

ORİJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

DOI: 10.5336/dentalsci.2023-98942

Farklı Restoratif Materyallerin Mikrosızıntısının Mikrobilgisayarlı Tomografi Sistemi Kullanılarak İncelenmesi

^a Bilge ERSÖZ^a, ^b Serpil KARAOĞLANOĞLU^a, ^c Elif Aybala OKTAY^a, ^d Numan AYDIN^a,
^e Mert OCAK^b, ^f Kaan ORHAN^c

^aSağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Ankara, Türkiye

^bAnkara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Anatomi ABD, Ankara, Türkiye

^cAnkara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Oral Diagnoz ve Radyoloji ABD, Ankara, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmada, 2 farklı şekilde polimerize olabilen bir alkasit materyalin kendiliğinden veya çift fazlı sertleştirildiğinde mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi ve diş rengindeki restoratif materyaller ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışma için çekilmiş 20 adet sağlam insan azı dişine 40 adet kavite hazırlandı. Dişlerin mesiyal ve distal yüzeylerine mine-sement birleşiminin 1 mm altında biten Sınıf II kutu kaviteler hazırlandı. Kaviteler, 4 farklı materyal ile restore edildi: kendiliğinden sertleşen Cention-N, çift fazlı sertleşen Cention-N, Equia Forte cam iyonomer, Estelite Posterior kompozit (n=10). Örnekler 5 °C ile 55 °C arasındaki sıcaklıklarda 30 sn bekleme süresi ve 10 sn geçiş süresi ile 10.000 termal döngü ile yaşlandırıldıktan sonra 24 saat %50 gümüş nitrat (AgNO₃) solüsyonunda bekletildi ve mikrobilgisayarlı tomografi sistemi ile internal adaptasyon analizleri gerçekleştirildi. Veriler, tek yönlü varyans analizi kullanılarak analiz edildi (p<0,05). **Bulgular:** Farklı restoratif materyaller ile restore edilen grupların mikrosızıntı değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir (p=0,075). İstatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen çift fazlı sertleşen Cention-N (0,019) ve Equia Forte cam iyonomer (0,022) en düşük mikrosızıntı seviyesini gösterirken (p>0,05), kendiliğinden sertleşen Cention-N (0,106) ve Estelite Posterior (0,111) en yüksek düzeyde mikrosızıntı seviyesi göstermiştir (p>0,05). **Sonuç:** Alkasit ve cam iyonomer materyalinin, klinikte rutin olarak kullanılan rezin kompozit ile benzer mikrosızıntı değerlerini göstermesi bu materyallerin klinik kullanımında mikrosızıntı açısından umut vadecidir.

Anahtar Kelimeler: Dental sızıntılar; kompozit dental rezin; mikrobilgisayarlı tomografi

Diş tedavilerindeki temel amaçlardan biri, marjinal sızdırmazlığı sağlayarak diş yapısının korunması ve pulpal canlılığın sürdürülmesidir. Bu sızdırmazlıktaki başarısızlıklar; klinikte sıklıkla karşılaşılan

proksimal çürüklerin, postoperatif hassasiyetin ve ikincil çürüklerin ana nedenidir.^{1,2}

Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan materyallerden, cam iyonomerler 1970'lerde ortaya çıkmış,

Correspondence: Bilge ERSÖZ

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Ankara, Türkiye

E-mail: bilge.ersoz@sbu.edu.tr



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 26 Jul 2023

Received in revised form: 06 Feb 2024

Accepted: 09 Feb 2024

Available online: 11 Mar 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

kompozitler 1980’lerde rutin kullanım için standart hâle gelmiş ve 1990’larda rezin modifiye cam iyonomerler ve kompomerler kullanıma girmiştir.³ Cam iyonomerler, hem daimi restorasyonlar hem de geçici ve kalıcı restorasyonlar olarak uzun yıllardır klinikte tercih edilen materyaller olmuştur. Cam iyonomerlerin sıklıkla kullanım amacı, flor salma kapasiteleri ve mine ve dentin dokuları ile oluşturdukları kimyasal bağlardır.⁴ Ancak bu materyallerin yoğun strese maruz kalan posterior bölgelerde daimi restoratif materyal olarak kullanımı, kırılma ve aşınmaya karşı zayıf dirençleri nedeniyle sınırlıdır.^{5,6} Bu çalışmada, kullanılan Equia Forte (EF) cam iyonomer gibi kapsül formundaki cam iyonomer simanların çekme, eğilme ve basma dayanımları elle karıştırılan cam iyonomerlerden önemli ölçüde daha yüksektir.⁷

