

Farklı Remineralize Edici Ajanlar Uygulanan Başlangıç Çürük Lezyonlarına Ünlversal Bir Adezivlin Farklı Tekniklerle Uygulanmasının Makaslama Bağlanma Dayanımına Etkisi: *in Vitro* Çalışma

The Effect of Application A Universal Adhesive with Different Techniques on Initial Caries Lesions Applied with Different Remineralizing Agents on The Shear Bond Strength: *in Vitro* Study

Cemile KEDİCİ ALP^a(ORCID-0000-0002-1847-1367), Beyza ARSLANDAŞ DİNÇTÜRK^a(ORCID-0000-0002-3581-4210)

^aGazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye

^aGazi University, Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, Ankara, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı ajanlarla remineralize edilmiş (Remin Pro veya MI Paste Plus) mine yüzeyine farklı uygulama teknikleriyle (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) uygulanan All Bond Universal adeziv sisteminin makaslama bağlanma dayanımını ve FE-SEM ile yüzeyleri değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmamızda kullanılan 96 siğir dişi rastgele 12 gruba (sağlam mine, demineralize mine, remineralize edilmiş mine) ayrıldı. Sağlam mine örneklerinin haricindeki gruplarda örnekler 37°C'de 96 saat boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletildi. Örneklerin bir kısmı remineralize edilmek (Remin Pro, MI Paste Plus) için kullanıldı. Mine örnekleri üzerine All Bond Universal total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch teknikleriyle uygulandı ve rezin kompozit (Filtek Ultimate, 3M ESPE) ile restore edildi. Makaslama bağlanma dayanımı testi için üniversal bir test cihazı Instron (Schimadzu IG-IS, Kyoto, Japonya) kullanıldı. Elde edilen verilerin normal dağılımından dolayı gruplar arasındaki karşılaştırmalarda iki yönlü varyans analizi (Anova testi), post hoc analizlerde Tukey HSD test kullanıldı (p<0,05).

Bulgular: Bağlanma dayanımı MI Paste Plus ve Remin Pro gruplarında demineralize mine gruplarına göre anlamlı derecede yüksek görüldü (p<0,05). MI Paste Plus ve Remin Pro kullanıldığında pasif self-etch grubunun bağlanma dayanımı, total-etch (p= 0,000) ve aktif self-etch (p=0,000) gruplarından anlamlı şekilde düşüktür (p<0,05). Total-etch ve aktif self-etch teknikleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı (p>0,05).

Sonuç: Remineralize edilen mine yüzeylerine bağlanma başlangıç çürüğünü taklit eden demineralize yüzeye bağlanmaya kıyasla bağlanma dayanımını olumlu etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dental adezivler, Diş remineralizasyonu, Kayma mukavemeti

ABSTRACT

Background: The aim of this study is to evaluate the shear bond strength of All Bond Universal adhesive system applied with different application techniques (total-etch, active self-etch, passive self-etch) to the enamel surface remineralized with different agents (Remin Pro or MI Paste Plus) and to the surfaces by FE-SEM.

Methods: The 96 bovine teeth used in our study were randomly divided into 12 groups (sound, demineralized and remineralized enamel). In groups other than intact enamel samples, the samples were kept in demineralization solution at 37°C for 96 hours. Some of the samples were used for remineralization (Remin Pro, MI Paste Plus). All Bond Universal was applied on enamel samples with total-etch, active self-etch, passive self-etch modes and restored with resin composite (Filtek Ultimate, 3M ESPE). A Universal test device Instron (Schimadzu IG-IS, Kyoto, Japan) was used for shear bond strength test. Due to the normal distribution of the data obtained, two-way analysis of variance was used for comparisons between groups, and Tukey HSD test was used for post hoc analyzes (p<0,05).

Results: Bond strength was significantly higher in MI Paste Plus and Remin Pro groups compared to demineralized enamel groups (p<0,05). When MI Paste Plus and Remin Pro were used, the bond strength of the passive self-etch group was significantly lower than the total-etch (p=0,000) and active self-etch (p=0,000) groups (p<0,05). There was no significant difference between total-etch and active self-etch techniques (p>0,05).

Conclusion: Bonding to remineralized enamel surfaces has a positive effect on bond strength compared to bonding to a demineralized surface, which represents initial caries.

Keywords: Dental Adhesives, Shear Strength, Tooth Remineralization

1. GİRİŞ

Diş çürüğü, diyet, zaman, mikrobiyal dental plak ve konak faktörlerinin etkileşiminden kaynaklanan multifaktöryel bir hastalıktır. Diş yüzeyinde de-remineralizasyon süreçleri denge halindedir, mineral dengesinde bozulma meydana geldiğinde demineralizasyon oluşmaya başlar ve başlangıç çürük lezyonları meydana gelir¹. Demineralizasyon, hidroksiapatit (HA) kristallerinden kalsiyum ve fosfor kaybına neden olur.² Bakteriyel organik asitlerin difüzyonu nedeniyle ağız içi pH kritik pH'ın altına düştüğünde gerçekleşen demineralizasyonla birlikte minedeki kalsiyum ve fosfat hidroksiapatit yüzeyinden çözünür ve bu durumda demineralizasyon yönünde denge bozulur.³ pH'ın artmasıyla ortamda bulunan kalsiyum ve fosfat iyonlarının varlığı süreci tersine çevirir ve remineralizasyon başlayabilir. HA yapısının bozulmasını önlemek için demineralizasyon ve remineralizasyon arasında bir denge bulunmalıdır.² Mine demineralizasyonunun ilk submikroskopik değişiklikleri, kristaller arası boşlukların genişlemesi ve yüzey altı mikrosertlikte azalmayla birlikte lezyon gövdesinden mineral kaybını içerir. Yüzey nispeten yüksek oranda mineralize olarak bozulmadan kalır⁴.⁵ Minede oluşan pörözite alanları karakteristik opak-beyaz renkte, beyaz nokta lezyon görünümüne neden olur.¹

Başlangıç çürüklerinin önlenmesinde ve tedavisinde güncel yaklaşım lezyonları erken tespit ederek, girişimsel tedavi uygulamadan, remineralizasyon ajanları kullanarak tedavi etmektir. Diş çürükleri, erken dönemde dişlerin mineral içerikleri artırılarak onarılabılır ve durdurulabilirler.⁶ Minede başlangıç çürük lezyonlarının remineralizasyonu için farklı florür ve kalsiyum fosfat sistemleri dâhil olmak üzere birçok yaklaşım geliştirilmiştir⁷. Literatüre bakıldığında⁸⁻¹¹ kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfatın (CPP-ACP) demineralizasyonu kontrol etme ve remineralizasyonu artırma yeteneği gösterilmiştir. Kazein fosfopeptid (CPP) ile stabilize edilmiş amorf kalsiyum fosfat (ACP) bazlı biyoaktif materyal olan CPP-ACP, pelikül ve bakteri plağına bağlanmak için yarı kararlı bir halde florür iyonları ile birlikte serbest kalsiyum ve fosfat iyonlarını stabilize eder.¹² Biyoaktif kalsiyum ve fosfat iyonlarının bir rezervuarı olan CPP-ACP, iyonları minenin yüzeyinin altına iletir ve remineralizasyonu etkin bir şekilde artırır¹⁰. CPP-ACFP nanokompleksi oluşumu, CPP-ACP florür iyonları ile etkileşime girdiğinde gerçekleşir¹². Florürün CPP-ACP'ye dâhil edilmesiyle oluşan CPP-ACFP; CPP-ACP'den daha iyi remineralizasyon potansiyeli göstermektedir.¹³

Hidroksiapatit, ksilitol ve florür remineralizasyon tedavisinde kullanılan materyallerdir. Florür ve hidroksiapatit içeriği;

Gönderilme Tarihi/Received: 4 Ağustos, 2022

Kabul Tarihi/Accepted: 30 Kasım, 2022

Yayınlanma Tarihi/Published: 21 Nisan, 2023

Atrf Bilgisi/Cite this article as: Kedicic Alp C, Arslandaş Dinçtürk B. Farklı Remineralize Edici Ajanlar Uygulanan Başlangıç Çürük Lezyonlarına Üniversal Bir Adezivlin Farklı Tekniklerle Uygulanmasının Makaslama Bağlanma Dayanımına Etkisi: *in Vitro* Çalışma. Selcuk Dent J 2023;10(2): 406-413 Doi: 10.15311/ selcukdentj.1155636

