

PAPER DETAILS

TITLE: ADEZIV SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

AUTHORS: Begüm BERKMEN,Kivanç YAMANEL,Neslihan ARHUN

PAGES: 115-126

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1592453>

ADEZİV SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Classification of Adhesive Systems

Dt. Begüm Berkmen*

Prof. Dr. Kıvanç Yamanel*

Prof. Dr. Neslihan Arhun*

ÖZET

Minimal invaziv diş hekimliği geliştikçe adeziv sistemlerin önemi artmaktadır. Buonocore asitle pürüzlendirme tekniğini bulduğundan beri adeziv sistemler etch and rinse sistemlerden self-etch sistemlere doğru gelişmektedir. Klinikte etkin bir şekilde kullanılabilen üç aşamalı(4.jenerasyon) etch and rinse sistemler üretilmiştir. Üç aşamalı etch and rinse sistemler diş dokusunun asitle pürüzlendirilmesini, bunun ardından hidrofilik rezin ve solvent içeren primer uygulamasını içerir. Daha sonra iki aşamalı(5.jenerasyon) olarak uygulanan adeziv sistemler piyasaya sürülmüştür. Bu sistemde primer ve adeziv rezin birlikte uygulanmaktadır. Daha sonra asitin primerle tek uygulamada kombine edildiği iki aşamalı self etch adeziv sistemler(6.jenerasyon) üretilmiştir. Son olarak primer ve adeziv rezinin tek seferde uygulandığı tek aşamalı self etch adeziv sistemler(7.jenerasyon, universal adezivler) piyasaya sürülmüştür.

Bu derleme, adeziv sistemlerin tarihsel sınıflandırılmasını, uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılmasını, adeziv ile mine ve dentin arasındaki ilişkiye göre sınıflandırılmasını, uygulama aşama sayısına göre sınıflandırılmasını, içeriklerine göre sınıflandırılmasını ve güncel adeziv sistemlerle ilgili gelişmeleri içermektedir.

Anahtar kelimeler: adeziv, mine, dentin

ABSTRACT

The importance of adhesive systems increases as minimally invasive dentistry develops. Since Buonocore found acid roughening technique, adhesive systems are developing from the etch and rinse systems to self-etch systems. It is produced in three stages (4th generation) of etch and rinse adhesive systems, which are effectively designed in the clinic.

The three-step etch and rinse systems include acid roughening of the tooth tissue followed by the application of primer containing hydrophilic resin and solvent. Then, two-stage(5th generation) applied adhesive systems have been introduced to the market. In this system, primer and adhesive resins are applied together. Two-stage self etch adhesive systems (6.generation) were then produced in which the acid was combined with the primer in a single application. Finally, the single-step self-etch adhesives, where the primer and adhesive resins are applied at one time, continues to market(7.generation, universal adhesives).

* Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi A.D., Ankara

This review includes the classification of adhesive systems according to their historical classification, application methods, classification according to the relationship between adhesive and enamel and dentin, classification according to the number of application stages, classification according to their content and developments related to the current adhesive systems.

Key words: adhesion, enamel, dentin

ADEZYON

Bir adeziv yardımıyla iki farklı yüzey arasında meydana gelen kimyasal veya fiziksel kuvvet sonucu tutunmaya adezyon denir.¹ Adeziv bir malzeme genellikle visköz sıvı bir materyaldir ve iki yapıyı birbirine birleştirdikten sonra katılaşarak bir yüzeyden diğere yük aktarabilir hale gelir.²

ADEZİV SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Diş hekimliği alanında günümüze kadar birçok adeziv sistem geliştirilmiştir ve aşağıdaki gibi farklı özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır:

1. Tarihsel gelişimlerine göre
2. Uygulama yöntemlerine göre
3. Adeziv ile mine ve dentin arasındaki ilişkiye göre
4. Uygulama aşama sayısına göre

1. Tarihsel gelişimlerine göre

Adeziv rezinler üretim tarihlerine göre kronolojik olarak yedi ayrı jenerasyon şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu jenerasyonlar:

1.Jenerasyon: Yüzey aktif komonomeri N-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl) N-phenylglycine(NPG-GMA)'nın gelişimi, birinci jenerasyon dentin adeziv sistemi olarak kabul edilen Cervident'in (S.S. White, Lakewood, NJ) ana maddesini oluşturmuştur.³ Teorik olarak bu komonomer diş yüzeyindeki kalsiyum ile şelasyon yaparak rezin ve dentinin kalsiyumu arasında suya dayanıklı kimyasal bağlar oluşturabilir.^{4,5} Ancak bu materyalin in vitro olarak

dentine bağlanma kuvveti yalnızca 2-3MPa olarak saptanmıştır.²

2.Jenerasyon : 1978'de Japonya'da Clearfil Bond System Fc(Kuraray, Osaka, Japonya) piyasaya sürülmüştür.² Genel olarak ikinci jenerasyon dentin adeziv sistemlerin ilk ürünü olarak kabul edilen bu sistem, fosfat ester (fenil-P ve hidroksietil metakrilat (HEMA)) içermektedir. Etki mekanizması, rezindeki negatif yüklü fosfat grupları ile smear tabakasındaki pozitif yüklü kalsiyum iyonları arasındaki polar etkileşime dayanmaktadır.² Ancak, smear tabakası, dentin yüzeyine oldukça gevşek bağlandığından, bu sistemdeki en zayıf halkayı oluşturmuştur.