Kompozit rezinlerin formülasyonundaki son gelişmeler ve kompozitlerin yerleştirme tekniklerindeki yeni gelişmeler, doğrudan kompozit uygulamalarının güvenilirliğini önemli ölçüde artırmıştır.⁸ Ancak kompozit rezin restorasyonlar, önemli avantajlara sahip olmalarına rağmen polimerizasyon büzülmesi gibi önemli bir dezavantaja sahiptir.⁹ Polimerizasyon büzülmesinin artması, marjinal aralık genişliğini ve marjinal bölgedeki mikrosızıntıyı artırmaktadır.¹⁰

Dental restorasyonlarda, ideal materyal arayışı için çalışmalar devam ederken, alkasit restoratif bir materyal olan Cention-N (CN) materyali (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) diş hekimlerinin kullanımına sunulmuştur. Resin bazlı kompozitlerin bir alt grubu olan alkasitler resin matriksinde alkalın dolgu maddeleri içermektedir. VITA skalasına göre A2 renk tonuna sahiptir. Ayrıca radyografide, radyopak görüntü vermektedir. Kalsiyum ve hidroksil iyonları salınımı yapması nedeniyle antikaryojenik özelliktedir.^{11,12} Daimi ve süt dişlerinde Sınıf I ve Sınıf II, Sınıf V restorasyonlar için direkt (bulk) olarak uygulanabilir.³ Ağırlıkça %78,4 veya hacimce %57,6 inorganik doldurucu içerir ve inorganik doldurucuların partikül boyutu 0,1 µm ile 7 µm arasında değişir. CN, geleneksel cam iyonomer simanlara benzer bir toz/sıvı içeriğine sahip restoratif bir materyaldir.³ CN likidi; dimetakrilatlar [üretan dimetakrilat (UDMA), trisiklodekan-dimetanol dimetakrilat (DCP), tetraetilenlikol dimetakrilat (TEGDMA), polietilen glikol-400 (PEG-400)], başlatıcılar, stabilizatörler, katkı

maddeleri ve nane aroması içermektedir. CN materyali isteğe bağlı olarak ışıkla sertleşme (400-500 nm dalga boyunda mavi ışık) ve ardından kimyasal olarak sertleşme veya sadece kimyasal mekanizma ile kendi kendine sertleşme mekanizmalarına sahiptir. CN’nin polimerizasyonu için üretici tarafından 2 farklı mod (kendiliğinden sertleşme ve çift fazlı sertleşme) önerilmiştir.³ Bu yeni materyal için 2 polimerizasyon modu önerilmesine rağmen şu anda hangi polimerizasyon modunun daha ideal olduğu konusunda net bir bilgi bulunmamaktadır.³

Diş hekimliğinde, mikrosızıntıyı değerlendirmek için farklı boya solüsyonları ve konsantrasyonları kullanılsa da; konsantrasyon, pH değeri ve uygulama süresinde standardizasyonun sağlanmasındaki zorluklar aşılamamaktadır.¹³⁻¹⁶ Işık mikroskobu ile yapılan 2 boyutlu değerlendirme, nüfuz eden boyayı değerlendirmek için en çok tercih edilen yöntemdir, ancak sıklıkla restorasyonun ortasından alınan tek bir kesitten değerlendirme yapıldığı bildirilmiştir.^{16,17} 3 boyutlu (3B) değerlendirme yöntemi daha iyi boya penetrasyon detayları verir ve çok sayıda kesit üzerinden değerlendirme ve ölçüm yapılabilir ve bu nedenle diş ile restorasyon arasına sızan gümüş nitrat (AgNO₃) miktarını belirlemek için son derece hassas ve güvenilir bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak daha fazla teknik hassasiyet gerektirir ve zaman alıcıdır.^{18,19}

Materyallerin mikrosızıntı özelliği, uzun ömürlü restorasyonlar elde etmek için kritik öneme sahiptir. Mikrobilgisayarlı tomografi (mikro-BT) cihazı mikrosızıntı çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.²⁰⁻²⁴ CN materyalinin farklı polimerizasyon modlarının, mikrosızıntı özelliğini kompozit resin ile karşılaştıran bir çalışma olmasına rağmen bu çalışmada 2 boyutlu bir değerlendirme yapılmıştır. Ancak farklı polimerizasyon yöntemleri ile polimerize olan materyalin mikrosızıntısını mikro-BT kullanılarak 3B olarak analiz edilen bir çalışmaya rastlanılmamıştır.²⁵

Bu çalışma, kendiliğinden sertleşen Cention-N (C1), çift fazlı sertleşen Cention-N (C2), EF cam iyonomer ve Estelite Posterior kompozit (EP) rezinin mikrosızıntı açısından incelenmesini amaçlamıştır. Çalışmanın sıfır hipotezi: C1 alkasit materyali, C2 alkasit materyali, EF cam iyonomer simanı ve EP ma-

teriyali ile restore edilen restorasyon ile kavite gingival duvarı arayüzeyi boyunca AgNO_3 mikrosızıntı miktarlarında herhangi bir farklılık olmayacaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulunun (tarih: 14 Ocak 2021, no: 2021/02) insan ve hayvan çalışmaları ile ilgili politikalarına ve Dünya Tıp Birliği Helsinki Deklarasyonu prensipleri hükümlerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın onay kodu 2020-518'dir.

KAVİTELERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışma için son 1 ay içinde çekilmiş olan 20 adet sağlam, 3. molar azı dişi seçildi. Dişler üzerindeki artık dokular "scaler" ile uzaklaştırıldı ve deney süresine kadar distile suda (4°C) muhafaza edildi.

Her dişin hem mesiyaline hem de distaline su soğutmalı aeratör ile yeşil ve kırmızı bantlı elmas fissür frezler kullanılarak Sınıf II kutu kavite hazırlandı ve toplamda 40 adet kavite elde edildi. Her bir kavitenin bukkolingual mesafesi dişlerin interkusal mesafesinin $2/3$ 'ü, mesiyodistal genişliği ise dişin mesiyodistal boyutunun $1/3$ 'ü olacak şekilde hazırlandı. Kavite, proksimal diş eti duvarları periodontal sond yardımı ile ölçümlenerek mine-sement birleşiminin 1 mm altında sonlandırılacak şekilde hazırlıklar tamamlandı.

RESTORASYON PROSEDÜRLERİ

Dişlerin kavite preparasyonları tamamlandıktan sonra, dişler rastgele 4 alt gruba ayrıldı ($n=10$). Restoratif materyalin kavitelere yerleştirilebilmesi için dişlerin üzerine metal matris bantları (Adapt Super-Cap Matrix, Kerr-Hawe, Bioggio, İsviçre) yerleştirildi. Restorasyonlar üretici firma talimatları doğrultusunda tamamlanmasına özen gösterildi. Örnekler 4 farklı prosedürle restore edildi:

EF GI Grubu: Prekapsüle formdaki EF otomatik bir karıştırıcıda 10 sn boyunca karıştırıldı ve ardından kendi uygulama aplikatör ile kavitelere tek aşamada enjekte edildi. Üreticinin önerdiği şekilde sertleşmesi için 2,5 dk beklendi. Tüm restorasyonlar alüminyum oksit diskler (Sof-Lex Disc; 3M ESPE, MN, ABD) kullanılarak polisajlandı. Ardından hava-

su spreyi ile yıkanıp kurutulan restorasyon üzerine EF Coat (GC, Tokyo, Japonya) uygulandı ve 20 sn süreyle ışıklandırılarak polimerize edildi (Woodpecker DTE LUX E, Almanya, 1.200 mw/cm^2).

EP Kompozit Grubu: Hazırlanan kavitelere bir bond aplikatörü ile Tokuyama Bond Force 2 (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) uygulandı ve hava-su spreyi ile hava sıkılarak bond tabakası inceltildikten sonra 10 sn süreyle ışıkla sertleştirildi (Woodpecker DTE LUX E, Almanya, 1.200 mw/cm^2). Ardından, bir tüp içindeki EP supra-nano kompozit 2 mm'lik tabakalar hâlinde inkremental olarak kaviteye yerleştirildi ve her tabaka 20 sn süreyle ışıkla polimerize edildi (Woodpecker DTE LUX E, Almanya, 1.200 mw/cm^2).

Kendiliğinden Sertleşen C1: CN malzemesi toz ve likit formdan oluşmaktadır. İki kaşık toz ve iki damla CN likit bir karıştırma pedine koyuldu ve homojen bir kıvama gelene kadar karıştırma spatulası ile karıştırıldı. CN tozu küçük parçalar hâlinde likide eklendi ve homojen bir kıvam elde edildi. Karıştırma süresi 60 sn'yi geçmedi.

Çift Fazlı Sertleşen C2: Materyal C1 grubunda bahsedildiği şekliyle hazırlandı. Bu grupta, C1 grubundan farklı olarak materyal 20 sn boyunca ışıkla polimerize edildi (Woodpecker DTE LUX E, Almanya, 1.200 mw/cm^2).

Tüm restorasyonların arayüzleri alüminyum oksit diskler (Sof-Lex Disc; 3M ESPE, MN, ABD) kullanılarak bitirildi ve parlatıldı. Restorasyon hazırlığı, biten dişler termal yaşlandırma işlemine kadar oda sıcaklığındaki distile su içinde saklandı.

