

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE DENTİN BONDİNG AJANLAR

Arş. Gör. Dt. Yahya Orçun ZORBA *

Yrd. Doç.Dr.Yusuf Ziya BAYINDIR **

Yrd. Doç.Dr. Mehmet YILDIZ **

ÖZET

Dental adeziv sistemler kompozit rezinlerin mine ve dentine bağlanması için yıllardır kullanılmaktadır. Bonding ajanlar kimyasal yapıları sebebiyle farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Son dönemlerde bağlayıcı ajanların kimyasal yapısı, uygulanma şekli ve basamak sayısı hızla değişmektedir. Bu yayının amacı geçmişten günümüze bağlayıcı ajanlardaki değişimleri değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Dentin bağlayıcı, Adeziv sistemler, dentin bağlayıcı ajanlar

ABSTRACT

Dental adhesive systems had been used for bonding dental resins to enamel and dentin for long time. Bonding agents were classified differently because of their various chemical compositions. Recently bonding agents' chemistry, application technique and number of steps differ considerably. The purpose of this study was to evaluate the changes in dentin bonding agents from past to present.

Key Words: Dentin bonding, Adhesive systems, dentin bonding agents

GİRİŞ

Buonocore' un¹ rezin materyal uygulanacak yüzeye asit sürülmesini önermesinden bu yana, adeziv diş hekimliğinde önemli ilerlemeler olmuştur. Dentin bağlayıcı sistemlerinin kimyasal yapıları, mekanizmaları, şişe sayıları, uygulama şekilleri ve etkileri sürekli bir gelişim içerisinde dir.

Kompozit rezinlerde hacimce % 2-3 kadar polimerizasyon büzülmesi mevcuttur. Polimerizasyon büzülmesi, rezini diş dokularından ayıran, polimerizasyon streslerini oluşturur. Kompozitin dişe tutunmasında, polimerizasyon büzülme streslerinin etkilerini karşılamak ve rezin ile diş dokuları arasında oluşabilecek mikro-boşlukları engellemek için, en az 17 MPa' lık bir bağlanma direncinin olması gerektiği bildirilmiştir.²

Diş preparasyonundan sonra mineralize dentin dokusu üzerinde kalan, yapısında bakteri, kan, tükürük içeren 0,5-5 µm kalınlığındaki tabakaya smear tabakası denir.³⁻⁵ Kesim yüzeyini örten smear tabakası, dentin tübülleri içerisinde 1-10 µm derinliğe uzanmakta ve tübülleri tıkamaktadır. Smear tabakasının devamı olan bu uzantılara smear tıkaçı adı verilir. Diffüzyon bariyeri olarak görev yapan smear tabakası ağız sıvılarının, bakterilerin pulpaya diffüzyonuna kısmen engel olur, dentin tübüllerini tıkar, dentinin geçirgenliğini %80-85 oranında azaltır ve adezyonu da azaltarak restorasyon ile dentin arasındaki mikro sızıntıyı artırır.⁶⁻¹¹

Adeziv sistemlerle iyi bir bağlanma sağlamak için, hem intratübüler hem de intertübüler dentine infiltrasyon gereklidir.^{4,12,13} Bu nedenle mine ve dentin yüzeylerine asit uygulanmalıdır (conditioning).

* Atatürk Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi Tedavi Bölümü

** Atatürk Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi Tedavi Bölümü

Asit uygulanıp yıkandıktan sonra eğer hava ile aşırı kurutmaya bağlı olarak demineralize dentinin kollajen fibril yapısı çökerse, demineralize bölgenin geçirgenliği azalır.^{12,14-16} Asit kullanılarak değiştirilmiş dentin yüzeyine, bonding sisteminin bir sonraki basamağında, yüzey enerjisini artırmak amacıyla hidrofilik hidroksietilmetakrilat (HEMA) monomeri içeren primer uygulanır.

Causton¹⁷ tarafından tanımlanan primer solüsyonunda farklı iki fonksiyonel grup vardır. Hidrofilik fonksiyonel grup dentinin kollajen lifleri, hidrofobik fonksiyonel grup ise bonding ajan ile bağlantı yapar.