İkinci jenerasyon dentin adeziv sistemler hidrofilik grup içermediklerinden nemli yüzeylerle temaslarında büyük yük kontakt açıları oluşturmaktadır.⁶ Dentini yeterince ıslatamamaları, smear tabakasının tamamına penetre olamamalarına neden olmaktadır. Bu da iyonik bağ veya dentin kanalları içine rezin uzantıları oluşturmak için dentinin yüzeyel tabakasına ulaşmalarını engellemektedir.² Oluşan bağlanma yalnızca kalsiyum iyonları ile meydana gelen etkileşim sayesinde gerçekleşmektedir.²

3.Jenerasyon: Fosfat ester bazlı bir adeziv ajanın uygulanmasından önce, dentinin fosforik asit ile pürüzlendirilmesi kavramı ilk olarak 1980 yılında Fusayama ve ark.² tarafından ortaya atılmıştır. Kuraray firması (Osaka, Japonya), dentinin asitle pürüzlendirilmesi felsefesini devam ettirerek 1984 yılında Clearfil New Bond'u piyasaya sürmüştür. Fosfat bazlı bu materyal,

içinde HEMA ve 10-methacryolyloxydecyl dihydrogen phosphate(MDP) olarak bilinen ve uzun bir hidrofobik ve kısa bir hidrofilik yapıdan oluşan 10 karbonlu molekül içermektedir.⁷

Diğer üçüncü jenerasyon materyallerin çoğu, smear tabakasını tamamen ortadan kaldırmak yerine, bu tabakayı modifiye etmek ve fenil-P veya dipenta eritrol pentaakrilat monofosfat(PENTA) gibi asidik monomerlerin penetrasyonunu sağlamak üzere tasarlanmıştır.

Scotchbond 2, Amerikan Diş Hekimleri Birliği'nden "tam" kabul alan ilk dentin adeziv sistemidir.²

4.Jenerasyon: Asitle pürüzlendirilmiş dentinde uygulanmak üzere dördüncü jenerasyon adezivler piyasaya sürülmüştür. Mineye 20-50 MPa ve dentine 13-80 MPa bağlanma dayanıklılık değerlerine sahiptirler.²

All-Bond2 (Bisco, Inc, Schaumburg, III, Almanya), Optibond FL (Kerr Corporation, Orange, California, ABD) ve Scotchbond Multi-Purpose (3M ESPE, St.Paul, Minn, ABD) gibi dördüncü jenerasyon adeziv sistemler üç temel bileşeni de içerir ve tam olarak üç basamaklı etch&rinse sistemler olarak tanımlanır. Bu üç temel bileşen (1) yıkanarak uzaklaştırılan fosforik asit jeli; (2) etanol, aseton veya suda reaktif hidrofilik monomer içeren bir primer ve (3) dolduruculu veya doldurucusuz adeziv rezindir. Adeziv rezin sıklıkla HEMA(Hidroksietil metakrilat) gibi hidrofilik bir molekül ile kombine bir biçimde Bis-GMA gibi hidrofobik monomer içerir.

5.Jenerasyon: Bunlara "tek şişe" sistemler de denir, çünkü primer ve adeziv rezin tek bir solüsyonda birleştirilmiştir. Ancak ayrı bir asitle pürüzlendirme basamağına ihtiyaç vardır. Mine dokusuna olan bağlanma dayanıklılık değerleri(35-45 MPa) üç aşamalı adeziv sistemlerle aynı olmasına rağmen dentin dokusuna olan bağlanma dayanıklılık değerleri(30-35

MPa) mineden daha düşük bulunmuştur. Bu jenerasyon adeziv sistemlere ait bazı örnekler Admira Bond(Voco), SolobondM(Voco), Excite(Ivoclar Vivadent), Scotchbond One(3M ESPE), Single Bond(3M ESPE)'dur.²

6.Jenerasyon: Bu adezivlere, yıkama ve kurulama işlemlerinin de yapılmadığı tüm basamakları bir araya getiren "no-bottle" veya "all-in-one" sistemler de denilmektedir. Dentine bağlanma kuvvetleri ortalama 20-30 MPa olarak bildirilmektedir. Bağlanma kuvveti 4. ve 5. nesilden düşüktür.⁸ Bu adeziv sistemlere ait örnekler Clearfil SE Bond(GC), Clearfil Protect Bond(GC), AdheSE(Ivoclar Vivadent), Adper SE Plus(3M ESPE)'tir.²

7.Jenerasyon: 2000'li yılların sonlarında geliştirilen yedinci nesil adezivler yine smear tabakasını çözmeyi hedefleyerek ve teknik hassasiyeti azaltmayı amaçlayarak geliştirilmiştir. Asidik monomer, primer ve bonding ajan tek şişede birleştirilerek "All in One" sistemler olarak piyasaya sürülmüştür.^{9,10} Son yıllarda "All in One" sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla sunulan "Universal" veya "Multimode" olarak adlandırılan ürünler de yedinci nesil adezivler olarak sınıflandırılmaktadır. Bağlanma dayanımlarının altıncı nesil adezivlere benzer olduğu iddia edilmektedir.²

2. Uygulama Yöntemlerine Göre
 - a. Smear tabakasının üzerine uygulanan adeziv sistemler
 - b. Smear tabakasını modifiye eden adeziv sistemler
 - c. Smear tabakasını ortadan kaldıran adeziv sistemler
 - d. Smear tabakasını çözen adeziv sistemler¹¹
3. Adeziv ile mine ve dentin arasındaki ilişkiye göre
 - a. Etch&rinse adezivler
 - Üç Aşamalı (4. Jenerasyon)
 - İki Aşamalı (5. Jenerasyon)

