

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE LİTERATÜRE DAYALI GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editör
NESLİHAN ÇELİK



BİDGE Yayınları

**RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE LİTERATÜRE DAYALI
GÜNCEL YAKLAŞIMLAR**

Editör: NESLİHAN ÇELİK

ISBN: 978-625-372-670-6

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 13.06.2025

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



İçindekiler

RADYOTERAPİ UYGULAMALARININ RESTORATİF MATERYALLERE ETKİLERİ.....	4
TUBANUR ÇEBİ	4
BÜŞRA GÜLEÇ	4
PINAR GÜL	4
KOMPOZİT DOLGU MATERYALLERİNDE KULLANILAN ANTİBAKTERİYEL AJANLAR	42
NAGİHAN EKEN	42
MERVE UZUN	42
NESLİHAN ÇELİK	42
DENTAL ADEZİVLER: TARİHÇESİ, GÜNCEL GELİŞMELER VE GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER	70
MUHAMMET HİLMİ KOTAN	70
MERVE İŞCAN YAPAR	70
BEYAZLATMA TEDAVİLERİ ÜZERİNE GÜNCEL LİTERATÜR TARAMASI	93
ZEYNEP SU SÖNMEZ	93
HAKKI KAVAFOĞLU	93
NURCAN ÖZAKAR	93
DERİN KAVİTELERDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR.....	147
BÜŞRA BAZNA.....	147
ÖMER SAĞSÖZ.....	147

RADYOTERAPİ UYGULAMALARININ RESTORATİF MATERYALLERE ETKİLERİ

**TUBANUR ÇEBİ¹
BÜŞRA GÜLEÇ²
PINAR GÜL³**

Giriş

Kanser, dünya çapında mortalitenin yaklaşık % 12' sinden sorumlu olan, genellikle akut ataklarla seyreden, uzun süreli kronik hastalıklardan biridir (Torre & ark., 2016). Kanser insidansı ve mortalitesi dünya çapında hızla artmaktadır. Baş ve boyun kanseri, dünya çapında yılda 500.000'den fazla vakası rapor edilen altıncı en yaygın kanserdir (Wittekindt & ark., 2018). Baş-boyun kanseri tedavisinde radyoterapi, kemoterapi, cerrahi uygulamalar ve bunların kombinasyonları kullanılmaktadır. Radyoterapi iyonize radyasyon kullanılarak tümör dokusunun küçültülmesini veya yok edilmesini hedefleyen tedavi yöntemidir. Radyoterapi, baş-boyun

¹ Dt., Atatürk Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Diş Protez Teknolojisi Bölümü, Erzurum/Türkiye, ORCID: 0009-0001-0911-1052

² Uzman Dt., Kastamonu Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümü, Kastamonu/Türkiye, ORCID: 0000-0002-1502-3649

³ Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Erzurum/Türkiye, ORCID: 0000-0003-3714-4991

kanserlerinin tedavisinde ve metastatik yayılımının önlenmesi amacıyla etkin şekilde kullanılmasına rağmen, hem sistemik hem de lokal olarak ciddi komplikasyonlara sebep olabilmektedir. Baş-boyun radyoterapisinin oral komplikasyonları arasında; ağız kuruluğu, mukositis ve stomatitis, tad alma duyusunda azalma, yutkunma güçlüğü, diş çürükleri, trismus, osteoradyonekrozu saymak mümkündür (Doğan, Oktay & Saydam, 1991).

Baş-Boyun Kanserlerine Genel Bakış

Baş ve boyun kanseri, her yıl dünya çapında tahmini 650 000 yeni kanser vakası ve 350.000 kanser ölümüne neden olan tüm kanser vakaların yaklaşık %6'sını temsil eden en yaygın altıncı kanser türüdür (Parkin & ark., 2005). Baş-boyun kanserleri; oral kavite (dudak, dilin anterior bölümü, diş etleri, yanak mukozası, ağız tabanı, sert damak ve retromolar üçgen), paranasal sinüsler (maksiller, ethmoid, sfenoid ve frontal sinüsler), tükürük bezleri, nazal kavite, farinks, larinks, tiroid bezi ve servikal lenf nodüllerinde görülen maligniteleri kapsayan kanser grubudur. Baş-boyun kanserleri çoğunlukla (yaklaşık % 60'ı) lokal ileri evrede saptanmakta ve sıklıkla yaşamın altıncı, yedinci ve sekizinci dekatlarında gözlenmektedir (D. Chin & ark., 2006).

Baş-Boyun Kanserleri Etiyolojisi ve Risk Faktörleri

Skuamöz hücreli karsinom, tüm baş ve boyun malignitelerinin %90'ını oluşturan en yaygın histolojik baş ve boyun kanseri türüdür (Bose, Brockton & Dort, 2013). Baş ve boyun skuamöz hücreli karsinomlarının (SHK), etiyolojisinde ilk sırada sigara ve alkol kullanımı gelmektedir (Patel & ark., 2020). Baş-boyun kanserleri kadınlara nazaran erkeklerde daha sık görülmektedir. Erkek/kadın görülme sıklığı, tütün kullanan kadınların sayısındaki artışla son yıllarda birbirine yaklaşmıştır. Bunun dışında risk faktörleri arasında yaş, ırk genetik özellikler, radyasyona maruz kalma miktarı, meslek, kronik enfeksiyon varlığı,

immünolojik bozukluklar, kronik travma, kötü ağız hijyeni ve beslenme bozuklukları sayılabilir. Skuamöz hücreli kanserlerinin gelişiminde Human papillomavirus (HPV) enfeksiyonu günümüzde kabul edilmiş önemli bir risk faktörüdür (Gleber- Netto & ark., 2019).

Baş-Boyun Kanserleri Bulguları ve Şikayetleri

Baş-boyun kanserlerinin bulguları ve şikayetleri arasında ağrısız servikal kitleler, ses değişimleri, yutkunma güçlükleri, odinofaji, iyileşmeyen oral ülserler, otalji, orta kulak iltihabı, trismus, kranial sinir harabiyetleri ve hemoptizi sayılabilir.

Baş-Boyun Kanserleri Tanı Yöntemleri

Baş-boyun kanserlerinde ilk tanı ve evrelemesinin belirlenmesinde; fiziksel muayene, endoskopik değerlendirme ve lezyonların açık biyopsilerinin yanı sıra ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi geleneksel anatomik görüntüleme yöntemleri ile birlikte PET/BT yer almaktadır (Koç & Balcı, 2011).

Baş-Boyun Kanserlerinde Tedavi

Kanser tedavisinin esas amacı, sağlıklı dokuların korunarak ya da olabildiğince az harabiyet oluşturarak kanser hücrelerinin tamamının ortadan kaldırılmasıdır. Baş-boyun kanseri tanısı alan hastaların tedavisinde genellikle kemoterapi, radyoterapi ve cerrahi, yöntemleri tek başlarına veya birbirleri ile kombinasyonlar halinde uygulanabilmektedir. Tedavi yönteminin belirlenmesinde; kanserin bulunduğu bölge, kanserin türü ve evresi, hastanın yaşı ve genel sağlık durumu rol oynamaktadır.

Baş-boyun kanserlerinde evreleme sistemleri kullanılmaktadır. T sınıflaması tümörün büyüklüğüne göre yapılır, lokalizasyona göre değişir (Portakal, 2012).

Dudaklar, ağız boşluğu, orofarenks:

- T1: 2 cm'den küçük tümör
- T2: 2-4 cm arası tümör
- T3: 4 cm'den büyük tümör
- T4: Komşu dokuları, kemiği, yumuşak dokuyu infiltrate eden tümör

Larenks-Hipofarenks:

- T1: Limite tümör, larenks mobil
- T2: Komşu anatomik bölgeye taşmış tümör, larenks mobil

Genel olarak T1 ve T2 tümörlerin tedavisinde cerrahi veya radyoterapi tek modalite olarak uygulanırken; T3 ve T4 tümörlerin tedavisinde cerrahi, radyoterapi ve kemoterapi kombine olarak uygulanabilir (Akkaş & ark., 2013). Cerrahi uygulanamayan hastalarda yüksek doz radyoterapi veya kemoradyoterapi uygulanabilir. Radyoterapi, baş boyun kanserleri tedavisinde primer tedavi, preoperatif veya postoperatif tedavi seçeneklerinden biri olarak kullanılabilmektedir (Rades & ark., 2007).

Radyoterapi

Radyoterapi, çevre dokulara minimum hasarla tümör doku bölgesini yok etmeyi amaçlayan yüksek enerjili elektromanyetik radyasyonun kullanıldığı bir tedavi yöntemidir. Baş-boyun kanserlerinin tedavisinde sıklıkla kullanılan tedavi biçimidir. Tümörü yok etmek, küçültmek, hastaların şikayetlerini azaltmak amacıyla kullanılabilir. Ameliyattan önce (neoadjuvan tedavi) kullanılırsa, radyasyon tümörü küçültmeyi amaçlayacaktır (Baskar & ark., 2012). Ameliyattan sonra (adjuvan tedavi) kullanılırsa,

radyasyon geride kalmış olabilecek mikroskobik tümör hücrelerini yok edecektir (Baskar & ark., 2012).

Kanser tedavisi için gereken radyasyon dozu, malignitenin yeri ve tipine ve radyoterapinin tek başına mı yoksa diğer yöntemlerle birlikte mi kullanılacağına bağlıdır. Radyasyon tedavisi sırasında, baş-boyun kanseri hastaları toplam olarak 50 ila 70,4 Gy arasında değişen radyasyon dozuna maruz kalır (Silva & ark., 2010). Klinik radyoterapide radyasyon, günlük dozlar şeklinde uygulanır ve tanımlanırken “fraksiyon” terimi kullanılır (Aktan & ark., 2018). Bu doz genellikle beş ila yedi haftalık bir süre boyunca, günde bir kez, haftada beş gün, fraksiyon başına 2 Gy verilir (Ash, Dobbs & Barrett, 1999). Kobalt-60(Co-60) veya lineer hızlandırıcı üniteler radyasyon kaynağı olarak kullanılabilir (Kielbassa & ark., 2006).

Co-60 cihazı

Kobalt-60, Kobalt-59 elementinin nükleer reaktörlerde yavaş nötronlarla yoğun etkileşimi ile elde edilen ve tedavi amacıyla kullanılabilen radyoaktif bir kaynaktır (Karagöz, 2016). 1950’lerden beri kullanılmaktadır. Teleterapi ünitelerinde kullanılan Co-60 kaynaklarının aktivitesi genel olarak 5000-15000 Ci (Curie) arasında değişmektedir (Karagöz, 2016).

Lineer Hızlandırıcı (LINAC)

İlk medikal lineer hızlandırıcı ise 1952 yılında Londra’daki Hammersmith hastanesinde kurulmuştur (Thwaites & Tuohy, 2006). Lineer hızlandırıcılar, (6 MV - 25 MV) doğrusal bir tüp içinde yüklü parçacıkları hızlandırarak yüksek enerji seviyelerine çıkarmak için yüksek frekansta elektromanyetik dalgalar kullanan cihazlardır. Hızlandırılmış yüksek enerjili elektronlar doğrudan tedavide kullanılabilir veya bir hedefe çarptırılarak yüksek enerjili X-ışınları da elde edilebilir (Keleş, 2013). Lineer akseleratörler X-ışınları ile toraks, batin, pelvis içindeki derin organ tümörlerinin yanı sıra opere

edilmiş meme kanserli hastaların göğüs duvarı, baş-boyun kanserli hastaların ise boyun lenf zincirleri, cilt altı doku ve yüzeysel lenf bezlerinden köken alan tümörlerin tedavilerinde başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir (Keleş, 2013).

Radyoterapinin Oral Komplikasyonları

Baş ve boyun bölgesine radyoterapi, çevre dokularda radyoterapiye bağlı istenmeyen değişikliklere neden olabilir (Vissink & ark., 2003a). Radyoterapinin neden olduğu yan etkiler arasında oral mukozit, hiposalivasyon, tat kaybı, diş çürüğü, osteoradyonekroz ve trismus yer alır ve bunların tümü hastaların yaşam kalitesi üzerinde etkilidir. Bu nedenle baş boyun kanserli hastalarda radyoterapiye başlamadan önce ağız ve diş sağlığı iyi değerlendirilmeli, gerekli tedaviler uygulanmalıdır. Radyoterapiye akut mukozal yanıt, bazal keratinositlerin hücre döngüsü süresi yaklaşık dört gün olduğundan, epitel hücrelerinin mitotik ölümünün bir sonucudur (Vissink & ark., 2003b).

Radyoterapi Gören Hastalarda Yaygın olarak Karşımıza Çıkabilecek Restoratif Materyaller

Kompozit Rezinler

Kompozit rezinler; organik fazı, inorganik faz ve ara faz olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır.

Organik Faz

Organik faz içinde monomerler ve ko-monomerler, inhibitörler, uv stabilizatörler ve polimerizasyon başlatıcılar bulunmaktadır.

Monomer ve Komonomerler

Diş hekimliğinde kullanılan monomerlerin gelişimi incelendiğinde ilk kullanılan monomerlerin metil-metakrilat rezinler

olduğu görülmektedir. Dental rezin kompozitin organik fazı polimer matrikstir. Monomerler birleşerek polimerleri oluştururlar. Monomerlerin polimerlere dönüşme reaksiyonuna polimerizasyon adı verilir. Polimerizasyon reaksiyonu hiçbir zaman tamamlanamaz, kütle içinde daima polimere dönüşmeyen monomer kalır, bunlara artık monomer adı verilir. Genellikle rezin matriks metakrilatlardan oluşan polimer yapı içerisinde; bisphenol A-gliserolat dimetakrilat (BİSGMA), etoksillenmiş BİSGMA (BİSEMA), üretan dimetakrilat (UDMA), trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA), 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) ve bunun gibi birçok çapraz bağlı dimetakrilatlar kullanılır (Ruyter & Oysaed, 2007).

BİSGMA, Bisfenol A ve glisidil dimetakrilatın reaksiyona girmesi sonucu oluşan ve organik matrikste en yaygın kullanılan monomerdir (M. H. Chen & ark., 2010; Puckett & ark., 2007). Moleküler ağırlığı yüksek bir monomer olan BİSGMA, kompozit rezinin mikrosertliğini ve basma dayanımını arttırmaktadır. Yapısında güçlü hidrojen bağları içermesinden dolayı, viskozitesi yüksek bir monomerdir ve polimerizasyon büzülmesinin fazla olmasına neden olmaktadır (M. H. Chen & ark., 2010; Davy & ark., 1998; Sakaguchi, 2012). Bu durumu olabildiğince azaltmak için TEGDMA gibi viskozitesi daha düşük olan monomerlerin yapıya ilave edilmesi gerekmektedir (Hervas-Garcia & ark., 2006).

UDMA monomeri; BİSGMA'nın olumsuz özelliklerinin giderilmesi amacıyla kompozit rezinlerde kullanılmaya başlanmış yüksek moleküler ağırlığa sahip diğer bir monomerdir (Gorgen & Guler, 2015). UDMA, yapısında amin (-NH-) ve karbonil grupları (-C=O) bulundurmaktadır (Abed, Sabry & Alrobeigy, 2015; Puckett & ark., 2007). Viskozitesi BİSGMA'ya kıyasla daha düşüktür, yüksek fleksibiliteye ve dönüşüm derecesine sahiptir (Frencken & ark., 2007; Floyd & Dickens, 2006). Aynı zamanda daha düşük su emilimi gösterirken, BİSGMA'dan daha az artık monomer salarlar (Karanika-Kouma & ark., 2001).

TEGDMA, viskozitesi en düşük olan monomer olmakla birlikte, BİSGMA ve UDMA gibi yüksek viskoziteye sahip monomerlerin seyreltilmesinde ve yapıya daha fazla inorganik doldurucuların eklenmesini sağlamak amacıyla ilave edilmektedir. Dönüşüm derecesi en yüksek olan monomerdir fakat polimerizasyon büzülmesinin artmasına da neden olmaktadır (Abed, Sabry & Alrobeigy, 2015; Puckett & ark., 2007). Materyale düşük aşınma direnci ve yüksek esneklik kazandırırken su absorpsiyonunu ise artırmaktadır (Puckett & ark., 2007; Somacal & ark., 2020).

HEMA, hem hidrofilik hem de hidrofobik özellik gösteren TEGDMA'ya benzer özellikte bir monomerdir. Hidrofilitesi yüksek olduğu için etanol ve aseton gibi çözücülerde daha kolay çözünmektedir. TEGDMA gibi materyalin viskozitesini azaltmak amacıyla yapıya eklenmektedir (Pashley & ark., 1998; Van Landuyt & ark., 2007).

BİSEMA, yapısal olarak BİSGMA'ya benzeyen hidrofobik bir monomerdir ve etoksillenmiş BİSGMA olarak da bilinmektedir. Farklı olarak hidroksil grubu içermez ve viskozitesi BİSGMA'ya nazaran biraz daha düşüktür (Cornelio & ark., 2014; Durner & ark., 2015; Sideridou, Tserki & Papanastasiou, 2002). Hidrofobik yapısı nedeniyle, yapının kararlılığını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ağız içerisindeki sıvılarla karşılaştığında düşük su emilimi göstermektedir (Peutzfeldt, 1997).

Ara Faz

Kompozit rezinlerin ideal özelliklerini gösterebilmesi için, organik matriks ile inorganik doldurucular arasındaki bağlantının iyi olması gerekmektedir. Bu bağlantı, ara faz ile sağlanmaktadır. Kompozit rezinlerde inorganik ve organik bileşimler arasındaki bağlantıyı sağlayan yapı, silisyum hidrojenli bileşikler olup, bunlara 'silan' adı verilmektedir (M. H. Chen & ark., 2010).

İnorganik Faz

Rezin esaslı dolgu materyallerinin ana bileşenlerinden olan inorganik faz kompozit rezinlerin ağırlıkça yaklaşık %70-%80'ini oluşturmaktadır (Shin & Drummond, 1999). İnorganik faz, organik matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz, stronsiyum, baryum, zirkonyum, kolloidal silika, boroksilat cam, lityum alüminyum silikat, çinko ve yitriyum cam, baryum alüminyum silikat, stronsiyum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşmaktadır (Dayangaç, 2011). İnorganik doldurucu partikülleri rezinlerin fiziksel özelliklerini belirleyen yapılardır. Partikül miktarı arttıkça, organik matris oranı azalmakta ve rezinin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenmektedir (Davy & ark., 1998).

Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Kompozit rezinler, birçok farklı türlerde üretilmektedirler.

Kondanse Olabilen Kompozit Rezinler

Bu tür kompozitler, yapılarında %80'den daha fazla oranda ve çeşitli büyüklüklerde inorganik doldurucu partikülleri içermektedir ve bundan dolayı viskoziteleri oldukça yüksektir. Yoğunluğu ve manipülasyonu amalgama benzerlik göstermektedir. Mekanik özellikleri iyidir, posterior restorasyonlarda kullanılması uygundur.

Akışkan Kompozit Rezinler

Akışkan kompozitler, küçük partikül boyutunda doldurucular içeren ve daha az doldurucu partikül oranı içeren hibrit kompozitlerdir. Viskozitesi düşürülmüş akışkanlığı artırılmış kompozitlerdir. Kompozit restorasyonlarda, abfraksiyon lezyonlarında kuronlarda oluşan kenar kırıklarının onarımında, mine

defektlerinde kullanılabilmektedir (Uluakay & ark., 2011). Ayrıca kondanse edilebilen kompozitlerin altında stres kırıcı olarak da kullanılmaktadırlar (Uluakay & ark., 2011).

Bulk Fill Kompozitler

Kompozit rezinlerin, kavitelere olabildiğince daha büyük miktarlarda ve daha fazla kalınlıkta uygulanabilmesi amacıyla geliştirilmiş materyallerdir. Gelişmiş translüsent yapıya sahip olan yeni nesil bulk fill kompozitler, geleneksel kompozitlerden daha yüksek polimerizasyon derecesine sahiptir (Aydın & ark., 2019). Bu kompozitlerin polimerizasyon derecesinin artması, kaviteye daha büyük kütleler hâlinde yerleştirilebilmelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu kompozitler geleneksel kompozitlere nazaran daha düşük viskoziteye sahipken, akışkan kompozitler ile kıyaslandığında ise daha düşük polimerizasyon büzülmesi göstermektedirler. Bulk fill kompozit rezinlerin en büyük avantajı 4-6 mm kalınlıkta, bulk (tek tabaka) halinde yerleştirilebilmeleri sayesinde klinik çalışma süresinin kısaltılabilesidir.

Ormoserler

Adını, organik-modifiye-seramik kelimelerinin ilk hecelerinden alan ormoserler, diş hekimliği uygulamalarına 1998 yılında girmiştir. Bu materyallerin en önemli özelliği, ormoserlere kadar genellikle değişimler kompozitlerin inorganik fazında yapılmaktayken, ormoser materyali ile birlikte kompozitlerin organik fazında yapısal farklılıklar oluşturulmasıdır. Bu materyaller kompozite kıyasla aşınmaya karşı çok daha fazla dirençlidir. Ormoserler ile geleneksel kompozitler arasındaki en önemli farklardan biri, organik matrikste esas komponent olarak metakrilat polisiloksan kullanılmasıdır. Böylelikle dimetakrilat monomerlerinin miktarı azaltılmış ve bunun neticesinde alerjik reaksiyonların görülme ihtimali de azalmıştır (Gökçe & Özel, 2005). Ormoserler, yapısında silanlanmış inorganik doldurucu partiküllere

ilave olarak inorganik-organik kopolimer içerirler (Floyd & Dickens, 2006). Düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi, yüksek aşınma direncine sahip olması, biyouyumlu bir materyal olması ve çürüklere karşı koruyucu olması ormoserlerin avantajları arasında sayılabilir. Ormoser materyallerinin kaviteye uygulanması direkt kompozit uygulamalarıyla hemen hemen aynıdır.

Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar zayıf polimerik asitlerin bazik karakterli toz haline getirilmiş camlarla reaksiyonunun ürünüdürler (Mount, 2002). Cam iyonomer simanları cam blok üzerinde bir spatula kullanılarak karıştırılabilir. Karıştırılmaya başladıklarında sertleşme reaksiyonu başlar, 2-3 dakikada sertleşirler. Cam iyonomer simanların kapsül formları da bulunur. Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri, toz:sıvı oranı, poliasit konsantrasyonu, cam tozunun partikül boyutu ve hastaların yaşı dahil, simanın nasıl hazırlandığından etkilenir (Sidhu & Nicholson, 2016). Mekanik özellikleri zayıf olduğu için daimi dolgu materyali olarak kullanılmaları önerilmez. Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini iyileştirmek için, sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulanması tavsiye edilir (Woolford, 1994).

Cam iyonomer simanların önemli avantajlarından biri florür salınımı yapmasıdır ve bu durum çok uzun süreler boyunca devam ettirilebilir (Forsten, 1990). Asidik koşullarda cam iyonomerlerden florür salınımı artar (Nicholson, Czarnecka & Limanowska-Shaw, 1999). Ek olarak, bu simanlar, ağız ortamının pH'ını artırarak asit ortama karşı koyabilmektedir. Bu süreç tamponlama olarak adlandırılmıştır ve diş daha fazla diş çürümesinden koruyabileceği için klinik olarak faydalı olabilir (Nicholson, Czarnecka & Limanowska-Shaw, 1999).

Cam iyonomerlerin biyouyumluluğu, yapılarından flor (F) ve alüminyum (Al) salınımından önemli ölçüde etkilenir (Aydın & ark.,

2020). Al, organizmaya farklı kaynaklardan alınan ve potansiyel olarak toksik etkileri olan bir elementtir (Savarino & ark., 2000). Yapılan çalışmalarda, siman yüzeyindeki Al iyonlarının cam iyonomerlerin polimerizasyonu sırasında en fazla ilk gün salındığı ve geri kalanının matrisin derinliklerinde hapsediğı bulunmuştur (Nakajima, Komatsu & Okabe, 1997).

Cam İyonomerlerin Modifiye Edilmiş Formları

Cam iyonomerlerin modifiye edilmiş formları olarak, rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler ve cam karbomerler piyasaya sürülmüştür. Resin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin fiziksel özelliklerinin iyi olduğı ve geleneksel cam iyonomerler ile karşılaştırılabilir olduğı gösterilmiştir ancak biyouyumluluk, resin bileşeni olan 2 hidroksietil metakrilatın mevcudiyeti nedeniyle bir şekilde tehlikeye girer (Sidhu & Nicholson, 2016).

Resin Modifiye Cam İyonomerler

Cam iyonomerlerin mekanik özelliklerinin geliştirilmesi için poliakrilik asite metakrilat eklenmesiyle üretilmişlerdir. Asit-baz reaksiyonuna ek olarak ışıkla sertleşen formları da bulunur. Geleneksel cam-iyonomerlerle iyon salan partikülleri aynıdır boyutları daha küçüktür (Khoroushi & Keshani, 2013). Resin modifiye cam iyonomer simanlar geleneksel cam iyonomerlerden daha az oranda florür salmaktadır (Kampanas & Antoniadou, 2018).

Cam Karbomerler

Cam karbomerler nanoflorür hidroksiapatit parçacıkları içeren yeni bir dolgu malzemesidir (X. Chen & ark., 2010). Malzemenin nanopartikül yapısından dolayı sıvı ve toz partiküller arasındaki temas artırılarak dolgunun sertliğı ve mekanik özellikleri artmıştır (Buldur & Sirin Karaarslan, 2019).

Poliasit Modifiye Kompozit Resin (Kompomer)

Kompomerlerin temel komponenti asit monomer ve rezindir. Bunlara ek olarak yapılarında, florosilikat cam, reaksiyon başlatıcılar (initiatorlar), stabilizörler ve pigmentler bulunur. Kapsül veya şırınga şeklinde, ışıkla sertleşen, materyallerdir. Işıkla polimerizasyonunu takiben materyal içine su emilimi ile beraber asit-baz reaksiyonu ve flor salınımı başlar. Kompomerler, adezyon, florür salımı ve biyouyumluluk gibi fiziksel özellikler bakımından cam iyonomer simanlardan daha üstündürler (Morabito & Defabianis, 1997). Yüzey sertlikleri ve aşınma dirençleri kompozitlerden az, rezin modifiye cam iyonomerlerden fazla olmasına rağmen posterior bölge restorasyonlarında kullanıma uygun bulunmamaktadır (Lugassy & Greener, 1972).

Giomerler

Giomerler, geleneksel cam iyonomerlerin biyouyumluluk özelliğinden yola çıkılarak son yıllarda üretilmeye başlanan ve üretiminde önceden reaksiyona girmiş cam doldurucu (Pre-Reacted Glass filler PRG) teknolojisi kullanılan materyallerdir (Demir, 2017). Organik matrikse entegre edilen PRG partikülleri giomere geleneksel kompozitlerle karşılaştırılabilir seviyede fiziksel ve estetik özellikler kazandırmakla birlikte, aynı zamanda diş dokusunun remineralizasyonunu da sağlamaktadır (Demir, 2017). Giomerler, cam iyonomer simanların flor salma özelliği ve kompozit rezinlerin estetik özellikleri birleştirilerek (Glass iyonomer+Polymer) geliştirilen materyallerdir (Coutinho & ark., 2009). Giomerler, daimi diş ve süt dişi restorasyonlarının yanı sıra kaide materyali, pit ve fissürlerin örtülmesi gibi farklı uygulamalar için üretilen farklı preparatlar şeklinde de üretilebilmektedir.

Amalgam

Amalgam, bir alaşım tozunun (gümüş, kalay ve bakır) cıva ile karışımıdır. Ucuz olması, kullanımının kolay olması, teknik hassasiyet gerektirmemesi, büyük madde kaybı bulunan dişlerde

kullanılabilmesi, yüksek mekanik özellikleri sebebiyle uzun yıllarca en çok kullanılan dolgu materyali olmuştur. Tutuculuğunun sadece mekanik olması nedeniyle ek preparasyonlar gerektirmesi, estetik olmaması, cıva toksisitesi gibi sebeplerden kullanımı günümüzde kullanımı gittikçe azalmaktadır.

CAD/CAM Sistemlerin Materyalleri

Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemlerinde kullanılan materyaller, başarılı uygulamalar için anahtar rol oynamaktadır (Ordu & Cengiz, 2015). CAD/CAM restorasyonların uzun dönem başarısının belirlenmesinde, çalışılabilirlik, iyi detay verebilme, estetik uyumluluğu, bitim işlemlerinin kısa sürmesi ve uzun ömürlülük gibi özellikleri kritik önem taşımaktadır (Zimmermann, Mehl & Reich, 2013). Klinik uygulamalar, CAD/CAM teknolojisinin avantajlarını maksimuma çıkarma olanağı sunar.

CAD/CAM sistemleri esas olarak üç yapıdan oluşmaktadır. İlk olarak, preparasyon intraoral veya ekstraoral şekilde taranarak gerekli veriler toplanmaktadır. İkinci yapı olan CAD, restorasyonun bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak planlanmasını ve ardından tasarımını sağlamaktadır. Son olarak CAM ise, sanal olarak hazırlanmış olan restorasyonun üretimini sağlayan kısımdır.

Diş hekimliği kliniklerinde kullanılan bu sistemlerin temel avantajı; dijital ölçü alınması sonrası, hem tasarımın hem de üretimin aynı gün içinde tamamlanmasını sağlayarak tedavinin hızlı bir şekilde yapılmasına müsaade etmesidir; maliyetinin geleneksel yöntemlere kıyasla yüksek olması ise bu sistemlerin dezavantajı olarak sayılabilir.

Feldspatik seramikler, lösitle güçlendirilmiş cam seramikler ve lityum disilikat gibi yüksek dirence sahip cam seramikler, hibrit seramikler, geçici restorasyonların üretilmesinde kullanılan akrilat

polimerler, bu sistemlerde kullanılan blok materyalleridir (Ordu & Cengiz, 2015).

Dental seramikler

Dental seramikler, genellikle kayaların çeşitli dış etkiler altında parçalanıp ufalanması sonucu oluşan kil, kaolin ve benzeri maddelerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi ile elde edilen materyallerdir. Dental seramikler yapısında feldspat, kuartz (silika) ve kaolin (alumina) dışında, cam modifiye ediciler (fluks), ara oksitler, akışkanlar, farklı renk pigmentleri, ve optik özellikleri geliştiren çeşitli ajanlar içermektedir. Seramikler, inert olmaları, renk stabiliteilerinin iyi olması, yüksek aşınma direncine sahip olmaları, düşük ısı iletkenlikleri, biyouyumluluk ve estetik özelliklerinin iyi olmasından dolayı diş hekimliği açısından etkileyici materyallerdir. Bu materyallerin farklı üretim şekilleri bulunmaktadır.

Tam Seramikler

Tam seramik sistemler önceleri sadece anterior sistemlerde kullanılmaktaydı, bu materyallerde kaydedilen gelişimlerle günümüzde posterior çok üyeli köprülerde de doğru planlamayla rahatlıkla kullanılabilmektedirler. Estetik olmaları, biyouyumlu olmaları, dişetiyle iyi uyum göstermeleri, metal alerjisi olan hastalarda kullanılabilmeleri, yeni geliştirilen sistemlerin kırılma dirençlerinin yüksek olması ,metal restorasyonlara göre daha az plak birikimine sebep olmaları nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hibrit Seramikler

Hibrit seramikler, kompozitlerin ve seramiklerin olumlu özelliklerini bir araya getirmek amacıyla üretilen yeni materyallerdir. Hibrit seramiklerin üretimi iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada pöröz yapıda feldspatik seramik oluşturulur, ardından

bu pöröz seramik yapı rezin ile doldurulur. Son olarak da rezin polimerize edilerek materyalin nihai formu elde edilmiş olur(Coleda. Swain & Thiel, 2013). Hibrit seramiklerin aşınma özellikleri ve elastikiyeti dentine yakındır. Materyalin aşınması diğer seramiklerle benzer olmakla birlikte hibrit yapısından dolayı karşıt dişte daha az aşınmaya yol açar. Vickers sertlik değeri mine ile dentin arasındadır (Koştur, 2016). Yapısında bulunan polimerler sayesinde, herhangi bir çatlak oluşması halinde fazla ilerlemeden durdurulur (Dirxen, Blunck & Preissner, 2013).

Radyoterapi Uygulamalarının Restoratif Materyallere Etkileri

Baş-boyun kanseri teşhisi alan hastaların tedavisinde radyoterapi uygulamaları yaygın kullanılmaktadır. Bu tür radyoterapi alan hastalar da dahil olmak üzere genel popülasyon, çoğunlukla kompozit rezin restorasyonlar olmakla birlikte çeşitli intraoral dental restoratif materyallere sahiptir. Bu sebeple radyasyon tedavisinin restoratif materyallere etkilerini bilmek önemlidir. Dental materyallerin özellikleri radyasyon dozunun artmasıyla orantılı olarak değişebilir (da Cruz & ark., 2008). Restorasyonlarda keskin kenarlar bırakılmamalıdır. Restoratif materyallerden günümüzde en yaygın kullanılanları kompozitler ve cam iyonomer simanlardır. Yapılan çalışmalarda mikrosertlik, su absorpsiyonu, dönüşüm derecesi, bükülme dayanımı, çapsal germe direnci, renk değişimi incelenmiştir.

Yapılan literatür taramasında radyoterapinin amalgamın özellikleri üzerindeki olumsuz etkileri hakkında herhangi bir rapor bulunamamıştır. Fakat manyetik rezonans görüntüleme ve mobil telefon kullanımından kaynaklanan radyasyonun amalgamın cıva salınımına etkileri üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Mortavazi ve ark (Mortawazi & ark., 2014) yaptıkları in-vivo çalışmada manyetik rezonans görüntülemenin ve mobil telefon kullanımının cıva salınımını arttırdığı, mobil telefon kullanımından kaynaklanan cıva

salınımın daha anlamlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Müller-Miny ve ark. yaptıkları in-vitro çalışmada manyetik rezonans görüntülemenin amalgamın cıva salınımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Manyetik rezonans görüntülemenin anlamlı bir cıva salınımı artışına sebep olmadığını bulmuşlardır (Müller-Miny & ark., 1996). Bu çalışmaların sonuçlarındaki farklılık bir çalışmanın in-vitro bir çalışmanın in-vivo olmasından kaynaklanmış olabilir.

Amalgam restorasyondan kaynaklanan artefaktlar bilgisayarlı tomografi taramalarının (BT taramaları) görüntü kalitesini olumsuz etkileyerek radyasyon tedavisi planlama sürecini zorlaştırabilir (Webster, Rowbottom & Mackay, 2009).

Chin ve ark. yaptıkları çalışmada doz saçılmasını incelemişlerdir. Amalgam dolgular, geri saçılmaya ve bu sebepten lokal mukozite neden olabileceğinden, radyoterapi görecekt hastalarda kullanımından genellikle kaçınılır. Bu saçılma lokaldır (D. W. H. Chin & ark., 2009). Amalgam dolgulu hastalarda saçılmayı önlemek için diş koruyucu kullanılması lokal mukozit insidansını azaltabilir (Ben-David & ark., 2007). Oktay ve ark. (Oktay & ark., 2022) yaptıkları çalışmada radyoterapi uygulanan kompozit rezinlerin doz saçılma miktarını minimum düzeyde bulmuşlardır. Bu nedenle radyasyon tedavisi öncesi amalgam dolgu yerine rezin kompozit kullanılması önerilmiştir (Richard & ark., 2015).

Da Cruz ve ark. (da Cruz & ark., 2008) ve Taher ve ark. (Taher, Moharam & Amin, 2021) yaptıkları çalışmanın sonucunda farklı radyasyon dozlarına maruz bırakılan rezin kompozitlerin dönüşüm derecesinde herhangi bir değışiklik tespit edilmediğini bildirmişlerdir. İyonize radyasyon, dental materyalin organik matrisinde kimyasal reaksiyonlar için başlatıcılar olabilen, uyarma ve iyonizasyon üretebilir (da Cruz & ark., 2008). Bu başlatıcılar, malzemenin dönüşüm derecesini artırmayacak yeni zincirler

oluşturabilir veya mevcut zincirleri stabilize edebilir (da Cruz & ark., 2008). Radyasyonun etkisiyle kompozitlerin dönüşüm derecesinin arttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Haque & ark., 2001; Hsiue & Chang, 1993). Bu çalışmalardaki farklılıkların sebebi kullanılan kompozitlerin içeriklerinin ve kullanılan radyasyon dozlarının farklı olmasından kaynaklı olabilir.

Catelan ve ark. (Catelan & ark., 2008) radyoterapinin rezin kompozitin bükülme dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmişler ve bükülme dayanımının, 60 Gy gibi daha yüksek dozlarda azalmaya başlarken, 50 Gy doza kadar olan radyasyon değerlerinde kademeli bir artış eğiliminde olduğunu göstermişlerdir. Başka bir çalışmada, 25 ila 200 Gy arasında değişen dozlarda iyonlaştırıcı radyasyonun dental kompozitlerin mikro yapısını değiştirebildiği ve özelliklerini de iyileştirebildiği bulunmuştur (Behr & ark., 2005; Vaishnavi, Kavitha & Narayanan, 2010).

Brandeburski ve ark. iyonize radyasyonun; rezin modifiye cam iyonomer, geleneksel cam iyonomer ve rezin kompozitin bükülme dayanımına, sertliğine, çapsal germe direncine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; ışınlama protokolü, değerlendirilen materyaller için bükülme dayanımı ve çapsal germe dayanımı değerlerini artırmıştır (Brandeburski & Della Bona, 2018). Bu artışı iyonlaştırıcı radyasyonun, ışık aktivasyonundan sonra zincirler arasındaki bağlantıyı geliştirebilen moleküler uyarımı teşvik etmesiyle açıklamışlardır (Brandeburski & Della Bona, 2018). Yine bu çalışmada Brandeburski ve ark. iyonize radyasyon uygulamasıyla rezin modifiye cam iyonomer ve kompozitler için sertlik değerinin arttığını gözlemlemişlerdir; bu artışı kısmen ışınlamadan kaynaklanan ek polimerizasyonla açıklamışlardır. Hem oksijen inhibisyon tabakasının hem de düşük moleküler ağırlıklı varlıkların sürekli polimerizasyonu matris içinde de sertliği artırabilir (Brandeburski & Della Bona, 2018). Kompozitlerde, doldurucu

miktarı, tipi ve boyutu, yüzey pürüzlülüğünü etkiler. Restoratif materyallerin yüzeyinde bulunan düzensizlikler restorasyonun renginin değişmesine neden olarak bakteriyel adezyona yardımcı olabilir ve sonuç olarak periodontal dokuların inflamasyonunu artırabilir. Bu çalışmada kullanılan malzemelerden sadece geleneksel cam iyonomerde yüzey pürüzlülüğünde artış olmuştur (Brandeburski & Della Bona, 2018).

De Amorim ve ark. yaptıkları çalışmada radyasyonun geleneksel cam iyonomer rezin modifiye cam iyonomer ve kompozit rezinin yüzey özellikleri (mikrosertlik ve ıslanabilirlik) üzerine etkisini incelemiştirlerdir. Çalışmanın sonucunda iyonize radyasyonun; test edilen kompozitin mikrosertliğini olumlu etkilerken, ıslanabilirliğini değiştirmedikleri; rezin modifiye edilmiş cam iyonomer simanın mikrosertliğini ve ıslanabilirliğini koruduğunu; geleneksel cam iyonomerin ıslanabilirliği ve mikrosertliğinin olumsuz etkilendiğini bulmuşlardır (de Amorim & ark., 2021). Bu çalışmaya göre radyasyondan tek olumsuz etkilenen materyal geleneksel cam iyonomerdir (de Amorim & ark., 2021).

De Amorim ve ark. yaptıkları çalışmanın sonucuna göre iyonlaştırıcı radyasyon, muhtemelen cam iyonomerin yüzeyine uygulanan rezin kaplamanın çözünmesine ve silanize edilmemiş floro-alümino-silikat doldurucuların ayrılmasına neden olarak, mikrosertliği azaltılmış daha yumuşak bir malzemeyi açığa çıkarmıştır. FASF, silanize edilmediğinden ve geleneksel cam iyonomerin metakrilat monomerleri olmadığından, muhtemelen malzeme yüzeyinden çok sayıda kopmuşlardır, bu da mikrosertliğin azalmasına yol açmıştır (de Amorim & ark., 2021). Tersine, test edilen rezin modifiye cam iyonomer, silanize FASF ve metakrilat monomerleri içerdiğinden, monomerler ve doldurucular arasında daha kararlı bir bağ elde edilebilmiştir böylece floro-alümino-silikat doldurucular daha az ayrılmışlar ve radyasyon sonrası mikrosertliği korunmuştur (de Amorim & ark., 2021).

İyonlaştırıcı radyasyon rezin matrisinin çözünmesine neden olabileceği anda, moleküler uyarım ve polimerize olmayan yüzey tabakasının sürekli polimerizasyonu yoluyla fotoaktivasyondan sonra polimerize zincirler arasındaki bağlantıyı iyileştirebilir. Polimerize zincirler, OH veya NH grupları ile eter veya karbonil grupları arasında ve ayrıca kendi aralarında, özellikle monomerlerin hidroksil-hidroksil grupları için hidrojen bağları yoluyla çapraz bağlar oluşturabilir (de Amorim & ark., 2021). Bu şekilde kompozitin mikrosertliğinin artması açıklanabilir (de Amorim & ark., 2021). Bu sonuç daha önce yapılan mikrosertliğin azaldığını bulan çalışmalarla uyumludur; test edilen malzemelerdeki daha düşük çapraz bağlayıcı monomer yüzdesine bağlanabilir (de Amorim & ark., 2021).

Rezin kompozit restorasyonların ömrünü etkileyen bir diğer önemli parametre suyun materyal yüzeyi ile nasıl etkileştiğidir. Yüksek temas açısı değerleri, daha az boyanma, biyofilm birikimi ve patojen yapışması/çoğalması anlamına gelir ve nihayetinde restorasyon kenarlarında çürük ve ilerleme riskini azaltır. Tersine, restoratif materyalin artan ıslanabilirliği (düşük temas açısı değerleri), su veya oral solventlerin sürekli penetrasyonunu, kimyasal bozunmayı ve gözenek oluşumunu destekleyebilir. Geleneksel cam iyonomerin iyonlaştırıcı radyasyona maruz kaldıktan sonra daha düşük temas açıları sunması, malzemenin daha ıslanabilir hale geldiğini gösterir (de Amorim & ark., 2021). Resin kompozitleri ve resin ile modifiye edilmiş cam iyonomer organik monomerler içerdiğinden, radyasyon sonrası bu malzemelerin ıslanabilirliği korunabilir (de Amorim & ark., 2021). De Amorim ve ark. baş-boyun radyoterapisi gören bireylerin çürük dişlerini restore etmek için geleneksel cam iyonomerin kullanılmasının diş restorasyonu için klinik uzun ömürlülüğü garanti etmeyeceği sonucuna ulaşmışlardır (de Amorim & ark., 2021).

Lima ve ark. yaptıkları çalışmada farklı dozlarda radyasyonların farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü, su absorpsiyonu ve çözünürlüğü üzerine etkisini incelemişlerdir. Mevcut çalışmanın sınırlamaları dahilinde, kompozit rezin ve cam iyonomerin özelliklerinin (yüzey pürüzlülüğü, absorpsiyon ve çözünürlük) iyonlaştırıcı radyasyon dozlarından etkilendiği sonucuna varılmıştır (Lima & ark., 2019). Yüksek dozlarda iyonlaştırıcı radyasyon (30 Gy ve 60 Gy), tüm malzemeler için yüzey pürüzlülüğünü, su absorpsiyonunu ve çözünürlüğü artırdığı; çözünürlük ve absorpsiyonun oranının malzemeye ve radyasyon dozuna bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Lima & ark., 2019). İyonize radyasyon, organik ve/veya inorganik malzeme bileşenleri ile etkileşime girmiştir. Fotoaktivasyondan sonra ışınlama meydana geldiğinde, yüksek radyasyon enerjisi ve fotopolimerize-polimerik zincirlerin sert yapısı nedeniyle bağların kopması gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, daha yüksek doz radyasyon, restoratif materyallerin bozulmasını destekleyerek pürüzlülük değerlerini önemli ölçüde artırmıştır (Lima & ark., 2019). Malzeme bileşimindeki (redoks sistemi, dolgu partikül konsantrasyonu, monomerlerin türü ve miktarı) farklılıklar, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik gibi bazı özellikleri etkileyebilir. Bu çalışmada, kompozit rezinler 60 Gy doz uygulamasından sonra daha yüksek pürüzlülük artışı gösterirken, cam iyonomer simanlar tüm radyasyon dozlarının (10, 30 ve 60 Gy) uygulanmasından sonra daha yüksek pürüzlülük artışı göstermiştir. Bu nedenle, kompozit rezinler radyasyon dozlarının etkilerine daha az duyarlı olabilir (Lima & ark., 2019).

Eltohamy ve ark. yaptıkları çalışmada iyonize radyasyonun kompozit rezin, rezin modifiye cam iyonomer ve kompomerin, aşınma direnci ve renk değişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Kullanılan tüm materyallerde aşınma direnci azalmış ve renk değişimi gözlemlenmiştir (Eltohamy, Kandil & El Refai, 2020).

İyonize radyasyonun materyallerin yapısında kimyasal değişimler oluşturmaktadır. Aşınma ile ilgili olarak, üç malzeme için, radyasyon dozu artırıldığında aşınma dirençleri önemli ölçüde azalmıştır (Eltohamy, Kandil & El Refai, 2020). Bu bulgular, daha yüksek iyonize edici dozların, kullanılan malzemelerin polimer içeriğinde CC bağlarının kesilmesiyle meydana gelen bozunma olgusunu destekleyebileceğini ve bunun da artan aşınmaya neden olabileceğini düşündürmektedir (Eltohamy, Kandil & El Refai, 2020). Renk stabilitesi ile ilgili olarak, üç malzeme için, iyonlaştırıcı radyasyonun ışınlanmış numunelerde kontrol gruplarına kıyasla renk değişikliğine neden olduğu bulunmuştur. Sebebi, malzemelerin stabilizatör bileşeninin bozunma ürünlerinin varlığı olabilir (Eltohamy, Kandil & El Refai, 2020). Örneğin, fenolik stabilizatörler radyasyonla ayrıştığında, malzemenin rengini büyük ölçüde bozabilecek yan ürünler oluşturabilirler (Webster, Rowbottom & Mackay, 2009). Renk değişiminin, fenol dönüşüm ürünlerinin yapısına ve konsantrasyonuna bağlı olduğu sonucuma ulaşmışlardır (Eltohamy, Kandil & El Refai, 2020).

De Moor ve ark. radyoterapi alan hastalarda rezin kompozitlere kıyasla cam iyonomerle yapılan kole restorasyonlarında anlamlı derecede daha az sekonder çürük geliştiğini sonucuna ulaşmışlardır (De Moor & ark., 2011). Geleneksel olarak sertleşen cam iyonomerlerden florür salınımı, rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerden ve kompozitlerden daha yüksektir. Bu tek başına, geleneksel olarak sertleşen cam iyonomer simanların varlığında ikincil çürüklere karşı daha yüksek korumayı açıklayabilir (De Moor & ark., 2011). Bu çalışma aynı zamanda, özellikle geleneksel olarak sertleşen formülasyon için, dolgu malzemesinin kaybindan sonra veya cam iyonomerin geniş ölçüde parçalanmasından sonra da flor salınımının ve sekonder çürükten korunmanın devam ettiğini göstermektedir (De Moor & ark., 2011). Mevcut kanıtlar, çürük riskinin yüksek veya hasta

uyumunun zayıf olduğu durumlarda, geleneksel veya rezin modifiye cam iyonomerlerin tercih edilen malzemeler olduğunu göstermektedir (De Moor & ark., 2011).

von Fraunhofer ve ark. terapötik dozaj seviyelerinde radyasyonunun, otopolimerizan kompozitin ve ışıkla sertleşen kompozitin fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir (von Fraunhofer & ark., 1989). Radyasyonunun otopolimerizan kompozit üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, ancak ışıkla sertleştirilmiş sistemler üzerinde çeşitli etkileri olduğunu bulmuşlardır (de Amorim & ark., 2021). Işıkla sertleşen kompozitte; çapsal germe dayanımı ve boyutsal stabilite etkilenmemiştir, radyasyon dozundaki artışa bağlı olarak lineer şekilde sertlikte artmıştır, su emme ve çözünürlük azalmıştır (von Fraunhofer & ark., 1989). Bu etkiler, hem oksijen inhibisyon tabakasının hem de matris içinde düşük moleküler ağırlıklı varlıkların devam eden polimerizasyonundan kaynaklanabilir (von Fraunhofer & ark., 1989). Bu çalışmanın sonucunda, terapötik radyasyon seviyelerinin kompozit rezinin fiziksel özellikleri üzerinde hiçbir zararlı etkisi olmadığı bulunmuştur (von Fraunhofer & ark., 1989).

Viero ve ark. radyoterapinin kompozit rezinlerin mikrosertliği üzerine etkisini incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda radyoterapi uygulamalarının kompozit rezinlerin mikrosertliğini azalttığını bulmuşlardır (Viero & ark., 2011). Bu durumu; iyonize radyasyonun polimerizasyon sürecini olumsuz etkilenmesine ve muhtemelen polimerik zincirlerin kopmasına neden olarak mikrosertliği azalttığı şeklinde açıklamışlardır (Viero & ark., 2011).

Yapılan literatür taramasında, radyoterapinin dental seramikler üzerindeki etkilerini değerlendiren birkaç çalışmaya rastlanmıştır. Alshamrani ve De Souza yaptıkları bir çalışmada, farklı translüsent seviyelerine sahip olan iki zirkonya materyaline tek

doz (70 Gy) radyoterapi uygulamış ve bu materyallerdeki flexural dayanımı, yorulma direncini, yarı saydamlık üzerindeki etkisini ve materyallerin kristalin yapısındaki değişimi incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre, düşük yarı saydamlığa sahip olan zirkonyum materyalinin radyoterapi sonrası flexural dayanımının azaldığı belirtilirken yüksek yarı saydamlığa sahip zirkonyum materyali ise radyoterapiden etkilenmemiştir. Aynı çalışmada, radyoterapinin her iki zirkonyum materyalinin de yarı saydamlığı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı fakat materyallerin kristalin yapısında değişimler oluşturduğu bildirilmiştir (Alshamrani & De Souza, 2020).

