Arş. Gör., Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0006-9366-6769

Klinik başarının temel belirleyicileri arasında kalan dentin miktarı, ferrule etkisi, adeziv bağlanmanın kalitesi, kullanılan post materyalinin elastik modülü ve restorasyon tasarımı yer almaktadır. Bu parametreler arasından özellikle kalan koronal dentin miktarı ve ferrule yüksekliği literatürde tekrarlayan biçimde restorasyonun uzun dönem prognozunu etkileyen en önemli faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002; Mamoun, 2014).

Geleneksel olarak kullanılan döküm metal post-kor sistemleri, yüksek rijitlikleri nedeniyle biyomekanik açıdan dezavantajlı kabul edilmekte ve farklı yükleme koşullarında kök fraktürü gibi onarılamaz komplikasyonlara yol açabilmektedir. Bu nedenle son 25 yılda, dentin elastik modülüne daha yakın değerler sunan fiber postlar, kısa fiber takviyeli kompozitler (SFRC) ve polietilen fiber sistemleri (Ribbond, Everstick vb.) klinik uygulamalarda giderek daha fazla tercih edilmektedir (Soares ve ark., 2008; Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023). Bu materyaller, dişe daha fizyolojik stres iletimi sağlayarak restorasyonun kırılma riskini azaltmakta ve tamir edilebilir fraktür paternleri oluşturmaktadır (Soares ve ark., 2008; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Bu kitap bölümünde fiber destekli restoratif teknikler kapsamlı bir şekilde değerlendirilerek endodontik tedavili dişlerde güncel biyomimetik yaklaşımların bilimsel temelleri ele alınacaktır.

ENDODONTİK TEDAVİLİ DİŞLERDE BİYOMEKANİK DEĞİŞİKLİKLER

Dentin Yapısındaki Değişimler

Koronal dentinin üçte birinden fazlasının kaybı fraktür riskini dramatik biçimde artırmaktadır (İbrahim ve ark., 2016). Aquilino ve arkadaşlarının klasik çalışmasında, kuronla restore edilen endodontik tedavili dişlerin prognozunun restore

edilmeyenlere göre belirgin şekilde daha iyi olduğu gösterilmiştir (Aquilino ve ark., 2002). Ferrule etkisi, restoratif diş tedavisinde neredeyse “olmazsa olmaz” bir kriter olarak kabul edilmektedir. Literatürde ideal ferrule yüksekliğinin 1,5–2 mm, kapsama yüzeyinin %70–100 olması ve ferrule’un mümkün olduğunca sirkümferansiyel devamlılık göstermesi önerilmektedir.

Ferrule etkisinin yokluğu veya yetersizliği, kullanılan post materyalinden bağımsız olarak fraktür riskini anlamlı ölçüde artırmaktadır (Stankiewicz ve ark., 2002; Mamoun, 2014). Magne ve arkadaşları da ferrule etkisinin fiber post kullanımından daha önemli olduğunu vurgulamış ve “ferrule varsa postun etkisi minimaldir, ferrule yoksa post tek başına çözüm değildir” sonucuna ulaşmıştır (Mamoun, 2014).

POST SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ VE EVRİMİ

Döküm Metal Post Sistemleri

Yüzyıl boyunca endodontik tedavili dişlerde en çok kullanılan yöntem döküm metal post-kor sistemleri olmuştur (Henry ve ark., 1977). Bu sistemler yüksek dayanım sunmasına rağmen, dentinden çok daha yüksek elastik modülleri nedeniyle kök içinde stres yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Assif ve ark., 1994; Henry ve ark., 1977).

Prefabrik Metal Postlar

Prefabrik çelik ve titanyum postlar, döküm sistemlere göre daha kolay uygulanabilir olsa da benzer rijitlik problemlerinin devam ettiği bildirilmektedir (Assif ve ark., 1994; Henry ve ark., 1977).

Fiber Postların Ortaya Çıkışı

1990’ların sonunda geliştirilen cam fiber, kuartz fiber ve karbon fiber postlar, dentine yakın elastik modülleri sayesinde daha

fizyolojik bir yük aktarımı sağlamışlardır (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008).

Fiber postların başlıca avantajları arasında dentine yakın elastik modül sayesinde stres yoğunlaşmasının azalması, estetik üstünlükleri nedeniyle metal yansımalarının olmaması, adeziv simantasyonla yüksek tutuculuk sağlamaları, tamir edilebilir fraktür paternleri oluşturmaları ve kök fraktürü riskini azaltmaları yer almaktadır. Bu özellikler, fiber postları güncel restoratif yaklaşımın temel bileşeni hâline getirmiştir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Guldener ve ark., 2017).

FİBER POST SİSTEMLERİ: YAPI, TÜRLER VE BİYOMEKANİK DAVRANIŞ

Fiber postların biyomekanik davranışları incelendiğinde, dentine benzer elastisite modülleri sayesinde kök içinde homojen bir stres dağılımı sağladıkları görülmektedir. Bu özellik, özellikle metal postlarla karşılaştırıldığında büyük bir avantajdır; çünkü metal postlarda görülen sertlik farkı, fonksiyonel kuvvetlerin kök duvarlarını zorlamasına yol açmaktadır. Ukon ve arkadaşlarının sonlu elemanlar analizine dayanan çalışması, fiber postların kök kanalında gerilme alanlarını önemli ölçüde azalttığını ve apikal bölgede stres birikimini minimize ettiğini ortaya koymuştur (Ukon ve ark., 2000). Böylece kök kırıkları daha nadir görülmekte, görüldüğünde ise genellikle tamir edilebilir koronal kırıklarla sınırlı kalmaktadır (Guldener ve ark., 2017).

Fiber postların başarısında yalnızca postun yapısı değil, aynı zamanda simantasyon süreçleri ve koronal restorasyonun tasarımı da belirleyicidir. Adeziv simantasyon sayesinde post ile dentin arasında mikro mekanik ve kimyasal bağ oluşur. Dual-cure veya self-adhesive rezine simanlar, fiber post uygulamalarının vazgeçilmez bileşenleridir. Bağlanmanın kalitesi, postun fonksiyonel yükler altında yerinden çıkmasını veya kök içi mikrosızıntıyı önler.

Simantasyon sırasında kök kanalı duvarlarına rezin penetrasyonunun yeterli olması, dentin tübülleri ile post arasında dayanıklı bir hibrit tabaka oluşmasını sağlar. Bu bağ yapısı, postun restorasyonla uyumlu şekilde davranmasına katkıda bulunur (Soares ve ark., 2008; Guldener ve ark., 2017).

Fiber postların klinik performansı büyük ölçüde kök kanal anatomisine ve hazırlık şekline bağlıdır. Post yuvasının aşırı genişletilmesi, kök duvarlarını incelterek fraktür riskini artırır. Bu nedenle post yuvası hazırlığında konservatif yaklaşımlar benimsenmeli, mümkün olduğunca fazla dentin korunmalıdır (Aquilino ve ark., 2002; Mamoun, 2014; Ibrahim ve ark., 2016). Zicari ve arkadaşları post uzunluğunun da restorasyon başarısı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Zicari ve ark., 2012). Postun kök uzunluğunun yaklaşık üçte ikisini kapsayacak şekilde yerleştirilmesi önerilmekte, çok kısa postların yük dağılımını bozarak başarısızlığa yol açabileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte aşırı uzun postlar da kök içinde anatomik zorluklara ve perforasyon riskine neden olabilmektedir. Bu nedenle ideal post uzunluğunun belirlenmesi hem biyomekanik hem de klinik açıdan önem taşımaktadır.

Fiber postların avantajları arasında stres dağılımının dengeli olması, daha öngörülebilir fraktür paternleri, adeziv sistemlerle yüksek tutuculuk, estetik gereksinimlere uyumluluk ve metal postlara kıyasla daha kolay çıkarılabilmeleri sayılabilir. Ayrıca fiber postlarla restore edilen dişlerde görülen fraktürlerin çoğu onarılabilir nitelikte olup dişin kurtarılmasına olanak tanır. Guldener ve arkadaşlarının uzun dönem klinik çalışmasında, fiber post kullanılan dişlerde yedi yıl boyunca yüksek sağkalım oranları bildirildiği ve başarısızlıkların büyük kısmının tamir edilebilir koronal kırıklar şeklinde olduğu vurgulanmıştır (Guldener ve ark., 2017).

Fiber postların dezavantajları ise genellikle uygulama hatalarından kaynaklanmaktadır. Yetersiz simantasyon, postun kök

içinde dönmesine veya yerinden çıkmasına yol açabilir. Ayrıca dentin neminin adeziv bağlanma üzerinde kritik rol oynaması nedeniyle, aşırı kurutma ya da aşırı nem bağlanmayı olumsuz etkileyebilmektedir. Post yuvası hazırlığı sırasında oluşabilecek mikro çatlaklar veya ovalizasyon gibi teknik hatalar da restorasyonun stabilitesini azaltabilir (Soares ve ark., 2008). Bu nedenle fiber post uygulamaları yalnızca materyalin kalitesine değil, klinisyenin uygulama başarısına da bağlıdır.

Son yıllarda fiber postların yapısal özelliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar artmıştır. Bazı üreticiler fiber yoğunluğunu artırarak daha yüksek eğilme dayanımı sunan postlar geliştirmiştir. Bazılarında ise post yüzeyine mikro-tırtıklı yapı kazandırılarak simantasyon sırasında mekanik kilitleme etkisi güçlendirilmiştir. Yüzey işlemleri ile adeziv bağlanma kapasitesi artırılmış, bazı postlarda ise farklı fiber türlerinin kombinasyonu kullanılarak çok yönlü dayanım hedeflenmiştir. Kuartz fiber postlar bu amaçla geliştirilmiş olup cam fiber postlara kıyasla bir miktar daha yüksek mekanik dayanım göstermektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Bununla birlikte dentin ile biyomekanik uyumun en iyi sağlandığı post türünün hâlen cam fiber postlar olduğu bildirilmektedir (Soares ve ark., 2008).

Fiber postların klinik başarı oranlarını etkileyen diğer bir faktör de koronal restorasyonun tasarımıdır. Adeziv bağlanma, kompozit çekirdek materyali ile postun birlikte monoblok bir yapı oluşturmasını sağlar. Monoblok konsepti, post-siman-dentin üçlününün tek parça halinde çalışmasını hedefler ve böylece yüklerin daha homojen şekilde transfer edilmesine olanak tanır (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Koronal kompozit yapının kısa fiber takviyeli kompozitlerle güçlendirilmesi, restorasyonun genel dayanımını daha da artırmaktadır (Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021).

Fiber postların klinik uygulamalarındaki bir başka tartışma konusu “post gerekli mi?” sorusudur. Modern çalışmalar, postun yalnızca retansiyon sağlamak amacıyla değil, koronal yapı kaybı fazla olan dişlerde yük dağılımını optimize etmek için de kullanıldığını göstermektedir (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002; Ibrahim ve ark., 2016). Ferrule etkisi bulunan ve minimal madde kaybı olan dişlerde post uygulanmasının çoğu zaman gereksiz olduğu bildirilmektedir. Buna karşılık geniş madde kaybı, MOD defekti veya çevresel dentin duvarlarının zayıf olduğu durumlarda fiber post uygulaması restorasyon stabilitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Aquilino ve ark., 2002; Ibrahim ve ark., 2016; Fráter ve ark., 2021).

Kısa Fiber Takviyeli Kompozitler (SFRC)

Endodontik tedavili dişlerde restorasyon başarısını etkileyen en önemli biyomekanik sorunlardan biri, tüberküller arası deviasyon ve dentin duvarlarında oluşan eğilme stresidir. Özellikle MOD veya geniş kavite preparasyonları yapıldığında dentinin doğal boyutlandırma ve direnç mekanizmaları bozulur. Geleneksel partikül dolgulu kompozit rezinler, elastik modüllerinin düşük olması nedeniyle polimerizasyon büzülmesi ve fonksiyonel yükler altında oluşan stresleri tüberküllere yeterince aktaramaz; bunun sonucunda kavite duvarlarında mikroçatlaklar ve zamanla fraktürler gelişebilir. Bu nedenle restorasyonun, doğal dentinin taşıyıcı özelliklerine benzer şekilde davranabilecek bir materyalle desteklenmesi gereklidir. Bu gereksinim, kısa fiber takviyeli kompozitlerin geliştirilmesinin temel nedenini oluşturmaktadır.

Kısa fiber takviyeli kompozitler (SFRC), polimer matris içine rasgele yönlendirilmiş cam fiberlerin eklenmesiyle oluşturulan rezin kompozit materyalleridir. Bu materyallerin klasik kompozit rezinlerden en önemli farkı, fiberlerin mikroçatlak ilerlemesini engelleyen bir bariyer görevi görmesi ve yük aktarımını daha geniş

bir alana yaymasıdır. Garoushi ve çalışma arkadaşlarının temel çalışmalarında, kısa fiber katkısının hem statik kompresyon hem de yorulma testlerinde geleneksel kompozitlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek dayanım sağladığı gösterilmiştir (Garoushi ve ark., 2007). Özellikle fibrillerin çatlak uçlarını durduran “crack-stopping” etkisi, restorasyonun kırılma direncini belirgin biçimde artırmaktadır.

SFRC’nin en önemli avantajlarından biri, dentin benzeri elastik modül ile yüksek kırılma dayanımını bir arada sunmasıdır. Bu iki özellik, özellikle zayıflamış dişlerde restorasyonun koronal destek görevini üstlenmesine olanak tanır. Fráter ve arkadaşlarının endodontik tedavili premolarlar üzerinde yaptığı yorulma deneyleri, SFRC ile güçlendirilmiş restorasyonların klasik partikül dolgulu kompozitlere göre yaklaşık üç kat daha yüksek kırılma direnci sağladığını ortaya koymuştur (Fráter ve ark., 2021). Daha da önemlisi, SFRC ile restore edilen dişlerde fraktür paterninin çoğunlukla tamir edilebilir nitelikte olduğu ve bunun uzun dönem prognozu olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Kısa fiber takviyeli kompozitler, özellikle koronal yapının büyük oranda kaybedildiği, tüberküllerin zayıfladığı ve derin MOD preparasyonlarının bulunduğu durumlarda son derece etkili bir destek materyali olarak değerlendirilmektedir. Bu tür dişlerde tüberküller arasındaki boşluk fonksiyonel yükler altında esneyerek dentin duvarlarında çatlak oluşumuna eğilim gösterir. SFRC’nin kavite tabanına yerleştirilmesi, tüberküller arasında bir “köprüleme etkisi” yaratarak bu esneme sınırlar ve böylece restorasyonun genel rijitliğini artırarak kuvvetlerin daha homojen biçimde dağılmasını sağlar (Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021).

SFRC’nin bir diğer önemli katkısı, fiberlerin hacimce yüksek oranı sayesinde polimerizasyon büzülmesinin azalmasıdır. Bu özellik, özellikle geniş kavite duvarlarında adeziv bağlantının daha

stabil kalmasına katkı sağlamak ve mikrosızıntı riskini düşürmektedir. Ayrıca SFRC'nin radyopasitesinin birçok geleneksel kompozite göre daha yüksek olması, restorasyonun radyografik takibini kolaylaştırmaktadır (Garoushi ve ark., 2007).

Klinik uygulamada SFRC genellikle kavite tabanında “bulk fill” tekniği ile 4–5 mm kalınlığa kadar yerleştirilebilmekte ve fiber yöneliminin rasgele dağılımı nedeniyle özel bir yerleştirme tekniği gerektirmemektedir (Garoushi ve ark., 2007). Bununla birlikte birçok klinisyen, dişe anatomik destek sağlamak amacıyla fiberlerin tüberküller boyunca uzanmasını hedefleyen “fiber yönlendirme” yaklaşımını benimsemektedir (Fráter ve ark., 2021). SFRC üzerine uygulanacak tabakalama kompoziti için yüzey hazırlığının yeterli olduğu ve materyaller arasında yüksek bağlanma kuvveti sağlandığı bildirilmiştir (Garoushi ve ark., 2007).

