



Geçmişten Günümüze Dentin Bonding Sistemlerindeki Gelişmeler

Development of Dentin Bonding Systems from Past to Present

Mağrur KAZAK¹, Nazmiye DÖNMEZ²

¹Bahçeşehir Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Diş dokularına uzun süreli ve kalıcı bir bağlanmanın sağlanması, tüm restorasyonların ideal başarısı açısından bir gerekliliktir. Bu nedenle, dentin bonding sistemleri günümüz kompozit rezin teknolojisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Dentin bonding ajanları geçmişten günümüze birçok açıdan sınıflandırılmıştır. Birinci, ikinci ve üçüncü jenerasyon dentin bonding sistemler tarihsel başlık altında; etch&rinse, self-etch ve multi-mode adezivler ise güncel klinik uygulama prosedürleri başlığı altında sınıflandırılmaktadırlar. Bu sistemlerin diş dokuları ile biyouyumlu olmaları, gelişmiş bağlanma mukavemeti göstermeleri, çiğneme kuvvetlerine karşı dirençli olmaları tercih edilen özellikleri arasındadır. Son dönemlerde dentin bonding sistemlerindeki gelişmeler ile diş çürüğü ya da herhangi bir sebeple destek doku kaybına uğramış dişlerin restoratif açıdan tedavisinde başarı oranı oldukça artmıştır.

Anahtar Sözcükler: Dental mine, dentin, dentin-bonding ajanlar, dental adezivler, sınıflama

ABSTRACT

Providing a stable and long lasting bonding to the tooth is an ideal requirement for the success of restorations. Therefore dentin bonding systems are important clinical contributions to recent composite technology. The first, second and third generations are classified under historical title while; etch&rinse, self-etch and multi-mode adhesives are classified under the title of current clinical practice procedures strategies. The preferred properties of adhesive systems are biocompatibility with dental tissues, improved bond strength to dental tissues, and better resistance to chewing stresses. In recent years, the success rate of restorative treatment of teeth that have suffered from caries or loss of supporting tissue has increased considerably due to the developments in dentin bonding systems.

Keywords: Dental enamel, dentin, dentin-bonding agents, dental adhesives, classification

Giriş

Adeziv sistemler restoratif diş hekimliğinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İlk olarak adeziv diş hekimliği Buonocore'un (1), mine dokusunun 30 saniye süreyle %85'lik fosforik asitle pürüzlendirilerek, tutuculuğun mikromekanik retansiyon ile sağlanması fikrinden doğmuştur. 1970'lerin sonunda ise, fosforik asidin dentin dokusu üzerine uygulanabileceği görüşünün ortaya atılması ile dentin bonding sistemleri büyük

bir aşama kaydetmiştir. Günümüzde kullanılan dentin bonding sistemlerinin diş dokularına bağlanma mekanizması ise, asit ile pürüzlendirilmiş dentin yüzeyinde açığa çıkan kollajene adeziv rezinin penetre olması ile doğal bir mikromekanik bağlanma şeklinde tanımlanmaktadır. "Hibrit tabaka" (2) diğer bir deyişle "interdifüzyon bölgesi" de (3) adezyonun temel mekanizmalarındandır. Adezyon mekanizmasını anlamak adına kullanılan terimler ve anlamları oldukça önemlidir.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Mağrur KAZAK, Bahçeşehir Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
Tel.: +90 532 332 51 27 E-posta: magrur@hotmail.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-8636-0247

Geliş Tarihi/Received: 18.02.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 30.04.2019

Atıf: Kazak M, Dönmez N. Geçmişten Günümüze Dentin Bonding Sistemlerindeki Gelişmeler. Bezmialem Science 2019;7(4):322-30.

©Telif Hakkı 2019 Bezmialem Vakıf Üniversitesi
Bezmialem Science, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

Adezyon

Adezyon (Bağlanma) latince bir kelime olan *adhaere*'den gelmektedir. İki materyalin bağlanma mekanizmasının, ara yüzlerinin karşılıklı olarak birbiriyle olan teması şeklinde ifade edilebilir. Adeziv terminolojisinde adezyon, bir maddenin başka maddeye yapışmasıdır. Bu maddeye ya da yüzeye adherent, adezyonu oluşturan maddeye ise adeziv denmektedir. Diş hekimliği literatüründe adezyonun 3 farklı mekanizmasından bahsedilmektedir (4).

Kimyasal Adezyon: Kovalent, iyonik, metalik bağlar gibi primer bağ değerlerini (birleşme kuvvetlerini) esas almaktadır. Kimyasal adezyon farklı yapıdaki yüzeylerin atomları arasında oluşan sınırlı ve zayıf bağlanmadır (5).

Fiziksel Adezyon: Van der Waals kuvvetleri ve hidrojen bağları gibi ikincil kuvvetler sonucu farklı yapıdaki yüzeyler arasında ortaya çıkan oldukça zayıf bir bağlanma türüdür (5).

Mekanik Adezyon: Mikroskobik seviyede bir materyalin farklı bir materyal içerisine penetrasyonunu esas alır. Pürüzlü yüzeyler arasında meydana gelen güçlü kilitlenmedir. Bu güçlü kilitlenmede hem geometrik hem de reolojik etkenler devrededir. Yüzey pürüzlülüğü veya mikroskobik porözitenin neden olduğu mekanik bağlanma geometrik etkenlere, materyalin akışkan özelliğinden dolayı bir çıkıntı etrafına akması ve büzülerek tutunması ise reolojik etkenlere örnektir (5).

Adezyonun etkin bir şekilde sağlanabilmesi için adeziv ile aderent arasındaki ara yüzey mesafesinin minimum olması gerekir. Adezivin yüzeyi ıslatabilmesi aderentin serbest yüzey enerjisinin adezivin yüzey gerilim enerjisinden daha fazla olduğu durumlarda mümkündür. Çünkü bir sıvının bir yüzeyi ıslatabilmesi, o sıvının yüzey ile arasındaki açının sıfır dereceye yakın olmasıyla mümkün olur. Diğer bir deyişle, bu açı sıfır derece ise adezivin ilgili yüzeyi tamamen ıslattığı kabul edilmektedir.

Adezyon kuvvetlerinin oluşturulabilmesi için gerekli olan bu temel kriterler; asit uygulaması ile gerçekleştirilmektedir. Mine ve dentin dokuları asitleme işlemine tabi tutularak; adezyonun daha önceden bahsedilen kriterleri yerine getirilmiş olunur. Asit işlemi uygulandıktan sonra mine ve dentin yüzeyleri, önce primer daha sonra ise bağlayıcı (bonding) ajan uygulamaları için hazır hale gelirler. Bu dokuların yüzeyleri ile bağlayıcı ajanın temas ettiği yüzey arasındaki alana "ara yüzey" denir ve burası adezyonun meydana geldiği yerdir.

Adeziv Sistemlerle İlgili Önemli Terimler

Hibrit Tabakası

Asitleme işlemi ile dentin yüzeyinin demineralizasyonunun ardından kollajen fibriller açığa çıkar. Düşük viskoziteli monomerler bu bölgeye penetre olarak demineralize olan hidroksiapatit kristallerinin oluşturdukları nano boşlukları doldurur ve kollajenlerin etrafını sararlar. Polimerizasyon işlemi ile de adeziv rezin mikromekanik olarak dentin kollajenleri ile bağlanmış olur. Oluşan rezinle güçlendirilmiş, aside dayanıklı bu tabaka "hibrit tabakası" olarak adlandırılır (2). Adeziv restoratif materyallerinin ana bağlanma mekanizması hibrit tabakasının

oluşumuna dayanmaktadır. Hibrit tabakası ilk kez 1982 yılında Nakabayashi ve ark. (2) tarafından tanımlanmış ve bu tabaka demineralize olmuş dentin bileşikleriyle polimerize edilmiş adeziv rezinin moleküler düzeydeki karışımı şeklinde ifade edilmiştir.