- b. Self-etch adezivler
 - İki Aşamalı (6. Jenerasyon)
 - Tek Aşamalı (7. Jenerasyon)
- c. Cam iyonomer adezivler¹²
- 4. Uygulama aşama sayısına göre
 - a. Tek aşamalı adezivler
 - b. İki aşamalı adezivler
 - c. Üç aşamalı adezivler¹²

ETCH&RINSE SİSTEMLER

Etch and rinse sistemler: üç aşamalı ve iki aşamalı olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Üç aşamalı etch and rinse sistemler diş dokusunun %30-40 konsantrasyonda fosforik asitle pürüzlendirilmesini, bunun ardından hidrofilik rezin ve solvent içeren primer uygulamasını içerir. Primerin solventi buharlaşır ve adeziv rezin uygulanıp fotopolimerize edilir. İki aşamalı etch and rinse sistemler üç aşamalı sistemdeki gibi fosforik asit ve yıkama uygulamasını içerir. İki aşamalı sistemde primer ve adeziv rezin birlikte uygulanır ve rezin kompozit uygulanmadan önce ışıkla polimerize edilir.¹³

Etch& Rinse sistemler mineye en etkin ve dayanıklı bağlanmayı sağlayan yöntemdir. Hidroksiapatit kristallerinin asit uygulaması (genelde %30-40 fosforik asit) ile çözülmesini takiben yaratılan alanlardaki kapiller çekim sonucu rezin yüzeye absorbe olup polimerize edilir. Asit uygulanmış yüzeyde iki tip rezin uzantısı gözlenir: mine prizmalarının etrafını saran makrotaglar ve mine prizmalarının içerisine nüfuz etmiş mikrotaglar. Mineye retansiyon sağlamada ikincisinin daha önemli olduğu düşünülmektedir.¹⁴

Bağlanmanın uzun ömürlülüğü açısından, özellikle de kavite marjinleri dentinde olduğu durumlarda, üç aşamalı etanol-su bazlı total etch adezivler hala “altın standart” olarak kabul edilmektedir.¹⁵

SELF ETCH SİSTEMLER

Self-etch primer sisteminde asit primerle tek uygulamada kombine edilmiştir. Solventin buharlaşması için beklenildikten sonra adeziv rezin uygulanıp ışıkla polimerize edilir.¹³ Self-etch adezivlerde dentin yüzeyinden mineraller uzaklaşırken rezin monomerler es zamanlı olarak infiltre olur.¹⁶

İKİ AŞAMALI SELF-ETCH SİSTEM

Birinci aşamayı asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik primer solüsyonu, ikinci aşamayı ise hidrofobik bonding ajan uygulaması oluşturmaktadır. Asidik primer uygulanmış yüzeye bonding ajan uygulandıktan sonra her iki tabaka birlikte ışıkla polimerize edilir.¹⁷

ALL IN ONE veya TEK AŞAMALI SELF-ETCH SİSTEM

Bu sistem asit, primer ve adeziv rezinin tek seferde uygulanmasıdır.¹³ Tek şişe self-etch primerlerde suyla asidik monomerin bir arada olması MDP monomeri gibi, fosfat gruplarının hidrolizi sonucu poliol, metakrilik asit ve fosforik asit oluşumuna neden olur. Benzer olarak tek aşamalı self-etch adezivlerde 4 metakriloksietil trimellitat anhidrid(4-META) asidik monomerlerin, hidrolitik yıkımı polietilen glikol, metakrilik asit ve trimellitik asit oluşturur. Bu polimerize olamayan asitler hibrit tabaka oluşumundan sonra alttaki dentini çözmeye devam edebilirler. Polimerize olmamış, agresif asidik monomerler dentini çözmeye devam ederek bağlanmayı olumsuz etkileyebilir.¹⁸

Şimdiye kadar incelenen sistemlerin adeziv özellikleri karşılaştırıldığında iki aşamalı self-etch adezivler altın standart olarak kabul edilen etanol bazlı üç aşamalı total-etch adezivlerin dayaklılığına en çok yaklaşan sistemler

olmanın yanında, manipülasyon kolaylığı ve azalmış teknik hassasiyetleri nedeniyle dikkat çekicidir.¹⁹

UNIVERSAL ADEZİVLER

İki aşamalı etch&rinse veya tek aşamalı self-etch olarak kullanılmak üzere yeni bir adeziv türü, universal, çok amaçlı veya multi-mode sistem olarak geliştirilmiştir.^{6, 13, 20}

Tüm dental adezivlerin içerikleri benzerdir. Örneğin, hidrofobik ve hidrofilik metakrilat monomerleri, uçucu çözücüler, foto-başlatıcı ve ko-başlatıcı sistemler içerirler.

Son zamanlarda üretilen universal (multi-mode) dental adezivler kopoli-mer (poliakrilik asit gibi), doldurucu ve silan molekülleri içerirler.²¹

Rezin adezivlerin içerisindeki çözücüler, ko-monomer karışımı ve başlatıcıların dişe transportunu sağlayan bir araç olarak görev alır.^{22, 23} Daha sonra bu çözücüler, visküz monomerlerin dilue edilmesine ve demineralize dentin içerisine infiltre olmasına yardım eder.^{24, 25}

Dental adezivlerde ortak olarak kullanılan çözücüler etanol, aseton ve sudur.²⁰ Bazı dental adezivlerde (özellikle self-etch adezivlerde) birçok solvent bir arada kullanılır (örneğin su ve etanol). Tert-butanol son zamanlarda kullanılmaya başlanan diğer çözücülerdendir.^{26, 27}

Rezin adezivlerin içerisindeki çözücüler ko-monomer ve başlatıcıların dişe transportunu sağlayan bir araç olarak görev alır.^{22, 23} Daha sonra bu çözücüler, visküz monomerlerin dilue edilmesine ve demineralize dentin içerisine infiltre olmasına yardım eder.^{24, 25}