Güncel literatürde SFRC'nin posterior bölgedeki restoratif endikasyonlarının giderek genişlediği görülmektedir. Özellikle kök kanal tedavisi sonrası tam kaplama planlanmayan premolar ve molarlarda, SFRC ile yapılan direkt restorasyonların uzun dönem dayanımının oldukça yüksek olduğu rapor edilmiştir (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023). Ayrıca bazı araştırmacılar, SFRC'nin post alternatifi olarak da kullanılabileceğini bildirmektedir. Garlapati ve arkadaşları, endodontik tedavili dişlerin SFRC ile doldurulmasının post kullanımına yakın kırılma direnci sağladığını ve birçok durumda fiber post ihtiyacını ortadan kaldıracılabileceğini göstermiştir (Garlapati ve ark., 2017).

Kısa fiber takviyeli kompozitlerin başarısızlık modları incelendiğinde, fiberlerin çatlak ilerlemesini sınırlayıcı etkisi nedeniyle kök seviyesinde tahrip edici kırıkların oldukça nadir olduğu görülmektedir. Bunun yerine kron seviyesinde tamir edilebilir bölgesel kırıkların ortaya çıktığı ve bu durumun özellikle genç hastalarda restorasyonun uzun dönem korunması açısından

önemli bir avantaj sağladığı bildirilmiştir (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Polietilen Fiber Sistemleri, Wallpapering Tekniği ve Horizontal Splinting Yaklaşımları

Fiber takviyeli tedavi yöntemlerinin bir diğer önemli bileşeni polietilen esaslı fiberlerdir. Ribbond, Everstick Net ve benzeri ürünler ince, dokuma yapısında ve son derece esnek lifli materyaller olup kompozit rezin içerisine gömülerek restorasyonun biyomekanik stabilitesini artırmayı amaçlamaktadır (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023). Bu fiberler, yüksek çekme dayanımları ve çatlak durdurma etkileri sayesinde zayıf dentin duvarlarını güçlendiren bir “iç iskele” gibi davranmaktadır (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023). Polietilen fiberlerin özelliklerindeki farklılıklar, cam fiber postlardan ayrılmalarını sağlar; bu fiberler kök kanalına yerleştirilmez, bunun yerine koronal restorasyon içerisinde mekanik destek amacıyla konumlandırılır.

Polietilen fiberlerin en belirgin avantajı, yüksek elastikiyetleri ve dentinle uyumlu esneme davranışlarıdır. Bu sayede restorasyon yük altında deformasyon gösterdiğinde fiberler kuvveti absorbe ederek çatlakların ani ilerlemesini engeller (Sfeikos ve ark., 2022). Sfeikos ve arkadaşları, polietilen fiberlerin marjinal mikrosızıntıyı azalttığını ve kompozit materyal ile birlikte çalışarak restorasyon bütünlüğünü artırdığını göstermiştir (Sfeikos ve ark., 2022). Zotti ve çalışma arkadaşları ise polietilen fiberlerin MOD restorasyonlarda tüberküller arası dayanımı anlamlı ölçüde artırdığını ortaya koymuştur (Zotti ve ark., 2023).

Polietilen fiberlerin restoratif diş hekimliğinde yaygınlaşmasını sağlayan en etkili tekniklerden biri “wallpapering” yaklaşımıdır. Deliperi ve çalışma arkadaşları tarafından tanımlanan bu teknikte fiber, adeta bir duvar kaplaması gibi kavite duvarlarına yerleştirilir (Deliperi ve ark., 2017). Bu yöntem, duvarları zayıflamış

dişlerde restorasyonun dış konturunu güçlendiren bir “sargılama etkisi” yaratır. Fiberin duvar boyunca uzanması, o bölgede yük taşıma kapasitesini artırır ve tüberküllerin deviasyonunu sınırlayarak çatlak başlama riskini azaltır (Deliperi ve ark., 2017). Wallpapering tekniğinin özellikle geniş posterior restorasyonlarda, dentin duvarlarının incelendiği durumlarda ve kompozitin kırılmaya eğilimli olduğu büyük rekonstrüksiyonlarda etkili olduğu bildirilmektedir.

Polietilen fiberlerin bir diğer önemli kullanım alanı “horizontal splinting” yaklaşımıdır. Bu teknikte fiber, tüberküller arasında yatay olarak uzatılır ve kompozit rezin ile stabilize edilir (Volom ve ark., 2023; Jakab ve ark., 2022). Fráter ve arkadaşlarının liderliğinde yapılan çalışmalar, horizontal splinting tekniğinin tüberküller arası bağlantıyı güçlendirdiğini ve restorasyonun yorulma dayanımını belirgin biçimde artırdığını göstermiştir (Volom ve ark., 2023; Jakab ve ark., 2022). Fiberin tüberküller arasında bir köprü görevi görmesi, fonksiyonel yüklerin daha geniş bir yüzeye yayılmasını sağlar. Bu teknik, özellikle MOD restorasyonların en zayıf noktası olan okluzal isthmus bölgesinde stres birikimini önemli ölçüde azaltmaktadır (Sary ve ark., 2019).

Polietilen fiberlerin bir diğer klinik avantajı, dentin bağlanmasını iyileştirmesidir. Fiberin kompozit ile bütünleşmesi, restorasyonun tek parça bir yapı gibi davranmasına katkıda bulunur (Sfeikos ve ark., 2022). Bu nedenle fiber yerleştirilen restorasyonlarda adeziv sistemlerin polimerizasyon büzülme stresine daha dirençli bir bağ oluşturduğu rapor edilmiştir (Sfeikos ve ark., 2022).

Klinik açıdan polietilen fiberlerin uygulanması oldukça pratiktir. Fiberler istenen uzunlukta kesilerek kavite duvarları boyunca yerleştirilir ve rezin kompozit ile gömülür (Zotti ve ark., 2023; Deliperi ve ark., 2017). Bu işlem sırasında fibrillerin üzerini tam olarak kaplayan bir kompozit tabakası oluşturulması önemlidir; aksi hâlde fiberler ağız ortamında su emilimi veya mekanik aşınma

nedeniyle zayıflayabilir. Bununla birlikte doğru uygulandığında fiberlerin restoratif dayanımı artırıcı etkisi hem in vitro hem de klinik çalışmalarda tutarlı şekilde gösterilmiştir (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023; Deliperi ve ark., 2017).

Polietilen fiberlerin restorasyon başarısızlık paternleri incelendiğinde, özellikle tüberkülleri destekleyen horizontal splinting yaklaşımı uygulandığında restorasyonun sıklıkla tamir edilebilir kırıklar oluşturduğu görülmektedir (Volom ve ark., 2023; Jakab ve ark., 2022). Bu durum dişin ömrünü uzatmakta ve minimal invaziv tedavi prensiplerini desteklemektedir. Ayrıca fiberin esnekliği, restorasyonun ani kırılmasını engelleyerek daha “kontrollü enerji emilimi” sağlamaktadır (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023).

Sonuç olarak polietilen fiberler, kısa fiber takviyeli kompozitlerle birlikte modern restoratif diş hekimliğinde zayıf dişlerin güçlendirilmesinde önemli bir yer edinmiştir. Özellikle geniş koronal kayıplarda ve endodontik tedavili dişlerde, restorasyonun biyomekanik dayanımını artıran tamamlayıcı bir destek sistemi olarak değerlendirilmektedir (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023; Deliperi ve ark., 2017). Hem wallpapering hem de horizontal splinting teknikleri, restorasyonun daha uzun ömürlü olmasına katkıda bulunmakta ve dişin fonksiyonel stabilitesini belirgin biçimde geliştirmektedir (Jakab ve ark., 2022; Sary ve ark., 2019; Zotti ve ark., 2023).

Fiber Takviyeli Restorasyonların Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) ile Değerlendirilmesi

Fiber postlar, kısa fiber takviyeli kompozitler ve polietilen fiber sistemlerinin mekanik davranışları yalnızca in vitro kırılma testleriyle değil, aynı zamanda sonlu elemanlar analizi (Finite Element Analysis, FEA) gibi gelişmiş hesaplama yöntemleriyle de kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve

ark., 2008; Abdelfattah ve ark., 2024). FEA, restorasyon ve dış dokularının üç boyutlu modeller üzerinden fonksiyonel yükler altında gösterdiği davranışın simüle edilmesine olanak sağlar. Bu yöntemle hem stres dağılımının mekânsal örüntüsü hem de restorasyon tasarımının dışın genel biyomekanikğine etkisi değerlendirilebilmektedir.

FEA çalışmalarının ortak bulgularından biri, fiber postların kök içi stres dağılımını anlamlı biçimde değiştirdiğidir. Ukon ve çalışma arkadaşlarının klasik analizinde, karbon fiber ve cam fiber postların metal postlara kıyasla apikal bölgede çok daha düşük stres yoğunluğu oluşturduğu gösterilmiştir (Ukon ve ark., 2000). Metal post kullanılan modellerde fonksiyonel yüklerin dentin–post birleşim yüzeyinde yoğunlaştığı ve kök içinde “gerilme konsantrasyon alanları” oluşturduğu görülürken, fiber post kullanılan modellerde streslerin kök boyunca daha homojen şekilde dağıldığı tespit edilmiştir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Bu bulgu, fiber postların kök kırığı riskini azaltmasının biyomekanik temelini oluşturmaktadır.

Son yıllarda yapılan FEA çalışmalarında fiber postların yalnızca kök içi davranışı değil, koronal restorasyonlarla birlikte oluşturdukları “monoblok yapı” da incelenmiştir. Bu analizlerde adeziv rezin siman ile bağlanan fiber postun, siman tabakası aracılığıyla dentin duvarlarına daha uyumlu bir yük transferi sağladığı gözlemlenmiştir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Bu durum, mekanik uyumluluğun yalnızca post materyali ile değil, adeziv simantasyon ile de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Post–siman–dentin üçlüsünün birlikte hareket ettiği monoblok model, hem vertikal hem de lateral yükler altında daha dayanıklı bir sistem oluşturmaktadır (Ukon ve ark., 2000).

Kısa fiber takviyeli kompozitlerin FEA analizleri, bu materyalin dentin duvarlarını desteklemede benzersiz bir role sahip olduğunu ortaya koymuştur. Abdelfattah ve arkadaşlarının yaptığı

analizlerde, SFRC uygulanan modellerde çatlak oluşumunun başlangıç noktalarının geciktiği, yük altında kavite duvarlarının daha yavaş deformasyon sergilediği ve tüberküller arasındaki stres aktarımının daha homojen olduğu belirlenmiştir (Abdelfattah ve ark., 2024). Bu bulgu, SFRC'nin tüberküller arasında oluşturduğu "taşıyıcı köprü" etkisinin biyomekanik doğrulaması olarak değerlendirilmektedir.

Polietilen fiberlerin FEA çalışmaları da özellikle horizontal splinting tekniğinin posterior restorasyonlarda sağladığı dayanımı destekler niteliktedir. Sary ve arkadaşlarının analizlerinde, polietilen fiberin tüberküller arasında yerleştirilmesinin okluzal yüzeydeki çekme gerilmesini azalttığı ve restorasyonun yorulma direncini artırdığı gösterilmiştir (Sary ve ark., 2019). Fiber yerleştirilmeyen kontrol modellerinde yük altında okluzal isthmus bölgesinde yüksek stres konsantrasyonu görülürken, fiber destekli modellerde bu streslerin daha geniş bir alana yayıldığı rapor edilmiştir (Sary ve ark., 2019).

FEA çalışmalarının tümü birlikte değerlendirildiğinde, fiber takviyeli sistemlerin ortak özelliğinin stres dağılımını "çevresel olarak yayıcı" bir davranışla kontrol etmeleri, yani gerilmeyi tek bir bölgede yoğunlaştırmak yerine tüm restorasyon ve dentin yapısı boyunca yaymaları olduğu görülmektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Abdelfattah ve ark., 2024). Bu mekanik etki restorasyon başarısını artırmakta, kök kırıklarının önüne geçmekte ve restorasyonların daha tamir edilebilir bir kırılma paterni sergilemesini sağlamaktadır (Guldener ve ark., 2017; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Klinik Karar Verme Süreci: Hangi Dişte Hangi Fiber Yaklaşımı?

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda fiber kullanımı, tek bir protokole bağlı olmayan ve dişin klinik ihtiyaçlarına göre

şekillenen çok boyutlu bir karardır. Bu nedenle klinisyenin diş morfolojisini, yapı kaybının miktarını, ferrule varlığını, okluzal yükleri ve hastanın oral alışkanlıklarını birlikte değerlendirmesi gerekmektedir (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002; Mamoun, 2014). Her ne kadar fiber postlar ve fiber takviyeli kompozitler restoratif stratejide önemli bir yere sahip olsa da, bunların endikasyonları kalan diş dokusunun biyomekanik kapasitesine bağlı olarak değişmektedir.

Kalan dentin miktarı restorasyon kararını etkileyen birincil faktördür. Dentinde çevresel destek yeterliyse ve ferrule yüksekliği yaklaşık 1,5–2 mm ise fiber posta çoğu zaman ihtiyaç duyulmamaktadır (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002). Bu tür durumlarda, düşük elastik modüllü adeziv sistemlerle gerçekleştirilen koronal restorasyonların klinik açıdan yeterli olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Soares ve ark., 2008; Guldener ve ark., 2017). Buna karşılık koronal yapı kaybının geniş olduğu, MOD preparasyonlarının bulunduğu veya tüberküllerin zayıfladığı dişlerde kısa fiber takviyeli kompozitler ya da polietilen fiber gibi güçlendirici sistemlerin kullanılması restorasyonun dayanımını anlamlı ölçüde artırmaktadır (Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Zotti ve ark., 2023). Bu tip restorasyonlarda fiber, dentin yerine geçen bir iç destek görevi görmektedir.

Ferrule etkisinin yetersiz olduğu durumlarda fiber post uygulaması restorasyonun stabilitesini artırabilmekle birlikte tek başına yeterli olmayabilir (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002; Mamoun, 2014). Bu gibi klinik senaryolarda hem fiber postun hem de kısa fiber takviyeli kompozitin birlikte kullanılması, kök içi ve koronal desteği eş zamanlı sağlayarak daha dayanıklı bir yapı oluşturabilmektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Garoushi ve ark., 2007). Bu yaklaşım özellikle koronal dentinin büyük ölçüde kaybedildiği ve kompozit çekirdeğin ek desteğe

ihtiyaç duyduğu olgularda tercih edilmektedir (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Anterior bölgede estetik gereksinimlerin ön planda olduğu durumlarda cam veya kuartz fiber postların tercih edilmesi önerilmektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Düşük renk yansıması özellikleri sayesinde restorasyonun estetik bütünlüğü korunmaktadır. Posterior bölgede ise fonksiyonel yüklerin daha yüksek olması nedeniyle kısa fiber takviyeli kompozitler veya polietilen fiberlerle güçlendirilmiş restorasyonların daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023; Zotti ve ark., 2023). Horizontal splinting tekniği, posterior bölgedeki tüberkül destek gereksinimini karşılayan modern bir yaklaşım olup geniş MOD preparasyonlarında tüberkül deviasyonunu azaltarak restorasyonun ömrünü uzatmaktadır (Jakab ve ark., 2022; Sary ve ark., 2019).

Bruksizm veya parafonksiyonel alışkanlıkları bulunan hastalarda fiber takviyeli restorasyonların, klasik kompozit restorasyonlara kıyasla daha iyi klinik performans gösterdiği bildirilmiştir (Soares ve ark., 2008; Fráter ve ark., 2021). Fiberlerin enerji absorbe edici özellikleri sayesinde restorasyon ani kırılma yerine kontrollü deformasyon sergilemekte, bu durum restorasyonu koruyarak tamir edilebilirliği artırmaktadır (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023). Ayrıca okluzal kuvvetlerin yüksek olduğu bu hasta grubunda post seçiminin dikkatle yapılması, dentin duvarlarının maksimum düzeyde korunması ve post yuvası hazırlığı sırasında gereksiz dentin kaybından kaçınılması önerilmektedir (Aquilino ve ark., 2002; Ibrahim ve ark., 2016).

