

Süt ve daimi dişlerde bağlayıcı ajanların etkinliği, biyouyumluluğu ve sitotoksitesi

Çiğdem Küçükeşmen, Yıldırım Erdoğan

Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD, Isparta, Türkiye.

Özet

Son yıllarda estetik kaygısının artmasıyla, diş sert dokularına bağlanabilen estetik dolgu materyalleri ve adeziv sistemler geliştirilmiştir. Kullanılacak restoratif materyalin seçiminde diş, çevre dokular, hastaya bağlı faktörler ve materyalin özellikleri gibi birçok etken rol oynar. Günümüzde adeziv sistemler, genel olarak uygulama basamaklarına göre "total-etch" ve "self-etch" sistemler olarak sınıflandırılmaktadırlar ve her iki sistemin de restoratif diş hekimliğinde ve klinik uygulamalarda birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Süt ve daimi dişlerin anatomik, histolojik ve fizyolojik özelliklerinin farklı olması nedeniyle adeziv sistemlerin bu dokulardaki etkinliği de farklılıklar göstermektedir. Adeziv sistemlerin çeşitliliği, özellikle çalışmanın zor olduğu çocuk hastalar açısından pedodontik diş hekimliğinde kolaylık ve avantaj sağlamaktadır. Çeşitli kimyasal yapıya sahip yeni materyallerin diş hekimliğinde kullanımı, bu materyal ve uygulama tekniklerinin biyolojik güvenilirliklerinin artan bir şekilde sorgulanmasına neden olmuştur. Bu biyolojik riskler karmaşıktır ve tam olarak belirlenememiştir. Adeziv teknolojisindeki hızlı ilerleme, gelecekte daha gelişmiş ve daha biyouyumlu adeziv sistemlerin ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: asitle pürüzlendirme, total-etch sistemler, self-etch sistemler, biyouyumluluk, sitotoksite.

Abstract

The efficiency, biocompatibility and cytotoxicity of bonding agents in primary and permanent teeth

In recent years, restorative and adhesive materials bonded to dental hard tissues are improved because of rising aesthetic concerns of patients. There are many factors affecting the selection of dental materials such as tooth and surrounding tissues, factors belong to patients and properties of material itself. Recently, adhesive systems are classified as "total-etch" and "self-etch" and both systems have several advantages and disadvantages on clinical applications. Because of the differences between primary and permanent teeth regarding the morphology, histology and physiology, the performance of the adhesive systems are different from each other. The variety of adhesive systems provides simplicity and some advantages in pediatric dentistry in which is difficult to work with children. The use of new materials with new chemical properties has also raised questions about the biological safety of new materials. These biological risks are complex and they can not be defined completely yet. The development in the adhesive technology points that more biocompatible and advanced adhesive systems may be improved in the future.

Key words: acid-etching, total-etch systems, self-etch systems, biocompatibility, cytotoxicity.

Giriş

Günümüzde estetik kaygıların artması, son yıllarda, adezyon yolu ile dişlerin sert dokularına bağlanabilen restoratif materyallerde hızlı bir gelişmeye yol açmıştır. İdeal estetik restoratif bir materyal; mine ve dentine adezyonla bağlanmalı, mümkün olduğunca düzgün bir yüzeye sahip olmalı ve ayrıca; renk değişikliği, mikrosızıntı ve pulpada toksik reaksiyonlara yol açmamalıdır (1). Restorasyonların

başarı oranı, adeziv materyallerdeki gelişme sayesinde oldukça artmış (2,3), ayrıca kavitelerin gereğinden fazla genişletilmesinin de önüne geçilmiştir. Pedodontik diş hekimliğinde bağlayıcı ajanlar (adeziv sistemler); ön ve arka dişlerdeki kompozit ve indirekt/direkt kompozit rezin restorasyonlar, amalgam restorasyonlar, post-core veya retrograd restorasyonlar, travma geçiren dişlerin restorasyonları ve splintlenmesi, bant ve sabit yer tutucuların yapıştırılması, mine ve dentin çatlaklarında onarım ve hassasiyetin giderilmesi, dentin hassasiyetinin tedavisi gibi amaçlarla kullanılabilir (1,4-9).

Yazışma Adresi: Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Küçükeşmen
Adres: Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı, Doğu Kampüsü, Çünür, Isparta, Türkiye.
Tel: 0 90 246 211 32 71 Fax: 0 90 246 237 06 07
E-mail: kucukesmen cigdem@gmail.com

Müracaat tarihi: 22.02.2008
Kabul tarihi: 05.01.2009

Adeziv sistemler günümüzde genellikle, uygulama basamaklarına ve asit uygulama yöntemine göre “total-etch ve self-etch adeziv sistemler” olarak sınıflandırılmaktadırlar (9,10).

Bu makalede; adeziv sistemlerin, süt ve daimi dişlerin mine, dentin ve pulpası üzerindeki bağlanma etkinliklerinin yanı sıra, biyolojik riskleri, biyouyumlulukları ve sitotoksiteleri hakkında da bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Total-etch” adeziv sistemler