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Beyza ARSLANDAŞ DİNÇTÜRK

E-mail: beyzaarslandas@gazi.edu.tr

Doi: 10.15311/ selcukdentj.1155636

remineralizasyonu arttırıp, mine yüzeyini güçlendirirken ksilitol; antibakteriyel görev görür.¹⁴ Ksilitol, mutans streptokoklar tarafından fermente edilemez, antioksidan ve antikaryojenik özellik gösterir. Ksilitolün ağız sağlığındaki bir diğer rolü de ağızda plak birikimini azaltmasıdır. Karyojenik mikroorganizmalar ksilitolü metabolize etmezler ve ksilitol plak pH'ını düşürmez, bu sayede demineralizasyon engellenir.¹⁵ Nanohidroksiapatit ise, demineralize diş yüzeylerindeki mikro poröziteleri doğrudan doldurarak işlev görür. Mine gözeneklerine girdiğinde, remineralizasyon solüsyonundan sürekli olarak büyük miktarlarda kalsiyum ve fosfat iyonlarını mine dokusuna çekerek remineralizasyon sürecinde bir şablon görevi görür, böylece kristal bütünlüğünü ve büyümesini destekler.¹⁶ Florür ise, diş yüzeyinde florapatit gibi minerallerin birikimini arttıran kalsiyum florür (CaF₂) benzeri bir tabaka oluşturur ve diş yüzeyine çökerek demineralizasyonu önler, remineralizasyonu artırır.¹⁷

Mevcut dental adeziv sistemler, yüzeylerin önceden fosforik asitle pürüzlendirilmesini gerektiren total-etch adezivler veya önceden asitle pürüzlendirme gerektirmeden asidik primerler aracılığıyla etki eden self-etch adezivler olarak diş dokularına bağlanma stratejilerine göre sınıflandırılabilir. Üretici talimatlarına uygun olarak teknik hassasiyetle uygulandığında iki adeziv strateji de uzun dönemde iyi klinik sonuçlar göstermektedir.¹⁸ Bu uygulama basamaklarındaki teknik hassasiyeti azaltmak, uygulama kolaylığı sağlamak ve adezyonu fonksiyonel monomerlerle arttırmak için "üniversal" veya "çok modlu" olarak adlandırılan adeziv sistemler geliştirilmiştir.¹⁹

Bu adeziv sistem; self-etch adezivler, total-etch adezivler veya selektif mine etching (mine üzerinde total-etch adezivler ve dentin üzerinde self-etch adezivler) olarak kullanılabilirler için universal adezivler olarak bilinirler.²⁰ Universal adezivler, tek aşamalı self-etch adezivlere benzer içeriğe sahiptir ve çoğu ayrıca hidroksiapatitteki kalsiyuma iyonik olarak bağlanan spesifik karboksilat ve/veya fosfat monomerleri içerir.²¹ Universal adezivlerin formülasyonları, 10-MDP, PENTA, polialkenoik asit kopolimeri ve fosfor içeren monomerler gibi fonksiyonel monomerleri ve silanları içerir.²² 10-MDP monomeri, birçok universal adeziv içeriğine eklenmiştir; dentinle iyonik bağlar ve hidroksiapatit üzerinde hidrolitik olarak kararlı kalsiyum tuzlarından oluşan bir nano tabaka oluşturur.²³ Birçok araştırma makalesi, 10-MDP'nin diş yapıları ile kimyasal etkileşimlerini değerlendirmiştir.^{23,24} Yapılan çalışmalarda, 10-MDP ve PENTA içeren adezivler uzun süreli klinik deneylerde iyi performans göstermiştir.^{23,25} Fonksiyonel bir monomer olarak 10-MDP'nin bağlanmada etkinliği, mild (hafif) aşındırma kabiliyetine ve polimerize olabilen metakrilat fosfat fonksiyonel grubundan ayrılaben hidrofobik ucuna bağlıdır.²⁶ Hem 10-MDP hem de PENTA, diş yapısına adezyonu arttırmak için on yıllardır farklı adezivlerin içeriğine dâhil edilmiştir.

Universal adezivlerin farklı diş dokularına ve farklı restoratif materyallere bağlanmalarıyla ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır.²⁷⁻³⁰ Ancak remineralize edilmiş mine yüzeyine bağlanmayla ilgili bilgiler sınırlıdır. CPP-ACFP uygulanan mineye bağlanmayla ilgili çalışmalar bulunmaktadır³¹, ancak nanohidroksiapatit uygulanan mineye universal adezivlerin farklı tekniklerle bağlanması ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı; 10-MDP içeren All Bond Universal adeziv sisteminin farklı uygulama teknikleriyle (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) farklı ajanlarla remineralize edilmiş (Remin Pro veya MI Paste Plus) mine yüzeyine uygulandığında makaslama bağlanma dayanımını değerlendirmektir. Bu çalışmanın sıfır hipotezi All Bond Universal adeziv sisteminin farklı uygulama teknikleriyle (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) farklı ajanlarla remineralize edilmiş (Remin Pro veya MI Paste Plus) mine yüzeyine uygulandığında makaslama bağlanma dayanımının değişmeyeceğiydi.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Diş Seçimi ve Gruplara Ayrılması

Bu çalışma için çürük, çatlak ve herhangi bir defekt içermeyen toplam 96 siğir alt keser dişi seçildi. Çekimden hemen sonra dişler iyice yıkandı, periodontal dokular bir küret yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler bir aydan kısa sürede %0,1'lik timol solüsyonunda saklandı ve kullanıldı. Seçilen dişlerin kron kısmını ayırmak için mine-sement birleşimi seviyesinden kesildi, bukkal mineyi kullanmak için elmas frez yardımıyla dişler meziodistal olarak kesildi ve bukkal yüzeyleri lingual

yüzeylerinden ayrılarak bukkal mine örnekleri elde edildi. Bukkal mine örnekleri meziodistal olarak 2'ye ayrıldı, makaslama bağlanma dayanımı testi için; 72 siğir dişi (n=144), mine asitle aşındırma modeli FE-SEM (Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu) değerlendirmesi için 24 siğir dişi (n=48) kullanıldı. Mine örneklerinin başlangıç değerleri DIAGNOdent Pen (KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Almanya) kullanılarak ölçüldü (Tablo 3) ve randomize olarak 12 gruba (n=12) (Tablo 1) dağıtıldı. Çalışmada kullanılan materyallerin marka adı, içeriği, üreticisi ve uygulama şekli Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Çalışma Grupları

	Sağlam mine	Demineralize mine	MI Paste Plus	Remin Pro
All Bond Universal Adeziv	Grup 1: Total-etch	Grup 4: Total-etch	Grup 7: Total-etch	Grup 10: Total-etch
	Grup 2: Aktif self-etch	Grup 5: Aktif self-etch	Grup 8: Aktif self-etch	Grup 11: Aktif self-etch
	Grup 3: Pasif self-etch	Grup 6: Pasif self-etch	Grup 9: Pasif self-etch	Grup 12: Pasif self-etch

Tablo 2. Kullanılan Materyaller

KULLANILAN AJANLAR	İÇERİKLER	KULLANIM ŞEKİLLERİ
MI Paste Plus - GC, RECALDENT, Alsip, ABD	CPP-ACFP	Dişler ince ve uniform bir tabaka ile kaplanır, minimum 3 dakika bekletilir.
Remin Pro- VOOCO GmbH, ALMANYA	Hidroksiapatit, Flor, Ksilitol	Dişler ince ve uniform bir tabaka ile kaplanır, minimum 3 dakika bekletilir.
Finetch- Spident	%37 Fosforik Asit Jel	Adeziv uygulamadan önce üretici tarafından tavsiye edilen süre boyunca bozulmadan bırakılır, daha sonra yüzeyi hava-su spreyi ile suyla durulanır.
All-Bond Universal Bond- BISCO, Schaumburg, IL, ABD	Bis-GMA, HEMA, 10-MDP, etanol, su ve bağlatıcılar (pH: 3.2)	Self-etch 1. Yüzeye bir mikro fırçayla kat başına 10-15 s boyunca ovalayarak (AKTİF SELF-ETCH*) veya rahatsız edilmeden bırakarak (PASİF SELF-ETCH) iki ayrı kat adeziv uygulanır. Katlar arasında ışıkla polimerize edilmez. 2. En az 10 s boyunca bir hava spreyiyle kurutarak fazla solvent buharlaştırılır, materyalde görünür bir hareket olmamalıdır. Yüzey homojen parlak bir görünüme sahip olmalıdır. 3. 1200 mW/cm ² de 10 s ışıkla polimerize edilir. Total-etch 1. 15 s için fosforik asit jel uygulanır. 2. Iyice durulanır. 3. 1-2 sn için emici pelet veya yüksek hacimli emme ile fazla suyu uzaklaştırılır. 4. Aktif Self-etch tekniğinde olduğu gibi adeziv uygulanır.
Fittek™ Ultimate -3M ESPE, St Paul, MN, ABD	BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA (Nano dolduruculu kompozit)	1. 2 mm inkremental teknikle yerleştirilir. 2. 20 s ışıkla polimerize edilir.