Reçine Uzantıları (Rezin Tag)

Açık dentin tübülleri içerisine yönelen/akan adeziv reçine uzantılarına "rezin tag" denir (6). Bu uzantıların yapısı; asitin uygulanma tekniği, kalan dentin kalınlığı, dentinin yüzey nemliliği ve yapısına göre değişir. Peritübüler dentin asitleme işlemi ile tübül duvarından uzaklaştırıldığında adeziv rezin demineralize olmuş matriks içine diffüze olur. Polimerizasyondan sonra reçine uzantıları hibridizasyon ile tübül duvarına bağlanırlar. Adeziv rezinin yan (lateral) tübül kollarına infiltre olması ile "submikron reçine uzantılar" meydana gelir (7).

Primer

Primerler bağlanmayı arttırıcı ajanlar olarak kullanılırlar ve su, aseton, etanol gibi organik çözücülerde çözülmüş hidrofilik monomerlerden oluşurlar. Uçucu karakterleri ile dentin yüzeyindeki ve nemli kollajen ağdaki su ile yer değiştirerek, açığa çıkan kollajen ağdaki nano boşluklara monomerin infiltrasyonunu kolaylaştırırlar (7). Asit uygulanmış dentin dokusuna primer sürülmesi, büzülmüş kollajenleri eski haline getirerek, rezinin dentin dokusuna daha iyi diffüze olmasını sağlar. Böylece hibrit tabakasının kalitesi ve bağlanma dayanıklılığı artmış olur (8). Diğer bir deyişle; primerler, hidrofilik dentin ile hidrofobik adeziv rezini birbirleri ile uyumlu hale getirirler. Primer sürülen yüzey, polimerize olmamış bağlanmayı arttırıcı moleküller içerir. Bu moleküller demineralize yüzeye uygulanan bonding ajan ile birlikte polimerize olurlar. Polimerin, kollajen fibriller ve hidroksiapatit kristalleri ile iç içe geçmesi ve onları sarması ile ideal bağlanma tamamlanmış olur.

Adeziv Rezin

Bonding (bağlayıcı) ajanlar olarak da isimlendirilen adeziv rezinler, hem hidrofilik hem de hidrofobik özelliklere sahiptirler. Bu sistemler; bisfenol glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi hidrofobik monomerlerden, trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi viskozite düzenleyicilerden ve hidroksi etil metakrilat (HEMA) gibi ıslatıcı ajanlardan oluşurlar (2). Hidrofobik monomerler restoratif materyallerle etkileşime girip kopolimerize olurlarken, hidrofilik monomerler, diş sert dokularının ıslanabilirliğini arttırırlar (9). Hidrofilik ve hidrofobik adezivler arasındaki en büyük fark, monomerlerinin ve çözücülerin kimyasıdır. Adeziv sistemlerde en çok kullanılan monomerler HEMA ve Bis-GMA'dır. HEMA suda tamamen karışabilir ve dental adezivler için mükemmel bir polimerize edilebilir ıslatıcı ajan olarak görev görür. Bis-GMA ise çok daha hidrofobiktir ve polimerize edildiğinde yapısına sadece ağırlıkça yaklaşık %3 oranında su emer (10). İkisinin karışımı, bir ara madde gibidir ve dental sert dokular için faydalı bir adeziv görevi görür. Adeziv sistemlerin kimyasal bileşimi aynı zamanda initiatörler, inhibitörler ya da stabilizatörler, çözücüler ve bazı durumlarda inorganik doldurucular içerir (11). Nakabayashi ve ark. (12) 1982 yılında, gerçek bir hibrit tabakası oluşumunu gösteren ilk kişidir, ve bu yeni biyokompozit yapıya, hibrit

tabakası adını vermiştir. Bu tabaka, bağlayıcı ajanların ana bağlama mekanizması olarak kabul edilmiştir. Bağlayıcı ajanların en önemli görevleri; asitleme işleminden sonra kollajen içinde oluşmuş nano boşlukları doldurmak, dentin tübüllerinin içine infiltre olarak reçine uzantılarının oluşumunu sağlamak, uniform ve sabit bir hibrit tabakası oluşumunu sağlamaktır (13). Yüzeyin bağlayıcı ajan ile uygun bir şekilde ıslatılması, doğru primer seçimine ve primerin ideal olarak uygulanmasına dayanır. Primer uygulamasından sonra elde edilen hibrit tabakası bonding ajan ile birlikte polimerize edilir (7).

Dentin Adeziv Sistemlerinin Gelişimi, Kullanımı ve Sınıflandırılması

Dentin Adezivler

Dentin dokusu ile kompozit reçine yüzeyleri arasındaki bağlantıyı ve restorasyonun tutuculuğunu sağlamaya yardımcı olmak, mikrosızıntıyı önlemek ve dentin tübüllerinin örtülmesini sağlayarak restorasyon sonrası oluşabilecek dentin hassasiyetini engellemek amacıyla geliştirilen hem dentin dokusu ile hem de kompozit rezinle bağlanabilen ara materyallerdir (13).

Adeziv sistemleri farklı aşamalarda uygulanan dentin şartlandırıcı (conditioner), dentin primeri ve dentin adezivden oluşur. Şartlandırıcı ile primer ve primer ile adezivin birleştiği sistemler de vardır (14).

Dentin Adezivlerin Özellikleri

Adeziv bağlanmayı gerçekleştirebilmek için kullanılan mine/ dentin bonding sistemleri günümüzde “Adeziv Sistemler” olarak isimlendirilirler. Adeziv sistemlerde aranan özellikler:

- Mikrosızıntı ve sekonder çürükleri önlemeleri,
- Polimerizasyon büzülmesi sonucunda ve çiğneme kuvvetleri altında oluşan streslere karşı dayanıklı olabilmeleri,
- Mine ve dentin dokusuna mikromekanik ve kimyasal olarak bağlanabilmeleri,
- Mine ve dentin dokusunun yanında metal ve porselene de bağlanabilmeleri,
- Nemli yüzeylere kolay uygulanabilmeleri (Wet-bonding),
- Klinik uygulamalarının kolay olması ve teknik hassasiyet gerektirmemeleri,
- Dentin kanallarının tümünü ya da bir bölümünü kapatarak post operatif hassasiyeti önlemeleri,
- Biyolojik olarak da kabul edilebilir olmalarıdır (15).