“Total-etch” tekniğinin kullanıldığı, 4. ve 5. kuşak adeziv sistemlerdir. 4. kuşak adezivler; “asit + primer + adeziv rezin uygulamalarını” içeren “üç basamaklı”, 5. kuşak adezivler ise; “asit + primer ve adeziv rezin” uygulamalarının tek basamakta toplandığı “iki basamaklı” total-etch adezivlerdir (9,11-13). Su, etanol veya aseton gibi çözücülerde çözünmüş ve diş yüzeyine adezyonu arttıran primer solüsyonunun içerisinde; kollajen ağının ıslanabilirliğini ve tekrar genişemesini sağlayarak yüzey enerjisini ve adeziv rezinin bağlanma gücünü arttıran hidrofilik HEMA (Hidroksietil metakrilat) monomeri bulunur. (8,14). Çözücü içermeyen hidrofobik monomerlerden oluşan ve doldurucu partikül içerebilen adeziv rezin, kollajen lifler arasındaki boşluğu doldurur ve polimerizasyon işleminin ardından “rezin tag” oluşumunu sağlayarak mikromekanik bağlanmanın gerçekleşmesini sağlar (15). Çözücü (aseton veya alkol) ve monomer rezin içeriğinin, HEMA (Hidroksietil metakrilat), BisGMA (Bisglisidil metakrilat), TEGDMA (Trietilen glikol dimetakrilat), UDMA (Üretan dimetakrilat) gibi tek şişede toplandığı 5. kuşak sistemlerde, organik çözücü suyla hızla yer değiştirdiği için, primer solüsyonunun ayrıca uygulanmasına gerek kalmaz.

Self-etch adeziv sistemler

Diş yüzeyini kendiliğinden asitle pürüzlendirme özelliğine sahip olan bu sistemler, klinik olarak teknik hassasiyeti ve uygulama süresini kısaltmak amacıyla, total-etch sistemlere alternatif olarak geliştirilmişlerdir. Yıkama işlemi gerektirmeyerek polimerize olabilen monomer içerikli primerlere sahip bu sistemlerde, smear tabakasını çözen (16) veya hibrit tabakaya dâhil edebilen (17) asidik bir grup içeren monomerler sayesinde, diş yüzeyi pürüzlendirilebilmekte, adeziv rezin smear tabakasından penetre olarak alttaki dentin tabakasının yüzeyinde reaksiyona girebilmektedir. Bununla birlikte, hem asit hem primer işlevi gören bu sistemlerin (16,18) asiditesi, dentin sıvısının tamponlama potansiyelini aşacak kapasiteye sahip olmalı ve smear tabakası içine difüze olduğunda suyla yer değiştirebilecek yeterli monomer içermelidir (16).

Ayrıca, smear tabakasının kalınlığı, primer’in pH’sı, vizközitesi ve nemlendirme kapasitesi gibi faktörler de bu sistemlerin infiltrasyon ve demineralizasyon derinliğini etkilemektedir (19). Bu adezivlerin de iki ve tek basamaklı tipleri mevcut olduğu gibi (13), asiditelerine göre zayıf, orta ve güçlü olarak da sınıflandırılabilirler (20). İlk self-etch adezivlerde, asidik primeri takiben adeziv rezin uygulanmaktayken, ileriki dönemlerde asit, primer ve adezivi birleştiren “all-in-one” self-etch sistemler üretilmeye başlanmıştır (13,21).

İki basamaklı self-etch sistemler

Asit ve primer işlevi gören hidrofilik primerle kombine asidik monomerin ve hidrofobik adeziv rezinin yer aldığı iki şişeden oluşurlar. (2,13). Çözücü içeriği su olup, asidik primer ve adeziv rezin solüsyonlarının dişe ayrı ayrı uygulandığı veya ayrı şişe veya blisterlerdeki asidik monomer ve adezivin eşit miktarlarda karıştırılarak tek aşamada dişe uygulandığı tipleri vardır. “Total-etch” tekniğine göre minede daha az etkili olduğu bildirilen bu sistemlerle, yüzeyel dentine 25 MPa civarında bağlanma kuvvetleri elde edilebildiği de öne sürülmüştür (22).

Tek basamaklı self-etch sistemler

Bu sistemlerin avantajı, hidrofobik ve hidrofilik monomerlerin aynı şişede toplanarak, klinik uygulama basamağı ve süresinin azaltılmasıdır (13). Ancak bu sistemlerle elde edilen bağlanma kuvvetlerinin oldukça düşük olması sorun oluşturmaktadır (13,23). Bu sistemlerde, su dentin yüzeyinden tamamen uzaklaştırılmadığı için rezinin polimerizasyonu yeterli oranda gerçekleşmeyebilmektedir ve nanosızıntı riski de yüksektir (24). Ayrıca organik çözücünün (etanol veya aseton) içinde bulunan hidrofobik ve hidrofilik monomer karışımı, dentinde eş zamanlı etki gösterdiği için, oluşan reaksiyonlar arasında kesin bir sınır yoktur ve dolayısıyla asidik monomerlerin ve adeziv rezinin dentindeki etkilerinin aşamalarını izlemek zordur (13).

Asitle pürüzlendirme işlemi

Asitle pürüzlendirme işleminde, uygulanan asidin konsantrasyonu, formu (solüsyon, jel, yarı jel), uygulama süresi, yöntemi, diş dokusunun mineral içeriği ve geçirgenlik düzeyi önemlidir (8, 25). Bu işlemde; geleneksel fosforik asite (% 32-40) (8,26) alternatif olarak; piruvik (% 10), sitrik (% 10), oksalik (% 1,5-3,5), sialik, benzoik, poliakrilik (% 20), nitrik (% 2,5) veya maleik (% 2,5-10) asitler de kullanılabilir (8,13,25,27). Mine yüzeyinde en iyi sonuçların, % 37’lik fosforik asit uygulanmasıyla elde edildiği bildirilmiştir (28). Asidin

direkt uygulanmasının yanı sıra, mine yüzeyinin aktif ovalanması veya uygulamanın tekrarlanması gibi yöntemler de pürüzlendirme oranını etkileyebilmektedir (19). Self-etch sistemlerde yer alan zayıf asitlerin, dentin smear tabakasını optimal düzeyde kaldırırken, minede yetersiz kaldıkları (13,19), total-etch tekniğiyle ise, dentinde daha iyi bir hibrit tabakası oluşumunun gözlemlendiği ve daha yüksek mine ve dentine bağlanma değerleri elde edildiği bildirilmektedir (16).