Hidrojen bağlama kapasitesi, dental adezivlerdeki solventlerin önemli özelliğidir. Yüksek yalıtkanlık sabitine sahip olan çözücülerin hidrojen bağlama kapasiteleri yüksektir.²⁸ Hidrojen

bağlama kapasitesi dental adezivlerin kuru ya da nemli demineralize dentin substratına uygulanabilmesini etkiler. Çözücülerin bu özelliği, yüksek buhar basıncına sahip olan çözücülerin düşük hidrojen bağlama kapasitesine sahip olduğu gibi, buhar basıncı ile ters orantılıdır.²⁹

ÇÖZÜCÜLER

1. Aseton

Aseton suyun dentinden uzaklaştırılmasında kullanılan etkili bir çözücüdür. Bu nedenle, su takipçisi olarak kabul edilir.^{30, 31} Adeziv solüsyonlarda asetonun üç rolü vardır. Aseton solüsyonun viskozitesini azaltarak bağlayıcı ajanın penetrasyonunu artırabilir. Ayrıca suyun yüzey gerilimini azaltır ve asetonun su kovucu özelliği vardır. Aseton suyun buhar basıncını arttırarak kollajen yüzeyindeki suyun uzaklaştırılmasını kolaylaştırabilir.³²

Aseton bazlı adezivler etanol bazlı adezivlere göre daha az visközdürler. Demineralize dentine penetrasyonuna olanak sağlamak için, asetonun viskozitesi etanolden yaklaşık 4 kat daha azdır (0.3 cP (centipose akma birimi) vs 1.1 cP).³³ Oysa ki, çözücü olarak aseton içeren dental adezivler dentin yüzeyindeki rezidüel suya karşı oldukça hassastırlar. Dentine bağlanma için aseton içeren etch-and-rinse adeziv sistemlerde asetonun [δ_h : 7 (J/cm³)^{1/2}] hidrojen bağlama kapasitesi kurutulmuş demineralize kollajenden [δ_h : 42.3 (J/cm³)^{1/2}] daha az olmasından dolayı çökmüş kollajen fibrillerin geri açılmasını engelleyeceği için demineralize dentin hava ile kurutulmalıdır çünkü rezin monomerlerin demineralize dentine infiltrasyonu zayıf olacaktır.³⁴

2. Etanol

Dental adezivlerde çözücü olarak etanol sıklıkla kullanılmaktadır. Tek başına veya su ile birlikte ko-çözücü

olarak kullanılabilir. Self-etch adezivlerde etanol suya göre daha düşük kapasiteye sahip olsa da asidik monomerlerin iyonize edilmesinde kullanılır. Etanolün buhar basıncı (40mmHg), asetona (184 mmHg) göre daha düşüktür ve sudan (17 mmHg) daha yüksektir.³⁵

Etanolün esas özelliği ise yüksek H-bağlama kapasitesidir [δ_h : 19.4 (J/cm³)^{1/2}]. Aşırı kurutma sonucu çöken demineralize kollajenin tekrar açılmasını sağlar.³⁵

3. Su

Suyun esasen primer çözücü etkisi olmadığından, ikinci ko-çözücü olarak kullanılmaktadır. Suyun H-bağlama kapasitesi [δ_h : 42.3 (J/cm³)^{1/2}] kurutulmuş demineralize kollajen fibrillerden [δ_h : 18.2 (J/cm³)^{1/2}] daha yüksektir. Bu özelliği sayesinde, demineralize kollajen fibrillerden suyun ayrılması ve interfibriller boşluklardan adeziv monomer ve çözücülerin difüzyonu kolaylaşır.^{29, 34, 36-38} Etch and rinse adezivlere ilave edildiğinde, hava ile kurutma sonucu çöken demineralize kollajen fibrillerin tekrar açılması sağlanır. Yüksek hidrojen bağlama kapasitesi özelliğinden dolayı su, etanol ve asetona göre daha üstündür.³⁴ Etanol veya aseton bazlı adezivlere göre su bazlı adezivler dentin yüzeyindeki nemden daha az etkilenmektedir.³⁹

4. Etanol ve Su

Etanol ve su anizotropik bir karışım oluşturmakta ve su, hava ile dentinden kolaylıkla uzaklaştırılmaktadır.⁴⁰ Su hidrofobik monomerlerle karışmamakta ve bundan dolayı suyun olumsuz özelliklerini tolere etmek için ko-çözücü olarak etanol kullanılmaktadır.⁴¹

5. 2-Propanol

Son yıllarda dentine bağlanmada 2-propanol kullanılmaktadır. Tek aşamalı self-etch adeziv olan "AdheSE One

F" (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) içerisine su ile birlikte ko-çözücü olarak katılmıştır.