Test edilen materyaller ve içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kavite restore edildikten sonra, çekilmiş dişlerin apikal bölgeleri deney sırasında AgNO_3 'ün apikal bölgeden penetrasyonunu önlemek amacı ile akışkan rezin bir kompozit ile kapatılarak 20 sn süreyle ışıklandırıldı (Woodpecker DTE LUX E, Almanya, 1.200 mw/cm^2). Daha sonra tüm diş yüzeyi, diş restorasyon arayüzü birleşim hattının 1 mm çevresi hariç olmak üzere 2 kat tırnak cilası ile kaplandı. Ardından termal döngü ile yaşlandırma aşamasına geçildi.

Ağız boşluğunda meydana gelen 1 yıllık termal değişiklikleri simüle etmek için, tüm numuneler bir

TABLO 1: Kullanılan materyaller, kimyasal içerikleri ve üretici firma bilgisi.

Materyaller	Tür	Bileşimi	Firma	Seri no
Bond Force 2	Self-etch adeziv	Toz: %95 stronsiyum floro alümino-silikat cam, %5 poliakrilik asit Likit: %40'lık poliakrilik asit	Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya	144
Estelite Posterior	Supra-nano monodispersing küresel doldurucu	Ağırlıkça %84, hacimce %70 Silika zirkonyum doldurucu (ortalama parçacık boyutu 2 mm, aralık 1-10 mm). Bis-GMA, TEGDMA, Bis-MPEPP	Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya	015E10
Equia Forte	Bulk-fill cam hibrit iyonmer	Toz: %95 stronsiyum floro alümino-silikat cam, %5 poliakrilik asit Likit: %40'lık poliakrilik asit	GC Corporation, Tokyo, Japonya	1709201
Cention-N	Alkalın doldurucu rezin kompozit Renk A2	Toz: Kalsiyum florosilikat camı, baryum camı, kalsiyum-baryum-alüminyum florosilikat cam, izolatörler, iterbiyum triflorür, başlatıcılar ve pigmentler. Cention-N, ağırlıkça %78,4 veya hacimce %57,6 inorganik doldurucular içerir. İnorganik dolgu maddeleri. Likit: UDMA, DCP, TEGDMA, PEG-400, başlatıcılar, stabilizatörler ve katkı maddeleri.	Ivoclar Vivadent; Schaan, Lihtenştayn	Z0054T

Bis-GMA: Bisfenol A-glisidil metakrilat; TEGDMA: Tetraetilenglikol dimetakrilat; Bis-MPEPP: 2,2-bis [[4-(metakriloksi polietoksi)fenil] propan; UDMA: Üretan dimetakrilat; DCP: Trisiklodekan-dimetanol dimetakrilat; PEG-400: Polietilen glikol 400.

termal döngü cihazında (Thermocycler the 1100, SD Mechatronik, Almanya) 30 sn bekleme süresi ve 10 sn geçiş süresi ile distile su içinde 5°C-55°C'lik 10.000 termal döngüye maruz bırakıldı.²⁶

MİKRO-BT ANALİZİ

Yaşlandırma prosedürlerinden sonra örnekler; Tay ve ark. tarafından önerildiği gibi ağırlıkça %50 AgNO₃ çözeltisi (Merck 101510 Silver Nitrate Cryst, Merck KgaA, 64271 Darmstadt, Almanya) içinde oda sıcaklığında 24 saat karanlık bir odada bekletildi.²⁷ Ardından, floresan ışık altında 8 saat boyunca ilk banyo solüsyonu olan (Dental X-Ray Developer, Medley, MDC, Türkiye) içinde tutulmuş ve nüfuz eden Ag iyonlarını metalik gümüşe indirgemek için distile su ile yıkandı.^{27,28}

Gümüş penetrasyonunun volümetrik analizi için Skyscan 1275 mikro-BT (Skyscan, Kontich, Belçika) cihazı kullanılmıştır. Cihaz 100 kV voltaj ve 100 µA, akım ayarlarında kullanıldı. Örnekler, cihazda 0,4'lük açılarla 360° döndürüldü.²⁶

Düşük güçteki X-ışınlarını engellemek için 1 mm bakır filtre kullanıldı. İmaj piksel boyutu 27.5.00

µm idi. Her örnek, 40 dk boyunca incelendi ve 550-600 görüntü kaydedildi. Tüm taramalarda düz alan düzeltmesi için geometrik ayarlamalar yapıldı. Örneklerin görüntüleri NRecon rekonstrüksiyon yazılımı (SkyScan, Antwerp, Belçika) kullanılarak yeniden yapılandırıldı, tarama artefaktları ortadan kaldırıldı ve örneğin eksenel kesitleri elde edildi. Daha sonra görüntüler Dataviewer yazılımına (Skyscan) aktarıldı ve burada 3B (aksiyel, koronal ve sagittal) olarak işlendi ve bu yazılım kullanılarak koronal görüntüler elde edildi. Koronal görüntüler CTAn (SkyScan) yazılımı kullanılarak analiz edildi.²⁶