Süt ve daimi diş minesinde adezyon

Minenin asitlenmesinin amacı; mineyi temizlemek, mine smear tabakasını kaldırmak, prizmatik ve interprizmatik mineral kristallerini çözerek rezin tag'ların oluşabilmesi için gereken boşlukların oluşmasını sağlamak ve minenin serbest yüzey enerjisini arttırmaktır. Mine smear tabakası, asit uygulamasıyla uzaklaştırılabilmektedir. Ancak, total-etch sistemlerin mineyi asitle pürüzlendirme kapasitesi genel olarak yeterli iken, self-etch sistemler ise minede yetersiz kalabilmektedir. İdeal olarak, self-etch sistemlerde yer alan asidik rezin, mine smear tabakasını tamamen çözebilir veya adeziv içinde dağıtabilmelidir. Ancak minenin inorganik içeriği dentine göre daha fazladır ve bu durum minenin asidik rezine karşı tamponlama kapasitesini arttırmaktadır (13). Bu durumda, self-etch sistemlerin minede fosforik asit uygulamasına benzer bir pürüzlendirme sağladıkları, ancak total-etch sistemlere göre daha az etkili oldukları bildirilmektedir (29). Minenin mikroskobik yapısını, mine prizmaları (veya mine çubukları) oluşturur. Tüberkül tepelerinde dik konumda bulunan mine prizmaları, daimi dişlerde servikal alanlarda yatay pozisyonda izlenirken, süt dişlerinde, daimi dişlere göre daha dik açılanma göstermektedir. Bu durum, süt dişlerinde asitle pürüzlendirme işlemini güçleştirmektedir (30). Ayrıca süt dişlerinde, kalın bir prizmatik mine tabakası mevcuttur. Süt dişlerinde mevcut olan bu durum, süt dişlerinde klinik olarak başarılı bir adezyonun sağlanabilmesi açısından önem taşımaktadır ve bu nedenle süt dişlerinde gerek mine prizmalarının dağılımı ve gerekse prizmatik mine tabakasının kalınlığı nedeniyle, süt dişi minesinin asitle pürüzlendirme süresinin daimi dişlere göre daha uzun tutulması önerilmiştir (13,30). Bir araştırmada süt dişi minesine 30 sn asit uygulanmasının, daha kısa süreli uygulamalardan daha homojen ve daha düzgün bir rezin bağlantısı ve daha yüksek bağlanma değerleri sağladığı bildirilmiştir (31). Süt dişi minesinde, fosforik aside alternatif başka asitler de uygulanmıştır. Örneğin % 50'lik sitrik asidin 5 dk süreyle

uygulanmasının yeterli bir pürüzlendirme sağladığı bildirilmekle birlikte, klinik uygulama süresinin uzunluğunun, özellikle çocuk hastalarda dezavantaj oluşturacağı görülmektedir (13). Bir araştırmada, % 10'luk maleik asitin 15 sn uygulanması sonucu daha az mineral kaybı olduğu gözlenmiştir (32). Bir başka araştırmada, süt dişi minesinde adeziv materyal uygulandığında, rezin tag'lerden yoksun hibridize kalın bir prizmasız mine tabakası gözlemlendiği ve rezinmine arayüzü uzaklaştırıldığı zaman, hibrit tabakasının altında prizmatik mine tabakasında rezin tag'ler görüldüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte, bu görüntünün daimi dişlerde gözlenen yapıdan farklı olmasına rağmen, bağlanma kuvvetinin etkilenmediği belirtilmiştir (13).

Süt ve daimi diş dentininde adezyon

Dentinin inorganik yapısını, mine dokusuna göre daha küçük boyutlu olan hidroksiapatit kristalleri, organik yapısını ise glikoproteinler, mukopolisakkaritler ve lipitler oluşturur. Dentin içinde çok sayıda tübüller bulunmakta, bu tübüllerin içerisinde odontoblastik uzantılar ve dentin sıvısı yer almaktadır. Bu nedenle dentin nemli bir dokudur (8,30,33). Pulpa yakınında dentin tübüllerinin çaplarının geniş, sayılarının fazla ve mineralize peritübüler dentin yapısının zayıf olması nedeniyle, rezin materyallerin sitotoksik etkileri pulpaya kolaylıkla ulaşabilmektedir. Bu durum ayrıca derin dentinin nem oranını arttırmakta ve adeziv materyallerin bağlanmasında sorun teşkil etmektedir (19,30,34).

Kavite preparasyonu sonrasında dentin tübüllerinin ağız, tübüller ve intertübüller dentinin geçirgenliğini azaltan smear tabakasıyla kaplanır. Dentin geçirgenliği; dentin kalınlığı, birim alandaki tübül sayısı, dişin matürasyonu, kavite preparasyonu gibi faktörlere bağlı olarak da değişebilir (35). Monomer difüzyon hızı, smear tabakasının olduğu bölgeye göre de değişmekte, servikal alanlarda dentin geçirgenliği farklı olduğu için, monomer difüzyon hızı etkilenmektedir. Dentinin rezin monomere geçirgenliği ve monomerin dentin tübüllerinde yayılma potansiyeli, hibrit tabaka oluşumu için temel faktördür (16). Hibrit tabakası oluşumu için, dentin matriksinin kollajen fibrilleri açığa çıkarılıp monomer infiltrasyonu için difüzyon yolları oluşturularak, intertübüller dentin demineralize edilmelidir. Dentinde kavite preparasyonu sonrası oluşan smear tabakasının kalınlığı ve morfolojisi, kavitenin hazırlanma tekniğine ve pulpaya yakınlığına göre değişir ve adeziv rezinin dentine bağlanma kuvvetini azaltır. Dentinde bağlanma