Kavite preparasyonu sırasında frez ya da benzeri kesici el aletleri ile kullanılarak yapılan doku kaldırma işlemleri sonucunda dentin yüzeyi kan, tükürük, bakteri, hidroksiapatit kristalleri ve denatüre kollajenlerden oluşan smear tabakası ile kaplanır (16). Dentin ve pulpa dokusunu irritasyonlara karşı koruyan smear tabakası yaklaşık 0,5-2 µm kalınlıkta olup, gözenekli ve amorf görünümündedir. Smear tabakasının değişik kalınlıkta olması dentin dokusunun geçirgenliğinde de farklılıklara neden olmaktadır. Dentin tübül ağzları, tübüllerin 1 ile 10 µm derinliğe kadar ulaşan smear tıkaçları ile tıkanmaktadır. Bu

smear tıkaçları, parçalanmış ve denatüre olmuş hidroksiapatitten oluşan smear tabakasının devamıdır (16). Adeziv bağlanmada etkili olan bu tabakanın uzaklaştırılması veya modifiye edilmesi hakkında çeşitli görüşler vardır. Araştırmacıların bir kısmı, smear tabakasının rnikroorganizmaların pulpaya ulaşmasında bir bariyer oluşturduğunu savunmuşlar ve bu tabakanın kaldırılması ile dentin geçirgenliğinin 5-10 kat artacağını bildirmişlerdir. Diğer bir grup araştırmacı ise smear tabakasının bakterilerin yerleşmesi ve çoğalması için bir barınak olduğunu göstermişlerdir (12).

Dentin Adezivlerin Sınıflandırılması

Yıllar boyunca, otoriteler tarafından dentin adeziv sistemleri sayısız kez sınıflandırılmıştır. Araştırmacılar bu sınıflandırmayı kimi zaman jenerasyon üzerinden, kimi zamanda da klinik uygulama aşamalarına ve modern adeziv stratejilerine dayandırarak yapmışlardır.

Adeziv diş hekimliğindeki değişimlerle birlikte adeziv sistemler, hiç asit uygulanmayan aşamadan total-etch'e (4. ve 5. jenerasyon) ve sonrasında da self-etch (SE) (6., 7. ve 8. jenerasyon) sistemlere doğru gelişme göstermiştir (17). Geliştirilen her jenerasyon, prosedür adımlarını en aza indirmeye çalışmış ve böylelikle de klinisyenlerin daha az teknik hassasiyet ile daha kısa sürede restorasyonları bitirmesine imkan sağlamıştır. Bunun yanı sıra dentin adezivlerin gelişmiş kimyasal yapıları sayesinde daha iyi bir bağlanma da elde edilmiştir (18).

Dentin adezivler üç ana grupta sınıflandırılabilir (Tablo 1) (19-22):

Birinci grup tarihsel sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır. Birinci, ikinci ve üçüncü jenerasyon dentin adeziv sistemlerinden oluşmaktadır.

Tablo 1. Dentin adezivlerin sınıflandırılması

Kronolojik sınıflandırma

1. Tarihsel sınıflandırma

Birinci jenerasyon

İkinci jenerasyon

Üçüncü jenerasyon

2. Smear tabakasında oluşturdukları etkiye göre sınıflandırma

-Smear tabakasının üzerine uygulanan

-Smear tabakasını modifiye eden

-Smear tabakasını tamamen uzaklaştıran

-Smear tabakasını çözen

3. Güncel (klinikteki uygulama tiplerine göre) sınıflandırma:

Etch&rinse (ER) adezivler

Üç aşamalı etch&rinse (ER) adezivler (Dördüncü jenerasyon)

İki aşamalı etch&rinse (ER) adezivler (Beşinci jenerasyon)

Self-etch adezivler

İki bileşenli self-etch adezivler (Altıncı jenerasyon)

Tek bileşenli ve tek aşamalı self-etch adezivler (All-in-one) (Yedinci jenerasyon)

Sekizinci jenerasyon

Üniversal (Multi-mode)

İkinci grup dentin adezivler smear tabakasında oluşturdıkları etkiye göre sınıflandırılmaktadır. Smear tabakasının üzerine uygulanan, smear tabakasını modifiye eden, smear tabakasını tamamen uzaklaştıran ve smear tabakasını çözen adeziv sistemler olmak üzere dört grupta incelenebilir (22).

Üçüncü grup ise güncel sınıflandırma, diğer bir deyişle dentin adezivlerin klinikteki uygulama tiplerine göre sınıflandırılmasıdır:

1. Etch&rinse (ER)

a- 3 aşamalı

b- 2 aşamalı

2. Self-etch

a- 2 aşamalı

b- 1 aşamalı

3. Ünlversal (Multi-mode) (17).

Tarihsel Sınıflandırmaya Göre;

Birinci Jenerasyon Adeziv Sistemler (Smear Tabakasının Üzerine Uygulanan Adeziv Sistemler)

1955 yılında Buonocore (1); gliserofosforik asit dimetakrilatın hidroklorik asit ile pürüzlendirilmiş mine yüzeyine bağlanabildiğini göstermiştir. Daha sonra Bowen ve Rodriguez (21), N-fenil glisin glisidil metakrilatın (NPG-GMA) dentin ile kimyasal bir bağ oluşturduğunu kuramsal olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda üretici firmalar, 1962 yılında birinci jenerasyon dentin adezivler diye de adlandırılan NPG-GMA kökenli dentin bonding ajanları üretmişler ancak bu jenerasyondaki dentin bondingler hidrofobik bir yapıya sahip oldukları için diş dokularına bağlanma dayanımları düşük olmuştur (2-6 MPa) (23).

İkinci Jenerasyon Adeziv Sistemler (Smear Tabakasının Üzerine Uygulanan Adeziv Sistemler)

Bis-GMA veya HEMA gibi rezin monomerlerin halo fosfat esterleri olan bu sistemler 1980'li yılların başında geliştirilmişlerdir. İkinci jenerasyon adeziv sistemleri kompozit rezinin polimerizasyon büzülmesine karşı koyacak kadar yeterli bir bağlanma dayanımına sahip değillerdi (1-10 MPa). Her ne kadar, birinci ve ikinci jenerasyon adeziv sistemler dentinin inorganik yapısına bağlanabilmeleri amacı ile geliştirilmiş olsalar da istenilen klinik başarı elde edilememiştir (23).

Üçüncü Jenerasyon Adeziv Sistemler (Smear Tabakasını Modifiye Eden Adeziv Sistemler)

Bu sistemde smear tabakası modifiye edilerek rezin monomerin dentine penetrasyonu sağlanmaktadır (20). Fosfonat ester içeren bu bonding ajan uygulanmadan önce dentin dokusunun fosforik asitle pürüzlendirilmesi fikri 1979 yılında Fusayama ve ark. (23) tarafından ortaya atılmıştır. Ancak bonding ajanın hidrofobik yapısı nedeni ile bağlanma dayanımı açısından istenilen başarı yine elde edilememiştir (23).

Dördüncü Jenerasyon Adeziv Sistemler (Smear Tabakasını Tamamen Ortadan Kaldıran Adeziv Sistemler)

Dördüncü jenerasyon dentin bonding sistemleri smear tabakasını tamamen ortadan kaldıran ilk sistemdir ve altın standart olarak kabul edilmektedir. Güncel klinik uygulamalarda hala kullanılmaktadırlar (20). Dentin geçirgenliğini azaltan ve difüzyon bariyeri olduğu kabul edilen smear tabakasını ortadan kaldıran bu sistemlerde %30-40'lık konsantrasyonda ortofosforik asit hem mine hem de dentin dokusuna aynı anda uygulanır (Total-etch). ER adeziv sistemler, üç aşamalı ya da iki aşamalı olabilir.

Dördüncü Jenerasyon: Üç Aşamalı Etch&Rinse Adeziv Sistemler

Mine (20-50 MPa) ve dentine (13-80 MPa) bağlanma dayanımı değeri kanıtlanmış olan bu adeziv sistemler birbirlerini izleyen üç aşamada uygulanmaktadır.