(*Universal Bondun üretici talimatlarında bulunan uygulama tekniği)

2.2 Mine Numunelerinin Hazırlanması

Polivinil klorür kalıplara soğuk akrilik materyali (IMICRYL Dental, Konya, Türkiye) dolduruldu ve mine numuneleri bukkal yüzleri açıkta kalacak şekilde yerleştirildi. Mine yüzeyi daha sonra homojen bir smear tabakası oluşumunu sağlamak için 600-gritlik silikon karbür aşındırıcı disklerle (Inter Flex, Inter Abrasiv, İzmir, Türkiye) zımparalandı. Sağlam mine örneklerinin kullanıldığı gruplar için (36+12) mine örneği ayrıldı. Test yapılcaya kadar distile su içerisinde 37°C'de etüvde bekletildi. (Grup 1,2,3)

2.3 Demineralizasyon Prosedürü

Minede yapay çürük benzeri lezyonlar gömülü her numune 40 mL demineralizasyon solüsyonuna daldırılarak oluşturulmuştur.³¹ Çalışmada kullanılan pH'sı 4,4 olan demineralizasyon solüsyonu 2,2 mM kalsiyum klorid dihidrat (CaCl₂), 2,2 mM sodyum hidrojen fosfat (NaH₂PO₄), 50mM asetik asitten oluşmaktadır. pH ayarlaması ise 1M KOH ile yapıldı.³² (108+36) mine örneği 37°C'de 96 saat boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletildi³³ ve çözelti her gün taze hazırlanarak değiştirildi. Demineralizasyondan sonra örnekler çıkarıldı ve 30 saniye distile su ile yıkandı, ardından 10 saniye kurutuldu. Demineralizasyon değerleri DIAGNOdent Pen kullanılarak belirlendi (Tablo 3). DIAGNOdent Pen Referans Değerleri;³⁴ sağlam mine için (0-6), mine çürüğü için (7-17), dentin çürüğü için (18-99) kabul edilmiştir. DIAGNOdent Pen 7-17 arası mine çürüğü değerleri demineralizasyon için referans alınmıştır.

Tablo 3. DIAGNOdent Pen Grup Ortalama Değerleri

Gruplar	Başlangıç Ölçümleri	Deminerlizasyon Sonrası Ölçümler	Remineralizasyon Sonrası Ölçümler
Grup 1	2,4	-	-
Grup 2	2,2	-	-
Grup 3	2,2	-	-
Grup 4	2,4	14,3	-
Grup 5	2,1	14,8	-
Grup 6	2	14,5	-
Grup 7 (MI Paste Plus)	2,2	14,5	2,8
Grup 8 (MI Paste Plus)	2	14,9	3,3
Grup 9 (MI Paste Plus)	2,2	15,2	3,1
Grup 10 (Remin Pro)	2,3	14,4	4,2
Grup 11 (Remin Pro)	2,4	15,1	3,9
Grup 12 (Remin Pro)	2	14,7	3,7

DIAGNOdent Pen Referans Değerleri:³⁴

Sağlam mine: 0-6

Mine çürüğü: 7-17

Dentin çürüğü: 18-99

(-) işareti Grup 1, 2 ve 3'e deminerlizasyon ve remineralizasyon prosedürünün uygulanmadığını; Grup 4, 5 ve 6'ya remineralizasyon prosedürünün uygulanmadığını göstermektedir.

2.4 Remineralizasyon Prosedürü

Deminerlizasyon edilen örneklerden 72 tanesi remineralize edilmek için kullanıldı. Örnekler üzerine Remin Pro (n=36) ve MI Paste Plus (n=36) kullanıcı talimatlarına göre Tablo 2'de anlatıldığı gibi aplikatör yardımıyla 2 mm kalınlıkta olacak şekilde³⁵ uygulandı ve remineralizasyon sağlandı. Deminerlizasyon ve remineralizasyon değerleri DIAGNOdent Pen kullanılarak ölçüldü. (Tablo 3)

2.5 Restoratif Prosedürler

Test edilen üniversal adeziv sistem, üreticinin talimatlarına göre tek kullanımlık mikro fırçalar kullanılarak mine yüzeylerine Tablo 2'de açıklandığı gibi uygulandı. Tek bir operatör, tüm adeziv prosedürleri aşağıdaki açıklamaya göre gerçekleştirdi:

- Total-etch tekniği: Üniversal adeziv sistem uygulanmadan önce fosforik asit jel uygulandı ve üretici tarafından tavsiye edilen süre boyunca bozulmadan bırakıldı. Daha sonra yüzeyler bir hava-su spreyi ile 10 saniye süreyle suyla durulandı;
- Pasif self-etch tekniği: Üniversal adeziv sistem mine yüzeyine uygulandı ve 20 saniye boyunca bozulmadan bırakıldı;
- Aktif self-etch tekniği: Üniversal adeziv sistem mine yüzeyine 20 saniye aktif ovalayarak uygulandı.

Üniversal adeziv sistem uygulanan her mine numunesi üzerine rezin kompozit (Filtek Ultimate, 3M ESPE), 2 mm uzunluğunda şeffaf polietilen tüpler (r =1mm) yardımıyla yerleştirildi ve 1400 mW/cm² güçte 20 saniye boyunca LED (Light-Emitting Diode, Işık Yayan Diyot) ışık cihazıyla polimerize edildi (D- Light Pro, GC, Tokyo, Japonya) Polimerizasyonun tamamlanması için numuneler 37°C'de 24 saat distile suda bekletildi.

2.6 Makaslama Bağlanma Dayanımı Değerlendirmesi

Makaslama bağlanma dayanımı üniversal test cihazı İnstron (Schimadzu IG-IS, Kyoto, Japonya) kullanılarak test edildi. Bağlanan kompozit yüzeyi kuvvetin etkisi ile kopana kadar hızı 1 mm/dk olarak kuvvet uygulandı. Makaslama bağlanma dayanımı değerleri (MPa), kırılma durumundaki yükün yüzey alanına (mm²) bölünmesiyle hesaplandı.

2.7 Başarısızlık Tiplerinin Değerlendirilmesi

Testten sonra numunelerdeki başarısızlık tiplerini belirlemek için ×100 büyütmede bir optik mikroskop (SZH-131, Olympus Ltd, Tokyo, Japonya) kullanıldı. Başarısızlık tipleri aşağıdaki gibi belirlendi:

- Tip A: Adeziv tabakada başarısızlık (adeziv/mine ara yüzünde);
- Tip B: Koheziv başarısızlık; (mine yüzeyinde)
- Tip C: Adeziv/mine arayüzünde adeziv başarısızlık, minede koheziv başarısızlık, adezivde koheziv başarısızlık ve rezin kompozitte koheziv başarısızlık dâhil olmak üzere karışık tip başarısızlık

2.8 Mine Yüzeyinin FE-SEM Değerlendirmesi

Mine asitle aşındırma modeli (n=2), alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM; HITACHI SU5000) altında mine yüzeyinde değerlendirildi. Bu amaçla üniversal adeziv sistemler Tablo 2' de anlatıldığı gibi mine yüzeylerine uygulandı, yalnızca total-etch tekniğiyle uygulanan fosforik asit jeli mine üzerine 30 saniye uygulandı, 10 saniye yıkandı ve üreticinin talimatlarına göre havayla kurutuldu. Uygulanan üniversal adeziv sistemler polimerize edilmeden mine yüzeylerindeki rezin materyali çözmek için uygulama sonrası hızlıca asetona³⁶ atıldı ve 24 saat aseton içinde bekletildi. Ardından örnekler rezini uzaklaştırmak için sırasıyla; deiyonize suyla 5 dakika, %96 alkolle 5 dakika ve tekrar deiyonize suyla 5 dakika yıkandı durulandı.

Tüm numuneler bir desikatörde 12 saat kurutuldu ve bir vakumlu kaplama cihazında (LEICA ACE 200, Viyana) altın ile püskürtülerek kaplandı. İşlem görmüş minenin tüm yüzeyi bir FE-SEM; (HITACHI SU5000, Tokyo, Japonya) altında incelenmiştir. Yüzey alanlarının fotomikrografları 2000x büyütmede alınmıştır.