kapasitesinin artırılması için bu tabakanın kaldırılması veya modifiye edilmesi gereklidir. Ancak smear tabakasının kaldırılmasıyla, dentin tübülleri açılır, geçirgenlikleri artar, sıvı akışı gerçekleşir ve dentin nemlenir. Dentindeki bağlanma mekanizmasının mineye göre daha karmaşık olması bu sebepten dolayıdır (13,36). Dentinde fosforik asit kullanılarak yapılan 15 sn'lik asitleme işlemi sonucunda, kollajen yapısına zarar vermeden yüzeysel kollajen fibrillerinin ortaya çıktığı gözlenmiştir (37). Araştırmacılar, asitleme derinliği ve uygulanan asidin pH'sı arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır (16).

“Total-etch” sistemler kullanıldığında, iyi bir bağlanma için asitleme işleminin ardından minenin kuru olması gerekirken, dentinde kollajen ağının çökmemesi için bir miktar neme gereksinim vardır (38). Adeziv sistemlerde, asit uygulaması sonrasında havayla kurutma, dentin kollajen fibrillerinin çökmesine neden olur. Bu durumdaki dentin, “çökmüş demineralize dentin” olarak adlandırılabilir. Buna karşılık, dentin kollajen fibrilleri, asit uygulanmasının ardından havayla hafifçe kurutulmuş nemli bırakıldığı takdirde bu dentin de, “çökmemiş demineralize dentin” olarak isimlendirilebilir (16). Dentinde ortaya çıkan bu durumu çözmek amacıyla primer içeriğine dayanan iki yaklaşım önerilmiştir (38). “Kuru bağlanma” olarak adlandırılan ilk yaklaşımda, asit uygulanmış dentinin havayla kurutulmasının ardından çöken kollajen ağının, primer uygulaması sonucu tekrar geliştirilmesi söz konusudur (39). Çökmüş demineralize dentinde primer uygulaması, kollajen fibril ağının tekrar gelişmesini ve demineralize intertübüler dentin matriksinin geçirgenliğini tamir etmesini sağlamaktadır (16). “Nemli bağlanma” olarak adlandırılan diğer yaklaşımda, yıkama işleminin ardından dentin tümüyle kurutulmaz ve hafif nemli bırakılır. Amaç, ortaya çıkan kollajen liflerin havayla kurutma sonrası büzülmesini önlemek (40) ve hidrofilik primer uygulaması sonucunda, kollajen matriksin kimyasal olarak dehidratasyonunu sağlamaktır. Kimyasal ve fiziksel dehidratasyon arasındaki fark, kimyasal dehidratasyonun demineralize dentin matriksinin çökme fazında değil, gelişme fazında katılmasındır. Katılan matriks de tekrar kolaylıkla çökmemektedir (8,16). Sonuç olarak bu teknikte, primer ve rezinin nemli dentin yüzeyine çok daha çabuk ve iyi adapte olduğu gösterilmiştir (40).

Bununla birlikte, bırakılan nem oranı gereğinden fazla ise “aşırı nemlenme fenomeni” denilen sorun ortaya çıkar (41). Bu sorunda, rezinin bağlanma

dayanıklılığı, nemin fazla olması (~20 il) durumunda olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durumun, yüzeyde ve yüzeyin hemen altında bulunan poröz yapının suyla kaplanarak hidrofilik monomer konsantrasyonunun azalmasına ve monomerin su ile yer değiştirmesini zorlaştırarak daha zayıf bir bağlanma elde edilmesine neden olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık, rezinin bağlanma dayanıklılığının, dentin yüzeyinde mevcut olan nemin az miktarda olması (~4µl) durumunda ise olumlu yönde etkilendiği belirtilmektedir (8,16).

Daimi dişlerde dentinin tübül çapı ve yoğunluğunun, süt dişlerine göre fazla olduğu bildirilmektedir (35,42). Bunun nedeni, süt dişlerindeki peritübüler dentin kalınlığının daha fazla olmasıdır (33). Hem peritübüler hem de intertübüler dentinde kalsiyum ve fosfat konsantrasyonları, süt dişlerinde daimi dişlere göre daha düşüktür (43). Süt dişi dentinine adezyonda, dentinin mineralizasyonu, tübül yapısı, sayısı ve yoğunluğu büyük rol oynamaktadır. Daimi dişlerle karşılaştırıldığında süt dişlerinde daha kalın bir hibrit tabakası ve daha düşük bağlanma gücü rapor edilmiştir (43,44). Süt dişi dentini, tübül yapısının farklı olması nedeniyle daimi dişlere oranla yüzeysel olarak daha az nemlenmektedir ve uygulanan asidin seyrelmesi de daha az orandadır. Bu sebeple süt dişi dentinine asidin etkisi daha hızlı ve derin olmaktadır (45). Dolayısıyla süt dişi dentinine asit, daimi diş dentinine oranla daha kısa ve dikkatli uygulanmalıdır (46). Pulpaya doğru ilerledikçe, süt dişi dentininin sertlik, elastisite ve gerilme direnci gibi fiziksel ve mikromekanik özelliklerinin zayıfladığı bildirilmekte (43,47) ve bu durum, adeziv rezinin bağlanma kuvvetini etkileyebilmektedir. Ayrıca süt dişlerinde hibrit tabakasının daimi dişlere göre % 25-30 daha kalın olmasının, daha düşük bağlanma değerlerine yol açtığı da bildirilmektedir (46,48). Nitekim yapılan bazı çalışmalarda süt dişi dentininin bağlanma gücünün, daimi diş dentinine göre daha düşük olduğu gösterilmiş (49-51) ve bu durumun süt dişlerinin histolojik, kimyasal ve morfolojik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (51). Bununla birlikte, süt ve daimi diş dentininden elde edilen bağlanma direnci değerleri arasında farklılık olmadığını (43,52) veya süt dişi dentini bağlanma değerlerinin daimi diş dentinine göre daha yüksek olduğunu ileri süren çalışmalar da mevcuttur (53,54).