Restorasyonun uzun dönem başarısını etkileyen bir diğer önemli faktör adeziv simantasyon protokolüdür. Fiber post–siman–dentin üçlüsünün uyum içinde çalışabilmesi için bağlanma mekanizmasının güçlü olması gerekmektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008). Bu nedenle kök içi hazırlık sırasında dentinin

aşırı kurutulmaması, smear tabakasının kontrollü biçimde modifiye edilmesi ve simantasyon sırasında postun tam olarak yerleşmesini sağlayacak yeterli basıncın uygulanması önem taşımaktadır (Ukon ve ark., 2000; Zicari ve ark., 2012). Polietilen fiber uygulamalarında ise kompozit rezinle tam bütünleşmiş bir yapı elde edebilmek için fiberin uygun şekilde ıslatılması ve rezinle homojen biçimde entegre edilmesi gerekmektedir (Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023; Deliperi ve ark., 2017).

Bu klinik değerlendirmeler ışığında fiber kullanımı, her hasta ve her diş için değişkenlik gösteren çok boyutlu bir karardır. Modern restoratif yaklaşımda fiber materyaller, zayıflamış dişlerin fonksiyonel ömrünü uzatan biyomekanik bir destek elemanı olarak kabul edilmektedir (Soares ve ark., 2008; Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023). Bu nedenle fiber uygulamalarının doğru endikasyonla seçilmesi, restorasyonun uzun dönem başarısını belirleyen temel basamaklardan biri olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda fiber takviyeli materyaller, günümüz diş hekimliğinin en önemli biyomimetik araçlarından biri olarak kabul edilmektedir. Fiber postlar, kısa fiber takviyeli kompozitler ve polietilen fiber sistemleri; dentinle uyumlu elastik modülleri, çatlak durdurma özellikleri ve yük aktarımını daha fizyolojik hâle getirme yetenekleri sayesinde zayıflamış dişlerin biyomekanik dayanımını anlamlı ölçüde artırmaktadır (Sedgley ve ark., 1992; Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Guldener ve ark., 2017; Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023; Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023). Geleneksel metal postların aksine fiber destekli sistemler, kök içinde stres yoğunlaşmasını azaltarak katastrofik fraktür riskini düşürmekte ve

daha tamir edilebilir kırılma paternleri oluşturmaktadır (Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Literatür bulguları değerlendirildiğinde fiber kullanımının, restorasyon başarısını özellikle koronal yapı kaybının fazla olduğu, ferrule etkisinin sınırlı bulunduğu veya posterior bölgede fonksiyonel yükün yüksek olduğu durumlarda belirgin şekilde artırdığı görülmektedir (Aquilino ve ark., 2002; Stankiewicz ve ark., 2002; Mamoun, 2014; Ibrahim ve ark., 2016; Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023; Zotti ve ark., 2023). Kısa fiber takviyeli kompozitler ve polietilen fiberler, restorasyonun iç destek sistemini oluşturarak dentin benzeri bir taşıyıcı mekanizma sağlamaktadır (Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023; Deliperi ve ark., 2017). Bu materyallerin restorasyona entegre edilmesi hem klinik hem de biyomekanik açıdan modern restoratif diş hekimliğiyle uyumlu bir yaklaşım sunmaktadır (Soares ve ark., 2008; Garoushi ve ark., 2007; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023).

Sonlu elemanlar analizleri de fiber materyallerin diş yapısına sağladığı biyomekanik uyumu doğrulamakta; stres dağılımının homojenleştiğini, kök kırığı riskinin azaldığını ve restorasyonun yorulma dayanımının arttığını göstermektedir (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Guldener ve ark., 2017; Fráter ve ark., 2021; Volom ve ark., 2023; Sary ve ark., 2019; Abdelfattah ve ark., 2024). Bununla birlikte klinik başarının yalnızca materyalin özelliklerine değil, klinisyenin uyguladığı adeziv protokollere, post yuvası hazırlığındaki titizliğe ve restorasyon tasarımına da bağlı olduğu vurgulanmaktadır (Ukon ve ark., 2000; Soares ve ark., 2008; Zicari ve ark., 2012; Guldener ve ark., 2017). Bu nedenle fiber uygulamalarının rasyonel ve bilimsel temelli bir restoratif strateji çerçevesinde planlanması önem taşımaktadır.

Sonuç olarak fiber takviyeli sistemler, endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda hem biyomekanik hem estetik hem de uzun

dönem stabilite açısından modern diş hekimliğinin vazgeçilmez bir parçası hâline gelmiştir (Volom ve ark., 2023; Jakab ve ark., 2022; Abdelfattah ve ark., 2024). Bu sistemlerin gelişmesiyle birlikte zayıflamış dişlerin korunması ve fonksiyonel olarak uzun yıllar sürdürülebilmesi artık daha öngörülebilir hâle gelmiştir. Fiber postlar, kısa fiber takviyeli kompozitler ve polietilen fiberler, restoratif diş hekimliğinde doğal diş dokusunun davranışını taklit eden biyomimetik yaklaşımların somut bir yansıması olarak değerlendirilmektedir (Volom ve ark., 2023; Sfeikos ve ark., 2022; Zotti ve ark., 2023).

Kaynakça

Abdelfattah, R. A., ve ark. (2024). How loss of tooth structure impacts biomechanical behavior of premolars: FEA study. *Odontology*.

Aquilino, S. A., ve ark. (2002). Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Assif, D., ve ark. (1994). Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Deliperi, S., ve ark. (2017). Stress-reduced direct composites using the wallpapering technique. *Operative Dentistry*.

Fráter, M., ve ark. (2021). Fatigue behavior of endodontically treated premolars restored with different fiber-reinforced designs. *Dental Materials*.

Garoushi, S., ve ark. (2007). Static and fatigue compression test for particulate filler composite resin with fiber-reinforced composite substructure. *Dental Materials*.

Garlapati, T. G., ve ark. (2017). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with short fiber composite used as a core material. *Journal of Prosthodontic Research*.

Guldener, K. A., ve ark. (2017). Long-term clinical outcomes of endodontically treated teeth restored with or without fiber post-retained single-unit restorations. *Journal of Endodontics*.

Henry, P. J., ve ark. (1977). Post core systems in crown and bridgework. *Australian Dental Journal*.

Ibrahim, A. M., ve ark. (2016). Effect of remaining tooth structure on the fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Jakab, A., ve ark. (2022). Mechanical performance of direct restorative techniques utilizing long fibers for horizontal splinting. *Polymers*.

Lazari, P. C., ve ark. (2018). Survival of incisors restored with different post-and-core systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Mamoun, J. (2014). On the ferrule effect and the biomechanical stability of teeth restored with cores, posts, and crowns. *European Journal of Dentistry*.

Sadr, A., ve ark. (2020). Effects of fiber reinforcement on bond strength of bulk-fill composites. *Dental Materials*.

Sary, T., ve ark. (2019). Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre-reinforced techniques. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*.

Sedgley, C. M., ve ark. (1992). Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of Endodontics*.

Shah, E. H., ve ark. (2021). Fiber-reinforced composite as post-obturation material: A systematic review. *Saudi Dental Journal*.

Shahrbafl, S., ve ark. (2007). Effect of marginal ridge thickness on fracture resistance. *Operative Dentistry*.

Sfeikos, T., ve ark. (2022). Effect of a fiber-reinforcing technique for direct composite restorations on marginal microleakage. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.

Soares, C. J., ve ark. (2008). The influence of cavity design and glass fiber posts on biomechanical behavior of endodontically treated premolars. *Journal of Endodontics*.

Stankiewicz, N. R., ve ark. (2002). The ferrule effect: A literature review. *International Endodontic Journal*.

Trope, M., ve ark. (1985). Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Dental Traumatology*.

Ukon, S., ve ark. (2000). Influence of different elastic moduli of dowel and core on stress distribution in root. *Dental Materials Journal*.

Volom, A., ve ark. (2023). Fatigue performance of endodontically treated molars reinforced with different fiber systems. *Clinical Oral Investigations*.

Zicari, F., ve ark. (2012). Effect of fibre post length and adhesive strategy on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *Journal of Dentistry*.

Zotti, F., ve ark. (2023). Fracture strength and ribbond fibers in MOD restorations. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*.

BÖLÜM 4

BULK-FİLL KOMPOZİTLER

Gül BAYOĞLU¹

Giriş

Dental rezin kompozitler, organik matris, inorganik dolgu ve silan bağlayıcı ajan içeren çok bileşenli materyallerdir; ayrıca başlatıcı, inhibitör ve pigmentleri de içerir. Başlangıçta anterior diş restorasyonları için silikat simanlar ve doldurucusuz metil metakrilat rezinlerin yerine geliştirilmiş olup; diş yapısına bağlanabilme, stabilite ve estetik performans ile ağız ortamında kabul edilebilir klinik sonuçlar sağlamaktadır (Aminoroaya et al., 2021). Ancak geleneksel kompozitlerde, özellikle büyük posterior kavitelere uygulandığında polimerizasyon büzülmesi hala önemli bir klinik sınırlılık oluşturmaktadır (Lins at al: 2019, Politi at al, 2018).

2010 yılında tanıtılan bulk-fill rezin kompozitler, 4–5 mm kalınlığındaki katmanların ışıkla polimerize edilmesine olanak vererek uygulama süresini kısaltmayı ve postoperatif hassasiyeti azaltmayı amaçlamaktadır (Bucuta et al., 2014; Zorzin et al: 2015). Doldurucu modifikasyonları, yüksek moleküler ağırlıklı monomerler ve yeni fotoinitiatörlerin kullanımı ile bu materyaller,

¹ Uzman Diş Hekimi, Gaziantep Şahinbey Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, ORCID: 0009 0005 2328 6843, bayoglugul@gmail.com

artırılmış ışık geçirgenliği ve polimerizasyon derinliği sunmaktadır (Ersen, et al., 2020; Ilie & Stark, 2014). Bulk-fill kompozitler; akışkan, yüksek viskoziteli ve fiber içerikli formülasyonlarda mevcut olup posterior restorasyonlarda hem klinik sürenin kısılmasını hem de bağlanan arayüzün kalitesinin artmasını sağlamaktadır (Alex, 2015; Sabbagh et al., 2017).

Bulk-Fill Kompozitlerin Yapısı

Kompozitlerin içerisindeki monomerlerin polimer zincirine dönüşmesini sağlayan polimerizasyon, restorasyon ömrünü etkileyen en kritik parametrelerden biridir. Bulk-fill kompozitlerde artırılmış polimerizasyon derinliği, materyalin fiziksel ve mekanik özellikleri ile klinik başarısını doğrudan etkilemektedir (Garcia et al., 2014). Bu nedenle, polimerizasyon derinliğini artırmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında doldurucu oranının azaltılması, parçacık boyutunun büyütülmesi ve fotoinitiatör olarak kamforokinon ile tersiyer amin kullanımı yer almaktadır (Sarrett et al., 2006; Czasch & Ilie, 2013). Bazı kompozitlerde, kamforokinon/amin fotoinitiatöre ek olarak dibenzoyl germanyum türevleri gibi farklı fotobaşlatıcılar kullanılmaktadır; bu maddeler, 370–460 nm dalga boyu aralığında maksimum absorpsiyon katsayısına ulaşmaktadır (El-Damanhoury & Platt, 2014; Moszner et al., 2008). Ayrıca yiterbiyum triflorid, baryum alüminyum silikat cam ve zirkonyum silika gibi partiküller ile translusent doldurucu oranının artırılması da polimerizasyon derinliğini arttırmaktadır (Ilie et al., 2013; Czasch & Ilie, 2013).

Bulk-fill kompozitlerin ışık geçirgenliği, estetik özelliklerden ödün verilmesine yol açabilecek ölçüde yüksek translusensite sergileyebilmektedir (Garcia et al., 2014). Işık geçirgenliği, matriks ve doldurucu arasındaki optik uyum ile

doldurucuların şekli ve boyutuna bağlı olarak değişmektedir (Garcia et al., 2014). Bu nedenle polimerizasyon derinliğini artırmak için kullanılan yöntemler kompozit türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Daha büyük ve küresel doldurucular polimerizasyon derinliğini artırırken, nano boyuttaki doldurucular ışığın saçılmasını azaltarak translusensiyi artırmaktadır (Chesterman et al., 2017; Zaruba et al., 2017).

Işık ile polimerize olan bulk-fill kompozitlerin polimerizasyon derinlikleri genellikle 4–6 mm arasında değişmektedir. Bu kompozitler, geleneksel kompozitler gibi organik matriks, inorganik doldurucu ve bağlayıcı fazdan oluşur; bazı bulk-fill kompozitlerde Bis-GMA yerine UDMA, TEGDMA ve EBPDMA gibi monomerler tercih edilmekte ve böylece daha esnek bir polimer yapısı ve düşük viskozite sağlanmaktadır. Ayrıca, bu yaklaşım su absorpsiyonunu azaltarak renk stabilitesini artırmaktadır (Zaruba et al., 2013; Karadaş et al., 2017).

Bulk-fill kompozitlerde polimerizasyon büzülme stresi; kavite boyutu, C-faktör, uygulama yöntemi ve elastisite modülü gibi değişkenlere bağlıdır. Düşük elastisite modülüne sahip monomerler ve geliştirilmiş doldurucu yapısı, bu stresin geleneksel kompozitlere kıyasla daha az olmasını sağlamaktadır (El-Damanhoury & Platt, 2014; Isufi et al., 2016). Böylece restorasyon başarısı artmakta, sekonder çürük, marjinal renklenme ve postoperatif hassasiyet riski azalmaktadır (Chesterman et al., 2017; Isufi et al., 2016; Jung & Park, 2017).

Bulk Fill Kompozitlerin Sınıflandırılması

Bulk-fill kompozitler, viskozite ve uygulama şekline göre kategorize edilebilir.

a. Viskoziteye Göre

Düşük Viskoziteli Bulk Fill: Düşük viskoziteli akışkan kompozitler, küçük uçlu şırıngalar ile kolayca uygulanabilir; bu özellik, derin ve ulaşılması güç kavitelere uyum sağlamasına imkan verir. Ancak mekanik özellikleri sınırlıdır; yüzey aşınma dirençleri, geleneksel veya nanohibrit kompozitlere göre daha düşüktür. Bu nedenle restorasyonlarda genellikle geleneksel kompozitlerle desteklenir ve iki aşamalı bulk-fill tekniği uygulanır. Bu materyaller ayrıca akışkan bulk-fill kompozitler olarak da adlandırılır (Chesterman et al., 2017; Van Ende et al., 2017; Al-Nabulsi et al., 2019).

Yüksek Viskoziteli Bulk Fill: Yüksek yoğunluklu bulk-fill kompozitler, düşük viskoziteli türlere göre daha fazla inorganik doldurucu içermektedir. Bu özellik, materyalin aşınma direncini artırmakta ve çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılığını geliştirmektedir. Bu kompozitlerle kavite tek seferde doldurulabilir ve oklüzal yüzey doğrudan şekillendirilebilir; dolayısıyla üzerine ek bir geleneksel kompozit tabakası uygulanmasına gerek yoktur (Van Ende et al., 2017; Veloso et al., 2019).

b. Modifiye Yüksek Viskoziteli Bulk Fill

Sonik Aktivasyonlu Bulk Fill: Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler, mekanik dayanıklılık açısından üstün özellik gösterirken; düşük viskoziteli tipler, derin kavitelere uygulanmayı kolaylaştırmaktadır. Sonik aktivasyonla uygulanan bulk-fill kompozitlerde, hava ile çalışan bir el aleti aracılığıyla oluşturulan sonik titreşim, materyalin viskozitesini geçici olarak azaltarak akışkan formda kaviteye yerleşmesini sağlar. Uygulama tamamlandıktan sonra materyal yeniden şekillendirilebilir hale gelir (Van Ende et al., 2017; Reis et al., 2017).