Primerlerin adezyon işleminde fonksiyonu :

- Dentin yüzeyini ıslatır ve rezinle hidrofilik diş yapısı arasındaki kontak açısını azaltır.
- Smear tabakasının geçirgenliğini artırır ki bu adezivin penetrasyonunu artırır.
- Bonding rezinin diş yüzeyine mekanik bağlanmasını sağlar.
- Rezin ve etkilenmiş dentin arasında kimyasal bağlanma sağlayabilir.¹⁸

Smear tabakası ve dentine primer uygulanmasından sonra uygulanan adeziv, primer yoluyla hidrofilik dentine ve üstünü kaplayan hidrofobik kompozit restorasyona bağlantı sağlar.

Primer, kollajen liflerin dizilişlerini değiştirerek adeziv bağlanma için yüzeyi hazırlar ve monomer penetrasyonunun daha etkili olmasını sağlar. Asit uygulanmış başka bir deyişle demineralize olmuş dentindeki artık smear tabakası arasından geçen primer, eriyen hidroksiapatit kristallerinin bıraktığı boşlukları doldurur ve intertübüler çentindeki kollajen çevresinde ağ biçiminde 1-5 µm kalınlığında bir tabaka oluşturur. Kollajen, kopolimer ve polimer ile sarılmış hid-

roksiapatitten oluşan ve rezinle güçlendirilmiş, aside dirençli bu tabakaya hibrit tabaka (hybrid layer), oluşum sürecine de hibridizasyon (hybridization) adı verilmiştir.¹⁹

Dentine Adezyonu Etkileyen Faktörler 20-24

Dentinin Mikroskobik Yapısı	Smear tabakasının durumu	Asit ve primerler ²⁵ <ul style="list-style-type: none">• Smear tabakasını etkilemez• Smear tabakasını modifiye eder• Smear tabakasını tamamen uzaklaştırır• Smear tabakasını eritir
	Dentinin dokusunun kalınlığı	Pulpaya yaklaştıkça dentindeki tübül sayısının artması bağlanma dayanıklılığının azalmasına sebep olur. ²⁶
	Dentindeki skleroz	Dentindeki sklerotik değişiklikler bağlanmayı olumsuz etkiler. ¹⁷
Dişe Ait Faktörler	Lezyonun şekli ve büyüklüğü	İnsizel ve gingival duvarları 135°'den az açıldığında girinti şeklindeki lezyonlarda bağlanmada başarı sağlanmasına rağmen, 2 mm'den az insizo-gingival yükseldiği olan ve 1mm'den sığ kaviteletin %66'sında bağlanmanın azaldığı bildirilmiştir. ²⁴
	Dişin esnekliği	Oktuzal yüzey uygulanan kurvetler servikal bölgede oluşturduğu stresler (abüraksyon) ^{29,31} , restorasyonun dişten ayrılmasına sebep olabilir. ²¹⁻²⁴
Hastaya Bağlı Faktörler	Oktuzal stresin derecesi	Heymann ve ark. ³⁸ oktuzal stres varlığıyla kole dolguların düşmesi arasında ilişki olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca yaşlı hastalarda dolguların düşme oranının daha fazla olduğunu göstermiştir. ^{38,39}
	Yaş	

Nemli bağlanma (Wet-Bonding)

Günümüzdeki dentin adeziv sistemlerinin çoğu aseton esaslı hidrofilik primer solüsyonu içerirler ve nemli dentin dokusuna kuru dentin dokusuna oranla daha güçlü bağlanırlar. Nemin, kollajen liflerinin asit uygulandıktan sonra artan

elastiklik modülünü düşürerek onlara esneklik kazandırdığı, kollajen liflere destek olduğu, lifler arası boşlukları genişlettiği ve monomer infiltrasyonunu kolaylaştırdığı görülmüştür. Demineralize dentin aşırı kurutulduğunda kollajene destek veren su buharlaşır kollajen ağında çökme ve buna bağlı olarak lifler arası boşluklarda daralma görülmüştür. Ayrıca monomer penetrasyonu sınırlanır ve hibrit tabakanın oluşması engellenir. Dentin yüzeyinde bulunan az miktardaki nem ($\sim 4\mu\text{l}$) rezinin bağlanma dayanıklılığını olumlu yönde etkiler. Aşırı nem ($\sim 20\mu\text{l}$) ise, yüzeyde ve yüzeyin hemen altında yer alan poröz yapının su ile kaplanmasına neden olur ve hidrofilik monomerin konsantrasyonu düşürerek su ile yer değiştirmesi güçleşir, ve zayıf bir bağlanma olur.³⁷

