

MODERN RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİ

PROTOKOLLER, SİSTEMLER
VE KLİNİK PRATİK

Editör
SEVİM ATILAN YAVUZ



BİDGE Yayınları

**MODERN RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİ:
PROTOKOLLER, SİSTEMLER VE KLİNİK PRATİK**

Editör: SEVİM ATILAN YAVUZ

ISBN: 978-625-372-742-0

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-06-25

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



ÖNSÖZ

Günümüzde diş hekimliği, yalnızca hastalıkların tedavi edildiği değil, estetik ve fonksiyonun bütüncül bir yaklaşımla yeniden kurgulandığı dinamik bir alan hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, restoratif diş hekimliğinin bilimsel temellere dayalı, teknolojik gelişmelerle harmanlanmış ve hasta beklentilerini önceleyen bir anlayışla yeniden şekillenmesini zorunlu kılmaktadır.

"Modern Restoratif Diş Hekimliği: Protokoller, Sistemler ve Klinik Pratik", bu dönüşümün merkezinde yer alan dört temel başlığı ele alarak, hem akademisyenler hem de klinisyenler için güncel ve uygulanabilir bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır. Renk uyumunun optimizasyonundan anında dentin örtülemeye (IDS), restorasyon tamirinde adeziv sistemlerin rolünden yapay yaşlandırma protokollerine kadar uzanan içeriğiyle kitap; teorik bilgi ile klinik uygulamayı birleştirmektedir.

Bidge Yayıncılık çatısı altında yayımlanan bu eserin, restoratif diş hekimliği alanında çalışan tüm meslektaşlarımız için yol gösterici bir başvuru kaynağı olmasını temenni ederim. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazar ve editör ekibine teşekkür eder, okuyucularımıza verimli ve ilham verici bir okuma süreci dilerim.

Dr. Öğr. Üyesi Sevim ATILAN YAVUZ

MERSİN ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY YAŞLANDIRMA PROTOKOLLERİ	1
--	---

HANDE FİLİZ, AYŞE TUĞBA ERTÜRK AVUNDUK

RESTORASYON TAMİRİNDE ADEZİV SİSTEMLER: BAĞLANMA MEKANİZMALARI VE KLİNİK UYGULAMALARA BİLİMSEL BİR BAKIŞ	29
--	----

NİLGÜN AKGÜL, BURAK ÖZTÜRK

IDS PROTOKOLÜ (ANINDA DENTİN ÖRTÜLEME)	54
--	----

NİLGÜN AKGÜL, ADİLE ÖNAL

ESTETİK RESTORASYONLARDA RENK UYUMUNUN OPTİMİZASYONU: BASİTLEŞTİRİLMİŞ RENK TONLU KOMPOZİT REZİNLERİN POTANSİYELİ	76
---	----

ÖZGE GİZEM YENİDÜNYA, TUĞBA MİSİLLİ, ENES ÇELİK

BÖLÜM 1

DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY YAŞLANDIRMA PROTOKOLLERİ

HANDE FİLİZ¹
AYŞE TUĞBA ERTÜRK AVUNDUK²

GİRİŞ

Rezin bazlı dental kompozit materyaller, estetik üstünlükleri, iyi mekanik özellikleri ve direkt uygulama kolaylıkları nedeniyle günümüzde geniş bir kullanım alanına sahiptir (German, 2022). Ancak, bu materyallerin ağız ortamında maruz kaldığı kimyasal, fiziksel, biyolojik ve mekanik faktörler nedeniyle zamanla bozulduğu ve bu sürecin "yaşlanma" olarak tanımlandığı

¹ Arş. Gör, Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-8100-6871

² Doç. Dr., Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-7879-8150

bilinmektedir (Fan et al., 2021). Kompozit rezin restorasyonların uzun dönemli başarısı, sadece ilk uygulama kalitesine değil, aynı zamanda çevresel koşullara karşı gösterdikleri dayanıklılığa da bağlıdır (Moraes et al., 2022). Bu bağlamda, hem doğal ağız ortamını hem de klinik performansı simüle edebilecek laboratuvar temelli yapay yaşlandırma protokollerinin geliştirilmesi gereklidir (S. D. Heintze et al., 2017).

Yaşlanma Mekanizmaları ve Klinik Yansımaları

Rezin bazlı kompozitlerin yaşlanma süreci çok boyutludur ve çeşitli bozulma mekanizmalarını içerir (Blumer, Schmidli, Weiger, & Fischer, 2015). Rezin fazında, ester bağlarının hidrolitik yıkımı en temel bozulma yoludur. Bu yıkım, özellikle su molekülleri ile polimer ağı arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarla hızlanır. Monomer yapısındaki hidroksil, etilen glikol ve karbamat grupları su molekülleri ile etkileşime girerek zincir kesilmesine ve yapı gevşemesine neden olur. Hidroliz sonucunda oluşan metakrilik asit, bishidroksipropil fenil propan (BisHPPP) ve trietilen glikol (TEG) gibi ara ürünler, biyolojik olarak çevre dokulara yayılabilir ve potansiyel toksisite riski oluşturabilir (De Brito, De Oliveira, & Monteiro, 2019).

Kompozit rezin sistemlerinde kullanılan silan bağlayıcılar, organik polimer matrisi ile inorganik dolgu partikülleri arasında kovalent bağ kurar (Zanchi et al., 2015). Ancak bu bağlar, yüksek iyonik karakter taşır ve hidrotermal koşullarda su ile temas ettiğinde kolaylıkla hidrolize uğrayabilir. Bu durum, doldurucu-matris ara yüzeyinde çatlak oluşumu, doldurucu partiküllerinin ayrılması ve ara yüzey geriliminin artması gibi etkilerle sonuçlanır (Gonzalez-Bonet et al., 2015). Klinik olarak ise, sekonder çürük, kenar sızıntısı ve restorasyon kaybı gibi başarısızlıklar gözlemlenebilir. Tüm bu faktörler, kompozit rezin restorasyonun ömrünü etkilemektedir (Ünlü & Ülkü, 2020). Daha önceki çalışmalarda, premolar ve molar

bölgedeki restorasyonların genellikle beş ila altı yıl sonra değiştirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Brunthaler, König, Lucas, Sperr, & Schedle, 2003; Forss & Widström, 2004). Yaklaşık 100.000 klinik sonucu içeren bir değerlendirmeye göre, bir kompozit restorasyonun yedi yıl boyunca ağızda kalma olasılığı %92'dir (Bogacki, Hunt, Del Aguila, & Smith, 2002). Ancak, başka araştırmalar küçük ve orta boyuttaki kompozit rezin restorasyonların 10 yıl veya daha uzun süre etkili şekilde işlev gördüğünü rapor etmiştir (Gaengler, Hoyer, & Montag, 2001; Raskin, Michotte-Theall, Vreven, & Wilson, 1999). Ayrıca, 17 ve 22 yıllık takip çalışmaları posterior kompozit rezin restorasyonların uzun vadede klinik olarak kabul edilebilir performans gösterdiğini ortaya koymuştur (da Rosa Rodolpho, Cenci, Donassollo, Loguercio, & Demarco, 2006; Rodolpho et al., 2011). Kompozit rezin restorasyonların en sık değiştirilme nedenleri arasında kırık, sekonder çürük (Ferracane, 2013) ve aşınma (Raskin et al., 1999) yer alır. Bu bağlamda dental kompozitlerin yaşlanma süreci, ağız içi kullanımlarında kilit bir unsur olup, bu konunun kapsamlı bir şekilde incelenmesi gereklidir.

Laboratuvar değerlendirmeleri ve *in-vitro* çalışmalar, ağız koşullarını tam olarak yansıtamamaktadır. Yaşlandırma prosedürleri, dişlerin ve/veya restorasyonların ağız ortamında maruz kaldığı koşulları bir dereceye kadar simüle edebilir (Morresi et al., 2014). Yaşlandırma prosedürleri, ağız ortamında bozulmaya maruz kalan materyallerin göreceli dayanıklılığını tahmin etmek amacıyla fiziksel ve kimyasal yollarla çevresel tahrip kapasitesini simüle eden bir laboratuvar ekipmanıdır (Tornavoi, Satoa, Silva, Agnelli, & Reis, 2012). Kompozit rezinlerin yaşlanması kimyasal, fiziksel ve mekanik süreçlerden etkilenir; bunlar materyalin özelliklerine, çevreye ve mekanik yüke bağlı olarak birbirleriyle etkileşime girebilir (Gates, 2008). Dental materyaller ağız ortamında oldukça karmaşık ve dinamik olarak değişen, bir ortama maruz kalmaktadır.

Buna ek olarak, bireysel davranışsal faktörler ve bununla ilişkili fizyolojik süreçler ağız ortamında dental materyaller üzerinde ciddi bir etkiye sahip olabilir (Szczesio-Wlodarczyk, Sokolowski, Kleczewska, & Bociong, 2020).

Hızlandırılmış yapay yaşlandırma sistemi, ağız boşluğu koşullarının kısmen yerini alabilecek kimyasal ve fiziksel ortamları taklit ederek ortamın tahrip edici kapasitesini simüle etmekte ve materyallerin göreceli dayanıklılığını tahmin etmektedir (Gomes et al., 2008; Rattacaso, Garcia, Aguilar, Consani, & Pires-de, 2011).

Dental kompozit rezinlerin klinik performanslarını pratik ve etkili bir şekilde tahmin etmek için standart bir protokol tasarlama girişiminde bulunulmamıştır. Dental materyallerin piyasaya sürüldükten sonra öngörülen kullanım ömürleri boyunca performanslarını doğrulamak için araştırmaya tabi tutulmaları gerekmez. Ağız ortamını doğru bir şekilde taklit edecek ve dental materyallerin yaşlanma sürecini belirlemek için kullanılabilir prosedürlerin tanımlanmasına ihtiyaç vardır (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020). Kompozit rezinlerin ağız koşullarına karşı direncini artırmak için standart bir yaşlandırma prosedürü çok önemlidir. Ayrıca, yapay yaşlandırma protokolleri sırasında daha geniş ve daha doğru faktör ve araştırma yöntemlerinin kullanılması, dental kompozitlerin uzun süreli klinik performansı hakkında daha doğru bilgi edinmeyi sağlayacaktır (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2022).

Ağız Ortamının Özellikleri

Kompozit rezin restorasyonların yaşlanma süreci; biyolojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik etkenlerden etkilenir. Bu süreçler, malzemenin yapısına, çevresel koşullara ve mekanik yüke bağlı olarak birbirleriyle etkileşebilir (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020). Dental materyaller, oldukça karmaşık ve dinamik olarak değişen bir ortama maruz kalır (Şekil 1) (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020).

Ayrıca bireysel davranışsal faktörler de ağız ortamını ve buna bağlı fizyolojik süreçleri önemli ölçüde etkileyebilir.



Şekil 1. Ağız ortamının karakteristikleri dört ana gruba ayrılmıştır: kimyasal, mekanik, biyolojik ve fiziksel faktörler. Davranışsal özellikler bireysel faktörleri etkiler.

Biyolojik Faktörler

Tükürük; su, histaminler, statinler, lizozim, prolin açısından zengin proteinler, karbonik anhidraz, amilazlar, peroksidazlar, laktoferrin, müsinler ve sekretuar immünoglobulin A (sIgA) gibi bileşenler içerir. Bu maddeler; tamponlama, sindirim, kayganlaştırma, doku kaplama, mineralizasyon, antiviral ve antibakteriyel etkiler gibi birçok işlev görür (Pytko-Polonczyk, Jakubik, Przeklasa-Bierowiec, & Muszynska, 2017). Bakteriler, diş yüzeyinde pelikül adı verilen bir tabaka oluşturur ve bu tabaka hem sert hem de yumuşak dokuların üzerini kaplar. Pelikül; müsinler, glikoproteinler ve çeşitli enzimleri de içeren proteinlerden oluşan bir biyofilm yapısıdır (Hannig, Hannig, & Attin, 2005). Bu biyofilm, çeşitli bakteriyel türlerin yüzeye tutunmasına ve koagregasyon yoluyla olgun bir dental biyofilm oluşturmaya olanak tanır (R.

Huang, Li, & Gregory, 2011). Bu bakterilerin bir kısmı, karbonhidrat metabolizması sırasında laktik, asetik, formik ve propiyonik asit gibi organik asitler üretir. Bu asitler mine ve dentin minerallerini çözebilirken, tükürük genellikle pH'ı nötr seviyelere ($\text{pH} \approx 7$) yakın tutar. Ayrıca tükürük akışı, bakteriyel faaliyetlerden kaynaklanan asitleri ve bakterilerin metabolize edebileceği karbonhidratları ortamdan uzaklaştırır. Tükürüğün tamponlama kapasitesi de yiyecek ve içeceklerden gelen asiditeyi nötralize eder (Featherstone, 2008).

Kimyasal Faktörler

Dental kompozitler, beslenme sırasında ağıza giren çeşitli bileşiklere (asitler, bazlar, tuzlar, alkoller, oksijen vb.) maruz kalır. Asidik yiyecek ve içeceklerin toplam miktarı ve tüketim sıklığı, yaşam tarzındaki değişimlere bağlı olarak artmaktadır; örneğin son 20 yılda gazlı içecek tüketimi %300 oranında artmıştır ve öğünlerin sıklığı da belirgin şekilde yükselmiştir (Gleason & Sutor, 2001). Ayrıca sigara içmek ve alkol tüketmek restorasyon başarısızlığı riskini artırır (Vieira et al., 2017). Ağız ortamı genellikle nötr pH'ya yakın olmasına rağmen, çoğu gıda asidiktir. Tükürüğün pH aralığı genellikle 6.2–7.6 arasında değişir (Baliga, Muglikar, & Kale, 2013).

Fiziksel Faktörler

Fiziksel etkenler de ağız boşluğundaki koşulları belirler. En temel unsur, ağız içi sıcaklığın değişkenliğidir. Ağız içi ortalama sıcaklık yaklaşık 36 °C olmakla birlikte, en yüksek sıcaklık 50 °C'nin üzerine çıkabilirken, en düşük sıcaklık 5 °C civarındadır [29]. Buna ek olarak dişler aşağıdaki aşınma türlerine maruz kalır (Ganss, 2006):

- Abrazyon: Yabancı maddelerin veya nesnelerin etkisiyle (çiğneme veya diş fırçalama sırasında)
- Atrizyon: Karşıt dişlerin teması sonucu meydana gelen aşınma (yabancı madde içermez)

- Abfraksiyon: Semento-mine sınırında oluşan stresin mikro çatlaklara neden olması
- Erozyon: Plaksız diş yüzeyine etki eden asit veya şelatlayıcıların neden olduğu kimyasal aşınma.

Kompozit rezin materyalinin aşınması; malzemenin yapısı, yüzey özellikleri, etkileşim koşulları ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Tabatabaei, Arami, & Farahat, 2016).

Mekanik Faktörler

Diş yapısının temel görevlerinden biri, çiğneme sırasında gelen dış yükleri iletmektir. Ağız içindeki kuvvetlerin 10 ila 430 N arasında değiştiği bildirilmiştir. 70 N’lik fonksiyonel yük klinik olarak normal kabul edilir (Heymann, Swift, Ritter, & Sturdevant, 2013). Bazı araştırmalar, maksimum ısırma kuvvetinin 800 N’nin üzerinde olabileceğini belirtmiştir (Flanagan, 2017). Diş başına düşen yük; diş sayısına, kapanış tipine ve bireysel alışkanlıklara (örneğin brüksizm) bağlıdır. Ayrıca restorasyon yapılan bir diş, sağlam bir dişe göre stresi farklı yollarla iletir. Normal diş yapısı, yükleri mine üzerinden dentine basınç stresi şeklinde aktarırken; restorasyon yapılan dişte bu yük, diş-restorasyon ara yüzeyinde basınç, çekme veya kesme gerilimlerine neden olabilir. Mekanik yükler, aynı zamanda materyalin yaşlanmasına da katkı sağlar (Heymann et al., 2013).

Rezin Yapının Degradasyonu

Polimerlerin bozunabilirlik özellikleri ile bozunmaya karşı dirençli yapıları arasındaki ayrım tam olarak net değildir; çünkü bozunma ve erozyon, polimer yapılarının doğasında bulunan süreçlerdir. Bu ayrım, çoğunlukla materyalin kullanım süresi ve işlevine göre yapılmaktadır. Eğer materyal belirli bir süre zarfında ya da hemen kullanımdan sonra kimyasal olarak parçalanıyorsa, “bozunabilir” olarak sınıflandırılırken; kullanım süresi boyunca

bütünlüğünü koruyan yapılar “bozunmaz” olarak kabul edilir (Laycock et al., 2017). Rezin bazlı dental materyallerin bozulması, polimer zincirlerinin kimyasal bağlarının kırılması sonucunda yapısal, fiziksel veya görsel olarak değişikliğe uğraması şeklinde tanımlanabilir. Bu bozulma; ışık, sıcaklık, mekanik stres veya kimyasal reaksiyonlarla tetiklenebilir. Polimer yapının bozulması, mekanik dayanıklılık, renk kararlılığı, optik özellikler ve yüzey bütünlüğü gibi klinik öneme sahip birçok özelliği olumsuz yönde etkiler. Bu bağlamda, dental polimerlerin öngörülen klinik ömrü, hızlandırılmış yaşlandırma testleriyle (yüksek sıcaklık, pH, ışık vs.) tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Hidrolitik bozunma hızı; polimerin kimyasal yapısına, moleküler ağırlığına, gözenekliliğine, şişebilirliğine ve çevresel koşullara (örneğin: suyun polimer matrikse difüzyonu) bağlıdır (Singh & Sharma, 2008).

Modern dental kompozitlerin organik fazının temelini genellikle bis-GMA (bisfenol-A glisidil metakrilat) oluşturur. Ancak bis-GMA molekülü, molekül yapısında yer alan hidroksil grupları nedeniyle yüksek oranda hidrofiliktir ve ayrıca yüksek viskoziteye sahiptir. Bu viskozite, partiküllerin matriks içerisinde homojen dağılmasını ve polimerizasyon sürecini zorlaştırır. Bu nedenle, bis-GMA genellikle daha düşük viskoziteli monomerlerle (TEGDMA, HEMA, UDMA gibi) karıştırılarak kullanılır (Sandner et al., 1997). Polimerizasyon, serbest radikal zincir reaksiyonları ile gerçekleştirilir ve sonuç olarak çapraz bağlı polimer ağları meydana gelir.

Metakrilat yapılar, kimyasal özellikleri nedeniyle su absorpsiyonuna yatkındır. Su, ya polimerizasyon sırasında yapının içine hapsolür ya da daha sonra difüzyonla matrikse girer. Su difüzyonu için iki temel model öne sürülmüştür (Sandner et al., 1997):

1. **Serbest hacim teorisi:** Su moleküllerinin matriksteki mikrogözeneklerden fiziksel olarak geçmesi,

2. **Etkileşim teorisi:** Su moleküllerinin hidrofilik gruplarla kimyasal bağlar kurarak difüze olması.

Absorbe edilen su, polimer zincirlerinin arasında serbestçe bulunan (bağısız) ya da hidrojen bağları ve van der Waals etkileşimleri yoluyla bağlı şekilde bulunabilir. Su varlığında en yaygın bozunma reaksiyonu ester bağlarının hidrolizidir. Ester bağları, karbonat, ürean ve amid bağlarına göre daha kolay hidrolize uğrar. Bu süreç, nötr pH koşullarında yavaş ilerler; ancak enzimatik aktivite, asidik veya bazik ortamlar gibi faktörlerle hızlandırılabilir. Özellikle esteraz grubu enzimler, metakrilat esaslı dental materyallerin bozulmasında kritik rol oynar. Tükürük kaynaklı esterazlar, rezin matriksin parçalanmasını katalize ederek BisHPPP, TEGMA ve TEG gibi bozunma ürünlerinin açığa çıkmasına neden olur. Bozulma arttıkça, rezin matris suyu daha fazla emer ve yapı daha da şişer, bu da hem bozunmayı hem de monomer sızıntısını kolaylaştırır (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020).

Doldurucu ve Doldurucu-Matris Ara Yüzeyinin Bozunması

Polimerik dental materyallerin fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla içeriklerine inorganik doldurucular eklenmektedir. Bu doldurucular, kompozitlerin mekanik dayanımını artırmakta, refraktif indeksini ayarlamakta ve termal genleşme katsayısını kontrol edilebilir düzeyde tutmaktadır. Ayrıca, organik faz oranını azaltarak polimerizasyon büzülmesini ve buna bağlı oluşan gerilimleri de minimize ederler. Eğilme dayanımı, sertlik ve kırılmaya karşı direnç gibi parametreler; doldurucunun türü, miktarı, morfolojisi ve matriks içerisindeki dağılımı ile doğrudan ilişkilidir (Cramer, Stansbury, & Bowman, 2011).

Doldurucu oranı, dental kompozitlerde hacimce %35–70 ve ağırlıkça %50–85 arasında değişmektedir. Güncel dental kompozitlerde kullanılan inorganik faz; silika, kuvars, borosilikat, lityum alüminyum silikat, baryum, alüminyum ve stronsiyum

oksitler gibi farklı bileşiklerden oluşmaktadır. Doldurucu partikülleri farklı şekillerde (sferik, lif, pul, toz formunda) ve çok değişken boyutlarda (0.007–70 mikron) formüle edilebilmektedir. Boyut, şekil ve yüzey özellikleri, materyalin işlenebilirliğini ve estetik performansını da doğrudan etkiler (Kundie, Azhari, Muchtar, & Ahmad, 2018).

Ağız ortamında bulunan su, özellikle radyopak cam dolgular gibi bazı doldurucu tiplerinde çözünmeye ve yüzey erozyonuna yol açabilir. Ancak kuvars ve silika gibi inorganik bileşenler, suya karşı daha inert bir yapı gösterir. Yine de, ağız ortamındaki pH değişimleri ve enzimatik aktivite, özellikle cam esaslı doldurucuların çözünürlüğünü artırabilir.

Kompozit materyalin performansı sadece doldurucu ve matriksin ayrı ayrı özelliklerinden değil, bu iki fazın birbiriyle olan etkileşiminden de etkilenmektedir. Bu etkileşim “ara yüzey” olarak tanımlanır ve doldurucuların matriks içerisinde homojen dağılmasını sağlayan silan bazlı bağlayıcı ajanlar aracılığıyla kurulur. Ancak inorganik partiküllerin yüzeyi genellikle hidrofildir ve bu nedenle hidrokarbon esaslı organik matrisle uyumsuzluk gösterir. Bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için yüzey modifikasyonuna başvurulur (Stencel et al., 2018).