1. Aşama: Mine ve dentin yüzey koşullarının değiştirilmesi (Asitle pürüzlendirme),

2. Aşama: Adezyonu güçlendiren ajanların uygulanması (Primer uygulanması),

3. Aşama: Bonding (bağlayıcı) ajanın demineralize mine/dentin yüzeyine infiltrasyonu.

1. Aşama: Mine/Dentin Yüzey Koşullarının Değiştirilmesi

Mine/dentin yüzey koşullarının değiştirilmesindeki sebep, bonding ajanların kimyasal ve mikro mekanik bağlanmalarını sağlayabilen uygun bir mine/dentin yüzeyi oluşturmaktır. Bu aşamada farklı konsantrasyonlardaki fosforik asitler, mine ve dentin dokusuna aynı anda (Total-etch) belirli bir süre [minimum (min)= 15 sn, maksimum (maks)= 30 sn] uygulanır daha sonra asit uygulanan süre kadar yıkanarak diş yüzeyinden uzaklaştırılır. Asitle pürüzlendirme işlemi sonucunda, minedeki smear tabakası kaldırılarak mine yüzeyinden yaklaşık 10 µm prizmatik tabaka uzaklaştırılmış olur. Asitleme işlemi ile yaklaşık 5-50 µm derinlikte, çok sayıda mikroskobik girinti ve çıkıntılar oluşturularak yüzey alanı artırılır ve mine dokusunun kritik yüzey gerilim değeri (KYG); 72 dynes/cm'ye yükseltilir. Tüm bu etkenler kompozit rezin ile kavite duvarı arasında bir uyum sağlayarak restorasyonun tutuculuğunun artmasını ve kenar sızıntılarının büyük ölçüde azalmasını sağlar.

Asitle pürüzlendirme için genellikle %37'lik ortofosforik asit kullanılır. Silverstone ve ark. (24), ortofosforik asit ile pürüzlendirilen mine dokusunda, asidin konsantrasyonuna ve uygulanma süresine bağlı olarak üç tip pürüzlendirme oluştuğunu Scanning Electron Micrograph çalışmaları ile göstermişlerdir. Birinci tip pürüzlendirmede, mine prizmalarının iç kısımları çözünerek uzaklaştırılmış, bal peteği görüntüsü elde edilmiştir. İkinci tip pürüzlendirmede, mine prizmalarının periferleri çözünerek uzaklaştırılmış, kaldırım taşı görüntüsü ortaya çıkmıştır. Üçüncü tip pürüzlendirmede ise, prizmaların morfolojisine uyum göstermeyen bir çözünme olup, daha silik bir görünüm izlenmiştir (23). Hidroksiapatit kristalleri mine dokusunda düzenli bir dağılım gösterirken, dentin dokusunda ise organik matriks içerisinde

rastgele dağılmışlardır. Ayrıca mine dokusundaki kristallere oranla dentin dokusundaki hidroksiapatit kristalleri daha küçük olup daha az kalsiyum ve karbonat ihtiva ederler. Bu sebeptendir ki; dentin dokusunun mineralizasyonu mine dokusundan az, sement dokusu ve kemikten daha fazladır.

Dentin dokusunda, içi sıvı dolu çok fazla sayıda tübüller/kanalcıklar vardır. Bunlar pulpa dokusundan başlayıp dentin dokusu içinden geçerek mine-dentin sınırına ulaşırlar. Tübüller iyi mineralize olmuş peritübüler dentin ile sarılmıştır. Tübüller arasında mineralizasyonları peritübüler dentinden daha az olan intertübüler dentin bulunur. Tübüllerin içindeki sıvı yaklaşık 25-30 mm civa basıncı (34-40 cm su basıncı) ile pulpa dokusundan dış yüzeylere doğru itilmektedir. Bu yüzden dentin dokusu her zaman nemlidir (23). Dinamik yapıda olan dentin dokusunda devamlı bir sıvı alışverişi mevcuttur. Dentin dokusunun protein oranı yüksektir ve bu nedenle KYG değeri ($KYG=44.8$ dynes/cm) mine dokusuna göre daha düşüktür. Dentin dokusunun yüzey enerjisinin düşük olması da bu dokunun ıslanabilirliğini azaltarak bağlanmayı güçleştirmektedir.

Dentin adezyonunda rol oynayan ana faktörler dentin dokusunun içeriği (dentin tübüllerinin yoğunluğu, çapı, peritübüler ve intertübüler dentin oranı), dentin kalınlığı ve yapısı (demineralize/sklerotik), smear tabakası ve yaşıdır. Derin veya yüzeyel kavitelere dentin tübüllerinin çap ve sayısı, adeziv bağlanma dayanımını etkilemektedir. Tübüller, pulpa yakınındaki dentinin hacimce %28'ini, mine-dentin sınırındaki dentinin ise %4'ünü oluşturur. Ayrıca pulpa yakınındaki tübül sayısı (mm^2 'de 45.000) ve çapı (25 μm), mine-dentin sınırındaki tübül sayısına (mm^2 'de 20.000) ve çapına (0,8 μm) oranla daha fazladır. Buna bağlı olarak pulpa dokusuna daha yakın derin dentin yüzeylerinde adeziv bağlanma dayanımı daha düşüktür (23).

Dentin dokusuna asit uygulanması ile kavite preparasyonu sırasında döner aletler veya kesici el aletleri kullanılarak dokuların uzaklaştırılması işlemi sonucunda oluşan smear tabakası uzaklaştırılır, smear tıkaçları (plug) ortadan kalkar, dentin tübüllerinden dentin yüzeyine doğru bir sıvı akışı olur ve dentin dokusunun geçirgenliği 5-20 kat artar. Ayrıca asit uygulanması ile dentin dokusunun KYG değerinde (44,8 dynes/cm) bir düşme görülür (29,48 dynes/cm) (23). KYG değerindeki bu düşüş, adezyonu olumsuz yönde etkiler. Adeziv sistemlerin ikinci aşamasında uygulanan primerin amacı bu değeri arttırmaktır.

2. Aşama: Adezyonu Güçlendiren Ajanların Kullanılması

Yüzey koşulları değiştirilmiş mine/dentin yüzeyine, ıslanabilirliği dolayısıyla yüzey enerjisini arttırmak amacıyla HEMA monomeri içeren primer uygulanır. HEMA'nın dışında da birçok monomer, primer olarak kullanılmaktadır. Primer molekülleri bipolar olup farklı iki fonksiyonel grup içerirler. Bunlardan hidrofilik olan nemli dentin ile etkileşime girerken, hidrofobik olan ise adeziv ile bağlantı yapar. Primerler; su, etanol veya aseton gibi çözücülerde çözünen, bağlanmayı geliştirici materyallerdir (23).

Primer; asitle pürüzlendirme aşamasından sonra iki veya olguya göre daha fazla katlar halinde parlak bir yüzey elde edilinceye kadar bir mikrobush ile dentin yüzeyine uygulanır, 5-10 saniye hava ile kurutulur. Kurutma işlemi sırasında adeziv içeriğinde bulunan çözücülerin (aseton, etanol) tam olarak buharlaştırılmasına özen

gösterilir. Primer, kollajen fibrillerin dizilişlerini değiştirerek adeziv bağlanma için yüzeyi hazırlar ve sonrasında da monomerin penetrasyonunun daha etkili olmasına yardımcı olur. Asit uygulanmış dentin dokusundaki artık smear tabasından geçen primer, aseton ve/veya etanolün uçucu özelliği nedeniyle dentin yüzeyinde bulunan su ile yer değiştirir ve kollojen fibriller arasında eriyen, hidroksiapatit kristallerinin bıraktığı nano boşlukları doldurur.