Dentin bonding ajanların gelişimi ve sınıflandırılması:

Makaslama bağlanma direncine göre	Dentine bağ dayanımın 5-7 MPa arasında olan dentin adeziv sistemleri	
Dentin adeziv sistemlerinin sınıflandırılması ³⁸	Dentine bağ dayanımları 8-14 MPa arasında olan dentin adeziv sistemleri	
	Dentine bağ dayanımları 17 MPa'dan fazla olan dentin adeziv sistemleri	
Dentin adeziv sistemlerinin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması ³⁹	Oksalat Sistemleri	
	Gliseroldieter/HEMA	
	Hidrofilik monomer/Bis-GMA	
	Polibekstiat metakrilat rezin	
	Prüfmat dimetakrilat/ Fosforat Bis-GMA	
Dentin adeziv sistemlerinin Kuşaklara göre sınıflandırılması,	Sivik asit-Perik klorid/4-META	
	1. Kuşak	
	2. Kuşak	
	3. Kuşak	
	4. Kuşak	
	5. Kuşak	
	6. Kuşak	
Asitleme çekilme göre,	Total Etin	3 Basamaklı
		2 Basamaklı
	Seli Etin	1 Basamaklı

Dentin adeziv sistemlerinin kuşaklara göre sınıflandırılması:

Dentin bonding sistemlerinin sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın metot kuşaklara göre sınıflandırmadır. Bu metot dentin bonding ajanların kompleks yapılarının basite indirgemesine ve genel yapılarının kolay anlaşılmasını sağlar.

1. Kuşak: Buonocore ve ark.⁴⁰ gliserofosforik asidin kullanımıyla dimetakrilat içeren rezinin asitlenmiş dentine bağlanabildiğini göstermiştir. Biyofonksiyonel rezin molekülüyle hidroksiapatitin kalsiyum iyonları arasındaki etki-leşim sonucu bağlanma olduğu düşünülmüştü. 1965' de Bowen⁴¹ ;N-Phenylglycin-glycidyl-methacrylat (NPG-GMA) kullanarak dentine bağlanmayı denemiştir. Bu molekülün bir ucu dentine bağlanırken diğer ucunun kompozit rezine bağlanabileceğini düşünmüştür. Bu sistemde dentinal adezyon artmış ancak bağlanma yine yetersiz ve makaslama bağlanma direnci 2-5 MPa olarak kalmıştır.

2. Kuşak: 1970' lerin sonunda 2. kuşak bonding ajanlar üretildi. Bu kuşağın ana maddesi doldurucusuz rezinin halofosfor esterleri, Bis-GMA veya HEMA, dır.⁴²

2. kuşak bonding ajanların bağlanma mekanizması klorofosfat grupları aracılığıyla kalsiyuma iyonik bağlanmadır.⁴³ Bu ürünler, kollajen ve smear tabakasına bağlanma özelliklerinden dolayı dentine 10 MPa' dan fazla bağlanma dayanıklılığı göstermektedir.^{43,44} Bu gruptaki bağlanma dayanıklılığı kompozitin polimerizasyon bütülmesine karşı koyması yetersiz olduğundan restorasyon etrafında aralık oluşumuyla (gap formasyonu) sonuçlanmaktadır.⁴⁵ Bu gruptaki sistemlerin zayıf bağlanmasının esas nedeni dentin yerine smear tabakasına tutunmalarıdır.⁴⁶