Silanlar, hem inorganik doldurucularla hem de organik reçine ile reaksiyona girebilen bifonksiyonel moleküllerdir. Dental alanda en sık kullanılan silan ajanı, 3-metakriloksisipiltrimetoksisilan (MPTMS)’dir. MPTMS, doldurucu partiküllerin yüzeyindeki hidroksil gruplarıyla reaksiyona girerken; metakrilat grubuyla da reçine matriksine kovalent bağ yapar. Bu bağlanma sonucunda siloksan (Si–O–Si) köprüleri oluşur. Ancak bu bağlar yüksek oranda iyonik karakter taşıdıkları için hidrolize karşı hassastır (Kundie et al., 2018). Ara yüzeydeki bu silan bağlarının su varlığında yavaş yavaş bozulması, suyun içeriye doğru difüzyonuna yeni yollar açar. Zamanla, dolgu partiküllerinin ayrılması (debonding), dolgu–matris

ara yüzeyinde mikro çatlaklar, yüzey pürüzlülüğünde artış, yorgunluk direncinde azalma ve genel mekanik özelliklerde bozulma meydana gelir. Bu nedenle doldurucu–matris ara yüzeyi, kompozit yapının en zayıf halkası olarak kabul edilmekte ve daha dayanıklı silan ajanlarının geliştirilmesine yönelik araştırmalar devam etmektedir (Stencel et al., 2018).

Diş Hekimliğinde Yapay Yaşlandırma Protokolleri

Yaşlandırma protokolleri; enzimler ve bakteriler, depolama, mekanik okluzal yükleme, pH döngüsü, fırçalama simülasyonu, çiğneme simülatörleri, yorulma testi, floresan UV, ksenon ark UV, termal ve otoklavda yaşlandırma gibi pek çok şekilde yapılabilmektedir (Çakıcıer & m Korkut, 2009; Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020; Temizci, 2019).

Enzimler ve Bakteriler ile Yaşlandırma

Ağız boşluğunda potansiyel olarak birkaç hidrolitik enzim kaynağı vardır (örn. tükürük, bakteri veya lökositler), sadece tükürük esterazları ve simüle edilmiş tükürük esteraz aktiviteleri, kompozit rezinlerin matriks bileşeninin, adezivlerin ve restorasyon-diş arayüzünün bozulmasına katkıda bulunanlar olarak kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Cai, Delaviz, Banh, Guo, & Santerre, 2014). Streptococcus mutans, rezin matriksinin hidrolizini katalize edebilmektedir. Bakteriler bozulma ürünlerine yanıt olarak esteraz üretimini artırmakta ve böylece biyolojik bozulma süreçlerini hızlandırmaktadır (B. Huang, Sadeghinejad, et al., 2018). Yoğun bir bakteriyel biyofilm oluşumu, mikroorganizmanın esteraz aktiviteleri tarafından yüzey pürüzlülüğünde ve bozulmasında meydana gelen değişiklikler nedeniyle kompozit rezinlerin devam eden yıkımıyla da sonuçlanabilir (Zhang et al., 2017). Huang ve ark (B. Huang, Siqueira, Cvitkovitch, & Finer, 2018) yaptığı çalışmada; SMU_118c esterazı, çürüğe neden olan S. mutans bakterisi tarafından asidik koşullar altında eksprese edildiğini ve metakrilat bazlı rezin

monomerleri olan bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) monomerlerini hidrolize ettiğini bu nedenle, SMU_118c restorasyon-diş arayüzünün bozulmasına ve restorasyonun başarısızlık oranının hızlanmasına potansiyel olarak katkıda bulunabildiğini bildirmiştir.

Depolama ile Yaşlandırma

Depolama düzeninin mekanik ve fiziksel özellikler (iki eksenli eğilme dayanımı, sertlik, su emilimi ve çözünürlük) üzerinde önemli bir etkisi vardır. Saklama koşulları, dental restoratif materyallerin *in-vitro* araştırmalarında bir değişken olarak dikkate alınmalıdır (Kumar, Fareed, Zafar, Ghani, & Khurshid, 2021). Ağız ortamından bir sıvının sorpsiyonu reaksiyona girmemiş monomerlerin ve materyalin diğer bileşenlerinin ekstraksiyonuna yol açarak kütle kaybına ve materyal özelliklerinde değişikliklere neden olabilir. Buna ek olarak, sıvı alımı ağ yapısının tüm gözenekliliğini ve serbest hacmini doldurabilir ve daha sonra polimer ağındaki zincirleri ayırarak genişlemeye yol açabilir. Bu nedenle, kompozit rezinlerin çözücülerdeki boyutsal değişimleri karmaşıktır, öngörülemez ve büyük ölçüde hem sıvıya hem de materyale bağlıdır (Al Sunbul, Silikas, & Watts, 2015). Depolama ile yaşlandırma; suda bekletme, suda kaynatma, etanol sölüsyonu, sodyum hidroksit ve yapay tükürük ile yaşlandırma olmak üzere 5 farklı şekilde yapılabilmektedir. Depolama süresi, pH ve sıcaklık değişikliklerinin dental restoratif materyallerin hidrolitik stabilitesi, yüzey sertliği ve bozunması üzerindeki etkisi olduğu rapor edilmiştir (Kumar et al., 2021).

- **Suda Bekletme:** Suda uzun süreli yaşlandırma, materyallerin kırılma direncini, sertliğini ve elastik modülünü azalttığı görülmüştür (Al Sunbul, Silikas, & Watts, 2016). 144 saatlik *in-vitro* renklendirici içeceklerde bekletme süresinin *in-vivo* olarak yaklaşık 6

aya karşılık geldiği bildirilmiştir (Korkut & Hacıalı, 2020).

- **Suda Kaynatma:** 100°C’de distile suda numunelerin kaynatılmasıyla yapılan yaşlandırma işlemidir (Gaillard, Jiménez-Piqué, Soldera, Mücklich, & Anglada, 2008).
- **Etanol Solüsyonunda Yaşlandırma:** Alkol, rezin matriksine daha kolay nüfuz edebilir. %75 etanolün dental kompozit rezinler için iyi bir çözücü olduğu düşünülmektedir. Doldurucu/matriks arayüzey başarısızlığı ve mekanik özelliklerde azalmaya neden olur (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020).
- **Sodyum Hidroksit (NaOH) ile Yaşlandırma:** NaOH (pH = 13) çözeltisi, distile su veya pH=7 olan yapay tükürükten 1 milyon daha fazla hidrojen iyonu içerir. Bu nedenle, bozulma süreci daha yoğun bir şekilde gerçekleşir. Kompozit rezin içerisindeki doldurucunun çözünmesi, aşınmada artış ve dayanıklılığın azalmasına neden olur (Cilli, Pereira, & Prakki, 2012).
- **Yapay Tükürük ile Yaşlandırma:** Kompozit rezin numunelerin doldurucu maddesinin bozulması, yapay tükürükte depolandıktan sonra distile suya göre daha yüksek olmuştur. Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinde azalma ve yüzey sertliğinde artış olduğu görülmüştür (Bauer & Ilie, 2013; Sideridou, Vouvoudi, & Keridou, 2015).

Mekanik Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma

Dinamik ya da sabit bir kuvvet ile belirlenmiş newton değeriyle ve belirli bir frekansta döngüsel olarak uygulanan bir yaşlandırma işlemidir (Borba, Cesar, Griggs, & Della Bona, 2013).

pH Döngüsü ile Yaşlandırma

Numuneler asidik solüsyonda (pH: 4,3) 37°C de 6 saat, daha sonra remineralizasyon özelliği olan yapay tükürükte (pH: 7) 37°C'de 17 saat bekletilerek uygulanır. Bağlanma dayanımını ve bağlayıcı ajanın yıkımı üzerine etkisi hakkında çok az bilgi mevcuttur (Costa et al., 2014; Peris, Mitsui, Lobo, Bedran-russo, & Marchi, 2007). pH döngü modellerinin; diğer *in-vitro* modellere kıyasla daha düşük değişkenlik gösterdiği ve küçük örneklem büyüklüğü ile bile yüksek düzeyde bilimsel kontrol sağlayabildiği belirtilmektedir (Buzalaf et al., 2010). Literatürde araştırmacılar, kompozit rezin materyallerin düşük pH'lı ortamlarda bırakıldıklarında doldurucu bileşenlerinin kompozit rezin materyalden ayrıldığını ve matriks bileşenlerinin bozulma belirtileri gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Festuccia, Garcia, Cruvinel, & Pires-De-Souza, 2012).

Fırçalama Simülasyonu ile Yaşlandırma

Kompozit rezin materyallerde bozulma ve yüzey pürüzlülüğünde hızlı bir artış gösterir (S. D. Heintze & Forjanic, 2005). Çalışmalarda farklı parametreler (vuruş sayısı, yük, diş macunu) kullanıldığından, sonuçlar karşılaştırılamamaktadır. Bozulma kapasitesinin *in-vitro* diş fırçalama simülasyonu ile değerlendirilmesi, bir materyalin parlaklığını ve pürüzsüzlüğünü koruma ve materyalin lekelenmesini önleme yeteneğini değerlendirmek için bir parametre olabilir (S. Heintze, Forjanic, Ohmiti, & Rousson, 2010). Diş fırçası ve aşındırıcı diş macunu ile fırçalama, restoratif materyallerde yüzey pürüzlülüğünün değişmesinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, yapay fırçalama gibi laboratuvar aşınma testleri dental materyallerin uzun ömürlülüğünü belirlemeye yardımcı olabilir (Nam, Shin, Lim, Shim, & Kim, 2021). 200 g'lık kuvvet, fırçayı numuneye 0,5 ila 2,5 N arasında bastıran bir yük gerektiren diş fırçalama yoluyla aşınma testine ilişkin ISO/TR 14569-1 teknik kılavuzuyla uyumludur. İdeal fırçalama süresinin günde üç kez 120 saniye olduğu varsayılırsa, bu da günde 6 saniyelik

bir diş yüzeyi fırçalamasına eşittir, bir saatlik fırçalama süresi klinik olarak simüle edilmiş 2 yıllık bir diş fırçalamasına karşılık gelebilir (Lai, Zhao, Wang, & Kunzelmann, 2018).

Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma

Dental restoratif materyaller ağız boşluğunda, özellikle çiğneme sırasında farklı kuvvetlere maruz kalır, bu nedenle bu materyallerin bu kuvvetlerin etkilerine dayanması ve daha uzun süre hizmet etmesi gerekir (Tsujimoto et al., 2018). Çiğneme süreci makaslama fenomeni ile ilgilidir, bu nedenle materyallerin arayüzey dayanıklılığı makaslama bağ dayanıklılığı ile temsil edilir (Nujella, Choudary, Reddy, Kumar, & Gopal, 2012). Restorasyonlara etki eden kesme kuvvetleri, restorasyonun arayüzündeki materyali yerinden çıkarabilir (Hegde & Bhandary, 2008). Çiğneme simülatörleri, restorasyonların ağız içerisinde sürekli maruz kaldığı okluzal mekanik kuvvetleri ve oluşan sıcaklık değişimlerini simüle etmek için kullanılır (Bildir Çakin). Çalışmalara göre, 50N yükleme ile yapılan 240.000 döngünün 1 yıllık klinik kullanımına eşdeğer bulunmuştur (Samran, El Bahra, & Kern, 2013).

Yorulma Testi ile Yaşlandırma

Kompozit rezinlerin yorulma özellikleri klinik performansın tahmin edilmesinde çok faydalı olabilir. Yorulma özellikleri doldurucu madde türü, doldurucu maddelerinin silanizasyonu ve rezin matriksi ile ilişkilidir. Kompozitlerin yorulma kırılma direnci, suya ve/veya solvente daldırma sonrasında azaldığı rapor edilmiştir (Szczesio-Wlodarczyk et al., 2020).

Floresan UV Yaşlandırma

Tükürük, %100 nem koşulları ve oksijenle doyurulmuş distile su kullanılarak bir yoğunlaşma süreci ile simüle edilmektedir (Melo, Moysés, Santos, Alcântara, & Ribeiro, 2011). Cihaz içerisindeki örnekler, önceden belirlenmiş nem, ısı, su püskürtmesi

ve UV ışınlarının etkisinde kalmaktadır. Test cihazında güneş ışığının etkisini taklit etmek amacıyla 295 nm ile 365 nm aralığındaki dalga boyuna sahip floresan UV lambalar kullanılmaktadır. Üretici firmaların önerilerine göre 300 saatlik yapay yaşlandırma işlemi ağız ortamında 1 yıla karşılık gelmektedir (Schneider, Pfeifer, Consani, Prahl, & Ferracane, 2008). Bazı çalışmalar UV yaşlandırma protokolünün kompozit rezin materyallerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğinde artışa neden olduğunu bildirmiştir (Fidan & Dereli, 2022; Unalan Degirmenci, Degirmenci, & Seyfioglu Polat, 2025). Bu durumun da uzun süreli UV maruziyeti altında polimerizasyon sonrası polimer ağ yoğunlaşmasına bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Xenon-ark UV Yaşlandırma

Güneş ışığının etkisinin ksenon-ark lambalarıyla benzetilmeye çalışıldığı ksenon-ark test cihazlarıyla gün ışığına en yakın yaşlanma etkisi olan ve daha güvenilir testler yapılabilmektedir (Çakıcıer & m Korkut, 2009).

Termal Döngü ile Yaşlandırma

Termal yaşlandırma testi, *in-vitro* çalışmalarda kompozit rezin restorasyonların ağız ortamında maruz kaldığı sıcaklık değişikliklerini taklit etmek için kullanılır (Fidan & Dereli, 2021). Ağız içerisinde yeme, içme ve soluma ile sıcaklık değişimleri oluşmaktadır. Termal döngü, sıcaklık ve nem değişimleri içeren uzun süreli çevre koşullarına maruz kalmanın oluşturacağı etkiyi taklit eder (Biçer, Karakış, & Doğan, 2014). Ağız içi sıcaklığının istirahat halinde 36.4°C olduğu bildirilmiştir (Sund-Levander, Forsberg, & Wahren, 2002). Yiyecek ve içecekler bazen soğuk, bazen de sıcak tüketildiklerinden ağız içi ısı da değişmektedir. Tüketilen gıda sıcaklıklarının 50-60°C ile 0-10°C aralığında değiştiği bildirilmiştir (Green, 1986). Bu değerler kahvede 85°C, dondurmada 12°C olduğu bildirilmektedir (Michailescu, Marciano, Grieve, & Abadie, 1995).

Termal yaşlandırma, son derece sıcak ve soğuk maddelerin oral kaviteye girme etkisini taklit ederek diş ile restoratif materyal arasında oluşan doğrusal termal genleşme ilişkisini yansıtır (Gale & Darvell, 1999). Nefes alındığında havanın sıcaklık, nem ve hızı ağız ısısında önemli değişikliklere neden olabilir. Ancak, nefes alınmadığı ve herhangi bir termal yükleme olmadığında ağız içi ısı yaklaşık 35°C ölçülür (Temizci, 2019). Termal yaşlandırma testleri, ağızda uluslararası standardizasyon örgütüne (International Standart Organization, ISO) göre seçilen 5°C-55°C arasındaki ortalama döngü sayısının 1 günde 20 ila 50 arasında olduğu çalışmalarda bildirilmiştir; 10.000 döngü ise 1 yıla karşılık gelmektedir (Morresi et al., 2014). Termal yaşlandırma, muhtemelen önceki çalışmalarda iyi belgelenmiş bir mekanizma olan rezin-doldurucu arayüzüne zarar veren tekrarlayan daralma-genişleme stress döngüleri nedeniyle parlaklık ve mikrosertlikte en belirgin bozulmaya neden olmuştur (Rattacaso et al., 2011).

Otoklavda Yaşlandırma

Otoklavda yaşlandırma yönteminde, cam kaplara konulan örnekler otoklava yerleştirildikten sonra 134°C'de ve 200 kPa'lık bir basınç altında farklı sürelerde tutularak *in-vivo* yaşlanma simüle edilmektedir (Lughi & Sergo, 2010; Rafael et al., 2018). Çalışmalar, 1 saatlik otoklavda yaşlandırma protokolü (134°C; 0.2 MPa) uygulamasının kabaca *in-vivo* 2 yıla, 5 saatlik uygulamanın ise 10 ila 20 yıla eşdeğer olduğu; 1 yıllık yaşlanmayı simüle etmek için ise 30 dakikalık bir sürenin yeterli olduğunu bildirmektedir (Temizci, 2019). Otoklav ile yaşlandırmanın rezin yapılı materyaller için uygun bir prosedür değildir. Ancak; CAD-CAM kompozit rezin materyallerin zirkonyum doldurucularından dolayı otoklav ile yaşlandırma prosedürünün etkili olabileceğini düşünerek Eğilmez ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında, bazı materyallerde esneme dayanımlarının düştüğünü bildirmişlerdir (Eğilmez, Ergun, Cekic-Nagas, Vallittu, & Lassila, 2018).

Değerlendirme Parametreleri ve Klinik Geçerlilik

Yapay yaşlandırma sonrası dental materyallerin performansını değerlendirmek için çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bu ölçütler, materyalin yapısal ve fonksiyonel stabilitesini yansıtarak klinik başarıyı öngörmeye katkı sağlar. Sıklıkla kullanılan değerlendirme parametreleri şunlardır:

- Mikrosertlik: Vickers veya Knoop testleri ile ölçülerek materyalin mekanik direnci hakkında bilgi verir.
- Yüzey pürüzlülüğü (Ra): Aşınma, plak tutuculuğu ve estetik açıdan önemlidir.
- Renk stabilitesi (ΔE , ΔWID , TP): Optik bütünlük ve estetik süreklilik açısından önem taşır.
- Bağ dayanımı: Diş dokusuna veya diğer materyallere yapışma kapasitesini gösterir.
- Su absorpsiyonu ve çözünürlük: Hidrolitik stabilite ve biyolojik uyum hakkında bilgi sunar.
- SEM/EDX ile mikroyapı analizi: Doldurucu–matris ayrışması ve yüzey bozulmaları görselleştirilir.

Bu parametreler, farklı yaşlandırma protokollerinin karşılaştırılmasına olanak tanıyarak materyal seçimi ve geliştirilmesi için bilimsel zemin oluşturur.

Sonuç

Rezin bazlı dental kompozitlerin yaşlanma süreci, polimer biliminden mikrobiyolojiye kadar çok disiplinli bir bakış açısı gerektirir. Yaşlanmanın temel mekanizmalarının anlaşılması ve bu mekanizmaları klinik olarak taklit eden yaşlandırma protokollerinin geliştirilmesi, restorasyonların ömrünü uzatmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, akademik çalışmaların laboratuvar

ve klinik uygulamalarla bütünleşmesi, gelecekte daha başarılı ve uzun ömürlü dental restorasyonların önünü açacaktır.

Klinik başarıya ulaşmak, yalnızca materyalin ilk özelliklerine değil, aynı zamanda zamanla bu özellikleri koruma kapasitesine de bağlıdır. Bu nedenle, yapay yaşlandırma protokolleri yalnızca mekanik testlerle sınırlı kalmamalı; mikroyapısal analizler, biyouyumluluk testleri ve uzun süreli *in-vitro* simülasyonlarla desteklenmelidir. Standartlaştırılmış ve çok parametrelili yaşlandırma protokolleri, malzeme geliştirme süreçlerine yön vererek hem akademik hem de endüstriyel ilerlemeye katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, rezin bazlı dental kompozitlerin başarısı, multidisipliner araştırmalar ve ileri test sistemlerinin bütünleşik kullanımıyla daha güvenilir biçimde öngörülebilir hale gelecektir.

Kaynakça

- Al Sunbul, H., Silikas, N., & Watts, D. C. (2015). Resin-based composites show similar kinetic profiles for dimensional change and recovery with solvent storage. *Dental Materials*, 31(10), e201-e217.
- Al Sunbul, H., Silikas, N., & Watts, D. C. (2016). Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage. *Dental Materials*, 32(8), 987-997.
- Baliga, S., Muglikar, S., & Kale, R. (2013). Salivary pH: A diagnostic biomarker. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 17(4), 461-465.
- Bauer, H., & Ilie, N. (2013). Effects of aging and irradiation time on the properties of a highly translucent resin-based composite. *Dental Materials Journal*, 32(4), 592-599.
- Biçer, A. Z. Y., Karakış, D., & Doğan, A. (2014). Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi. *Acta Odontologica Turcica*, 31(1), 13-17.
- Bildir Çakin, E. Farklı hibrit ve seramik materyallerin çiğneme simülâtörü ile yaşlandırma sonrası bükülme dirençlerinin değerlendirilmesi.
- Blumer, L., Schmidli, F., Weiger, R., & Fischer, J. (2015). A systematic approach to standardize artificial aging of resin composite cements. *Dental materials*, 31(7), 855-863.
- Bogacki, R., Hunt, R., Del Aguila, M., & Smith, W. (2002). Survival analysis of posterior restorations using an insurance claims database. *Operative Dentistry*, 27(5), 488-492.
- Borba, M., Cesar, P. F., Griggs, J. A., & Della Bona, Á. (2013). Step-stress analysis for predicting dental ceramic reliability. *Dental Materials*, 29(8), 913-918.
- Brunthaler, A., König, F., Lucas, T., Sperr, W., & Schedle, A. (2003). Longevity of direct resin composite restorations in posterior teeth: a review. *Clinical oral investigations*, 7, 63-70.