Termo-Viskoz Bulk Fill: VisCalor bulk-fill, termo-viskoz teknoloji kullanan ilk materyaldir. Dolgu yüzeyi işlenmiş ve rezin matriksi ile senkronize edilmiştir; bu, sıcaklık artışında düşük viskozitenin devamını sağlar. Materyal 68 °C’de akışkan kıvamda uygulanabilir ve normal sıcaklıkta şekillendirilebilir. (Lopes et al., 2020; Beheiry et al., 2023)

Fiber İçerikli Bulk Fill: Bazı yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler, tek seferde yerleştirilebilecek şekilde tasarlanmış olup, diş-kompozit yapısının dayanıklılığını artıran cam lifler içermektedir. Bu materyaller geniş kavitelerde dentin yerine kullanılabilir; lif içeriği, çatlak ilerlemesini sınırlandırarak kompozit yapının kırılmasını önler (Van Ende et al., 2017).

c. Dual-Cure Bulk Fill Kompozit Rezin

Bulk-fill kompozitler, polimerizasyon yöntemine göre ışıkla sertleşen veya dual-cure (ışık ve kimyasal olarak sertleşen) tipler şeklinde sınıflandırılabilir (Aggarwal et al., 2019). Dual-cure bulk-fill kompozitler, nispeten düşük doldurucu oranına (%65) sahip olmalarına rağmen, üretici firmalar bu materyallerin son katman olarak ek bir kompozit tabakası gerektirmeden kullanılabileceğini bildirmektedir. Bununla birlikte, mevcut klinik verilerin yetersizliği nedeniyle düşük doldurucu içeriğinin aşınma direncini olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir (Chesterman et al., 2017).

Mekanik ve Fiziksel Özellikler

Rezin içerikli bulk-fill kompozitler; doldurucu tipi, rezin matriksi ve başlatıcı sistemlerdeki gelişmeler sayesinde hem mekanik performans hem de polimerizasyon özelliklerinde iyileşme göstermiş olup, uygulama sürelerini kısaltarak tedavi sürecini hızlandırmaktadır; ancak bazı çalışmalarda, 4 mm veya daha kalın

katmanlarda polimerizasyonun yetersiz olabileceği ve bunun marjinal uyumsuzluk, azalmış sertlik ile potansiyel sitotoksositeye yol açabileceği rapor edilmiştir (Soto-Montero et al., 2020; Price et al., 2014).

Eğilme dayanımı, rezin bazlı kompozitlerin mekanik performansını belirleyen temel parametrelerden biridir. Elastik modül materyalin sertliğini yansıtırken, eğilme dayanımı kırılma öncesi maksimum mukavemeti göstermektedir (Heintze & Zimmerli, 2011; Braga et al., 2005). Düşük elastik modül, polimerizasyon sırasında oluşan stresin daha iyi dağılımını sağlayarak büyük katmanlarda gerilimi azaltır (Ilie et al., 2013; Braga et al., 2005; Sampaio et al., 2019). Akışkan (flowable) bulk-fill kompozitler, elastik modül ve sertlik açısından yüksek viskoziteli bulk-fill veya geleneksel kompozitlerden daha düşük değerlere sahiptir; bu nedenle geleneksel kompozitlerle birlikte kullanılmaları önerilmektedir (Ilie et al., 2013; Jung & Park, 2017). Buna karşın, yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler yüksek doldurucu içerikleri sayesinde daha sert ve aşınmaya dirençlidir (Ilie et al., 2013; Goracci et al., 2014).

Mikrosertlik, polimerizasyon derecesiyle yakından ilişkili olup, yüzey sertliği ve aşınma direncinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Li et al., 2009; Tauböck et al., 2011). Genellikle doldurucu oranı arttıkça materyalin sertliği de artmaktadır. Akışkan bulk-fill kompozitler düşük sertlik değerleri nedeniyle geleneksel kompozitlerle birlikte uygulanmalıdır (Garoushi et al., 2016; Flury et al., 2014). Su emilimi ise polimer matriks, doldurucu tipi ve doldurucu oranına bağlıdır ve restorasyonun dayanıklılığını doğrudan etkiler (Alshali et al., 2015; Vei et al., 2011). Ayrıca düşük viskoziteli bulk-fill materyaller daha

yüksek su emilimi gösterirken, yüksek doldurucu içerikli yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler daha düşük su emilimi sergilemektedir (Alshali et al., 2015; Ferracane, 2006).

Fiber takviyeli bulk-fill kompozitler, kırılma ilerlemesini sınırlayarak endodontik tedavi görmüş dişlerde restorasyonların dayanıklılığını artırır ve yüksek kırılma tokluğu sunar (Eapen et al., 2017; Attik et al., 2022). Uygun polimerizasyon sağlandığında bulk-fill kompozitler sitotoksosite açısından güvenlidir (Jan et al., 2014; Tauböck et al., 2017). Klinik olarak, yüksek mekanik dayanım gerektiren durumlarda yüksek viskoziteli veya fiber takviyeli bulk-filller tercih edilir. Materyalin yeterli polimerizasyonu, hem mekanik performans hem de biyouyumluluk açısından kritik bir rol oynamaktadır (Benetti et al., 2015; Leprince et al., 2014).

Endikasyonlar - Kontrendikasyonlar Ve Avantajlar - Dezavantajlar

a. Endikasyonlar Ve Kontrendikasyonlar

Bulk-fill kompozit rezinler, geleneksel kompozitlere göre daha az teknik hassasiyet gerektirir ve tedavi süresini kısaltır. Posterior dişlerdeki geniş kaviterlerde kullanıldığında polimerizasyon stresini azaltır. Düşük viskoziteli tipleri, geleneksel kompozitlerin altında stres kırıcı tabaka olarak uygulanabilir. Ayrıca kısa tedavi süresi, endişeli hastalar için avantaj sağlar (Aydın et al., 2019).

Bu materyallerin artırılmış polimerizasyon derinliği, yüksek ışık geçirgenliklerinden kaynaklanır. Akışkan tipteki bulk-fill rezinler, zor ulaşılan kaviterlerde adaptasyonu artırarak 4 mm'den derin ve dar kaviterlerde kullanım için uygundur (Van Ende et al., 2017).

Bulk-Fill Kompozitlerin Klinik Performansı

Bulk-fill kompozitlerin klinik performansı, hem yüksek viskoziteli hem de akışkan tipler için çok sayıda randomize kontrollü çalışma ve sistematik derleme ile değerlendirilmiştir. Erken dönem bir çalışmada yüksek viskoziteli QuiXfil (Dentsply) ile hibrit kompozit Tetric Ceram (Ivoclar) karşılaştırılmış ve üç yıllık takipte benzer klinik sonuçlar elde edilmiştir; ancak QuiXfil’de marjinal renk değişimi ve bütünlük açısından küçük farklılıklar gözlenmiştir (Manhart et al., 2009). On yıllık takipte en sık başarısızlık nedenleri sekonder çürük ve marjinal renk değişimi olarak bildirilmiş, Tetric Ceram’ın daha düşük yıllık başarısızlık oranına sahip olduğu, ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir (Heck et al., 2018).

Arbildo-Vega ve ark. (2020), 16 çalışmayı içeren sistematik derlemelerinde bulk-fill ve konvansiyonel kompozitlerin restorasyon tipi, diş tipi ve uygulama tekniğinden bağımsız olarak benzer klinik etkinlik gösterdiğini bildirmiştir. Cidreira Boaro ve ark. (Boaro et al., 2019), bulk-fill kompozitlerin polimerizasyon stresi ve tüberkül defleksiyonunun daha düşük olduğunu, ancak kırılma ve eğilme dayanıklılığı açısından anlamlı fark bulunmadığını rapor etmiştir. Veloso ve ark. (Veloso et al., 2019) da benzer şekilde meta-analizlerinde iki materyal arasında klinik performans farkı saptamamıştır. Bu bulgular, bulk-fill kompozitlerin kısa ve orta vadede konvansiyonel kompozitlerle benzer klinik başarı sergilediğini, ancak uzun dönem verilerin halen sınırlı olduğunu göstermektedir.

Son dönem randomize kontrollü çalışmalarda restorasyon başarısı %88–100 arasında bildirilmiş, takip süresi 1–6 yıl arasında değişmiştir (Durão et al., 2021; Cieplik et al., 2022). Başlıca

başarısızlık nedenleri sekonder çürük, marjinal sızıntı, pulpal veya periapikal inflamasyon ve restorasyon kaybıdır (Durão et al., 2021; Cieplik et al., 2022). Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler, incremental teknikle uygulanan konvansiyonel kompozitlere göre uygulama süresini anlamlı biçimde kısaltmaktadır (Tardem et al., 2019; Torres et al., 2021). Ancak akışkan tiplerde üst katmanla kaplama gereksinimi nedeniyle bu avantaj kısmen azalmaktadır. Postoperatif hassasiyet açısından iki grup arasında belirgin fark saptanmamış, yalnızca derin kavitelerde (>4 mm) hassasiyet riskinin arttığı bildirilmiştir (Tardem et al., 2019; Costa et al., 2017).

Klinik zorluklar arasında sekonder çürük oluşumu (Nedeljkovic et al., 2015; Nedeljkovic et al., 2020), nem kontrolü ve adeziv uygulamanın önemi, marjinal uyum, ışıkla polimerizasyon parametreleri ve geniş kavite restorasyonlarında tüberkül korunumu yer almaktadır (Leprince et al., 2014; Peutzfeldt et al., 2018, Shibasaki et al., 2017). Fiber takviyeli bulk-fill kompozitlerin yüksek stres bölgelerinde kullanılabileceği, 3–4 yıllık takipte başarı oranlarının %78–88 arasında olduğu belirtilmiştir (Tekçe et al., 2020; Tanner et al., 2018).

Sonuç

Bulk-fill kompozitler, genel klinik performans açısından geleneksel kompozitlerle karşılaştırılabilir düzeydedir ve başarısızlıklar çoğunlukla sekonder çürükten kaynaklanmaktadır. Yüksek viskoziteli tipler uygulama süresini kısaltabilir, akışkan tiplerde ise bu avantaj daha sınırlı kalmaktadır. Geniş kavite ve yüksek oklüzal yük alanlarında materyal seçimine dikkat edilmesi önemlidir. Daha karmaşık restorasyonlarda yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin mekanik dayanıklılığı sınırlı olabileceği için

uygulama sırasında özen gösterilmelidir. Uzun dönem klinik sonuçların değerlendirilmesi için ek araştırmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

Aggarwal N, Jain A, Gupta H, Abrol A, Singh C, Rapgay T. The comparative evaluation of depth of cure of bulk-fill composites - An in vitro study. Journal of conservative dentistry : JCD. 22(4):371-5,2019.

Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ : 1995). 36(1):15-26; quiz 8, 40,2015.

Al-Nabulsi M, Daud A, Yiu C, Omar H, Sauro S, Fawzy A, et al. Co-Blend Application Mode of Bulk Fill Composite Resin. 12(16):2504,2019.

Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. Journal of dentistry. 43(12):1511-8,2015.

Alshali RZ, Salim NA, Sung R, Satterthwaite JD, Silikas N. Analysis of long-term monomer elution from bulk-fill and conventional resin-composites using high performance liquid chromatography. Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials. 31(12):1587-98,2015.

Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Madry H, et al. A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. Composites Part B: Engineering. 216:108852,2021.

Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M. Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. Polymers. 12(8),2020.

Attik N, Colon P, Gauthier R, Chevalier C, Grosogeat B, Abouelleil H. Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. Dental materials :

official publication of the Academy of Dental Materials. 38(2):e19-e30,2022.

Aydın N, Karaoğlu S, Oktay EA, Toksoy Topçu F, Demir F. Diş hekimliğinde bulk fill kompozit rezinler. Selcuk Dental Journal. 6(2):229-38,2019.

Beheiry AME, Hasan MMA, Abdalla AI. Shear bond strength of thermoviscous bulk-fill composite to sound dentin. 20(3):169-76,2023.

Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honoré D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. Operative dentistry. 40(2):190-200,2015.

Boaro LCC, Lopes DP, de Souza ASC, Nakano EL, Perez MDA, Pfeifer CS, et al. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin—a systematic review and meta-analysis. 35(10):e249-e64,2019.

Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 21(10):962-70,2005.

Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clinical oral investigations. 18(8):1991-2000,2014.

Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ : 1995). 31 Spec No 2:10-5,2010.

Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. Br Dent J. 222(5):337-44,2017.

Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon PJBdj. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. 222(5):337-44,2017.

Cieplik F, Scholz KJ, Anthony JC, Tabenski I, Ettenberger S, Hiller KA, et al. One-year results of a novel self-adhesive bulk-fill restorative and a conventional bulk-fill composite in class II cavities-a randomized clinical split-mouth study. Clinical oral investigations. 26(1):449-61,2022.

Costa T, Rezende M, Sakamoto A, Bittencourt B, Dalzochio P, Loguercio AD, et al. Influence of Adhesive Type and Placement Technique on Postoperative Sensitivity in Posterior Composite Restorations. Operative dentistry. 42(2):143-54,2017.

Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clinical oral investigations. 17(1):227-35,2013.

Do T, Church B, Veríssimo C, Hackmyer SP, Tantbirojn D, Simon JF, et al. Cuspal flexure, depth-of-cure, and bond integrity of bulk-fill composites. Pediatric dentistry. 36(7):468-73,2014.

Durão MA, de Andrade AKM, do Prado AM, Veloso SRM, Maciel LMT, Montes M, et al. Thirty-six-month clinical evaluation of posterior high-viscosity bulk-fill resin composite restorations in a high caries incidence population: interim results of a randomized clinical trial. *Clinical oral investigations*. 25(11):6219-37,2021.

Eapen AM, Amirtharaj LV, Sanjeev K, Mahalaxmi S. Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with 2 Different Fiber-reinforced Composite and 2 Conventional Composite Resin Core Buildup Materials: An In Vitro Study. *Journal of endodontics*. 43(9):1499-504,2017.

ElAziz RH, Mohammed MM, Gomaa HA. Clinical Performance of Short-fiber-reinforced Resin Composite Restorations vs Resin Composite Onlay Restorations in Complex Cavities of Molars (Randomized Clinical Trial). *The journal of contemporary dental practice*. 21(3):296-303,2020.

El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative dentistry*. 39(4):374-82,2014.

Engelhardt F, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites: an in vitro analysis. *Clinical oral investigations*. 20(8):2123-30,2016.

Ersen KA, Gürbüz Ö, Özcan M. Evaluation of polymerization shrinkage of bulk-fill resin composites using microcomputed tomography. *Clinical oral investigations*. 24(5):1687-93,2020.

Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 22(3):211-22,2006.

Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 30(10):1104-12,2014.

Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. Operative dentistry. 42(4):445-55,2017.

Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 31(12):1542-51,2015.

Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. Operative dentistry. 39(4):441-8,2014.

Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, Lassila L. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. Odontology. 104(3):291-7,2016.

Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 30(6):688-94,2014.

Heck K, Manhart J, Hickel R, Diegritz C. Clinical evaluation of the bulk fill composite QuiXfil in molar class I and II cavities: 10-year results of a RCT. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 34(6):e138-e47,2018.

Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials. A review in 3 parts. Part 3: in vitro tests of adhesive systems. *Schweizer Monatsschrift fur Zahnmedizin = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie = Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*. 121(11):1024-40,2011.

Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Operative dentistry*. 38(6):618-25,2013.

Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. *Clinical oral investigations*. 17(1):185-93,2013.

Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *Journal of dentistry*. 42(8):977-85,2014.

Isufi A, Plotino G, Grande NM, Ioppolo P, Testarelli L, Bedini R, et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with a bulkfill flowable material and a resin composite. *Annali di stomatologia*. 7(1-2):4-10,2016.

Jan YD, Lee BS, Lin CP, Tseng WY. Biocompatibility and cytotoxicity of two novel low-shrinkage dental resin matrices. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi*. 113(6):349-55,2014.

Jung JH, Park SH. Comparison of Polymerization Shrinkage, Physical Properties, and Marginal Adaptation of Flowable and Restorative Bulk Fill Resin-Based Composites. *Operative dentistry*. 42(4):375-86,2017.