3. Kuşak: 3. kuşak dentin bonding sistemleri; dentinin asitle pürüzlendirilip smear tabakasının modifiye edilmesi veya tamamen kaldırılması esasına dayanmaktadır.⁴⁷

Bağlanmanın ana mekanizması inter, intra ve peritübüler dentinin ilk 1-5(m.) sine mikro mekanik bağlanmadır. Asitleme dentinal tübülleri genişleterek geçirgenliği arttırmaktadır. Primer uygulanmadan önce asit tamamen yıkanmalıdır. Primer hidrofilik monomerler içerir. Primer uygulanmasını takiben doldurucusuz bir rezin monomer (bağlayıcı ajan) dentin ve mine üzerine sürülür. Bu sistemlerin çoğunda fosfat primerleri smear tabakasını yumuşatarak modifiye eder. Penetrasyondan sonra polimerize edilir ve sert bir yüzey oluşur. Primer sürüldükten sonra kompozitin tutunabilmesi için adeziv rezin uygulanır. 1990' dan önce dentini çevreleyen smear tabakasına bağlanma yetersiz kalmıştır.⁴⁸ Bu bonding sistemlerin bağlanma dayanımı 14-20 MPa arasındadır ve mikrosızıntıyı azaltmada daha başarılıdır.⁴⁹

4. Kuşak: Smear tabakasının tamamen kaldırılması 4. kuşak bonding sistemlerle başartılmıştır. Fusayama ve ark.⁵⁰ %40' lık fosforik asitle dentin ve mineyi asitlemiştir. 1982' de Nakabayashi ve ark.⁵¹ polimerize edilmiş metakrilat ve dentinle bir hibrit tabakanın oluştuğunu bildirdi. Hibrit tabakası diş sert dokularında yüzey ve altındaki tabakanın demineralizasyonunu takiben infiltre olan monomerin polimerizasyonu ile oluşan bir yapıdır.⁵¹

"Total-Etch" tekniğinin kullanılması 4. kuşak bonding sistemlerin karakteristik özelliğidir.^{51,52} "Total-Etch" tekniği mine ve dentinin %15-20' lik fosforik asit kullanılarak pürüzlendirilmesine dayanır. Bu teknikte yüzey kollajenlerin bütülmesini engellemek için dentin hafif nemli bırakılmalıdır. Uygulanan primer solüsyonu açığa çıkan kollajen ağına girerek hibrit tabakayı oluşturur.⁵³ Buna ilaveten bu kuşaktaki bonding sistemleri nemli dentine, metale ve amalgama bağlanma gibi özellikler de gösterirler. Bu bonding sistemlerinin makaslama dayanımı 17-26 MPa' dır.²⁵ (Tablo 1).

Tablo 1. 5-6-7. Kuşak bondinglerin uygulanması, içeriği ve bağlanma dayanıklılığı

	Total etch		Self etching		
	4. Kuşak	5. Kuşak One bottle sistem	6. Kuşak (İki basamaklı) Self etching	6. Kuşak (Karıştırma gerekli) All-in-One	7. Kuşak (Karıştırma gerekli değil)
Mine ve dentinin asitletmesi	Asit	Asit	Self-etching primer	Self etching primer	Self-etching priming
Dentine priming uygulaması	Primer	Self priming rezin	Self etching primer	Self-etching primer	Self etching priming, desensitizasyon, dezentifikasyon
Mine ve dentinin örtülmesi	Adeziv Resin	Self priming rezin	Adeziv rezin	Self etching rezin	Self etching priming desensitizasyon, dezentifikasyon
İçeriği	Aseton esaslı Na-N-tolyglycine glycidylmethacrylate monomer	Alkol esaslı HEMA (2-hydroxyethylmethacrylate) monomer	Aseton esaslı BIS-GMA, BFDM (Biphenyl-dimethacrylate)	Su veya aseton esaslıdır. Bis-GMA ve HEMA monomer	Aseton esaslıdır 4-Metacryloxyethyl Trimellianhydrid ve UDMA monomer
Bağlanma dayanıklılığı	17-26 MPa ²⁵	14-28 MPa ²²	20-35 MPa ^{21,22}	12-29 MPa ²¹	16-20 MPa ⁴⁸

