

Üniversal Adeziv Sistemler

Universal Adhesive Systems

^{ID} Ayşe Tuğçe TUNAÇ^a, ^{ID} Esra CAN^a

^aYeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET Güncel adeziv sistemler ve teknikler, diş sert dokularına etkili bağlanma sağlanması ve uygulama prosedürlerinin kısaltılması amacıyla geliştirilmektedir. Etch&rinse adeziv sistemlerin, uygulama basamaklarının fazla olması ve kollajen fibrillerin çökmesi sonucu bağlanma kuvvetinde azalma riski ile self-etch adeziv sistemlerin, mineye bağlanmasının düşük olması bu sistemlerin dezavantajlarıdır. Güncel adeziv sistemlerin temel sorunlarından biri, farklı yapıdaki diş sert dokularına (sağlıklı, çürük, sklerotik dentin, mine) ve diğer dental materyallere eşit düzeyde bağlanmanın sağlanamamasıdır. Bu nedenle son yıllarda, “üniversal” veya “multimod” olarak adlandırılan adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. Bu sistemler, tek basamaklı self-etch adeziv sistemlere fonksiyonel asidik monomerlerin eklenmesi ve böylelikle hidroksiapatit kristalleri ile kimyasal bağ kurulması sonucu geliştirilmiştir. Diş yüzeyi, seramikler, ışıkla ve “dual-cure” sertleşen rezin kompozitler ve metal bileşikler gibi farklı yapılarla bağlanabilme özellikleri olan bu adezivler, bu özelliklerinden dolayı da “üniversal” olarak nitelendirilmektedir. Bu derlemede, üniversal adeziv sistemler ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar incelenerek, sistemlerin içerik, uygulama teknikleri ve performansları hakkında bilgi edinilmiştir. Üniversal adezivlerin, mine ve dentindeki mekanik ve kimyasal bağlanmanın yanında restoratif işlem çeşitliliği ve adezyon stratejisi sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Üniversal adezivler; adeziv sistemler; derleme

ABSTRACT Current adhesive systems and techniques are designed for maintaining effective bonding to dental tissues and reducing the application procedures. The high number of application steps of etch&rinse systems and the risk of decrease in bonding strength due to collapse of collagen fibrils, also lower bonding strength on enamel of self-etch systems are considered as disadvantages of these systems. One of the main problems of current adhesive systems is that it is not possible to maintain equal bonding to dental hard tissues in different structures (healthy, carious, sclerotic dentin, enamel) and other dental materials. Therefore, new adhesive systems named “universal” or “multi-mode” were recently introduced in market. Universal adhesive systems were developed by adding functional acidic monomers in one-step self-etch adhesive systems and creating chemical bonds with hydroxyl apatite crystals. These systems are called “universal” due to their ability of bonding to various dental substrates such as dental tissue, ceramics, light-cured or dual-cured composite resins and metals. In this review, studies in the literature related to universal adhesive systems were investigated and information about the contents, application techniques and performances of the systems was obtained. Universal adhesives have been shown to provide restorative procedure variety and adhesion strategies as well as mechanical and chemical bonding in enamel and dentin.

Keywords: Universal adhesives; adhesive systems; review

Adeziv sistemlerin, diş sert dokularına bağlanma mekanizması temel olarak kalsiyum hidroksiapatitin, asidik monomerler ile dekalsifikasyonu ve polimerlerin, bu yüzeye mikromekanik olarak kilitlenmesi ile gerçekleşir.¹ Güncel adeziv teknoloji ile adeziv sistemlerin uygulama basamakları ve teknik hassasiyeti azaltılmaya çalışılmakta olup, böylelikle klinik çalışma zamanının kısaltılması amaçlanmaktadır.² Adeziv sistemler, klinik uygulanma tekniklerine göre etch&rinse ve self-etch sistemler olarak 2 gruba ayrılır.^{3,4}

Etch&rinse sistemlerinde fosforik asit uygulaması, minede yüzey alanını ve enerjisini artırırken, dentinde smear tabakasını çözüp, kollajen fibrillerin açığa çıkmasını sağlar. Adeziv ajan, primer uygulamasının ardından ayrı olarak veya primer ile birlikte tek bir şişe içerisinde uygulanır.³⁻⁵ Uygulama basamaklarının fazla olmasının yanı sıra etch&rinse sistemlerinin temel dezavantajlarından biri, demineralize dentinin kurutulması sonucu kollajen fibrillerin çökmesi riskidir ve bu durum bağlanma kuvvetinde

Correspondence: Ayşe Tuğçe TUNAÇ

Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: aysetugcetunac@hotmail.com



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

Received: 23 Jul 2019

Received in revised form: 23 Jan 2020

Accepted: 03 Feb 2020

Available online: 27 Oct 2020

2146-8966 / Copyright © 2020 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/>).