Karadaş M, Demirbuğa SJMM, Journal D. Evaluation of color stability and surface roughness of bulk-fill resin composites and nanocomposites. 18(3):199-205,2017.

Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-carious cervical lesions: 24-month results. *The journal of adhesive dentistry*. 14(5):485-92,2012.

Kim RJ, Son SA, Hwang JY, Lee IB, Seo DG. Comparison of photopolymerization temperature increases in internal and external positions of composite and tooth cavities in real time: Incremental fillings of microhybrid composite vs. bulk filling of bulk fill composite. *Journal of dentistry*. 43(9):1093-8,2015.

Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of dentistry*. 42(8):993-1000,2014.

Li J, Li H, Fok AS, Watts DC. Multiple correlations of material parameters of light-cured dental composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 25(7):829-36,2009.

Lins RBE, Aristilde S, Osório JH, Cordeiro CMB, Yanikian CRF, Bicalho AA, et al. Biomechanical behaviour of bulk-fill resin

composites in class II restorations. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 98:255-61,2019.

Lopes LCP, Terada RSS, Tsuzuki FM, Giannini M, Hirata R. Heating and preheating of dental restorative materials-a systematic review. Clinical oral investigations. 24(12):4225-35,2020.

Manhart J, Chen HY, Hickel R. Three-year results of a randomized controlled clinical trial of the posterior composite QuiXfil in class I and II cavities. Clinical oral investigations. 13(3):301-7,2009.

Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 24(7):901-7,2008.

Nedeljkovic I, De Munck J, Vanloy A, Declerck D, Lambrechts P, Peumans M, et al. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. Clinical oral investigations. 24(2):683-91,2020.

Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 31(11):e247-77,2015.

Nezir M, Özcan S. Bulk Fill Kompozit Rezin Restoratif Materyaller. Current Research in Dental Sciences. 34(3):224-9,2024.

Perdigão J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L. New trends in dentin/enamel adhesion. American journal of dentistry. 13(Spec No):25d-30d,2000.

Peutzfeldt A, Mühlebach S, Lussi A, Flury S. Marginal Gap Formation in Approximal "Bulk Fill" Resin Composite Restorations After Artificial Ageing. *Operative dentistry*. 43(2):180-9,2018.

Pfeifer CS. Polymer-Based Direct Filling Materials. *Dental clinics of North America*. 61(4):733-50,2017.

Politi I, McHugh LEJ, Al-Fodeh RS, Fleming GJP. Modification of the restoration protocol for resin-based composite (RBC) restoratives (conventional and bulk fill) on cuspal movement and microleakage score in molar teeth. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 34(9):1271-7,2018.

Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 30(12):1345-57,2014.

Price RB, Shortall AC, Palin WM. Contemporary issues in light curing. *Operative dentistry*. 39(1):4-14,2014.

Reis AF, Vestphal M, Amaral RCD, Rodrigues JA, Roulet JF, Roscoe MG. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review. *Brazilian oral research*. 31(suppl 1):e59,2017.

Sabbagh J, McConnell RJ, McConnell MC. Posterior composites: Update on cavities and filling techniques. *Journal of dentistry*. 57:86-90,2017.

Sampaio CS, Fernández Arias J, Atria PJ, Cáceres E, Pardo Díaz C, Freitas AZ, et al. Volumetric polymerization shrinkage and its

comparison to internal adaptation in bulk fill and conventional composites: A μ CT and OCT in vitro analysis. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 35(11):1568-75,2019.

Sarrett DC, Brooks CN, Rose JT. Clinical performance evaluation of a packable posterior composite in bulk-cured restorations. Journal of the American Dental Association (1939). 137(1):71-80,2006.

Shibasaki S, Takamizawa T, Nojiri K, Imai A, Tsujimoto A, Endo H, et al. Polymerization Behavior and Mechanical Properties of High-Viscosity Bulk Fill and Low Shrinkage Resin Composites. Operative dentistry. 42(6):E177-e87,2017.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 23(8):1819-29,2002.

Soto-Montero J, Nima G, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Influence of Multiple Peak Light-emitting-diode Curing Unit Beam Homogenization Tips on Microhardness of Resin Composites. Operative dentistry. 45(3):327-38,2020.

Tanner J, Tolvanen M, Garoushi S, Säilynoja E. Clinical Evaluation of Fiber-Reinforced Composite Restorations in Posterior Teeth - Results of 2.5 Year Follow-up. The open dentistry journal. 12:476-85,2018.

Tardem C, Albuquerque EG, Lopes LS, Marins SS, Calazans FS, Poubel LA, et al. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling

composites: a randomized clinical trial. Brazilian oral research. 33(0):e089,2019.

Tauböck TT, Marovic D, Zeljezic D, Steingruber AD, Attin T, Tarle Z. Genotoxic potential of dental bulk-fill resin composites. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 33(7):788-95,2017.

Tauböck TT, Oberlin H, Buchalla W, Roos M, Attin T. Comparing the effectiveness of self-curing and light curing in polymerization of dual-cured core buildup materials. Journal of the American Dental Association (1939). 142(8):950-6,2011.

Tekçe N, Aydemir S, Demirci M, Tuncer S, Sancak E, Baydemir C. Clinical Performance of Direct Posterior Composite Restorations with and without Short Glass-fiber-reinforced Composite in Endodontically Treated Teeth: 3-year Results. The journal of adhesive dentistry. 22(2):127-37,2020.

Torres CR, Jurema AL, Souza MY, Di Nicoló R, Borges AB. Bulk-fill versus layering pure ormocer posterior restorations: A randomized split-mouth clinical trial. American journal of dentistry. 34(3):143-9,2021.

Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. The journal of adhesive dentistry. 19(2):95-109,2017.

Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior

teeth: a systematic review and meta-analysis. Clinical oral investigations. 23(1):221-33,2019.

Warangkulkasemkit S, Pumpaluk P. Comparison of physical properties of three commercial composite core build-up materials. Dental materials journal. 38(2):177-81,2019.

Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials. 27(2):197-205,2011.

Yazıcı AR, Kutuk ZB, Ergin E, Karahan S, Antonson SA. Six-year clinical evaluation of bulk-fill and nanofill resin composite restorations. Clinical oral investigations. 26(1):417-26,2022.

Zaruba M, Wegehaupt FJ, Attin T. Comparison between different flow application techniques: SDR vs flowable composite. The journal of adhesive dentistry. 15(2):115-21,2013.

Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 31(3):293-301,2015.

BÖLÜM 5

ADEZİV REZİN SİMANLAR

Hatun BAL¹

Giriş

Simantasyon, indirekt restorasyonların uygulanmasındaki klinik süreçlerin son adımlarından biridir. Bu işlem iki temel amaca hizmet eder: restorasyonun yerinde tutulmasını sağlamak ve kalan diş yapısının bütünlüğünü koruyarak destek olmak (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019). Yapıştırma simanı ise restorasyon ile diş dokusu arasındaki boşlukları doldurarak indirekt restorasyonu diş yüzeyine sabitler. Bir yapıştırma simanı mekanik, kimyasal ya da her iki mekanizmanın kombinasyonu ile restorasyonların tutuculuğunu sağlar. Genel olarak simanlar, su bazlı geleneksel simanlar ve polimer bazlı adeziv rezin simanlar olarak iki kategoriye ayrılır. Cam iyonomer, çinko fosfat, polikarboksilat, rezin modifiye cam iyonomer simanlar su bazlı simanlara örnektir (Aguiar, André, Correr-Sobrinho, Arrais, & Giannini, 2014). Geleneksel siman materyalleri ile tutuculuk, çoğunlukla hazırlanan diş yüzeyleri ile restorasyonların uyumlu duvarları arasındaki sürtünme kuvvetinin etkisiyle sağlanır (Sunico-Segarra & Segarra, 2014). Adeziv rezin simanların diş dokusuna bağlanma mekanizması ise mikromekanik,

¹ Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi, Orcid: 0000-0002-7918-4759

kimyasal ve moleküler bağlanmaların bir kombinasyonuyla gerçekleşir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019).

Tarihsel olarak simanların gelişimleri incelendiğinde çinko fosfat siman 19. yüzyılın sonlarında üretilmiş ve yaklaşık 100 yıl boyunca kalıcı simantasyonda “altın standart” olarak kullanılmıştır. 1960’lı yıllarda polikarboksilat simanlar ve 1970-1980’li yıllar arasında ise cam iyonomer siman (GIC) ve rezin modifiye cam iyonomer siman (RMGIC) geliştirilmiştir. Rezin simanlar ise ilk olarak 1950’lerde ortaya çıkmıştır. Adeziv diş hekimliğindeki gelişmelerle, daha estetik ve sağlam diş yapısını korumaya yönelik parsiyel indirekt (inley, onley, laminate veneer, endokron) restorasyonlara olan talebin giderek artması rezin simanları modern diş hekimliğinde daha da popüler hale getirmiş, rezin simanlar yıllar içinde yapılan iyileştirmelerle ve yeni formülasyonlarla günümüze kadar gelişim kaydetmiştir (Hill & Edward, 2007; Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019).

Yapıştırma simanları ile inley, onley, veneer, kron, çoklu sabit protezler, endodontik postlar ve ortodontik aparatların simantasyonu mümkündür. Bu anlamda dental uygulamalarda yaygın kullanılan bu materyallerin özelliklerini (kimyasal, fiziksel ve biyolojik) bilmek ve klinik endikasyonlarını anlamak simantasyonun kalitesini sağlamak için önemlidir. Çünkü bir restorasyonun uzun dönem klinik başarısı simantasyonla doğrudan ilişkilidir. Bu materyallerin özelliklerinin yetersiz anlaşılması basit gibi görünen bu işlem neticesinde tedavinin sonucunu olumsuz etkileyerek restorasyonun başarısız olmasına neden olabilir. Dolayısıyla amaç sadece restorasyonun diş yüzeyinde tutulması değil, iyi bir sızdırmazlık sağlanarak mikrosızıntılara ve çürüklere karşı dayanıklı bir bağlanma alanı oluşturmaktır (Leung, Wong, Chu, & Yu, 2022).

İdeal bir yapıştırma simanının; biyouyumlu olması, kimyasal ve termal etkiler ile ağız ortamındaki çözünmeye karşı direnç

göstermesi, antibakteriyel özellik taşıması, estetik beklentileri karşılama, klinik olarak kolay uygulanabilmesi, uygun çalışma süresi ve kontrollü bir sertleşme süresine sahip olması beklenir. Bunun yanında, restorasyon ile diş arasında oluşabilecek gerilimlere karşı koyabilmesi için gerilme, kesme ve basınç kuvvetleri altında yüksek dayanım göstermesi, düşük büzülme sergilemesi, diş dokularına ve dental biyomateryallere güçlü bağlanabilmesi gerekir. Ancak mevcut yapıştırma simanları, pek çok özelliği büyük ölçüde karşılarsa da, günümüzde bu ideal niteliklerin tümünü tek başına eksiksiz olarak sağlayabilen bir materyal henüz bulunmamaktadır (Leung, Wong, Chu, & Yu, 2022).

Rezin Simanlar

Rezin simanlar, düşük film kalınlığı, uygun çalışma/sertleşme süreleri sağlayacak başlatıcı içeriği ve inorganik doldurucu içeriğine sahip düşük viskoziteli kompozit rezinlerdir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019).

Rezin Simanların İçeriği

Rezin simanlar, kompozit rezinlerle benzer bir içeriğe sahiptir. Organik matriks yapısı; yüksek molekül ağırlıklı bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA), üretan dimetakrilat (UDMA), etoksillenmiş Bis-GMA ve daha düşük molekül ağırlıklı trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi sertleşme reaksiyonu sırasında polimerizasyona uğrayan dimetakrilat tipi monomer ve oligomerlerin kombinasyonundan oluşur. Bu kombinasyon, polimerizasyon derecesinin yüksek olmasını sağlarken hacimsel büzülmenin sınırlandırılmasına da yardımcı olur. İnorganik bileşenler ise silanlanmış, radyoopak baryum, stronsiyum ve zirkonya gibi cam doldurucuları ile silika partiküllerinden oluşabilir. Doldurucu miktarı hacimce %30–66 arasında değişirken ortalama doldurucu boyutu 0,5–8,0 µm arasında değişiklik gösterir. Ayrıca, yaklaşık 40 nm ortalama partikül büyüklüğüne sahip silika içeren

mikrodoldurucu esaslı simanlar da bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, rezin simanların içeriğinde çeşitli pigmentler ve opaklaştırıcılar da yer alabilir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019).

Adeziv Rezin Simanların Sınıflandırılması

Adeziv rezin simanlar polimerizasyon mekanizmalarına göre ve kullanılan adeziv sistemlere göre sınıflandırılır.

Rezin Simanlarda Polimerizasyon Reaksiyonunun Mekanizması

Rezin simanların polimerizasyon mekanizması içeriğindeki dimetakrikat monomerlerin bir dizi kimyasal reaksiyonu ile gerçekleşir. Bu sürecin başlangıcında kimyasal, ısı ya da her iki mekanizmanın serbest radikal oluşumunu aktive etmesi yatar. Ardından bu serbest radikaller karbon-karbon ($C=C$) çift bağlarına saldırarak reaksiyonu başlatır ve karbon atomlarından biriyle kovalent bağ oluşumuna yol açarken, diğerinde eşleşmemiş bir elektron bırakır. Eşleşmemiş elektron (radikal) ile reaksiyon yayılır ve doldurucu parçacıkları içeren çapraz bağlı bir polimer ağ yapının oluşması sağlanır. Reaksiyon süreci, zincir hareketini sınırlandıran polimer viskozitesinin artmasından dolayı ya da diğer başka nedenlerle sona erebilir (Cadenaro, et al., 2019).

Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Adeziv Rezin Simanların Sınıflandırılması

Rezin simanlar, Uluslararası Standartlar Örgütüne (ISO 4049) göre, polimerizasyon mekanizmalarına bağlı olarak üç sınıfa ayrılır (ISO, 2019).

- Kimyasal olarak polimerize (self-cure/otopolimerize) olan rezin simanlar
- Işıklı polimerize (light-cure) olan rezin simanlar

- Hem kimyasal hem de ışıkla polimerize (dual-cure) olan rezin simanlar

Kimyasal Olarak Polimerize (Self-Cure/Otopolimerize) Olan Rezin Simanlar

Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar iki bileşenli yapıştırıcı sistemlerdir. Bileşenlerden birinde başlatıcı olarak benzoil peroksit, diğesinde ise yardımcı başlatıcı olan tersiyer amin (çoğunlukla N, N bis (2-hidroksietil)-p-toluidin) bulunur. Peroksitler ve tersiyer aminlerin karıştırılmasıyla yeterli miktarda serbest radikal oluşumu sağlanır, polimerizasyonu tetikleyen değişim-transfer etkileşimi başlamış olur. Yani bu ikili sistemdeki bileşenler birbirleriyle karıştırıldığında kimyasal bir reaksiyon meydana gelir, rezin siman sertleşerek polimer yapıya dönüşür (Ferracane, Moser, & Greener, 1985; De Souza, Braga, Cesar, & Lop, 2015)

Bu tür simanların kullanımı, ışık geğişinin mümkün olmadığı kalın, opak/metal ya da yüksek opasiteye sahip seramik malzemelerden yapılmış restorasyonlarda, post ve kronların simantasyonunda yüksek polimerizasyon ve optimal fiziksel özelliklerin elde edilebilmesi için tercih edilir (De Souza, Braga, Cesar, & Lop, 2015).