Alınan her görüntü diliminde diş eti duvarına nüfuz eden AgNO₃ hacmini ölçmek için tüm örneği kapsayan bir ilgi hacmi seçildi. Dentin, restoratif materyal ve AgNO₃ arasında ayırım yapmak için gri tonlama kullanıldı. Son olarak, nüfuz eden gümüş hacmi (mm³) otomatik olarak 3B olarak analiz edildi.^{26,27}

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

AgNO₃ hacim penetrasyonu için ortalama değerler her grup için hesaplandı. Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için Kolmogorov-

Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri kullanıldı. Çalışmada veriler normal dağılım göstermediği için non-parametrik testlerden Kruskal-Wallis testi ile istatistiksel analiz yapıldı. Çalışmanın gücüne ilişkin, istatistiksel analiz sonuçlarına göre $\beta=0,65$ olarak elde edildi. Anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak seçildi.

BULGULAR

Çalışma verileri, deneyler sırasında gingival duvarda restorasyon ile diş arasına nüfuz etmiş olan AgNO_3 (mm^3) penetrasyon hacmine göre elde edildi (Şekil 1). Farklı restoratif materyallerle restore edilen dişlerin, gingival duvardaki mikrosızıntı değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi ($p=0,075$).

Kruskal-Wallis testi sonucunda, karşılaştırılan materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmedi ($p=0,075$). Çalışma sonuçlarına göre materyaller arasında en yüksek mikrosızıntı miktarı 0,111 ortalama değer ile EP kompozit materyalinde, en düşük mikrosızıntı miktarı ise 0,019 ortalama değer ile çift fazlı sertleşen Cention-N alkasit materyalinde gözlemlendi (Tablo 2).

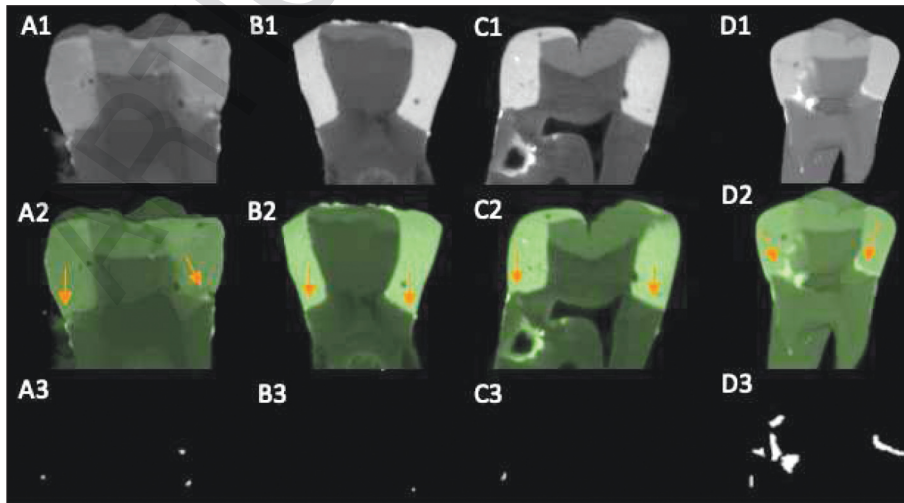
TARTIŞMA

Mikrosızıntı; kavite duvarı ile kaviteye yerleştirilen restorasyon materyali arasındaki mikroskobik boş-

luklardan bakterilerin, ağız sıvılarının, moleküllerin ve iyonların geçişi olarak tanımlanır.²⁸ Uzun ömürlü restorasyonlar elde etmek için marjinal bütünlüğü sağlayarak mikrosızıntı miktarını azaltmak çok önemlidir.²⁸ Doğrudan uygulanan posterior restorasyonlarda marjinal sızıntının en önemli nedeni, her materyalin kimyasal içeriğine göre farklılık gösterebilen polimerizasyon büzülmesidir.²⁹

Bu çalışmanın sonuçlarına göre rezin kompozit, C1 alkasit restoratif materyali, cam iyonomer siman ve C2 alkasit materyalleri benzer seviyede mikrosızıntı gösterdiğinden çalışmanın sıfır hipotezi kabul edilmiştir (Tablo 2).