- Buzalaf, M. A. R., Hannas, A. R., Magalhães, A. C., Rios, D., Honório, H. M., & Delbem, A. C. B. (2010). pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. *Journal of Applied Oral Science*, 18, 316-334.
- Cai, K., Delaviz, Y., Banh, M., Guo, Y., & Santerre, J. P. (2014). Biodegradation of composite resin with ester linkages: Identifying human salivary enzyme activity with a potential role in the esterolytic process. *Dental Materials*, 30(8), 848-860.
- Cilli, R., Pereira, J. C., & Prakki, A. (2012). Properties of dental resins submitted to pH catalysed hydrolysis. *Journal of Dentistry*, 40(12), 1144-1150.
- Costa, A. R., Correr-Sobrinho, L., Ambrosano, G. M. B., Sinhoreti, M. A. C., Borges, G. A., Platt, J. A., & Puppini-Rontani, R. M. (2014). Dentin bond strength of a fluoride-releasing adhesive system submitted to pH-cycling. *Brazilian Dental Journal*, 25, 472-478.
- Cramer, N., Stansbury, J., & Bowman, C. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of dental research*, 90(4), 402-416.
- Çakıcıer, N., & m Korkut, D. S. (2009). Ahsap Yüzeylere Uygulanan Kaplama Katmanlarında Yaslandırma Testleri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 5(1), 75-90.
- da Rosa Rodolpho, P. A., Cenci, M. S., Donassollo, T. A., Loguércio, A. D., & Demarco, F. F. (2006). A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *Journal of dentistry*, 34(7), 427-435.
- De Brito, O., De Oliveira, I., & Monteiro, G. (2019). Hydrolytic and biological degradation of bulk-fill and self-adhering resin composites. *Operative Dentistry*, 44(5), E223-E233.
- Egilmez, F., Ergun, G., Cekic-Nagas, I., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2018). Does artificial aging affect mechanical properties of CAD/CAM composite

- materials. *Journal of prosthodontic research*, 62(1), 65-74.
- Fan, J., Xu, Y., Si, L., Li, X., Fu, B., & Hannig, M. (2021). Long-term clinical performance of composite resin or ceramic inlays, onlays, and overlays: a systematic review and meta-analysis. *Operative Dentistry*, 46(1), 25-44.
- Featherstone, J. D. (2008). Dental caries: a dynamic disease process. *Australian dental journal*, 53(3), 286-291.
- Ferracane, J. L. (2013). Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dental materials*, 29(1), 51-58.
- Festuccia, M. S. C. C., Garcia, L. d. F. R., Cruvinel, D. R., & Pires-De-Souza, F. d. C. P. (2012). Color stability, surface roughness and microhardness of composites submitted to mouthrinsing action. *Journal of Applied Oral Science*, 20, 200-205.
- Fidan, M., & Dereli, Z. (2021). Translüsensi Özelliğinin Polisaj Uygulanan Kompozit Rezinlerde Cielab ve Ciede Renk Sistemlerine Göre Karşılaştırılması.
- Fidan, M., & Dereli, Z. (2022). Effect of polishing systems on the color and surface properties of resin composites in the process of accelerated artificial aging. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 12(3), 702-710.
- Flanagan, D. (2017). Bite force and dental implant treatment: A short review. *Medical Devices: Evidence and Research*, 141-148.
- Forss, H., & Widström, E. (2004). Reasons for restorative therapy and the longevity of restorations in adults. *Acta Odontologica Scandinavica*, 62(2), 82-86.
- Gaengler, P., Hoyer, I., & Montag, R. (2001). Clinical evaluation of posterior composite restorations: the 10-year report. *Journal of Adhesive Dentistry*, 3(2).
- Gaillard, Y., Jiménez-Piqué, E., Soldera, F., Mücklich, F., & Anglada, M. (2008). Quantification of hydrothermal degradation in zirconia by nanoindentation. *Acta Materialia*, 56(16), 4206-4216.

- Gale, M., & Darvell, B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89-99.
- Ganss, C. (2006). Definition of erosion and links to tooth wear. *Monographs in oral science*, 20, 9.
- Gates, T. (2008). The physical and chemical ageing of polymeric composites. In *Ageing of composites* (pp. 3-33): Elsevier.
- German, M. J. (2022). Developments in resin-based composites. *British Dental Journal*, 232(9), 638-643.
- Gleason, P., & Sutor, C. (2001). *Children's diets in the mid-1990s: dietary intake and its relationship with school meal participation*. Retrieved from
- Gomes, P. N., Dias, S. C., Moyses, M. R., Pereira, L. J., Negrillo, B. G., & Ribeiro, J. (2008). Effect of artificial accelerated aging on Vickers microhardness of composite resins. *General Dentistry*, 56(7), 695-699.
- Gonzalez-Bonet, A., Kaufman, G., Yang, Y., Wong, C., Jackson, A., Huyang, G., . . . Sun, J. (2015). Preparation of dental resins resistant to enzymatic and hydrolytic degradation in oral environments. *Biomacromolecules*, 16(10), 3381-3388.
- Green, B. G. (1986). Oral perception of the temperature of liquids. *Perception & psychophysics*, 39(1), 19-24.
- Hannig, C., Hannig, M., & Attin, T. (2005). Enzymes in the acquired enamel pellicle. *European journal of oral sciences*, 113(1), 2-13.
- Hegde, M. N., & Bhandary, S. (2008). An evaluation and comparison of shear bond strength of composite resin to dentin, using newer dentin bonding agents. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 11(2), 71-75.
- Heintze, S., Forjanic, M., Ohmiti, K., & Rousson, V. (2010). Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dental Materials*, 26(4), 306-319.
- Heintze, S. D., & Forjanic, M. (2005). Surface roughness of different dental materials before and after simulated

- toothbrushing in vitro. *OPERATIVE DENTISTRY- UNIVERSITY OF WASHINGTON-*, 30(5), 617.
- Heintze, S. D., Ilie, N., Hickel, R., Reis, A., Loguercio, A., & Rousson, V. (2017). Laboratory mechanical parameters of composite resins and their relation to fractures and wear in clinical trials—A systematic review. *Dental materials*, 33(3), e101-e114.
- Heymann, H. O., Swift, E. J., Ritter, A. V., & Sturdevant, C. M. (2013). Sturdevant's art and science of operative dentistry. (*No Title*).
- Huang, B., Sadeghinejad, L., Adebayo, O. I., Ma, D., Xiao, Y., Siqueira, W. L., . . . Finer, Y. (2018). Gene expression and protein synthesis of esterase from *Streptococcus mutans* are affected by biodegradation by-product from methacrylate resin composites and adhesives. *Acta biomaterialia*, 81, 158-168.
- Huang, B., Siqueira, W. L., Cvitkovitch, D. G., & Finer, Y. (2018). Esterase from a cariogenic bacterium hydrolyzes dental resins. *Acta biomaterialia*, 71, 330-338.
- Huang, R., Li, M., & Gregory, R. L. (2011). Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*, 2(5), 435-444.
- Korkut, B., & Hacıalı, C. (2020). Color stability of flowable composites in different viscosities. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 10(4), 454-461.
- Kumar, N., Fareed, M. A., Zafar, M. S., Ghani, F., & Khurshid, Z. (2021). Influence of various specimen storage strategies on dental resin-based composite properties. *Materials Technology*, 36(1), 54-62.
- Kundie, F., Azhari, C. H., Muchtar, A., & Ahmad, Z. A. (2018). Effects of filler size on the mechanical properties of polymer-filled dental composites: A review of recent developments. *J. Phys. Sci*, 29(1), 141-165.
- Lai, G., Zhao, L., Wang, J., & Kunzelmann, K.-H. (2018). Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. *Dental Materials Journal*, 37(5), 717-724.

- Laycock, B., Nikolić, M., Colwell, J. M., Gauthier, E., Halley, P., Bottle, S., & George, G. (2017). Lifetime prediction of biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 71, 144-189.
- Lughi, V., & Sergo, V. (2010). Low temperature degradation-aging-of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dental Materials*, 26(8), 807-820.
- Melo, M. A. V. d., Moysés, M. R., Santos, S. G. d., Alcântara, C. E. P., & Ribeiro, J. C. R. (2011). Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Brazilian oral research*, 25, 485-491.
- Michailesco, P., Marciano, J., Grieve, A., & Abadie, M. (1995). An in vivo recording of variations in oral temperature during meals: a pilot study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 73(2), 214-218.
- 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(2), 22-31.
- Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C., & Monaco, A. (2014). Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 29, 295-308.
- Nam, N.-E., Shin, S.-H., Lim, J.-H., Shim, J.-S., & Kim, J.-E. (2021). Effects of artificial tooth brushing and hydrothermal aging on the mechanical properties and color stability of dental 3D printed and CAD/CAM materials. *Materials*, 14(20), 6207.
- Nujella, B. S., Choudary, M. T., Reddy, S. P., Kumar, M. K., & Gopal, T. (2012). Comparison of shear bond strength of aesthetic restorative materials. *Contemporary Clinical Dentistry*, 3(1), 22-26.
- Peris, A. R., Mitsui, F. H., Lobo, M. M., Bedran-russo, A. K., & Marchi, G. M. (2007). Adhesive systems and secondary caries formation: Assessment of dentin bond strength,

- caries lesions depth and fluoride release. *Dental Materials*, 23(3), 308-316.
- Pytko-Polonczyk, J., Jakubik, A., Przeklasa-Bierowiec, A., & Muszynska, B. (2017). Artificial saliva and its use in biological experiments. *J. Physiol. Pharmacol*, 68(6), 807-813.
- Rafael, C. F., Cesar, P. F., Fredel, M., de Souza Magini, R., Liebermann, A., & Volpato, C. A. M. (2018). Impact of laboratory treatment with coloring and fluorescent liquids on the optical properties of zirconia before and after accelerated aging. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(2), 276-281.
- Raskin, A., Michotte-Theall, B., Vreven, J., & Wilson, N. (1999). Clinical evaluation of a posterior composite 10-year report. *Journal of dentistry*, 27(1), 13-19.
- Rattacaso, R. M. B., Garcia, L. d. F. R., Aguilar, F. G., Consani, S., & Pires-de, F. d. C. P. (2011). Bleaching agent action on color stability, surface roughness and microhardness of composites submitted to accelerated artificial aging. *European journal of dentistry*, 5(02), 143-149.
- Rodolpho, P. A. D. R., Donassollo, T. A., Cenci, M. S., Loguercio, A. D., Moraes, R. R., Bronkhorst, E. M., . . . Demarco, F. F. (2011). 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dental materials*, 27(10), 955-963.
- Samran, A., El Bahra, S., & Kern, M. (2013). The influence of substance loss and ferrule height on the fracture resistance of endodontically treated premolars. An in vitro study. *Dental Materials*, 29(12), 1280-1286.
- Sandner, B., Baudach, S., Davy, K., et al., Braden, M., & Clarke, R. (1997). Synthesis of BISGMA derivatives, properties of their polymers and composites. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 8(1), 39-44.
- Schneider, L. F. J., Pfeifer, C. S., Consani, S., Prahl, S. A., & Ferracane, J. L. (2008). Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion,

- hardness and yellowing of dental resin composites. *Dental Materials*, 24(9), 1169-1177.
- Sideridou, I. D., Vouvoudi, E. C., & Keridou, I. V. (2015). Sorption characteristics of oral/food simulating liquids by the dental light-cured nanohybrid composite Kalore GC. *Dental Materials*, 31(9), e179-e189.
- Singh, B., & Sharma, N. (2008). Mechanistic implications of plastic degradation. *Polymer degradation and stability*, 93(3), 561-584.
- Stencel, R., Pakieła, W., Barszczewska-Rybarek, I., Żmudzki, J., Kasperski, J., & Chladek, G. (2018). Effects of different inorganic fillers on mechanical properties and degree of conversion of dental resin composites. *Archives of Metallurgy and Materials*, 63.
- Sund-Levander, M., Forsberg, C., & Wahren, L. K. (2002). Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scandinavian journal of caring sciences*, 16(2), 122-128.
- Szczesio-Włodarczyk, A., Fronczek, M., Ranoszek-Soliwoda, K., Grobelny, J., Sokolowski, J., & Bociong, K. (2022). The first step in standardizing an artificial aging protocol for dental composites—evaluation of basic protocols. *Molecules*, 27(11), 3511.
- Szczesio-Włodarczyk, A., Sokolowski, J., Kleczewska, J., & Bociong, K. (2020). Ageing of dental composites based on methacrylate resins—A critical review of the causes and method of assessment. *Polymers*, 12(4), 882.
- Tabatabaei, M. H., Arami, S., & Farahat, F. (2016). Effect of mechanical loads and surface roughness on wear of silorane and methacrylate-based posterior composites. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 13(6), 407.
- Temizci, T. (2019). *Farklı yaşlandırma tekniklerinin farklı kalınlıktaki tam seramik materyallerin renk değişimi üzerine etkisinin incelenmesi*. Necmettin Erbakan University (Turkey),

- Tornavoi, D. C., Satoa, S., Silva, L. J., Agnelli, J. A. M., & Reis, A. C. d. (2012). Analysis of surface hardness of artificially aged resin composites. *Materials Research*, 15, 9-14.
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Fischer, N. G., Nojiri, K., Nagura, Y., Takamizawa, T., . . . Miazaki, M. (2018). Wear of resin composites: Current insights into underlying mechanisms, evaluation methods and influential factors. *Japanese Dental Science Review*, 54(2), 76-87.
- Unalan Degirmenci, B., Degirmenci, A., & Seyfioglu Polat, Z. (2025). The Influence of Thermocycling and Ultraviolet Aging on Surface Characteristics and the Repair Bond Strength of CAD/CAM Resin Nanoceramics. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(5), 156.
- Ünlü, N., & Ülkü, S. G. (2020). Son 10 yılda kompozit rezin restorasyonlar: in vivo ve in vitro çalışmalarla bir derleme. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 2(3), 124-145.
- Vieira, A. R., Silva, M. B., Souza, K. K., Filho, A. V., Rosenblatt, A., & Modesto, A. (2017). A pragmatic study shows failure of dental composite fillings is genetically determined: a contribution to the discussion on dental amalgams. *Frontiers in medicine*, 4, 186.
- Zanchi, C. H., Ogliari, F. A., Marques e Silva, R., Lund, R. G., Machado, H. H., Prati, C., . . . Piva, E. (2015). Effect of the silane concentration on the selected properties of an experimental microfilled composite resin. *Applied Adhesion Science*, 3, 1-9.
- Zhang, N., Ma, Y., Weir, M. D., Xu, H. H., Bai, Y., & Melo, M. A. S. (2017). Current insights into the modulation of oral bacterial degradation of dental polymeric restorative materials. *Materials*, 10(5), 507.

Restorasyon Tamirinde Adeziv Sistemler: Bağlanma

BÖLÜM 2

Mekanizmaları ve Klinik Uygulamalara Bilimsel Bir Bakış

Nilgün AKGÜL¹

Burak ÖZTÜRK²

Giriş

Kompozit restorasyonlar, diş uyum yetenekleri, estetik, tamir edilebilme, diş kimyasal bağlanma özellikleri gibi olumlu yönleriyle diş hekimleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, adeziv sistemlerdeki gelişmelerle beraber diş hekimleri, minimal invaziv yaklaşımlarla dişleri restore edebilmekte bu sayede hem dişin hem de restorasyonun ömrünü uzatabilmektedir. Yapılan restorasyonlarda zamanla oluşabilen deformasyonlar, kırıklar, renklenmeler, marjinal açıklıklar ve ikincil çürükler gibi sorunlar ortaya çıkabilir. (Elderton R., 1988) Bu tür durumlarda, diş hekimleri restorasyonu tamamen değiştirmek veya restorasyonun tamir edilmesi arasında bir karar vermek durumundadır.

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

²Arş.Gör. Burak ÖZTÜRK, Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümü, Denizli/Türkiye, Orcid: 0009-0000-3648-4041, burakozturk894@gmail.com

Araştırmalar, restorasyon tamirinin değişimine kıyasla daha uygun bir tedavi yöntemi olabileceğini göstermektedir.(Gordan V.V., Garvan C.W., Blaser P.K. et al., 2009; Moncada G., Fernández E., Martín J. et al., 2008). Restorasyonun değiştirilmesi, genellikle daha büyük doku kaybına yol açar. Bu durumda başarısızlık ihtimali artar, daha invaziv işlemler olan kök kanal tedavisi hatta diş çekimine zemin hazırlanabilir. Bu olumsuz döngü tamir işleminin minimal invaziv bir yöntem olması sayesinde hekim tarafından önlenabilir.(Blum I.R., Jagger D.C., & Wilson N.H., 2011) Tamirin tedavi süresini ve maliyetini azaltması, diş dokusunu koruması gibi önemli klinik avantajları vardır. Hekim kararını; kooperasyon eksikliği, sistemik hastalık, ağız hijyeninin yeterli olmaması gibi hastaya özgü faktörler veya lokalize marjinal defektler, küçük kırıklar, renk değişimi, yüzey aşınması, sekonder çürükler gibi dişe özgü faktörler etkileyebilir.(Irmak Ö., Çeliksöz Ö., Yılmaz B. et al., 2017)

Tamir işlemi sırasında eski ve yeni kompozit arasında yeterli bir bağ oluşturmak için belli başlı yöntemler önerilmiştir. İlk olarak diş tamirinde doğru preparasyon tekniğinin, restorasyonun dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü için kritik bir önemi vardır. Başarılı bir tamir için, eski restorasyonun kenarları düzeltilmeli, sağlam yapılar korunarak yalnızca hasarlı ve zayıflamış bölgeler uzaklaştırılmalıdır. İkinci olarak yüzey pürüzlendirme işleminde bazı yöntemler tek başına veya birbirleriyle kombine bir biçimde kullanılabilir. Bunlar kalın partiküllü elmas frezlerle

pürüzlendirme, fosforik asit ile asitleme, alüminyum oksit tozu ile kumlama gibi yöntemlerdir.(Bonstein T., Garlapo D., John Jr D. et al., 2005; Bouschlicher M.R., Reinhardt J.W., & Vargas M.A., 1997; Cavalcanti A.N., De Lima A.F., Peris A.R. et al., 2007; Loomans B., Cardoso M., Opdam N. et al., 2011). Son olarak doğru endikasyonda doğru adeziv sistem seçimi ve uygulanması uzun ömürlü bir restorasyon için önemlidir. Adeziv sisteme ek olarak silan bağlayıcı ajan uygulaması da bağlanma dayanımı üzerinde etkili olabilmektedir.(Teixeira Mendes L., Loomans B.A., Opdam N.J. et al., 2020)

Adeziv Sistemlerin Restoratif Diş Tedavisindeki Rolü

Restoratif diş tedavisinde adeziv sistemler, diş yapıları ile restoratif materyaller arasında mekanik ve kimyasal bağlanmayı sağlayarak restorasyonun uzun ömürlü olmasını ve diş yapısının korunmasını; mikro sızıntının ve çürük riskinin azalmasını sağlar. Farklı adeziv sistemlerin (etch&rinse, self-etch, universal) doğru endikasyonda kullanılması restorasyonun dayanıklılığı ve hasta memnuniyeti açısından önemlidir.

Adeziv sistemlerin gelişimi, modern restoratif diş hekimliğindeki gelişmelerle paralel ilerlemiştir. 1950'lerde Dr. Michael Buonocore fosforik asitle mineyi pürüzlendirip kompozit rezinlerin tutunabildiği alanı arttırarak "asitle pürüzlendirme tekniğini" geliştirmiştir. Dentineki organik materyal ve su varlığının bağlantıyı olumsuz etkilemesinden dolayı 1970'lerde

dentine bağlanmayı güçlendirmeyi hedefleyen çalışmalar başlamış, 1980’lerde ise hem mine hem dentin için kullanılan “total-etch” sistemler geliştirilmiştir, ayrıca ‘hibrit tabaka’ tanımı da yine bu yıllarda ortaya konmuştur. Bu sistemler postoperatif hassasiyete yol açsa da güçlü bağlanma sağlamıştır. 1990’larda uygulaması daha basit ve dentinde hassasiyeti azaltan “self-etch” sistemler ortaya çıkmıştır. (Cardoso M., de Almeida Neves A., Mine A. et al., 2011; Inokoshi S., 1990; Van Meerbeek B., Yoshihara K., Van Landuyt K. et al., 2020) Günümüzde kullanılan universal adeziv sistemler hem selektif etch hem de self-etch modlarında çalışabilmekte, nanoteknoloji gibi yeniliklerle daha güçlü ve biyouyumlu hale getirilmektedir. (Cuevas-Suarez C.E., de Oliveira da Rosa W.L., Lund R.G. et al., 2019; Özlü Ş., 2011)

Bağlayıcı ajanlar, uygulama teknikleri ve içeriklerine göre gruplandırılır.(Kazak M. & Dönmez N., 2019) Klasik sınıflandırmada ilk olarak etch&rinse (total etch) sistemler yer alır; bu sistemlerde restore edilecek yüzeye fosforik asit ile önce demineralize edilerek pürüzlendirilir ardından adeziv ajan uygulanır. Etch&rinse sistemler üç aşamalı (4. nesil) ya da iki aşamalı (5. nesil) olarak uygulanabilir; üç aşamalı sistemlerde asit, primer ve adeziv ayrı ayrı uygulanarak genellikle yüksek bağlanma dayanımı elde edilirken, iki aşamalı sistemlerde primer ve bağlayıcının aynı şişede birleştirilmesi uygulamayı kolaylaştırır da bağlanma dayanımında bir miktar azalmaya neden olabilir.(Berkmen B., Yamanel K., & Arhun N., 2019) Buna karşın self etch sistemlerinde asitleme ve

primer uygulaması tek adımda birleştirilmiş olup dentin tübüllerini tam açmadığı için postoperatif hassasiyet riskini azaltabilir; iki aşamalı (6. nesil) olanlarda asit ve primer aynı şişede yer alırken bağlayıcı ayrı bir şişede bulunur, tek aşamalı (7. nesil)(all in one) olanlarda ise tüm bileşenler tek bir şişede birleştirilerek işlem daha da basitleştirilir. Ancak yöntemdeki bu basitleşme, özellikle bağlanma dayanımı açısından bir dezavantaj oluşturabilir.(Berkmen B., Yamanel K., & Arhun N., 2019) Son yıllarda geliştirilen universal adezivler ise hem selektif etch hem de self-etch protokollerine uygun şekilde esnek kullanım imkânı sunarak mine ve dentin yüzeylerine uyum sağlarlar ve doğrudan (kompozit gibi) ya da dolaylı olarak (seramik veya metal restorasyonlar gibi) restorasyonlarda kullanılabilirler. Ancak özellikle mine yüzeyinde uzun dönem başarımın artırılması için ek asitleme önerilmektedir(Çakmak Ş.). Bunun yanı sıra kendinden adezivli sistem olan self-adeziv kompozitler herhangi bir ekstra adeziv ajan kullanımına gerek kalmadan içeriklerindeki asidik monomerler aracılığıyla hem kimyasal hem de mekanik bağlanma sağlayarak uygulama süresini ciddi şekilde kısaltır ve klinik işlemleri sadeleştirirler. Bununla birlikte, bağlanma dayanımları geleneksel adeziv sistemlerle yapılan uygulamalara kıyasla genellikle daha düşük olup uzun dönem klinik başarılarıyla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.(David C., de Cardoso G.C., Isolan C.P. et al., 2022) Cam iyonomer adezivler ise diş dokularına polialkenoik asit içeren yüzey hazırlayıcıları aracılığıyla kimyasal bağlanma sağlarlar. Bu

asit, smear tabakasını kısmen kaldırarak kollajen liflerini açığa çıkarır ve adezyona uygun bir yüzey oluşturur.(Berkmen B., Yamanel K., & Arhun N., 2019)