Toz/likit veya pat/pat şeklinde olan bu simanlarda polimerizasyon, bileşenlerin karıştırılmasıyla başlar ve manuel karıştırma sırasında karışıma hava kabarcıklarının girmesi, oksijenin polimerizasyonu engellemesiyle birlikte materyal içinde gözeneklerin oluşmasına ve yapısal dayanımın azalmasına neden olabilir. Bunun yanı sıra kimyasal olarak polimerize olan bu materyallerde karışım sonrası çalışma süresinin kısıtlı olması ve operatör tarafından kontrol edilememesi, önemli bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Anusavice, Shen, & Rawls, 2012). Bu simanların bir diğeri olumsuz yanı ise renk seğeneklerinin sınırlı olması ve içeriğinde bulunan yüksek konsantrasyondaki tersiyer

aminlere bağlı olarak gelişen renkleşme eğilimidir. Dolayısıyla laminate venter gibi estetik beklentinin yüksek olduğu klinik durumlarda tercih edilmez (Kilinc, Antonson, Hardigan, & Kesercioglu, 2011; Heboyan, et al., 2023)

Işıkla Polimerize (Light-Cure) Olan Rezin Simanlar

Işıkla polimerize olan rezin simanlar, başlatıcı-aktivatör sistemi dahil diğer tüm kimyasal bileşenleri tek tüpte içerir. Karıştırma gerektirmediği için hava kabarcığı riski azalmıştır. Zaman verimliliği ise kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlara kıyasla daha iyidir (Alshabib, AlDosary, & Algamaiah, 2024). Kamforokinon (CQ)/amin, ışıkla sertleşen rezin simanlarda en yaygın kullanılan fotobaşlatıcı sistemdir. Kamforokinon 470 nm dalga boyunda maksimum emilim gösteren bir fotobaşlatıcıdır. Fakat sararmaya olan yatkınlığı kullanımını sınırlandırmış ve 1-fenil 1,2-propandion (PPD) ve Lucirin TPO gibi sırasıyla 410 nm ve 390 nm dalga boylarında pik emilim gösteren farklı başlatıcı sistemlerin benimsenmesine yol açmıştır (Schneider, Cavalcante, Consani, & Ferracane, 2009).

Fotopolimerizasyon reaksiyonu, belirli dalga boyu aralığındaki fotonları emen fotobaşlatıcının (CQ, PPD, Lucirin TPO gibi) uyarılması ve ardından yardımcı başlatıcı ile reaksiyona girerek serbest radikallerin üretilmesiyle gerçekleşir. Oluşan bu serbest radikallerin metakrilat grupların C=C çift bağlarına saldırması, bağlardan birinin serbest radikal durumuna geçmesine ve sürecin yayılan bir zincir reaksiyonu şeklinde ilerlemesine neden olur. Reaksiyon, monomer konsantrasyonu azalana kadar ya da monomer hareketliliği kısıtlanana kadar hızla devam eder (Alshabib, AlDosary, & Algamaiah, 2024).

Estetik uygulamalarda ve özellikle venter restorasyonlarda ışıkla polimerize olan simanlar sıklıkla tercih edilmektedir. Venterlerin düşük kalınlığa ve yüksek ışık geçişine sahip olmaları,

polimerizasyonun etkin bir şekilde gerçekleşmesine olanak sağlamaktadır. Buna karşılık, ışık geçişini engellemesi nedeniyle metalik restorasyonlar için uygun değilken, translusent seramiklerin (feldspatik veya lösit güçlendirilmiş seramikler) simantasyonu için güvenli bir seçenektir (Borges, Sophr, De Goes, Sobrinho, & Chan, 2003; Almeida, Schmitt, Kaizer, Boscato, & Moraes, 2015).

Işıkla polimerize simanlarda, kimyasal olarak polimerize simanlarda bulunan ve zamanla renk değişimine neden olabilen aromatik amin ile benzoil peroksit gibi başlatıcıların yer almaması, estetik ve renk stabilitesi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır (Simon & Darnell, 2012; Almeida, Schmitt, Kaizer, Boscato, & Moraes, 2015).

Işıkla polimerize olan rezin simanlarda optimal polimerizasyonun sağlanabilmesi için, kullanılan ışık cihazı dışı olabildiğince yakın tutulmalı ve ışık iletiminin derinlerde optimize edilebilmesi için cihazın ucu dış yüzeyine 90 derecelik bir açıyla yerleştirilmelidir (Price, Felix, & Whalen, 2010; Marghalani, 2015).

Hem Kimyasal Hem De Işıkla Polimerize (Dual-Cure) Olan Rezin Simanlar

Hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar, bir restorasyonun en derin bölgelerinde bile optimum dönüşüm derecesi sağlamak, çalışma süresini kontrol altına almak ve ideal sürede sertleşme etkisi elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Biri katalizör diğeri baz olan ikili pat şeklindedir. Katalizör patında kimyasal başlatıcı olarak sıklıkla benzoil peroksit; baz patında ise bir fotobaşlatıcı sistem ile kimyasal reaksiyonun aktivatörü olan tersiyer amin bulunur. İki patın karıştırılması (kimyasal) ve ışık uygulamasıyla polimerizasyon süreci başlatılır. Işığın ulaşmadığı alanlarda benzoil peroksit-amin reaksiyonu, monomer dönüşümünün derecesini artırır (Fidalgo-Pereira, Torres, Carvalho, & Silva, 2023; Pick, et al., 2010; Aldhafyan, Silikas, & Watts, 2021)

Günümüzde piyasada bulunan simanların büyük bir kısmı dual-cure polimerizasyon mekanizmasına sahip olup; inleyler, onleyler, kronlar, endokronlar ve fiber postlar dahil olmak üzere çok çeşitli indirekt restorasyonların yapıştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Restoratif materyalin türü, opasitesi, kalınlığı gibi ışığın tam olarak geçişine engel oluşturacak durumlarda, restorasyonun adeziv simantasyonu için bu rezin simanlar tercih edilebilir (Heboyan, et al., 2023). Dual-cure özellikteki rezin simanlar yalnızca kimyasal olarak polimerize olabilmelerine rağmen, en yüksek sertleşme düzeyine ulaşabilmeleri için ışıkla aktivasyonun sağlanması gereklidir (Manso, et al., 2011). Yetersiz fotoaktivasyon durumu, dönüşüm derecesinin azalmasına, çözünürlüğünün artmasına, basınç dayanımının düşmesine ve dentine bağlanma gücünün zayıflamasına neden olur (Fidalgo-Pereira, Torres, Carvalho, & Silva, 2023; Aldhafyan, Silikas, & Watts, 2021).

Düşük cam içeriğine sahip seramiklerde (ör. lityum disilikat, zirkonya ve cam infiltre seramikler) materyal kalınlığının 1,5 mm'den fazla olduğu durumlarda da bu simanlar tercih edilebilir (Borges, Sophr, De Goes, Sobrinho, & Chan, 2003). Diğer yandan bu yapıştırıcı grubu da zamanla bozulan ve restorasyon-dış arayüzünde renk değişikliğine yol açabilen tersiyer aminleri yardımcı başlatıcı olarak içerdiği için vener gibi yüksek estetik beklentili restorasyonlar için önerilmez (Hardan, et al., 2024). Öte yandan ışıkla polimerize rezin simanların uygulanamadığı estetik bölgelerde kullanılmak üzere amin içermeyen dual-cure rezin simanlar geliştirilerek klinik kullanıma sunulmuştur. Bu simanlar arasında Panavia V5 (Kuraray Noritake Dental), Variolink Esthetic DC (Ivoclar Vivadent), G-CEM LinkForce (GC Corporation) ve NX3 Nexus (Kerr Dental) yer almaktadır (Atay, Palazlı, Gürdal, & Üşümez, 2019).

Bu gruptaki simanların çoğu, karışımın homojenliğini artırmak ve manuel karıştırma sırasında oluşan hava kabarcıklarını elimine etmek amacıyla karıştırma uçları (mix tip) ile sunulmaktadır (Acquaviva, et al., 2009; Ortiz-Magdaleno, Bogarin-Topete, Cerda-Cristerna, & Gutiérrez-Sánchez, 2023).

Kullanılan Adeziv Sisteme Göre Rezin Simanların Sınıflandırılması

Diş dokularına etkin bir adezyon sağlamak amacıyla birçok rezin siman, uygulama öncesinde dental substratın belirli bir ön işlemten geçirilmesini gerektirir. Simanın spesifik özelliklerine bağlı olarak bu ön işlem, total-etch (asitli-yıkamalı) veya self-etch (kendinden asitli) dentin adeziv sistemlerinin kullanımını içerebilir; bu tür simanlar adeziv rezin simanlar olarak sınıflandırılır. Ancak son yıllarda, çok aşamalı rezin simanlara alternatif olarak, herhangi bir yüzey hazırlığı gerektirmeden uygulanabilen self-adeziv rezin simanlar geliştirilmiştir (Alshabib, AlDosary, & Algamaiah, 2024). Ayrıca diş hekimliği alanında yakın zamanda tanıtılan üniversal (evrensel) rezin simanlar giderek artan bir ilgi görmekte olup, bu simanların bağlayıcı bir ajan kullanılarak veya kullanılmadan uygulanabilecekleri bildirilmiştir (Gossett, Arnason, Ellis, & Vandewalle, 2025). Rezin simanlar aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Adeziv rezin simanlar (Total-etch/Self-etch rezin simanlar)
- Self-adeziv (Kendinden adezivli) rezin simanlar
- Üniversal (evrensel) rezin simanlar

Dental piyasadaki mevcut rezin simanların adeziv sistemlere göre sınıflandırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Rezin Simanların Kullanılan Adeziv Sistemlere Göre Sınıflandırılması

Total-etch Rezin Simanlar	Self-etch Rezin Simanlar	Self- Adeziv Rezin Simanlar
RelyX Veneer (3M-Espe)	Panavia F 2.0 (Kuraray)	BeautiCem SA (Shofu)
ReplyX ARC (3M-Espe)	Panavia V5 (Kuraray)	RelyX Unicem (3M-Espe)
Choice 2 (Bisco)	Panavia 21 (Kuraray)	RelyX Unicem 2 (3M-Espe)
C&B Cement (Bisco)	Bistite (Tokuyama)	RelyX U200 (3M-Espe)
Duolink (Bisco)	Duolink SE (Bisco)	Biscem (Bisco)
Variolink 2 (Ivoclar)		SmartCem 2 (Dentsply)
Variolink Veneer (Ivoclar)		MaxCem (Kerr)
Nexus 2 (Kerr)		MaxCem Elite (Kerr)
NX3 (Kerr)		Panavia SA Luting Plus (Kuraray)
Calibra (Dentsply)		G-Cem (GC)
Dual Cement (Ivoclar)		ICem (Heraeus Kulzer)
Illusion (Bisco)		SoloCem (Coltene)
		MonoCem (Shofu)
		PermaCem (DMG)
		Multilink Sprint (Ivoclar)
		Bifix SE (Voco)
		TheraCem (Bisco)

Kaynak: (Ghodsi, Shekarian, Aghamohseni, Rasaeipour, & Arzani, 2023)

Total-etch Rezin Simanlar

Total-etch sistemler iki ve üç basamaklı sistemlerdir. İki basamaklı sistemlerde önce asit ve sonrasında primer ve bondun tek şişede birleştirildiği sistem uygulanırken, üç basamaklı sistemlerde ise asit, primer ve adeziv uygulamalarından her biri ayrı bir adımı içerir (De Munck, Van Landuyt, Peumans, & Poi, 2005). Genelde %30 veya %40'lık fosforik asit mine ve dentinin aşındırılmasında kullanılır. Asit, dentine uygulandığında smear tabakasını tamamen ortadan kaldırır ve dentinde 5-8 µm derinliğinde demineralizasyon

alanları oluşturur. Ardından dentin tübülleri genişler ve kollajen lifler açığa çıkar (Perdigão, 2020). Hidrofilik monomerler dentin ağı içinde oluşan boşluklara nüfuz ederek kollajen liflerin rezin tarafından sarılmasını ve rezin-dentin interdifüzyon bölgesinin oluşmasını sağlar (Nakabayashi, Kojima, & Masuhara, 1982)

Asitle aşındırılmış dentindeki kollajen ağı kollabe olmasını engellemek adına total-etch sistemler kullanılırken ıslak bağlanma (wet-bonding) tekniği uygulanabilir. Fakat fibriller arasında aşırı miktarda su bulunması adeziv monomerlerin seyrelemesini ve polimerizasyonun optimum şekilde gerçekleşmesini engelleyebileceğinden tekniğin uygulanma şekline dikkat edilmelidir. Ek olarak kollajen ağına bulunan su, bağlanmış arayüzlerin hızla bozulmasına sebebiyet verebilir (Hashimoto, et al., 2006; Makkar & Malhotra, 2013; Perdigão, 2020).

Total-etch rezin simanlar, bağlanma gücü en yüksek siman grubudur. Mükemmel tutunma ve üstün mekanik özellikler göstermesine rağmen bu simanların en büyük dezavantajı, kontaminasyon riskinin artmasına sebep olan ve dolayısıyla bağlanma gücünü tehlikeye atan çok adımlı uygulamasıdır. Self-etch sistemlere göre ise postoperatif hassasiyet riski de daha yüksektir. Ayrıca mineye bağlanma, total-etch strateji ile artarken dentin bağlanmasına fayda sağlamaz (Da Rosa, Piva, & da Silva, 2015).

Birçok in-vitro çalışma üç basamaklı total etch sistemlerin, iki basamaklı sistemlere göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmiş ve iki basamaklı sistemlerin uygulama aşamalarının az olmasına rağmen rezin monomerlerin yeterli penetrasyonu sağlayabilmesi için birkaç uygulama yapılmasını önermiştir (Yeşil, Çelik, & Bala, 2024).

Self-Etch (Kendinden Asitli) Rezin Simanlar

Total-etch sistemlerde kullanılan fosforik asidin, dentin koşullandırma ajanı olarak kullanımına bağlı olarak dentin kohezyon

dayanımında meydana gelen azalma ve postoperatif hassasiyet riskindeki artış, alternatif bir koşullandırma yaklaşımının geliştirilmesini sağlamış ve bu doğrultuda self-etch (kendinden asitli) adeziv sistemler üretilmiştir. Self-etch adezivler mine ve dentini aynı anda aşındıran ve primere eden, durulama gerektirmeyen asidik monomerlerden oluşur. Self-etch adezivler, bir ve iki aşamalı uygulama şeklinde mevcuttur. İki aşamalı self-etch adezivler, self-etch primer ve hidrofobik adeziv rezin içerirken, tek aşamalı self-etch adezivler ise aşındırıcı, primer ve adezivi tek bir şişede birleştirir. Bu adezivler, mine ve dentini eş zamanlı demineralize ve infiltre eder. Aşındırma özellikleri ise asidik solüsyonların pH değerleriyle ilişkilidir:

- pH değeri > 2,5 ultra hafif self-etch
- pH $\approx$ 2,0 hafif self-etch
- pH $\leq$ 1,0 güçlü self-etch

Güçlü self-etch adezivler, dentin yüzeyinde total-etch adezivlere benzer bir yüzey morfolojisi gösterir (Van Landuyt, et al., 2007; Duarte Jr, Sartori, & Sadan, 2011).

Self-etch sistemler, total-etch sistemlerden farklı olarak durulama, kurutma gerektirmez ve smear tabakasını çözer, tamamen uzaklaştırmaz. Bu sistemin asidik etkisiyle meydana gelen kısmi çözünme, intertübüler kollajeni açığa çıkarır ve rezin monomerler, uzaklaştırılan minerallerin yerini alarak kollajen boşlukları içerisinden mikromekanik kilitlenme etkisi oluşturur. Kısmi çözünme neticesinde total-etch sistemden farklı olarak kollajen yapı hidroksiapatitinden tamamen arınmış değildir. Bu durum fonksiyonel monomerlerin (10-MDP gibi) hidroksiapatit ile kimyasal etkileşim göstermesine ve bunun bir getirisi olarak bağlanma dayanımında artışa katkı sağlayabilir. Kimyasal bağlanma söz konusu olsa da, self-etch sistemlerde temel bağlanma

mekanizması mikromekanik kilitlenme şeklindedir (Perdigão, 2020; Fehrenbach, Isolan, & Münchow, 2021).

Tek basamaklı self-etch sistemlerin yıllık başarısızlık oranı, iki basamaklı self-etch sistemlerden ve total-etch sistemlerden yüksek bulunmuştur (Perdigao, et al., 2009).