6. Tert-butanol

Araştırmacılar tert-butanolün çöken demineralize dentine difüze olabildiğinden etch and rinse adezivlerde çözücü olarak kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir. Oysa ki, bu durum tert-butanolün hidrojen bağlama kapasitesiyle [δ_h : 14.7 (J/cm³)^{1/2}] tamamen açıklanamamaktadır çünkü kurutulmuş demineralize dentinin hidrojen bağlama kapasitesinden [δ_h : 18.2 (J/cm³)^{1/2}] daha düşüktür. Tert-butanolün kimyasal yapısında su ve adeziv rezin komponentleriyle tamamen çözünebilen C4(karbon) yapı ve hidroksil grup vardır. Buna ek olarak, tert-butanolün buhar basıncı (30.6 mmHg) etanolden (40 mmHg) düşüktür. Bu da etanolden daha yavaş buharlaşmasını ve dolayısıyla demineralize dentin matrisin daha az büzülmesini sağlar.⁴²

7. Tetrahidrofuran

Tetrahidrofuran (THF) geniş aralıkta polar ve non-polar komponentleri çözen heterosiklik organik ve polar aprotik (Molekülleri kuvvetli bir elektro-negatif atoma bağlanmış hidrojen atomu içermeyen çözücülerdir) çözücüdür.⁴³ Bu özelliğinden dolayı hidrofobik ve hidrofilik rezin komponentlerle karışabilmektedir. THF'nin buhar basıncı (173 mmHg) yüksek olup, asetona (184 mmHg) yakındır ve dolayısıyla uygulamadan sonra kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir. THF'in hidrojen bağlama kapasitesi [δ_h : 8 (J/cm³)^{1/2}] asetonla [δ_h : 7 (J/cm³)^{1/2}] kıyaslanabilir. THF iyon şelasyonu yapabilmektedir ve bundan dolayı dentine kimyasal bağlanabilme özelliğine sahiptir. Dental adezivlerdeki diğer çözücülerde bulunmayan bu özellik, THF'ye özgüdür.⁴⁴

8. Dimetil Sülfoksit

Rezin-dentin bağlanmasında dimetil sülfoksit, çözücü olmasının yanı sıra dental adezivlerde kullanılan çözücülerde çözüneme özelliğine sahiptir.⁴⁵ Ayrıca dimetil sülfoksit dental adeziv sistemlerde kullanılan birçok rezin monomeri çözebilmektedir.^{45, 46} Hava ile kurutulmuş demineralize dentin kollajende interpeptit hidrojen bağlanması için su ile yarışabilir⁵⁴. Dimetil sülfoksitin hidrojen atomlarına yüksek afinitesi vardır. Bu afiniteden dolayı su molekülü ile hidrojen atomları arasındaki bağdan daha güçlü bağ oluşturmaktadır.^{47, 48}

Adezivin içerdiği çözücüye göre, uygulama sırasında başarının artırılması amacıyla dikkat edilmesi gereken bazı noktalar şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ Aseton bazlı su içermeyen etch and rinse adezivler, kuru demineralize dentin yüzeyine uygulanmamalıdır.
- ✓ Dental adezivlerin buharlaşması için, özellikle asetona bazlı adezivlerin özel koşullarda saklanması gerekmektedir. Kullanmadan önce rezin ve çözücülerin karışması için adeziv şişesinin sallanması gerekmektedir.
- ✓ Self-etch adezivler, etch and rinse adezivlere göre dentin yüzeyindeki neme daha az duyarlıdır.
- ✓ Su bazlı adezivler, çöken demineralize kollajenin hava ile kurutulması sonucunda tekrar açılmasını sağlarlar. Fakat su bazlı adezivlerde buhar basıncının düşük olmasından dolayı suyu uzaklaştırmak zordur.
- ✓ Dental adezivlerin su retansiyonu çözücü çeşidinden daha çok hidrofilik özelliklerine bağlıdır.
- ✓ Yetersiz çözücü uzaklaştırılması

rezin-dentin bağının devamlılığını uzun dönemde etkilemektedir.

- ✓ Hava ile kurutma iki aşamalı etch and rinse ve tek aşamalı adezivlerde daha önemlidir. Çünkü üç aşamalı etch and rinse ve iki aşamalı self-etch adeziv sistemlerden farklı olarak hidrofobik adeziv rezin tabakasından yoksundurlar.²¹

CAM İYONOMER ADEZİVLER

1995 yılında kompozit rezinlerin adezyonunu sağlamak amacıyla Fuji BOND LC (FBLC, GC, Tokyo, Japonya), rezin modifiye cam iyonomer adezivleri üretmiştir. Bu materyal cam iyonomer simanların Fuji II LC (GC, Tokyo, Japonya) seyreltilmiş formudur.^{49, 50} Uygulama prosedürü rezin bazlı adeziv sistemlere benzetilmektedir. İki aşamalı uygulama protokolü; %20 polialkenoik asit ile pürüzlendirme ve düşük viskozitede toz likit karışımının uygulanmasıdır.⁵¹

Yüzey hazırlığı gerektirmeden diş dokusuna kendiliğinden tutunabilen tek materyaldirler. Bunun yanı sıra, zayıf polialkenoik asitle yüzeyin hazırlanması bağlanma etkilerini belirgin derecede artırmaktadır. Bu nedenle, tek veya iki aşamalı uygulama seçeneği ile cam iyonomer kullanılabilir.⁵²

Cam iyonomerlerin diş dokusuna kendiliğinden adezyonu iki şekilde açıklanmaktadır. Mikromekanik kilitlenme mikropörözlere sığ hibridizasyonla, hidroksiapatitle çevrelenmiş kollajen fibril ağıyla olmaktadır. Bu şekilde, cam iyonomerler diş dokusuna self-etch yaklaşımı ile tutunmaktadır. Resin bazlı self-etch ile cam iyonomerin arasındaki temel fark polikarboksil bazlı polimerin yüksek molekül ağırlığıdır (8000-20000). Resin bazlı self-etch adezivlerde düşük molekül ağırlıklı asidik monomerler kullanılmaktadır.⁵¹

Cam iyonomer restoratifler, total etch adezivler ve self-etch adezivlerin 6 yıllık klinik kenar bağlantı uyumu, sekonder çürük, dolgunun kavitedeki kabul edilebilir mevcudiyetinin değerlendirildiği çalışmaya göre cam iyonomerlerden sonra en iyi klinik başarı üç aşamalı total-etch sistemlerde gözlenmiştir.⁵³