Adeziv sistemlerin diş hekimliğinde son yıllardaki en önemli gelişmelerden biri, güncel klinik kullanıma sunulan universal adeziv sistemlerdir. Bu sistemler birçok farklı modda uygulanabildikleri için "multi-modlu adeziv sistemler" olarak da adlandırılmaktadır.(Hanabusa M., Mine A., Kuboki T. et al., 2012) Mine, dentin gibi farklı diş dokularında farklı tekniklerle aynı adeziv sistemin kullanılmasına olanak tanıyan bu sistem, işlem süresini kısaltmayı ve olabilecek en iyi bağlantıyı sağlamayı hedeflemektedir. (Nagarkar S., Theis-Mahon N., & Perdigão J., 2019) Bu adeziv sistemlerin, diş dokularına hem kimyasal hem de mikro mekanik bağlanma sağlayan spesifik monomerler içermesi, onları self-etch adezivlerden ayıran temel farktır. Universal adezivlerde yaygın olarak kullanılan metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) monomeri, hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum ile çözünmeyen tuzlar oluşturarak bağlanma yüzeyinde nanotabakalar meydana getirir, böylece dayanıklı bir bağlantı sağlar.(Muñoz M.A., Sezinando A., Luque-Martinez I. et al., 2014; Yoshida Y., Yoshihara K., Nagaoka N. et al., 2012) MDP'nin yanı sıra hidrofilik özellikteki hidroksietil metakrilat (HEMA) ve hidrofobik özellikteki bis-GMA gibi monomerlerin birleşimi, dentinin hidrofilik yapısı ile rezinin hidrofobik özellikleri arasında köprü oluşturur. Bazı universal adezivlerin silan içermesi ise cam seramik ve rezin restorasyonların

simantasyonunda ayrı bir silan uygulamasına gerek bırakmadan süreci daha pratik hale getirir.(Da Rosa W.L.D.O., Piva E., & da Silva A.F., 2015; Yoshihara K., Nagaoka N., Sonoda A. et al., 2016) Nanoteknoloji destekli universal adezivlerde kullanılan nano doldurucuların bağlanma dayanımını arttırdığı gösterilmiştir.(Özlü Ş., 2011) Biyomimetik yaklaşımlar, dentin kolajen yapısını stabilize ederek hidroliz direncini artırmış, MMP inhibitörleriyle (BB94 ve GM6001) bağ dayanımının uzun süre korunmasına katkı sağlamıştır.(Almahdy A., Koller G., Sauro S. et al., 2012) Self-etch sistemlerin içine gümüş nanopartikülleri ekleyen bir çalışmada ise düşük konsantrasyonlarda bağ dayanımını düşmeden S.mutans’a karşı antibakteriyel etki görüldüğü belirtilmiştir.(Wang J., Jiang W., Liang J. et al., 2022)

Adezyon Mekanizmaları

Adezyon gücünü etkileyen pek çok faktör bulunmakta olup bunların başında dişin yapısı gelir. Mine ve dentin üzerine adezyon mekanizmaları, restoratif tedavilerin uzun dönem başarısını belirleyen adeziv diş hekimliğinin temel süreçlerindendir. Bu mekanizmalar, restoratif materyalin diş yüzeyine etkili bir şekilde bağlanmasını sağlamak için yapılan yüzey hazırlama tekniklerini, modern adeziv sistemlerin kullanımını ve bu sistemlerin diş dokusuyla oluşturduğu kimyasal ve mikromekanik bağlanma prensiplerini içerir. Özellikle, mine ve dentinin yapı-özellik ilişkileri, yüzeye özgü biyokimyasal ve morfolojik stratejiler gerektirmektedir.

Bu bağlanma mekanizmaları, restorasyonun yalnızca estetik ve fonksiyonel başarısını değil, aynı zamanda uzun ömürlülüğünü de artırmaktadır.(Buonocore M.G., 1970; Van Meerbeek B., De Munck J., Yoshida Y. et al., 2003)

Mine, yüksek oranda mineralize bir yapıya sahiptir ve büyük ölçüde hidroksiapatit kristallerinden oluşur (%96-98 mineral). Bu mineralize yapı, mineye adezyon sürecini hem avantajlı hem de dezavantajlı kılar. Mineye adezyon, modern diş hekimliğinde restoratif materyallerin başarılı bir şekilde bağlanması için kullanılan mekanik tutunma ve kimyasal bağlanma prensiplerine dayanır. (Ayaz D.F., Tağtekin D., & Yanıkoğlu F., 2011)

Mine dokusu yüksek mineral içeriği sayesinde hidrofilik özellik gösterir ve mekanik bağlanma için elverişli bir yüzey sunar. Ancak aşırı florlu mine gibi özel durumlar, bağlanmayı zorlaştırabilir. Bu nedenle asitleme işleminde mine yüzeyi ekstra pürüzlendirilerek adezivin tutunabileceği alan artırılır. Buna karşılık dentin dokusu ise daha karmaşık bir yapıdadır; organik içeriği ve tübül sayısındaki değişkenlik gibi etkenler, adezyonu güçleştiren unsurlardır. Ayrıca smear tabakasının varlığı ve kolajen liflerinin durumu da bağlanma gücünü doğrudan etkiler.(Van Meerbeek B., De Munck J., Yoshida Y. et al., 2003) Tüm bunların yanında diş yüzeyinin temizliği de kritik önem taşır; tükürük, kan gibi kontaminasyon unsurları adezyonu olumsuz etkilerken, kauçuk örtüyle izolasyon ve özellikle dentin için uygun nemli ortamın

sağlanması bağlanma kuvvetini artırabilir.(Tay F.R. & Pashley D.H., 2003) Polimerizasyon aşaması da dikkatle yönetilmelidir. Işık şiddetinin yetersizliği, uygun olmayan dalga boyu veya yetersiz ışıklama süresi bağlanmayı zayıflatırken, hızlı ve yüksek şiddette ışıkla polimerizasyon ise büzülme gerilmeleri oluşturarak adezyonda kopma gibi problemler oluşturabilir.(Uluakay M., İnan H., Yamanel K. et al., 2011) Aynı şekilde adezivin uygulanma şekli de sonuç üzerinde belirleyicidir; yüzeye yetersiz süreyle uygulanması ya da çok kalın bir film tabakası oluşturulması bağlanma gücünde düşüşe yol açar. (Perdigão J., 2010)

Tüm bu etkenlerle birlikte, kullanılan adeziv sistemin tipi de bağlanma başarısında önemli rol oynar. Self-etch sistemler dentine iyi nüfuz edebilse de mineye olan bağlanmaları genellikle sınırlıdır. Total-etch sistemler mineye yüksek bağlanma sağlarken dentin sıvısı gibi kontaminasyonlara daha duyarlıdır. Son olarak hem mine hem dentine etkin bağlanma amacıyla geliştirilen universal adezivler ise uygulama protokolüne bağlı olarak değişken sonuçlar verebilir. Bu nedenle klinik başarı için tüm bu faktörlerin bir arada değerlendirilmesi büyük önem taşır.

Mineye Adezyon

Mine, çoğunlukla hidroksiapatit kristallerinden oluşur ve yüksek mineralizasyon nedeniyle oldukça sert bir yapıya sahiptir. Mine yüzeyi genellikle %30-40 fosforik asit ile pürüzlendirilir. Bu işlem, mine yüzeyindeki hidroksiapatit kristallerini çözerek

mikropürüzler oluşturur. Bu pürüzlü yapı, adeziv materyalin mekanik olarak tutunabileceği mikroretansiyon alanları sağlar.(Arhun N. & Oğlakçı B., 2017) Adeziv sistem, mine yüzeyindeki mikropürüzlere nüfuz ederek polimerleşir. Bu süreç, mikromekanik retansiyon olarak adlandırılır ve mine yüzeyinde güçlü bir bağ oluşturur.(İbrahim D.F.A., Venkiteswaran A., & Hasmun N.N., 2023)

Dentine Adezyon

Dentine bağlanma mikromekanik ve kimyasal bağlanma olmak üzere iki ana mekanizmadan oluşur. Mikromekanik bağlanma, adeziv rezinin hazırlanmış dentin yüzeyine nüfuz etmesine dayanır. Bu süreçte, demineralize olan intertübüler dentin içerisindeki rezin monomerleri, primer ile beraber kolajen ağı içindeki suyu yerinden çıkararak bu boşluklara yerleşir. Bu olaya intertübüler infiltrasyon denir. Aynı zamanda rezinin tübül kanallarına derinlemesine nüfuz etmesi sonucu intratübüler penetrasyon gerçekleşir. Bu penetrasyon sonucunda tübüller içinde oluşan yapıya rezin tag adı verilir. Bu yapı, tübülleri tıkayarak pulpa-dentin kompleksini olası sızıntılara karşı korur. Ayrıca, adezivin kollajen fibrilleriyle mikromekanik kilitlenme oluşturduğu bir bağlanma süreci vardır. Bu bağ, rezin monomerleri ile dentin yapısı arasında gelişir. Hidroksiapatit kristalleri çözüldüğünde, rezin monomerleri kollajen fibrillerin çevresini sararak bir interdifüzyon tabakası (hibrit tabaka) oluşturur. Bu tabaka, dentin adeziv

bağlanmasını güçlendiren kritik bir yapıdır. Kimyasal bağlanma ise dentin yüzeyindeki hidroksiapatit kristalleri ile fonksiyonel asidik monomerler arasında gerçekleşir. Bu monomerler karboksil, fosforik ve fosfat gruplarını içeren özel kimyasal yapılara sahiptir. Özellikle MDP gibi fonksiyonel monomerler, hidroksiapatit içindeki kalsiyum iyonları ile etkileşime girer ve stabil kimyasal bağlar oluşturur.(Masarwa N., Mohamed A., Abou-Rabii I. et al., 2016; Perdigão J., 2010)

Bu süreç, bağlanmanın dayanıklılığını artırır ve uzun vadeli restoratif başarı sağlar. Mikro mekanik ve kimyasal bağlanma beraber dentin ve adezivin bağı oluşturur. Fiziksel (mikro mekanik) bağlanma hibrit tabaka ve tübüler rezin tag ile dayanım sağlarken; kimyasal bağlanma, hidroksiapatit ile monomerlerin doğrudan kimyasal etkileşim kur bağlantıyı daha stabil hale getirir. (Perdigão J., 2010)

Tamir Yaklaşımında Adezyon

1. Amalgam-Kompozit Bağlantısı

Amalgam, metalik ve inorganik bir materyal olduğu için kompozit ile direkt kimyasal bağlanma sağlanamaz. Bu nedenle, mekanik ve kimyasal bağlanmayı destekleyecek işlemler gereklidir. Bağlantı için öncelikle mekanik retansiyonu sağlamak için yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanır. Bunun için tercih edilen yöntemler arasında kumlama (alüminyum oksit ile), asitleme (ortofosforik asit), frez(elmas) ile pürüzlendirme sayılabilir. Ardından adezyon

için doğru materyal kullanımı bağlantının dayanıklı ve uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Bunun için çift aşamalı uygulanabilen adeziv sistemler (self-etch, total-etch) tercih edilebilirken ekstra olarak metal primerler (4-META veya MDP) ve silan uygulamasıyla amalgam-kompozit bağlantısı en ideal şekilde sağlanmaya çalışılır.

Amalgam yüzeyine kompozit rezin bağlanmasını değerlendiren çalışmalar, farklı adeziv sistemleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma koşullarının etkilerini incelemiş ve her biri bağlanma dayanımı ile mikro sızıntı açısından önemli bulgular ortaya koymuştur.(ehreli S.B., Arhun N., & Celik C., 2010; Jasim H.H., Gholam M.K., & Shukri B.M., 2022; Zajkani E., Omidı F., & Taromi Z., 2022) Yapılan bir çalışmada self adeziv dual-cure rezin simanlar, doğrudan amalgam yüzeyine uygulanarak yüksek bağlanma dayanımı sağlarken(Jasim H.H., Gholam M.K., & Shukri B.M., 2022), diğer bir çalışmada etch&rinse adeziv sistemleri self etch sistemlere göre mikro sızıntıyı azaltmada etkili bulunmuştur(ehreli S.B., Arhun N., & Celik C., 2010). Kimyasal bağlanmanın rolü özellikle Alloy Primer içeren protokollerde vurgulanmış ve bu sistemlerin mikro sızıntıyı kontrol etmede önemli olduğu belirtilmiştir(Zajkani E., Omidı F., & Taromi Z., 2022). Yüzey işlemleri açısından, mekanik pürüzlendirme yöntemleri arasında kumlama ve silika kaplama dikkat çekmiş, bu işlemlerin kimyasal bağlanmayı artırarak adeziv sistemlerin etkinliğini güçlendirdiği görülmüştür.(Kanzow P., Baxter S., Rizk M. et al., 2019) Ayrıca, silan ve 10-MDP içeren adeziv sistemlerin amalgam yüzeyine

bağlanmayı optimize ettiği, buna karşılık silan içermeyen sistemlerin daha düşük performans gösterdiği belirtilmiştir.(Kanzow P., Baxter S., Rizk M., Wassmann T., & Wiegand A., 2019) Sonuç olarak, amalgam kompozit bağlanmasında en iyi sonuçları elde edebilmek kullanılan adeziv sistemle beraber uygulanan yüzey işlemi ve ek prosedürler de dikkatle seçilmelidir. Mekanik ve kimyasal bağlanma mekanizmalarının bir arada kullanılması, bağlanma dayanımını artırırken mikro sızıntıyı en aza indirerek restorasyonların uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır.

2.Kompozit-Kompozit Bağlantısı

Kompozit restorasyonların tamiri, diş dokusunu koruyarak restorasyonun ömrünü uzatmayı amaçlayan minimal invaziv yaklaşımlar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu süreçte eski kompozit yüzeyine yeni materyalin güçlü bir şekilde bağlanabilmesi için uygun yüzey hazırlığı, silan uygulaması ve doğru adeziv sisteminin seçimi kritik öneme sahiptir.(Hadilou M., Dolatabadi A., Ghojzadeh M. et al., 2022) Farklı adeziv sistemlerin (total-etch, self-etch ve universal) bağlanma dayanımı ve klinik başarısı açısından farklı avantajlar sunduğu bilinmektedir. Total-etch sistemler, mineye güçlü bir bağ oluşturmasıyla bilinirken, self-etch sistemler işlem sürecini kısaltıp dentin hassasiyetini azaltma avantajı sağlamaktadır.(Van Meerbeek B., Yoshihara K., Van Landuyt K., Yoshida Y., & Peumans M., 2020)

Universal adezivler ise her iki yöntemi birleştirerek hem mine hem de dentin yüzeylerinde etkili bir bağlanma sunabilmekte, ayrıca kompozit, seramik ve metal gibi çeşitli yüzeylere çeşitli kullanım şekillerinde uygulanabilmektedir. Universal adezivlerdeki farklı kullanım olanakları birçok araştırmacıya çalışma konusu olmuştur. İn vitro yapılan bir çalışmada, universal adezivlerin hem self-etch hem de total-etch modlarında geleneksel sistemlere kıyasla benzer ya da daha iyi bağlanma sağladığı ortaya konmuştur.(Tsujimoto A., Barkmeier W.W., Hosoya Y. et al., 2017; Yin H., Kwon S., Chung S.H. et al., 2022) Başka bir çalışmada ise universal adezivlerin, selektif etch modunda kullanıldığında self etch moda göre özellikle mineye daha iyi penetrasyon gösterdiği ancak uzun dönemde anlamlı bir dayanıklılık farklılığı görülmediği bulunmuştur.(Wagner A., Wendler M., Petschelt A. et al., 2014) Bu sonuçlarla birlikte, restorasyonların uzun dönem başarısında mine bağlantısından ziyade dentin bağlantısının daha etkili olduğu vurgulanmıştır.(Suda S., Tsujimoto A., Barkmeier W.W. et al., 2018; Tsujimoto A., Barkmeier W.W., Hosoya Y. et al., 2017)

Kompozit tamirinde başarının en önemli belirleyicilerinden biri, yüzeyin mekanik olarak pürüzlendirilmesi ve böylece bağlanma yüzey alanının artırılmasıdır. Elmas frez, kumlama veya silika kaplı partiküllerle yapılan yüzey işlemleri, yapılacak restorasyonun eski restorasyona daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Mekanik pürüzlendirme olmadan yapılan tamir işlemlerinin, çok düşük bağlanma dayanımı sebebiyle başarısız olduğu

belirtilmektedir.(Fornazari I.A., Wille I., Meda E. et al., 2017) Yüzey işleminin ardından fosforik asit ile kısa süreli asitleme, yüzeyi temizleyip mikroporoziteyi artırarak adezivin daha iyi penetrasyonunu sağlayabilir.(Chuenweravanich J., Kuphasuk W., Saikaew P. et al., 2022) Bununla birlikte, sadece mekanik pürüzlendirme veya asitleme yeterli olmayıp kimyasal bağ oluşturabilecek ajanların kullanılması gerekmektedir. Bu noktada, silan uygulaması bağlanma kalitesini artıran önemli bir adımdır. Silan, rezinin kimyasal ve mekanik özelliklerine etki ederek inorganik fazın organik faz içerisinde homojen olarak dağılmasını sağlar.(Akdoğanöz T., 2011) Resin ile doldurucu arasında suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, böylece rezinin su emilimini azaltır.(Restorasyonlar D.B.K.R., 2000) Laboratuvar çalışmaları, silan uygulanmış yüzeylerde bağlanma dayanımının belirgin şekilde arttığını göstermektedir. Günümüzde bazı universal adezivler, silan içeriğine sahip olarak piyasaya sürülmüş ve ayrı bir silan astarı kullanımına gerek bırakmadan kompozit yüzeylere güçlü bağlanma sağlayabilmiştir.(Fornazari I.A., Wille I., Meda E., Brum R., & Souza E., 2017) Silan içeren adeziv sisteme ek silan uygulamasının gerek olmadığı, kendinden silan içerikli adeziv sistemin yeterli olduğu vurgulansa da(Fornazari I.A., Wille I., Meda E., Brum R., & Souza E., 2017) silan içerikli adezive ek silan uygulamasının daha yüksek bağlantı sunduğu da gösterilmiştir.(Isolan C.P., Moreira A.G., Ribeiro J.S. et al., 2020) Piyasada sürekli olarak yeni nesil adeziv sistemleri geliştirilmekte ve

bu sistemler kompozit tamirlerinde daha uzun süreli bağlanma ve kullanım kolaylığı sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, biyofonksiyonel ve antimikrobiyal içeriklere sahip yeni nesil adezivlerin, ikincil çürük riskini azaltarak restorasyonların ömrünü uzatma potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.(Wang J., Jiang W., Liang J., & Ran S., 2022) Tüm bu gelişmeler doğrultusunda, günümüzde kompozit tamiri için önerilen en güncel klinik protokoller, yüzeyin mekanik olarak pürüzlendirilmesi, gerekirse fosforik asitle temizlenmesi, silan uygulanması ve ardından uygun adeziv sistemin kullanılması yönündedir.(Chuenweravanich J., Kuphasuk W., Saikaew P., & Sattabanasuk V., 2022) Klinik başarı için, kullanılan adezivin üretici talimatına uygun şekilde uygulanması, yeterince polimerize edilmesi ve üzerine yerleştirilen kompozit katmanlarının dikkatlice adapte edilerek sertleştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, kompozit restorasyon tamiri, gelişen adeziv teknolojileri ve optimize edilen yüzey işlemleri ile giderek daha güvenilir hale gelmekte ve restorasyonların ömrünü uzatarak minimal invaziv yaklaşımları desteklemektedir.

3. Kompozit ve Porselen Arasındaki Adezyon

Porselen restorasyonların kompozitle tamiri, hem ekonomik hem de klinik açıdan avantajlar sunduğu için diş hekimliğinde önemi olan bir konudur. Tamirin başarısı büyük ölçüde porselen ile kompozit arasındaki bağlanmanın gücüne bağlıdır. Son on yılda yapılan in vitro araştırmalar, bu bağlanmayı optimize etmek için çeşitli adeziv sistemlerin ve yüzey işlemlerinin etkinliğini

değerlendirmiştir.(Al-Askary R.A., Al-Ashou W.M., & Hassoon S.N., 2024; Alqarawi F.K., Alhumaidan A.A., Aldakhili A. et al., 2022) Geleneksel yaklaşımlarda, hidroflorik asitle (HF) pürüzlendirme ve silan uygulaması, porselen yüzeyinde mekanik ve kimyasal bağlanmayı güçlendiren temel işlemler olarak kabul edilmiştir.(Kiomarsi N., Jarrah A., Chiniforoush N. et al., 2022) HF asitle pürüzlendirilmiş ve silan uygulanmış yüzeylere bağlanan kompozitlerin, diğer yüzey işlemleriyle karşılaştırıldığında en yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğunu göstermiştir.(Al-Askary R.A., Al-Ashou W.M., & Hassoon S.N., 2024) Ancak, farklı adeziv sistemlerin içerikleri ve kimyasal yapıları, porselen kompozit bağlantısını doğrudan etkilemektedir. Porselen tamir kitleri, kırılmış veya çatlamış porselen restorasyonların onarımında kullanılan malzemelerden oluşur. Genellikle yüzey pürüzlendirme (hidroflorik asit veya kumlama), silan uygulaması ve kompozit rezin ile tamir aşamalarını içerirler. Bu sistemler porselen için özel olarak üretilmiş formülasyonları ile dayanıklı bağlantı sağlar ve hekimlere kullanım kolaylığı sunar.