Kimyasal olarak polimerize olma özelliği olan rezin simanlar (self-cure ve dual-cure) ile asidik adeziv sistemler arasında meydana gelebilecek olumsuz kimyasal etkileşimler nedeniyle bunların birlikte kullanımlarına dikkat edilmelidir. Çalışmalar, adeziv sistemin pH değerinin düşmesiyle, kimyasal olarak polimerize olan rezin simanların bağlanma dayanımında azalma olduğunu göstermiştir (Sanares, Itthagarun, King, Tay, & Pashley, 2001).

Başitleştirilmiş bir adeziv sistem kimyasal olarak polimerize olan bir simanla kullanıldığında, ışıkla polimerize olan bir simanla kullanılmasına kıyasla bağlanma dayanımında %10 ila %50 arasında bir azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanın sebebi ise inhibisyon tabakasında kalan asidik monomerlerin, rezin simanlardaki kimyasal başlatıcı sistemi olan peroksit-amin ile etkileşimidir. Asidik monomerler, siman içerisindeki tersiyer aminin nötralize olmasına ve başlatıcı ile reaksiyona girememesine yol açar ve bu durum adeziv-siman arayüzündeki bağlanmayı zayıflatır (Sanares, Itthagarun, King, Tay, & Pashley, 2001). Dual-cure veya self-cure simanların yalnızca üç basamaklı total-etch sistemlerle ya da ayrı bir bağlayıcı ajan içeren self-etch primer sistemleriyle birlikte kullanılması rezin simanların maksimum performansını sağlamak için önerilmektedir. Tek basamaklı self-etch adezivlerin, dual-cure ve self-cure rezin simanlarla olumsuz etkileşimini sınırlandırabilmek için hidrofobik rezin kaplama uygulaması da başarı sağlayabilir (de Carvalho, Lazari-Carvalho, Polonial, de Souza, & Magne, 2021).

Klinik alışmalar, total-etch sistemlere göre mineye olan bağlanmanın daha zayıf olduğunu, self-etch sistemleri kullanan rezin simanların, mineye uzun dönemli ve tatmin edici şekilde bağlanması ancak mineye fosforik asitle ön işlem uygulanması sonrasında elde edilebileceğini göstermiştir. Self-etch rezin simanlar, dentinin baskın olduğu kron ve köprüler ile inley-onley gibi restorasyonların simantasyonlarında endikedir (Simon & Darnell, 2012).

Self-Adeziv (Kendinden Adezivli) Resin Simanlar

Self-adeziv rezin simanlar, hem geleneksel simanların hem de rezin simanların bazı eksikliklerini gidermek ve olumlu özelliklerini bir araya getirmek amacıyla geliştirilmiş; bu malzeme sınıfının ilk rneği RelyX Unicem, 3M ESPE tarafından 2002 yılında piyasaya sunulmuştur (Radovic, Monticelli, Goracci, Vulicevic, & Ferrari, 2008; Ferracane, Stansbury, & Burke, 2011). Çok aşamalı adeziv protokol gerektiren simantasyon işleminin karmaşık ve tekniğe duyarlı olması, klinik uygulamayı önemli ölçüde basitleştirme ve kolaylaştırma ihtiyaını ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda self-adeziv rezin simanlar, diş yüzeyinde önceden özel bir hazırlık (asit, primer ve adeziv uygulama gibi) gerektirmemeleri sayesinde tek adımlı bir protokolle uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır (Radovic, Monticelli, Goracci, Vulicevic, & Ferrari, 2008). Bu rn grubunun ilk kuşağı, elle karıştırılan pat/pat şeklinde veya tritürasyonla karıştırılan toz/likit karışımları şeklinde dir. Daha yeni kuşaklar ise iki bileşenli macun formunda hazırlanmakta ve karıştırıcı u yardımıyla otomatik olarak homojen hale getirilebilmektedir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019).

Self-adeziv rezin simanların temel bileşenleri arasında, rezin esaslı materyallerde yaygınlıkla kullanılan Bis-GMA, UDMA, HEMA (2-hidroksietil metakrilat) ve TEGDMA gibi metakrilat

monomerleri yer alır. Bununla birlikte, geleneksel rezin simanlardan farklı olarak, mine ve dentini aynı anda demineralize edip infiltre edebilen ve diğer monomerlerle etkileşerek bağlanma dayanımını artıran asidik ve hidrofilik fonksiyonel monomerleri de içerir. Bunlara ek olarak, yapısında simanın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen doldurucu partiküller yer alır. Doldurucu oranı ağırlıkça yaklaşık %60–75 arasında değişmekte olup, baryum florealüminoborosilikat cam, stronsiyum-kalsiyum alüminosilikat cam, kolloidal silika, iterbiyum florür ve kuvars gibi asitte çözünabilen cam dolduruculardan meydana gelir. Monomerler ve dolduruculara ilave olarak fotobaşlatıcı ve redoks başlatıcı sistemler ve pigmentler de siman içeriğinde bulunur (Ferracane, Stansbury, & Burke, 2011; Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019)

Asidik monomerler; karboksilik asit grupları, fosfat ya da fosfonat temelli polimerize olabilen monomerlerdir. Karboksilik fonksiyonel monomerlere, 4-metakrilo-oksietil trimellitik anhidrit (4-META) ve piromellitik gliserol dimetakrilat (PMGDM) örnek verilebilir. Fosfat grubu içeren monomerler arasında ise 2-metakriloksietil fenil hidrojen fosfat (Phenyl-P), 10-metakriloloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) ve dipentaeritritol pentaakrilat monofosfat (Penta-P) sayılabilir. Organik matriks içeriğinde bulunan bu asidik monomerler (10-MDP gibi) mine ve dentini demineralize ve infiltre ederken, hidroksiapatitin kalsiyum iyonlarını şelatlayarak diş dokusuna mikromekanik bağlanmanın yanında kimyasal bağlanma da sağlarlar. (Perdigão, 2020). Bu asidik monomerlerin konsantrasyonu, mine ve dentini etkili şekilde demineralize etmek ve yeterli bağlanmayı sağlayabilmek için yeterince yüksek; polimerize malzemede fazla hidrofiliteyi önlemek için ise yeterince düşük olmalıdır. Çünkü yüksek hidrofilite mekanik dayanımı ve boyutsal stabiliteyi tehlikeye sokar. Bu simanlar ilk karıştırıldığında düşük pH ($\text{pH} < 2$) ve oldukça hidrofilik özellik gösterirken, sertleşme sonunda pH nötralize ($\text{pH}=7$) olur ve

hidrofilik yapı hidrofobik polimer bir yapıya dönüşür (Ferracane, Stansbury, & Burke, 2011; Makkar & Malhotra, 2013).

Bu rezin simanlar, polimerizasyon mekanizmasının hem ışıkla hem de kimyasal olarak gerçekleşmesi nedeniyle dual-cure özellik gösterir. Siman bileşenleri karıştırıldığında, asidik fonksiyonel monomerler ile asitte çözünebilen cam doldurucular ve dış yüzeyi arasında asit-baz reaksiyonu meydana gelir ve bunun sonucunda kademeli bir kimyasal sertleşme süreci başlar. Çalışma süresinin sonunda uygulanan ışık ile foto-polimerizasyon başlar ve sertleşme sürecine katkı sağlanarak yüksek bir nihai dönüşüm derecesi elde edilir (Makkar & Malhotra, 2013).

Self-adeziv simanların klinik kullanımında öne çıkan avantajlardan birisi de postoperatif hassasiyetin nadir görülmesidir. Dentinin fosforik asit ile pürüzlendirilmesine gerek olmaması ve başlangıçta bir miktar florür salması, bunun nedenleri olarak gösterilmiştir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019). Ayrıca total-etch rezin simanlar birden fazla uygulama basamağı içerdiğinden, her basamak potansiyel bir kontaminasyon noktası oluşturmaktadır. Self-adeziv simanlar ile bu basamaklar ortadan kaldırılarak süreç kısılır ve bu şekilde hem zamandan tasarruf sağlanır, hem de en önemlisi kontaminasyonun gerçekleşme olasılığı en aza indirilir. Bunlara ek olarak self-adeziv simanların kullanımıyla yapıştırma prosedürüne bağlı potansiyel uygulama hataları azaltılmakta ve simantasyon tek basamakta gerçekleştirilebilmektedir (Burgess & Ghuman, 2008; Hitz, Stawarczyk, Fischer, Hämmerle, & Sailer, 2012)

Farklı üreticiler tarafından ticari olarak sunulan, uygulama protokolü, çalışma ve sertleşme süresi ile kimyasal bileşimi farklılık gösteren çok çeşitli self-adeziv rezin simanlar mevcuttur. Bu ürünlerin hepsi her ne kadar oto-adeziv bir teknolojiye dayanarak dış dokusuna bağlansa da mekanik özellikleri ve bağlanma

performansları arasında farklılıklar bulunmaktadır (Makkar & Malhotra, 2013).

Self adeziv rezin simanlar, endodontik post alanına erişimin sınırlı olmasının oluşturduğu zorluklara rağmen herhangi bir yüzey hazırlığı gerektirmemesi sayesinde, klinisyenlerin cam fiber postları daha basit, standardize ve teknik hassasiyeti azaltılmış bir yaklaşımla yapıştırımlarına olanak tanır (Radovic, Mazzitelli, Chieffi, & Ferrari, 2008). Yapılan bir meta-analizde, kısa ve uzun dönem yaşlandırma koşullarında cam fiber postlar ile kök kanal dentini arasındaki bağlanmada self-adeziv rezin simanların en etkili yapıştırıcı ajanlar olduğu bildirilmiştir (Angnanon, Thammaruk, & Guazzato, 2023).

Self-adeziv rezin simanlar, çok basamaklı adeziv rezin simanlara kıyasla hem mine hem de dentin yüzeyine daha düşük yapışma performansı ve bağlanma dayanımı sergilerler. Bu durum onların minimum tutunma ve direnç formlarına sahip restorasyonların simantasyonunda kullanımını olumsuz etkiler. Ayrıca bu simanların mineye bağlanmasının zayıf olması ve renk değişikliğine fazla eğilimi vener simantasyonu için de kullanımını sınırlandırır (Miotti, et al., 2020). Kısa süreli takipli çalışmalarda diğer adeziv rezin simanlarla benzer klinik sonuçlar göstermiş olsa da, beş yıllık prospektif bir çalışmada total-etch rezin simanın marjinal devamlılık ve adaptasyon açısından daha başarılı bulunduğu gösterilmiştir (Eltoukhy, Elkaffas, Ali, & Mahmoud, 2021). Bu durumun sebebi olarak, rezin simanın yapısal olarak visküz olması ve içeriğindeki asidik monomer konsantrasyonunun, geleneksel rezin simanlarda kullanılan asitleyici ajanlar ile primer/adezivlere kıyasla çok daha düşük olması ve bu nedenlerle de rezin monomerlerin dentin kollajen ağına tam olarak penetre olamaması gösterilmektedir. Bu durumun da hibrit tabakanın kalitesini azalttığı belirtilmiştir (Monticelli, Osorio, Mazzitelli, Ferrari, & Toledano, 2008; Baroudi, Miranda, Vitti, & Brandt, 2022).

Bu simanların, dentinin fosforik asitle ön koşullandırılmasının dentine bağlanma gücünü olumsuz etkileyebileceği ihtimali nedeniyle genellikle tercih edilmediği, buna karşın mineye bağlanmanın artırılması için geniş mine marjinlerinin bulunduğu durumlarda %37'lik fosforik asit gibi güçlü bir asitle pürüzlendirme yapılmasının kesinlikle önerildiği bildirilmiştir (Sakaguchi, Ferracane, & Powers, 2019; Perdigão, Araujo, Ramos, Gomes, & Pizzolotto, 2021).

Üniversal (Evrensel) Rezin Simanlar

Üniversal rezin simanlar, bileşen sayısını ve/veya bireysel klinik duruma bağlı olarak klinik adımları azaltma hedefiyle piyasaya sunulmuş yeni nesil self-adeziv rezin simanlar olarak da değerlendirilebilmektedir. Bu çok yönlü malzeme sınıfı, hem self-adeziv hem de adeziv rezin siman olarak kullanılabilmekte olup, redoks sisteminin asidik ve nötr bileşenleri ile hidrofobik ve hidrofilik özelliklerini birbirinden ayıracak şekilde tasarlanmış iki macunlu sistemlerden oluşmaktadır. Bu yeni nesil simanların formülasyonları, önerilen üniversal adezivlerle sorunsuz çalışabilmelerini sağlamak, kürlenme sırasında oluşabilecek uyumsuzlukları önlemek ve hem dental dokular hem de restoratif materyallerle ideal etkileşimi sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Mevcut ürünler arasında yalnızca üç siman, tüm kriterleri karşılayarak “üniversal siman” sınıfına girmektedir: RelyX Üniversal (RXU, 3M Oral Care, St Paul, ABD) Scotchbond Üniversal Plus ile; Panavia SA Üniversal (PSAU, Kuraray Noritake Dental Inc, Okayama, Japonya) Clearfil Üniversal Bond Quick ile; SoloCem (SOC, Coltène/Whaledent, Altstätten, İsviçre) ise OneCoat 7 Üniversal adeziv ile kullanılmaktadır (Maravić, et al., 2023).

Üniversal Rezin Simanların Dış Dokusuna Bağlanması

Üniversal rezin simanların dış dokusuna güvenilir ve öngörülebilir bir şekilde bağlanabilmesi amacıyla, bu simanların

formülasyonlarına fonksiyonel asidik monomerler eklenir. Bu monomerler, diş dokusunu hem hafifçe aşındırıp infiltre eder hem de hidroksiapatit (Ca^{2+} iyonları) ile kimyasal bağlar oluşturarak metakrilat monomerlerle etkileşir. Böylece diş yüzeyinde kısmi bir “silanizasyon” etkisi ortaya çıkar. Bu rezin simanlarda yaygın olarak kullanılan fonksiyonel asidik monomerler arasında 4-META, PENTA, 10-MDP yer almaktadır. Altın standart fonksiyonel monomer olarak ise 10-MDP kabul edilmektedir. Bu fosforik asit-aracılı metakrilat grubu, hidroksiapatit ile güçlü ve stabil bağlar kurarak 10-MDP-Ca tuzlarını oluşturur ve aynı zamanda kollajenle hidrojen bağları yapar. Ayrıca 10-MDP, rezin monomerlerinin karbon zinciri ile de bağlanabilir. Bunun yanı sıra, 10-MDP ve 10-MDP-Ca tuzları, hibrit tabakanın bozulmasına yol açan dentin matriks metaloproteinazların aktivitesini inhibe ederek rezin-dentin bağlarının ömrünü uzatır. Daha önce anlatılan her üç üniversal rezin simanı ve bunlarla ilişkili üniversal adezivler, 10-MDP ve/veya diğer fonksiyonel monomerleri içerir (Maravić, et al., 2023).

Üniversal Resin Simanlar Adezivli mi Adezivesiz mi Kullanılmalı?