azalmaya sebep olur.^{6,7} Kollajenin çökmesi, demineralize dentinin nemli bırakılması ile önlenemez, ancak bunun klinikte uygulanması zordur. Gerekli nemin sağlanabilmesi; materyalin hidroksietil metakrilat (HEMA) içeriğine, solventin tipine ve hekimin üretici firma önerilerine uymasına bağlıdır.⁸

Kollajen fibrillere bağlanmadaki zorluk ve kollajenin degradasyon riski, self-etch adeziv sistemlerin geliştirilmesine sebep olmuştur.⁹⁻¹¹ Tek aşamalı veya 2 aşamalı self-etch sistemlerde, dentin demineralizasyonu primer uygulaması ile birlikte gerçekleştirildiğinden, önceden bir asit uygulama basamağına gereksinim yoktur.^{4,12} Çözünen hidroksiapatit kristalleri ve kalan smear tabakası, hibrid tabakasında birbirlerine entegre olurlar.^{4,13} Güçlü asidik self-etch sistemler (pH<1) dışındaki diğer self-etch sistemlerde rezin monomerler, demineralize dentinin tamamına penetre olabilir.^{8,14-17} Bu durum self-etch sistemlerin, derin kavitelere nem kontrolünün sağlanmadığı durumlarda avantajlı olmasını sağlar, çünkü dentin kanallarından smear tıkaçları etch&rinse sistemlerindeki gibi tamamen kaldırılmadığından, dentin geçirgenliği bu sistemlerdeki gibi artmaz.^{18,19}

Self-etch sistemlerin dezavantajı, minedeki bağlanma etkinliğinin etch&rinse sistemlere göre daha az olmasıdır.^{20,21} Self-etch sistem ile demineralize edilerek elde edilen mine yüzeyindeki artış, fosforik asit ile elde edilenden azdır ve bu adezivin pH değerine göre değişmektedir.²¹ Self-etch adezivlerin performansı, asit uygulanmış mine üzerine uygulandıklarında artmaktadır. Bu nedenle mine varlığında, selektif mine asitlenmesi tekniği önerilmiş ve bu tekniğin, minenin sadece self-etch adeziv ile pürüzlendirilmesinden daha etkin olduğu in vitro ve in vivo çalışmalar ile gösterilmiştir.^{13,22,23} Self-etch sistemlerin uygulanmasından önce dentinin asitlendiği çalışmalar da mevcuttur.²⁴⁻²⁸ Ancak bu çalışmaların sonuçları, çelişkili ve materyale bağlıdır, güncel olarak geleneksel self-etch adezivlerin uygulanmasında önerilmemektedir.

Etch&rinse ve self-etch adeziv sistemler, dentine bağlanmada benzer performans göstermektedir, ancak minede etkin ve uzun süreli bağlanma, etch&rinse sistemleri ile sağlanmaktadır.^{19,29,30} Güncel adeziv sistemlerin temel sorunlarından biri, farklı ya-

pidaki diş sert dokularına (sağlıklı, çürük, sklerotik dentin, mine) ve diğer dental materyallere eşit düzeyde bağlanamamalarıdır.¹⁹ Bu nedenle son yıllarda, “üniversal” veya “multimod” olarak adlandırılan adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür (Tablo 1).³¹⁻³⁴ Bu adeziv sistemler, tek aşamalı self-etch sistemler olarak üretilmiştir, ancak self-etch, etch&rinse ve selektif-etch şeklinde uygulanabilmeleri, bu adezivlere “multimod” özelliği katmaktadır. Diş yüzeyi, seramikler, ışıkla ve “dual-cure” sertleşen rezin kompozitler ve metal bileşikler gibi farklı yapılarla bağlanabilme özellikleri olan bu adezivler, bu özelliklerinden dolayı da “üniversal” olarak nitelendirilmektedir.

ÜNİVERSAL ADEZİV SİSTEMLERİN İÇERİĞİ

Genel olarak self-etch adeziv sistemler; fosforik asit ve/veya karboksilik asit esterlerinden oluşan fonksiyonel monomerler, çapraz bağlayıcı monomerler, mono fonksiyonel monomerler, doldurucular ve fotoinisiyatörler gibi yapılardan oluşan akıcı solüsyonlardır. Self-etch adeziv sistemlerin bağlanma mekanizması, mikromekanik kilitleme ve buna ek olarak fonksiyonel monomer içeren adeziv sistemlerde kimyasal bağlanma olmak üzere 2 aşamalıdır. Mikromekanik bağlanma, mekanik kuvvetlere karşı direnci artırırken; kimyasal bağlanma, hidrolitik degradasyonu azaltarak restorasyonun uzun dönemdeki dayanıklılığını artırmaktadır. Üni-versal adezivler, tek basamaklı self-etch adeziv sistemlere fonksiyonel asidik monomerlerin eklenmesiyle geliştirilmiştir. Bu fonksiyonel monomerler, hidroksiapatit ile kimyasal bağ kurmaktadır. Bunlardan bazıları; 2-fenil hidrojen fosfat (Phenyl-P), 10-metakriloloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP), metakriloloksidesil pridinyum bromid (MDPB), 4-metakriloloksietil trimellitit anhidrat (4-META), 4-metakriloloksietil trimellitik asit (4-MET), 11-metakriloloksi-1,1-andekandikarboksilik asit (MAC-10), 4-akriloloksietil trimellitit anhidrat (4-AETA), 2-metakriloloksietil dihidrojen fosfat (MEP), fosfat metakrilatları, akrilik eter fosforik asit ve diğer fosforik asit esterleridir.