Farklı bir çalışmada ise, iyonlaştırıcı radyasyonun ve çiğneme simülasyonunun insan dişi minesi ve zirkonyum üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada, 70 Gy radyasyona maruz kalan zirkonyum materyali, yapısal mekanik özelliklerinde değişiklikler göstermiştir. Radyasyona maruz kalan örneklerin yüzey sertliği, kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum ise radyoterapinin zirkonyumun faz değişimi üzerindeki etkisine bağlanırken, karşıt mine üzerinde ise ekstra bir aşındırmaya sebep olmadığı belirtilmiştir (Hajhamid & ark., 2021).

Günümüz diş hekimliğinde kullanılan farklı dental materyallere radyasyon uygulanması sonrası çevre dokularda oluşturabileceği doz artışının değerlendirildiği başka bir çalışmada, %52 si altın olan metal bir alaşım, lityum disilikat ve zirkonyum materyaller, klinik bir lineer hızlandırıcı ile baş-boyun radyoterapisinde yaygın şekilde uygulanan 6 MV enerjili foton demeti ile ışınlanmıştır. Çalışmanın sonucunda en fazla geri saçılmanın metal alaşımında sonra sırasıyla zirkonyum ve lityum disilikat materyalinde olduğu görülmüştür. Materyal ile çevre doku arasında 5 mm bir boşluk bırakılması sonucunda ise çevre dokulara olan doz artışının tamamen ortadan kalktığı bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, lityum disilikatın içlerindeki en

güvenilir restorasyon olduğu sonucu çıkarılabilir. Ayrıca özellikle metal alaşım restorasyona sahip olan hastalarda ağız içi koruyucuların kullanılması doz saçılmalarını önleyebilir (Tso & ark., 2019).

Gama radyasyonunun hibrit seramiğın diş minesi üzerindeki aşındırıcı etkisinin değeriendirildiğı bu yıl yayınlanmış bir çalışma da ise, Vita enamic materyaline Cobalt-60 cihazıyla farklı dozlarda radyasyon uygulanmış ve materyalin sertlik ve elastik modülü gibi fiziksel özelliklerinin 70 Gy gibi yüksek dozdaki gama radyasyonuna maruz kalmasına rağmen değışmeden kaldığı belirtilmiştir (da Silva & ark., 2025).

Sonuç

Sonuç olarak, baş-boyun kanserli hastalarda dental restorasyonların klinik hayatta kalma süresi zamanla azalabilir. Literatürde çalışmalarda çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Sebepleri arasında; kullanılan radyoterapi cihazlarının ve dozlarının farklı olması olması kullanılan materyallerin içeriklerinin farklı olması sayılabilir. Radyoterapi uygulanan hastalarda en iyi dental prosedürleri ve restoratif materyalleri belirlemek için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kaynakça

Abed, Y. A., Sabry, H. A., & Alrobeigy, N. A. (2015). Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dental Journal*, 12(2), 71–80.

Akkaş, E., Yücel, B., Kilickap, S., Babacan, N. A., & Altuntaş, E. E. (2013). Baş boyun kanserli hastalarda tedavi sonuçları ve prognostik faktörler. *Cumhuriyet Medical Journal*, 35(1), 66–75. <https://doi.org/10.7197/CMJ.V35I1.1008001744>

Aktan, A., Ertekin, M. V., Örsal, E., & Kızıltunç, H. (2018). Radyasyona bağlı tükürük bezi hasarının önlenmesinde çinko sülfat ve amifostin etkisi. *Selçuk Tıp Dergisi*, 34(3), 94–99.

Alshamrani, A. A., & De Souza, G. M. (2020). Effect of ionizing radiation on mechanical properties and translucency of monolithic zirconia. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials*, 108(3), 1068–1076. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34458>

Ash, D., Dobbs, J., & Barrett, A. (1999). Practical radiotherapy planning (pp. 340–347). London: Arnold.

Aydın, N., Karaoğlanoğlu, S., Aybala-Oktay, E., Çetinkaya, S., & Erdem, O. (2020). Investigation of water sorption and aluminum releases from high viscosity and resin modified glass ionomer. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(9), e844–e851. <https://doi.org/10.4317/jced.56381>

Aydın, N., Karaoğlanoğlu, S., Oktay, E. A., Toksoy Topçu, F., & Demir, F. (2019). Diş hekimliğinde bulk fill kompozit rezinler. *Selçuk Diş Hekimliği Dergisi*, 6(2), 229–238. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.414591>

Baskar, R., Lee, K. A., Yeo, R., & Yeoh, K. W. (2012). Cancer and radiation therapy: Current advances and future directions.

International Journal of Medical Sciences, 9(3), 193–199.
<https://doi.org/10.7150/ijms.3635>

Behr, M., Rosentritt, M., Faltermeier, A., & Handel, G. (2005). Electron beam irradiation of dental composites. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 21(9), 804–810. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.01.017>

Ben-David, M. A., Diamante, M., Radawski, J. D., Vineberg, K. A., Stroup, C., Murdoch-Kinch, C. A., Zwetchkenbaum, S. R., & Eisbruch, A. (2007). Lack of osteoradionecrosis of the mandible after intensity-modulated radiotherapy for head and neck cancer: Likely contributions of both dental care and improved dose distributions. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 68(2), 396–402.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2006.11.059>

Bose, P., Brockton, N. T., & Dort, J. C. (2013). Head and neck cancer: From anatomy to biology. *International Journal of Cancer*, 133(9), 2013–2023. <https://doi.org/10.1002/ijc.28112>

Brandeburski, S. B. N., & Della Bona, A. (2018). Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 34(2), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.006>

Buldur, M., & Sirin Karaarslan, E. (2019). Microhardness of glass carbomer and high-viscous glass ionomer cement in different thickness and thermo-light curing durations after thermocycling aging. *BMC Oral Health*, 19(1), 273.
<https://doi.org/10.1186/s12903-019-0973-4>

Catelan, A., Padilha, A. C., Salzedas, L. M., Coclete, G. A., & dos Santos, P. H. (2008). Effect of radiotherapy on the radiopacity and flexural strength of a composite resin. *Acta Odontologica Latinoamericana: AOL*, 21(2), 159–162.

Chen, M. H. (2010). Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*, 89(6), 549–560. <https://doi.org/10.1177/0022034510363765>

Chen, X., Cuijpers, V., Fan, M., & Frencken, J. E. (2010). Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. *Journal of Dentistry*, 38(9), 731–735. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.018>

Chin, D. W. H., Treister, N., Friedland, B., Cormack, R. A., Tishler, R. B., Makrigiorgos, G. M., & Court, L. E. (2009). Effect of dental restorations and prostheses on radiotherapy dose distribution: A Monte Carlo study. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 10(1), 80–89. <https://doi.org/10.1120/jacmp.v10i1.2853>

Chin, D., Boyle, G. M., Porceddu, S., Theile, D. R., Parsons, P. G., & Coman, W. B. (2006). Head and neck cancer: Past, present and future. *Expert Review of Anticancer Therapy*, 6(7), 1111–1118. <https://doi.org/10.1586/14737140.6.7.1111>

Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 29(4), 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.002>

Cornelio, R. B., Wikant, A., Mjosund, H., Kopperud, H. M., Haasum, J., Gedde, U. W., & Örtengren, U. T. (2014). The influence of bis-EMA vs bis-GMA on the degree of conversion and water susceptibility of experimental composite materials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(6), 440–447. <https://doi.org/10.3109/00016357.2013.856467>

Coutinho, E., Cardoso, M. V., De Munck, J., Neves, A. A., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Peumans, M., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2009). Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin-modified glass-ionomer.

Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials, 25(11), 1347–1357.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.06.004>

da Cruz, A. D., Sinhoreti, M. A. C., Ambrosano, G. M., Rastelli, A. N. de S., Bagnato, V. S., & Bóscolo, F. N. (2008). Effect of therapeutic dose X rays on mechanical and chemical properties of esthetic dental materials. *Materials Research*, 11(3), 313–318.

da Silva, P. N. F., Costa, F. C., Silva, C. D. S., Barcellos, M. C., Manea, S., González, O. L., Jardim, V. R., Martins, G. V., Lima, N., Found, A. A., De Souza, G. M., & Tango, R. N. (2025). Effect of gamma radiation on the wear potential of hybrid ceramic to tooth enamel. *Materials*, 18(3), 702. <https://doi.org/10.3390/ma18030702>

Davy, K., Kalachandra, S., Pandain, M., & Braden, M. (1998). Relationship between composite matrix molecular structure and properties. *Biomaterials*, 19(22), 2007–2014.

Dayangaç, B. (2011). *Kompozit Rezin Restorasyonlar*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.

De Amorim, D. M. G., Veríssimo, A. H., Ribeiro, A. K. C., de Assunção E Souza, R. O., de Assunção, I. V., Caldas, M. R. G. R., & Borges, B. C. D. (2021). Effects of ionizing radiation on surface properties of current restorative dental materials. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*, 32(6), 69. <https://doi.org/10.1007/s10856-021-06543-5>

De Moor, R. J., Stassen, I. G., van 't Veldt, Y., Torbeyns, D., & Hommez, G. M. (2011). Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head- and neck-irradiated cancer patients. *Clinical Oral Investigations*, 15(1), 31–38. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0355-4>

Demir, N. (2017). Diş Hekimliğinde yeni bir materyal: Giomerler. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 8(2), 1543–1548.

Dirxen, C., Blunck, U., & Preissner, S. (2013). Clinical performance of a new biomimetic double network material. *The Open Dentistry Journal*, 7, 118–122. <https://doi.org/10.2174/1874210620130904003>

Doğan, F., Oktay, İ., & Saydam, G. (1991). Baş-boyun bölgesine radyoterapi uygulanan hastalarda ağız-diş sağlığının korunması. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25(1), 42–46.

Durner, J., Schrickel, K., Watts, D. C., & Ilie, N. (2015). Determination of homologous distributions of bisEMA dimethacrylates in bulk-fill resin-composites by GC-MS. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 31(4), 473–480. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2015.02.006>

Eltohamy, S. S., Kandil, M. M., & El Refai, D. A. (2020). Head and neck cancer radiotherapy effect on some properties of different dental restorative materials: An in vitro study. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 8(4), 153–161.

Floyd, C. J., & Dickens, S. H. (2006). Network structure of Bis-GMA-and UDMA-based resin systems. *Dental Materials*, 22(12), 1143–1149.

Forsten, L. (1990). Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials in vitro. *European Journal of Oral Sciences*, 98(2), 179–185. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1990.tb00958.x>

Frencken, J. E., Imazato, S., Toi, C., Mulder, J., Mickenautsch, S., Takahashi, Y., & Ebisu, S. (2007). Antibacterial effect of chlorhexidine-containing glass ionomer cement in vivo: A pilot study. *Caries Research*, 41(2), 102–107. <https://doi.org/10.1159/000098042>

Gleber-Netto, F. O., Rao, X., Guo, T., Xi, Y., Gao, M., Shen, L., Erikson, K., Kalu, N. N., Ren, S., Xu, G., Fisch, K. M., Akagi, K., Seiwert, T., Gillison, M., Frederick, M. J., Johnson, F. M., Wang, J., Myers, J. N., Califano, J., Skinner, H. D., ... Pickering, C. R. (2019). Variations in HPV function are associated with survival in squamous cell carcinoma. *JCI Insight*, 4(1), e124762. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.124762>

Gorgen, V. A., & Guler, C. (2015). Residual monomer in dentistry: A literature review. *Medicine Science*, 4(1), 2024–2038.

Gökçe, K., & Özel, E. (2005). Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 3, 52–60.

Hajhamid, B., Rahimi, R. M., Bahr, D. F., & De Souza, G. M. (2021). Effect of ionizing radiation and chewing simulation on human enamel and zirconia. *Journal of Prosthodontic Research*, 65(1), 67–72. https://doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_592

Haque, S., Takinami, S., Watari, F., Khan, M. H., & Nakamura, M. (2001). Radiation effects of carbon ions and gamma rays on UDMA based dental resin. *Dental Materials Journal*, 20(4), 325–338. <https://doi.org/10.4012/dmj.20.325>

Hervas-Garcia, A., Martinez-Lozano, M. A., Cabanes-Vila, J., Barjau-Escribano, A., & Fos-Galve, P. (2006). Composite resins: A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 11(2), E215–E220. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16505805>

Hsiue, G. H., & Chang, H. L. (1993). The effects of radiation-modified silica and monomeric diluents on the properties of dental composite resins. *Journal of Applied Polymer Science*, 52(1), 79–85. <https://doi.org/10.1002/apmc.1993.052090107>

Kampanas, N. S., & Antoniadou, M. (2018). Glass ionomer cements for the restoration of non-carious cervical lesions in the geriatric patient. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(3), 42. <https://doi.org/10.3390/jfb9030042>

Karagöz, A. S. (2016). *Co-60 ve lineer hızlandırıcı tedavi cihazları ile radyoterapi uygulanan t1-t2 glottik larenks kanseri hastalarının aldığı dozların farklı dozimetrik sistemler kullanılarak incelenmesi* (Yayın No. 455100) [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Karanika-Kouma, A., Dionysopoulos, P., Koliniotou-Koubia, E., & Kolokotronis, A. (2001). Antibacterial properties of dentin bonding systems, polyacid-modified composite resins and composite resins. *J Oral Rehabil*, 28(2), 157-160. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00643.x>

Keleş, S. (2013). *Radyoterapinin farklı dozlarının süt dişlerinin mineral içeriğine ve poliasit modifiye rezin kompozitin bağlanma gücü üzerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Khoroushi, M., & Keshani, F. (2013). A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental Research Journal*, 10(4), 411–420.

Kielbassa, A. M., Hinkelbein, W., Hellwig, E., & Meyer-Lückel, H. (2006). Radiation-related damage to dentition. *The Lancet Oncology*, 7(4), 326–335. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(06\)70658-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70658-1)

Koç, Z. P., & Balcı, T. A. (2011). Baş ve Boyun Tümörlerinde Positron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi (PET/BT). *Fırat Tıp Dergisi*, 16(4), 194-198.

Koştur, E. (2016). *Farklı kalınlıklardaki cad/cam zirkonya, hibrit seramik ve rezin nano-seramik onleylerin kırılma*

dayanıklılıklarının in-vitro olarak karşılaştırılması (Yayın No. 453988) [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Lima, R. B. W., De Vasconcelos, L. C., Pontual, M. L., Meireles, S. S., Andrade, A. K. M., & Duarte, R. M. (2019). Effect of ionizing radiation on the properties of restorative materials. *Indian Journal of Dental Research*, 30(3), 408–413. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_72_17

Lugassy, A. A., & Greener, E. H. (1972). An abrasion resistance study of some dental resins. *Journal of Dental Research*, 51(4), 967–972. <https://doi.org/10.1177/00220345720510044101>

Morabito, A., & Defabianis, P. (1997). The marginal seal of various restorative materials in primary molars. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 22(1), 51–54.

Mortazavi, S. M., Neghab, M., Anoosheh, S. M., Bahaeddini, N., Mortazavi, G., Neghab, P., & Rajaeifard, A. (2014). High-field MRI and mercury release from dental amalgam fillings. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 5(2), 101–105.

Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. 3th ed. London: Martin Dunitz Ltd.,1990.p.13

Müller-Miny, H., Erber, D., Möller, H., Müller-Miny, B., & Bongartz, G. (1996). Is there a hazard to health by mercury exposure from amalgam due to MRI? *Journal of Magnetic Resonance Imaging: JMRI*, 6(1), 258–260. <https://doi.org/10.1002/jmri.1880060146>

Nakajima, H., Komatsu, H., & Okabe, T. (1997). Aluminum ions in analysis of released fluoride from glass ionomers. *Journal of Dentistry*, 25(2), 137–144. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(96\)00021-8](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00021-8)

Nicholson, J. W., Czarnecka, B., & Limanowska-Shaw, H. (1999). The long-term interaction of dental cements with lactic acid solutions. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 10(8), 449–452.

Oktay, E. A., Zerener, T., Dirican, B., Yıldız, S., Sager, O., Karaoglanoglu, S., & Beyzadeoglu, M. (2022). Dosimetric evaluation of the effect of dental restorative materials in head and neck radiotherapy. *Indian Journal of Cancer*, 59(3), 402–407. https://doi.org/10.4103/ijc.IJC_897_19

Ordu, Ü., & Cengiz, S. (2015). Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemlerinin güncel materyalleri. *Journal of International Dental Sciences*, 1, 9-12. <https://doi.org/10.21306/jids.2015.1.02>

Parkin, D. M., Bray, F., Ferlay, J., & Pisani, P. (2005). Global cancer statistics, 2002. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 55(2), 74–108. <https://doi.org/10.3322/canjclin.55.2.74>

Pashley, E. L., Zhang, Y., Lockwood, P. E., Rueggeberg, F. A., & Pashley, D. H. (1998). Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater*, 14(1), 6-10. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(98\)00003-7](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(98)00003-7)

Patel, J. J., Levy, D. A., Nguyen, S. A., Knochelmann, H. M., & Day, T. A. (2020). Impact of PD-L1 expression and human papillomavirus status in anti-PD1/PDL1 immunotherapy for head and neck squamous cell carcinoma-Systematic review and meta-analysis. *Head & Neck*, 42(4), 774–786. <https://doi.org/10.1002/hed.26036>

Peutzfeldt, A. (1997). Resin composites in dentistry: The monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, 105(2), 97–116. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0722.1997.TB00188.X>

Portakal, Z. G. (2012). *Baş-boyun kanserlerinin tedavisinde yoğunluk ayarlı radyoterapi ve 3 boyutlu konformal radyoterapi tedavi planlarının karşılaştırılması* (Yayın No. 318500) [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Puckett, A. D., Fitchie, J. G., Kirk, P. C., & Gamblin, J. (2007). Direct composite restorative materials. *Dental Clinics of North America*, 51(3), 659–675. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.04.003>

Rades, D., Fehlaue, F., Wroble, J., Albers, D., Schild, S. E., & Schmidt, R. (2007). Prognostic factors in head-and-neck cancer patients treated with surgery followed by intensity-modulated radiotherapy (IMRT), 3D-conformal radiotherapy, or conventional radiotherapy. *Oral Oncology*, 43(6), 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2006.05.006>

Richard, P., Sandison, G., Dang, Q., Johnson, B., Wong, T., & Parvathaneni, U. (2015). Dental amalgam artifact: Adverse impact on tumor visualization and proton beam treatment planning in oral and oropharyngeal cancers. *Practical Radiation Oncology*, 5(6), e583–e588. <https://doi.org/10.1016/j.prro.2015.04.007>

Ruyter, I. E., & Oysa, H. (1982). Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 40(3), 179–192. <https://doi.org/10.3109/00016358209012726>

Sakaguchi, R. (2012). *Restorative materials: Composite and polymers* (J. M. Sakaguchi, Ed.). Elsevier Health Sciences.

Savarino, L., Cervellati, M., Stea, S., Cavedagna, D., Donati, M. E., Pizzoferrato, A., & Visentin, M. (2000). In vitro investigation of aluminum and fluoride release from compomers, conventional and resin-modified glass-ionomer cements: A standardized

approach. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 11(3), 289–300. <https://doi.org/10.1163/156856200743706>

Shin, M. A., & Drummond, J. L. (1999). Evaluation of chemical and mechanical properties of dental composites. *Journal of Biomedical Materials Research*, 48(4), 540–545. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4636\(1999\)48:4<540::aid-jbm21>3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4636(1999)48:4<540::aid-jbm21>3.0.co;2-3)

Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), 1819–1829. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00308-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00308-8)

Sidhu, S. K., & Nicholson, J. W. (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>

Silva, A. R., Alves, F. A., Berger, S. B., Giannini, M., Goes, M. F., & Lopes, M. A. (2010). Radiation-related caries and early restoration failure in head and neck cancer patients. A polarized light microscopy and scanning electron microscopy study. *Supportive Care in Cancer*, 18(1), 83–87. <https://doi.org/10.1007/s00520-009-0633-3>

Somacal, D. C., Manfro, F. B., Monteiro, M. S. G., De Oliveira, S. D., Bittencourt, H. R., Borges, G. A., et al. (2020). Effect of pH cycling followed by simulated toothbrushing on the surface roughness and bacterial adhesion of bulk-fill composite resins. *Operative Dentistry*, 45(2), 209–218.

Taher, R. M., Moharam, L. M., Amin, A. E., et al. (2021). The effect of radiation exposure and storage time on the degree of conversion and flexural strength of different resin composites. *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 146. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00605-y>

Thwaites, D. I., & Tuohy, J. B. (2006). Back to the future: The history and development of the clinical linear accelerator. *Physics in Medicine and Biology*, 51(13), R343–R362. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/51/13/R20>

Torre, L. A., Siegel, R. L., Ward, E. M., & Jemal, A. (2016). Global cancer incidence and mortality rates and trends--An update. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 25(1), 16–27. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-15-0578>

Tso, T. V., Hurwitz, M., Margalit, D. N., Lee, S. J., Williams, C. L., & Rosen, E. B. (2019). Radiation dose enhancement associated with contemporary dental materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(4), 703–707. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2018.07.012>

Uluakay, M., İnan, H., Yamanel, K., & Arhun, N. (2011). Kompozit rezinler ve polimerizasyon büzülmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 5(2), 895–902.

Vaishnavi, C., Kavitha, S., & Narayanan, L. L. (2010). Comparison of the fracture toughness and wear resistance of indirect composites cured by conventional post-curing methods and electron beam irradiation. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(3), 145–147. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.71647>

Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>

Viero, F. L., Boscolo, F. N., Demarco, F. F., & Faot, F. (2011). Effect of radiotherapy on the hardness and surface roughness of two composite resins. *General Dentistry*, 59(4), 168–172.

Vissink, A., Burlage, F., Spijkervet, F., Jansma, J., & Coppes, R. (2003). Prevention and treatment of the consequences of head and neck radiotherapy. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 14(3), 213–225. <https://doi.org/10.1177/154411130301400306>

Vissink, A., Jansma, J., Spijkervet, F. K. L., Burlage, F. R., & Coppes, R. P. (2003). Oral sequelae of head and neck radiotherapy. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 14(3), 199–212. <https://doi.org/10.1177/154411130301400305>

von Fraunhofer, J. A., Curtis, P., Jr., Sharma, S., & Farman, A. G. (1989). The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. *Journal of Dentistry*, 17(4), 177–183. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(89\)90071-7](https://doi.org/10.1016/0300-5712(89)90071-7)

Webster, G. J., Rowbottom, C. G., & Mackay, R. I. (2009). Evaluation of the impact of dental artefacts on intensity-modulated radiotherapy planning for the head and neck. *Radiotherapy and Oncology: Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 93(3), 553–558. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2009.10.006>

Wittekindt, C., Wagner, S., Sharma, S. J., Würdemann, N., Knuth, J., Reder, H., & Klußmann, J. P. (2018). HPV - A different view on head and neck cancer. *HPV – Das andere Kopf-Hals-Karzinom. Laryngo-rhino-otologie*, 97(S 01), S48–S113. <https://doi.org/10.1055/s-0043-121596>

Woolford, M. J. (1994). Effect of radiant heat on the surface hardness of glass polyalkenoate (ionomer) cement. *Journal of Dentistry*, 22(6), 360–363. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(94\)90089-2](https://doi.org/10.1016/0300-5712(94)90089-2)

Zimmermann, M., Mehl, A., & Reich, S. (2013). New CAD/CAM materials and blocks for chairside procedures. *International Journal of Computerized Dentistry*, 16(2), 173–181.

KOMPOZİT DOLGU MATERYALLERİNDE KULLANILAN ANTİBAKTERİYEL AJANLAR

NAGİHAN EKEN¹
MERVE UZUN²
NESLİHAN ÇELİK³

Giriş

Kompozit rezinler mekanik, fiziksel ve estetik özelliklerindeki gelişmeler nedeniyle direkt restorasyonlar için en yaygın kullanılan malzemeler haline gelmiştir (Cho & ark., 2022). Bakteri florası, tükürük, diş eti sıvısı ve yiyeceklerden oluşan karmaşık bir ortama maruz kalan dental rezinler ağız boşluğunda bozulurlar ve bu durum klinik dayanımlarını olumsuz yönde etkiler (Cho & ark., 2022).

Dental kompozitlerin biyolojik olarak parçalanmasında oral mikroorganizmaların kritik bir rol oynadığı ortaya konmuştur (Bettencourt & ark., 2010; Delaviz & ark., 2014). Ayrıca kompozit

¹ Arş.Gör. Dt, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, nagihaneken98@gmail.com, ORCID: 0009-0001-7857-6443

² Arş.Gör. Dt, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, merve.uzun237@gmail.com, ORCID: 0009-0002-3540-2686

³ Doç.Dr. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, neslihancelik@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7456-5202

rezin malzemelerin düşük yüzey enerjisi nedeniyle bakteri yapışmasına ve yüzeylerinde biyofilm oluşumuna daha duyarlı olduğu bulunmuştur (Engel & ark., 2020).

Kompozit rezinlerin kimyasal bileşimi, bakteriyel çoğalmayı engelleyici bir özellik taşımamaktadır (Algarni, 2024). İnorganik dolgular, çoğunlukla antibakteriyel özellikleri olmayan inert silika yapılarıdır (Cho & ark., 2022) . Ağız ortamı, demineralizasyon ve remineralizasyon süreçlerinin eşzamanlı olarak gerçekleştiği dinamik bir yapıya sahiptir ve bu denge tükürük akışı ile fermente edilebilir karbonhidratların varlığı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Featherstone & ark., 2021).

Daha önce belirtilen faktörlere bağlı olarak malzemede meydana gelen bozulmalar sekonder çürüklere ve restorasyonun başarısızlığına neden olabilir (Cho & ark., 2022).Kompozit rezin restorasyonlarda sekonder çürük prevelansı amalgam gibi diğer materyallere kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Nedeljkovic & ark., 2020). Bu nedenle, kompozit rezin restorasyonlarının başarısızlık oranı, amalgam restorasyonlardan daha fazladır ve başarısızlığın ana nedeni sekonder çürüklerdir (Worthington & ark., 2021).

Kompozit rezin özelliklerini geliştirmek ve sekonder çürük başlangıcını ve ilerlemesini azaltmak için çeşitli stratejiler tanıtılmıştır (Cheng & ark., 2016).Diş-restorasyon kenarlarındaki çürükleri azaltmak için antibakteriyel bağlayıcı ajanlar formüle edilmiştir (Imazato & ark., 2003, 2006; Li & ark., 2009) . Bunlar hazırlanan kavitedeki kalan bakterileri öldürebilir ve kenar sızıntısı oluştuğunda diş-restorasyon arayüzlerinde yeni bakterilerin oluşmasını engelleyebilir (Imazato & ark., 1998, 2003, 2006).

Antibakteriyel ajanların bakteri tutunmasını etkili bir şekilde baskıladığı ve biyofilm büyümesini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Imazato & ark., 1998) .

Modern diş hekimliğinde, kompozit rezin materyallere antibakteriyel içeriklerin ilave edilmesi restore edilmiş dişlerde bakteri kolonizasyonu ve sekonder çürük oluşumunu engellemede bir çözüm olarak düşünülmektedir (Cheng & ark., 2016) .

Bu ajanlar kimyasal bileşimlerine göre; organik ve inorganik ajanlar olarak sınıflandırılabilir. Organik ajanlar kuaterner amonyum bileşikleri, polimerik ajanlar, ve biguanitler olarak; inorganik ajanlar ise metaller ve metal oksitleri olarak sınıflandırılır (Algarni, 2024). Bilinen inorganik antimikrobiyal dolgu maddelerinin çoğu gümüş (Ag) nanopartikülleridir (Makvandi & ark., 2018).

Antibakteriyel ajanlar kompozit rezinlere dahil edilme yöntemine göre ise polimerize edilebilir ajanlar ve antibakteriyel dolgu parçacıkları olarak da sınıflandırılabilir.

Rezin monomerleri ile kopolimerizasyon yoluyla bir kompozit rezin matrisine dahil edilebilen polimerize edilen antibakteriyel ajanlar, antibakteriyel bileşenlerin salınması olmadan ve uzun vadeli antibakteriyel koruma sağlar (Algarni, 2024).

Metakriloloksidodesilpiridinyum bromür (MDPB) polimerize edilebilir bir antibakteriyel ajandır. Kuaterner amonyum bileşikleri ve klorheksidin gibi sızdırılabilir ajanlar, bir kompozit rezin restorasyonunun çevresine salınabilen suda çözünür bileşiklerdir. Magnezyum oksit gibi metal oksitler veya metal tuzları da dahil olmak üzere dolgu parçacıkları eser miktarda metal iyonları salarak antibakteriyel etki gösterir (Chen & ark., 2012).

Kuaterner Amonyum Bileşikleri

Antimikrobiyal polimerlerin çoğu pozitif yüklüdür çünkü bakterilerin hücre duvarları genellikle negatif yüklüdür ve negatif yüklü olan fosfatidiletanolamin (%70) ana bileşendir. Buna bağlı olarak kuaterner amonyum grupları içeren polimerler üzerinde en çok çalışılan polimerik biyosit türüdür . Bu malzemelerin, diş

malzemeleri (Antonucci & ark., 2012) , tıbbi cihazlar (Gottenbos & ark., 2002; Jiao & ark., 2017) , gıda ambalajları (Belkhir & ark., 2017; Sekhavat Pour & ark., 2015) kaplama (Daniels & ark., 2016; Shulman & ark., 2017) ve gargara (Moran & ark., 2000) gibi çok çeşitli uygulamalarda bakteri ve mikrobiyal büyümeyi azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir.

Kuaterner amonyum bileşiklerinin etkisinin tam mekanizması belirlenememiştir ancak bu malzemelerin "temas ederek öldürme" mekanizması ile antibakteriyel etki gösterdiği düşünülmektedir. Uzun lipofilik alkil zinciri sitoplazmik materyalin sızmasını, otolizi ve bakterilerin hücre ölümünü sağlamak için hücre duvarına bağlanarak bakteriyel hücre zarlarına nüfuz eder (Ahlström & ark., 1999; Kawabata & Nishiguchi, 1988; Kenawy & ark., 2002).

Katyonik monomerlerin antibakteriyel aktivitesinin çoğunun yüzey aktif özelliklerinden ve dolayısıyla hidrofobik zincirlerin uzunluğundan etkilendiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Caillier & ark., 2009; Imazato & ark., 2012; Marcotte & ark., 2005). Makromoleküller, poliglikan dış katmanları, hücrenin içindeki polimer zincirinin sitoplazmik zarla etkileşime girmesini kolaylaştırmak için yeterince gevşek bir şekilde pakletlendiğinden gram pozitif bakterilerin hücreleriyle daha etkili bir şekilde etkileşime girebilir. Öte yandan gram negatif bir bakteri hücresi polimerik biyositin olumsuz etkisine karşı iç sitoplazmik zarı daha büyük ölçüde koruyan çift katmanlı bir fosfolipid yapıya sahip ek bir zara sahiptir (Munoz-Bonilla & Fernandez-Garcia, 2012).

Kuaterner amonyum bileşiklerinin dental kompozitlere dahil edilmeleri için iki temel yöntem vardır. Bunlar dolgu partikül bileşeni olarak eklenerek ya da bir KA monomeri olarak polimerize edilerek (Algarni, 2024).

Kuaterner Amonyum Monomerleri

Son yıllarda kuaterner amonyum bazlı monomerlerin antimikrobiyal aktivitesini veya polimerizasyon kapasitesini daha da geliştirmek ve iyileştirmek için çok çaba sarf edilmiştir. Foto-polimerizasyon reaksiyonuna katılmak için metakrilat fonksiyonel grubuna sahip olmayan, hareketsizleştirilmemiş antibakteriyel ajanların birçok dezavantajı vardır. Ağız gargarasında kullanılan klorheksidin gibi çözünür antibakteriyel ajanlar içeren rezinler, su emilimi ve antibakteriyel ajanın salınımından sonra gözenekli yapıların oluşumu nedeniyle genellikle kısa süreli antibakteriyel etkilere ve zayıf mekanik özelliklere sahiptir (Jedrychowski & ark., 1983; Wen & ark., 2005).

Monometakrilatlar

Metakriloiloksidodesilpiridinyum Bromür (MDPB): 12-metakriloiloksidodesil-piridinyum bromür, bir metakriloil grubu ve kuaterner amonyumun bir kombinasyonudur (Koytchev & Antonova, 2022). Düşük konsantrasyonlarda (8 µg/ml), bakteriyel laktat dehidrogenaz enzim aktivitesine müdahale ederek ve S. mutans'tan asit üretimini engelleyerek bakteriyostatik etki gösterir. Yüksek konsantrasyonlarda (1.000 µg/ml) ise planktonik ve biyofilm üzerinde bakterisidal bir etki gösterir (Izutani & ark., 2011).

MDPB, adeziv sistemlere dahil edilmiştir. MDPB içeren adeziv sistemler üzerinde yürütülen laboratuvar çalışmaları, dentine çekme bağı mukavemeti üzerinde hiçbir etkisi olmadan antibakteriyel aktiviteleri açısından ümit verici sonuçlar göstermiştir (Brambilla & ark., 2013; Krishnamurthy & ark., 2018). Ancak klinik çalışmalar laboratuvar çalışmalarıyla uyumlu bulunmamıştır ve MDPB içeren ve MDPB içermeyen adezivler arasında sekonder çürük oluşumuna karşı üstün bir önleyici etki gösterilmemiştir (Vasconcelos & ark., 2014). Dahası, şu ana kadar MDPB'nin

restoratif kompozit rezin materyallerine dahil edilmesini araştıran hiçbir çalışma mevcut değildir.

Dimetakrilatlar

Dental adezivler ve rezinlerde tipik olarak kullanılan dimetakrilatların aksine, kuaterner amonyum monomerleri genellikle çapraz bağlayıcı madde olarak kullanılma olasılığı olmayan yalnızca bir metakrilat grubuna sahiptir. Yüksek konsantrasyonlarda monometakrilat eklenmesi, genel polimer ağ yapılarını ve özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir (Antonucci & ark., 2012) ,(Cheng & ark., 2012). Buna bağlı olarak dimetakrilat grupları olan bazı kuaterner amonyum işlevselleştirilmiş monomerler sentezlenmiştir. Bu amaçla, bis (2-etakriloksietil) dimetilamonyum bromür (IDMA-1) ve 2,2- bis (metakriloksietil dimetilamonyum bromür-1,1-benzil) (IDMA-2) sentezlenmiştir ve araştırılmıştır (Antonucci & ark., 2012). %10 ağırlık oranında IDMA-1'in bis -GMA:TEGDMA dental rezin ile kombinasyonu, memeli hücrelerinin yaşayabilirliğini veya metabolik aktivitesini etkilemeden *S. mutans* kolonizasyonunu azaltmıştır. Bu monomer, ticari bir adezive de *S. mutans*'a karşı antibakteriyel aktivite kazandırmıştır. Monomerle adeziv madde, rezin yüzeyindeki biyofilmlerin CFU'sunu ve laktik asidini büyük ölçüde azaltmıştır (Li & ark., 2013). Huang ve ark. (Huang & ark., 2011) 2-metakriloksietil dodeasil metil amonyum bromür (MAE-DB) ve 2-metakriloksietil heksadeasil metil amonyum bromür (MAE-HB) isimli iki yeni çapraz bağlanabilir monomer sentezlemiştir. MAE-DB ve MAE-HB monomerleri, oral bakterilere karşı güçlü bakterisidal aktivite göstermiştir.

Bu monomerlerin sitotoksitesisi bis -GMA'dan daha az bulunmuştur. Diğer dental monomerlerle polimerizasyondan sonra, bakteriyel büyüme (*S. mutans*) , kontrol ile karşılaştırıldığında % 10 ağırlıkça MAE-DB içeren rezin üzerinde 1 ila 180 gün arasında

inhibe edilmiştir. Bu bulgular, rezin malzemelerine yeterli konsantrasyonlarda dahil edilen MAE-DB'nin polimerizasyondan sonra uzun vadeli antibakteriyel özelliklere sahip olabileceğini göstermiştir (Huang & ark., 2012).

Kuaterner Amonyum Mikro Ve Nano Dolgu Maddeleri

KA bileşikler polimerik parçacıklar (örn. QA polietilenimin (QPEI)) veya silika dolgu parçacıklarıyla birleştirilebilir. Bu bileşikler in vitro ve in vivo çalışmalarla kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Featherstone, 2022) . Bu bileşikler, KA monomerlerine kıyasla daha avantajlıdır, çünkü ikincisi kompozit restoratif materyalleri sızdırma eğilimindedir ve bu da zamanla materyalin fiziksel özelliklerinde bozulmaya neden olur (Chen & ark., 2012) .

Dolgu maddesi olarak kuaterner amonyum elde etmenin iki temel yaklaşımı vardır. İlk yaklaşım kuaterner amonyum mikro/nanopartiküllerinin sentezidir. Bu amaçla, kuaterner amonyum poli(etilenimin) nanopartikülleri (QPEI) antibakteriyel özellikler için kompozitlere ve cam iyonomer simanlara dahil edilmiştir (Makvandi & ark., 2018), (Beyth & ark., 2012) ve çalışmanın sonuçlarında QPEI nanopartiküllerinin cam iyonomer simanlara dahil edilmesinin S. mutans ve L. casei'ye karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Barros ve arkadaşlarına (Barros & ark., 2014) göre bu nanopartiküller endodontik dolgu maddelerinde %1 ve %2 ağırlıkça konsantrasyonlarda kullanıldığında antibakteriyel aktivitenin, fizikokimyasal ve mekanik özelliklerde ilgili değişiklikler olmaksızın dolgu maddesinin uzun vadeli antibakteriyel etkilerini artırabileceğini göstermiştir. E. faecalis suşlarına karşı 30 ve 60 dakikalık direkt temasta antibakteriyel aktivite, nanopartikül içermeyen formüle göre önemli ölçüde daha fazla bulunmuştur.

Klorheksidin(CHX)

CHX, geniş spektrumlu antibakteriyel etkisi olan bir biguanid katyonudur. Gram-negatif ve gram-pozitif bakterilere karşı etkilidir. Bakteriyostatik etkisini, bakteri hücre zarını delip yapısal bütünlüğünü bozarak gösterir. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise hücre içeriğinin çökmesine ve sitoplazmanın pıhtılaşmasına yol açarak bakterisid etki sergiler (Zhang& ark., 2020). Diş hekimliğinde diş çürüklerinin önlenmesi, periodontal hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde etkili bir gargara ve vernik olarak kullanılmaktadır. Ayrıca CHX matriks metalloproteinaz (MMP) inhibitörü olarak da işlev görmektedir. Dentin organik matrisi içinde yer alan MMP'ler endojen proteolitik enzimlerdir ve aktifleştiklerinde dentin kolajen liflerini parçalayarak dentin-rezin bağ kuvvetini zayıflamasına yol açarlar. CHX, restoratif işlemlerde terapötik astar olarak, asit pürüzlendirme ajanlarına eklenerek ya da adeziv maddelere katılarak kullanılmıştır (Zhang& ark., 2020). Yapılan bir laboratuvar çalışmasında, dentin adeziv uygulamasından önce %0,2'lik CHX çözeltisinin terapötik astar olarak uygulanmasının nano sızıntıları azalttığı gözlemlenmiştir (Mazzoni& ark., 2015). Erozyona uğramış dentine bağlanmada CHX'nin asit pürüzlendirme ajanına dahil edilmesiyle nano sızıntı üzerinde önemli ölçüde azaltıcı etki gösterdiği belirtilmiştir (Siqueira & ark., 2019) . CHX'nin MMP inhibisyonuna ilişkin in vitro çalışmalar umut verici sonuçlar sunsa da, klinik uygulamaları destekleyecek yeterli düzeyde klinik veri henüz bulunmamaktadır (Josic & ark., 2021).

CHX çözeltisinin adeziv prosedürlerinde kullanılmasının yanı sıra, çürük önleyici restorasyonlar üretmek amacıyla restoratif malzemelere entegre edilmesine yönelik çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda, CHX'in kontrollü salımını sağlamak amacıyla mezo-gözenekli silika nanoparçacıklarına yüklenerek kompozit rezin sistemine dahil edilmiştir. (Zhang & ark., 2014).

İlgili çalışmada üretilen çalışma kompoziti, mekanik ve yüzey özelliklerini kaybetmeden kontrollü CHX salımı gerçekleştirmiştir.

Başka bir yöntemde, vezikül-temelli teknolojiyle çekirdek-kabuk yapısında CHX/ACP nanoparçacıkları üretilmiş ve deneysel kompozit rezin içine eklenerek antibakteriyel ve fiziksel özellikleri test edilmiştir. %5 CHX/ACP nanoparçacığı içeren modifiye dental rezin kompoziti, kabul edilebilir mekanik özelliklerin yanı sıra, antimikrobiyal ve remineralizasyona yardımcı özellikler sergilemiştir (Yang & ark., 2021). CHX aynı zamanda adeziv rezin sistemlerine de eklenmiş ve umut verici sonuçlar vermiştir.

%0,2 CHX içeren adeziv ajanların zamanla bağ kuvvetini artırdığı gözlemlenmiştir. Bu etki yalnızca CHX'nin antimikrobiyal özellikleriyle değil, aynı zamanda MMP inhibitörü olarak proteolitik aktiviteyi engellemesiyle de açıklanabilir (Yaghmoor & ark., 2022).

CHX ile benzer şekilde etki gösteren bir başka katyonik bileşik olan oktenidin dihidroklorür, piridin türevi olup antibakteriyel ve biyofilm önleyici etkiler sunmaktadır. Deneysel kompozit rezinlere entegre edilen bu madde, biyofilm oluşumunu önlemede başarılı sonuçlar vermiştir (Rupf & ark., 2012). Ancak bu materyallerin klinik etkinliğiyle ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Reda& ark., 2021; Rupf & ark., 2012).

Kitosan

Kitosan antibakteriyel özellikte bir polisakkarittir ve kitinden elde edilmektedir. Doğal, biyoyumlu ve çözünebilen bir polimer olması nedeniyle, çeşitli tıbbi uygulamalarda ve doku yenilenmesinde kullanıma uygundur (Yudaev & ark., 2022). Farklı yoğunluklarda çözeltilebilir ve hazırlanıp sodyum tripolifosfat ile çapraz bağlanarak kitosan nanoparçacıkları üretilir. Bu nanoparçacıklar, bakteriyel hücre zarını bozarak mikrobiyal etki oluşturur. Negatif yüklü bakteri hücre duvarıyla etkileşime giren pozitif yüklü kitosan

parçacıkları bakteri hücre zarı geçirgenliğini artırır (Yudaev & ark., 2022).

Diş hekimliğinde kitosan nanoparçacıkları ilaç taşıyıcı olarak periodontitis tedavisi, dentin-pulpa onarımı, yapıştırıcı sistemler ve kompozit rezinlerde kullanım amaçlı araştırılmıştır(Fakhri & ark., 2020). Ancak kompozit rezinlere kitosan eklenmesinin antimikrobiyal etkinliği ve malzemenin fiziksel özelliklerine etkisi konusunda çelişkili bulgular mevcuttur. Örneğin bir çalışmada metakrilata eklenen kitosanın total-etch adeziv sistemine başarıyla entegre edildiği ve bağ kuvveti gibi fiziksel özelliklerde olumsuzluk gözlenmediği bildirilmiştir (Stenhagen & ark., 2019). Başka bir laboratuvar araştırmasında kitosan içeren kompozit ve adezivin *Streptococcus mutans*ın biyofilm oluşturmasını önemli ölçüde azalttığı, ancak bu durumun yüzey sertliği ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerde azalmaya yol açtığı belirtilmiştir (Stenhagen& ark., 2019).

Lia ve arkadaşları, %2 oranında kitosan/florür mikropartiküllerinin Bis-GMA esaslı rezin matrisine eklenmesiyle, bakteri üremesinin %10’a kadar azaltıldığını ve mekanik özelliklerin korunabildiğini raporlamıştır (Lai & ark., 2022). Benzer şekilde, %0,25 oranında kitosan içeren adezivler ve kompozitlerde de antimikrobiyal etkinin sağlandığı, bağ dayanımının ise etkilenmediği gösterilmiştir (Halkai & ark., 2022). Öte yandan, %0,5–1 oranında kitosan eklenen kompozitlerde mikrosertlik artışı gözlenmiş olsa da, bakteri üzerindeki etkide anlamlı fark elde edilememiştir (Ali & ark., 2020).

Genel olarak, çelişkili sonuçlar nedeniyle, kitosan’ın ideal dozajı ve etkileri için daha fazla standartlaştırılmış çalışmalara ihtiyaç vardır (Algarni, 2024).

Metalik Nanoparçacıklar

Magnezyum Oksit Nanoparçacıkları (nMgO)

Magnezyum oksit nanoparçacıkları, biyoyumlu yapıları ve umut vadeden antimikrobiyal etkileri sayesinde tıp alanında çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Kanseri tedavisinden kemik yenilenmesine kadar birçok alanda değerlendirilmiş bu parçacıkların, ağız içi patojenlere karşı da etkili olduğu gösterilmiştir (Bhattacharya & ark., 2021; Mazaheri & ark., 2019; Nguyen & ark., 2018). Bu etki, magnezyum iyonlarının salınımla bakteri hücre zarının bozulmasına böylece bakteri çoğalmasında azalmaya dayanır. Bu nedenle nMgO, sekonder çürüklerin önlenmesi amacıyla kompozit rezinler, dental simanlar ve cam iyonomer simanlara antimikrobiyal dolgu maddesi olarak dahil edilmiştir (Naguib & ark., 2022; Rangrazi & ark., 2022) Düşük konsantrasyonlarda (%2–7,5) kullanıldığında biyoyumluluk, mekanik ve kimyasal özelliklerden ödün vermeden biyofilm oluşumunu azaltabildiği tespit edilmiştir (Wang, Wu, Wang, Tang, & ark., 2023; Wang, Wu, Wang, Tian & ark., 2023). Ayrıca, nMgO katkısının kompozit polimerizasyonunu destekleyerek kür derinliğini artırabileceği ve malzemenin yaşlanma sürecini yavaşlatabileceği öne sürülmektedir.

Mısırdan elde edilen çözünebilen bir polimer olan zein proteini ile kaplanan MgO nanoparçacıkları, ilaç taşıma sistemlerinde ve terapötik uygulamalarda daha etkin hale gelmektedir. Kaplama uygulaması, MgO'nun *S. mutans*, *E. faecalis*, *S. aureus* ve *C. albicans* gibi mikroorganizmalara karşı gösterdiği antibakteriyel etkinliği artırmıştır. (Naguib & ark.). Zein-kaplı MgO nanoparçacıkları, cam iyonomer ve rezin simanlara eklendiğinde güçlü antibakteriyel özellikler sergilemiştir (Naguib & ark., 2022).

Ayrıca MgO'nun biyoaktif cam (BAG) ile birlikte kompozit rezine eklenmesi, her iki maddenin sinerjik etkilerini bir araya getirerek hem antibakteriyel hem de yeniden mineralizasyon etkisi

sağlamaktadır. %2,5 MgO ve %12,5 BAG kombinasyonu, yalnızca birini içeren formülasyonlara kıyasla daha etkili sonuçlar göstermiştir (Tian & ark., 2023). Bu bileşik kompozitlerin fiziksel ya da mekanik özelliklerinde herhangi bir bozulmaya neden olmadan antibakteriyel etkilerini artırma potansiyeline sahiptir (Algarni, 2024).

Çinko Oksit Nanoparçacıkları (nZnO)

ZnO nanoparçacıkları, çözünmez ve renksiz olmaları nedeniyle uzun süreli antibakteriyel etki sağlarken estetik özellikleri korur. %1–2 oranlarında kullanıldığında, mekanik özellikleri bozmadan etkili antimikrobiyal koruma sağlar (Arun & ark., 2020). %5 ZnO eklendiğinde, çürük yapıcı bakterilerin laktik asit üretimi azalmış ve antibakteriyel etki artmıştır (Brandao & ark., 2018). Ancak bazı çalışmalar, ZnO'nun yalnızca tek tür bakteriye karşı etkili olduğunu, çok türlü biyofilmler üzerinde aynı başarıyı göstermediğini ileri sürmektedir. Yüksek oranlarda kullanımda kür derinliği ve polimerizasyon derecesi üzerinde olumsuz etkiler gözlemlenmiş olsa da, bazı çalışmalar bu etkilerin görülmediğini bildirmiştir (Brandao & ark., 2018; Tavassoli Hojati & ark., 2013). Ayrıca, %5 ZnO içeren kompozitlerin termo-mekanik davranışlarının oldukça iyi olduğu da gösterilmiştir (Yazdani & ark., 2022).

Gümüş Nanoparçacıklar (AgNPs)

Gümüş nanoparçacıklar, medikal ve dental alanda yaygın olarak kullanılan güçlü antibakteriyel maddelerdir. Hücre zarını ve sitoplazmayı bozma, ribozomları etkisizleştirme, protein sentezini durdurma ve ATP üretimini engelleme gibi çok yönlü etki mekanizmalarına sahiptir (Yin & ark., 2020). Yassaei ve ark., kompozit rezinlere %1 oranında AgNP eklenmesinin en uygun antibakteriyel etkiyi sağladığını ve malzeme özelliklerini bozmadığını bildirmiştir (Yassaei & ark., 2020).