Süt ve daimi dişlerde adezyona etki edebilen diğer bazı klinik faktörler

Literatürde bağlanma kuvvetinin başka klinik faktörlerden de etkilendiği belirtilmektedir. Örneğin

bazı araştırmacılar sağlam ve çürük süt dişi dentinini karşılaştırmışlar ve her iki tip dentinde de, self-etch sistemlerin total-etch sistemlere göre daha yüksek bağlanma kuvvetleri gösterdiğini, ayrıca total-etch sisteme ait bağlanma değerlerinin sağlam dentinde çürük dentinden daha düşük olduğunu ileri sürmüşlerdir (55). Daimi dişlerde yapılan bazı çalışmalarda ise, çürük dentine göre sağlam dentinde daha yüksek bağlanma değerleri elde edildiği bildirilmektedir (56-58). Kompomerlerin süt dişi dentinine bağlanması üzerinde, formalin krezolün etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, bağlanma değerleri formokrezol uygulanmış grupta daha yüksek bulunmuştur (59). Yapılan diğer bazı çalışmalarda; daimi diş dentinin tükürük ile kontaminasyonunun, self-etch sistemlerde bağlanma kuvvetini etkilemediği (60) self-etch primer bir adeziv uygulandığı bir diğer çalışmada ise primer uygulamasından önce veya sonra tükürük ile kontaminasyonun bağlanma değerlerini azalttığı belirtilmiştir (61). Diğer taraftan, ışık cihazı ile polimerizasyondan önce diş yüzeyinin tükürükle kontamine olmasının ardından, diş yüzeyinin havayla kurutulması, yıkanması veya yüzeyin yıkandıktan sonra bağlayıcı ajanın tekrar uygulanması gibi faktörlerin bağlanma değerlerini ne şekilde etkilediğinin araştırıldığı bir başka çalışmada, ışıkla polimerize edilmeden önce; yüzeyin yıkanması sonucu en düşük bağlanma değerlerinin gözleendiği, yüzeyin havayla kurutulması ve yıkandıktan sonra bağlayıcı ajanın tekrar uygulanmasının ardından bağlanma kuvvetinin daha yüksek olduğu, ayrıca kontaminasyonun olmadığı kontrol grubu ile aralarında anlamlı bir farklılığın bulunmadığı, buna karşılık tüm gruplarda, aynı test prosedürleri uygulandıktan sonra ışıkla polimerize edilmenin ardından; kontrol grubundan belirgin olarak daha düşük değerler gözleendiği ileri sürülmüştür (62). Süt kesici ve süt azı dişi dentininin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada ise, süt kesici dişi dentininden elde edilen bağlanma değerlerinin, süt azı dişi dentinine oranla belirgin düzeyde daha yüksek buldukları rapor edilmektedir (63).

Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere, çeşitli klinik faktörler göz önüne alındığında, bağlanma kuvvetine ait sonuçların da çeşitlilik gösterebildiği izlenmektedir. **Adeziv sistemlerin biyolojik riskleri, biyoyumlulukları ve sitotoksisite**

Yeni adeziv materyallerin ve uygulama tekniklerinin diş hekimliğinde oldukça yaygın biçimde kullanılmaya başlanması ile birlikte, bu materyallerin biyolojik olarak güvenilirliklerinin daha fazla sorgulanması da

gündeme gelmiştir.

Rezin esaslı materyaller, HEMA, BisGMA, TEGDMA, UDMA gibi monomerler içerirler. Dentin içerisindeki su ile yer değiştirebilen amfoterik HEMA monomeri, hemen hemen tüm adeziv sistemlerin yapısında bulunmaktadır. Bu monomerleri içeren adeziv sistemlerin biyoyumluluğu, pulpaya yakın olan asit uygulanmış dentin üzerine yerleştirilmeleri ve bu bölgede yer alan dentin tübüllerinin sayısının ve çapının büyük olması nedeniyle oldukça önemlidir (64).

Teorik olarak, polimerizasyon prosedürü sonucunda monomerlerin tamamının polimere dönüşmüş olması arzu edilmektedir. Bununla birlikte, polimerizasyon işlemi sırasında metilmetakrilat monomerleri, % 25-50 gibi oranlarda polimer içerisinde tepkimeye girmemekte ve bu monomerler, polimerize olmamış artık monomerleri oluşturmaktadır (65). Polimerize olmamış bu artık monomerlerin biyolojik olarak risk yaratmaları mümkündür.

Ancak artık monomerlerin biyolojik risk yaratabilmeleri için birtakım başka faktörlerin mevcudiyeti de şarttır. Örneğin pulpa dokusuna difüzyonun gerçekleşebilmesi için öncelikle bu artık monomerlerin polimer yapıdan serbestleşebilmeleri gerekir. Ardından monomerlerin pulpaya difüze olabilmeleri için, kolaylıkla çözünürlük gösterebilmeleri, hücreler üzerinde biyolojik olarak toksik reaksiyon oluşturabilecek kadar yeterli dozlarda mevcut bulunmaları ve ayrıca toksik reaksiyon oluşturabilecek kimyasal özelliklere sahip olmaları gereklidir (2).