10-MDP monomeri, universal adezivlerde ilk kullanılan fonksiyonel monomerdir. Bu monomer,

TABLO 1: Ünsersal adeziv sistemler.

Adeziv sistem	Üretici firma	İçerik	Fonksiyonel monomer	pH	Silan	Aktivatör*	Metale bağlanma
Peak Universal Adhesive System	Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, ABD	Primer: etil alkol, metakrilik asit, HEMA Adeziv: Etil alkol, HEMA	-	1,2-2	Yok	Yok	Var
Scotchbond Universal/ Single Bond Universal	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD.	Asit: %34 fosforik asit, su, sentetik amorf silika, polietilen glikol, alüminyum oksit. Adeziv: MDP, dimetakrilat rezinleri, HEMA, metakrilat modifiye poliaktenok asit kopolimeri, doldurucu, etanol, su, inisiyatorler, silan	10-MDP	2,7	Var	Var	Var
All-Bond Universal	Bisco Inc., Schaumburg, IL, ABD.	Asit: %32 fosforik asit, benzalkonyum klorür Adeziv: MDP, bisGMA, HEMA, etanol, su, inisiyatorler	10-MDP	3,2	Yok	Yok	Var
AdheSE Universal	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein.	Dimetakrilat rezinleri, HEMA, 10-MDP, etanol, su, MCAP***, doldurucular, inisiyatorler	10-MDP	2,5	Yok	Yok	Yok
Clearfil Universal Bond	Kuraray Co., Tokyo, Japonya	Dimetakrilat rezinleri, HEMA, 10-MDP, etanol, su, silan, doldurucular, inisiyatorler	10-MDP	2,3	Var	Var	Var
Clearfil Universal Bond Quick	Kuraray Co., Tokyo, Japonya	Dimetakrilat rezinleri, poly-HEMA, 10-MDP, amide, etanol, su, silan, doldurucular, inisiyatorler	10-MDP, Amide	2,3	Var	Var	Var
Futurabond U	VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya.	Dimetakrilat rezinleri, HEMA, modifiye 10-MDP, etanol, su, karboksilik asit ester, inisiyatorler	Modifiye 10-MDP	2,3	Var	Var	Var
G-Premio BOND	GC, Tokyo, Japonya	MDP, 4-MET, MEPS, metakrilat monomerleri, aseton, su, inisiyator, silika	MDP, 4-MET, MDTP	1,5	Yok	Yok	Var
OptiBond Universal	Kerr Co., Orange, CA, ABD.	Karboksilik asit modifiye dimetakrilat, fosforik asit modifiye akrilat rezin, UDMA, TEG-DMA, HEMA, PENTA** , bütil benzenol, etil-4-dimetil aminobenzoat, kamforokinon, amorf silika, t-bütanol	PENTA		Var	Yok	Var
XP Bond Universal Total-Etch Adhesive	Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD.	Mono-, di- ve trimetakrilat rezinleri, PENTA, organik fosfin oksit, setilamin hidrolorür, aseton, su, katalizör, fotoinisiyatorler, stabilize ediciler		2,5	Yok	Var	Yok
Prime&Bond Elect Xeno Select	Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD.		PENTA-P		Yok	Var	Yok
Tokuyama Universal Bond	Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japonya		3D-SR		Var	Yok	Var

**Dual-cure* adeziv siman ile kullanımda aktivator ihtiyacı.

** PENTA (pentaeritritol penta akrilat monofosfat).

*** MCAP (metakrilat karboksilik asit polimeri).

HEMA: Hidroksietil metakrilat, MDP: Metakriloksidesil dihidrojen fosfat, bisGMA: Bisfeno-A diglisidimetakrilat, UDMA: Ürean dimetakrilat, MET: metakriloksietil trimellitik asit, MEPS: Metakriloksietil itofosfat, TEG-DMA: Trietilen glikol dimetakrilat.