CN materyalinin üretici tarafından önerilen farklı polimerizasyon modlarını karşılaştıran az sayıda çalışma olmasına rağmen bazı çalışmalar çift fazlı polimerize materyallerin kendiliğinden polimerizasyon ve çift fazlı polimerizasyon modlarını karşılaştırmıştır.^{30,31} Bu çalışmalara göre, kendi kendine sertleşen materyallerin marjinal adaptasyon skorları eşit olmasına rağmen kendiliğinden sertleşme mekanizmasına ek olarak ışık ile polimerize edilen grubun dentin bağlanma gücü daha yüksek olmuştur.^{30,31} Bu sonuç, kendiliğinden sertleşen materyallerin çift fazda sertleşen materyallere göre daha düşük bir dönüşüm derecesi sergilemesine bağlanmıştır.³² Ayrıca, başka bir çalışma polimerizasyon sırasındaki ışık uygulamasının uygun materyal sertliği ve dönüşüm de-



ŞEKİL 1: Mikrobilgisayarlı tomografiden elde edilen diş-restorasyon kompleksinin X-ışını projeksiyon görüntüsü. A1: Equia Forte; B1: Kendiliğinden sertleşen CN; Çift fazlı sertleşen CN; D1: Estelite Posterior kompozit. (A2-D2) Kırmızı oklar nüfuz eden AgNO_3 ü göstermektedir (A3-D3). Beyaz alanlar diş eti marjindeki gümüş nitrat infiltrasyonunu göstermektedir.

TABLO 2: Grupların diş-restorasyon arayüzündeki AgNO₃ penetrasyon mikrobilgisayar hacmi (mm³) değerleri ($\bar{X} \pm SS$).

Materyal	Mikrosızıntı	p değeri
Equia Forte cam iyonomer	0,022±0,032	0,075
Kendiliğinden sertleşen Cention-N	0,106±0,092	
Çift fazlı sertleşen Cention-N	0,019±0,007	
Estelite Posterior kompozit rezin	0,111±0,144	

* İstatistiksel anlamlılık değeri p<0,05 kabul edilmiştir. SS: Standart sapma

recesi için bir tercihten ziyade bir gereklilik olduğunu savunmuştur.¹⁰ Bu çalışmada da benzer şekilde, CN'ye ışık uygulandığında artan polimerizasyon dönüşüm derecesi nedeniyle daha az mikrosızıntı göstermiştir.¹⁰ Ancak bu sonuçların aksine, başka bir çalışmada kendiliğinden sertleşen materyaller çift fazda sertleşen materyallere göre daha az mikrosızıntı göstermiştir.²⁵ Bu sonuç, ışık uygulanmadan kendiliğinden gerçekleşen yavaş polimerizasyonun marjinal mikrosızıntıyı azaltabileceği gerçeğine bağlanmıştır.²⁵ Başka bir çalışmada da artan polimerizasyon hızının marjinal boşluğun boyutunda artışa neden olabileceği savunulmuştur.¹⁰

EF ve diğer restoratif materyaller arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen EF, EP ve C1'ye göre daha az mikrosızıntı göstermiştir. EF, diğer cam iyonomerlere benzer şekilde diş-restorasyon arasında meydana gelen iyon değişimi nedeniyle dentin ile kimyasal bir bağ oluşturmaktadır.^{33,34} Daha az mikrosızıntı göstermesinin nedeni bu güçlü kimyasal bağlantı olabilir.

Bu çalışmada, C2 alkasit materyali anlamlı olmasa da EP supra-nano kompozitinden daha az sızıntı göstermiştir. Bu sonuçlarla tutarlı olarak, bir çalışmada nanohibrit kompozitin kendiliğinden sertleşen CN ve çift fazda sertleşen CN'den daha fazla mikrosızıntı sergilediği gösterilmiştir.²⁵ Benzer başka bir çalışmada da CN'nin rezin kompozitten daha az sızıntı gösterdiği bildirilmiştir.³⁵ CN'nin EP kompozitinden daha az sızıntı göstermesinin nedeni, CN içeriğinde büzülme streslerine karşı koruyucu olduğu iddia edilen toz/likit içeriğinden kaynaklanabilir.¹⁰ CN malzemesinin toz kısmındaki büzülme gerilimini gidericiler (izofiller) polimerizasyon büzülmesi sırasında oluşan kuvvetleri absorbe edebilir. CN'nin sıvı kısmında bulunan 4 adet dimetakrilat (DMA) grubu

(UDMA, DCP, TEGDMA, PEG-400) materyale akışkanlık sağlar ve materyalin smear tabakasına adaptasyonunu güçlendirir. Bu monomerler arasındaki çapraz bağlar, polimerizasyon sırasında güçlü mekanik özellikler ve materyale uzun süreli dayanıklılık sağlar.³⁵