Adeziv Sistemlerdeki Güncel Gelişmeler

Nanodoldurucular aşınmada azalma, biyoaktivite, kimyasal ve mekanik özelliklerin gelişmesini sağladığı için dental adezivlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.⁵⁴⁻⁵⁶ Nanodoldurucular kapsül, çubuk, tüp ve fiber formunda kullanılmaktadır.⁵⁷ Boron nitrit nanotüpler(BNNT), karbon ve grafen nanotüplere benzer üstün mekanik özellik ve kimyasal ve termal stabilite göstermektedir.⁵⁸⁻⁶⁰ BNNT'nin ağırlıkça %0.15 oranında kullanımının adezivlerin kimyasal ve mekanik özelliklerini artırdığı ayrıca mineral depolanmasını sağlayarak kullanılan birçok materyale göre daha avantajlı olduğu bulunmuştur.⁶¹

Biyoyararlanımı ve etkiyi artırmak için "ilaç emdirilmiş" nanokapsül kullanımı diğer alternatifler arasındadır.⁶² Kapsül kullanımıyla ilaç salınımı kontrol edilebilmekte, subterapötik dozlarla etki sağlanabilmekte ve yan etkiler azaltılabilmektedir.^{63, 64}

Endometazin ve triklosan içeren nanokapsüller üretilmiş, adeziv rezindeki primere eklenmiş, ilaç salınımı kontrollü yapılmış ve %2Nc(nanocoulomb) endometazin, adeziv rezinin fizikokimyasal yapısını değiştirmeden dentin geçirgenliğiyle antimikrobiyal etkisini göstermiştir.⁶⁵

Arjinin, birçok gıda maddesinde bulunan ve insan vücudunda tükrük bezinden saf olarak veya tükrük peptitleri şeklinde doğal olarak üretilen bir amino asittir. Oral kaviteye alınan

arjinin, arjinin deminaz(ADS) yolu ile oral bakteriler tarafından amonyum üretmek amacıyla metabolize edilmektedir ve bu glikolitik asitleri nötrleştirerek oral biyofilmlerin pH artışını sağlamaktadır.⁶⁶ ADS yolu ile amonyum üretimi sitoplazmada ve çevrede pH artışına neden olmakta ve oral bakterilere yarar sağlamaktadır. Bu yararlar: (i) asit ataklarına karşı koruma, (ii) DpH(difenilhidantoin) artışı ve ATP sentezi gibi biyoenerjik avantajlar sağlama, (iii) karyojenik mikrofloranın daha az büyümesini sağlayan nötr çevre pH'ı sağlamaktır.⁶⁷⁻⁷⁰ Son zamanlarda yapılan in vitro çalışmada, arjinin S.mutans bakterilerin adezyon özelliklerini etkilediği bulunmuştur.⁷¹ %7 oranında arjinin içeren adeziv sistemlerin kontrollü salınım ve zaman içerisinde reşarj edilebilme özelliği vardır. Adeziv sistemlerdeki arjinin antibakteriyel, çürük karşıtı etki, şeker varlığından veya pH'tan etkilenmeyen özelliklere sahip olduğu bulunmuştur.⁷²

%0.5 oranında bakır nanopartikülleri içeren iki aşamalı etch and rinse adeziv sistemlerin kullanıma uygun olduğu ve antimikrobiyal özelliği, rezindentin arayüzündeki 2 yıllık bağlanma dayanımı ve 2 yıl suda bekletilme sonrasındaki mekanik özellikleriyle diğer adezivlere alternatif olduğu bulunmuştur.⁷³

SONUÇ

Bu derlemede, adeziv sistemlerin farklı sınıflandırılmaları ve güncel adeziv sistemlerle ilgili gelişmeler anlatılmıştır. Güncel olarak kullanılmakta olan etch and rinse, self etch ve cam iyonomer adeziv sistemlerin birbirine göre farklı avantaj ve dezavantajları vardır. Kullanılacak olan adeziv sistemler, çürük diş dokusu uzaklaştırıldıktan sonra kalan diş dokusunun yapısı, bu sistemlerin diş dokusu üzerindeki etkileri ve biyoyumlulukları göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Günümüzde