İn-vitro şartlarda, HEMA'nın hızlı bir şekilde dentine difüze olarak sitotoksik etkiler oluşturabileceği gösterilmiştir (66). Fare fibroblastları üzerinde yapılan in-vivo bir çalışmada, adezivlerin komponentleri olan HEMA, Bis-GMA, TEGDMA, UDMA ve bunların kombinasyonlarının (HEMA ve Bis-GMA, Bis-GMA ve TEGDMA, TEGDMA ve UDMA) yol açtığı sitotoksik etkiler araştırılmış ve bu komponentlere 24 ve 72 saatlik maruz kalmanın ardından toksisite oranları; Bis-GMA > UDMA > TEGDMA >>> HEMA (en az toksik) şeklinde bulunmuştur. Ayrıca bu komponentlere ve bunların kombinasyonlarına daha uzun sürelerde maruz kalmanın da sitotoksisite oranlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın bulguları; maruz kalma süresi ve komponentler arası etkileşimlerin, sitotoksisite oranlarının değerlendirilmesinde önemli olabileceğine işaret etmektedir (67). Bunun yanı sıra, rezin monomerlerin, fibroblastların mitokondriyal aktivitelerini değiştirdiği

ve pulpa dokusundaki enflamatuar hücreleri etkileyerek makrofajlardan enflamatuar medyatörlerin salınmasına neden olduğu da bildirilmektedir (67-69). Bunun yanı sıra yapılan bazı çalışmalarda, HEMA, TEGDMA ve Bis-GMA'nın hücreler üzerinde öldürücü olmayan dozlarının bile, 5 haftalık bir maruz kalma süresinin sonunda hücrel mitokondriyal aktiviteyi ve total protein içeriğini değiştirebileceği öne sürülmüştür (70,71). Bununla birlikte bir çalışmada, UDMA ve Bis-GMA'nın mutajenik olmadığı, TEGDMA'nın ise orta derecede mutajenik olduğu da rapor edilmiştir (72). Total-etch ve self-etch adeziv sistemlerin ve dentin kalınlığının pulpa üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, iki aşamalı total-etch sistemin, dentin kalınlığından bağımsız olarak pulpada hücrel reaksiyona neden olduğu ve self-etch sistemden daha sitotoksik etkili olduğu ileri sürülmüştür (73). Bir başka çalışmada, self-etch sistemler direkt pulpa kaplama materyali olarak denenmiş, uygulanan tedavi sonrasında pulpada orta veya şiddetli derecede enflamasyon meydana gelmiş, buna karşılık pulpada mevcut olan açıklık çevresinde odontoblast benzeri hücrelerde farklılaşma izlenmediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, inflamatuvar cevabın şiddetinin zamanla azalma göstermesi ile birlikte, bağlayıcı ajandan salınan, makrofajlar ve dev hücrelerle kontrol edilen rezin parçacıklarının kronik enflamasyona neden olduğu belirtilmiştir (74). Diğer bir çalışmada ise, minede ve dentinde güvenilir bağlanmayı sağlayan total-etch adeziv sistemlerin daha yüzeysel kaviteelerde kullanılması, buna karşılık derin ve dentin geçirgenliği artmış kaviteelerde ise, self-etch adeziv sistemlerin kullanılması veya kavite tabanına pulpa koruyucu bir materyal ile örtüleme yapılması tavsiye edilmiştir (75).

Görüldüğü üzere, adeziv sistemlerin biyouyumlulukları ve sitotoksiteleri hakkında kesin bilimsel sonuçlara henüz ulaşılmış değildir ve bu konu üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir.

Sonuç

Günümüzde "total-etch" ve "self-etch" sistemler olarak adlandırılan her iki adeziv sistemin de birbirine göre çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Adeziv sistemlerin bu çeşitliliği, özellikle klinik uygulamaların daha zor olduğu çocuk hastalar üzerinde çalışan pediatrik diş hekimlerine büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Adeziv teknolojisindeki hızlı ilerleme, gelecekte, fiziksel ve kimyasal özellikleri daha çok geliştirilmiş

ve daha biyouyumlu adeziv sistemlerin ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, günümüzde ve gelecekte üretilen tüm adeziv sistemlerin, diş dokuları üzerindeki etkinlikleri, biyoyararlılıkları ve sitotoksiteleri üzerindeki araştırılmalarına devam edilmelidir.