3. Aşama: Bonding Ajanın Demineralize Mine/Dentin Yüzeyine İnfiltrasyonu

Yüzey koşulları asitleme işlemi ile değiştirilmiş ve akabinde primer uygulanmış mine/dentin yüzeylerine, mine/dentine ve de rezine bağlanan bonding ajanlar uygulanır. Bonding ajanların interprizmatik boşluklara penetrasyonu sonucu mine prizmalarının dış yüzeyleri arasında oluşan rezin tag'lar "makrotag", intraprizmatik boşluklara penetrasyonu ile ağ biçiminde oluşan çok sayıdaki rezin tag'lar ise "mikrotag" adını alırlar (25,26). Makro ve mikrotag'lar mine dokusunda mikromekanik bağlanmadan sorumludurlar. Değim alanlarının genişliği ve sayılarının çokluğundan dolayı mikrotag'ların bağlanmaya katkıları makrotag'lardan daha fazladır. Yapılan çalışmalar sonucunda kabul edilebilir tag uzunluğu ortalama 10-30 μm olarak belirlenmiş, daha uzun tag'ların boyun bölgelerinden kırılabilirdiği ve tag uzunluğunun bağlanmada önemli bir rolünün olmadığı gösterilmiştir (27). Primer uygulaması bonding yüzeye bir mikrobush ile yapılır, hafifçe hava sıkılarak ince bir film tabakası oluşturulur ve ardından polimerize edilir. Böylelikle; primer sürülmesi sonrası oluşan hibrit tabaka, bağlayıcı ajan ile birlikte polimerize olmuş olur.

Üç aşamalı ER adeziv sistemler (dördüncü jenerasyon) hala altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak bu sistemler, birden fazla uygulama adımı ve teknik hassasiyet gerektirmeleri sebebiyle zaman alıcı olabilmektedir. İşlem basamaklarının zorluğundan dolayı klinisyenler daha basit ve teknik hassasiyet gerektirmeyen adeziv sistemleri talep etmeye başlamışlardır (18).

Beşinci Jenerasyon: İki aşamalı Etch&Rinse Adeziv Sistemler

Üç aşamalı istemlerden iki aşamalı sistemlere geçilerek uygulama basitleştirilmiş ve klinisyenler tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İki aşamalı ER adeziv sistemlerde, mine/dentin yüzey koşullarının değiştirilme aşamasından (1. aşama) sonra primer ve bonding ajan (adeziv rezin) uygulama aşamaları (2. ve 3. aşama) birleştirilmiş, hidrofilik ve hidrofobik monomerler aynı şişe içinde toplanmıştır (2. aşama). Mine dokusuna olan bağlanma dayanım değerleri (35-45 MPa) üç aşamalı adeziv sistemlerle aynı olmasına rağmen dentin dokusuna olan bağlanma dayanım değerleri (30-35 MPa) mineden daha düşük bulunmuştur (28).

İki aşamalı ER adeziv sistemlerde, ilk aşamada mine (30 saniye) ve dentin dokusu (15 saniye) aynı anda %30-40'lık orto fosforik asitle pürüzlendirilir (total-etch), daha sonra su ile yıkanır. Mine, mat görüntü elde edilene kadar hava ile kurutulurken (15-10 sn) dentin yüzeyindeki aşırı nem hafif hava (15-10 sn) ya da kuru bir pamuk pelet (2-5 sn) ile alınarak nemli dentin oluşturulmaya çalışılır. İkinci aşamada tek bir şişe içerisinde birleştirilmiş primer ve bonding (adeziv) ajan iki veya olguya göre daha fazla katlar halinde parlak bir yüzey elde edilene kadar fırça ile uygulanır, hafif hava sıkılarak (5-10 sn) ince bir tabaka oluşturacak

şekilde kaviteye yayılması sağlandıktan sonra polimerizasyonu gerçekleştirilir. Dentin dokusunun nemli olması; nemli bağlanma dayanımı açısından önemlidir (29). Demineralize dentin dokusu aşırı kurutulduğunda kollajen fibrillere destek veren su buharlaşır ve kollajen ağda orjinal hacminden yaklaşık 1/3 oranında büzülme meydana gelir. Lifler arası boşluklarda bir daralma görülür, sonrasında da hibrit tabakanın oluşması engellenmiş olur. Yapılan çalışmalarda özellikle aseton esaslı adeziv sistemlerin bağlanma dayanımlarının dentin yüzeyindeki nem miktarından etkilendiği ortaya konmuştur (23).

Günümüzde ise primer içindeki polialkenoik asidin, dentin dokusundaki kalsiyum ile bir bağ oluşturduğu ve nem varlığının iyon alışverişini kolaylaştırdığı kabul edilmektedir. Nemin, asit uygulandıktan sonra kollajen liflerin artan elastisite modül değerini azaltarak esneklik kazandırdığı, kollojen lifleri desteklediği, lifler arasındaki nano düzeydeki boşlukları genişleterek monomerin bu alanlara infiltrasyonunu kolaylaştırdığı belirlenmiştir. Nemli bağlanmada, dentin yüzeyi asitle pürüzlendirildikten (15 sn) sonra yıkanır (10-15 sn), yüzeydeki aşırı nem hafif hava (5-10 sn) ya da kuru bir pamuk pelet (2-5 sn) ile alınır. Aşırı kurutulmuş dentinin tekrar nemlendirilmesi (re-wetting) büzülen Tip 1 kollajenin eski hacmine geri dönmesini sağlar. Bunun sonucunda kollajen ağ genişler. Aşırı nemli (over-wet-20 pL) veya aşırı kuru (over-dry-4 pL) dentin yüzeyi yerine, uniform parlak bir dentin yüzeyi klinik olarak kabul edilen nemli dentin yüzeyidir (4).

Altıncı ve Yedinci Jenerasyon Adeziv Sistemler: Self-Etch Adeziv Sistemler (Smear Tabakasını Çözen Adeziv Sistemler)

Altıncı Jenerasyon: İki Aşamalı Self-Etch Adeziv Sistemler

Bu sistemde asidik primer ile adeziv iki ayrı aşamada uygulanmaktadır. İlk aşamada zayıf asidik primer, smear tabakası ile kaplı dentine iki kat uygulandıktan sonra çözünen smear tabakasının bağlanmaya katılması ve primerin interkollojen boşluklara yeterli penetrasyonu için biraz beklenir. Hafif hava sıkılarak kaviteye yayılması sağlandıktan sonra bir ışık kaynağı ile polimerize edilir. Gerekirse bu işlem üretici firmaların önerileri doğrultusunda birkaç kez daha tekrarlanabilir. İkinci aşamada ise primer uygulanmış yüzeylere adeziv uygulanarak ışıqla polimerize edilir.