yeni adeziv sistemlerin geliştirilmesi amacıyla birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmalar sayesinde günümüzde kullanılan adeziv sistemlerle ilgili problemlerin çözüleceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Duke ES. Adhesion and its application with restorative materials. *Dent Clin North Am.* 1993 ; , 37:329-339.
2. Fusayama, T. *New Concepts in Operative Dentistry.* Quintessence Publishing Co., Inc.; Tokyo: 1980. p. 61-156.
3. Barkmeier WW, Cooley RL. Laboratory evaluation of adhesive systems. *Oper Dent* 1992;Suppl 5: 50-61.
4. Atkinson HF. *The Royal Dental Hospital of Melbourne.* 1st edition. Melbourne, Vic: Waterwheel Press; 1990; 33-42.
5. Alexieva C. Character of the hard tooth tissue-polymer bond. II. Study of the interaction of human tooth enamel and dentin with n-phenylglycine-glycidyl methacrylate adduct. *J Dent Res* 1979;58: 1884-1886.
6. Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD, et al. A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent* 2013;25: 55-69.
7. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010;26: e24-37.
8. Dalı M, Şahbaz C, Bahşi E, İnce B, Zorba YO, Ercan E. "Dört Farklı Self-etching Adeziv Sistemlerin Dentine Makaslama Dayanımlarının İncelenmesi: In vitro çalışma". *Selçuk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2009;18:20-26.
9. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: A review. *Aust Dent J* 2004;49: 112-121.
10. Abraham S, Ghonmode WN, Saujanya KP, Jaju N, Tambe VH, Yawalikar PP. Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *J Int Oral Health* 2013;5: 101-107.
11. Heymann H, Swift E, Ritter Jr A. *Dental Library-Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*, 6th Edition. Mosby; 2012
12. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, et al. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent* 2001: 119-144.
13. Munoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent* 2013;41: 404-411.
14. 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: 215-235.
15. 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: 118-132.
16. Tay FR, King NM, Chan KM, Yiu CKY, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesives that demineralize and infiltrate simultaneously?. *J Dent Res* 2002 Winter;4(4):255-269.
17. Giannini M, Makishi P, Ayres AP, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, et al. Self-etch adhesive systems: A literature review. *Braz Dent J* 2015;26: 3-10.
18. Oliveira SS, Marshall SJ, Habelitz S, Gansky SA, Wilson RS, Marshall GW, Jr. The effect of a self-etching primer on the continuous demineralization of dentin. *Eur J Oral Sci* 2004;112: 376-383.
19. De Munck J, Braem M, Wevers M, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K, et al. Micro-rotary fatigue of tooth-biomaterial interfaces. *Biomaterials* 2005;26: 1145-1153.
20. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent* 2012;25: 153-158.
21. Ekambaram M, Yiu CKY, Matinlinna JP. An overview of solvents in resin-dentin bonding. *Int J Adhes* 2015;57: 22-33.
22. Burke FJ, McCaughey AD. The four generations of dentin bonding. *Am J Dent* 1995;8: 88-92.
23. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, Robinson SJ. Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med* 1997;8: 306-335.
24. Wang Y, Spencer P, Yao X, Brenda B. Effect of solvent content on resin hybridization in wet dentin bonding. *J Biomed Mater Res A* 2007;82: 975-983.
25. Craig RG, Powers JM. *Restorative dental materials.* 11th edition. Mosby, Paperback; 2001
26. Fontes ST, Fernandez MR, Ogliari FA, de Carvalho RV, de Moraes RR, Pinto MB, et al. Tetrahydrofuran as solvent in dental adhesives: Cytotoxicity and dentin bond stability. *Clin Oral Invest* 2013;17: 237-242.

27. Tjaderhane L, Mehtala P, Scaffa P, Vidal C, Paakkonen V, Breschi L, et al. The effect of dimethyl sulfoxide (dmsO) on dentin bonding and nanoleakage of etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 2013;29: 1055-1062.
28. Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, Preston CD, Russell CM, Pashley DH. The effects of acetone, ethanol, hema, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res* 1996;75: 1851-1858.
29. Pashley DH, Agee KA, Nakajima M, Tay FR, Carvalho RM, Terada RS, et al. Solvent-induced dimensional changes in edta-demineralized dentin matrix. *J Biomed Mater Res* 2001;56: 273-281.
30. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007;28: 3757-3785.
31. Nunes MF, Swift EJ, Perdigao J. Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent* 2001;14: 340-343.
32. 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: 236-244.
33. Faria-e-Silva AL, Araujo JE, Rocha GP, de Oliveira AD, de Moraes RR. Solvent content and dentin bond strengths using water-wet, ethanol-wet and deproteinization bonding techniques. *Acta Odontol Scand* 2013;71: 710-715.
34. Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Agee KA, Lee KW. Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents. *Am J Dent* 2002;15: 97-102.
35. Cadenaro M, Breschi L, Rueggeberg FA, Suchko M, Grodin E, Agee K, et al. Effects of residual ethanol on the rate and degree of conversion of five experimental resins. *Dent Mater* 2009;25: 621-628.
36. Carvalho RM, Yoshiyama M, Pashley EL, Pashley DH. In vitro study on the dimensional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol* 1996;41: 369-377.
37. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD, et al. A tem study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res* 1998;77: 50-59.
38. Bae JH, Cho BH, Kim JS, Kim MS, Lee IB, Son HH, et al. Adhesive layer properties as a determinant of dentin bond strength. *J Biomed Mater Res B* 2005;74b: 822-828.
39. Perdigao J, Frankenberger R. Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quint Int* 2001;32: 385-390.
40. Nalla RK, Balooch M, Ager JW, 3rd, Kruzic JJ, Kinney JH, Ritchie RO. Effects of polar solvents on the fracture resistance of dentin: Role of water hydration. *Acta Biomater* 2005;1: 31-43.
41. Furukawa M, Shigetani Y, Finger WJ, Hoffmann M, Kanehira M, Endo T, et al. All-in-one self-etch model adhesives: Hema-free and without phase separation. *J Dent* 2008;36: 402-408.
42. de Barros L, Apolonio FM, Loguercio AD, de Saboia V. Resin-dentin bonds of etch-and-rinse adhesives to alcohol-saturated acid-etched dentin. *J Adhes Dent* 2013;15: 333-340.
43. Graham S FC. Química orgânica 7th ed edn. Rio de Janeiro.
44. Fontes ST OF, Lima GS, Bueno M, Schneider LF, Piva E. Tetra- hydrofuran as alternative solvent in dental adhesive systems. *Dent Mater*;25: 1503-1508.
45. Marren K. Dimethyl sulfoxide: An effective penetration enhancer for topical administration of nsoids. *Phys Sportsmed* 2011;39: 75-82.
46. Geurtsen W, Lehmann F, Spahl W, Leyhausen G. Cytotoxicity of 35 dental resin composite monomers/additives in permanent 3t3 and three human primary fibroblast cultures. *J Biomed Mater Res* 1998;41: 474-480.
47. Vishnyakov A, Lyubartsev AP, Laaksonen A. Molecular dynamics simulations of dimethyl sulfoxide and dimethyl sulfoxide-water mixture. *J Phys Chem A* 2001;105: 1702-1710.
48. Luzar A, Chandler D. Structure and hydrogen-bond dynamics of water-dimethyl sulfoxide mixtures by computer-simulations. *J Chem Phys* 1993;98: 8160-8173.
49. Van Meerbeek B YY, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K, Nakayama Y. . Mechanisms of bonding of a resin-modified glass-ionomer adhesive to dentin. *J Dent Res* 1998;77(911): 2236.
50. Watson TF. Bonding to tooth structure. In: Davidson CL MI. Glass-ionomers and their modifications: Theory and practice. *Quint Int* 1999: 121-156.
51. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79: 709-714.
52. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Effect of