Kaynaklar

- 1- Jensen ME. Chapter 3: Dentin bonding agents. In: Aschheim KW, Dale BG. *Esthetic Dentistry / A clinical approach to techniques and materials*, 2nd ed. St. Louis, Mosby-Year Book Inc, 2001:41-3.
- 2- Bouillaguet S. Biological risks of resin-based materials to the dentin-pulp complex. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004;15:47-60.
- 3- McCabe JF, Walls A. *Applied dental materials*. Chapter 23: Adhesive restorative materials: Bonding of resin based materials. 8th ed. Madlen MA-USA: Blackwell Publishing Co. 1998:169-201.
- 4- Kaaden C, Schmalz G, Powers JM. Morphological characterization of the resin-dentin interface in primary teeth. *Clin Oral Investig* 2003;7:235-40.
- 5- Agostini FG, Kaaden C, Powers JM. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatr Dent* 2001;23:481-6.
- 6- Hannig M, Grafe A, Atalay S, Bott B. Microleakage and SEM evaluation of fissure sealants placed by use of self-etching priming agents. *J Dent* 2004;32:75-81.
- 7- Swift EJ Jr. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24:456-61.
- 8- Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. 2. Bölüm: Bonding sistemleri. Ankara, Güneş Kitabevi, 2000:21-39.
- 9- Küçükeşmen Ç, Sönmez H. Bağlayıcı sistemler/Adeziv sistemler/Mine-dentin bonding ajanlar. *Akademik Dental Diş Hekimliği Dergisi* 2007;9:7-13.
- 10- Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent (Suppl.)*. 2001;6:119-44.
- 11- Hashimoto M, de Gee AJ, Kaga M, Feilzer AJ. Contraction stress in dentin adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2006;85:728-32.
- 12- Akpata ES, Behbehani J. Effect of bonding systems on post-operative sensitivity from posterior composites. *Am J Dent* 2006;19:151-4.
- 13- Van Landuyt K, De Munck J, Coutinho E, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding to Dentin: Smear layer and the process of hybridization In: G. Eliades DC, Watts T. Eliades, eds. *Dental Hard Tissues and Bonding*. Chapter 5. Springer-Berlin, 2005:89-118.
- 14- Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater* 1992;8:125-30.
- 15- Van Meerbeek B, Dhém A, Goret-Nicaise M, Braem

- M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin–dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 1993;72:495-501.
- 16- Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo, Quintessence Publishing Co. 1998:1-106.
- 17- Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Analysis of dentin-resin interface by use of laser raman spectroscopy. *Dent Mater* 2002;18:576-80.
- 18- Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self etching primer. *J Res Dent*. 1994;73:1212-20.
- 19- Lambrechts P, Van Meerbeek B, Perdigão J, Vanherle G, Adezyon. In: Wilson NHF, Roulet JF, Fuzzi M. eds. Operatif diş hekimliğinde gelişmeler. Cilt 2. Quintessence Yayıncılık, 2006:142-3.
- 20- Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;17:296-308.
- 21- Frankenberger R, Perdigão J, Rosa BT, Lopes M. “No-bottle” vs “multi-bottle” dentin adhesives: a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 2001; 17:373-80.
- 22- Farah JW, Powers JM. Self-etching bonding agents. *The Dental Advisor*, 2003:1-4.
- 23- Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent* 2001; 29:55-61.
- 24- Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 2002; 81:472-6.
- 25- Gwinnett AJ. Structure and composition of enamel. *Oper Dent*. 1992;5:10-7.
- 26- Swift EJ Jr, Perdigão J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int* 1995;26:95-110.
- 27- Yilmaz Y, Gurbuz T, Kocogullari ME. The influence of various conditioner agents on the interdiffusion zone and microleakage of a glass ionomer cement with a high viscosity in primary teeth. 2005;30:105-12.
- 28- Gardner A, Hobson R. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. 2001;120:64-7.
- 29- Vicente A, Bravo LA, Romero M. Self-etching primer and non-rinse conditioner versus phosphoric acid: alternative methods for bonding brackets. *Eur J Orthod* 2006;28:173-8.
- 30- Torneck CD. Chapter 10: Dentin-Pulp Complex. In: Ten Cate AR. *Oral histology: Development, Structure, and Function*. 4th ed. St. Louis, Mosby-Year Book Inc, 1994:169-217.
- 31- Hosoya Y, Goto G. Resin adhesion to the ground primary enamel: influence of etching times and thermal cycling test. *J Clin Pediatr Dent* 1992;17:25-31.
- 32- Hallett KB, Garcia-Godoy F, Trotter AR. Shear bond strength of a resin composite to enamel etched with maleic or phosphoric acid. *Aust Dent J* 1994; 39:292-7.
- 33- Cengiz T. Bölüm 4: Biyokimyasal yapı. In: Endodonti. Barış Yayınları 3. baskı İzmir, 1990: 43-6.
- 34- Gwinnett AJ, Tay FR, Wei SHY. Bridging the gap between overdry and overwet bonding phenomenon- optimization of dentin hybridization and tubular seal. In: Shimono M, Maseda T, Suda H, Takayashi K, eds. *Dentin/pulp complex*. Tokyo, Quintessence 1996:359-63.
- 35- Ruschel HC, Chevitaress O. Density and diameter of dentinal tubules of first and second primary human molars--comparative scanning electron microscope study. *J Clin Pediatr Dent*. 2002;26:297-304.
- 36- Perdigão J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am*. 2002;46:277-301.
- 37- Breschi L, Perdigão J, Gobbi P, Mazzotti G, Falconi M, Lopes M. Immuno-cytochemical identification of type I collagen in acid-etched dentin. *J Biomed Mater Res A*. 2003;15;66:764-9.
- 37- Jacobsen T, Söderholm KJ, Garcea I, Mondragon E. Calcium leaching from dentin and shear bond strength after etching with phosphoric acid of different concentrations. *Eur J Oral Sci* 2000;108:247-54.
- 39- Finger WJ, Balkenhol M. Rewetting strategies for bonding to dry dentin with an acetone-based adhesive. *J Adhes Dent* 2000; 2:51-6.
- 40- 3rd. Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. 1992; 23:39-41.
- 41- Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. The overwet phenomenon in two-component acetone-based primers containing aryl amine and carboxylic acid monomers. *Dent Mater* 1997; 13:118-27.
- 42- Sardella TN, de Castro FL, Sanabe ME, Hebling J. Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *J Dent* 2005;33:355-62.
- 43- Hosoya Y, Kawada E, Ushigome T, Oda Y, Garcia-Godoy F. Micro-tensile bond strength of sound and caries-affected primary tooth dentin measured with original designed jig. 2006;77:241-8.
- 44- Burrow MF, Nopnakepong U, Phrukkanon S. A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater* 2002;18:239-45.
- 45- Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int*. 1993;24:618-31.
- 46- Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res* 1996;75:1396-403.
- 47- Angker L, Swain MV, Kilpatrick N. Micro-mechanical