demineralizasyondan ve kimyasal bağlanmadan sorumludur. Uzun karbon zinciri, bu asidik monomere hidrofobik özellik ve hidrolitik degradasyona karşı direnç sağlar. MDP, mine ve dentindeki hidroksiapatit kristallerinin kalsiyumu ile güçlü iyonik bağ kurar ve stabil MDP-Ca tuzlarını oluşturur. Adesyon-dekalsifikasyon konseptine göre; bu tuzlar, adeziv ara yüzde birikir ve birleşik nanotabakayı oluşturur. Fosfat grupları kalsiyuma, metakrilat grupları da bu birleşime tutunur. Bu tabakanın, MDP içeren adeziv sistemlerin dentine bağlanmadaki uzun dönem performansının sebebi olduğu düşünülmektedir.³⁵ Bu monomerin, universal adezivlerde kullanılmasının sebeplerinden biri, bir ucunda metakrilat bazlı restoratif materyallere bağlanmayı sağlayan hidrofobik bir metakrilat grubu ve diğer ucunda da diş dokularına, metallere ve zirkonyaya bağlanmayı sağlayan hidrofilik fosfat grubu içeren bir amfifilik fonksiyonel monomer olmasıdır.³⁶⁻³⁸

Phenyl-P, kısa alkil zincir içerir ve kimyasal bağlanması sınırlıdır. 4-MET fonksiyonel monomeri, demineralizasyon ve infiltrasyondan sorumlu bir hidrofilik karboksilik grup ile monomere hidrofilik özellik katan bir aromatik gruptan oluşur. Hidroksiapatitteki kalsiyum ile iyonik bağ kurarak, Ca-4-MET tuzlarını meydana getirir. MDPB fonksiyonel monomeri ise yapısındaki pridinyum bromid grubu sayesinde antibakteriyel özellik göstermektedir. Pridinyum bromid, laktat dehidrojenaz aktivitesini inhibe eder ve bakteri hücre membranını parçalayarak direkt bakteriyolize sebep olur.³⁹⁻⁴¹

Diğer fonksiyonel monomerlerin, 10-MDP'den daha düşük bağlanma değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca bu monomerlerin kalsiyum tuzları, hidrolitik çözünmeye karşı da daha dayanıksız olduğundan, bağlanma dayanımları daha düşük olarak saptanmıştır.⁴²⁻⁴⁴

Deneyssel olarak bazı universal adezivlerin ester gruplarının yerine amid grubu eklenmiştir. Bu fonksiyonel monomerlerin amid grupları, dentin kollajenin karboksil grupları ile bağ kurar. Bu bağın hidrolitik direncinin, daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak amid grubu içeren adeziv sistemler, dentin kollajeni ile bağlandığı için sadece dentin yüzeyine özgü olmalıdır (Tablo 1).

ÜNİVERSAL ADEZİVLERİN PERFORMANSI

MİNE-DENTİN ADEZYONU

Üniversal adeziv sistemlerin, hangi teknikle uygulanması gerektiği hâlâ tartışmalıdır. İn vitro çalışmalarda, universal adeziv sistemlerin hem etch&rinse hem de self-etch yöntemleriyle uygulanabileceği saptanmış ve bağlanma kuvvetlerinin uygulama tekniklerine ve adezivlerin içeriklerine göre değiştiği gösterilmiştir.^{34,45-47} Fosforik asit uygulamasının minede, hem bağlanan yüzey alanını hem de yüzeyin ıslanabilirliğini artırdığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalar, asit uygulamasının universal adezivlerin mineye olan bağlanma kuvvetini artırdığını açıkça göstermiştir. Bununla birlikte, bu çalışmalarda, asit uygulamasının dentin yüzeyinde rezin infiltrasyonunu ve hibrid tabakasının kalınlığını artırdığı görüldükçe, bağlanma kuvvetlerinde anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. Bunun nedeni olarak kollajen ağın, rezin ile tamamen örtülememesi gösterilmiştir.⁴⁸

Scotchbond Universal adezivin (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD), etch&rinse, selektif-etch ve self-etch teknikleri ile uygulanarak, çürüksüz servikal lezyonlardaki klinik performansının değerlendirildiği bir klinik çalışmada, 18. ayda retansiyon oranının adezivin uygulanma tekniğine göre anlamlı bir fark göstermemesine rağmen kaybedilen 5 restorasyonun 3'ünün self-etch tekniğiyle, diğer 2'sinin ise selektif-etch ve etch&rinse teknikleri ile uygulandığı görülmüştür.⁴⁹ Scotchbond Universal adezivin, etch&rinse, selektif-etch ve self-etch teknikleri ile uygulanarak çürüksüz servikal lezyonlardaki klinik performansının incelendiği bir başka klinik çalışmada, etch&rinse ve self-etch teknikleri 2. yılın sonunda benzer performans göstermiştir. Ancak 3. yılda istatistiksel bir fark bulunamazken, self-etch tekniği ile uygulandığında degradasyon belirtileri görülmüştür.⁵⁰