5. Kuşak (Tek şişe bağlayıcı sistemler):

Çok basamaklı sistemlerin klinik uygulanmasının karmaşık olması nedeniyle tek solüsyonlu sistemlerle bağlayıcıların uygulanması kolaylaştırılmaya, basamakları azaltılmaya ve hibrit tabakada görülen porozite azaltılmaya çalışılmıştır.⁵⁴ 5. kuşak bonding sistemleri, adeziv materyallerin kullanıcılar için daha kolay bir şekilde uygulanabilmesini sağlamıştır.

Bu sistemlerde klinik uygulamayı kolaylaştırmak için primer ve bonding tek şişe içerisinde kombine edilmiştir. Mine ve dentinin %35-37' lik fosforik asitle 15-20 saniye asitlenmesinden sonra uygulanır. Bu bonding sistemler dentinle adeziv rezin arasında "rezin taglar" sayesinde, hibrit tabaka oluşturur ve hem mine hem de dentinde yüksek bağlanma dayanımı gösterirler.⁵⁵⁻⁵⁷ Makaslama bağlanma direnci 14-28 MPa' dır.⁶⁰

6. Kuşak: 5. kuşak sistemlerdeki ilerlemelere rağmen "Total-Etch" yöntemi hala tekniğe hasastır. Watanabe ve Nakabayashi⁵⁸ içinde %30' luk HEMA ve %20' lik phenyl-P içeren mine ve dentine bağlanabilen akışkan bir sıvı geliştirdi. Bu sisteme "Self-etching sistem" adı verildi.⁵⁸

Bu sistemde asitleme ve primerleme safhalarının birleştirilmesi çalışma zamanını azalttı, asidik jelin yıkanma safhasını ve aynı zamanda kollajenlerin aşırı kurumaya bağlı çökme riskini ortadan kaldırdı.^{58,59} Buna karşın "Self-etching primer" sistemler mine üzerinde fosforik asit jeline göre daha az etkilidir.⁶⁰

Bağlayıcı sistemler laboratuvar şartlarında bağlanma dayanıklılıkları açısından karşılaştırıldıklarında tek şişe sistemlerle, "self-etching primer" sistemler arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir.⁶⁰ "Self-etching primer" sistemlerin makaslama bağlanma dayanıklılıkları 20-35 MPa' dır.⁶⁰ Laboratuvar ve klinik çalışmalarda

tek şişe sistemlerin mine kenarlarında "self-etching primer" sistemlere göre daha başarılı olduğunu bildiren görüşlerde vardır.⁵⁸

İlk üretilen "self-etching" sistemler iki basamakta uygulanmaktaydı. 2000' lerin başında tek basamaklı "self-etching" bağlayıcı ajanlar üretmeye başlanmıştır. Bu sistemlerde yine asidik bir primer eklenerek asitleme ortadan kaldırılmıştır. Mine ve dentine uygulanan adeziv tek solüsyondur ve tek basamakta uygulanır (All-in-One). Bu ajanlarda asidik solüsyon ve adezivin dentine uygulanmadan önce karıştırılması mektedir. Bu bağlayıcı sistemlerinin ilk geliştirilenleri dentinde yeterli derecede bağlanma sağlayabilirken mine- de daha az etkiliydi. Bunun sebebi asidik solüsyonun kabı içerisinde saklanamamasından kaynaklanabilir.⁶¹

"Self etching" sistemler daha az post operatif hassasiyete sebep olurlar çünkü⁶²⁻⁶⁴:

- Dentini "total etch" sistemine göre daha az agresif olarak asitlerler.
- Demineralize dentine asitleme esnasında rezin tam olarak penetre olur.
- Smear tıkaçları kaldırılmaz böylece dentin tübülleri tıkalı kalır.