Bitkisel kaynaklı AgNP'lerle modifiye edilen kompozitlerde, *Streptococcus mutans*'a karşı belirgin antibakteriyel etki elde edilmiş ve yüzey sertliğinde değişiklik gözlemlenmemiştir (Taraboanta & ark., 2023). AgNP'lerin diğer antibakteriyel ajanlarla birlikte kullanılması da araştırılmış, örneğin siprofloksasin ile birleştirildiğinde antibakteriyel etkinliğin ve basma dayanımının arttığı görülmüştür (Kachoei & ark., 2021). Ayrıca ZnO ve Ag nanoparçacıklarının birlikte kullanıldığı ortodontik kompozitlerde hem bağ kuvveti hem de antibakteriyel etkinlik artmıştır (Kachoei & ark., 2021).

Titanyum Dioksit Nanoparçacıkları (TiO₂)

TiO₂ nanoparçacıkları, UV ışığına maruz kaldığında reaktif oksijen türleri oluşturarak bakterileri yok eden fotokatalitik özellikteki antimikrobiyal maddelerdir (Esteban Florez & ark., 2020). Son yıllarda, bu parçacıkların ışık Emilimini artırmak amacıyla azot gibi elementlerle katkılanarak antimikrobiyal etkinliklerinin sürdürülebilir hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Ortodontik retainer yerleştirilmesinde kullanılan kompozitlerde, TiO₂ nanoparçacıkları içeren ürünler, bağ kuvvetini etkilemeden daha iyi antibakteriyel performans sergilemiştir (Kotta & ark., 2020). Ayrıca Ag nanoparçacıklarıyla birleştirilen TiO₂, kompozitin mekanik dayanımını artırmıştır. Azot ve flor katkılı %1,5 TiO₂ içeren akışkan kompozitlerde de eğilme direnci ve modülünde iyileşme görülmüş, antibakteriyel etki desteklenmiştir (Souza & ark., 2023).

Piyasada antibakteriyel özellik taşıyan çeşitli adeziv sistemler mevcut olsa da klinik kullanıma uygun antibakteriyel içerikli kompozit rezin ürünleri arasında yalnızca KA silika partikülleri içeren Infinix (Nobio, İsrail) adlı ürün bulunmaktadır. Bu ürünle ilgili olarak geleneksel ya da bulk-fill kompozitlerle karşılaştırmalı uzun dönemli klinik çalışmalar yayımlanmamıştır. Bu

nedenle antibakteriyel ajanların kompozit yapıya eklenmesinin polimerizasyon derinliği, polimerizasyon verimliliği, mine ve dentinle bağlanma gücü, mikro sızıntı gibi parametreler üzerindeki etkilerini değerlendiren laboratuvar düzeyinde araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu materyallerin renk stabilitesi, renk değişimi ve aşınma dayanımı gibi estetik ve mekanik özelliklerinin hem kısa vadede hem de zamanla nasıl etkilendiği de araştırılmalıdır.

İnsan tükürüğü ve ağız ortamının, bu kompozitlerin fiziksel, mekanik ve antibakteriyel nitelikleri üzerindeki etkisini anlamak adına ileri çalışmalar yapılması önerilmektedir. Temel hedef antibakteriyel etkinliği artırırken malzemenin yapısal bütünlüğünü koruyacak en uygun bileşen oranlarını belirlemektir (Algarni, 2024).

Antibakteriyel kompozit materyaller üzerine yapılan çalışmalar, şu an için büyük lde temel düzeyde kalmaktadır. Mevcut laboratuvar verileri bu malzemelerin etkili olabileceğine işaret etse de klinik uygulamalar için yeterli düzeyde kanıt sağlanamamıştır. Klinik kullanıma uygun antibakteriyel kompozitlerin geliştirilmesi rk oluşumunun kontrol altına alınmasını, tedavi etkinliğinin artmasını ve restoratif materyallerin ömrünün uzamasını sağlayabilir (Algarni, 2024).

Kaynakça

Ahlström, B., Thompson, R. A., & Edebo, L. (1999). The effect of hydrocarbon chain length, pH, and temperature on the binding and bactericidal effect of amphiphilic betaine esters on *Salmonella typhimurium*. *APMIS*, 107(1–6), 318–324. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1999.tb01560.x>

Algarni, A. A. (2024a). Antibacterial Agents for Composite Resin Restorative Materials: Current Knowledge and Future Prospects. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.57212>

Algarni, A. A. (2024b). Antibacterial Agents for Composite Resin Restorative Materials: Current Knowledge and Future Prospects. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.57212>

Ali, S., Sangi, L., Kumar, N., Kumar, B., Khurshid, Z., & Zafar, M. S. (2020). Evaluating antibacterial and surface mechanical properties of chitosan modified dental resin composites. *Technology and Health Care*, 28(2), 165–173. <https://doi.org/10.3233/THC-181568>

Antonucci, J. M., Zeiger, D. N., Tang, K., Lin-Gibson, S., Fowler, B. O., & Lin, N. J. (2012). Synthesis and characterization of dimethacrylates containing quaternary ammonium functionalities for dental applications. *Dental Materials*, 28(2), 219–228. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.004>

Arun, D., Adikari Mudiyansele, D., Gulam Mohamed, R., Liddell, M., Monsur Hassan, N. M., & Sharma, D. (2020). Does the Addition of Zinc Oxide Nanoparticles Improve the Antibacterial Properties of Direct Dental Composite Resins? A Systematic Review. *Materials*, 14(1), 40. <https://doi.org/10.3390/ma14010040>

Barros, J., Silva, M. G., Rodrigues, M. A., Alves, F. R. F., Lopes, M. A., Pina-Vaz, I., & Siqueira, J. F. (2014). Antibacterial, physicochemical and mechanical properties of endodontic sealers

containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles. *International Endodontic Journal*, 47(8), 725–734. <https://doi.org/10.1111/iej.12207>

Belkhir, K., Lacroix, M., Jamshidian, M., Salmieri, S., Jegat, C., & Taha, M. (2017). Evaluation of antibacterial activity of branched quaternary ammonium grafted green polymers. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.02.005>

Beyth, N., Pilo, R., & Weiss, E. I. (2012). Antibacterial Activity of Dental Cements Containing Quaternary Ammonium Polyethylenimine Nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, 2012(1). <https://doi.org/10.1155/2012/814763>

Bhattacharya, P., Dey, A., & Neogi, S. (2021). An insight into the mechanism of antibacterial activity by magnesium oxide nanoparticles. *Journal of Materials Chemistry B*, 9(26), 5329–5339. <https://doi.org/10.1039/D1TB00875G>

Brambilla, E., Ionescu, A., Fadini, L., Mazzoni, A., Imazato, S., Pashley, D., Breschi, L., & Gagliani, M. (2013). Influence of MDPB-containing primer on *Streptococcus mutans* biofilm formation in simulated Class I restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 15(5), 431–438. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a28734>

Brandão, N. L., Portela, M. B., Maia, L. C., Antônio, A., Silva, V. L. M. e, & Silva, E. M. da. (2018). Model resin composites incorporating ZnO-NP: activity against *S. mutans* and physicochemical properties characterization. *Journal of Applied Oral Science*, 26(0). <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0270>

Caillier, L., de Givenchy, E. T., Levy, R., Vandenberghe, Y., G ribaldi, S., & Guittard, F. (2009). Synthesis and antimicrobial properties of polymerizable quaternary ammoniums. *European*

Journal of Medicinal Chemistry, 44(8), 3201–3208.
<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2009.03.031>

Cheng, L., Weir, M. D., Xu, H. H. K., Antonucci, J. M., Kraigsley, A. M., Lin, N. J., Lin-Gibson, S., & Zhou, X. (2012). Antibacterial amorphous calcium phosphate nanocomposites with a quaternary ammonium dimethacrylate and silver nanoparticles. *Dental Materials*, 28(5), 561–572.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.01.005>

Cheng, L., Zhang, K., Zhou, C.-C., Weir, M. D., Zhou, X.-D., & Xu, H. H. K. (2016). One-year water-ageing of calcium phosphate composite containing nano-silver and quaternary ammonium to inhibit biofilms. *International Journal of Oral Science*, 8(3), 172–181. <https://doi.org/10.1038/ijos.2016.13>

Chen, L., Shen, H., & Suh, B. I. (2012). Antibacterial dental restorative materials: a state-of-the-art review. *American Journal of Dentistry*, 25(6), 337–346.

Cho, K., Rajan, G., Farrar, P., Prentice, L., & Prusty, B. G. (2022). Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Composites Part B: Engineering*, 230, 109495.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109495>

Daniels, G. C., Iezzi, E. B., Fulmer, P. A., & Wynne, J. H. (2016). Synergistic antimicrobial and surface free energy of sol–gel coatings containing fluorosilanes and quaternary ammonium salts. *Progress in Organic Coatings*, 95, 91–99.
<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.02.021>

de Vasconcelos, S. M. L. C., de Melo, M. A. S., Wenceslau, J. P. M. S., Zanin, I. C. J., Beltrao, H. C. P., Fernandes, C. A. O., de Almeida, P. C., & Rodrigues, L. K. A. (2014). In situ Assessment of Effects of the Bromide- and Fluoride-incorporating Adhesive Systems on Biofilm and Secondary Caries. *The Journal of*

Contemporary Dental Practice, 15(2), 142–148.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1504>

Engel, A.-S., Kranz, H. T., Schneider, M., Tietze, J. P., Piwowarczyk, A., Kuzius, T., Arnold, W., & Naumova, E. A. (2020). Biofilm formation on different dental restorative materials in the oral cavity. *BMC Oral Health*, 20(1), 162.
<https://doi.org/10.1186/s12903-020-01147-x>

Esteban Florez, F. L., Trofimov, A. A., Ievlev, A., Qian, S., Rondinone, A. J., & Khajotia, S. S. (2020). Advanced characterization of surface-modified nanoparticles and nanofilled antibacterial dental adhesive resins. *Scientific Reports*, 10(1), 9811.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-66819-8>

Fakhri, E., Eslami, H., Maroufi, P., Pakdel, F., Taghizadeh, S., Ganbarov, K., Yousefi, M., Tanomand, A., Yousefi, B., Mahmoudi, S., & Kafil, H. S. (2020). Chitosan biomaterials application in dentistry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 956–974.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.211>

Featherstone, J. D. B. (2022). Dental restorative materials containing quaternary ammonium compounds have sustained antibacterial action. *The Journal of the American Dental Association*, 153(12), 1114–1120.
<https://doi.org/10.1016/j.adaj.2022.09.006>

Gottenbos, B., van der Mei, H. C., Klatter, F., Nieuwenhuis, P., & Busscher, H. J. (2002). In vitro and in vivo antimicrobial activity of covalently coupled quaternary ammonium silane coatings on silicone rubber. *Biomaterials*, 23(6), 1417–1423.
[https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00263-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00263-0)

Halkai, R., Gopinagaruri, S., Halkai, K., Hussain, A., Rangappa, J., & Reshma, Sf. (2022). Evaluation of push-out bond

strength of different concentrations of chitosan nanoparticles incorporated composite resin and eighth-generation bonding agent for class II restoration: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 25(6), 666. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_336_22

Huang, L., Sun, X., Xiao, Y., Dong, Y., Tong, Z., Xing, X., Li, F., Chai, Z., & Chen, J. (2012). Antibacterial effect of a resin incorporating a novel polymerizable quaternary ammonium salt MAE-DB against *Streptococcus mutans*. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 100B(5), 1353–1358. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.32703>

Huang, L., Xiao, Y., Xing, X., Li, F., Ma, S., Qi, L., & Chen, J. (2011). Antibacterial activity and cytotoxicity of two novel cross-linking antibacterial monomers on oral pathogens. *Archives of Oral Biology*, 56(4), 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2010.10.011>

Imazato, S., Chen, J., Ma, S., Izutani, N., & Li, F. (2012). Antibacterial resin monomers based on quaternary ammonium and their benefits in restorative dentistry. *Japanese Dental Science Review*, 48(2), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2012.02.003>

Imazato, S., Ehara, A., Torii, M., & Ebisu, S. (1998). Antibacterial activity of dentine primer containing MDPB after curing. *Journal of Dentistry*, 26(3), 267–271. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(97\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(97)00013-4)

Imazato, S., Kinomoto, Y., Tarumi, H., Ebisu, S., & R. Tay, F. (2003). Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dental Materials*, 19(4), 313–319. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00060-X)

Imazato, S., Kuramoto, A., Takahashi, Y., Ebisu, S., & Peters, M. C. (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of

Clearfil Protect Bond. *Dental Materials*, 22(6), 527–532.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.009>

Izutani, N., Imazato, S., Nakajo, K., Takahashi, N., Takahashi, Y., Ebisu, S., & Russell, R. R. B. (2011). Effects of the antibacterial monomer 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) on bacterial viability and metabolism. *European Journal of Oral Sciences*, 119(2), 175–181.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2011.00817.x>

Jedrychowski, J. R., Caputo, A. A., & Kerper, S. (1983). Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidines. *Journal of Oral Rehabilitation*, 10(5), 373–381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1983.tb00133.x>

Jiao, Y., Niu, L., Ma, S., Li, J., Tay, F. R., & Chen, J. (2017). Quaternary ammonium-based biomedical materials: State-of-the-art, toxicological aspects and antimicrobial resistance. *Progress in Polymer Science*, 71, 53–90.
<https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.03.001>

Josic, U., Maravic, T., Mazzitelli, C., Del Bianco, F., Mazzoni, A., & Breschi, L. (2021). The effect of chlorhexidine primer application on the clinical performance of composite restorations: a literature review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 69–77. <https://doi.org/10.1111/jerd.12701>

Kachoei, M., Divband, B., Rahbar, M., Esmaeilzadeh, M., Ghanizadeh, M., & Alam, M. (2021). A Novel Developed Bioactive Composite Resin Containing Silver/Zinc Oxide (Ag/ZnO) Nanoparticles as an Antimicrobial Material against *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus*, and *Candida albicans*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1–8.
<https://doi.org/10.1155/2021/4743411>

Kawabata, N., & Nishiguchi, M. (1988). Antibacterial activity of soluble pyridinium-type polymers. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(10), 2532–2535. <https://doi.org/10.1128/aem.54.10.2532-2535.1988>

Kenawy, E., Abdel-Hay, F. I., El-Shanshoury, A. E. R., & El-Newehy, M. H. (2002). Biologically active polymers. V. Synthesis and antimicrobial activity of modified poly(glycidyl methacrylate-co -2-hydroxyethyl methacrylate) derivatives with quaternary ammonium and phosphonium salts. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 40(14), 2384–2393. <https://doi.org/10.1002/pola.10325>

Kotta, M., Gorantla, S., Muddada, V., Lenka, R. R., Karri, T., Kumar, S., & Tivanani, M. (2020). Antibacterial activity and debonding force of different lingual retainers bonded with conventional composite and nanoparticle containing composite: An in vitro study. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 9(2), 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2020.03.001>

Koytchev, E., & Antonova, N. (2022). Effect of antibacterial monomer (MDPB) on the bond strength of human dentin to adhesives and dental restorative materials: a systematic review. *Series on Biomechanics*, 36(4). <https://doi.org/10.7546/SB.07.04.2022>

Krishnamurthy, M., Kumar, V. N., Leburu, A., Selvendran, K. E., & Praveen, N. (2018). Antibacterial Effect and Tensile Bond Strength of Self-etching Adhesive Resins with and without Methacryloyloxydodecylpyridinium Bromide: An *in vitro* Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(4), 409–414. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2275>

Lai, C.-C., Lin, C.-P., & Wang, Y.-L. (2022). Development of antibacterial composite resin containing chitosan/fluoride microparticles as pit and fissure sealant to prevent caries. *Journal of*

Li, F., Chen, J., Chai, Z., Zhang, L., Xiao, Y., Fang, M., & Ma, S. (2009). Effects of a dental adhesive incorporating antibacterial monomer on the growth, adherence and membrane integrity of *Streptococcus mutans*. *Journal of Dentistry*, 37(4), 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.12.004>

Li, F., Weir, M. D., Chen, J., & Xu, H. H. K. (2013). Comparison of quaternary ammonium-containing with nano-silver-containing adhesive in antibacterial properties and cytotoxicity. *Dental Materials*, 29(4), 450–461. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.012>

Makvandi, P., Jamaledin, R., Jabbari, M., Nikfarjam, N., & Borzacchiello, A. (2018). Antibacterial quaternary ammonium compounds in dental materials: A systematic review. *Dental Materials*, 34(6), 851–867. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.014>

Marcotte, L., Barbeau, J., & Lafleur, M. (2005). Permeability and thermodynamics study of quaternary ammonium surfactants—phosphocholine vesicle system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 292(1), 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.05.060>

Mazaheri, N., naghsh, nooshin, Karimi, A., & Salavati, H. (2019). In vivo Toxicity Investigation of Magnesium Oxide Nanoparticles in Rat for Environmental and Biomedical Applications. *Iranian Journal of Biotechnology*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.21859/ijb.1543>

Mazzoni, A., Tjäderhane, L., Checchi, V., Di Lenarda, R., Salo, T., Tay, F. R., Pashley, D. H., & Breschi, L. (2015). Role of Dentin MMPs in Caries Progression and Bond Stability. *Journal of*

Dental Research, 94(2), 241–251.
<https://doi.org/10.1177/0022034514562833>

Moran, J., Addy, M., Jackson, R., & Newcombe, R. G. (2000). Comparative effects of quaternary ammonium mouthrinses on 4-day plaque regrowth. *Journal of Clinical Periodontology*, 27(1), 37–40. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2000.027001037.x>

Muñoz-Bonilla, A., & Fernández-García, M. (2012). Polymeric materials with antimicrobial activity. *Progress in Polymer Science*, 37(2), 281–339. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005>

Naguib GH, H. K. H. A. et al. (n.d.). Zein-based magnesium oxide nanoparticles: assessment of antimicrobial activity for dental implications. . *Pak J Pharm Sci*.

Naguib, G. H., Nassar, H. M., & Hamed, M. T. (2022). Antimicrobial properties of dental cements modified with zein-coated magnesium oxide nanoparticles. *Bioactive Materials*, 8, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.06.011>

Nedeljkovic, I., De Munck, J., Vanloy, A., Declerck, D., Lambrechts, P., Peumans, M., Teughels, W., Van Meerbeek, B., & Van Landuyt, K. L. (2020). Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. *Clinical Oral Investigations*, 24(2), 683–691. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02894-0>

Nguyen, N.-Y. T., Grelling, N., Wetteland, C. L., Rosario, R., & Liu, H. (2018). Antimicrobial Activities and Mechanisms of Magnesium Oxide Nanoparticles (nMgO) against Pathogenic Bacteria, Yeasts, and Biofilms. *Scientific Reports*, 8(1), 16260. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34567-5>

Rangrazi, A., Daneshmand, M. S., Ghazvini, K., & Shafae, H. (2022). Effects of Magnesium Oxide Nanoparticles Incorporation

on Shear Bond Strength and Antibacterial Activity of an Orthodontic Composite: An In Vitro Study. *Biomimetics*, 7(3), 133. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7030133>

Reda, B., Dudek, J., Martínez-Hernández, M., & Hannig, M. (2021). Effects of Octenidine on the Formation and Disruption of Dental Biofilms: An Exploratory In Situ Study in Healthy Subjects. *Journal of Dental Research*, 100(9), 950–959. <https://doi.org/10.1177/0022034521999044>

Rupf, S., Balkenhol, M., Sahrhage, T. O., Baum, A., Chromik, J. N., Ruppert, K., Wissenbach, D. K., Maurer, Hans. H., & Hannig, M. (2012). Biofilm inhibition by an experimental dental resin composite containing octenidine dihydrochloride. *Dental Materials*, 28(9), 974–984. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.04.034>

Sekhvat Pour, Z., Makvandi, P., & Ghaemy, M. (2015). Performance properties and antibacterial activity of crosslinked films of quaternary ammonium modified starch and poly(vinyl alcohol). *International Journal of Biological Macromolecules*, 80, 596–604. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.07.008>

Shulman, L., Pei, L., Bahnasy, M. F., & Lucy, C. A. (2017). High pH instability of quaternary ammonium surfactant coatings in capillary electrophoresis. *The Analyst*, 142(12), 2145–2151. <https://doi.org/10.1039/C7AN00330G>

Siqueira, F. S. F. de, Hilgemberg, B., Araujo, L. C. R., Hass, V., Bandeca, M. C., Reis, A., Gomes, J. C., Cardenas, A. F. M., & Loguercio, A. D. (2019). Effect of Phosphoric Acid Containing MMP-Inactivator on the Properties of Resin Bonding to Eroded Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 21(2), 149–158. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a42324>

Souza, L. V. S., Pavanello, L., Picolo, M. Z. D., Kury, M., Matos, I. C. R. T., Cogo-Müller, K., Esteban Florez, F. L., & Cavalli, V. (2023). Mechanical and antibacterial properties of an experimental flowable composite containing Nb₂O₅ and NF-TiO₂ nanoparticles. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 143, 105919. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105919>

Stenhagen, I. S. R., Rukke, H. V., Dragland, I. S., & Kopperud, H. M. (2019a). Effect of methacrylated chitosan incorporated in experimental composite and adhesive on mechanical properties and biofilm formation. *European Journal of Oral Sciences*, 127(1), 81–88. <https://doi.org/10.1111/eos.12584>

Stenhagen, I. S. R., Rukke, H. V., Dragland, I. S., & Kopperud, H. M. (2019b). Effect of methacrylated chitosan incorporated in experimental composite and adhesive on mechanical properties and biofilm formation. *European Journal of Oral Sciences*, 127(1), 81–88. <https://doi.org/10.1111/eos.12584>

Tărăboanță, I., Burlec, A. F., Stoleriu, S., Corciovă, A., Fifere, A., Batir-Marin, D., Hăncianu, M., Mircea, C., Nica, I., Tărăboanță-Gamen, A. C., & Andrian, S. (2023). Influence of the Loading with Newly Green Silver Nanoparticles Synthesized Using *Equisetum sylvaticum* on the Antibacterial Activity and Surface Hardness of a Composite Resin. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(8), 402. <https://doi.org/10.3390/jfb14080402>

Tavassoli Hojati, S., Alaghemand, H., Hamze, F., Ahmadian Babaki, F., Rajab-Nia, R., Rezvani, M. B., Kaviani, M., & Atai, M. (2013). Antibacterial, physical and mechanical properties of flowable resin composites containing zinc oxide nanoparticles. *Dental Materials*, 29(5), 495–505. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.011>

Tian, J., Wu, Z., Wang, Y., Han, C., Zhou, Z., Guo, D., Lin, Y., Ye, Z., & Fu, J. (2023). Multifunctional dental resin composite with antibacterial and remineralization properties containing nMgO-BAG. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 141, 105783. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105783>

Wang, Y., Wu, Z., Wang, T., Tang, W., Li, T., Xu, H., Sun, H., Lin, Y., Tonin, B. S. H., Ye, Z., & Fu, J. (2023). Bioactive Dental Resin Composites with MgO Nanoparticles. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 9(8), 4632–4645. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.3c00490>

Wang, Y., Wu, Z., Wang, T., Tian, J., Zhou, Z., Guo, D., Tonin, B. S. H., Ye, Z., Xu, H., & Fu, J. (2023). Antibacterial and physical properties of resin cements containing MgO nanoparticles. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 142, 105815. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105815>

Wen, Z. T., Suntharaligham, P., Cvitkovitch, D. G., & Burne, R. A. (2005). Trigger Factor in *Streptococcus mutans* Is Involved in Stress Tolerance, Competence Development, and Biofilm Formation. *Infection and Immunity*, 73(1), 219–225. <https://doi.org/10.1128/IAI.73.1.219-225.2005>

Worthington, H. V., Khangura, S., Seal, K., Mierzwinski-Urban, M., Veitz-Keenan, A., Sahrmann, P., Schmidlin, P. R., Davis, D., Iheozor-Ejiofor, Z., & Rasines Alcaraz, M. G. (2021). Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent posterior teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(8). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005620.pub3>

Yaghmoor, R. B., Jamal, H., Abed, H., Allan, E., Ashley, P., & Young, A. (2022). Incorporation of MMP inhibitors into dental adhesive systems and bond strength of coronal composite restorations: A systematic review and meta-analysis of in vitro

studies. *Japanese Dental Science Review*, 58, 298–315.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2022.09.004>

Yang, Y., Xu, Z., Guo, Y., Zhang, H., Qiu, Y., Li, J., Ma, D., Li, Z., Zhen, P., Liu, B., & Fan, Z. (2021). Novel core–shell CHX/ACP nanoparticles effectively improve the mechanical, antibacterial and remineralized properties of the dental resin composite. *Dental Materials*, 37(4), 636–647.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.01.007>

Yassaei, S., Nasr, A., Zandi, H., & Motallaei, M. N. (2020). Comparison of antibacterial effects of orthodontic composites containing different nanoparticles on *Streptococcus mutans* at different times. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(2), 52–60.
<https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.2.052-060.oar>

Yazdani, N., Ashrafi, H., Özcan, M., Nekoueimehr, N., Kholdi, M., & Farzad, A. (2022). Mechanical and Thermal Stress Analysis of Cervical Resin Composite Restorations Containing Different Ratios of Zinc Oxide Nanoparticles: A 3D Finite Element Study. *Materials*, 15(16), 5504.
<https://doi.org/10.3390/ma15165504>

Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. *International Journal of Nanomedicine*, Volume 15, 2555–2562.
<https://doi.org/10.2147/IJN.S246764>

Yudaev, P., Chuev, V., Klyukin, B., Kuskov, A., Mezhuev, Y., & Chistyakov, E. (2022a). Polymeric Dental Nanomaterials: Antimicrobial Action. *Polymers*, 14(5), 864.
<https://doi.org/10.3390/polym14050864>

Yudaev, P., Chuev, V., Klyukin, B., Kuskov, A., Mezhuev, Y., & Chistyakov, E. (2022b). Polymeric Dental Nanomaterials:

Antimicrobial Action. *Polymers*, 14(5), 864.
<https://doi.org/10.3390/polym14050864>

Zhang, J. F., Wu, R., Fan, Y., Liao, S., Wang, Y., Wen, Z. T., & Xu, X. (2014). Antibacterial Dental Composites with Chlorhexidine and Mesoporous Silica. *Journal of Dental Research*, 93(12), 1283–1289. <https://doi.org/10.1177/0022034514555143>

Zhang, X., Wang, L., Liu, S., Bai, H., & Niu, W. (2020a). Evaluation of the bond strength of chlorhexidine incorporated into the adhesive system composition: A PRISMA guided meta-analysis. *Journal of Dental Sciences*, 15(3), 315–328. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2019.10.005>

Zhang, X., Wang, L., Liu, S., Bai, H., & Niu, W. (2020b). Evaluation of the bond strength of chlorhexidine incorporated into the adhesive system composition: A PRISMA guided meta-analysis. *Journal of Dental Sciences*, 15(3), 315–328. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2019.10.005>

DENTAL ADEZİVLER: TARİHÇESİ, GÜNCEL GELİŞMELER VE GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER

**MUHAMMET HİLMİ KOTAN¹
MERVE İŞCAN YAPAR²**

Giriş

Adeziv materyallerin geliştirilmesi, restoratif ve koruyucu diş hekimliğinin birçok yönünü köklü biçimde değiştirmeye başlamıştır. Bu değişimle birlikte, kavite preparasyonuna yönelik yaklaşımlar da gelişim göstermiştir. Adeziv materyaller sayesinde dolgunun retansiyonu için oluk, undercut ya da keskin iç açığı gibi tasarımlar tercih edilmemekte (Vaidyanathan & Vaidyanathan, 2009), sağlam diş dokusunun büyük ölçüde korunmasına olanak tanınmaktadır. Bu bağlamda dental adezivler, modern diş hekimliğinde restoratif materyallerin başarısı için oldukça kritik rol üstlenmektedir (Migliau, 2017). Bu bölümde, dental adezivlerin

¹ Arş. Gör. Dt., Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD., ORCID: 0009-0000-5204-3131, hilmikotan4058@outlook.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD., ORCID: 0000-0002-9712-0978, m.iscanyapar@atauni.edu.tr

tarihçesi, güncel gelişmeler ve geleceğe yönelik potansiyel perspektifler ele alınacaktır.

Dental Adezivlerin Tarihçesi

Modern restoratif diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçası olan dental adezivlerin gelişim süreci, ilerlemeler ve yeniliklerle doludur. Adezivlerin gelişim süreci, dental materyal bilimindeki teknolojik ilerlemeleri ve klinik uygulamalarda zamanla ortaya çıkan yeni gereksinimleri yansıtmaktadır (Alomran & ark., 2025).

Dental adezivlerin ilk ortaya çıkışı, restorasyonların ağız içindeki tutuculuğunu artırma amacına dayanmaktadır. Restoratif materyallerin 20. yüzyılın ortalarına kadar olan kullanımında, tutuculuk prensibi büyük ölçüde mekanik yaklaşımlara dayanmaktaydı. Bu yaklaşım restorasyonların, diş yapısına fiziksel olarak kilitlenecek şekilde tasarlanmasını gerektirmekteydi. Her ne kadar bu yöntem belirli ölçüde yeterli olsa da, sağlıklı diş dokusunun uzaklaştırılması ve diş yapısının zayıflatılması gibi çeşitli dezavantajlara sahipti (Alomran & ark., 2025).

Erken dönemlerde, çinko fosfat ve silikat siman gibi çeşitli materyaller, diş dokularına adezyonu artırmak amacıyla tasarlanmış ve test edilmiştir. Ancak, bu materyaller uzun dönem restorasyon başarısı için gereken bağlanma dayanım değerini sağlamamıştır (Mount & ark., 2016). Daha iyi bir adeziv arayışı, 1940'lı yıllarda sentetik rezinlerin araştırılmasına yol açtı. İlk dönemlerde, polimetil metakrilat gibi rezin bazlı materyaller, estetik görünümleri ve uygulama kolaylıkları nedeniyle dolgu materyali olarak tercih edilmiştir. Ancak, diş dokuları ile yeterli bağ kuramamaları; marjinal sızıntı ve sekonder çürük gibi sorunlara yol açmıştır. 1955 yılında Buonocore'un asit-etch (asit pürüzlendirme) tekniğini tanıtması, adeziv diş hekimliğinde önemli bir sıçrama noktası olmuştur. Buonocore, mine yüzeyini fosforik asitle pürüzlendirerek, akrilik

rezinlerin tutuculuğunu artıran mikro mekanik bir adezyon yüzeyi elde etmiştir. Bu teknik, dental adeziv alanında önemli bir ilk adımı oluşturmuş, gelişmelere temel hazırlamıştır (Buonocore, 1955).

Dental adezivlerin erken dönem gelişimi, mekanik tutuculuk stratejilerinden, adeziv yaklaşımlara doğru kademeli bir geçiş göstermiştir. Bu ilk adımlar, günümüz modern diş hekimliğinde kullanılan gelişmiş adeziv sistemlerinin araştırılması ve geliştirilmesi için zemin hazırlamıştır.

Buonocore'un Asit-Etch Tekniği

Adeziv diş hekimliğinde dönüm noktası olarak kabul edilen asit-etch tekniği, 1955 yılında Buonocore tarafından geliştirilmiştir. Bu teknik, mine yüzeyine fosforik asit uygulanmasını içerir ve mikropürüzlülük oluşturarak restoratif materyal ile diş dokusu arasındaki mekanik kilitlenmeyi artırarak adezyonu güçlendirir (Buonocore, 1955). Bu gelişme, dental restorasyonların dayanıklılığını ve etkinliğini artırmış ve dental adezivlerin gelecekteki ilerlemeleri için sağlam bir temel oluşturmuştur.

Asit-etch yöntemi, kimyasal bağlanmanın etkinliğini ortaya koyarak dental adezyonda yeni bir bakış açısının gelişmesine öncülük etmiştir. Buonocore, fosforik asitle mineyi pürüzlendirerek bağlanma yüzey alanını artırmış ve akrilik bazlı restoratif materyallerin tutuculuğunu önemli ölçüde iyileştirmiştir (Retief, 1973). Bu yöntem, mevcut restoratif yaklaşımların sınırlamalarını başarıyla hedef alarak önemli bir ilerleme sağlamıştır.

Buonocore'un çalışmaları, mine ve dentin yüzeylerine yönelik adeziv bağlanmanın doğasını anlamaya yönelik ileri düzey araştırmalara zemin hazırlamıştır. Asit-etch tekniğinin başarısı, ağız ortamındaki farklı substratlara bağlanabilen adeziv sistemlerin geliştirilebileceğini göstermiştir. 1962 yılında Bowen tarafından Bis-GMA rezininin tanıtılması, bu alanda kayda değer bir ilerleme

sağlamıştır. Bu rezin, asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyleriyle uyumlu olup daha güçlü ve dayanıklı bağlar oluşturmuştur.

Sonraki yıllarda, asit-etch uygulaması dentin yüzeyinde de denenmiştir. Dentine bağlanmaya yönelik ilk girişimler, bu dokunun karmaşık yapısı nedeniyle çeşitli zorluklar içermekteydi. Ancak, 1980’li yıllarda dentin histolojisi ve fizyolojisinin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte, kollajen matrikse nüfuz edebilen ve stabil bağlar oluşturabilen dentin bağlayıcı ajanlar geliştirilmiştir (Nakabayashi & ark., 1991).

Hibrit Tabakanın Keşfi

Hibrit tabaka, dental adeziv teknolojisinin gelişiminde bir dönüm noktası olup dentin adezyonuna dair anlayışımızda köklü bir değişim sağlamıştır. Adeziv rezin ile dentin arasında yer alan bu mikroskobik arayüz bölgesi, ilk kez 1982 yılında Nakabayashi ve çalışma arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (Nakabayashi & ark., 1982). Dentin, fosforik asit ile işlem gördükten sonra rezin infiltre edildiğinde, demineralize olmuş kollajen lifleri ile rezinin benzersiz bir şekilde karıştığı gözlemlenmiştir. Bu bölgeye “hibrit tabaka” adı verilmiş ve rezin materyali ile dentin substratı arasında güçlü bir bağ kurulmasında kritik öneme sahip olduğu anlaşılmıştır (Nakabayashi & ark., 1991).

Hibrit tabakanın etkinliği, mikromekanik kilitlenme sağlayarak bağ dayanıklılığı ve kalıcılığını önemli ölçüde artırmasından kaynaklanmaktadır. Hibrit tabakanın karakterizasyonu, organik bileşimi ve nem içeriği nedeniyle dentine adezyonun mineye göre daha zor olmasının neden olduğu karmaşıklıkları daha iyi anlamamıza olanak sağlamıştır. Hibrit tabakanın oluşumu, dentin içeren restoratif uygulamalarda pratik ve dayanıklı bağların oluşturulmasında temel bir unsur olarak gösterilmiştir (Kanca, 1992).

Fusayama ve arkadaşlarının 1979'daki (Fusayama & ark., 1979), Gwinnett'in 1991'deki (Gwinnett, 1992) çalışmaları ise hibrit tabakanın özellikleri ve oluşum mekanizmalarını daha ayrıntılı şekilde ortaya koymuştur. Bu araştırmalar, optimal hibrit tabaka oluşumu için doğru asitleme ve rezin infiltrasyon tekniklerinin önemini vurgulayarak, yeni adeziv sistemlerin ve uygulama protokollerinin geliştirilmesini sağlamıştır.

Hibrit tabakanın keşfi, restoratif diş hekimliğinde daha koruyucu ve doku dostu tekniklerin benimsenmesini teşvik etmiştir. Bu tabaka dentin adezyonunun etkinliğini artırarak diş dokusunun korunmasına olanak sağlamış, böylece minimal invaziv diş hekimliği prensiplerini desteklemiştir (Van Meerbeek & ark., 2011).

Total-Etch Sistemlerden Universal Adeziv Sistemlere Geçiş

Diş hekimliğinde total-etch sistemlerden universal adeziv sistemlere doğru ilerleme, bağ dayanımında önemli gelişmeleri ve her biri klinik uygulamanın değişen gereksinimlerine göre uyarlanmış yeni adeziv nesillerinin gelişimini yansıtan bir süreçtir.

Total-Etch Adeziv Sistemler

Bu sistemler, Buonocore'un asit-etch tekniğinden türemiş olup (dördüncü ve beşinci nesil adezivler), hem mine hem de dentine fosforik asit uygulanmasını ve ardından bağlayıcı ajan uygulamasını içerir. Bu sistemler genellikle 20 ila 30 MPa arasında bağ dayanımı sağlar ve yeterli adezyon değeri sunar; ancak, postoperatif hassasiyet gibi sorunları önlemek için dikkatli uygulama teknikleri gerektirir. Buna ek olarak total-etch sistemler tükürük ve kan gibi kontaminantlara karşı daha hassastır ve bu durum bağ dayanıklılığını olumsuz etkileyebilir (Armstrong & ark., 2003; De Munck & ark., 2003).

Self-Etch Adeziv Sistemler

Self-etch adezivler (altıncı, yedinci ve sekizinci nesiller), asitleme ve primer uygulama adımlarını birleştirir. Bu sistemlerin bağ dayanıklılığı genellikle 18 ila 35 MPa arasında değişir. Self-etch sistemler, teknik hassasiyetin azalması ve postoperatif hassasiyet riskinin daha düşük olması nedeniyle avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda iki aşamalı self-etch adezivler, total-etch ve multi-mode adezivlere kıyasla daha yüksek kesme bağ dayanım değeri göstermiştir (Valsan & ark., 2023).

Universal (Multi-Mode) Adeziv Sistemler

Son on yılda, universal ya da multi-mode olarak adlandırılan yeni nesil tek aşamalı self-etch adeziv sistemler piyasaya sunulmuştur. Bu sistemler, “all-in-one” konsepti ile geliştirilmiş tek aşamalı self-etch adezivlerdir. Hekimlere, farklı adeziv stratejilerini seçme imkanı sunarak; self-etch, total-etch ve selektif etch teknikleriyle uygulanabilmektedir. Böylelikle, minede etch & rinse tekniğinin sağladığı avantajlar ile dentinde basitleştirilmiş self-etch tekniğinin apatit kristallerine yönelik ek kimyasal bağlanma özellikleri bir araya getirilmektedir (Da Rosa & ark., 2015; Marchesi & ark., 2014).

Universal adeziv sistemlerin diş dokusuna ve protetik materyallere adezyon performansı araştırılmış olup, tüm yüzeylerde etkin bağlanma sağladığı raporlanmıştır. Cam seramik ve zirkonyum esaslı kronlarda silan ajan olarak; metal ve polikristalin seramik kronlarda ise primer olarak kullanımı önerilmektedir (Chen & ark., 2015).

Universal adezivler, kimyasal içerik açısından daha önce geliştirilen tek aşamalı self-etch sistemlerle benzerlik göstermektedir. Ancak, bu sistemlerde çözücülerin ve hidrofilik fonksiyonel monomerlerin oranı artırılmıştır (Muñoz & ark., 2014).

İçerdikleri organik çözücüler ve asidik monomerler nedeniyle su emilimi ve buna bağlı oluşabilecek hidrolitik degradasyon endişeleri de gündemdedir (Dhanpal & ark, 2009).

Universal adezivler, geleneksel tek aşamalı self-etch adezivlerle benzer içerik profiline sahip olup, hidroksiapatit içindeki kalsiyuma bağlanan karboksilat veya fosfat monomerleri içermektedir. Buna ek olarak, metakriloksidil dihidrojen fosfat (10-MDP), silan ve poliakrilik asit gibi monomerler de formülasyona dahil edilmiştir. Yapılan çalışmalar, minenin selektif asitlenmesi uygulandığında, universal self-etch adezivlerin tek aşamalı sistemlere kıyasla daha yüksek bağ dayanımı (~40 MPa) gösterdiğini ortaya koymuştur. İçerdiği 10-MDP monomeri sayesinde hem mine hem de dentin yüzeylerinde mikromekanik bağlanmaya ek olarak kimyasal bağlanma da gerçekleşmektedir (Perdigão & Swift, 2015; Van Meerbeek & ark., 2003; Zhang & ark., 2016). Bununla birlikte, universal adezivlerin de diğer tek aşamalı self-etch adezivler gibi su içermesi, hidrolitik yıkıma neden olmaktadır. Bu nedenle, polimerizasyon sonrası universal adeziv yüzeyine hidrofobik bir rezin tabakasının uygulanması tavsiye edilmektedir.

Adeziv Sistemlerin Karşılaştırması

Her bir adeziv nesli, bağ dayanımını artırmayı ve uygulama kolaylığını hedeflemiştir. Dördüncü ve beşinci nesil (etch & rinse) sistemler, bağ dayanıklılığını artırmaya yönelik tasarlanmış olup, uygulama sırasında daha yüksek teknik hassasiyet gerektirmektedir. Buna karşın, altıncıdan sekizinci nesle geçişte kullanım kolaylığı ve performansta tutarlılık ön planda tutulmuş, bağ dayanıklılığı biraz daha düşük ancak daha öngörülebilir hale gelmiştir. Son dönemde geliştirilen sekizinci nesil olarakta bilinen universal adezivler, her iki sistemin avantajlarını birleştirerek total-etch veya self-etch olarak kullanılabilme ve çeşitli klinik senaryolarda artırılmış performans

sunma yeteneği ile çok yönlülük sağlamaktadır (Migliau, 2017; Van Meerbeek & ark., 2020).

Özetle, total-etch sistemlerden universal adezivlere geçiş, adeziv diş hekimliğinde önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

Dental Adezivlerde Güncel Gelişmeler

Dental adezivler; geliştirmekte olan teknolojiler, ileri biyomalzemeler, dijital ve yapay zeka destekli çözümlerin entegrasyonu ile önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Yenilikçi ön işlem teknikleri adezivlerin performansını artırırken; lazer uygulamaları ve yeni bağlanma protokolleri; bağ dayanıklılığı, sağkalım ve stabilitede iyileşmeler sunmaktadır. Aynı zamanda, biyomalzeme teknolojisindeki gelişmeler, rezin esaslı restoratif materyallerin temel sorunlarına çözümler getirerek, doğal diş yapısını taklit eden ve aynı zamanda bozunmayı ve sekonder çürük oluşumunu önleyen çok işlevli, biyouyumlu materyallerin kullanımını mümkün kılmaktadır. Dijital diş hekimliğinin restoratif iş akışlarını değiştirmesiyle birlikte, dental adezivler CAD/CAM ve 3D baskılı restorasyonlara adezyonu sağlamak üzere uyum sağlamaktadır. Öte yandan, yapay zeka ve makine öğrenimi, tedavilerin kişiselleştirilmesi ve klinik sonuçların tahmin edilmesi, adezivlerin gelişimini hızlandırmakta ve böylece akıllı ve verimli yeni bir çağı müjdelemektedir (Alomran & ark., 2025).

Ön İşlem ile İlgili Güncel Gelişmeler

Özellikle universal adezivlerin geliştirilmesi, ön işlemde ortaya çıkan yeni teknolojilerin odak noktasıdır. Bu adezivler, total-etch, self-etch ve selective-etch modlarında etkin bir şekilde çalışacak şekilde tasarlanmış olup, geliştirilmiş bağ dayanımı sağlamaktadır. Ancak, araştırmacılar mevcut protokollerde değişiklikler önererek, lazer ön işleminin adeziv uygulamalarında faydalı olabileceğini bildirmişlerdir. Asit ile işlem görmüş dentine

lazer uygulanması, dentin tübüllerinin girişlerini yumuşatıp tıkayarak dentin geçirgenliğini azaltır (Benitez Sellan & ark., 2020). Ayrıca, adeziv uygulanmadan önce lazer ile işlem yapılması, adeziv ve diş yüzeyi arasındaki bağlanmayı güçlendirmektedir. Lazer uygulamasının yol açtığı sıcaklık artışı da adeziv infiltrasyonunu kolaylaştırmak ve istenmeyen sıvı ve çözücülerin buharlaşmasını artırmak açısından faydalı bulunmuştur (Batista & ark., 2015; Benitez Sellan & ark., 2020). Termal olmayan atmosferik plazma tedavisinin de hidrofobikliği artırarak adeziv penetrasyonunu ve ara yüz bağ dayanıklılığını geliştirdiği rapor edilmiştir (Zhang & ark., 2014).

Bazı çalışmalar adezyon protokollerinin değiştirilmesini önermiştir. Dimetil Sülfoksit (DMSO) kullanılarak yapılan nemli bağlama tekniğinin adeziv-diş ara yüzü stabilitesini artırdığı bildirilmiştir. Bu yöntemde, DMSO, dentindeki suyun uzaklaştırılmasını kolaylaştırarak total-etch ve self-etch adezivlerin bağ dayanıklılığını yaşlanma sonrasında dahi artırmaktadır. Ayrıca DMSO, demineralize dentin matriksini stabilize ederek matriks metalloproteinazların (MMP) aktivitesini inhibe eder ve adeziv infiltrasyonunu iyileştirir. Bu protokol, yetersiz infiltrasyon ve mikrosızıntıyı önleyerek sekonder çürüklerin oluşmasını engelleyebilir ve adezivlerin bağlanma dayanımını artırması açısından da umut vericidir (Stape & ark., 2016; Zhang & ark., 2020, 2022).

Nemli bağlama sırasında su, faz ayrılmasına neden olabilir. Ayrıca, suya doymuş dentin kollajeni bir bariyer işlevi görür. Bu nedenle infiltrasyon eksikliği oluşabilir. Etanol-wet bonding (nemli bağlama) protokolü, adeziv uygulamasında asit-etch işlemi sırasında sudan ziyade etanol kullanılmasını içermektedir (Grégoire & ark., 2013; Li & ark., 2012). Bu yöntem hidrolizi önleyerek ve MMP aktivitesini inhibe edebilir (Sadek & ark., 2010).

Antibakteriyel Ajanlar ile İlgili Gelişmeler

Diş hekimliğinde, rezin simanlar ve dental adezivlere eklenen bazı ajanların, hem yüksek düzeyde antimikrobiyal etki gösterdiği hem de mekanik özellikleri iyileştirdiği bildirilmektedir. Bu tür antimikrobiyal maddeler arasında, çeşitli adeziv sistemlerin bileşimine dahil edilen bakır nanopartiküller, kuaterner amonyum tuzları, klorheksidin, hesperidin ve doksisisiklin yer almaktadır (Li & ark., 2009). Yapılan araştırmalar, bakır nanopartiküllerin adeziv arayüzde meydana gelebilecek bozulmalar durumunda bakteriyel invazyonu engelleyebileceğini veya bu yolla çürük lezyonlarının oluşumunu önleyebileceğini ya da geciktirebileceğini ortaya koymuştur (Gutiérrez & ark., 2017).

Biyomalzemelerdeki Gelişmeler

Amalgam kullanımının azalmasıyla birlikte, rezin esaslı restoratif materyaller umut verici bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Gelişmiş biyomalzemeler, kolay uygulanabilir, biyoyumlu ve yüksek performans gösterecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu materyaller, biyoyumluluğu ön planda tutarken fonksiyonel ve dayanıklı yapılar sunar; kollajen yapısının bütünlüğünü korur ve restorasyonların estetik ve fonksiyonel sonuçlarını iyileştirir (Eick & ark., 1993; Moszner & Hirt, 2012).

Yeni nesil dental adezivler, sekonder çürüğe yol açan başlıca sorunları önleyecek çok işlevli özelliklere sahip olacaktır. Bu sorunlar; rezin ağlarının hidrolizi, kariyojenik bakteriyel saldırılar ve polimerizasyon büzülmesi ile ilişkili mekanik streslere bağlı problemlerdir. Bu yüzden mikro çatlakları ve diğer kusurları tanıyıp müdahale gerektirmeden kendiliğinden onarabilen kendi kendini iyileştiren fonksiyonlar faydalı olacaktır. Bu amaçla çift ağ kimyası, kendiliğinden iyileşme tasarımı ve biyoaktif dolgu maddeleriyle

kendini onarma işlevi sağlayan yenilikçi materyaller önerilmiştir (Melo & ark., 2023).

Biyomimetik materyaller, dental adezivlerin tasarımı ve geliştirilmesinde yeni dönemi temsil etmektedir (Bazos & Magne, 2011). Diş hekimliğinde biyomimetik materyaller, doğal diş dokuları olan mine ve dentinin yapısını ve işlevini taklit edecek şekilde geliştirilmiştir. Bu materyaller, doğal dişlerin mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerini yeniden oluşturarak hem fonksiyon ve estetiği sağlamak hem de çevre dokularla uyumlu entegrasyonu desteklemeyi amaçlamaktadır (Singer & ark., 2023; Zafar & ark., 2020). Örneğin, midye türlerinin neme karşı dirençli yapışma özellikleri ve güçlü yüzey kaplama kabiliyeti dental adeziv araştırmalarında ilgi çekmiştir. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, midye kaynaklı katekol-tiyol bazlı dental adezivler, etch&rinse adeziv için primer olarak kullanılan katekol fonksiyonlu kopolimer (polidopamin-metakrilat-ko-2-metoksi etil akrilat) (pDMA-MEA) analiz edilmiş ve tükürük kontaminasyonu altında bağ dayanıklılığını artırdığı bildirilmiştir (Lee & ark., 2020). Ayrıca, mine ve dentinin katmanlı yapısını taklit eden biyomimetik kompozitler de geliştirilmiştir (Chang & ark., 2022; Qiu & ark., 2021; Tay & Pashley, 2009; Yucesoy & ark., 2023).

Bununla birlikte, bazı tartışmalar ve zorluklar hala devam etmektedir. Bazı çalışmalar, iyon salınımının ve remineralizasyon potansiyelinin uzun vadeli etkinliğine ilişkin şüpheleri dile getirmektedir çünkü biyolojik aktif özelliklerin zamanla azalabileceği belirtilmiştir (Cheng & ark., 2017; Tay & Pashley, 2009). Biyolojik aktivite ile mekanik dayanıklılık ve kalıcılık arasındaki denge önemli bir sorun olarak devam etmektedir; zira bu materyaller geleneksel rezinlerle karşılaştırıldığında mekanik özellikleri daha zayıf olup, yüksek stresli bölgelerde kullanımını kısıtlamaktadır (Ferracane, 2011; Van Meerbeek & ark., 2003, 2011).