Alkasit malzemelerin kendiliğinden polimerizasyon ve çift fazlı polimerizasyon modlarının, materyalin diğer fiziksel özellikleri (mikrosertlik, malzeme bütünlüğü, kırılma direnci ve eğilme dayanımı) üzerindeki etkisini incelemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Daha fazla materyal çeşidi ile örneklem büyüklüğünün artırıldığı yeni bilimsel çalışmaların yapılması literatüre katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, yaşlandırma işlemi sırasında sadece ağız içindeki ısısal değişiklikler taklit edilmiş olup, mekanik çiğneme kuvvetleri ve kimyasal değişkenler simüle edilememiştir. Çalışmamızın bu limitasyonları göz önüne alındığında, termomekanik yaşlandırma gibi farklı metotların kullanılarak planlandığı mikrosızıntı çalışmalarına ihtiyaç vardır. Ayrıca *in vitro* olarak yapılan bu çalışmada kullanılan CN materyalinin klinik koşullarda da incelenmesi önerilmektedir. Bu kısıtlamalara rağmen bu çalışma, alkasit restoratif materyallerin 2 farklı polimerizasyon modu ile polimerize olan restorasyonları mikrosızıntı açısından bir mikro-BT sistemi ile 3B olarak araştıran ilk çalışmadır.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları dâhilinde, materyaller arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak çift fazlı sertleşen C2 alkasit materyalinin, kendiliğinden sertleşen C1 alkasit materyaline göre daha az mikrosızıntı gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre mine-sement birleşiminin 1 mm altında sonlanan Sınıf II kutu kaviterlerde restoratif materyal olarak çift fazlı sertleşen CN alkasit ve EF cam iyonomer siman kullanımı ile daha az mikrosızıntı görülmesi restorasyonların klinik performansına olumlu katkı sağlayabilir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi

bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Bilge Ersöz, Numan Aydın, Serpil Karaoğlanoğlu; **Tasarım:** Bilge Ersöz, Numan Aydın, Serpil Karaoğlanoğlu; **Denetleme/Danışmanlık:** Serpil Karaoğlanoğlu, Elif Aybala Oktay, Kaan Orhan; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Kaan Orhan, Mert Ocak; **Analiz ve/veya Yorum:** Mert Ocak, Kaan Orhan; **Kaynak Taraması:** Denetleme/Danışmanlık: Serpil Karaoğlanoğlu, Elif Aybala Oktay, Kaan Orhan; **Makalenin Yazımı:** Bilge Ersöz, Numan Aydın, Serpil Karaoğlanoğlu; **Eleştirel İnceleme:** Serpil Karaoğlanoğlu, Elif Aybala Oktay, Kaan Orhan.