6. kuşak dentin bağlayıcı sistemlerle beraber bağlayıcı sistemlerin gelişiminde birkaç akım belirgin hale geldi. Bunlar:

1. "Self etching" tekniği: Günümüzde birçok bağlayıcı ajanın uygulanması esnasında dentin ve mine için ayrıca asit kullanılması gerekmektedir.
2. Uygulama basamakları ve şişe sayısı azalmıştır.
3. Üretilen bağlayıcıların tek kullanımlık olmasına dikkat edilmektedir.

Finger ve Tani⁶⁶ yaptıkları çalışmada "self-etching primer" adezivlerin dentindeki nem ora-

nının değişmesinden etkilenmediğini bulmuşlardır.

7. kuşak : 7. kuşak bonding sistemleri 2002' nin sonlarında üretilmiştir. 7. kuşağın ilk örneği olan iBond (Heraeus Kulzer, Germany) 6. kuşak bonding ajanlara ilaveten Gluma (glutaraldehit) sayesinde dezenfeksiyon ve hassasiyet giderici özellik sağlamaktadır.⁶⁵ Yapılan bir çalışmada Gluma' nın bağlanma kuvvetine herhangi bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır.⁶⁸ Bu sistemde asit, primer, bağlayıcı ve hassasiyet giderici tek bir şişe içinde bulunmaktadır. Bu nedenle 6. kuşak bonding ajanlarda olduğu gibi ilave bir karıştırma ve yerleştirme safhasına gerek yoktur. Fakat optimal kullanım için iBond' un buzdolabında saklanması (4°-10°C) ve kullanılmadan önce oda ısısına getirilmesi tavsiye edilmektedir.⁶⁷ Şişe formunun da kullanılmadan önce çalkalanması önerilmektedir.⁶⁷ Laboratuvar çalışmaları marjinal sızınımın ve bağlanma kuvvetinin 6. kuşak bonding sistemlerine eşit olduğunu göstermiştir.⁶⁵ Tani ve Finger⁶⁷ yaptıkları çalışmada makaslama bağlanma direncinin 16-20 MPa (Tablo 1) olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada iBond üretici talimatlarına uygun olarak kullanıldığında herhangi bir kenar aralığı oluşmadığı tespit edilmiştir.⁶⁷ Buna rağmen Abo ve ark.⁷¹ "self-etching primer" adeziv sistemlerin mikro sızınımı engellemede daha başarılı olduğunu bulmuşlardır. Abo ve ark.⁷¹ iki basamaklı self-etching adeziv sistemlerle 7. kuşak bonding sistemlerinin dentine bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak hiçbir farklılık bulamamış ve her iki sistemin de smear tabakasını uzaklaştırdığını ve altındaki mine tabakasını açığa çıkarttığını bildirmişlerdir.⁷¹

KAYNAKLAR

1. Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955; 34:849-853.
2. Munksgaard EC, Irie M, Asmussen E., Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins, *J Dent Res* 1985;64: 1409-11.
3. Perdiago J, Swift E J, Denchey G E, Wefel J S , Dorly K J. In vitro bond strength and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res* 1994; 73:44-55.
4. Swift E J, Perdigao J, Heymann H. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int* 1995; 26:95-110.
5. Pashley E L, Comer R W, Simpson M D, Horner J A Pashley D H Caughman W F. Dentin Permeability: Sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent* 1992; 17:13-20.
6. Bertolotti R L. Conditioning of the dentin substrate. *Oper Dent* 1992; 5:50-61.
7. Asmussen E, Uno S. Adhesion of restorative resins to dentin: chemical and physicochemical aspects. *Oper Dent* 1992; 5:68-74.
8. Eick J D, Robinson S J , Byerley T J , Chappelow C C. Adhesive and non shrinking dental resins of the future. *Quintessence Int* 1993; 24:632-40.
9. Stanley H R. Pulpal consideration of adhesive materials. *Oper Dent* 1992;5:151-64
10. Tam L E, Pillar R M. Fracture toughness of dentin/resin composite adhesive interfaces. *J Dent Res* 1993; 72:953-9.
11. Pashley DH, Livingstone MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentin in vitro *Arch Oral Biol* 1978; 23:807-10.
12. Pashley D H , Ciucchi B , Sano H , Horner J A. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993; 24:618-31.