2.9 İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptanmıştır. Uygulama tekniği ve yüzey işlemi etkileşiminin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi Two-way ANOVA testi ile değerlendirilmiş, post hoc analizlerde Tukey HSD test kullanılmıştır. Anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirildi.

3. BULGULAR

3.1 Makaslama Bağlanma Dayanımı Bulguları

Elde edilen verilere göre All Bond Üniversal adeziv uygulama teknikleri arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p=0,000). (Tablo 4) Sağlam mineye, deminerlizasyon mineye ve remineralize edilmiş mineye All Bond Üniversal adeziv bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p=0,000).

All Bond Üniversal adeziv farklı uygulama tekniklerinin (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) ve tüm test edilen grupların (sağlam mine, deminerlizasyon mine ve remineralize edilmiş mine) bağlanma dayanımı üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0,001). Farklı uygulama teknikleri (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) ve farklı yüzey işlemleri (sağlam mine, deminerlizasyon mine ve remineralize edilmiş mine) bir arada bağlanma dayanımını etkilemektedir. (Tablo 4)

Sağlam minede; All Bond adeziv uygulama teknikleri arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p=0,000); total-etch grubunun (Grup 1) bağlanma dayanımı, aktif self-etch (p=0,000) (Grup 2) ve pasif self-etch (p=0,000) (Grup 3) gruplarından anlamlı şekilde yüksektir (p<0,05). Sağlam minede Grup 2 ve Grup 3 arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05). Deminerlizasyon minede (Grup 4, 5, 6); uygulama teknikleri arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p=0,123). (Tablo 4)

CPP-ACFP içeren MI Paste Plus remineralizasyon ajanı uygulandığında (Grup 7, 8, 9); uygulama teknikleri arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p=0,000). Pasif self-etch grubunun (Grup 9) bağlanma dayanımı, total-etch (Grup 7) (p=0,000) ve aktif self-etch (Grup 8) (p=0,000) gruplarından anlamlı şekilde düşüktür (p<0,05). Grup 7 ve Grup 8 arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05). (Tablo 4)

Ksilitol-Hidroksiapatit-Flor içeren Remin Pro ajanı uygulandığında; uygulama teknikleri arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p=0,000$). Pasif self-etch grubunun (Grup 12) bağlanma dayanımı, total-etch ($p=0,000$) (Grup 10) ve aktif self-etch ($p=0,000$) (Grup 11) gruplarından anlamlı şekilde düşüktür ($p<0,05$). Grup 10 ve 11 arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). (Tablo 4)

Tablo 4. Uygulama teknikleri ve yüzey işlemlerinin bağlanma dayanımı üzerine olan etkisi (MPa)

Yüzey İşlemi	TE	Aktif SE	Pasif SE
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Sağlam Mine	12,87±1,18 ^{aa}	10,48±1,13 ^{ba}	9,57±1,16 ^{ba}
Demineralize Mine	5,63±1,40 ^{ab}	5,78±1,36 ^{ab}	4,72±1,22 ^{ab}
MI Paste Plus Uygulanan Mine	10,75±0,69 ^{ac}	9,85±1,09 ^{ac}	6,96±2,57 ^{bc}
Remin Pro Uygulanan Mine	10,11±0,72 ^{ac}	9,29±1,20 ^{ac}	7,68±0,91 ^{bc}

Two-way ANOVA Test

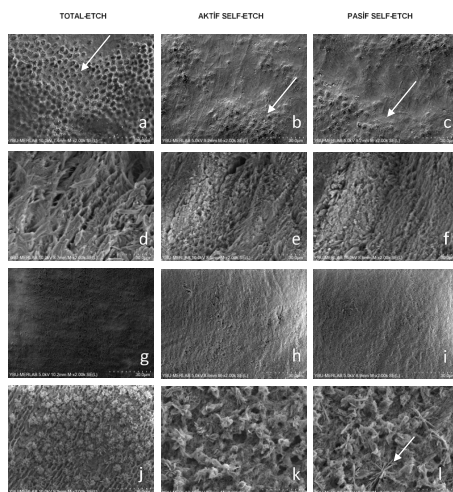
NOT 1: Satırlardaki farklı büyük harfler uygulama teknikleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

NOT 2: Sütunlardaki farklı küçük harfler yüzey işlemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

TE: Total-etch tekniği (Tablo2), Aktif SE: Aktif self-etch tekniği (Tablo2), Pasif SE: Pasif self-etch tekniği (Tablo2)

3.2 FE-SEM Bulguları / Asitle Aşındırma Deseni Bulguları

Mine yüzeylerinin farklı koşullar altında $\times 2000$ büyütmede FE-SEM görüntüleri Resim 1'de gösterilmektedir. FE-SEM görüntü analizinde sağlam mine yüzeyinde pasif self-etch tekniği uygulandığında mine morfolojisinde diğer gruplara göre daha az yüzey morfoloji değişikliği, bazı bölgelerde hafif pürüzlendirme belirtileri ve siğ çukurluklar gözlemlendi (Resim1c). Aktif self-etch tekniğiyle elde edilen asitleme modeli, total-etch tekniğiyle olduğu kadar belirgin değildi (Resim 1b). Pasif self-etch tekniğiyle karşılaştırıldığında, aktif self-etch tekniğiyle daha derin bir demineralizasyon meydana geldiği görülmektedir (Resim 1b). Mine yüzeyinden bağımsız olarak total-etch (Resim 1a-1d-1g-1j), pasif self-etch (Resim 1c-1f-1i-1l) ile karşılaştırıldığında en derin ve en belirgin asitleme modelini oluşturur. Aktif self-etch uygulaması (Resim 1b-1e-1h-1k) pasif self-etch uygulamaya (Resim1c-1f-1i-1l) göre asitleme desenini artırmıştır. Ayrıca pasif uygulamaya göre daha derin, düzensiz fossa ve oluklar bulunmuştur. Demineralize mine değerlendirildiğinde total-etch tekniğiyle (Resim1d) self-etch tekniklerine (Resim1e-1f) göre daha fazla yüzey bozulması görülmektedir. MI Paste Plus uygulanan gruplarda (Resim1g-1h-1i) mine yüzeyi örtülenmiştir ve total-etch tekniğinde (Resim1g) asitlemenin etkisiyle mine pöröziteleri daha belirgindir, sırasıyla aktif (Resim1h) ve pasif (Resim1i) uygulamalarda pöröziteler gözlenmektedir. Remin Pro uygulanan gruplarda (Resim1j-1k-1l) ise ajan içeriğinde bulunan hidroksiapatit-ksilitol-flor sayesinde mine yüzeyinde kristal şeklinde çökeltme ve örtüleme gözlenmektedir. Total-etch tekniğinde (Resim1j) asitlemenin etkisiyle oluşan kristallerin boyutları daha küçük, aktif (Resim1k) ve pasif self-etch (Resim1l) gruplarında kristaller daha büyüktür. MI Paste Plus gruplarına benzer şekilde total-etch tekniğinde mine pöröziteleri daha belirgindir, sırasıyla aktif ve pasif uygulamalarda pöröziteler gözlenmektedir.



Resim 1. Mine Asitle Aşındırma Deseni Bulguları

4. TARTIŞMA

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre farklı ajanlarla remineralize edilmiş (Remin Pro veya MI Paste Plus) mine yüzeyine farklı uygulama teknikleriyle (total-etch, aktif self-etch, pasif self-etch) uygulanan All Bond Universal adeziv sisteminin makaslama bağlanma dayanımı değerleri farklılık göstermektedir. Bu sebeple çalışmanın bulgularına göre sıfır hipotezi reddedilmiştir.

In vitro çekilmiş dişler üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı sebeplerden dolayı çekilmiş insan dişleri^{27, 31, 35} ve siğir keser dişleri^{1, 37, 38} kullanıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar farklı diş dokularının (mine ve dentin) makaslama bağlanma dayanımı ölçümlerinin, siğir ve insan minesini arasında eşit veya yakın değerler ortaya koyduğunu göstermiştir³⁹⁻⁴¹. Bu iki farklı diş (siğir ve insan) benzer bir evrimsel kökene sahiptir, ancak farklılıklar beslenme adaptasyonuna atfedilebilir. Siğir dişlerinin mine mikro yapısının benzerliği düşünüldüğünde, araştırmalarda insan dişlerine bir alternatif olarak kullanılabilir⁴². Bu çalışmada literatürle benzer olarak, remineralizasyon çalışmalarında da^{43,44} siğir dişi kullanıldığından dolayı makaslama bağlanma dayanımını değerlendirmek için siğir keser dişi minesini kullanıldı.