KAYNAKLAR

1. Mjör IA. The location of clinically diagnosed secondary caries. Quintessence Int. 1998;29(5):313-7. PMID: 9693650.
2. Majety KK, Pujar M. In vitro evaluation of microleakage of class II packable composite resin restorations using flowable composite and resin modified glass ionomers as intermediate layers. J Conserv Dent. 2011;14(4):414-7. PMID: 22144815; PMCID: PMC3227293.
3. New R: Scientific Documentation; Cention N, Ivoclar vivadent AG; research and development scientific service, issue; October 2016. (Kaynağa direkt ulaşılacak link ve erişim tarihi eklenmelidir.)
4. el Mallakh BF, Sarkar NK. Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. Dent Mater. 1990;6(2):118-22. PMID: 2127753.
5. Burgess JO, Cakir D. Materials selection for direct posterior restoratives. Medicine, Materials Science. 2011;1-11. <https://www.yumpu.com/en/document/view/21876069/material-selection-for-direct-posterior-restoratives-in-eedcecom>
6. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. Dent Mater. 2000;16(2):129-38. PMID: 11203534.
7. Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Lascano LB, Frencken JE. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). J Appl Oral Sci. 2013;21(3):243-9. PMID: 23857657; PMCID: PMC3881905.
8. Wilson NH, Norman RD. Five-year findings of a multiclinical trial for a posterior composite. J Dent. 1991;19(3):153-9. PMID: 1939815.
9. Irie M, Suzuki K. Current luting cements: marginal gap formation of composite inlay and their mechanical properties. Dent Mater. 2001;17(4):347-53. PMID: 11356212.
10. Itoh K, Yanagawa T, Wakumoto S. Effect of composition and curing type of composite on adaptation to dentin cavity wall. Dent Mater J. 1986;5(2):260-6. PMID: 3333236.
11. Todd JC. Scientific Documentation: Cention N. Schaan, Liechtenstein: Ivoclar-Vivadent Press: 2016.
12. Ilie N. Comparative effect of self- or dual-curing on polymerization kinetics and mechanical properties in a novel, dental-resin-based composite with alkaline filler. running title: resin-composites with alkaline fillers. Materials (Basel). 2018;11(1):108. Erratum in: Materials (Basel). 2020;13(23): PMID: 29324684; PMCID: PMC5793606.
13. Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Marshall GW. Microleakage of composite restorations after acid or Er-YAG laser cavity treatments. Dent Mater. 2001;17(4):340-6. PMID: 11356211.
14. Kalmowicz J, Phebus JG, Owens BM, Johnson WW, King GT. Microleakage of Class I and II composite resin restorations using a sonic-resin placement system. Oper Dent. 2015;40(6):653-61. PMID: 26237636.
15. Behery H, El-Mowafy O, El-Badrawy W, Nabih S, Saleh B. Gingival microleakage of Class II bulk-fill composite resin restorations. Dent Med Probl. 2018;55(4):383-8. PMID: 30648363.
16. Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, Degrange M, Déjou J. Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. J Adhes Dent. 2001;3(4):295-308. PMID: 11893045.
17. Alonso RC, Sinhoreti MA, Corrêa Sobrinho L, Consani S, Goes MF. Effect of resin liners on the microleakage of class V dental composite restorations. J Appl Oral Sci. 2004;12(1):56-61. PMID: 21365153.
18. Gale MS, Darvell BW, Cheung GS. Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. J Dent. 1994;22(6):370-5. PMID: 7844267.
19. Carrera CA, Lan C, Escobar-Sanabria D, Li Y, Rudney J, Aparicio C, et al. The use of micro-CT with image segmentation to quantify leakage in dental restorations. Dent Mater. 2015;31(4):382-90. PMID: 25649496; PMCID: PMC4374050.
20. Daghrery A, Yaman P, Lynch M, Dennison J. Evaluation of micro-CT in the assessment of microleakage under bulk fill composite restorations. Am J Dent. 2022;35(2):128-32. PMID: 35798706.
21. Sun J, Lin-Gibson S. X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. Dent Mater. 2008;24(2):228-34. PMID: 17572484.
22. Chen X, Cuijpers V, Fan M, Frencken JE. Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. J Dent. 2010;38(9):731-5. PMID: 20580767.
23. Eden E, Topaloglu-Ak A, Cuijpers V, Frencken JE. Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. Am J Dent. 2008;21(6):393-7. Erratum in: Am J Dent. 2009;22(1):64. Topaloglu-Ak, Vasli [corrected to Topaloglu-Ak, Asli]. PMID: 19146134.
24. Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S. 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. Dent Mater. 2009;25(3):314-20. PMID: 18762335; PMCID: PMC2694511.
25. Mohamed NI, Safy RK, Elezz AFA. Microtensile bond strength, marginal leakage, and antibacterial effect of bulk fill resin composite with alkaline fillers versus incremental nanohybrid composite resin. Eur J Dent. 2021;15(3):425-32. PMID: 33368067; PMCID: PMC8382449.
26. Aydın F, Demirel G, Bilecenoğlu B, Ocak M, Gür G. Effect of different artificial aging protocols on marginal sealing ability of self-etch dental adhesives: micro-computed tomography evaluation. Journal of Adhesion Science and Technology. 2020;34(4):388-99. <https://doi.org/10.1080/01694243.2019.1670581>

-
27. Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent.* 2004;17(5):315-22. PMID: 15575440.
28. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. *J Dent.* 1992;20(1):3-10. PMID: 1548383.
29. Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater.* 2005;21(12):1150-7. PMID: 16040118.
30. Bahillo J, Bortolotto T, Roig M, Krejci I. Bulk filling of Class II cavities with a dual-cure composite: effect of curing mode and enamel etching on marginal adaptation. *J Clin Exp Dent.* 2014;6(5):e502-8. PMCID: PMC4312676.
31. Derhami K, Coli P, Brännström M. Microleakage in Class 2 composite resin restorations. *Oper Dent.* 1995;20(3):100-5. PMID: 7479186.
32. Oook S, Miyazaki M, Rikut A, Moore BK. Influence of polymerization mode of dual-polymerized resin direct core foundation systems on bond strengths to bovine dentin. *J Prosthet Dent.* 2004;92(3):239-44. PMID: 15343158.
33. da Silva AF, Piva E, Demarco FF, Corrêa Sobrinho L, Osinga PW. Microleakage in conventional and bonded amalgam restorations: influence of cavity volume. *Oper Dent.* 2006;31(3):377-83. PMID: 16802647.
34. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 2016;7(3):16. PMID: 27367737; PMCID: PMC5040989.
35. Meshram P, Meshram V, Palve D, Patil S, Gade V, Raut A. Comparative evaluation of microleakage around Class V cavities restored with alkasite restorative material with and without bonding agent and flowable composite resin: an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2019;30(3):403-7. PMID: 31397416.