Scotchbond Universal adezivin seramik onley restorasyonların simantasyonunda, minenin asitlendiği ve asitlenmediği durumlardaki klinik performansının incelendiği çalışmada; 18. ayda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Buna karşın, self-etch teknikleri uygulanan grupta kenar renklenmesi kriterinde artış gözlenmiştir. Ancak bu artış, klinik başarısızlık olarak nitelendirilmemiş,

renklenmelerin genellikle yeniden cilalama işlemleri ile ortadan kaldırılabildiği bildirilmiştir.⁵¹

Üretici firmaların universal adezivlerin mineye bağlanma kuvvetlerini artırmaya yönelik çalışmalarına rağmen yapılan bir meta-analiz çalışmasına göre, G-bond Plus (GC, Tokyo, Japonya) ve Scotchbond Universal adezivlerin farklı uygulama tekniklerinin ve mine bağlanma kuvvetine etkisinin incelenmiş olduğu çalışmaların sonuçlarına göre, bu adezivlerin uygulanmasından önce asit uygulanmasının önerildiği gösterilmiştir.⁵²⁻⁵⁶

Farklı uygulama yöntemlerinin dışında, adeziv sistemlerin içerikleri materyalin performansında önemli rol oynar. Bu bağlamda, self-etch ve universal adezivlerin fosforik aside göre daha az asidik olması sebebiyle minenin tam-mineral fazının demineralize olma olasılığı azalır ve böylelikle daha retantif mikroporözite oluşur.⁵⁷

Adeziv sistemlerin klinik ortamda çiğneme kuvvetlerinden, ağız sıvılarından, pH değişiminden ve sıcaklık sirkülasyonlarından etkilenebileceği ve daha hızlı degradasyona uğrayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bağlanma kuvveti testlerinin klinik performansı öngörmedeki geçerliliği sorgulanabilirken, bazı klinik çalışmalar in vitro çalışmaların sonuçlarını desteklemiştir.

Universal adezivlerin bağlanma dayanımı analizinde, uzun süreli saklama ve termal yorgunluk açısından veriler yetersizdir. Etch&rinse adeziv sistemlerin oluşturduğu hibrid tabakasının, 6 ay ile 3 yıl arasında degradasyona başladığı in vitro ve in vivo olarak gösterilmiştir.^{58,59} Bu, kollajen fibrillerdeki çapraz bağların kaybı ve su emiliminin artışı ile açıklanmaktadır.⁵⁷ Bu sebeple universal adezivlerin, su emiliminin performans üzerine etkisini inceleyen uzun dönem in vitro çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca çürük dentin, sklerotik dentin gibi farklı diş dokularına bağlanmanın incelendiği in vivo çalışmalar ile uzun dönem performansların incelendiği klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.⁵²

Phenyl-P'nin, MDP'den farklı olarak kısa alkil zincir ve asidik kısmında fenil grubu içermesi sebebiyle kimyasal bağlanma kapasitesi sınırlıdır.⁶⁰ Altı aylık suda yaşlandırma sonrasında MDP içeren üni-

versal adezivlerin, içermeyenlere göre dentine bağlanmada daha yüksek ve stabil bağlanma kuvvetleri ile daha az nanosızıntı gösterdikleri gözlenmiştir.⁶¹

MDP içeren universal adezivlerin, dentine bağlanmalarının değerlendirildiği in vitro çalışmalarda, yaşlandırma sonrasında bağlanma kuvvetlerinin stabil olduğu gözlemlenmiştir. MDP-Ca tuzlarının, adeziv ara yüzünde asit uygulamasına bağlı olmaksızın stabil bir nanotabaka oluşturması, bağlanma kuvvetini artırmaktadır. Ayrıca Scotchbond Universal, Vitrebond (3M ESPE) rezin modifiye cam iyonomerde bulunan özel bir polialkenoik asit kopolimeri (Vitrebond copolymer) içermektedir. Vitrebond kopolimeri, hidroksiapatite kimyasal olarak bağlanmaktadır ve yapılan bir çalışmada, bu kopolimeri içeren bir adeziv, içermeyene göre daha yüksek bağlanma kuvveti sağladığı gösterilmiştir.⁶²

ÜNİVERSAL ADEZİV-REZİN KOMPOZİT BAĞLANMASI

Rezin kompozitlerin tamirinde, ara yüze bir adeziv tabakanın uygulanması önerilmektedir. Yapılan çalışmalara göre ara yüzde adeziv tabakanın uygulanması, kompozit yüzeyinin mekanik olarak aşındırılmasından bağımsız olarak, yüzeyin ıslanabilirliğini ve kimyasal bağlanmayı artırmaktadır. Bu ara tabaka, rezin matrikse ve eğer silan içeriyorsa açığa çıkmış doldurucu partiküllere kimyasal bağlanma ve kompozit rezin üzerindeki mikroporözitelere monomer penetrasyonu ile mikromekanik retansiyon sağlamaktadır. Ancak silan içeren ve içermeyen 2 universal adeziv, kompozit rezinlere bağlanma kuvvetinin yaşlandırma sonrasında başlangıca göre anlamlı bir fark göstermediği bildirilmiştir.⁶³