Çürük oluşumunda, ilerlemesinde ve restoratif materyallere bağlanmada mine yüzey tabakasının önemi bulunmaktadır³¹. Çeşitli nedenlerle ağız hijyeninin bozulması ve ortodontik tedavi sürecinde oluşan beyaz nokta lezyonları minenin dentin adezivlerine bağlanma dayanımını azaltıcı bir faktör olabilir. Literatürde demineralize mine yüzeyine adeziv sistemlerin bağlanmasının azaldığı yönünde bilgiler bulunmaktadır⁴⁵.

Bu çalışmada başlangıç çürük lezyonlarının tedavisinde kullanılan MI Paste Plus ve Remin Pro ajanlarının başlangıç çürüğü oluşturulmuş mine üzerine etkileri ve universal bir bond olan All Bond Universal adezivin farklı uygulama tekniklerinin mine makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkileri incelenmiştir. Uygulanan adezivin uzaklaştırılması ile remineralize edilmiş mine yüzeyinde All Bond Universal adeziv oluşturduğu değişiklikler FE-SEM incelemesi ile değerlendirilmiştir.

Beyaz nokta lezyonlarının tedavisinde ve remineralizasyonun sağlanmasında farklı tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Bunlar arasında flor uygulamaları, kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat, nanohidroksiapatit, ksilitol vb. bulunmaktadır^{10, 38, 46, 47}. Bu çalışmada beyaz nokta lezyonlarında sıklıkla kullanılan Remin Pro ve MI Paste Plus yapay olarak oluşturulan beyaz nokta lezyonlarının üzerine uygulandı ve remineralizasyon olduğu Lazer Floresans yöntemi olan DIAGNOdent Pen ile ölçüldü (Tablo 3). Başlangıçta dişlerin DIAGNOdent Pen verileri ölçüldü. Demineralizasyon solüsyonunda 96 saat bekletildikten sonra ölçülen DIAGNOdent Pen verileri başlangıç çürük lezyonları aralığında tespit edildi³⁴. (Tablo 3) Remineralizasyon ajanlarının uygulanmasını takiben elde edilen DIAGNOdent Pen verileri yüzeyin remineralize olduğunu kanıtlamıştır. Ortalama 14,4-15,2 arasında değişen DIAGNOdent Pen demineralizasyon değerleri Remin Pro ajanı uygulandığında 3,7- 4,2 değerleri arasında değişen, MI Paste Plus uygulandığında 2,8- 3,3 arasında değişen veriler elde edildi ve bu değerler sağlam mine referans değer sınırları içerisindedir. Bu verilere göre Remin Pro ve MI Paste Plus'ın yapay olarak oluşturulan başlangıç çürük lezyonlarında yüzeyi tekrar remineralize ettiği gözlenmiştir. Literatüre bakıldığı zaman başlangıç çürük lezyonlarında uygulanan remineralizasyon etkinliği sıklıkla yüzey sertliği ölçülerek değerlendirilmiştir⁴⁸. Bu çalışmada sertlikten farklı olarak başlangıç çürüklerin teşhisinde kullanılan DIAGNOdent Pen cihazı kullanılarak demineralizasyon ve remineralizasyon kontrol edilmiştir.

Mobarak ve arkadaşları³¹ üç farklı adezivin demineralize ve farklı ajanlarla (2% CPP-ACP ve CPP-ACF) remineralize edilmiş mine tabakasına self-etch tekniğiyle uygulandığı ve makaslama bağlanma dayanımının incelendiği bir çalışmada en yüksek bağlanma dayanımı sağlam mine kullanılan kontrol grubunda takiben Tooth Mousse ve MI Paste Plus kullanılan grupta elde edilmiştir. En düşük bağlanma dayanımı ise demineralize mineye bağlanmada elde edilmiştir. Bu çalışmada da benzer olarak ünsel bond olan All Bond Ünsel farklı tekniklerle remineralize edilen mineye uygulandığında en yüksek bağlanma dayanımı total-etch tekniğiyle sağlam minede elde edildi. Patel ve arkadaşları⁴⁹ kalsiyum silikat ve kalay florür ile remineralize ettikleri siğir dişi mine yüzeylerine adezivlerin bağlanma dayanımını, başarısızlık tiplerini ve yüzey değişikliklerini analiz etmişlerdir. Gruplar arasında bizim çalışmamızın aksine bağlanma dayanımı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. Kalitatif analize kalsiyum silikat ve kalay florür yüzey tabakasında gözlenmiştir. Bizim alışmamızda da FE-SEM analiziyle yüzeyde çökelen CPP-ACFP ve ksilitol-hidroksiapatit-flor partikülleri gözlenmiştir. Ortiz-Ruiz ve arkadaşları³⁸ siğir dişi mineleri üzerinde florür verniğinin makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Sağlam ve demineralize siğir keser minelerini Bifluorid 12 kullanarak remineralize etmişler, 24 saat ve 7 gün sonra adeziv prosedür uygulamışlar ve bazı gruplarda adeziv uygulama öncesi verniği polisajla uzaklaştırmışlardır. Demineralize minede flor uygulaması, bağlanma dayanımını artırmıştır. Vernikli mine yüzeyinin polisajlanması, 7 gün sonra sağlam mineye benzer bir bağlanma dayanımı göstermiştir. Bizim çalışmamızın bulgularıyla uyumludur.

Farklı içeriklere sahip remineralize edici ajanların uygulanmasından sonra minede makaslama bağlanma dayanımında sağlam mineyle karşılaştırıldığında önemli bir azalma, demineralize mineyle karşılaştırıldığında ise önemli bir artma gözlenmiştir. Remineralize edici ajanların antikaryojenik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir^{10, 11, 50}. Ajanlar mine yüzeyine uygulandığında hidrojen iyonları ile etkileşime girebilir ve kalsiyum ve fosfat iyonları salan kalsiyum hidrojen fosfat oluşturabilir bu da asit sebebiyle oluşan çözünmeyi engeller ve mineyi korur^{46,51}. Bu çalışmada makaslama bağlanma dayanımı, sağlam mine kontrol gruplarında (Grup 1, 2, 3) remineralize edilmiş mine deney (Grup 7, 12) ve demineralize edilmiş mine gruplarına (Grup 4, 5, 6) göre yüksek bulunmuştur. MI Paste Plus (Grup 7, 8, 9) ve Remin Pro ile remineralize edilen gruplarda (Grup 10, 11, 12) 'da makaslama bağlanma dayanımı demineralize edilmiş mine grubuna (Grup 4, 5, 6) göre yüksek bulunmuştur. Demineralize minede en düşük bağlanma değeri pasif self-etch olarak All Bond Ünsel adezivin uygulandığı grupta elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmada farklı ünsel adezivleri total-etch tekniği ve self-etch tekniğiyle uygulamanın mine ve dentin üzerine bağlanma dayanımı etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre mine üzerine asit uygulamanın bağlanma dayanımını artırdığı rapor edilmiştir⁵².

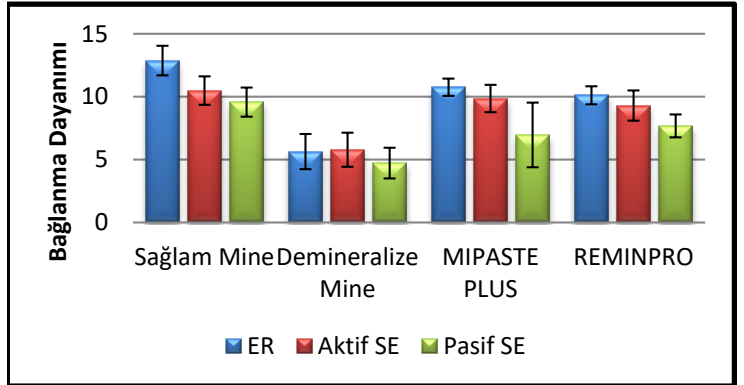
Ünsel adezivler ultra-hafif asidik self-etch sistemler olarak kabul edilir^{53, 54}. Bu nedenle, monomerlerin kristaller arasına tam olarak infiltre olamaması ve prizmatikler arası resin tag oluşumunun olmaması nedeniyle, ayrıca total-etch tekniği ayrı bir asitleme aşaması içermesi sebebiyle self-etch tekniklerine göre yüksek makaslama bağlanma değerleri göstermiştir. Ünsel adezivin pasif olarak uygulanması, adezivin mine ile yüzeyel olarak etkileşime girmesine, mikromekanik kilitlenme potansiyelinin azalmasına⁵⁵ ve sonuç olarak mineye daha düşük bir bağlanma dayanımının olmasına neden olmuştur. Ünsel adezivler aktif self-etch tekniğiyle uygulandığında resin monomerlerinin prizmatik ve interprizmatik alanlar ile etkileşimini iyileştirerek, resin monomerlerinin daha derin mine katmanlarına taşınması sayesinde pasif self-etch tekniğine göre daha yüksek bağlanma değerleri sağlanır. Bu bulgu daha önceki çalışmalarla uyumludur^{55, 56}.