Total-etch sistemler, hidrofilik monomerler ve dimetakrilat bazlı rezinler içeren çok aşamalı adezivler olup klasik protokollerde mineye bağlanmada altın standart olarak kabul edilmektedir.(Oğuzcan M.Ş., 2016) Buna karşılık, self-etch adezivler içerdikleri asidik monomerler sayesinde tek şişede uygulanabilse de porselen gibi yüksek dayanımlı yüzeylerde yeterli pürüzlendirme sağlayamamaktadır. Son yıllarda, farklı yüzeylere

uyum sağlayan universal adezivler geliştirilmiş ve bu sistemlerin içerdiği 10-MDP gibi fosfat monomerlerinin, özellikle zirkonya gibi oksit seramiklerde kimyasal bağlanmayı güçlendirdiği gösterilmiştir.(Llerena-Icochea A.E., Costa R.M.d., Borges A.F.S. et al., 2017)

Porselen tamirinde başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden biri silan uygulamasıdır. İn vitro çalışmalar, hidroflorik asit ile pürüzlendirilmiş porselen yüzeylerinde silan kullanımının bağlanma dayanımını anlamlı derecede artırdığını göstermektedir.(Al-Askary R.A., Al-Ashou W.M., & Hassoon S.N., 2024; Yavuz T. & Eraslan O., 2016). Silan, porselenin silika yapısıyla kimyasal etkileşime girerek, kompozit rezinle daha güçlü bir bağ oluşturulmasını sağlar.(Al-Askary R.A., Al-Ashou W.M., & Hassoon S.N., 2024) Ancak, bazı universal adezivlerin içerdiği silanların düşük pH nedeniyle zamanla etkisini kaybedebileceği bildirilmiştir.(Yao C., Yu J., Wang Y. et al., 2018) Adezivin uygulanma tekniği ve polimerizasyon süresi de bağlanma başarısını etkileyen önemli parametrelerdir. Ayrıca adezivin yüzeye sürtme hareketiyle uygulanmanın, solventin tam uzaklaştırmanın ve ışık polimerizasyon süresinin uzatılmasının bağlanma dayanımını arttırdığı bilinmektedir.(zel Bektaş ., 2006)

Sonuç olarak, klinik uygulamalarda, tamir işlemlerinin uzun ömürlü olabilmesi için hem mekanik hem kimyasal bağlanmayı destekleyen bir protokolün uygulanması önerilmektedir. Yapılan invitro çalışmalar porselen tamirinin yalnızca geçici bir çözüm

olmadığını, doğru uygulandığında kalıcı ve güvenilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.(Al-Askary R.A., Al-Ashou W.M., & Hassoon S.N., 2024)

Sonuç

Diş hekimliğinde restorasyon tamiri, minimal invaziv yaklaşımın önemli bir yansıması olarak öne çıkmaktadır. Restorasyonun tamamen kaldırılıp restorasyonun yenilenmesi, sağlam diş dokusunun kaybına yol açarken; tamir işlemi yalnızca restorasyonun hasarlı kısmına odaklanarak diş dokusunu koruyucu bir tedavi sunar. Bu yaklaşım, hastaya daha kısa sürede, daha az travmatik ve ekonomik olarak daha avantajlı bir çözüm sağlar. Ayrıca restorasyon ömrünü uzatma potansiyeli sayesinde hasta memnuniyetinin artmasıyla beraber tedavi planlamasında da esneklik sağlanır.

Tamir başarısını belirleyen en kritik faktörlerden biri ise kullanılan adeziv sistemdir. Total-etch, self-etch ve universal adezivler, silan gibi ekstra bağlayıcı ajanlar ve yüzey işlemleri tamir yüzeyinde etkili mikromekanik ve kimyasal bağlanma sağlayarak restorasyonun uzun dönem dayanıklılığını doğrudan etkiler. Farklı restorasyonların birbiriyle etkili bir biçimde bağlanmasında bu sistemlerin doğru endikasyonda ve doğru biçimde kullanılması önem taşımaktadır. Bu bağlamda, restorasyon tamiri yalnızca koruyucu bir yaklaşım değil, aynı zamanda modern adeziv

teknolojilerle desteklendiğinde güvenilir bir tedavi seçeneği haline gelir.

Kaynakça/References

- Akdoğanözü, T. (2011). Restoratif diş hekimliğinde posterior kompozitlere güncel bir bakış. *TC Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Ana Bilim Dalı, Bitirme Tezi, İzmir.*
- Al-Askary, R. A., Al-Ashou, W. M., & Hassoon, S. N. (2024). Repair Bond Strength of Composite Resin to Dental Ceramic Using Various Surface Treatments: An In Vitro Study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 14(5), 388-395.
- Almahdy, A., Koller, G., Sauro, S., Bartsch, J., Sherrieff, M., Watson, T., & Banerjee, A. (2012). Effects of MMP inhibitors incorporated within dental adhesives. *Journal of dental research*, 91(6), 605-611.
- Alqarawi, F. K., Alhumaidan, A. A., Aldakhili, A., Alfayez, A., Abushowmi, T., Alramadan, A., & Alzoubi, F. (2022). Intraoral repair of fractured ceramics: a literature review. *F1000Research*, 11, 1275.
- Arhun, N., & Oğlakçı, B. (2017). Adezyon ve Adeziv Sistemler. *Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics*, 3(3), 113-127.
- Ayaz, D. F., Tağtekin, D., & Yanıkoğlu, F. (2011). Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2011(4), 49-56.
- Berkmen, B., Yamanel, K., & Arhun, N. (2019). ADEZİV SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 46(2), 115-126.
- Blum, I. R., Jagger, D. C., & Wilson, N. H. (2011). Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. *Dental update*, 38(2), 78-84.
- Bonstein, T., Garlapo, D., John Jr, D., & Bush, P. J. (2005). Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(1).

- Bouschlicher, M. R., Reinhardt, J. W., & Vargas, M. A. (1997). Surface treatment techniques for resin composite repair. *American Journal of Dentistry*, 10(6), 279-283.
- Buonocore, M. G. (1970). Bonding to hard dental tissues. *M124*, 225-254.
- Cardoso, M., de Almeida Neves, A., Mine, A., Coutinho, E., Van Landuyt, K., De Munck, J., & Van Meerbeek, B. (2011). Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian dental journal*, 56, 31-44.
- Cavalcanti, A. N., De Lima, A. F., Peris, A. R., Mitsui, F. H. O., & Marchi, G. M. (2007). Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(2), 90-98.
- Chuenweravanich, J., Kuphasuk, W., Saikaew, P., & Sattabanasuk, V. (2022). Bond durability of a repaired resin composite using a universal adhesive and different surface treatments. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 24, b2288293.
- Cuevas-Suarez, C. E., de Oliveira da Rosa, W. L., Lund, R. G., da Silva, A. F., & Piva, E. (2019). Bonding performance of universal adhesives: an updated systematic review and meta-analysis. *Journal of Adhesive Dentistry*, 21(1).
- Çakmak, Ş. Dentin Adeziv Sistemlerde Güncel Yenilikler.
- Çehreli, S. B., Arhun, N., & Celik, C. (2010). Amalgam repair: quantitative evaluation of amalgam-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *Operative dentistry*, 35(3), 337-344.
- 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.
- David, C., de Cardoso, G. C., Isolan, C. P., Piva, E., Moraes, R. R., & Cuevas-Suarez, C. E. (2022). Bond strength of self-adhesive flowable composite resins to dental tissues: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(5), 876-885.
- Elderton, R. (1988). Restorations without conventional cavity preparations. *International dental journal*, 38(2), 112-118.
- Fornazari, I. A., Wille, I., Meda, E., Brum, R., & Souza, E. (2017). Effect of surface treatment, silane, and universal adhesive on microshear bond strength of nanofilled composite repairs. *Operative dentistry*, 42(4), 367-374.

- Gordan, V. V., Garvan, C. W., Blaser, P. K., Mondragon, E., & Mjör, I. A. (2009). A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *The Journal of the American Dental Association*, 140(12), 1476-1484.
- Hadilou, M., Dolatabadi, A., Ghojzadeh, M., Hosseinifard, H., Alizadeh Oskuee, P., & Pournaghi Azar, F. (2022). Effect of Different Surface Treatments on the Long-Term Repair Bond Strength of Aged Methacrylate-Based Resin Composite Restorations: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *BioMed Research International*, 2022(1), 7708643.
- Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *Journal of dentistry*, 40(6), 475-484.
- Ibrahim, D. F. A., Venkiteswaran, A., & Hasmun, N. N. (2023). The penetration depth of Resin Infiltration into Enamel: a systematic review. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 13(3), 194-207.
- Inokoshi, S. (1990). A study on the resin impregnated layer of dentine. Part-, A comparative study on the decalcified and undecalcified sections and the application of argon ion beam etching to disclose the resin-impregnated layer of dentine. *Jpn J Conserv Dent*, 33, 427-442.
- Irmak, Ö., Çeliksöz, Ö., Yılmaz, B., & Yaman, B. C. (2017). Adhesive system affects repair bond strength of resin composite. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(3), 25-31.
- Isolan, C. P., Moreira, A. G., Ribeiro, J. S., Nakanishi, L., & Cuevas-Suárez, C. E. (2020). Effect of different adhesive protocols on bond strength between composite resins for indirect use and repair materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 34(1), 67-75.
- Jasim, H. H., Gholam, M. K., & Shukri, B. M. (2022). Assessment of the shear bond strength of composite resin to fresh amalgam using different adhesion protocols: an in vitro study. *Dental Hypotheses*, 13(3), 94-98.
- Kanzow, P., Baxter, S., Rizk, M., Wassmann, T., & Wiegand, A. (2019). Effectiveness of a universal adhesive for repair bonding to composite and amalgam. *Journal of Oral Science*, 61(2), 343-350.

- Kazak, M., & Dönmez, N. (2019). Geçmişten Günümüze Dentin Bonding Sistemlerindeki Gelişmeler. *Science*, 7(4), 322-330.
- Kiomarsi, N., Jarrah, A., Chiniforush, N., Hashemikamangar, S. S., & Kharazifard, M. J. (2022). Effect of surface treatment with laser on repair bond strength of composite resin to ceramic. *Dental Research Journal*, 19(1), 30.
- Llerena-Icochea, A. E., Costa, R. M. d., Borges, A. F. S., Bombonatti, J. F. S., & Furuse, A. Y. (2017). Bonding polycrystalline zirconia with 10-MDP-containing adhesives. *Operative dentistry*, 42(3), 335-341.
- Loomans, B., Cardoso, M., Opdam, N., Roeters, F., De Munck, J., Huysmans, M., & Van Meerbeek, B. (2011). Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *Journal of dentistry*, 39(7), 499-505.
- Masarwa, N., Mohamed, A., Abou-Rabii, I., Zaghlan, R. A., & Steier, L. (2016). Longevity of self-etch dentin bonding adhesives compared to etch-and-rinse dentin bonding adhesives: a systematic review. *Journal of Evidence based dental practice*, 16(2), 96-106.
- Moncada, G., Fernández, E., Martín, J., Arancibia, C., Mjör, I., & Gordan, V. V. (2008). Increasing the longevity of restorations by minimal intervention: a two-year clinical trial. *Operative dentistry*, 33(3), 258-264.
- Muñoz, M. A., Sezinando, A., Luque-Martinez, I., Szesz, A. L., Reis, A., Loguercio, A. D., . . . Perdigão, J. (2014). Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *Journal of Dentistry*, 42(5), 595-602.
- 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.
- Oğuzcan, M. Ş. (2016). TOTAL ETCH SİSTEMLERİN SELF ETCH SİSTEMLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI. *Türk Tıp Dergisi*, 8(1), 16-22.
- Özel Bektaş, Ö. (2006). Farklı ışık kaynaklarının ve ışık uygulama tekniklerinin kompozit rezinlerdeki polimerizasyon büzülmesi ve dentine bağlanma dayanımlarına etkisinin incelenmesi.
- Özlü, Ş. (2011). Nano doldurucu içeren bağlanma ajanlarının, farklı tam seramik türleri ve dentin arasındaki bağlanma kuvvetine olan etkisinin değerlendirilmesi.

- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding—Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), e24-e37.
- Restorasyonlar, D. B. K. R. (2000). Güneş Kitabevi Ltd. *Şti, Ankara*, 1-20.
- Suda, S., Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Nojiri, K., Nagura, Y., Takamizawa, T., . . . Miyazaki, M. (2018). Comparison of enamel bond fatigue durability between universal adhesives and two-step self-etch adhesives: Effect of phosphoric acid pre-etching. *Dental materials journal*, 37(2), 244-255.
- Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2003). Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *American journal of dentistry*, 16(1), 6-12.
- Teixeira Mendes, L., Loomans, B. A., Opdam, N. J., Lopes da Silva, C., Casagrande, L., & Larissa Lenzi, T. (2020). Silane coupling agents are beneficial for resin composite repair: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22(5).
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Hosoya, Y., Nojiri, K., Nagura, Y., Takamizawa, T., . . . Miyazaki, M. (2017). Comparison of enamel bond fatigue durability of universal adhesives and two-step self-etch adhesives in self-etch mode. *American journal of dentistry*, 30(5), 279-284.
- Uluakay, M., İnan, H., Yamanel, K., & Arhun, N. (2011). Kompozit rezinler ve polimerizasyon büzülmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 5(2), 895-902.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., . . . Vanherle, G. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *OPERATIVE DENTISTRY-UNIVERSITY OF WASHINGTON-*, 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. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 7-34.
- Wagner, A., Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., & Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *Journal of dentistry*, 42(7), 800-807.
- Wang, J., Jiang, W., Liang, J., & Ran, S. (2022). Influence of silver nanoparticles on the resin-dentin bond strength and antibacterial

- activity of a self-etch adhesive system. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(6), 1363. e1361-1363. e1310.
- Yao, C., Yu, J., Wang, Y., Tang, C., & Huang, C. (2018). Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives. *Dental Materials*, 34(5), 809-818.
- Yavuz, T., & Eraslan, O. (2016). The effect of silane applied to glass ceramics on surface structure and bonding strength at different temperatures. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 8(2), 75.
- Yin, H., Kwon, S., Chung, S. H., & Kim, R. J. Y. (2022). Performance of universal adhesives in composite resin repair. *BioMed Research International*, 2022(1), 7663490.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., . . . Meerbeek, B. V. (2012). Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of dental research*, 91(4), 376-381.
- Yoshihara, K., Nagaoka, N., Sonoda, A., Maruo, Y., Makita, Y., Okihara, T., . . . Van Meerbeek, B. (2016). Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in ‘universal’ adhesives. *Dental Materials*, 32(10), 1218-1225.
- Zajkani, E., Omid, F., & Taromi, Z. (2022). Evaluation of microleakage at the junction between combined amalgam/composite resin restorations using different bonding systems in Class II cavities. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 22, e210148.

BÖLÜM 3

IDS PROTOKOLÜ (ANINDA DENTİN ÖRTÜLEME)

NİLGÜN AKGÜL¹

ADİLE ÖNAL²

Giriş

Restoratif diş hekimliğinde immediate dentin sealing (IDS); bağ kuvvetini arttırma, diş tedavilerinden sonra oluşan hassasiyeti azaltma ve indirekt restorasyonların sağlamlığını arttırma gibi özellikleriyle tanınan özgün bir yöntemdir (Agrawal & ark., 2025).

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

² Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid: 0009-0002-6121-3256, aonal@pau.edu.tr

Restoratif diş hekimliğinde diş dokusundan gereksiz yere madde kaldırılmaması için minimal invaziv restorasyonlar oluşturulmaya özen gösterilir (Samartzi & ark., 2021). Ancak kaldırılan diş maddesinin miktarı ne olursa olsun, dentin tübüllerinin açığa çıkması kaçınılmaz son olmaktadır (Jud & ark., 2016). Açığa çıkan dentin bakteriyal mikro sızıntısının yanı sıra kimyasal ve mekanik uyaranlara da maruz kalmaktadır (Sahin & ark., 2012).

Bu sorunları ortadan kaldırmak ve oluşabilecek pulpa hasarını minimuma indirmek için, diş preparasyonundan sonra ve ölçü alımından hemen önce dentin bonding ajanının hemen uygulanması, 1990'ların başında Pashley ve arkadaşları (Pashley & ark., 1992) tarafından tanıtılmıştır.

Daha sonra 2005' te Magne ve arkadaşları (Magne & ark., 2005) tarafından rezin kaplama tekniğine dayalı hemen dentin sızdırmazlığı tanıtılmıştır. Bu prosedür, dijital veya analog ölçü alımından önce, sadece adeziv rezin ile veya düşük viskoziteli rezin ile kombine halde doldurulmuş taze kesilmiş dentin tübüllerinin kapatılmasını içerir. Bu yöntem “prehibridizasyon”, “dual bonding tekniği” ve “rezin kaplama tekniği” gibi çeşitli isimlerle de anılmaktadır (Helvey, 2011).

Konvansiyonel prosedürlerde dentin tübüllerinin kapatılması, son restorasyonun yapıştırılmasından hemen önce gerçekleşir. Buna delayed dentin sealing (DDS) denir (Ashy, Marghalani, & Silikas, 2020). DDS, hibridizasyonun geçici fazı

takiben ve indirekt restorasyon yapıştırma prosedüründen hemen önce gerçekleştirildiği bir tekniktir (Hardan & ark., 2022). Tersine IDS tekniğinde, dentin adezivi geçici uygulamadan önce uygulanır.

Taze kesilmiş dentinin bağlanma potansiyeli zamanla azaldığından dolayı bir rezin-dentin hibrit tabakası oluşturmak için optimal olduğu bildirilmektedir (Chaudhari & ark., 2021). IDS' nin dayanıklılık üzerindeki olumlu etkisi rezinin, dişin yeni kesilmiş dentin kolajen liflerine etkili bir şekilde nüfuz etmesinden ve DDS' ye kıyasla yeterli kalınlıkta bir hibrit tabakanın oluşmasından kaynaklanmaktadır. Yeterince dentin sızdırmazlığı sağlanmazsa, kolajen lifleri ölçü alma sırasında çöker ve bu durum rezinin nüfuz etmesi için gerekli olan lifler arasındaki boşlukların azalmasına yol açar (Ribeiro & ark., 2011; Takimoto & ark., 2012).

IDS ayrıca, tübülleri kapatarak ve taze kesilmiş dentindeki açığa çıkmış kolajeni koruyup proteolitik enzimlerin kontaminasyonunu ve aktivasyonunu önleyerek zamanla kolajen yapısının denatürasyonunu önler (Pamato & ark., 2016; Seemann & ark., 2014). Aynı zamanda bu tabaka stres giderici işlev de görür (Murata, Maseki, & Nara, 2018).

Hibrit Katman Oluşumu ve Stabilitesi

IDS, demineralize dentini adeziv rezinlerle infiltre ederek hibrit tabakanın oluşumunu ve stabilitesini artırır. Bu mikromekanik arayüz, indirekt restorasyonlar için dayanak oluşturur. Hibridizasyonu geciktiren ve dentini kirleticilere maruz bırakan

DDS' nin aksine, IDS adeziv rezinlerin anında infiltrasyonunu ve polimerizasyonunu sağlayarak dentin yapısını bozulmadan korur. Deniz ve ark. (Deniz & ark., 2021), IDS' nin DDS' ye kıyasla daha kalın ve daha dayanıklı bir hibrit tabakası oluşturduğunu göstermişlerdir.

IDS' nin Kullanım Yerleri

Direkt rezin kompozit restorasyonlar, sadece ön dişlerde değil, arka dişlerde de rutin kullanıldığı için hastalar tarafından tercih edilmektedir. Fakat proksimal bölgenin de dahil olduğu geniş restorasyonlarda direkt rezin kompozit restorasyonlar için yeterli proksimal temasların, anatomik formun, aşınma direncinin ve marjinal adaptasyonun geri kazanılmasında birçok zorluk vardır (Roberson, Heymann, & Swift Jr, 2006). Özellikle derin dentine bağlanma karmaşık bir konudur (Van Den Breemer & ark., 2019).

İndirekt restorasyonlar, bu gibi durumlarda estetik ve biyomekanik olarak en iyi çözümdür. Bununla birlikte başarıları ve ömürleri, kullanılan malzemelere ve yapıştırma stratejisine bağlıdır (Gailani & ark., 2021). Bu nedenle, indirekt restorasyon materyallerinin dentine bağlanma kuvvetini artırmak için çeşitli klinik yöntemler ve adeziv sistemler geliştirilmiştir.

Geleneksel indirekt restorasyonlar laboratuvarında üretilir. Biri preparasyon ve ölçü/model yapımı için, diğeri ise yapıştırma için en az iki randevu gerektirir (D'Arcangelo & ark., 2015).

İlk randevuda dişin hazırlanmasının hemen ardından ölçü alınır ve oluşturulan geçici restorasyon yapıştırılır. İkinci randevuda geçici restorasyon çıkarılır, ardından dişe bonding ajan uygulanır. Yapıştırma prosedürü için rezin siman uygulanarak indirekt restorasyon tamamlanır (Swift Jr, 2009)

Ölçü Materyalleriyle Etkileşim

Dentin bonding ajan ışıkla polimerize edilirse yüzeyel bir oksijen inhibisyon tabakası oluşur. Bu tabakanın kalınlığı ~40 µm'dir ve elastomerik ölçü materyallerinin polimerizasyonunu engelleyebilir (Rueggeberg & Margeson, 1990).

Oxygen inhibition layer (OIL) eliminasyonu kusursuz ölçü için anahtar faktördür. Araştırmacılar dentin bonding ajanın gliserin jel ile çift polimerizasyonuna ve çeşitli temizleme protokollerine odaklanmışlardır (Samartzi & ark., 2021).

Magne ve Nielsen (Magne & Nielsen, 2009); yüzey işlemi yapılmadan IDS uygulanan örneklerde, kullanılan bonding ajanın veya ölçü malzemesinin türünden bağımsız olarak önemli oranda polimerize olmamış rezin tabakası olduğunu göstermişlerdir.

Yapılan bir çalışmada IDS tabakasının bir liner ile (akışkan/kompozit) örtülenmesinin, ölçü malzemeleriyle etkileşim sorununu çözdüğü ileri sürülmüştür (Bruzi, 2013).

Yapılan başka bir çalışma gliserin jelle hava blokajı tekniğini alkole batırılmış bir pamuk peletin kullanımıyla karşılaştırmıştır. Her iki yöntem de ölçü materyalleri ile etkileşimi önlemede eşit derecede etkili bulunmuştur (Ghiggi & ark., 2014).