ÜNİVERSAL ADEZİV-SERAMİK BAĞLANMASI

Scotchbond Universal ve G-Premio Bond adeziv sistemlerinin lityum disilikat içeren cam seramik (IPS e.max CAD) ve lösit ile güçlendirilmiş cam seramik (IPS empress CAD) bilgisayar destekli tasarım bloklarına uygulandığı bir çalışmada, bağlanma kuvvetlerinin 10.000 termal siklus ile yaşlandırma sonrasında anlamlı olarak azaldığı görülmüştür.⁶³ Silika bazlı cam seramiklerin adeziv simantasyonunda, silan uygulanması önerilmektedir.⁶⁴ Silan, seramik yüzeyi ile bağlanma sağlayan bir silanol grubu ve

daha sonra üzerine uygulanacak olan adeziv ile beraber polimerize olan bir metakrilat grubu içerir. Ancak zamanla adeziv ara yüzü tarafından absorbe edilen su miktarının hızla artması, hidrolize ve silanın degradasyonuna sebep olmaktadır. Bu nedenle çalışmalarda, nemli ortamın, suda saklamanın ve termal siklusun silan-seramik bağlanmasına zarar verdiği gösterilmiştir. Silan içeren universal adezivlerin, cam seramikler ile olan bağlanmasının yaşlandırma sonrasında azalmasının nedeni olarak da silan-seramik bağlanmasının termal siklustan zarar görmesi olarak gösterilmektedir. Silan içeren universal adezivlere bile uzun dönem bağlanma için ilave silan uygulaması önerilmektedir.⁶⁵

MDP ve silan içeren universal adezivler, seramik restorasyonların simantasyonunda daha basit bir yaklaşım sağlarlar. Ancak yapılan bir çalışmaya göre, silan içermeyen ve ek bir silan uygulama basamağı gerektiren bir universal adezivin bağlanma kuvvetinin, başlangıçta ve yaşlandırma sonrasında silan içeren bir universal adezive göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sebeple universal adeziv uygulaması sırasında silanın ek olarak uygulanması, seramik-rezin bağlanmasının daha etkin olması amacıyla önerilmektedir.

ÜNİVERSAL ADEZİV-ZİRKONYA BAĞLANMASI

Universal adezivlerin, zirkonyaya bağlanma kuvvetinin, uygulama sırasında ve yaşlandırma sonrasında cam seramiklere göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca MDP monomeri, zirkonya-rezin bağlanmasını güçlendirmektedir. MDP'nin fosfat kısmındaki hidroksil grupların, zirkonya yüzeyindeki hidroksil grupları ile Van der Waals kuvvetleri ile veya hidrojen bağları ile etkileşime girdiği sanılmaktadır. Silan içeren universal adezivlerin zirkonyaya bağlanmasının, başlangıçta içermeyenlere göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ancak zirkonyanın silanı sızdırması sebebiyle silan, zirkonyaya kimyasal bağlanmaya katkıda bulunmamaktadır. Silanın, zirkonya yüzeyinin ıslanabilirliğini artırdığı ve başlangıçtaki bağlanma kuvvetinin yüksek olmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, yaşlandırma sonrasında silan içeren universal adezivlerin bağlanmasının, içermeyenlere göre daha az olduğu görülmüştür. Silanın,

adezivin hidrofilik özelliğini artırması ile hidrolitik degradasyona sebep olabileceği tahmin edilmektedir. Bu hipotezin, ileri çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir.

ÜNİVERSAL ADEZİV-METAL BAĞLANMASI

Altın, paladyum, gümüş gibi kıymetli metallere bağlanmayı artırmak amacıyla sülfür içeren MDTP (metakriololoksidesil dihidrojen tiyofosfat) monomeri, G-Premio Bond içeriğine eklenmiştir. G-Premio Bond'un kıymetli metallere bağlanmasının, başlangıçta ve yaşlandırma sonrasında bu monomeri içermeyenlere göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Kıymetli olmayan metallere bağlanma ise MDP'nin metal yüzeyinde oluşan oksit tabakasına kimyasal bağlanması ile sağlanmaktadır. Bu nedenle, sülfür içeren monomer ve MDP monomerini birlikte bulunduran universal adezivlerin, dental metallere bağlanmasının etkili olduğu düşünülmektedir.^{63,66}