SE adeziv sistemleri; smear tabakasının dentin ve pulpa dokusunu bakteriyel irritasyonlara karşı koruması, tübüller içindeki sıvı hareketlerini ve dentin geçirgenliğini azaltması yönündeki görüşlerin benimsenmesi sonucu geliştirilmiştir. Bu yüzden de SE adeziv sistemlerin çalışma prensibi smear tabakasını ortadan kaldırmayıp bu tabakayı çözmeye dayanmaktadır. Bu sistemlerde, ER adeziv sistemlerdeki gibi ayrı bir asitle pürüzlendirme, yıkama ve kurutma işlemlerinin yapılmaması klinik uygulama aşamalarını azaltmakta ve klinisyenlere vakit kazandırmaktadır. Bu sistemde; nemli bağlanma (wet-bonding) yöntemi uygulanmadığı için ve dentin nemindeki değişikliklere (over-wet, over-dry) bu sistemin duyarlı olmaması sebebiyle uygulama sırasında yapılabilecek hata olasılıkları da azalmaktadır (4).

SE adeziv sistemlerde kullanılan zayıf asidik primerler, pH derecelerine göre ultra-hafif ($pH > 2,5$), hafif ($pH \geq 2$), orta ($pH \sim 1,5$) ve kuvvetli ($pH \leq 1$) SE adezivler olarak sınıflandırılmaktadır (30). Smear tabakasını ortadan kaldırmadan

smear tıkaçlarının min düzeyde çözünmesine neden olurlar ve dentin dokusunu kısmen demineralize ederek monomerin dentine infiltrasyonunu sağlarlar. SE adeziv sistemler, mine dokusunda ER adezivler kadar etkili bir pürüzlendirme oluşturmazlar. Bu nedenle mine ile olan bağlanmayı arttırmak için mineye asit uygulaması önerilmektedir (31).

Bölgesel farklılıklardan ve pulpal basınçlardan etkilenmeyen bu sistemlerde oluşan hibrit tabakasının kalınlığı, ER adeziv sistemlerle oluşan hibrit tabakanın kalınlığından daha incedir (0,5-1,5 μm) ama oluşan tabaka uniform bir yapıdadır. Adezyon mekanizması, smear tabakası ile iç içe geçmiş uniform bir hibrit tabakasının oluştuğu "hibridizasyon" temeline dayanır. Hibrit tabakanın üst kısmı diğer bir deyişle hibridize smear tabakası, rezin monomerlerin demineralize olmuş smear tabakasına infiltrasyonu sonucu oluşurken, gerçek bir hibrit tabakası olan alt kısmı ise daha ince olup, rezin monomerlerin kollajen ağına infiltrasyonu sonucu oluşmaktadır (23).

SE adeziv sistemler, her ne kadar total-etch sistemlerine göre daha ince bir hibrit tabakası oluştursalar da, bu sistemlerin iyi bir bağlanma dayanımı oluşturmalarının, içeriklerindeki bazı monomerlerin kalan hidroksi apatik kristalleri ile kimyasal bağ yapabilmelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (11). Yine bu sistemler, bakteri içeren smear tabakasını tamamen ortadan kaldırmadığı için ağız içindeki bakterilere, özellikle de *S. Mutans*'a, karşı kuvvetli bir antibakteriyel aktivite gösteren, polimerizasyondan sonra da etkisini devam ettiren, bir quaterner amonyum analogu olan, 12- metakriloksidopridinium bromid (MDPB-12-methacryloyloxydode clypridinium bromide) içerebilir (32).

Yedinci Jenerasyon: Tek aşamalı Self-Etch Adeziv Sistemler

Asit, primer ve bonding basamaklarını bir solüsyonda birleştiren, yıkamanın olmadığı ve klinik uygulama aşamalarının azaltıldığı SE adeziv materyalleri giderek artan bir popülerite kazanmaktadır. Aşamaların azaltılması bu sistemi hekimler için daha kolay bir sistem haline getirmiştir (33). İki komponentli olan Tip 1 tek aşamalı adeziv sistemlerde, uygulamadan önce karıştırma işlemi yapılırken, tek komponentli Tip 2 tek aşamalı (all-in-one) adeziv sistemlerde ise, karıştırma işlemine gerek duyulmaz (34). Klasik adeziv sistemlere kıyasla, tek aşamalı adeziv sistemler kompozite doğrudan temas eden polimerize edilmemiş iyonik monomerler içerirler (35). Tek aşamalı adeziv sistemlerin self-cure kompozitlerle arasındaki uyumsuzluktan kısmen bu reaksiyona girmemiş asidik monomerler sorumludur (35). Ayrıca bu sistemler yarıgeçirgen membran gibi davranma eğilimindedir (34) ve bu da rezin-dentin arayüzünün hidrolitik degradasyonuna (sulu ortamda bozulmasına) neden olmaktadır (36). Bu adezivler, mineyi demineralize etmek ve smear tabakasını çözebilmek için yeterli asiditeye sahip olmak zorunda oldukları için, genellikle organofosfat ve karboksilat yapısında olan rezin monomerleri içerirler (37). Ayrıca yapılarında yüksek oranda asidik hidrofilik monomer ve asidik monomerlerin iyonize olmasını sağlayan su (%5-50) içermektedirler. Ancak içeriklerinden ötürü hidrolize olmaya, hidrolitik degradasyona ve kimyasal bozulmaya yatkındırlar (33,36). Polimerize olmuş adezivin geçirgenliği, dentinden su geçişine izin vererek kompozit-adeziv ara yüz boyunca hidrolitik bozulmaya neden olan su kabarcıkları oluşturur (34). Su kabarcıkları, kurutma

işlemi sırasında polimerize olmamış adeziv içinde kalan, yeterli derecede buharlaşmamış serbest suyun bir göstergesidir. Tay ve Pashley (36), ilk kez Sano ve ark.'nın (37) polimerizasyon öncesi rezin infiltrasyonunun tam olmadığı bölgelerde rastladıkları bu mikroskobik oluşumların, adeziv-dentin ara yüzüne tutunmuş, adezivin iyonik yapısına, hidrofilikliğine ve kalınlığına bağlı olarak değişkenlik gösteren su ağacı (water-tree) görünümünde su kitleleri olduğunu belirtmişlerdir (38). Hibrit tabakadan başlayıp adeziv-kompozit ara yüzüne ulaşan, adeziv ve hibrit tabakada suyun hareketine izin vererek nano sızıntı oluşumuna neden olan bu su kitlelerinin benekli (spotted) veya ağsı (retiküler) görüntüler oluşturduğu transmission electron microscopy mikroskobu ile gösterilmiştir (39). Su kitleleri polimerizasyon reaksiyonunun tam olarak gerçekleşmesi ve adeziv içeriğindeki HEMA'nın hidrojel oluşumunu tamamlaması için engel oluşturlar (38). Tek aşamalı SE adezivlerden daha az geçirgen ve daha hidrofobik olan iki aşamalı SE adezivlerde ise böyle bir soruna rastlanmamıştır (23).