- remaining dentin thickness and the use of conditioner on microtensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater* 2001;17: 445-455.
53. 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: 864-881.
 54. Collares FM, Fraga GC, Semeunka SM, Almeida CB, Santos ER, Leitune VC, Samuel SM. Mineral deposition at dental adhesive resin containing niobium pentoxide. *Appl Adhes Sci* 2014;2: 1-6.
 55. Sauro S, Watson TF, Toledano M. Influence of phosphoproteins' biomimetic analogs on remineralization of mineral-depleted resin-dentin interfaces created with ion-releasing resin-based systems. *Dent Mater* 2015;31: 759-777.
 56. Degrazia FW, Takimi AS, Collares FM, Sauro S. Physicochemical and bioactive properties of innovative resin-based materials containing functional halloysite-nanotubes fillers. *Dent Mater* 2016;32: 1133-1143.
 57. Lin Y, Chan CM, Wu J. The toughening mechanism of polypropylene/ calcium carbonate nanocomposites. *Polymer* 2010; 51(14):3277-3284
 58. Suryavanshi AP, Wen J, Tang C, Bando Y. Elastic modulus and resonance behavior of boron nitride nanotubes,. *Appl Phys Lett* 2004;84: 2527-2529.
 59. Chen Y, Campbell SJ, Caer GL. Boron nitride nanotubes: Pronounced resistance to oxidation,. *Appl Phys Lett* 2004;84: 2430-2432.
 60. Terrones M, Cruz-Silva E, López-Urías F, Muñoz-Sandoval E, Velázquez-Salazar JJ, Terrones H, Bando Y, Golberg D. Pure and doped boron nitride nanotubes,. *Mater Today* 2007;10: 30-38.
 61. Degrazia FW, Samuel SMW, Collares FM. Boron nitride nanotubes as novel fillers for improving the properties of dental adhesives. *Nature* 2017;62: 85-90.
 62. Groo AC BM, Trichard L, Legras P, Benoit JP, Lagarce F. In vivo evaluation of paclitaxel-loaded lipid nanocapsules after intravenous and oral administration on resistant tumor. *Nanomedicine (Lond)* 2015;10: 589-601.
 63. Peer D KJ, Hong S, Farokhzad OC, Margalit R, Langer R. . Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. *Nat Nanotechnol* 2007;2: 751-760.
 64. Bernardi A Z, Jager E, Campos MM, Morrone FB, Calixto JB, et al. Effects of indomethacin-loaded nanocapsules in experimental models of inflammation in rats. *Br J Pharmacol* 2009;158: 1104-1111.
 65. Genaria B, ornadab DS, Camassolac M, Arthurd RA, Pohlmannb AR, Guterresb SS, Collaresa FM, Samuela SMW. Antimicrobial effect and physicochemical properties of an adhesive system containing nanocapsules *Braz J Oral Sci* 2016;15.
 66. Nascimento MM. Caries prevention by arginine metabolism in oral biofilms: Translating science into clinical success. *Curr Oral Health Rep* 2014;1: 79-85.
 67. Burne RA. Alkali production by oral bacteria and protection against dental caries. *FEMS Microbiol Lett* 2000;193: 1-6.
 68. Casiano-Colon A. Role of the arginine deiminase system in protecting oral bacteria and an enzymatic basis for acid tolerance. *Appl Environ Microbiol* 1988;54: 1318-1324.
 69. Poolman B, Konings WN. Regulation of arginine-ornithine exchange and the arginine deiminase pathway in streptococcus lactis. *J Bacteriol* 1987;169: 5597-5604.
 70. Marquis RE, Murray DR, Wong A. Arginine deiminase system and bacterial adaptation to acid environments,. *Appl Environ Microbiol* 1987;53: 198-200.
 71. Sharma S, Woo J, Guo L, Shi W, Kilpatrick-Liverman L, Gimzewski JK. Nanoscale characterization of effect of l-arginine on streptococcus mutans biofilm adhesion by atomic force microscopy. *Microbiol* 2014;160: 1466-1473.
 72. Nascimento MM. Caries prevention by arginine metabolism in oral biofilms: Translating science into clinical success. *Curr Oral Health Rep* 2014;1: 79-85.
 73. Gutierrez MF, Malaquias P, Hass V, Matos TP, Lourenco L, Reis A, et al. The role of copper nanoparticles in an etch-and-rinse adhesive on antimicrobial activity, mechanical properties and the durability of resin-dentine interfaces. *J Dent* 2017;61: 12-20.

Yazışma Adresi:

Dt. Begüm Berkmen
e-mail: begumberkmen@gmail.com
Tel: 0312 203 00 00
Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi A.D.,
Ankara 82. Sokak No:26 06490
Bahçelievler ANKARA