SONUÇ

“Universal” veya “multimod” olarak adlandırılan adeziv sistemler, son dönemde klinik kullanım kolaylığı sağlayan tek aşamalı self-etch adeziv sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmayı amaçlamakta, hem minede (selektif asitleme yapılarak) etch&rinse hem de dentinde self-etch adeziv sistem olarak kullanılmaktadır. Universal adezivlerde, geleneksel tek aşamalı self-etch adezivlerdeki içeriğe ek olarak 10-MDP, silan, poliakrilik asit gibi monomerler eklenmiştir. Mine ve dentindeki mekanik ve kimyasal bağlanmanın yanında universal adezivlerin en önemli avantajı, restoratif işlem çeşitliliği ve adezyon stratejisi sağlanmasıdır. Ancak avantaj olarak sunulan bütün özelliklerinin performansları hakkında daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

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: Esra Can, Ayşe Tuğçe Tunaç; **Tasarım:** Ayşe Tuğçe Tunaç; **Denetleme/Danışmanlık:** Esra Can; **Kaynak Tarafı:** Ayşe Tuğçe Tunaç; **Makalenin Yazımı:** Ayşe Tuğçe Tunaç; **Eleştirel İnceleme:** Esra Can.

KAYNAKLAR

- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-73. [Crossref] [PubMed]
- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35. [PubMed]
- Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent.* 1998;26(1):1-20. [Crossref] [PubMed]
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32. [Crossref] [PubMed]
- Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1992;71(8):1530-40. [Crossref] [PubMed]
- Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int.* 1999;30(7):501-7. [PubMed]
- Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater.* 1996;12(4):236-44. [Crossref] [PubMed]
- Reis A, Loguerio AD, Azevedo CLN, de Carvalho RM, da Julio Singer M, Grande RHM. Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. *J Adhes Dent.* 2003;5(3):183-92. [PubMed]
- Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent.* 1994;19(2):59-64. [PubMed]
- Burrow MF, Satoh M, Tagami J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater.* 1996;12(5):302-7. [Crossref] [PubMed]
- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79(6):1385-91. [Crossref] [PubMed]
- Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Analysis of the dentin-resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2002;18(8):576-80. [Crossref] [PubMed]
- Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent.* 2003;28(5):647-60. [PubMed]
- Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials.* 2005;26(9):1035-42. [Crossref] [PubMed]
- Wang Y, Spencer P. Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res.* 2005;84(4):350-4. [Crossref] [PubMed]
- Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J Dent.* 1998;26(2):147-56. [Crossref] [PubMed]
- Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-37. [Crossref] [PubMed]
- Perdigão J, Geraldini S, Hodges JS. Total-etch versus self-etch adhesive: effect on post-operative sensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(12):1621-9. [Crossref] [PubMed]
- Unemori M, Matsuya Y, Akashi A, Goto Y, Akamine A. Self-etching adhesives and post-operative sensitivity. *Am J Dent.* 2004;17(3):191-5. [PubMed]
- Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.* 1999;27(7):523-30. [Crossref] [PubMed]
- Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17(5):430-44. [Crossref] [PubMed]
- Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RHM, Hilgert LA, Barati LN, et al. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent.* 2007;9(6):537-45. [PubMed]
- Frankenberger R, Lohbauer U, Roggendorf MJ, Naumann M, Taschner M. Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch? *J Adhes Dent.* 2008;10(5):339-44. [PubMed]
- Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater.* 2006;22(6):533-44. [Crossref] [PubMed]
- Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent.* 2012;40(6):475-84. [Crossref] [PubMed]
- Erhardt MCG, Osorio E, Aguilera FS, Proença JP, Osorio R, Toledano M. Influence of dentin acid-etching and NaOCl-treatment on bond strengths of self-etch adhesives. *Am J Dent.* 2008;21(1):44-8. [PubMed]
- Proença JP, Polido M, Osorio E, Erhardt MCG, Aguilera FS, García-Godoy F, et al. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater.* 2007;23(12):1542-8. [Crossref] [PubMed]
- Taschner M, Nato F, Mazzoni A, Frankenberger R, Falconi M, Petschelt A, et al. Influence of preliminary etching on the stability of bonds created by one-step self-etch bonding systems. *Eur J Oral Sci.* 2012;120(3):239-48. [Crossref] [PubMed]
- Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17-28. [Crossref] [PubMed]
- Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater.* 2009;25(10):1187-94. [Crossref] [PubMed]
- de Goes MF, Shinohara MS, Freitas MS. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. *J Adhes Dent.* 2014;16(3):243-50. [PubMed]
- Pires CW, Lenzi TL, Soares FZM, Rocha RO. Bonding of universal adhesive system to enamel surrounding real-life carious cavities. *Braz. Oral Res.* 2019;33:e038. [Crossref] [PubMed]