Ayrıca, mevcut kanıtlar genellikle in vitro veya kısa süreli in vivo çalışmalarla sınırlı olduğundan, biyoaktif adeziv rezinlerin faydasını ve güvenliğini doğrulamak için daha uzun süreli klinik çalışmalara ihtiyaç vardır (Spencer & ark., 2019). Bu zorlukların giderilmesi, söz konusu materyallerin klinik uygulamalarda yaygın olarak kabul görmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Dijital diş hekimliğinde kullanılan dental adezivler, CAD/CAM ve 3D baskılı restorasyonlarda güçlü ve dayanıklı bağlanmayı sağlayarak önemli bir rol oynamaktadır (Reymus & ark., 2019). Dijital diş hekimliğine yönelik kullanılan adezivlerin temel özelliği, seramik kompozit ve 3D baskılı rezin materyaller gibi dijital olarak üretilen restorasyonlarda kullanılan geniş materyal yelpazesine karşı çok yönlü ve güvenilir bağlanma sağlamasıdır. Bu adezivler, uzun dönem bağlanma ve mikrosızıntıyı önlemek için marjinal sızdırmazlık açısından güçlü-kalıcı bağlar oluşturmali ve renk transparanlığı koruyarak estetik stabilite sunmalıdır. Çünkü bu özellikler, dijital diş hekimliğinde etkin, hassas ve öngörülebilir sonuçların elde edilmesini için oldukça önemlidir.

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi ile Dental Adezivlerin Geliştirilmesi

Makine öğrenimi (ML) ve yapay zeka (AI), dental adezivlerin geliştirilme sürecinde önemli ilerlemeler sağlayacaktır. Bu teknolojiler, formülasyonların optimize edilmesi, test süreçlerinin hızlandırılması, performansın artırılması ve tedavilerin bireyselleştirilmesi gibi alanlarda etkin çözümler sunmaktadır. Metakrilat bazlı dental adezivlere ait mevcut verilerden yararlanarak, malzeme enformatiği (MI) ve özellikle makine öğrenimi teknikleri, restoratif malzemelerin analiz edilmesi ve tahmin edilmesi sürecinde önemli rol oynar. Bu sayede malzeme keşfi ve geliştirme süreçleri hızlandırılmaktadır. Denetimli öğrenme modelleri kullanılarak geliştirilen MI algoritmaları, optimal

kimyasal bileşimleri belirleyip bağ dayanıklılığı, kalıcılık ve biyouyumluluk gibi kritik özelliklerin iyileştirilmesini sağlar. Ancak, MI teknolojisinin potansiyeline rağmen, yeni malzemelerin üretimi sırasında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, malzeme tasarımı ve üretim süreçlerini daha da optimize etmek için MI'nin süreç enformatiği (PI) ve otonom sistemlerle entegrasyonuna odaklanmalıdır. Bu gelişmeler, açık erişimli veri tabanları ve ileri robotik teknolojilerle desteklenerek alanın ilerlemesini hızlandıracaktır. (Revilla-León & ark., 2022; Yamaguchi & ark., 2023).

AI ve ML destekli sanal test yöntemleri, farklı klinik koşullar altında adezivlerin davranışını simüle edip tahmin ederek zaman alıcı deneme-yanılma deneylerine olan ihtiyacı minimize edebilir. Yapay zeka destekli araştırmalar ayrıca diş sağlığını iyileştiren ve ikincil çürüklerin önlenmesine yardımcı olan yeni biyoaktif veya antibakteriyel ajanların keşfedilmesini sağlayabilir (Revilla-León & ark., 2022). Ayrıca, AI, diş yapısını, malzeme özelliklerini ve klinik performansın göz önünde bulundurulduğu hasta bazında adezivlerin kişiselleştirilmesini mümkün kılabilir (Mallineni & ark., 2024). Bu veri odaklı yaklaşım, inovasyonu hızlandırarak geliştirme sürelerini kısaltır ve modern dijital diş hekimliği iş akışının taleplerine uygun daha güvenilir ve etkili adezivlerin üretilmesini sağlar (Mallineni & ark., 2024; Suwardi & ark., 2022). Gelecekteki eğilimler, sürdürülebilir ve açık erişimli veri tabanlarının kurulmasına, malzeme keşfi ve üretimini ilerletmek amacıyla otonom sistemlerin entegrasyonuna odaklanmalıdır (Yamaguchi & ark., 2023).

Başarılı bağlanma değerlerinin elde edildiği modern adeziv sistemlerde, zamanla adeziv-dentin arayüzünde meydana gelen yaşlanma; mikrosızıntı, kenar renkleşmesi, adaptasyon bozuklukları, sekonder çürük, postoperatif hassasiyet ve pulpa iltihabı gibi çeşitli olumsuzluklara neden olmakta ve bu durum, kompozit

restorasyonların klinik ömrünü kısaltmaktadır. Bu tür problemlerin önlenmesi ve daha stabil bir bağlanma sağlanması amacıyla yeni araştırmalar yürütülmektedir.

Araştırmacıların güncel teknolojileri, özellikle makine öğrenmesi (ML) ve yapay zekâyı (AI) benimsemeleriyle birlikte, adeziv diş hekimliği alanında önemli ilerlemeler kaydedilebileceği öngörülmektedir.

Kaynakça

Alomran, W. K., Nizami, M. Z. I., Xu, H. H. K., & Sun, J. (2025). Evolution of Dental Resin Adhesives—A Comprehensive Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(3), 104. <https://doi.org/10.3390/JFB16030104>

Armstrong, S. R., Vargas, M. A., Fang, Q., & Laffoon, J. E. (2003). Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(1), 47–56.

Batista, G. R., Barcellos, D. C., Rocha Gomes Torres, C., Damião, Á. J., de Oliveira, H. P. M., & de Paiva Gonçalves, S. E. (2015). Effect of Nd:YAG laser on the solvent evaporation of adhesive systems. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 10(4), 598–609.

Bazos, P., & Magne, P. (2011). Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis. *The European Journal of Esthetic Dentistry : Official Journal of the European Academy of Esthetic Dentistry*, 6(1), 8–19.

Benitez Sellan, P. L., Zanatta, R. F., Gomes Torres, C. R., Tian, F. cong, Bergeron, B. E., Niu, L. na, & Pucci, C. R. (2020). Effects of calcium-phosphate, laser and adhesive on dentin permeability and bond strength. *Heliyon*, 6(5), e03925. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2020.E03925>

Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849–853. <https://doi.org/10.1177/00220345550340060801>,

Chang, R., Liu, Y. J., Zhang, Y. L., Zhang, S. Y., Han, B. B., Chen, F., & Chen, Y. X. (2022). Phosphorylated and Phosphonated Low-Complexity Protein Segments for Biomimetic Mineralization and Repair of Tooth Enamel. *Advanced Science*, 9(6). <https://doi.org/10.1002/ADVS.202103829>,

Chen, C., Niu, L. N., Xie, H., Zhang, Z. Y., Zhou, L. Q., Jiao, K., Chen, J. H., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine-Old wine in new bottles? *Journal of Dentistry*, 43(5), 525–536. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2015.03.004>,

Cheng, L., Zhang, K., Zhang, N., Melo, M. A. S., Weir, M. D., Zhou, X. D., Bai, Y. X., Reynolds, M. A., & Xu, H. H. K. (2017). Developing a New Generation of Antimicrobial and Bioactive Dental Resins. *Journal of Dental Research*, 96(8), 855–863. <https://doi.org/10.1177/0022034517709739>,

Da Rosa, W. L. D. O., Piva, E., & Da Silva, A. F. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(7), 765–776. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2015.04.003>,

De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *Journal of Dental Research*, 82(2), 136–140. <https://doi.org/10.1177/154405910308200212>,

Dhanpal, P., Yiu, C. K. Y., King, N. M., Tay, F. R., & Hiraishi, N. (2009). Effect of temperature on water sorption and solubility of dental adhesive resins. *Journal of Dentistry*, 37(2), 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.10.004>

Eick, J. D., Robinson, S. J., Byerley, T. J., & Chappelow, C. C. (1993). Adhesives and nonshrinking dental resins of the future.

Quintessence International (Berlin, Germany : 1985), 24(9), 632–640.

Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>

Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N., & Iwaku, M. (1979). Non-Pressure Adhesion of a New Adhesive Restorative Resin. *Journal of Dental Research*, 58(4), 1364–1370. <https://doi.org/10.1177/00220345790580041101>,

Grégoire, G., Sharrock, P., Delannée, M., & Delisle, M. B. (2013). Depletion of water molecules during ethanol wet-bonding with etch and rinse dental adhesives. *Materials Science and Engineering C*, 33(1), 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.07.040>

Gutiérrez, M. F., Malaquias, P., Hass, V., Matos, T. P., Lourenço, L., Reis, A., Loguercio, A. D., & Farago, P. V. (2017). The role of copper nanoparticles in an etch-and-rinse adhesive on antimicrobial activity, mechanical properties and the durability of resin-dentine interfaces. *Journal of Dentistry*, 61, 12–20. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.04.007>,

Gwinnett, A. J. (1992). Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *American Journal of Dentistry*, 5(3), 127–129.

Kanca, J. (1992). Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *Journal of the American Dental Association* (1939), 123(9), 35–43. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.1992.0248>,

Lee, D., Bae, H., Ahn, J., Kang, T., Seo, D. G., & Hwang, D. S. (2020). Catechol-thiol-based dental adhesive inspired by underwater mussel adhesion. *Acta Biomaterialia*, 103, 92–101. <https://doi.org/10.1016/J.ACTBIO.2019.12.002>,

Li, F., Chai, Z. G., Sun, M. N., Wang, F., Ma, S., Zhang, L., Fang, M., & Chen, J. H. (2009). Anti-biofilm effect of dental adhesive with cationic monomer. *Journal of Dental Research*, 88(4), 372–376. <https://doi.org/10.1177/0022034509334499>,

Li, F., Liu, X.-Y., Zhang, L., Kang, J.-J., & Chen, J.-H. (2012). Ethanol-wet bonding technique may enhance the bonding performance of contemporary etch-and-rinse dental adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 14(2). <https://doi.org/10.3290/JJAD.A21853>

Mallineni, S. K., Sethi, M., Punugoti, D., Kotha, S. B., Alkhayal, Z., Mubarak, S., Almotawah, F. N., Kotha, S. L., Sajja, R., Nettam, V., Thakare, A. A., & Sakhamuri, S. (2024). Artificial Intelligence in Dentistry: A Descriptive Review. *Bioengineering*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/BIOENGINEERING11121267>,

Marchesi, G., Frassetto, A., Mazzoni, A., Apolonio, F., Diolosa, M., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., Pashley, D. H., Tay, F., & Breschi, L. (2014). Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-Year in vitro study. *Journal of Dentistry*, 42(5), 603–612. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2013.12.008>,

Melo, M. A. S., Garcia, I. M., Mokeem, L., Weir, M. D., Xu, H. H. K., Montoya, C., & Orrego, S. (2023). Developing Bioactive Dental Resins for Restorative Dentistry. *Journal of Dental Research*, 102(11), 1180–1190. <https://doi.org/10.1177/00220345231182357>,

Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>

Moszner, N., & Hirt, T. (2012). New polymer-chemical developments in clinical dental polymer materials: Enamel-dentin adhesives and restorative composites. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 50(21), 4369–4402.

<https://doi.org/10.1002/POLA.26260>;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION

Mount, G. J. ., Hume, W. R. ., Ngo, Hien., & Wolff, M. S. . (2016). *Preservation and restoration of tooth structure*. <https://www.wiley.com/en-us/Preservation+and+Restoration+of+Tooth+Structure%2C+3rd+Edition-p-9781118766590>

Muñoz, M. A., Sezinando, A., Luque-Martinez, I., Szesz, A. L., Reis, A., Loguercio, A. D., Bombarda, N. H., & Perdigão, J. (2014). Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *Journal of Dentistry*, 42(5), 595–602. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2014.01.013>,

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. <https://doi.org/10.1002/JBM.820160307>

Nakabayashi, N., Nakamura, M., & Yasuda, N. (1991). Hybrid Layer as a Dentin-Bonding Mechanism. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 3(4), 133–138. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.1991.TB00985.X>,

Perdigão, J., & Swift, E. J. (2015). Universal Adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 331–334. <https://doi.org/10.1111/JERD.12185>,

Qiu, X. T., Rao, C. Y., Li, T., & Zhou, R. H. (2021). Research Progress in Biomimetic Synthesis of Nano-Hydroxyapatite in Bone Tissue Engineering. *Journal of Sichuan University (Medical Science Edition)*, 52(5), 740–746. <https://doi.org/10.12182/20210560201>,

Retief, D. H. (1973). Effect of Conditioning the Enamel Surface with Phosphoric Acid. *Journal of Dental Research*, 52(2), 333–341. <https://doi.org/10.1177/00220345730520022401>,

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, A. B., Özcan, M., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2022). Artificial intelligence applications in restorative dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(5), 867–875. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.010>

Reymus, M., Roos, M., Eichberger, M., Edelhoff, D., Hickel, R., & Stawarczyk, B. (2019). Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clinical Oral Investigations*, 23(2), 529–538. <https://doi.org/10.1007/S00784-018-2461-7>,

Sadek, F. T., Braga, R. R., Muench, A., Liu, Y., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2010). Ethanol wet-bonding challenges current anti-degradation strategy. *Journal of Dental Research*, 89(12), 1499–1504. <https://doi.org/10.1177/0022034510385240>,

Singer, L., Fouda, A., & Bourauel, C. (2023). Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry: review article. *BMC Oral Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-023-02808-3>,

Spencer, P., Ye, Q., Song, L., Parthasarathy, R., Boone, K., Misra, A., & Tamerler, C. (2019). Threats to adhesive/dentin interfacial integrity and next generation bio-enabled multifunctional adhesives. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 107(8), 2673–2683. <https://doi.org/10.1002/JBM.B.34358>,

Stape, T. H. S., Tjäderhane, L., Tezvergil-Mutluay, A., Yanikian, C. R. F., Szesz, A. L., Loguercio, A. D., & Martins, L. R. M. (2016). Dentin bond optimization using the dimethyl sulfoxide-wet bonding strategy: A 2-year in vitro study. *Dental Materials*, 32(12), 1472–1481. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.09.015>

Suwardi, A., Wang, F. K., Xue, K., Han, M. Y., Teo, P., Wang, P., Wang, S., Liu, Y., Ye, E., Li, Z., & Loh, X. J. (2022). Machine Learning-Driven Biomaterials Evolution. *Advanced Materials*, 34(1). <https://doi.org/10.1002/ADMA.202102703>,

Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2009). Biomimetic remineralization of resin-bonded acid-etched dentin. *Journal of Dental Research*, 88(8), 719–724. <https://doi.org/10.1177/0022034509341826>,

Vaidyanathan, T. K., & Vaidyanathan, J. (2009). Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 88(2), 558–578. <https://doi.org/10.1002/JBM.B.31253>,

Valsan, D., Bhaskaran, S., Mathew, J., Hari, K., & Joy, J. (2023). Comparative evaluation of the bonding efficacy of multimode adhesive, two-step self-etch adhesive, and a total-etch system to pulpal floor dentin-An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 14(2), 104–108. https://doi.org/10.4103/CCD.CCD_754_21,

Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28(3), 215–235.

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 7–34. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A43994>,

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>

Yamaguchi, S., Li, H., & Imazato, S. (2023). Materials informatics for developing new restorative dental materials: A narrative review. *Frontiers in Dental Medicine*, 4, 1123976. <https://doi.org/10.3389/FDMED.2023.1123976/BIBTEX>

Yucesoy, D. T., Fong, H., Hamann, J., Hall, E., Dogan, S., & Sarikaya, M. (2023). Biomimetic Dentin Repair: Amelogenin-Derived Peptide Guides Occlusion and Peritubular Mineralization of Human Teeth. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, 9(3), 1486–1495. <https://doi.org/10.1021/ACSBiomaterials.2C01039>,

Zafar, M. S., Amin, F., Fareed, M. A., Ghabbani, H., Riaz, S., Khurshid, Z., & Kumar, N. (2020). Biomimetic aspects of restorative dentistry biomaterials. *Biomimetics*, 5(3), 1–42. <https://doi.org/10.3390/Biomimetics5030034>,

Zhang, Y., Yu, Q., & Wang, Y. (2014). Non-thermal atmospheric plasmas in dental restoration: improved resin adhesive penetration. *Journal of Dentistry*, 42(8), 1033. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2014.05.005>

Zhang, Z., Li, K., Yang, H., Yu, J., & Huang, C. (2022). The influence of dimethyl sulfoxide on resin–dentin bonding: A systematic review: Dimethyl sulfoxide for dentin bonding. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.103037>

Zhang, Z. yi, Tian, F. cong, Niu, L. na, Ochala, K., Chen, C., Fu, B. ping, Wang, X. yan, Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2016). Defying ageing: An expectation for dentine bonding with universal

adhesives? *Journal of Dentistry*, 45, 43–52.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.008>

Zhang, Z., Yu, J., Yao, C., Yang, H., & Huang, C. (2020). New perspective to improve dentin–adhesive interface stability by using dimethyl sulfoxide wet-bonding and epigallocatechin-3-gallate. *Dental Materials*, 36(11), 1452–1463.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.08.009>

BEYAZLATMA TEDAVİLERİ ÜZERİNE GÜNCEL LİTERATÜR TARAMASI

ZEYNEP SU SÖNMEZ¹
HAKKI KAVAFİOĞLU²
NURCAN ÖZAKAR³

Giriş

Diş renklenmeleri giderek yaygınlaşan estetik bir sorundur. Dişlerin beyazlatılması, renk değiştirmiş dişlerin en konservatif tedavisini temsil eden estetik diş hekimliğinin önemli bir bileşeni haline gelmiştir(McEvoy, 1989).Diş rengi de dahil olmak üzere gülüş ve dişlerin estetiği, hastalar için büyük önem kazanmış ve bu da diş beyazlatma taleplerinin artmasını sağlamıştır.Vital dişlerin beyazlatılması için farklı konsantrasyonlarda beyazlatma ajanları, uygulama süreleri, uygulama modları ve beyazlatma ajanı ile kullanılan hızlandırma türü (yani kimyasal aktivasyon yoluyla veya ışık enerjisi kullanarak) dahil olmak üzere tanımlanmış çeşitli ürünler ve yöntemler vardır(Joiner, 2006, 2007).

¹Arş.Gör.Dt.,Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,Restoratif Diş Tedavisi AD,ORCID iD:0009-0001-7880-2295

²Arş.Gör.Dt.,Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,Restoratif Diş Tedavisi AD,ORCID iD:0009-0008-1491-1258

³Prof.Dr.,Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,Restoratif Diş Tedavisi AD,ORCID iD: 0000-0003-4023-6723

Ofis tipi beyazlatmada genellikle aktif madde olarak yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit (HP) kullanılır. Beyazlatma mekanizması, aktif ajanın diş yapısına nüfuz etme ve renkli organik molekülleri oksitleyen serbest radikaller üretme yeteneğine dayanır(McEvoy, 1989).Beyazlatmanın klinik etkinliği kapsamlı bir şekilde gösterilmiştir(Bizhang & ark., 2009; Giachetti & ark., 2010; Joiner, 2006; Polydrou & ark., 2008). Bununla birlikte, istenen estetik sonuçları elde etmek için genellikle beyazlatma maddesinin birkaç uygulamasının gerekli olduğu belirtilmelidir(Al Shethri & ark., 2003; Buchalla & Attin, 2007).Aynı sonuçları daha kısa bir uygulama süresinde elde etmek için, hidrojen peroksitin ayrışmasını uyarmak beyazlatma işleminin etkinliğinde artışa yardımcı olacaktır.

Beyazlatma Tedavisinde Işık Ünitelerinin Kullanımı

Son zamanlarda hidrojen peroksitin daha iyi aktivasyonunu sağlamak ve daha iyi estetik sonuçlar elde etmek için vital diş beyazlatmada halojen lambalar, LED'ler, diyet lazerler, argon lazerler ve plazma ark lambaları gibi farklı ışık ünitelerinin kullanımı tanıtılmıştır(Buchalla & Attin, 2007). Beyazlatma materyallerinin etkinliğinin artırılması için ışık ünitelerinin kullanılmasının sonuçları ile ilgili literatürdeki sonuçlarda çelişkiler bulunmaktadır.

Violet LED ve hidrojen peroksit ile yapılan diş beyazlatma protokollerinin mine özellikleri üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada violet LED kullanımının %6 HP beyazlatma etkinliğini arttırdığı ve %35 HP ile karşılaştırılabilir sonuçlar elde ettiği sonucuna varılmıştır(Leite & ark., 2023).Diyot lazer kullanılarak beyazlatma yapılan in vivo bir çalışmada ise on dört hasta 940 nm diyet lazer ve %38 hidrojen peroksit içeren beyazlatma jeli kullanılarak lazer yardımcı beyazlatma ile tedavi edilmiştir. Tedavi sırasında ve sonrasındaki 6 saat ve 1 gün içindeki diş hassasiyeti görsel analog skala (VAS) kullanılarak, beyazlatma öncesi ve sonrası diş rengi Vita klasik renk skalası kullanılarak kaydedilmiştir. Sonuçlara göre ağrı yaşamayan hasta oranı yüksek ve renk

değişikliliği anlamlı bulunmuştur.940 nm'lik diyet lazer, yüksek konsantrasyonlu HP beyazlatma jelinden kaynaklanan diş hassasiyetini azaltmak için etkili bir yardımcı araç olarak düşünülebilir. (Al-Maliky, 2019).

Diyot lazer yardımcı beyazlatmanın farklı adeziv sistemlerin mineye kesme bağlanma mukavemeti (SBS) üzerindeki etkinliğini araştıran bir çalışmada Opalescence Boost (OB) %40 ve Diyet lazer destekli LaserWhite20 (LW20) %45 karşılaştırılmıştır. İki beyazlatma yönteminde benzer sonuçlar gözlenmiştir. Diyet lazer destekli beyazlatma, işlem süresini kısaltması ve mine yüzeyinde minimal morfolojik değişikliklere neden olması nedeniyle günümüzde alternatif bir beyazlatma yöntemi olarak tercih edilebilir(Busra & ark., 2021).

Beyazlatma Maddesinin Konsantrasyonu

Beyazlatmanın sonuçları özellikle yüksek konsantrasyon içeren jeller için tartışmalıdır (de Souza Costa & ark., 2010). HP'nin sert diş dokuları üzerindeki etkileri ve difüzyonu, konsantrasyona ve temas süresine bağlıdır(Suliman & ark., 2004). Bu, bazı üreticilerin daha düşük konsantrasyonlarda HP'ye sahip jeller üretmesine yol açmıştır. Avrupa Birliği, beyazlatıcı ajanların %6'nın üzerindeki konsantrasyonlarda kullanımını yasaklamıştır(Committee & Sccp, 2007). Bu yasaklamanın olması hastaları dişlerini beyazlatmak için bu yöntemi istemekten alıkoymamıştır.Bu nedenle, yeni gereksinimler kapsamında etkinliklerini ve güvenliklerini doğrulamak için beyazlatma maddelerinin araştırılması gerekmektedir.Günümüzde yapılan çalışmalar düşük konsantrasyonlarda peroksit ile ideal beyazlatma elde etmeyi ve beyazlatmanın olumsuz etkileri azaltmak için diş ile beyazlatma jeli arasındaki temas süresini en aza indirmeye odaklanmıştır(Ferná Ndez & ark., 2017; Vildosola & ark., 2017; Vildósola & ark., 2017).Bununla birlikte düşük konsantrasyonlu beyazlatıcıların etkinliğinin kullanılan yüksek konsantrasyonlulardan önemli ölçüde farklı olmadığı doğrulanmalıdır(Bortolatto & ark., 2014, 2016).

%37,5 ve %6 hidrojen peroksit içeren diş beyazlatmanın etkinliği ve yaşam kalitesine etkisini araştıran çalışmada hem %37,5 HP hem de %6 HP ile yapılan beyazlatma, spektrofotometre ile yapılan ölçümlere göre etkili bulunmuştur. Tedavinin ikinci seansından itibaren konsantrasyonlar arasında beyazlatmanın etkinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Vital diş beyazlatma uygulanan hastalarda, başlangıç ölçümleri tedaviden bir hafta ve bir ay sonra alınanlarla karşılaştırıldığında olumlu bir psikososyal etki gözlenmiştir. Tedaviden bir hafta ve bir ay sonra yapılan ölçümlerle beyazlatmanın başladığı ana göre özgüven ve psikolojik iyilik halinde bir artış olduğu belirlenmiştir(Bersezio & ark., 2019).

Karbamid peroksitin (CP) %10'luk ve %37'lik konsantrasyonları uygulanan hastalarda beyazlatma etkinliği, diş hassasiyeti ve diş eti tahrişini değerlendirmek amaçlanan çalışmada günde 30 dakika süreyle kullanılan %37 CP, diş hassasiyetini veya diş eti tahrişini artırmaksızın günde 4 saat süreyle kullanılan %10 karbamid peroksit ile eşdeğer beyazlatma etkisine sahiptir. Dolayısıyla, günde 30 dakika süreyle %37 CP kullanımı evde diş beyazlatmada plak kullanım süresini azaltmak için uygun bir yol olabilir(Sutil & ark., 2022).

%35 hidrojen peroksit (HP) ve %37 karbamid peroksit (CP) kullanılan ofis tipi diş beyazlatma uygulanan hastalar tarafından bildirilen beyazlatma etkinliği ve diş hassasiyetini değerlendiren çalışmada hastalara %35 HP veya %37 CP kullanılarak iki seans ofis tipi diş beyazlatma uygulanmıştır. Her hastanın hassasiyet seviyesi beyazlatma sırasında ve sonrasında 24 saate kadar değerlendirilmiştir. Beyazlatma işlemlerinin etkinliği her seanstan bir hafta sonra ve son seanstan 30 gün sonra spektrofotometre ile değerlendirilmiştir(Peixoto & ark., 2018).CP kullanımı diş hassasiyeti riskini ve seviyesini sıfıra yakın değerlere düşürürken, beyazlatma ajanları arasındaki fark 24 saat sonra kaybolmuştur. Katılımcılar HP için daha iyi diş beyazlatma ve CP için daha az hassasiyet algılamış, ancak tekniklerin konforuna ilişkin herhangi bir

fark kaydedilmemiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre %37 CP dış hassasiyetinde azalma sağlamış ancak dış beyazlatma etkinliğini azaltmıştır. Bununla birlikte, her iki beyazlatma ajanı kullanımı da yüksek düzeyde hasta memnuniyeti ile sonuçlanmıştır(Peixoto & ark., 2018).

Beyazlatmada Hassasiyet Gidericilerin Yeri

Bazı çalışmalar, dış beyazlatma işleminden önce hassasiyet giderici ajanların kullanılmasının dış hassasiyeti(TS) yoğunluğunu en aza indirebileceğini göstermiş olsa da bu teknik beyazlatma işlemine başka bir klinik adım eklemektedir(Armênio & ark., 2008; Kose & ark., 2011). Teorik olarak, beyazlatma jelinin bileşimine %3 potasyum nitrat ve %0.2 sodyum florür gibi hassasiyet giderici ajanların eklenmesi, protokole ekstra bir adım eklemekten dış hassasiyetini azaltmanın etkili bir yolu olabilir(Haywood & ark., 2001; Peacock & Orchardson, 1999). Hassasiyet giderici içeren veya içermeyen %10'luk karbamid peroksit jeli kullanan hastalarda dış hassasiyeti yoğunluğunu ve renk değişimini değerlendirmek amaçlanan çalışmada beyazlatma jeline potasyum nitrat ve sodyum florür dahil edilmesi, dış hassasiyetinin riskini ve yoğunluğunu azaltmadığı gibi, renk değişimini de etkilememiştir. Bunun diğer beyazlatma jeli bileşimleri için doğru olmayabileceğini belirtmekte fayda vardır(Maran & ark., 2018).

Ofis tipi beyazlatma öncesi hassasiyet giderici ajanların uygulanmasından sonra hidrojen peroksit penetrasyonu, renk değişimi değerlendirmesi, yüzey morfolojisi ve bileşiminin ölçülmesi amaçlanan çalışmada(Parreiras & ark., 2020) üç farklı hassasiyet giderici ajan kullanılmıştır: Desensibilize KF2%®, Mi Paste® ,Nano-P®Renk değişimi ile ilgili olarak, bu çalışmanın sonuçları, hassasiyet giderici jellerin ön uygulamasının beyazlatma etkisini etkilemediğini göstermektedir. Hassasiyet giderici jeli uzaklaştırdıktan sonra, florür iyonları kristal büyümesini artıracak ve mine yüzeyinin doygunluğunu artırarak dış minesindeki minerallerin çözünmesini geciktirecek ve sonuç olarak mikro yapısal

mine defektlerinin onarımına katkıda bulunacaktır. Ayrıca, mine yüzeyi üzerinde florürün fiziksel varlığı, hidrojen peroksit iyonlarının pulpaya geçişini azaltabilir. Bu çalışmada da kullanılan hassasiyet giderici ajanlar, beyazlatma sonucunu tehlikeye atmadan pulpa odasına ulaşan HP miktarını azaltabilir (Parreiras & ark., 2020).

%10 kalsiyum glukonat, %0.1 deksametazon asetat, %10 potasyum nitrat ve %5 glutraldehitten oluşan deneysel bir hassasiyet giderici jel uygulandıktan sonra diş hassasiyeti (TS) riskini, yoğunluğunu ve ofis tipi beyazlatmanın etkinliğini değerlendiren çalışmada ise (Vochikovski & ark., 2023) 50 katılımcının üst dişleri deney ve plasebo gruplarına ayrılmıştır. Ofis tipi beyazlatmadan 10 dakika önce hassasiyet giderici ve plasebo jeller uygulanmıştır (%35 hidrojen peroksit, 1 × 50 dakika; iki beyazlatma seansı; 1 hafta aralıklarla). Katılımcıların çoğu (%96), çalışma grubundan bağımsız olarak tedavi sırasında bir miktar rahatsızlık hissetmiştir. TS yoğunluğu gruplar arasında farklılık göstermemiştir ($p > 0.31$) ve deney grubunda sadece 0.34 VAS birimi daha düşük bulunmuştur. Grupları bağımsız olarak her iki grupta da önemli bir renk değişikliği meydana gelmiştir. Ofis tipi beyazlatma öncesi uygulanan hassasiyet giderici deneysel jel, TS riskini ve yoğunluğunu azaltmamış ve renk değişimini etkilememiştir (Vochikovski & ark., 2023).

Beyazlatmada Anti-enflamatuvar İlaç Kullanımı

TS, HP'nin mine ve dentinden pulpaya kolay geçişinden kaynaklanıyor gibi görünmektedir (Palo & ark., 2012). Bu durum pulpa hasarına ve geri dönüşümlü bir enflamasyon sürecine neden olmaktadır (de Souza Costa & ark., 2010). Bazı yazarlar bu olumsuz etkiyi azaltmak için anti-enflamatuvar ilaçların kullanımını araştırmışlardır (Charakorn & ark., 2009; E. A. de Paula & ark., 2013; E. A. De Paula & ark., 2014; E. Paula & ark., 2013; Rezende & ark., 2016). Çalışmalarda, nonsteroidal bir anti-enflamatuvar olan ibuprofen kullanımı, beyazlatmadan hemen sonra bir saate kadar

TS'yi azaltmıştır(Charakorn & ark., 2009; E. A. De Paula & ark., 2014).Seçici bir anti-enflamatuar ilaç (etorikoksib, 60 mg) veya steroid al bir anti-enflamatuar ilaç (deksametazon, 4 mg) gibi diğ er ilaçların uygulanması bu yan etkiyi azaltmamıştır(E. A. de Paula & ark., 2013; Rezende & ark., 2016).

Bir asetaminofen / kodein kombinasyonunun diş hassasiyeti üzerindeki etkisini araştıran klinik bir çalışmanın sonucuna göre (Tylenol, 30 mg) bu ilacın kullanılması önerilmemiştir çünkü beyazlatmanın neden olduğu TS riskini ve yoğunluğunu azaltmadığı ve çok sayıda yan etkiye neden olduğu belirlenmiştir(Coppla & ark., 2018). Başka bir çalışmada ofis tipi beyazlatma işleminden bir saat önce tek bir dozda naproksen'in önleyici olarak uygulanması, hastalar tarafından bildirilen diş hassasiyeti riski ve seviyesi üzerinde sınırlı bir etkiye sahiptir ve hassasiyette bir azalma ancak ikinci bir seanstan hemen sonra gözlenmiştir. Ayrıca, naproksen uygulaması ile beyazlatma etkinliğinde herhangi bir değ iş iklik gözlenmemiştir(Fernandes & ark., 2017).

Farklı İçerikli Beyazlatma Jellerinin Etkileri

Yapılan çalışmalarda geleneksel beyazlatma ajanlarındaki hidrojen peroksitin mine ve dentin kesme bağ mukavemetini, mikro sertliğini (Berger & ark., 2010) ve fosfat, kalsiyum konsantrasyonlarını(Berger & ark., 2010) azalttığı gösterilmiştir. Peroksit tipi, peroksit konsantrasyonu, beyazlatma protokolü ve değ erlendirme yöntemindeki belirgin farklılıkların, diş yapıları üzerindeki olumsuz etkilerden sorumlu olduğu sonucuna varılmış tır. Beyazlatma ajanlarının kullanımı sonucu oluş an yan etkilerin, diş yapısındaki sertlik ve mineral içeriğ i kaybıyla birlikte görülen diş hassasiyeti olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, bu özelliklerin kaybına neden olmadan dişlerin rengini düzeltmek için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur(Smidt & ark., 2011).

%35 hidrojen peroksit (HP), titanyum tetraflorür (TiF4), Natrosol ve Chemygel içeren deneysel beyazlatma maddesinin yaptığı renk, mineral içeriğ i, mine morfolojisi, pH değ iş imi ve

sitotoksitesini değerlendiren çalışmada (Lins & ark., 2022) altmış mine/dentin bloğu Tablo 1’de gösterildiği gibi rastgele gruplanmıştır(n = 10). HPT0.5, HPT1 ve HPT2, HP'ye benzer renk değişimi olmuştur. HP, HPT0.5 ve HPT1 daha yüksek mikrosertlik gözlenmiştir. Keratinosit hücreleri T0.5 ile muamele edildiğinde canlıyken T1 için zayıf canlılık göstermiştir. HPT0.5 beyazlatma etkinliği sergilemiş, mine değişiklikleri olmadan mikrosertliği korumuş ve sitotoksitesiyi artırmamıştır(Lins & ark., 2022).

Tablo 1 Tedavi grupları ve bileşimi

	Grup	Kısaltma
Kontrol	%35 hidrojen peroksit	HP
Deney Grubu	HP+(TiF ₄ 0.05g + Natrosol 2.575g + Chemygel 2.575g)	HPT0.5
Deney Grubu	HP+(TiF ₄ 0.1g + Natrosol 2.55g + Chemygel 2.55g)	HPT1
Deney Grubu	HP+(TiF ₄ 0.2g + Natrosol 2.5g + Chemygel 2.5g)	HPT2
Deney Grubu	HP+(TiF ₄ 0.3g + Natrosol 2.45g + Chemygel 2.45g)	HPT3
Deney Grubu	HP+(TiF ₄ 0.4g + Natrosol 2.4g + Chemygel 2.4g)	HPT4

(Lins & ark., 2022)

Önceden reaksiyona girmiş cam-iyonomer (S-PRG) dolgu maddesi, nötralize etme kabiliyetine sahip altı tip iyon açığa çıkarır. HP bazlı bir beyazlatma materyaline S-PRG dolgu maddesi eklenmesinin beyazlatma etkinliğini değerlendiren çalışmada; deneysel beyazlatma materyali, toz kısmına %5 veya %10 S-PRG dolgu maddelerinin eklenmesi ile formüle edilmiştir. Renklenmiş sığır dişlerine hazırlanan macun uygulanmıştır. ΔE ve WID sonuçları, S-PRG dolgusu ilavesinin beyazlatma etkisini artırdığını göstermiştir ancak %5 ve %10 S-PRG dolgusu olan gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde, S-PRG dolgu maddesinin bir beyazlatma materyaline dahil edilmesi, beyazlatma etkinliğinin artmasını, pH'ın yükselmesini ve ürünün reaksiyon hızının artmasını sağlamıştır(Akabane & ark., 2023).

Yeni bir niyobyum bazlı beyazlatma jelinin beyazlatma etkinliğini ve sitotoksitesini, halihazırda mevcut olan HP bazlı

jellerle karşılaştırılması ve değerlendirilmesi amaçlanan çalışmada beyazlatma etkinlik analizi için, 40 sığır kesici dişi, belirlenen beyazlatma protokolüne göre rastgele 4 gruba ayrılmıştır: Kontrol, tedavi edilmemiş grup; 35HP, %35 HP beyazlatma jeli; 6HP,% 6 HP beyazlatma jeli; NbHP, %3 HP jel ile niyobyum jeli(Caneschi & ark., 2023).Tüm beyazlatma jelleri için renk değişikliği kontrole kıyasla anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$), ancak NbHP jeli, 14 günde anlamlı renk değişikliği ile diğer jellerden daha fazla ΔE göstermiştir. ($P < 0.05$). 35HP, kontrol ve tüm periyotlarda ve analiz edilen ekstraktlarda çoğu grup ile ilgili olarak yüksek sitotoksiste göstermiştir ($P < 0.05$). Deneysel jel, yüksek konsantrasyonda HP'ye sahip jellerinkine benzer etki göstermiş ve yüksek sitouyumluluğu vardır. Düşük konsantrasyonda hidrojen peroksit ile bu yeni nesil niyobyum bazlı beyazlatma jelinin kullanılması, daha düşük dentin hassasiyeti sağlayan diş beyazlatmayı temsil edebilir(Caneschi & ark., 2023).

% 35 hidrojen peroksit (H_2O_2) beyazlatma jeline eklenen sodyum florür (F) ve nano boyutlu sodyum trimetafosfatın (TMPnano) renk değişimi, mine mekanik ve morfolojik özellikleri ve H_2O_2 transamelodentinal difüzyon üzerindeki etkilerini in vitro olarak değerlendiren çalışma yapılmıştır(Gruba & ark., 2023).Çalışmada kullanılan sığır mine/dentin diskleri ($n = 180$) uygulanan beyazlatma jeline göre ayrılmıştır: %35 H_2O_2 (HP); %35 H_2O_2 +%0,1 F (HP/F), %35 H_2O_2 +%1 TMPnano (HP/TMPnano), %35 H_2O_2 +%0.1 F +%1 TMPnano (HP/F/TMPnano) , %35 H_2O_2 +%2 kalsiyum glukonat (HP/Ca). ΔE ve ΔWID , tedaviden sonra beyazlatma etkisi sağlayan jeller arasında benzer bulunmuştur ($p < 0.001$). Mineral kaybı (SH ve ΔKHN), Ra ve H_2O_2 difüzyonu HP/F/TMPnano için daha düşük bulunmuş; HP ve HP/Ca grupları en yüksek değerleri sunmuştur ($p < 0.001$).Tüm beyazlatılmış gruplarda yüzey değişiklikleri gözlenmiş ancak TMPnano grubunda daha az tespit edilmiştir. F/TMPnano içeren jeller beyazlatma etkisini değiştirmemekte ve mine demineralizasyonunu, pürüzlülüğünü, H_2O_2 difüzyonunu ve morfolojik değişiklikleri azaltabilir.

F/TMPnano içeren beyazlatıcı jeller, güvenliği artırmak ve klinik performansı korumak için yeni bir strateji olarak kullanılabilir(Gruba & ark., 2023).

Titanyum dioksit nanopartikülleri (TiO₂ Nps), aloe vera bitki özütü kullanılarak yeşil çevre dostu kaynaktan hazırlanmış ve daha sonra boyut, şekil ve bileşimi karakterize edilerek çalışmada kullanmak üzere hazırlanmıştır. Bu TiO₂ Np'ler hidrojen peroksit içeren ticari beyazlatma jeline dahil edilerek yeni bir TiO₂ beyazlatma jeli oluşturulmuş ve bu jel 20-29 yaş, 30-39 yaş, 40-49 yaş ve 50 yaş olmak üzere dört farklı yaş grubuna ait çekilmiş anterior dişlerin beyazlatılmasında kullanılmıştır. Aloe vera bitkisinden hazırlanan yeni TiO₂ beyazlatma jeli, bu çalışmada yer alan farklı yaş gruplarına ait diş minesinin organik matrisinden özellikle magnezyum, sodyum, fosfat ve kalsiyum olmak üzere mikro sertlik düşüşünü ve mineral içeriği kaybını önleyecek kadar güçlü ve stabil bulunmuştur. Bu çalışma, yeşil yolla hazırlanan titanyum dioksit nanopartiküllerinin klinik diş hekimliğinde doğal olarak türetilmiş beyazlatma jelleri olarak kullanımları için oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır(Mansoor & ark., 2024).

Hidroksiapatit-kapsaisin kompozitini (HAp-CAP) sentezlemek ve ofis tip diş beyazlatma jeline potansiyel kullanımı için fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanan çalışmada HAp-CAP nanokompozit, bir SpeedMixer'da® zirkonya boncuklarının yardımıyla %99,5 etil alkol (qsp) içinde çözülerek 4:1 oranında nano-hidroksiapatit (nano-HAp) ile kapsaisin (CAP) kullanılarak çökeltme yöntemiyle hazırlanmıştır. Daha sonra, HAp-CAP, hidrojen peroksitin pulpa odasına difüzyonunu azaltma üzerindeki etkisini ve beyazlatma işlemi sırasında diş rengi değişikliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için ofis tip bir diş beyazlatma ajanına dahil edilmiştir. HAp-CAP'in beyazlatma jeli, pulpa odası içindeki hidrojen peroksit miktarını hafifçe azaltmış ve diş beyazlatmanın beyazlatma etkinliğinde istatistiksel olarak farklı sonuçlar vermemiştir(da Silva & ark., 2024).

Beyazlatmanın Restoratif Materyalin Bağlanması Etkisi

Kompozit dolgular diş beyazlatma yoluyla renk değişimine maruz kalmazlar (Hafez & ark., 2010) ve beyazlatma işlemi bittikten sonra yeni elde edilen diş rengine uyacak şekilde değiştirilmeleri gerekir. Bununla birlikte, beyazlatılmış dişlerde, mine yüzeyinde kalan oksijen ve peroksitler nedeniyle, kompozit adaptasyonuna ve polimerizasyonuna müdahale edebilecek artmış bir debonding riski bildirilmiştir (Mullins & ark., 2009). Diş beyazlatmanın mineye makaslama bağlanma dayanımı (SBS) üzerindeki etkileri üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmış ve çelişkili bulgular elde edilmiştir (Attin & ark., 2004). Çeşitli çalışmalar, kullanılan beyazlatma ajanı ve uygulama modundan bağımsız olarak, farklı beyazlatma işlemlerinin SBS üzerinde zararlı bir etkisi olmadığını bulmuştur (Andrighetto & ark., 2016; Bishara & ark., 2005).

Diş beyazlatmanın kompozitin mineye kesme bağ dayanımı (SBS) üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmada (Miljkovic & ark., 2024) farklı beyazlatma yöntemleri ve beyazlatma ile kompozit restorasyon arasındaki zaman aralıkları incelenmiştir. Toplam 45 mine örneği, uygulanan beyazlatma protokolüne göre üç gruba ($n = 15$) ayrılmıştır: ofis tipi (A), ev tipi (B) ve beyazlatılmamış kontrol (C). A (ofis tipi) ve B (ev tipi) grupları daha sonra restorasyon yapımına kadar üç zaman aralığına bölünmüştür: 1. gün, 3. gün ve 7. gün. Kompozit, self-etch adeziv tekniği kullanılarak mineye uygulanmış ve SBS testine tabi tutulmuştur. En yüksek ortalama SBS kontrol (beyazlatılmamış) grubunda ölçülmüştür. Kontrol ve ofis tipi beyazlatma arasında ($p < .001$) ve ayrıca kontrol ve evde beyazlatma arasında ($p = .034$) SBS'de anlamlı bir fark bulunurken, ofis tip ve evde beyazlatma yöntemleri arasındaki fark önemsizdir. Bekleme süresiyle ilişkili olarak, beyazlatma işleminden 1 gün sonra SBS'de anlamlı bir azalma ($p < .001$) bulunmuştur. SEM altında minede en fazla marjinal sızdırmazlık da beyazlatmadan 1 gün sonra gözlenmiştir. Her iki beyazlatma yöntemi de, özellikle beyazlatma işleminden hemen sonra, kompozitin mineye olan SBS'sini önemli ölçüde azaltmıştır. SBS'deki azalma geçici görülmüş ve 3 günlük

bekleme süresi beyazlatmanın olumsuz etkilerini tersine çevirmek için yeterli bulunmuştur(Miljkovic & ark., 2024).

Antioksidanların, kompozit rezinin beyazlatılmış mineye bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmada(Ozakar & ark., 2022) yüz yirmi adet çürüksüz diş kullanılmıştır. Örnekler rastgele ofis tipi beyazlatma ve ev tipi beyazlatma olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İlk 12 alt gruba beyazlatmadan hemen sonra antioksidanlar (Sodyum Askorbat, Katalaz, Kitosan, EGCG) uygulanmıştır. Kalan 12 gruptaki örnekler 14 gün boyunca yapay tükürük içinde bekletildikten ve antioksidanlar uygulanmıştır. Ofis tipi beyazlatma sonrası hemen antioksidan kullanımı kompozit rezinin mineye bağlanma dayanımı değerlerinde anlamlı bir artış yaratmıştır. Ev tipi beyazlatma sonrası hemen antioksidan kullanımı bağlanma dayanımı değerlerinde anlamlı bir artış yaratmamıştır.14 gün bekletilen gruplarda katalaz ve EGCG kullanımı ofis tipi beyazlatma örneklerinde bağlanma mukavemetinde anlamlı artış göstermiştir.Ev tipi beyazlatma örneklerinde Sodyum Askorbat, Katalaz ve Kitosan gruplarında bekletme ve antioksidan kullanımının bağlanma mukavemeti üzerindeki olumlu etkisi gözlenmiştir(Ozakar & ark., 2022).

%6'lık hidrojen peroksit (HP), titanyum dioksit (TiO₂) ve/veya kitosan (CS) içeren yeni geliştirilmiş deneysel bir beyazlatma ajanı ile beyazlatmadan hemen sonra yapılan kompozit restorasyonların beyazlatma etkinliğini ve makaslama bağlanma dayanımını (SBS) değerlendiren çalışmada(Surmelioglu & ark., 2020);Grup C (kontrol): beyazlatma yok; Grup 35HP: %35 HP; Grup 6HP: %6 HP; Grup HPC: %6 HP+CS; Grup HPT: %6 HP+TiO₂; Grup HPTC: %6 HP+ TiO₂+CS grupları test edilmiştir.Dişler beyazlatma işleminden önce ve 24 saat sonra spektrofotometre ile ölçülmüş ve CIEDE2000 formülü ile hesaplanmıştır. SBS testi, beyazlatmadan hemen sonra kompozit restorasyonlarda değerlendirilmiştir. En yüksek ΔE00 değerleri 35HP grubunda (4,2 ± 1,2); en düşük değer ise 6 HP grubunda (1,7 ± 0,6) gözlenmiştir (p 0,05). HPC ve HPT gruplarının değerleri

birbirine benzer ve 35 HP değerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur. (sırasıyla $p < 0.05$ ve $p > 0.05$). SBS için, kitosan içeren gruplar hariç tüm gruplar kontrole kıyasla önemli ölçüde azalmış bağ kuvveti gösterirken ($p < 0.05$), HPC ve HPTC grupları kontrole benzer değerlere sahiptir. ($p > 0.05$). Grup C (28.02 ± 6.81) en yüksek değere sahipken, grup 35HP (17.02 ± 7.79) en düşük SBS değerine sahiptir. Yeni geliştirilen ajan ile beyazlatma işleminden hemen sonra bağlanma dayanımı kontrol grubuna benzer bulunmuştur. Beyazlatma etkinliği rutin olarak kullanılan beyazlatma ajanlarına benzerdir(Surmelioglu & ark., 2020).

Beyazlatmanın Restoratif Materyalin Renk Değişimine Etkisi

Renk değişikliği ile ilgili sorunların üstesinden gelmek için diş beyazlatma, diş dokusundaki lekeleri çıkarmak için etkili ve güvenli bir yöntem olarak bilinmektedir(Davidi & ark., 2008; Kwon & Wertz, 2015; Torres & ark., 2014; Wijetunga & ark., 2021).Bazı yazarlar da dental kompozitler üzerindeki etkinliklerini değerlendirmiştir. Genel olarak, beyazlatma sisteminin etkinliği, materyalin yüzeyi ile sınırlı olarak değerlendirilmiştir(Abd Elhamid & Mosallam, 2010; Attin & ark., 2004; Türkün & Türkün, 2004).Beyazlatma prosedürü, boyama solüsyonuna ve malzeme yapısına bağlı olarak renk değişikliğine neden olur(Alharbi & ark., 2018). Ancak beyazlatma işleminin nasıl gerçekleştiği net değildir. Bazı yazarlar, beyazlatma ürünlerinin uygulanmasından sonra kompozit yüzeyin renk değişimine neden olan basit bir yüzeysel temizleme etkisi olduğunu, içsel bir beyazlatma etkisi olmadığını varsaymışlardır(Poggio & ark., 2012; Villalta & ark., 2006).

Daha önce pigmentasyona maruz kalmış kompozit rezin üzerindeki bir beyazlatma sisteminin etkinliğini doğrulamayı ve özellikle malzeme yapısı içindeki beyazlatma etkinliğinin derinliğini incelemeyi amaçlayan bir in vitro çalışmada; Piyasada bulunan nano dolgulu bir kompozit rezin kullanılmıştır. Örnekler kahve bazlı bir solüsyon kullanılarak boyanmış ve beyazlatıcı ajan olarak %10 karbamid peroksit bazlı bir jel kullanılmıştır(Giachetti & ark., 2024).