Geçici Restorasyonlar

Adeziv rezin yüzeyinin geçici restorasyon süreci boyunca kontaminasyonu son bağ gücünü etkileyebilir. Bu nedenle ilk önce adeziv rezin yüzeyinden tüm geçici siman kalıntılarının temizlenmesi gerekir (Elbishari & ark., 2021). IDS, hazırlıktan sonra koruyucu bariyer oluşturarak bu riski elimine eder (Brigagão & ark., 2017).

Geçici restorasyonlar metakrilat veya kompozit rezin bazlı malzemelerden yapıldığından, alttaki adeziv rezin tabakasına yapışarak daha sonraki uzaklaştırılmaları sırasında zorluk yaratabilir. Bunu engellemek için, geçici restorasyon yerleşiminden önce vazelin gibi bir ayırıcı ortam uygulaması önerilmiştir. Bununla birlikte, oral sıvıların adeziv rezin tabakası üzerindeki olası kontaminasyonlarını önlemek için, geçici restorasyonların ağız içinde en fazla 2 hafta tutulması önerilmektedir (Magne, 2005).

Ancak, geçici restorasyon özellikle 7 günden uzun süre ağız içinde bekletildiğinde bağ mukavemetinin azaldığı gösterilmiştir. Bu sonuç, 7 günden uzun süre termosiklusa tabi tutulan gruplarda, açığa

ıkan dentin ve çökmüş hibrit tabakasının görüldüğü gözlemleriyle ilişkilendirilmiştir (Leesungbok & ark., 2015).

IDS' nin Bağlanma Özelliklerini Etkileyen Faktörler:

Kullanılan adeziv rezinin türü ölçülerin doğruluğunu etkiler. Çoğu alışma, açığa çıkan dentini kapatmak için Optibond FL veya Clearfil SE Bond kullanıldığında doğru ölçüler elde edilebileceği konusunda hemfikiridir (Ghiggi & ark., 2014; Khakiani & ark., 2019; Sinjari & ark., 2019).

Adeziv rezinin türüne ek olarak, adeziv uygulama kalınlığı da bağ mukavemetinde önemli olabilir (Elbishari & ark., 2021). Yapılan bir çalışmada mikro dolduruculu adeziv rezin kullanıldığında, doldurucusuz adeziv rezine kıyasla daha iyi bağlanma mukavemeti görülmüştür (Jayasooriya, Pereira, Nikaido, & Tagami, 2003). Bunun, hibrit tabakanın, üstteki adeziv maddenin polimerizasyon büzölmesinin bir sonucu olarak veya fonksiyonel streslere maruz kaldığında iç veya dış stresi emmek için elastik tampon görevi görmesini sağlayan düşük viskoziteli, doldurucu içeren adeziv rezin tabakası tarafından sağlanan daha kalın polimerize edilmiş tabakadan kaynaklandığına inanılmaktadır (Ito & ark., 2005).

Doğru ölçüler elde etmek ve ölçü malzemesi ile adeziv tabaka arasında olumsuz etkileşimlerden kaçınmak için hemen dentin kapatma işleminin ardından silikon bazlı ölçü malzemeleri

önerilmektedir. Polieterin ölçü malzemesi olarak kullanılmasından kaçınılmalıdır (Samartzi & ark., 2021).

Magne (Magne, 2014), IDS için 3 aşamalı etch & rinse ve 2 aşamalı self-etch adeziv rezinlerin kullanımını önermiştir. Ayrıca, IDS için kullanılacak adeziv rezin doldurucusuz ise, bunun bir akışkan kompozit rezin tabakasıyla desteklenmesini önermektedir. Akışkan rezin tabakasının eklenmesinin hibrit tabakayı koruyup restorasyonun çevresel sızdırmazlığını sağladığını ve post-operatif ağrıyı azalttığını, rezin siman ile dentin bağlanmasını arttırarak restorasyonların performansını iyileştirdiğini gösteren çalışmalar vardır (Jayasooriya, Pereira, Nikaido, Burrow, & ark., 2003; Jayasooriya, Pereira, Nikaido, & Tagami, 2003; Nikaido & ark., 2018; Turkistani & ark., 2014).

Klorheksidin uygulanması ve kumlama gibi ön işlemler rezin infiltrasyonunu iyileştirebilir ve hibrit tabakayı stabilize edebilir (Kovalsky & ark., 2022).

Bununla birlikte, bu restorasyonlarda kullanılabilecek çok sayıda malzeme vardır. Bu nedenle, adeziv rezin siman seçimi kritik faktörlerden biri haline gelmiştir. Son yıllarda, önceden ısıtılmış ve akışkan kompozit rezin, basitliği ve klinik manipülasyon kolaylığı nedeniyle popüler bir yapıştırma malzemesi olmuştur (Van den Breemer Carline RG & ark., 2021; Weng & ark., 2021).

IDS' yi Destekleyen Teknik Sebepler (Magne, 2005)

1. Taze kesilmiş dentin, dentin bonding ajan için ideal bir alt tabakadır.
2. Dentin bonding ajanın önceden polimerizasyonu bağ mukavemetinin artmasına yol açar.
3. IDS, dentin bağının gelişmesine izin verir. Dentin bağının gücü, muhtemelen farklı monomerleri içeren kopolimerizasyon sürecinin tamamlanması nedeniyle zamanla kademeli olarak gerçekleşir.
4. IDS, geçici restorasyon sırasında dentini bakteriyel sızıntıya ve hassasiyete karşı korur.

IDS Klinik Protokolü:

Diş preparasyonu, kontaminasyonu önlemek için uygun izolasyon sağlanarak gerçekleştirilir. Burada minimal invaziv teknikler kullanmak önemlidir.

1. Dentinin Tanımlanması:

Hazırlanan diş yüzeyi, mineyi dentinden ayırmak için 2-3 saniye boyunca hafif bir aşındırıcı (örn. %37 fosforik asit) ile pürüzlendirilir. İyice durulandıktan ve nazıkçe hava ile kurutulduktan sonra, mine donuk bir görünüm sergilerken, dentinin parlak görünmesi beklenir. Buradaki amaç, açığa çıkmış dentin

yüzeylerinin tanımlanıp mineyi dentinden ayırabilmektir (Agrawal & ark., 2025).

2. Preparasyon Derinliği:

Dentinle sonlanan kenarlarda, hem adeziv tabaka hem de restorasyon için net kenar görünürlüğü ve yeterli alan sağlamak amacıyla 0,7 mm ila 0,8 mm'lik iyi tanımlanmış oluk önerilmektedir. Sığ bir oluk, genellikle adeziv rezinin kenardan akmasına, kenar tanımını ve restorasyon kalınlığını tehlikeye atmasına neden olmaktadır (Magne, 2005).

3. Adeziv Teknik:

3 aşamalı etch & rinse veya 2 aşamalı self-etch sistemler önerilmektedir. Taze kesilmiş dentinin aşındırılması (5-15 saniye H_3PO_4 ile) tükürük kontaminasyonunu önlemek için diş preparasyonunun hemen ardından yapılmalıdır. Durulamanın ardından fazla su uzaklaştırılmalıdır. Aşırı kurutma ve aşırı ıslatma, sırasıyla demineralize kollajen çökmesi ve nanosızıntı/su ağacı oluşumu nedeniyle daha düşük bir bağa neden olabileceğinden dikkatli olunmalıdır.

Expoz dentin yüzeyine primer uygulanır. Pratikte, ayrı primer uygulaması tercih edilmelidir. Bunun nedeni yalnızca daha üstün sonraki bağ nedeniyle değil, aynı zamanda adeziv rezinin daha doğru bir şekilde yerleştirilmesine olanak tanıdığı içindir.

Fazla çözücünün emilmesini takiben dentin bonding ajan üretici talimatlarına göre uygulanır ve polimerize edilir. Eğer doldurucusuz adeziv uygulanacaksa, hibrit tabakayı güçlendirmek ve ölçü alma sırasında adezivi korumak için dentin üzerine ek bir akışkan kompozit rezin tabakası uygulanmalıdır (de Carvalho & ark., 2021; Samartzi & ark., 2021). Bu sayede kavitenin geometrisi düzeltilebilir, undercut alanlar ortadan kaldırılabilir ve preparasyon sınırı gingival sınırdan uzaklaştırılabilmektedir. Fazla adezivin uzaklaştırılması için mine kenarları elmas frezle düzeltilebilir.

OIL' yi engellemek ve dentin adezivin ölçü malzemesiyle etkileşimini önlemek için dentin bonding ajanının bir gliserin jeli tabakasıyla ek polimerizasyonu gereklidir.

4. Geçici Restorasyon:

Sızdırmaz dentin yüzeyleri rezin bazlı geçici malzemelere ve simanlara bağlanma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle geçici restorasyonların çıkarılması zor olabilir. Diş preparasyonları, geçici restorasyonun üretimi sırasında ayırıcı bir ortamla (örneğin, kalın bir vazelin tabakası) kesinlikle izole edilmelidir. Resin bazlı geçici simanlardan kaçınılması ve ölçü malzemesi ile adeziv tabaka arasındaki olumsuz etkileşimlerin engellenebilmesi için IDS'den sonra silikon bazlı malzemeler önerilmektedir (Magne & Nielsen, 2009).

Son simantasyondan önce, IDS tabakası yüzeydeki kirleticileri gidermek için alkol bazlı bir solüsyon veya hafif hava aşındırmasıyla temizlenmelidir.

5. Final Restorasyon Yerleştirme:

Yapıştırma prosedürlerinden hemen önce (son restorasyonu yerleştirirken), mevcut adeziv rezinin düşük hızda elmas frez kullanılarak veya mikro kuşlamayla pürüzlendirilmesi önerilir. Tüm diş preparasyon yüzeyi daha sonrasında dentinin açığa çıkmadığı durum gibi H_3PO_4 ile aşındırılır (30 sn), durulanır, kurutulup adeziv rezinle kaplanır. Bu sefer adeziv rezinin önceden polimerizasyonuna gerek yoktur. Çünkü bu, restorasyonun tamamen yerleşmesini engelleyecektir. Doldurucusuz bir dentin bonding ajan ile kapatılmış yüzeyler yalnızca yumuşak bir fırça ve pomza taşıyla nazıkçe temizlenmelidir. Çünkü adeziv kalınlığının azalması hibrit tabayı kolayca tahrip edebilir (Magne, 2005).

IDS' nin Zorlukları ve Sınırlamaları:

IDS' nin başarısı büyük ölçüde hassas uygulamaya dayanır. Adeziv uygulanmasında, polimerizasyonda yapılan hatalar hibrit tabakayı tehlikeye atabilir (Swift Jr, 2009). Tüm adeziv sistemler ve geçici materyaller, IDS ile uyumlu değildir (Ribeiro da Silva & ark., 2016).

IDS' nin Avantajları:

- Hasta konforu:

Restorasyonların kesin yerleştirilmesi sırasında sınırlı anestezi ihtiyacı ve postoperatif hassasiyetin azalması

- Maksimum diş yapısı korunumu:

IDS bu nedenle kısa klinik kronlar ve aşırı eğik preparasyonlarla uğraşırken retansiyonu iyileştirmek için kullanışlı bir araç olabilir (Johnson & ark., 2004).

- Mine ve dentinin ayrı ayrı koşullandırılması:

IDS, esas olarak açığa çıkmış dentin yüzeylerinde gerçekleştirildiğinden, hekim dentine "ıslak bağlanma"ya (toplam aşındırma durumlarında) odaklanabilirken, mine koşullandırması son restorasyon yerleştirme aşamasında ayrı olarak gerçekleştirilebilir.

IDS, diş-restorasyon arayüzünde boşluk oluşumunu önleyerek daha iyi marjinal bütünlük sağlar. Çalışmalar, mikro sızıntıyı en aza indirme ve restorasyon başarısızlığının yaygın bir nedeni olan sekonder çürükleri önlemedeki rolünü vurgulamıştır (Portella & ark., 2024; Shafiei, Aghaei, & Jowkar, 2020).

2022 yılında yapılan bir çalışmada onleyler, tipik çiğneme kuvvetlerini aşan değerlerde yeterli kırılma direnci göstermiştir. IDS, muhtemelen daha iyi stres dağılımı nedeniyle DDS' ye kıyasla kırılma mukavemetini önemli ölçüde iyileştirmiştir (Saadeddin, Al-Khalil, & Al-Adel, 2022). Bu çalışma, IDS grubunun basınç kuvveti altında DDS grubuna göre daha fazla kırılma direnci gösterdiğini belirtmektedir. Bunun nedenleri, hazırlık yüzeylerini düzleştirerek daha iyi geometriye izin veren, yuvarlatılmış iç çizgi açıları sağlayan, iyi bir restorasyon adaptasyonu ile sonuçlanan, kullanılan rezin bağlayıcı maddelere bağlanabilir. Daha pürüzsüz yüzeylere ve yuvarlatılmış açılara sahip IDS, restoratif adaptasyonu iyileştirdiği için optik tarama ve laboratuvar çalışmaları için önerilir (Murata, Maseki, & Nara, 2018; Saadeddin, Al-Khalil, & Al-Adel, 2022).

IDS tekniğinin, dentin bağının stressiz gelişmesine izin verdiği ve bu nedenle restorasyonu daha az çatlak oluşumuna maruz bıraktığı düşünülmektedir (Van den Breemer & ark., 2021).

Ancak, sınırlı ve yüzeyel dentin açığa çıktığı alanlarda, bonding ajan ve restoratif materyal için mevcut alan minimaldir. Bu gibi durumlarda bonding ajanın uygulanması, restorasyon için mevcut alanı önemli ölçüde azaltabilir. Bu, stres dağılımını olumsuz etkileyebileceğinden, yüzeyel dentin açığa çıkmaları için hemen dentin sızdırmazlığı önerilmez (Agrawal & ark., 2025).

Sonuç

In vitro ve klinik kanıtlar, prepare edilmiş dişlerde açığa çıkan dentin ile indirekt restorasyonların bağlanması IDS kullanımını desteklemektedir.

IDS tekniğinin kullanımının, kullanılan adeziv sistemden bağımsız olarak dentinin rezin esaslı restorasyonlara olan bağ mukavemetini iyileştirdiği bildirilmektedir. Üç aşamalı etch & rinse sisteminin kullanılması veya adeziv sistem ile akışkan rezin tabakasının kombinasyonunun, uzun vadede bağ mukavemetini önemli ölçüde arttırdığı görülmektedir (Hardan & ark., 2022).

Buna ek olarak IDS' nin, kırılma dayanıklılığını artırması, restorasyonların sağkalımını ve adaptasyonunu iyileştirmesi gibi avantajları da bulunmaktadır (Elbishari & ark., 2021).

IDS için belirtilen sayısız avantaja rağmen, bu teknik zaman alıcıdır ve daha fazla malzeme ve adım gerektirir. Bu yöntemin teknik hassasiyeti yüksektir (Samimi & ark., 2024).

CAD/CAM teknolojisi, yapıştırılmış restorasyonların uyumunu ve marjinal adaptasyonunu önemli ölçüde iyileştirmiş, mikro sızıntıyı azaltmış ve bağ ömrünü iyileştirmiştir (Suganna & ark., 2022). Dişlerin geçici restorasyonlara ihtiyaç duyulmadan aynı gün hazırlanıp restore edildiği CAD/CAM restorasyonlarının artan popülaritesinin, geçici faz ile ilgili tüm endişeleri gidermesi

beklenmektedir. IDS' yi CAD/CAM sistemleri de dahil olmak üzere dijital iş akışlarına entegre etmek, bu prosedürü kolaylaştırabilir (Gresnigt & ark., 2019).

KAYNAKÇA:

- Agrawal, A., Nehal, R., Gala, K., Sachdev, S. S., Rohida, N., & Gala Sr, K. (2025). Immediate Dentin Sealing: Advancing Bonding Efficacy and Clinical Success. *Cureus*, 17(1).
- Ashy, L. M., Marghalani, H., & Silikas, N. (2020). In Vitro Evaluation of Marginal and Internal Adaptations of Ceramic Inlay Restorations Associated with Immediate vs Delayed Dentin Sealing Techniques. *The International Journal of Prosthodontics*, 33(1), 48-55.
- Bruzzi, G. (2013). *Are Some Combinations of Resin Liners and Impression Materials Incompatible with Immediate Dentin Sealing?* School of Dentistry, University of Southern California, Los Angeles ...,
- Chaudhari, R. R., Srivastava, H. R., Raisingani, D., Prasad, A. B., Chinchalkar, R. P., Gattani, S., & Sen, P. (2021). Effect of saliva contamination on shear bond strength of self-etch adhesive system to dentin: an In vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 14(4), 443.
- Deniz, S. T., Oglakci, B., Yesilirmak, S. O., & Dalkilic, E. E. (2021). The effect of immediate dentin sealing with chlorhexidine pretreatment on the shear bond strength of dual-cure adhesive cement. *Microscopy Research and Technique*, 84(12), 3204-3210.

- Elbishari, H., Elsubeihi, E. S., Alkhouljah, T., & Elsubeihi, H. E. (2021). Substantial in-vitro and emerging clinical evidence supporting immediate dentin sealing. *Japanese Dental Science Review*, 57, 101-110.
- Ghiggi, P. C., Steiger, A. K., Marcondes, M. L., Mota, E. G., Júnior, L. H. B., & Spohr, A. M. (2014). Does immediate dentin sealing influence the polymerization of impression materials? *European journal of dentistry*, 8(03), 366-372.
- Gresnigt, M. M., Cune, M. S., Schuitemaker, J., van der Made, S. A., Meisberger, E. W., Magne, P., & Özcan, M. (2019). Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: An 11 year prospective clinical trial. *Dental materials*, 35(7), 1042-1052.
- Hardan, L., Devoto, W., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Fernández-Barrera, M. Á., Cornejo-Rios, E., Monteiro, P., Zarow, M., . . . Jakubowicz, N. (2022). Immediate dentin sealing for adhesive cementation of indirect restorations: a systematic review and meta-analysis. *Gels*, 8(3), 175.
- Helvey, G. A. (2011). Adhesive dentistry: the development of immediate dentin sealing/selective etching bonding technique. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (15488578)*, 32(9).

- Ito, S., Hashimoto, M., Wadgaonkar, B., Svizero, N., Carvalho, R. M., Yiu, C., Rueggeberg, F. A., Foulger, S., Saito, T., . . . Nishitani, Y. (2005). Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials*, 26(33), 6449-6459.
- Jayasooriya, P. R., Pereira, P., Nikaido, T., Burrow, M. F., & Tagami, J. (2003). The effect of a "resin coating" on the interfacial adaptation of composite inlays. *Operative dentistry*, 28(1), 28-35.
- Jayasooriya, P. R., Pereira, P. N., Nikaido, T., & Tagami, J. (2003). Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(2), 105-113.
- Jud, C., Schaff, F., Zanette, I., Wolf, J., Fehring, A., & Pfeiffer, F. (2016). Dentinal tubules revealed with X-ray tensor tomography. *Dental materials*, 32(9), 1189-1195.
- Khakiani, M. I., Kumar, V., Pandya, H. V., Nathani, T. I., Verma, P., & Bhanushali, N. V. (2019). Effect of immediate dentin sealing on polymerization of elastomeric materials: an ex vivo randomized controlled trial. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 12(4), 288.
- Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(3), 144-154.

- Magne, P. (2014). IDS: Immediate Dentin Sealing (IDS) for tooth preparations. *J Adhes Dent*, 16(6), 594.
- Magne, P., Kim, T. H., Cascione, D., & Donovan, T. E. (2005). Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 94(6), 511-519.
- Magne, P., & Nielsen, B. (2009). Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *The Journal of prosthetic dentistry*, 102(5), 298-305.
- Nikaido, T., Tagami, J., Yatani, H., Ohkubo, C., Nihei, T., Koizumi, H., Maseki, T., Nishiyama, Y., Takigawa, T., . . . Tsubota, Y. (2018). Concept and clinical application of the resin-coating technique for indirect restorations. *Dental materials journal*, 37(2), 192-196.
- Pashley, E., Comer, R., Simpson, M., Horner, J., Pashley, D., & Caughman, W. (1992). Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Operative dentistry*, 17(1), 13-20.
- Ribeiro, J. C., Coelho, P. G., Janal, M. N., Silva, N. R., Monteiro, A. J., & Fernandes, C. A. (2011). The influence of temporary cements on dental adhesive systems for luting cementation. *Journal of dentistry*, 39(3), 255-262.

- Rueggeberg, F., & Margeson, D. (1990). The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *Journal of dental research*, 69(10), 1652-1658.
- Sahin, C., Cehreli, Z. C., Yenigul, M., & Dayangac, B. (2012). In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dental materials journal*, 31(3), 401-408.
- Samartzi, T.-K., Papalexopoulos, D., Sarafianou, A., & Kourtis, S. (2021). Immediate dentin sealing: a literature review. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 233-256.
- Samimi, P., Iranmanesh, P., Khoroushi, M., Kafi, M. H., & Jafari, N. (2024). Bond strength evaluation of ceramic restorations with immediate dentin sealing: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*, 25(3), 192.
- Sinjari, B., D'Addazio, G., Murmura, G., Di Vincenzo, G., Semenza, M., Caputi, S., & Traini, T. (2019). Avoidance of interaction between impression materials and tooth surface treated for immediate dentin sealing: An in vitro study. *Materials*, 12(20), 3454.
- Takimoto, M., Ishii, R., Iino, M., Shimizu, Y., Tsujimoto, A., Takamizawa, T., Ando, S., & Miyazaki, M. (2012). Influence of temporary cement contamination on the surface free energy and dentine bond strength of self-adhesive cements. *Journal of dentistry*, 40(2), 131-138.

Turkistani, A., Sadr, A., Shimada, Y., Nikaido, T., Sumi, Y., & Tagami, J. (2014). Sealing performance of resin cements before and after thermal cycling: evaluation by optical coherence tomography. *Dental materials*, 30(9), 993-1004.