13. Pashley D H, Carvalho R M. Dentine permeability and dentin adhesion. *J Dent.* 1972; 25: 355-72.
14. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporus dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994; 19:59-64.
15. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness and Ca concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater* 1992; 8:229-33.
16. O'Brien WJ. *Dental materials: properties and selection.* Quintessence Publishing Co-Chicago, 1989.
17. Causton BE, Johnson NW. Improvement of polycarboxylate adhesion to dentine by the use of a new calcifying solution. An in vitro study *Br Dent J.* 1982; 5; 152:9-11.
18. Albers HF. *Tooth Colored restoratives: Principles and techniques* 9th ed. Alto Boks Santa Rosa California 2002. chapter 8
19. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 1995; 20:18-24.
20. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth states. *J Biomed Mat Res* 1982; 16:265-73.
21. Eliades G. Clinical relevance of the formulation and dentin bonding systems. *J Dent* 1994; 22:73-81.
22. Prati C, Pashley DH. Dentin wetness, permeability and thickness and bond strength of adhesive systems. *Am J Dent* 1992; 5:33-8.
23. Ruyter IE. The Chemistry of adhesive agents. *Oper Dent* 1992; 5:32-43.
24. VanMeerbeck B, Lambrechts P, Inokoshi S, Braem M, Vanherle G. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Oper Dent* 1992; 5:111-24.
25. Van der Vyver PJ, De Wet FA. The current state of dentin bonding systems: A review of materials and techniques *SADJ* 2000;55:475-84.
26. Pashley DH, Livingstone MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentin in vitro *Arch Oral Biol* 1978;23:807-10.
27. Paul SJ, Schärer P. Factors in dentin bonding. Part 1: A review of the morphology and physiology of human dentin. *J Esthet Dent* 1993;5:5-8.
28. Bayne SC, Heymann HO, Wilder Ad & Sturdevant JR. Class V angulation, size and depth effects on composite retention. *J Dent Res* 1992; 71:314. *Abstr* 1669.
29. Ziemicki TL, Dennison JB, Charbeneau GT. Clinical evaluation of cervical composite resin restorations placed without retention. *Oper Dent.* 1987; 12:27-33.
30. Grippo JO, Masi JV. Role of biodental engineering factors (BEF) in the etiology of root caries. *J Esthet Dent* 1991; 3:71-6.
31. Lee WC, Eakle WS. Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. *J Prosthet Dent* 1984; 52:374-80.
32. Thresher RW, Saito GE. The stress analysis of human teeth. *J Biomech.* 1973; 6:443-49.
33. Selna LG, Shillingburg HT Jr, Kerr PA. Finite element analysis of dental structures--axisymmetric and plane stress idealizations. *Biomed Mater Res.* 1975;9:237-52
34. Yentram AL, Wright KW, Pickard HM. Finite element stress analysis of the crowns of normal and restored teeth. *J Dent Res.* 1976; 55:1004-11.
35. Heymann HO, Sturdevant JR, Bayne S, Wilder AD, Sluder TB, Brunson WD. Examining tooth flexure effects on cervical restorations: a two-year clinical study. *J Am Dent Assoc* 1991; 122:41-7.
36. Kanca J 3rd. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin enamel etchant. *Quintessence Int* 1991;122:285-90
37. Heymann HO, Bayne SC. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. *J Am Dent Assoc* 1993; 124:26-36.