Pigmentin penetrasyonu ve beyazlatma jelinin etkisi, numunelerin dış kenarından iç kısmına kadar renk (CieLab değerleri) ölçülerek değerlendirilmiştir. Dış çevreden 0.1 mm'den başlayarak 3.0 mm'ye kadar 14 noktada renk ölçümleri alınmıştır. Varyans testlerinin analizi, Kontrol Grubu, Pigmentasyon Grubu ve Beyazlatma Grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiş. Beyazlatıcı ajan 1,5 mm derinliğe kadar etkili bulunmuş, Beyazlık indeksi (W) değerleri 0,5 mm derinliğe kadar kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı değerler göstermemiştir. Daha önce pigmentlenmiş nano dolgulu rezin kompozit üzerindeki beyazlatıcı ajanlar, özellikle numunenin yüzeyel katmanlarında, W'yi orijinaline benzer değerlere geri döndürmede etkili görünmektedir(Giachetti & ark., 2024).

Bir laboratuvar çalışmasında kompozit rezin 14 gün boyunca hem kahve hem de kırmızı şarap kullanılarak gözle fark edilebilir bir seviyeye kadar boyanmıştır. Renk değişimi boyamanın 1, 3, 7 ve 14. günlerinde ölçülmüştür. Renk değişiminin doğası iki boyama solüsyonu için farklı olsa da, her zaman aralığında kahve veya şarap tarafından oluşturulan genel boyama derecesi önemli ölçüde fark gözlenmemiştir(Reinhardt & ark., 2019).Lekeli kompozitlere dört beyazlatma protokolü uygulanmıştır; Distile su (kontrol), Crest Pro-Health [HD] diş macunu, Crest Whitestrips, Opalescence PF beyazlatıcı (%15CP) ve ince pomza parlatma uygulaması (Preppies).HD diş macunu ve Whitestrips 21 gün boyunca günlük olarak uygulanmış, Opalescence 10 gün boyunca günlük olarak uygulanmış ve bir kez polisaj yapılmıştır. Evde veya ofis tipi tedaviyi taklit edecek şekilde uygulanan beyazlatma ürünlerinin her biri, kontrollere göre renk iyileştirmeleri sağlamada etkili olmuştur ancak dört tedaviden hiçbirisi diğer tedavilerden önemli ölçüde farklı bir beyazlatma sağlamamıştır. Nihai kompozit renginin başlangıçta ölçülen renkle karşılaştırılması, Opalescence'in her iki boyama solüsyonuna maruz kaldıktan sonra kompozit rengini kabul edilebilir bir seviyeye getirdiğini Whitestrips'in ise yakın bir renk verdiğini göstermiştir. Whitestrips, şarap lekeli kompozitler için rengi

başlangıca yakın bir seviyeye getirmiş, HD macun ve cilalama ise artık lekenin kalmasına neden olmuştur(Reinhardt & ark., 2019).

Aktive edilmiş beyazlatma ajanlarının nanoseramik kompozit rezinler üzerindeki etkisini mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü ölçümlerine dayalı olarak değerlendiren çalışmada;Opalescence Boost (Ultradent Products, ABD) ve Whiteness HP Blue Calcium (FGM Dental Products, Brezilya) beyazlatma ajanları ve nanoseramik kompozit rezin (Ceram.X® SphereTEC™ One (DENTSPLY, Almanya) kullanılmıştır(Ülper & ark., 2023).

Kontrol(C),OpalescenceBoost/ışıksız(OB),Opalescence Boost/ışıkla(OBL),Whiteness HP Blue/ışıksız(WB),Whiteness HP Blue/ışıkla(WBL) gruplar oluşturulmuştur. Beyazlatma işleminden sonra yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve Vickers mikrosertlik (VHN) ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmanın koşulları dahilinde, beyazlatma işleminden sonra nanoseramik kompozitin mikrosertlik değerleri artmış, ancak beyazlatma yüzey pürüzlülüğü üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir. SEM görüntülerinde nanoseramik kompozitin yapısında ve yüzey özelliklerinde herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Bu malzeme üzerinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın sonuçları, ışıklı/ışıksız beyazlatma ajanlarının uygulanmasının, değerlendirilen nanoseramik kompozit rezinin fiziksel özelliklerinde değişikliğe neden olduğunu göstermiştir(Ülper & ark., 2023).

Over-The-Counter (OTC) Beyazlatma Maddeleri

Over-the-counter (OTC) beyazlatma maddeleri pazarı erişilebilirlik, düşük maliyet, kullanım kolaylığı, çeşitlendirilmiş pazarlama ve satış kanalları nedeniyle hızla büyümektedir. OTC beyazlatma ürünleri arasında jeller, ağız gargaraları, sakızlar, şeritler ve diş macunu bulunur. Çeşitli formülasyonlara sahip beyazlatıcı diş macunları mevcuttur ve genellikle diş lekeleri çıkarmak için peroksit, sodyum klorür gibi beyazlatma maddeleri içerirler(Hoic & ark., 2004; Pontefract & ark., 2001).%0.75 ve %2.8'lik iki farklı

hidrojen peroksit konsantrasyonu içeren diş macunları ile beyazlatmanın incelendiği çalışmanın sonuçlarına göre daha yüksek HP konsantrasyonuna sahip diş macununun, daha düşük HP konsantrasyonuna sahip olanlara göre daha iyi beyazlatma etkinliği sağladığını göstermiştir ve gruplar arasında hassasiyet açısından anlamlı bir fark görülmemiştir(Yu & ark., 2020).Diş macunları ile kombine edilen aktif kömür tozunun mine renk değişimi ve yüzey özellikleri üzerine etkilerini inceleyen çalışmada; Aktif kömür tozu, normal ve beyazlatıcı diş macunları ile birlikte kullanıldığında renk değişimini artırmamıştır. Düşük konsantrasyonlu karbamid peroksit, kömür tozundan daha fazla renk değişimi sağlamıştır. Kömür tozu tek başına minenin yüzey pürüzlülüğü değerini artırmıştır(Palandi & ark., 2020).

Evde beyazlatma için kullanılan strip ve jellerin diş minesinde renk değişimi, pürüzlülük ve mikrosertlik değerlerinin karşılaştırmalı analizi yapılan çalışmada; SDS- sodyum ditiyonit strip, HPS- %6,5 hidrojen peroksit strip, CPS- %20 karbamid peroksit strip, HPG- %7,5 hidrojen peroksit jeli; CPG- %10 karbamid peroksit jeli kullanılmıştır. Tüm beyazlatma gruplarında pürüzlülükte artış ve yüzey mikro sertliğinde azalma olmuştur. SDS, CPS, HPG ve CPG gruplarının değerleri benzer mineral kaybı göstermiştir. Stripler estetik açıdan etkili olmakla birlikte, CPG ve HPG grupları ΔE_{00} ve ΔWID analizlerinde en yüksek değerleri sunmuştur(Aidar & ark., 2025).

Reçetesiz satılan iki beyazlatıcı diş macununun (Colgate Optic White ve Close-up) uygulanmasının farklı estetik restoratif materyallerin (rezin kompozit ve konvansiyonel cam iyonomer) renk stabilitesi üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmada; İki restoratif materyal arasında önemli renk değişikliği gözlenmiştir. Colgate Optic White ile renk değişimi, Close-up diş macununa göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş. 15 gün boyunca günde iki kez 2 dakika boyunca kullanıldığında, beyazlatıcı diş macunları Colgate Optic White ve Close-up renkte gözle görülür değişiklikler

yaratmıştır. Ayrıca, kompozitler renk stabilitesi için GIC'den daha yüksek tercih edilebilirlik göstermiştir(Singh & ark., 2024).

Diş hekimi gözetiminde evde beyazlatma için kullanılan bir ürünle karşılaştırıldığında, dört reçetesiz (OTC) beyazlatma ürününün insan minesinin mikro sertliği, yüzey pürüzlülüğü, rengi, makaslama bağlanma kuvveti (SBS) ve yüzey karakteristikleri üzerindeki etkilerini değerlendirilmesi amaçlanan çalışmada yetmiş sekiz mine örneği 6 gruba (n=13) ayrılmıştır(Yildirim & ark., 2022). Opalescence PF %10 (OP) diş hekimi tarafından reçete edilen ev tipi beyazlatma ürünü, Opalescence Go rezervuarlı plak (PT),Opalescence Beyazlatıcı Diş Macunu (WT),Listerine Healthy White beyazlatıcı ağız gargarası (WMR),Cavex Bite&White beyazlatıcı kalem (WP) ,Tedavi yok (Kontrol).Numunelerin mikro sertliği (VHN), yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve rengi ölçülmüştür. (T0). Örnekler daha sonra 14 gün boyunca beyazlatma protokollerine tabi tutulmuş (T1) ve ardından 14 gün boyunca yapay tükürük depolanmıştır (T2).Ölçümler T1 ve T2'de tekrarlanmıştır. Mine yüzeylerinin yüzey morfolojileri SEM ile incelenmiştir. OP, PT ve WP uygulamaları mine örneklerinin mikro sertliğini azaltırken ($p<0.05$), WT ve WMR ile tedavi edilen mine örneklerinin mikro sertliğinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($p>0.05$). Mine örneklerinin Ra değerleri OP, PT ve WT uygulamaları ile artarken ($p<0.05$); WMR ve WP uygulamaları sonrasında ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir ($p>0.05$). OP, PT, WMR ve WP mine rengini değiştirmiştir ($p<0.05$). Grupların SBS'leri arasında OP uygulanan mine örnekleri dışında anlamlı fark bulunmamıştır. OP en az SBS değerini göstermiş($p=0.001$). SEM gözlemleri pürüzsüz mine yüzeyleri ortaya çıkarmıştır(Yildirim & ark., 2022).

%10 karbamid peroksit (CP) ile karşılaştırıldığında polifosfat içeren beyazlatma ürünlerinin diş üzerindeki beyazlatma etkisini araştıran çalışmada(Alshehri & ark., 2022) 80 insan azı dişi rastgele dört beyazlatma ürünü grubuna ayrılmıştır. L*, a*, b* renk parametreleri başlangıçta (T0), bir günde (T1) ve tedaviden bir ay sonra (T2) spektrofotometre ile kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan

gruplar; Grup A (kontrol) %10 CP (Opalescence);CP olmayan reçetesiz (OTC) ürünler sahip diğer gruplar;,Grup B = polifosfatlar (iWhiteWhitening-Kit),Grup C = polifosfatlar+florür (iWhite-toothpaste),Grup D = sodyum bikarbonat (24K-Whitening-Pen) şeklindedir. Sonuç olarak, %10 CP ve polifosfat beyazlatma kiti en yüksek renk değişimini gösterirken, diş macunu ve beyazlatma kalemi ile simüle fırçalama her iki ölçüm aralığında da en düşük renk değişimini göstermiştir(Alshehri & ark., 2022).

Ev Tipi Beyazlatma Uygulaması

Klinikte beyazlatmada yüksek konsantrasyonlarda (%25-40 HP) beyazlatma ürünleri kullanılır. Bu işlem, sert doku profilaksisi ve fiziksel bariyerler uygulanarak yumuşak doku korunması gibi bazı ön işlemler yapıldıktan sonra gerçekleştirilir. Uygulanan ajanlar kimyasal olarak veya ışıkla aktive edilebilir(Powell & Bales, 1991). Alternatif olarak, evde diş beyazlatma, daha düşük konsantrasyonlarda beyazlatma ürünlerinin kullanılmasını içerir(Alkahtani & ark., 2020).Beyazlatma teknikleri arasında, evde uygulanan protokol, günlük olarak düşük ve değişen konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (HP) veya karbamid peroksit (CP) ile doldurulmuş özelleştirilmiş beyazlatma plaklarının kullanılmasından oluşur(De Geus & ark., 2018; Haywood & Sword, 2021).Düşük konsantre jeller kullanılarak yapılan ev tipi beyazlatma tekniği, başlangıçta %10 karbamid peroksit (CP) ile gece boyunca (6-8 saat) özelleştirilmiş plaklarda gerçekleştirilmiştir(Haywood, 1997). Gece koruyuculu vital beyazlatma altın standart bir tedavi olarak kabul edilir(Alonso de la Peñ López Ratón & ark., 2014; Cardoso & ark., 2010).

Sağlam ve restore edilmiş dişleri olan hastalarda ev tipi beyazlatmanın neden olduğu renk değişimini ve diş hassasiyetini (TS) değerlendiren çalışmada kırk hasta seçilmiş ve iki gruba ayrılmıştır: Altı çürüksüz maksiller anterior dişi olan hastalar ve altı maksiller anterior dişte en az bir restorasyonu olan hastalar. %10 CP ile ev tipi diş beyazlatma, restorasyonu olan veya olmayan hastalarda

aynı TS paternini oluşturmuştur. Ev tipi beyazlatma işleminden 2 hafta sonra, n dişlerinde restorasyonu olan hastalarda, sağlam dişlere sahip hastalara göre daha düşük bir beyazlatma etkisi gözlenmiştir(Meireles & ark., 2022).

Rezervuarlı veya rezervuarsız plaklarda %10 karbamid peroksit (CP) ile bir yıllık ev tipi beyazlatma işleminden sonra renk değişimini, stabiliteyi ve hasta memnuniyetini değerlendiren çalışmada; Kırk altı hastaya rezervuarlı veya rezervuarsız bir beyazlatma plağı ile CP ile (3 saat/gün; 21 gün) beyazlatma uygulanmıştır. Bir ay ile bir yıl sonra renk değişimi arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Hasta memnuniyet düzeyi gruplar arasında benzer bulunmuştur ($p=1.00$). Beyazlatma plağı tasarımınnın %10'luk CP (Opalescence PF, Ultradent) için beyazlatma stabilitesi üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Hastalar, beyazlatma plağı tasarımından bağımsız olarak beyazlatma sonuçlarından çok memnun kalmışlardır(Martini & ark., 2021).

Tetrasiklin lekeli dişlerin beyazlatılması (TST) zerine iki ev tipi beyazlatma yönteminin etkinliğini araştıran çalışmada TST'li olgularda plağa yerleştirilen %15 karbamid peroksit jel ve %6,5 hidrojen peroksit şeridinin beyazlatma etkisi değerlendirilmiştir. Birinci ayda plak grubunda strip grubuna göre daha fazla renk iyileşmesi gözlenirken ($p = 0.02$), ikinci ayda bunun tersi gözlenmiştir ($p = 0.01$). Üç aylık bir süre boyunca, %6.0 hidrojen peroksit strip, TST'de %15 karbamid peroksit plak ile eşit derecede iyi performans göstermiştir(Botelho & ark., 2017).

Sigara içenlerde ve içmeyenlerde %10 karbamid peroksit (CP) ile 30 aylık evde beyazlatma işleminden sonra renk ömrünü değerlendiren alışma; Renk geri dönmesinin her iki katılımcı grubunda da eşit olduğunu göstermiştir. Sigara içenlerin dişlerinin sigara içmeyenlere göre daha koyu olması beklenirken, bu hipotez mevcut araştırmada elde edilen bulgularla kanıtlanmamıştır. Sigara içenlerde ve içmeyenlerde %10 CP kullanımı ile 30 aylık bir takipten sonra, diş profilaksisinden sonra bile dişler beyazlatma sonucundan

biraz daha koyu görüldüğünden, sadece dışsal lekelerle atfedilemeyen önemli bir renk değişimi tespit edilmiştir(De Geus & ark., 2017).

İntrakoronal Beyazlatma

Vital olmayan dişlerde renklenmelerin önemli nedenlerinden bazıları travma, pulpa içi kanama, pulpa dokusunun yetersiz çıkarılması, endodontik materyaller, post endodontik restoratif materyaller ve kök rezorpsiyonu gibi lokal içsel faktörlerdir.Bu amaçla, intrakoronal beyazlatma, endodontik olarak tedavi edilen renklenmiş dişlerin estetik yeterliliğini artırmak için kronlar veya kompozit rezinler gibi çeşitli teknikler arasında etkili, güvenli ve invaziv olmayan bir prosedürdür(Plotino & ark., 2008).

İntrakoronal beyazlatma ajanlarının servikal bölgeye penetrasyonunun farklı orifis bariyerleri kullanılarak değerlendiren çalışmada bariyer olarak GIC(Ionoseal), TheraBase(self adeziv kalsiyum salan base, liner), ProProot MTA, Biodentine; beyazlatma ajanı olarak hidrojen peroksit(HP) ve sodyum perborat(SP) kullanılmıştır. HP gruplarında GIC, 1. günde test edilen diğer gruplarla karşılaştırıldığında en yüksek peroksit salınımını göstermiştir. Biodentine ve ProRoot MTA, 1. ve 4. günlerde GIC ve TheraBase ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşük bir peroksit sızıntısı göstermiştir. Sonuç olarak peroksit difüzyonu, intrakoronal beyazlatma ajanlarının ve kullanılan orifis bariyer materyallerinin türünden önemli ölçüde etkilenmiştir(Sakalli & ark., 2022).

1.25 veya 2.5 W'ta çalışan Er, Cr:YSGG lazer (2780 nm) ile aktive edilmiş veya edilmemiş, devital dişlerin intrakoronal beyazlatma tedavilerinin etkinliğinin değerlendirmesi amaçlanan in vitro çalışmada lazer kullanılan ve kullanılmayan gruplar arasında renk değişimi açısından anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak Er,Cr:YSGG lazer ışınlaması 2.5 W'ta çalışırken sadece ilk beyazlatma seansından sonra $\Delta E'$ 'yi önemli ölçüde artırmıştır. İkinci beyazlatma seansından sonra ΔE , lazer güç

ayarlarından bağımsız olarak kontrol grubuna göre fark göstermemiştir(Papadopoulos & ark., 2021).

Bitkisel antioksidanların intrakoronal beyazlatma sonrası kompozitin dentine bağlanma dayanımı üzerine etkisini inceleyen in vitro çalışmada(MS & ark., 2024) kullanılan materyaller ve gruplar Tablo 2’de gösterildiği gibidir. Beyazlatılmamış dişler (GI) en yüksek kesme bağı mukavemetini gösterirken, bunu %10 çam kabuğu ekstraktı (GVI) antioksidanı ile muamele edilen beyazlatılmış dişler izlemiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm antioksidanlar, HP'nin hemen restore edilen dişlerin bağlanma yeteneği üzerindeki olumsuz etkilerini nötralize etmede benzer derecede etkili olmuştur(MS & ark., 2024).

Tablo 2: Örneklem Prosedürü ve Gruplandırma

Grup	Beyazlatma ajanı	Antioksidan kullanımı	Kompozit yapımı
Grup I	Yok	Yok	Hemen
Grup II	%35 hidrojen peroksit ve sodyum perborat	Yok	Hemen
Grup III	%35 hidrojen peroksit ve sodyum perborat	Yok	14 gün sonra
Grup IV	%35 hidrojen peroksit ve sodyum perborat	%10 sodyum askorbat	Hemen
Grup V	%35 hidrojen peroksit ve sodyum perborat	%10 yeşil çay	Hemen
Grup VI	%35 hidrojen peroksit ve sodyum perborat	%10 çam kabuğu	Hemen

(MS & ark., 2024)

Çocuk ve Ergenlerde Diş Beyazlatma

2012 Kozmetik Ürün Güvenliği Değişiklik Yönetmeliğini takiben, diş beyazlatma işleminin diş hekimleri ve onların eğitimli ekipleri (dental terapist ve dental hijyenist) tarafından %6'dan az hidrojen peroksit içeren diş beyazlatma malzemesi kullanılarak yapılması yasal hale gelmiştir(“Tooth Whitening,” 2008).Bununla birlikte, 18 yaş altı beyazlatma işlemine yönelik kısıtlama devam etmiş ve bu grup hastalarda beyazlatma tedavisinin kullanımını %0,1'den az hidrojen peroksit ile sınırlandırmıştır. Bu durum diş hekimlerini, beyazlatmanın endike olduğu ancak yasal olarak sağlanamadığı klinik durumlar açısından tehlikeli bir duruma sokmuştur. Hiç bir restorasyon kesin bir başarı vadetmez. Kronlu

dişler hastaların %19'unda canlılığını kaybedebilir ve bu durum daha büyük pulpa kompleksleri nedeniyle ergenlik çağındaki hastalar için daha önemli olabilir(Sounders & Sounders, 1998).

Daha az yıkıcı bir tedavi yöntemi olan seramik veneerlerin bile sınırlı bir ömrü vardır; Yapılan sistematik bir incelemede (Petridis & ark., 2012), restorasyonun en sık görülen komplikasyonunun marjinal renk değişikliği (beş yılda %9) olduğu ve bunu beş yılda marjinal bütünlük kaybının (%3,9-7,7) izlediği belirtilmiştir. Bu başarısızlıkların önemi, bu hastaların yaşlarının daha genç olmasıyla daha da artmaktadır. Diş beyazlatma isteyen hastaya ve ebeveynlere, tedavi olmaması seçeneği de dahil olmak üzere tüm tedavi seçeneklerinin sağlanması esastır. Beyazlatma ile ilişkili tüm riskler ve faydalar da tedaviye başlamadan önce tartışılmalı ve uygun şekilde onay alınmalıdır. Beyazlatma sonrası, örneğin büyük mine yüzey defektlerinin olduğu durumlarda mikroabrazyon, rezin infiltrasyon ve kompozit restorasyon gibi daha ileri restoratif tedavilerin gerekli olabileceği ifade edilmelidir(Wallace & Deery, 2015).

18 yaş altı hastada beyazlatma ihtiyacını ve aciliyetini değerlendirmek için dikkat edilmesi gereken hususlar(Grennwall,L.(Ed),2017);

Renk bozulmalarının tonu: Renk bozulmaları şiddete göre hafif, orta ve şiddetli olarak sınıflandırılmalıdır: orta ve şiddetli renk değişimleri beyazlatma tedavisi gerektirir.

Renk bozulmalarının boyutu: Renk değişimleri dişler boyunca homojen bir şekilde yayılabilir, MIH'daki gibi birkaç yüzeyle sınırlı olabilir veya travmayı takiben tek bir yüzey/diş ile sınırlı olabilir.

Renk bozulmalarının rengi: Gri, kahverengi, siyah, turuncu, koyu sarı olabilir. Renk değişiklikleri, MIH'da olduğu gibi birkaç yüzeyle sınırlı veya travma sonrası tek bir yüzey/diş ile sınırlı olarak, dişler boyunca eşit şekilde yayılabilir.

Renk değişikliğinin çocuk üzerindeki etkisi: Çocuk renk değişikliğinin farkında mı? Renk değişikliği çocuğun hayatını etkiler mi? Çocuk, renk bozulmasının bir sonucu olarak akranları tarafından zorbalığa mı uğruyor?

Haywood, ergen hastalarda beyazlatma işlemine 10-14 yaşlarında başlanmasını önermiştir ancak bu durum daha önce tartışıldığı gibi yine de bireysel olarak değerlendirilmelidir(Haywood & Sword, 2017). Bu hastalar için, beyazlatma materyali miktarını en aza indirmek amacıyla özel bir plak önerilir(Lee & ark, 2005).Karbamid peroksit (CP) 18 yaş altı hastalar için önerilen beyazlatma ürünüdür. Bunun nedeni, ilave ürenin faydalı kariyostatik etkilere ve dişeti skorlarını iyileştirdiğı gösterilen antibakteriyel bir etkiye sahip olmasıdır(Curtis & ark., 1996; Haywood & Sword, 2017; Yao & ark., 2013).Bu, genellikle motivasyon veya hassasiyet eksikliğinden kaynaklanan kötü dişeti sağlığından muzdarip olan hastalar için son derece faydalı olacaktır. Ayrıca, %10 CP'de bulunan yavaş oksijen salan bir ajan olan carbopol, oksijenin sabit ve yavaş bir şekilde salınmasına yol açarak sürecin gece boyunca sürdürülebilir olmasını sağlar(Matis, 2003).

Amacı, %20 ve %35 hidrojen peroksit içeren diş beyazlatma işlemine başvuran adölesan ve genç hastalarda renk değişiklikleri ve diş hassasiyetini değerlendirmek olan çalışmada 11 ila 24 yaşları arasındaki 53 hasta ile randomize, kontrollü bir klinik çalışma yapılmıştır(Gonçaves & ark., 2017).Whiteness HP – FGM® (% 35 hidrojen peroksit); Whiteness HP Blue Calcium– FGM® (%35 hidrojen peroksit); ve Whiteness HP Blue Calcium- FGM® (% 20 hidrojen peroksit) ürünleri kullanılmıştır.Kalsiyum eklenmesi diş hassasiyetini azaltmaya yardımcı olmuştur. Diş hassasiyeti geçici bir şekilde meydana gelmiştir ve diş beyazlatma sürecini etkilememiştir. Ofis tipi diş beyazlatma, ergenler ve genç yetişkinler için etkili bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Genç dişlerde beyazlatmanın etkilerini tam olarak değerlendirmek için bu popölasyonda daha ileri çalışmalar gereklidir(Gonçaves & ark., 2017).

Ev tipi beyazlatmaya başvuran 12-20 yaş arası ergenlerin kesici ve kanin dişlerindeki kolorimetrik değişikliği değerlendiren ve işlemler sırasında memnuniyet, hassasiyet ve rahatsızlığı bir anket aracılığıyla değerlendiren çalışmada (Pinto & ark, 2017)otuz ergen rastgele aşağıdaki gruplara ayrılmıştır: %6.0 hidrojen peroksit plak ile (White Class with calcium– FGM),% 7.5 hidrojen peroksit plak ile (White Class with calcium– FGM) ,% 10 hidrojen peroksit strip (Oral B 3D White– Oral-B),Kontrol grubu– plasebo.Tedaviden bir ay sonra hem diş beyazlatma jelleri hem de beyazlatma şeritleri ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hastalar birinci ve ikinci haftalardan sonra tedaviden kısmen memnun kalmışlar ve tavsiye etmişlerdir. Tüm ürünler 12 aylık takipten sonra renk stabilitesi göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda beyazlatma işlemi etkili bulunmuş ve hastalar sonucunu algılayabilmiştir. Beyazlatmanın genç dişler üzerindeki etkilerini belirlemek için daha ileri araştırmalara ihtiyaç vardır(Pinto & ark., 2017).

EAPD (The European Academy of Paediatric Dentistry) üyelerinin diş anomalisi olan çocuklar için vital beyazlatma uygulamalarını anlamak üzere Ocak 2019'da EAPD aracılığıyla gönderilen anonim bir çevrimiçi anket, çoklu cevap ve serbest metin içeren 13 sorudan oluşmaktadır(Monteiro & ark., 2020).Sonuçlar 24 ülkeden 110 yanıt ile elde edilmiştir. Çoğunluk hastanelerde/üniversitelerde (n=69, %63) veya özel muayenelerinde (n=50, %46) çalışmaktadır ve uzman (n = 62, %57) veya kıdemli akademisyendir (n=35, %32).Katılımcıların çoğu (n = 74, %68) çocuklar için vital beyazlatma hizmeti vermemiştir. Katılımcıların 88'i (%80) AB üyesidir: bunların 46'sı (%52) beyazlatma yönetmeliklerinden haberdar değildir.

Beyazlatma sağlayan katılımcıların 26'sı (%72), daimi dişlenme başladıktan sonra (n = 21, %58), en sık 2 hafta süreyle (n = 14, %39) %10 karbamid peroksit kullanarak evde beyazlatma yapmıştır (n = 21, %58). Karar verici faktörler arasında renk değişikliğinin derecesi (n = 27, %75) ve rengi (n = 26, %72) ve çocuğun akranları tarafından alay konusu olması (n = 23, %64) yer

almaktadır. Beyazlatma yapmamanın başlıca nedenleri arasında yan etkilerle ilgili endişeler (n = 41; %55) ve beyazlatmayı kabul etmeme (n = 23, %31) yer almaktadır. Çoğunluk diş yapısının çıkarılmasıyla kompozit restorasyonlar yapmış (n = 50; %68), bir kısmı ise tedavi uygulamamayı tercih etmiştir (n = 27, %37). Bu çalışma, Avrupa genelinde çocuk diş anomalilerinin tedavisinde büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yan etki korkusu ve kişisel inançlar, çocuklarda beyazlatma işlemini caydıran başlıca faktörler olarak görülmektedir. Beyazlatma yapan klinisyenler daha konservatif teknikleri tercih etme ve çocukların endişelerini dikkate alma eğilimindedir (Monteiro & ark., 2020).

Dental Floroziste Beyazlatma Tedavisi

Dental florozis (DF), mine gelişimi sırasında ameloblastlar üzerinde aşırı florür emiliminin neden olduğu minenin gelişimsel bir bozukluğudur. Bu bozukluk, beyaz opak alanlar ile karakterize edilen mine alt yüzey gözenekliliği gibi minenin hipomineralizasyonuna ve dışsal lekeler açık sarıdan koyu kahverengiye kadar değişen renk bozulmalarına neden olur (Denbesten & Thariani, 1992). DF'nin neden olduğu estetik dengesizliği iyileştirmek için çeşitli teknikler savunulmuştur. Yüzey lekeli alanların beyazlatmasında minival invaziv olarak mikroabrazyon ve rezin infiltrasyon (RI) teknikler tek başına (Paris & Meyer-Lueckel, 2009) veya kombinasyon halinde kullanılırken, invaziv yaklaşımlar arasında veneerler ve kronlar bulunur (Akpata, 2001). Bu yöntemler farklı derecelerde başarı göstermiştir ve DF'nin şiddet derecelerine, hastanın seçimine ve diş hekiminin tıbbi konseptine ve teknik düzeyine bağlı olarak seçilir. Beyazlatma teknikleri, güvenli, ucuz ve minimal invaziv olması ve dişlerdeki dış veya iç renk bozulmalarını giderebilmesi nedeniyle son yıllarda popüler hale gelmiştir (Berger & ark., 2012).

Piyasada bulunan beyazlatma ürünleri arasında karbamid peroksit (CP) jeli, vital diş beyazlatma için yaygın olarak tercih edilmektedir (Demarco & ark., 2013; Luque-Martinez & ark., 2016).

RI başlangıçta yeni başlayan mine çürüklerini önlemek için geliştirilmiştir, ayrıca beyaz nokta lezyonlarının (WSL) tedavisi için de önerilmiştir(Paris & ark., 2010).RI, beyazlatma işleminden sonra mine lezyonlarının ve lekelerinin daha fazla ilerlemesini önleyebilir, çünkü bu işlem, gözenekli mineye hızlı penetrasyon için optimize edilmiş düşük viskoziteli ışıkla sertleşen rezinlerle sızma yoluyla mine içindeki mikro gözeneklilikleri tıkar(Paris & ark., 2007).

Ev tipi beyazlatma (HB) ve rezin infiltrasyon (RI) tekniklerinin kombinasyon yaklaşımının dental florozisin (DF) farklı şiddet dereceleri üzerindeki etkisini değerlendirmek ve hastalarda HB ve RI'nin neden olduğu psikolojik değişiklikleri analiz etmek amaçlanan çalışmada(Pan & ark., 2019);186 florozisli dişi olan yirmi iki hasta (4 erkek, 18 kadın, 27.8 ± 1.6 yıl) dahil edilmiş ve Dean indeksine göre hafif (N=56), orta (N=100) ve şiddetli (N=30) DF gruplarına ayrılmıştır. DF'li hastalar üzerindeki tedavi etkileri, hastaların dişlerini subjektif değerlendirmelerindeki değişiklikler ve tedavilerden önce ve sonra psikolojik durumları dahil olmak üzere anketlerle değerlendirilmiştir. Başlangıç (T1), beyazlatma sonrası (T2), RI tedavisinden hemen sonra (T3) ve tedaviden altı ay sonra (T4) dahil olmak üzere dijital fotoğraflar çekilmiş. Florotik (F2) ve çevredeki nispeten sağlam alanlar (F1) arasındaki renk değişiklikleri (ΔE) analiz edilmiştir. Kötü diş görünümü hastaların %13.64'ü sıklıkla depresif, sinirli veya hayal kırıklığına uğramış, %72.72'sinde ise zaman zaman bu duyguları yaşatmıştır. Tedavi sonrası DF hastalarının diş görünümü ile ilgili memnuniyetleri %0'dan (memnun) %58.82'ye (memnun) ve %23.53'e (çok memnun) yükselmiştir. ΔE değerleri 3.0 ve 3.7 birimden fazla olan florotik dişlerin yüzdesi hafif ve orta DF gruplarında T1 evresinden T3 evresine kademeli olarak azalırken ($p < 0.05$), T3 evresindeki ΔE değeri ağır DF grubunda T2 evresine göre anlamlı derecede düşüktür ($p < 0.05$). T4 evresinde, T4 ve T3 evreleri arasında ΔE değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Bu çalışma, HB ve RI tedavisinin DF'nin farklı şiddet dereceleri üzerindeki bariz olumlu estetik etkisini ve psikolojik

rahatsızlıklardaki büyük iyileşmeleri göstermektedir. RI ve düşük konsantrasyonlu HB jelin kombinasyon tedavisi DF'nin estetiğini iyileştirir ve 6 aylık takipten sonra stabil bir etkiye sahip olabilir, bu da bu yaklaşımın diş hekimleri için DF tedavisi için değerli bir klinik seçim olduğunu düşündürmektedir(Pan& ark., 2019).

Rezin infiltrasyon, ofis tipi beyazlatma ve kombinasyon tedavileri ile tedavi edildiğinde florozis lekelerindeki estetik değişiklikleri değerlendirmek için yapılan çalışmada(Gugnani & ark, 2017);Tedavi yöntemleri %35 hidrojen peroksit ile beyazlatma, rezin infiltrasyon, artan infiltrasyon süresi ile rezin infiltrasyon ve beyazlatma ve infiltrasyon kombinasyonunu içermektedir.Anlık estetik değişimler, iki bağımsız gözlemci tarafından VAS skalası kullanılarak 'Estetikte değişim' ve 'Opasitelerde/lekelerde iyileşme' gibi iki parametre açısından değerlendirilmiştir. Her iki parametre için de en iyi sonuçlar, infiltrasyon süresi arttıkça rezin infiltrasyon uygulanan hastalarda gözlenmiştir.RI uygulaması (tek başına veya beyazlatma ile birlikte) sadece beyazlatmaya kıyasla anlamlı derecede daha iyi sonuçlar ortaya koymuştur. Rezin infiltrasyon prosedürü, özel beyazlatma süreleri ve artan infiltrasyon süresi ile birlikte, estetikte değişim ve renklenmelerde iyileşme açısından en iyi sonuçları sergilemiştir(Gugnani & ark., 2017).

Beyazlatmanın Pulpa Hücrelerine Etkisi

Hidrojen peroksit (H₂O₂), beyazlatma maddesi olarak farklı konsantrasyonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Minenin sertliğindeki değişime neden olan reaktif oksijen türleri (ROS)(Azer & ark., 2009) ayrıca mine ve dentinin kimyasal bileşimine(Bistey & ark., 2007) etki eder.Dentin tübülleri yoluyla pulpaya ulaşma yeteneğine sahip olan reaktif oksijen türleri, hücresellüğün ve hücresel metabolizmanın azalmasına neden olur(Cintra & ark., 2013; Soares & ark., 2013).Vasküler geçirgenlikteki değişiklikler(Ferreira & ark., 2013) hücrelerde DNA hasarı(Sanz & ark., 2006), doku nekrozuna yol açar. İnflamatuvar yanıt, hücre proliferasyonu, apoptoz ve nekroz varlığını, farklı

konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (H₂O₂) ile diş beyazlatma sonrası ratlar üzerinde in vivo değerlendirilmesini yapan çalışmada; H₂O₂ konsantrasyonu pulpa dokusundaki hasarı etkilerken, düşük konsantrasyonlar dokuda inflamasyona, hücre proliferasyonuna ve apoptoza, daha yüksek konsantrasyonlar ise doku nekrozuna yol açtığı tespit edilmiştir. Bu hasar daha sonra onarılabılır ancak yüksek konsantrasyonlarda H₂O₂ kullanımı uzun süreli bir apoptotik etkiye neden olabilir. Bu etkiler, pulpa dokusunun olası beklenen yaşlanmasını gösterebilir ve bu da yeni saldırganlara yanıt verme kapasitesini azaltabilir(Benetti & ark., 2017).

Ratlarda %38'lik H₂O₂ kullanılarak ofis tipi diş beyazlatma işlemine yanıt olarak inflamatuvar infiltratın yoğunluğunu ve interlekin-1 β (Il-1 β), tümör nekroz faktörü- β (TNF- β), fibroblast büyüme faktörü-2 (FGF-2), glutasyon peroksidaz (GPX) ve osteokalsin üretimini inceleyen çalışmada; beyazlatılmış gruplarda, beyazlatılma yapılmamış(kontrol) gruplara kıyasla pulpa inflamasyonu evresi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Beyazlatılmış dişler orta/şiddetli inflamatuvar infiltrasyon göstermiştir ve kontrol gruplarında iki kez (24 saat ve 10 gün) inflamatuvar hücrelerin yokluğu veya ihmal edilebilir sayıda mononükleer hücre gözlenmiştir. Beyazlatılmış gruplarda 24 saatte Il-1 β , TNF- β ve GPX için güçlü boyama ve 10 günde Il-1 β , TNF- β , GPX ve FGF-2 için güçlü boyama tespit edilmiştir. 10 günlük diş beyazlatma işleminden sonra, beyazlatma yapılan grupta diğer gruplara göre istatistiksel olarak daha yüksek miktarda osteokalsin bulunmuştur. %38 hidrojen peroksit ile diş beyazlatma ciddi pulpa iltihabına neden olur, ancak 10 gün sonra doku onarımının özellikleri vardır(da SILVA-COSTA & ark., 2018).

İnsan diş pulpasından elde edilen kök hücreler üzerinde dört ticari beyazlatma ürününün in vitro difüzyon kapasitesini, sitotoksitesini ve biyoyumluluğunu değerlendiren çalışmada;Hidrojen peroksit bazlı (HP), Norblanc Office %37.5 (Nor-HP) ve Opalescence Boost 40% (Opal-HP) olmak üzere iki ticari beyazlatma jeli mine/dentin disklerine 30 dakika süreyle

uygulanmıştır(Llena & ark., 2019). Aynı üreticilerden diğer iki jel, %16 karbamid peroksit bazlı (CP), Norblanc Home (Nor-CP) ve Opalescence CP %16 (Opal-CP) 90 dakika boyunca uygulanmıştır. Normon ürünleri, Ultradent ürünlerinden daha düşük sitotoksisite ve difüzyon kapasitesi göstermiştir. Opal-HP kullandıktan sonra yüksek hücre içi ROS seviyesi bulunmuştur. Son olarak, Opal-HP ile hem koronal hem de radiküler pulpada ciddi bir nekroz gözlenlenmiştir. Çeşitli beyazlatma ürünlerindeki benzer hidrojen peroksit ve karbamid peroksit konsantrasyonları, hücrelerde ve diş pulpası dokusunda farklı tepkiler sergilemiş, bu da beyazlatma ürünlerinin toksisitelerini etkileyebilecek bilinmeyen maddeler içerdiğini düşündürmüştür(Llena & ark., 2019).

Yapılan çalışmalarında gösterdiği gibi hidrojen peroksitin redoks reaksiyonu kullanılarak renklenmiş dişlerin beyazlatılması, şu anda en popüler ve tanınan diş beyazlatma yöntemidir. Çeşitli beyazlatma ürünleri olağanüstü beyazlatma sonuçları göstermiş olsada, etkinlikleri hala beyazlatıcının pH'ı, konsantrasyonu, beyazlatma süresi ve katkı maddesi bileşimi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir(Li & ark., 2024).Hidrojen peroksitin sağlıklı diş dokusunun mikro yapısını da etkilediğini ve potansiyel olarak diş hassasiyeti ve diş eti tahrişi gibi yan etkilere yol açtığını unutmamak önemlidir. Bu nedenle, beyazlatma işlemine başlamadan önce, özellikle restorasyonlar ve hassas dişler mevcut olduğunda, ağzın genel durumunu değerlendirmek çok önemlidir(Li & ark., 2024).

Beyazlatmada kullanılan maddeler; interprizmatik boşluklar, dentin tübülleri yoluyla mine ve dentine nüfuz eder ve beyazlatma maddesinin konsantrasyonu difüzyon mesafesini etkiler bu da sağlam mine, dentin yapıları üzerine etki etmesine neden olabilir(Davis & ark., 2015; Kwon & ark, 2012).Ayrıca, TRPA1 aracılığıyla intradental siniri aktive ederek beyazlatma hassasiyetini indükleyebilir. Bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla, beyazlatma işlemini optimize etmeyi amaçlayan ışıık ekipmanları geliştirilmiştir(Squizatto Leite & ark., 2022; Zanin, 2016).Birçok çalışma, beyazlatma işlemlerinden sonra mine yüzey mikro

morfolojisinde değişiklik, mineral içeriğinde azalma (Ca, K), prizmatik kayıp ve rezin tagların sayısında/uzunluğunda azalma gibi subklinik değişiklikler olabileceğini bildirmiştir(Josey & ark., 1996; Lai & ark., 2002; Soares & ark., 2013). Ayrıca, beyazlatma işlemlerinin ardından minede önemli ölçüde artmış oksijen seviyeleri kaydedilmiştir.

Bağlanma mukavemetindeki azalma, yüzeysel mine içindeki beyazlatma maddesinden salınan peroksitlerinden ve kompozit polimerizasyonunun inhibisyonuna neden olabilecek oksijen ile açıklanabilir. Ayrıca, artık renklenmiş olan oksijenli pigment molekülleri hala mine yüzeyine bağlı kalabilir ve rezin tagların oluşumuna engel olabilir(Miljkovic & ark., 2024).Düşük konsantrasyonlu ofis tipi beyazlatma umut verici sonuçlar sağlamıştır. Ofis tipi teknik için %6 HP kullanımının ev tipi beyazlatmaya göre bazı avantajları vardır.Ofis tipi beyazlatma hastanın işbirliğine bağlı değildir ve ergenlerin kullanmakta zorlandığı bireyselleştirilmiş plaklar gerektirmediğinden uygulanması daha kolaydır(Carneiro & ark., 2023).Karbamid peroksit ile ev tipi beyazlatma kullanımının adeziv restorasyonları olan hastalarda daha az renk değişimine yol açtığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, diş hekimi hastalara ev tipi beyazlatmadan sonra tam estetik memnuniyet için adeziv restorasyonların değiştirilmesinin gerekli olacağını bildirmelidir(Meireles & ark., 2022).

Çocuklarda beyazlatma en konservatif seçeneklerden biri olmasına rağmen, yan etkilerden duyulan korku ve diş hekimlerinin kişisel inançları, bu tedavinin çocuklara uygulanmasında başlıca caydırıcı unsurlar olarak görünmektedir. Diş beyazlatma işlemini üstlenen klinisyenler genellikle daha konservatif beyazlatma tekniklerini tercih etmekte ve klinik sunumun yanı sıra çocukların görüşlerini de dikkate almaktadır(Monteiro & ark., 2020).Dental pulpanın A β , A δ ve C liflerine sahip duyuşal afferentlerle yoğun bir şekilde inerve olduğu bilinmektedir.(Närhi & ark., 1992) Hidrojen peroksitin, serbest radikaller ve sinir lifi depolarizasyonunu

tetikleyen diğerk reaktif oksijen türleri yoluyla sinir hücrelerinde doğrudan hücresel hasara neden olabileceğivarsayılabılır(Anderson & ark., 1999).Aslında hidrojen peroksit, belirli koşullar altında, membran proteininin lipid peroksidasyonu ve nükleik asit oksidasyonunu içeren çeşitli hücresel bileşenlerle reaksiyona girebilir(Bellomo, 1991; Imlay & Linn, 1988).

Beyazlatma kaynaklı diş hassasiyetinin (TS) nedeni buyşa anti-enflamatuar ilaç kullanımı ağrı deneyimini azaltmayacaktır. Anti-oksidan ve hassasiyet giderici kullanımı gibi diğerk alternatif yaklaşımlar daha etkili olacaktır. Beyazlatma işleminden önce kullanılan bir potasyum nitrat ajanının TS deneyimini azalttığv gösterilmiştir çünkü mineden geçerek dentin-pulpa kompleksine ulaşır ve burada sinir uyarılarının iletimini azaltarak sinir üzerinde sakinleştirici bir etki yaratır(Kim, 1986; Markowitz & ark., 1991).Beyazlatmanın yan etkilerin izlenmesi için klinikte daha fazla izleme yapılması ve ofis tipi beyazlatma işlemleri sırasında ağızdaki yumuşak dokuların korunmasına özen gösterilmesi önerilir. Ayrıca, yan etkilerin oluşumunu azaltmak için yeni katkı maddeleri veya doğal beyazlatıcı ürünler geliştirmeye ihtiyaç vardır(Li & ark., 2024).

KAYNAKÇA

Abd Elhamid, M. A., & Mosallam, R. (2010). Effect of bleaching versus repolishing on colour and surface topography of stained resin composite. *Australian Dental Journal*, 55(4), 390–398. <https://doi.org/10.1111/J.1834-7819.2010.01259.X>

Aidar, K. M. S., Cintra, L. T. A., Ferreira, M. C. B., Fagundes, T. C., Esteves, L. M. B., Goto, J., Catelan, A., & Briso, A. L. F. (2025). Comparative Analysis Between Strip and Gels Indicated for at Home Bleaching: Analysis of Color Alteration, Roughness and Microhardness of Dental Enamel. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. <https://doi.org/10.1111/JERD.13412;SUBPAGE:STRING:ABSTRACT;WEBSITE:WEBSITE:PERICLES;WGROUPE:STRING:PUBLICATION>

Akabane, K., Hiraishi, N., Shimojima, M., Nassar, M., Qi, F., Otsuki, M., & Shimada, Y. (2023). The bleaching effect of office bleaching agents containing S-PRG filler evaluated by pH value and electron spin resonance. *Clinical Oral Investigations*, 27(7), 4051–4059. <https://doi.org/10.1007/S00784-023-05031-0/FIGURES/3>

Akpata, E. S. (2001). Occurrence and management of dental fluorosis. *International Dental Journal*, 51(5), 325–333. <https://doi.org/10.1002/J.1875-595X.2001.TB00845.X>

Al-Maliky, M. A. (2019). Clinical investigation of 940 nm diode laser power bleaching: An in vivo study. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 10(1), 33–36. <https://doi.org/10.15171/JLMS.2019.05>,

Al Shethri, S., Matis, B. A., Cochran, M. A., Zekonis, R., & Stropes, M. (2003). A clinical evaluation of two in-office bleaching products. *Operative Dentistry*, 28(5), 488–495.

https://www.researchgate.net/publication/9060582_A_clinical_evaluation_of_two_in-office_bleaching_products

Alharbi, A., Ardu, S., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2018). In-office bleaching efficacy on stain removal from CAD/CAM and direct resin composite materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(1), 51–58. <https://doi.org/10.1111/JERD.12344;SUBPAGE:STRING:ABSTRACT;WEBSITE:WEBSITE:PERICLES;WGROU:STRING:PUBLICATION>

Alkahtani, R., Stone, S., German, M., & Waterhouse, P. (2020). A review on dental whitening. *Journal of Dentistry*, 100, 103423. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2020.103423>

Alonso de la Peñ López Ratón, V. M., Alonso de la Peñ, V., & López Ratón, M. (2014). Randomized Clinical Trial on the Efficacy and Safety of Four Professional At-home Tooth Whitening Gels. *Operative Dentistry*, 39(2), 136–143. <https://doi.org/10.2341/12-402-C>

Alshehri, A., Almutairi, B., Jurado, C. A., Afrashtehfar, K. I., Albarrak, S., Alharbi, A., Alenazi, A., Nurrohman, H., & Alshabib, A. (2022). Biomimetic Whitening Effect of Polyphosphate-Bleaching Agents on Dental Enamel. *Biomimetics* 2022, Vol. 7, Page 183, 7(4), 183. <https://doi.org/10.3390/BIOMIMETICS7040183>

Anderson, D. G., Chiego, D. J., Glickman, G. N., & McCauley, L. K. (1999). A clinical assessment of the effects of 10% carbamide peroxide gel on human pulp tissue. *Journal of Endodontics*, 25(4), 247–250. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80152-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80152-6)

Andrighetto, A. R., De Leão Withers, E. H., Grando, K. G., Ambrosio, A. R., Shimizu, R. H., & Melo, A. C. (2016). Assessing the effects of hydrogen peroxide bleaching agent on the shear bond

strength of orthodontic brackets. *Indian Journal of Dental Research*, 27(4), 410–414. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.191891>

Armênio, R. V., Fitarelli, F., Armênie, M. F., Demarco, F. F., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2008). The effect of fluoride gel use on bleaching sensitivity: A double-blind randomized controlled clinical trial. *Journal of the American Dental Association*, 139(5), 592–597. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0220>

Attin, T., Hannig, C., Wiegand, A., & Attin, R. (2004). Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a systematic review. *Dental Materials*, 20(9), 852–861. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2004.04.002>

Azer, S. S., Machado, C., Sanchez, E., & Rashid, R. (2009). Effect of home bleaching systems on enamel nanohardness and elastic modulus. *Journal of Dentistry*, 37(3), 185–190. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2008.11.005>

Bellomo, G. (1991). Cell damage by oxygen free radicals. *Cytotechnology*, 5(1 Supplement), 71–73. <https://doi.org/10.1007/BF00736813>

Benetti, F., Gomes-Filho, J. E., Ferreira, L. L., Ervolino, E., Briso, A. L. F., Sivieri-Araújo, G., Dezan-Júnior, E., & Cintra, L. T. A. (2017). Hydrogen peroxide induces cell proliferation and apoptosis in pulp of rats after dental bleaching in vivo: Effects of the dental bleaching in pulp. *Archives of Oral Biology*, 81, 103–109. <https://doi.org/10.1016/J.ARCHORALBIO.2017.04.013>

Berger, S. B., Cavalli, V., Ambrosano, G. M. B., & Giannini, M. (2010). Changes in surface morphology and mineralization level of human enamel following in-office bleaching with 35% hydrogen peroxide and light irradiation. *General Dentistry*, 58(2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20236907/>

Berger, S. B., Cavalli, V., Martin, A. A., Soares, L. E. S., Arruda, M. A. Z., Brancalion, M. L., & Giannini, M. (2010). Effects of combined use of light irradiation and 35% hydrogen peroxide for dental bleaching on human enamel mineral content. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(4), 533–538. <https://doi.org/10.1089/PHO.2009.2506;SUBPAGE:STRING:ABSTRACT;JOURNAL:JOURNAL:PHO;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:PHO;ISSUE:ISSUE:10.1089/PHO.2010.28.ISSUE-4;WGROU:STRING:PUBLICATION>

Berger, S. B., Pavan, S., dos Santos, P. H., Giannini, M., & Bedran-Russo, A. K. B. (2012). Effect of bleaching on sound enamel and with early artificial caries lesions using confocal laser microscopy. *Brazilian Dental Journal*, 23(2), 110–115. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000200004>

Bersezio, C., Estay, J., Jorquera, G., Peña, M., Araya, C., Angel, P., & Fernandez, E. (2019). Effectiveness of Dental Bleaching With 37.5% and 6% Hydrogen Peroxide and Its Effect on Quality of Life. *Operative Dentistry*, 44(2), 146–155. <https://doi.org/10.2341/17-229-C>

Bishara, S. E., Oonsombat, C., Soliman, M. M. A., Ajlouni, R., & Laffoon, J. F. (2005). The effect of tooth bleaching on the shear bond strength of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(6), 755–760. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.07.044>

Bistey, T., Nagy, I. P., Simó, A., & Hegedus, C. (2007). In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel. *Journal of Dentistry*, 35(4), 325–330. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2006.10.004>

Bizhang, M., Chun, Y. H. P., Damerau, K., Singh, P., Raab, W. H. M., & Zimmer, S. (2009). Comparative clinical study of the

effectiveness of three different bleaching methods. *Operative Dentistry*, 34(6), 635–641. <https://doi.org/10.2341/08-069-C>,

Bortolatto, J. F., Pretel, H., Floros, M. C., Luizzi, A. C. C., Dantas, A. A. R., Fernandez, E., Moncada, G., & de Oliveira, O. B. (2014). Low Concentration H₂O₂/TiO₂ in Office Bleaching: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Dental Research*, 93, 66S-71S.

https://doi.org/10.1177/0022034514537466/SUPPL_FILE/SUPPL-APPENDIX.PDF

Bortolatto, J. F., Trevisan, T. C., Bernardi, P. S. I., Fernandez, E., Dovigo, L. N., Loguercio, A. D., Batista de Oliveira Junior, O., & Pretel, H. (2016). A novel approach for in-office tooth bleaching with 6 % H₂O₂/TiO₂ and LED/laser system—a controlled, triple-blinded, randomized clinical trial. *Lasers in Medical Science*, 31(3), 437–444. <https://doi.org/10.1007/S10103-016-1866-2/TABLES/3>

Botelho, M. G., Chan, A. W. K., Newsome, P. R. H., McGrath, C. P., & Lam, W. Y. H. (2017). A randomized controlled trial of home bleaching of tetracycline-stained teeth. *Journal of Dentistry*, 67, 29–35. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.05.003>

Buchalla, W., & Attin, T. (2007). External bleaching therapy with activation by heat, light or laser-A systematic review. *Dental Materials*, 23(5), 586–596. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2006.03.018>,

Busra, B., Ozkocak, C., Dds, B. B., Fatma, |, & Bal, A. (2021). Effect of diode laser-assisted bleaching on the bond strength of different adhesive systems to enamel: Interfacial SEM analysis. *Microscopy Research and Technique*, 84(7), 1542–1552. <https://doi.org/10.1002/JEMT.23711>

Caneschi, C. de S., Benetti, F., de Oliveira, L. C. A., Belchior, J. C., Ferreira, R. C., Moreira, A. N., & dos Santos Alves Morgan, L.