Sekizinci Jenerasyon Adeziv Sistemler

İlk olarak 2010 yılında, nano boyutta partikül içeren, sekizinci jenerasyon adeziv sistemler tanıtılmıştır (36). Bu sistemler tek bileşenlidir ve yapılarında ortalama partikül büyüklüğü 12 nm olan nano doldurucular yer almaktadır. Bu nano doldurucular, rezin monomerlerin penetrasyonunu ve adeziv sistemlerin mekanik özelliklerini geliştiren hibrit tabakanın kalınlığını arttırmaktadır (31,40). Nano-bağlayıcı ajanlar, daha iyi mine ve dentin bağlanma dayanımı ve stres emilimi ortaya koyan ayrıca daha uzun raf ömrüne sahip nano doldurucu çözeltileridir (17). Sekizinci jenerasyon adeziv sistemlerin yapısında asidik hidrofilik monomerler yer almaktadır. Bu sistemlerin en büyük avantajları sonradan tükürük veya nem ile kontamine olmuş dahi olsa asitlenmiş mine yüzeyine kolaylıkla uygulanabilir olmalarıdır (41). Üretici firma, çapraz bağ gibi davranan nano partiküllerin, boyutsal değişiklikleri azaltacağını iddia etmektedir (42,43). Nano doldurucuların tipi ve yapıya dahil edilme şekli, adezivin viskozitesini ve reçine monomerlerinin kollajen lif boşluklarına nüfuz etme yeteneğini etkilemektedir. Boyutları 15-20 nm'den daha büyük veya ağırlıkça %1,0'dan daha fazla içeriğine sahip olan bu sistemler adezivlerin viskozitesini artırabilir. Ayrıca nemli yüzey üzerinde doldurucuların kümelenmesine de neden olabilir. Bu kümelenmeler çatlaklara ve bağlanma kuvvetinde azalmaya neden olabilirler (43).

Üniversal (Multi-mode) Adeziv Sistemler

Üniversal adezivler 2011'den beri kliniklerde kullanılmaktadır. Bu sistemler aynı zamanda multi-mode veya çok amaçlı adezivler olarak da bilinmektedirler. Çünkü bu adeziv sistemler; SE adezivler, ER adezivler veya dentin dokusunda SE adeziv ve mine dokusu üzerinde ER adeziv (ki genellikle minenin selektif olarak asitlendirilmesi olarak adlandırılan bir teknik) olarak da kullanılabilirler (31,40,44). Hem önceki jenerasyon tek aşamalı SE adezivlerin zayıf özelliklerini iyileştirmek hem de mine dokusunda dayanıklı bir bağlanma elde etmek amacıyla, total-etch veya selektif-etch yaklaşımlarının uygulanmasına imkan sağlayan bu sistemler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda universal adezivlerin bağlanma dayanımları ile ilgili iyi sonuçlar elde edildiği ortaya konmuştur (31,45).

Üniversal adezivlerin çoğunluğu, var olan tek aşamalı SE adezivlerin hepsi bir arada (all-in-one) konseptinden

yola çıkılarak tasarlanmıştır. Bu yeni adeziv sistemlerin formülasyonlarında hidrofilik asidik monomerleri iyonize etmek için suya gereksinim vardır (31). Güncel universal adezivlerin pH'ları, ürüne göre değişmekle birlikte, 2,2 ile 3,2 arasında farklılık göstermektedir (46,47). Bu pH aralığındaki universal adezivlerin, dentin dokusu ile bağlanma açısından değerlendirildiğinde çok etkili olabileceği ancak mine dokusuna özellikle prepare edilmiş mineye bağlanma konusunda ise etkili olamayacakları yönünde bir endişe mevcuttur (36,48). Üniversal adezivler aslında geleneksel tek aşamalı SE adezivlere benzer içeriğe sahiptir ve hidroksiapatit içerisindeki kalsiyuma bağlanan karboksilat veya fosfat monomeri içermektedirler. Yapılarına genellikle metakriololoksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP), silan, poliakrilik asit gibi monomerler de eklenmiştir. 10-MDP monomeri hem mine hem de dentin dokusunda var olan hidroksiapatite kimyasal olarak bağlanması sebebiyle üniversal adeziv sistemlere dahil edilmiştir (11). Ayrıca, bu sistemler diş dokularına bağlanmayı artırabilen BPDM, PENTA (49) ve polialkenoik asit kopolimeri içerirler (50). Ayrıca üniversal adeziv sistemlerinin matrisi yapısı; hidrofilik HEMA, hidrofobik UDMA ve Bis-GMA monomerlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu özelliklerin kombinasyonu sonucunda üniversal adezivler, çeşitli yüzey koşulları altında, hidrofilik diş dokusu ve hidrofobik kompozit rezin arasında bir köprü oluşturmayı sağlarlar. Üniversal adezivlerin formülasyonlarında yer alan silan, kompozit rezinlerin cam seramiklere bağlanma aşamasında silanizasyon işlemini elimine etmektedir (17). Bu sistemlerin çok yönlü kullanımları; öncelikle geleneksel ER tekniğinin avantajlarını içermektedir. Ayrıca, bu bonding sistemini kullanan klinisyenler, hem selektif etch hem de SE tekniklerini uygulanma olanağı bulurlar. Bu nedenle, üniversal adezivler, 7. Jenerasyon dentin bonding sistemlerinden çok daha geniş uygulama alanına sahiptirler. Ek olarak, üretici firmalar hem direkt hem de indirekt restorasyonların uygulanması için üniversal adezivlerin kullanılabileceğini ayrıca self-cure, light-cure ve dual-cure reçine bazlı simanlara, metale, zirkonya, porselen ve kompozite bağlanmalarında da uyumlu olduklarını belirtmektedirler (18). Ancak üniversal adezivlerin en büyük dezavantajı diğer tek aşamalı SE adezivler gibi su içermesidir ve bunun sonucunda da hidrolitik yıkımın oluşmasıdır. Bu yüzden polimerize olan üniversal adezivin üzerine hidrofobik bir rezin uygulaması önerilmektedir. Suyun varlığı tüm tek aşamalı adezivler için problem olduğundan etanol üzerinde çalışılmaktadır (31).

Cam İyonomer Esaslı Adezivler

Bu sistemler rezin ve cam iyonomer teknolojisinin birleştirilmesi sonucu, rezin kompozitleri diş dokusuna bağlayan rezin modifiye cam iyonomer adezivlerdir. Cam iyonomer materyali herhangi bir yüzey işlemi yapılmadan diş dokusuna kendi kendine tutunabilen (self-adeziv) yegane materyaldir (15).

Adeziv sistemlerin diş hekimliğinde kullanıldıkları yerler

- Kompozit restorasyonlarda,
- Kompomer (Dyract) restorasyonlarda,
- İndirekt restorasyonların yapıştırılmasında,
- Amalgam restorasyonların altında kavite verniği olarak,

e) Diş eti çekilmesi sonrası açığa çıkmış kök yüzeylerinin korunmasında ve dentin hassasiyetinin giderilmesinde,

f) Porselen, hibrit seramik, kompozit materyallerinden elde edilmiş kron-köprü restorasyonlarının ağız içi tamirlerinde, ısı ile ya da dual-cure polimerize olan kompozitlerle birlikte kor (core) yapımında kullanılırlar.

Diş Hekimliği Klinik Uygulamalarda Çok Yaygın Kullanılan Adeziv Sistemlerin Taşınması Gereken Özellikler:

- Biyouyumlu olmaları ve özellikle dişin pulpa dokusuna zarar vermemeliler,
- Diş sert dokularına (mine ve dentin) mikromekanik ve kimyasal olarak bağlanabilmeliler,
- Diş sert dokuları haricinde metal ve porselene de bağlanabilmeliler,
- Dentin kanallarının tümünü/çoğunu tıkayarak işlem sonrası hassasiyeti önlemeliler,
- Çiğneme kuvvetlerinin ve polimerizasyon büzülme streslerinin oluşturduğu streslere karşı koyabilmeliler,
- Isısal genleşme ve ısısal büzülmeye karşı dirençli olmaları,
- Nemli yüzeylerde rahat uygulanabilmeliler,
- Mikrosızıntıya dayanıklı olmaları ve sekonder çürükleri önlemeliler,
- Raf ömürleri kısa olmamalı,
- Klinik uygulamaları zor olmamalı ve uygulama basamakları azaltılmış olmalı,
- Film kalınlığı minimum (20 µm'dan az) olmalıdır (18).