33. Mu-oz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, et al. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent*. 2014;42(5):595-602. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014;42(7):800-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91(4):376-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. Suh BI. Principles of Adhesive Dentistry: a Theoretical and Clinical Guide for Dentists. 1st ed. Newtown, PA: AEGIS Communications; 2013. p.208.
37. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003;82(2):136-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
38. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, et al. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res*. 2004;83(11):843-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Ebisu S, Tay FR. Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dent Mater*. 2003;19(4):313-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
40. Pinto CF, Paes Leme AF, Ambrosano GMB, Giannini M. Effect of a fluoride- and bromide-containing adhesive system on enamel around composite restorations under high cariogenic challenge in situ. *J Adhes Dent*. 2009;11(4):293-7. [[PubMed](#)]
41. Brambilla E, Ionescu A, Fadini L, Mazzoni A, Imazato S, Pashley D, et al. Influence of MDPB-containing primer on *Streptococcus mutans* biofilm formation in simulated Class I restorations. *J Adhes Dent*. 2013;15(5):431-8. [[PubMed](#)]
42. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*. 2005;21(9):864-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
43. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*. 2001;17(4):296-308. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
44. Van Landuyt KL, Mine A, De Munck J, Coutinho E, Peumans M, Jaecques S, et al. Technique sensitivity of water-free one-step adhesives. *Dent Mater*. 2008;24(9):1258-67. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
45. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(1):15-26. [[PubMed](#)]
46. Lawson NC, Robles A, Fu CC, Lin CP, Sawlani K, Burgess JO. Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-carious cervical lesions. *J Dent*. 2015;43(10):1229-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
47. Mu-oz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*. 2013;41(5):404-11. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
48. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater*. 2000;16(6):406-11. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
49. Perdigão J, Kose C, Mena-Serrano AP, De Paula EA, Tay LY, Reis A, et al. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent*. 2014;39(2):113-27. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
50. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V, Luque-Martinez I, Reis A, Perdigão J. A new universal simplified adhesive: 36-month randomized double-blind clinical trial. *J Dent*. 2015;43(9):1083-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
51. Vogl V, Hiller KA, Buchalla W, Federlin M, Schmalz G. Controlled, prospective, randomized, clinical split-mouth evaluation of partial ceramic crowns luted with a new, universal adhesive system/resin cement: results after 18 months. *Clin Oral Investig*. 2016;20(9):2481-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
52. de Oliveira da Rosa WL, Piva E, da Silva AF. Bond strength of universal adhesives: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(7):765-76. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
53. Perdigão J, Mu-oz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, et al. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent*. 2014;39(5):489-99. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
54. Suzuki T, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Endo H, Erickson RL, et al. Influence of Etching Mode on Enamel Bond Durability of Universal Adhesive Systems. *Oper Dent*. 2016;41(5):520-30. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
55. Diniz AC, Bandeca MC, Pinheiro LM, Almeida Jr LJDS, Torres CR, Borges AH, et al. Influence of Different Etching Modes on Bond Strength to Enamel using Universal Adhesive Systems. *J Contemp Dent Prac*. 2016;17(10):820-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
56. Goracci C, Rengo C, Eusepi L, Juloski J, Vichi A, Ferrari M. Influence of selective enamel etching on the bonding effectiveness of a new "all-in-one" adhesive. *Am J Dent*. 2013;26(2):99-104. [[PubMed](#)]
57. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):1-16. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
58. Armstrong SR, Vargas MA, Chung I, Pashley DH, Campbell JA, Laffoon JE, et al. Resin-dentin interfacial ultrastructure and microtensile dentin bond strength after five-year water storage. *Oper Dent*. 2004;29(6):705-12. [[PubMed](#)]
59. Carrilho MRO, Geraldini S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjäderhane L, et al. In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res*. 2007;86(6):529-33. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
60. Giannini M, Makishi P, Ayres APA, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, et al. Self-etch adhesive systems: a literature review. *Braz Dent J*. 2015;26(1):3-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
61. Mu-oz MA, Luque-Martinez I, Malaquias P, Hass V, Reis A, Campanha NH, et al. In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent*. 2015;40(3):282-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
62. Mitra SB, Lee CY, Bui HT, Tantbirojn D, Rusin RP. Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater*. 2009;25(4):459-66. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
63. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Wilwending TM, Latta MA, Miyazaki M. Interfacial characteristics and bond durability of universal adhesive to various substrates. *Oper Dent*. 2017;42(2):E59-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
64. Hooshmand T, van Noort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater*. 2002;18(2):179-88. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
65. Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda A, Maruo Y, Makita Y, Okihara T, et al. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives. *Dent Mater*. 2016;32(10):1218-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
66. Kadoma Y. Chemical structures of adhesion promoting monomers for precious metals and their bond strengths to dental metals. *Dent Mater J*. 2003;22(3):343-58. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]