F. (2023). Bleaching effectiveness and cytotoxicity of new experimental formulation of niobium-based bleaching gel. *Clinical Oral Investigations*, 27(4), 1613–1621. <https://doi.org/10.1007/S00784-022-04785-3/TABLES/6>

Cardoso, P. C., Reis, A., Loguerelo, A., Vieira, L. C. C., & Baratieri, L. M. (2010). Clinical effectiveness and tooth sensitivity associated with different bleaching times for a 10 percent carbamide peroxide gel. *Journal of the American Dental Association*, 141(10), 1213–1220. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0048>

Carneiro, T. de S., Favoreto, M. W., Ferreira, M. W. C., Bernardi, L. G., de Andrade, H. F., Bandeca, M. C., Reis, A., Ceballos García, L., & Loguercio, A. D. (2023). In-office dental bleaching in adolescents using 6% hydrogen peroxide with different application tips: randomized clinical trial. *Journal of Applied Oral Science*, 31, e20230216. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2023-0216>

Charakorn, P., Cabanilla, L. L., Wagner, W. C., Foong, W. C., Shaheen, J., Pregitzer, R., & Schneider, D. (2009). The Effect of Preoperative Ibuprofen on Tooth Sensitivity Caused by In-office Bleaching. *Operative Dentistry*, 34(2), 131–135. <https://doi.org/10.2341/08-33>

Cintra, L. T. A., Benetti, F., Da Silva Facundo, A. C., Ferreira, L. L., Gomes-Filho, J. E., Ervolino, E., Rahal, V., & Briso, A. L. F. (2013). The number of bleaching sessions influences pulp tissue damage in rat teeth. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1576–1580. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.007>

Committee, S., & Sccp, C. P. (2007). *Scientific Committee on Consumer Products Hydrogen peroxide , in its free form or when released , in oral hygiene products and tooth whitening products. December*, 1–107. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm

Coppla, F. M., Rezende, M., De Paula, E., Farago, P. V., Loguercio, A. D., Kossatz, S., & Reis, A. (2018). Combination of Acetaminophen/Codeine Analgesics Does Not Avoid Bleaching-Induced Tooth Sensitivity: A Randomized, Triple-Blind Two-Center Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 43(2), E53–E63. <https://doi.org/10.2341/17-092-C>

Curtis, J. W., Dickinson, G. L., Downey, M. C., Russell, C. M., Haywood, V. B., Myers, M. L., & Johnson, M. H. (1996). ASSESSING THE EFFECTS OF 10 PERCENT CARBAMIDE PEROXIDE ON ORAL SOFT TISSUES. *The Journal of the American Dental Association*, 127(8), 1218–1223. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.1996.0414>

da SILVA-COSTA, R. S. G., Ribeiro, A. E. de L., de ASSUNÇÃO, I. V., de ARAÚJO JÚNIOR, R. F., de ARAÚJO, A. A., Guerra, G. C. B., & Borges, B. C. D. (2018). In-office tooth bleaching with 38% hydrogen peroxide promotes moderate/severe pulp inflammation and production of *Il-1 β* , *TNF- β* , *GPX*, *FGF-2* and osteocalcin in rats. *Journal of Applied Oral Science*, 26, e20170367. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0367>

da Silva, K. L., Hortkoff, D., Favoreto, M. W., Rezende, M., Nadal, J. M., Armas-Vega, A., Loguercio, A. D., & Farago, P. V. (2024). Preparation and Characterization of a Novel Hydroxyapatite-Capsaicin Composite Intended for the In-Office Dental Bleaching Use. *Journal of Composites Science* 2024, Vol. 8, Page 496, 8(12), 496. <https://doi.org/10.3390/JCS8120496>

Davidi, M. P., Hadad, A., Weiss, E. I., Domb, A., Mizrahi, B., & Sterer, N. (2008). The effect of a mild increase in temperature on tooth bleaching. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 39(9), 771–775. <https://www.quintessence-publishing.com/deu/en/article/840053>

Davis, P. D. ., Kenny, G. N. C. ., & Parbrook, G. D. . (2015). *Basic physics and measurement in anaesthesia*. 368.

De Geus, J. L., Fernández, E., Kossatz, S., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2017). Effects of At-home Bleaching in Smokers: 30-month Follow-up. *Operative Dentistry*, 42(6), 572–580. <https://doi.org/10.2341/16-126-C>

De Geus, J. L., Wambier, L. M., Boing, T. F., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2018). At-home Bleaching With 10% vs More Concentrated Carbamide Peroxide Gels: A Systematic Review and Meta-analysis. *Operative Dentistry*, 43(4), E210–E222. <https://doi.org/10.2341/17-222-L>

De Paula, E. A., Kossatz, S., Fernandes, D., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2014). Administration of Ascorbic Acid to Prevent Bleaching-induced Tooth Sensitivity: A Randomized Triple-blind Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 39(2), 128–135. <https://doi.org/10.2341/12-483-C>

de Paula, E. A., Loguercio, A. D., Fernandes, D., Kossatz, S., & Reis, A. (2013). Perioperative use of an anti-inflammatory drug on tooth sensitivity caused by in-office bleaching: A randomized, triple-blind clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 17(9), 2091–2097. <https://doi.org/10.1007/S00784-013-0918-2>,

de Souza Costa, C. A., Riehl, H., Kina, J. F., Sacono, N. T., & Hebling, J. (2010). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(4), e59–e64. <https://doi.org/10.1016/J.TRIPLEO.2009.12.002>

Demarco, F. F., Conde, M. C. M., Ely, C., Torre, E. N., Costa, J. R. S., Fernández, M. R., & Tarquinio, S. B. C. (2013). Preferences on Vital and Nonvital Tooth Bleaching: A Survey Among Dentists

from a City of Southern Brazil. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 527–531. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302152>

Denbesten, P. K., & Thariani, H. (1992). Biological Mechanisms of Fluorosis and Level and Timing of Systemic Exposure to Fluoride with Respect to Fluorosis. *Journal of Dental Research*, 71(5), 1238–1243. <https://doi.org/10.1177/00220345920710051701>

Ferná Ndez, E., Bersezio, C., Bottner, J., Avalos, F., Godoy, I., Inda, D., Vildósola, P., Saad, J., Oliveira, O. B., Martín, J., Bottner, J., Avalos, F., Martín, J., Restauradora, O., De Chile, U., Santiago, C., & Ferná Ndez, E. (2017). Longevity, Esthetic Perception, and Psychosocial Impact of Teeth Bleaching by Low (6%) Hydrogen Peroxide Concentration for In-office Treatment: A Randomized Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 42(1), 41–52. <https://doi.org/10.2341/15-335-C>

Fernandes, M. T., Vaez, S. C., Lima, C. M., Nahsan, F. P., Loguércio, A. D., & Faria-E-Silva, A. L. (2017). Preemptive Use of Naproxen on Tooth Sensitivity Caused by In-Office Bleaching: A Triple-Blind, Crossover, Randomized Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 42(5), 486–496. <https://doi.org/10.2341/16-100-C>

Ferreira, V. G., Nabeshima, C. K., Marques, M. M., Paris, A. F. C. S., Gioso, M. A., Dos Reis, R. S. anna A., & De Lima Machado, M. E. (2013). Tooth bleaching induces changes in the vascular permeability of rat incisor pulps. *American Journal of Dentistry*, 26(5), 298–300. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24479284/>

Giachetti, L., Bertini, F., Bambi, C., Nieri, M., & Russo, D. S. (2010). A randomized clinical trial comparing at-home and in-office tooth whitening techniques: A nine-month follow-up. *Journal of the American Dental Association*, 141(11), 1357–1364. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.2010.0081>,

Giachetti, L., Scaminaci Russo, D., Nieri, M., & Cinelli, F. (2024). Can discolored dental composites be bleached in depth? *Restorative Dentistry & Endodontics*, 49(3). <https://doi.org/10.5395/RDE.2024.49.E23>

Gonçalves, M. L. L., Tavares, A. C. da S., da Mota, A. C. C., Penna, L. A. P., Deana, A. M., & Bussadori, S. K. (2017). In-Office Tooth Bleaching for Adolescents Using Hydrogen Peroxide-Based Gels: Clinical Trial. *Brazilian Dental Journal*, 28(6), 720–725. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701516>

Gruba, A. S., Nunes, G. P., Marques, M. T., Danelon, M., Alves, R. de O., de Toledo, P. T. A., Briso, A. L. F., & Delbem, A. C. B. (2023). Influence of bleaching gels formulated with nano-sized sodium trimetaphosphate and fluoride on the physicochemical, mechanical, and morphological properties of dental enamel. *Journal of Dentistry*, 139, 104743. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2023.104743>

Gugnani, N., Pandit, I. K., Gupta, M., Gugnani, S., Soni, S., & Goyal, V. (2017). Comparative evaluation of esthetic changes in nonpitted fluorosis stains when treated with resin infiltration, in-office bleaching, and combination therapies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(5), 317–324. <https://doi.org/10.1111/JERD.12312>

Hafez, R., Ahmed, D., Yousry, M., El-Badrawy, W., & El-Mowafy, O. (2010). Effect of In-Office Bleaching on Color and Surface Roughness of Composite Restoratives. *European Journal of Dentistry*, 4(2), 118. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1697819>

Haywood, V. B. (1997). Nightguard vital bleaching. *Dentistry Today*, 16(6). <https://doi.org/10.1201/9781315365503-19>

Haywood, V. B., Caughman, W. F., Frazier, K. B., & Myers, M. L. (2001). Tray delivery of potassium nitrate-fluoride to reduce

bleaching sensitivity. *Quintessence International* (Berlin, Germany : 1985), 32(2), 105–109. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12066670/>

Haywood, V. B., & Sword, R. J. (2017). Tooth bleaching questions answered. *British Dental Journal*, 223(5), 369–380. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2017.767;SUBJMETA=3032,3099,692,700;KWRD=DENTAL+TREATMENTS>

Haywood, V. B., & Sword, R. J. (2021). Tray bleaching status and insights. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 27–38. <https://doi.org/10.1111/JERD.12688>

Hoic, D., Subramanyam, R., Lagman, L., Dixit, N., Cameron, R., Xu, T., Prencipe, M., Malak, R. A., & Richter, R. (2004). The technology behind Colgate® Simply White® Toothpaste. *Journal of Clinical Dentistry*, 15(2), 37–40. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15359541/>

Imlay, J. A., & Linn, S. (1988). DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240(4857), 1302–1309. <https://doi.org/10.1126/science.3287616>

Joiner, A. (2006). The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 34(7), 412–419. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2006.02.002>,

Joiner, A. (2007). Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *Journal of Dentistry*, 35(12), 889–896. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2007.09.008>,

Josey, A. L., Meyers, I. A., Romaniuk, K., & Symons, A. L. (1996). The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*, 23(4), 244–250. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2842.1996.TB00848.X>

Kim, S. (1986). Hypersensitive teeth: Desensitization of pulpal sensory nerves. *Journal of Endodontics*, 12(10), 482–485. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80203-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80203-5)

Kose, C., Reis, A., Baratieri, L. N., & Loguercio, A. D. (2011). Clinical effects of at-home bleaching along with desensitizing agent application. *American Journal of Dentistry*, 24(6), 379–382. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22263337/>

Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240–257. <https://doi.org/10.1111/JERD.12152>

Kwon, S. R., Wertz, P. W., Li, Y., & Chan, D. C. N. (2012). Penetration pattern of rhodamine dyes into enamel and dentin: Confocal laser microscopy observation. *International Journal of Cosmetic Science*, 34(1), 97–101. <https://doi.org/10.1111/J.1468-2494.2011.00688.X;WGROU:STRING:PUBLICATION>

Lai, S. C. N., Tay, F. R., Cheung, G. S. P., Mak, Y. F., Carvalho, R. M., Wei, S. H. Y., Toledano, M., Osorio, R., & Pashley, D. H. (2002). Reversal of compromised bonding in bleached enamel. *Journal of Dental Research*, 81(7), 477–481. https://doi.org/10.1177/154405910208100709/ASSET/A19751EA-2EF3-433F-A79A-ADD93618EEF1/ASSETS/IMAGES/LARGE/10.1177_154405910208100709-FIG3.JPG

Lee, S. S., Zhang, W., Harvey Lee, D., & Li, Y. (2005). Tooth whitening in children and adolescents: A literature review. *Pediatric Dentistry*, 27(5), 362–368. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16435634/>

Leite, J. S., Gonçalves, C. O., Hortkoff, D. R. de A., Gomes, G. M., Rastelli, A. N. de S., & Gomes, J. C. (2023). In vitro bleaching efficacy of violet LED associated with 10% hydrogen peroxide and

10% carbamide peroxide. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 44. <https://doi.org/10.1016/J.PDPDT.2023.103793>,

Li, K., Chen, S., Wang, J., Xiao, X., Song, Z., & Liu, S. (2024). Tooth whitening: current status and prospects. *Odontology*, 112(3), 700–710. <https://doi.org/10.1007/S10266-024-00914-4/TABLES/2>

Lins, R., Rosalen, P., Silva, D., Kawabata, B., Martins, L. R., & Cavalli, V. (2022). A Titanium Tetrafluoride Experimental Gel Combined with Highly Concentrated Hydrogen Peroxide as an Alternative Bleaching Agent: An In Vitro Study. *Gels* 2022, Vol. 8, Page 178, 8(3), 178. <https://doi.org/10.3390/GELS8030178>

Llena, C., Collado-González, M., García-Bernal, D., Oñate-Sánchez, R. E., Martínez, C. M., Moraleda, J. M., Rodríguez-Lozano, F. J., & Forner, L. (2019). Comparison of diffusion, cytotoxicity and tissue inflammatory reactions of four commercial bleaching products against human dental pulp stem cells. *Scientific Reports* 2019 9:1, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44223-1>

Luque-Martinez, I., Reis, A., Schroeder, M., Muñoz, M. A., Loguercio, A. D., Masterson, D., & Maia, L. C. (2016). Comparison of efficacy of tray-delivered carbamide and hydrogen peroxide for at-home bleaching: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 20(7), 1419–1433. <https://doi.org/10.1007/S00784-016-1863-7/FIGURES/6>

Mansoor, A., Mansoor, E., Shah, A. U., Asjad, U., Khurshid, Z., & Ibrahim, A. I. O. (2024). Role of the novel aloe vera-based titanium dioxide bleaching gel on the strength and mineral content of the human tooth enamel with respect to age. *PeerJ*, 12(9), e17779. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.17779/SUPP-9>

Maran, B. M., Vochikovski, L., de Andrade Hortkoff, D. R., Stanislawczuk, R., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2018). Tooth sensitivity with a desensitizing-containing at-home bleaching gel—a randomized triple-blind clinical trial. *Journal of Dentistry*, 72, 64–70. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2018.03.006>

Markowitz, K., Bilotto, G., & Kim, S. (1991). Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Archives of Oral Biology*, 36(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(91\)90047-X](https://doi.org/10.1016/0003-9969(91)90047-X)

Martini, E. C., Favoreto, M. W., de Andrade, H. F., Coppla, F. M., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2021). One-year follow-up evaluation of reservoirs in bleaching trays for at-home bleaching. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(7), 992–998. <https://doi.org/10.1111/JERD.12797;WGROU:STRING:PUBLIC ATION>

Matis, B. A. (2003). Tray whitening: what the evidence shows. In *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)* (Vol. 24, Issue 4 A, pp. 354–362). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12793212/>

McEvoy, S. A. (1989). Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. I. Technique development. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 20(5), 323–328. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2667019>

Meireles, S. S., de Oliveira, R. D. B., Barbosa, M. T. G., da Silva, K. L., & Loguercio, A. D. (2022). Efficacy and tooth sensitivity of at-home bleaching in patients with esthetic restorations: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 26(1), 565–573. <https://doi.org/10.1007/S00784-021-04035-Y/TABLES/4>

Miljkovic, M., Dacic, S., Mitic, V., Jovanovic, M., & Andjelkovic-Apostolovic, M. (2024). Bleaching effect on bonding performance of composite to enamel. *Microscopy Research and Technique*, 87(10), 2418–2424. <https://doi.org/10.1002/JEMT.24627>

Monteiro, J., Ashley, P. F., & Parekh, S. (2020). Vital bleaching for children with dental anomalies: EAPD members' survey. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(5), 565–571. <https://doi.org/10.1007/S40368-019-00494-W/TABLES/4>

MS, P., G, A., Doddawad, V. G., Shivakumar, A. T., & Kalgeri, S. H. (2024). Effect of Herbal Antioxidant on Push-out Bond Strength of Resin-based Composite to Dentin after Intracoronaral Bleaching: An In Vitro Study. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*. <https://doi.org/10.1177/0976500X241304562>

Mullins, J. M., Kao, E. C., Martin, C. A., Gunel, E., & Ngan, P. (2009). Tooth Whitening Effects on Bracket Bond Strength In Vivo. *The Angle Orthodontist*, 79(4), 777–783. <https://doi.org/10.2319/042308-226.1>

Närhi, M., Jyväsjärvi, E., Virtanen, A., Huopaniemi, T., Ngassapa, D., & Hirvonen, T. (1992). Role of intradental A- and C-type nerve fibres in dental pain mechanisms. In *Proceedings of the Finnish Dental Society. Suomen Hammaslääkäriseuran toimituksia: Vol. 88 Suppl 1* (pp. 507–516). https://www.researchgate.net/publication/21646630_Role_of_intra_dental_A-_and_C-type_nerve_fibres_in_dental_pain_mechanisms

Ozakar,N., Karatas, O., Altınok-Uygun, L., Gul, P., Ozakar, N., Karatas, O., Altınok-Uygun, L., & Gul, P. (2022). The effects of different antioxidant agents on the microtensile bond strength of composite resin to bleached Enamel. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 24(1), 87–98. <https://doi.org/10.15517/IJDS.2021.47126>

Palandi, S. da S., Kury, M., Picolo, M. Z. D., Coelho, C. S. S., & Cavalli, V. (2020). Effects of activated charcoal powder combined with toothpastes on enamel color change and surface properties. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(8), 783–790.

<https://doi.org/10.1111/JERD.12646;WGROU:STRING:PUBLIC ATION>

Palo, R. M., Bonetti-Filho, I., Valera, M. C., Camargo, C. H. R., Camargo, S. E. A., Moura-Netto, C., & Pameijer, C. (2012). Quantification of Peroxide Ion Passage in Dentin, Enamel, and Cementum After Internal Bleaching With Hydrogen Peroxide. *Operative Dentistry*, 37(6), 660–664. <https://doi.org/10.2341/11-334-L>

Pan, Z., Que, K., Liu, J., Sun, G., Chen, Y., Wang, L., Liu, Y., Wu, J., Lou, Y., & Zhao, M. (2019). Effects of at-home bleaching and resin infiltration treatments on the aesthetic and psychological status of patients with dental fluorosis: A prospective study. *Journal of Dentistry*, 91, 103228. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2019.103228>

Papadopoulos, A., Dionysopoulos, D., Strakas, D., Koumpia, E., & Tolidis, K. (2021). Spectrophotometric evaluation of the effectiveness of Er,Cr:YSGG laser-assisted intracoronal tooth bleaching treatment using different power settings. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 34, 102272. <https://doi.org/10.1016/J.PDPDT.2021.102272>

Paris, S., Hopfenmuller, W., & Meyer-Lueckel, H. (2010). Resin infiltration of caries lesions: An efficacy randomized trial. *Journal of Dental Research*, 89(8), 823–826. https://doi.org/10.1177/0022034510369289/SUPPL_FILE/JDR369289_APPENDIX.PDF

Paris, S., & Meyer-Lueckel, H. (2009). Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration--a clinical report. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 40(9), 713–718. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19862396/>

Paris, S., Meyer-Lueckel, H., & Kielbassa, A. M. (2007). Resin infiltration of natural caries lesions. *Journal of Dental Research*, 86(7), 662–666. https://doi.org/10.1177/154405910708600715/SUPPL_FILE/662-060343APX.PDF

Parreiras, S. O., Favoreto, M. W., Lenz, R. E., Serra, M. E., Borges, C. P. F., & Reis, A. (2020). Effect of Prior Application of Desensitizing Agent on the Teeth Submitted to In-Office Bleaching. *Brazilian Dental Journal*, 31(3), 236–243. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202003365>

Paula, E., Kossatz, S., Fernandes, D., Loguercio, A., & Reis, A. (2013). The Effect of Perioperative Ibuprofen Use on Tooth Sensitivity Caused by In-Office Bleaching. *Operative Dentistry*, 38(6), 601–608. <https://doi.org/10.2341/12-107-C>

Peacock, J. M., & Orchardson, R. (1999). Action potential conduction block of nerves in vitro by potassium citrate, potassium tartrate and potassium oxalate. *Journal of Clinical Periodontology*, 26(1), 33–37. <https://doi.org/10.1034/J.1600-051X.1999.260106.X;WGROU:STRING:PUBLICATION>

Peixoto, A. C., Vaez, S. C., Pereira, N. A. de R., Santana, C. N. da S., Soares, K. D. A., Romão, A. C. T. R., Ferreira, L. F., Martins-Filho, P. R. S., & Faria-E-silva, A. L. (2018). High-concentration carbamide peroxide can reduce the sensitivity caused by in-office tooth bleaching: a single-blinded randomized controlled trial. *Journal of Applied Oral Science*, 26, e20170573. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0573>

Petridis, H. P., Zekeridou, A., Malliari, M., Tortopidis, D., & Koidis, P. (2012). Survival of ceramic veneers made of different materials after a minimum follow-up period of five years: a systematic review and meta-analysis. In *The European journal of esthetic dentistry : official journal of the European Academy of Esthetic Dentistry* (Vol. 7, Issue 2, pp. 138–152). https://www.researchgate.net/publication/225074832_Survival_of_ceramic_veneers_made_of_different_materials_after_a_minimum_follow-up_period_of_five_years_a_systematic_review_and_meta-analysis

Pinto, M. M., Gonçalves, M. L. L., da Mota, A. C. C., Deana, A. M., Oliván, S. R., Bortoletto, C., de Godoy, C. H. L., Vergilio, K. L. T., Altavista, O. M., Motta, L. J., & Bussadori, S. K. (2017). Controlled clinical trial addressing teeth whitening with hydrogen peroxide in adolescents: A 12-month follow-up. *Clinics*, 72(3), 161–170. [https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(03\)06](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(03)06)

Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H., & Somma, F. (2008). Nonvital Tooth Bleaching: A Review of the Literature and Clinical Procedures. *Journal of Endodontics*, 34(4), 394–407. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2007.12.020/ASSET/2A51632C-6409-4C70-8742-6453356ABD7C/MAIN.ASSETS/GR4.SML>

Poggio, C., Beltrami, R., Scribante, A., Colombo, M., & Chiesa, M. (2012). Surface discoloration of composite resins: Effects of staining and bleaching. *Dental Research Journal*, 9(5), 567. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.104875>

Polydorou, O., Hellwig, E., & Hahn, P. (2008). The efficacy of three different in-office bleaching systems and their effect on enamel microhardness. *Operative Dentistry*, 33(5), 579–586. <https://doi.org/10.2341/07-148>,

Pontefract, H., Sheen, S., & Moran, J. (2001). The benefits of toothpaste--real or imagined? Review of its role in tooth whitening. *Dental Update*, 28(2). <https://doi.org/10.12968/DENU.2001.28.2.67;CTYPE:STRING:JOURNAL>

Powell, L. V., & Bales, D. J. (1991). Tooth bleaching: its effect on oral tissues. *The Journal of the American Dental Association*, 122(12), 50–54. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1991.0310>

Reinhardt, J. W., Balbierz, M. M., Schultz, C. M., Simetich, B., & Beatty, M. W. (2019). Effect of Tooth-Whitening Procedures on Stained Composite Resins. *Operative Dentistry*, 44(1), 65–75. <https://doi.org/10.2341/17-301-L>

Rezende, M., Bonafé, E., Vochikovski, L., Farago, P. V., Loguercio, A. D., Reis, A., & Kossatz, S. (2016). Pre- and postoperative dexamethasone does not reduce bleaching-induced tooth sensitivity A randomized, triple-masked clinical trial. *Journal of the American Dental Association*, 147(1), 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2015.07.003>

Sakalli, B., Basmaci, F., & Dalmizrak, O. (2022). Evaluation of the penetration of intracoronary bleaching agents into the cervical region using different intraorifice barriers. *BMC Oral Health*, 22(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/S12903-022-02300-4/TABLES/2>

Sanz, A., Gómez, J., Caro, P., & Barja, G. (2006). Carbohydrate restriction does not change mitochondrial free radical generation and oxidative DNA damage. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 38(5–6), 327–333. <https://doi.org/10.1007/S10863-006-9051-0/METRICS>

Singh, I., Kalyan, S. S., Gupta, R. K., Lone, P., & Koul, M. (2024). Evaluation of color stability of different esthetic restorative

materials with whitening dentifrices. *Journal of Indian Association of Public Health Dentistry*, 22(1), 112–115. https://doi.org/10.4103/JIAPHD.JIAPHD_155_23

Smidt, A., Feuerstein, O., & Topel, M. (2011). Mechanical, morphologic, and chemical effects of carbamide peroxide bleaching agents on human enamel in situ. *Quintessence International (Berlin, Germany)* : 1985), 42(5), 407–412. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21519560/>

Soares, D. G., Pontes, E. C. V., Ribeiro, A. P. D., Basso, F. G., Hebling, J., & De Souza Costa, C. A. (2013). Low toxic effects of a whitening strip to cultured pulp cells. *American Journal of Dentistry*, 26(5), 283–285. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24479281/>

Soares, D. G., Ribeiro, A. P. D., Sacono, N. T., Loguércio, A. D., Hebling, J., & Costa, C. A. de S. (2013). Mineral loss and morphological changes in dental enamel induced by a 16% carbamide peroxide bleaching gel. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 517–521. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302225>

Sounders, W. P., & Sounders, E. M. (1998). Prevalence of periradicular periodontitis associated with crowned teeth in an adult Scottish subpopulation. *British Dental Journal*, 185(3), 137–140. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4809750;KWRD=DENTISTRY>

Squizatto Leite, J., Orizio Gonçalves, C., de Andrade Hortkoff, D. R., Mongruel Gomes, G., de Souza Rastelli, A. N., & Gomes, J. C. (2022). Effectiveness of violet LED dental bleaching compared to 35% hydrogen peroxide: An in vitro study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 40, 102978. <https://doi.org/10.1016/J.PDPDT.2022.102978>

Suliman, M., Addy, M., MacDonald, E., & Rees, J. S. (2004). The effect of hydrogen peroxide concentration on the

outcome of tooth whitening: an in vitro study. *Journal of Dentistry*, 32(4), 295–299. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2004.01.003>

Surmelioglu, D., Atilan Yavuz, S., Kolsuz Ozcetin, H., Özdemir, Z. M., & Aydin, U. (2020). Effects of a Newly Developed Experimental Bleaching Agent on Tooth Color and Shear Bond Strength of Composite Resins. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(5). <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A45178>,

Sutil, E., da Silva, K. L., Terra, R. M. O., Burey, A., Rezende, M., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2022). Effectiveness and adverse effects of at-home dental bleaching with 37% versus 10% carbamide peroxide: A randomized, blind clinical trial. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(2), 313–321. <https://doi.org/10.1111/JERD.12677;WGROU:STRING:PUBLIC ATION>

Tooth whitening. (2008). In *British Dental Journal* (Vol. 204, Issue 9, p. 475). <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.356>

Tooth Whitening Techniques | Linda Greenwall | Taylor & Francis eBooks. (n.d.). Retrieved May 4, 2025, from <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781315365503/tooth-whitening-techniques-linda-greenwall>

Torres, C. R. G., Crastechini, E., Feitosa, F. A., Pucci, C. R., & Borges, A. B. (2014). Influence of pH on the Effectiveness of Hydrogen Peroxide Whitening. *Operative Dentistry*, 39(6), E261–E268. <https://doi.org/10.2341/13-214-L>

Türkün, L. Ş., & Türkün, M. (2004). Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(5), 290–301. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2004.TB00056.X;JOURNAL:JOURNAL:17088240>

Ülper, E., Türkmen, C., & Cimilli, H. (2023). The Effects of Office Bleaching Techniques on Nanoceramic Composite Resin. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 13(1), 92–98. <https://doi.org/10.33808/CLINEXPHEALTHSCI.1057225>

Vildósola, P., Bottner, J., Avalos, F., Godoy, I., Martín, J., & Fernández, E. (2017). Teeth bleaching with low concentrations of hydrogen peroxide (6%) and catalyzed by LED blue (450 ± 10 nm) and laser infrared (808 ± 10 nm) light for in-office treatment: Randomized clinical trial 1-year follow-up. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(5), 339–345. <https://doi.org/10.1111/JERD.12318;SUBPAGE:STRING:FULL>

Vildosola, P., Vera, F., Ramirez, J., Rencoret, J., Pretel, H., Oliveira, O. B., Tonetto, M., Martin, J., & Fernandez, E. (2017). Comparison of Effectiveness and Sensitivity Using Two In-Office Bleaching Protocols for a 6% Hydrogen Peroxide Gel in a Randomized Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 42(3), 244–252. <https://doi.org/10.2341/16-043-C>

Villalta, P., Lu, H., Okte, Z., Garcia-Godoy, F., & Powers, J. M. (2006). Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 95(2), 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.11.019>

Vochikovski, L., Favoreto, M. W., Rezende, M., Terra, R. M. O., da Silva, K. L., Farago, P. V., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2023). Effect of an experimental desensitizing gel on bleaching-induced tooth sensitivity after in-office bleaching—a double-blind, randomized controlled trial. *Clinical Oral Investigations*, 27(4), 1567–1576. <https://doi.org/10.1007/S00784-022-04778-2/METRICS>

Wallace, A., & Deery, C. (2015). Management of opacities in children and adolescents. *Dental Update*, 42(10), 951–958. <https://doi.org/10.12968/DENU.2015.42.10.951;ISSUE:ISSUE:10>

Wijetunga, C. L., Otsuki, M., Hiraishi, N., Luong, M. N., & Tagami, J. (2021). Effect of pH of bleaching agent on tooth bleaching action in vitro. *Dental Materials Journal*, 40(3), 566–572. <https://doi.org/10.4012/DMJ.2020-191>

Yao, C. S., Waterfield Douglas, J. D., Shen, Y., Haapasalo, M., & MacEntee, M. I. (2013). In vitro antibacterial effect of carbamide peroxide on oral biofilm. *Journal of Oral Microbiology*, 5(2013). <https://doi.org/10.3402/JOM.V5I0.20392>

Yildirim, E., Vural, U. K., Cakir, F. Y., & Gurgan, S. (2022). Effects of Different Over – the – Counter Whitening Products on the Microhardness, Surface Roughness, Color and Shear Bond Strength of Enamel. *Acta Stomatologica Croatica*, 56(2), 120. <https://doi.org/10.15644/ASC56/2/3>

Yu, H. J., Cho, S. R., Kim, M. J., Kim, W. H., Kim, J. W., & Choi, J. (2020). Automated Skeletal Classification with Lateral Cephalometry Based on Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*, 99(3), 249–256. https://doi.org/10.1177/0022034520901715/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_0022034520901715-FIG3.JPEG

Zanin, F. (2016). Recent Advances in Dental Bleaching with Laser and LEDs. In *Photomedicine and Laser Surgery* (Vol. 34, Issue 4, pp. 135–136). Mary Ann Liebert Inc. <https://doi.org/10.1089/pho.2016.4111>

DERİN KAVİTELERDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

BÜŞRA BAZNA¹
ÖMER SAĞSÖZ²

GİRİŞ

Derin dentin kavitelerinin yönetimi, çağdaş restoratif diş hekimliğinde yalnızca restoratif materyallerin fizikomekanik özellikleriyle sınırlı olmayan, biyolojik uyumluluk, minimal invaziv yaklaşım ve pulpa dokusunun korunmasını esas alan çok boyutlu bir klinik süreci kapsamaktadır. Kompozit restorasyonların uzun ömürlülüğü, yalnızca materyal seçimine değil; aynı zamanda kavite hazırlığı sırasında izlenen konservatif stratejilere, çürük dokusunun selektif uzaklaştırılmasına, kullanılan astar (liner) materyallerin biyolojik etkilerine ve uygulanan vital pulpa tedavi protokollerine de bağlıdır. Avrupa Endodonti Derneği'nin önerileri doğrultusunda, pulpa dokusunun vitalitesinin sürdürülmesi, özellikle derin çürük olgularında klinik başarının temel belirleyicisi haline gelmiştir. Bu bölümde, seçici çürük temizleme, pulpa dostu restoratif yaklaşımlar,

¹Arş.Gör.Dt., Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, busrabazna@atauni.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-5031-4020

² Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD omer.sagsoz@atauni.edu.tr, ORCID ID :0000-0002-6506-537X

irrigasyon ajanlarının biyolojik etkileri ve vital pulpa tedavilerinde güncel eğilimler bilimsel veriler ışığında kapsamlı biçimde ele alınacaktır.

Kompozit restorasyonların uzun ömürlülüğü sadece materyallerle mi ilgilidir?

Diş hekimliğinde direkt restorasyonlar için en çok kullanılan materyal olan rezin kompozit, eklemeli restoratif tekniklerin ve minimal invaziv prosedürlerin kullanılmasına olanak tanır. (Demarco&ark., 2023)

Kompozit restorasyonların klinik performansı ve başarısızlıkları, ağız sağlığı bakımıyla doğrudan ilişkilidir. Ancak, çeşitli faktörlere bağlı oldukları için kesin bir sonuca varmak halen mümkün değildir. (Demarco &ark., 2017), (Moraes &ark, 2022) Son yıllarda, diş restorasyonlarının uzun ömürlülüğünün yalnızca restoratif materyallerin kalitesi ve uygulama tekniklerine bağlı olmadığı, aynı zamanda birçok farklı faktörün de bu süreçte önemli rol oynadığı anlaşılmıştır.

Hasta düzeyindeki faktörler incelendiğinde, bireysel çürük riski ve bruksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıkların belirleyici olabileceği görülmektedir (Opdam et al., 2010), (van de Sande et al., 2013). Diş düzeyinde ise restorasyonun boyutu, endodontik tedavi varlığı ve dişin ağızdaki konumu gibi değişkenlerin bu süreç üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Laske &ark., 2016), (Laske &ark., 2019).Diş hekimiyile ilgili faktörler açısından, operatörlerin becerileri, tercihleri ve karar verme süreçleri restorasyonların uzun ömürlülüğü üzerinde kritik bir rol oynayabilir. Ancak, bu konudaki klinik çalışmalardan elde edilen kanıtlar halen sınırlıdır (Demarco &ark., 2012) , (Frankenberger &ark., 2009).

Restorasyonların genel yıllık başarısızlık oranı (AFR) %0,08 ile %6,3 arasında değişirken, uygulamaya dayalı bir çalışmada %18,7 AFR bildirildiği görülmüştür. Bu oran Anteriorda; %1,4 ile

%6,3 arasında gözlenmiştir. Posteriorda ise; %0,08 ile %4,9 arasındadır. Servikal restorasyonlarda ise yıllık başarısızlık oranı (AFR) %2,8 ile %4,6 arasında değişmektedir. Posterior ve anterior restorasyonları karşılaştıran çalışmalar, anterior dişlerde daha fazla restorasyon başarısızlığı olduğunu göstermiştir. (Wong &ark., 2021)

Restorasyon Başarısızlık Nedenleri

1. **Posterior Restorasyonlar için ;(Jirathanyanatt &ark., 2019),(Lempel &ark., 2019),(Suksaphar &ark., 2018),(Alonso &ark., 2017),(Naghipur &ark., 2016),(van Dijken & Pallesen, 2016),(Lempel &ark., 2015),(Pallesen & van Dijken, 2015),(van Dijken & Lindberg, 2015),(van de Sande &ark., 2013),(Maltz &ark., 2011)

- ├── %78,6 çalışmaya göre ana nedenler:
 - ├── Sekonder çürükler
 - ├── Kırıklar
- ├── Endodontik tedavi ihtiyacı (Lempel &ark., 2015) ,(Maltz &ark., 2011)

- ├── 3 çalışma başarısızlık nedenlerini belirtmemiştir

2. **Anterior Restorasyonlar için;(Lempel &ark., 2017),(Aljawad & Rees, 2016),(Wierichs &ark., 2020)

- ├── 2 çalışmaya göre ana nedenler:(Lempel &ark., 2017),(Aljawad & Rees, 2016)

- ├──
 - ├── Renk uyumsuzluğu
 - ├── Marjinal renk değişikliği
 - ├── Kırık

- ├── 2 çalışma başarısızlık nedenlerini belirtmemiştir (Wierichs &ark., 2020),(van de Sande &ark., 2019)

3.**Anterior ve Posterior Restorasyonları birlikte Değerlendiren

Çalışmalar;(Laske &ark., 2016),(Mehta &ark., 2021),(Mehta &ark., 2021),(Kanzow & Wiegand, 2020),(Montagner &ark., 2018),(Baldissera &arkl., 2013),(Ghavamnasiri &ark., 2011)

- ├── Başarısızlık Nedenleri:

| └─ Kırıklar ve estetik bozulma (Montagner &ark., 2018),(Baldissera &arkl., 2013)

| └─ Sekonder çürükler (Montagner &ark., 2018)

| └─ Marjinal bozulma (Baldissera &ark., 2013)

| └─ Marjinal renk değişikliği (Ghavamnasiri &arkl., 2011)

| └─ Onarılabilir yüzey bozulmaları (Mehta &ark., 2021)

└─ Başarısızlık nedenlerini belirtmeyen çalışmalar (Laske &ark., 2016) (Kanzow & Wiegand, 2020)

4.**Sadece Servikal Restorasyonları Değerlendiren Çalışmalar (Wierichs &arkl., 2018),(Kim &ark., 2017),(Boushell &ark., 2016),(Namgung &ark., 2013),(Peumans &ark., 2012)

└─ 3 çalışmada tespit edilen başarısızlık nedenleri:

| └─ Tutuculuk kaybı (Boushell &ark., 2016),(Namgung &arkl., 2013),(Peumans &ark., 2012)

| └─ Marjinal renk değişikliği (Boushell &ark., 2016),(Namgung &arkl., 2013),(Peumans &ark., 2012)

| └─ Sekonder çürük oluşumu (Namgung &ark, 2013)

└─ Başarısızlık nedenlerini belirtmeyen çalışmalar (Wierichs &ark., 2018),(Kim&ark., 2017)

Demarco ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında yer alan 33 araştırmada, restorasyonların dayanıklılığını etkileyen risk faktörlerini ortaya koymaktadır. Bu faktörler; hasta düzeyindeki, diş hekimi düzeyindeki ve diş/restorasyon düzeyindeki etkenler olarak üç ana gruba ayrılmıştır. İncelenen çalışmalar arasında en yaygın olarak değerlendirilen risk faktörleri; restore edilen diş tipi (%75,6), restore edilen yüzey sayısı (%72,7), dişin ağızdaki konumu (%66,7) ve kullanılan rezin kompozit tipi (%54,6) olmuştur. Hasta düzeyinde en sık araştırılan faktörler arasında ise cinsiyet (%69,7), yaş (%42,4)

ve çürük ile okluzal stres risklerinin varlığı (%42,4) yer almaktadır. Diş hekimi düzeyindeki faktörler ise diğer gruplara göre daha az incelenmiş olup, en yaygın olarak değerlendirilenler farklı operatörlerin etkisi (%15,2) ve operatörün deneyimidir (%15,2). (Demarco &ark., 2023)

İlk kompozitler piyasaya sürüldüğünde, materyaller arasındaki farklılıklar, farklı klinik performanslar elde etmek için yeterince belirgindi. Ancak, rezin bazlı adezivler ve kompozit diş malzemeleri endüstrisinin onlarca yıl içinde önemli ölçüde gelişmesiyle birlikte, ürünler, markalar ve üreticiler arasındaki farklar giderek azalmıştır. Günümüzde piyasadaki her materyal, özellikle eski ürünlerin yeni versiyonları çıktığında, diğerlerinden daha üstün performans sunduğunu öne sürebilir. Ancak, bu iddialar her zaman daha uzun ömürlü bir kullanım sağladığını garanti etmez (Gurgan &ark., 2021)

Işık polimerizasyonunun restorasyonun dayanıklılığı üzerindeki etkisi, tartışmaların merkezinde yer almıştır. Işıkla kürlleme uygulamalarının, farklı klinisyenler arasında belirgin şekilde değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır. Özellikle diş hekimlerinin ışık cihazını restorasyon yüzeyine olan mesafe ve uygulama açısı açısından nasıl kullandıkları, laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda da gösterildiği üzere, kürlleme etkinliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Kojic &ark., 2021), (Moreira &ark., 2021).

Tüm ışıkların eşit olmadığı kabul edilmelidir. Üretici iletişim bilgileri, bir kullanım kılavuzu ve servis desteği sağlayan bir polimerizasyon ışığı (LCU) kullanılmalıdır. Tercihen, LCU bağımsız ve güvenilir bir üçüncü taraf tarafından olumlu bir rapor veya sertifika almış olmalıdır (Light Curing – Guidelines for Practitioners, 2014). Matriks bantlarından, diş yapısı arasından veya restoratif materyalden kaynaklanan gölgeler gibi ideal ışık erişimini sınırlayabilecek durumlarda ek pozlamalar düşünülmelidir. Işık ucunu kürlenmekte olan rezin kompozitin yüzeyine mümkün

olduğunca yakın ve paralel olarak yerleştirilmelidir (Light Curing – Guidelines for Practitioners, 2014).

Etch-and-rinse (ER), selektif mine aşındırma veya self-etch (SE) sistemleri, bileşimlerinde bulunan fonksiyonel asidik monomerler sayesinde bağlanma sağlar. Bu monomerler arasında en önemlisi ve en iyi bilineni 10-MDP olup, hidroksiapatitin kalsiyumuna kimyasal bağlanma oluşturur ve suda diğer fonksiyonel monomerlere kıyasla daha etkili ve stabil bir bağlanma sağlar (Yoshihara & ark., 2018),(Yoshihara & ark., 2010). Ancak, bağlanma dayanıklılığı kullanılan materyale bağlı kalmaya devam etmekte ve özellikle dentin substratında zamanla bozulmaya yatkınlık göstermektedir (Nagarkar & ark., 2019).

Bağlanma ara yüzünün zamanla zayıflaması, çeşitli mekanik ve kimyasal etkenlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmakta; bu süreçte özellikle açığa çıkan kolajen liflerinin ve adeziv rezinlerin hidrolize uğraması ile enzimatik yıkımı önemli rol oynamaktadır (Mokeem & ark., 2023). Üniversal adezivlerin uzun dönem bağlanma başarısını artırmak amacıyla, üretici talimatlarının ötesine geçen bazı alternatif uygulamalar ve tamamlayıcı teknikler geliştirilmiştir. Adezivin aktif olarak uygulanması (Loguercio & ark., 2015) (Hardan & ark., 2022), solvent buharlaşma süresinin artırılması (Luque-Martinez & ark., 2014)(Saikaew & ark., 2019), ekstra bir hidrofobik rezin tabakasının uygulanması (Perdigão & ark., 2014)(Sezinando & ark., 2015) ve polimerizasyon süresinin uzatılması (Sampaio & ark., 2017),(Cavalcanti & ark., 2023) önerilen stratejilerdir. Kavite derinliği 5 mm'den daha derin olduğu durumlarda ışığın ulaşma yoğunluğu %50 azalmaktadır bu yüzden ışıklandırma süresi derin kavitelerde 2 katına çıkartılmalıdır (Ñaupari-Villasante & ark., 2024).

Uzatılmış polimerizasyon süresi, adeziv tekniğine daha fazla adım ekmediği, onu basit ve daha az hassas tuttuğu için daha pratik görünmektedir, bu da üniversal adezivlerin ana avantajlarından biridir. Üniversal adezivlerin polimerizasyon sonrası nihai

özelliklerine ulaştığı bu yüzden yetersiz polimerizasyon sonucunda adeziv tabakanın stabilitesini tehlikeye atabileceği, bozulma ve başarısızlıkla sonuçlanabileceği dikkate alınmalıdır (Cadenaro &ark., 2019) Bazı in vitro çalışmalar, polimerizasyon süresinin uzatılmasının dönüşüm derecesinde artış, daha fazla serbest radikal oluşumu, hibrit katman geçirgenliğinde azalma, su emiliminde azalma, adeziv katmanın sızdırmazlık kabiliyetinde artış ve su bozunmasına karşı daha az duyarlılık gibi bazı sonuçların iyileştirilmesine yol açtığını göstermiştir (Hass &ark., 2012),(Cadenaro &ark., 2005),(Ferreira &ark., 2011). Bu durum, hem önceki nesil adezivlerde hemde universal adezivlerde meydana gelmiştir (Sampaio &ark., 2017), (Cardenas &ark., 2022).

Bununla ilgili yapılan bir çalışmada Etch-and-rinse (ER) veya self-etch (SE) stratejileriyle uygulanan universal bir adeziv sistemin uzamış (P) polimerizasyon süresinin, 36 aylık klinik sürenin ardından çürüksüz servikal lezyonlarda (NCCL) restorasyonların klinik performansı üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bu artan polimerizasyon süresinin (10 ila 40 saniye) NCCL kompozit restorasyonların zaman içinde (36 ay) uzun ömürlü olması için önemli bir faktör olacağını, hatta adeziv stratejiden daha iyi olacağını gösteren ilk klinik çalışmadır (Naupari-Villasante &ark., 2024)

Adezivlerin klinik etkinliği genellikle NCCL'lerde klinik çalışmalar kullanılarak belirlenir. Bunun başlıca nedeni, bu lezyonların hem mine hem de dentinde bulunan marjinleri ve de makro-mekanik retansiyondan yoksun olmaları nedeniyle klinik olarak zorlayıcı özellikler sunmalarıdır. Bu tür klinik koşullarda, adeziv materyallerin performansı, restorasyonların başarısını doğrudan etkileyen temel bir unsur halini alabilir (Van Meerbeek &ark., 2010). Bu nedenle, adeziv sistemlerin bağlanma etkinliği; retansiyon düzeyi, marjinal adaptasyonun sürekliliği ve marjinal renk stabilitesi gibi parametreler üzerinden, erken dönemden başlayarak kısa ve

uzun vadeli takiplerle kapsamlı biçimde değerlendirilmektedir (Dreweck &ark., 2021).