Yapılan farklı bir çalışmada ise başlangıç çürüğü oluşturulmuş mine yüzeyinde sertlik değerinin azaldığı ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı bildirildięinden⁵⁷, bağlanma dayanımı

değerlerindeki farklılıklar minenin yüzey pürüzlülüğü ve sertliği ile ilişkili olabilir. Bu çalışmada en düşük bağlanma dayanımı demineralize edilmiş minede elde edilmiştir. Ek olarak, mine yüzey tabakasının mineral ve protein bileşenlerinde de bağlanma dayanımındaki azalmadan sorumlu olabilecek değişikliklerin meydana geldiği öne sürülmüştür.^{58,59} Bazı araştırmacılar mikrosertlikte azalmanın yanında mineye bağlanma dayanımının azalmasına neden olan kalsiyum gibi elementlerin uzaklaşmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir⁶⁰. Ayrıca minenin demineralizasyonu mikrosertlik değerlerinde azalmayla ölçülebilirken bu çalışmada mikrosertlik değerlendirmesi yapılmadan DIAGNOdent Pen verileri esas alınmış, referans değerler teyit edilmiştir.

Bu çalışmada, kontrol gruplarından sonra en yüksek bağlanma dayanımı değeri MI Paste Plus uygulanan demineralize mineye All Bond Ünsel'in total-etch tekniğiyle 10,75±0,69 MPa ve Remin Pro uygulanan mineye total-etch tekniğiyle 10,11±0,72 MPa uygulanan gruplarda bulundu. Remineralize edilen grupların her ikisinde de total-etch tekniği uygulandığında pasif self-etch tekniğine göre daha yüksek bağlanma dayanımı elde edildi. Bu çalışmada, farklı gruplar arasındaki makaslama bağlanma dayanımındaki farklılık, kullanılan remineralize edici ajanların bileşiminden de kaynaklanabilir. Remin Pro, kazein fosfopeptid amorf kalsiyum fosfat florürdeki kalsiyum ve fosfat iyonlarına çok benzer HA partikülleri içerir ve HA partikülleri mine yüzeyinde biriken, dişlerin mikrosertliğini artıran minerallerdir¹⁶. Ayrıca ksilitol ortamdaki pH'nın düşmesini engelleyerek demineralizasyonu engeller.¹⁵ Florür ise, diş yüzeyinde florapatit gibi minerallerin birikimini artıran kalsiyum florür (CaF₂) benzeri bir tabaka oluşturur ve diş yüzeyine çökerek demineralizasyonu önler, remineralizasyonu artırır.¹⁷ Remin Pro uygulanan gruplarda bağlanma dayanımının yüksek gözlenmesinin sebebi mine yüzey sertliğinin artması olabilir. Ayrıca demineralizasyon sonucu sertliğinde azalma ve mineral kaybı oluşan minede remineralize edici ajanların uygulanması ile yüzeyde Ca birikmesi oluşur ve All Bond Ünsel'in içeriğindeki 10-MDP monomeri ile yüzeydeki Ca iyonik bağ yapmış olabilir. Sonuçlardaki remineralize edilmiş minedeki bağlanma değerlerinin yüksekliği hem mikrosertlik artışı hem de 10-MDP-Ca arasındaki iyonik bağa atfedilebilir.

Bu çalışmada, deney grupları arasında makaslama bağlanma dayanımı; MI Paste Plus uygulanması sonrası total-etch (Grup 7) ve aktif self-etch (Grup 8) gruplarında, Remin Pro uygulanması sonrası total-etch (Grup 10) ve aktif self-etch (Grup 11) gruplarına göre artmıştır. Fakat bu artışlar istatistiksel olarak anlam ifade etmemektedir. Remin Pro uygulaması sonrası pasif self-etch grubu (Grup 12) ise MI Paste Plus uygulanması sonrası pasif self-etch grubuna (Grup 9) göre artmıştır. Sonuçlara göre iki remineralize edici ajan uygulanan grupta da pasif uygulama (Grup 9 ve 12) aktif uygulama (Grup 8 ve 11) ve total-etch (Grup 7 ve 10) tekniğine göre daha düşük bağlanma değeri elde edilmiştir (Şekil 1). Literatüre bakıldığında ünsel adezivlerin aktif bir şekilde uygulanması pasif uygulamaya göre daha yüksek bağlanma dayanımı göstermektedir.²⁷

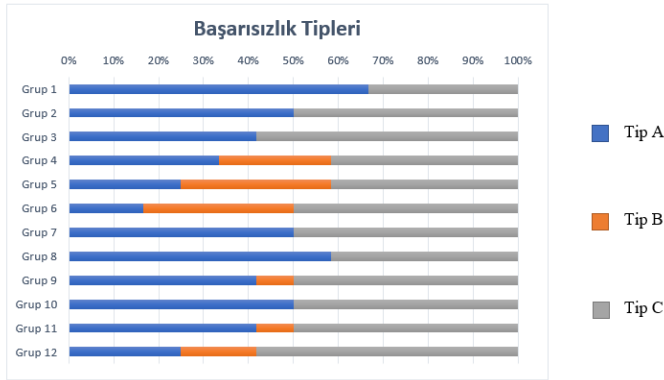


ER: Total-etch tekniği (Tablo2), Aktif SE: Aktif self-etch tekniği (Tablo2), Pasif SE: Pasif self-etch tekniği (Tablo2)

Şekil 1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Değerleri

All Bond Ünsel adeziv kullanılarak yapılan bu çalışmada kırık yüzeylerin başarısızlık tiplerinin stereomikroskopik değerlendirmesi, en yaygın başarısızlık tipinin karışık tip (%48), ardından adeziv tip (%42) ve en düşük koheziv tip (%10) olduğunu göstermiştir (Şekil 2). Benzer şekilde başka bir çalışmada G-aenial Bond kullanıldığında karışık tip başarısızlık yaygınken, Clearfil S3 Bond Plus ve Single Bond Ünsel kullanıldığında adeziv tip başarısızlığın yaygın olduğu bildirilmiştir³¹. Demineralize mine gruplarında (Grup 4, 5, 6) görülen koheziv başarısızlığın sebebi demineralize mine

yüzeyinde oluşan sertlik kaybı sebebiyle gözlenen kopmalara bağlanabilir. Bu bulgular demineralize mine gruplarında görülen en düşük bağlanma dayanımı değerleriyle de uyumludur. MI Paste Plus ve Remin Pro ile remineralize edilen gruplarda self-etch adeziv uygulandığında koheziv başarısızlık görülmesinin sebebi adezivin asiditesinden dolayı remineralize yüzeyde oluşturabileceği bozulmalar olabilir. Sağlam mineye All Bond Universal adeziv total-etch tekniğiyle uygulandığında Grup 1'de en yüksek görülen adeziv tip başarısızlık yüksek bağlanma dayanımı değerleriyle uyumludur. Bağlanma dayanımı değerleri yüksek olan gruplarda çalışmamızla uyumlu olarak daha fazla oranda adeziv başarısızlık görülmüştür.³¹



Şekil 2. Başarısızlık Tiplerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada FE-SEM değerlendirmesi yapılarak üniversal adezivin farklı tekniklerle uygulanmasının farklı mine yüzeylerinde oluşturduğu aşındırmayı gözlemlemek asitle aşındırma deseni için tercih edildi. Üniversal adeziv farklı tekniklerle uygulandıktan sonra polimerize edilmeden hızlı bir şekilde asetona maruz bırakılıp 24 saat boyunca aseton içerisinde bekletilerek 24 saat boyunca rezin monomerlerin uzaklaştırılması sağlandı 36. Uzaklaşan adeziv sonrası yüzeylerden FE-SEM görüntü analizi yapıldı. (Resim 1)

FE-SEM görüntü analizinde mine yüzeyinde pasif self-etch tekniği uygulandığında mine morfolojisinde diğer gruplara göre daha az yüzey morfoloji değişikliği, bazı bölgelerde hafif pürüzlendirme belirtileri ve sığ çukurluklar gözlemlendi (Resim1c). Pasif self-etch tekniğinde monomerlerin sığ bir şekilde kristaller arasına girmesi ve prizmatikler arası yetersiz rezin tag oluşması sebebiyle, mikromekanik kilitleme için azalmış bir potansiyel gözlenmekte ve mineye daha düşük bir makaslama bağlanma dayanımı oluşmaktadır 27. Bu durumda mine ile daha yüzeyel seviyede etkileşim olduğu düşünülebilir. Bu çalışmada aktif self-etch tekniğiyle elde edilen asitleme modeli, total-etch tekniğiyle olduğu kadar belirgin değildi (Resim 1b). Pasif self-etch tekniğiyle karşılaştırıldığında, aktif self-etch tekniğiyle daha derin bir demineralizasyon meydana geldiği görülmektedir (Resim 1b).