38. Craig R G. Restorative dental materials. 12th Ed. Mosby Co. Missouri St. Louis, 2002 p: 259-280
39. Aschheim KW, Dale BG. Esthetic Dentistry, a clinical approach to techniques and materials. 2.nd ed., Philadelphia, Mosby, 2001:247-249.
40. Buonocore M, Wileman W, Brudevold F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. J Dent Res 1956; 35:846-51.
41. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues II. Bonding to dentin promoted by surface-active comonomer. J Dent Res 1965; 44: 895-902.
42. American Dental Association Council on dental materials. Instruments and equipment. Dentin bonding systems: an update. JADA 1987; 114: 91-5.
43. Causton BE Improved bonding of composite restorative to dentin. Br Dent J 1984; 156:93-5.
44. Eliades GC, Caputo AA & Vougiouklakis GI Composition wetting properties and bond strength with dentin of 6 new dentin adhesives. Dental Materials 1985; 1:170-6.
45. Chan DCN, Reinhart JW & Boyer DB Composite resin compatibility and bonding longevity of a dentin bonding system. Journal of Dental Research 1985; 64:1402-4.
46. Davidson CL & DeGee AJ, Relocation of polymerisation contraction stress by flow in dental composites. J Dent Res 1984; 63:146-148.
47. Swift EJ Jr, Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. Quintessence Int. 1995; 26:95-110.
48. Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quintessence; 1998. p:57-63
49. Tao L, Pashley DH, Boyd L. The effect of different types of smear layers on dentin and enamel bond strengths. Dent Mater 1988;4:208,16;
50. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of new adhesive restorative resin. J Dent Res 1979; 58; 1364-72.
51. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara F. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth states. J Biomed Mat Res 1982; 16:265-73.
52. Kanca J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin enamel conditioner. Quintessence Int. 1991; 22:285-90.
53. Gwinnet AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. Am J Dent 1993;6:7-9.
54. Kanca J. Wet bonding: effect of drying time and distance. Am J Dent 1996;9; 273-6.
55. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F. Bonding Mechanism of three □ one-bottle systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. Am J Dent 1997;10:224-30.
56. Tay FR, Gwinnet AJ, Wei SHY. Structural evidence of a sealed tissue interface with total etch wet-bonding technique, invivo. J Dent Res 1994;73:629-36.
57. Mason PN, Calabrese M, Graif L. Modified extrusion shear bond strength of the new 3M adhesive. J Dent Res 1998; 77:123-9.
58. Watanabe I, Nakabayashi N. Bonding durability of photocured Phenyl-P in TEGDMA to smear layer□ retained bovine dentin. Quintessence Int 1993; 24:335-42.
59. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Davidson CL. Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. Am J Dent 1997;10:66-70.
60. Toida K, Watanabe A, Nakabayashi N. Effect of smear layer on bonding to dentin prepared with bur. J Jpn Dent Mater; 1995;14:109-16.
61. Yoshima M, Sano H, Carvalho RM, Pashley DH. Adhesive mechanism of self-etching/self-priming adhesive resin to enamel and dentin. J Hard Tiss Biol 1996;5:31-5
62. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ, Carpenter J. Field-emission scanning electron microscopy of resin dentin interface morphology of seven dentin adhesive systems. J Adhesive Dent 2000; 2:259-69.

63. Li HP, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage of cervical restorations of four dentin bonding systems. *J Adhesive Dent* 2000; 57-66.

64. Schumacher GE, Antonucci JM, Bennet PS, Code JE. N-Phenylaminodiacetic acid as an etchant/primer for dentin bonding. *J Dent Res* 1997; 76:602-9.

65. Dunn JR. iBond: The seventh generation, One-bottle dentin bonding agent. *J Contemp Contin Educ Dent* 2003; 24:14-18.

66. Finger WF, Tani C. Effect of relative humidity on bond strength of self etching adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2002; 4:277-82.

67. Tani C, Finger JW. Effect of smear layer thickness on bond strength mediated by three All-in-One self-etching priming adhesives *J Adhes Dent*. 2002; 4:283-9.

68. Soeno K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M. Effect of desensitizers on bond strength of adhesive luting agents to dentin. *J Oral Rehabil* 2001; 49:1122-8.

69. Farah JW. Self-etching bonding agents. *The Dental Advisor* 2003; 20(8):2-4.

70. Oliveira SSA, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall Jr. GW. The influence of dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dent Mater* 2003; 19:758-67.

71. Abo T, Uno S, Sano H. Comparison of bonding efficiency of an all-in-one adhesive with a self-etching primer system. *Eur J Oral Sci* 2004; 112:28.

Yazışma Adresi:

Y. Orçun ZORBA

Atatürk Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Tedavi Bölümü

Erzurum

e-mail: yozorba@atauni.edu.tr