Uzun bir polimerizasyon süresinin, özellikle minede SE'de bağlantı ara yüzlerinden solvent buharlaşmasını iyileştirebileceği görülmektedir. Bu, polimerizasyon reaksiyonuna (Hass&ark., 2012) (Ferreira &ark ., 2011), geçirgenliğin azaltılmasına (Cadenaro &ark., 2005) ve uzun süreli sızdırmazlık kabiliyetinin artırılmasına (Hass &ark., 2022) önemli ölçüde katkıda bulunur. Ayrıca, daha az geçirgen bir adeziv ara yüz, 10-MDP'nin hidrofilik etkilerini azaltarak hidrolitik bozunmadan (Cadenaro &ark., 2023) korunmasına yardımcı olur (Aida&ark., 2009), (Moszner&ark., 2005), (Marchesi&ark., 2014). Bu, kararlı monomer-Ca tuzu nano tabakalarının oluşumu (Van Meerbeek &ark., 2020) dahil olmak üzere alt tabaka ile daha iyi kimyasal etkileşime izin verir ve sonuçta adeziv ara yüzün uzun vadeli bütünlüğünü geliştirir. Sonuç olarak ;36 aylık klinik takipten sonra, 40 saniyelik uzatılmış polimerizasyon süresi, çürük olmayan servikal lezyonlardaki kompozit restorasyonlarda universal adezivin performansını, adezivden bağımsız olarak arttırdığı görülmüştür (Ñaupari-Villasante &ark., 2024).

Dikkat edilmesi gereken durumlardan biri de Sınıf 2 veya MOD kavitelere proksimal kutuyu restore edip kaviteyi sınıf 1 kavite haline geçirdikten sonra restorasyonun yapılmasıdır. Bir diğer konuda bazı bulk fill kompozitlerin okluzal yüzeye uygulanmamasıdır. Bu tarz durumlarda önce bulk fill kompozit ile yükseltiye geleneksel kompozitlerle devam etmek gereklidir. Işıklarken gölge oluşturmamaya dikkat edilmeli, ışık cihazını çevirerek birkaç bölgeden ışıklandırma yapmak gereklidir (Light Curing – Guidelines for Practitioners, 2014) Güncel literatür, doğrudan rezin kompozit restorasyonların uzun ömürlülüğünü etkileyen çeşitli risk faktörlerini ortaya koymaktadır. Buna göre:

- Mevcut malzemelerin ve tekniklerin diş hekimleri tarafından doğru şekilde kullanılması ve uygulanması durumunda,

kompozitler arasındaki farklılıklar dayanıklılık üzerinde sınırlı bir etkiye sahiptir.

- Özellikle yaşam tarzı ve sağlık tercihleriyle ilişkili hasta kaynaklı risk faktörleri, restorasyonların uzun ömürlülüğünde belirleyici bir rol oynar.

- Klinisyenler, hastaların bireysel özellikleri ve risk durumlarını göz önünde bulundurarak tedavi planlarını oluşturmali, sağlıklı bir yaşam tarzını teşvik etmeli ve hastaları bilinçlendirmelidir.

- Restorasyonların yaşlanması veya başarısızlığının teşhisi ile diş hekimlerinin uyguladığı klinik karar alma süreci hem restorasyonların dayanıklılığını hem de genel ağız sağlığı bakımını doğrudan etkileyerek restorasyonların uzun ömürlülüğünü belirleyebilir (Demarco &ark., 2023)

Minimal invaziv teknikler: seçici çürük giderme

Non-selektif çürük uzaklaştırma tekniğı, çürükle etkilenmiş dentinin tamamen temizlenmesini içeren, gereksiz derecede invaziv ve güncelliğini yitirmiş bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Selektif çürük uzaklaştırma ise çürüğün biyofilm ekolojisini bozarken aynı zamanda diş dokusunun aşırı preparasyonunu ve dentin-pulpa kompleksine zarar verme riskini en aza indirir. Metakrilat rezin bazlı kompozitlerle dişlerin restore edilmesinde, sızdırmaz bir restorasyon için periferik sızdırmazlık bölgesinin oluşturulması büyük önem taşır (Lim &ark., 2023).

Minimal invaziv diş hekimliğı, kaviteli çürük lezyonlarını yönetirken sert ve yumuşak dokuların korunmasını esas alan konservatif operasyon tekniklerini içerir.Geçmişte, non-selektif çürük uzaklaştırma önerilen bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmekteydi. Bu yaklaşım, tüm çürük dokunun sağlam mine ve dentine kadar tamamen temizlenmesini içermekteydi. Ancak

günümüzde, çürük lezyonları öncelikle konservatif yaklaşımlarla ele alınmalı ve çürük oluşumuna neden olan etiyolojik faktörler kontrol altına alınmalıdır. Bu stratejiler arasında beslenme düzeninin değiştirilmesi, biyofilm kontrolü ve kariyojenik biyofilmin besin kaynağından izole edilmesi yer almaktadır. Operatif açıdan bakıldığında, çürük dokunun selektif olarak uzaklaştırılması, tüm bakteriyel popülasyonun tamamen yok edilmesine gerek kalmadan etkili bir çözüm sunabilir. Kısa vadede, non-selektif çürük uzaklaştırma, diş yapısının gereksiz aşırı preparasyonuna neden olarak dentin-pulpa kompleksine zarar verebilir. Uzun vadede ise, sağlıklı diş dokusunun gereksiz yere aşırı uzaklaştırılması, dişin mekanik bütünlüğünü zayıflatarak çatlaklar, kırıklar ve bunlara bağlı komplikasyonlar için yatkınlığı artırabilir (Lim&ark., 2023).

Özellikle derin kavitelerde, diş dokusunun aşırı uzaklaştırılması, pulpa açılma riskini artırarak odontoblastların geri dönüşümsüz hasar görmesine ve primer odontoblastların ölmesine neden olabilir. Buna karşılık, selektif çürük uzaklaştırma yöntemi, çürük lezyonunun ilerlemesini durdururken aynı zamanda pulpa açılma riskini azaltır ve odontoblastları korur. Bu bölge, rastgele oluşan tamir dentini yerine, daha düzenli bir reaksiyon dentinogenezi sürecini teşvik eden kritik bir yapıdır. Ayrıca, bakterilerin pulpa içine ilerleme riskini azaltarak pulpa canlılığının korunmasını sağlar. Bu yaklaşım, dişin uzun vadeli prognozunu en üst düzeye çıkarır ve dişle ilişkili uzun vadeli tedavi maliyetlerini ve yükünü azaltabilir. Çürükten etkilenmiş veya enfekte olmuş dentine yapılan bağlanmanın daha zayıf olduğu bilinmekle birlikte, bu klinik olarak anlamlı görülmemektedir. Çünkü uygun şekilde hazırlanan kavite, sağlam mine ve dentin ile çevrelendiğinde, metakrilat bazlı adeziv sistemler kullanılarak yüksek bağlanma kuvvetleri ve sızdırmaz bir bağlantı elde edilebilir (Lim&ark., 2023).

2019 Avrupa Endodonti Derneği (ESE) bildirisi, selektif çürük uzaklaştırma için iki farklı sonlanma noktasını

tanımlamaktadır: yumuşak dentine kadar selektif uzaklaştırma ve sert dentine kadar selektif uzaklaştırma. Uygun çürük uzaklaştırma sınırının belirlenmesi, çürük lezyonunun derinliğine bağlıdır. Orta derecede derin çürük lezyonlarında, çürüğün sert dentine kadar selektif olarak uzaklaştırılması önerilmektedir. Bu durumda, pulpal duvardaki dentinin “firm kıvamında” olması gerekirken, kavite kenarları ve çevresindeki dentin çürükten tamamen arındırılmalı ve sağlam sert dentine kadar hazırlanmalıdır. Klinik olarak firm kıvamındaki dentin, üzerine bir alet bastırıldığında deforme olmayan ancak hafif yapışkan bir his veren dentin olarak tanımlanır. Sert dentinde ise, aletin dentine nüfuz etmesi için itici bir kuvvet uygulanması gerekir ve ‘cri dentin’ olarak bilinen karakteristik bir kazıma sesi duyulabilir (Lim &ark., 2023).

ESE tarafından önerilen iki selektif çürük uzaklaştırma yöntemi bulunmaktadır: tek aşamalı (one-stage) ve iki aşamalı (stepwise) teknik. Tek aşamalı yaklaşımın, uzun vadede iki aşamalı yöntemle kıyasla daha başarılı olduğu düşünülmektedir. Ancak, aşamalı tekniğin uzun vadeli sonuçlarını değerlendiren yeterli sayıda geri çağırma çalışmasının bulunmaması nedeniyle bu üstünlük kesin olarak kanıtlanmış değildir. İki teknik arasındaki başarı oranlarının doğrudan karşılaştırılmasının zorlukları, diş hekimliği alanında bu konuda süregelen tartışmalara yol açmıştır. (Lim &ark., 2023).

Adheziv restorasyon yerleştirildiğinde periferik bir sızdırmazlık sağlamak amacıyla sağlam sert dentin, minedentin birleşimi ve sağlam mine ile çevrili bir alan oluşturulmalıdır. Bu periferik sızdırmazlık alanının oluşturulması, adheziv bağın uzun vadede korunmasını sağlar. Böyle bir durumda, dentine yapılan bağlanma sağlıklı bir dişteki bağlanmaya benzer olmalıdır. Literatüre göre, mine-dentin birleşiminde bir rezin bağının çekme mukavemeti 51,5 MPa iken, dentine bağlanma da bu değeri taklit etmelidir. Periferik sızdırmazlık alanına yapılan bağlanma,

literatürde 45-55 MPa arasında bir bağ mukavemeti sağlamaktadır (Lim &ark., 2023).

Bağlayıcı ajan, tamamen kurutulmuş dentine uygulanmamalıdır, çünkü dentindeki belirli bir nem oranı, kollajen fibrilleri arasındaki boşlukları koruyarak kollajen fibril ağının çökmesini önler ve hidrofilik rezin primerinin dentin tübüllerine infiltrasyonunu teşvik eder (Green & Banerjee, 2011),(Nakajima &ark ., 1999). Daha yüksek bağlanma dayanıklılığı sağladığı gösterildiği için dentine çift katmanlı bağlayıcı ajan uygulanmalıdır (Fujiwara, Takamizawa, Barkmeier., 2018). İlk katman, kavite preparasyonu üzerinde ideal oranda dağılmasa da ikinci kat rezin adezivinin yüzey ıslanabilirliğini (“wettability”) artırır. O yüzden bonding işlemi 2 kat önerilir.

Bağlayıcı ajan içerisindeki solventin buharlaştırılması, polimerizasyon reaksiyonunu kolaylaştırmak ve adeziv-dentin arayüzünde gözenekli bir yapı oluşmasını önlemek için gereklidir. Solvent (asetonu) uzaklaştırmak için kuru ve kontamine olmamış basınçlı hava ile hafifçe buharlaştırma işlemi uygulanmalıdır (Green & Banerjee, 2011). Ardından, primer ve adeziv, ışık kaynağı rezin kompozite mümkün olduğunca yakın tutularak 40 saniye boyunca ışıkla polimerize edilmelidir (Luque-Martinez, Perdigão, Muñoz, 2015).

Metakrilat rezin bazlı kompozit polimerize edildiğinde, polimerizasyon büzülmesi meydana gelir ve bu da dişte kalıcı gerilimlere neden olur. Literatüre göre, polimerizasyon sırasında oluşan büzülme gerilimleri, kompozitin kaviteye yetersiz adaptasyonuna, mikroskobik çatlak oluşumuna ve marjinal sızdırmazlığın kaybına yol açabilir. Bu durum, post-operatif hassasiyet ve mikrosızıntı riskini artırır (Versluis &ark., 2004). Bu nedenle, restorasyon sırasında C-faktörünün dikkate alınması önemlidir. C-faktörü, bağlanmış yüzeyin bağlanmamış yüzeye oranını ifade eder (Versluis&ark., 2004). Daha yüksek bir C-faktörü,

rezin-dentin arayüzünde adezyon kaybı riskini artırarak mikrosızıntıya neden olabilir (Versluis&ark.,2004), (Alomari, Barrieshi-Nusair, & Ali, 2011),(Nikolaenko&ark., 2004). Dikkat edilmesi gereken bir başka durum ise iç duvarlarda görülen çatlaklardır. Eğer çatlak varsa çatlak hattı biraz indirildikten sonra;

İç Çatlağa; Universal Adeziv (Çatlağın Biyolojik Örtümü), Fiberle Güçlendirilmiş Akışkan Kompozit (Çatlağın Stabilizasyonu), Pat Formunda Kompozit (Tüberkül Deformasyonunun Tamponlanması) uygulanmalıdır. (Ricucci, Siqueira, Loghin 2015). Olası üç senaryoda;

1)Orta derinlikteki çürük varlığında, derimsi sıkı dentin olduğundan ekstra bir materyal kullanımına gerek yoktur.

2)Pulpaya yakın derin çürükte enfekte ve yumuşak dentin varsa; Burada yüksek viskoziteli cam ionomer siman önerilir.

3)Pulpaya yakın derin çürükte sıkı bir dentin vardır ama pulpa yansiyorsa Fonsiyonel ekspoz olabilir Burada kalsiyum silikat içerikli bir siman ve üzerine yüksek viskoziteli bir cis koyulması gereklidir (Green & Banerjee, 2011)

Kavite yeterli derecede hermetik bir şekilde kapatıldığı sürece, çürük dokusunun seçici olarak ekskave edilmesi ve bir miktar çürüğün bırakılması endişe yaratmamalıdır. Bu durum, klinik olarak anlamlı bir pulpal inflamasyona neden olmayacağı gibi çürük lezyonunun ilerlemesine de yol açmaz. Çürük lezyonlarının operatif tedavisi önemli olmakla birlikte, non-operatif yaklaşımlar, çürük sürecini kontrol altına almak için daha kritik bir rol oynar. Fermente olabilen karbonhidratların tüketiminin sınırlandırılması yoluyla diyet düzenlemesi, plak kontrolü ve flor maruziyeti gibi önlemler, ağız ortamında çürüğün ilerlemesini önlemede büyük önem taşımaktadır (Green & Banerjee, 2011)

Tedavilerde pulpa canlılığının korunması

Diş çürüğüne dair biyolojik anlayışımız geliştikçe, geleneksel yıkıcı preparasyonlardan daha konservatif, atravmatik ve hatta non-operatif yöntemlere doğru evrilmiştir. Çürük riskini azaltmak amacıyla küresel girişimler ve halk sağlığı önlemleri önerilmektedir. Bu stratejiler, operatif müdahaleyi geciktirerek restoratif döngünün giderek daha yıkıcı hale gelmesini önlemeyi hedefler ve önleyici, kişisel bakım odaklı ve minimal invaziv yaklaşımları teşvik eder.

Derin çürük lezyonları olan ve risk faktörleri kontrol altına alınan hastalar için operatif tedavi kaçınılmaz olabilir. Operatif müdahale kararı alındığında, pulpanın canlılığını koruma potansiyeli dikkate alınmalıdır. Pulpa hasarı riski öncelikle lezyonun kapsamı ve pulpaya olan yakınlığı ile ilişkilidir. Dentin ve pulpa arasındaki özel biyolojik ilişki nedeniyle, çürüğün amelodontinal kavşağı (ADJ) aştığında pulpa tepkisine yol açtığı bilinmektedir. Bu nedenle, çürüklerin ve özellikle derin çürüklerin yönetimi, pulpa iyileşmesini ve onarımını destekleyen teknikler ve materyaller kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Pulpanın canlılığını korumak, geleneksel endodontik tedaviyi önlemek, kritik diş dokusunu muhafaza etmek ve tedavi süresi ile biyolojik ve finansal maliyetleri azaltmak açısından önemli avantajlar sunarak dişin ömrünü uzatır (Edwards&ark., 2021)

Dentindeki çürük lezyonu iki ayrı katmana ayrılabilir: yüzeysel, bakteriyle kontamine olmuş çürükle enfekte bölge ve daha derin, kontaminasyona uğramamış çürükten etkilenen bölge. Araştırmalar, çürükten etkilenen dentinin remineralize olabileceğini, çünkü kollajen matrisinin sağlam kaldığını, ancak çürükle enfekte bölgede matrisin tahrip olduğu için remineralizasyonun mümkün olmadığını göstermektedir. Bu bulguların klinik önemi kabul edilmiş ve gelişen adeziv teknolojilerle birlikte yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Çürükle enfekte dentinin tamamen uzaklaştırılması

gerektiği vurgulanırken, daha derin çürükten etkilenen dentinin korunmasının uygun olabileceği belirtilmiştir.Çürükten etkilenen dentin, remineralizasyon potansiyeline sahip olması ve rezin-dentin bağlanmasını destekleyebilmesi nedeniyle korunması gereken bir bölge olarak değerdendirilmelidir (1.Tablo) (Edwards,&ark., 2021)

2015 yılında ICC (International Caries Consensus Collaboration), en son ESE (Avrupa Endodonti Derneği) pozisyon beyanında benimsenen ve tanımlanan çürük giderme yaklaşımlarını bir araya getirmiş ve sınıflandırmıştır. “Seçici olmayan çürük giderme,” “seçici çürük giderme” ve “kademeli çürük giderme” terimleri, derin çürük lezyonlarının yönetimi ve pulpaya canlılığını koruma amacıyla kullanılan üç farklı yöntem olarak değerdendirilmelidir. Çürük giderme yaklaşımı ve uygulanan teknik, pulpaya maruz kalma riski göz önünde bulundurularak belirlenir. Genel olarak, steril yuvarlak frezler (düşük devirli el aletleri) veya el ekskavatörleri kullanılarak yumuşak çürüğün temizlenmesi önerilmektedir. Remineralizasyon potansiyeline sahip demineralize ancak yapısal olarak sağlam dentin ile enfekte ve bozulmuş dentin arasında klinik olarak kesin bir ayırım yapmak mümkün değildir. Çürük giderme işleminin ana hedefinin restorasyon için yeterli bağlanma yüzeyi sağlamak olduğu öne sürülmüştür. Bununla birlikte, pulpa canlılığını koruma açısından daha etkili olan self-limiting teknikler, özellikle seçici çürük giderme gibi yaklaşımlar da literatürde tanımlanmıştır (2.Tablo) (Edwards&ark., 2021)

1.TABLO: Lezyon derinliğine göre tedavi seçenekleri

Lezyon Derinliği	Tanım	Önerilen Tedavi Seçenekleri
Sığ/Orta	İç 1/3 veya 1/4 dentine ulaşmayan çürük. Pulpaya maruz kalma riski yok.	Seçici çürüklerin sert dentine çıkarılması Atravmatik restoratif teknik Non-restoratif kavite kontrolü Fissür sealant
Derin	İç 1/3 veya 1/4 dentine ulaşmış. Pulpaya maruz kalma riski var.	Yumuşak dentine seçici çürüklerin giderilmesi Stepwise çürük giderme Atravmatik restoratif Teknik

(Edwards&ark., 2021)

2.TABLO: Çürük giderme yaklaşımları

Teknik	Tanım	Notlar
Seçici olmayan çürük giderme	Sağlam sert dentine ulaşılana kadar yumuşak ve sert çürük dentinin kavitenin tüm duvarlarından ve merkezinden tamamen çıkarılması	Seçici çürük giderme ve kademeli çürük temizlemeden daha agresiftir. Ne yumuşak dentin ne de sert dentin bırakılmaz
Seçici çürük giderme	Tek aşamalı seçici çürük giderme tekniğinde bir biyomateriyalin dentin bariyeri üzerine uygulanması. Pulpal duruma göre Yumuşak veya sert dentine kadar temizleme Kesin restorasyonun hemen yerleştirilmesi	İndirekt pulpa kuafajına benzer, ancak maruz kalma riskini en aza indirmek için yumuşak dentin bırakılır ve çevre sert dentin bırakılır. Pulpanın üzerine bir kalsiyum silikat siman veya GIC yerleştirilmelidir
Adım adım çürük temizleme	Dolaylı iki aşamalı seçici çürük giderme tekniğinde bir biyomalzemenin uygulanması. 6-12 ay sonra kontrol. İlk aşama, geçici bir restorasyonun yerleştirilmesini ve dentine izin verecek ölçüde yumuşak dentinin çıkarılmasını içerir. İkinci aşama adım bir restorasyonun yerleşimi	Boşluğun tabanında yumuşak dentin bırakılmasına rağmen, çevre temizlenmelidir. Geçici restorasyon, kalsiyum silikat siman veya GIC kullanılarak tamamlanmalıdır.

(Edwards&ark., 2021)

Kademeli çürük giderme ve seçici çürük giderme tekniklerinin, tam çürük giderme yöntemine kıyasla pulpa maruziyet oranlarını sırasıyla %56 ve %77 oranında azalttığı gösterilmiştir. Ayrıca, seçici çürük giderme tekniklerinin pulpa semptomlarını azalttığı belirlenmiş ve geleneksel tam çürük temizlemeye kıyasla beş yıllık sağkalım oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Pulpa maruziyeti, geleneksel olarak Ca(OH)_2 liners ile yönetildiğinde, pulpanın hayatta kalma olasılığı açısından zayıf bir prognostik gösterge olarak değerlendirilmiştir. Ancak, günümüzde kalsiyum silikat simanların (CSC'ler) (bazen biyoseramik malzemeler olarak adlandırılır) ve optimize edilmiş klinik tekniklerin geliştirilmesiyle pulpa maruziyetinin yönetimi çok daha öngörülebilir hale gelmiştir (Edward&ark., 2021)

Çürük giderme tekniği ne olursa olsun, optimum restorasyonu kolaylaştırmak için ADJ (Amelodentinal birleşim)'nin veya dentin periferinin her zaman çürüklerden arındırılması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu da tam sızdırmaz bağlantıyı sağlayarak, artık bakterileri öldürebilen, çürük lezyonu durdurabilen ve remineralizasyonu destekleyebilen bakteriyel ve fermente edilebilir substrat girişini önler. Büyütme kullanımı tavsiye edilir ve aseptik bir çalışma alanı her zaman tercih edilmelidir, özellikle derin çürük yönetimi için rubberdam kullanımı şiddetle tavsiye edilir

Seçici çürük giderimi, daha fazla diş yapısını korurken, pulpaya zarar verme riskini azaltma, hasta süresini kısaltma ve maliyet açısından avantajlar sunarak kademeli çürük giderme tekniklerine kıyasla daha üstün olabilir. Klinik çalışmalar bunu desteklemekte olup, derin çürüklerin yönetiminde üç yıllık pulpa sağkalım oranları sırasıyla %91 ve %69 olarak bildirilmiştir (Maltz, Garcia &ark., 2012) Yüksek katılımcı bırakma oranına ve kademeli çürük temizlemede Ara Restoratif Materyal (IRM) ile geçici restorasyona ile restore edilmesine rağmen, bu randomize kontrollü

Çalışma, ek bir çürük giderme prosedürünün her zaman gerekli olmayabileceğine dair bazı kanıtlar sunmaktadır. Daha yakın zamanda yayınlanan beş yıllık takip sonuçlarında, seçici çürük temizlemede %80, kademeli çürük temizleme yaklaşımlarda ise %56 pulpa sağkalım oranı belirlenmiştir (Maltz, Koppe&ark., 2018). Bu bulgular, yakın tarihli sistematik bir inceleme ile birlikte (Barros, De Queiroz Rodrigues, Muniz, & Rodrigues, 2019), seçici çürük temizlemenin kademeli temizlemeye kıyasla daha güçlü bir kanıt temeline sahip olduğunu göstermektedir. Dahası, daha invaziv tekniklerin kullanımı, orta vadede pulpa sağkalımının korunmasına yönelik olumlu bir eğilim sunmaktadır.

“Geri dönüşümlü” ve “geri dönüşümsüz” pulpa tanıları, pulpanın onarıcı potansiyelini tahmin etmeye çalışsa da pulpa tanısının her zaman bu kategorilere tam olarak uymadığı uzun süredir bilinmektedir. Bu sınıflandırma sistemi, pulpanın gerçek iyileşme kapasitesini tam olarak yansıtmayabilir. Geri dönüşümsüz pulpitisin histolojik tanısı konan dişlerde, bakteriyel invazyon ve inflamasyonun büyük kısmı pulpanın koronal bölgesinde meydana gelirken, kök bölgesindeki pulpa dokusu genellikle vital kalmaktadır (Ricucci, Loghin, & Siqueira, 2014). Wolters ve ark. (2017), modern derin çürük yönetimi protokollerinin uygulanabilmesi durumunda, “geri dönüşümsüz” teriminin artık geçerli olmadığını öne sürmüştür (Wolters, Duncan, Tomson, 2017). Yazarlar, pulpanın inflamatuvar sürecini hafif iltihaptan şiddetliye kadar değişen bir süreklilik içinde değerlendiren ve daha pragmatik bir yaklaşımı benimseyen yeni bir pulpa tanı sınıflandırma sistemi önermiştir. Bu sistem, yönetim stratejisini katı bir şekilde belirleyen “geri dönüşümlü” ve “geri dönüşümsüz” terimlerinin kullanımını da kaldırmaktadır.

ürüklerin konservatif yönetimiyle, tedavinin temel amacı pulpanın bakteriyel invazyonuyla ilişkili ciddi inflamasyonu ve nekrozu önleyerek, invaziv kök kanal tedavisi veya diş çekimi

gereksinimini azaltmaktır. Günümüzde, derin çürüklerin operatif yönetiminin olabildiğince minimal invaziv olması konusunda geniş çaplı bir fikir birliği bulunmaktadır. Pulpa maruziyeti meydana geldiğinde ise, vital pulpa tedavisi öncelikli tedavi seçeneği olarak değerlendirilmelidir (Duncan &ark., 2019).

Kademeli veya selektif çürük temizleme tekniklerinden hangisi uygulanırsa uygulansın, kavite periferinde çürüğün tamamen uzaklaştırılması önerilmektedir. Bu işlemin ardından, pulpa üzerine biyoyumlu bir materyal yerleştirilebilir. Bu materyal, Kalsiyum Silikat siman (CSC) (örneğin, MTA veya Biodentine) ya da Cam İyonomer Siman (GIC) olabilir, sonrasında kalıcı restoratif materyal uygulanır. Derin çürüklerin yönetiminde bu materyallerin benzer klinik sonuçlar sunduğuna dair sınırlı kısa vadeli kanıtlar mevcuttur (Hashem, Mannocci, &ark., 2019), ancak gelecekteki çalışmalar daha fazla rehberlik sağlayabilir.

Kademeli veya kısmi çürük temizliği sonrası, CSC'lerin, Kalsiyum Hidroksit (Ca(OH)_2)'ten daha iyi sonuçlar sunduğu gösterilmiştir ve bu nedenle Ca(OH)_2 kullanımına yönelik güçlü bir öneri yapılamamaktadır (Petrou&ark., 2014). Bununla birlikte, kavite tabanında yer alan biyoyumlu materyalin, bağlanma dayanıklılığı ve mikrosızıntı direncini etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bir meta-analiz, GIC tabanı ile yapılan kompozit restorasyonların, tabansız restorasyonlara kıyasla daha kısa ömürlü olduğunu göstermiştir. Ancak CSC'ler ile ilgili benzer bir kanıt bulunmamaktadır.

GIC'lerin dentine bağlanma dayanıklılığı CSC'lere benzerdir (Kaup, Dammann,& Dammaschke, 2015). Ancak GIC'ler, mikrosızıntıya daha yatkın olabilir (Raju&ark., 2014), bu da CSC'lerin daha uygun bir seçenek olabileceğini düşündürmektedir. Ancak klinik sonuçlardaki farkları net bir şekilde ortaya koyan güçlü veriler henüz mevcut değildir.

Kalsiyum Silikat Simanların (CSC) çözünürlüğünün yüksek olması ve sertleşme süresinin uzunluğu, klinik prosedürü etkileyebilir. CSC'ler, GIC'lere kıyasla daha uzun sürede sertleşir. GIC'ler anında sertleşerek restorasyonun hemen tamamlanmasına olanak tanırken, modern CSC'lerin ilk sertleşme aşaması 12 dakikaya kadar sürebilir ve bazı türleri saatler sürebilir. Bu nedenle, CSC'nin üzerine uygun bir siman—örneğin GIC veya self-etch rezin simanı—uygulandıktan sonra kalıcı restorasyon yerleştirilmesi gerekebilir. Ayrıca, CSC'ler maliyet açısından da daha pahalıdır (Raju&ark.,2014),(Grech, Mallia, & Camilleri, 2013). CSC'lerin, indirekt pulpa kuafajı (IPC) malzemesi olarak kullanıldığı selektif veya kademeli çürük temizleme tekniklerinin başarısı, 1 ila 3 yıl içinde %77,8 ile %91 arasında değişmektedir. Bu çalışmalar, sağlıklı pulpalı veya geri dönüşümlü pulpitis tanısı almış dişleri içermekte olup, kısa ve orta vadede pulpa canlılığının korunabileceğini göstermektedir (Hashem, Mannocci,&ark., 2019), (Cho&ark., 2013).

Güncel araştırmalar, selektif çürük temizleme sonrası direkt kompozit rezin restorasyonu uygulanan dişlerde herhangi bir astar kullanılmadığında da başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir. 1 yıl içinde, 'astar kullanılan' ve 'astar kullanılmayan' gruplar arasında pulpa canlılığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ve astar kullanılmayan grubun başarısı %94,6 olarak bildirilmiştir. Bu yaklaşımın avantajları arasında daha basit bir işlem süreci ve restorasyonun uzun ömürlü olma potansiyeli bulunmaktadır. (Opdam, van de Sande&ark., 2014),(Singh, Mittal, & Tewari, 2019) Bununla birlikte, bu yöntemle ilgili bazı endişeler de vardır (Modena &ark., 2009),(Tjäderhane, 2015) ;Bağlayıcı ajan monomerlerinin, çürükten etkilenmiş daha gözenekli dentin katmanlarından pulpaya nüfuz ederek sitotoksik etkilere yol açabilmesi,zayıflamış dentinin bağlanma prosedürüne dayanma kapasitesinin düşük olması,kompozit rezin polimerizasyonu

sırasında oluşan büzülme stresinin restorasyon başarısını etkileyebilmesi, operasyon sonrası hassasiyetin artabilmesidir. Ancak, sistematik bir inceleme, sınıf I ve II kompozit restorasyonlar altında astar kullanımının postoperatif hassasiyeti azaltmada etkili olduğuna dair güçlü bir kanıt bulunmadığını ve bu nedenle bu durumlarda astar kullanımının önerilmediğini belirtmiştir. Ancak bu çalışma, derin çürük yönetimini incelememiştir (Schenkel & Veitz-Keenan, 2019). Derin çürüklerde, tedavi edici bir amaçla indirekt pulpa kaplanması düşünüldüğünde, astar kullanımı hâlâ önerilebilir (Blum & Wilson, 2018)

Liner materyali, seçici çürük temizleme işlemine tabi tutulan derin çürük kavitelerinde pulpa canlılığını etkiler mi?

İndirekt Pulpa Tedavisi (IPT) konseptinde dikkate alınması gereken önemli klinik faktörlerden biri, çürük boşluğunu tedavi etmek için seçilen biyouyumlu malzemedir. Kullanılan restoratif malzeme, restorasyonun uzun ömürlü olması açısından kritik bir rol oynar, çünkü marjinal sızdırmazlık sağlanmadığında çürüğün durdurulması ve pulpa canlılığının korunması mümkün olmayabilir (Singh, Mittal, & Tewari, 2019).

Bunun yanı sıra, kalan dentin üzerine uygulanan astar malzemesi, pulpa iyileşmesini desteklemeli ve çevreleyen pulpal dokuyu zararlı etkenlere karşı korumalıdır. Aynı zamanda, pulpa ile doğrudan veya dolaylı temas ettiğinde herhangi bir hasara yol açmamalı ve pulpanın doğal tepkisini uyarmalıdır (Weiner, 2011), (Da Rosa, Lima & da Silva, 2019).

Çürük temizleme aşamasında kavitenin tabanında bırakılan demineralize dentin, koruyucu bir bariyer görevi üstlenerek pulpa maruziyeti riskini azaltır (Schwendicke, Göstemeyer, & Gluud, 2015). Bu sayede, pulpa açığa çıkma ihtimali düşerken, restorasyon sonrası aşamalarda agresif uyaranlara (örneğin, kavitenin tekrar açılması)

maruz kalma riski de ortadan kalkar. Bu izolasyon, astar malzemesinin olumlu ya da olumsuz olabilecek etkilerinin pulpaya doğrudan ulaşmasını önler.Öte yandan, tam çürük temizleme tekniğinde astar kullanımı daha önemli hale gelmektedir, çünkü tam çürük uzaklaştırma sırasında pulpanın mikro düzeyde açığa çıkma olasılığı daha yüksektir. Bu tür mikro maruziyetlerin tespiti zor olup, restorasyon başarısızlığı riskini artırabilir. Böyle durumlarda, astar kullanımı bakteriyel kolonizasyonu azaltmak, pulpaya termal, elektriksel ve kimyasal uyarılara karşı koruma sağlamak, reaksiyoner dentin oluşumunu teşvik etmek ve demineralize dentinin remineralizasyonunu desteklemek açısından önerilmektedir (Weiner, 2011), (Whitworth&ark., 2005).

Seçici çürük uzaklaştırma (SCR) kullanımı bağlamında, Corralo ve Maltz'un (2013) gerçekleştirdiği bir klinik çalışma, derin çürük lezyonlarının restorasyonunda GIC, kalsiyum hidroksit (CH) ve inert bir malzeme (mum) astar olarak kullanıldığında ortaya çıkan klinik ve ultrastrüktürel etkileri (standart bir optik ışık mikroskobunda bulunandan daha yüksek büyütmelede görülebilen hücre ve biyomalzeme mimarisi) değerlendirmiştir.Çürüğün durdurulması, dentin remineralizasyonu ve bakteriyel enfeksiyon açısından üç farklı astar malzemesi arasında herhangi bir fark tespit edilmemiştir. Çalışmanın yazarları, çürüğün ilerlemesini durduran ve dentin remineralizasyonunu sağlayan asıl faktörün kavite sızdırmazlığı ve SCR yöntemi olduğunu belirtmişlerdir. Bu sistematik derlemede ise pulpa canlılığı esas klinik sonuç olarak ele alınmış ve meta-analize dahil edilen 8 çalışmanın tamamı, astar etkinliğinin kullanılan malzeme türüne bağlı olmadığını hem daimi hem de süt dişleri için ortaya koymuştur (Casagrande, Falster, Di Hipolito, &ark., 2009),(Singh, Mittal, & Tewari, 2019),(Torres&ark., 2020),(Marchi, de Araujo, Fröner Straffon, & Nör, 2006),(Casagrande, Bento, Rerin 2008),(Büyükgöral & Cehrel, 2008),(Casagrande, Bento Dalpian & de Araujo, 2010),(Da Cunha&ark., 2022).

SPMA (standard pairwise meta-analysis) analizine göre, GIC, RMGIC, etch and rinse adeziv ve self-etch adeziv malzemeler ile kalsiyum hidroksit (CH) karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. NMA (network meta-analysis) yöntemiyle yapılan çoklu karşılaştırmalarda da malzemeler arasında herhangi bir istatistiksel farklılık gözlemlenmemiştir. Elde edilen bulgular, SCR sonrası derin çürük kavitelerinde kullanılan astar malzemesinin pulpa canlılığı üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir ve bu sonuçlar, daha önceki çalışmalarla da tutarlıdır (Da Rosa, Lima &ark.,2019), (Schwendicke, Göstemeyer, & Gluud, 2015).

Bu çalışma hem süt hem de daimî dişlerde pulpa canlılığını değerlendirmiş ve yalnızca kalan çürük dentin ile doğrudan temas eden astar malzemeleri dikkate almıştır. İstatistiksel analizler, self-etch ve etch and rinse adeziv sistemlerini astar olarak değerlendirmiştir. Ancak bazı çalışmalar, kalan dentin üzerine doğrudan adeziv uygulanmasını “astar kullanılmayan” bir yöntem olarak kabul etmiştir (Singh, Mittal, & Tewari, 2019),(Torres&ark., 2020),(Falster, Araujo, Straffon ,2002).

SPMA ve NMA analizleri, self etch ve etch and rinse adezivlerin pulpa canlılığı açısından istatistiksel olarak eşdeğer olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, etch and rinse adeziv tekniğinin SCR sonrasında pulpa canlılığını korumak açısından güvenli bir prosedür olduğunu desteklemektedir

Pulpa sonuçları açısından tüm çalışmalarda yüksek başarı oranlarının raporlanması, dikkate değer bir diğer önemli noktadır. Bu yüksek başarı oranları, iyi bir marjinal sızdırmazlık sağlanmasına ve dikkatli bir pulpa teşhis yönteminin uygulanmasına bağlıdır. (Singh, Mittal, & Tewari, 2019) Pulpa teşhisindeki herhangi bir hata, aslında geri dönüşü olmayan bir pulpal duruma sahip bir dişin yanlış restoratif

müdahaleye yönlendirilmesine neden olabilir. Bu durumda, pulpa hasarı müdahaleden önce meydana gelmiş olur.

Klinik başarının bir diğer önemli faktörü, SCR sonrası kalan dentin tabakasının durumu ile ilişkilidir. (Chompu-Inwai &ark.,2015) (Chompu-inwai&ark., 2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kavitenin tabanında bırakılan dentin miktarı değişkenlik gösteren üç farklı seçici çürük uzaklaştırma tekniği karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda ne uzaklaştırılan çürük miktarının ne de kullanılan astar malzemesinin seçici çürük uzaklaştırma başarısını etkilemediği belirtilmiştir.

İncelenen çalışmalardaki tüm gruplar göz önüne alındığında, yalnızca bir grup 1 %80'in altında bir başarı oranı göstermiştir (%73,3). Bu grupta, 48 aylık takip süresince 4 pulpa hasarı görülmüş ve astar olarak kalsiyum hidroksit (CH) kullanılmıştır. Bu çalışmalarda yer alan tüm dişlerin restoratif işlemde önce SCR uygulamasına tabi tutulduğu göz önüne alındığında, doğru bir pulpa teşhisinin ardından gerçekleştirilen SCR işlemi, dentin uzaklaştırma miktarındaki değişikliklerden bağımsız olarak pulpa canlılığının yüksek başarı oranlarıyla korunması için yeterlidir.SCR uygulandığında, pulpa canlılığı üzerindeki astar etkisinin kullanılan malzeme türüne bağlı olmadığı görülmektedir. Bu bağlamda, SCR'nin sağladığı temel avantaj olan çürükten etkilenmiş dentinin korunması ve pulpanın korunması, astar malzemelerinin kimyasal ve mekanik özelliklerinden kaynaklanabilecek olası olumsuz etkileri minimize edebilir (Casagrande, Bento&ark.,2010).

SPMA analizinde, kalsiyum hidroksit (CH), dahil edilen çalışmalarda en sık kullanılan astar malzemesi olduğu için referans olarak seçilmiştir.CH astar malzemesi, diş hekimleri arasında yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir (Schwendicke, Meyer-Lueckel, Dörfer, 2013),(Hincapié&ark., 2015). Ancak, referans olarak kabul edilmesine rağmen, ağ bağlantılı meta-analizde (NMA), CH'nin

pulpa canlılığını sürdürme açısından en düşük klinik başarısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, CH'nin bazı dezavantajları bulunmaktadır; rezorpsiyona ve çözünmeye yatkındır, mikrosızıntıya neden olabilir, antibakteriyel etkisi kararsızdır, dentine adezyon ve sızdırmazlık sağlama kapasitesi yoktur (Cao, Bogen&ark 2016),(Goracci & Mori, 1996)

Son klinik çalışmalar, doğrudan pulpa kapaklama işlemlerinde CH'nin tercih edilen malzeme olma konumunu kaybettiğini göstermektedir. Bunun temel nedeni, pulpa canlılığını koruma açısından tutarsız klinik sonuçlar vermesidir (Hilton, Ferracane, & Mancl, 2013) SCR sonrası kalan dentin tabakası, CH'nin olası olumsuz etkilerini azaltabilir. Bunun nedeni, dentin tabakasının pulpa için doğal bir koruyucu bariyer oluşturmastır. Sonuç olarak, derin çürük lezyonlarında seçici çürük uzaklaştırma (SCR) sonrası kullanılan astar malzemesinin pulpa canlılığı üzerinde belirleyici bir etkisi bulunmamaktadır.

Mevcut klinik kanıtlar, SCR sonrası kalsiyum hidroksitin astar olarak kullanılmasını zayıf bir öneri olarak desteklemektedir. Ayrıca, diğer malzemelerle karşılaştırıldığında klinik başarısının daha düşük olma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir (Miotti, Vissotto&ark., 2023)

Avrupa Endodonti Derneği “Derin Çürüklerin ve Açığa Çıkmiş Pulpanın Yönetimi Hakkında Ne Düşünüyor?”

Geleneksel diş tedavisinin invaziv doğası, aşırı tedaviye yönelik endişeler ve “restoratif döngü” kavramı, diş hekimliği alanında minimal invaziv, biyolojik temelli tedavi stratejilerinin teşvik edilmesine yol açmıştır. Bu doğrultuda, derin çürük yönetiminde tam çürük uzaklaştırmadan (non-selektif) selektif (kısmi) çürük uzaklaştırmaya geçiş sağlanarak pulpa maruziyet riski azaltılmıştır (Innes ve ark., 2016). Günümüzde, çürük nedeniyle açığa çıkan pulpanın yönetiminde, vital pulpa tedavisi (VPT) yöntemleri

olan parsiyel ve tam pulpotominin yeniden gündeme gelmesi ve daha geniş bir uygulama alanı bulması dikkat çekmektedir (Simon ve ark., 2012). Ricucci ve arkadaşlarının (2014) gözlemsel histolojik verileri doğrultusunda, geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz pulpitis olguları arasında bir ilişki kurulabilse de bir pulpanın geri dönüşümlü olarak sınıflandırılması, ilgili inflamatuvar dokunun iyileşme kapasitesine dair kesin bir belirti sunmaz. Bu nedenle, daha az invaziv çürük giderme stratejileri uygulanan dişlerin – yani indirekt pulpa kuafajı (IPC), seçici çürük giderme, stepwise ekskavasyon, direkt kuafaj veya pulpa maruziyeti sonrası pulpotomi işlemlerinin – postoperatif olarak düzenli izlenmesi, pulpal sağlığın korunmasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir.

Günümüzde, geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz pulpitisin klinik temelli operasyonel terimler olduğu, ancak biyolojik bir sınıflandırma sağlamadığı kabul edilmektedir. Özellikle geri dönüşümsüz pulpitis klinik belirtileri gösteren dişlerde, pulpanın vital kısmının kalıcı olarak korunmasına yönelik pulpotomi uygulamalarının gelişimi (Qudeimat &ark., 2017; Taha & Khazali, 2017; Taha &ark., 2017), pulpitisin mevcut sınıflandırmasının yetersiz kalabileceğini ortaya koymuş ve daha hassas tanı kriterlerine ihtiyaç duyulduğunu gündeme getirmiştir (Hashem &ark., 2015; Wolters &ark., 2017). Bu bağlamda, kısmi geri dönüşümsüz pulpitis kavramı, histolojik tabloyu klinik açıdan daha doğru bir şekilde yansıtabilir (Seltzer ve ark. 1963, Ricucci ve ark. 2014).

Günümüzde kabul gören ‘geri dönüşümlü’ ve ‘geri dönüşümsüz pulpitis’ tanımlamaları hala klinik olarak faydalı olsa da, ilerleyen süreçte revize edilmeleri gerekecektir. Vital pulpa, ya geri dönüşümlü olarak iltihaplı ya da çürük lezyonuna bağlı olarak sadece koronal pulpanın etkilendiği erken evrede geri dönüşümsüz iltihaplanma göstermektedir. Tedavi edilmediği takdirde, bu kısmi geri dönüşümsüz pulpitis zamanla ilerleyerek tüm pulpanın geri

dönüşümsüz şekilde iltihaplanmasına ve kanal tedavisi gereksinimine yol açacaktır. Aşağıdaki tabloda güncel sınıflama mevcuttur (3.Tablo) (European Society of Endodontology [ESE], 2019).

3. TABLO: Güncel pulpitis sınıflaması

Diagnoz	Semptomlar	Histolojisi	Önerilen tedaviler
Başlangıç pulpitis	Soğuğa karşı artan ancak uzamayan tepki Perküsyona karşı hassas değil Spontan ağrı yok	'Sağlıklı pulpa' veya koronal pulpayla sınırlı lokal inflamasyon	İndirekt pulpa kapaklaması tedavi/koronal pulpotomi
Hafif pulpitis	Soğuk, sıcak ve tatlı uyarılara karşı 20 saniyeye kadar sürebilen artan ve uzayan tepki Muhtemelen perküsyona karşı hassas	Koronal pulpa ile sınırlı lokal inflamasyon	İndirekt pulpa kapaklaması tedavi/koronal pulpotomi
Orta şiddetli pulpitis	Daha açık belirtiler Soğuğa karşı dakikalarca sürebilen güçlü, yüksek ve uzun süreli tepki Muhtemelen perküsyona karşı hassas Ağrı kesici ilaçlarla az ya da çok bastırılabilen olası spontan donuk ağrı	Koronal pulpa ile sınırlı geniş lokal inflamasyon	Kısmi/Total pulpotomi
Şiddetli pulpitis	Şiddetli spontan ağrı Soğuk/sıcak uyarılara karşı net ağrı reaksiyonu Genellikle keskin ila donuk zonklayıcı ağrı Uykudan uyandıran etki Perküsyona karşı hassas	Koronal pulpada köke kadar uzanabilen geniş lokal inflamasyon	Pulpanın direkt açılması sonucu Eğer: Radiküler pulpada uzun süreli kanama yok: koronal pulpotomi Devam eden kanama: sağlıklı pulpaya kadar yüzeysel pulpotomi veya gerekirse tam pulpektomi

(European Society of Endodontology [ESE], 2019)

Mevcut tüm teknikler, pulpal iltihaplanmanın durumunu ve etkilenen dokunun iyileşme potansiyeli belirleme konusunda sınırlıdır. Bu nedenle, yeni pulpa testlerinin ve hastalık biyobelirteçleri gibi potansiyel testlerin geliştirilmesi ve klinik ortamda hızlı değerlendirilmesinin araştırılması odak noktası olmalıdır (Swedish Council on Health Technology Assessment 2010, Rechenberg ve ark. 2016b, Ballal ve ark. 2017).

Klinik olarak uygulanabilir moleküler inflamasyon testlerinin bulunmadığı durumlarda, pulpanın maruziyeti sırasında oluşan kanamanın rengi ve yoğunluğu, iltihap seviyesinin dolaylı bir göstergesi olarak değerlendirilebilir (Matsuo ve ark. 1996) ve tedavi sonrası iyileşme kapasitesine dair kabaca bir fikir verebilir. Pulpa durumunun değerlendirilmesi için ayrıntılı bir ağrı öyküsü, dikkatli bir klinik muayene ve yüksek kaliteli bir periapikal radyografi ile desteklenen pulpa duyarlılık testleri gereklidir. Bu testler, düşük sıcaklıkta soğuk testi ile elektriksel pulpa testi (EPT) kombinasyonunu içermelidir. Pulpitisin değerlendirilmesinde rutin olarak konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) kullanımı gerekli ve uygun değildir.

Pulpa Maruziyetini Önlemek İçin Derin Çürükler Nasıl Yönetilmelidir?

Diş asemptomatik olduğunda veya geri dönüşümlü pulpitis belirtileri gösterdiğinde, ‘tek aşamalı seçici çürük temizliği’(yumuşak veya sert dentine kadar) (Maltz ve ark. 2012) ve ‘iki aşamalı adım adım çürük temizleme’ (Björndal ve ark. 2017) derin çürük lezyonlarında önerilen yaklaşımlardır. Tam çürük temizliği artık derin çürük lezyonlarında tercih edilen tedavi yöntemi olarak görülmemektedir. Günümüzdeki görüş birliği, tam çürük temizliğinin aşırı tedaviye yol açabileceğini belirtmektedir (Schwendicke ve ark. 2016).

Kullanılan teknik ne olursa olsun, kavite çevresindeki çürük dokusu tamamen uzaklaştırılmalı ve sert dentine kadar temizlenmelidir. Ancak pulpaya bakan bölgede yumuşak veya sert dentin bırakılabilir. Bu, kavitenin optimal bağlanmasını ve oral ortamdan sızdırmazlığını sağlamak için gereklidir. Pulpa üzerindeki dentin kalınlığı klinik olarak kesin olarak değerlendirilemeyeceğinden, biyouyumlu bir materyalin kullanılması önerilir. Örneğin:

1)Hidrolik kalsiyum silikat bazlı malzemeler

2)Alternatif olarak, konvansiyonel cam iyonomer siman uygulanabilir ve ardından rezin bazlı kompozit restorasyon ile nihai restorasyon yapılabilir (Hashem ve ark. 2015, 2018).

Pulpa sağlığının korunması, belirli aralıklarla pulpa duyarlılık testleriyle doğrulanmalıdır.Şu durumlar gözlemlendiğinde, prognoz zayıftır;kendiliğinden veya sürekli ağrı,Restoratif olarak kurtarılamayacak derecede harap kuron yapısı,termal pulpa duyarlılık testinde aşırı veya uzun süreli tepki (geri dönüşümsüz pulpitis göstergesi olabilir) (Björndal ve ark. 2010, Swedish Council on Health Technology Assessment 2010).