Üniversal rezin simanlar, hem adeziv hem de self-adeziv modda kullanılabilen, çok yönlü simanlardır. Gossett ve ark.’nın çalışmasında, üniversal rezin simanın (Panavia SA Cement Universal, Kuraray) mineye bağlanmasının, adeziv bir ajan kullanılıp kullanılmamasından büyük ölçüde etkilenmediği gözlemlenmiştir. Buna karşılık, adeziv ajan kullanımı dentine bağlanmada anlamlı bir artış sağlamış ve bağlanma dayanımını olumlu yönde etkilemiştir. Bu bulgular, üniversal rezin simanların dentin yüzeyinde, bağlanmayı artırmak için adeziv ajan kullanımının yararlı olabileceğini göstermektedir (Gossett, Arnason, Ellis, & Vandewalle, 2025). Yapılan başka bir çalışmada, bu simanlar (RelyX ULTIMATE Resin Cement, 3M) adeziv bağlayıcı ajan ile kullanıldığında dentine bağlanma gücünün %141 oranında arttığı ve

geleneksel adeziv rezin simanlarla benzer bir performans sergilendiği gösterilmiştir. Adeziv ajan kullanılmadığında ise üniversal rezin simanın, self-adeziv rezin siman gibi davranarak dentine benzer bir bağlanma gücü sağladığı bildirilmiştir. Literatürde de belirtildiği üzere, adeziv ajanların demineralize dentin substratının daha derinlerine nüfuz etme yeteneği, gözlenen performans artışının başlıca nedeni olarak gösterilmektedir (Miotti, et al., 2020). Dolayısıyla bu bulgular, klinik uygulamalarda üniversal rezin simanların kullanım stratejileri için önemli çıkarımlar sunmaktadır. Yüksek bağlanmanın gerektiği durumlarda adeziv bağlayıcı ajan ile kullanılması önerilirken, daha az yapışmanın yeterli olduğu durumlarda simanın self-adeziv modda uygulanmasının yeterli olabileceği bildirilmiştir (Andrews & Gedge, 2023).

Rezin Simanlar Üzerinde Yapılan Modifikasyonlar

Rezin simanlarda yapılan en yeni geliştirmelerden biri, bu materyallerin antikaryojenik özelliklerini artırmaya yönelik çalışmalardır. Restorasyonların başarısızlığının altında yatan ana nedenlerden biri sekonder çürüklerdir. Bu nedenle restorasyon başarısızlığını azaltmak için sekonder çürükleri önlemek şarttır. Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan rezin simanların ise antibakteriyel etkinliği yoktur (Brouwer, Askar, Paris, & Schwendicke, 2016). Güncel gelişmeler incelendiğinde, antimikrobiyal etkinlik kazandırmak ve çürük oluşumunu engellemek amacıyla rezin simanlara setilpiridinyum klorür montmorillonit, klorheksidin, ursolik asit gibi bileşiklerin eklendiği ve mekanik özelliklerinin olumsuz etkilenmemesi için uygun konsantrasyonlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Jo, et al., 2024; Mehdawi, et al., 2022; Yoshihara, Nagaoka, Makita, Yoshida, & Van Meerbeek, 2023).

Rezin simanlarda yapılan modifikasyonların bir diğeri de polimerizasyonunun artırılmasına yönelik olmuştur. Polimerizasyon süreci, bu materyallerin mekanik özelliklerini ve bağlanma dayanımlarını direkt olarak etkilemektedir. Rezin esaslı dental materyallerin birçoğunda polimerizasyon başlatıcısı olarak benzoil peroksit (BPO)/tersiyer amin kombinasyonu kullanılmaktadır. Bu sistem iyi çalışsa da self-etch ve self-adeziv rezin simanlarla kullanıldığında etkinliği azalır. Çünkü siman içeriğindeki asidik fonksiyonel monomerler, tersiyer aminlerle tuz oluşturarak BPO-aminin serbest radikal oluşumunu inhibe eder. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak ve daha etkin bir kürlenme sağlamak amacıyla BPO/tersiyer amin/sülfonik asit sistemi geliştirilmiştir. Bu kimyasal polimerizasyon hızlandırıcısı, bazı adezivlerle birlikte ya da ayrı bir şişe olarak sunulmaktadır. Panavia 21/F/F2.0 (Kuraray Noritake) gibi self-etch primer destekli rezin simanlar BPO/tersiyer amin/sülfonik asit sistemi ile polimerize olur. Bu sistemin kullanılmasının daha hızlı polimerizasyon ve yüksek dönüşüm derecesi sağladığı gösterilmiştir. Fakat sistem etkin çalışsa da asidik monomerler hala tersiyer aminleri nötralize edebilmekte, bu nedenle dönüşüm derecesi düşük olabilmektedir (Kwon, Bagheri, Kim, Kim, & Burrow, 2012). Dolayısıyla polimerizasyonu arttırmaya yönelik “dokunarak kürlenme (touch-cure)” veya “temasla kürlenme (contact-cure)” olarak adlandırılan daha güncel bir yöntem geliştirilmiştir. Bu sistemde, primer içinde bulunan tescilli, üçüncül olmayan bir amin hızlandırıcı kullanılır ve simanla temas ettiğinde kürlenmeyi hızlandırır. Panavia V5 (Kuraray Noritake) touch-cure sistemini kullanır ve kürlenme siman-diş arayüzünde başlar (Takagaki, et al., 2019; Yoshihara, et al., 2021).

Kaynakça

Acquaviva, P., Cerutti, F., Adami, G., Gagliani, M., Ferrari, M., Gherlone, E., & Cerutti, A. (2009). Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *journal of dentistry*, 37(8), 610-615.

Aguiar, T., André, C., Correr-Sobrinho, L., Arrais, C., & Giannini, M. (2014). Effect of storage times and mechanical load cycling on dentin bond strength of conventional and self-adhesive resin luting cements. *The Journal of prosthetic dentistry*, 111(5), 404-410.

Aldhafyan, M., Silikas, N., & Watts, D. (2021). Influence of curing modes on thermal stability, hardness development and network integrity of dual-cure resin cements. *Dental Materials*, 37(12), 1854-1864.

Almeida, J., Schmitt, G., Kaizer, M., Boscato, N., & Moraes, R. (2015). Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(2), p. 272-277.

Alshabib, A., AlDosary, K., & Algamaiah, H. (2024). A comprehensive review of resin luting agents: Bonding mechanisms and polymerisation reactions. *The Saudi Dental Journal*, 36(2), 234-239.

Andrews, E., & Gedge, J. (2023). Bond strength of a novel universal resin cement to dentin with or without an adhesive bonding agent: an in vitro study. *The journal of contemporary dental practice*, 24, 725-728.

Angnanon, W., Thammajaruk, P., & Guazzato, M. (2023). Effective luting agents for glass-fiber posts: A network meta-analysis. *Dental Materials*, 39(12), 1180-1189.

Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H. (2012). Phillips' science of dental materials. Elsevier Health Sciences.

Atay, A., Palazli, Z., Gürdal, I., & Üşümez, A. (2019). Color change of different dual-cure resin cements after thermocycling. *Odovtos-International Journal of Dental Sciences*, 21(2), 53-62.

Baroudi, K., Miranda, M.-E., Vitti, R.-P., & Brandt, W.-C. (2022). Bond strength of self-adhesive resin cement to dentin using different adhesion protocols. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 14(1), e35.

Borges, G., Sophr, A., De Goes, M., Sobrinho, L., & Chan, D. (2003). Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 89(5), p. 479-488.

Brouwer, F., Askar, H., Paris, S., & Schwendicke, F. (2016). Detecting secondary caries lesions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 95(2), 143-151.

Burgess, J., & Ghuman, T. (2008). A practical guide to the use of luting cements. *Academy of Dental Therapeutics and Stomatology*, 1-11.

Cadenaro, M., Maravic, T., Comba, A., Mazzoni, A., Fanfoni, L., Hilton, T., . . . Breschi, L. (2019). The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dental Materials*, 35(1), e1-e22.

Da Rosa, W., Piva, E., & da Silva, A. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*, 43(7), 765-776.

de Carvalho, M., Lazari-Carvalho, P., Polonial, I., de Souza, J., & Magne, P. (2021). Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled

adhesive systems. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 33(1), 88-98.

De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., & Poi. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research*, 84(2), 118-132.

De Souza, G., Braga, R., Cesar, P., & Lop, G. (2015). Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *Journal of Applied Oral Science*, 23(4), 358-368.

Duarte Jr, S., Sartori, N., & Sadan, A. (2011). Adhesive Resin Cements for Bonding Esthetic Restorations: A Review. *Quintessence of Dental Technology (QDT)*, 34.

Eltoukhy, R., Elkaffas, A., Ali, A., & Mahmoud, S. (2021). Indirect resin composite inlays cemented with a self-adhesive, self-etch or a conventional resin cement luting agent: A 5 years prospective clinical evaluation. *Journal of dentistry*, 112, 103740.

Fehrenbach, J., Isolan, C., & Münchow, E. (2021). Is the presence of 10-MDP associated to higher bonding performance for self-etching adhesive systems? A meta-analysis of in vitro studies. *Dental Materials*, 37(10), 1463-1485.

Ferracane, J., Moser, J., & Greener, E. (1985). Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, 54(4), 483-487.

Ferracane, J., Stansbury, J., & Burke, F. (2011). Self-adhesive resin cements—chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of oral rehabilitation*, 38(4), 295-314.

Fidalgo-Pereira, R., Torres, O., Carvalho, O., & Silva, F. (2023). A scoping review on the polymerization of resin-matrix cements used in restorative dentistry. *Materials (Basel)*, 16, 1560.

Ghodsi, S., Shekarian, M., Aghamohseni, M., Rasaeipour, S., & Arzani, S. (2023). Resin cement selection for different types of fixed partial coverage restorations: A narrative systematic review. *Clinical and experimental dental research*, 9(6), 1096-1111.

Gossett, J., Arnason, S., Ellis, A., & Vandewalle, K. (2025). Bond Strength of a Self-Adhesive Universal Resin Cement to Enamel and Dentin with or without an Adhesive Bonding Agent. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 17(9), e1077.

Hardan, L., Bourgi, R., Hernández-Escamilla, T., Piva, E., Devoto, W., Lukomska-Szymanska, M., & Cuevas-Suárez, C. (2024). Color stability of dual-cured and light-cured resin cements: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Prosthodontics*, 33(3), 212-220.

Hashimoto, M., Tay, F., Svizero, N., de Gee, A., Feilzer, A., Sano, H., . . . Pashley, D. (2006). The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dental materials*, 22(6), 560-568.

Heboyan, A., Vardanyan, A., Karobari, M., Marya, A., Avagyan, T., Tebyaniyan, H., . . . Rokaya, D. (2023). Dental luting cements: an updated comprehensive review. *Molecules*, 28(4), 1619.

Hill, & Edward, E. (2007). Dental cements for definitive luting: a review and practical clinical considerations. *Dental Clinics of North America*, 51(3), 643-658.

Hitz, T., Stawarczyk, B., Fischer, J., Hämmerle, C., & Sailer, I. (2012). Are self-adhesive resin cements a valid alternative to conventional resin cements? A laboratory study of the long-term bond strength. *Dental Materials*, 28(11), 1183-1190.

ISO, B. (2019). 4049: 2019; Dentistry—Polymer-Based Restorative Materials. London, UK: British Standard.

- Jo, J., Jeon, M.-J., Park, S., Shin, S.-J., Kim, B.-i., & Park, J.-W. (2024). Anti-cariogenic effect of experimental resin cement containing ursolic acid using dental microcosm biofilm. *Journal of Dentistry*, 151, 105447.
- Kilinc, E., Antonson, S., Hardigan, P., & Kesercioglu, A. (2011). Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *Journal of dentistry*, 39, e30-e36.
- Kwon, T.-Y., Bagheri, R., Kim, Y., Kim, K.-H., & Burrow, M. (2012). Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 3(1), 3-16.
- Leung, G., Wong, A., Chu, C., & Yu, O. (2022). Update on dental luting materials. *Dentistry journal*, 10(11).
- Makkar, S., & Malhotra, N. (2013). Self-adhesive resin cements: a new perspective in luting technology. *Dental update*, 40(9), 758-768.
- Manso, A., Silva, N., Bonfante, E., Pegoraro, T., Dias, R., & Carvalho, R. (2011). Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dental Clinics*, 55(2), 311-332.
- Maravić, T., Mazzitelli, C., Mancuso, E., Del Bianco, F., Josić, U., Cadenaro, M., . . . Mazzoni, A. (2023). Resin composite cements: Current status and a novel classification proposal. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 35(7), 1085-1097.
- Marghalani, H. (2015). Resin-based dental composite materials. In *Handbook of bioceramics and biocomposites* (pp. 1-38). Springer.
- Mehdawi, I., Kitagawa, R., Kitagawa, H., Yamaguchi, S., Hirose, N., Kohno, T., & Imazato, S. (2022). Incorporation of chlorhexidine in self-adhesive resin cements. *Dental Materials Journal*, 41(5), 675-681.

Miotti, L., Follak, A., Montagner, A., Pozzobon, R., Da Silveira, B., & Susin, A. (2020). Is conventional resin cement adhesive performance to dentin better than self-adhesive? A systematic review and meta-analysis of laboratory studies. *Operative dentistry*, 45(5), 484-495.

Monticelli, F., Osorio, R., Mazzitelli, C., Ferrari, M., & Toledano, M. (2008). Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *Journal of dental research*, 87(10), 974-979.

Nakabayashi, N., Kojima, K., & Masuhara, E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of biomedical materials research*, 16(3), 265-273.

Ortiz-Magdaleno, M., Bogarin-Topete, E., Cerda-Cristerna, B., & Gutiérrez-Sánchez, M. (2023). Effect of degree of conversion on the surface properties of polymerized resin cements used for luting glass fiber posts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(2), 256. e1-256. e12.

Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion—not there yet. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 190-207.

Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R., Gomes, G., & Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry*, 33(1), 51-68.

Perdigão, J., Dutra-Corrêa, M., Anauate-Netto, C., Castilhos, N., Carmo, A., Lewgoy, H., . . . Cordeiro, H. (2009). Two-year clinical evaluation of self-etching adhesives in posterior restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 11(2).

Pick, B., Gonzaga, C., Junior, W., Kawano, Y., Braga, R., & Cardoso, P. (2010). Influence of curing light attenuation caused by aesthetic indirect restorative materials on resin cement polymerization. *European journal of dentistry*, 4(03), 314-323.

Price, R., Felix, C., & Whalen, J. (2010). Factors affecting the energy delivered to simulated class I and class v preparations. *Journal (Canadian Dental Association)*, p. a94-a94.

Radovic, I., Mazzitelli, C., Chieffi, N., & Ferrari, M. (2008). Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *European journal of oral sciences*, 116(6), 557-563.

Radovic, I., Monticelli, F., Goracci, C., Vulicevic, Z., & Ferrari, M. (2008). Self-adhesive resin cements: a literature review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 10(4).

Sakaguchi, R., Ferracane, J., & Powers, J. (2019). *Craig's restorative dental materials*. Elsevier.

Sanares, A., Itthagarun, A., King, N., Tay, F., & Pashley, D. (2001). Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dental Materials*, 17(6), 542-556.

Schneider, L., Cavalcante, L., Consani, S., & Ferracane, J. (2009). Effect of co-initiator ratio on the polymer properties of experimental resin composites formulated with camphorquinone and phenyl-propanedione. *Dental Materials*, 25(3), 369-375.

Silva, J., Feitosa, R., Ferreira, D., & Viana, M. (2021). Use of self-adhesive resin cements in dentistry: a literature review. *Journal of Health Sciences*, 23(1), 51-55.

Simon, J., & Darnell, L. (2012). Considerations for proper selection of dental cements. *Compendium of Continuing Education in*

Dentistry (15488578),. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (15488578)*, 33(1).

Sunico-Segarra, M., & Segarra, A. (2014). The evolution of cements for indirect restorations from luting to bonding. In *A Practical Clinical Guide to Resin Cements* (pp. 3-7). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Takagaki, T., Ko, A., Halabi, S., Sato, T., Ikeda, M., Nikaido, T., . . . Tagami, J. (2019). Adhesion durability of dual-cure resin cements and acid-base resistant zone formation on human dentin. *Dental Materials*, 35(7), 945-952.

Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., . . . Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-3785.

Yeşil, S., Çelik, A., & Bala, O. (2024). İndirekt rezin kompozit ve seramik restorasyonların simantasyonu. *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 3(1), 317-328.

Yoshihara, K., Nagaoka, N., Benino, Y., Nakamura, A., Hara, T., Maruo, Y., . . . Van Meerbeek, B. (2021). Touch-cure polymerization at the composite cement-dentin interface. *Journal of dental research*, 100(9), 935-942.

Yoshihara, K., Nagaoka, N., Makita, Y., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2023). Long-term antibacterial efficacy of cetylpyridinium chloride-montmorillonite containing PMMA resin cement. *Nanomaterials*, 13(9), 1495.