Mine yüzeylerinin farklı koşullar altında FE-SEM görüntüleri Resim 1'de gösterilmiştir. Mine yüzeyinden bağımsız olarak total-etch (Resim 1a-1d-1g-1j), pasif self-etch (Resim 1c-1f-1i-1l) ile karşılaştırıldığında en derin ve en belirgin asitleme modelini oluşturur ve sağlam mineden smear tabakasını tamamen uzaklaştırmaktadır. Aktif self-etch uygulaması (Resim 1b-1e-1h-1k) pasif self-etch uygulamaya (Resim1c-1f-1i-1l) göre asitleme desenini artırdı ve mine prizmalarından daha fazla hidroksiapatit çözünmesi gösterdi. Ayrıca pasif uygulamaya göre daha derin, düzensiz fossa ve oluklar bulundu. Demineralize mine değerlendirildiğinde total-etch tekniğiyle (Resim1d) daha fazla yüzey bozulması görülmektedir. Pürüzlü olan alan daha fazla artmış olarak değerlendirilebilir. Literatüre bakıldığında sağlam ve florotik minede asitleme desenini araştıran bir çalışmada iki yüzey için de üniversal adezivlerin total-etch tekniğiyle uygulanması aktif ve pasif self-etch uygulanmasına göre daha belirgin asitleme aşındırma deseni gözlenmiştir²⁷. Bu sonuç çalışmamızı destekler niteliktedir. Remineralizasyon ajanları (Remin Pro, MI Paste Plus) uygulanan mine gruplarında demineralize mine gruplarına göre pürüzlülük azalmıştır. MI Paste Plus uygulanan gruplarda (Resim1g-1h-1i) mine yüzeyi örtülenmiştir ve total-etch tekniğinde (Resim1g) asitlemenin etkisiyle mine poröziteleri daha belirgindir, sırasıyla aktif (Resim1h) ve pasif (Resim1i) uygulamalarda poröziteler gözlenmektedir. Remin Pro uygulanan gruplarda (Resim1j-1k-1l) ise ajan içeriğinde bulunan

hidroksiapatit-ksilitol-flor sayesinde mine yüzeyinde kristal şeklinde çökme ve örtülme gözlenmektedir. Total-etch tekniğinde (Resim1j) asitlemenin etkisiyle oluşan kristallerin boyutları daha küçük, aktif (Resim1k) ve pasif self-etch (Resim1l) gruplarında kristaller daha büyüktür. MI Paste Plus gruplarına benzer şekilde total-etch tekniğinde mine poröziteleri daha belirgindir, sırasıyla aktif ve pasif uygulamalarda poröziteler gözlenmektedir.

Ağız içinde asit atakları süresince doğal olarak gerçekleşen remineralizasyon sürecinin taklit edilmemesi çalışmanın limitasyonları arasında sayılabilir.

5.SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak, CPP-ACFP ve Hidroksiapatit-Ksilitol-Flor bileşiminin sağlam mine ile karşılaştırıldığında mineye adezyonu karşılaştırılabilir bir seviyeye geri kazandırdığı sonucunu çıkarılabilmektedir. Bu arada remineralize minenin her zaman mine prizmalarına sahip olmadığı bazen yoğun bir kalsiyum fosfat ve florür kompaksiyonundan oluştuğuna dikkat edilmelidir.⁶¹ Ek olarak, kalıntı CPP-ACP kompleksleri mine yüzeyinde kalabilir ve bonding tabakasına dâhil olabilir veya adeziv sistem ile mine arasındaki bağı engelleyebilir.⁶² Bu nedenle uzun dönem bağlanma dayanımı sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Değerlendirme / Peer-Review

İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme

Etik Beyan / Ethical statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

It is declared that during the preparation process of this study, scientific and ethical principles were followed and all the studies benefited are stated in the bibliography.

Benzerlik Taraması / Similarity scan

Yapıldı - ithenticate

Etik Bildirim / Ethical statement

ethic.selcukdentaljournal@hotmail.com

Telif Hakkı & Lisans / Copyright & License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Finansman / Grant Support

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. | The authors have no conflict of interest to declare.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: CKA(%65), BAD(%35)
Veri Toplanması | Data Acquisition: CKA (%40), BAD (%60)
Veri Analizi | Data Analysis: CKA (%55), BAD(%45)
Makalenin Yazımı | Writing up: CKA (%60), BAD (%40)
Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: CKA(%40), BAD (%60)