BÖLÜM 4

ESTETİK RESTORASYONLARDA RENK UYUMUNUN OPTİMİZASYONU: BASSİTLEŞTİRİLMİŞ RENK TONLU KOMPOZİT REZİNLERİN POTANSİYELİ

1. Dr. Öğr. Üyesi Özge Gizem YENİDÜNYA¹

2. Doç. Dr. Tuğba MİSİLLİ²

3. Arş. Gör. Enes ÇELİK³

Giriş

Estetik diş hekimliğinde, doğal ve kusursuz gülüşler yaratma arzusu, restoratif materyallerin sürekli gelişimine öncülük etmektedir. Bu gelişmeler içinde rezin kompozitler, formülasyonlarındaki yenilikler sayesinde estetik görünüm, yeterli mekanik dayanıklılık, kolay uygulama ve diş sert dokularına güçlü bağlanma özellikleriyle ön plana çıkmaktadır (Pereira Sanchez N., Powers J.M., & Paravina R.D., 2019; Tanaka A., Nakajima M., Seki N. et al., 2015). Direkt restorasyonlarda sık tercih edilen bu materyallerde, diş ile kompozit arasındaki renk uyumu, estetik başarının belirleyici faktörlerinden biridir (Joiner A., 2004). Renk

¹ Dr. Öğr. Üyesi Özge Gizem YENİDÜNYA, Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümü, Denizli/Türkiye, Orcid: 0000-0001-7898-9259, ocabadag@pau.edu.tr

² Doç. Dr. Tuğba MİSİLLİ, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümü, Çanakkale/Türkiye, Orcid: 0000-0003-0019-4872, tugbamisilli@comu.edu.tr

³Arş. Gör. Enes ÇELİK, Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümü, Denizli/Türkiye, Orcid: 0009-0005-3256-7196, enesc@pau.edu.tr

seçiminin doğru yapılması, diş dokularının optik özelliklerini taklit edebilmek açısından kritik önem taşıtmaktadır (Tabatabaian F., Beyabanaki E., Alirezaei P. et al., 2021). Kompozit materyalin, uygulandığı dişin rengine uyum göstermesi ve ağız ortamındaki etkilere rağmen rengini uzun süre koruması beklenmektedir. Aksi durumda meydana gelen renk değişimleri, restorasyonun yenilenmesini gerektirebilir. Bu bağlamda, renk uyumu restorasyonun uzun vadeli başarısı için vazgeçilmez bir unsurdur (Abu-Bakr N., Han L., Okamoto A. et al., 2000).

Eksik diş yapılarını restore etmenin temel amacı, dişin formunu, fonksiyonunu ve estetiğini yeniden kazandırmaktır. Estetik başarının sağlanabilmesi için, kullanılan restoratif materyalin rengi, doğal dişlerle mükemmel bir uyum içinde olmalıdır. Ancak doğal dişlerin polikromatik yapısı ve bireyler arası renk farklılıkları, doğru renk seçimini güçleştirebilmektedir (Joiner A., 2004). Bu amaçla geliştirilen kompozit rezinler, VITA Klasik renk kılavuzuna göre farklı yarı saydamlık (translüsensi) ve opaklık özelliklerine sahip çeşitli mine ve dentin tonlarında üretilmiştir (Kim D. & Park S.H., 2018). Bununla birlikte, çok renk tonlu kompozitlerin kullanımı, karmaşık renk eşleştirme süreçleri ve renk seçiminin operatör hassasiyetine bağlı olması gibi nedenlerle zorluklar yaratmaktadır. Bu durum, evre dokularla daha kolay uyum sağlayabilen, basitleştirilmiş renk tonlarına sahip yeni nesil kompozitlerin geliştirilmesini teşvik etmiştir (Paravina R.D., Westland S., Kimura M. et al., 2006).

Geliştirilen bu kompozitlerin evre dokularla uyum sağlama ve onları optik olarak taklit etme yeteneği, literatürde "harmanlama etkisi" (*blending effect*) veya "renk kayması" (*color shifting*) gibi terimlerle tanımlanmaktadır (Paravina R.D., Westland S., Imai F.H. et al., 2006; Trifkovic B., Powers J.M., & Paravina R.D., 2018). Bu zellik, kompozit materyallerin yapılarındaki çeşitli modifikasyonlarla optik özelliklerinin farklılaştırılması sayesinde

elde edilmiştir. Böylece, daha az sayıda renk tonu kullanılarak estetik restorasyonların tamamlanması mümkün hale gelmiştir (Hayashi K., Kurokawa H., Saegusa M. et al., 2023). Bu kompozitlerin, çevre diş dokularına uyum sağlama yetenekleri, "renk uyumlama potansiyeli" (*Color Adjustment Potential – CAP*) kavramı ile açıklanmaktadır (Paravina R., Westland S., Johnston W. et al., 2008; Trifkovic B., Powers J.M., & Paravina R.D., 2018). Sözü geçen bu materyaller, basitleştirilmiş (tek- veya grup- tonlu) renk seçeneklerine sahip olduklarından, karmaşık renk seçimi prosedürlerini ortadan kaldırmakta; klinik uygulamalarda zaman kazandırmakta ve tedavi planlamasında daha hızlı ve öngörülebilir sonuçlar sunmaktadırlar (Paravina R.D., Westland S., Imai F.H. et al., 2006).

Renk Algısı ve Diş Renginin Optik Karakteristikleri

Estetik restorasyonlarda başarılı bir renk uyumu elde edebilmek, yalnızca kullanılan materyalin özelliklerinin bilinmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda renk algısının temel prensipleriyle birlikte, doğal dişin optik yapısının da doğru anlaşılmasını gerektirir. Bu bağlamda, aşağıda ele alınan temel kavramların literatürdeki yeri ve önemi göz ardı edilemez.

Renk Algısı ve Renk Sistemleri

Renk, nesnelerin ışığı absorbe etme ve yansıtma biçimlerinden kaynaklanan, öznel bir görsel deneyimdir (Kurt M., Turhan Bal B., & Bal C., 2016). İnsan gözü, farklı dalga boylarındaki ışığı algılayabilen özelleşmiş fotoreseptör hücreler (koniler) içerir. Bu koni hücreleri; uzun (kırmızı), orta (yeşil) ve kısa (mavi) dalga boylarına duyarlıdır. Beyin, bu konilerden gelen sinyalleri işleyerek renk algısını oluşturur. Dolayısıyla, renk algısı; ışık kaynağının spektral özellikleri, gözün fizyolojik yapısı ve bireysel yorumlama süreçlerinden etkilenir (Goldstein R.E., Chu S.J., Lee E.A. et al., 2018).

Diş hekimliğinde, renk iletişimini standardize etmek ve renk seçimini kolaylaştırmak amacıyla çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanlardan biri, VITA Klasik renk kılavuzudur. Bu sistem, diş renklerini dört ana gruba ayırır: A (kırmızımsı-kahverengi), B (kırmızımsı-sarı), C (gri tonları) ve D (kırmızımsı-gri). Her grup, farklı doygunluk seviyelerine sahip alt tonlar içerir (örneğin: A1, A2, A3, A3.5, A4) (Önal B., Recen D., & Türkün L.Ş., 2015). VITA Klasik renk skalası klinik uygulamalar için pratik bir araç olsa da renk uzayını tam anlamıyla tanımlamakta ve farklı gözlemciler arasındaki algı farklılıklarını yansıtmakta bazı sınırlılıklar göstermektedir (Joiner A. & Luo W., 2017).

Daha kapsamlı ve spektrofotometrik ölçümlere dayanan bir diğer renk sistemi, CIE $L^*a^*b^*$ sistemidir. Bu sistem, renkleri üç boyutlu bir uzayda tanımlar: L^* (açıklık; 0 = siyah, 100 = beyaz), a^* (kırmızı-yeşil eksen) ve b^* (sarı-mavi eksen) (Kurt M., Turhan Bal B., & Bal C., 2016). CIE $L^*a^*b^*$ sistemi, renk farklılıklarını sayısal olarak ifade etme olanağı sunarak estetik restorasyonlarda renk uyumunun değerlendirilmesinde daha objektif bir yaklaşım sağlar. Bu nedenle, farklı restoratif materyallerin renk özelliklerini karşılaştırmak amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir (Sengez G. & Dörter C., 2019). Diş hekimliğinde ise spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihazlar aracılığıyla hem doğal dişlerin hem de restoratif materyallerin $L^*a^*b^*$ değerleri yüksek hassasiyetle ölçülebilmekte; böylece renk analizleri daha güvenilir, tutarlı ve tekrarlanabilir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Okubo S.R., Kanawati A., Richards M.W. et al., 1998; SJ P., 2004).

Diş Renginin Optik Özellikleri

Doğal dişlerin estetik görünümü yalnızca temel renklerinden değil, aynı zamanda ışıkla olan etkileşimleri sonucu ortaya çıkan kompleks optik özelliklerden kaynaklanır. Bu optik özelliklerin restoratif materyaller tarafından doğru şekilde taklit edilmesi, başarılı bir restorasyon için kritik öneme sahiptir.

Dişin başlıca optik özellikleri şunlardır:

Translüsensi (Yarı Saydamlık): Işığın bir materyalden geçebilme yeteneğidir. Mine dokusu, dentine kıyasla daha translüsent bir yapıya sahiptir ve bu özellik özellikle insizal kenarlarda belirginleşir. Translüsensi, dişin derinlik ve canlılık kazandırır. Restoratif materyallerin translüsensi düzeyleri, çevre dişlerle uyum açısından dikkatle değerlendirilmelidir (Hayashi K., Kurokawa H., Saegusa M. et al., 2023) .

Opalesans: Bir materyalin yansıyan ve geçen ışık altında farklı renkler sergileme özelliğidir. Doğal diş minesini, insizal bölgelerde mavimsi-beyaz bir opalesans sergilerken, geçen ışıktaki amber ya da turuncu renkleri gösterebilir. Bu fenomen, dişin dinamik ve doğal bir görünüm kazandırır; dolayısıyla kompozit rezin formülasyonlarında bu etkinin taklidi önem taşır (Fondriest J., 2003).

Floresans: Kısa dalga boylu ışığın absorbe edilerek daha uzun dalga boylarında (genellikle mavi-beyaz) yeniden yayılmasıdır. Doğal dişler, özellikle ultraviyole ışık altında floresans özelliği gösterir. Bu özellik, dişin doğal ışık altında daha parlak ve canlı görünmesini sağlar. Estetik bölgelerdeki restorasyonlar açısından, materyalin floresans kapasitesi önemlidir (Fondriest J., 2004).

Renk Zonlanması (Polikromatik Yapı): Doğal dişler homojen bir renge sahip değildir; genellikle servikal bölgede daha yoğun ve doygun tonlar görülürken, insizal bölgelere doğru bu yoğunluk azalır ve translüsensi artar. Dentin ve mine tabakalarının sahip olduğu farklı optik özellikler, dişin polikromatik yapısını oluşturur. Estetik açıdan başarılı bir restorasyon, bu doğal renk zonlanmasını etkin biçimde taklit etmelidir (Lee Y.K., 2016).

Bu temel optik kavramların iyi anlaşılması, diş hekimlerinin renk seçimi sürecinde daha bilinçli kararlar almasını sağlayacak ve

basitleştirilmiş kompozit rezinlerin klinik potansiyelinin daha etkin şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır.

Renk Uyumunda Pratik ve Etkili Çözümler: Basitleştirilmiş Renk Tonlu Kompozit Rezinler

Geleneksel, polikromatik kompozit rezin sistemlerde renk seçimi; çok sayıda ton arasında karar verme zorunluluğu ve operatör hassasiyetine olan bağıllık nedeniyle karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu durum, klinik öngörülebilirliği azaltmakta ve kullanıcıya bağlı hataları artırabilmektedir. Bu zorluklar, diş hekimlerini daha sade, pratik ve öngörülebilir renk uyumu sağlayan alternatiflere yönlendirmiştir. Bu bağlamda geliştirilen ve literatürde “basitleştirilmiş renk tonlu kompozit rezinler” olarak tanımlanan yeni nesil materyaller, sınırlı sayıda (tek- veya grup- tonlu) renk seçeneği sunmalarına rağmen, çevre diş dokularıyla yüksek optik uyum sergileyerek geniş bir renk spektrumunda tatmin edici estetik sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Khayat W.F., 2024).

Harmanlama Etkisi (Blending Effect) ve Kompozit Sistemlerde Optik Uyum Mekanizmaları

Basitleştirilmiş kompozit rezinlerin en dikkat çekici özelliklerinden biri, çevre diş dokularıyla yüksek düzeyde renk uyumu sağlayabilmeleridir. Literatürde "harmanlama etkisi" (blending effect), "renk adaptasyonu" (color adaptation) veya "bukalemun etkisi" (chameleon effect) olarak adlandırılan bu özellik, kompozitin uygulandığı dişin rengini optik olarak yansıtarak bütüncül bir görünüm sunmasına dayanır (Paravina R., Westland S., Johnston W. et al., 2008; Paravina R.D., Westland S., Imai F.H. et al., 2006).

Bu etki, şu temel optik ve fiziksel mekanizmalarla sağlanır:

- **Işık Geçirgenliği ve Saçılımı:** Kompozit içindeki rezin matriks ile doldurucuların tasarımı, doğal diş dokularının

translüsensi ve saçılma özelliklerini taklit edecek şekilde optimize edilmiştir. Bu yapı, çevredeki dış renginin kompozit üzerinden geçerek yansımaları mümkün kılar (Lee Y.K., 2016).

- **Kırılma İndisi Uyumluluğu ve Difüzyon:** Rezin matris ile doldurucular arasındaki kırılma indisi farkı, ışığın farklı yönlerde dağılmasını sağlar. Bu difüzyon, restorasyon kenarlarında yumuşak geçişler oluşturarak görsel uyumu artırır (Hayashi K., Kurokawa H., Saegusa M. et al., 2023).
- **Yapısal Renklenme ve Spektral Uyumluluk:** Bazı kompozitlerde kullanılan nanoyapılar ve özel kimyasal içerikler, belirli dalga boylarındaki ışığı seçici olarak yansıtabilir. Bu sayede farklı dış tonlarıyla optik bütünlük sağlanabilir (Ding Y., Xu S. & Wang Z.L., 2009).
- **Opaklık ve Translüsensi Gradyenleri:** Özellikle bazı tek-veya grup- renkli sistemlerde bulunan çok katmanlı opaklık yapıları, mine ve dentin benzeri ışık geçirme özellikleriyle restorasyona derinlik ve canlılık kazandırır (Lee Y.K., 2016).

Bu optik mekanizmalar, hem tek renk tonlu (universal) hem de grup renk tonlu (group shade) kompozit sistemlerin renk uyumu sağlamasında rol oynar. Tek tonlu sistemler, yalnızca bir renk içerseler de bu optik etkileşimler sayesinde farklı dış tonlarına uyum gösterebilirken; grup renkli sistemler ise sınırlı sayıda renk alternatifi sunarak daha kontrollü bir seçimle benzer bir görsel bütünlük elde etmeyi hedefler.

Günümüzde piyasaya sunulan basitleştirilmiş renk tonlu kompozit rezinler, farklı optik teknolojiler ve mikroyapısal düzenlemelerle çevre dış dokularıyla uyum sağlamayı hedeflemektedir. Bu materyallerin renk adaptasyon mekanizmaları ürün bazında aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- **Omnichroma (Tokuyama Dental):** İçerdiği tek tip supra-nano küresel doldurucuların (~260 nm) gelen ışığın dalga boylarına göre farklı saçılma özellikleri göstermesi sayesinde, çevre dışın baskın rengini yansıtarak geniş bir renk aralığına uyum sağladığı ileri sürülmektedir. Bu mekanizma, pigment bazlı renklenmeden ziyade ışığın fiziksel yapısıyla doğrudan etkileşime dayanır (El-Refai D., 2022).
- **Beautifil Unishade (Shofu):** Tek bir tonda geniş bir renk aralığını hedefleyen yapısal renklenme mekanizması kullanır. Bu yapı, ışığın kontrollü saçılımına dayanarak çevresel renklerle bütünleşmeyi kolaylaştırır (Hayashi K., Kurokawa H., Saegusa M. et al., 2023).
- **Charisma Diamond One (Kulzer):** "Adaptive Light Matching" teknolojisi ile ışığın kompozit içinde kırılma ve yansıma açıları optimize edilir; bu sayede farklı ışık koşullarında tutarlı bir renk uyumu hedeflenir (Charisma diamond/topaz one shade technical report, 2025).
- **Vittra APS Unique (FGM Dental):** Farklı boyutlardaki küresel zirkonya silikat doldurucuları sayesinde optimize edilmiş ışık difüzyonu sağlar. Bu sayede çevre dışın rengi daha iyi absorbe edilir ve restorasyonun görsel entegrasyonu doğal ve kademeli olur (Vittra APS Unique: technical guide, 2025).
- **TPH Spectra ST ve Neo Spectra ST (Dentsply Sirona):** SphereTEC teknolojisi ile optimize edilmiş ışık saçılımı ve absorpsiyonu sayesinde belirgin bir “bukalemun etkisi” oluşturur (NeoSpectra ST: technical guide, 2025).
- **Harmonize (Kerr Dental):** Renk adaptasyon mekanizması, "Adaptive Response Technology (ART) – (Uyumlu Yansıma

Teknolojisi)" teknolojisi, ışığın yansıma ve saçılma özelliklerini optimize ederek kompozitin çevre dişlerle renk uyumunu artırır (Harmonize technical bulletin, 2025).

- **Gradia Direct (GC):** Optimize edilmiş bir renk paleti ve çok katmanlı uygulama yaklaşımıyla doğal dişin optik özelliklerini taklit etmeye yönelik bir grup renk tonlu kompozittir (Gradia Direct: composite restoratives technical guide, 2025).
- **Clearfil Majesty ES-2 Universal (Kuraray Noritake):** Farklı boyutlardaki doldurucu partiküllerin katmanlı yapısı ve optimize edilmiş opaklık-translüsensi dengesi sayesinde geniş bir renk aralığında başarılı estetik sonuçlar sunmayı amaçlar (Clearfil Majesty ES-2 Universal: technical guide, 2025).
- **Estelite Asteria (Tokuyama Dental):** Basitleştirilmiş renk tonlu bir kompozit olup, materyalin renk adaptasyon mekanizması, doğal dişin katmanlı yapısını taklit eden farklı opaklıklardaki renk tonlarının stratejik olarak kullanılması ve bu katmanlar arasındaki harmanlama etkisi üzerine kuruludur. Bu yaklaşım, sınırlı sayıda renk seçeneğiyle bile geniş bir klinik uygulama yelpazesinde tatmin edici estetik sonuçlar elde etmeyi hedefler (Estelite Asteria: clinical guide by Dr. Noboru Takahashi, 2025).
- **Filtek Easy Match Universal (3M Oral Care):** "Naturally-adaptive opacity" prensibine dayanarak materyal kalınlığına göre değişen translüsensi ve opasite değerleri ile çevre dişlerle uyum sağlar. Nano doldurucu yapısı bu etkiyi destekler (3M Filtek Easy Match Universal Restorative, 2024).
- **Admira Fusion 5 (VOCO):** ORMOCER® rezin matriksi ve "cluster-shade" sistemi ile optimize edilmiş ışık saçılımı

sayesinde çevre dişlerle etkili harmanlanma hedeflenir (Admira Fusion 5: nano-hybrid ormocer restorative material with simplified shade system, 2023).

Renk Uyumlama Potansiyeli (Color Adjustment Potential-CAP)

Dental literatür incelendiğinde, kompozit materyallerin çevre dokularla olan renk uyumunu tanımlamak amacıyla çeşitli terimlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu terimler arasında "karıştırma etkisi" (blending effect), "renk kayması" (color shifting), "renk değişimi" (color change), "renk eşleştirme" (color matching) ve "renk uyumlama potansiyeli" (color adjustment potential) öne çıkmaktadır. (Abdelraouf R.M. & Habib N.A., 2016; Aida A., Nakajima M., Seki N. et al., 2016; Iyer R.S., Babani V.R., Yaman P. et al., 2021; Tsubone M., Nakajima M., Hosaka K. et al., 2012; Zhu J., Xu Y., Li M. et al., 2023). Bunlar içerisinde Color Adjustment Potential (CAP), özellikle modern restoratif materyallerin renk adaptasyon özelliklerini değerlendirmede sıkça başvurulan bir kavramdır.

CAP, iki temel başlık altında incelenmektedir:

- Görsel renk uyumlama potansiyeli (CAP-V)
- Enstrümantal renk uyumlama potansiyeli (CAP-I) (Paravina R., Westland S., Johnston W. et al., 2008; Trifkovic B., Powers J.M., & Paravina R.D., 2018).

CAP-V, restoratif materyallerin çevre dokularla olan renk uyumunun, insan görsel sistemi tarafından algılanan düzeyde değerlendirilmesini sağlayan subjektif bir yöntemdir. Bu değerlendirme; standardize edilmiş çevresel koşullar altında, renk algısı kalibre edilmiş gözlemcilerin materyalin çevresel dokularla sergilediği renk bütünleşmesini yargılamalarına dayanır.

Metodolojik yaklaşımlar, gözlemcilerin renk ayırım yeteneklerinin kontrol edilmesini zorunlu kılmaktadır. Renk algısındaki bireysel farklılıkları en aza indirmek amacıyla,

katılımcıların Ishihara renk körlüğü testi gibi araçlarla normal renk görüşüne sahip oldukları doğrulanmakta veya yaşı n görsel algı üzerindeki potansiyel etkileri kontrol edilerek, örneklem seçiminde genellikle belirli bir yaş aralığı tercih edilmektedir. Görsel değerlendirme prosedürlerinin, tekrarlanabilirliğini ve standardizasyonunu sağlamak amacıyla, çevresel koşullar da titizlikle kontrol edilmektedir.

Renk uyumu, çoğunlukla önceden tanımlanmış bir değerlendirme skalasına göre puanlanmaktadır. Yaygın kullanılan bu skala, mükemmel uyum (0) ile çok belirgin uyumsuzluk (4) arasında derecelendirilmiş beş kademeli bir sistemdir. Bu yapı, gözlemcilerin algıladıkları renk farklılıklarını nicel olarak ifade etmelerine olanak tanır (Pereira Sanchez N., Powers J.M., & Paravina R.D., 2019).

Görsel renk uyumlama potansiyeli (CAP-V) değeri, gözlemcilerden elde edilen skorlar kullanılarak şu formülle hesaplanır (Zhu J., Xu Y., Li M. et al., 2023):

$$CAP-V=1-(V_{DUAL}/V_{SINGLE})$$

Burada:

- Çiftli Numuneler (Dual Specimens): Kompozit materyalin, yerleştirildiği kavitede çevre dokularla (örneğin daimî diş, dolgu veya protez) gösterdiği renk uyumunu temsil eder.
- Tekli Numuneler (Single Specimens): Aynı materyalin, herhangi bir kaviteye yerleştirilmeden, kontrol örneği olarak değerlendirilmesini ifade eder.