Sonuç

Kompozit rezinlerin adeziv sistemler sayesinde mine ve dentin dokularına güvenilir bir şekilde bağlanması, operatif diş hekimliğinde amalgam restorasyonlar için hazırlanan kaviteler yerine daha konservatif kavite preparasyonlarına izin vermektedir. Dentin bonding sistemlerinde ve uygulama tekniklerindeki gelişmeler, bu sistemlerin diş hekimliğinin daha birçok alanında kullanılmalarını mümkün kılmaktadır. Ancak, daha iyi ve kullanımı kolay materyaller üretilse bile, klinikte başarılı bir restorasyon yapılabilmesi için öncelikle klinisyenin uygulama sırasında tekniğe dikkat etmesi gerekmektedir. Bununla birlikte bonding işleminin ideal koşullarda yapılması da çok önemli bir konudur.

Mevcut minimal invaziv diş hekimliği kavramı, dental adeziv teknolojisinde önemli bir gelişmeye neden olmuştur. ER yaklaşımının, özellikle minenin dentin dokusuna göre daha baskın olduğu durumlarda diğer bir deyişle ön dişlerde daha iyi bir adezyon oluşturmak adına daha uygun olacağı söylenebilir. Arka bölge dişlerde ise, fosforik asit ile minede selektif etch işlemini takiben hem mine hem de dentin dokusuna 10-MDP bazlı iki aşamalı SE adeziv sistemlerin aktif olarak uygulanması, optimal bir restorasyon dayanıklılığı elde etmek için iyi bir strateji olarak kabul edilebilir.

Yeni adeziv sistemler ile; restorasyon sonrası hassasiyeti azaltma veya ortadan kaldırma, mikrosızıntıyı azaltma ve rezinin diş dokularına güzel bir şekilde yayılabilmesini sağlama konularında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu yüzden adeziv materyallerin *in vitro* koşullarda elde edilen başarısının, kompozit materyallerinin ağız içinde uzun süreli dayanıklılıklarını değerlendirmek adına klinik takiplerle desteklenmesi gerekmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Kaynaklar

- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;34:849-53.
- Nakabayashi N. Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into the dentin at the adhesive interface. JSDMD 1982;1:78-81.
- 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;71:1530-40.
- Dayangac B. Bonding sistemleri "Kompozit rezin restorasyonlar". Ankara: Gunes Kitabevi Ltd. Sti; 2000.
- The Physics of Adhesives [Internet]. Available from: URL: <http://ffden-2.phys.uaf.edu>.
- Rosa AJ, da Silva EM, Tostes MA. Scanning electron microscopy analysis of microstructure of the adhesive interface between resin and dentin treated with papain gel. Indian J Dent Res 2015;26:77-81.
- Schwartz RS, Summit JB, Robbins W. Fundamentals of Operative Dentistry. USA: Quintessence Publishing Co, Inc.; 1996.p.141-86.
- Fukushima T, Inoue Y, Miyazaki K, Itoh T. Effect of primers containing N-methylolacrylamide or N-metyklolmethacrylamide on dentin bond durability of a resin composite after 5 years. J Dent 2001;29:227-34.
- Breschi L, Mazzoni A, De Stefano D, Ferrari M. Adhesion to intraradicular dentin: A review. J Adhes Sci Technol 2009;7:1053-83.
- Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials 2003;24:655-65.
- 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;28:3757-85.
- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res 1982;16:265-73.
- Youngson CC, Gray NJ. An in vitro comparative analysis: Scanning electron microscopy of dentin/restoration interfaces. Dent Mater 1992;8:252-58.
- Erickson RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent 1992;5:81-94.

15. Heymann HO, Swift EJ, Ritter AV, editors. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book*. 6th ed. Mosby: Elsevier, Chapter 4;2013.
16. Joseph P, Yadav C, Satheesh K, Rahna R. Comparative evaluation of the bonding efficacy of sixth, seventh and eight generation bonding agents: An in vitro study. *IRJP* 2013;4:143-7.
17. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: From the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol* 2017;8:1-17.
18. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998;26:1-20.
19. Latta M, Barkmeier WW. Dental adhesives in contemporary restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 1998;42:567-77.
20. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: From first to sixth generation. *JADA* 2000;127:20-5.
21. Bowen RL, Rodriguez MS. Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. *JADA* 1962;64:378-87.
22. Perdigão J. An ultra-morphological study of human dentine exposed to adhesive systems [thesis]. Leuven KUL: Van der Poorten; 1995.
23. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive resin. *J Dent Res* 1979;58:1364-70.
24. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res* 1975;9:373-87.
25. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: A review. *Aust Dent J* 2004;49:112-21.
26. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 2014;42:800-7.
27. 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;71:1530-40.
28. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch and rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent* 2003;28:647-60.
29. Ahn J, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of additional etching and ethanol-wet bonding on the dentin bond strength of one-step self-etch adhesives. *Rest Dent Endod* 2015;40:68-74.
30. Güven Y, Aktören O. Adeziv sistemlerin yapısal özelliklerinin adeziv sistem-diş yüzeyi bağlantısındaki rolü. *İÜDHFD Derleme* 2014;48:57-65.
31. 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;40:475-84.
32. Imazato S. Antibacterial adhesive system - The potential benefit to successful restoration. In: Sano H, Uno S, Inoue S, editors. *Modern Trends in Adhesive Dentistry Proceedings of the Adhesive Dentistry. Dental Material Department, Medical Products Division, Kuraray Co, Ltd; Japan: 1998*.p.107-14.
33. Nishiyama N, Tay FR, Fujita K, Pashley DH, Ikemura K, Hiraishi N, et al. Hydrolysis of functional monomers in single-bottle self-etching primer-correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *J Dent Res* 2006;85:422-6.
34. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002;30:371-82.
35. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self-etch adhesive. *Oper Dent* 2003;28:610-21.
36. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;17:296-308.
37. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 1999;78:906-11.
38. Tay FR, Pashley DH. Water treeing-A potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003;16:6-12.
39. Donmez N, Belli S, Pashley DH, Tay FR. Ultrastructural correlates of in vivo/in vitro bond degradation in self-etch adhesives. *J Dent Res* 2005;84:355-9.
40. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent* 2012;25:153-8.
41. Karami Nogourani M, Javadi Nejad Sh, Homayunzadeh M. Sealant Microleakage in saliva-contaminated enamel: Comparison between three adhesive systems. *J Dent Sch* 2010;27:197-204.
42. Basaran G, Ozer T, Devcioglu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod* 2009;31:271-5.
43. Kasraei SH, Atai M, Khamverdi Z, Khalegh Nejad S. Effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *J Dent (Tehran)* 2009;6:91-6.
44. Munoz 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;40:282-92.
45. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive-A review. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac* 2014;55:194-206.
46. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of selfetch adhesives. *Dent Mater* 2011;27:17-28.
47. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitão J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 1997;10:141-6.
48. Miyazaki M, Sato M, Onose H. Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent* 2000;25:75-80.
49. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, Lambrechts P, Vanherle G. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003;82:136-40.
50. 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;83:843-48.