KAYNAKLAR

- Borges AB, Abu Hasna A, Matuda AGN, Lopes SR, Mafetano A, Arantes A, et al. Adhesive systems effect over bond strength of resin-infiltrated and de/remineralized enamel. *F1000Res*. 2019; 8:1743.
- Abou Neel EA, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young AM, et al. Demineralization-remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine*. 2016; 11:4743-63.
- Featherstone JDB. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1999; 27:31-40.
- Featherstone JD. The caries balance: the basis for caries management by risk assessment. *Oral Health Prev Dent*. 2004; 2 Suppl 1:259-64.
- Rocha Gomes Torres C, Borges AB, Torres LM, Gomes IS, de Oliveira RS. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the colour masking of white spot lesions. *J Dent*. 2011; 39:202-7.
- Vinod D, Gopalakrishnan A, Subramani SM, Balachandran M, Manoharan V, Joy A. A comparative evaluation of remineralizing potential of three commercially available remineralizing agents: An in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2020; 13:61-5.
- Sudjalim T, Woods M, Manton D. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice- acontemporary review. *Aust Dent J*. 2006; 51:284-9.
- Cai F, Shen P, Morgan M, Reynolds E. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ bysugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Aust Dent J*. 2003; 48:240-3.
- Yamaguchi K, Miyazaki M, Takamizawa T, Inage H, Moore BK. Effect of CPP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. *J Dent*. 2006; 34:230-6.
- Zhou C, Zhang D, Bai Y, Li S. Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate remineralization of primary teeth early enamel lesions. *J Dent*. 2014; 42:21-9.
- Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res*. 1997; 76:1587-95.
- Wang Y, Mei L, Gong L, Li J, He S, Ji Y, et al. Remineralization of early enamel caries lesions using different bioactive elements containing toothpastes: An in vitro study. *Technol Health Care*. 2016; 24:701-11.
- Pulido MT, Wefel JS, Hernandez MM, Denehy GE, Guzman-Armstrong S, Chalmers JM, et al. The inhibitory effect of MI paste, fluoride and a combination of both on the progression of artificial caries-like lesions in enamel. *Oper Dent*. 2008; 33:550-5.
- Meshki R, Basir L, Rahbar N, Kazempour M. Comparison of the effect of fluoride gel and two toothpastes with different materials on remineralization of initial carious lesions in primary teeth. *J Family Med Prim Care*. 2021; 10:3309-13.
- Burt BA. The use of sorbitol- and xylitol-sweetened chewing gum in caries control. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137:190-6.
- Amaechi BT, van Loveren C. Fluorides and non-fluoride remineralization systems. *Monogr Oral Sci*. 2013; 23:15-26.
- Zahra Khamverdi MK, Ali Reza Soltanian Effect of Proanthocyanidin, Fluoride and Casein Phosphopeptide. *J Dent*. 2017; 14:76-8.
- Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2011; 27:1-16.
- Cardoso GC, Nakanishi L, Isolan CP, Jardim PDS, Moraes RR. Bond Stability of Universal Adhesives Applied To Dentin Using Etch-And-Rinse or Self-Etch Strategies. *Braz Dent J*. 2019; 30:467-75.
- Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*. 2008; 24:90-101.
- Yoshihara K, Yoshida Y, Nagaoka N, Hayakawa S, Okihara T, De Munck J, et al. Adhesive interfacial interaction affected by different carbon-chain monomers. *Dent Mater*. 2013; 29:888-97.
- Farias DCS, Caldeira de Andrada MA, Boushell LW, Walter R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives. *Int J Adhes Adhes*. 2016; 70:53-61.
- Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater*. 2010; 26:1176-84.
- Yoshihara K, Nagaoka N, Okihara T, Kuroboshi M, Hayakawa S, Maruo Y, et al. Functional monomer impurity affects adhesive performance. *Dent Mater*. 2015; 31:1493-501.
- Loguercio AD, Bittencourt DD, Baratieri LN, Reis A. A 36-month evaluation of self-etch and etch-and-rinse adhesives in noncarious cervical lesions. *J Am Dent Assoc*. 2007; 138:507-14; quiz 35-7.
- Fehrenbach J, Isolan CP, Munchow EA. Is the presence of 10-MDP associated to higher bonding performance for self-etching adhesive systems? A meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater*. 2021; 37:1463-85.
- Cardenas AFM, Armas-Veja A, Rodriguez Villarreal JP, Siqueira FSF, Muniz LP, Campos VS, et al. Influence of the mode of application of universal adhesive systems on adhesive properties to fluorotic enamel. *Braz Oral Res*. 2019; 33:e120.
- Rodrigues RF, Ramos CM, Francisconi PA, Borges AF. The shear bond strength of self-adhesive resin cements to dentin and enamel: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2015; 113:220-7.
- Beltrami R, Chiesa M, Scribante A, Allegretti J, Poggio C. Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2016; 14:e78-83.
- Francois P, Greenwall-Cohen J, Le Goff S, Ruscassier N, Attal JP, Dursun E. Shear bond strength and interfacial analysis of high-viscosity glass ionomer cement bonded to dentin with protocols including silver diammine fluoride. *J Oral Sci*. 2020; 62:444-8.
- Mobarak EH, Ali N, Daifalla LE. Microshear Bond Strength of Adhesives to Enamel Remineralized Using Casein Phosphopeptide Agents. *Oper Dent*. 2015; 40:E180-8.
- Samuel SR, Dorai S, Khatri SG, Patil ST. Effect of ozone to remineralize initial enamel caries: in situ study. *Clin Oral Investig*. 2016; 20:1109-13.
- Arjun DS, Bhat SS, Hegde SK, Bhat VS, Rao HTA, Ramdas SS. Comparative Evaluation of Two Remineralizing Agents on Artificial Carious Lesion Using DIAGNOdent. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021; 14:192-5.
- Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent*. 2006; 34:467-71.
- Ghadirian H, Geramy A, Shallal W, Heidari S, Noshiri N, Keshvad MA. The Effect of Remineralizing Agents With/Without CO2 Laser Irradiation on Structural and Mechanical Properties of Enamel and its Shear Bond Strength to Orthodontic Brackets. *J Lasers Med Sci*. 2020; 11:144-52.
- Perdigao J, Lopes MM, Gomes G. In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II-ultramorphological evaluation. *Oper Dent*. 2008; 33:534-49.
- Dos Reis BC, Lacerda AJFd, Canepete TMF, Borges AB, Yui KCK, Torres CRG, et al. Evaluation of bond strength of composite resin to enamel demineralized, exposed to remineralization and subjected to caries infiltration. *Brazilian Dental Science*. 2016; 19.
- Ortiz-Ruiz AJ, Munoz-Gomez IJ, Perez-Pardo A, German-Cecilia C, Martinez-Beneyto Y, Vicente A. Influence of fluoride varnish on shear bond strength of a universal adhesive on intact and demineralized enamel. *Odontology*. 2018; 106:460-8.
- Lopes MB, Sinhoreti MA, Correr Sobrinho L, Consani S. Comparative study of the dental substrate used in shear bond strength tests. *Pesqui Odontol Bras*. 2003; 17:171-5.
- Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent*. 2004; 6:117-21.
- Fowler CS, Swartz ML, Moore BK, Rhodes BF. Influence of selected variables on adhesion testing. *Dent Mater*. 1992; 8:265-9.
- Wang C, Fang Y, Zhang L, Su Z, Xu J, Fu B. Enamel microstructural features of bovine and human incisors: A comparative study. *Ann Anat*. 2021; 235:151700.
- Goncalves FMC, Delbem ACB, Gomes LF, Emerenciano NG, Dos Passos Silva M, Cannon ML, et al. Combined effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and sodium trimetaphosphate on the prevention of enamel demineralization and dental caries: an in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2021; 25:2811-20.

44. Escalante-Otarola WG, Castro-Nunez GM, Leandrim TP, Alencar CM, de Albuquerque Jasse FF, Kuga MC. Effects of Remineralizing Agents Based on Calcium Phosphate, Sodium Phosphate, or Sodium Fluoride on Eroded Cervical Dentin. *Oper Dent.* 2021; 46:E296-E306.
45. Abbassy MA, Bakry AS, Almoabady EH, Almusally SM, Hassan AH. Characterization of a novel enamel sealer for bioactive remineralization of white spot lesions. *J Dent.* 2021; 109:103663.
46. Jayarajan J, Janardhanam P, Jayakumar P. Efficacy of CPP-ACP and CPP-ACPF on enamel remineralization - an in vitro study using scanning electron microscope and DIAGNOdent. *Indian J Dent Res.* 2011; 22:77-82.
47. Makeeva IM, Polyakova MA, Avdeenko OE, Paramonov YO, Kondrat'ev SA, Pilyagina AA. [Effect of long term application of toothpaste Apadent Total Care Medical nano-hydroxyapatite]. *Stomatologiya (Mosk).* 2016; 95:34-6.
48. de Oliveira PRA, Barreto L, Tostes MA. Effectiveness of CPP-ACP and fluoride products in tooth remineralization. *Int J Dent Hyg.* 2021.
49. Patel D, Sambrook R, Eder A. The Effect of Demineralization and Remineralization Cycles on the Bond Strength of Resin Composite to Enamel. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2021; 29:93-101.
50. Abdelmegid FY, Salama FS, Abouobaid EI, Halawany HS, Alhadlaq MK. Effect of Remineralizing Agents on Bond Strength of Resin-Composites to Primary Enamel. *J Clin Pediatr Dent.* 2019; 43:331-6.
51. Ozdemir-Ozenen D, Sungurtekin E, Issever H, Sandalli N. Surface roughness of fluoride-releasing restorative materials after topical fluoride application. *Eur J Paediatr Dent.* 2013; 14:68-72.
52. Jacker-Guhr S, Sander J, Luehrs AK. How "Universal" is Adhesion? Shear Bond Strength of Multi-mode Adhesives to Enamel and Dentin. *J Adhes Dent.* 2019; 21:87-95.
53. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013; 41:404-11.
54. Chen L, Suh BI. Effect of hydrophilicity on the compatibility between a dual-curing resin cement and one-bottle simplified adhesives. *J Adhes Dent.* 2013; 15:325-31.
55. Loguercio AD, Munoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigao J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *J Dent.* 2015; 43:1060-70.
56. Torres CR, Barcellos DC, Pucci CR, Lima Gde M, Rodrigues CM, Siviero M. Influence of methods of application of self-etching adhesive systems on adhesive bond strength to enamel. *J Adhes Dent.* 2009; 11:279-86.
57. Yazkan B, Ermis RB. Effect of resin infiltration and microabrasion on the microhardness, surface roughness and morphology of incipient carious lesions. *Acta Odontol Scand.* 2018; 76:473-81.
58. Perdigão J, Francci C, Swift EJ, Jr., Ambrose WW, Lopes M. Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel. *Am J Dent.* 1998; 11:291-301.
59. Haywood VB. New bleaching considerations compared with at-home bleaching. *J Esthet Restor Dent.* 2003; 15:184-7.
60. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil.* 1996; 23:244-50.
61. Baysal A, Uysal T. Do enamel microabrasion and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate affect shear bond strength of orthodontic brackets bonded to a demineralized enamel surface? *Angle Orthod.* 2012; 82:36-41.
62. Moule CA, Angelis F, Kim GH, Le S, Malipatil S, Foo MS, et al. Resin bonding using an all-etch or self-etch adhesive to enamel after carbamide peroxide and/or CPP-ACP treatment. *Aust Dent J.* 2007; 52:133-7.