Bu formül, subjektif görsel değerlendirmeleri sayısal bir ölçüme dönüştürme imkânı sunar. CAP-V değerinin 1'e yaklaşması, materyalin çevre dokularla olan görsel renk uyumunun yüksek olduğunu gösterir (Zhu J., Xu Y., Li M. et al., 2023).

Enstrümantal renk uyumlama potansiyeli (CAP-I), kompozit rezin materyallerin çevre diş dokularıyla sağladığı renk uyumunu

objektif olarak değerlendiren bir yöntemdir ve bu amaçla renk ölçüm cihazları kullanılmaktadır (Altınışik H. & Özyurt E., 2023).

CAP-I, CIE L*a*b* renk sistemi temel alınarak geliştirilmiş CIELab ve daha gelişmiş bir algoritma olan CIEDE2000 gibi renk farkı formülasyonları kullanılmasının ardından aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Chen F., Toida Y., Islam R. et al., 2021).

$$\Delta E_{b-a} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

$$CAP-I = 1 - (\Delta E^*_{DUAL} / \Delta E^*_{SINGLE})$$

Burada çiftli numuneler (dual specimens) incelenen materyalin çevre dokularla renk farkını temsil ederken, tekli numuneler (single specimens) ise incelenen materyal ile kontrol grubunun renk farkını belirtmektedir. CAP-I değerinin 1'e yaklaşması, yüksek renk uyumunu göstermektedir (Pereira Sanchez N., Powers J.M., & Paravina R.D., 2019).

Renk uyumunun değerlendirilmesinde CAP kavramının önemi ve hesaplama yöntemlerinin bahsedilmesinin ardından, literatürde bu konuda yapılan çalışmalara değinmek, basitleştirilmiş renk tonlu kompozitlerin renk uyumlama potansiyellerini daha iyi anlamamızı sağlayacaktır.

Zhu ve ark.'nın tek- renk tonlu kompozitin (Charisma Diamond One) enstrümental ve görsel renk adaptasyon kapasitelerini (CAP-I ve CAP-V) çok- renk tonlu kompozitlerle (Spectrum TPH3, Beautifil II, Clearfil AP-X, Gradia Direct) kıyasladıkları çalışmalarında (Zhu J., Xu Y., Li M. et al., 2023); CAP-I ve CAP-V değerlerinin kompozit rezin tipi, çevresel renk ve bunların interaksiyonlarından belirgin şekilde etkilendiği

bildirilmiştir. Ayrıca pozitif CAP-I ve CAP-V değerlerinin test edilen materyallerin büyük çoğunluğunda görülmesinin yanı sıra, Charisma Diamond One materyalinin en yüksek renk adaptasyon potansiyeli ve en belirgin renk kayma kabiliyeti gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Literatür incelendiğinde etkili renk kayma eşiği olarak standart tek tip bir CAP değeri bulunmadığı tespit edilmiştir. Pereira ve ark. (Pereira Sanchez N., Powers J.M., & Paravina R.D., 2019) ile Altınışik ve ark. (Altınışik H. & Özyurt E., 2023)'nın bu değerin, ΔE_{00} değerinde %20'lik azalmaya karşılık gelen 0,20 olduğunu belirtirken, bir diğer araştırmada (Durand L.B., Ruiz-López J., Perez B.G. et al., 2021) ise CAP-I eşiği olarak 0,50 önerildiği görülmektedir. Yukarıda verilen çalışmada da (Zhu J., Xu Y., Li M. et al., 2023) test edilen tek- renk tonlu kompozitin tüm arka plan renklerindeki CAP-I ve CAP-V değerlerinin eşik değer olan 0,50'den yüksek olduğu rapor edilmiştir. Farklı kavite konfigürasyonlarında (Sınıf I ve Sınıf V) tek- (Omnichroma, Charisma Diamond One, Vittra Unique) ve grup- (Harmonize, Filtek Universal) renk tonlu kompozitler ile yapılan restorasyonların görsel renk adaptasyon kapasitelerinin değerlendirildiği güncel bir çalışmada (Ruiz-López J., da Rocha B.G.P.M., Zemolin N.A.M. et al., 2024), sınıf I restorasyonların sınıf V restorasyonlara kıyasla daha üstün renk uyumu sergilediği, özellikle açık ve kroması düşük dış renklerinde daha iyi renk adaptasyonu gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca test edilen tek- ve grup- renk tonlu kompozitlerin karşılaştırılabilir renk uyumlanma davranışları sergilediği vurgulanmıştır. Restorasyon derinliğinin (2- ve 3- mm.) ve bekletme periyodunun (24 saat ve 1 ay) universal rezin kompozitlerin (Omnichroma, Estelite Sigma Quick, Filtek Universal Restorative) enstrümental renk adaptasyon kapasiteleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Akgül S., Gündoğdu C., & Bala O., 2022), test edilen her iki parametrenin CAP-I değerleriyle pozitif yönde ilişkili olduğu, tek- ve çok- renk tonlu universal kompozitlerin estetik açıdan tatmin edici restorasyonlar için iyi birer alternatif

oldukları sonucuna varılmıştır. İlâveten, CAP değerdendirilmeleri yapılırken; klinik koşullar, hastaların beklentileri ve operatörlerin profesyonel becerilerinin öneminin de göz ardı edilmemesi gerektiği belirtilmiştir. Santana ve ark.'nın farklı arka plan (nötr gri ve kromatik-[A1-A3]) ve çevresel renk tonlarının (A1 ve A3) tek- renk tonlu kompozitlerin (Vittra APS Unique, Charisma Diamond One) renk uyarlama kabiliyetlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında (Santana M.L.C., Livi G.D.J.S., Santana T.R. et al., 2024); her iki kompozitin CAP değerdlerinin test edilen her iki parametreden etkilendiği ve bu materyallerin renk uyumlarının zayıf olma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Rezin kompozitlerin enstrümental ve görsel renk adaptasyon potansiyellerini değerdendiren Pereira Sanchez ve ark. (Pereira Sanchez N., Powers J.M., & Paravina R.D., 2019); belirgin CAP gösteren resin kompozitlerin çevre dış sert dokuları ile uyumlanarak renk farklılıklarını azalttığı, böylece renk eşleştirilmesinin basitleştirilerek, restorasyonun estetik görünümünü iyileştirip, renk uyumsuzluklarını telafi edebileceğinin altı çizilmiştir. Farklı arka plan (siyah ve beyaz zemin) ve çevresel renk tonlarının (A1, A2, A3) tek- renk tonlu Vittra APS Unique materyalinin renk harmanlama özelliği üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada (Barros M.S., Silva P.F.D., Santana M.L.C. et al., 2023), bu özelliğın hem arka plan hem çevre substratlardan etkilendiği sonucuna varılmıştır. Altınışık ve Özyurt'un farklı renk tonlu çekilmiş insan dişlerinde tek-renk tonlu resin kompozitler (Omnichroma, Charisma Diamond One, Vittra Unique, Essentia Universal) ile yaptıkları restorasyonların CAP-I ve CAP-V değerdlerini kıyasladıkları araştırmalarında (Altınışık H. & Özyurt E., 2023), renk uyumu açısından tüm kompozit subgruplarında farklı diş renk tonları arasında belirgin farklılıklar bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tek- renk tonlu kompozitlerin kabul edilebilir CAP değerdleri sergilediği ve bu materyallerin kullanımının renk seçimini kısaltarak, hasta başında geçirilen sürenin azaltılmasını sağladığı bildirilmiştir. Tek-

(Omnichroma), grup- (TPH Spectra) ve çok- (Tetric EvoCeram) renk tonlu kompozitlerin renk uyumlarının enstrümental ve görsel metodlar kullanılarak değerlendirildiği bir diğer çalışmada (Iyer R.S., Babani V.R., Yaman P. et al., 2021) ise renk uyumunun kompozit ve renk tonuna bağlı olduğu, tek- ve grup- renk tonlu kompozitlerin çok-renk tonlu kompozite kıyasla daha düşük renk uyumlanma kabiliyeti gösterdiği, bu durumunda özellikle yüksek estetik gereksinimli klinik durumlarda basitleştirilmiş renk tonlu kompozitlerin kullanımlarını sınırlayabileceği rapor edilmiştir. Servikal restorasyonlarda çeşitli rezin kompozitlerin (Omnichroma, Omnichroma Flow, G-aenial A'chord, G-aenial Injectable, Estelite Asteria, Estelite Universal Flow, Clearfil Majesty ES-2, Clearfil Majesty Low Flow, Charisma Diamond One, Charisma Diamond One Flow) kullanımı sonrası renk adaptasyon potansiyellerinin araştırıldığı güncel bir çalışmada(Tüter Bayraktar E., Kızıl Öztürk E., Saygılı C.C. et al., 2024), akışkan kompozitlerin daha düşük renk uyumlanma özellikleri sergilediği, bu nedenle yüksek estetik beklentisi olan hastalarda macun kıvamında kompozitlerin tercih edilmesinin daha uygun olabileceği belirtilmiştir. Ek olarak, restoratif materyallerin renk ve floresans adaptasyon potansiyelleri gibi optik özelliklerinin anlaşılmasının, üst düzey estetik elde edebilmek için klinik olarak hayati önem taşıdığı da özellikle vurgulanmıştır. Diş yaşının rezin kompozit restorasyonların CAP değerleri üzerindeki etkisini değerlendiren Tanaka ve ark., restorasyonların sınırındaki renk kayması etkilerinin dişin yaşından etkilendiği ve renk adaptasyon potansiyelinin yaşlı dişlerde genç dişlere göre daha az olabileceği belirlenmiştir. Bu davranışların, restore edilmiş dişlerdeki dentinin ışık geçirgenliği özelliklerinden etkilenmiş olabileceği bildirilmiştir (Tanaka A., Nakajima M., Seki N. et al., 2015). Farklı renk tonlu (açık, koyu) çekilmiş insan dişlerinde tek- (Omnichroma, Admira Fusion x-tra ve Essentia), grup- (Filtek Universal Restorative-A1 ve A4) ve yüksek translusent çok- (Tetric EvoCeram) renk tonlu kompozitler ile yapılan

restorasyonların renk eşleşme kabiliyetlerinin karşılaştırıldığı çalışmada (Koi K., Amaya-Pajares S.P., Kawashima S. et al., 2025), Omnichroma'nın grup-renk tonlu kompozit ile aynı renk uyumlanma özellikleri sergilediği, yüksek translusent özellikteki Tetric EvoCeram ile Omnichroma'nın diğer tek-renk tonlu kompozitlere kıyasla test edilen parametrede daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. Ayrıca tek- renk tonlu universal rezin kompozitlerin açık diş tonlarında daha yüksek performans sergilediğinin de altı çizilmiştir. Trifkovic ve ark.'nın rezin kompozitlerin renk adaptasyon potansiyellerini değerlendirdiği araştırmalarında, belirgin CAP gösteren kompozitlerin çevre diş sert dokuları ile etkileşime girerek ayırt edilemeyen restorasyonların oluşturulmasını kolaylaştırdığı ve bu karmaşık fenomenin nicelleştirilmesi için tanımlanan bilimsel yöntemin, klinik diş hekimliği için yararlı kılavuzlar sağlayabileceği belirtilmiştir (Trifkovic B., Powers J.M., & Paravina R.D., 2018).

Sonuç

Bu bölümde ele alınan temel nokta, estetik restorasyonların başarısında renk uyumunun kritik bir faktör olduğudur. Geleneksel kompozit rezinlerin renk seçimindeki karmaşıklığa çözüm olarak geliştirilen basitleştirilmiş renk tonlu kompozitler, modern diş hekimliğinde yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu bölümde ele alınan renk adaptasyon mekanizmaları ve “renk uyumlama potansiyeli” kavramı; bu materyallerin yalnızca teknik kolaylık sağlamadıklarını, aynı zamanda estetik başarıya ulaşmada kayda değer bir potansiyele sahip olduklarını göstermektedir. Literatürdeki veriler, uygun şekilde seçilip uygulanan basitleştirilmiş renk tonlu kompozitlerin, pek çok klinik durumda tatmin edici hatta üstün estetik sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, bu materyaller renk seçimini kolaylaştırırsa da klinik başarının asıl belirleyicisi, hekimin bilgi birikimi, dikkatli vaka analizi ve doğru uygulama becerileridir. Basitleştirilmiş renk

tonlu kompozitler, bu klinik becerilerle birlikte kullanıldığında, restorasyonun çevre dokularla yüksek uyum içinde bütünleşmesini sağlayabilir. İlerleyen araştırmalar, bu materyallerin potansiyelini daha iyi açıklığa kavuşturacak ve farklı klinik senaryolardaki uzun dönem performanslarını ortaya koyacaktır. Mevcut kanıtlar ışığında, bu yenilikçi materyallerin estetik restorasyonlarda renk uyumunu optimize etme sürecinde diş hekimlerine önemli avantajlar sunduğu ve hastalara doğal, uzun ömürlü estetik sonuçlar sağladığı söylenebilir.

Kaynakça/References

- Abdelraouf, R.M., & Habib, N.A. (2016). Color-matching and blending-effect of universal shade bulk-fill-resin-composite in resin-composite-models and natural teeth. *BioMed Research International*, 2016(1), 4183432.
- Abu-Bakr, N., Han, L., Okamoto, A., & Iwaku, M. (2000). Color stability of compomer after immersion in various media. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 12(5), 258-263.
- Aida, A., Nakajima, M., Seki, N., Kano, Y., Foxton, R.M., & Tagami, J. (2016). Effect of enamel margin configuration on color change of resin composite restoration. *Dental Materials Journal*, 35(4), 675-683.
- Akgül, S., Gündoğdu, C., & Bala, O. (2022). Effects of storage time and restoration depth on instrumental color adjustment potential of universal resin composites. *Journal of Oral Science*, 64(1), 49-52.
- Altınışik, H., & Özyurt, E. (2023). Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of different single-shade resin composites to human teeth of various shades. *Clinical Oral Investigations*, 27(2), 889-896.
- Barros, M.S., Silva, P.F.D., Santana, M.L.C., Bragança, R.M.F., & Faria-E-Silva, A.L. (2023). Background and surrounding colors affect the color blending of a single-shade composite. *Brazilian Oral Research*, 37, e035.
- Chen, F., Toida, Y., Islam, R., Alam, A., Chowdhury, A.F.M.A., Yamauti, M., et al. (2021). Evaluation of shade matching of a novel supra-nano filled esthetic resin composite employing structural color using simplified simulated clinical cavities. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 874-883.
- Dentsply Sirona. (2025). Neo Spectra® ST: Technical Guide. Dentsply Sirona Inc.(16/06/2025 tarihinde <https://www.dentsplysirona.com/tr-tr/kesfet/markaya-gore-kesfet/neo-spectra-st-family.html> adresinden ulaşılmıştır.)
- Ding, Y., Xu, S., & Wang, Z.L. (2009). Structural colors from Morpho peleides butterfly wing scales. *Journal of Applied Physics*, 106(7).
- Durand, L.B., Ruiz-López, J., Perez, B.G., Ionescu, A.M., Carrillo-Pérez, F., Ghinea, R., et al. (2021). Color, lightness, chroma, hue, and

- translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 836-843.
- El-Refai, D. (2022). Can Omnichroma revoke other restorative composites? Mechanical and physical assessment of Omnichroma dental resin restorative composite: An in-vitro study. *Egyptian Dental Journal*, 68(4), 3701-3716.
- FGM Dental. (2025). Vittra APS Unique: Technical Guide. FGM Dental Corporation 2025.(16/06/2025 tarihinde <https://fgmdentalgroup.com/intl/aesthetic-products/vittra-aps-unique/> adresinden ulaşılmıştır.)
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 23(5), 467-480.
- Fondriest, J. (2004). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *J. Prosthet. Dent*, 91(6), 553.
- GC Corporation. (2025). Gradia® Direct: Composite Restoratives Technical Guide. GC Corporation. (16/06/2025 tarihinde <https://www.gc.dental/america/products/operatory/compositerestoratives/gradedirect> adresinden ulaşılmıştır.)
- Goldstein, R.E., Chu, S.J., Lee, E.A., & Stappert, C.F. (2018). *Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry*: John Wiley & Sons.
- Hayashi, K., Kurokawa, H., Saegusa, M., Aoki, R., Takamizawa, T., Kamimoto, A., et al. (2023). Influence of surface roughness of universal shade resin composites on color adjustment potential. *Dental Materials Journal*, 42(5), 676-682.
- Iyer, R.S., Babani, V.R., Yaman, P., & Dennison, J. (2021). Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(2), 394-400.
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3-12.
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67, S3-S10.
- Kerr Dental. (2025). Harmonize™ Technical Bulletin. Kerr Dental Corporation. (16/06/2025 tarihinde <https://www.kerrdental.com/en-eu/dental-restoration-products/harmonize-dental-composites> adresinden ulaşılmıştır.)
- Khayat, W.F. (2024). In vitro comparison of optical properties between single-shade and conventional composite resin restorations. *Cureus*, 16(4).

- Kim, D., & Park, S.H. (2018). Color and translucency of resin-based composites: comparison of a-shade specimens within various product lines. *Operative Dentistry*, 43(6), 642-655.
- Koi, K., Amaya-Pajares, S.P., Kawashima, S., Arora, G., Ferracane, J., & Watanabe, H. (2025). The color-matching ability of single-shade universal composites in extracted human teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(2), 456-464.
- Kulzer GmbH. (2025) Charisma diamond/topaz one shade technical report 2025. (15/06/2025 tarihinde <https://www.kulzer.com/int2/en/products/charisma-diamond-topaz-one.html> adresinden ulaşılmıştır.)
- Kuraray Noritake. (2025). Clearfil Majesty ES-2 Universal: Technical Guide. Kuraray Noritake Dental Inc. (16/06/2025 tarihinde <https://www.kuraraynoritake.eu/en/clearfil-majesty-es2-universal> adresinden ulaşılmıştır)
- Kurt, M., Turhan Bal, B., & Bal, C. (2016). Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 22(2).
- Lee, Y.K. (2016). Opalescence of human teeth and dental esthetic restorative materials. *Dental Materials Journal*, 35(6), 845-854.
- Okubo, S.R., Kanawati, A., Richards, M.W., & Childress, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 80(6), 642-648.
- Önal, B., Recen, D., & Türkün, L.Ş. (2015). Restoratif diş hekimliğinde renk seçimi. *Türkiye Klinikleri Restorative Dentistry-Special Topics*, 1(3), 21-27.
- Paravina, R., Westland, S., Johnston, W., & Powers, J. (2008). Color adjustment potential of resin composites. *Journal of Dental Research*, 87(5), 499-503.
- Paravina, R.D., Westland, S., Imai, F.H., Kimura, M., & Powers, J.M. (2006). Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dental Materials*, 22(4), 299-307.
- Paravina, R.D., Westland, S., Kimura, M., Powers, J.M., & Imai, F.H. (2006). Color interaction of dental materials: blending effect of layered composites. *Dental Materials*, 22(10), 903-908.
- Pereira Sanchez, N., Powers, J.M., & Paravina, R.D. (2019). Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 465-470.
- Ruiz-López, J., da Rocha, B.G.P.M., Zemolin, N.A.M., Altenhofen, C.S., Durand, L.B., & Pérez, M.M. (2024). Visual evaluation of the

- color adjustment of single-shade and group shade resin composites in restorations with different cavity configurations. *Journal of Dentistry*, 149, 105262.
- Santana, M.L.C., Livi, G.D.J.S., Santana, T.R., Silva, P.F.D., Matos, C.L.L.B.D., Maciel, C.M., et al. (2024). Surrounding and background shades effect on color adjustment of single-shade composites. *Brazilian Dental Journal*, 35, e24-5742.
- Sengez, G., & Dörter, C. (2019). Estetik diş hekimliğinde renk seçimi. *Selcuk Dental Journal*, 6(2), 213-220.
- SJ, P. (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *International Journal of Periodontics Restorative Dentistry*, 24, 222-231.
- Solventum. (2024). 3M™ Filtek™ Easy Match Universal Restorative. Solventum Dental Solutions. (16/06/2025 tarihinde <https://www.solventum.com/en-us/home/f/b5005524000/> adresinden ulaşılmıştır.)
- Tabatabaian, F., Beyabanaki, E., Alirezai, P., & Epakchi, S. (2021). Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), 1084-1104.
- Tanaka, A., Nakajima, M., Seki, N., Foxton, R., & Tagami, J. (2015). The effect of tooth age on colour adjustment potential of resin composite restorations. *Journal of Dentistry*, 43(2), 253-260.
- Tokuyama Dental. (2025). Estelite Asteria: Clinical Guide by Dr. Noboru Takahashi. Tokuyama Dental Corporation. (16/06/2025 tarihinde https://www.tokuyamaturkiye.com/upload/Estelite-Asteria-Clinical-guide_TR.pdf adresinden ulaşılmıştır.)
- Trifkovic, B., Powers, J.M., & Paravina, R.D. (2018). Color adjustment potential of resin composites. *Clinical Oral Investigations*, 22, 1601-1607.
- Tsubone, M., Nakajima, M., Hosaka, K., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2012). Color shifting at the border of resin composite restorations in human tooth cavity. *Dental Materials*, 28(8), 811-817.
- Tüter Bayraktar, E., Kızıl Öztürk, E., Saygılı, C.C., Türkmen, C., & Korkut, B. (2024). Fluorescence and color adjustment potentials of paste-type and flowable resin composites in cervical restorations. *Clinical Oral Investigations*, 28(12), 649.
- VOCO GmbH. (2023). Admira Fusion 5: Nano-Hybrid ORMOCER® Restorative Material with Simplified Shade System. VOCO

GmbH.

(16/06/2025

tarihinde

[https://www.voco.dental/en/products/direct-](https://www.voco.dental/en/products/direct-restoration/ormocer/admira-fusion-5.aspx)

[restoration/ormocer/admira-fusion-5.aspx](https://www.voco.dental/en/products/direct-restoration/ormocer/admira-fusion-5.aspx) adresinden ulaşılmıştır)

Zhu, J., Xu, Y., Li, M., & Huang, C. (2023). Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of a recently introduced single-shade composite resin versus multishade composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

MODERN RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİ

PROTOKOLLER, SİSTEMLER
VE KLİNİK PRATİK