- characterisation of the properties of primary tooth dentine. *J Dent.* 2003;31:261-7.
- 48- Kaaden C, Schmalz G, Powers JM. Morphological characterization of the resin-dentin interface in primary teeth. 2003;7:235-40.
- 49- El Kalla IH, Garcia-Godoy F. Bond strength and interfacial micromorphology of four adhesive systems in primary and permanent teeth. *J Dent Child* 1998;65:169-76.
- 50- Hosoya Y, Kawashita Y, Marshall GW, Goto G. Influence of Carisolv™ for resin adhesion to sound human primary dentin and young permanent dentin. *J Dent* 2001;29:163-71.
- 51- Burrow MF, Nopnakeepong U, Phrukkanon S. A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater* 2002;18:239-45.
- 52- Hosoya Y, Kawashita Y, Yoshida M, Suefuji C, Marshall GW Jr. Fluoridated light activated bonding resin adhesion to enamel and dentin: Primary vs permanent. *Pediatr Dent* 1997;19:246-52.
- 53- Hosoya Y, Shinkawa H, Marshall GW. Influence of Carisolv on resin adhesion for two different adhesive systems to sound human primary dentin and young permanent dentin. *J Dent* 2005;33:283-91.
- 54- Hosoya Y, Tominaga A, Kakazu K, Nishiguchi M, Kashiwabara Y, Goto G. A comparison of three dentin adhesives to permanent dentin in regard to those of primary dentin. *Pediatr Dent J* 1996;6:23-32.
- 55- Nakornchai S, Harnirattisai C, Surarit R, Thiradilok S. Microtensile bond strength of a total-etching versus self-etching adhesive to caries-affected and intact dentin in primary teeth. *J Am Dent Assoc* 2005;136:477-83.
- 56- Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. *J Dent Res* 1995;74:1679-88.
- 57- Yoshiyama M, Tay FR, Doi J, Nishitani Y, Yamada T, Itou K, Carvalho RM, Nakajima M, Pashley DH. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 2002;81: 556-60.
- 58- Nakajima M, Sano H, Urabe I, Tagami J, Pashley DH. Bond strengths of single-bottle dentin adhesives to caries-affected dentin. *Oper Dent* 2000;25:2-10.
- 59- Sarı S, Ozalp N, Ozer L. The effect of formocresol on bond strength of adhesive materials to primary dentine. *J Oral Rehabil* 2004;31: 671-4.
- 60- Townsend RD, Dunn WJ. The effect of saliva contamination on enamel and dentin using a self-etching adhesive. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:895-901.
- 61- Campoy MD, Vicente A, Bravo LA. Effect of saliva contamination on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a self-etching primer. *Angle Orthod* 2005;75:865-9.
- 62- Yoo HM, Oh TS, Pereira PN. Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. *Oper Dent.* 2006;31:127-34.
- 63- Elkins CJ, McCourt JW. Bond strength of dentinal adhesives in primary teeth. 1993;24:271-3.
- 64- Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990;69:1652-8.
- 65- Imazato S, McCabe JF, Tarumi H, Ehara A, Ebisu S. Degree of conversion of composites measured by DTA and FTIR. *Dent Mater* 2001;17:178-83.
- 66- Bouillaguet S, Wataha JC, Hanks CT, Ciucchi B, Holz J. In vitro cytotoxicity and dentin permeability of HEMA. *J Endod* 1996;22:244-8.
- 67- Ratanasathien S, Wataha JC, Hanks CT, Dennison JB. Cytotoxic interactive effects of dentin bonding components on mouse fibroblasts. *J Dent Res* 1995;74:1602-6.
- 68- Rakich DR, Wataha JC, Lefebvre CA, Weller RN. Effect of dentin bonding agents on the secretion of inflammatory mediators from macrophages. *J Endod* 1999;25:114-7.
- 69- Noda M, Wataha JC, Lockwood PE, Volkmann KR, Kaga M, Sano H. Sublethal, 2-week exposures of dental material components alter TNF-alpha secretion of THP-1 monocytes. *Dent Mater* 2003;19:101-5.
- 70- Bouillaguet S, Wataha JC, Virgillito M, Gonzalez L, Rakich DR, Meyer JM. Effect of sub-lethal concentrations of HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate) on THP-1 human monocyte-macrophages, in vitro. *Dent Mater* 2000;16:213-7.
- 71- Lefebvre CA, Wataha JC, Bouillaguet S, Lockwood PE. Effects of long-term sub-lethal concentrations of dental monomers on THP-1 human monocytes. *J Biomater Sci Polym Ed* 1999;10:1265-74.
- 72- Schmalz G. The biocompatibility of non-amalgam dental filling materials. *Eur J Oral Sci* 1998;106:696-706.
- 73- Galler K, Hiller K, Ettl T, Schmalz G. Selective influence of dentin thickness upon cytotoxicity of dentin contacting materials. *J Endod* 2005; 31:396-9.
- 74- de Souza Costa CA, Lopes do Nascimento AB, Teixeira HM, Fontana UF. Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater* 2001; 17:230-40.
- 75- de Souza Costa CA, do , Teixeira HM. Response of human pulps following acid conditioning and application of a bonding agent in deep cavities. *Dent Mater* 2002;18:543-51.