Büyütme sistemleri (örneğin, dental lup veya mikroskop) ideal olarak tüm süreç boyunca kullanılmalı ve rubber dam (lastik örtü) ile kontaminasyon kontrolü sağlanmalıdır.Derin çürük tedavisinde steril aletlerle aseptik olarak yapılmalı, diş dezenfekte edilmeli ve rubber dam ile izole edilmelidir.İrreversibl (geri dönüşümsüz) pulpitis belirtileri gösteren, rubber dam uygulanamayan ve çürük temizleme sırasında çürükle kontamine olmuş steril olmayan aletlerin kullanıldığı pulpa açılması durumunda, aseptik olarak pulpektomi yapılmalıdır. Alternatif bir yaklaşım olarak, koronal pulpada sınırlı irreversibl inflamasyonun bulunduğu vakalarda tam

pulpotomi başarılı sonuçlar verebilir; ancak bu yöntemin standart bir tedavi seçeneği haline gelebilmesi için uzun dönemli, prospektif ve randomize klinik çalışmalara dayalı daha güçlü kanıtlara ihtiyaç duyulmaktadır. Aşırı derin çürük lezyonların tedavisi için, büyütme, dezenfeksiyon solüsyonu ve hidrolik kalsiyum silikat siman kullanımını ekleyen geliştirilmiş bir protokol şiddetle tavsiye edilir.

Vital Pulpa Tedavisinde (VPT) hangi materyalleri kullanmalıyız?

Rezin bazlı kompozitler ve dentin bonding ajanlar, açık pulpa tedavisinde araştırılmıştır, ancak sitotoksiste (Krifka ve ark. 2012), yara bölgesinde dentin oluşumunun olmaması ve kötü klinik sonuçlar (De Souza Costa ve ark. 2000) nedeniyle artık kontrendikedir. Mineral trioksit agregat (MTA) gibi hidrolik kalsiyum silikat materyalleri, açık pulpa tedavisinde kalsiyum hidroksite kıyasla üstün histolojik (Aeinehchi ve ark. 2003, Nair ve ark. 2008) ve klinik sonuçlar (Cho ve ark. 2013, Hilton ve ark. 2013, Mente ve ark. 2014, Kundzina ve ark. 2017) göstermiştir. Vital Pulpa Tedavisinde, özellikle pulpa açığa çıkmışsa, hidrolik kalsiyum silikat esaslı materyaller (MTA gibi) diğer materyallere göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak indirekt pulpa kaplaması gibi durumlarda cam iyonomer simanlar da düşünülebilir.

VPT prosedürleri, işlem sonrası 6 ve 12 ayda ve daha sonraki 4 yıl boyunca (gerekirse) yıllık aralıklarla değerlendirilmelidir. Pulpa canlılığının değerlendirilmesinde, dişin normal sınırlar içerisinde pulpa hassasiyet testine pozitif yanıt vermesi beklenir. Ancak, özellikle ileri yaştaki bireylerde ya da çok yüzeyle resin bazlı kompozit ve seramik restorasyonlar bulunan dişlerde yanıtsızlık gözlemlenebilir. Ayrıca, tam pulpotomi uygulanmış dişlerde bu testten yanıt alınamamasının olağan bir durum olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Hasta ağrı ve diğer semptomlardan arınmış olmalıdır; apikal periodontitis ve internal kök rezorpsiyonu

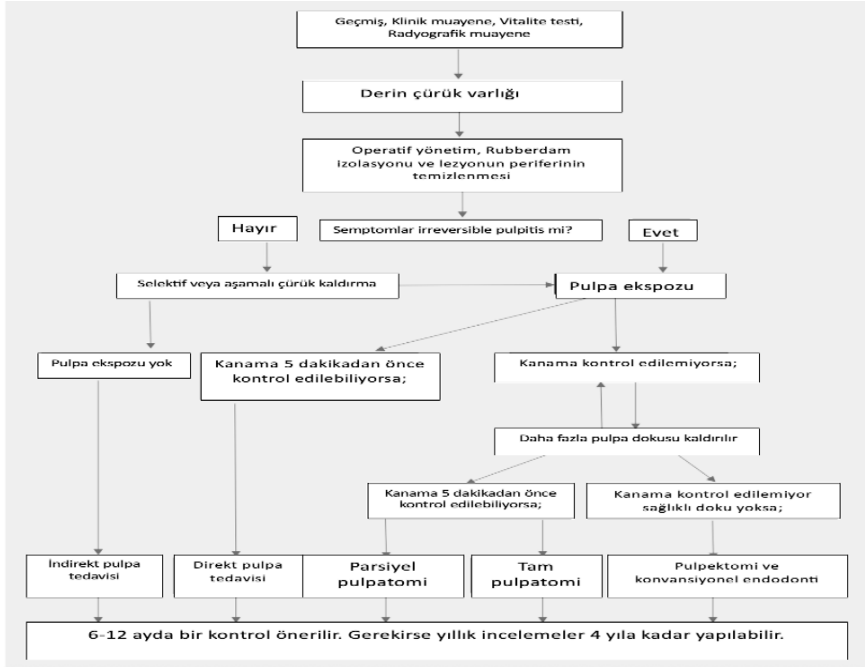
belirtileri olmamalıdır ve immatür dişlerde, devam eden kök oluşumunun radyolojik kanıtı da olmalıdır (European Society of Endodontology 2006). En az 1 yıl sonra semptomların olmaması ve pulpa vitalitesinin korunması olarak tanımlanan başarı, seçici, tek ve iki aşamalı çürük çıkarma prosedürleri için %70-90 civarındadır (Björndal ve ark. 2010, Maltz ve ark. 2012, Hashem ve ark. 2015, Björndal ve ark. 2017, Ali ve ark. 2018, Hashem ve ark. 2018). Vital Pulpa Tedavisinin başarısı büyük oranda vakanın doğru seçimine, kullanılan materyale ve tedavi protokolüne bağlıdır. Başarı oranları yüksek olsa da, düzenli takip ve değerlendirme önemlidir. Son kanıtlar, irreversibl pulpitis belirti ve semptomları olan dişlerde bile, 1 yıl sonra tam pulpotominin başarısının %75-95 arasında değiştiğini göstermektedir (Asgary & Eghbal 2013, Asgary ve ark. 2015, 2017, 2018, Galani ve ark. 2017, Linsuwanont ve ark. 2017, Qudeimat ve ark. 2017, Taha ve ark. 2017).

Pulpa canlılığını korumak: Vital pulpa tedavileri

VPT'lerin başarısı, açıkta kalan pulpanın herhangi bir potansiyel bakteriyel kontaminasyonunu yönetmenin yanı sıra iltihabı kontrol etme yeteneğine dayanır. Derin çürüklerin yönetiminde olduğu gibi, VPT'nin düşünüldüğü yerlerde rubber dam kullanımı zorunludur (Duncan&ark., 2019). Bakteriyel kontaminasyonu sınırlamanın yanı sıra, sodyum hipoklorit kullanılarak yeterli dezenfeksiyona olanak tanır ve kesin restorasyon için nem kontrolünü artırır. İnterproksimal çürük lezyonunun derinliğinden dolayı etkili rubber dam izolasyonu hemen mümkün değilse, lezyonun çevresi pulpadan uzak durarak sağlam diş yapısına kadar temizlendikten sonra merkezi olarak çürük çıkarma işlemine devam etmeden önce etkili rubber dam izolasyonuna izin verecek şekilde yönetilmelidir (Bailey & O'Connor, 2019). Derin çürükleri yönetmek için seçenekleri kapsayan önerilen karar ağacı aşağıdaki gibidir. (4.Tablo) Kanamanın kontrol edilemeyen pulpa maruziyeti üzerine, kontrol edilebilir kanamaya ulaşılan kadar daha fazla pulpanın rezekse edilmesi ve “sağlıklı”

dokuya ulaşılması gerektiğini unutulmamalıdır. Kısmi veya tam pulpotomi prosedürleri artık bir seçenektir. 'Sağlıklı' dokuya asla ulaşılmadığı yerde, pulpektomi ve geleneksel endodonti belirtilir

4.TABLO:Derin Çürüklerde Karar ağacı



(Edwards&ark., 2021)

VPT için malzeme seçiminde önemli hususlar vardır. Pulpal iyileşmeyi destekleyecek biyouyumlu malzemeler gereklidir. Ca(OH)₂ ve CSC'ler çeşitli derecelerde başarı ile kullanılmıştır.

CSC'ler, özellikle mikroorganizmaların girişini önlemede önemli olabilecek Ca(OH)₂ ile karşılaştırıldığında mükemmel sızdırmazlık yeteneğine sahiptir (Al-Hezaimi&ark.,2005),(Ferk Luketic&ark., 2008). CSC'ler, esas olarak fakültatif anaeroblara karşı orta derecede antibakteriyel olarak kabul edilir (Parirokh & Torabinejad, 2010) ve Ca(OH)₂'den daha yüksek biyouyumluluğa sahip oldukları

bildirilmektedir. CSC'lerle VPT'lerin bir endişesi, bir dentin bariyerinin oluşumunu aktif olarak teşvik ettikleri göz önüne alındığında, pulpa sklerozu nedeniyle gerekecek diğer tedavileri zorlaştırabilir. Bu nedenle sonraki endodonti daha komplike olabilir.Bilgiler ışığında bir karşılaştırma yaparsak (5.Tablo);

5.TABLO:Kalsiyum hidroksit ve kalsiyum silikat siman karşılaştırması

	Kalsiyum hidroksit	Kalsiyum silikat simanlar
Sızdırmazlık yeteneği	Fakir	İyi
Basınç dayanımı	Düşük	Yüksek
Çözünürlük	Yüksek	Düşük
Biyouyumluluk	Orta	Yüksek
Antibakteriyel özellikler	İyi	İyi
Sertleşme zamanı	Hızlı	Orta
Dentin köprüsü	Yavaş oluşum, tahmin edilemez, düşük kalite, ince	Hızlı oluşum, öngörülebilir, yüksek kalite, kalın

Yaş, indirekt pulpa kaplamaları (İPK), seçici çürük temizleme veya kademeli çürük temizleme kullanarak derin çürük yönetimine kıyasla, VPT'lerin başarısı için daha önemli bir prognostik gösterge olabilir (Bjørndal, Fransson&ark., 2017). Dişler, olgunluklarına, vaskülaritelerine ve önceki dejenerasyon derecesine bağlı olarak VPT'ye farklı yanıt verebilir (Cho,&ark., 2013). Daimî bir diş ne kadar yaşlıysa, pulpa içinde o kadar fazla sekonder ve potansiyel olarak tersiyer dentin bulunur. Artan pulpal fibroz ile birlikte bu durum, rejeneratif kapasitesi için anahtar olarak kabul

edilen kan akışında azalmaya neden olur (Goodis, Kahn, & Simon, 2012),(Ricketts, 2001). Bunun klinik sonuçlara nasıl yansıdığı tartışılmıştır, ancak yaşla birlikte başarının azaldığını gösteren önemli kanıtlar vardır (Mejäre & Cvek, 1993),(Marques, Wesselink, & Shemesh, 2015).

VPT için , beş dakika boyunca %0,5-5 sodyum hipoklorit (ilk tercih) veya %0,2-2 klorheksidin ile ıslatılmış bir pamuk pelet kullanarak kanamayı kontrol etmeye çalışmayı önermektedir (Duncan&ark., 2019). Sodyum hipoklorit veya klorheksidin kullanımı, dentin ve yüzeysel pulpayı dezenfekte ederken aynı zamanda kanamayı da kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Kalsiyum Silikat Siman (CSC) kullanılan Vital Pulpa Tedavileri (VPT), dişin izolasyonu mümkün olduğunda ve kanama kontrol altına alınabildiğinde, canlı diş pulpasının açık maruziyetleri için öncelikli tedavi seçeneği olarak düşünülmelidir (Edwards&ark., 2021)

NaOCl mi steril salın mı ?

Ballal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, çürükle ekspozе pulpaya maruz kalan ağırlı olmayan daimi posterior dişlerde pulpa lavajı üzerine pulpa sağkalımını değеrlendirilmiştir. Başlangıçta çalışmaya dahil edilen 96 hastadan 73'ü düzenli olarak takip edilebilmiştir. Klinik gözlemler, 2,5% NaOCl ile yapılan pulpa lavajının, fizyolojik serum ile gerçekleştirilen kontrol tedavisine kıyasla 1500 gün sonrası tahmini pulpa sağkalımı üzerinde olumlu ve kalıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Pulpa sağkalımı, fizyolojik serum grubunda %7 (95% CI, %1–%40) iken, NaOCl grubunda %55 (95% CI, %30–%100) olarak tespit edilmiştir (Ballal &ark., 2024) NaOCl ile yapılan lavaj, etkilenen pulpanın sağkalımını önemli ölçüde artırmakla kalmamış, aynı zamanda ağırlı başarısızlık oranlarını da belirgin şekilde azaltmıştır.MMP-9 değеrlendirmelerinin erken tedavi başarısızlıkları dışında tahmin edici bir değеr taşıması, derin çürük altındaki pulpa dokusunun

inflatuar durumuna işaret etmektedir. Bu inflamasyon, nötrofil infiltrasyonu ile doğrudan ilişkili olmayan bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Ballal &ark., 2024)

Bu çalışmada, pulpa mineral trioksit agregası (MTA) ile kapatılmış ve dişler hemen ve kalıcı olarak kompozit rezin ile restore edilmiştir. Test edilen dişlerinde, kavite - %2,5 NaOCl solüsyonu ile yıkanmış ve kontrol dişlerinde ise steril fizyolojik salin solüsyonu kullanılmıştır. Pulpanın NaOCl ile yıkandığı vakalarda %89'luk yüksek bir yıllık başarı oranı görülmüştür. Buna karşılık, salin ile yıkanan çürük ekspozları, 1 yıl sonra yalnızca %55'lik bir tedavi başarısı ile sonuçlanmıştır. (Ballal &ark., 2024) Pulpa sağkalımı için Kaplan-Meier analizinde 1500 gün (4,1 yıl) sonra salin tedavisi için %7 iken %2,5 NaOCl tedavisi için %55 olmuştur (Ballal &ark., 2024)

Sonuç olarak, bu randomize çalışmanın uzun süreli ve devam eden gözlemleri, MTA ile doğrudan pulpa kaplamasıyla tedavi edilen pulpaya yakın çürükleri olan ağrısız daimî dişlerde, %2,5 NaOCl ile pulpa lavajının, fizyolojik salin solüsyonuyla yapılan kontrol tedavisine kıyasla pulpa sağkalımı üzerinde yararlı ve sürekli bir etkisi olduğunu göstermektedir. NaOCl lavajı, müdahaleden 1500 gün sonra etkilenen pulpaların sağkalımını önemli ölçüde artırmakla kalmamış, aynı zamanda ağrılı başarısızlıkları da özellikle azaltmıştır (NaOCl grubunda %33'e karşı salin grubunda %62).Ayrıca, maruz kalan bölgeden toplanan pulpa sıvısındaki yüksek MMP-9/TP değerleri, müdahaleden 250 gün sonra meydana gelen başarısızlıklarla ilişkili görünmemektedir, bu da MMP-9 değerlendirmeleriyle yansıtılmayan ve daha fazla araştırma gerektiren enflatuar durumlara ve pulpa dokusu bozulmasına işaret etmektedir (Ballal &ark., 2024)

KAYNAKLAR

Aeinehchi, M., Eslami, B., Ghanbariha, M., & Saffar, A. S. (2003). Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: A preliminary report. *International Endodontic Journal*, 36(3), 225–231. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00652.x>

Aida, M., Odaki, M., Fujita, K., Kitagawa, T., Teshima, I., Suzuki, K., et al. (2009). Degradation-stage effect of self-etching primer on dentin bond durability. *Journal of Dental Research*, 88(5), 443–448. <https://doi.org/10.1177/0022034509337146>

Al-Hezaimi, K., Naghshbandi, J., Oglesby, S., Simon, J. H. S., & Rotstein, I. (2005). Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *Journal of Endodontics*, 31(6), 453–456.

Ali, A., Mokeem, S. A., & Abduljabbar, T. (2018). A 1-year multicenter randomized controlled trial of partial caries removal with different materials in primary teeth. *Clinical Oral Investigations*, 22(5), 1997–2005. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2285-6>

Aljawad, A., & Rees, J. S. (2016). Retrospective study of the survival and patient satisfaction with composite dahl restorations in the management of localised anterior tooth wear. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 24, 222–229.

Alomari, Q. D., Barrieshi-Nusair, K., & Ali, M. (2011). Effect of C-factor and LED curing mode on microleakage of Class V resin composite restorations. *European Journal of Dentistry*, 5, 400–408.

Alonso, V., Darriba, I. L., & Caserío, M. (2017). Retrospective evaluation of posterior composite resin sandwich

restorations with Herculite XRV: 18-year findings. *Quintessence International*, 48, 93–101.

Asgary, S., & Eghbal, M. J. (2013). Treatment outcomes of vital pulp therapy using calcium-enriched mixture cement: A randomized clinical trial. *Iranian Endodontic Journal*, 8(4), 149–152.

Asgary, S., Eghbal, M. J., & Parirokh, M. (2017). Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with irreversible pulpitis: A pilot study. *Iranian Endodontic Journal*, 12(1), 30–35. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i1.11635>

Asgary, S., Eghbal, M. J., Fazlyab, M., Baghban, A. A., & Ghoddusi, J. (2015). Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: A non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 19(2), 335–341. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1246-1>

Asgary, S., Nourzadeh, M., & Eghbal, M. J. (2018). Mineral trioxide aggregate pulpotomy in primary molars: A 10-year clinical study. *Journal of Endodontics*, 44(6), 951–955. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.002>

Bailey, O., & O'Connor, C. (2019). Sub-gingival, interproximal, direct composite restorations: Papilla management - a key concept for success. *British Dental Journal*, 226(11), 933–937.

Baldissera, R. A., Corrêa, M. B., Schuch, H. S., Collares, K., Nascimento, G. G., Jardim, P. S., et al. (2013). Are there universal restorative composites for anterior and posterior teeth? *Journal of Dentistry*, 41, 1027–1035.

Ballal, N. V., Duncan, H. F., Wiedemeier, D. B., Rai, N., Jalan, P., Bhat, V., Belle, V. S., & Zehnder, M. (2024). 4-Year pulp survival in a randomized trial on direct pulp capping. *Journal of Endodontics*, 50(1), 4–9. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.10.008>

Ballal, N. V., Kundabala, M., Bhat, K. S., & Rao, N. (2017). A comparative analysis of biochemical markers and histologic diagnosis of pulpitis. *Journal of Endodontics*, 43(4), 552–556. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.006>

Barros, M. M. A. F., De Queiroz Rodrigues, M. I., Muniz, F. W. M. G., & Rodrigues, L. K. A. (2019). Selective, stepwise or nonselective removal of carious tissue: Which technique offers lower risk for the treatment of dental caries in permanent teeth? A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 24, 521–534.

Bjørndal, L., Demant, S., Dabelsteen, S., & Qvist, V. (2010). Depth and activity of carious lesions as indicators for the restorative treatment decision and prognosis of pulp therapy. *International Endodontic Journal*, 43(5), 470–478. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01702.x>

Bjørndal, L., Fransson, H., Bruun, G., et al. (2017). Randomized clinical trials on deep carious lesions: 5-year follow-up. *Journal of Dental Research*, 96(7), 747–753.

Bjørndal, L., Reit, C., Bruun, G., Markvart, M., Kjaeldgaard, M., Näsman, P., & Fransson, H. (2017). Treatment of deep caries lesions in adults: Randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *Journal of Dental Research*, 96(7), 747–753. <https://doi.org/10.1177/0022034517690012>

Blum, I. R., & Wilson, N. H. F. (2018). An end to linings under posterior composites? *Journal of the American Dental Association*, 149, 209–213.

Boushell, L. W., Heymann, H. O., Ritter, A. V., Sturdevant, J. R., Swift, E. J., Wilder, A. D., et al. (2016). Six-year clinical

performance of etch-and-rinse and self-etch adhesives. *Dental Materials*, 32, 1065–1072.

Büyükgöral, B., & Cehreli, Z. C. (2008). Effect of different adhesive protocols vs calcium hydroxide on primary tooth pulp with different remaining dentin thicknesses: 24-month results. *Clinical Oral Investigations*, 12, 91-96.

Cadenaro, M., Antonioli, F., Sauro, S., Tay, F. R., Di Lenarda, R., Prati, C., et al. (2005). Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *European Journal of Oral Sciences*, 113(6), 525–530. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2005.00251.x>

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.

Cadenaro, M., Josic, U., Maravić, T., Mazzitelli, C., Marchesi, G., Mancuso, E., et al. (2023). Progress in dental adhesive materials. *Journal of Dental Research*, 102(3), 254–262. <https://doi.org/10.1177/00220345221145673>

Cao, Y., Bogen, G., Lim, J., Shon, W. J., & Kang, M. K. (2016). Biyoseramik malzemeler ve hayati pulpa tedavisinde değişen kavramlar. *Journal of the California Dental Association*, 44(5), 279–290.

Cardenas, A., Siqueira, F., Nuñez, A., Nonato, R. F., Cavalcanti, K., Soares, J., et al. (2022). Işınım ve maruz kalma sürelerinin dentin ile üniversal adezivlerin mekanik ve adeziv özellikleri üzerindeki etkisi. *Operative Dentistry*, 47, 412–424. <https://doi.org/10.2341/21-042-1>

Casagrande, L., Bento, L. W., Dalpian, D. M., García-Godoy, F., & de Araujo, F. B. (2010). Sıt dişlerde dolaylı pulpa tedavisi: 4 yıllık sonuçlar. *Ben J Dent*, 23(1), 34–38.

Casagrande, L., Falster, C. A., Di Hipolito, V., De Góes, M. F., Straffon, L. H., Nör, J. E., & Borba de Araujo, F. (2009). Effect of adhesive restorations over incomplete dentin caries removal: 5-year follow-up study in primary teeth. *Journal of Dentistry for Children*, 76(2), 117-122.

Casagrande, L., Bento, L. W., Rerin, S. O., Lucas, E. R., Dalpian, D. M., & de Araujo, F. B. (2008). Primer azı dişlerinde demineralize dentin üzerinde kalsiyum hidroksite karşı kendi kendine aşındırılmış bir astar kullanılarak dolaylı pulpa tedavisinin in vivo sonuçları. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 33(2), 131–135. <https://doi.org/10.17796/jcpd.33.2.82r1tp71x75m5345>

Cavalcanti, K., Pulido, C., Moreira, P. H. A., Monteles, C. F., Salvatierra, B. L. C., Siqueira, F. S. F., et al. (2023). Effect of irradiance and exposure time on the adhesive properties of universal adhesives after 2 years of storage. *Clinical Oral Investigations*, 27, 5223–5232. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05142-8>

Cho, S. Y., Seo, D. G., Lee, S. J., Lee, J., Lee, D. Y., Kim, E. C., & Lee, Y. (2013). Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *Journal of Endodontics*, 39(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.020>

Chompu-inwai, P., Boonsongsawat, K., Sastraruji, T., Sophasri, T., Mankaen, S., Nondon, S., Tunlek, S., & Katwong, S. (2015). Asemptomatik derin çürük veya geri dönüşümlü pulpitis olan primer azı dişlerinde iki yıl boyunca karşılaştırılan üç eksik çürük giderme tekniği. *Pediatric Dentistry*, 37(5), 41–48.

Da Cunha, C. M. B. L., Wambier, L. M., Matos, T. P., Malaquias, P., Reis, A., Loguercio, A. D., Wambier, D. S., & Chibinski, A. C. R. (2022). Süt dişlerinin oklüzal ve oklüzo-proksimal restorasyonlarında yeni çift kür reçine bazlı malzeme: randomize bir klinik çalışmanın sonuçları. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(1), 38–46.

Da Rosa, W. L. O., Lima, V. P., Moraes, R. R., Piva, E., & da Silva, A. F. (2019). Derin çürük lezyonlarının tedavisinde kalsiyum hidroksit astarı gerekli midir? Sistematik bir inceleme ve meta-analiz. *International Endodontic Journal*, 52(5), 588–603.

De Souza Costa, C. A., Hebling, J., Scheffel, D. L. S., Soares, D. G., Basso, F. G., & Ribeiro, A. P. D. (2000). Cytotoxicity of resin-based materials to pulp cells. *Journal of Applied Oral Science*, 8(2), 113–119. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572000000200005>

Demarco, F. F., Cenci, M. S., Montagner, A. F., de Lima, V. P., Correa, M. B., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. M. (2023). Longevity of composite restorations is definitely not only about materials. *Dental Materials*, 39(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2022.11.009>

Demarco, F. F., Collares, K., Correa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. (2017). Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Brazilian Oral Research*, 31, e56.

Demarco, F. F., Corrêa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. (2012). Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dental Materials*, 28, 87–101.

Dreweck, F. D. S., Burey, A., de Oliveira Dreweck, M., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2021). Servikal lezyonlarda adeziv stratejiler: sistematik derleme ve randomize kontrollü çalışmaların bir ağ meta analizi. *Clinical Oral Investigations*, 25, 2495–2510. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03844-5>

Duncan, H. F., Galler, K. M., Tomson, P. L., et al. (2019). European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *International*

Edwards, D., Stone, S., Bailey, O., et al. (2021). Preserving pulp vitality: part one - strategies for managing deep caries in permanent teeth. *British Dental Journal*, 230, 77–82. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-2590-7>

European Society of Endodontology (ESE); Duncan, H. F., Galler, K. M., Tomson, P. L., Simon, S., El-Karim, I., Kundzina, R., Krastl, G., Dammaschke, T., Fransson, H., Markvart, M., Zehnder, M., & Bjørndal, L. (2019). European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *International Endodontic Journal*, 52(7), 923–934. <https://doi.org/10.1111/iej.13080>

European Society of Endodontology. (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 39(12), 921–930. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x>

Falster, C. A., Araujo, F. B., Straffon, L. H., & Nör, J. E. (2002). Dolaylı kağıt hamuru tedavisi: dentin-pulpa kompleksinin korunması için yapışkan reçine sisteminin in vivo sonuçları ve kalsiyum hidroksit. *Pediatric Dentistry*, 24(3), 241–248.

Ferk Luketic, S., Malcic, A., Jukic, S., Anic, I., Segovic, S., & Kalenic, S. (2008). Coronal microleakage of two root-end filling materials using a polymicrobial marker. *Journal of Endodontics*, 34(2), 201–203.

Ferreira, S. Q., Costa, T. R., Klein-Junior, C. A., Accorinte, M., Meier, M. M., Loguercio, A. D., et al. (2011). Improvement of exposure times: effects on adhesive properties and resin-dentin bond

strengths of etch-and-rinse adhesives. *Journal of Adhesive Dentistry*, 13, 235–241. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a19229>

Frankenberger, R., Reinelt, C., Petschelt, A., & Krämer, N. (2009). Operator vs. material influence on clinical outcome of bonded ceramic inlays. *Dental Materials*, 25, 960–968.

Fujiwara, S., Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., et al. (2018). Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 77, 501–509.

Galani, M., Tewari, S., Sangwan, P., Mittal, S., Duhan, J., & Kumar, V. (2017). Clinical outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with irreversible pulpitis: A systematic review. *Journal of Endodontics*, 43(12), 1936–1941. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.013>

Ghavamnasiri, M., Maleknejad, F., Ameri, H., Moghaddas, M. J., Farzaneh, F., & Chasteen, J. E. (2011). A retrospective clinical evaluation of success rate in endodontic-treated premolars restored with composite resin and fiber reinforced composite posts. *Journal of Conservative Dentistry*, 14, 378–382.

Goodis, H. E., Kahn, A., & Simon, S. (2012). Aging and the pulp. In H. M. Hargreaves, H. E. Goodis & F. R. Tay (Eds.), *Seltzer and Bender's Dental Pulp* (2nd ed., pp. xx–xx). Berlin: Quintessence.

Goracci, G., & Mori, G. (1996). Reçine-dentin ve kalsiyum hidroksit dentin arayüzünün reçine kompozit restorasyonları ile taramalı elektron mikroskopik değerlendirmesi. *Quintessence International*, 27(2), 129–135.

Grech, L., Mallia, B., & Camilleri, J. (2013). Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dental Materials*, 29, 20–28.

Green, D. J., & Banerjee, A. (2011). Contemporary adhesive bonding: bringing the gap between research and clinical practice. *Dental Update*, 38, 439–450.

Gurgan, S., Koc Vural, U., Kutuk, Z. B., & Cakir, F. Y. (2021). Does a new formula have an input in the clinical success of posterior composite restorations? A CHAT study. *Clinical Oral Investigations*, 25, 1715–1727.

Hardan, L., Orsini, G., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C. E., Nicastro, M., Lazarescu, F., et al. (2022). Seçici dentin aşındırma sonrası aktif bonding uygulamasının iki üniversal adezivinin dentine anlık ve uzun süreli bağlanma dayanımına etkisi. *Polymers*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/polym14061129>

Hashem, D., Mannocci, F., Patel, S., Manoharan, A., Brown, J. E., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2015). Clinical and radiographic assessment of the efficacy of calcium silicate indirect pulp capping: a randomized controlled clinical trial. *Journal of Dentistry*, 43(3), 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.12.015>

Hashem, D., Mannocci, F., Patel, S., Manoharan, A., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2019). Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: A randomised controlled clinical trial 2-year results. *Clinical Oral Investigations*, 23, 1931–1939.

Hashem, D., Patel, S., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2018). Evaluation of the effect of different bioactive materials on human dental pulp stem cells. *Journal of Endodontics*, 44(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.033>

Hass, V., Luque-Martinez, I., Sabino, N. B., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2012). Prolonged exposure times of one-step self-etch adhesives on adhesive properties and durability of dentine

bonds. *Journal of Dentistry*, 40(12), 1090–1102.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.09.003>

Hass, V., Matos, T. P., Parreiras, S. O., Szesz, A. L., de Souza, J. J., Gutiérrez, M. F., et al. (2022). An 18-month clinical evaluation of prolonged polymerization of a universal adhesive in non-carious cervical lesions: a double-blind randomized clinical trial. *Dental Materials*, 38(1), 68–78.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.10.012>

Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Mancl, L. (2013). A PBRN randomized clinical trial of direct pulp capping comparing calcium hydroxide with mineral trioxide aggregate. *Journal of Dental Research*, 92(Spec Iss), 16S–22S.

Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Mancl, L. (2013). Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: A PBRN randomized clinical trial. *Journal of Dental Research*, 92(7_suppl), 16S–22S. <https://doi.org/10.1177/0022034513484336>

Hincapié, S., Fuks, A., Mora, I., Bautista, G., & Socarras, F. (2015). Teaching and practice guidelines for pulp therapy in primary teeth in Colombia - South America. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 25(2), 87–92.
<https://doi.org/10.1111/ipd.12103>

Innes, N. P. T., Ricketts, D., & Evans, D. J. (2016). Selective caries removal in permanent teeth: A systematic review of the literature. *Journal of Dentistry*, 48, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.02.002>

Jirathanyanatt, T., Suksaphar, W., Banomyong, D., & Ngoenwiwatkul, Y. (2019). Endodontically treated posterior teeth restored with or without crown restorations: A 5-year retrospective study of survival rates from fracture. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 10, e12426.

Kanzow, P., & Wiegand, A. (2020). Retrospective analysis on the repair vs. replacement of composite restorations. *Dental Materials*, 36, 108–118.

Kaup, M., Dammann, C. H., Schafer, E., & Dammaschke, T. (2015). Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head & Face Medicine*, 11, 14.

Kim, J. H., Cho, J., Lee, Y., & Cho, B. H. (2017). The survival of Class V composite restorations and analysis of marginal discoloration. *Operative Dentistry*, 42, E93–E101.

Kojic, D. D., El-Mowafy, O., Price, R., & El-Badrawy, W. (2021). The ability of dental practitioners to light-cure simulated restorations. *Operative Dentistry*, 46, 160–172.

Krifka, S., Hiller, K. A., Bolay, C., Pfaller, K., Spagnuolo, G., & Schmalz, G. (2012). Resin-based composites: Effect of surface sealants on water sorption and cytotoxicity. *Acta Biomaterialia*, 8(8), 3449–3455. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2012.05.001>

Kundzina, R., Stangvaltaite, L., Eriksen, H. M., & Kerosuo, E. (2017). Pulp capping with mineral trioxide aggregate vs. calcium hydroxide: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 43(6), 923–930. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.036>

Laske, M., Opdam, N. J. M., Bronkhorst, E. M., Braspenning, J. C. C., & Huysmans, M. C. D. N. J. M. (2016). Ten-year survival of Class II restorations placed by general practitioners. *JDR Clinical & Translational Research*, 1, 292–299.

Laske, M., Opdam, N. J. M., Bronkhorst, E. M., Braspenning, J. C. C., & Huysmans, M. C. D. N. J. M. (2019). Risk factors for dental restoration survival: A practice-based study. *Journal of Dental Research*, 98(4), 414–422.

Laske, M., Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Braspenning, J. C., & Huysmans, M. C. (2016). Longevity of direct restorations in Dutch dental practices: Descriptive study out of a practice-based research network. *Journal of Dentistry*, 46, 12–17.

Lempel, E., Lovász, B. V., Bihari, E., Krajczár, K., Jeges, S., Tóth, Á., et al. (2019). Long-term clinical evaluation of direct resin composite restorations in vital vs. endodontically treated posterior teeth: Retrospective study up to 13 years. *Dental Materials*, 35, 1308–1318.

Lempel, E., Lovász, B. V., Meszarics, R., Jeges, S., Tóth, Á., & Szalma, J. (2017). Direct resin composite restorations for fractured maxillary teeth and diastema closure: A 7 years retrospective evaluation of survival and influencing factors. *Dental Materials*, 33, 467–476.

Lempel, E., Tóth, Á., Fábián, T., Krajczár, K., & Szalma, J. (2015). Retrospective evaluation of posterior direct composite restorations: 10-year findings. *Dental Materials*, 31, 115–122.

Light Curing – Guidelines for Practitioners. A Consensus Statement from the 2014 Symposium on Light Curing in Dentistry Held at Dalhousie University, Halifax, Canada. (2014). *ResearchGate*.
<https://www.researchgate.net/publication/265175705>

Lim, Z., Duncan, H., Moorthy, A., et al. (2023). Minimally invasive selective caries removal: a clinical guide. *British Dental Journal*, 234, 233–240. <https://doi.org/10.1038/s41415-023-5515-4>

Linsuwanont, P., Wimonstuthikul, W., Pothimoke, U., & Santiwong, B. (2017). Treatment outcomes of vital pulp treatment in permanent teeth with cariously exposed pulp: A follow-up of up to 24 months. *Journal of Endodontics*, 43(12), 1951–1957. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.022>

Loguercio, A. D., Munoz, M. A., Luque-Martinez, I., Hass, V., Reis, A., & Perdigao, J. (2015). Üñiversal adezivlerin self-etch modunda mineye aktif olarak uygulanması performanslarını artırır mı? *Journal of Dentistry*, 43, 1060–1070. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.005>

Luque-Martinez, I. V., Perdigão, J., Muñoz, M. A., Sezinando, A., Reis, A., & Loguercia, A. D. (2015). Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dental Materials*, 30, 1126–1135.

Maltz, M., Alves, L. S., Jardim, J. J., Moura, M. S., & de Oliveira, E. F. (2011). Incomplete caries removal in deep lesions: A 10-year prospective study. *American Journal of Dentistry*, 24, 211–214.

Maltz, M., Alves, L. S., Jardim, J. J., Moura, M. S., & de Oliveira, E. F. (2012). Incomplete caries removal in deep lesions: A 10-year prospective study. *American Journal of Dentistry*, 25(3), 135–139.

Maltz, M., Garcia, R., Jardim, J. J., et al. (2012). Randomized trial of partial vs. stepwise caries removal: 3-year follow-up. *Journal of Dental Research*, 91, 1026–1031.

Maltz, M., Koppe, B., Jardim, J. J., et al. (2018). Partial caries removal in deep caries lesions: A 5-year multicentre randomized controlled trial. *Clinical Oral Investigations*, 22, 1337–1343.

Marchesi, G., Frassetto, A., Mazzoni, A., Apolonio, F., Diolos`a, M., Cadenaro, M., et al. (2014). Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *Journal of Dentistry*, 42(5), 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.12.008>

Marchi, J. J., de Araujo, F. B., Fröner, A. M., Straffon, L. H., & Nör, J. E. (2006). Birincil dişlerde dolaylı pulpa kapağı: 4 yıllık

bir takip çalışması. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 31(2), 68–71. <https://doi.org/10.17796/jcpd.31.2.y4um5076341226m5>

Marques, M. S., Wesselink, P. R., & Shemesh, H. (2015). Outcome of direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: A prospective study. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1026–1031.

Matsuo, T., Nakanishi, T., Shimizu, H., & Ebisu, S. (1996). A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *Journal of Endodontics*, 22(10), 551–556. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80016-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80016-8)

Mehta, S. B., Bronkhorst, E. M., Lima, V. P., Crins, L., Bronkhorst, H., Opdam, N. J. M., Huysmans, M. D. N. J. M., & Loomans, B. A. C. (2021). The effect of pre-treatment levels of tooth wear and the applied increase in the vertical dimension of occlusion (VDO) on the survival of direct resin composite restorations. *Journal of Dentistry*, 111, 103712.

Mehta, S. B., Lima, V. P., Bronkhorst, E. M., Crins, L., Bronkhorst, H., Opdam, N. J. M., et al. (2021). Clinical performance of direct composite resin restorations in a full mouth rehabilitation for patients with severe tooth wear: 5.5-year results. *Journal of Dentistry*, 112, 103743.

Mejare, I., & Cvek, M. (1993). Partial pulpotomy in young permanent teeth with deep carious lesions. *Endodontics & Dental Traumatology*, 9(6), 238–242.

Mente, J., Hufnagel, S., Leo, M., Michel, A., Gebert, A., & Saure, D. (2014). Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: Long-term results. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1746–1751. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.019>

Miotti, L. L., Vissotto, C., De Nardin, L., et al. (2023). Does the liner material influence pulpal vitality in deep carious cavities

submitted to selective caries removal? A network meta-analysis review. *Clinical Oral Investigations*, 27, 7143–7156. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05372-w>

Modena, K. C. D., Casas-Apayco, L. C., Atta, M. T., et al. (2009). Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *Journal of Applied Oral Science*, 17, 544–554.

Mokeem, L. S., Garcia, I. M., & Melo, M. A. (2023). Degradation and failure phenomena at the dentin bonding interface. *Biomedicines*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/biomedicines11051256>

Montagner, A. F., Sande, F. H. V., Müller, C., Cenci, M. S., & Susin, A. H. (2018). Survival, reasons for failure and clinical characteristics of anterior/posterior composites: 8-year findings. *Brazilian Dental Journal*, 29, 547–554.

Moraes, R. R., Cenci, M. S., Moura, J. R., Demarco, F. F., Loomans, B., & Opdam, N. (2022). Clinical performance of resin composite restorations. *Current Oral Health Reports*, 9, 22–31.

Moreira, R. J., de Deus, R. A., Ribeiro, M. T. H., Braga, S. S. L., Schettini, A. C. T., Price, R. B., et al. (2021). Effect of light-curing unit design and mouth opening on the polymerization of bulk-fill resin-based composite restorations in molars. *Journal of Adhesive Dentistry*, 23, 121–131.

Moszner, N., Salz, U., & Zimmermann, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 895–910. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.001>

Nagarkar, S., Theis-Mahon, N., & Perdigão, J. (2019). Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 107(6), 2121–2131.

Naghipur, S., Pesun, I., Nowakowski, A., & Kim, A. (2016). Twelve-year survival of 2-surface composite resin and amalgam premolar restorations placed by dental students. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), 336-339.

Nair, P. N. R., Duncan, H. F., Pitt Ford, T. R., & Luder, H. U. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: A randomized controlled trial. *International Endodontic Journal*, 41(2), 128–150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01332.x>

Nakajima, M., Sano, H., Zheng, L., Tagami, J., & Pashley, D. H. (1999). Effect of moist vs dry bonding to normal vs caries-affected dentin with Scotchbond Multi-Purpose Plus. *Journal of Dental Research*, 78(7), 1298–1303.

Namgung, C., Rho, Y. J., Jin, B. H., Lim, B. S., & Cho, B. H. (2013). A retrospective clinical study of cervical restorations: Longevity and failure-prognostic variables. *Operative Dentistry*, 38, 376–385.

Ñaupari-Villasante, R., de Freitas, A., Hass, V., Matos, T. P., Parreiras, S. O., Reis, A., et al. (2024). Prolonged polymerization of a universal adhesive in non-carious cervical lesions: 36-month double-blind randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 142, 104823. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104823>

Nikolaenko, S. A., Lohbauer, U., Roggendorf, M., Petschelt, A., Dasch, W., & Frankenberger, R. (2004). Influence of C-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dental Materials*, 20, 579–585.

Opdam, N. J. M., van de Sande, F. H., Bronkhorst, E., et al. (2014). Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 93, 943–949.

Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Loomans, B. A., & Huysmans, M. C. (2010). 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *Journal of Dental Research*, 89, 1063–1067.

Pallesen, U., & van Dijken, J. W. (2015). A randomized controlled 30 years follow-up of three conventional resin composites in Class II restorations. *Dental Materials*, 31, 1232–1244.

Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review - Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of Endodontics*, 36(1), 16–27.

Perdigão, J., Munoz, M. A., Sezinando, A., Luque-Martinez, I. V., Staichak, R., Reis, A., et al. (2014). Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Operative Dentistry*, 39(5), 489–499. <https://doi.org/10.2341/13-203-LR>

Petrou, M. A., Alhamoui, F. A., Welk, A., Altarabulsi, M. B., Alkilzy, M., & Splieth, C. H. (2014). A randomized clinical trial on the use of medical portland cement, MTA and calcium hydroxide in indirect pulp treatment. *Clinical Oral Investigations*, 18, 1383–1389.

Peumans, M., De Munck, J., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2012). A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in non-carious Class V lesions. *Clinical Oral Investigations*, 16, 129–137.

Qudeimat, M. A., Alyahya, A., Hasan, A. A., & Barrieshi-Nusair, K. (2017). A prospective study of the outcomes of full pulpotomy using mineral trioxide aggregate in cariously exposed permanent molars. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 18(1), 29–35. <https://doi.org/10.1007/s40368-016-0265-7>

Qudeimat, M. A., Barrieshi-Nusair, K. M., Owais, A. I., & Al-Hiyasat, A. S. (2017). Mineral trioxide aggregate pulpotomy for

permanent molars with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: A preliminary study. *International Endodontic Journal*, 50(2), 126–134. <https://doi.org/10.1111/iej.12510>

Raju, V. G., Venumbaka, N. R., Mungara, J., Vijayakumar, P., Rajendran, S., & Elangovan, A. (2014). Comparative evaluation of shear bond strength and microleakage of tricalcium silicate-based restorative material and radiopaque posterior glass ionomer restorative cement in primary and permanent teeth: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 32, 304–310.

Rechenberg, D. K., Zehnder, M., & Krastl, G. (2016b). Potential systematic error in assessment of the pulp status using pulp sensitivity tests. *Journal of Endodontics*, 42(8), 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.006>

Ricketts, D. (2001). Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. *British Dental Journal*, 191(11), 606–610.

Ricucci, D., Loghin, S., & Siqueira Jr., J. F. (2014). Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *Journal of Endodontics*, 40(12), 1932–1939. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.019>

Ricucci, D., Siqueira, J. F. Jr., Loghin, S., & Berman, L. H. (2015). The cracked tooth: Histopathologic and histobacteriologic aspects. *Journal of Endodontics*, 41(3), 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.021>

Saikaew, P., Fu, J., Chowdhury, A., Carvalho, R. M., & Sano, H. (2019). Effect of air-blowing time and long-term storage on bond strength of universal adhesives to dentin. *Clinical Oral Investigations*, 23, 2629–2635. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2656-y>

Sampaio, P. C. P., Kruly, P. C., Ribeiro, C. C., Hilgert, L. A., Pereira, P. N. R., Scaffa, P. M. C., et al. (2017). Comparative bonding ability to dentin of a universal adhesive system and monomer conversion as functions of extended light curing times and storage. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 75, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.06.033>

Schenkel, A. B., & Veitz-Keenan, A. (2019). Dental cavity liners for Class I and Class II resin-based composite restorations. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010526.pub2>

Schwendicke, F., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., ... & Banerjee, A. (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., Göstemeyer, G., & Gluud, C. (2015). Çürük lezyonlarını kazdıktan sonra boşluk astarı: randomize klinik çalışmaların meta-analizi ve deneme sıralı analizi. *Journal of Dentistry*, 43(11), 1291–1297. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.07.017>

Schwendicke, F., Meyer-Lueckel, H., Dörfer, C., & Paris, S. (2013). Derin dentin çürüklerinin çıkarılmasına ilişkin tutumlar ve davranışlar: Alman diş hekimleri arasında yapılan bir anket. *Caries Research*, 47(6), 566–573. <https://doi.org/10.1159/000351662>

Seltzer, S., Bender, I. B., & Ziontz, M. (1963). The dynamics of pulp inflammation: Correlations between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16(7), 846–871. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(63\)90201-6](https://doi.org/10.1016/0030-4220(63)90201-6)

Sezinando, A., Luque-Martinez, I., Muñoz, M. A., Reis, A., Loguercio, A. D., & Perdigão, J. (2015). Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives. *Dental Materials*, 31(10), e236–e246. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.07.002>

Simon, S., Goodis, H. E., & Tay, F. R. (2012). *Seltzer and Bender's Dental Pulp* (2nd ed.). Berlin: Quintessence Publishing.

Singh, S., Mittal, S., & Tewari, S. (2019). Effect of different liners on pulpal outcome after partial caries removal: A preliminary 12-month randomised controlled trial. *Caries Research*, 53(5), 547–554. <https://doi.org/10.1159/000499131>

Suksaphar, W., Banomyong, D., Jirathanyanatt, T., & Ngoenwiwatkul, Y. (2018). Survival rates from fracture of endodontically treated premolars restored with full-coverage crowns or direct resin composite restorations: A retrospective study. *Journal of Endodontics*, 44, 233–238.

Swedish Council on Health Technology Assessment. (2010). *Methods of diagnosis and treatment in endodontics*. Stockholm: SBU.

Taha, N. A., & Khazali, M. A. (2017). Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: A randomized clinical trial. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1417–1421. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.015>

Taha, N. A., Khazali, M. A., & Yahya, N. A. (2017). Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis. *International Endodontic Journal*, 50(6), 546–556. <https://doi.org/10.1111/iej.12656>

Tjäderhane, L. (2015). Dentin bonding: Can we make it last? *Operative Dentistry*, 40, 4–18.

Torres, C. R. G., Mailart, M. C., Rocha, R. S., Sellan, P. L. B., Contreras, S. C. M., Di Nicoló, R., & Borges, A. B. (2020). Bir astarın derin dökme dolgu restorasyonları üzerindeki etkisi: randomize klinik çalışma. *Journal of Dentistry*, 102, 103454. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103454>

Van de Sande, F. H., Moraes, R. R., Elias, R. V., Montagner, A. F., Rodolpho, P. A., Demarco, F. F., et al. (2019). Is composite repair

suitable for anterior restorations? A long-term practice-based clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 23, 2795–2803.

Van de Sande, F. H., Opdam, N. J., Rodolpho, P. A., Correa, M. B., Demarco, F. F., & Cenci, M. S. (2013). Patient risk factors' influence on survival of posterior composites. *Journal of Dental Research*, 92, 78S–83S.

Van Dijken, J. W., & Lindberg, A. (2015). A 15-year randomized controlled study of a reduced shrinkage stress resin composite. *Dental Materials*, 31, 1150–1158.

Van Dijken, J. W., & Pallesen, U. (2016). Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *Journal of Dentistry*, 51, 29–35.

Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., et al. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), e100–e121. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148>

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives: A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22, 7–34. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>

Versluis, A., Tantbirojin, D., Pintado, M. R., DeLong, R., & Douglas, W. H. (2004). Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dental Materials*, 20, 554–564.

Weiner, R. (2011). Liners and bases in general dentistry. *Australian Dental Journal*, 56(Suppl 1), 11–22. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01269.x>

Whitworth, J. M., Myers, P. M., Smith, J., Walls, A. W., & McCabe, J. F. (2005). Genel uygulamada plastik restorasyonlardan sonra endodontik komplikasyonlar. *International Endodontic Journal*, 38(6), 409–416.

Wierichs, R. J., Kramer, E. J., & Meyer-Lueckel, H. (2018). Risk factors for failure of Class V restorations of carious cervical lesions in general dental practices. *Journal of Dentistry*, 77, 87–92.

Wierichs, R. J., Kramer, E. J., & Meyer-Lueckel, H. (2020). Risk factors for failure of direct restorations in general dental practices. *Journal of Dental Research*, 99, 1039–1046.

Wolters, W. J., Duncan, H. F., Tomson, P. L., et al. (2017). Minimally invasive endodontics: A new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *International Endodontic Journal*, 50, 825–829.

Wolters, W. J., Duncan, H. F., Tomson, P. L., Karim, I. E., McKenna, G., & Lourenço Neto, N. (2017). Minimally invasive endodontics: A new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *International Endodontic Journal*, 50(9), 825–829. <https://doi.org/10.1111/iej.12792>

Wong, C., Blum, I. R., Louca, C., Sparrius, M., & Wanyonyi, K. (2021). A retrospective clinical study on the survival of posterior composite restorations in a primary care dental outreach setting over 11 years. *Journal of Dentistry*, 106, 103586.

Yoshihara, K., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Okihara, T., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2018). Kendiliğinden aşındıran fonksiyonel monomerlerin aşındırma etkinliği. *Journal of Dental Research*, 97, 1010–1016.

<https://doi.org/10.1177/0022034518763606>

Yoshihara, K., Yoshida, Y., Nagaoka, N., Fukegawa, D., Hayakawa, S., Mine, A., et al. (2010). Sert doku rekonstrüksiyonu için yapışkan arayüzlerde nano kontrollü moleküler etkileşim. *Acta*

Biomaterialia, 6(9), 3573–3582.

<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.03.024>

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE LİTERATÜRE DAYALI GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

